BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ডের চার বছর মেয়াদি প্রকৌশল ডিপ্লোমা কোর্সের **ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন এবং ডাটা টেলিকমিউনিকেশন টেকনোলজির চতুর্থ পর্বের** ছাত্রছাত্রীদের জন্য নতুন সিলেবাস অনুযায়ী প্রণীত

নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

Networks, Filters & Transmission Lines

Subject Code : 6843

রচনায়

প্রকৌঃ মোঃ নূরুজ্জামান প্রামানিক

বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (ইইই), এমএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং

প্রাক্তন চীফ ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল) ফরিদপুর পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, বায়তুল আমান, ফরিদপুর

প্রাক্তন কারিকুলাম বিশেষজ্ঞ, বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, আগারগাঁও, ঢাকা

ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স), মহিলা পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, আগারগাঁও, ঢাকা

ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স), ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, ময়মনসিংহ

প্রকৌঃ মোঃ মিজানুর রহমান

বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (ইইই), পিজিডিটিই (ইলেকট্রিক্যাল)

চীফ ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)

রাজশাহী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, রাজশাহী

হক পাবলিকেশনস্

HAQUE PUBLICATIONS

৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০

প্রকাশক ঃ হক পাবলিকেশনস্-এর পক্ষে
হাজী জাহানারা হক
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০
ফোন ঃ ৯৫৮০৩৭০

[প্রকাশক কর্তৃক সকল স্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ ঃ ১০ জুলাই ২০০২
তৃতীয় প্রকাশ ঃ ১ এপ্রিল ২০০৯
চতুর্থ প্রকাশ ঃ ১ মে ২০১২
পঞ্চম প্রকাশ ঃ ১ আগস্ট ২০১৪
ষষ্ঠ প্রকাশ ঃ ১ জানুয়ারি ২০১৬
পরিমার্জিত ও সংশোধিত সংস্করণ
সপ্তম প্রকাশ ঃ ১ ফেব্রুয়ারি ২০১৭

প্রচ্ছদ পরিকল্পনায় ঃ মোঃ আশরাফুল হক আলো

বর্ণবিন্যাসে ঃ জি. মাওলা কম্পিউটারস্

মুদ্রণে ঃ জি. মাওলা প্রিন্টিং প্রেস
৩৪ শ্রীশ দাস লেন, বাংলাবাজার, ঢাকা-১১০০

ISBN : 978 – 984 – 8980 – 17 – 0

[বাংলাদেশ পুস্তক প্রকাশক ও বিক্রেতা সমিতি কর্তৃক গৃহীত]

মূল্য (MRP) ঃ ২২০.০০ টাকা মাত্র

লেখকের কিছু কথা

প্রযুক্তির উন্নয়নের সাথে সামাজিক চাহিদা পূরণের উপযোগী ডিপ্লোমা প্রকৌশলী তৈরির উদ্দেশ্যে বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড ২০১২ সালে প্রকৌশল ডিপ্লোমার নতুন সিলেবাস চালু করে। এ সিলেবাস অনুযায়ী শিক্ষার্থীদের উপযোগী করে বিভিন্ন বিষয়ে বাংলা পাঠ্যপুস্তক প্রণয়নের জন্য বোর্ড কর্তৃপক্ষ বাংলায় পাঠ্যপুস্তক প্রণয়ন প্রকল্প গ্রহণ করে। এ নতুনভাবে চালুকৃত সিলেবাস অনুযায়ী শিক্ষার্থীদের জন্য আমরা **"নেটওয়ার্কস ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস (৬৮৪৩)"** পুস্তকখানি প্রণয়ন করি। এতে সিলেবাস অনুযায়ী প্রত্যেকটি সাধারণ উদ্দেশ্যের আওতাধীন বিশেষ উদ্দেশ্যাবলির সীমায় আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখা হয়েছে। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে শিক্ষার্থীদের নিকট সহজ, সরল ও পর্যায়ক্রমিক উপস্থাপনের জন্য এর ব্যতিক্রমও ঘটেছে। এতে প্রত্যেকটি অধ্যায়ের শেষে শিক্ষার্থীদের শিখন মূল্যায়নে অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর, সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ও রচনামূলক প্রশ্নোত্তর দেয়া হয়েছে।

বইটি প্রণয়নে অনেক স্বনামধন্য লেখকের বইপত্র, বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানের গবেষণাপত্র, ইত্যাদির সহায়তা নিয়েছি এবং বিভিন্ন গুণিজনের সহযোগিতা ও পরামর্শ গ্রহণ করেছি। আমরা তাদের সকলের নিকট কৃতজ্ঞ ও ঋণী।

পরিশেষে অনিচ্ছাকৃত ভুলত্রুটি, মুদ্রণভ্রান্তি ও জ্ঞানের সীমাবদ্ধতার কথা অকপটে স্বীকার করে পাঠকবৃন্দ ও গুণীজনদের নিকট হতে গঠনমূলক পরামর্শ কামনা করছি। স্বল্প সময়ে বইটির মুদ্রণ শেষ করে পাঠকদের হাতে তুলে দেয়ায় হক পাবলিকেশনস এর স্বত্বাধিকারিণী হাজী জাহানারা হক'কে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। এ বইখানা শিক্ষার্থী ও পাঠকদের সামান্য উপকারে আসলেও আমাদের শ্রম সার্থক মনে করব।

ধন্যবাদান্তে

প্রকৌশলী মোঃ নুরুজ্জামান প্রামানিক

প্রকৌশলী মোঃ মিজানুর রহমান

উৎসর্গ

পরম শ্রদ্ধেয়

মা

ও

বাবাকে

— লেখকবৃন্দ

Syllabus

6843 NETWORKS, FILTERS & TRANSMISSION LINES

T	P	C
3	3	4

AIMS

- To provide the comprehensive knowledge and skill on four terminal network.
- To provide the understanding and skill on attenuator & filters.
- To familiarize with the transmission line.
- To provide the understanding and skill on antenna.
- To familiarize with the propagation of radio waves.

SHORT DESCRIPTION

Four terminal networks; Half section network; Attenuators and filters; Transmission line; Line constant & impedance matching; Antenna; Propagation of radio wave; Effect of earth curvature & ionosphere on wave propagation.

DETAIL DESCRIPTION

Theory :

1 Understand the features of four terminal network.

1.1 Define network.
1.2 Define the terms (a) Active element (b) passive element (c) linear & non linear element (d) Unilateral & Bilateral elements.
1.3 State the classification of networks.
1.4 Define symmetrical and asymmetrical networks.
1.5 Illustrate characteristic impedance, propagation constant, attenuation constant and phase constant of general four terminal symmetrical networks connected in services.
1.6 Illustrate iterative impedance, image impedance, image transfer constant and insertion loss of general four terminal asymmetrical network connected in series.

2 Understand the features of special network.

2.1 Define recurrent network.
2.2 Distinguish between the unbalanced and balanced structure ladder network.
2.3 State the meaning of lattice network.
2.4 Draw unbalanced and balanced ladder network as series of T, π and L sections.
2.5 Explain the equivalence between balanced and unbalanced sections.
2.6 Mention the parameters of four terminal networks.

3 Understand the features of T, π, L and half section networks.

3.1 Express the deduction of the characteristic impedance (Z_O) in terms of lumped impedance (z_1, z_2) of symmetrical T section and π section networks.
3.2 Express the deduction of the Z_O in terms of Z_{OC} and Z_{SC} for T and π section.
3.3 Express the deduction of the propagation constants in terms of z_1 and z_2 for T& π section.
3.4 Identify the symmetrical T and π section into half section network.
3.5 Express the deduction of the iterative, image, open and short circuit impedance of half section networks.
3.6 Identify the unbalanced and balanced forms of L sections.
3.7 Express the deduction of the iterative and image impedance of L section network.
3.8 Draw the T as star and π as a mesh network.

4 Understand the features of resonance circuit .

4.1 Define resonance circuit.

4.2 Mention the types of resonance circuit.

4.3 Analyze series and parallel resonance circuit.

4.4 Explain graphical representation of series and parallel resonance.

4.5 Define half power point, 3-db point, resonance frequency ,Upper and lower cut of frequency.

4.6 Derive the equation of Upper and lower cut of frequency in terms of circuit parameter.

4.7 Explain Q- factor.

4.8 Deduce the equation of Q–factor.

5 Understand the features of attenuators and filter.

5.1 Define attenuator and filter.

5.2 Define passive & Active filter.

5.3 Express attenuation in decibles and nepers.

5.4 Mention the general characteristics of attenuating network.

5.5 Show mathematically the attenuators involving symmetrical, asymmetrical, L and π type network.

5.6 Explain the variable and ladders attenuator.

5.7 List the types of filters.

5.8 Mention the general properties of lowpass, highpass, bandpass and bandstop filters.

5.9 Mention the application of lowpass, highpass, bandpass and bandstop filters.

5.10 Represent the lowpass filter in symmetrical unbalanced and balanced T-section and symmetrical unbalanced and balanced π section forms.

5.11 State the theorem connecting alpha and Z_O.

6 Understand the features of special filter.

6.1 Explain the cut off frequency and constant K-section of filter network.

6.2 Mention the reactance frequency characteristics of T and π lowpass and highpass filters.

6.3 Identify the attenuation vs. frequency, phase shift vs. frequency, characteristic impedance vs. frequency curve.

6.4 Mention the significance of T and π section low and highpass filters.

6.5 Express the deduction of M-derived filters.

6.6 Explain the operation of crystal filters.

6.7 Describe the impedance matching of filters.

6.8 Mention the difference between active and passive filters.

7. Understand the features of transmission line.

7.1 Identify the types of transmission lines.

7.2 List the application of transmission lines.

7.3 Explain the velocity of propagation and characteristics impedance of transmission line.

7.4 Define infinite line.

7.5 Explain the short line terminated in Z_O.

7.6 Explain the current and voltage wave along a transmission line.

7.7 Mention the propagation, attenuation and phase constant of a transmission line.

7.8 Describe the voltage, current and power reflection of transmission line.

8. Understand the features of line constant & impedance matching.

8.1 State the meaning of the terms primary and secondary line constants.
8.2 Express the deduction of secondary line constant such as alpha, beta, gamma and Zo in terms of primary line constants.
8.3 Express the deduction of the condition of minimum attenuation, minimum distortion and distortionless condition of transmission line.
8.4 Describe continuous loading and lumped loading.
8.5 List the use of continuous loading and lumped loading.
8.6 Describe the construction of loading coils.
8.7 Mention the use of loading coils.
8.8 Explain the input impedance of transmission line.
8.9 Explain the impedance matching, single stub, double stub and quarter wave transformer.
8.10 Mention the characteristics of the high frequency transmission line.

9. Understand the features of antenna.

9.1 State the physical idea of radiation of electromagnetic energy from antenna.
9.2 Define point source, power gain directivity, aperture, effective area, radiation pattern, beam angle, radiation angle, beam and radiation distance related to antenna.

10. Understand the construction & operation of antenna.

10.1 Describe the construction of dipole, folded dipole, yagi, marconi and whip antenna.
10.2 Describe the operation of dipole, folded dipole, yagi, marconi and whip antenna.
10.3 Describe the radiation pattern of dipole, folded dipole, yagi, marconi and whip antenna.
10.4 Describe the construction of V, rombic, parastic and turnstill antenna.
10.5 Describe the operation of V, rombic, parastic and turnstill antenna.
10.6 Explain the construction of end-fire and broad-side array.
10.7 Explain the operation of end-fire and broad-side array.
10.8 Describe the design of dish antenna.
10.9 Mention the coupling and impedance matching procedure of antenna.
10.10 Explain the construction of the log periodic antenna.

11. Understand the propagation of radio waves.

11.1 Mention the nature of electromagnetic waves.
11.2 Mention the characteristics including polarization of electromagnetic waves.
11.3 Mention the modes of radio wave propagation.
11.4 Mention the classification of radio wave on the basis of frequency, distance and application.
11.5 Mention the characteristics of ground, space and sky wave propagation.
11.6 Explain the summerfield equation and effect of terran for ground wave propagation.
11.7 State the effect of environment in propagation of waves.
11.8 Describe the field strength and range of propagation in terms of antenna height for space wave propagation.

12. Understand the effect of earth curvature & ionosphere on wave propagation.

12.1 Mention the effect of earth curvature and atmosphere on space wave propagation.
12.2 Explain the duct propagation, multi-hop propagation and trophoscatter propagation.
12.3 Explain the term ionosphere.
12.4 Identify the layers of ionosphere.
12.5 List the basic properties of different layers of the ionosphere.
12.6 Explain the reflection and refraction through ionosphere.
12.7 Describe the ionosphere variation and effects of earths magnetic fields.
12.8 Define skip distance, skip zone and M.U.F.
12.9 Explain the fading and noise in sky wave propagation.

Practical :

1. **Measure the characteristic impedance of a symmetrical T network.**
   - 1.1 Select the required components, connecting board, meter and necessary materials.
   - 1.2 Build up a diagram of symmetrical T network.
   - 1.3 Set the components on the board as per diagram.
   - 1.4 Check the connections.
   - 1.5 Find the characteristic impedance.
   - 1.6 Compare the observed result with theoretical value.
2. **Measure the image impedance of a given asymmetrical T network.**
   - 2.1 Select the required components.
   - 2.2 Select the connecting board, meter and materials.
   - 2.3 Select a circuit diagram.
   - 2.4 Set the components on the board according to the circuit diagram.
   - 2.5 Check the connections.
   - 2.6 Record the characteristic impedance.
   - 2.4 Compare the observed result with theoretical value.
3. **Measure the attenuation of symmetrical T type attenuator.**
   - 3.1 Select the attenuator circuit.
   - 3.2 Select the components, meters, board and materials.
   - 3.3 Connect the components of the board as per diagram.
   - 3.4 Check the connections.
   - 3.5 Record the required data.
   - 3.6 Calculate the attenuation.
4. **Determine the impedance characteristics of prototype lowpass filter.**
   - 4.1 Select a T or π lowpass filter circuit.
   - 4.2 Select the component board, tools and materials.
   - 4.3 Connect the components according to the diagram.
   - 4.4 Record the impedance for various frequency.
   - 4.5 Draw the reactance frequency curve from the data.
   - 4.6 Show the pass band and attenuation band.
5. **Determine the attenuation characteristics of a prototype lowpass filter.**
   - 5.1 Select the required circuit.
   - 5.2 Select the components, board, meter and materials.
   - 5.3 Connect the circuit components as per diagram.
   - 5.4 Energize the circuit.
   - 5.5 Record the required data for various frequencies.
   - 5.6 Calculate the attenuations by collected data.
   - 5.7 Draw the attenuation frequency curve from the data.
   - 5.8 Observe the graph.
6. **Determine the impedance characteristics of a highpass filter.**
   - 6.1 Select a high filter circuit.
   - 6.2 Select the components, board, meter and materials.
   - 6.3 Connect the components and energize the circuit.
   - 6.4 Record the impedance for various frequencies.
   - 6.5 Draw the reactance frequency curve.
   - 6.6 Show the pass band and attenuation band.

7. Determine the attenuation characteristics of a high pass filter.

7.1 Select the required circuit.
7.2 Select the components, board, meter and materials.
7.3 Connect the components as per diagram.
7.4 Collect the required data for various frequencies.
7.5 Calculate the attenuations by collected data.
7.6 Plot the graph.

8. Measure the velocity of propagation through a parallel wire transmission line.

8.1 Select a parallel wire transmission line.
8.2 Select the required equipment and tools.
8.3 Use a proper reactance meter to measure the inductance and capacitance per mile.
8.4 Use the formula $V=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ to measure the inductance and capacitance per loss less line.
8.5 Add the correction factor due to loss.

9. Measure the attenuation constant, phase constant and propagation constant of transmission line.

9.1 Select a transmission line.
9.2 Select the required equipment, tools and materials.
9.3 Find the line constants using proper tools.
9.4 Calculate the attenuation and phase constant from the data.
9.5 Calculate the propagation constant from alpha and beta.

10. Measure the characteristic impedance of a transmission line.

10.1 Select a transmission line.
10.2 Select the required equipment, tools and materials.
10.3 Connect the meter to measure required line constant.
10.4 Calculate the characteristic impedance from line constants.

11. Design and verify the impedance matching of transmission with a quarter wave transformer.

11.1 Select a transmission line with given R_l and Zo.
11.2 Select required equipment and tools for verification.
11.3 Design the quarter wave transformer using formula $R_o = \sqrt{R_2 Z_o}$.
11.4 Connect the quarter wave transformer between load and transmission line.
11.5 Observe the matching with the energy transmission.

12. Determine the radiation pattern of dipole antenna.

12.1 Select a source (test antenna), receiver, indicator, power supply, mounting frame.
12.2 Select the required equipment and tools.
12.3 Connect the radiotor dipole with the power supply and receiver to the indicator.
12.4 Place the source and radiotor in the flexible mounting frame.
12.5 Energize the system.
12.6 Rotate the receiver at constant radius around the source.
12.7 Record the power received by the indicator.
12.8 Plot the output versus angular location curve.
12.9 Find the radiation pattern.

13. Construct of an yagi antenna.

13.1 Select the folded dipole, director and reflector of the antenna.
13.2 Select the required equipment, tools and materials.
13.3 Build up the antenna element with proper design data.
13.4 Connect the antenna with transmission line to the TV receiver.
13.5 Observe the receiver output.

সূচিপত্র

অধ্যায়-১ : চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্য

১.০ ভূমিকা ১৯
১.১ নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা ১৯
১.২ (ক) অ্যাকটিভ উপাদান, (খ) প্যাসিভ উপাদান, (গ) লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান, (ঘ) ইউনিলেটারাল এবং বাইলেটারাল উপাদান এর সংজ্ঞা ১৯
১.৩ নেটওয়ার্কের শ্রেণিবিভাগ ২০
১.৪ সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা ২১
১.৫ সিরিজে যুক্ত চার প্রান্তীয় সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট ২১
১.৫.১ ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স ২১
১.৫.২ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট ২২
১.৫.৩ অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট ২৩
১.৫.৪ ফেজ কনস্ট্যান্ট ২৪
১.৬ সিরিজে যুক্ত চার প্রান্তীয় অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট এবং ইনসারশন লস ২৪
১.৬.১ ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স ২৪
১.৬.২ ইমেজ ইম্পিড্যান্স ২৫
১.৬.৩ ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট ২৬
১.৬.৪ ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট ২৭
১.৬.৫ ইনসারশন লস ২৭

অনুশীলনী-১

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩২

অধ্যায়-২ : বিশেষ ধরনের নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্য

২.০ ভূমিকা ৩৩
২.১ রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক ৩৩
২.২ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক ৩৪
২.৩ ল্যাটিস নেটওয়ার্ক ৩৪

২.৪ আন-ব্যালান্সড এবং বালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশন অংকন ৩৫
২.৫ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের মধ্যে সমতা ৩৬
২.৬ চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের প্যারামিটারসমূহ ৩৬
২.৬.১ Z-প্যারামিটার বা খোলা বর্তনী ইম্পিড্যান্স ৩৭
২.৬.২ Y-প্যারামিটার শর্ট সার্কিট অ্যাডমিট্যান্স ৩৭
২.৬.৩ হাইব্রিড প্যারামিটার বা h-প্যারামিটার ৩৮

অনুশীলনী-২

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৯
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪১
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪৩

অধ্যায়-৩ : T, π, L ও অর্ধ সেকশন নেটওয়ার্ক

৩.১ সিমেট্রিক্যাল T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের সমষ্টিগত ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় ৪৪
৩.১.১ সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক ৪৪
৩.১.২ সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক ৪৫
৩.২ T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় ৪৬
৩.২.১ T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স ৪৬
৩.২.২ π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স ৪৭
৩.৩. T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় ৪৯
৩.৩.১ T সেকশন নেটওয়ার্ক ৪৯
৩.৩.২ π সেকশন নেটওয়ার্ক ৫০
৩.৪ সিমেট্রিক্যাল T ও π সেকশনকে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত ৫১
৩.৫ অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ, ইমেজ, ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স ৫১
৩.৫.১ ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স ৫১
৩.৫.২ ইমেজ ইম্পিড্যান্স ৫২
৩.৫.৩ ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স ৫৪
৩.৬ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক ৫৫
৩.৭ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ এবং ইমেজ ইম্পিড্যান্স ৫৬
৩.৭.১ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স ৫৬
৩.৭.২ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স ৫৭
৩.৮ T নেটওয়ার্কে স্টার এবং π নেটওয়ার্ককে মেশে রূপান্তর ৫৮

● গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৫৯

অনুশীলনী-৩

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৬
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৭
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬৯

অধ্যায়-৪ : রেজোন্যান্স সার্কিট

৪.১ রেজোন্যান্স সার্কিট এর সংজ্ঞা ৭১
৪.২ রেজোন্যান্স সার্কিট এর প্রকারভেদ ৭১
৪.৩ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা ৭১
৪.৩.১ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা ৭১
৪.৩.২ প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা ৭২
৪.৩.৩ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের পার্থক্য ৭৩
৪.৪ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্সকে গ্রাফচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা ৭৪
৪.৪.১ সিরিজ রেজোন্যান্সের গ্রাফচিত্র ৭৪
৪.৪.২ প্যারালাল রেজোন্যান্সের গ্রাফ চিত্র ৭৪
৪.৫ হাফ পাওয়ার পয়েন্ট, ৩-ডিবি পয়েন্ট, রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, আপার এবং লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি এর ব্যাখ্যা ৭৫
৪.৬ সার্কিট প্যারামিটার এর আপার এবং লোয়ার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি সমীকরণ ব্যাখ্যা ৭৬
৪.৭ Q-ফ্যাক্টর এর ব্যাখ্যা ৭৭
৪.৮ Q-ফ্যাক্টর এর গাণিতিক সমীকরণ ৭৭
৪.৯ সমাধানকৃত সমস্যাবলি ৭৭

অনুশীলনী-৪

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭৯
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭৯
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮০

অধ্যায়-৫ : অ্যাটেনুয়েটরস এবং ফিল্টার

৫.০ ভূমিকা ৮১
৫.১ অ্যাটেনুয়েটর এবং ফিল্টারের সংজ্ঞা ৮১
৫.২ অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টার ৮১
৫.৩ ডেসিবেল এবং নেপার এককে অ্যাটেনুয়েটর ৮২
৫.৪ অ্যাটেনুয়েটিং নেটওয়ার্কের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ৮৪
৫.৫ সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল T, L এবং π নেটওয়ার্ক ৮৪
৫.৫.১ সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ৮৪

৫.৫.২ সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটর ৮৬
৫.৫.৩ অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ৮৮
৫.৫.৪ L–টাইপ অ্যাটেনুয়েটর ৯০
৫.৬ পরিবর্তনশীল এবং ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর ৯১
৫.৬.১ পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েটর ৯১
৫.৬.২ ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর ৯১
৫.৭ ফিল্টারের প্রকারভেদ ৯১
৫.৮ ও ৫.৯ লো-পাস, হাইপাস, ব্যান্ড পাস এবং ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ৯২
৫.৮.১ ও ৫.৯.১ লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম এবং প্রয়োগ ৯২
৫.৮.২ ও ৫.৯.২ হাইপাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ ৯২
৫.৮.৩ ও ৫.৯.৩ ব্যান্ড পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ ৯৩
৫.৮.৪ ও ৫.৯.৪ ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার ৯৩
৫.১০ সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড T এবং π সেকশন হিসাবে লো-পাস ফিল্টার উপস্থাপন ৯৪
৫.১১ কানেকটিং α এবং Z_0 থিওরেম ৯৫
● **গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ঃ** ৯৭

অনুশীলনী-৫

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০০
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০২
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০৬

অধ্যায়-৬ ঃ বিশেষ ধরণের ফিল্টার

৬.০ ভূমিকা ১০৭
৬.১ কনস্ট্যান্ট k ফিল্টার এবং কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি ১০৭
৬.২ T এবং π লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য ১০৮
৬.২.১ T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য ১০৮
৬.২.২ T এবং π সেকশন হাইপাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য ১০৯
৬.৩ অ্যাটেনুয়েশন বনাম ফ্রিকুয়েন্সি, ফেজ শিফট বনাম ফ্রিকুয়েন্সি, ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স বনাম ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১১
৬.৩.১ লো-পাস ফিল্টারের T এবং π সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১১
৬.৩.২ লো-পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১২
৬.৩.৩ লো-পাস ফিল্টারের ফেজ শিফট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১৩
৬.৩.৪ হাইপাস T এবং π সেকশন ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১৩
৬.৩.৫ হাইপ্যাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১৫

৬.৩.৬ হাইপাস ফিল্টারের ফেজে শিফট-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ১১৬
৬.৪ লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি ১১৬
৬.৫ m-ডিরাইভ ফিল্টার ১১৭
৬.৬ ক্রিস্টাল ফিল্টার ১২০
৬.৭ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টার ১২২
৬.৮ অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য ১২২

অনুশীলনী-৬

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২৫
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২৬
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৩০

অধ্যায়-৭ ঃ ট্রান্সমিশন লাইনের বৈশিষ্ট্য

৭.০ ভূমিকা ১৩১
৭.১ ট্রান্সমিশন লাইনের ধরন ১৩১
৭.২ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রয়োগ ১৩২
৭.৩ প্রেরণ লাইনে প্রপাগেশন বেগ এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ১৩২
৭.৪ অসীম লাইন ১৩৪
৭.৫ ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ ১৩৫
৭.৬ ট্রান্সমিশন লাইনে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ ১৩৬
৭.৭ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন, অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট ১৩৮
৭.৭.১ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট ১৩৮
৭.৭.২ অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট ১৩৯
৭.৮ ট্রান্সমিশন লাইনে ভোল্টেজ, কারেন্ট এবং পাওয়ার প্রতিফলন ১৪০

অনুশীলনী-৭

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪০
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪১
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪৩

অধ্যায়-৮ ঃ লাইন প্রুব এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বৈশিষ্ট্য

৮.০ ভূমিকা ১৪৪
৮.১ প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি লাইন কনস্ট্যান্ট ১৪৪
৮.২ প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে Z_0, γ, α এবং β এর মান নির্ণয় ১৪৪
৮.২.১ ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ১৪৫

৮.২.২ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট ১৪৫
৮.২.৩ অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট ১৪৬
৮.৩ ট্রান্সমিশন লাইনে নূন্যতম অ্যাটেনুয়েশন, ন্যূনতম ডিসটরশন এবং ডিসটরশন মুক্তের শর্ত ১৪৭
৮.৪ কন্টিনিউয়াস লোডিং এবং ল্যাম্পড লোডিং ১৫১
৮.৪.১ কন্টিনিউয়াস লোডিং ১৫১
৮.৪.২ লাম্পড লোডিং ১৫১
৮.৪.৩ লোডিং এর প্রভাব ১৫২
৮.৫ কন্টিনিউয়াস লোডিং এবং লাম্পড লোডিং এর ব্যবহার ১৫২
৮.৫.১ কন্টিনিউয়াস লোডিং এর ব্যবহার ১৫২
৮.৫.২ লাম্পড লোডিং এর ব্যবহার ১৫২
৮.৬ লোডিং কয়েলের গঠন ১৫২
৮.৭ লোডিং কয়েলের ব্যবহার ১৫৩
৮.৮ ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স ১৫৩
৮.৮.১ সসীম লাইনকে Z_O এর মাধ্যমে টার্মিনেটেড ১৫৫
৮.৮.২ ওপেন সার্কিট সসীম লাইন ১৫৫
৮.৮.৩ শর্ট সার্কিটেড সসীম লাইন ১৫৬
৮.৮.৪ সসীম লাইনে Z_R দ্বারা টার্মিনেটেড ১৫৬
৮.৯ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ১৫৭
৮.৯.১ কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ১৫৭
৮.৯.২ L নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ১৫৯
৮.৯.৩ স্টাবের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ১৬০
৮.১০ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইন ১৬৩
● **গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান** **১৬৪**

অনুশীলনী-৮

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬৭
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬৯
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৭২

অধ্যায়-৯ : অ্যান্টিনার বৈশিষ্ট্য

৯.০ ভূমিকা ১৭৩
৯.১ অ্যান্টিনা থেকে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক শক্তি বিকিরণের বাহ্যিক ধারণা ১৭৩
৯.২ অ্যান্টিনার সাথে সম্পর্কিত বিন্দু উৎস, পাওয়ার গেইন, ডাইরেকটিভিটি, অ্যাপারচার, কার্যকরী ক্ষেত্র, রেডিয়েশন প্যাটার্ন, বীম কোণ এবং বিকিরণ কোণ-এর সংজ্ঞা ১৭৬
৯.২.১ বিন্দু উৎস ১৭৬
৯.২.২ পাওয়ার গেইন ১৭৬

৯.২.৩ ডাইরেকটিভিটি ১৭৭
৯.২.৪ অ্যাপারচার ১৭৭
৯.২.৫ কার্যকরী ক্ষেত্র ১৭৭
৯.২.৬ বিকিরণ প্যাটার্ন ১৭৭
৯.২.৭ বীম কোণ ১৭৮
৯.২.৮ বিকিরণ কোণ ১৭৮

অনুশীলনী-৯

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৮
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৯
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৭৯

অধ্যায়-১০ : অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি

১০.০ ভূমিকা ১৮০
১০.১, ১০.২ এবং ১০.৩ ডাইপোল, ফোল্ডেড ডাইপোল, প্যারাসিটিক, ইয়াগী, মারকোনী এবং হুইপ অ্যান্টিনার গঠন, কাজ এবং বিকিরণ প্যাটার্ন ১৮০
১০.৩.১ ডাইপোল অ্যান্টিনা ১৮০
১০.৩.২ ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা ১৮১
১০.৩.৩ প্যারাসিটিক অ্যান্টিনা ১৮৩
১০.৩.৪ ইয়াগী অ্যান্টিনা ১৮৩
১০.৩.৫ মারকোনী এবং হুইপ অ্যান্টিনা ১৮৪
১০.৪, ১০.৫ ভি-রম্বিক এবং টার্নস্টিল অ্যান্টিনার বর্ণনা ১৮৫
১০.৫.১ ভি-অ্যান্টিনা ১৮৫
১০.৫.২ রম্বিক অ্যান্টিনা ১৮৬
১০.৫.৩ টার্নস্টিল অ্যান্টিনা ১৮৭
১০.৬, ১০.৭ এন্ড ফায়ার এবং ব্রড সাইড অ্যারের ব্যাখ্যা ১৮৮
১০.৭.১ ব্রড সাইড অ্যারে ১৮৮
১০.৭.২ এন্ড ফায়ার অ্যারে ১৮৯
১০.৮ ডিশ অ্যান্টিনা ১৯০
১০.৯ অ্যান্টিনা ক্যাপলিং এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ১৯১
১০.৯.১ সরাসরি অ্যান্টিনায় পাওয়ার সরবরাহ ১৯১
১০.৯.২ ব্যালান্সড থেকে আনব্যালান্সড-এ পরিবর্তন ১৯২
১০.৯.৩ লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনা ১৯২

অনুশীলনী-১০

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯৩
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯৪
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৯৯

অধ্যায়-১১ : রেডিও ওয়েভ প্রপগেশন

১১.০ ভূমিকা ২০০
১১.১, ১১.২ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রকৃতি এবং এদের বৈশিষ্ট্য ২০০
১১.৩ রেডিও ওয়েভ প্রপাগেশনের রীতি ২০১
১১.৪ রেডিও ওয়েভের শ্রেণিভেদ ২০২
১১.৫ গ্রাউন্ড, স্পেস এবং স্কাই ওয়েভের বৈশিষ্ট্য ২০২
১১.৫.১ গ্রাউন্ড বা সারফেস ওয়েভ ২০২
১১.৫.২ স্পেস ওয়েভ ২০৩
১১.৫.৩ স্কাই ওয়েভ ২০৩
১১.৬ সামারফিল্ড সমীকরণ এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনে এর প্রভাব ২০৪
১১.৭ ওয়েভ প্রপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব ২০৫
১১.৮ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের ফিল্ড শক্তি এবং প্রপাগেশনের রেঞ্জ ২০৫
১১.৮.১ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ফিল্ড শক্তি ২০৫
১১.৮.২ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে রেঞ্জ ২০৭

অনুশীলনী-১১

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৮
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৯
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২১০

অধ্যায়-১২ : ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা ও আয়োনোস্ফেয়ারের প্রভাব

১২.০ ভূমিকা ২১১
১২.১ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং আয়োনোস্ফেয়ারের প্রভাব ২১১
১২.২ ডাক্ট, মালটি-হোপ এবং ট্রোপোস্ক্যাটার প্রপাগেশন ২১২
১২.২.১ ডাক্ট প্রপাগেশন ২১২
১২.২.২ মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন ২১২
১২.২.৩ ট্রোপোস্ক্যাটার প্রপাগেশন ২১৩
১২.৩ আয়োনোস্ফেয়ার ২১৩
১২.৪ আয়োনোস্ফেয়ার এবং এর স্তর ২১৩
১২.৫ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ধর্ম ২১৪
১২.৬ আয়োনোস্ফেয়ারের মাধ্যমে স্কাই ওয়েভের প্রতিফলন ও প্রতিসরণ ২১৫
১২.৭ আয়োনোস্ফেরিক পরিবর্তন এবং ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব ২১৬
১২.৭.১ আয়োনোস্ফেরিক পরিবর্তন ২১৬

১২.৭.২ ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব ২১৭
১২.৮ স্কিপ দূরত্ব, স্কিপ এলাকা এবং সর্বোচ্চ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি ২১৭
১২.৮.১ স্কিপ দূরত্ব ২১৭
১২.৮.২ স্কিপ এলাকা ২১৮
১২.৮.৩ সর্বোচ্চ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি ২১৮
১২.৯ স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজ ২১৮

অনুশীলনী-১২

◆ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১৯
◆ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২০
◆ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২২০

ব্যবহারিক

১। একটি সিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপন। ২২৩
২। অ্যাসিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাণ। ২২৪
৩। সিমেট্রিক্যাল 'T' টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের অ্যাটেনুয়েশন পরিমাপকরণ। ২২৫
৪। প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের ইম্পিডেন্স বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ। ২২৬
৫। প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ক্যারেক্টারিসটিক নির্ণয়করণ। ২২৮
৬। হাইপাস ফিল্টারের ইম্পিড্যান্স এর বৈশিষ্ট্য নির্ণয়। ২২৯
৭। হাইপাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ। ২৩১
৮। একটি প্যারালাল তার ট্রান্সমিশন লাইনের গতির (Velocity) প্রপাগেশন নির্ণয়করণ। ২৩২
৯। ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, ফেজ কনস্ট্যান্ট এবং প্রপাগেশন কনস্টেন্ট পরিমাপকরণ। ২৩৪
১০। ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপকরণ। ২৩৫
১১। কোয়াটার ওয়েভ ট্রান্সফরমার এর মাধ্যমে ট্রান্সমিশন লাইন এর ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ডিজাইন এবং সত্যতা যাচাইকরণ। ২৩৬
১২। ডায়পোল অ্যান্টেনার রেডিয়েশন প্যাটার্ণ নির্ণয়করণ। ২৩৭

সুপার সাজেশনস্ ২৪০–২৬১

বাকাশিবো প্রশ্নাবলি ২৬২–৩০২

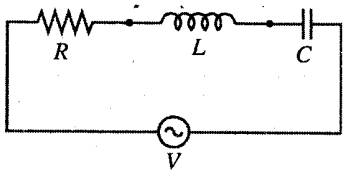
অধ্যায়-১ চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্য (The Features of Four Terminal Network)

১.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

এ অধ্যায়ে নেটওয়ার্ক এর বৈশিষ্ট্য ও নেটওয়ার্কের শ্রেণিভেদ সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। একটি সার্কিট বা নেটওয়ার্ক ডিজাইন করার জন্য এটি খুবই গুরুত্বপূর্ণ। সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক সম্বন্ধে ধারণা দেওয়া হয়েছে। এ ধরনের নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স, ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, ফেজ কনস্ট্যান্ট সম্বন্ধে ধারণা দেয়া হয়েছে।

১.১ নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা (Definition of network) ঃ

বৈদ্যুতিক উপাদানসমূহ যেমন– রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর, ইলেকট্রনিক টিউবস্, সেমি-কন্ডাক্টর ডিভাইস, ট্রান্সফরমার এবং ই.এম.এফ. উৎসসমূহের যে কোন ধরনের অভ্যন্তরীণ সংযোগকে নেটওয়ার্ক নামে অভিহিত করা যায়।



চিত্র ঃ ১.১ ইলেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক

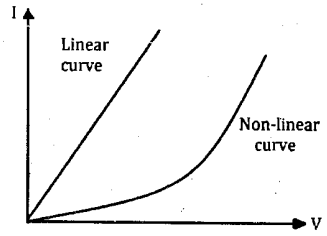
১.২ (ক) অ্যাকটিভ উপাদান, (খ) প্যাসিভ উপাদান, (গ) লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান, (ঘ) ইউনিলেটারাল এবং বাইলেটারাল উপাদান এর সংজ্ঞা (Definition the terms (a) Active element (b) Passive element (c) linear and non-linear element (d) Unilateral and Bilateral elements) ঃ

অ্যাকটিভ উপাদান (Active element) ঃ একটি উপাদান যাহা ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালের একটি উৎস অথবা যাহা সিগন্যাল এনার্জির লেভেলকে বৃদ্ধি করতে সক্ষম হয় তাকে অ্যাকটিভ উপাদান বলা হয়। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো হল– সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস, ইলেকট্রনিক্স টিউব ইত্যাদি। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো সিগন্যালের অ্যামপ্লিফিকেশন অথবা জেনারেশন এর জন্য ব্যবহার করা হয়। অ্যাকটিভ উপাদান ওহম 'ল' এর ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় না।

প্যাসিভ উপাদান (Passive element) ঃ সার্কিটের যেসব উপাদান সিগন্যালের উৎপাদন বা বৃদ্ধি করতে পারে না তাদেরকে প্যাসিভ উপাদান বলে। কোন রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর, এল.ডি.আর, ভি.ডি.আর, থার্মিস্টর ইত্যাদি প্যাসিভ উপাদান।

লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান (Linear-and Non-linear element) ঃ লিনিয়ার উপাদান ঃ যদি একটি উপাদান দ্বারা ঘটিত রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাক্টট্যান্স অথবা ক্যাপাসিট্যান্স এর মান, বর্তনীতে প্রয়োগকৃত ইএমএফ অথবা বর্তনী কারেন্টের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তন না হয় তবে ঐ উপাদানকে লিনিয়ার উপাদান বলা হয়।

লিনিয়ার উপাদান এর ভোল্টেজ ও কারেন্ট এর মধ্যে লিনিয়ার সম্পর্ক প্রদর্শন করে, যা চিত্রে দেখানো হল। লিনিয়ার সার্কিট উপাদান হল রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর ইত্যাদি।



চিত্র ঃ ১.২ লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান এর V–I বৈশিষ্ট্য রেখা

নন-লিনিয়ার উপাদান ঃ একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সাথে যে সার্কিট উপাদানের ভিতরে প্রবাহিত কারেন্ট রৈখিকভাবে পরিবর্তন হয় না তাকে নন-লিনিয়ার উপাদান বলা হয়।

সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড অপারেশন কার্ভ রিজিয়ন ক্যারেক্টারিস্টিক চিত্রে দেওয়া হল, যা নন-লিনিয়ার সার্কিট উপাদান এর উদাহরণ। যখন অপারেটিং ভোল্টেজ বা কারেন্টের পরিবর্তন হয় তখন নন-লিনিয়ার উপাদান দ্বারা ঘটিত রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স বা ক্যাপাসিট্যান্সের মানের পরিবর্তন হয়। প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ বা কারেন্টের অল্প রেঞ্জ পর্যন্ত নন-লিনিয়ার উপাদান লিনিয়ার উপাদানের মত আচরণ করতে পারে। চিত্র ঃ ১.২-এ নন-লিনিয়ার বৈশিষ্ট্য রেখা দেখানো হয়েছে। নন-লিনিয়ার সার্কিট উপাদানগুলো হল ঃ VDR, VDC, ∠LDR ইত্যাদি। লিনিয়ার উপাদান ওহম 'ল' নীতি মেনে চলে, নন-লিনিয়ার উপাদান মেনে চলে না।

ইউনিলেটারাল উপাদান ঃ যে সকল সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে কারেন্ট কেবলমাত্র একদিকে প্রবাহিত হয় তাদেরকে ইউনিলেটারাল উপাদান বলা হয়। যেমন- ডায়োড, রেকটিফায়ার ইত্যাদি। যখন প্রয়োগকৃত ইএমএফ এর পোলারিটি পরিবর্তন করা হয়, তখন যদি সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে কারেন্টের মানের পরিবর্তন হয় তবে ঐ উপাদানকে ইউনিলেটারাল উপাদান বলা হয়। ইউনিলেটারাল উপাদানের উদাহরণ হল সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড। যখন প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের পোলারিটি ডায়োডের ক্যাথোড অপেক্ষা অ্যানোডকে পজিটিভ হয় তখন ডায়োডের ভিতর দিয়ে বেশি পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। আবার যদি প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের পোলারিটি বিপরীত হয় অর্থাৎ অ্যানোড অপেক্ষা ক্যাথোড পজিটিভ হয় তবে ডায়োডের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান নগণ্য হয়। তাই ডায়োড এক প্রকার ইউনিলেটারাল উপাদান।

বাইলেটারাল উপাদান ঃ যে সকল সার্কিটের মধ্যদিয়ে কারেন্ট উভয় দিক হতে প্রবাহিত হতে পারে অর্থাৎ যে কোন দিক হতে কারেন্ট প্রবাহিত হলে সার্কিটের বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন হয় না তাদেরকে বাইলেটারাল উপাদান বলে। যেমন, পরিবহন লাইন। যখন প্রয়োগকৃত ইএমএফ এর পোলারিটি পরিবর্তন করা হয়, তখন যদি সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের দিক পরিবর্তন হয় কিন্তু কারেন্টের মানের কোন পরিবর্তন হয় না তবে ঐ উপাদানকে বাইলেটারাল উপাদান বলা হয়। রেজিস্টর বাই লেটারাল উপাদান, যখন রেজিস্টর নেটওয়ার্কে ইএমএফ প্রয়োগ করা হয় ইহার ভিতর প্রবাহিত কারেন্টের মান রেজিস্টরের মানের উপর নির্ভর করে। যদি ইএমএফ এর পোলারিটি বিপরীত করা হয় তবে কারেন্ট প্রবাহের দিক পরিবর্তন হয় কিন্তু কারেন্টের মান প্রভাবিত হয় না

১.৩ নেটওয়ার্কের শ্রেণিবিভাগ (Classification of networks) ঃ

কোন নেটওয়ার্কে যে ধরনের উপাদান ব্যবহার করা হয়, তার উপর ভিত্তি করে একটি নেটওয়ার্কের নামকরণ করা হয়। যদি কোন নেটওয়ার্কের উপাদান হিসেবে রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর বা ইন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়, তবে উক্ত নেটওয়ার্ককে প্যাসিভ বাইলেটারাল লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলে। এ ধরনের নেটওয়ার্কের সাথে যদি LDR, VDR বা থার্মিস্টর (Thermistor) যুক্ত করা হয়, তবে উক্ত নেটওয়ার্ককে প্যাসিভ বাইলেটারাল এবং নন-লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলে। আবার, এ ধরনের নেটওয়ার্কের সাথে যদি একটি সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস বা একটি টিউব যুক্ত করা হয়, তবে উক্ত নেটওয়ার্কটিকে প্যাসিভ ইউনিলেটারাল এবং নন-লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলে। সুতরাং এ আলোচনা থেকে বলা যায় যে, উপাদান ব্যবহার অনুযায়ী নেটওয়ার্ককে নিম্নরূপে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। প্যাসিভ বাইলেটারাল লিনিয়ার নেটওয়ার্ক (Passive bilateral linear network),

২। প্যাসিভ বাইলেটারাল নন-লিনিয়ার নেটওয়ার্ক (Passive bilateral non-linear network),

৩। প্যাসিভ ইউনিলেটারাল নন-লিনিয়ার নেটওয়ার্ক (Passive unilateral non-linear network)।

লিনিয়ার প্যাসিভ বাইলেটারাল নেটওয়ার্ককে নিম্নরূপ শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী নেটওয়ার্ক দু'ধরনের, যথা ঃ

১। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক (Symmetrical network),

২। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক (Asymmetrical network)।

ইম্পিড্যান্স পরিমাপের উপর ভিত্তি করে নেটওয়ার্ক দু'ধরনের, যথা ঃ

১। ব্যালান্সড্ নেটওয়ার্ক (Balanced network),

২। আনব্যালান্সড্ নেটওয়ার্ক (Unbalanced network)।

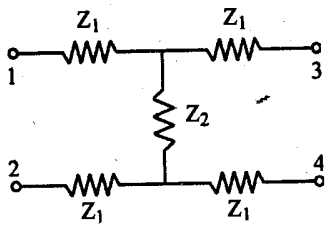
নেটওয়ার্ক সংযোগের উপর ভিত্তি করে দু'ধরনের, যথা ঃ

১। লাম্পড নেটওয়ার্ক (Lumped network),

২। ডিসট্রিবিউটেড নেটওয়ার্ক (Distributed network)।

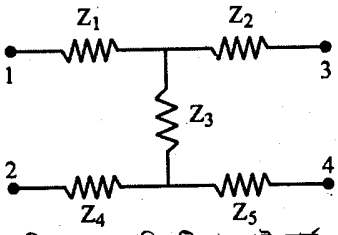
১.৪ সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা (Definition of symmetrcal and asymmetrical network) ঃ

যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত-এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হয়, তবে এদের বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের কোনরূপ পরিবর্তন না হলে, ঐ নেটওয়ার্ককে সিমেট্রিক্যাল (Symmetrical) নেটওয়ার্ক বলে। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক, একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি উভয় প্রান্তে সমান সংখ্যক টার্ন বা প্যাঁচ বিদ্যমান আছে। তাহলে এর প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারিতে ইম্পিড্যান্স এবং ভোল্টেজ সমান হবে। যদি ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত পারস্পরিক পরিবর্তন করানো হয়, তবে এর বৈশিষ্ট্যের কোনরূপ পরিবর্তন সাধিত হবে না। এটা একটি সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের উদাহরণ। ১.৩নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ১.৩ সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক

যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত-এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হয়, তখন এর বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে, তবে ঐ নেটওয়ার্ককে অ্যাসিমেট্রিক্যাল (Asymmetrical) নেটওয়ার্ক বলে। ধরা যাক, একটি স্টেপ-আপ ট্রান্সফরমারের ইনপুট প্রান্ত এবং আউটপুট প্রান্ত পরস্পরের মধ্যে পরিবর্তন করা হল, তবে এর বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে এবং এটি একটি স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমার হিসাবে বিবেচিত হয়। এটা একটা অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের উদাহরণ। ১.৪নং চিত্রে অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।

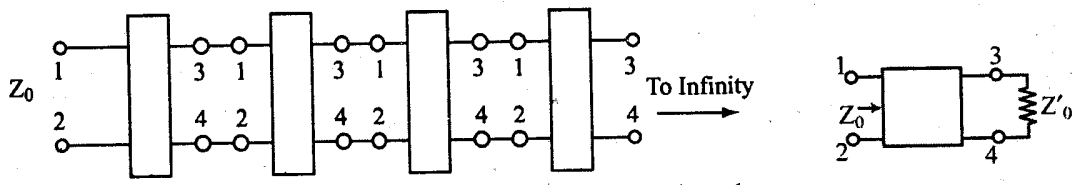


চিত্র ঃ ১.৪ অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক

১.৫ সিরিজে যুক্ত চার প্রান্তীয় সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট (Characteristics impedance, propagation constant, attenuation constant and phase constant of general four terminal symmetrical networks connected in series) ঃ

১.৫.১ ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স (Characteristics impedance) ঃ

যখন অসীম সংখ্যক সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে একটির সাথে অন্যটিকে সিরিজে সংযুক্ত করা হয়, এরূপ নেটওয়ার্কের ইনপুট প্রান্তের আড়াআড়ি ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে যে পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে ঐ সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স বলে।



চিত্রঃ ১.১৫ সিরিজে সংযুক্ত সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক

এটা অনুধাবন করার জন্য, ধরা যাক অসীম সংখ্যক অনুরূপ সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে পরস্পরের সাথে সিরিজে সংযুক্ত করা হয়েছে, যা ১.১৫ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। প্রথম নেটওয়ার্ক-এর ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে একটি নির্দিষ্ট মানের ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে, যা নেটওয়ার্কের উপাদান সংযোগের উপর নির্ভর করে। পরিমাপকৃত প্রাপ্ত ইম্পিড্যান্সকে ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স বলে এবং এটাকে Z_O প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

১.১৫ নং চিত্র হতে প্রথম নেটওয়ার্কটি সরিয়ে নিলেও নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্যের উপর কোনরূপ প্রভাব পড়ে না। কারণ, নেটওয়ার্কে এরূপ অসীম সংখ্যক সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক সংযুক্ত করা আছে। এবারও প্রথম নেটওয়ার্কের ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে এর উপরও কোনরূপ প্রভাব পড়ে না এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে। যদি ১.১৫ নং চিত্রে সিরিজে সংযুক্ত নেটওয়ার্কসমূহকে প্রথম নেটওয়ার্কের আউটপুট হতে অপসারণ করা হয় এবং প্রথম নেটওয়ার্কের আউটপুট প্রান্তে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এর সমান ইম্পিড্যান্স দ্বারা যদি সংযুক্ত করা হয়, তবে প্রথম নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্যেরও কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স সমান থাকবে, যা ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এর সমান হবে।

এভাবে আমরা সিদ্ধান্ত গ্রহণ করতে পরি যে, যদি কোন একটা সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করা হয়, তবে এটার ইনপুট প্রান্তে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সমান হবে। এ শর্ত সাপেক্ষে, কোন নেটওয়ার্ককে উপযুক্তভাবে সম্পূর্ণ করা হয়েছে এটা বলা যায়।

১.৫.২ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (Propagation constant) ঃ

ধরা যাক, একটা নেটওয়ার্ককে তার ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O দ্বারা সম্পূর্ণ করা হয়েছে, যা ১.৬ (ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। যদি এর ইনপুট প্রান্তে E_1 ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, তবে নেটওয়ার্কে I_1 কারেন্ট প্রবাহিত হবে। এ কারেন্টের কিছু অংশ নেটওয়ার্কের উপাদানের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে উৎসে ফিরে আসবে এবং অবশিষ্ট অংশ লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে, এক্ষেত্রে যা Z_O এর সমান। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বা লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে I_2 নামে অভিহিত করা হয়েছে। যদি নেটওয়ার্কটি সাধারণ উপাদান সমন্বয়ে গঠিত হয়ে থাকে, যা জটিল ইম্পিড্যান্স (Complex impedance) হিসেবে আচরণ করে, তবে কারেন্ট I_2 কারেন্ট I_1 হতে মান (Magnitude) ও ফেজ (Phase) উভয় দিক থেকেই পৃথক হবে।

যদি কিছু সংখ্যক এরূপ নেটওয়ার্ক সিরিজে পরপর সংযুক্ত করা হয়, যা ১.৬ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে, তবে নেটওয়ার্কের প্রত্যেকটি অংশে ইনপুট এবং আউটপুট কারেন্টের অনুপাত সমান হবে। এটা ঘটে এজন্য যে, প্রত্যেকটি নেটওয়ার্ক অংশে শান্ট প্যারালাল উপাদানে সমপরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

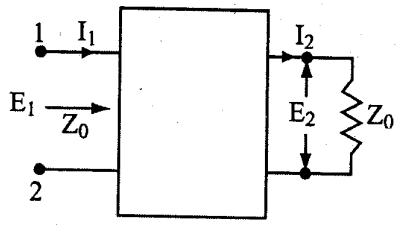
সুতরাং

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_2}{I_3} = \frac{I_3}{I_4} \cdots\cdots = \frac{I_n}{I_{n+1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (১.১)$$

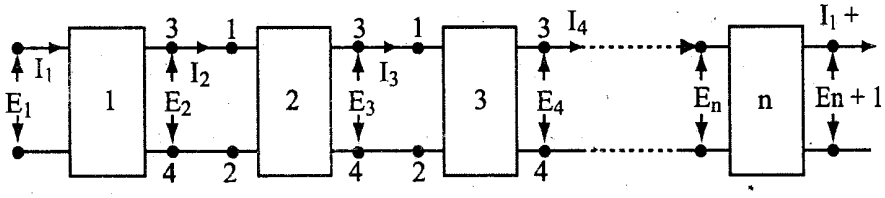
উপরন্তু $I_1.Z_O = E_1$, $I_2.Z_O = E_2$, ..., $I_n.Z_O = E_n$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1.Z_O}{I_2.Z_O} = \frac{I_1}{I_2}$$

দেখা যায় যে, নেটওয়ার্কের যে কোন অংশে ইনপুট এবং আউটপুট ভোল্টেজের অনুপাত, ইনপুট এবং আউটপুট কারেন্টের অনুপাতের সমান হয়। এগুলোর রেশিও বা অনুপাতকে লগারিদমিক্যালি (Logarithmically) প্রকাশ করা হয় এবং একটা জটিল (Complex) রাশি (γ) দ্বারা নির্দেশ করা হয়। একে সাধারণভাবে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (Propagation constant) নামকরণ করা হয়।



চিত্র ঃ ১.৬ (ক) উপযুক্তভাবে সম্পূর্ণ সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ



চিত্র ঃ ১.৬ (খ) সিরিজে সংযুক্ত নেটওয়ার্কে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের সংজ্ঞানুযায়ী পাওয়া যায়,

$$e^{\gamma} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_2}{E_3} \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{E_n}{E_{n+1}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (১.২)$$

$$= \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_2}{I_3} = \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{I_n}{I_{n+1}}$$

১.৬ (খ) নং চিত্রের সামগ্রিক (Overall) প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নিম্নরূপ–

$$\frac{I_1}{I_n} = \frac{I_1}{I_2} \times \frac{I_2}{I_3} \times \frac{I_3}{I_4} \times \ldots\ldots\ldots\ldots \times \frac{I_n}{I_{n+1}}$$

$$= e^{\gamma} \times e^{\gamma} \times e^{\gamma} \times \ldots\ldots\ldots\ldots \times e^{\gamma}$$

$$= e^{n\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৩)$$

এটা দেখানো যায় যে, কারেন্ট অনুপাত একটা জটিল রাশি, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টও একটা জটিল রাশি এবং এটাকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়–

$$\gamma = \alpha + j\beta \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৪)$$

$$\therefore e^{\gamma} = e^{\alpha + j\beta}$$

$$e^{\alpha + j\beta} = \frac{I_1}{I_2} \angle\phi = \frac{I_1}{I_2} e^{j\phi} \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৫)$$

যেখানে, ϕ হল একটি সেকশনের ইনপুট ও আউটপুট কারেন্টের মধ্যবর্তী কোণ।

১.৫ নং সমীকরণের উভয় পক্ষে প্রাকৃতিক লগারিদম গ্রহণ করলে পাওয়া যায়,

$$\alpha + j\beta = \ln \frac{I_1}{I_2} + j\phi \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৬)$$

১.৬ নং সমীকরণ হতে বাস্তব এবং কাল্পনিক রাশি পৃথক করে পাওয়া যায়,

$$\alpha = \ln \frac{I_1}{I_2} \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৭)$$

এবং $\beta = \phi \ldots\ldots\ldots\ldots (১.৮)$

১.৫.৩ অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (Attenuation constant) ঃ

কোন নেটওয়ার্কে যখন কোন ওয়েভ বা তরঙ্গ গমন করে, তখন প্রতি একক দূরত্বে ইনপুট সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে এ ধরনের হ্রাসের হার নির্দিষ্ট থাকে। কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ইনপুট কারেন্টের তুলনায় আউটপুট কারেন্টের মান যে নির্দিষ্ট হারে হ্রাস পায়, তাকে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বলে। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্টকে α দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট মূলত প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের একটা অংশ, যা প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের বাস্তব অংশ দ্বারা নির্দেশ করে।

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের সংজ্ঞানুযায়ী আমরা পাই,

$$e^{\gamma} = \frac{I_1}{I_2}$$

আবার, $\gamma = \alpha + j\beta$ (যেহেতু γ একটা জটিল রাশি)

$$\therefore e^{\gamma} = e^{\alpha + j\beta} = \frac{I_1}{I_2} \angle\phi \text{ (এখানে } \phi \text{ একটি ফেজ কোণ)}$$

$$= \frac{I_1}{I_2} e^{j\phi}$$

উভয় পক্ষে লগারিদম গ্রহণ করে পাওয়া যায়,

$$\alpha + jB = \ln \frac{I_1}{I_2} + j\phi$$

আবার বাস্তব অংশ পৃথক করে পাওয়া যায়,

$$\alpha = \ln \frac{I_1}{I_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (১.৯)$$

১.৯ নং সমীকরণে প্রাপ্ত α এর মানই অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট নির্দেশ করে। এটাকে নেপার (Neper) এককে প্রকাশ করা হয়ে থাকে।

১.৫.৪ ফেজ কনস্ট্যান্ট (Phase constant) ঃ

কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মধ্য দিয়ে যখন কোন তরঙ্গ বা ওয়েভ গমন করে, তখন আউটপুট কারেন্টের ফেজ নির্দিষ্ট হারে ইনপুট কারেন্টের ফেজ হতে পরিবর্তন হয়। কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ওয়েভ প্রপাগেশনে যে নির্দিষ্ট হারে ফেজ পরিবর্তন হয়, তাকে ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। ফেজ কনস্ট্যান্ট প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের একটা অংশ। এটাকে β দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এটাকে রেডিয়ানে (Radian) পরিমাপ করা হয়। এটাকে ফেজ শিফ্‌ট বা ডিলে কনস্ট্যান্ট (Phase shift or delay constant)- ও বলে।

১.৪.২ অনুচ্ছেদে আমরা পেয়েছি যে, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট একটা জটিল রাশি এবং এটার কাল্পনিক অংশ হল,

$$\beta = \phi$$

এ কাল্পনিক অংশকে ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। এটা দ্বারা কোন নেটওয়ার্কে ওয়েভ গমনের ফেজ পরিবর্তনের হার নির্দেশ করা হয়।

১.৬ সিরিজে যুক্ত চার প্রান্তীয় অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট এবং ইনসারশন লস (Iterative impedance, image impedance, image transfer constant and insertion loss of general four terminal asymmetrical network connected in series) ঃ

একটা অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্স সমান নয়। ফলে এদের বৈশিষ্ট্য জটিল এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এবং প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে বর্ণনা করা যায় না। এ ধরনের নেটওয়ার্ক বিশ্লেষণ করতে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ইম্পিড্যান্স, ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট এবং ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট ব্যবহার করা হয়। নিচে এদের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেওয়া হল।

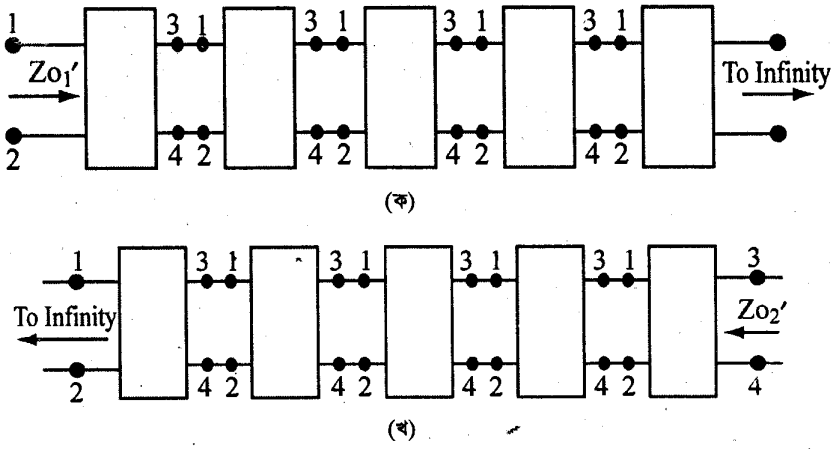
১.৬.১ ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স (Iterative impedance) ঃ

যখন অসীম সংখ্যক অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে একটার সাথে অন্যটাকে যুক্ত করা হয়, তখন এরূপ নেটওয়ার্কের যে কোন এক জোড়া প্রান্তে ইনপুট ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে যে পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে ঐ নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স বলে।

এটা যে কোন প্রান্তের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্সের সেই মান যখন অপর প্রান্তে এর নিজস্ব ইনপুট ইম্পিড্যান্সের সমান ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করা থাকে।

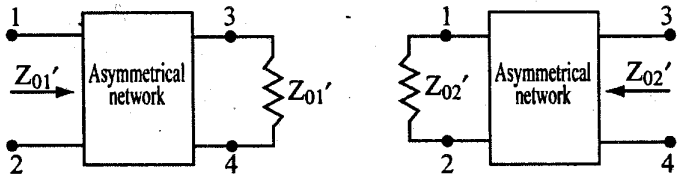
পূর্বের সংজ্ঞানুযায়ী ধরা যাক, অসীম সংখ্যক অ্যাসিমেট্রিক্যাল কিন্তু অনুরূপ নেটওয়ার্ককে একটার ৩ ও ৪ প্রান্তের সাথে অপরটার ১ ও ২ প্রান্ত, এভাবে সংযোগ করা হয়েছে, যা ১.৭ (ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। প্রথম নেটওয়ার্কের ১ ও ২ প্রান্তের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তা ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স।

এখন ধরা যাক, আমরা অসীম প্রান্তে পৌঁছেছি এবং ১.৭ (খ) নং চিত্রের ন্যায় ৩ ও ৪ প্রান্তের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করছি। এখানে উল্লেখ করা আবশ্যক যে, অসীম প্রান্ত হতে পরিমাপ করে যে ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তা প্রথম পদ্ধতিতে পরিমাপকৃত ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স হতে ভিন্নতর হয়ে থাকে। ফলে দেখা যায় যে, অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের দু'টি ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স বিদ্যমান থাকে। এদেরকে Z_{01} ও Z_{02} নামকরণ করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ১.৭ অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স

একক অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের জন্য, 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে Z_{o1}' ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স হবে, যদি 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে $Z_o'_1$ ইম্পিড্যান্স যুক্ত করা হয়। এটা ১.৮ (ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। আবার 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স Z_{o2}' হলে, 3 ও 4 প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপের সময় 1 ও 2 প্রান্তে Z_{o2}' পরিমাপ ইম্পিড্যান্স যুক্ত করতে হবে, যা ১.৮(খ) চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



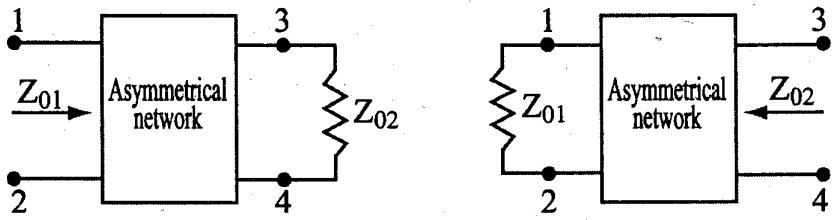
চিত্র ঃ ১.৮ (ক) ১ ও ২ এবং (খ) ৩ ও ৪ প্রান্তে পরিমাপকৃত ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে এ দু'টি ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স সমান এবং তা ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সমান হবে।

১.৬.২ ইমেজ ইম্পিড্যান্স (Image impedance) ঃ

যে কোন চার-প্রান্তীয় অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের এমন দু'টি ইমেজ ইম্পিড্যান্স থাকে, যার প্রথমটিকে উপযুক্ত প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত করলে এবং অপর প্রান্তের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে দ্বিতীয় ইম্পিড্যান্সের সমান ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে। ইমেজ ইম্পিড্যান্সকে সাধারণভাবে Z_{01} এবং Z_{02} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ইমেজ ইম্পিড্যান্সের ধারণা সঠিকভাবে উপলব্ধি করার জন্য একটা অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বিবেচনা করা যাক, যার ইমেজ ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে Z_{01} ও Z_{02}। যদি এটার 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে Z_{02} ইম্পিড্যান্স সংযোগ করা হয় এবং 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়, তবে পরিমাপকৃত ইমেজ ইম্পিড্যান্স হবে Z_{01}। এ অবস্থা ১.৯ (ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। একইভাবে, যদি নেটওয়ার্কের 1 ও 2 প্রান্তের সাথে Z_{01} ইম্পিড্যান্স যুক্ত করা হয় এবং নেটওয়ার্কের 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়,তবে পরিমাপকৃত ইমেজ ইম্পিড্যান্স হবে Z_{02} । এ অবস্থা ১.৯(খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

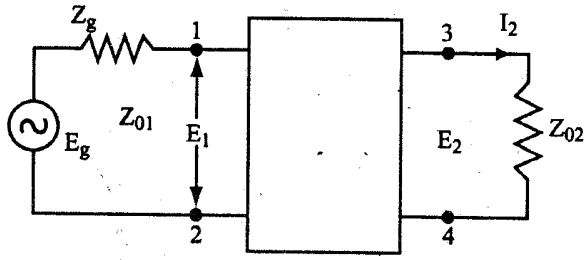


চিত্র ঃ ১.৯ (ক) এবং (খ) অ্যাসিমেট্রিক নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স

১.৬.৩ ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট (Image transfer constant) ঃ

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে, নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্তে শক্তি সঞ্চালনে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টকে সংজ্ঞায়িত করা হয়েছে। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট এর দু'টি অংশ থাকে একটি বাস্তব অংশ, যাকে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বলে এবং অপরটি কাল্পনিক অংশ, যাকে ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। একইভাবে অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে শক্তি সঞ্চালনে বিভিন্ন প্যারামিটার সংজ্ঞায়িত করা হয়। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে দু'ধরনের ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করা যায়। একটি ইমেজ ইম্পিড্যান্স এবং অপরটি ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স। যখন ইমেজ ইম্পিড্যান্স দ্বারা নেটওয়ার্ক সম্পূর্ণ করা হয়, তখন সিগন্যাল প্রপাগেশন প্যারামিটারকে ইমেজ ট্রান্সফার এবং যখন ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স দ্বারা নেটওয়ার্ক সম্পূর্ণ করা হয়, তখন সিগন্যাল প্রপাগেশন প্যারামিটারকে ইটারেটিভ ট্রান্সফার বলে।

যখন কোন একটা অ্যাসিমেট্রিক নেটওয়ার্ককে ইমেজ টার্মিনেশন (Termination) করা হয়, তখন নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্তে শক্তি প্রেরণে যে প্রভাব বর্ণনা করা হয়, তাকে ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলে।



চিত্র ঃ ১.১০ অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ইমেজ ইম্পিড্যান্স শক্তি গমন

১.১০ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, 3 ও 4 প্রান্তে ইমেজ ইম্পিড্যান্স সংযুক্ত করা হয়েছে, যেখানে 1 ও 2 প্রান্তে শক্তি প্রয়োগ করা হয়েছে। এটা দেখানো যায় যে, নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্তে ভিন্ন। শক্তি গমনকে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট দ্বারা পৃথকভাবে সংজ্ঞায়িত করা হয় না এবং এদের গুণফল দ্বারা সংজ্ঞায়িত হতে পারে। ফলে ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট θ-কে নিম্নরূপে গাণিতিকভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়,

$$e^{\theta} = \sqrt{\frac{E_1.I_1}{E_2.I_2}} \quad \text{.....} (১.১০)$$

E_1 ও I_1 যথাক্রমে ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট এবং E_2 ও I_2 যথাক্রমে আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট।

এখন $E_1 = I_1 \times Z_{01}$ এবং $E_2 = I_2 \times Z_{02}$

সুতরাং ১.১০ নং সমীকরণে লেখা যায়,

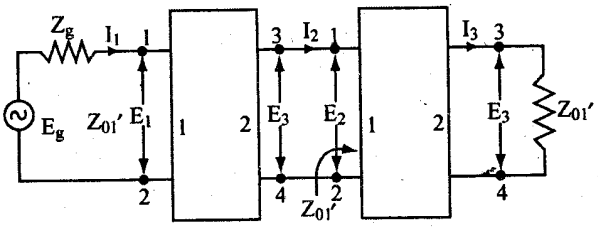
$$e^{\theta} = \sqrt{\frac{I_1 \times Z_{01} \times I_1}{I_2 \times Z_{02} \times I_2}} = \frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}$$

$$= \sqrt{\frac{E_1 \times \frac{E_1}{Z_{01}}}{E_2 \times \frac{E_2}{Z_{02}}}} = \frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}} \quad \text{.....} (১.১১)$$

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের অনুরূপ ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট (θ) ও একটা জটিল রাশি। এটাকে বাস্তব এবং কাল্পনিক দু'টি অংশে বিভক্ত করা যেতে পারে। স্বাভাবিকভাবে বাস্তব অংশকে ইমেজ অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং কাল্পনিক অংশকে ইমেজ ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। অনুরূপভাবে দেখানো যায় যে, 3 ও 4 প্রান্তে শক্তি প্রয়োগ করে এবং 1 ও 2 প্রান্তে ইমেজ ইম্পিড্যান্স সংযোগ করে পরিমাপ করলে সমপরিমাণ ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট পাওয়া যায়।

১.৬.৪ ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট (Iterative transfer constant) ঃ

যখন কোন অ্যাসিমেট্রিক নেটওয়ার্কে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করা হয়, তখন নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্তে শক্তি সঞ্চালনে ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট সংজ্ঞায়িত করা যায়। ১.১১ নং চিত্রে দু'টি অ্যাসিমেট্রিক নেটওয়ার্ক সিরিজে সংযুক্ত করা হয়েছে, যার দ্বিতীয় নেটওয়ার্কের ২নং পোর্টে অর্থাৎ 3 ও 4 প্রান্তে ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স Z_{01}' সংযোগ করা হয়েছে। এটা দেখানো যায় যে, দ্বিতীয় নেটওয়ার্কের 1 ও 2 প্রান্তে ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_{01}' সংযোগ করা হয়েছে। এটা দেখানো যায় যে, দ্বিতীয় নেটওয়ার্কের 1 ও 2 প্রান্তে ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_{01}' যা প্রথম নেটওয়ার্কের 3 ও 4 প্রান্তে সংযুক্ত থাকে। আবার প্রথম নেটওয়ার্কের 1 ও 2 প্রান্তে ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_{01}' পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ ১.১১ অ্যাসিমেট্রিক নেটওয়ার্কে ইটারেটিভ টার্মিনেশনে শক্তি গমন

এটা হতে প্রতীয়মান হয় যে, ইনপুট ও আউটপুট পোর্টে ইম্পিড্যান্স সমান থাকে।

ফলে,

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{I_1.Z'_{01}}{I_2.Z'_{01}}=\frac{I_1}{I_2} \quad \text{.....(১.১২)}$$

সুতরাং ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্টকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

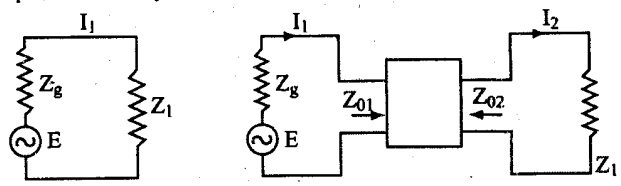
$$e^{p}=\sqrt{\frac{E_1I_1}{E_2.I_2}}=\frac{E_1}{E_2}=\frac{I_1}{I_2} \quad \text{.....(১.১৩)}$$

১.১২ এবং ১.১৩ নং সমীকরণদ্বয় তুলনা করে এটা প্রতীয়মান হয় যে, উভয় সমীকরণ একই, তবে এক্ষেত্রে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট E_1 ও E_2 এবং I_1 ও I_2অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ টার্মিনেশনে ব্যবহৃত হয়।

১.৬.৫ ইনসারশন লস (Insertion loss) ঃ

যখন কোন সার্কিটে একটি প্যাসিভ নেটওয়ার্ক সংযুক্ত করা হয়, তখন ইনপুট কারেন্ট আউটপুট প্রান্তের কারেন্ট অপেক্ষা সর্বদা অধিক হয়ে থাকে। এটা ঘটে এ জন্য যে, কিছু কারেন্ট নেটওয়ার্কের শান্ট (Shunt) উপাদানের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়, যার প্রেক্ষিতে আউটপুট প্রান্তে কারেন্ট হ্রাস পায়। একইভাবে আউটপুট প্রান্তে ভোল্টেজ সর্বদা ইনপুট প্রান্তের ভোল্টেজ অপেক্ষা কম হয়। কারণ নেটওয়ার্কের সিরিজ উপাদানে ভোল্টেজ ঘাটতি হয়ে থাকে। চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে শক্তি প্রেরণে নেটওয়ার্কের অভ্যন্তরে কিছু শক্তি অপচয় বা লস হয়, এ অপচয় বা লসকে নেটওয়ার্কের ইনসারশন লস বলে। এ লসকে ডেসিবেল (Decibel) বা নেপার (Neper) এককে পরিমাপ করা হয়।

একটি জেনারেটর বিবেচনা করা যাক, যার অভ্যন্তরীণ ইম্পিড্যান্স Z_g এবং উৎপন্ন ভোল্টেজ E ভোল্ট, যা ১.১২ (ক)নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। জেনারেটরটি Z_1 ইম্পিড্যান্সে I_1 কারেন্ট সরবরাহ করে।



চিত্র ঃ ১.১২ (ক) এবং (খ) চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে ইনসারশন লস

এখন লোড ইম্পিড্যান্সকে বিচ্ছিন্ন করে চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্ককে জেনারেটর এবং লোডের মাঝে সংযোগ করা হয়, যা ১.১২ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে, ফলে লোড কারেন্ট I_1 এর স্থলে পরিবর্তন হয়ে I_2 প্রবাহিত হবে। কারণ কিছু কারেন্ট চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে অন্তঃনিবেশ বা ইনসারশন (Insertion) হবে। এতে যে ইনসারশন লস হয়, তা নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\text{ইনসারশন লস} = \ln\frac{I_1}{I_2}\ \text{Np}$$

$$= 20\log_{10}\frac{I_1}{I_2}\ \text{dB} \quad \text{.....(১.১৪)}$$

অনুশীলনী-১

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নেটওয়ার্ক কী?**
অথবা, নেটওয়ার্ক কাকে বলে?

উত্তর ঃ বৈদ্যুতিক উপাদনসমূহ যেমন– রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর, ভোল্টেজ সোর্স ইত্যাদি এর যে কোন বিন্যাসকে নেটওয়ার্ক বলে।

২। **চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫]
অথবা, Four terminal network কী? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৮]
অথবা, চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কের একজোড়া ইনপুট প্রান্ত এবং এক জোড়া আউটপুট প্রান্ত বিদ্যমান থাকে, তাকে চার প্রান্তীয় বা দুপোর্ট নেটওয়ার্ক বলে।

৩। **অ্যাকটিভ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কে নিজস্ব বৈদ্যুতিক উৎস বিদ্যমান থাকে, তাকে অ্যাকটিভ নেটওয়ার্ক বলে।

৪। **প্যাসিভ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কে নিজস্ব বৈদ্যুতিক উৎস থাকে না, তাকে প্যাসিভ নেটওয়ার্ক বলে।

৫। **লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কের আউটপুট এবং ইনপুটের মধ্যে সম্পর্ক সরল আনুপাতিক হয়, তাকে লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলে।

৬। **নন-লিনিয়ার নেটওয়াক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কের আউটপুট এবং ইনপুটের মধ্যে সম্পর্ক জটিল আনুপাতিক হয়, তাকে নন-লিনিয়ার নেওয়ার্ক বলে।

৭। **সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৬]
অথবা, Symmetrical network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুটের মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হলে নেটওয়ার্কের বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন হয় না, ঐ নেটওয়ার্ককে সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলে।

৮। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ যে নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুটের মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হলে বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন হয়, ঐ নেটওয়ার্কে অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলে।

৯। **ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৮]
অথবা, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ অসীম সংখ্যক সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক সিরিজে সংযুক্ত থাকলে প্রথম নেটওয়ার্কের ইনপুট প্রান্তে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলে। একে Z_0 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

১০। **প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট কী?** [বাকাশিবো-২০১০, ২০১১]

উত্তর ঃ কোন বৈদ্যুতিক নেটওয়ার্কের মধ্য দিয়ে ওয়েভ গমন করলে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভোল্টেজ বা কারেন্টের মান ও দিক পরিবর্তিত হয়। ভোল্টেজ বা কারেন্টের মান ও দিক প্রতি একক দৈর্ঘ্যে যে পরিমাণ পরিবর্তিত হয়, তাকে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট বলে।

১১। **প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের ভোল্টেজ ও কারেন্ট সমীকরণ লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১৪]

উত্তর ঃ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের সংজ্ঞানুযায়ী

ভোল্টেজ অনুপাত,

$$e^{\gamma} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_2}{E_3} = \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{E_n}{E_{n+1}}$$

কারেন্ট অনুপাত,

$$e^{\gamma} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_2}{I_3} = \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{I_n}{I_{n+1}}$$

১২। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট কী?
অথবা, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৫]

উত্তর ঃ কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ওয়েভ গমনে প্রতি একক দৈর্ঘ্য ভোল্টেজ বা কারেন্টের মানের যে পরিবর্তন সার্ধিত হয়, তাকে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বলে।

১৩। ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ওয়েভ গমনে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভোল্টেজ বা কারেন্টের ফেজের যে পরিবর্তন হয়, তাকে ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট বলে।

১৪। ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর ঃ অসীম সংখ্যক অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে একটার সাথে অন্যটিকে সংযুক্ত করে, ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে যে পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স বলে।

১৫। ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১২]
অথবা, ইমেজ ইম্পিড্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ কোন অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে দু'টো ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, যার প্রথমটিকে উপযুক্ত প্রান্তের মধ্যে স্থাপন করে, অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে দ্বিতীয় ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়। এরূপ উভয় ইম্পিড্যান্সকে ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলে।

১৬। ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ কোন অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের আউটপুট প্রান্ত ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করে, ইনপুট প্রান্তে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে, আউটপুট পাওয়ার এবং ইনপুট পাওয়ারের অনুপাতকে ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলে।

১৭। ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলতে কী বুঝায়?
অথবা, ইমেজ ট্রান্সফার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ কোন অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের আউটপ্রান্ত ইমেজ ইম্পিড্যান্স দ্বারা সম্পূর্ণ করে ইনপুট প্রান্তে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে আউটপুট পাওয়ার এবং ইনপুট পাওয়ারের অনুপাতকে ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলে।

১৮। ইনসারশন লস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৯(পরি)]
অথবা, Insertion loss কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
অথবা, ইনসারশন লস কী? [বাকাশিবো-২০১০, ২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ কোন নেটওয়ার্কের ইনপুটে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে আউটপুটে সমপরিমাণ পাওয়ার পাওয়া যায় না। কারণ নেটওয়ার্কের অভ্যন্তরে কিছু পাওয়ার অপচয় হয়। কোন নেটওয়ার্কের অভ্যন্তরে যে পরিমাণ পাওয়ার লস হয়, তাকে ইনসারশন লস বলে।

১৯। Phase shift constant কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মধ্য দিয়ে যখন কোন তরঙ্গ বা ওয়েভ গমন করে, তখন আউটপুট কারেন্টের ফেজ নির্দিষ্ট হারে ইনপুট কারেন্টের ফেজ হতে পরিবর্তন হয়। কোন সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে ওয়েভ প্রপাগেশনে যে নির্দিষ্ট হারে ফেজ পরিবর্তন হয়, তাকে ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। ফেজ কনস্ট্যান্ট প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের একটা অংশ। এটাকে β দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং রেডিয়ানে পরিমাপ করা হয়। এটাকে ফেজ শিফ্‌ট বা ডিলে কনস্ট্যান্ট বলে।

২০। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর ঃ অ্যাকটিভ উপাদানগুলো হল— ১। সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস এবং ২। ইলেকট্রনিক্স টিউব।

২১। প্যাসিভ উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর ঃ প্যাসিভ উপাদানগুলো হল— ১। রেজিস্টর ২। ক্যাপাসিটর ৩। ইন্ডাক্টর।

২২। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো ব্যবহার করা হয় কোথায়?

উত্তর ঃ অ্যাকটিভ উপাদান ব্যবহার করা হয় অ্যামপ্লিফিকেশন অথবা জেনারেশন সিগন্যালে।

২৩। ইউনিলেটারাল উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর ঃ ইউনিলেটারাল উপদানগুলো হল— ১। সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড এবং ২। রেজিস্টর নেটওয়ার্ক।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নেটওয়ার্কের শ্রেণিভেদ দেখাও।**

অথবা, নেটওয়ার্কের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ নেটওয়ার্কে ব্যবহৃত উপাদান অনুযায়ী নেটওয়ার্ককে নিম্নরূপে বিভক্ত করা যায়। যথা ঃ
১। প্যাসিভ বাইলেটারাল লিনিয়ার নেটওয়ার্ক, ২। প্যাসিভ বাইলেটারাল নন-লিনিয়ার নেটওয়ার্ক
৩। প্যাসিভ ইউনিটারাল লিনিয়ার নেটওয়ার্ক।
বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী নেটওয়ার্ক দু'ধরনের, যথা ঃ
১। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক, ২। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক।
ইম্পিড্যান্স পরিমাপের উপর ভিত্তি করে নেটওয়ার্ক দু'ধরনের, যথা ঃ
১। ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক, ২। আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক।
নেটওয়ার্ক সংযোগের উপর ভিত্তি করে নেটওয়ার্ক দু'ধরনের, যথা ঃ
১। লাম্পড নেটওয়ার্ক, ২। ডিসট্রিবিউটেড নেটওয়ার্ক।

২। **সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর ঃ যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত-এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হয়, তবে এদের বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের কোনরূপ পরিবর্তন না হলে, ঐ নেটওয়ার্ককে সিমেট্রিক্যাল (Symmetrical) নেটওয়ার্ক বলে। যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত-এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হয়, তখন এর বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে, তবে ঐ নেটওয়ার্ককে অ্যাসিমেট্রিক্যাল (Asymmetrical) নেটওয়ার্ক বলে।

৩। **সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মধ্যে পার্থক্য লিখ।**

[বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ২০০৫, ২০০৮, ২০০৯, ২০০৯(পরি), ২০১১, ২০১৫]

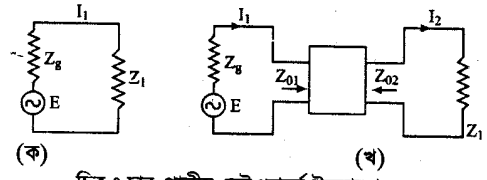
উত্তর ঃ নিচে সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ করা হল—

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক	অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক
১। ইনপুট ও আউটপুট প্রান্ত পারস্পরিক পরিবর্তন করা হলে বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন হয় না।	১। ইনপুট ও আউটপুট প্রান্ত পারস্পরিক পরিবর্তন করা হলে বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন হয়।
২। এতে ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্তে সমপরিমাণ ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়।	২। এতে ইটারেটিভ ও ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, যা ইনপুট ও আউটপুট প্রান্তে ভিন্ন হয়।

৪। **Insertion loss এর ব্যাখ্যা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে শক্তি প্রেরণে নেটওয়ার্কের অভ্যন্তরে কিছু শক্তি অপচয় বা লস হয়, এ অপচয় বা লসকে নেটওয়ার্কের ইনসারশন লস বলে। এ লসকে ডেসিবেল (Decibel) বা নেপার (Neper) এককে পরিমাপ করা হয়।

একটি জেনারেটর বিবেচনা করা যাক, যার অভ্যন্তরীণ ইম্পিড্যান্স Z_g এবং উৎপন্ন ভোল্টেজ E ভোল্ট, যা নিম্নের চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। জেনারেটরটি Z_l ইম্পিড্যান্সে I_l কারেন্ট সরবরাহ করে।



চিত্র ঃ চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে ইনসারশন লস

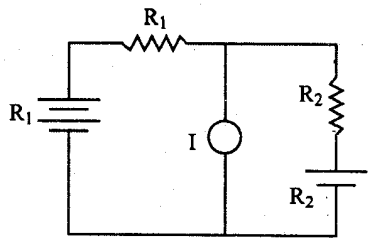
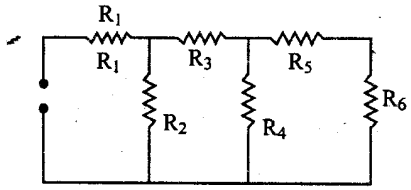
এখন লোড ইম্পিড্যান্সকে বিচ্ছিন্ন করে চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্ককে জেনারেটর এবং লোডের মাঝে সংযোগ করা হয়, যা (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে, ফলে লোড কারেন্ট I_1 এর স্থলে পরিবর্তন হয়ে I_2 প্রবাহিত হবে। কারণ কিছু কারেন্ট চার-প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে অন্তঃনিবেশ বা ইনসারশন (Insertion) হবে। এতে যে ইনসারশন লস হয়, তা নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\text{ইনসারশন লস} = \ln\frac{I_1}{I_2}\ \text{Np}$$

$$= 20\log_{10}\frac{I_1}{I_2}\ \text{dB}$$

৫। **অ্যাকটিভ ও প্যাসিভ নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লিখ।** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ

অ্যাকটিভ নেটওয়ার্ক	প্যাসিভ নেটওয়ার্ক
১। অ্যাকটিভ নেটওয়ার্কের কারেন্ট বা ভোল্টেজ সোর্স বা উভয় প্রকার সোর্স বিদ্যমান থাকে।	১। প্যাসিভ নেটওয়ার্কের কোন প্রকার সোর্স থাকে না।
২। অ্যাকটিভ নেটওয়ার্ক সোর্স এবং ইলেকট্রিক প্যারামিটারের সমন্বয়ে গঠিত।	২। প্যাসিভ নেটওয়ার্ক শুধুমাত্র ইলেকট্রিক প্যারামিটারের সমন্বয়ে গঠিত।
৩। অ্যাকটিভ নেটওয়ার্কের নমুনা চিত্র— 	৩। প্যাসিভ নেটওয়ার্কের নমুনা চিত্র— 
৪। অ্যাকটিভ নেটওয়ার্কের সোর্স যুক্ত থাকায় কারেন্ট প্রবাহের ফলে প্রত্যক্ষ কোন কাজ পাওয়া যায়।	৪। প্যাসিভ নেটওয়ার্কে কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না।

৬। **অ্যাকটিভ উপাদান ও প্যাসিভ উপাদান কাকে বলে?**

উত্তর ঃ **অ্যাকটিভ উপাদান ঃ** ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালকে বলা হয় উপাদান এর উৎস। এ উপাদান দক্ষভাবে বৃদ্ধি করে সমান করে সিগন্যাল এনার্জিকে। একে বলা হয়, অ্যাকটিভ উপাদান। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো হল ঃ সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস, ইলেকট্রনিক্স টিউব।

প্যাসিভ উপাদান ঃ যে সব সার্কিটের ক্ষেত্রে উপাদান হিসাবে ব্যবহার করা হয় রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর ইত্যাদি। সার্কিটের এ উপাদানকে বলা হয় প্যাসিভ উপাদান।

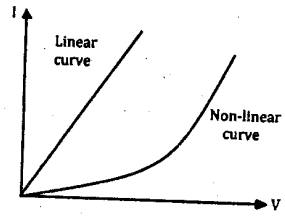
৭। **ইউনিলেটারাল ও বাইলেটারাল উপাদান কাকে বলে?**

উত্তর ঃ **ইউনিলেটারাল উপাদান ঃ** যে সকল সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে কারেন্ট কেবলমাত্র একদিকে প্রবাহিত হয় তাদেরকে ইউনিলেটারাল উপাদান বলা হয়। যেমন- ডায়োড, রেকটিফায়ার ইত্যাদি। যখন প্রয়োগকৃত ইএমএফ এর পোলারিটি পরিবর্তন করা হয়, তখন যদি সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে কারেন্টের মানের পরিবর্তন হয় তবে ঐ উপাদানকে ইউনিলেটারাল উপাদান বলা হয়। ইউনিলেটারাল উপাদানের উদাহরণ হল সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড। যখন প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের পোলারিটি ডায়োডের ক্যাথোড অপেক্ষা অ্যানোডকে পজিটিভ হয় তখন ডায়োডের ভিতর দিয়ে বেশি পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। আবার যদি প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের পোলারিটি বিপরীত হয় অর্থাৎ অ্যানোড অপেক্ষা ক্যাথোড পজিটিভ হয় তবে ডায়োডের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান নগণ্য হয়। তাই ডায়োড এক প্রকার ইউনিলেটারাল উপাদান।

বাইলেটারাল উপাদান ঃ যে সকল সার্কিটের মধ্যদিয়ে কারেন্ট উভয় দিক হতে প্রবাহিত হতে পারে অর্থাৎ যে কোন দিক হতে কারেন্ট প্রবাহিত হলে সার্কিটের বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন হয় না তাদেরকে বাইলেটারাল উপাদান বলে। যেমন, পরিবহন লাইন। যখন প্রয়োগকৃত ইএমএফ এর পোলারিটি পরিবর্তন করা হয়, তখন যদি সার্কিট উপাদানের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের দিক পরিবর্তন হয় কিন্তু কারেন্টের মানের কোন পরিবর্তন হয় না তবে ঐ উপাদানকে বাইলেটারাল উপাদান বলা হয়। রেজিস্টর বাই লেটারাল উপাদান, যখন রেজিস্টর নেটওয়ার্কে ইএমএফ প্রয়োগ করা হয় ইহার ভিতর প্রবাহিত কারেন্টের মান রেজিস্টরের মানের উপর নির্ভর করে। যদি ইএমএফ এর পোলারিটি বিপরীত করা হয় তবে কারেন্ট প্রবাহের দিক পরিবর্তন হয় কিন্তু কারেন্টের মান প্রভাবিত হয় না।

৮। **লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান কাকে বলে?**

উত্তর ঃ **লিনিয়ার উপাদান ঃ** যদি একটি উপাদান দ্বারা ঘটিত রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাক্টট্যান্স অথবা ক্যাপাসিট্যান্স এর মান, বর্তনীতে প্রয়োগকৃত ইএমএফ অথবা বর্তনী কারেন্টের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তন না হয় তবে ঐ উপাদানকে লিনিয়ার উপাদান বলা হয়। লিনিয়ার উপাদান এর ভোল্টেজ ও কারেন্ট এর মধ্যে লিনিয়ার সম্পর্ক প্রদর্শন করে, যা চিত্রে দেখানো হল। লিনিয়ার সার্কিট উপাদান হল রেজিস্টর, ক্যাপাসিটর, ইন্ডাক্টর ইত্যাদি।



চিত্র ঃ লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদান এর V–I বৈশিষ্ট্য রেখা

নন-লিনিয়ার উপাদান ঃ একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সাথে যে সার্কিট উপাদানের ভিতরে প্রবাহিত কারেন্ট রৈখিকভাবে পরিবর্তন হয় না তাকে নন-লিনিয়ার উপাদান বলা হয়।

সেমিকন্ডাক্টর ডায়োড অপারেশন কার্ভ রিজিয়ন ক্যারেক্টারিস্টিক চিত্রে দেওয়া হল, যা নন-লিনিয়ার সার্কিট উপাদান এর উদাহরণ। যখন অপারেটিং ভোল্টেজ বা কারেন্টের পরিবর্তন হয় তখন নন-লিনিয়ার উপাদান দ্বারা ঘটিত রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স বা ক্যাপাসিট্যান্সের মানের পরিবর্তন হয়। প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ বা কারেন্টের অল্প রেঞ্জ পর্যন্ত নন-লিনিয়ার উপাদান লিনিয়ার উপাদানের মত আচরণ করতে পারে। চিত্র ঃ ১.২-এ নন-লিনিয়ার বৈশিষ্ট্য রেখা দেখানো হয়েছে। নন-লিনিয়ার সার্কিট উপাদানগুলো হল ঃ VDR, VDC, ∠LDR ইত্যাদি। লিনিয়ার উপাদান ওহম 'ল' নীতি মেনে চলে, নন-লিনিয়ার উপাদান মেনে চলে না।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নিটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৪.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৪.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। **সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ফেজ কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৪.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা র।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। **অ্যাকটিভ ও প্যাসিভ উপাদান ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১..২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১০। ইউনিলেটারাল ও বাইলেটারাল উপাদান ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১১। লিনিয়ার এবং নন-লিনিয়ার উপাদানের V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। দেখাও যে, ইমের ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট $\theta = \ln\left(\frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right) = \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right)$ [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ১.৬.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-২ বিশেষ ধরনের নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্য (The Features of Special Network)

২.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

এ অধ্যায়ে বিশেষ ধরনের নেটওয়ার্ক, যেমন– ব্যালান্সড, আন-ব্যালান্সড, ল্যাটিস, নেটওয়ার্ক সম্পর্কে ধারণা দেয়া হয়েছে। ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ককে T-সেকশন, n-সেকশন এবং L-সেকশনে রূপান্তর করা হয়েছে। ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্কের মধ্যে তুলনা করা হয়েছে। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের প্যারামিটারসমূহ, যেমন– Z–প্যারামিটার, Y–প্যারামিটার এবং হাইব্রিড প্যারামিটার সম্পর্কে আলোকপাত করা হয়েছে। এ সকল প্যারামিটার নেটওয়ার্ক বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে প্রয়োজন হয়।

২.১ রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক (Recurrent network) ঃ

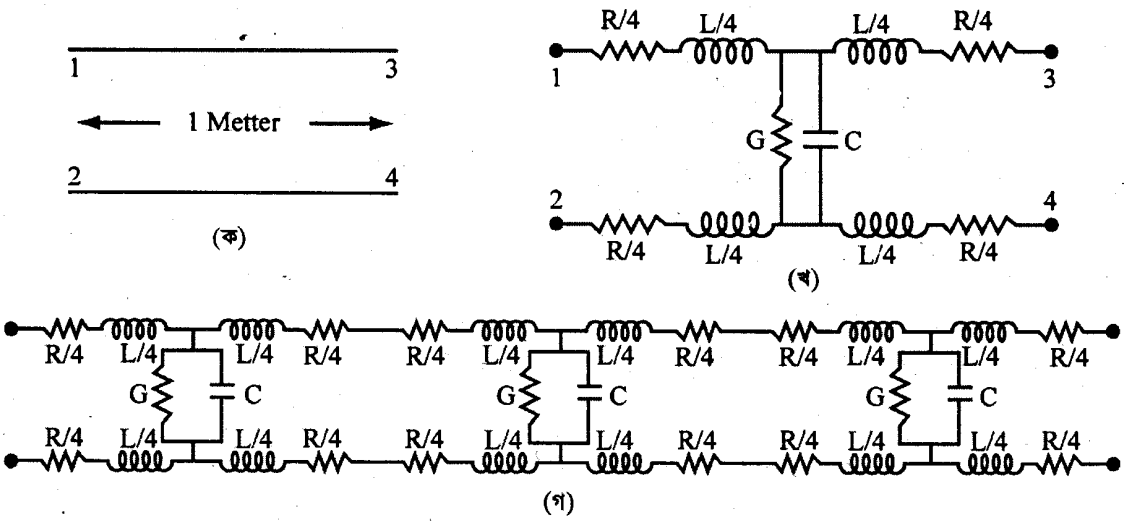
এমন একটা নেটওয়ার্ক বিবেচনা করা যাক, যে সার্কিটে অনেকগুলো অনুরূপ নেটওয়ার্ক একটার সাথে অন্যটাকে পর পর সংযুক্ত করা আছে। এ ধরনের সংযোগ ব্যবস্থাকে ট্যানডেম (Tandem)-সংযোগ এবং বর্তনীকে রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক বলে। একক নেটওয়ার্ককে নন-রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক বলে।

রিকারেন্ট (Recurrent) নেটওয়ার্ক উপলব্ধি করার জন্য, একটা দীর্ঘ প্রেরণ লাইনের কথা বিবেচনা করা যাক, যা এক স্থান হতে অন্য স্থানে তথ্য বা বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করে থাকে। আরও বিবেচনা করা যাক, প্রতি এক মিটার লাইন পরিবাহীতে নিম্নলিখিত প্যারামিটারগুলো বিদ্যমান থাকে ঃ

১। রেজিস্ট্যান্স R, ২। ইন্ডাকট্যান্স L,

৩। ক্যাপাসিট্যান্স C (লাইন কন্ডাক্টরের মধ্যে) এবং ৪। লিকেজ কন্ডাকট্যান্স G (লাইন কন্ডাক্টরের মধ্যে)।

সম্পূর্ণ প্রেরণ লাইনের প্যারামিটারকে সমতুল্য প্যারামিটার হিসাবে ২.১ নং চিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়। প্রত্যেকটি সমতুল্য নেটওয়ার্ক এক মিটার দৈর্ঘের লাইনের জন্য ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ২.১ (ক) এক মিটার দৈর্ঘ্যের প্রেরণ লাইন, (খ) এক মিটার দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট প্রেরণ লাইনের বৈদ্যুতিক সমতুল্য বর্তনী, (গ) প্রেরণ লাইনের সমতুল্য রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক

এ ধরনের প্রেরণ লাইনে দেখা যায় যে, সার্কিটে অসংখ্য অনুরূপ সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক ট্যানডেম সহযোগের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। এটা রিকারেন্ট নেটওয়ার্কের একটা উদাহরণ।

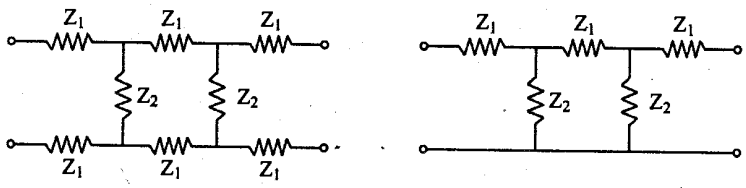
২.২ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক (Balanced and unbalanced ladder network) ঃ

যখন দুই বা ততোধিক সিমেট্রিক্যাল বা অ্যাসিমেট্রিক্যাল T বা π সেকশন নেটওয়ার্ককে পরস্পরের সাথে সিরিজে সংযুক্ত করা হয়, তখন যে নেটওয়ার্কের সৃষ্টি হয়, তাকে ল্যাডার (Ledder) নেটওয়ার্ক বলে। ল্যাডার নেটওয়ার্ক দু'ধরনের হতে পারে, যথা ঃ

১। ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক (Balanced network),

২। আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক (Unbalanced network)।

যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুটের একটি প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তা ইনপুটের অপর প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্সের সমান হয়, আবার আউটপুটের এক প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স এবং আউটপুটের অপর প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স সমান হয়, এরূপ নেটওয়ার্ককে ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলে। দুই বা ততোধিক সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক পরস্পরের সাথে সিরিজে সংযুক্ত করা হলে ল্যাডার ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক সৃষ্টি হয়। ২.২(ক) নং চিত্রে ল্যাডার ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক প্রদর্শন করা হয়েছে।



(ক) ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক (খ) আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক

চিত্র ঃ ২.২

যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট বা আউটপুটের এক প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয় এবং ইনপুট বা আউটপুটের অপর প্রান্ত এবং গ্রাউন্ডের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স সমান না হয়, তবে এরূপ নেটওয়ার্ককে আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলে। যখন দুই বা ততোধিক অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক পরস্পরের সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয়, তখন আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক সৃষ্টি হয়। ২.২ (খ) নং চিত্রে আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক প্রদর্শন করা হয়েছে।

২.৩ ল্যাটিস নেটওয়ার্ক (Lattice network) ঃ

ল্যাটিস নেটওয়ার্ক দু'টি সিরিজ বাহু দ্বারা গঠিত যার প্রত্যেকটির ইম্পিড্যান্স $\frac{Z_1}{2}$, ফলে সিরিজ বাহুতে মোট ইম্পিড্যান্স Z_1 পাওয়া যায়। আবার ল্যাটিস নেটওয়ার্কে দু'টি শান্ট (Shunt) বাহু থাকে, যার প্রত্যেকটির ইম্পিড্যান্স $2Z_2$ এর সমান, ফলে শান্ট বাহুতে মোট ইম্পিড্যান্স Z_2 পাওয়া যায়। এটা একটা বিশেষ ধরনের নেটওয়ার্ক। ২.৩(ক) নং চিত্রে ল্যাটিস নেটওয়ার্ক প্রদর্শন করা হয়েছে। ২.৩ (খ) নং চিত্রে ল্যাটিস নেটওয়ার্ককে পুনঃ অংকন করা হয়েছে।

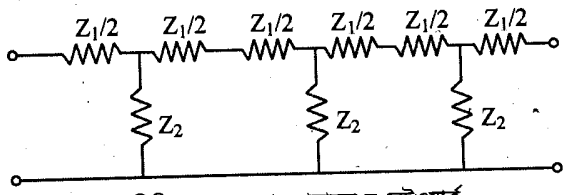
(ক) ল্যাটিস নেটওয়ার্ক (খ) পুনঃ অংকিত ল্যাটিস নেটওয়ার্ক

চিত্র ঃ ২.৩

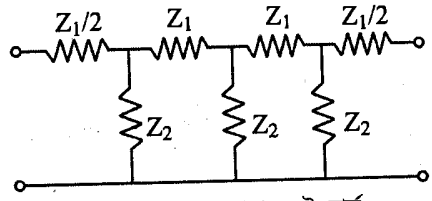
আউটপুট প্রান্ত ওপেন বা শর্ট অবস্থায় ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, যদি ইনপুট প্রান্ত অনুরূপ অবস্থায় আউটপুট প্রান্ত হতে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়, তবে সম পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়। ফলে এটা একটা সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক।

২.৪ আন-ব্যালান্সড এবং বালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশন অংকন (Drawing of unbalanced and balanced ladder network as T, π and L section) ঃ

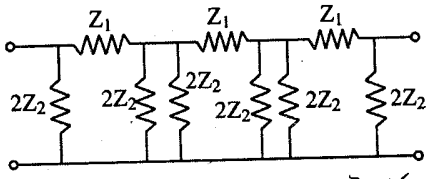
একাধিক আন-ব্যালান্সড T, π এবং L নেটওয়ার্ককে সিরিজে সংযুক্ত করে আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক তৈরি করা যায়। নিচে চিত্রের মাধ্যমে এর রূপান্তর প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।



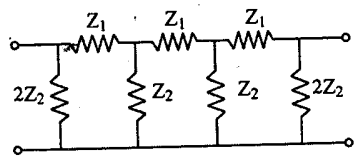
(ক) সিরিজে সংযুক্ত আনব্যালান্সড T নেটওয়ার্ক



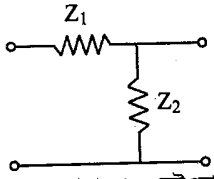
(খ) আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক



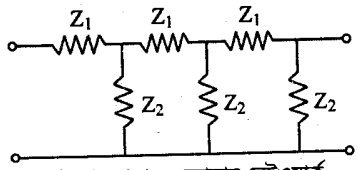
(গ) সিরিজে সংযুক্ত আনব্যালান্সড π নেটওয়ার্ক



(ঘ) আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক



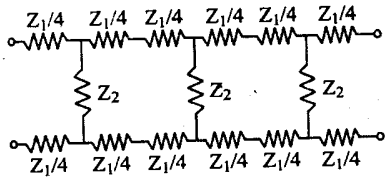
(ঙ) আনব্যালান্সড L নেটওয়ার্ক



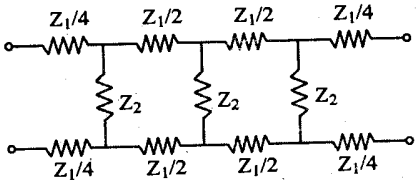
(চ) আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক

চিত্র ঃ ২.৪

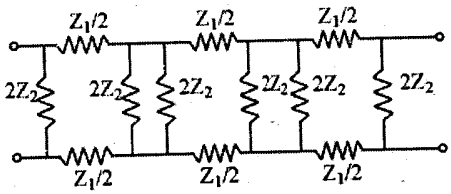
একটি ব্যালান্সড T, π এবং L নেটওয়ার্ককে সিরিজে সংযুক্ত করে ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক তৈরি করা যায়। নিচের চিত্রসমূহের মাধ্যমে এর প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।



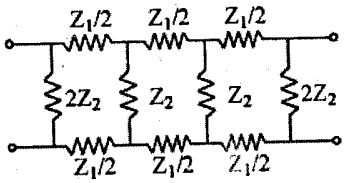
(ক) সিরিজে সংযুক্ত ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ক



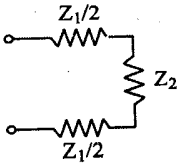
(খ) ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক



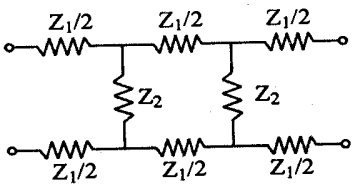
(গ) সিরিজে সংযুক্ত ব্যালান্সড π নেটওয়ার্ক



(ঘ) ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক



(ঙ) ব্যালান্সড L নেটওয়ার্ক



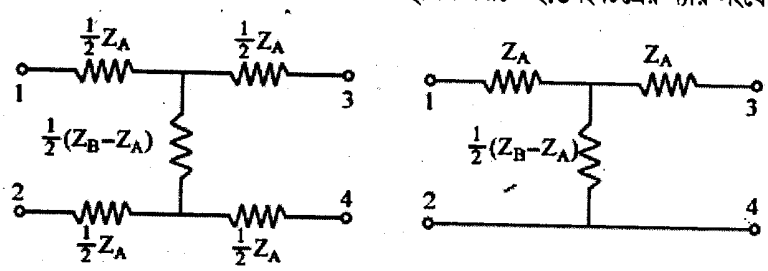
(চ) ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক

চিত্র ঃ ২.৫

২.৫ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের মধ্যে সমতা (Equivalence between balanced and un-balanced sections) ঃ

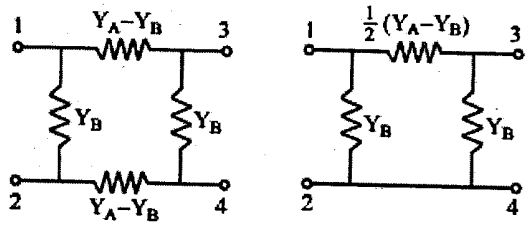
একটি ব্যালান্সড এবং একটি আন-ব্যালান্সড সেকশন উভয়ের মধ্যে সমতুল্য হবে যদি উভয় সেকশনের অনুরূপ প্রেরণ (Transmission) বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান থাকে।

২.৬নং চিত্রে T নেটওয়ার্কের ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের মধ্যে সমতুল্যতা দেখানো হয়েছে। একটি আন-ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ককে সমতুল্য ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ক হিসাবে উপস্থাপন করতে ২.৬নং চিত্রের ন্যায় সংযোগ করা হয়।



চিত্রঃ ২.৬ সমতুল্য আন-ব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ক

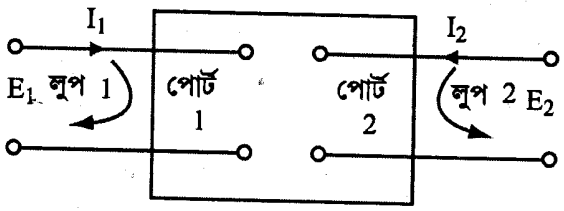
একটি π নেটওয়ার্ক ও ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের সমতুল্য নেটওয়ার্ক হিসাবে উপস্থাপন করা যায়। ২.৭ নং চিত্রে একটি আন-ব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড π নেটওয়ার্কের বর্তনী সমতুল্য দেখানো হয়েছে। আন-ব্যালান্সড π নেটওয়ার্ককে সমতুল্য ব্যালান্সেড π নেটওয়ার্কে রূপান্তর করার জন্য সিরিজ বাহুকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে ২.৭ নং চিত্রের ন্যায় সংযোগ করা হয়।



চিত্রঃ ২.৭ সমতুল্য আন-ব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড π নেটওয়ার্ক

২.৬ চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের প্যারামিটারসমূহ (Parameters of four terminal network) ঃ

একটি চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ককে ইনপুট এবং আউটপুট পোর্টে বিদ্যমান ভোল্টেজ এবং কারেন্টের মাধ্যমে ২.৮নং চিত্রের ন্যায় উপস্থাপন করা যায়। এক্ষেত্রে নেটওয়ার্কের বাহিরের সার্কিটে চারটি রাশি পাওয়া যায়। রাশি চারটি যথাক্রমে ইনপুট কারেন্ট ও ভোল্টেজ, যা যথাক্রমে I_1 ও E_1 নামে পরিচিত এবং আউটপুট কারেন্টে ও ভোল্টেজ, যা যথাক্রমে I_2 ও E_2 নামে পরিচিত।



চিত্র ঃ ২.৮ চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে ভোল্টেজ ও কারেন্ট

পোর্টে আগত কারেন্টকে ধনাত্মক বিবেচনা করা হয়। নেটওয়ার্কের যে কোন দুটি রাশি স্থির থাকে এবং অপর দুটি রাশিকে নির্ণয় করা হয়। নেটওয়ার্ক বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে তিন ধরনের প্যারামিটার পরিলক্ষিত হয়। প্যারামিটারসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। Z-প্যারামিটার বা খোলা বর্তনী ইম্পিড্যান্স প্যারামিটার (Z-parameter বা open circuit impedance parameter)

২। Y-প্যারামিটার বা শর্ট সার্কিট অ্যাডমিট্যান্স প্যারামিটার (Y-parameter or short circuit admitance parameter)

৩। H-প্যারামিটার বা হাইব্রিড প্যারামিটার (H-parameter hybrid parameter)।

২.৬.১ Z-প্যারামিটার বা খোলা বর্তনী ইম্পিড্যান্স (Z-parameter or open circuit impedance) ঃ

Z-প্যারামিটার বা খোলা বর্তনী ইম্পিড্যান্সে, কারেন্ট I_1 ও I_2 কে স্থির মানের ধরা হয় এবং পোর্টদ্বয় E_1 ও E_2 কে নিচের সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় করা হয় ঃ

$E_1 = I_1Z_{11} + I_2.Z_{12}$ ..... (২.১)

$E_2 = I_1.Z_{21} + I_2.Z_{22}$ ..... (২.২)

যেখানে Z_{11} ও Z_{22} ইনপুট ও আউটপুট পোর্টের ইম্পিড্যান্স এবং Z_{12} ও Z_{21} ইনপুট ও আউটপুট পোর্টের মধ্যে স্থানান্তরিত (Transfer) ইম্পিড্যান্স। এখানে Z_{11}, Z_{12}, Z_{21} ও Z_{22} কে নেটওয়ার্কের প্যারামিটার বলা হয়।

যদি আউটপুট পোর্টে কারেন্ট সোর্স খোলা থাকে, তবে I_2 শূন্য হবে এবং ২.১নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$E_1 = I_1.Z_{11}$ ..... (২.৩)

বা, $Z_{11} = \frac{E_1}{I_1}$ = ইনপুট ইম্পিড্যান্স যখন আউটপুট পোর্ট খোলা ..... (২.৪)

একইভাবে $I_2 = 0$ ধরে ২.২ নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$E_2 = I_1Z_{21}$ ..... (২.৫)

বা, $Z_{21} = \frac{E_2}{I_1}$ = ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স যখন আউটপুট পোর্ট খোলা ..... (২.৬)

যদি ইনপুট প্রান্তে কারেন্ট সোর্স খোলা থাকে তবে I_1 শূন্য হবে এবং ২.১ নং সমীকরণকে নিম্নে রূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$E_1 = I_2.Z_{12}$ ..... (২.৭)

বা, $Z_{12} = \frac{E_1}{I_2}$ = রিভার্স ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স যখন ইনপুট প্রান্ত খোলা ..... (২.৮)

একইভাবে ২.২নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$E_2 = I_2.Z_{22}$ ..... (২.৯)

বা, $Z_{22} = \frac{E_2}{I_2}$ = আউটপুট ইম্পিড্যান্স যখন ইনপুট খোলা ..... (২.১০)

সুতরাং ২.৪, ২.৬, ২.৮ এবং ২.১০নং সমীকরণের সাহায্যে Z-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় করা যায়।

২.৬.২ Y-প্যারামিটার শর্ট সার্কিট অ্যাডমিট্যান্স (Y-parameter or short circuit admitance) ঃ

এক্ষেত্রে নেটওয়ার্ককে অ্যাডমিট্যান্সের সাপেক্ষে উপস্থাপন করা হয়। নেটওয়ার্কের ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজ E_1 ও E_2 অনির্ভরশীল বিবেচনা করা হয় ও মান স্থির থাকে এবং কারেন্ট I_1 ও I_2 এর মান ভোল্টেজদ্বয়ের সাপেক্ষে নির্ণয় করা হয়। সার্কিট সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$I_1 = Y_{11}.E_1 + Y_{12}.E_2$ ..... (২.১১)

$I_2 = Y_{21}.E_1 + Y_{22}.E_2$ ..... (২.১২)

এখানে, Y_{11}, Y_{12}, Y_{21} ও Y_{22} কে Y-প্যারামিটার বলা হয়।

E_2 কে শূন্য করার স্বার্থে E_2 সোর্সকে অপহরণ করা হয় এবং আউটপুট পোর্টকে শর্ট করা হয়। ফলে ২.১১ নং সমীকরণে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ

$I_1 = Y_{11}.E_1$ ..... (২.১৩)

বা, $Y_{11} = \frac{I_1}{E_1}$ = ইনপুট অ্যাডমিট্যান্স যখন আউটপুট শর্ট। ..... (২.১৪)

একইভাবে,

$I_2 = Y_{21}.E_1$ ..... (২.১৫)

বা, $Y_{21} = \frac{I_2}{E_1}$ = ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স যখন আউটপুট শর্ট। ..... (২.১৬)

অনুরূপভাবে, E_1 কে শূন্য করার স্বার্থে E_1 কে অপসারণ করা হয় এবং ইনপুট শর্ট করা হয়। ফলে ২.১১ নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$I_1 = Y_{12}.\ E_2$ ..... (২.১৭)

বা, $Y_{12} = \frac{I_1}{E_2}$ = রিভার্স ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স যখন ইনপুট শর্ট। ..... (২.১৮)

একইভাবে,

$I_2 = Y_{22}.\ E_2$ ..... (২.১৯)

বা, $Y_{22} = \frac{I_2}{E_2}$ = আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স যখন ইনপুট শর্ট। ..... (২.২০)

সুতরাং ২.১৪, ২.১৬, ২.১৮ এবং ২.২০ নং সমীকরণের সাহায্যে Y-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় করা যায়।

২.৬.৩ হাইব্রিড প্যারামিটার বা h-প্যারামিটার (Hybrid parameter or h-parameter) ঃ

হাইব্রিড প্রকৃতপক্ষে Z এবং Y এর সংমিশ্রণে নির্ণীত হয়। এ প্যারামিটার নির্ণয় করার জন্য ইনপুট কারেন্ট I_1 ও আউটপুট ভোল্টেজ E_2 কে অনির্ভরশীল ও স্থির মানের ধরা হয় এবং ইনপুট ভোল্টেজ E_1 ও আউটপুট কারেন্ট I_2 কে নিম্নরূপে নির্ণয় করা হয়।

$E_1 = h_{11}\ .\ I_1 + h_{12}.E_2$ ..... (২.২১)

$I_2 = h_{21}.I_1 + h_{22}.E_2$ ..... (২.২২)

এখানে, h_{11}, h_{12}, h_{21} এবং h_{22} কি হাইব্রিড প্যারামিটার বা h–প্যারামিটার

যদি আউটপুট ভোল্টেজ সোর্স অপসারণ করে আউটপুট শর্ট করা হয়, তবে $E_2 = 0$ হবে এবং ২.২১ নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$E_1 = h_{11}\ .\ I_1$ ..... (২.২৩)

বা, $h_{11} = \frac{E_1}{I_1}$ = ইনপুট ইম্পিড্যান্স যখন আউটপুট শর্ট। ..... (২.২৪)

একইভাবে ২.২২নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$I_2 = h_{21}.I_1$ ..... (২.২৫)

বা, $h_{21} = \frac{I_2}{I_1}$ = ফরোয়ার্ড কারেন্ট গেইন যখন আউটপুট শর্ট। ..... (২.২৬)

যদি ইনপুট কারেন্ট সোর্স অপসারণ করে ইনপুট খোলা রাখা হয়, তবে $I_1 = 0$ হবে এবং ২.২১ নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$E_1 = h_{12}.E_2$ ..... (২.২৭)

বা, $h_{12} = \frac{E_1}{E_2}$ = রিভার্স ভোল্টেজ ট্রান্সফার রেশিও যখন ইনপুট খোলা। ..... (২.২৮)

একইভাবে,

$I_2 = h_{22}.\ E_2$ ..... (২.২৯)

বা, $h_{22} = \frac{I_2}{E_2}$ = আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স যখন ইনপুট খোলা। ..... (২.৩০)

সুতরাং ২.২৪, ২.২৬, ২.২৮ ও ২.৩০নং সমীকরণের সাহায্যে নেটওয়ার্কের হাইব্রিড প্যারামিটার বা h-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় করা যায়।

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কোন নেটওয়ার্কের ইনপুটের যে কোন প্রান্ত ও আর্থের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স এবং আউটপুটের যে কোন প্রান্ত ও আর্থের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স অনুরূপ-হয়, তখন ঐ নেটওয়ার্ককে ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলে।

২। **আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ যখন কোন নেটওয়ার্ক আর্থের সাপেক্ষে ইনপুট এবং আউটপুট সমান বৈশিষ্ট্যের না হয়, তখন তাকে আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলে।

৩। **রি-কারেন্ট নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১১]

অথবা, Recurrent network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, Re-current network কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, RC Network বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ যখন অনুরূপ অসংখ্যক নেটওয়ার্ক একটার সাথে অন্যটিকে সংযুক্ত করা হয়, তখন ঐ নেটওয়ার্ককে রি-কারেন্ট নেটওয়ার্ক বলে।

৪। **নন-রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কোন একক নেটওয়ার্ককে নন-রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক বলে।

৫। **ল্যাডার নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? এটা কত প্রকার ও কী কী?**

অথবা, Ladder network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যখন দুই বা ততোধিক সিমেট্রিক্যাল বা অ্যাসিমেট্রিক্যাল T বা π সেকশন নেটওয়ার্ককে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হয়, তাকে ল্যাডার নেটওয়ার্ক বলে।

ল্যাডার নেটওয়ার্ক দু' প্রকার, যথা ঃ

১। ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক,

২। আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক।

৬। **ল্যাটিস নেটওয়ার্ক কী?** [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৮, ২০১০]

অথবা, ল্যাটিস নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর ঃ এটি একটি বিশেষ ধরনের সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক, এর দুটো সিরিজ বাহু থাকে, যার প্রত্যেকটি $\frac{Z_1}{2}$ এর সমান এবং দুটো শান্ট বাহু থাকে, যার প্রত্যেকটি $2Z_2$ এর সমান ফলে মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 এবং মোট শান্ট ইম্পিড্যান্স Z_2 হয়।

৭। **চারপ্রান্তীয় নেটওয়ার্কের কী কী প্যারামিটার থাকে?** [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের প্যারামিটারগুলোর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি)]

উত্তর ঃ চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কের তিন ধরনের প্যারামিটার থাকে। যথা ঃ

১। Z-প্যারামিটার, ২। Y-প্যারামিটার, ৩। হাইব্রিড প্যারামিটার।

৮। Z-প্যারামিটারসমূহের নাম লিখ।

উত্তর ঃ Z-প্যারামিটারসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। Z_{11} = ইনপুট ইম্পিড্যান্স

২। Z_{12} = রিভার্স ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স

৩। Z_{21} = ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স

৪। Z_{22} = আউটপুট ইম্পিড্যান্স।

৯। Y-প্যারামিটারসমূহের নাম লিখ।

উত্তর ঃ Y-প্যারামিটারসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। Y_{11} = ইনপুট অ্যাডমিট্যান্স

২। Y_{12} = রিভার্স ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স

৩। Y_{21} = ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স

৪। Y_{22} = আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স।

১০। হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহের নাম লিখ।

উত্তর ঃ হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহ নিম্নরূপ ঃ

১। h_{11} = ইনপুট অ্যাডমিট্যান্স

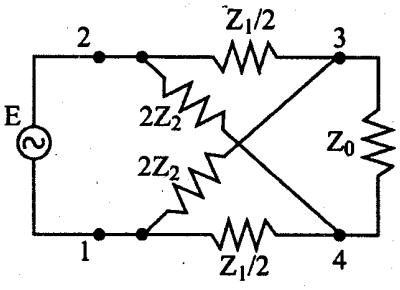
২। h_{12} = রিভার্স ভোল্টেজ ট্রান্সফার রেশিও

৩। h_{21} = ফরোয়ার্ড কারেন্ট গেইন

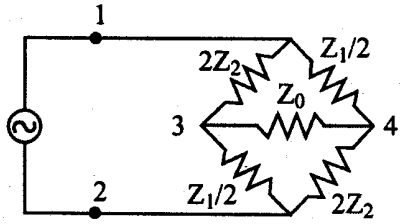
৪। h_{22} = আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স।

১১। Lattice network-এর চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০০৮]

নিচে ল্যাটিস নেটওয়ার্কের চিত্র আঁকা হল ঃ



(ক) ল্যাটিস নেটওয়ার্ক



(খ) পুনঃ অঙ্কিত ল্যাটিস নেটওয়ার্ক

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ব্যালান্সড নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশনে রূপান্তর কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ২.২ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশনে রূপান্তর কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

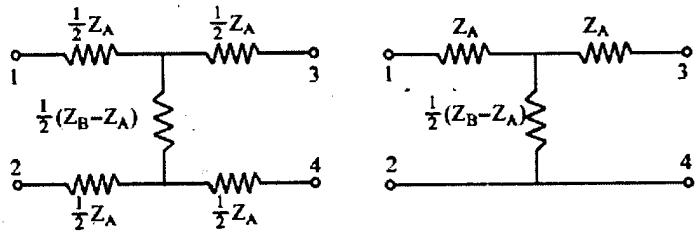
অথবা, আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্কের সমতুল্য T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের রূপান্তরের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ ২.২ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

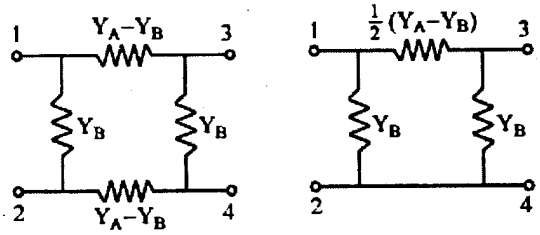
৩। **ব্যালান্সড ও আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্কের মধ্যে সমতুল্যতা দেখাও।**

উত্তর ঃ একটি ব্যালান্সড এবং একটি আন-ব্যালান্সড সেকশন উভয়ের মধ্যে সমতুল্য হবে যদি উভয় সেকশনের অনুরূপ প্রেরণ (Transmission) বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান থাকে।

নিম্নের চিত্রে T নেটওয়ার্কের ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের মধ্যে সমতুল্যতা দেখানো হয়েছে। একটি আন-ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ককে সমতুল্য ব্যালান্সড T নেটওয়ার্ক হিসাবে উপস্থাপন করতে নিম্নের চিত্রের ন্যায় সংযোগ করা হয়।



একটি π নেটওয়ার্ক ও ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড সেকশনের সমতুল্য নেটওয়ার্ক হিসাবে উপস্থাপন করা যায়। ২.৬ নং চিত্রে একটি আন-ব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড π নেটওয়ার্কের বর্তনী সমতুল্য দেখানো হয়েছে। আন-ব্যালান্সড π নেটওয়ার্ককে সমতুল্য ব্যালান্সেড π নেটওয়ার্কে রূপান্তর করার জন্য সিরিজ বাহুকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে ২.৬ নং চিত্রের ন্যায় সংযোগ করা হয়।



৪। **Z-প্যারামিটারসমূহের নাম ও সংকেত লিখ।** [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Z প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, Z প্যারামিটারগুলো ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ Z-প্যারামিটারসমূহের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$Z_{11} = \frac{E_1}{I_1}$ = আউটপুট খোলা অবস্থায় ইনপুট ইম্পিড্যান্স।

$Z_{21} = \frac{E_2}{I_1}$ = আউটপুট খোলা অবস্থায় ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স।

$Z_{12} = \frac{E_1}{I_2}$ = ইনপুট খোলা অবস্থায় রিভার্স ট্রান্সফার ইম্পিড্যান্স।

$Z_{22} = \frac{E_2}{I_2}$ = ইনপুট খোলা অবস্থায় আউটপুট ইম্পিড্যান্স।

৫। Y-প্যারামিটারসমূহের সমীকরণ লিখ।

উত্তর ঃ Y-প্যারামিটারসমূহের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$Y_{11} = \frac{I_1}{E_1}$ = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ইনপুট অ্যাডমিট্যান্স।

$Y_{21} = \frac{I_2}{E_1}$ = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স।

$Y_{12} = \frac{I_1}{E_2}$ = ইনপুট শর্ট অবস্থায় রিভার্স ট্রান্সফার অ্যাডমিট্যান্স।

$Y_{22} = \frac{I_2}{E_2}$ = ইনপুট শর্ট অবস্থায় আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স।

৬। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ দেখাও। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণসহ নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর ঃ হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$h_{11} = \frac{E_1}{I_1}$ = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ইনপুট ইম্পিড্যান্স।

$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}$ = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ফরোয়ার্ড কারেন্ট গেইন।

$h_{12} = \frac{I_1}{E_2}$ = ইনপুট খোলা অবস্থায় রিভার্স ভোল্টেজ গেইন।

$h_{22} = \frac{I_2}{E_2}$ = ইনপুট খোলা অবস্থায় আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স।

৭। Four terminal Network এর প্যারামিটারগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ প্যারামিটারসমূহ নিম্নরূপ ঃ

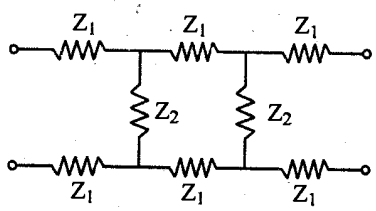
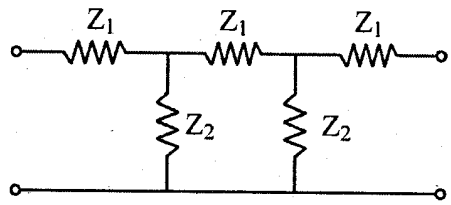
১। Z-প্যারামিটার বা খোলা বর্তনী ইম্পিড্যান্স প্যারামিটার (Z-parameter বা open circuit impedance parameter)

২। Y-প্যারামিটার বা শর্ট সার্কিট অ্যাডমিট্যান্স প্যারামিটার (Y-parameter or short circuit admitance parameter)

৩। H-প্যারামিটার বা হাইব্রিড প্যারামিটার (H-parameter hybrid parameter)।

৮। আনব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড স্ট্রাকচার ল্যাডার নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ নিচে ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্কের মধ্যে পার্থক্য দেখানো হল ঃ

ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক	আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক
যদি কোন নেটওয়ার্কের এক প্রান্তের ইনপুট ও গ্রাউন্ডের মধ্যকার ইম্পিড্যান্স অপর ইনপুট ও গ্রাউন্ডের মধ্যকার ইম্পিড্যান্স সমান হয়, তাকে ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক বলে।	যদি কোন নেটওয়ার্কের এক প্রান্তের ইনপুট ও গ্রাউন্ডের মধ্যকার ইম্পিড্যান্স অপর ইনপুট ও গ্রাইন্ডের মধ্যকার ইম্পিড্যান্স সমান না হয়, তাকে আনব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলে।
দুই বা ততোধিক সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক সিরিজে যুক্ত হয়ে ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক গঠিত হয়।	দুই বা ততোধিক অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক সিরিজে যুক্ত হয়ে আনব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক গঠিত হয়।
	

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ২.২ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। Z-প্যারামিটার নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ ২.৬.১ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। Y-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ ২.৬.২ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০ (পরি)]

অথবা, Four terminal network -এর H-parameter গুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, H-parameter গুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ২.৬.৩ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

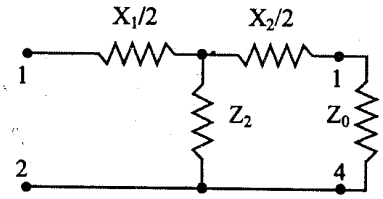
অধ্যায়-৩

T, π, L ও অর্ধ সেকশন নেটওয়ার্ক (T, π, L and Half Section Network)

৩.১ সিমেট্রিক্যাল T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের সমষ্টিগত ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় (Derive the characteristics impedance in terms of lumped impedance of symmetrical T and π section networks) ঃ

৩.১.১ সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক (Symmetrical T network) ঃ

সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক একটা খুব গুরুত্বপূর্ণ নেটওয়ার্ক, যা ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ৩.১ নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে। এ ধরনের নেটওয়ার্কে দু'টি সিরিজ ইম্পিড্যান্স $Z_1/2$ সংযুক্ত থাকে, যার ফলে মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 পাওয়া যায় এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স Z_2 সংযুক্ত থাকে।



চিত্র ঃ ৩.১ সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক

এ ধরনের নেটওয়ার্কে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Z_0) ইনপুট প্রান্তে পরিমাপ করা হয়, যখন আউটপুট প্রান্তে Z_0 ইম্পিড্যান্স সংযোগ করা হয়।

ধরি,

Z_1 = মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট শান্ট ইম্পিড্যান্স,

Z_0 = ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

Z_{in} = ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

Z_{0T} = T-সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স।

(৩.১) নং চিত্রে ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $$Z_{in} = \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0\right)}{Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১)$$

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে, $Z_{in} = Z_0$

$$\therefore Z_0 = \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0\right)}{Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_0} = \frac{Z_1\left(Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_0\right) + 2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0\right)}{2\left(Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_0\right)}$$

বা, $$Z_0 = \frac{Z_1Z_2 + \frac{Z_1^2}{2} + Z_1Z_0 + Z_1Z_2 + 2Z_0Z_2}{2Z_2 + Z_1 + 2Z_0}$$

বা, $$Z_0(2Z_2 + Z_1 + 2Z_0) = 2Z_1Z_2 + \frac{Z_1^2}{2} + Z_1Z_0 + 2Z_0Z_2$$

বা, $2Z_0Z_2 + Z_1Z_0 + 2Z_0^2 = 2Z_1Z_2 + \frac{Z_1^2}{2} + Z_1Z_0 + 2Z_0Z_2$

বা, $2Z_0^2 = \frac{Z_1^2}{2} + 2Z_1Z_2$

বা, $Z_0^2 = \frac{2_1^2}{4} + Z_1Z_2$

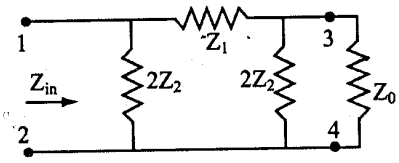
$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$

$\therefore Z_{0T} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$ ..... (৩.২)

উপরোক্ত সমীকরণটিই T-সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স।

৩.১.২ সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক (Symmetrical π network) ঃ

সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কও একটা গুরুত্বপূর্ণ নেটওয়ার্ক, যা ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ৩.২ নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে। এ ধরনের নেটওয়ার্কে সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 সংযুক্ত থাকে এবং এর উভয় পার্শ্বে $2Z_2$ ইম্পিড্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। ফলে প্যারালালে মোট ইম্পিড্যান্স Z_2 পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ ৩.২ সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক

এ ধরনের নেটওয়ার্কে ইনপুট প্রান্তে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়, যখন আউটপুট প্রান্তে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O দ্বারা সম্পূর্ণ করা হয়।

ধরি, Z_1 = মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স,

Z_0 = ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

Z_{in} = ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

$Z_{O\pi}$ = সেকশন নেটওয়ার্কে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স।

৩.২ নং চিত্রে ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হলে,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_{in} = \dfrac{2Z_2\left(Z_1 + \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2+Z_0}\right)}{2Z_2 + Z_1 + \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2+Z_0}}$

$$= \frac{\frac{2Z_2(2Z_1Z_2 + Z_0Z_1 + 2Z_0Z_2)}{(2Z_2+Z_0)}}{\frac{4Z_2^2 + 2Z_0Z_2 + 2Z_1Z_2 + Z_0Z_1 + 2Z_0Z_2}{(2Z_2+Z_0)}}$$

$$Z_{in} = \frac{4Z_1Z_2^2 + 2Z_0Z_1Z_2 + 4Z_0Z_2^2}{4Z_2^2 + 4Z_0Z_2 + 2Z_1Z_2 + Z_0Z_1} \quad \ldots, (৩.৩)$$

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে, ইমপুট ইম্পিড্যান্স ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সমান।

সুতরাং

$Z_{in} = Z_0$

$$\therefore Z_0 = \frac{4Z_1Z_2^2 + 2Z_0Z_1Z_2 + 4Z_0Z_2^2}{4Z_2^2 + 4Z_0Z_2 + 2Z_1Z_2 + Z_0Z_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৪)$$

বা, $4Z_0Z_2^2 + 4Z_0^2Z_2 + 2Z_0Z_1Z_2 + Z_0^2Z_1 = 4Z_1Z_2^2 + 2Z_0Z_1Z_2 + 4Z_0Z_2^2$

বা, $4Z_0^2Z_2 + Z_0^2Z_1 = 4Z_1Z_2^2$

বা, $Z_O^2 (Z_1 + 4Z_2) = 4Z_1Z_2^2$

বা, $Z_O^2 = \dfrac{4Z_1Z_2^2}{Z_1 + 4Z_2}$

বা, $Z_O^2 = \dfrac{\frac{Z_1}{4} \cdot 4Z_1Z_2^2}{\frac{Z_1}{4}(Z_1 + 4Z_2)}$

বা, $Z_O^2 = \dfrac{Z_1^2 Z_2^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$

বা, $Z_O = \sqrt{\dfrac{(Z_1Z_2)^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$

$\therefore Z_O = \dfrac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$

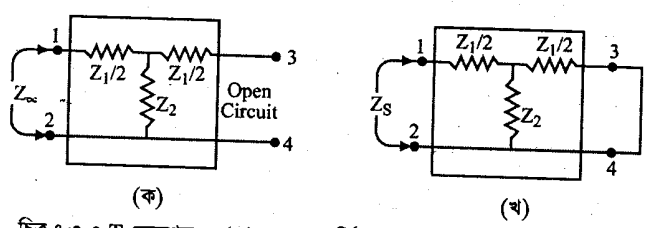
$\therefore Z_{O\pi} = \dfrac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$ ..... (৩.৫)

উপরোক্ত সমীকরণটিই π সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স।

৩.২ T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় (Derive open and short circuit impedance for T and π section network) ঃ

৩.২.১ T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স (Open and short circuit impedance for T section) ঃ

T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স বলতে সে ইম্পিড্যান্স বুঝায়, যখন আউটপুট খোলা অবস্থায় ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়। এরূপ সংযোগ ৩.৩ (ক) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। আবার শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স বলতে পরিমাপকৃত সে ইম্পিড্যান্স বুঝায়, যখন আউটপুট প্রান্ত শর্ট অবস্থায় ইনপুট প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়। এরূপ চিত্র ৩.৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৩.৩ T সেকশনের, (ক) ওপেন সার্কিট, (খ) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স

ধরি,

Z_1 = মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট শান্ট ইম্পিড্যান্স,

Z_{OC} = ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

Z_{SC} = শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স।

৩.৩ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৬)$$

৩.৩ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{SC} = \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_2 \frac{Z_1}{2}}{Z_2 + \frac{Z_1}{2}}$$

$$= \frac{\frac{Z_1 Z_2}{2} + \frac{Z_1^2}{4} + \frac{Z_1 Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2}$$

$$= \frac{Z_1 Z_2 + \frac{Z_1^2}{4}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৭)$$

বা, $Z_{SC} = \dfrac{Z_1 Z_2 + \frac{Z_1^2}{4}}{Z_{OC}}$ $\quad \left[\because Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2\right]$

বা, $Z_{OC} Z_{SC} = Z_1 Z_2 + \frac{Z_1^2}{4}$

উভয় পক্ষে বর্গমূল করে পাওয়া যায়,

$$\sqrt{Z_{OC} Z_{SC}} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৮)$$

৩.২ নং সমীকরণ ব্যবহার করে ৩.৭ নং সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়,

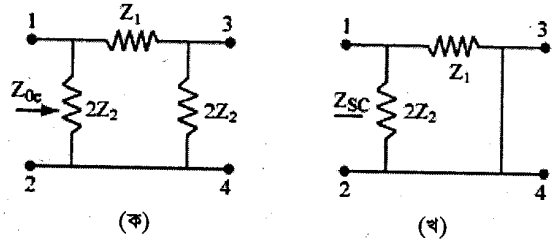
$\sqrt{Z_{OC} Z_{SC}} = Z_{OT}$ $\quad \left[\because Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}\right]$

$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{Z_{OC} Z_{SC}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৯)$$

উপরোক্ত সমীকরণটি T সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

৩.২.২ π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স (Open and short circuit impedance for π section network) ঃ

π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স বলতে, π নেটওয়ার্কের আউটপুট মুক্ত বা ওপেন অবস্থায় ইনপুট প্রান্তে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্স বুঝায়। ৩.৪ (ক) নং চিত্রে π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি দেখানো হয়েছে। আবার শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স বলতে π নেটওয়ার্কের আউটপুট প্রান্ত শর্ট অবস্থায় ইনপুট প্রান্তে পমিাপকৃত ইম্পিড্যান্সকে বুঝায়। ৩.৪ (খ) নং চিত্রে π সেকশন নেটওয়ার্কের শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি দেখানো হয়েছে।



(ক) (খ)

চিত্রঃ ৩.৪ π নেটওয়ার্কের (ক) ওপেন সার্কিট এবং (খ) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স

ধরি,

Z_1 = সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স,

Z_{OC} = ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

Z_{SC} = শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স।

৩.৪ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{2Z_2 + Z_1 + 2Z_2}$$

$$= \frac{2Z_1Z_2 + 4Z_2^2}{Z_1 + 4Z_2}$$

$$Z_{OC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{Z_1 + 4Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.১০)$$

৩.৪ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{SC} = \frac{2Z_2Z_1}{2Z_2 + Z_1}$$

$$Z_{SC} = \frac{2Z_1Z_2}{Z_1 + 2Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.১১)$$

(৩.১০) ও (৩.১১) সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{OC} \cdot Z_{SC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{Z_1 + 4Z_2} \times \frac{2Z_1Z_2}{(Z_1 + 2Z_2)}$$

$$= \frac{4Z_1Z_2^2}{Z_1 + 4Z_2} = \frac{\frac{Z_1}{4} 4Z_1Z_2^2}{\frac{Z_1}{4}(Z_1 + 4Z_2)}$$

$$Z_{OC}Z_{SC} = \frac{Z_1^2Z_2^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$\text{বা, } \sqrt{Z_{OC}Z_{SC}} = \sqrt{\frac{Z_1^2Z_2^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

$$= \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.১২)$$

(৩.১২) এবং (৩.৫) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$\sqrt{Z_{OC}Z_{SC}} = Z_{0\pi} \qquad \left[\because Z_{0\pi} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}\right]$$

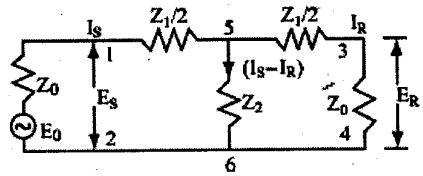
$$\therefore Z_{0\pi} = \sqrt{Z_{OC}Z_{SC}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১৩)$$

উপরোক্ত সমীকরণটি π সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

৩.৩ T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় (Derive propagation constant for T and π section network) ঃ

৩.৩.১. T সেকশন নেটওয়ার্ক (T-section network). ঃ

সিমেট্রিক্যাল T সেকশন নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয়ের জন্য, T নেটওয়ার্কের সাথে একটা ভোল্টেজ সোর্স 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে সংযোগ করা হয়, যার আভ্যন্তরীণ ইম্পিড্যান্স $Z_g = Z_0$ এবং আউটপুট প্রান্ত অর্থাৎ 3 ও 4 প্রান্তে Z_0 ইম্পিড্যান্স সংযোগ করা হয়। এরূপ সংযোগ ব্যবস্থা ৩.৫ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। প্রেরক প্রান্তে কারেন্ট এবং গ্রাহক প্রান্তে কারেন্ট যথাক্রমে I_s এবং I_R নামে শনাক্ত করা হয়।



চিত্র ঃ ৩.৫ সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (γ) I_s এবং I_R এর অনুপাত দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

$$\therefore e^{\gamma} = \frac{I_s}{I_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.১৪)$$

৩.৫ নং চিত্রে 5, 3, 4, 6, 5 অংশে কারশফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে পাওয়া যায়,

$$-I_R\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0\right) + Z_2(I_S - I_R) = 0$$

বা, $-I_R\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0\right) + I_S Z_2 - I_R Z_2 = 0$

বা, $I_S Z_2 = I_R\left(\frac{Z_1}{2} + Z_0 + Z_2\right)$

বা, $\frac{I_S}{I_R} = \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_0}{Z_2} + \frac{Z_2}{Z_2}$

বা, $\frac{I_S}{I_R} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_0}{Z_2}$

$$\therefore e^{\gamma} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{1}{Z_2}\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$$

[৩.২ নং সমীকরণ হতে Z_0 এর মান বসিয়ে।]

বা, $e^{\gamma} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\frac{Z_1^2}{4Z_2^2} + \frac{Z_1}{Z_2}}$

$$= 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_2}\right)^2 + \frac{Z_1}{Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.১৫)$$

৩.১৫ নং সমীকরণের উভয় পক্ষে লগারিদম গ্রহণ করে পাওয়া যায়,

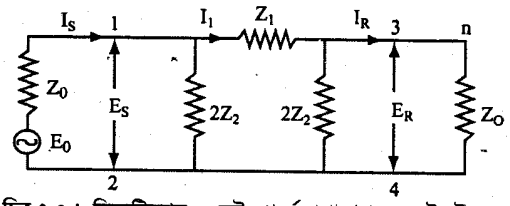
$$\log_e e^{\gamma} = \log_e\left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_2}\right)^2 + \frac{Z_1}{Z_2}}\right]$$

$$\therefore \gamma = \log_e\left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_2}\right)^2 + \frac{Z_1}{Z_2}}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১৬)$$

উপরোক্ত সমীকরণটি T সেকশন নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্দেশ করে।

৩.৩.২ π সেকশন নেটওয়ার্ক (π - section network) ঃ

π সেকশন নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয়ের জন্য, একটা সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক বিবেচনা করা যায়, যার ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0। এ ধরনের নেটওয়ার্কের ইনপুট প্রান্তে, E_0 ভোল্টেজ বিশিষ্ট একটা সোর্স, যার অভ্যন্তরীণ ইম্পিড্যান্স Z_0 সংযুক্ত করা হয় এবং আউটপুট প্রান্তে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 সংযুক্ত করা হয়। এ ধরনের সংযোগ ব্যবস্থা ৩.৬ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.৬ সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট

ধরা যাক, ইনপুট প্রান্তে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে E_s ও I_s এবং আউটপুট প্রান্তে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে E_R ও I_R। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের সংজ্ঞানুযায়ী,

$$e^{\gamma} = \frac{E_s}{E_R} = \frac{I_s}{I_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১৭)$$

৩.৬ নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$I_1 = \frac{E_s}{Z_1 + \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2 + Z_0}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১৮)$$

$$\text{এবং } E_R = \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2 + Z_0} I_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.১৯)$$

৩.১৮ এবং ৩.১৯ নং সমীকরণ ব্যবহার করে পাওয়া যায়,

$$E_R = \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2 + Z_0} \cdot \frac{E_s}{Z_1 + \frac{2Z_0Z_2}{2Z_2 + Z_0}} = \frac{2Z_0Z_2}{(2Z_2 + Z_0)} \cdot \frac{E_s}{\frac{2Z_1Z_2 + Z_0Z_1 + 2Z_0Z_2}{(27_2 + Z_0)}} = \frac{2Z_0Z_2}{2Z_1Z_2 + Z_oZ_1 + 2Z_0Z_2} \cdot E_s$$

$$\therefore \frac{E_s}{E_R} = \frac{2Z_1Z_2 + Z_0Z_1 + 2Z_oZ_2}{2Z_0Z_2}.$$

$$\text{সুতরাং } e^{\gamma} = \frac{E_s}{E_R} = \frac{2Z_1Z_2 + Z_0Z_1 + 2Z_oZ_2}{2Z_0Z_2}.$$

$$\text{বা, } e^{\gamma} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_1}{Z_0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.২০)$$

৩.৫ নং সমীকরণ হতে $Z_{O\pi} \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$ মানটি ৩.২০ নং সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$e^{\gamma} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_1}{\frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}{Z_2}$$

$$= 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\frac{Z_1^2}{4Z_2^2} + \frac{Z_1}{Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.২১)$$

(৩.২১)নং সমীকরণের উভয় পক্ষে $\log_e$ নিয়ে পাওয়া যায়,

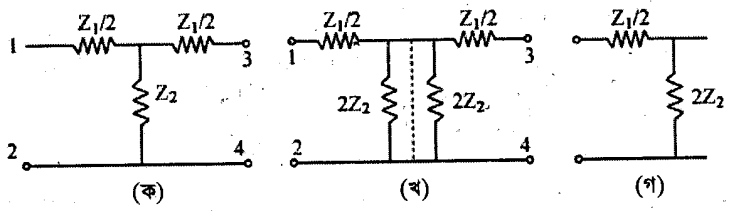
$$\text{Log}_e e^{\gamma} = \log_e \left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\frac{Z_1^2}{4Z_2^2} + \frac{Z_1}{Z_2}} \right]$$

$$\therefore \gamma = \log_e \left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\frac{Z_1^2}{4Z_2^2} + \frac{Z_1}{Z_2}} \right] \ldots\ldots\ldots\ldots (৩.২২)$$

উপরোক্ত সমীকরণটি π নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্দেশ করে।

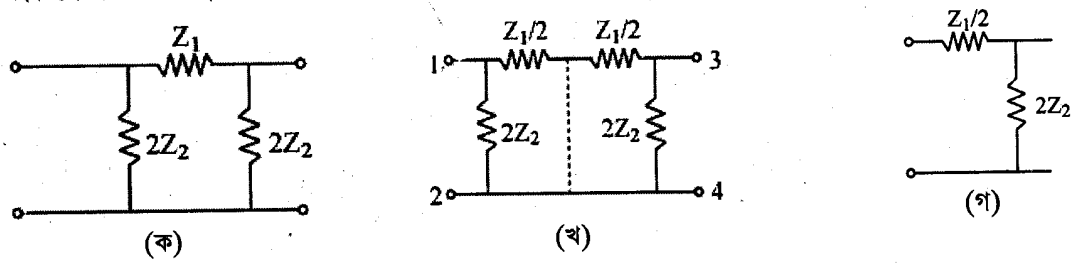
৩.৪ সিমেট্রিক্যাল T ও π সেকশনকে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত (Identify the symmetrical T and π section into half network) ঃ

একটা সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত করার জন্য প্যারালাল শাখাকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করতে হয়। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কে প্যারালাল ইম্পিড্যান্স Z_2, একে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করলে প্যারালাল ইম্পিড্যান্স $2Z_2$ এর সমান হবে। ৩.৭ নং চিত্রে একটা সিমেট্রিক্যাল নেটওয়াককে অর্ধ সেকশনে রূপান্তর করে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.৭ (ক) সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক, (খ) প্যারালাল শাখা দু'ভাগে বিভক্ত (গ) অর্ধ-সেকশন

একটা সিমেট্রিক্যাল π সেকশনকে অর্ধ-সেকশনে বিভক্ত করার জন্য π নেটওয়ার্কের সিরিজ ইম্পিড্যান্সকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করতে হয়। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কে সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 এবং একে সমান দু'ভাগে ভাগ করলে প্রত্যেক অংশের মান $\frac{Z_1}{2}$ হয়। ৩.৮ নং চিত্রে একটা সিমেট্রিক্যাল π সেকশনকে অর্ধ-সেকশনে রূপান্তর করে প্রদর্শন করা হয়েছে।



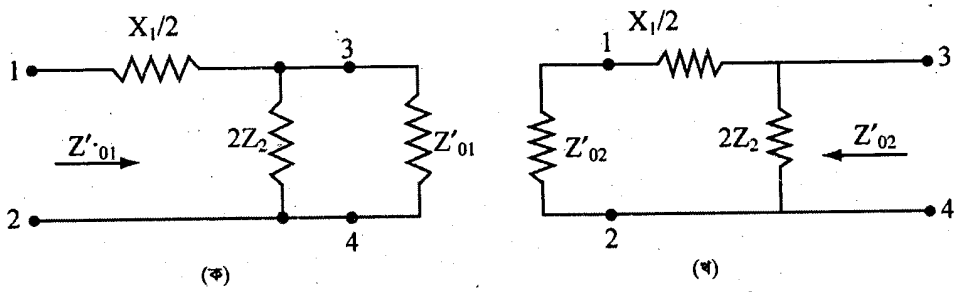
চিত্র ঃ ৩.৮ (ক) সিমেট্রিক্যাল π সেকশন, (খ) সিরিজ শাখা দু'ভাগে বিভক্ত এবং (গ) অর্ধ-সেকশন

উপরের আলোচনা থেকে এটা পরিলক্ষিত হয় যে, সিমেট্রিক্যাল T এবং π সেকশনকে অর্ধ-সেকশনে রূপান্তর করা হলে, উভয় ক্ষেত্রে একই ধরনের অর্ধ-সেকশন পাওয়া যায়।

৩.৫ অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ, ইমেজ, ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স (Iterative, image, open and short circuit impedance of half section network) ঃ

৩.৫.১ ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স (Iterative impedance) ঃ

অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করতে নেটওয়ার্কের এক প্রান্তে এর ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স যুক্ত করে অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয় এবং অপর প্রান্ত হতে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করতে একই প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়। ৩.৯ নং চিত্রে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.৯ (ক) 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে এবং (খ) 3 ও 4 প্রান্তের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স

৩.৯ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_i = Z'_{01} = \frac{Z_1}{2} + \frac{2Z_2Z'_{01}}{2Z_2 + Z'_{01}}$$

$$\text{বা, } Z'_{01} = \frac{\frac{Z_1}{2}(2Z_2 + Z'_{01}) + 2Z_2Z'_{01}}{(2Z_2 + Z'_{01})}$$

$$\text{বা, } Z'_{01}(2Z_2 + Z'_{01}) = \frac{Z_1}{2}(2Z_2 + Z'_{01}) + 2Z_2Z'_{01}$$

$$\text{বা, } 2Z'_{01}Z_2 + Z'^2_{01} = Z_1Z_2 + \frac{Z_1Z'_{01}}{2} + 2Z_2Z'_{01}$$

$$\text{বা, } Z'^2_{01} - \frac{Z_1Z'_{01}}{2} - Z_1Z_2 = 0$$

$$\therefore Z'_{01} = \frac{Z_1}{4} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + 4Z_1Z_2}$$

$$\therefore Z'_{01} = \frac{Z_1}{4} \pm \sqrt{\frac{Z_1^2}{16} + Z_1Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.২৩)$$

একইভাবে, ৩.৯ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{in} = Z'_{02} = \frac{2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z'_{02}\right)}{2Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z'_{02}}$$

$$\text{বা, } Z'_{02} = \frac{2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z'_{02}\right)}{2Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z'_{02}}$$

$$\text{বা, } Z'_{02}\left(2Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z'_{02}\right) = 2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z'_{02}\right)$$

$$\text{বা, } 2Z'_{02}Z_2 + \frac{Z_1Z'_{02}}{2} + Z'^2_{02} = Z_1Z_2 + 2Z_2Z'_{02}$$

$$\text{বা, } Z'^2_{02} + \frac{Z_1Z_{02}}{2} - Z_1Z_2 = 0$$

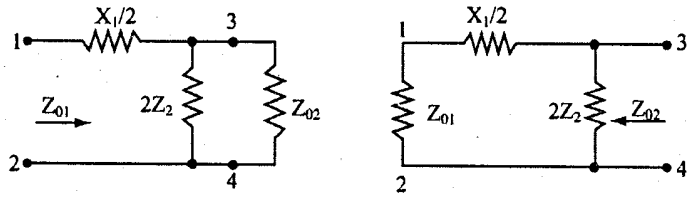
$$\therefore Z_{02} = -\frac{Z_1}{4} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + 4Z_1Z_2}$$

$$\therefore Z'_{02} = -\frac{Z_1}{4} \pm \sqrt{\frac{Z_1^2}{16} + Z_1Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.২৪)$$

(৩.২৩) এবং (৩.২৪) নং সমীকরণদ্বয় অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

৩.৫.২ ইমেজ ইম্পিড্যান্স (Image impedance) ঃ

যে কোন অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ন্যায় অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কেও দু'টি ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়। এদের যে কোন একটিকে উপযুক্ত প্রান্তের সাথে যুক্ত করে অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে দ্বিতীয় ইম্পিড্যান্সের সমান ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে। ধরা যাক, 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে ইমেজ ইম্পিড্যান্স Z_{01} এবং 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে ইমেজ ইম্পিড্যান্স Z_{02}। সুতরাং ৩ ও ৪ প্রান্তের মধ্যে Z_{02} ইম্পিড্যান্স সংযুক্ত করে 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে পরিমাপ করলে Z_{01} পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, যা ৩.১০ (ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। আবার 1 ও 2 প্রান্তের মধ্যে Z_{01} ইম্পিড্যান্স সংযোগ করে 3 ও 4 প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে Z_{02} পরিমাণ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, যা ৩.১০(খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.১০ (ক) ১ ও ২ প্রান্তে এবং (খ) ৩ ও ৪ প্রান্ত ইমেজ ইম্পিড্যান্স

৩.১০ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{01} = \frac{Z_1}{2} + \frac{2Z_2Z_{02}}{2Z_2 + Z_{02}} = \frac{\frac{Z_1}{2}(2Z_2 + Z_{02}) + 2Z_2Z_{02}}{(2Z_2 + Z_{02})}$$

বা, $Z_{01}(2Z_2 + Z_{02}) = \frac{Z_1}{2}(2Z_2 + Z_{02}) + 2Z_2 Z_{02}$

বা, $2Z_2 Z_{01} + Z_{01} Z_{02} = Z_1Z_2 + \frac{Z_1Z_{02}}{2} + 2Z_2Z_{02}$

বা, $Z_{01} Z_{02} + 2Z_2Z_{01} - Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = Z_1Z_2$ ..... (৩.২৫)

একইভাবে, ৩.১০ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{02} = \frac{2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z_{01}\right)}{2Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_{01}}$$

বা, $Z_{02}\left(2Z_2 + \frac{Z_1}{2} + Z_{01}\right) = 2Z_2\left(\frac{Z_1}{2} + Z_{01}\right)$

বা, $2Z_2Z_{02} + \frac{Z_1Z_{02}}{2} + Z_{01}Z_{02} = Z_1Z_2 + 2Z_2Z_{01}$

বা, $Z_{01}Z_{02} - 2Z_2Z_{01} + Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + Z_2\right) = Z_1Z_2$ ..... (৩.২৬)

৩.২৫ নং সমীকরণ হতে (৩.২৬)নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাওয়া যায়,

$$Z_{01}Z_{02} + 2Z_2Z_{01} - Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = Z_1Z_2$$

$$-Z_{01}Z_{02} + 2Z_2Z_{01} - Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = -Z_1Z_2$$

$$4Z_2Z_{01} - 2Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = 0$$

বা, $4Z_2Z_{01} = 2Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right)$

বা, $4Z_2Z_{01} = Z_1Z_{02} + 4Z_2Z_{02}$

বা, $4Z_2 Z_{01} = Z_{02}(Z_1 + 4Z_2)$

$\therefore \frac{Z_{01}}{Z_{02}} = \frac{Z_1 + 4Z_2}{4Z_2}$ ..... (৩.২৭)

(৩.২৫) নং এবং (৩.২৬) নং সমীকরণদ্বয় যোগ করে পাওয়া যায়,

$$Z_{01}Z_{02} + 2Z_2Z_{01} - Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = Z_1Z_2$$

$$Z_{01}Z_{02} - 2Z_2Z_{01} + Z_{02}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right) = Z_1Z_2$$

বা, $2Z_{01}Z_{02} = 2Z_1Z_2$

বা, $Z_{01} Z_{02} = Z_1Z_2$ ..... (৩.২৮)

(৩.২৭) নং এবং (৩.২৮) নং সমীকরণ গুণ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{Z_{01}}{Z_{02}} \times Z_{01}Z_{02} = \frac{Z_1 + 4Z_2}{4Z_2} \times Z_1Z_2$$

বা, $Z_{01}^2 = \frac{Z_1 + 4Z_2}{4} \times Z_1$

বা, $Z_{01}^2 = \frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2$

$$\therefore Z_{01} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.২৯)$$

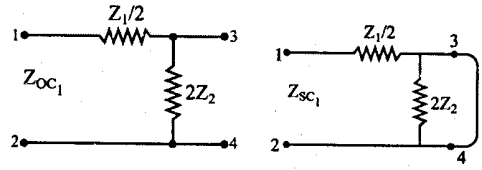
(৩.২৮) নং সমীকরণে , (৩.২৯) নং সমীকরণের মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\therefore Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৩০)$$

(৩.২৯) নং এবং (৩.৩০) নং সমীকরণদ্বয় অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে। (৩.২৯) নং সমীকরণকে (৩.২) নং সমীকরণের সাথে তুলনা করে দেখা যায় যে, Z_{01} এর মান Z_{0T} এর সমান এবং (৩.৩০) নং সমীকরণকে (৩.৪) নং সমীকরণের সাথে তুলনা করে দেখা যায় যে, Z_{02} এর মান $Z_{0\pi}$ এর সমান, সেখানে নেটওয়ার্কে মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 এবং মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স Z_2।

৩.৫.৩ ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স (Open and short ciruit impedance) ঃ

একটা অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের এক প্রান্ত যথাক্রমে ওপেন এবং শর্ট সার্কিট অবস্থায় অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে ওপেন সার্কিট এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স বলে। ধরা যাক, 3 ও 4 প্রান্ত যথাক্রমে ওপেন এবং শর্ট অবস্থায় 1 ও 2 প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করে যথাক্রমে Z_{OC_1} এবং Z_{SC_1} পাওয়া যায়। এ ধরনের সংযোগ ব্যবস্থা ৩.১১ (ক) এবং (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। আবার 1 ও 2 প্রান্ত যথাক্রমে ওপেন এবং শর্ট অবস্থায় 2 ও 4 প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরমাপ করে যথাক্রমে Z_{OC_2} এবং Z_{SC_2} পাওয়া যায়। এ ধরনের সংযোগ ব্যবস্থা ৩.১২ (ক) এবং (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৩.১১ (ক) ওপেন সার্কিট, (খ) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স

চিত্র ঃ ৩.১২ (খ) ওপেন সার্কিট , (খ) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স

৩.১১ (ক) নং চিত্রে পাওয়া যায়,

$$Z_{OC_1} = \frac{Z_1}{2} + 2Z_2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৩১)$$

৩.১১ (খ) নং চিত্রে পাওয়া যায়,

$$Z_{SC_1} = \frac{Z_1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৩২)$$

(৩.৩১) এবং (৩.৩২) নং সমীকরণ গুণ করে পাওয়া যায়,

$$Z_{OC_1}Z_{SC_1} = \frac{Z_1}{2}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_1\right) = \frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2$$

বা, $\sqrt{Z_{OC_1}Z_{SC_1}} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৩৩)$

(৩.২) নং সমীকরণ হতে Z_{OT} এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\sqrt{Z_{OC_1} Z_{SC_1}} = Z_{OT} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.৩৪)$$

একইভাবে, ৩.১২ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{OC_2} = 2Z_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.৩৫)$$

৩.১১(খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{SC_2} = \frac{2Z_2 \frac{Z_1}{2}}{2Z_2 + \frac{Z_1}{2}} = \frac{Z_1 Z_2}{\frac{Z_1}{2} + 2Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.৩৬)$$

(৩.৩৫) এবং (৩.৩৬) নং সমীকরণদ্বয় গুণ করে পাওয়া যায়,

$$\text{বা, } Z_{OC_2} Z_{SC_2} = 2Z_2 . \frac{Z_1 Z_2}{\frac{Z_1}{2} + 2Z_2} = \frac{2Z_1 Z_2^2}{\frac{Z_1}{2} + 2Z_2}$$

$$\text{বা, } Z_{OC_2} Z_{SC_2} = \frac{\frac{Z_1}{2} . 2Z_1 Z_2^2}{\frac{Z_1}{2}\left(\frac{Z_1}{2} + 2Z_2\right)} = \frac{Z_1^2 Z_2^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$$

$$\text{বা, } \sqrt{Z_{OC_2} Z_{SC_2}} = \sqrt{\frac{Z_1^2 Z_2^2}{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}}$$

$$= \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩.৩৭)$$

(৩.৫) নং সমীকরণ হতে $\sqrt{Z_{OC_2} . Z_{SC_2}} = Z_{0\pi}$ এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,...(৩.৩৮)

(৩.৩৪) এবং (৩.৩৮) নং সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স হতে ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়।

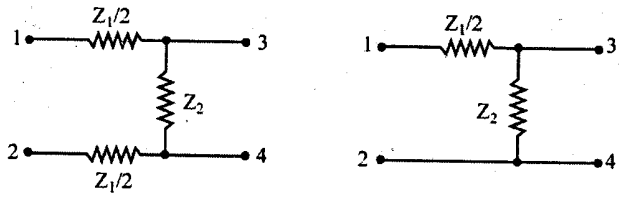
৩.৬ ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক (Balanced and unbalanced L section network) ঃ

একটা L সেকশন নেটওয়ার্ক অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের অনুরূপ, তবে L সেকশন নেটওয়ার্কের উপাদানসমূহ অন্য কোন নেটওয়ার্কের সাথে সম্পর্কিত নয়। এ ধরনের নেটওয়ার্ককে একটা সিরিজ বাহু Z_1 এবং একটা শান্ট বাহু Z_2 দ্বারা গঠন করা হয়। L সেকশন নেটওয়ার্ক দু'ধরনের হয়ে থাকে। যথা ঃ

১। ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক (Balanced L section network) ,

২। আন-ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক (Un-balanced L-section network)।

৩.১৩ (ক) নং চিত্রে একটা ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক এবং ৩.১৩ (খ) নং চিত্রে একটা আনব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক প্রদর্শন করা হয়েছে।



(ক) ব্যালান্সড (খ) আনব্যালান্সড

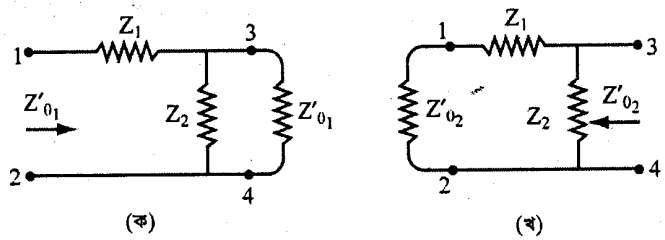
চিত্র ঃ ৩.১৩ L সেকশন নেটওয়ার্ক

মূলত ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক প্রায় একই ধরনের, শুধু পার্থক্য এই যে, ব্যালান্সড নেটওয়ার্কে সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 কে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে একটাকে উপরের বাহুতে এবং অপরটাকে নিচের বাহুতে সংযোগ করা হয়, যা ৩.১৩ (ক) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। যা হোক, এ ধরনের নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স প্রভাবিত হয় না এবং উভয় নেটওয়ার্কই অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক হয়।

৩.৭ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ এবং ইমেজ ইম্পিড্যান্স (Iterative and image impedance of L section network) ঃ

৩.৭.১ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স (Iterative impedance of L section network) ঃ

অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের অনুরূপ প্রক্রিয়ায় L সেকশন নেটওয়ার্কে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়। ধরা যাক, 1 ও 2 প্রান্তে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স Z'_{01} তাহলে 3 ও 4 প্রান্তের মধ্যে Z'_{01} সংযুক্ত করে 1 ও 2 প্রান্তে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়, যা ৩.১৪(ক) এ চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। আবার ধরা যাক, 3 ও 4 প্রান্তে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স Z'_{02} । তাহলে, 1 ও 2 প্রান্তে Z'_{02} ইম্পিড্যান্স সংযোগ করে 3 ও 4 প্রান্তে ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করা হয়, যা ৩.১৪ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.১৪ (ক) এবং (খ) L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স

৩.১৪ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z'_{01} = Z_1 + \frac{Z_2 Z'_{01}}{Z_2 + Z'_{01}}$$

বা, $Z'_{01} = \dfrac{Z_1 (Z_2 + Z'_{01}) + Z_2 Z'_{01}}{Z_2 + Z'_{01}}$

বা, $Z'_{01} (Z_2 + Z'_{01}) = Z_1 (Z_2 + Z'_{01}) + Z_2 Z'_{01}$

বা, $Z_2 Z'_{01} + Z'^2_{01} = Z_1 Z_2 + Z_1 Z'_{01} + Z_2 Z'_{01}$

বা, $Z'^2_{01} - Z_1 Z'_{01} - Z_1 Z_2 = 0$

বা, $Z'_{01} = \dfrac{Z_1 \pm \sqrt{Z_1^2 + 4Z_1 Z_2}}{2}$

$$= \frac{Z_1}{2} + \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৩৯)$$

৩.১৪ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z'_{02} = \frac{Z_2 (Z_1 + Z'_{02})}{Z_2 + Z_1 + Z'_{02}}$$

বা, $Z'_{02} (Z_1 + Z_2 + Z'_{02}) = Z_2 (Z_1 + Z'_{02})$

বা, $Z_1 Z'_{02} + Z_2 Z'_{02} + Z'^2_{02} = Z_1 Z_2 + Z_2 Z'_{02}$

বা, $Z'^2_{02} + Z_1 Z_{02} - Z_1 Z_2 = 0$

বা, $Z_{02} = \dfrac{Z_1 \pm \sqrt{Z_1^2 + 4Z_1 Z_2}}{2}$

বা, $Z'_{02} = -\dfrac{Z_1}{2} + \sqrt{\dfrac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৪০)$

(৩.৩৯) এবং (৩.৪০) নং সমীকরণদ্বয়কে সাজিয়ে লিখে পাওয়া যায়,

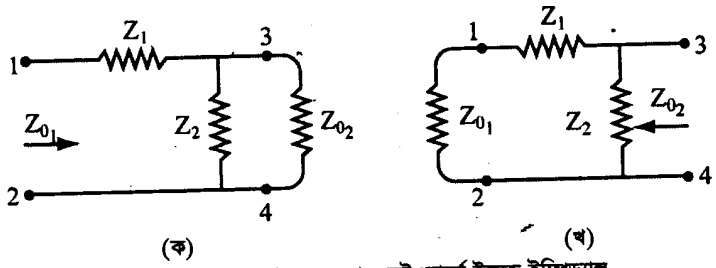
$$Z'_{01} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} + \frac{Z_1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৪১)$$

$$Z'_{02} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} - \frac{Z_1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৪২)$$

(৩.৪১) এবং (৩.৪২) নং সমীকরণদ্বয় L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নিদের্শ করে, যা অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্সের অনুরূপ।

৩.৭.২ L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স (Image impedance of L-section network) ঃ

অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের অনুরূপ প্রক্রিয়ায় L সেকশন নেটওয়ার্কে ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়। ধরা যাক, L সেকশন নেটওয়ার্কে ইমেজ ইম্পিড্যান্সদ্বয় যথাক্রমে Z_{01} এবং Z_{02} । তাহলে, নেটওয়ার্কের 3 ও 4 প্রান্তে Z_{02} ইম্পিড্যান্স সংযোগ করে 1 ও 2 প্রান্তে ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে Z_{01} পাওয়া যায়, যা ৩.১৫ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। আবার, 1 ও 2 প্রান্তে Z_{01} ইম্পিড্যান্স যুক্ত করে 3 ও 4 প্রান্তে ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে Z_{02} পাওয়া যায়, যা ৩.১৫ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৩.১৫ (ক) এবং (খ) L সেকশন নেটওয়ার্কে ইমেজ ইম্পিড্যান্স

৩.১৫ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{01} = Z_1 + \frac{Z_2 Z_{02}}{Z_2 + Z_{02}}$$

বা, $Z_{01} = \dfrac{Z_1 (Z_2 + Z_{02}) + Z_2 Z_{02}}{(Z_2 + Z_{02})}$

বা, $Z_{01} (Z_2 + Z_{02}) = Z_1 (Z_2 + Z_{02}) + Z_2 Z_{02}$

বা, $Z_2Z_{01} + Z_{01}Z_{02} = Z_1Z_2 + Z_1Z_{02} + Z_2Z_{02}$

বা, $Z_{01} Z_{02} + Z_2Z_{01} - Z_{02} (Z_1 + Z_2) = Z_1Z_2$ ..... (৩.৪৩)

অনুরূপভাবে, ৩.১৫(খ) নং চিত্রে পাওয়া যায়,

বা, $Z_{02} = \dfrac{Z_2 (Z_1 + Z_{01})}{Z_1 + Z_2 + Z_{01}}$

বা, $Z_{02} (Z_1 + Z_2 + Z_{01}) = Z_2 (Z_1 + Z_{01})$

বা, $Z_1Z_{02} + Z_2Z_{02} + Z_{01}Z_{02} = Z_1Z_2 + Z_2Z_{01}$

বা, $Z_{01}Z_{02} - Z_2Z_{01} + Z_{02} (Z_1+Z_2) = Z_1Z_2$ । ..... (৩.৪৪)

(৩.৪৩)নং সমীকরণ হতে (৩.৪৪)নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাওয়া যায়,

$$Z_{01}Z_{02} + Z_2 Z_{01} - Z_{02} (Z_1 + Z_2) = Z_1Z_2$$
$$-Z_{01}Z_{02} + Z_2 Z_{01} - Z_{02} (Z_1 + Z_2) = -Z_1Z_2$$

বা, $2Z_2Z_{01} - 2Z_{02} (Z_1 + Z_2) = 0$

বা, $2Z_2Z_{01} = 2Z_{02} (Z_1 + Z_2)$

বা, $Z_2Z_{01} = Z_{02} (Z_1 + Z_2)$

$\therefore \dfrac{Z_{01}}{Z_{02}} = \dfrac{Z_1 + Z_2}{Z_2}$ ..... (৩.৪৫)

(৩.৪৩)নং সমীকরণ এবং (৩.৪৪)নং সমীকরণদ্বয় যোগ করে পাওয়া যায়,

$$Z_{01}Z_{02} + Z_2 Z_{01} - Z_{02} (Z_1 + Z_2) = Z_1Z_2$$
$$Z_{01}Z_{02} - Z_2Z_{01} + Z_{02} (Z_1 + Z_2) = Z_1Z_2$$

বা, $2Z_{01}Z_{02} = 2Z_1Z_2$

বা, $Z_{01}Z_{02} = Z_1Z_2$ ..... (৩.৪৬)

(৩.৪৫) এবং (৩.৪৬)নং সমীকরণদ্বয় গুণ করে পাওয়া যায়,

$\dfrac{Z_{01}}{Z_{02}} \times Z_{01} Z_{02} = \dfrac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \times Z_1Z_2$

বা, $Z_{01}^2 = Z_1^2 + Z_1Z_2$

$\therefore Z_{01} = \sqrt{Z_1^2 + Z_1 Z_2}$ ..... (৩.৪৭)

(৩.৪৬)নং সমীকরণকে (৩.৪৫)নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{Z_{01}Z_{02}}{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} = \frac{Z_1Z_2}{\frac{Z_1+Z_2}{Z_2}}$$

বা, $Z_{02}^2 = \frac{Z_1Z_2^2}{Z_1+Z_2}$

বা, $Z_{02}^2 = \frac{Z_1 . Z_1Z_2^2}{Z_1(Z_1+Z_2)}$

$$= \frac{Z_1^2Z_2^2}{Z_1^2+Z_1Z_2}$$

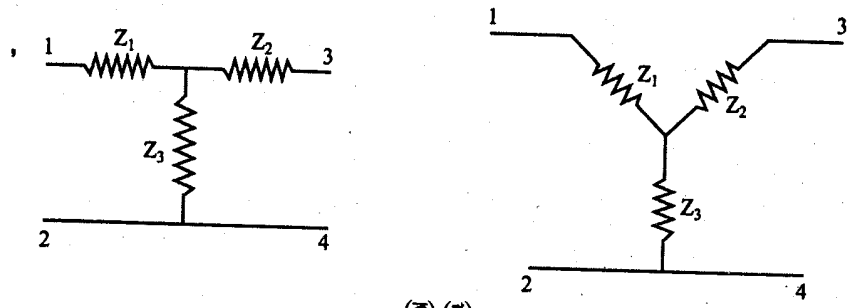
$$\therefore Z_{02} = \sqrt{\frac{Z_1^2Z_2^2}{Z_1^2+Z_1Z_2}}$$

$$\therefore Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{Z_1^2+Z_1Z_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৩.৪৮)$$

(৩.৪৭) এবং (৩.৪৮) নং সমীকরণদ্বয় L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

৩.৮ T নেটওয়ার্কে স্টার এবং π নেটওয়ার্ককে মেশে রূপান্তর (Drawing of the T as a star and π as a mesh network) ঃ

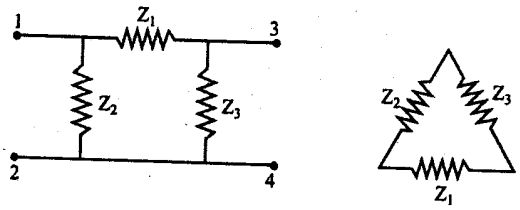
একটা T নেটওয়ার্ককে সহজে স্টার নেটওয়ার্ক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। স্টার নেটওয়ার্ক বলতে এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক বুঝায়, যে নেটওয়ার্কে সকল শাখার এক প্রান্ত একটি বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে এবং অপর প্রান্ত টার্মিনাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের নেটওয়ার্ক দেখতে স্টার বা তারকার ন্যায়, তাই এরূপ নামকরণ করা হয়। ৩.১৬ (ক) নং চিত্রে T নেটওয়ার্ক এবং ৩.১৬ (খ) নং চিত্রে T এর সমতুল্য স্টার নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৩.১৬ (ক) T নেটওয়ার্ক এবং (খ) T এর সমতুল্য স্টার নেটওয়ার্ক

একটা π নেটওয়ার্ককে সহজেই মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্কে রূপান্তর করা যায়। মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্ক বলতে এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক বুঝায়, যে নেটওয়ার্কে তিনটি শাখার প্রত্যেকটির এক প্রান্তের সাথে অন্য শাখার অপর প্রান্ত সংযোগ করা হয় এবং সংযোগ বিন্দু টার্মিনাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের নেটওয়ার্ক দেখতে মেশ বা ডেল্টার ন্যায়, এজন্য এরূপ নামকরণ করা হয়েছে। ৩.১৭ (ক) নং চিত্রে একটা π নেটওয়ার্ক এবং ৩.১৭ (খ) নং চিত্রে মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।



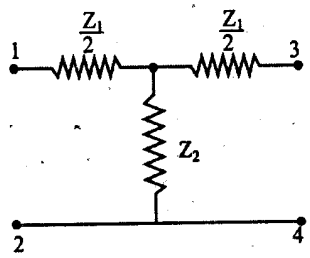
(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৩.১৭ (ক) π নেটওয়ার্ক এবং (খ) π নেটওয়ার্কের সমতুল্য মেশ নেটওয়ার্ক

● **গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ঃ**

উদাহরণ-১। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 200Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 150Ω হলে, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি), ১০(পরি)]

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ৩.১৮

দেওয়া আছে,

$Z_1 = 200\Omega$

$Z_2 = 150\Omega$

আমরা জানি,

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} = \sqrt{\frac{(200)^2}{4} + 200 \times 150}$$

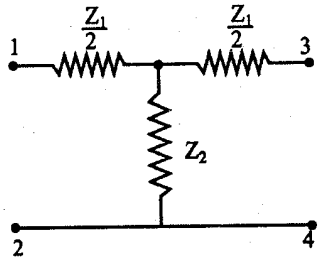
$$= \sqrt{10000 + 30000} = \sqrt{40000}$$

$$= 200\Omega \text{ ।}$$

নির্ণেয় ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স = 200Ω ।

উদাহরণ-২। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 100Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50Ω। নির্ণয় কর ঃ (i) ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স, (ii) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স এবং (iii) ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১১, ২০১৪]

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ৩.১৯

দেওয়া আছে,

$Z_1 = 100\Omega$

$Z_2 = 50\Omega$

(i) ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2 = \frac{100}{2} + 50 = 50 + 50 = 100\ \Omega$$

(ii) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{SC} = \frac{Z_1}{2} + \frac{\frac{Z_1Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2} = 50 + \frac{\frac{100 \times 50}{2}}{\frac{100}{2} + 50} + 50 = 50 + \frac{2500}{100}$$

$$= 50 + 25 = 75\ \Omega \text{ ।}$$

(iii) ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OT} = \sqrt{Z_{OC}\,Z_{SC}} = \sqrt{100 \times 75} = \sqrt{7500} = 86.6\ \Omega.$$

নির্ণেয় $Z_{OC} = 100\ \Omega$, $Z_{SC} = 75\ \Omega$ এবং $Z_{OT} = 86.6\ \Omega$ ।

উদাহরণ-৩। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 500\Omega$ এবং $Z_{SC} = 320\Omega$ হলে Z_1 ও Z_2-এর মান নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-০৯]

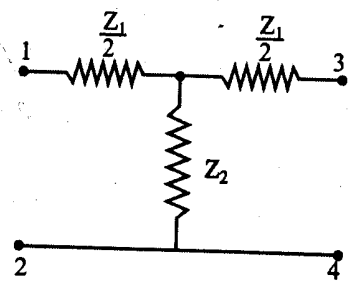
সমাধান : আমরা জানি, $Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2$

এবং $$Z_{SC} = \frac{Z_1}{2} + \frac{\frac{Z_1 Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2}$$

বা, $$\frac{Z_1}{2} + Z_2 = 500 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১)$$

এবং $$\frac{Z_1}{2} + \frac{\frac{Z_1 Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2} = 320 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (২)$$

(১) নং হতে পাই, $\frac{Z_1}{2} = (500 - Z_2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৩)$



চিত্র ঃ ৩.২০

(৩) নং সমীকরণের মান (২) নং সমীকরণ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$500 - Z_2 + \frac{(500 - Z_2) Z_2}{500 - Z_2 + Z_2} = 320$$

বা, $$500 - Z_2 + \frac{500Z_2 - Z_2^2}{500} = 320$$

বা, $$(500)^2 - 500Z_2 + 500Z_2 - Z_2^2 = 320 \times 500$$

বা, $$Z_2^2 = (500)^2 - (320 \times 500) = 90000$$

$$\therefore Z_2 = \sqrt{90000} = 300\ \Omega\ ।$$

সুতরাং $\frac{Z_1}{2} = (500 - 300) = 200$

$$\therefore = 2 \times 200$$

$$= 400\ \Omega\ ।$$

নির্ণেয় $Z_1 = 400\ \Omega$ এবং $Z_2 = 300\ \Omega$।

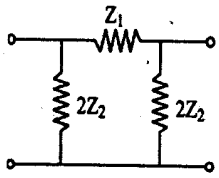
উদাহরণ-৪ । একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের সিরিজ ইম্পিড্যান্স 300Ω এবং শান্ট বাহুর প্রত্যেকটির ইম্পিড্যান্স 600Ω । নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর । [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৭. ২০০৮, ২০০৯]

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,

$Z_1 = 300\ \Omega$

$Z_2 = 300\ \Omega$



চিত্র ঃ ৩.২১

ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}}$$

$$= \frac{300 \times 300}{\sqrt{\frac{(300)^2}{4} + 300 \times 300}}$$

$$= 268.33\ \Omega$$

নির্ণেয় $Z_{O\pi} = 268.33\ \Omega$ ।

উদাহরণ-৫ । একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 375\ \Omega$ এবং $Z_{SC} = 240\Omega$ । [বাকাশিবো-২০০০]

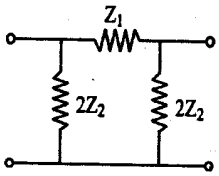
নির্ণয় কর ঃ (i) Z_1, (ii) Z_2 এবং (iii) $Z_{O\pi}$ ।

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,

$Z_{OC} = 375\ \Omega$

$Z_{SC} = 240\ \Omega$



চিত্র ঃ ৩.২২

আমরা জানি,

$$Z_{OC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{2Z_2 + Z_1 + 2Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (১)$$

এবং $$Z_{SC} = \frac{2Z_1 Z_2}{2Z_2 + Z_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (২)$$

(১) নং এবং (২) নং সমীকরণ সমাধান করে পাওয়া যায়,

(i) $$Z_1 = Z_{SC}\sqrt{\frac{Z_{OC}}{Z_{OC} - Z_{SC}}}$$

$$= 240 \times \sqrt{\frac{375}{375\text{-}240}}$$

$$= 400\ \Omega$$

এবং (ii) $$2Z_2 = \frac{Z_{SC}}{1 - \sqrt{1 - \frac{Z_{SC}}{Z_{OC}}}} = \frac{240}{1 - \sqrt{\frac{240}{375}}}$$

$$= 600\ \Omega \qquad \therefore Z_2 = \frac{600}{2} = 300\Omega$$

(iii) আমরা জানি,

$$Z_{O\pi} = \sqrt{Z_{OC} \cdot Z_{SC}} = \sqrt{375 \times 240}$$

$$= 300\ \Omega$$

নির্ণেয় $Z_1 = 400\ \Omega$, $Z_2 = 300\ \Omega$ এবং $Z_{O\pi} = 300\ \Omega$ ।

উদাহরণ-৬। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ও শান্ট ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে 200Ω ও 100Ω হলে Z_{OC}, Z_{SC}, Z_{OT} নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

সমাধান ঃ

দেয়া আছে,

$Z_1 = 200\Omega$

$Z_2 = 100\Omega$

আমরা জানি,

ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2 = \frac{200}{2} + 100$$

$= 200\ \Omega$ **(উত্তর)**

আবার, শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স

$$Z_{SC} = \frac{Z_1}{2} + \frac{\frac{Z_1Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2} = \frac{200}{2} + \frac{\frac{200 \times 100}{2}}{\frac{200}{2} + 100}$$

$= (100 + 50)\Omega$

$= 150\Omega$ **(উত্তর)।**

এবং ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স

$$Z_{OT} = \sqrt{Z_{OC}Z_{SC}} = \sqrt{200 \times 150}$$

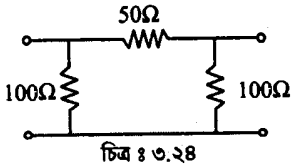
$= 173.205\Omega$ **(উত্তর)।**

উদাহরণ-৭। একটি T-section এর $Z_{OC} = 100\Omega$ এবং $Z_{SC} = 75\Omega$ হলে Z_{OT} কত হবে? [বাকাশিবো-২০০২]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$$Z_{OT} = \sqrt{Z_{OC}Z_{SC}}$$
$$= \sqrt{100 \times 75}$$
$$= \sqrt{7500}$$
$$= \sqrt{2500 \times 3}$$
$$= \sqrt{(50)^2 \times 3}$$
$$= 50\sqrt{3}\Omega \text{ (Ans.)}$$

উদাহরণ-৮। নিচের বর্তনীর $Z_{O\pi}$ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯]



চিত্র ঃ ৩.২৪

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 50\Omega$

$2Z_2 = 100\Omega$

$\therefore Z_2 = 50\Omega$

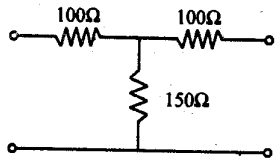
$$\therefore Z_{O\pi} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

$$= \frac{50 \times 50}{\sqrt{\frac{50^2}{4} + (50 \times 50)}}$$

$$= 20\sqrt{5}\ \Omega$$

নির্ণেয় $Z_{O\pi} = 20\sqrt{5}\ \Omega$

উদাহরণ-৯। নিচের নেটওয়ার্কের Z_{OT} নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯]



চিত্র ঃ ৩.২৫

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$\frac{Z_1}{2} = 100\Omega$

$\therefore Z_1 = 200\Omega$

এবং $Z_2 = 150\Omega$

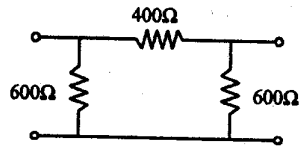
$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$= \sqrt{\frac{200^2}{4} + (200 \times 150)}$$

$$= 200\Omega$$

নির্ণেয় $Z_{OT} = 200\Omega$

উদাহরণ-১০। নিচের বর্তনীর ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর ঃ [বাকাশিবো-২০১৩ (পরি), ২০০৭]



চিত্র ঃ ৩.২৬

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 400\Omega$

এবং $2Z_2 = 600\Omega$

$\therefore Z_2 = 300\Omega$

$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

$$= \frac{400 \times 300}{\sqrt{\frac{400^2}{4} + (400 \times 300)}} = 300\Omega$$

নির্ণেয় $Z_{O\pi} = 300\Omega$

উদাহরণ-১১। একটি Symmetrical T-network এর Z_{OC} = 900Ω এবং Z_{SC} = 600Ω হলে এর Series ও Shunt Impedance নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_{OC} = 900\Omega$

এবং $Z_{SC} = 600\Omega$

আমরা জানি,

$$Z_{OC} = \frac{Z_1}{2} + Z_2$$

বা, $900 = \frac{Z_1}{2} + Z_2$

বা, $\frac{Z_1}{2} = 900 - Z_2$

এবং $Z_{SC} = \frac{Z_1}{2} + \frac{\frac{Z_1 Z_2}{2}}{\frac{Z_1}{2} + Z_2}$

$$600 = (900 - Z_2) + \frac{(900 - Z_2)\, Z_2}{(900 - Z_2) + Z_2}$$

বা, $Z^2{}_2 = (900)^2 - (900 \times 600) = 270000$

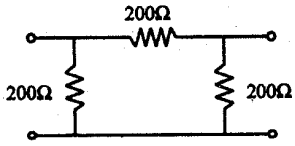
$\therefore Z_2 = 519.6\Omega$

এবং $\frac{Z_1}{2} = 900 - 519.6$

$\therefore Z_1 = 760.8\Omega$

$\therefore$ নির্ণেয় $Z_1 = 760.8\Omega$ এবং $Z_2 = 519.6\Omega$

উদাহরণ-১২। নিচের Network-টির Characteristics impedance-এর মান বের কর। [বাকাশিবো-২০০৮]



চিত্র ঃ ৩.২৭

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 200\Omega$

এবং $2Z_2 = 200\Omega$

$\therefore Z_2 = 100\Omega$

আমরা জানি,

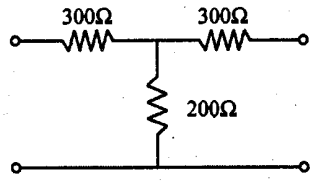
$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}}$$

$$= \frac{200 \times 100}{\sqrt{\frac{200^2}{4} + (200 \times 100)}}$$

$= 115.47\Omega$

নির্ণেয় $Z_{O\pi} = 115.47\Omega$

উদাহরণ-১৩। নিচের নেটওয়ার্ক থেকে Z_{OT} বের কর। [বাকাশিবো-২০০৮]



চিত্র ঃ ৩.২৮

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 600\Omega$

এবং $Z_2 = 200\Omega$

$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$= \sqrt{\frac{600^2}{4} + (600 \times 200)}$$

$$= 458.25\Omega$$

নির্ণেয় $Z_{OT} = 458.25\Omega$

উদাহরণ-১৪। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 100Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50Ω হলে ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_{OT} নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_1 = 100\Omega$

$Z_2 = 50\Omega$

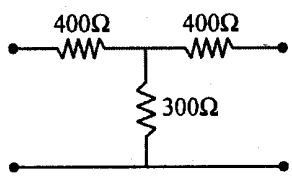
$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$= \sqrt{\frac{100^2}{4} + (100 \times 50)}$$

$$= 50\sqrt{3}\Omega$$

নির্ণেয় $Z_{OT} = 50\sqrt{3}\Omega$

উদাহরণ-১৫। চিত্রে প্রদর্শিত নেটওয়ার্কটির Z_0 এবং Z_i নির্ণয় কর ঃ



সমাধান ঃ

আমরা জানি,

সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক $Z_0 = Z_i$

$$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$= \sqrt{\frac{(800)^2}{4} + 800 \times 300}$$

$\therefore Z_0 = 632.45\Omega$ **(উত্তর)**

দেয়া আছে,

$$\frac{Z_1}{Z} = 400\Omega$$

$\therefore Z_1 = 800\Omega$

$Z_2 = 300\Omega$

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। সিমেট্রিক্যাল T সেকশন এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, T সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ $Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$

২। সিমেট্রিক্যাল π সেকশন এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$

৩। সিমেট্রিক্যাল T সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ শর্ট সার্কিট ও ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স এর মাধ্যমে লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{OT} = \sqrt{Z_{OC} \cdot Z_{SC}}$

৪। সিমেট্রিক্যাল π সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ, শর্ট সার্কিট ও ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স এর মাধ্যমে প্রকাশ কর।

উত্তর ঃ $Z_{O\pi} = \sqrt{Z_{OC} \cdot Z_{SC}}$.

৫। সিমেট্রিক্যাল T সেকশনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট সমীকরণটি উল্লেখ কর।
অথবা, T-section এর Propagation constant নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ। [বাকাশিবো-২০১১, ২০০৮]

উত্তর ঃ $\gamma = \log_e\left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_2}\right)^2 + \frac{Z_1}{Z_2}}\right]$

৬। সিমেট্রিক্যাল π সেকশনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট সমীকরণটি উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, π সেকশনের নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের সূত্র লেখ।

উত্তর ঃ $\gamma = \text{Log}_e\left[1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_2}\right)^2 + \frac{Z_1}{Z_2}}\right]$

৭। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{01}' = \frac{Z_1}{4} \pm \sqrt{\frac{Z_1^2}{16} + Z_1Z_2}$

এবং $Z_{02}' = \frac{Z_1}{4} \pm \sqrt{\frac{Z_1^2}{16} + Z_1Z_2}$

৮। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{01} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$

এবং $Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$

৯। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{01}' = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} + \frac{Z_1}{2}$

$Z_{02}' = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} - \frac{Z_1}{2}$

১০। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর ঃ $Z_{01} = \sqrt{Z_1^2 + Z_1Z_2}$

এবং $Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{Z_1^2 + Z_1Z_2}}$

১১। Image impedance কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ যে-কোন অ্যাসিমেট্রিকক্যাল নেটওয়ার্কের ন্যায় অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কেও দু'টি ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়। যেকোন একটিকে উপযুক্ত প্রান্তের সাথে যুক্ত করে অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে দ্বিতীয় ইম্পিড্যান্সের সমান ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে। তাকে Image impedance বলে।

১২। একটি T নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 250\Omega$ এবং $Z_{SC} = 125\Omega$ হলে Z_{OT} কত হবে?

উত্তর ঃ $Z_{OT} = 176.77\Omega$

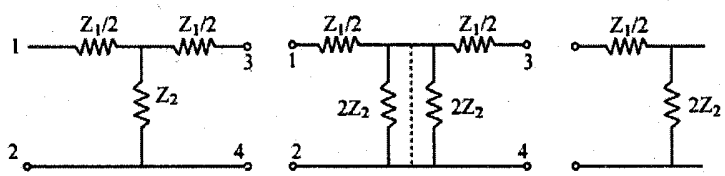
১৩। T ও π নেটওয়ার্ক কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ T নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে সিরিজ ইম্পিড্যান্সকে সমান দুই ভাগে ভাগ করে শান্ট ইম্পিড্যান্সের উভয় পাশে যুক্ত করা হয়। অপরদিকে, π নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে শান্ট ইম্পিড্যান্সকে সমান দুই ভাগে বিভক্ত করে সিরিজ ইম্পিড্যান্সের উভয় দিকে সংযুক্ত করা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০]

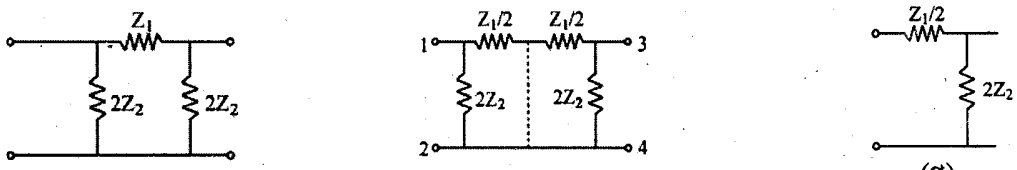
উত্তর ঃ



(ক) (খ) (গ)

২। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০, ২০১৪]

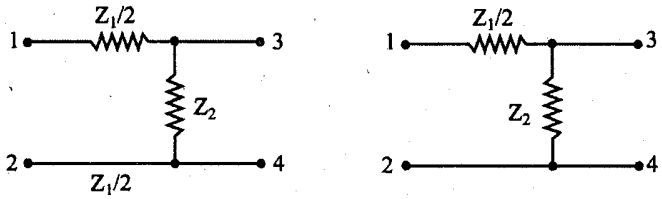
উত্তর ঃ



(ক) (খ) (গ)

৩। ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ একটা L সেকশন নেটওয়ার্ক অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের অনুরূপ, এ ধরনের নেটওয়ার্ককে একটা সিরিজ বাহু Z_1 এবং একটা শান্ট বাহু Z_2 দ্বারা গঠন করা হয়।

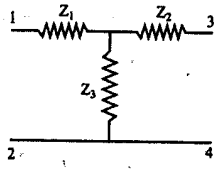


(ক) ব্যালান্সড (খ) আনব্যালান্সড

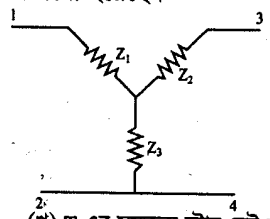
মূলত ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড L সেকশন নেটওয়ার্ক প্রায় একই ধরনের, শুধু পার্থক্য এই যে, ব্যালান্সড নেটওয়ার্কে সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 কে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে একটাকে উপরের বাহুতে এবং অপরটাকে নিচের বাহুতে সংযোগ করা হয়, যা (ক) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

৪। T নেটওয়ার্ককে স্টার নেটওয়ার্কে রূপান্তর কর।

উত্তর : একটা T নেটওয়ার্ককে সহজে স্টার নেটওয়ার্ক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। স্টার নেটওয়ার্ক বলতে এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক বুঝায়, যে নেটওয়ার্কে সকল শাখার এক প্রান্ত একটি বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে এবং অপর প্রান্ত টার্মিনাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের নেটওয়ার্ক দেখতে স্টার বা তারকার ন্যায়, তাই এরূপ নামকরণ করা হয়। (ক) নং চিত্রে T নেটওয়ার্ক এবং (খ) নং চিত্রে T এর সমতুল্য স্টার নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।



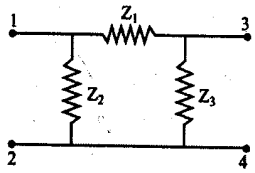
(ক) T নেটওয়ার্ক



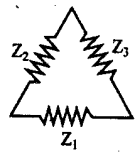
(খ) T-এর সমতুল্য স্টার নেটওয়ার্ক

৫। π নেটওয়ার্ককে মেশ নেটওয়ার্কে রূপান্তর কর।

উত্তর : একটা π নেটওয়ার্ককে সহজেই মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্কে রূপান্তর করা যায়। মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্ক বলতে এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক বুঝায়, যে নেটওয়ার্কে তিনটি শাখার প্রত্যেকটির এক প্রান্তের সাথে অন্য শাখার অপর প্রান্ত সংযোগ করা হয় এবং সংযোগ বিন্দু টার্মিনাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের নেটওয়ার্ক দেখতে মেশ বা ডেল্টার ন্যায়, এজন্য এরূপ নামকরণ করা হয়েছে। (ক) নং চিত্রে একটা π নেটওয়ার্ক এবং (খ) নং চিত্রে মেশ বা ডেল্টা নেটওয়ার্ক দেখানো হয়েছে।



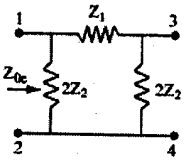
(ক) π নেটওয়ার্ক

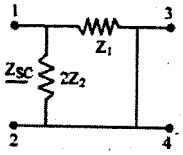


(খ) π নেটওয়ার্কের সমতুল্য মেশ নেটওয়ার্ক

৬। Symmetrical π (Pie) Network-এর open circuit ও short circuit impedance এর মান বের কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর : (ক) নং চিত্রে π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স এবং (খ) নং চিত্রে π সেকশন নেটওয়ার্কের শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স পরিমাপ পদ্ধতি দেখানো হয়েছে।





ধরি, Z_1 = সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স,

Z_{OC} = ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

Z_{SC} = শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স।

(ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{2Z_2 + Z_1 + 2Z_2} = \frac{2Z_1Z_2 + 4Z_2^2}{Z_1 + 4Z_2}$$

$$Z_{OC} = \frac{2Z_2(Z_1 + 2Z_2)}{Z_1 + 4Z_2}$$

(খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

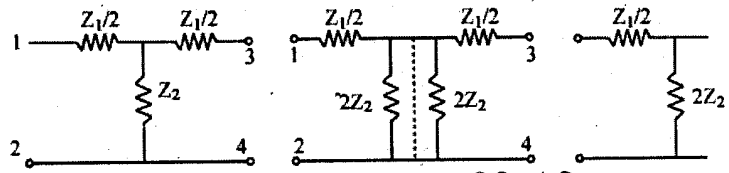
শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{SC} = \frac{2Z_2Z_1}{2Z_2 + Z_1}$$

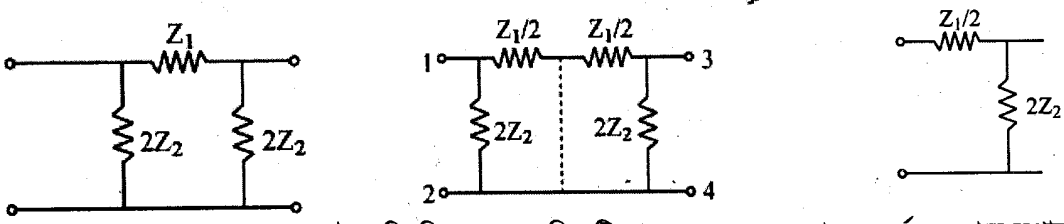
$$Z_{SC} = \frac{2Z_1Z_2}{Z_1 + 2Z_2}$$

৭। **দেখাও যে, একটি T-section হতে প্রাপ্ত এবং π-section হতে প্রাপ্ত Half-section network একই।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ একটি সিমট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ককে অর্ধ-সেকশনে বিভক্ত করার জন্য প্যারালাল শাখাকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করতে হবে। অর্থাৎ Z_2 এর পরিবর্তে দুটি $2Z_2$ ইম্পিড্যান্স প্যারালালে যুক্ত হবে। নিচের চিত্রে T সেকশনকে অর্ধ-সেকশনে রূপান্তর করে দেখানো হল ঃ



একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত করার জন্য সিরিজ ইম্পিড্যান্সকে সমান দুইভাগে বিভক্ত করা হয়। অর্থাৎ প্রতিটির ইম্পিড্যান্স হবে $\frac{Z_1}{2}$। নিচে এটি দেখানো হল ঃ

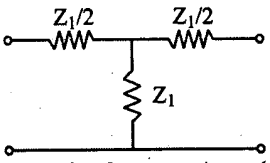


সুতরাং উপরের আলোচনা থেকে এটা পরিলক্ষিত হয় যে, সিমেট্রিক্যাল T এবং π সেকশনকে অর্ধ-সেকশনে রূপান্তর করা হলে উভয়ক্ষেত্রে একই ধরনের অর্ধ-সেকশন পাওয়া যায়।

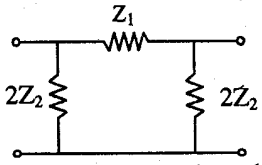
৮। **একটি Symmetrical T এবং π নেটওয়ার্ক অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, T ও π Network অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ নিচে Symmetrical T এবং π নেটওয়ার্কের চিত্র অঙ্কন করা হল ঃ



চিত্র ঃ সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ক



চিত্র ঃ সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০০, ২০০২]

অথবা, T নেটওয়ার্কের Z_O নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ ৩.১.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π section network এর ক্ষেত্রে প্রমাণ করে যে, $Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_{OT}}$, যেখানে Z_1 ও Z_2 প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, একটি সিমেন্টিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ উল্লেখপূর্বক বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Symmetrical π-Section network-এর Characteristics impedence নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৩.১.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, একটি T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: ৩.২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। সিমেট্রিক্যাল π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৮]

অথবা, Symmetrical π-section network এর Open ও Short circuit impedance নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো- ২০১০(পরি)]

অথবা, π-সেকশন নেটওয়ার্ক-এর ওপেন শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: ৩.২.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল T-নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত: ৩.৩.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭, ২০০৮]

উত্তর সংকেত: ৩.৩.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: ৩.৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, দেখাও যে, একটি Half-section Network-এর এক পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় Z_{OT} হলে অন্য পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় $Z_{O\pi}$ এর সমান হয়। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: ৩.৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে Z_{OT} ও $Z_{O\pi}$ নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: ৩.৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১০। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: ৩.৭.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১১। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: ৩.৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১২। T এবং π-network এর Propagation Constant নির্ণেয় সূত্র প্রথিষ্ঠা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: ৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৪

রেজোন্যান্স সার্কিট (Resonance Circuit)

৪.১ রেজোন্যান্স সার্কিট এর সংজ্ঞা (Definitions of resonance circuit) ঃ

কমপক্ষে একটি ইন্ডাকটর এবং একটি ক্যাপাসিটরের সমন্বয়ে গঠিত এ.সি. সার্কিটের বিশেষ অবস্থাকে রেজোন্যান্স বলে। এ বিশেষ অবস্থায় সার্কিটের কারেন্ট এবং ভোল্টেজ ইনফেজে থাকে এবং সার্কিটের কারেন্ট বা ভোল্টেজ সর্বোচ্চ সীমায় পৌছে। যেমন, সিরিজ সার্কিটে যখন রেজোন্যান্স সংঘটিত হয় তখন কারেন্ট সর্বোচ্চ সীমায় পৌছে। তবে প্যারালাল সার্কিটে রেজোন্যান্স সংঘটিত হলে ভোল্টেজ সর্বোচ্চ সীমায় পৌছে। যেহেতু সার্কিটের রেজোন্যান্স অবস্থায় ভোল্টেজ এবং কারেন্ট ইনফেজে থাকে, সেহেতু সার্কিটটি বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয়। রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টরও একক হয়। রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের ইম্পিডেন্স Z বা অ্যাডমিট্যান্স Y এর কাল্পনিক উপাংশ শূন্য হয়। উদাহরণস্বরূপ–

(ক) যদি $Z = R + jX$ এবং $Y = G + jB$, তাহলে রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X = 0$ এবং $B = 0$

(খ) রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের ইম্পিডেন্স এবং অ্যাডমিট্যান্সের কোণ শূন্য হয়।

অর্থাৎ, ইম্পিড্যান্স $= Z\angle\theta$ এবং অ্যাডমিট্যান্স $= Y\angle\phi$

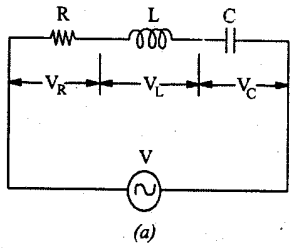
৪.২ রেজোন্যান্স সার্কিট এর প্রকারভেদ (The types of resonance circuit) ঃ

এসি সার্কিটে যখন ইন্ডাকটিভ রিয়াকট্যান্স (X_L) এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়াকট্যান্স (X_C) সমান হয়, তখন উক্ত সার্কিটটিকে রেজোন্যান্ট সার্কিট বলে। অর্থাৎ, রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X_2 = X_C$. এ রেজোন্যান্স সার্কিটকে দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যথা– ১। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট এবং ২। প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট।

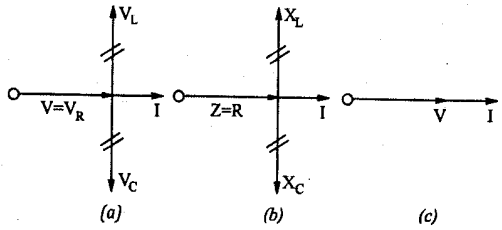
৪.৩ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা (Analyze series and parallel resonance circuit) ঃ

৪.৩.১ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা (Analyze series resonance circuit) ঃ

A/C series ckt এ যখন ইন্ডাক্টিভ রেজোন্যান্স (X_L) এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়াক্ট্যান্স (X_C) সমান হয় তখন সার্কিটের ঐ অবস্থাকে সিরিজ রেজোন্যান্স বলে। আর উক্ত সার্কিটটিকে সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট বলে।



চিত্র ঃ ৪.১ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট



চিত্র ঃ ৪.২ সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X_L = X_C$

বা, $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$

বা, $f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$

$\therefore$ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

ckt এর মোট Impedance, $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$

রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X_L = X_C$

$\therefore Z^2 = R^2$

অর্থাৎ, $Z = R$

ckt এর Power Factor, p. f $= \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R}$

বা, $\cos\theta = 1$

বা, $\theta = \cos^{-1}(1)$

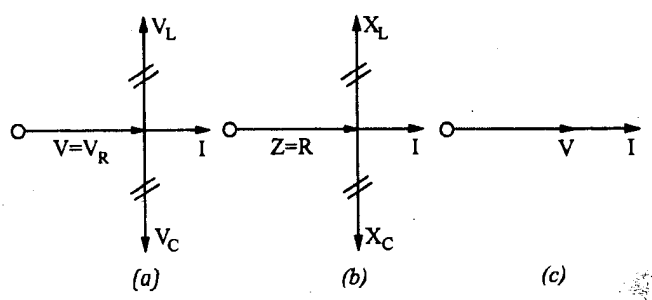
$\therefore \theta = 0°$

অর্থাৎ Resonance এর সময় Current এবং Voltage এর মধ্যকার Phase কোণ শূন্য এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর unity হয়।

রেজোন্যান্স অবস্থায় কারেন্ট, $I = \frac{V}{R}$।

৪.৩.২ প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট এর ব্যাখ্যা (Analyze parallel resonance circuit) ঃ

যখন একটি এসি প্যারালাল সার্কিটের লাইন কারেন্টের রিয়্যাক্টিভ উপাদান শূন্য হয়, তখন এই অবস্থাকে এসি প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স অবস্থা বলে। অর্থাৎ রেজোন্যান্স অবস্থায় এসি প্যারালাল সার্কিটের সকল শাখার কারেন্টসমূহের রিয়্যাক্টিভ উপাদানগুলোর যোগফল শূন্য হয়।



চিত্র ঃ ৪.৩

চিত্রে একটি কয়েল এবং একটি ক্যাপাসিটরের সমন্বয়ে গঠিত প্যারালাল সার্কিট এবং এর ভেক্টর ডায়াগ্রাম দেখানো হয়েছে।

সার্কিটের মোট রিয়্যাক্টিভ কম্পোন্যান্ট,

$= I_C - I_L \sin\phi_L$

রেজোন্যান্স অবস্থায় এর মান শূন্য হবে।

অর্থাৎ, $I_C - I_L \sin\phi_L = 0$

বা, $I_L \sin\phi_L = I_C$

এখন, $I_L = \frac{V}{Z_L}$; $\sin\phi_L = \frac{X_L}{Z_L}$ এবং $I_C = \frac{V}{X_C}$

সুতরাং রেজোন্যান্স অবস্থায় আমরা পাই,

$$\frac{V}{Z_L} \times \frac{X_L}{Z_L} = \frac{V}{X_C}$$

বা, $X_L \times X_C = Z_L^2$

বা, $\frac{\omega L}{\omega C} = Z_L^2$

বা, $\frac{L}{C} = Z_L^2$

বা, $\frac{L}{C} = R^2 + X_L^2 = R^2 + (2\pi f_0 L)^2$

বা, $(2\pi f_0 L)^2 = \frac{L}{C} - R^2$

বা, $2\pi f_0, = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$

$\therefore\ f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$

এটি হল উক্ত প্যারালাল সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির সমীকরণ। যদি R-এর মান খুব ছোট হয় তবে তাকে উপেক্ষা করে পাই,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

রেজোন্যান্স অবস্থায় কারেন্ট,

$I = I_L \cos\phi_L$

$= \frac{V}{Z_L} \cdot \frac{R}{Z_L} = \frac{VR}{Z_L^2} = \frac{VR}{L/C} = \frac{V}{L/RC}$

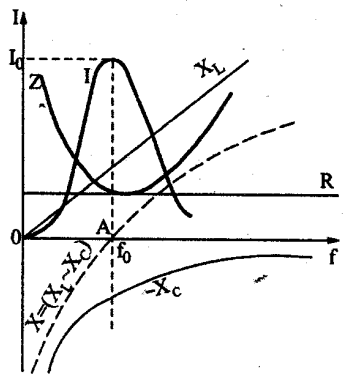
৪.৩.৩ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের পার্থক্য (Comparison of series and parallel resonance circuits) ঃ

নিম্নে সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিটের মধ্যে পার্থক্য দেখানো হল ঃ

উপাদান	সিরিজ সার্কিট (R–L–C)	প্যারালাল সার্কিট ((R–L এবং C)
রেজোন্যান্স অবস্থায় ইম্পিড্যান্স	সর্বনিম্ন	সর্বোচ্চ
রেজোন্যান্স অবস্থায় কারেন্ট	সর্বোচ্চ, $I = \frac{V}{R}$	সর্বনিম্ন, $I = \frac{V}{L/CR}$
রেজোন্যান্স অবস্থায় পাওয়ার ফ্যাক্টর	একক	একক
ইফেক্টিভ ইম্পিড্যান্স	R	L/CR
রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$

৪.৪ সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্সকে গ্রাফচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা (Explain graphical representation of series and parallel resonance) ঃ

৪.৪.১ সিরিজ রেজোন্যান্সের গ্রাফচিত্র (Graphical representation of series resonance) ঃ

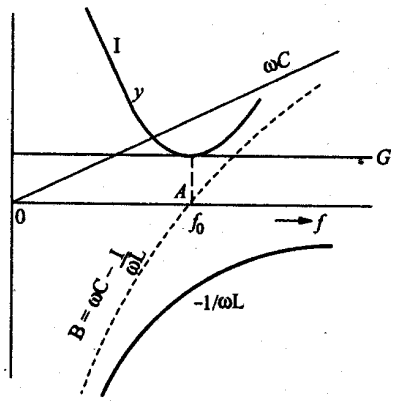


চিত্র ঃ ৪.৪ সিরিজ রেজোন্যান্স গ্রাফ

শূন্য ফ্রিকুয়েন্সিতে R–L–C সিরিজ সার্কিটের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাক্ট্যান্স শূন্য এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাক্ট্যান্স অসীম। সার্কিটের ইম্পিড্যান্স অসীম হওয়ায় কারেন্ট শূন্য হয়। এমন ফ্রিকুয়েন্সি ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে X_L বৃদ্ধি এবং X_C হ্রাস পেতে থাকবে। সুতরাং মোট রিয়্যাক্ট্যান্স $(X_L - X_C)$ কমতে থাকবে এবং কারেন্ট বাড়তে থাকবে, ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সাথে কারেন্টের এ বৃদ্ধি রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি পর্যন্ত চলবে। কারণ এ ফ্রিকুয়েন্সি পর্যন্ত X_L এর বৃদ্ধি এবং X_C এর হ্রাসের ফলে $(X_L - X_C)$ও হ্রাস পেতেই থাকে। তাই সার্কিটটি ক্যাপাসিটিভ হয় বিধায় সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হয়। রেজোন্যান্সের পরে ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সাথে $(X_L - X_C)$ বৃদ্ধি পেতে থাকে, সুতরাং পাওয়ার ফ্যাক্টর কমতে থাকে। এ অবস্থায় সার্কিটিটি ইন্ডাকটিভ হওয়ায় পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং হয়।

৪.৪.২ প্যারালাল রেজোন্যান্সের গ্রাফ চিত্র (Graphical representation of parallel resonance) ঃ

নিম্নের চিত্রে সাসসেপট্যান্সের উপর ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তনের প্রভাব দেখানো হয়েছে।



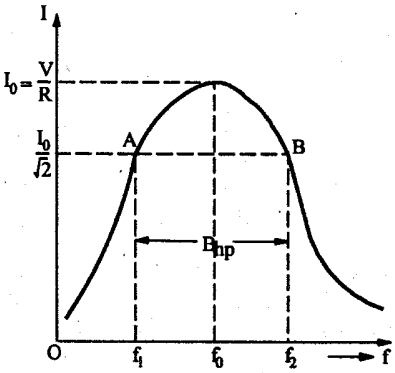
চিত্র ঃ ৪.৫

ফ্রিকুয়েন্সির মান কম থাকা অবস্থায় ইন্ডাকটিভ সাসসেপট্যান্স বেশি এবং ক্যাপাসিটিভ সাসসেপট্যান্সের পরিমাণ কম থাকে। যখন ফ্রিকুয়েন্সির মান বৃদ্ধি পেতে থাকে তখন ইন্ডাকটিভ সাসসেপট্যান্সের মান কমতে থাকে এবং ক্যাপাসিটিভ সাসসেপট্যান্সের মান বাড়তে থাকে এবং রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিতে রেজাল্ট্যান্ট সাসসেপট্যান্সের মান শূন্য হয়। এ অবস্থায় সার্কিটের অ্যাডমিট্যান্সের মান কন্ডাকট্যান্সের মানের সমান হয়। অর্থাৎ, অ্যাডমিট্যান্সের মান সর্বনিম্ন হয় তথা ইম্পিড্যান্স সর্বোচ্চ হয়। ফলে সার্কিটে সর্বনিম্ন কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

৪.৫ হাফ পাওয়ার পয়েন্ট, ৩-ডিবি পয়েন্ট, রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, আপার এবং লোয়ার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি এর ব্যাখ্যা (Explain half power point, 3-dB point resonance frequency, upper and lower cut off frequency) ঃ

হাফ পাওয়ার পয়েন্ট (Half power point) ঃ ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভের যে বিন্দুতে পাওয়ার, মিড ব্যান্ড পাওয়ারের অর্ধেক (Half) হয়, তাকে হাফ পাওয়ার পয়েন্ট বলে।

একটি এসি RLC সার্কিটের কারেন্ট, ফ্রিকুয়েন্সির সাথে পরিবর্তিত হয়। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কারেন্টে মান সর্বোচ্চ হয়। ধরি, রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিতে (f_0) কারেন্টের মান I_O।



চিত্র ঃ ৪.৬

হাফ পাওয়ার পয়েন্ট (A এবং B)-তে এর মান $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$

এখন সর্বোচ্চ পাওয়ার, $P_0 = I_0^2R$

A এবং B পয়েন্টে পাওয়ার, $P_1 = P_2 = \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)^2 R = \frac{I_0^2}{2}R$

$\therefore P_1 = P_2 = \frac{P_0}{2}$

অর্থাৎ, হাফ পাওয়ার পয়েন্টে পাওয়ার $= \frac{\text{সর্বোচ্চ পাওয়ার}}{2}$

৩-ডিবি পয়েন্ট (3-dB Point) ঃ মূলত হাফ পাওয়ার পয়েন্টই 3dB পয়েন্ট। অর্থাৎ যখন সর্বোচ্চ ভোল্টেজ গেইনের 70.7% কে ডেসিবেলে (dB) প্রকাশ করা হয়, তখন তাকে 3dB পয়েন্ট বলে।

$$20\log_{10}\frac{A_V}{A_{V_{mid}}} = 20\log_{10} 0.707 = -3\text{dB}$$

রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি (Resonance frequency) ঃ একটি সিরিজ এসি সার্কিটে ফ্রিকুয়েন্সি-এর যে মানের জন্য Inductive reactance এর সমান capacitive reactance এর মান সমান হয়, সেই ফ্রিকুয়েন্সিকে রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি (Resonant frequency) বলে। এর মান, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

প্রমাণ কর যে, $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

প্রমাণ ঃ রেজোন্যান্স অবস্থায়, $X_L = X_C$

বা, $2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$

বা, $(2\pi f_0 L) \times (2\pi f_0 C) = 1$

বা, $(2\pi)^2 f_0^2 LC = 1$

বা, $f_0^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$

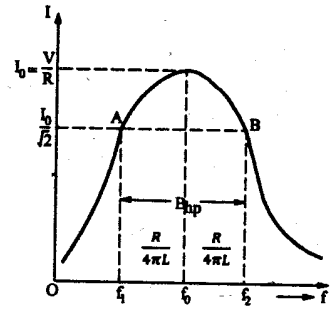
$\therefore f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

এখানে L হেনরিতে এবং C ফ্যারাডে প্রকাশ করা হয়। যদি C মাইক্রো-ফ্যারাডে প্রকাশ করা হয়, তবে সমীকরণটি হবে, $f_0 = \frac{10^6}{2\pi\sqrt{LC}}$

লোয়ার এবং আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (Upper and lower cut off frequency) ঃ

এসি সিরিজ সার্কিটের ব্যান্ড উইডথ ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে সর্বোচ্চ কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং এ সময় সার্কিটের ইম্পিডেন্স সর্বনিম্ন হয়। অথচ প্যারালাল সার্কিটের ক্ষেত্রে ব্যান্ড উইডথ সীমার মধ্যে ইম্পিডেন্স সর্বোচ্চ এবং কারেন্ট সর্বনিম্ন হয়। রেজোন্যান্স সংঘটিত হওয়ার পূর্বে এবং পরে যে দুটি ফ্রিকুয়েন্সিতে সিরিজ সার্কিটের ক্ষেত্রে কারেন্ট রেজোন্যান্স কারেন্টের $1/\sqrt{2}$ গুণ হয় অথবা প্যারালাল সার্কিটের ক্ষেত্রে ইম্পিডেন্স রেজোন্যান্স ইম্পিডেন্সের $1/\sqrt{2}$ গুণ হয়, তাদেরকে যথাক্রমে লোয়ার এবং আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

৪.৬. সার্কিট প্যারামিটার এর আপার এবং লোয়ার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি সমীকরণ ব্যাখ্যা (Derive the equation of upper and lower cut off frequency in terms of circuit parameter) ঃ



চিত্র ঃ ৪.৭ লোয়ার এবং আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি

একটি RLC সিরিজ সার্কিটে কারেন্ট ফ্রিকুয়েন্সির সাথে পরিবর্তিত হয়। চিত্র হতে এটা পরিষ্কার যে, f_1 এবং f_2 এর মধ্যবর্তী যে কোন ফ্রিকুয়েন্সিতে সার্কিট কারেন্ট সর্বোচ্চ কারেন্ট। f_1 এবং f_2 সর্বশেষ প্রান্ত ফ্রিকুয়েন্সি, যাতে কারেন্ট সর্বোচ্চ কারেন্টের ঠিক 70.7%। f_1 ফ্রিকুয়েন্সিকে (অর্থাৎ নিম্ন পার্শ্বে) লোয়ার কার্ট অফ ফ্রিকুয়েন্সি এবং f_2 ফ্রিকুয়েন্সিকে (উচ্চ পার্শ্বে) আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

সার্কিটে রেজোন্যান্স অবস্থায় কারেন্ট, $I_0 = \frac{V}{R}$

তাহলে, A এবং B বিন্দুতে কারেন্ট, $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V}{R}$

এবং যে-কোন ফ্রিকুয়েন্সিতে কারেন্ট, $I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$

$\therefore \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V}{R} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$

বা, $2R^2 = R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2$ [উভয় পক্ষে বর্গ করে]

বা, $R^2 = (\omega L - 1/\omega C)^2$ ..... (i)

$\therefore R = \omega L - 1/\omega C = X_L - X_C$

অর্থাৎ, হাফ পাওয়ার পয়েন্টে নেট রিয়্যাকট্যান্স রেজিস্ট্যান্সের সমান হয়।

(i) নং সমীকরণকে সমাধান করে পাই,

$$\omega = \pm \frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} + \frac{1}{LC}}$$

যেহেতু, $\frac{R^2}{4L^2} << \frac{1}{LC}$

$$\therefore \omega = \pm \frac{R}{2L} + \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

বা, $\omega = \pm \frac{R}{2L} \pm \omega_o$ $\left[\text{যেখানে, } \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right]$

যেহেতু, ω_O এর মান সর্বদা ধনাত্মক বিবেচনা করা হয়।

$$\therefore \omega = \omega_0 \pm \frac{R}{2L}$$

$\omega_1 = \omega_o + \frac{R}{2L}$ বা, $f_1 = f_0 + \frac{R}{4\pi L}$

এবং $\omega_2 = \omega_o$ বা, $f_1 = f_0 - \frac{R}{4\pi L}$

৪.৭ Q-ফ্যাক্টর এর ব্যাখ্যা (Explain Q-factor)

Q-ফ্যাক্টর ঃ সিরিজ Resonance এর সময় L অথবা C এর আড়াআড়িতে পটেনশিয়াল পার্থক্য প্রয়োগকৃত Voltage (V) এর চাইতে বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। Resonance এর কারণে সৃষ্ট Voltage বিবর্ধনকে Series Resonance ckt এর Q-Factor বলে। Q-এর অর্থ হল Quality অর্থাৎ Quality factor বলে।

৪.৮ Q-ফ্যাক্টর এর গাণিতিক সমীকরণ (The equation of Q-factor) ঃ

$$\text{Q-factor} = \frac{\text{L অথবা C-এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ}}{\text{সাপ্লাই ভোল্টেজ}} \text{[রেজোন্যান্স অবস্থায়]}$$

$$= \frac{V_{LO}}{V}$$

$$= \frac{I_0 X_{LO}}{I_0 R} \qquad \text{[যেহেতু, সর্বোচ্চ কারেন্ট, } I_0 = \frac{V}{R}\text{]}$$

$$= \frac{X_{LO}}{R} = \tan\phi \qquad \text{[যেখানে, } \phi = \text{পাওয়ার ফ্যাক্টর অ্যাঙ্গেল]}$$

$$= \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{\text{Energy stored}}{\text{Energy loss}} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

$$= \frac{2\pi L}{R} \times f_0 = \frac{2\pi L}{R} \times \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

আবার,

$$\text{Q-factor} = \frac{2\pi L f_0}{R} = \frac{f_0}{\frac{R}{2\pi L}} = \frac{f_0}{B_{hp}} = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

৪.৯ সমাধানকৃত সমস্যাবলি (Solved Problems) ঃ

উদাহরণ-১। একটি R-L-C সিরিজ Ckt এর R = 1000 Ω, L = 100 mH, C = 10pF ; Supply voltage 100 volt হয়। নির্ণয় কর ঃ (i) f_r (ii) Q-factor (iii) Half power point.

সমাধান ঃ (i) $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-12}}}$

$= 159.155$ kHz **(উত্তর)**

(ii) Q-factor $= \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{1000}\sqrt{\frac{100 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-12}}} = 100$ **(উত্তর)**

(iii) Half power point : $f_1 = f_0 - \frac{R}{4\pi L}$

$= 159155 - \frac{1000}{4\pi \times 100 \times 10^{-3}}$

$= 158.35$ kHz

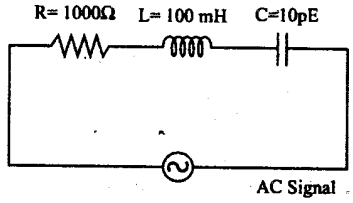
$f_2 = f_0 + \frac{R}{4\pi L}$

$= 159155 + \frac{1000}{4\pi \times 100} \; 10^{-3}$

$= 159.9$ kHz

উদাহরণ-২। একটি R–L–C Series Ckt এ R = 1000 Ω, L = 100 mH, C = 10pF, Supply Voltage 100 volt হলে নির্ণয় কর f_O, Q_O এবং Angular half power point.

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ ৪.৮

(i) $f_0 = \frac{1}{2p\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100\times10^{-3}\times10\times10^{-12}}}$

$= 159.154$ Hz (উত্তর)

(ii) $Q_0 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{1000}\sqrt{\frac{100\times10^{-3}}{10\times10^{-12}}} = 100$ (উত্তর)

Half power point

$\omega_1 = \omega_0\left(1-\frac{1}{2Q_0}\right) = 2\pi f_0\left(1-\frac{1}{2Q_0}\right) = 2\pi\times159.154\left(1-\frac{1}{2\times100}\right)$

$\omega_1 = 994.99$ rad/ sec (উত্তর)

$\omega_2 = \omega_0\left(1+\frac{1}{2Q_0}\right)$

$\omega_2 = 2\pi f_0\left(1+\frac{1}{2Q_0}\right)$

$\omega_2 = 2\pi\times159.154\left(1+\frac{1}{2\times100}\right)$

$= 1004.99$ rad/sec (উত্তর)

Band width

$= \omega_2 - \omega_1$

$= 1004.99 - 994.994$

$= 10$ rad/sec (উত্তর)

উদাহরণ-৩। একটি Capacitor, Resistor (R) = 10Ω, L = 5.52 mH এর সাথে Parallel এর সংযুক্ত আছে। Supply voltage 100V, 50Hz, হলে Capacitor এর মান কত হবে।

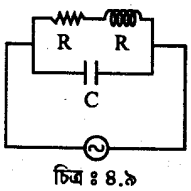
সমাধান ঃ

$X_L = 2\pi f_L$

$= 2\pi\times50\times5.52\times10^{-3}$

$= 1.73\Omega$ (উত্তর)

$Z^2 = R^2 + X_L^2$



চিত্র ঃ ৪.৯

$= (10)^2 + (1.73)^2$

$= 103\Omega$

আমরা জানি,

$Z^2 = \frac{L}{C}$

$C = \frac{5.52\times10^{-3}}{103}$

$C = 53.59\ \mu F$ (উত্তর)

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **সিরিজ রেজোন্যান্স কী?**

উত্তর ঃ A/C series ckt এ যখন Inductive reactance (X_2) এবং Capacitive reactance (X_C) সমান হয়, তখন সার্কিটের ঐ অবস্থাকে সিরিজ রেজোন্যান্স বলে।

২। **সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির সূত্রটি লিখ।**

উত্তর ঃ সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

৩। **রেজোন্যান্ট সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান কত?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ রেজোন্যান্ট সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান ইউনিটি।

৪। **কোন ধরনের সার্কিটে কারেন্ট রেজোন্যান্স সংঘটিত হয়?**

উত্তর ঃ এ.সি. প্যারালাল সার্কিটে।

৫। **রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের মোট রিয়্যাকট্যান্সের পরিমাণ কত হয়?**

উত্তর ঃ শূন্য।

৬। **রেজোন্যান্সের সময় সার্কিটের কারেন্ট ও ভোল্টেজ এর মধ্যকার ফেজ কোণ কত হয়?**

উত্তর ঃ শূন্য।

৭। **এ.সি সিরিজ সার্কিটের ভোল্টেজ বিবর্ধন উৎপাদককে কী বলা হয়?**

উত্তর ঃ Q-ফ্যাক্টর।

৮। **Q-factor কী?** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ সিরিজ রেজোন্যান্সের সময় L অথবা C এর আড়াআড়িতে পটেনশিয়াল পার্থক্য প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের চেয়ে বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। সাপ্লাই ভোল্টেজের সাপেক্ষে ভোল্টেজের এই বিবর্ধনকে Q-factor বলে।

৯। **3-dB পয়েন্ট কী?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভের যে বিন্দুতে এর গেইন সর্বোচ্চ গেইনের 70.7% হয়। এর 10 ভিত্তিক লগারিদমের 20 গুণকে 3dB পয়েন্ট বলে।

১০। **Resonance frequency কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যে ফ্রিকুয়েন্সিতে সার্কিটে রেজোন্যান্স সংগঠিত হয় তাকে Resonance frequency বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **রেজোন্যান্স কী?**

উত্তর ঃ কমপক্ষে একটি ইন্ডাক্টর এবং একটি ক্যাপাসিটর এর সমন্বয়ে গঠিত এসি সার্কিটের (সিরিজ/প্যারালাল) যে অবস্থায় কারেন্ট এবং ভোল্টেজ ইনফেজে থাকে অর্থাৎ পাওয়ার ফ্যাক্টর ইউনিটি হয়, সার্কিটের ঐ অবস্থাকে রেজোন্যান্স বলে।

২। **সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট কাকে বলে?**

উত্তর ঃ A/C series ckt এ যখন Inductive reactance (X_L) এবং Capacitive reactance (X_C) সমান হয়, তখন সার্কিটের ঐ অবস্থাকে সিরিজ রেজোন্যান্স বলে। আর উক্ত সার্কিটকে সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট বলে।

৩। **এ.সি. প্যারালাল সার্কিটে কখন রেজোন্যান্স হয়?**

উত্তর ঃ এ.সি. প্যারালাল সার্কিটে রেজোন্যান্স হয় তখন, যখন শাখা কারেন্টসমূহের উল্লম্ব উপাদানগুলোর যোগফল শূন্য হয়।

৪। **ব্যান্ড উইড্থের উপর Q-ফ্যাক্টরের কী প্রভাব পড়ে?**

উত্তর ঃ Q-ফ্যাক্টর রেজোন্যান্ট সার্কিটের ব্যান্ড উইড্থ নির্ধারণ করে। Q-ফ্যাক্টর যত বেশি হবে BW তত কম হবে এবং Q যত কম হবে BW তত বেশি হবে।

৫। **কোথায় কোথায় রেজোন্যান্সের প্রয়োগ হয়?**

উত্তর ঃ **রেজোন্যান্সের প্রয়োগক্ষেত্র ঃ**

১। রেডিও টেলিভিশনের টিউনিং সার্কিটে, ২। ট্র্যান্সমিটারে এবং ৩। বিভিন্ন ইলেকট্রনিক সার্কিটে।

৬। **Series resonance circuit চেনার উপায় কী?**

উত্তর ঃ ১। Maximum Current প্রবাহিত হবে।

২। Voltage এবং Current একই ফেজে অর্থাৎ inphase-এ থাকবে।

৩। Circuit impedance minimum হবে।

৪। Circuit এর total reactance শূন্য হবে।

৫। Power factor unity হবে।

৭। **Parallel resonance circuit চেনার উপায় কী?**

উত্তর ঃ ১। Minimum current প্রবাহিত হবে।

২। Circuit impedance maximum হবে।

৩। Circuit এর net susceptance শূন্য হবে।

৪। Voltage এবং Current in phase এ থাকবে।

৫। Power factor একক (Unity) হবে।

৮। **ব্যান্ড উইডথ কী?**

উত্তর ঃ সিরিজ Resonance এ Band width হল Frequency পরিধি বা Range যার উপর Ckt-এ কারেন্ট সর্বোচ্চ কারেন্টের সমান অথবা 70.7% এর চাইতে বেশি হয়।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট বর্ণনা কর।**

অথবা, সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট-এর ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **সিরিজ এবং প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট এর গ্রাফ চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৪.১ এবং ৪.৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি,** $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **লোয়ার এবং আপার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সির ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **Q-ফ্যাক্টর কী? এর সমীকরণ ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৭ এবং ৪.৮ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৫ অ্যাটেনুয়েটরস এবং ফিল্টার (Attenuators and Filter)

৫.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ ১

এ অধ্যায়ে অ্যাটেনুয়েটর এবং ফিল্টার সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে নির্দিষ্ট হারে হ্রাস করার জন্য অ্যাটেনুয়েটর ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এটি মূলত অ্যামপ্লিফায়ারের উল্টা। বিভিন্ন কাজে অ্যাটেনুয়েটর প্রয়োজন হয়। ফিল্টারের আভিধানিক অর্থ হল ছাঁকনি। ছাঁকনি দ্বারা যেমন ময়লা, অপ্রয়োজনীয় উপাদান বাদ দেয়া হয়, তেমনই ফিল্টার দ্বারা কোন নেটওয়ার্কে অপ্রয়োজনীয় ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল বাদ দেয়া হয়ে থাকে।

৫.১ অ্যাটেনুয়েটর এবং ফিল্টারের সংজ্ঞা (Definition of attenuator and filter) ঃ

অ্যাটেনুয়েটর এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক, যাকে জেনারেটর এবং লোডের মধ্যে ব্যবহার করা হলে বৈদ্যুতিক সিগন্যাল স্তরকে নির্দিষ্ট মানে হ্রাস করার সক্ষমতা আছে। ইনপুট এবং আউটপুট পোর্টের মধ্যে উপযুক্ত সমন্বয়ের মাধ্যমে অ্যাটেনুয়েটর সংযোগ করলে, এটা ভোল্টেজ, কারেন্ট বা পাওয়ারকে একটা নির্দিষ্ট মানে হ্রাস করে থাকে। একটা অ্যাটেনুয়েটরের কাজ অ্যামপ্লিফায়ারের বিপরীত। অ্যামপ্লিফায়ার যেখানে ইনপুট সিগন্যালের স্তরকে বর্ধিত করে, সেখানে অ্যাটেনুয়েটর ইনপুট সিগন্যালের স্তরকে হ্রাস করে। ফলে অ্যামপ্লিফায়ারের গেইনকে আউটপুট সিগন্যাল এবং ইনপুট সিগন্যালের অনুপাত দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয় এবং একটা অ্যাটেনুয়েটরের অ্যাটেনুয়েশন (Attenuation) কে ইনপুট সিগন্যাল এবং আউপুট সিগন্যালের অনুপাত দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয়। অ্যাটেনুয়েশন ডেসিবেল (Decibel) এবং নেপার (Neper) এককে প্রকাশ করা হয়।

একটা অ্যাটেনুয়েটর সাধারণত চার-প্রান্তীয় বা দু'পোর্ট নেটওয়ার্ক। এটা সিমেট্রিক্যাল বা অ্যাসিমেট্রিক্যাল ধরনের হতে পারে। এগুলো স্থির বা পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েশন প্রদান পারে। স্থির অ্যাটেনুয়েটরকে প্যাড (PAD) নামে অভিহিত করা হয়।

অ্যাটেনুয়েটরকে রেজিস্টিভ উপাদান সমন্বয়ে গঠন করা হয় এবং একটা স্থির মানের ইম্পিড্যান্সের মধ্যে কাজ করে। অনেক সময় অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ককে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য ডিজাইন (design) করা হয়।

কোন নেটওয়ার্ক যদি কোন সিগন্যালের নির্দিষ্ট সংখ্যক ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে এবং অন্যান্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে কোন অপচয় ব্যতিরেকে সহজে গমন করতে দেয়, তাকে ফিল্টার (Filter) বলে। ফলে একটা ফিল্টারের কমপক্ষে একটা পাস ব্যান্ড (Pass band) থাকে এবং এ ব্যান্ডে সিগন্যাল অতি সহজে আউটপুটে গমন করতে পারে। একইভাবে, একটা ফিল্টারের কমপক্ষে একটা অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড (Attenuation band) থাকে এবং এ ব্যান্ডে সিগন্যাল আউটপুটে গমন করতে পারে না। যে ফ্রিকুয়েন্সি পাস ব্যান্ডকে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড হতে অথবা অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডকে পাস ব্যান্ড হতে পৃথক করে, তাকে কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি (Cut-off frequency) বলে।

৫.২ অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টার (Active and Passive filter) ঃ

অ্যাকটিভ ফিল্টার ঃ অ্যাকটিভ ফিল্টারে অ্যাকটিভ উপাদান এবং প্যাসিভ উপাদান বিদ্যমান। এতে অ্যাটেনুয়েশন বেশি পাওয়া যায়। অ্যাকটিভ উপাদান হল ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ার ইত্যাদি এবং প্যাসিভ উপাদান হল রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স। অ্যাকটিভ ফিল্টারে বায়াসিং ভোল্টেজ প্রয়োগ করতে হয়। অ্যাকটিভ ফিল্টারের পারফরমেন্স ভালো। অপেক্ষাকৃত উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে।

প্যাসিভ ফিল্টার ঃ প্যাসিভ ফিল্টার শুধুমাত্র প্যাসিভ উপাদান দিয়ে তৈরি। এ ধরনের ফিল্টার উপাদানগুলো হল R.L.C.। এই ধরনের ফিল্টার এর অ্যাটিনুয়েশন কম হয়। প্যাসিভ ফিল্টারে কোন বায়াসিং এর প্রয়োজন নেই। এ ফিল্টারের তুলনামূলকভাবে পারফরমেন্স কম। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে না।

আমরা জানি,

$$P_1 = I_1^2R_0 = V_1^2/R_0$$

$$\text{এবং } P_2 = I_2^2R_0 = V_2^2/R_0$$

বা, $I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{R_0}}$, $V_1 = \sqrt{P_1R_0}$

এবং $I_2\sqrt{\frac{P_2}{R_0}}$, $V_2 = \sqrt{P_2R_0}$

সুতরাং $\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$

অতএব পাওয়ার অনুপাতে নেপার এককে অ্যাটেনুয়েশন,

$$= \ln\left(\sqrt{\frac{P_1}{P_2}}\right) = \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{2}\ \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৫.৭)$$

সুতরাং (৫.৫), (৫.৬) এবং (৫.৭) নং সমীকরণ নেপার এককে যথাক্রমে ভোল্টেজ, কারেন্ট এবং পাওয়ার অনুপাতে অ্যাটেনুয়েশন নির্দেশ করে।

নেপার এবং ডেসিবেলের মধ্যে সম্পর্ক (Relation between Neper & decibel) ঃ

আমরা জানি, কোন টু-পোর্ট নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে

ডেসিবেল এককে অ্যাটেনুয়েশন $= 20\log\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ dB

এবং নেপার এককে অ্যাটেনুয়েশন $= \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) N_P$

অর্থাৎ, $l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right) N_P = 20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ dB

বা, $1N_P = \frac{20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}$ dB

$$= \frac{8.686 \times 2.303\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} \text{ dB}$$

$$= \frac{8.686 \times l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} \text{ dB} \qquad \left[\because \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = 2.303\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)\right]$$

$\therefore\ 1N_P = 8.686$ dB

এবং $1\text{dB} = \frac{1}{8.686} N_P = 0.115\ N_p$

৫.৪ অ্যাটেনুয়েটিং নেটওয়ার্কের সাধারণ বৈশিষ্ট্য (General characteristics of attenuating network) ঃ

একটা অ্যাটেনুয়েটিং নেটওয়ার্কের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যসমূহ বিদ্যমান থাকে।

১। এটা একটা চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক।

২। অ্যাটেনুয়েশন নেটওয়ার্ককে রেজিস্টিভ উপাদান সমন্বয়ে গঠিত।

৩। এটা সিমেট্রিক্যাল বা অ্যাসিমেট্রিক্যাল উভয় ধরনের হয়।

৪। এটা স্থির বা পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করতে পারে।

৫। এটা অবশ্যই একটা নির্দিষ্ট মানের ইম্পিড্যান্সের মাঝে কাজ করে।

৬। এটা অবশ্যই সঠিক মানের ইনপুট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে।

৭। এটা অবশ্যই সঠিক মানের আউটপুট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে।

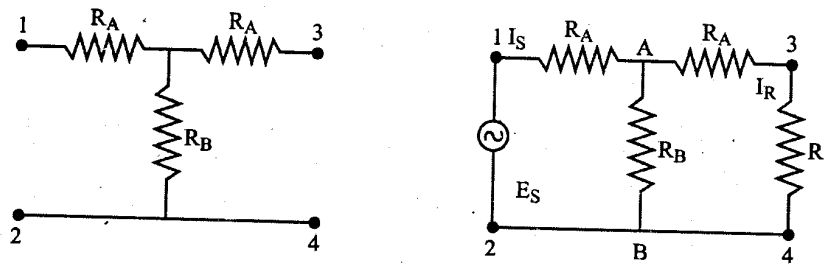
৮। এটা অবশ্যই নির্দেশিত অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

৫.৫ সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল T, L এবং π নেটওয়ার্ক (Symmetrical, asymmetrical, T, L and π section network) ঃ

৫.৫.১ সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর (Symmetrical T attenuator) ঃ

একটা সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরকে সর্বাধিকভাবে প্যাড (Pad) অ্যাটেনুয়েটর হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এটাতে সিরিজ ইম্পিড্যান্সকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে দুটি সিরিজ বাহু হিসেবে এবং একটা কেন্দ্রীয় শান্ট বাহু থাকে। ধরা যাক, প্রত্যেকটি সিরিজ বাহুর রেজিস্ট্যান্স R_A এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স R_B, যা ৫.২(ক) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

একটা অ্যাটেনুয়েটর অবশ্যই সিগন্যালকে নির্দেশিত অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে এবং এটাকে যেখানে ব্যবহার করা হয়, সেখানে অবশ্যই ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সাথে সার্কিট ইম্পিড্যান্সের ম্যাচিং হতে হয়। যদি এ ধরনের একটা অ্যাটেনুয়েটরকে E_S জেনারেটর এবং R রেজিস্ট্যান্স বিশিষ্ট লোডের মাঝে সংযোগ করা হয়, তবে এটা স্পষ্ট যে, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স অবশ্যই R এর সমান হবে। অতএব, $Z_0 = R_0 = R$



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৫.২ (ক) সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর (খ) সার্কিট কারেন্ট

এ ধরনের অ্যাটেনুয়েটরকে যখন কোন সার্কিটে সংযোগ করা হয়, তখন এর কারেন্ট উপাদান পাওয়া যায়, যা ৫.২ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। A34BA বদ্ধ সার্কিটে কারশফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে যাওয়া যায়,

$$I_R (R_A + R) - (I_s - I_R) R_B = 0$$

বা, $I_R R_A + I_R R - I_S R_B + I_R R_B = 0$

বা, $I_R (R_A + R_B + R) - I_S R_B = 0$

বা, $I_S R_B = I_R (R_A + R_B + R)$

বা, $\frac{I_s}{I_R} = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$

আমরা জানি, অ্যাটেনুয়েশন $N = \frac{I_S}{I_R}$

তাহলে, $\frac{I_s}{I_R} = N = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$ .....(৫.৮)

৫.২ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$E_S = I_S R_A + I_S \frac{R_B (R_A+R)}{(R_A + R_B + R)} = I_S \left[R_A + \frac{R_B (R_A + R)}{R_A + R_B + R} \right]$$

$$\therefore \frac{E_S}{I_S} = R_A + \frac{R_B (R_A + R)}{R_A + R_B + R}$$

যেহেতু অ্যাটেনুয়েটর $Z_o = R_o = R$-এ কাজ করে, সেহেতু

$$Z_{in} = \frac{E_S}{I_S} = Z_o = R = R_A + \frac{R_B (R_A + R)}{R_A + R_B + R}$$

বা, $R = R_A + \frac{R_B (R_A + R)}{R_A + R_B + R}$

$$= R_A + \frac{(R_A + R)}{(R_A + R_B + R) / R_B}$$

বা, $R = R_A + \frac{R_A + R}{N}$ $\left[\because N = \frac{R_A + R_B + R}{R_B} \right]$

বা, $R.N = R_A. N + R_A + R$

বা, $R.N - R = R_A. N + R_A$

বা, $R(N-1) = R_A (N+1)$

$\therefore R_A = \frac{(N-1)}{(N+1)} . R$ .....(৫.৯)

পুনরায়, $N = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$

উপরোক্ত সমীকরণে R_A এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$N = \frac{R\left(\frac{N-1}{N+1}\right) + R_B + R}{R_B}$$

বা, $NR_B = \left(\frac{N-1}{N+1}\right) R + R_B + R$

বা, $NR_B - R_B = \left(\frac{N-1}{N+1}\right) R + R$

বা, $R_B (N-1) = R\left[\frac{N-1}{N+1} + 1\right] = R\left[\frac{N-1 + N+1}{N+1}\right]$

বা, $R_B (N-1) = 2R\left(\frac{N}{N+1}\right)$

$\therefore R_B = 2R\left(\frac{N}{N^2 - 1}\right)$ .....(৫.১০)

(৫.৯) এবং (৫.১০) নং সমীকরণদ্বয় N এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এর মাধ্যমে যথাক্রমে অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট এলিমেন্ট রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করে।

পুনরায়, $N = \frac{I_S}{I_R} = e^{\alpha}$

যেখানে α নেপার বা ডেসিবেল এককে প্রকাশিত।

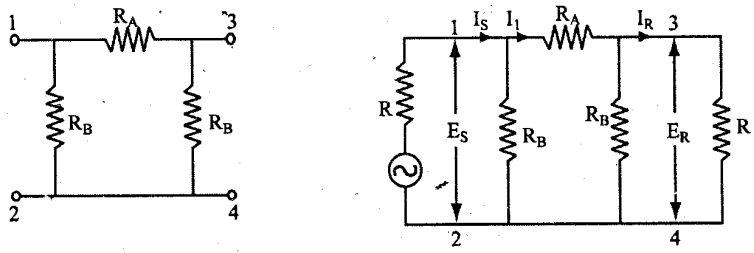
$\therefore \alpha = 20 \log_{10} (I_S/I_R) = ln (I_S/I_R)$

$\therefore N = \text{Anti log}\left(\frac{a}{20}\right)$ যখন α ডেসিবেল এককে,

$= \text{anti ln } \alpha$ যখন α নেপার এককে প্রকাশ করা হয়।

৫.৫.২ সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটর (Symmetrical π attenuator) ঃ

সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরকে একটা সিরিজ রেজিস্টর এবং দু'টি সমান শান্ট রেজিস্টর দ্বারা গঠন করা যায়। ধরা যাক, সিরিজ রেজিস্ট্যান্স R_A এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্সদ্বয় R_B। এ ধরনের অ্যাটেনুয়েটরকে R রেজিস্ট্যান্স বিশিষ্ট একটা জেনারেটর এবং R রেজিস্ট্যান্স বিশিষ্ট লোডের মধ্যে সংযোগ করা হলে, এটা স্পষ্ট যে, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স R এর সমান হবে। ৫.৩ (ক) নং চিত্রে π অ্যাটেনুয়েটর এবং ৫.৩ (খ) নং চিত্রে সার্কিট কারেন্ট প্রদর্শন করা হয়েছে।



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৫.৩ (ক) সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ক, (খ) সার্কিট কারেন্ট

৫.৩ (খ) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$I_1 = \frac{E_s}{R_A + \frac{R_B R}{R_B + R}}$$

এবং $E_R = I_1 . \frac{R_B R}{R_B + R}$

$$= \frac{R_B R}{(R_B + R)} \times \frac{E_S}{R_A + \frac{R_B R}{(R_B + R)}} = \frac{R_B R}{(R_B + R)} \times \frac{(R_B + R)}{R_A (R_B + R) + R_B R} \times E_S$$

$$= \frac{R_B R}{R_A R_B + R_A R + R_B R} \times E_S$$

$$\therefore \frac{E_S}{E_R} = \frac{R_A R_B + R_A R + R_B R}{R_B R}$$

আমরা জানি, অ্যাটেনুয়েশন $N = \frac{E_S}{E_R}$

$$\therefore N = \frac{R_A R_B + R_A R + R_B R}{R_B R} \quad \text{.....} (৫.১১)$$

যেহেতু, অ্যাটেনুয়েটরটি $Z_0 = R_0 = R$ ইম্পিড্যান্সে কাজ করে,

ফলে, $Z_{in} = Z_0 = R = \frac{E_S}{I_S} = \frac{R_B \left(R_A + \frac{R_B R}{R_B + R}\right)}{\left(R_A + R_B + \frac{R_B R}{R_B + R}\right)}$

বা, $R = \frac{R_B \left(R_A + \frac{R_B R}{R_B + R}\right)}{\left(R_A + R_B + \frac{R_B R}{R_B + R}\right)}$

বা, $R = \frac{\frac{R_B (R_A R_B + R_A R + R_B R)}{(R_B + R)}}{\frac{R_A R_B + R_A R + R_B R + R_B (R_B + R)}{(R_B + R)}}$

বা, $R = \dfrac{R_B\,(R_AR_B + R_A\,R + R_B\,R)}{R_AR_B + R_AR + R_BR + R_B\,(R_B + R)}$

বা, $R = \dfrac{R_B\dfrac{(R_AR_B + R_AR + R_BR)}{R_BR}}{\dfrac{R_AR_B + R_AR + R_BR + R_B\,(R_B + R)}{R_BR}}$

বা, $R = \dfrac{R_B\dfrac{(R_AR_B + R_AR + R_BR)}{R_BR}}{\dfrac{R_AR_B + R_AR + R_BR}{R_BR} + \dfrac{R_B\,(R_B + R)}{R_BR}}$

বা, $R = \dfrac{R_B.\,N}{N + \left(\dfrac{R_B + R}{R}\right)}$

বা, $R = \dfrac{R_BN}{\dfrac{RN + R_B + R}{R}} = \dfrac{RR_BN}{RN + R_B + R}$

বা, $1 = \dfrac{R_BN}{RN + R_B + R}$

বা, $RN + R_B + R = R_BN$

বা, $R_BN - R_B = RN + R$

বা, $R_B\,(N-1) = R\,(N+1)$

$\therefore R_B = R\,\dfrac{(N+1)}{(N-1)}$ ..... (৫.১২)

পুনরায়, $N = \dfrac{R_AR_B + R_AR\;\;R_BR}{R_BR}$

R_B-এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$N = \frac{R_AR\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right) + R_AR + R^2\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right)}{R^2\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right)}$$

বা, $R^2N\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right) = R_AR\left[\dfrac{N+1}{N-1} + 1\right] + R^2\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right)$

বা, $R_AR\left[\dfrac{N+1+N-1}{N-1}\right] = R^2N\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right) - R^2\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right)$

বা, $R_A\left[\dfrac{2N}{N-1}\right] = R\left(\dfrac{N+1}{N-1}\right)(N-1) = R\,(N+1)$

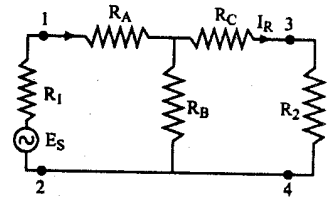
বা, $\therefore R_A = R.\,\dfrac{(N+1)\,(N-1)}{2N} = R\left(\dfrac{N^2-1}{2N}\right)$

$\therefore R_A = R.\,\dfrac{(N^2-1)}{2N}$ ..... (৫.১৩)

সুতরাং (৫.১২) এবং (৫.১৩) নং সমীকরণদ্বয় সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরের যথাক্রমে শান্ট এবং সিরিজ ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

৫.৫.৩ অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর (Asymmetrical T attenuator) ঃ

যখন একটা অ্যাটেনুয়েটর দু'টি অসম ইম্পিড্যান্সের মাঝে কাজ করে, তখন অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ব্যবহার করা যেতে পারে। এক্ষেত্রে অ্যাটেনুয়েশন I_S/I_R অনুপাত দ্বারা নির্দেশ না করে $\sqrt{P_S/P_R}$ দ্বারা নির্দেশ করা হয়, যেখানে P_S এবং P_R যথাক্রমে প্রেরক এবং গ্রাহক প্রান্তের পাওয়ার। ৫.৪ নং চিত্রে অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর দেখানো হয়েছে। এতে বিভিন্ন শাখায় কারেন্টও নির্দেশ করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৫.৪ অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর

অ্যাটেনুয়েটরের ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্ত যথাক্রমে R_1 এবং R_2 ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়।

$$\therefore R_1 = R_A + \frac{R_B(R_C+R_2)}{R_B+R_C+R_2} = \frac{R_A(R_B+R_C+R_2)+R_B(R_C+R_2)}{(R_B+R_C+R_2)}$$

বা, $R_1(R_B+R_C+R_2) = R_A(R_B+R_C+R_2)+R_B(R_C+R_2)$

বা, $R_1R_B + R_1R_C + R_1R_2 = R_AR_B + R_AR_C + R_2R_A + R_BR_C + R_2R_B$ ..... (৫.১৪)

আবার, $R_2 = R_C + \frac{R_B(R_A+R_1)}{R_A+R_B+R_1}$

$$= \frac{R_C(R_A+R_B+R_1)+R_B(R_A+R_1)}{(R_A+R_B+R_1)}$$

বা, $R_2(R_A+R_B+R_1) = R_C(R_A+R_B+R_1)+R_B(R_A+R_1)$

বা, $R_2R_A + R_2R_B + R_1R_2 = R_AR_C + R_BR_C + R_AR_B + R_1R_B + R_1R_C$ ..... (৫.১৫)

(৫.১৪) এবং (৫.১৫) নং সমীকণদ্বয় যোগ করে পাওয়া যায়,

$R_2R_A + R_B(R_1+R_2) + R_1R_C + 2R_1R_2 = 2(R_AR_B + R_BR_C + R_AR_C) + R_B(R_1+R_2) + R_1R_C + R_2R_A$

বা, $2R_1R_2 = 2(R_AR_B + R_BR_C + R_AR_C)$

$\therefore R_1R_2 = R_AR_B + R_BR_C + R_AR_C$ ..... (৫.১৬)

(৫.১৪) নং সমীকরণ হতে (৫.১৫) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাওয়া যায়,

$R_1(R_B+R_C) - R_2(R_A+R_B) = R_2(R_A+R_B) - R_1(R_B+R_C)$

বা, $R_2(R_A+R_B) = R_1(R_B+R_C)$

$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_A+R_B}{R_B+R_C}$ ..... (৫.১৭)

৫.৪ নং চিত্রে আবদ্ধ বর্তনীতে কারশফের ভোল্টেজ সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$I_R(R_C+R_2) - (I_S - I_R)R_B = 0$

বা, $I_R(R_B+R_C+R_2) = I_SR_B$

বা, $\frac{I_S}{I_R} = \frac{R_B+R_C+R_2}{R_B}$

আমরা জানি, অ্যাসিমেট্রিক্যাল অ্যাটেনুয়েটরে ক্ষেত্রে অ্যাটেনুয়েশন,

$$N = \sqrt{\frac{P_S}{P_R}} = \sqrt{\frac{I_S^2 . R_1}{I_R^2 . R_2}} = \frac{I_S}{I_R}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \frac{R_B+R_C+R_2}{R_B}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

$$= \frac{R_B+R_C}{R_B}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \frac{R_2}{R_B}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

$$= \frac{R_B+R_C}{R_B}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \frac{\sqrt{R_1R_2}}{R_B} = \frac{R_B+R_C}{R_B} \times \sqrt{\frac{R_A+R_B}{R_B+R_C}} + \frac{\sqrt{R_1R_2}}{R_B} \left[\because \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_A+R_B}{R_B+R_C}\right]$$

বা, $N = \frac{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}}{R_B} + \frac{\sqrt{R_1R_2}}{R_B}$

$$= \frac{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)} + \sqrt{R_1R_2}}{R_B}$$ ..... (৫.১৮)

$$\therefore \frac{1}{N} = \frac{R_B}{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)} + \sqrt{R_1R_2}} \quad \ldots\ldots (৫.১৯)$$

$$\therefore N+\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}}{R_B} + \frac{R_B}{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}}$$

$$\text{বা, } \frac{N^2+1}{N} = \frac{(R_A+B_B)(R_B+R_C)+R_1R_2+2\sqrt{R_1R_2(R_A+R_B)(R_B+R_C)} + R_B^2}{R_B\left[\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}\right]} \quad \ldots\ldots (৫.২০)$$

(৫.১৬) সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$R_1R_2 = R_AR_B + R_BR_C + R_CR_A$$

$$\text{বা, } R_1R_2 + R_B^2 = R_AR_B + R_BR_C + R_CR_A + R_B^2 = (R_A+R_B)(R_B+R_C) \quad \ldots\ldots (৫.২১)$$

(৫.২০) নং সমীকরণে (৫.২১) নং সমীকরণের মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\frac{N^2+1}{N} = \frac{2\left[(R_A+R_B)(R_B+R_C)+\sqrt{R_1R_2(R_A+R_B)(R_B+R_C)}\right]}{R_B\left[\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}\right]}$$

$$\text{বা, } \frac{N^2+1}{2N} = \frac{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}\left[\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}\right]}{R_B\left[\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}+\sqrt{R_1R_2}\right]}$$

$$\therefore \frac{N^2+1}{2N} = \frac{\sqrt{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}}{R_B} \quad \ldots\ldots (৫.২২)$$

$$\text{একইভাবে, } \frac{N^2-1}{2N} = \frac{\sqrt{R_1R_2}}{R_B} \quad \ldots\ldots (৫.২৩)$$

$$\text{বা, } R_B = \sqrt{R_1R_2}\cdot\frac{2N}{N^2-1} \quad \ldots\ldots (৫.২৪)$$

(৫.২৩) নং সমীকরণে (৫.২২) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{N^2-1}{N^2+1} = \sqrt{\frac{R_1R_2}{(R_A+R_B)(R_B+R_C)}}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{N^2-1}{N^2+1}\right)(R_B+R_C) = \sqrt{R_1R_2}\cdot\sqrt{\frac{R_B+R_C}{R_A+R_B}} = \sqrt{R_1R_2}\cdot\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = R_2$$

$$\therefore R_B + R_C = R_2\left(\frac{N^2+1}{N^2-1}\right) \quad \ldots\ldots (৫.২৫)$$

R_B এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\sqrt{R_1R_2}\cdot\frac{2N}{(N^2-1)} + R_C = R_2\left(\frac{N2+1}{N2-1}\right)$$

$$\therefore R_C = R_2\left(\frac{N^2+1}{N^2-1}\right) - \sqrt{R_1R_2}\,\frac{2N}{(N^2-1)} \quad \ldots\ldots (৫.২৬)$$

$$\text{পুনরায়, } \left(\frac{N^2-1}{N^2+1}\right)(R_A+R_B) = \sqrt{R_1R_2}\sqrt{\frac{R_A+R_B}{R_B+R_C}}$$

$$= \sqrt{R_1R_2}\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = R_1$$

$$\text{বা, } R_A + R_B = R_1\left(\frac{N^2+1}{N^2-1}\right)$$

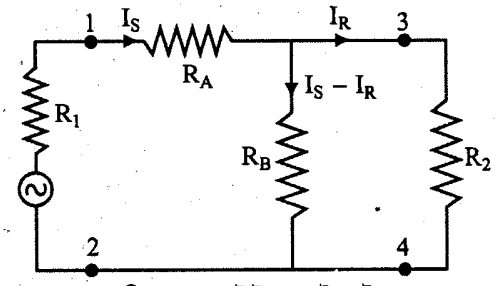
$$\text{বা, } R_A = R_1\left(\frac{N^2+1}{N^2-1}\right) - R_B$$

$$= R_1\left(\frac{N^2+1}{N^2-1}\right) - \sqrt{R_1R_2}\cdot\frac{2N}{(N^2-1)} \quad \ldots\ldots (৫.২৭)$$

$\therefore$ R_A, R_B এবং R_C এর মান যথাক্রমে (৫.২৭), (৫.২৪) এবং (৫.২৬) নং সমীকরণ এর সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

৫.৫.৪ L–টাইপ অ্যাটেনুয়েটর (L-type attnuator) ঃ

L–টাইপ অ্যাটেনুয়েটরকে প্রাথমিক পর্যায়ে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য ব্যবহার করা হয়ে থাকে এবং এমনভাবে ডিজাইন করা হয়, যাতে ন্যূনতম ইম্পিড্যান্স প্রদান করে। অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের R_C রেজিস্টরকে শূন্য বিবেচনা করলে L টাইপ অ্যাটেনুয়েটর গঠিত হয়। ৫.৫ নং চিত্রে L টাইপ অ্যাটেনুয়েটর দেখানো হয়েছে। এ ধরনের অ্যাটেনুয়েটরে ইমেজ ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে R_1 ও R_2।



চিত্র ঃ ৫.৫ L টাইপ অ্যাটেনুয়েটর

৫.৫ নং চিত্র হতে ইমেজ ইম্পিড্যান্স R_1 ও R_2 পাওয়া যায়,

$$R_1 = R_A + \frac{R_BR_2}{R_B + R_2} = \frac{R_A(R_B + R_2) + R_BR_2}{R_B + R_2}$$

বা, $R_1(R_B + R_2) = R_A(R_B + R_2) + R_BR_2$

বা, $R_1R_B + R_1R_2 = R_AR_B + R_2R_A + R_BR_2$ ..... (৫.২৮)

অনুরূপভাবে, $R_2 = \frac{R_B(R_1 + R_A)}{R_A + R_B + R_1}$

বা, $R_2(R_A + R_B + R_1) = R_B(R_1 + R_A)$

বা, $R_2R_A + R_2R_B + R_1R_2 = R_1R_B + R_AR_B$ ..... (৫.২৯)

(৫.২৮) এবং (৫.২৯) নং সমীকরণ যোগ করে পাওয়া যায়,

$R_1R_B + R_2R_A + R_2R_B + 2R_1R_2 = 2R_AR_B + R_2R_A + R_2R_B + R_1R_B$

বা, $2R_1R_2 = 2R_AR_B$

$\therefore R_A = \frac{R_1R_2}{R_B}$ ..... (৫.৩০)

R_A এর মান (৫.২৮) নং সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$R_1R_B + R_1R_2 = R_1R_2 + \frac{R_1R_2^2}{R_B} + R_2R_B$$

বা, $R_1R_B - R_2R_B = \frac{R_1R_2^2}{R_B}$

বা, $R_B(R_1 - R_2) = \frac{R_1R_2^2}{R_B}$

বা, $R_B^2 = \frac{R_1R_2^2}{R_1 - R_2}$ ..... (৫.৩১)

$$\therefore R_B = \sqrt{\frac{R_1R_2^2}{R_1 - R_2}} = R_2\sqrt{\frac{R_1}{R_1 - R_2}}$$

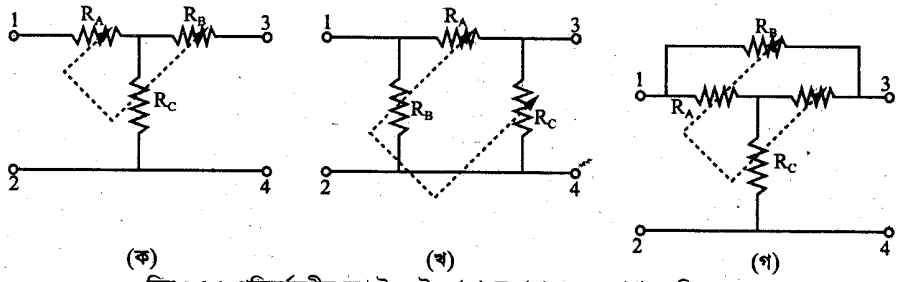
$$\therefore R_A = \frac{R_1R_2}{R_B} = \frac{R_1R_2}{R_2\sqrt{\frac{R_1}{R_1 - R_2}}} = R_1\sqrt{\frac{R1 - R2}{R1}} = \sqrt{R_1(R_1 - R_2)} \quad ...(৫.৩২)$$

সুতরাং (৫.৩২) এবং (৫.৩১) নং সমীকরণ হতে যথাক্রমে L টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়।

৫.৬ পরিবর্তনশীল এবং ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর (Variable and ladder attenuator) ঃ

৫.৬.১ পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েটর (Variable attenuator) ঃ

পরিবর্তনশীল অ্যাটেন্যুয়েটর একটি বিশেষ ধরনের অ্যাটেনুয়েটর। একে এমনভাবে তৈরি করা হয়, যাতে একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে এর অ্যাটেনুয়েশন পরিবর্তন করা হলেও ইনপুট এবং আউটপুট অপরিবর্তিত থাকে। পূর্বে আলোচিত সবগুলো অ্যাটেনুয়েটরকে পরিবর্তনশীল করে তৈরি করা যায়। ৫.৬ নং চিত্রে পরিবর্তনশীল T, π এবং ব্রিজ T অ্যাটেনুয়েটর দেখানো হয়েছে।

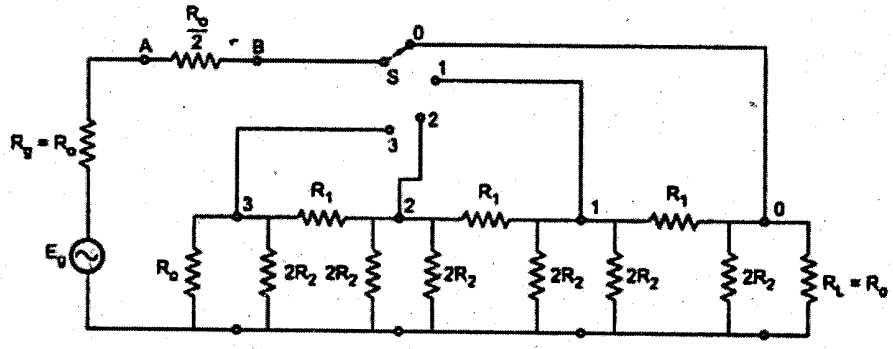


চিত্র ঃ ৫.৬ পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েটর, (ক) T, (খ) π এবং (গ) T ব্রিজ

৫.৬ (ক) এবং ৫.৬ (খ) চিত্রের তিনটি রেজিস্টরকে একই সাথে পরিবর্তন করা যায়। কিন্তু ৫.৬ (গ) এর চারটি রেজিস্টরকে একই সাথে পরিবর্তন করা যায় না। এক্ষেত্রে সমন্বয় প্রয়োজন হয়। যা হোক, রেজিস্টরসমূহকে এমনভাবে পরিবর্তন করতে হয় যাতে সবক্ষেত্রে ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্স সমান থাকে।

৫.৬.২ ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর (Ladder attenuator) ঃ

যখন একাধিক সিমেট্রিক্যাল T বা π অ্যাটুন্যুয়েটরকে পরস্পরের সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয় তখন যে নেটওয়ার্ক গঠিত হয়, তাকে ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর বলে। ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটরের দুটি প্রান্ত থাকে। একটি প্রান্ত লোডের সাথে এবং অপর প্রান্তকে ইনপুট সোর্সের সাথে যুক্ত করা হয়। ৫.৭নং চিত্রে তিন স্টেজ বিশিষ্ট একটি ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৫.৭ ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর

৫.৭ ফিল্টারের প্রকারভেদ (Types of filters) ঃ

ফিল্টারকে বিভিন্নভাবে শ্রেণিভেদ করা যায়। ফিল্টারের মধ্য দিয়ে গমনকৃত ফ্রিকুয়েন্সি এবং বাধা প্রদান করার সক্ষমতা অনুযায়ী ফিল্টারকে চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

১। লো-পাস ফিল্টার (Low pass filter), ২। হাই-পাস ফিল্টার (High pass filter),
৩। ব্যান্ড পাস ফিল্টার (Band pass filter), ৪। ব্যান্ড স্টপ ফিল্টার (Band stop filter)।

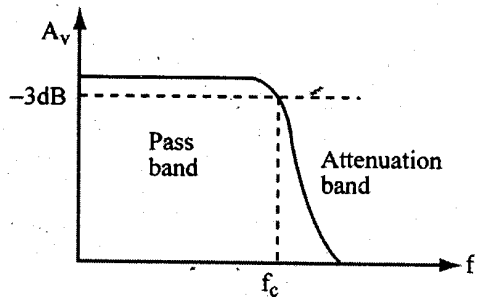
ফিল্টারের কার্যভেদে ফিল্টারকে নিম্নরূপে নামকরণ করা হয়ে থাকে।

১। ব্যালান্সড বা আন-ব্যালান্সড ফিল্টার (Balanced or unbalanced filter),
২। কনস্ট্যান্ট k- সেকশন ফিল্টার (Constant k-filter),
৩। M- ডিরাইভড্ ফিল্টার (M-derived filter),
৪। ক্রিস্টাল ফিল্টার (Crystal filter),
৫। ল্যাটিস ফিল্টার (Lattice filter)।

৫.৮ ও ৫.৯ লো-পাস, হাইপাস, ব্যান্ড পাস এবং ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার (General properties and applications of low pass, high pass and band pass and bandstop filter) ঃ

৫.৮.১ ও ৫.৯.১ লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম এবং প্রয়োগ (Properties and application of low pass filter) ঃ

যে ফিল্টারের সাহায্যে শূন্য ফ্রিকুয়েন্সি হতে নিম্ন মানের ফ্রিকুয়েন্সি সহজেই আউটপুটে প্রেরণ করা হয় এবং অন্যান্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে, তাকে লো-পাস ফিল্টার বলে। এ ধরনের ফিল্টার সাধারণত অডিও রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয় এবং উচ্চ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে।



চিত্র ঃ ৫.৮

বৈশিষ্ট্য (Characteristics) ঃ লো-পাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়।

১। নিম্ন মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়।

২। উচ্চ মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে।

৩। অ্যাটেনুয়েশন কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পর শুরু হয়।

৪। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পূর্বে পাস ব্যান্ড থাকে।

ব্যবহার (Uses) ঃ লো-পাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

১। পালসেটিং ডিসিকে বিশুদ্ধ ডিসিতে রূপান্তরিত করার ক্ষেত্রে,

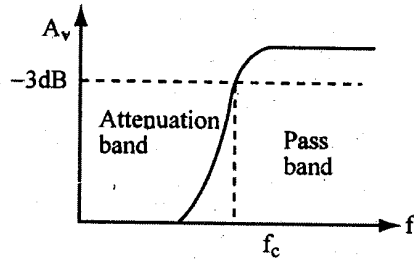
২। টেলিফোন লাইনে,

৩। রেডিও ট্রান্সমিটারে হারমোনিক্স দূর করার ক্ষেত্রে,

৪। পালস অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে ফিল্টার হিসাবে।

৫.৮.২ ও ৫.৯.২ হাইপাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ (Properties and applications of high pass filter) ঃ

যে ফিল্টারের সাহায্যে উচ্চ মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে গমন করানো যায় এবং নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করানো যায়, তাকে হাই পাস ফিল্টার বলে। এ ধরনের ফিল্টারে শূন্য হতে কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি পর্যন্ত সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে এবং কাট অফ ফিকুয়েন্সি হতে অসীম পর্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে গমন করতে দেয়।



চিত্র ঃ ৫.৯

বৈশিষ্ট্য (Characteristics) ঃ হাইপাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। উচ্চমানের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়।

২। নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে।

৩। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পূর্বে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড থাকে।

৪। অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডের পর পাস ব্যান্ড শুরু হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ হাইপাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

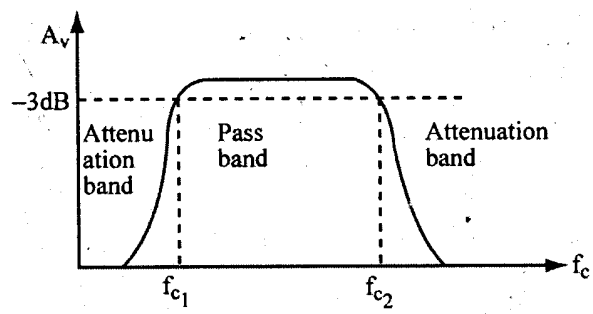
১। বিভিন্ন সার্কিট ডিসি ব্লকিং এর ক্ষেত্রে,

২। আর.এফ ডিভাইসে,

৩। ইমেজ প্রসেসিং ডিভাইসে।

৫.৮.৩ ও ৫.৯.৩ ব্যান্ড পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ (Properties and applications of band pass filter) ঃ

যে ফিল্টার একটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজেই আউটপুটে প্রেরণ করে এবং ঐ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি ব্যতীত অন্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে, তাকে ব্যান্ড পাস ফিল্টার বলে।



চিত্র ঃ ৫.১০

বৈশিষ্ট্য (Characteristics) ঃ ব্যান্ড পাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এ ধরনের ফিল্টারে দুটি কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি থাকে।

২। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশ হল পাস ব্যান্ড।

৩। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের বাইরের অংশ হল অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড।

৪। এর মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে গমন করতে দেয়।

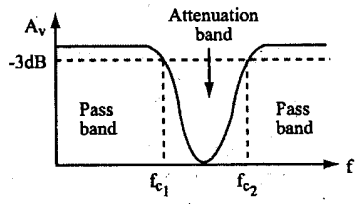
ব্যবহার (Uses) ঃ ব্যান্ড পাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। ওয়্যারলেস ট্রান্সমিটারে, সিগন্যাল ব্যান্ড উইডথকে নির্দিষ্ট রাখার জন্য।

২। ওয়্যারলেস রিসিভারে নির্দিষ্ট রেঞ্জের সিগন্যালকে গ্রহণ করার জন্য।

৫.৮.৪ ও ৫.৯.৪ ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার (Properties and applications of band stop filter) ঃ

যে ফিল্টার এর মধ্য দিয়ে একটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি ব্যতীত সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে যেতে দেয়, তাকে ব্যান্ড স্টপ ফিল্টার বলে।



চিত্র ঃ ৫.১১

বৈশিষ্ট্য (Characteristics) ঃ ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এ ধরনের ফিল্টারেও দুটি কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি থাকে।

২। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশ হল অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড।

৩। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের বাইরের অংশ হল পাস ব্যান্ড।

৪। এটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি গমনে বাধা দেয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ

১। রেডিও রিসিভারে ওয়েভ ট্রাপ হিসেবে।

২। পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের নন-লিনিয়ারিটি পরিমাপের ক্ষেত্রে।

৩। পাওয়ার লাইনে অ্যান্টি হাম (Hum) ফিল্টার হিসেবে।

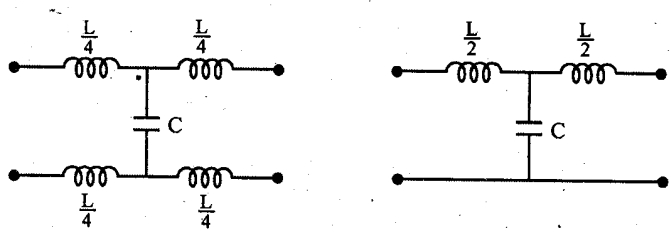
৫.১০ সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড T এবং π সেকশন হিসাবে লো-পাস ফিল্টার উপস্থাপন (Representation the low pass filter and symmetrical balanced and unblanced T and π section) ঃ

ফিল্টারে পাস ব্যান্ড এবং অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড থাকে। যে ব্যান্ডে সিগন্যাল সহজে ফিল্টারের মধ্যদিয়ে গমন করতে পারে, তাকে প্যাস ব্যান্ড বলে। আবার যে ব্যান্ডে সিগন্যাল ফিল্টারের মধ্যদিয়ে গমনে বাধা পায়, তাকে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড বলে। একটা ফিল্টারে পাস ব্যান্ডে অ্যাটেনুয়েশন শূন্য পাবার জন্য ফিল্টার রিয়্যাকট্যান্স উপাদান সমন্বয়ে গঠন করা হয়। তবে বাস্তব ক্ষেত্রে শূন্য অ্যাটেনুয়েশন বা বিশুদ্ধ রিয়্যাকট্যান্স বিশিষ্ট উপাদান পাওয়া সম্ভব নয়। সামান্য হলেও রিয়্যাকট্যান্সের সাথে রেজিস্ট্যান্স যুক্ত থাকে। যাহোক, ফিল্টারকে রিয়্যাকট্যান্স সমন্বয়ে গঠন করা হয়। ফিল্টারে সিরিজ এবং প্যারালাল রিয়্যাকট্যান্স বিদ্যমান থাকে। সিরিজ এবং প্যারালাল রিয়্যাকট্যান্সকে T এবং π সেকশন হিসাবে উপস্থাপন করা যায়। আবার উভয় সেকশনকে ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড ফিল্টার হিসাবে উপস্থাপন করা যায়।

লো-পাস ফিল্টারে সিরিজ রিয়্যাকট্যান্স হিসেবে ইন্ডাক্টর এবং প্যারালাল রিয়্যাকট্যান্স হিসেবে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয়। নিচে লো-পাস ফিল্টারকে সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড T এবং π ফিল্টারে রূপান্তর প্রক্রিয়া বর্ণনা করা হল।

সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড T ফিল্টারে সিরিজ ইন্ডাক্টরকে সমান চারভাগে বিভক্ত করে ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্তের প্রত্যেক বাহুতে সংযোগ করা হয় এবং মধ্য বাহু হিসাবে প্যারালালে ক্যাপাসিটর যুক্ত থাকে। ৫.১২(ক)নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড T ফিল্টার দেখানো হয়েছে।

সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড T ফিল্টারে সিরিজ ইন্ডাকটরকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে ইনপুট এবং আউটপুট প্রান্তের উপরের বাহুতে সংযোগ করা হয় এবং মধ্য বাহু হিসাবে প্যারালালে ক্যাপাসিটর যুক্ত থাকে। ৫.১২(খ)নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড T ফিল্টার দেখানো হয়েছে।

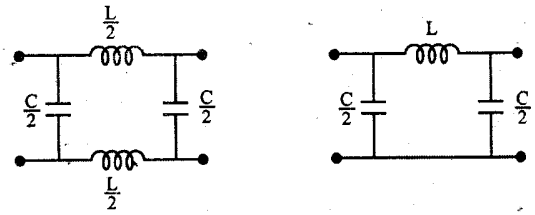


(ক) সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড T-ফিল্টার (খ) সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড T ফিল্টার

চিত্র ঃ ৫.১২

সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড π ফিল্টারে সিরিজ ইন্ডাকটরকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে উভয় সিরিজ বাহুতে সংযোগ করা হয়। প্যারালাল ক্যাপাসিটরকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে সিরিজ ইন্ডাক্টরের উভয় পার্শ্বে প্যারালাল সংযোগ করা হয়। ৫.১৩(ক)নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড π ফিল্টার দেখানো হয়েছে।

সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড π ফিল্টারে সিরিজ ইন্ডাকটরকে উপরের বাহুতে সংযোগ করা হয়। প্যারালাল ক্যাপাসিটরকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে সিরিজ ইন্ডাকটরের উভয় পার্শ্বে প্যারালালে সংযোগ করা হয়। ৫.১৩(খ) নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড π ফিল্টার দেখানো হয়েছে।



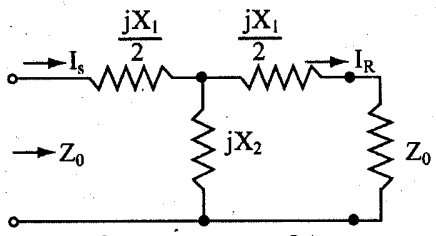
(ক) সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড π-ফিল্টার (খ) সিমেট্রিক্যাল আনব্যালান্সড π ফিল্টার

চিত্র ঃ ৫.১৩

৫.১১ কানেকটিং α এবং Z_0 থিওরেম (Theorem connecting α and Z_0) ঃ

ফিল্টার সার্কিট রিয়্যাকটিভ উপাদান সমন্বয়ে গঠিত হয়। ফলে ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাথে ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স পরিবর্তিত হয়। "যে রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সির জন্য ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ বা বাস্তব (Real) হয়, তবে ঐ ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট $\alpha = 0$ হয় এবং যে রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিতে ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 বিশুদ্ধ রিয়্যাকটিভ হয়, ঐ ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট α, শূন্য অপেক্ষা অধিক হয়।"

বর্ণনা ঃ থিওরেমটিকে প্রমাণ করার জন্য একটি সাধারণ T সেকশন ফিল্টার নিই। ধরি, ফিল্টারটি রিয়্যাকটিভ উপাদানের সমন্বয়ে গঠিত। অর্থাৎ উপাদানসমূহের মান হবে jX। যেখানে X-এর মান হবে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক বাস্তব সংখ্যা। চিত্রঃ ৫.১৪-এ একটি T সেকশন ফিল্টার দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৫.১৪ T সেকশন ফিল্টার

আমরা জানি, T সেকশনের ক্ষেত্রে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এবং প্রোপাগেশন কনস্ট্যান্ট হল,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} \quad \text{.....} \quad (৫.৩৩)$$

$$e^{\gamma} = \frac{I_s}{I_R} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_0}{Z_2} \quad \text{.....} \quad (৫.৩৪)$$

$$\text{এবং } \alpha = 20\log_{10}\left|\frac{I_S}{I_R}\right| \text{dB} \quad \text{.....} \quad (৫.৩৫)$$

চিত্র থেকে পাই,

$Z_1 = jX_1$ এবং $Z_2 = jX_2$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} = \sqrt{\frac{(jX_1)^2}{4} + (jX_1)(jX_2)}$$

$$= \sqrt{\frac{-X_1^2}{4} + (-X_1X_2)} = \sqrt{-X_1\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)} \quad \text{.....} \quad (৫.৩৬)$$

(৫.৩৬) সমীকরণ নির্দেশ করে যে, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স X_1 $(X_1/4 + X_2)$ এর উপর নির্ভর করে। এখানে উল্লেখ করা যায় যে, X_1 এবং X_2 রিয়্যাকটিভ উপাদান, ফলে $X_1\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$ এর মান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে।

গাণিতিকভাবে ধরা যাক, $X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)=\pm A$

যদি $X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)$ এর মান -A হয়, তবে (৫.৩৬) নং সমীকরণে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0-এর মান ধনাত্মক এবং বাস্তব হয়। অর্থাৎ, $Z_0=\sqrt{-X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)}=\sqrt{-(-A)}=\sqrt{A}$ এ অবস্থায় ফিল্টার সার্কিট ইনপুট সিগন্যাল হতে পাওয়ার গ্রহণ করে, কিন্তু রিয়্যাকটিভ উপাদান এ পাওয়ার অপচয় করতে পারে না। ফলে পাওয়ার সরাসরি লোডে গমন করে। এ শর্তে, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট গাণিতিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

$$\frac{I_S}{I_R}=1+\frac{Z_1}{2Z_2}+\frac{Z_0}{Z_2}$$

$$=1+\frac{jX_1}{j2X_2}+\frac{Z_O}{jX_2}=1+\frac{X_1}{2X_2}-j\frac{Z_O}{X_2}$$

$$=1+\frac{X_1}{2X_2}-j\left(\frac{\sqrt{A}}{X_2}\right)$$

$$\therefore e^{\gamma}=\left|\frac{I_s}{I_R}\right|=\sqrt{\left(1+\frac{X_1}{2X_2}\right)^2+\frac{A}{X_2^2}}$$

$$=\sqrt{1+\frac{X_1^2}{4X_2^2}+\frac{X_1}{x_2}-\frac{1}{X_2^2}\left\{X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)\right\}}\quad\left[\because A=-X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)\right]$$

$$=\sqrt{1+\frac{X_1^2}{4X_2^2}+\frac{X_1}{X_2}-\frac{X_1^2}{4X_2^2}-\frac{X_1}{X_2}}=\sqrt{1}=1$$

সুতরাং অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, $\alpha=20\log_{10}\left|\frac{I_S}{I_R}\right|=20\log_{10}(1)=0$

ফলে আমরা বলতে পারি যে, যখন কোন ফিল্টার নেটওয়ার্কে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এর মান ধনাত্মক এবং বাস্তব হয়, তখন এটার অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট শূন্য (0) হয় এবং তখন ফিল্টার সিগন্যালকে কোন লস ব্যতীত আউটপুটে প্রেরণ করতে পারে। এটাকে ফিল্টারের পাস ব্যান্ড বলা হয়ে থাকে।

যদি $x_1\left(\frac{x_1}{4}+x_2\right)$ এর মান A হয়, তবে (৫.৩৬) নং সমীকরণের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের মান নিম্নরূপ হয়।

$$Z_0=\sqrt{-A}=j\sqrt{A}$$

সুতরাং Z_0 কাল্পনিক হয়। এ শর্তে নিম্নরূপে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় করা যায়।

$$e^{\gamma}=\frac{I_S}{I_R}=1+\frac{X_1}{2X_2}-j\frac{Z_O}{X_2}=1+\frac{X_1}{2X_2}-j.\frac{j\sqrt{A}}{X_2}$$

$$=1+\frac{X_1}{2X_2}+\frac{\sqrt{A}}{X_2}$$

$$=\left[1+\frac{X_1}{2X_2}+\frac{\sqrt{X_1\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)}}{X_2}\right]=\left[1+\frac{X_1}{2X_2}+\frac{\sqrt{\frac{X_1^2}{4}+X_1X_2}}{X_2}\right]$$

$$=\left[1+\frac{X_1}{2X_2}+\sqrt{\frac{X_1^2}{4X_2^2}+\frac{X_1}{X_2}}\right]$$

সুতরাং অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, $\alpha=20\log_{10}\left[1+\frac{X_1}{2X_2}+\sqrt{\frac{X_1^2}{4X_2^2+\frac{X_1}{X_2}}}\right]$ ..... (৫.৩৭)

(৫.৩৭)নং সমীকরণ হতে এটা বলা যায় যে, যখন ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 এর মান কাল্পনিক হয়, তখন অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এর মান শূন্য নয় এবং অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্টের মান ধনাত্মক অর্থাৎ শূন্য অপেক্ষা অধিক। এটাকে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড বলে।

● গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ঃ

১। একটি সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরকে উৎস এবং লোডের মাঝে স্থাপন করলে 30dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে। যদি এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 600Ω হয়, তবে অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R = R_0 = 600\Omega$

এবং $\alpha = 30dB$

সুতরাং $\alpha = 20\log_{10}N$

বা, $30 = 20\log_{10}N$

বা, $N = 10^{\frac{30}{20}} = 31.6$

আমরা জানি,

সিরিজ রেজিস্ট্যান্স, $R_A = R.\frac{(N-1)}{(N+1)} = 600 \times \frac{(31.6-1)}{(31.6+1)} = 563.2\Omega$

এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্স, $R_B = R.\frac{2N}{N^2-1} = 600 \times \frac{2\times31.6}{(31.6)^2-1} = 38\Omega$

নির্ণেয় $R_A = 563.2\Omega$ এবং $R_B = 38\Omega$ **(উত্তর)**

২। 75Ω এবং 20dB এর মধ্যে কার্যক্ষম সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১০(পরি), ০২, ০৬]

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,

$\alpha = 20dB$

এবং $R = R_0 = 75\Omega$

আমরা জানি,

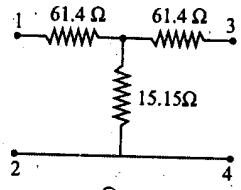
$\alpha = 20\log_{10}N$

বা, $N = 10^{\frac{a}{20}} = 10^{\frac{20}{20}} = 10$

আবার, $R_A = R.\frac{(N-1)}{(N+1)} = 75 \times \frac{(10-1)}{(10+1)} = 61.4\Omega$

এবং $R_B = R.\frac{2N}{N^2-1} = 75 \times \frac{2\times10}{10^2-1} = 75 \times \frac{20}{99} = 15.15\Omega$

অ্যাটেনুয়েটরটি নিম্নরূপ হবে।



চিত্রঃ ৫.১১

৩। একটি সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের প্রত্যেকটি সিরিজ বাহুর রেজিস্ট্যান্স 175Ω এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স 350Ω এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এবং অ্যাটেনুয়েশন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_A = 175\Omega$

$R_B = 350\Omega$

আমরা জানি, $R_A = R\frac{(N-1)}{(N+1)}$

$R_B = R\frac{2N}{(N2-1)}$

$\therefore \frac{R_A}{R_B} = \frac{\frac{R(N-1)}{(N+1)}}{R.\frac{2N}{(N^2-1)}} = \frac{(N-1)}{(N+1)} \times \frac{(N+1)\ (N-1)}{2N}$ $[\because n^2 - 1 = (N+1)\ (N-1)]$

বা, $\frac{175}{350} = \frac{(N-1)^2}{2N}$

বা, $\frac{1}{2} = \frac{(N-1)^2}{2N}$

বা, $(N-1)^2 = N$

বা, $N^2-2N+1=N$

বা, $N^2-3N+1=0$

$\therefore N = \frac{3\pm\sqrt{9-4}}{2} = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$ বা, $\frac{3-\sqrt{5}}{2} = 2.618$ বা 0.382

$\therefore N = 2.618$ ($N \neq 0.382$, কারণ $\frac{I_s}{I_R} > 1$)

সুতরাং $N = 2.618$

বা, $\alpha = 20\log_{10} N = 20 \times \log_{10} 2.618 = 8.35$ dB

আমরা জানি,

$$N = \frac{I_s}{I_R} = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$$

বা, $R + R_A + R_B = NR_B$

বা, $R = NR_B - R_B - R_A$

$= R_B(N-1) - R_A = 350 \times (2.618-1) - 175 = 391.3\Omega$

নির্ণেয় ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, $R = 391.3\Omega$ এবং অ্যাটেনুয়েশন,

$\alpha = 8.35$dB **(উত্তর)**

৪। একটি সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর, যা 300Ω এর মধ্যে কাজ করে এবং 25dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

$R = 300\Omega$

এবং $\alpha = 25$ dB

আমরা জানি,

$$\alpha = 20\log_{10}N$$

বা, $\log_{10}N = \frac{\alpha}{20}$

$\therefore N = 10^{\frac{\alpha}{20}}$

$= 10^{\frac{25}{20}} = 17.783$

আবার π অ্যাটেনুয়েটরের ক্ষেত্রে,

$R_A = R\frac{(N^2-1)}{2N} = 300 \times \frac{(17.783^2-1)}{2 \times 17.783}$

$= 2659\Omega$

এবং $R_B = R\frac{(N+1)}{(N-1)} = 300 \times \frac{(17.783+1)}{(17.783-1)}$

$= 336\ \Omega$

নির্ণেয় $R_A = 2659\Omega$ এবং $R_B = 336\Omega$ **(উত্তর)**

৫। 40dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদানে সক্ষম এবং সোর্স ইম্পিড্যান্স 300Ω ও লোড ইম্পিড্যান্স 600Ω এর মধ্যে ব্যবহারযোগ্য অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_1 = 300\Omega$

$R_2 = 600\Omega$

এবং $\alpha = 40$ dB

আমরা জানি, $\alpha = 20 \log_{10} N$

$\therefore N = 10^{\frac{\alpha}{20}} = 10^2 = 100$

আবার, $R_B = \sqrt{R_1 R_2}\,\frac{2N}{(N_2-1)} = \sqrt{600\times300} \times \frac{200}{(100)^2-1} = 8.5\Omega$

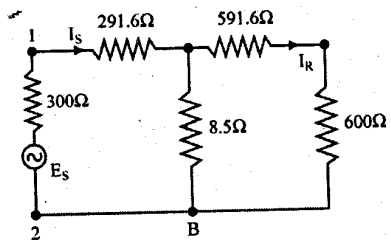
$R_A = R_1 \frac{N^2+1}{N^2-1} - R_B$

$= 300 \times \frac{100^2+1}{100^2-1} - 8.5 = 291.6\Omega$

$R_c = R_2 \frac{N^2+1}{N^2-1} = R_B$

$= 600 \times \frac{100^2+1}{100^2-1} - 8.5 = 591.6\Omega$

অ্যাটেনুয়েটরটি নিম্নরূপ ঃ



চিত্র ঃ ৫.১৬

৬। একটি অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর, যা 70Ω থেকে 600Ω-এর মধ্যে কাজ করে এবং 40dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,

$R_1 = 70\Omega$

$R_2 = 600\Omega$

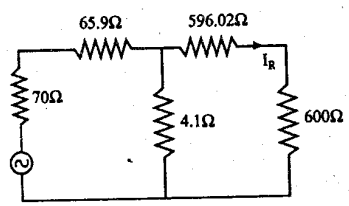
এবং $\alpha = 40$dB

আমরা জানি,

$\alpha = 20\log_{10} N$

বা, $N = 10^{\frac{\alpha}{20}} = 10^{\frac{40}{20}}$

$= (10)^2 = 100$



চিত্র ঃ ৫.১৭

আবার, $R_B = \sqrt{R_1 R_1}\,\frac{2N}{(N^2-1)} = \sqrt{70\times600} \times \frac{2\times100}{(100^2-1)}$

$= 4.1\Omega$

$R_A = R_1 \frac{(N^2+1)}{(N^2-1)} - R_B$

$= 70 \times \frac{(100^2+1)}{(100^2-1)} - 4.1 = 65.9\Omega$

$R_C = R_2 \frac{(N^2+1)}{(N^2-1)} - R_B$

$= 600 \times \frac{(100^2+1)}{(100^2-1)} - 4.1 = 596.02\Omega$

নির্ণেয় $R_A = 65.9\Omega$, $R_C = 596.02\Omega$ এবং $R_B = 4.1\Omega$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-৫

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **অ্যাটেনুয়েটর কী?**
অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০ (২০১৫(পরি)]
অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯]
অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ অ্যাটেনুয়েটর এমন এক ধরনের নেটওয়ার্ক, যা বৈদ্যুতিক সিগন্যালের স্তরকে নির্দিষ্ট মানে হ্রাস করতে পারে।

২। **ফিল্টার কী?**

উত্তর ঃ কোন নেটওয়ার্ক যদি নির্দিষ্ট সংখ্যক ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে এবং অন্যান্য ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়, তাহলে তাকে ফিল্টার বলে।

৩। **অ্যাটেনুয়েশনকে ডেসিবেল এবং নেপার এককে প্রকাশ কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ ডেসিবেল এককে অ্যাটেনুয়েশন $= 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

নেপার এককে অ্যাটেনুয়েশন $= \frac{১}{২}\log_e\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

৪। **সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।**

উত্তর ঃ সিরিজ রেজিস্ট্যান্স, $R_A = R\frac{(N-1)}{(N+1)}$

শান্ট রেজিস্ট্যান্স $R_B = 2R\frac{N}{(N^2-1)}$

যেখানে, $N = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$

৫। **সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।**

উত্তর ঃ সিরিজ রেজিস্ট্যান্স, $R_A = R\frac{(N^2-1)}{N}$

শান্ট রেজিস্ট্যান্স, $R_B = R\frac{(N+1)}{(N-1)}$

যেখানে, $N = \frac{R_AR_B + R_AR + R_BR}{R_BR}$

৬। **অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।**

উত্তর ঃ সিরিজ রেজিস্ট্যান্সদ্বয়, $R_A = R_1\frac{(N^2+1)}{(N^2-1)} - \sqrt{R_1R_2}\ \frac{2N}{(N^2-1)}$

এবং $R_C = R^2\frac{(N^2+1)}{(N^2-1)} - \sqrt{R_1R_2}\frac{2N}{(N^2-1)}$

শান্ট রেজিস্ট্যান্স, $R_B = \sqrt{R_1R_2}\frac{2N}{(N^2-1)}$

৭। **L- টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।**

উত্তর ঃ সিরিজ রেজিস্ট্যান্স, $R_A = \sqrt{R_1(R_1 - R_2)}$

শান্ট রেজিস্ট্যান্স, $R_B = R_2\sqrt{\frac{R_1}{R_1 - R_2}}$

৮। **লো-পাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ যে ফিল্টারের মধ্য দিয়ে নিম্ন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি সহজে গমন করে এবং উচ্চ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি গমন করতে বাধা পায়, তাকে লো-পাস ফিল্টার বলে।

৯। লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম লিখ।

উত্তর ঃ লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম ঃ

১। নিম্ন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি সহজে যেতে পারে।

২। উচ্চ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি বাধা পায়।

৩। কাট অফ ফিকুয়েন্সির পর অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড কাজ করে।

১০। লো-ফিল্টারের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে লো পাস ফিল্টার ব্যবহৃত হয় ঃ

১। পালসেটিং ডিসিকে বিশুদ্ধ ডিসিতে রূপান্তর করতে;

২। নয়েজ দূর করতে;

৪। পালস অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে।

১১। হাইপাস ফিল্ডার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর ঃ যে ফিল্টারের মধ্য দিয়ে নিম্নরেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি গমনে বাধা পায় এবং উচ্চরেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি সহজে গমন করে তাকে হাইপাস ফিল্টার বলে।

১২। হাইপাস ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর ঃ হাইপাস ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য ঃ

১। উচ্চ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়।

২। নিম্ন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি বাধা পায়।

৩। কাট অফ-ফ্রিকুয়েন্সির পূর্বে অ্যাটেনুয়েশন কাজ করে।

১৩। হাইপাস ফিল্টারের ব্যবহার লিখ।

উত্তর ঃ হাইপাস ফিল্টারকে নিচের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় ঃ

১। ফিল্টারিং এর কাজে;

২। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন সার্কিটে।

১৪। ব্যান্ড পাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১০,২০১২]

অথবা, ব্যান্ড পাস ফিল্টার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ যে ফিল্টারের মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি সহজে গমন করে এবং অন্যান্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে, তাকে ব্যান্ড পাস ফিল্টার বলে।

১৫। ব্যান্ড পাস ফিল্টারের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ ব্যান্ড পাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। রেডিও রিসিভারে,

২। টিভি রিসিভারে,

৩। FDM- এ।

১৬। ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ নির্দিষ্ট ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করাই এর প্রধান কাজ।

১৭। পাস ব্যান্ড বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১০]

উত্তর ঃ যে ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি কোন ফিল্টারের মধ্য দিয়ে সহজে গমন করে, তাকে পাস ব্যান্ড বলে।

১৮। অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ যে ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি কোন ফিল্টারের মধ্য দিয়ে গমন করতে পারে না তাকে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড বলে।

১৯। পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েটর কী?

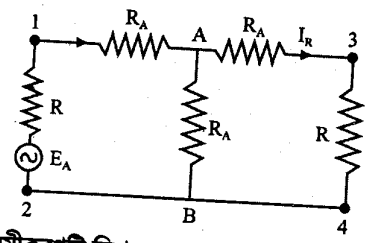
উত্তর ঃ যে অ্যাটেনুয়েটরের মান একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পরিবর্তন করা হলেও ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের মান অপরিবর্তিত থাকে, তাকে পরিবর্তনশীল অ্যাটেনুয়েটর বলে।

২০। **ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ যখন একাধিক সিমেট্রিক্যাল T বা π অ্যাটেনুয়েটরকে পরস্পরের সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয়, তখন যে নেটওয়ার্ক গঠিত হয়, তাকে ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটর বলে।

২১। **একটি T-Attenuator সার্কিট অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ নিম্নে T Attenuator সার্কিট অঙ্কন কর হল ঃ



২২। **dB ও N_P এর মধ্যকার সম্পর্কসূচক সমীকরণটি লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ 1 লেপার = 8.686 ডেসিবেল

বা 1 ডেসিবল = 0.115 নেপার।

২৩। **Decibel একক বলতে কী বুঝায়?**

অথবা, Decibel কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ ইনপুট ও আউটপুট পাওয়ারের 10 ভিত্তিক নগারিদমের 10 গুণকে ডেসিবল বলে। [বাকাশিবো-২১৫(পরি)]

অর্থাৎ $1dB = 10 \log_{10}\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **অ্যাটেনুয়েশনকে ডেসিবেল এককে নির্ণয় কর।**

অথবা, Attenuation-কে Decibel (dB) এককে প্রকাশ কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ যদি ইনপুট ও আউটপুট পাওয়ার যথাক্রমে P_1 ও P_2 হয়, তবে

পাওয়ার অনুপাতে অ্যাটেনুয়েশন $= 10 \log_{10}\left(\frac{P_1}{P_2}\right) dB$

আমরা জানি, $P_1 = I_1^2 R_0 = \frac{V_1^2}{R_0}$

এবং $P_2 = I_2^2 R_o = \frac{V_2^2}{R_0}$

যেখানে, ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স $= R_0$

ভোল্টেজ অনুপাতে অ্যাটেনুয়েশন $= 10 \log_{10}\left(\frac{\frac{V_1^2}{R_0}}{\frac{V_2^2}{R_0}}\right) dB$

$= 10 \log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 dB$

$= 20 \log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right) dB$

কারেন্ট অনুপাতে অ্যাটেনুয়েশন $= 10 \log_{10}\left(\frac{I_1^2 R_0}{I_2^2 R_0}\right) dB$

$= 10 \log_{10}\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 dB$

$= 20 \log_{10}\left(\frac{I_1}{I_2}\right) dB$

২। **অ্যাটেনুয়েশনকে নেপার এককে নির্ণয় কর।**

উত্তর ঃ যদি কোন নেটওয়ার্কের ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট এবং আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট যথাক্রমে V_1, I_1 ও V_2, I_2 হয়, তবে কারেন্ট বা ভোল্টেজের অনুপাতকে e ভিত্তিক লগারিদম দ্বারা নেপার সংজ্ঞায়িত করা হয়।

$\therefore$ অ্যাটেনুয়েশন $= \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ নেপার $= \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$ নেপার

আমরা জানি, $P_1 = I_1^2 R_0 = \frac{V_1^2}{R_0}$

এবং $P_2 = I_1^2 R_0 = \frac{V_2^2}{R_0}$

$$\therefore I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{R_0}},\ V_1 = \sqrt{P_1 R_0}$$

$$I_1 - \sqrt{\frac{P_2}{R_0}},\ V_2 = \sqrt{P_2 R_0}$$

সুতরাং $\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$

অতএব পাওয়ার অনুপাতে অ্যাটেনুয়েশন $= \ln\left(\sqrt{\frac{P_1}{P_2}}\right) = \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/2} = \frac{1}{2}\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ নেপার।

৩। **নেপার ও ডেসিবেলের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

[বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৬, ২০০৭, ২০০৮, ২০০৯, ২০০৯(পরি), ২০১০ (পরি), ২০১১, ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ আমরা জানি,

কোন টু-পোর্ট নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে

ডেসিবেল এককে অ্যাটেনুয়েশন $= 20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ dB

এবং নেপার এককে অ্যাটেনুয়েশন $= ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) N_p$

অর্থাৎ, $ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) N_P = 20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$ dB

বা, $1N_P = \frac{20\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{l_n\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}$ dB

$$= \frac{8.686 \times 2.303\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} \text{ dB}$$

$$= \frac{8.686 \times ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} \text{ dB} \qquad \left[\because ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = 2.303\log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)\right]$$

$\therefore 1N_P = 8.686$ dB

এবং $1\text{dB} = \frac{1}{8.686} N_P = 0.115\ N_p$

৪। **অ্যাটেনুয়েটরের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৮ ২০০৯, ২০১০]

উত্তর ঃ কোন অ্যাটেনুয়েটরের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এটা চার প্রান্তীয় বা দু'পোর্ট নেটওয়ার্ক।

২। একে রেজিস্টিভ উপাদান সমন্বয়ে গঠন করা হয়।

৩। এটা সিমেট্রিক্যাল বা অ্যাসিমেট্রিক্যাল ধরনের হতে পারে।

৪। এটা স্থির অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

৫। এটা অবশ্যই নির্দিষ্ট মানের ইম্পিড্যান্সের মাঝে কাজ করে।

৬। এটা সঠিক মানের ইনপুট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে।

৭। এটা সঠিক মানের আউটপুট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে।

৮। এটা প্রয়োজনীয় অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করতে সক্ষম।

৫। **ফিল্টারের প্রকারভেদ দেখাও।**

উত্তর ঃ ফিল্টারকে বিভিন্নভাবে শ্রেণিভেদ করা যায়। ফিল্টারের মধ্য দিয়ে গমনকৃত ফ্রিকুয়েন্সি এবং বাধা প্রদান করার সক্ষমতা অনুযায়ী ফিল্টারকে চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

১। লো পাস ফিল্টার (Low pass filter),

২। হাই পাস ফিল্টার (High pass filter),

৩। ব্যান্ড পাস ফিল্টার (Band pass filter),

৪। ব্যান্ড স্টপ ফিল্টার (Band stop filter)।

ফিল্টারের কার্যভেদে ফিল্টারকে নিম্নরূপে নামকরণ করা হয়ে থাকে।

১। ব্যালান্সড বা আন-ব্যালান্সড ফিল্টার (Balanced or unbalanced filter),

২। কনস্ট্যান্ট k- সেকশন ফিল্টার (Constant k-filter),

৩। M- ডিরাইভড্ ফিল্টার (M-derived filter),

৪। ক্রিস্টাল ফিল্টার (Crystal filter),

৫। ল্যাটিস ফিল্টার (Lattice filter)।

৬। **লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১১]

উত্তর ঃ **বৈশিষ্ট্য ঃ** লো পাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়।

১। নিম্ন মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়।

২। উচ্চ মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে।

৩। অ্যাটেনুয়েশন কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পর শুরু হয়।

৪। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পূর্বে পাস ব্যান্ড থাকে।

ব্যবহার ঃ লো পাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

১। পালসেটিং ডিসিকে বিশুদ্ধ ডিসিতে রূপান্তরিত করার ক্ষেত্রে,

২। টেলিফোন লাইনে,

৩। রেডিও ট্রান্সমিটারে হারমোনিক্স দূর করার ক্ষেত্রে,

৪। পালস অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে ফিল্টার হিসাবে।

৭। **হাইপাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৯(পরি)]

উত্তর ঃ **বৈশিষ্ট্য ঃ** হাইপাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। উচ্চমানের ফ্রিকুয়েন্সিকে সহজে যেতে দেয়।

২। নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সিকে বাধা প্রদান করে।

৩। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_C) এর পূর্বে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড থাকে।

৪। অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডের পর পাস ব্যান্ড শুরু হয়।

ব্যবহার ঃ হাইপাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। বিভিন্ন সার্কিট ডিসি ব্লকিং এর ক্ষেত্রে,

২। আর.এফ ডিভাইসে,

৩। ইমেজ প্রসেসিং ডিভাইসে।

৮। **ব্যান্ড পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ **বৈশিষ্ট্য ঃ** ব্যান্ড পাস ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এ ধরনের ফিল্টারে দুটি কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি থাকে।

২। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশ হল পাস ব্যান্ড।

৩। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের বাইরের অংশ হল অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড।

৪। এর মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিকে গমন করতে দেয়।

ব্যবহার ঃ ব্যান্ড পাস ফিল্টারকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। ওয়্যারলেস ট্রান্সমিটারে, সিগন্যাল ব্যান্ড উইডথকে নির্দিষ্ট রাখার জন্য।

২। ওয়্যারলেস রিসিভারে, নির্দিষ্ট রেঞ্জের সিগন্যালকে গ্রহণ করার জন্য।

৯। **ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ **বৈশিষ্ট্য ঃ** ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারে নিচের বৈশিষ্ট্যগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এ ধরনের ফিল্টারেও দুটি কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি থাকে।

২। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশ হল অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড।

৩। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিদ্বয়ের বাইরের অংশ হল পাস ব্যান্ড।

৪। এটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি গমনে বাধা দেয়।

ব্যবহার ঃ

১। রেডিও রিসিভারে ওয়েভ ট্রাপ হিসেবে।

২। পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের নন-লিনিয়ারিটি পরিমাপের ক্ষেত্রে।

৩। পাওয়ার লাইনে অ্যান্টি হাম (Hum) ফিল্টার হিসেবে।

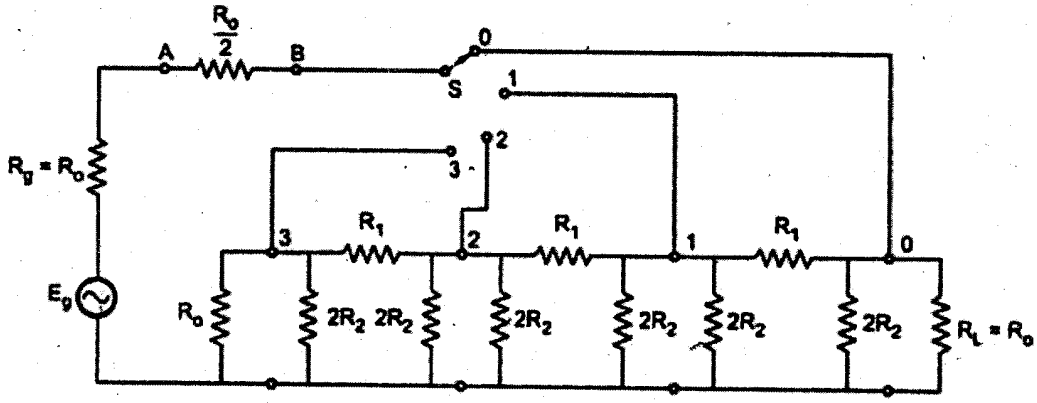
১০। **কানেকটিং α এবং Z_0 থিওরেমটি লিখ।** [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, α এর Z_0 সম্পর্কিত (Connecting) থিওরেমটি লিখ।

উত্তর ঃ ফিল্টার সার্কিট রিয়্যাকটিভ উপাদান সমন্বয়ে গঠিত হয়। ফলে ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাথে ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স পরিবর্তিত হয়। "যে রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সির জন্য ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ বা বাস্তব (Real) হয়, তবে ঐ ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট $\alpha = 0$ হয় এবং যে রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিতে ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 বিশুদ্ধ রিয়্যাকটিভ হয়, ঐ ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট α, শূন্য অপেক্ষা অধিক হয়।"

১১। ল্যাডার অ্যাটেনুয়েটরের চিত্র অংকন কর।

উত্তর ঃ



✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য। [বাকাশিবো-২০০০]

২। সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। L- টাইট অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৫.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন ধরনের ফিল্টারের ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.৮ ও ৫.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড ও আনব্যালান্সড্ T ও π সেকশন হিসাবে লো পাস ফিল্টার উপস্থাপন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৫.১০ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। কানেকটিং α ও Z_0 থিওরেম লিখ এবং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭, ২০১০(পরি), ২০১১]

অথবা, α এবং Z_0-এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত থিওরেমটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৭, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৫.১১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৬

বিশেষ ধরনের ফিল্টার
(Special Filter)

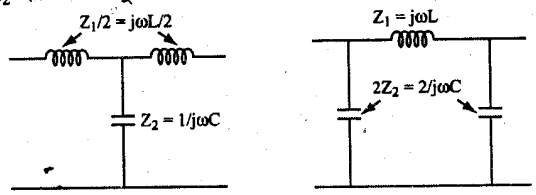
৬.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

এ অধ্যায়ে ফিল্টারের প্রয়োগ সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কৌশল আলোচনা করা হয়েছে। ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স, ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ শিফট বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা হয়েছে। কাঙ্ক্ষিত বৈশিষ্ট্যের ফিল্টার ডিজাইন করার কৌশল বর্ণনা করা হয়েছে। একটি বিশেষ ধরনের ফিল্টার যাকে ক্রিস্টাল ফিল্টার বলে তার বৈশিষ্ট্য বর্ণনা করা হয়েছে। এছাড়া ফিল্টার দ্বারা ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি আলোচনা করা হয়েছে।

৬.১ কনস্ট্যান্ট k ফিল্টার এবং কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি (Constant-k filter and cut-off frequency) ঃ

একটি T অথবা π ফিল্টারের ক্ষেত্রে যদি সিরিজ ও শান্ট বাহুর ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে Z_1 ও Z_2 হয় এবং $Z_1Z_2 = R_o^2$ হয়, যেখানে R_0 হল একটি বাস্তব ধ্রুবক (Real constant)। তখন একে কনস্ট্যান্ট K ফিল্টার বলা হয়।

কনস্ট্যান্ট -k ফিল্টার এবং কাট-অফ-ফ্রিকুয়েন্সি বর্ণনার জন্য লো-পাস ফিল্টার উদাহরণ হিসেবে বিবেচনা করা যাক। ৬.১ (ক) এবং (খ) নং চিত্রে লো-পাস T এবং π ফিল্টার দেখানো হয়েছে। লো-পাস ফিল্টারে সিরিজ ইম্পিড্যান্স হিসেবে ইন্ডাক্টর এবং প্যারালাল ইম্পিড্যান্স হিসেবে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয়। T-সেকশন ফিল্টার ইনপুট এবং আউটপুট বাহুতে সিরিজ $Z_1/2$ ইম্পিড্যান্স যুক্ত থাকে এবং মধ্য বাহুতে প্যারালালে Z_2 ইম্পিড্যান্স যুক্ত থাকে। আবার π সেকশন ফিল্টারে সিরিজ Z_1 ইম্পিড্যান্স এবং প্যারালালে Z_1 এর উভয় পার্শ্বে $2Z_2$ ইম্পিডেন্স যুক্ত থাকে।



(ক) (খ)

চিত্র ৬.১ (ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশন লো পাস ফিল্টার

T সেকশনে উভয় প্রান্তে সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

$$\frac{Z_1}{2} = \frac{j\omega L}{2}$$

মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

$$Z_1 = \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1}{2} = \frac{j\omega L}{2} + \frac{j\omega L}{2}$$
$$= j\omega L$$

প্যারালাল ইম্পিড্যান্স, $Z_2 = \frac{1}{j\omega C}$

π সেকশনে সিরিজ ইম্পিড্যান্স, $Z_1 = j\omega L$

উভয় পার্শ্বে প্যারালাল ইম্পিড্যান্স, $2Z_2 = \frac{1}{j\omega C/2} = \frac{2}{j\omega C}$

সুতরাং মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স, $Z_2 = \frac{2}{j\omega C} \,||\, \frac{2}{j\omega C} = \frac{1}{jwC}$

তাহলে উভয় ক্ষেত্রে,

মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স $= Z_1$

এবং মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স $= Z_2$

উভয় সার্কিটের ক্ষেত্রে, $Z_1 . Z_2 = j\omega L \times \frac{1}{j\omega C} = \frac{L}{C} = R_0^2$ (ধরি)

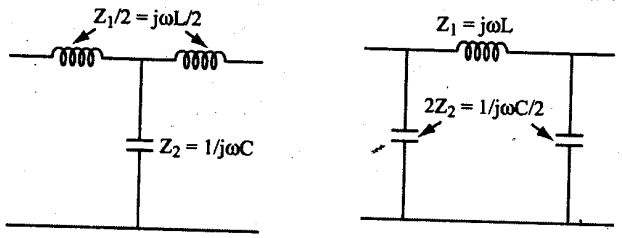
বা, $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ ..... (৬.১)

(৬.১) নং সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, R_0 একটি বাস্তব ইম্পিড্যান্স এবং এটা ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল নয়। ফলে এ ধরনের সার্কিটের বৈশিষ্ট্য ধ্রুব (Constant) থাকে। এজন্য এ ধরনের সার্কিটকে কনস্ট্যান্ট k সার্কিট বলে।

৬.২ T এবং π লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য (Characteristics of reactance frequency of T and p low pass and high pass filters) ঃ

৬.২.১ T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য (Characteristics of T and π section low pass filters) ঃ

৬.২ (ক) এবং (খ) নং চিত্রে লো-পাস ফিল্টারের যথাক্রমে T এবং π সেকশন দেখানো হয়েছে। পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে, লো-পাস ফিল্টারে সিরিজ ইম্পিড্যান্স হিসেবে ইন্ডাক্টর এবং প্যারালাল ইম্পিড্যান্স হিসেবে ক্যাপাসিটর যুক্ত করা হয়।



চিত্র ঃ ৬.২ (ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশন, লো পাস ফিল্টার

চিত্র হতে পাওয়া যায়,

মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

$$Z_1 = j\omega L$$

এবং মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স,

$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\therefore Z_1Z_2 = j\omega L.\frac{1}{j\omega C} = \frac{L}{C} = R_0^2 \text{ (ধরি)}$$

$$\therefore R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

এখানে বলা যায় যে, ফিল্টারের মূল ইম্পিড্যান্সদ্বয়ের গুণফল একটা ধ্রুব সংখ্যা এবং এটা ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল নয়। সুতরাং এ ধরনের ফিল্টারকে কনস্ট্যান্ট k-ফিল্টার বলা হয়।

T এবং π সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$$

$$\text{এবং } Z_{O\pi} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$$Z_1 = j\omega L = jX_1$$

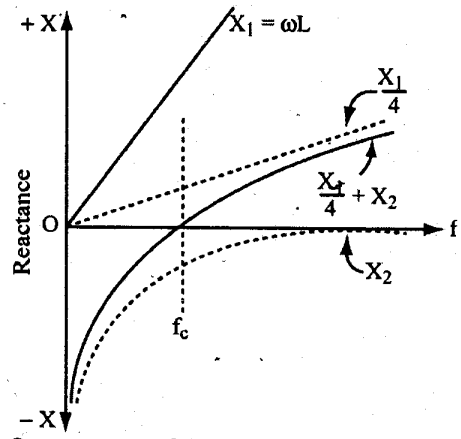
$$\text{এবং } Z_2 = \frac{1}{j\omega C} = jX_2$$

$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{\frac{(jX_1)^2}{4} + (X_1)(jX_2)} = \sqrt{-\frac{X_1^2}{4} - X_1X_2}$$

$$= \sqrt{-X_1\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)}$$

$$\text{এবং } Z_{o\pi} = \frac{(jX_1)(jX_2)}{\sqrt{\frac{(jX_1)^2}{4} + (jX_1)(jX_2)}} = \frac{-X_1X_2}{\sqrt{-\frac{X_1^2}{4} - X_1X_2}} = \frac{-X_1X_2}{\sqrt{-X_1\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)}}$$

ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের উভয় সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, $\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)$-এর মান ঋণাত্মক বা ধনাত্মক হলে ইম্পিড্যান্সের মান বাস্তব বা কাল্পনিক হবে। আবার $\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)$-এর মান ফ্রিকুয়েন্সির সাথে পরিবর্তিত হয় এবং ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে। ৬.৩নং চিত্রে X_1, $\frac{X_1}{4}$, X_2 এবং $\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)$-এর রিয়্যাকট্যান্সের কার্ভ ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাথে যে হারে পরিবর্তিত হয়, তা দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৩ লো পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

আমরা জানি,

$X_1 = \omega L = 2\pi fL$

সুতরাং ফ্রিকুয়েন্সি $f = 0$ হলে, $X_1 = 0$ হবে। আবার ফ্রিকুয়েন্সি $f = \infty$ হলে $X_1 = \infty$ হবে। ফলে X_1 এর মান 0 থেকে ∞ পর্যন্ত বর্ধিত হতে পারে। এটা কখনই ঋণাত্মক হবে না। এটা একটি সরল রেখা নির্দেশ করে, যা ৬.৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। একইভাবে $\frac{X_1}{4}$ অনুরূপ কার্ভ হবে, তবে এটার মান X_1 অপেক্ষা তিন চতুর্থাংশ কম হবে।

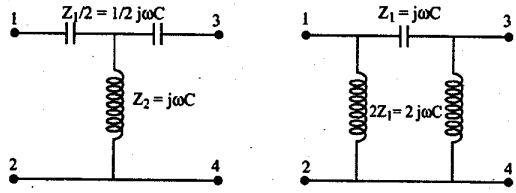
আমরা জানি, $X_2 = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi fC}$

সুতরাং ফ্রিকুয়েন্সি $f = 0$ হলে, $X_2 = -\infty$ হবে। আবার ফ্রিকুয়েন্সি $f = \infty$ হলে, $X_2 = 0$ হবে। ফলে X_2 এর মান $-\infty$ হতে হ্রাস পায় 0 পর্যন্ত উন্নীত হতে পারে। এটা কখনই ধনাত্মক হবে না। এটি একটি বক্ররেখা নির্দেশ করে, যা ৬.৩নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

ফলে ফ্রিকুয়েন্সি 0 থেকে ∞ পর্যন্ত পরিবর্তনে $\left(\frac{X_1}{4}+X_2\right)$-এর মান $-\infty$ থেকে ∞ পর্যন্ত পরিবর্তিত হয়। এটি একটি বক্ররেখা, যা ৬.৩নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

৬.২.২ T এবং π সেকশন হাইপাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য (Characteristics of T and π section high pass filters) ঃ

৬.৪(ক) এবং (খ) নং চিত্রে হাইপাস ফিল্টারের যথাক্রমে T এবং π সেকশন দেখানো হয়েছে। হাইপাস ফিল্টারে সিরিজ ইম্পিড্যান্স হিসেবে ক্যাপাসিটর এবং প্যারালাল ইম্পিড্যান্স হিসেবে ইন্ডাক্টর ব্যবহৃত হয়।



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৬.৪ (ক) হাইপাস ফিল্টারের T সেকশন এবং (খ) π সেকশন

চিত্র হতে পাওয়া যায় মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

$$Z_1 = \frac{1}{j\omega C} = jX$$

মোট প্যারালাল ইম্পিড্যান্স,

$$Z_2 = j\omega L = jX_2$$

$$\therefore Z_1 Z_2 = \frac{1}{j\omega C} \cdot j\omega L = \frac{L}{C} = R_0^2 \text{ (ধরি)}$$

$$\therefore R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

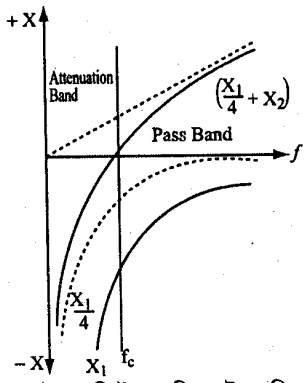
এখানে বলা যায় যে, ফিল্টারের মূল ইম্পিড্যান্সদ্বয়ের গুণফল একটি ধ্রুব সংখ্যা এবং এটা ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল নয়। সুতরাং এ ধরনের ফিল্টারকে কনস্ট্যান্ট -k ফিল্টার বলা যায়।

৬.৪ (ক) এবং (খ) নং চিত্র হতে T এবং π সেকশনের ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} = \sqrt{\frac{(jX_1)^2}{4} + (jX_1)\ (jX_2)} = \sqrt{-\frac{X_1^2}{4} - X_1X_2}\sqrt{-X_1\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)}$$

এবং $$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}} = \frac{jX_1\, jX_2}{\sqrt{\frac{(jX_1)^2}{4} + (jX_1)\,(jX_2)}} = \frac{X_1X_2}{\sqrt{-\left(\frac{X_1^2}{4} - X_1X_2\right)}}$$

ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের উভয় সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, $\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$-এর মান ঋণাত্মক বা ধনাত্মক হলে ইম্পিড্যান্সের মান বাস্তব বা কাল্পনিক হবে। আবার $\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$-এর মান ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের ধনাত্মক যা ঋণাত্মক হয়। ৬.৬ নং চিত্রে, X_1, $\frac{X_1}{4}$, X_2 এবং $\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$ রিয়্যাকট্যান্সে ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৫ হাইপাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

আমরা জানি, $X_1 = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi fC}$

সুতরাং ফ্রিকুয়েন্সি $f = 0$ হলে, $X_1 = -\infty$ এবং ফ্রিকুয়েন্সি $f = \infty$ হলে, $X_2 = 0$ হবে। তাহলে X_1 এর মান $-\infty$ থেকে হ্রাস পেয়ে 0 পর্যন্ত উন্নীত হতে পারে। এটি একটি বক্ররেখা নির্দেশ করে, যা ৬.৫ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। একইভাবে $\frac{X_1}{4}$ কার্ভটিও দেখানো হয়েছে।

আবার, $X_2 = \omega L = 2\pi fL$

সুতরাং ফ্রিকুয়েন্সি $f = 0$ হলে, $X_2 = 0$ এবং ফ্রিকুয়েন্সি $f = \infty$ হলে, $X_2 = \infty$ হবে। তাহলে X_2 এর মান 0 হতে ∞ পর্যন্ত বর্ধিত হতে পারে। এটা একটা সরলরেখা নির্দেশ করে, যা ৬.৫ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

একইভাবে দেখানো হয় যে, $\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$-এর মান $-\infty$ থেকে ∞ পর্যন্ত বর্ধিত হতে পারে এটি অবশ্যই বক্ররেখা হবে, যা ৬.৫নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

৬.৩ অ্যাটেনুয়েশন বনাম ফ্রিকুয়েন্সি, ফেজ শিফট বনাম ফ্রিকুয়েন্সি, ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স বনাম ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Attenuation vs frequency, phase shift vs frequency, characteristics impedance vs frequency curve) ঃ

৬.৩.১ লো-পাস ফিল্টারের T এবং π সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Characteristics impedance-frequency curve of low pass T and π section filters) ঃ

৬.২(ক) নং চিত্র হতে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0, পাস ব্যান্ডের জন্য,

$$Z_{OT} = \sqrt{Z_1 . Z_2 + \frac{Z_1^2}{4}} = \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{\omega^2 L^2}{4}}$$

$$= \sqrt{\frac{L}{C}} \times \sqrt{1 - \frac{\omega^2 LC}{4}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \times \sqrt{1 - \omega^2 . \frac{LC}{4}} \quad \ldots\ldots (৬.২)$$

কিন্তু, $R_0 = \frac{L}{C}$ এবং কাট-অফ-ফ্রিকুয়েন্সি (f_C)-এ,

$$\frac{\omega_C^2 LC}{4} = 1$$

$$\therefore \frac{LC}{4} = \frac{1}{\omega_C^2}$$

সুতরাং (৬.২) নং সমীকরণ দাঁড়ায়,

$$Z_{OT} = R_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_C}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.৩)$$

$$= R_0 \times \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_C}\right)^2}$$

৬.২(খ) নং চিত্র হতে π সেকশনে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়,

$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_{OT}} = \frac{R_0^2}{R_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_C}\right)^2}}$$

$$= \frac{R_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_C}\right)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.৪)$$

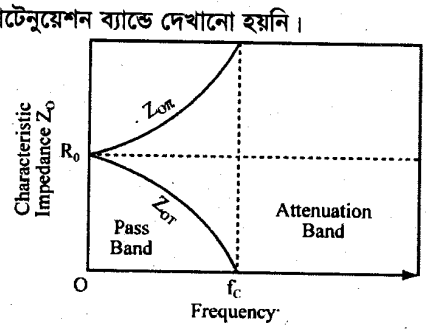
যখন $f = 0$, তখন (৬.৩) এবং (৬.৪) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{OT} = R_0 \text{ এবং } Z_{O\pi} = R_0$$

আবার যখন $f = f_C$, তখন (৬.৩) এবং (৬.৪) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{OT} = 0 \text{ এবং } Z_{O\pi} = \infty$$

ফলে পাস ব্যান্ডে, $f = f_C$, সেকশন ফিল্টারে রেজিস্ট্যান্স শূন্য (0) হতে R_0 এর মধ্যে পরিবর্তিত হয়, যেখানে π সেকশন ফিল্টারে রেজিস্ট্যান্স R_0 হতে α পর্যন্ত পরিবর্তিত হয়। অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডে উভয় সেকশনের জন্য কারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O এর মান কাল্পনিক হয়। ৬.৬নং চিত্রে T এবং π সেকশন লো পাস ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, ফ্রিকুয়েন্সি শূন্য হতে f_C পর্যন্ত পরিবর্তনে দেখানো হয়েছে এবং অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডে দেখানো হয়নি।



চিত্র ঃ ৬.৬ পাস ব্যান্ডে লো পাস T এবং π সেকশন ফিল্টারে ইম্পিড্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

৬.৩.২ লো-পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Attenuation vs frequency curve of low pass filter) ঃ

আমরা জানি, সিরিজ এবং শান্ট বাহুর ইম্পিড্যান্সের ক্ষেত্রে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট,

$$\sinh\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{Z_1}{4Z_2}} \quad \text{..... (৬.৫)}$$

লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$Z_1 = j\omega L$

এবং $Z_2 = \frac{1}{j\omega C}$

(৬.৫) নং সমীকরণে Z_1 ও Z_2 এর মান বসিয়ে পাই,

$$\sinh\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{j\omega L}{4\left(\frac{1}{j\omega C}\right)}} = \sqrt{-\frac{\omega^2 LC}{4}} = j\omega\frac{\sqrt{LC}}{2} \quad \text{..... (৬.৬)}$$

কিন্তু লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি

$$\omega_c = \frac{2}{\sqrt{LC}}$$

$$\therefore \frac{1}{\omega_c} = \frac{\sqrt{LC}}{2}$$

তাহলে, $\sinh\frac{\gamma}{2} = j\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right) = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$ ..... (৬.৭)

বা, $\sinh\left(\frac{\alpha + j\beta}{2}\right) = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$ $[\because \gamma = \alpha + j\beta)$

বা, $\sinh\left(\frac{a}{2} + j\frac{\beta}{2}\right) = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cosh j\frac{\beta}{2} + \cosh\frac{\alpha}{2}\sinh j\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\beta}{2} + j\cosh\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$

এখন, পাস ব্যান্ডের ক্ষেত্রে $\alpha = 0$। সুতরাং α কে স্টপ ব্যান্ডে হিসাব করতে হবে। যেখানে $\beta = \pi^C$

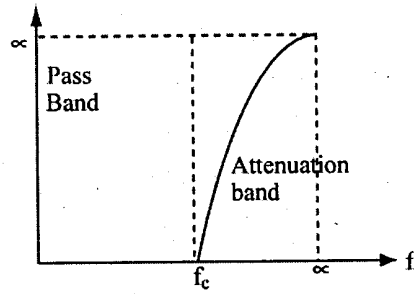
$\therefore \cos\frac{\beta}{2} = \cos\frac{\pi}{2} = 0$ এবং $\sin\frac{\beta}{2} = \sin\frac{\pi}{2} = 1$

সুতরাং অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট,

$$j\cosh\frac{\alpha}{2} = j\frac{f}{f_c}$$

$$\therefore \alpha = 2\cosh^{-1}\left(\frac{f}{f_c}\right) \quad \text{..... (৬.৮)}$$

সমীকরণ ৬.৮-এ ফ্রিকুয়েন্সি f-কে কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি f_c-এর বেশি রাখলে এবং বৃদ্ধি করলে অ্যাটেনুয়েশন বৃদ্ধি পায়। ৬.৭নং চিত্রে ফ্রিকুয়েন্সির সাথে α-এর পরিবর্তনের কার্ভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৭ অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

৬.৩.৩ লো-পাস ফিল্টারের ফেজ শিফট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Phase shift vs frequency curve of low pass filter) ঃ

(৬.৭) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\sinh\frac{\gamma}{2} = j\left(\frac{f}{f_c}\right) \quad \text{.....(৬.৯)}$$

বা, $\sinh\left(\frac{\alpha}{2} + j\frac{\beta}{2}\right) = j\frac{f}{f_c}$ $\quad [\because \gamma = \alpha + j\beta)$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\beta}{2} + j\cosh\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$ .....(৬.১০)

এখন, স্টপ ব্যান্ডের জন্য $\beta = \pi$। সুতরাং β-কে পাস ব্যান্ডের জন্য হিসাব করতে হবে, সেখানে $\alpha = 0$।

$\therefore \sinh\frac{\alpha}{2} = \sinh 0 = 0$

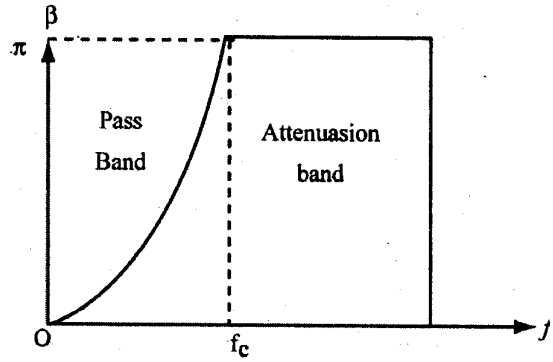
এবং $\cosh\frac{\alpha}{2} = \cosh 0 = 1$

সুতরাং ফেজ শিফট,

$$j\sin\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f}{f_c}\right)$$

$$\beta = 2\sin^{-1}\left(\frac{f}{f_c}\right) \quad \text{..... (৬.১১)}$$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, যদি ফ্রিকুয়েন্সি f শূন্য (0) থেকে f_c পর্যন্ত বৃদ্ধি পায় তবে β এর মান 0 থেকে π পর্যন্ত বৃদ্ধি পাবে। ৬.৮ নং চিত্রে ফেজ শিফট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৮ লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে ফেজ শিফট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

৬.৩.৪ হাইপাস T এবং π সেকশন ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Characteristics impedance frequency curve of T and π section high pass filters) ঃ

৬.৪নং চিত্র হতে পাস ব্যান্ডে ক্যারেকটাসিটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 পাওয়া যায়,

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$$

হাইপাস ফিল্টারে,

$$Z_1 = \frac{1}{j\omega C}$$

এবং $Z_2 = j\omega L$

$$\therefore Z_{OT} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{j\omega C}\right)^2}{4} + \left(\frac{1}{j\omega C}\right)(j\omega L)}$$

$$= \sqrt{-\frac{1}{4\omega^2C^2} + \frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{L}{C} - \frac{1}{4\omega^2C^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{L}{C}\left(1 - \frac{1}{4\omega^2LC}\right)} = \sqrt{\frac{L}{C}} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1}{\omega^2} \times \frac{1}{4LC}\right)}$$

কিন্তু, $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ ।

হাইপাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি সম্পর্ক থেকে পাওয়া যায়,

$$\omega_c^2 = \frac{1}{4LC} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.১২)$$

$$\therefore Z_{OT} = R_0\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_C}{\omega}\right)^2}$$

$$= R_0\sqrt{1 - \left(\frac{f_C}{f}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.১৩)$$

π সেকশন ফিল্টারের জন্য,

$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}} = \frac{Z_1Z_2}{Z_{OT}} = \frac{R_0^2}{R_0\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}}$$

$$= \frac{R_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.১৪)$$

(৬.১৩) এবং (৬.১৪) নং সমীকরণ যথাক্রমে T এবং π সেকশন ফিল্টারের ক্যারেকটাসটিক ইম্পিড্যান্স নির্দেশ করে।

হাইপাস ফিল্টারে $f = 0$ থেকে $f = f_C$ পর্যন্ত অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড এবং এ ব্যান্ডে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স কাল্পনিক। কিন্তু পাস ব্যান্ড $f = f_C$ থেকে $f = \infty$ পর্যন্ত বিস্তৃত।

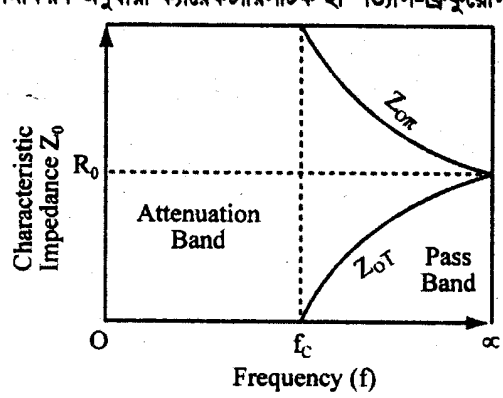
যখন $f = f_C$, তখন (৬.১৩) এবং (৬.১৪) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়

$Z_{OT} = 0$ এবং $Z_{O\pi} = \infty$ ।

আবার যখন $f = \alpha$, (৬.১৩) এবং (৬.১৪)নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$Z_{OT} = \alpha$ এবং $Z_{O\pi} = 0$ ।

সুতরাং (৬.১৩) এবং (৬.১৪) নং সমীকরণ অনুযায়ী ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ ৬.৯নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৯ হাই পাস ফিল্টারে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

৬.৩.৫ হাইপ্যাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Attenuation vs frequency curve of high pass filter) ঃ

আমরা জানি, সিরিজ এবং শান্ট বাহুর ক্ষেত্রে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট,

$$\sinh\frac{\gamma}{2}=\sqrt{\frac{Z_1}{4Z_2}} \quad \text{.....} \quad (৬.১৫)$$

হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$$Z_1=\frac{1}{j\omega C} \text{ এবং } Z_2=j\omega L$$

(৬.১৫)নং সমীকরণে Z_1 এবং Z_2-এর মান বসিয়ে পাই,

$$\sinh\frac{\gamma}{2}=j\sqrt{\frac{1}{(j\omega C)\,4\,(j\omega L)}}=\sqrt{-\frac{1}{4\omega^2 LC}}=j\frac{1}{\omega(2\sqrt{LC})}$$

কিন্তু, হাইপাস ফিল্টারের কাট-অব ফ্রিকুয়েন্সি,

$$\omega_c=\frac{1}{2\sqrt{LC}}$$

$$\therefore \sinh\frac{\gamma}{2}=j\left(\frac{\omega_c}{\omega}\right)=j\left(\frac{f_c}{f}\right) \quad \text{.....} \quad (৬.১৬)$$

বা, $\sinh\left(\frac{\alpha}{2}+j\frac{\beta}{2}\right)=j\left(\frac{f_c}{f}\right)$ $\qquad [\because \gamma=\alpha+j\beta]$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cos j\frac{\beta}{2}+\cosh\frac{\alpha}{2}\sin j\frac{\beta}{2}=j\left(\frac{f_c}{f}\right)$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\beta}{2}+j\cosh\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\beta}{2}=j\left(\frac{f_c}{f}\right)$

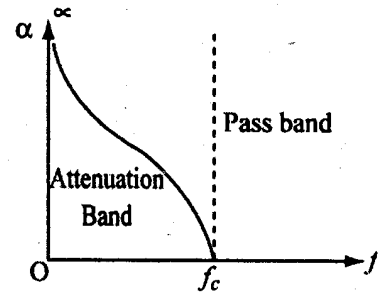
যেহেতু হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে পাস ব্যান্ডে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট $\alpha=0$। সেহেতু α-কে স্টপ ব্যান্ডে হিসাব করতে হবে, যেখানে $\beta=\pi$।

$$\therefore \cos\frac{\beta}{2}=\cosh\frac{\pi}{2}=0 \text{ এবং } \sin\frac{\beta}{2}=\sin\frac{\pi}{2}=1$$

তাহলে, $j\cosh\frac{\alpha}{2}=j\left(\frac{f_c}{f}\right)$

$$\alpha=2\cosh^{-1}\left(\frac{f_c}{f}\right) \quad \text{.....} \quad (৬.১৭)$$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, হাইপাস ফিল্টারের স্টপ ব্যান্ডে ফ্রিকুয়েন্সি f-কে 0 থেকে f_c পর্যন্ত বৃদ্ধি করলে অ্যাটেনুয়েশন ∞ থেকে 0-তে হ্রাস পায়। চিত্র ঃ ৬.১০-এ হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১০ হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

৬.৩.৬ হাইপাস ফিল্টারের ফেজে শিফট-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ (Phase shift vs frequency curve of high pass filter) ঃ

সমীকরণ (৬.১৬) থেকে পাই,

$$\sinh\frac{\gamma}{2} = j\left(\frac{f_c}{f}\right) \quad \text{.....} \quad (৬.১৮)$$

বা, $\sinh\left(\frac{\alpha}{2} + j\frac{\beta}{2}\right) = j\left(\frac{f_c}{f}\right)$

বা, $\sinh\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\beta}{2} + j\cosh\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f_c}{f}\right)$

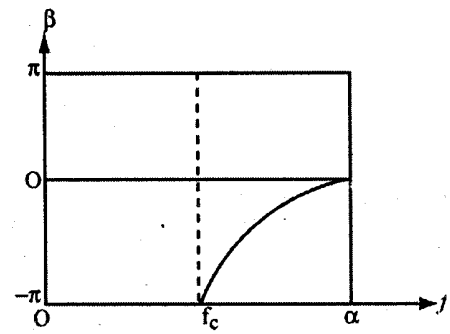
এখন, স্টপ ব্যান্ডের ক্ষেত্রে $\beta = \pi$। সুতরাং β কে পাস ব্যান্ডের জন্য হিসাব করতে হবে, যেখানে $\alpha = 0$।

$\sinh\frac{\alpha}{2} = \sinh 0 = 0$ এবং $\cosh\frac{\alpha}{2} = \cosh 0 = 1$

সমীকরণ (৬.১৬) থেকে পাই,

$$j\sin\frac{\beta}{2} = j\left(\frac{f_c}{f}\right)$$

$$\therefore \beta = 2\sin^{-1}\left(\frac{f_c}{f}\right) \quad \text{.....} \quad (৬.১৯)$$



চিত্র ঃ ৬.১০ (খ) হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে ফেজ শিফট-ফ্রিকোয়েন্সি কার্ভ

৬.৪ লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি (Cut off frequency in low pass and high pass filter) ঃ

লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$X_1 = \omega L$

এবং $X_2 = -\frac{1}{\omega C}$

কার্ট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিতে $\frac{X_1}{4} + X_2$ এর মান 0 (শূন্য) হয়,

$$\therefore \frac{X_1}{4} + X_2 = 0$$

বা, $\frac{w_C L}{4} - \frac{1}{w_c C} = 0$

বা, $\frac{w_c L}{4} = \frac{1}{w_c C}$

বা, $\omega_C^2 = \frac{4}{LC}$

বা, $\omega_C = \sqrt{\frac{4}{LC}}$

বা, $\omega_C = \frac{2}{\sqrt{LC}}$

বা, $2\pi f_C = \frac{2}{\sqrt{LC}}$

$$\therefore f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \quad \text{.....} \quad (৬.২০)$$

(৬.২০) নং সমীকরণ লো-পাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্দেশ করে।

হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$X_1 = -\frac{1}{\omega C}$

এবং $X_2 = \omega L$

কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিতে $\left(\frac{X_1}{4} + X_2\right)$-এর মান শূন্য হয়।

সুতরাং f_C ফ্রিকুয়েন্সিতে,

$-\frac{1}{4w_cC} + \omega_cL = 0$

বা, $\omega_cL = \frac{1}{4\omega_cC}$

বা, $\omega_c^2 = \frac{1}{4LC}$

বা, $\omega_c = \sqrt{\frac{1}{4LC}}$

$= \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

বা, $2\pi f_c = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

$\therefore f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$ ..... (৬.২১)

(৬.২১) নং সমীকরণ হাই পাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্দেশ করে।

৬.৫ m-ডিরাইভ ফিল্টার (m- derive filter) ঃ

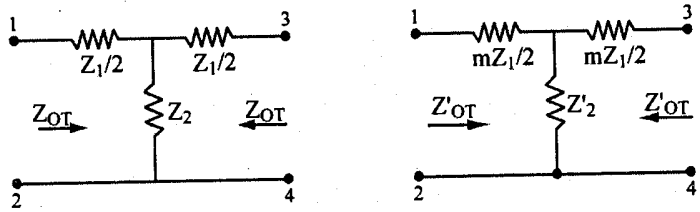
উপরের অনুচ্ছেদগুলোতে কনস্ট্যান্ট k টাইপ বা প্রটোটাইপ (Prototype) ফিল্টার সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এ ধরনের ফিল্টারে প্রধানত দু'টো অসুবিধা পরিলক্ষিত হয়।

প্রথমত ঃ এ ধরনের ফিল্টারসমূহের অ্যাটেনুয়েশন, কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সির কাছাকাছি দ্রুত বৃদ্ধি লাভ করে না। ফলশ্রুতিতে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডেও কিছু ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল আউটপুটে পাওয়া যায়। অন্যভাবে বলা যায়, অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড এবং পাস ব্যান্ড খুব সূক্ষ্মভাবে সংজ্ঞায়িত বা পৃথক করা যায় না।

দ্বিতীয়ত ঃ এ ধরনের ফিল্টারসমূহের পাস ব্যান্ডে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স স্থির থাকে না। ফলে এ ধরনের ফিল্টারকে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না।

এ অসুবিধাগুলো দূর করার জন্য উন্নত ফিল্টার সেকশন আবশ্যক হয়। এ অসুবিধাগুলো দূর করে যে উন্নত ফিল্টার ব্যবহার করা হয়, তাকে m-ডিরাইভ ফিল্টার বলে।

মূলত m-ডিরাইভ ফিল্টার একটি কনস্ট্যান্ট -k বা প্রটোটাইপ ফিল্টারের উন্নত রূপ, যার সিরিজ এবং শান্ট বাহুতে পরিবর্তন করা হলেও ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের কোন পরিবর্তন সাধিত হয় না। একটি সিমেট্রিক্যাল T সেকশন বিবেচনা করা যাক, যার সিরিজ ইম্পিড্যান্স Z_1 এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স Z_2, চিত্র ৬.১১(ক)। এটার সিরিজ বাহুর ইম্পিড্যান্স Z_1 কে এমনভাবে পরিবর্তন করা হয়, যাতে প্রত্যেকটি সিরিজ বাহুর উপাদান $(mZ_1/2)$ এর সমান হয়। শান্ট বাহুর ইম্পিড্যান্সও এমনভাবে পরিবর্তন করা হয়, যাতে উভয় সেকশনের কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটে। ধরা যাক, পরিবর্তিত শান্ট ইম্পিড্যান্স Z'_2 যা ৬.১১(খ)নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১১ (ক) সিমেট্রিক্যাল T সেকশন এবং (খ) m-ডিরাইভ T সেকশন

৬.১১ (ক) নং চিত্র হতে পাওয়া যায়, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$$

৬.১১ (খ)নং চিত্র হতে পাওয়া যায়, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z'_{OT} = \sqrt{\frac{(mZ_1)^2}{4} + (mZ_1)\, Z'_2} = \sqrt{\frac{(mZ_1)^2}{4} + mZ_1 Z'_2}$$

যেহেতু, $Z_{OT} = Z'_{OT}$

$$\therefore \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} = \sqrt{\frac{m^2 Z_1^2}{4} + mZ_1 Z'_2}$$

বা, $\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2 = \frac{m^2 Z_1^2}{4} + mZ_1\, Z'_2$

বা, $Z_1\left(\frac{Z_1}{4} + Z_2\right) = Z_1\left(\frac{m^2 Z_1}{4} + m\, Z'_2\right)$

বা, $\frac{Z^1}{4} + Z_2 = \frac{m^2 Z_1}{4} + mZ'_2$

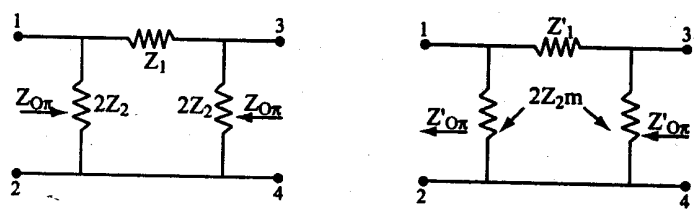
বা, $mZ'_2 = Z_2 + \frac{Z_1}{4} - \frac{m^2 Z_1}{4} = Z_2 + \frac{Z_1}{4}(1 - m^2)$

$$\therefore Z'_2 = \frac{Z_2}{m} + \frac{Z_1}{4m}(1 - m^2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২২)$$

(৬.২২) নং সমীকরণ নির্দেশ করে যে, m-ডিরাইভ ফিল্টারের শান্ট বাহু দু'টি ইম্পিড্যান্স (Z_2/m) এবং $(1-m^2)\, Z_1/4m$ এর সিরিজে যুক্ত ইম্পিড্যান্স।

Z_2 কে বাহ্যিকভাবে উপলব্ধি করার জন্য m-এর মান অবশ্যই এক অপেক্ষা কম হতে হয়। কারণ, $m > 1$ হলে $(1 - m^2)\, Z_1/4m$ এর মান ঋণাত্মক হবে, যা গ্রহণযোগ্য নয় এবং $m = 1$ হলে, সার্কিটটি প্রকৃতপক্ষে কনস্ট্যান্ট k ফিল্টারে রূপান্তরিত হবে। সুতরাং m-এর মান 0 হতে 1 এর মধ্যে হতে হবে।

π সেকশনেও একইভাবে পরিবর্তন করা হয়। π সেকশনের প্রত্যেকটি শান্ট বাহুকে $(2\, Z_2/m)$- এ পরিবর্তন করা হয় এবং সিরিজ বাহুকে Z'_1 দ্বারা পরিবর্তন করা হয়, যাতে নেটওয়ার্কের কোন পরিবর্তন না হয়। ৬.১২ (ক) নং চিত্রে সিমেট্রিক্যাল π সেকশন এবং ৬.১২ (খ) নং চিত্রে পরিবর্তিত m-ডিরাইভ π সেকশন দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১২ (ক) সিমেট্রিক্যাল π সেকশন এবং (খ) m-ডিরাইভ π সেকশন

৬.১২ (ক) নং চিত্র হতে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 পাওয়া যায়,

$$Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}}$$

৬.১২(খ) নং চিত্র হতে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 পাওয়া যায়,

$$Z'_{O\pi} = \frac{Z'_1\, Z_2/m}{\sqrt{\frac{Z'^2_1}{4} + (Z'_1\, Z_2/m)}}$$

যেহেতু $Z_{O\pi} = Z'_{O\pi}$

বা, $$\frac{Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}} = \frac{Z_2/m}{\sqrt{\frac{Z'^2_1}{4} + (Z'_1 Z_2/m)}}$$

বা, $$\frac{Z_2}{\frac{1}{Z_1}\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}} = \frac{Z_2/m}{\frac{1}{Z'_1}\sqrt{\frac{Z'^2_1}{4} + (Z'_1 Z_2/m)}}$$

বা, $$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{Z_2}{Z_1}}} = \frac{1}{m\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{Z_2}{mZ'_1}}}$$

বা, $$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{Z_2}{Z_1}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{m^2}{4} + m\frac{Z_2}{Z'_1}}}$$

বা, $$\sqrt{\frac{m^2}{4} + m\frac{Z_2}{Z'_1}} = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{Z_2}{Z_1}}$$

বা, $$\frac{m^2}{4} + m\frac{Z_2}{Z'_1} = \frac{1}{4} + \frac{Z_2}{Z_1}$$

বা, $$m\frac{Z_2}{Z'_1} = \frac{1}{4} - \frac{m^2}{4} + \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{(1-m^2)}{4} + \frac{Z_2}{Z_1}$$

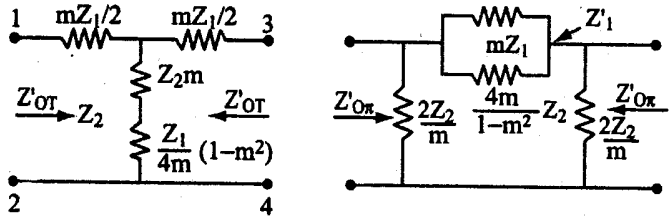
বা, $$m\frac{Z_2}{Z'_1} = \frac{Z_1(1-m^2) + 4Z_2}{4Z_1}$$

বা, $$\frac{Z'_1}{mZ_2} = \frac{4Z_1}{Z_1(1-m^2) + 4Z_2} = \frac{\frac{m}{1-m^2} \times 4Z_1}{\frac{m}{(1-m^2)} \times [Z_1(1-m^2) + 4Z_2]}$$

$$= \frac{mZ_1 \times \frac{4}{(1-m^2)}}{mZ_1 + \frac{4m}{(1-m^2)} Z_2}$$

$$\therefore Z'_1 = \frac{mZ_1 \times \frac{4m}{(1-m^2)} \cdot Z_2}{mZ_1 + \frac{4m}{(1-m^2)} Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২৩)$$

(৬.২৩) নং সমীকরণ নির্দেশ করে যে, Z'_1 ইম্পিড্যান্সটি mZ_1 এবং $\frac{4m}{(1-m)^2} Z_2$ ইম্পিড্যান্সদ্বয়ের প্যারালালে গঠিত। ৬.১৩ (ক) এবং ৬.১৩(খ) নং চিত্রে যথাক্রমে m- ডিরাইভ T এবং π সেকশন দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১৩ (ক) m ডিরাইভ T-সেকশন এবং (খ) m-ডিরাইভ π সেকশন

৬.৬ ক্রিস্টাল ফিল্টার (Crystal filter) ঃ

কিছু ম্যাটেরিয়াল (Material) আছে, যেমন– কোয়ার্টজ (Quartz), তারা গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে। এরূপ বৈশিষ্ট্য হল ঃ যখন কোয়ার্টজকে ক্রিস্টাল আকারে কর্তন করে উপযুক্ত তলদ্বয়ের মধ্যে যান্ত্রিক (Mechanical) বল প্রয়োগ করা হয়, তখন অপর তলদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এ ধরনের যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করার বৈশিষ্ট্যকে পিজো-ইলেকট্রিক ইফেক্ট (Piezo-electric effect) বলে।

এ ধরনের ক্রিস্টালের অপর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হল, উচ্চ ম্যাগনিফিকেশন ফ্যাক্টর ω বিশিষ্ট সিরিজ রেজন্যান্ট সার্কিট হিসেবে আচরণ করে। এ সিরিজ রেজন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিকে 'f_c' দ্বারা নির্দেশ করা হয় এবং এটার মান ক্রিস্টালের যান্ত্রিক মাত্রার উপর নির্ভর করে।

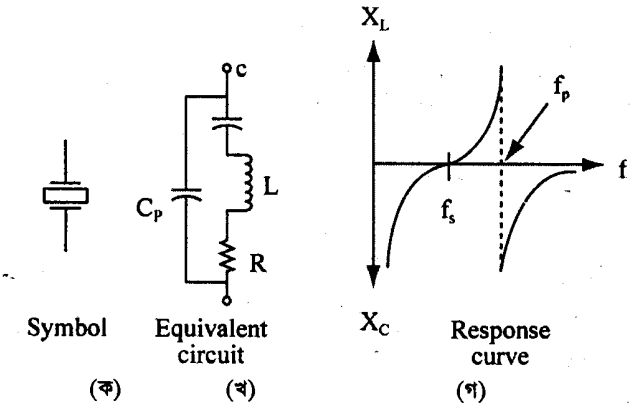
সাধারণত ক্রিস্টালকে দু'টি মেটালিক প্লেটের মধ্যে স্থাপন করা হয়। এ প্লেটদ্বয় ক্রিস্টালকে যান্ত্রিক আঘাত থেকে সুরক্ষা করে এবং ক্রিস্টাল হতে বাহিরের সার্কিটে বৈদ্যুতিক সংযোগ প্রান্ত হিসেবে কাজ করে। ৬.১৪ (ক) নং চিত্রে একটি কোয়ার্টজ ক্রিস্টালকে দুটি ধাতব প্লেটের মধ্যে স্থাপন করা হয়েছে, এরূপ দেখানো হয়েছে।

এ প্লেটদ্বয় একটি অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা পৃথক করা থাকে, ফলে প্লেটদ্বয়ের মধ্যে একটি ক্যাপাসিটর গঠিত হয় এবং এ ক্যাপাসিটরটি ক্রিস্টালের প্যারালালে সংযুক্ত হয়। এ ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্সকে 'C_p' দ্বারা নির্দেশ করা হয়। ৬.১৪ (খ) নং চিত্রে ক্রিস্টালের সমতুল্য সিরিজ বর্তনী এবং এর সাথে প্লেটদ্বয়ের মধ্যবর্তী ক্যাপাসিটর C_p-এর প্যারালাল সংযোগ প্রদর্শন করা হয়েছে।

ক্রিস্টালের রিয়্যাকট্যান্স কার্ভ অংকন করার নিমিত্তে ক্রিস্টালে একটি পরিবর্তনশীল ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগন্যাল প্রয়োগ করতে হয় এবং বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে রিয়্যাকট্যান্স নির্ণয় করতে হয়।

যখন সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি শূন্য থাকে, তখন ক্রিস্টালের উভয় বাহুর ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স অসীম হয় এবং সমতুল্য বর্তনীর মোট ইম্পিড্যান্স অসীম হয়। সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করা হলে ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স হ্রাস পায় এবং ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সার্কিটের মোট রিয়্যাকট্যান্স হ্রাস পায়।

f_s ফ্রিকুয়েন্সিতে, সিরিজ রেজন্যান্স পাওয়া যায় এবং সার্কিট ইম্পিড্যান্স শূন্য হয়। f_s ফ্রিকুয়েন্সির অধিক ফ্রিকুয়েন্সিতে, সিরিজ সার্কিট ইন্ডাক্টিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করে এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকটিভ C_p-এর সাথে প্যারালাল হয়। f_p ফ্রিকুয়েন্সিতে কার্যকরী ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স C_p-এর ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্সের সমান হয় এবং তখন সার্কিটটি প্যারালাল রেজন্যান্টে কাজ করে। f_p ফ্রিকুয়েন্সির অধিক ফ্রিকুয়েন্সিতে, সার্কিটের ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স অপেক্ষা অধিক হয় এবং তখন সার্কিটের ফলাফল রিয়্যাকট্যান্স ইন্ডাকটিভ হয়। ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনে ক্রিস্টালের রিয়্যাকট্যান্সের পরিবর্তন ৬.১৪(গ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১৪ (ক) প্লেটদ্বয়ের মধ্যে ক্রিস্টাল স্থাপন, (খ) ক্রিস্টালের বৈদ্যুতিক সমতুল্য বর্তনী, (গ) ক্রিস্টালের রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ

সমতুল্য বর্তন হতে সিরিজ রেজন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি f_s এবং প্যারালাল রেজন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি f_p এর মধ্যে সম্পর্ক নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায়।

সিরিজ শাখার ইম্পিড্যান্স $j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$

প্যারালাল শাখায় ইম্পিড্যান্স $= \frac{1}{j\omega C_P}$

ক্রিস্টালের মোট ইম্পিড্যান্স,

$$Z = \frac{j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \times \frac{1}{j\omega C_p}}{j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} - \frac{1}{\omega C_p}\right)} = -j\frac{\frac{(\omega^2 LC - 1)}{\omega C} \times \frac{1}{\omega C_p}}{\left[\omega L - \left(\frac{C+C_p}{\omega C C_p}\right)\right]}$$

$$= -j\frac{(\omega^2 LC - 1)}{\omega C_p\left[\omega^2 LC - \left(\frac{C + C_p}{C_p}\right)\right]} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২৪)$$

সিরিজ রেজন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি (f_s)-তে,

$$\omega_s L = \frac{1}{\omega_s C}$$

বা, $\omega_s^2 = \frac{1}{LC}$

বা, $\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

বা, $2\pi f_s = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$\therefore f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২৫)$$

প্যারালাল রেজনেন্ট ফ্রিকুয়েন্সি (f_p) তে,

$$j\omega_p L - \frac{j}{\omega_p C} - \frac{j}{\omega_p C_p} = 0$$

বা, $\omega_p L = \frac{1}{\omega_p}\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_p}\right)$

বা, $\omega_p^2 = \frac{1}{L}\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_p}\right) = \frac{1}{L}\left(\frac{C + C_p}{CC_p}\right) = \frac{1}{LC}\left(\frac{C + C_p}{C_p}\right)$

বা, $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{\frac{C + C_p}{C_p}}$

বা, $2\pi f_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{\frac{C + C_p}{C_p}}$

$$\therefore f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \times \sqrt{\frac{C + C_p}{C_p}} = f_s\sqrt{\left(1 + \frac{C}{C_p}\right)}$$

$$= f_s\left(1 + \frac{C}{C_p}\right)^{1/2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২৬)$$

বাইনুমেল থিওরেম অনুযায়ী বর্ধিত করে পাওয়া যায়,

$$f_p = f_s\left[1 + \frac{1}{2}\frac{C}{C_p} + \frac{\frac{1}{2}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(\frac{C}{C_p}\right)^2}{2} + \ldots\ldots\ldots\right]$$

সাধারণত $C_P >> C$ হয় এবং তখন উপরোক্ত সমীকরণটিতে উচ্চতর শক্তি বিশিষ্ট পদগুলো পরিহার করা যায়।

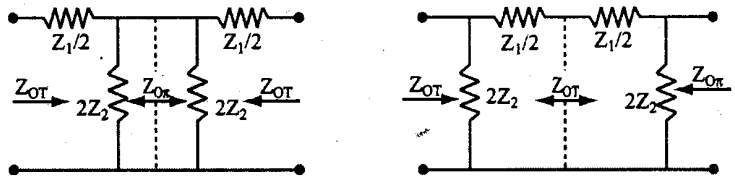
$$\therefore f_p = f_s\left[1 + \frac{1}{2}\frac{C}{C_p}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৬.২৭)$$

$$\therefore f_p - f_s = f_s\left(1 + \frac{C}{2C_p}\right) - f_s = f_s\frac{C}{2C_p}$$

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ক্রিস্টালের আড়াআড়িতে পরিবর্তনশীল ক্ষুদ্র ক্যাপাসিটর যুক্ত করা হয়। এতে C_p বৃদ্ধি পায়। ক্যাপাসিটরকে পরিবর্তন করে ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন ($f_p - f_s$) নিয়ন্ত্রণ করা যায়। C_p-এর মান অধিক হলে ($f_p - f_s$) এর মান হ্রাস পায়।

৬.৭ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টার (Impedance matching filter) ঃ

একটি একক ফিল্টার সেকশন সাধারণত কাঙ্ক্ষিত অ্যাটেনুয়েশন প্রদানে সক্ষম নয়। এজন্য সাধারণত একাধিক ফিল্টার সেকশনকে টেনডেম (tandem) পদ্ধতিতে সংযোগ করা হয়। এরূপে সংযুক্ত ফিল্টার সেকশনসমূহ যদি একই ধরনের হয়, তবে বিভিন্ন সেকশনের মধ্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর প্রয়োজন হয় না। কিন্তু যখন T সেকশনের সাথে π সেকশন অথবা π সেকশনের সাথে T সেকশন সংযুক্ত করা হয়, তখন ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং প্রয়োজন হয়। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য প্রধানত হাফ সেকশন ব্যবহার করা হয়। প্রটোটাইপ ফিল্টার সেকশনের জন্য প্রটোটাইপ সেকশন হতে ব্যবহারের জন্য হাফ সেকশন গঠন করতে হয়। আবার m ডিরাইভড ফিল্টার সেকশনের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য হাফ সেকশন m ডিরাইভড সেকশন হতে গঠন করতে হয়। ৬.১৫নং চিত্রে প্রটোটাইপ ফিল্টার সেকশন হতে হাফ সেকশন গঠন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১৫(ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশনকে বিভক্ত করে হাফ সেকশনে রূপান্তর

হাফ সেকশনের ইম্পিড্যান্স সতর্কতার সাথে নিয়ন্ত্রণ করা আবশ্যক। T সেকশনের যে স্থানে বিভক্ত করা হয়, সেখানে $Z_{o\pi}$ এর সমান ইম্পিড্যান্স থাকতে হয়। আবার π সেকশনের যে স্থানে বিভক্ত করা হয়, সে স্থানে Z_{oT} এর সমান ইম্পিড্যান্স থাকতে হয়।

৬.৮ অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য (Difference between active and passive filter) ঃ

নিচে অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্যগুলো দেখানো হল ঃ

অ্যাকটিভ ফিল্টার	প্যাসিভ ফিল্টার
১। এতে অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ উপাদান বিদ্যমান থাকে।	১। এতে শুধু প্যাসিভ উপাদানসমূহ বিদ্যমান থাকে।
২। এতে অ্যাটেনুয়েশন বেশি পাওয়া যায়।	২। এতে অ্যাটেনুয়েশন কম হয়।
৩। বাহির হতে বায়াসিং এর জন্য সরবরাহ প্রয়োজন হয়।	৩। এতে বায়াসিং প্রয়োজন হয় না।
৪। এটার পারফরমেন্স ভাল।	৪। তুলনামূলকভাবে পারফরমেন্স কম।
৫। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে।	৫। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে না।

● গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ঃ

১। একটি লো-পাস ফিল্টারের উপাদানসমূহ নির্ণয় কর, যার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি 8kHz এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 600Ω.

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$f_c = 8kHz = 8 \times 10^3$ Hz

$R_O = 600\Omega$

আমরা জানি, $R_0^2 = \frac{L}{C}$

বা, $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

আবার, $f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\pi C\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{1}{\pi C R_0}$

$\therefore C = \frac{1}{\pi R_0 f_c} = \frac{1}{3.1416 \times 600 \times 8 \times 10^3}$

$= 0.066\mu f$ **(উত্তর)**

আবার, $f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\pi L\sqrt{\frac{C}{L}}} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{\pi L} = \frac{R_0}{\pi L}$

$\therefore L = \frac{R_0}{\pi f_c} = \frac{600}{3.1416 \times 8 \times 10^3} = 23.85$ mH

২। কনস্ট্যান্ট k টাইপ লো-পাস ফিল্টার ডিজাইন কর, যার ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 500Ω এবং কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি 3kHz।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_0 = 500\Omega$

$f_c = 3kHz = 3 \times 10^3$ Hz

আমরা জানি,

কনস্ট্যান্ট K ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ এবং $f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$

সুতরাং $f_c = \frac{1}{\pi L\sqrt{\frac{C}{L}}} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{\pi L}$

$\therefore L = \frac{R_0}{\pi f_c} = \frac{500}{3.1416 \times 3 \times 10^3}$

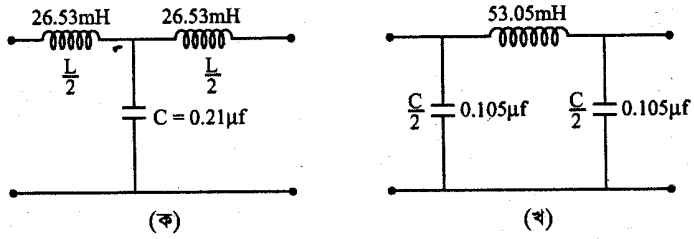
$= 53.05$ mH **(উত্তর)**।

আবার, $f_c = \frac{1}{\pi C\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{1}{\pi C R_0}$

$\therefore C = \frac{1}{\pi R_0 f_c} = \frac{1}{3.1416 \times 500 \times 3 \times 10^3}$

$= 0.21\mu f.$ (উত্তর)।

সুতরাং লো-পাস ফিল্টারের T ও π সেকশন নিম্নরূপ হবে ঃ



চিত্র ঃ ৬.১৬

৩। কনস্ট্যান্ট k টাইপ হাইপাস ফিল্টার ডিজাইন কর, যার কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি 10kHz এবং ইম্পিড্যান্স 600Ω।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_0 = 600\Omega$

এবং $f_C = 10kHz = 10 \times 10^3 Hz$

কনস্ট্যান্ট K টাইপ হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

এবং $f_C = \frac{1}{4\times\sqrt{LC}}$

সুতরাং $f_C = \frac{1}{4\times L\sqrt{\frac{C}{L}}} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{4\pi L} = \frac{R_0}{4\pi L}$

$\therefore L = \frac{R_0}{4\pi f_C} = \frac{600}{4 \times 3.1416 \times 10 \times 10^3}$

$= 4.77$ mH. **(উত্তর)**।

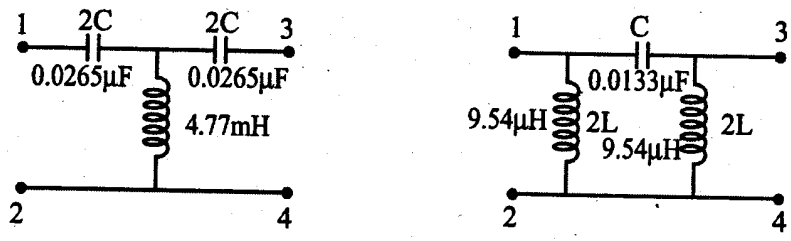
আবার, $f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$

$= \frac{1}{4\pi C\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{1}{4\pi CR_0}$

$\therefore C = \frac{1}{4\pi R_0 f_C} = \frac{1}{4 \times 3.1416 \times 600 \times 10 \times 10^3}$

$= 0.0133\ \mu f$ (উত্তর)।

সুতরাং হাইপাস ফিল্টারের T ও π সেকশন নিম্নরূপ হবে ঃ



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৬.১৭

৪। একটি কনস্ট্যান্ট k টাইপ হাইপাস T সেকশন ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি এবং ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর, যার প্রত্যেকটি সিরিজ বাহু 1μf ক্যাপাসিটর এবং শান্ট বাহু 10mH ইন্ডাক্টর দ্বারা গঠিত।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$L = 10mH$

$= 10 \times 10^{-3}H$

$2C = 1\mu f$

$\therefore C = \frac{1}{2}\mu f = 0.5 \times 10^{-6} f$

কনস্ট্যান্ট k টাইপ ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$= \sqrt{\frac{10 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-6}}} = 141.4\Omega$

হাইপাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি,

$f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$

$= \frac{1}{4 \times 3.1416\sqrt{10 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-6}}}$

$= 1125\ Hz$

$= 1.125\ kHz$

নির্ণেয় ইম্পিড্যান্স = 141.4Ω; কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি = 1.125kHz।

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯]
অথবা, Cut off frequency কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২, ২০০৮]

উত্তর ঃ ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাথে কোন ফিল্টারের বৈশিষ্ট্যও পরিবর্তন হয়। যে ফ্রিকুয়েন্সিতে ফিল্টারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বাস্তব হতে কাল্পনিক বা কাল্পনিক হতে বাস্তব মানে পরিবর্তিত হয়, তাকে কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

২। **প্রোটোটাইপ বা কনস্ট্যান্ট k টাইপ ফিল্টার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭]
অথবা, Constant–K কী? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ যে ফিল্টারের সিরিজ এবং শান্ট ইম্পিড্যান্সের গুণফল একটি ধ্রুবরাশি হয়, অর্থাৎ $Z_1 . Z_2 = R_0^2$ হয়, তাকে প্রোটোটাইপ বা কনস্ট্যান্ট k টাইপ ফিল্টার বলে।

৩। **লো-পাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি কত?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ লো-পাস ফিল্টারের কাট অফ ফিকুয়েন্সি,

$$f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$$

৪। **হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফিকুয়েন্সি কত?** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১৪]

উত্তর ঃ হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফিকুয়েন্সি,

$$f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$$

৫। **ক্রিস্টাল ফিল্টার কী?**
অথবা, Crystal Filter বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮]

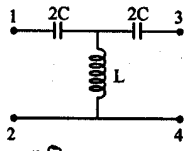
উত্তর ঃ কিছু কিছু পদার্থ আছে, যাদের ক্রিস্টাল আকৃতির ফলে এদেরকে ফিল্টার হিসেবে ব্যবহার করা যায়, এরূপ ফিল্টারকে ক্রিস্টাল বলে।

৬। **পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী?** [বাকাশিবো-২০১০, ২০০৯ (পরি), ২০০৭, ২০০০]
অথবা, পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১, ২০০৬]

উত্তর ঃ কিছু ক্রিস্টাল জাতীয় পদার্থের সমান্তরাল বিপরীত পার্শ্বে যান্ত্রিক বল প্রয়াগ করলে এর অপর বিপরীত পার্শ্বের আড়াআড়ি ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এরূপ বৈশিষ্ট্য প্রদান করাকে পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলে।

৭। **একটি High-pass T-filter এর বর্তনী আঁক।** [বাকাশিবো-২০০৭]

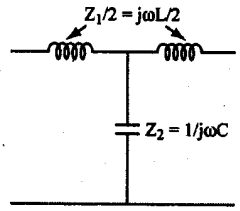
উত্তর ঃ নিম্নে একটি High-Pass T-Filter বর্তনী অংকন করে দেখানো হল–



চিত্র ঃ একটি High-Pass T-Filter

৮। **একটি Low-pass T filter এর বর্তনী আঁক।**

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ Low-pass T filter এর বর্তনী

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা কী? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর প্রয়োজনীয়তা লিখ। [বাকাশিবো- ২০১০]

উত্তর ঃ একটি একক ফিল্টার সেকশন সাধারণত কাঙ্ক্ষিত অ্যাটেনুয়েশন প্রদানে সক্ষম নয়। এজন্য সাধারণত একাধিক ফিল্টার সেকশনকে টেনডেম (tandem) পদ্ধতিতে সংযোগ করা হয়। এরূপে সংযুক্ত ফিল্টার সেকশনসমূহ যদি একই ধরনের হয়, তবে বিভিন্ন সেকশনের মধ্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর প্রয়োজন হয় না। কিন্তু যখন T সেকশনের সাথে π সেকশন অথবা π সেকশনের সাথে T সেকশন সংযুক্ত করা হয়, তখন ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং প্রয়োজন হয়।

২। অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪]

উত্তর ঃ নিচে অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্যগুলো দেখানো হল ঃ

অ্যাকটিভ ফিল্টার	প্যাসিভ ফিল্টার
১। এতে অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ উপাদান বিদ্যমান থাকে।	১। এতে শুধু প্যাসিভ উপাদানসমূহ বিদ্যমান থাকে।
২। এতে অ্যাটেন্যুয়েশন বেশি পাওয়া যায়।	২। এতে অ্যাটেন্যুয়েশন কম হয়।
৩। বাহির হতে বায়াসিং এর জন্য সরবরাহ প্রয়োজন হয়।	৩। এতে বায়াসিং প্রয়োজন হয় না।
৪। এটার পারফরমেন্স ভাল।	৪। তুলনামূলকভাবে পারফরমেন্স কম।
৫। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে।	৫। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাল কাজ করে না।

৩। দেখাও যে, Cut off frequency, $f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$ for low pass filter [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১০]

$$f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \text{ for high pass filter}$$

অথবা, প্রমাণ কর যে, হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি $f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$ [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ১৫(পরি)]

অথবা, লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, Low-pass Filter -এর Cut off frequency নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৯,২০১১, ২০১২]

উত্তর ঃ

লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$X_1 = \omega L$

এবং $X_2 = -\frac{1}{\omega C}$

কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিতে,

$\frac{X_1}{4} + X_2 = 0$

বা, $\frac{\omega_c L}{4} - \frac{1}{\omega_c C} = 0$

বা, $\omega^2_c = \frac{4}{LC}$

বা, $\omega_c = \frac{2}{\sqrt{LC}}$

$\therefore f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$

হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে,

$X_1 = -\frac{1}{\omega C}$

$X_2 = \omega L$

কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিতে,

$\frac{X_1}{4} + X_2 = 0$

বা, $-\frac{1}{4\omega_c C} + \omega_c L = 0$

বা, $\omega^2_c = \frac{1}{4LC}$

বা, $\omega_c = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

$\therefore f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$

৪। দেখাও যে, Low pass filter এর Cut-off frequncy হচ্ছে High pass filter এর Cut off frequency এর চারগুণ। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ লো-পাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি,

$$f_{LC} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \text{ ..... (১)}$$

এবং হাইপাস ফিল্টারের ক্ষেত্রে কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি,

$$f_{HC} = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \text{ ..... (২)}$$

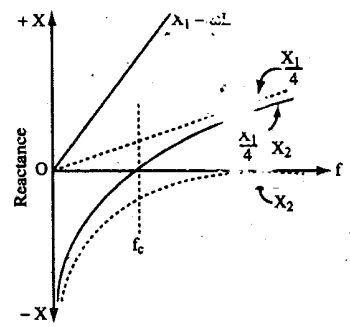
২নং সমীকরণকে ১নং দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{f_{HC}}{f_{LC}} = \frac{\frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}}{\frac{1}{\pi\sqrt{LC}}} = \frac{1}{4}$$

$\therefore f_{LC} = 4 \times f_{HC}$ (দেখানো হল)

৫। T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টার এর ক্ষেত্রে রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭]

উত্তর ঃ

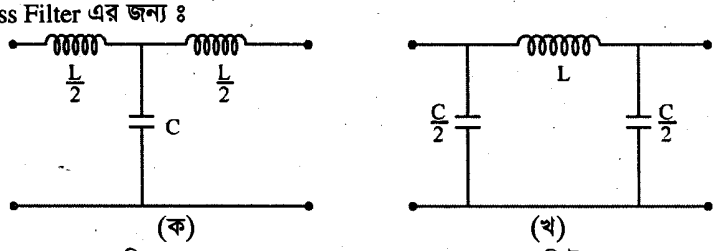


৬। Filter এর Impedance matching বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৫]

উত্তর ঃ একটি একক ফিল্টার সেকশন সাধারণত কাঙ্ক্ষিত অ্যাটেনুয়েশন প্রদানে সক্ষম নয়। এজন্য একাধিক ফিল্টার সেকশনকে টেনডম পদ্ধতিতে সংযোগ করা হয়। উভয় ফিল্টারের ক্ষেত্রে একটি ফিল্টারের অর্ধ-সেকশনের ইম্পিড্যান্স অপর ফিল্টার সেকশনের ইনপুট ইম্পিড্যান্সের সমান হতে হয়, একে ফিল্টারের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বলে।

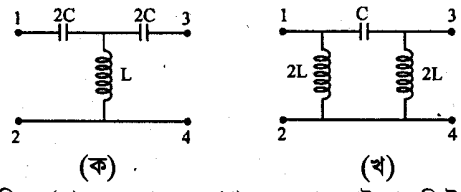
৭। Low pass ও High pass Filter এর সিম্বল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ Low pass Filter এর জন্য ঃ



চিত্র ঃ (ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশন, লো-পাস ফিল্টার

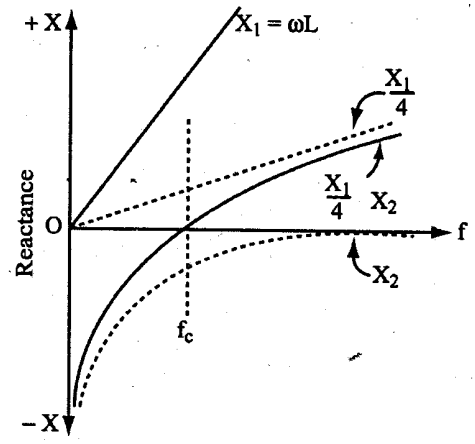
High pass Filter এর জন্য ঃ



চিত্র ঃ (ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশন, হাই-পাস ফিল্টার

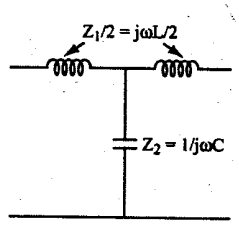
৮। **T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টার এর ক্ষেত্রে রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০২]

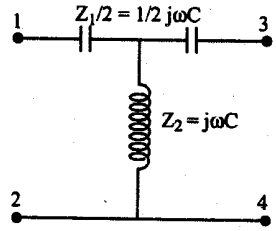
উত্তর ঃ

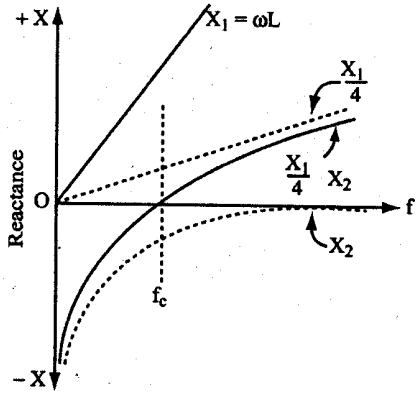


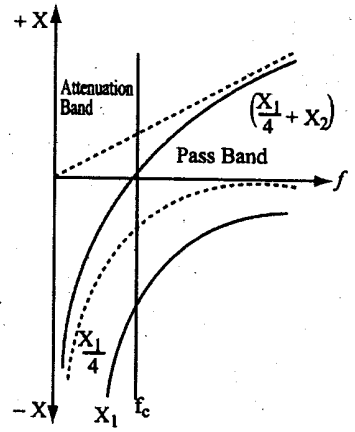
৯। **Low pass ও High pass ফিল্টারের বর্তনী অঙ্কন করে Frequency Reactance curve অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ









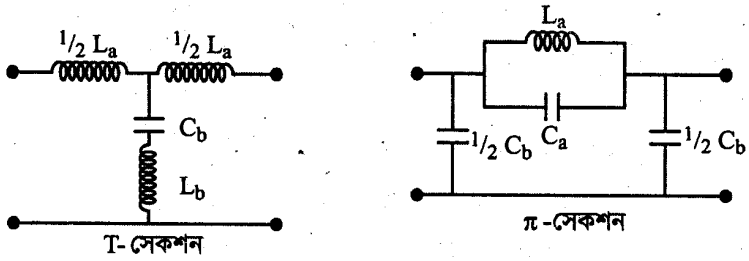
১০। **Piezo electric effect এর ব্যাখ্যা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ কিছু ম্যাটেরিয়াল (Material) আছে, যেমন– কোয়ার্টজ (Quartz), তারা গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে। এরূপ বৈশিষ্ট্য হল ঃ যখন কোয়ার্টজকে ক্রিস্টাল আকারে কর্তন করে উপযুক্ত তলদ্বয়ের মধ্যে যান্ত্রিক (Mechanical) বল প্রয়োগ করা হয়, তখন অপর তলদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এ ধরনের যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করার বৈশিষ্ট্যকে পিজো-ইলেকট্রিক ইফেক্ট (Piezo-electric effect) বলে।

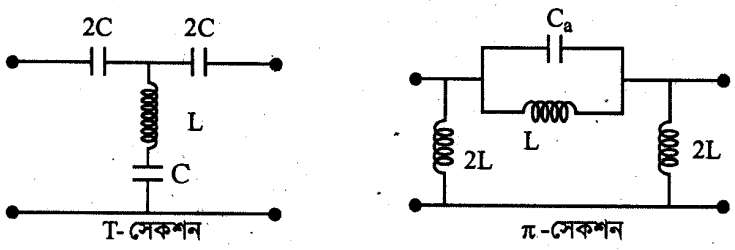
এ ধরনের ক্রিস্টালের অপর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হল, উচ্চ ম্যাগনিফিকেশন ফ্যাক্টর ω বিশিষ্ট সিরিজ রেজন্যান্ট সার্কিট হিসেবে আচরণ করে। এ সিরিজ রেজন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিকে 'f_c' দ্বারা নির্দেশ করা হয় এবং এটার মান ক্রিস্টালের যান্ত্রিক মাত্রার উপর নির্ভর করে।

১১। m ডিরাইভড লো-পাস ও হাইপাস T ও π ফিল্টারের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ Low pass filter,

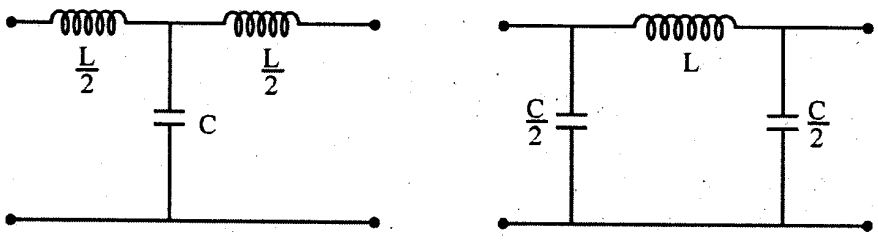


High pass filter,



১২। একটি Symmetrical T এর π নেটওয়ার্ক অংকন কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ



(ক) (খ)

চিত্র ঃ (ক) T সেকশন এবং (খ) π সেকশন, লো-পাস ফিল্টার

১৩। M-drive filter-এর অসুবিধাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ এ ধরনের ফিল্টারে প্রধানত দু'টো অসুবিধা পরিলক্ষিত হয়।

প্রথমত ঃ এ ধরনের ফিল্টারসমূহের অ্যাটেনুয়েশন, কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সির কাছাকাছি দ্রুত বৃদ্ধি লাভ করে না। ফলশ্রুতিতে অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ডেও কিছু ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল আউটপুটে পাওয়া যায়। অন্যভাবে বলা যায়, অ্যাটেনুয়েশন ব্যান্ড এবং পাস ব্যান্ড খুব সূক্ষ্মভাবে সংজ্ঞায়িত বা পৃথক করা যায় না।

দ্বিতীয়ত ঃ এ ধরনের ফিল্টারসমূহের পাস ব্যান্ডে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স স্থির থাকে না। ফলে এ ধরনের ফিল্টারকে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। লো-পাস ফিল্টারের T ও π সেকশনের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্স বৈশিষ্ট্যগত কার্ভ অঙ্কন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭]

অথবা, T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৬.২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। হাইপাস ফিল্টারের T ও π সেকশনের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অংকনপূর্বক বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ ৬.২.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ ৬.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। লো পাস ফিল্টারের অ্যাটেন্যুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ শিফ্‌ট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৩.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। হাই-পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ শিফ্‌ট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। m- ডিরাইভ ফিল্টার ডিজাইন কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। ক্রিস্টাল ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯, ২০১০(পরি)]

অথবা, Crystal filter এর বর্ণনা দাও? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। High Pass ও Low pass T ও π-Section filter-এর Characteristies Impedance frequency curve আঁক। (প্রয়োজনীয় সমীকরণ প্রতিপাদন করতে হবে।) [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ ৬.৩.১ ও ৬.৩.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৭

ট্রান্সমিশন লাইনের বৈশিষ্ট্য
(Features for transmission lines)

৭.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

বৈদ্যুতিক শক্তিকে প্রায়শ এক স্থান হতে অন্য স্থানে স্থানান্তরের প্রয়োজন হয়। যে লাইনের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তিকে এক স্থান হতে অন্য স্থানে প্রেরণ করা হয় বা স্থানান্তর করা হয়, তাকে ট্রান্সমিশন লাইন বলে। এ অধ্যায়ে ট্রান্সমিশন লাইন সম্পর্কে ধারণা দেয়া হয়েছে। ট্রান্সমিশন লাইনের মধ্য দিয়ে প্রেরিত সিগন্যালের গতি, সিগনাল প্রবাহে বাধা ইত্যাদি সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। শর্ট, মধ্যম এবং দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইন উপস্থাপন কৌশল সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। লাইনের মধ্য দিয়ে চলমান কারেন্ট এবং ভোল্টেজের প্রকৃতি ও মান নির্ণয় কৌশল আলোচনা করা হয়েছে।

৭.১ট্রান্সমিশন লাইনের ধরন (Types of transmission lines) ঃ

বৈদ্যুতিক পরিবাহী (Conductor) ব্যবহারের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তিকে এক স্থান হতে অন্যস্থানে প্রেরণ করাকে সাধারণভাবে ট্রান্সমিশন লাইন বলে। এ লাইন শক্তির উৎস এবং গ্রাহক প্রান্তের মধ্যে স্থাপন করা হয়।

কমিউনিকেশনে (Communication) R.F শক্তিকে প্রেরক (Transmitter) হতে গ্রাহকে (Receiver) স্থানান্তর করার জন্য Transmission line ব্যবহৃত হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে কমিউনিকেশনে R.F শক্তিকে সরাসরি প্রেরক হতে গ্রাহকে প্রেরণ করা হয় না। কারণ কমিউনিকেশনে সিগন্যালকে অনেক দূরে স্থানান্তর করতে হয়। এক্ষেত্রে সরাসরি বাহ্যিক লাইন স্থাপন কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়বহুল, যার প্রেক্ষিতে R.F সিগন্যালকে প্রেরক হতে বিকিরক (Radiating) উপাদানের মাধ্যমে স্পেসে প্রেরণ করা হয় এবং দূরবর্তী স্থানে বিকিরিত শক্তি গ্রহণ করে গ্রাহকে প্রেরণ করা হয়। সেদিক দিয়ে বিবেচনা করে বলা যায় যে, প্রেরক হতে বিকিরক উপাদান পর্যন্ত এবং গ্রাহক উপাদান হতে গ্রাহক পর্যন্ত R.F সিগন্যালকে স্থানান্তর করার জন্য যে লাইন ব্যবহৃত হয়, তাকেট্রান্সমিশন লাইন বলে।

ট্রান্সমিশন লাইনকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

(i) প্যারালাল তার লাইন (Parallel wire lines)

(ii) সম-অক্ষীয় লাইন (Co-axial lines),

(iii) ওয়েভ গাইড (Wave guide)।

প্যারালাল তার লাইনকে আবার চার ভাগে বিভক্ত করা যায়। যথা ঃ

(i) মুক্ত তার লাইন (Open wire line),

(ii) একক তার লাইন (Single wire line),

(iii) দু' তার লাইন (Two-wire line),

(iv) রিবন লোড লাইন (Ribbon load line)।

সম-অক্ষীয় লাইনকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

(i) নমনীয় ক্যাবল লাইন (Flexible cable line)

(ii) রিজিড ক্যাবল লাইন (Rigid cable line)।

ওয়েভ গাইডকে আবার চারভাগে বিভক্ত করা যায়। যথা ঃ

(i) আয়তাকার ওয়েভ গাইড (Rectangular wave guide),

(ii) বৃত্তাকার ওয়েভ গাইড (Circular wave guide),

(iii) নমনীয় ওয়েভ গাইড (Flexible wave guide),

(iv) রিজিড ওয়েভ গাইড (Rigid wave guide)।

৭.২ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রয়োগ (Application of transmission lines) ঃ

ট্রান্সমিশন লাইনকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। ট্রান্সমিটার বা প্রেরক হতে ট্রান্সমিটিং অ্যান্টিনাতে সিগন্যাল প্রেরণ করার জন্য,

২। গ্রাহক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহকে সিগন্যাল প্রেরণ করার জন্য,

৩। টেলিফোন লাইন হিসেবে,

৪। টেলিগ্রাফ লাইন হিসেবে,

৫। ক্যাবল নেটওয়ার্কে,

৬। স্যাটেলাইট এবং মাইক্রোওয়েভ প্রেরণ লাইন হিসেবে।

৭.৩ প্রেরণ লাইনে প্রপাগেশন বেগ এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Velocity of propagation and characteristic impedance of transmisslon line) ঃ

কোন ওয়েভের পর পর দু'টি সর্বোচ্চ (Maxima) বা সর্বনিম্ন (Minima) বিন্দুর মধ্যে দূরত্বকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (Wave length) বলে এবং একে λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। λ পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করতে কোন ওয়েভের যে পরিমাণ সময় প্রয়োজন হয়, তাকে ওয়েভের ব্যাপ্তিকাল বলে এবং একে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এ সময় ব্যাপ্তিকালে (T), কোন ওয়েভের 2π রেডিয়ান ফেজ শিফ্‌ট হয়। প্রতি একক দূরত্বে ফেজ শিফ্‌ট কনস্ট্যান্টকে β দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

λ দূরত্বের জন্য ফেজ শিফ্‌ট $= 2\pi$ রেডিয়ান।

$\therefore$ একক দূরত্বের জন্য ফেজ শিফ্‌ট $= \frac{2\pi}{\lambda}$ রেডিয়ান / মিটার।

$\therefore \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ রেডিয়ান / মিটার।

বা, $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$

সুতরাং প্রপাগেশনের বেগ, $V = \lambda . \frac{1}{T}$

$$= \lambda f \; [\because f = \frac{1}{T}]$$

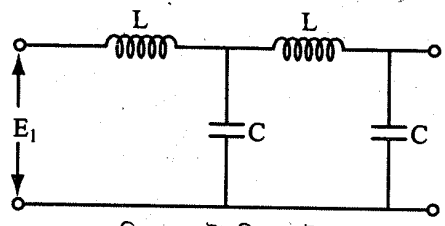
$$= \frac{2\pi f}{\beta}$$

$$= \frac{\omega}{\beta} \; [\because \omega = 2\pi f]$$

প্রপাগেশনের বেগকে সাধারণত V_P দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পরিবর্তনশীল ওয়েভের ক্ষেত্রে প্রপাগেশন বেগকে নিম্নরূপে সংজ্ঞায়িত করা হয়।

$$V_P = \frac{d\omega}{d\beta} \quad \text{.....} \quad (৭.১)$$

গাণিতিকভাবে ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ নির্ণয়ের জন্য ট্রান্সমিশন লাইন হিসেবে ৭.১ নং চিত্র বিবেচনা করা যাক।



চিত্র ঃ ৭.১ ট্রান্সমিশন লাইন

ধরা যাক,

E_i = সরবরাহ ভোল্টেজ,

i = লাইনে প্রবাহিত কারেন্ট,

L = প্রতি একক দূরত্বের ইন্ডাকট্যান্স,

C = প্রতি একক দূরত্বে ক্যাপাসিট্যান্স,

T = প্রতি একক দূরত্বের ব্যাপ্তিকাল।

৭.১ নং চিত্রে কারশফের সূত্র প্রয়োগ করে পাওয়া যায়,

$$E_i = V_L + V_C \quad \text{.....} \quad (৭.২)$$

প্রাথমিক অবস্থায় $V_C = 0$

আমরা জানি, $V_L = L\frac{di}{dt}$

$\therefore E_i = L\frac{di}{dt}$

বা, $E_i\, dt = Ldi$ ..... (৭.৩)

(৭.৩) নং সমীকরণকে সমাকলন (Integration) করে পাওয়া যায়,

$\int E_i\, dt = \int Ldi$

বা, $E_i \int dt = L \int di$

বা, $E_i T = L.\, i$ ..... (৭.৪)

আবার, আমরা জানি,

$i = \frac{Q}{T}$

যেখানে, Q = ক্যাপাসিটরের চার্জ,

$Q = CE_i$

$\therefore i = \frac{CE_i}{T}$

বা, $CE_i = T.\, i$ ..... (৭.৫)

(৭.৪) নং সমীকরণকে (৭.৫)নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$\frac{E_i T}{CE_i} = \frac{L.\, i}{T.\, i}$

বা, $\frac{T}{C} = \frac{L}{T}$

বা, $T^2 = LC$

বা, $T = \sqrt{LC}$

সুতরাং প্রপাগেশনের বেগ $= \frac{1}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ..... (৭.৬)

(৭.৬) সমীকরণের সাহায্যে কোন ট্রান্সমিশন লাইনে প্রপাগেশন বেগ নির্ণয় করা যায়।

ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলতে অসীম ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট প্রান্তের মধ্যে পরিমাপকৃত ইম্পিড্যান্সকে বুঝায়। একে Z_O দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ইনপুট ভোল্টেজ এবং ইনপুট কারেন্টের অনুপাত দ্বারা নির্ণয় করা যায়। কোন ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ভোল্টেজ, E_i এবং ইনপুট কারেন্ট I_i হলে ক্যারেটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_0 = \frac{E_i}{I_i}$$

এখানে, E_i = ইনপুট ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান,

I_i = ইনপুট কারেন্টের তাৎক্ষণিক মান।

৭.১ নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$E_i = L\frac{di}{dt}$$

বা, $E_i\, dt = Ldi$

বা, $E_i \int dt = L\int di$

বা, $E_i.\, T = L.\, I_i$ ..... (৭.৭)

আবার, $I_i = \frac{Q}{T} = \frac{CE_i}{T}$

বা, $I_i.T = CE_i$ ..... (৭.৮)

(৭.৭) নং সমীকরণকে (৭.৮) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{E_iT}{I_iT} = \frac{LI_i}{CE_i}$$

বা, $\frac{E_i}{I_i} = \frac{I_i}{E_i} \times \frac{L}{C}$

বা, $\frac{E_i^2}{I_i^2} = \frac{L}{C}$

বা, $\left(\frac{E_i}{I_i}\right)^2 = \frac{L}{C}$

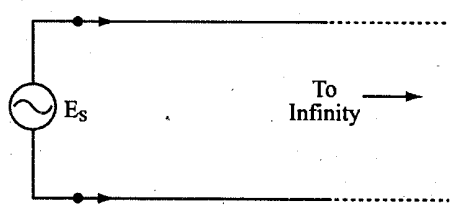
বা, $\frac{E_i}{I_i} = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ ..... (৭.৯)

(৭.৯) নং সমীকরণের মাধ্যমে ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়।

৭.৪ অসীম লাইন (Infinite line) ঃ

ট্রান্সমিশন লাইনের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে উৎস হতে লোডে প্রেরণ করা হয়। যদি উৎস এবং লোডের মধ্যে উপযুক্ত ম্যাচিং না হয়, তবে প্রেরিত শক্তি সম্পূর্ণরূপে লোডে শোষিত না হয়ে এর কিছু অংশ উৎসে ফিরে আসে। যে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে উৎস হতে প্রেরিত শক্তি সম্পূর্ণরূপে লোডে নিঃশেষিত হয় এবং এর কোন অংশই উৎসে ফিরে আসে না, তাকে অসীম লাইন বলে। একটি সুষম এবং সিমেট্রিক্যাল লাইনের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চালন করা হলে, ঐ লাইনকে অসীম লাইন হিসেবে বিবেচনা করা হয়। ৭.২নং চিত্রে একটি অসীম লাইন দেখানো হয়েছে।



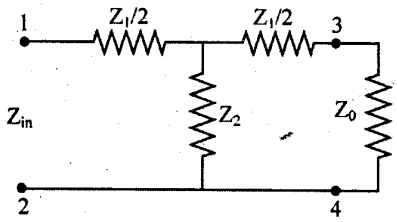
চিত্র ঃ ৭.২ অসীম লাইন

একটি জেনারেটর E_S ভোল্টেজ বিশিষ্ট সিগন্যাল উৎপন্ন করে লাইনের প্রেরক প্রান্তে সংযোগ করা হলে লাইনে I_S কারেন্ট প্রবাহিত হয়, যা ৭.২ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। I_S কারেন্ট মূলত লিকেজ কন্ডাক্ট্যান্স এবং লাইনদ্বয়ের মধ্যে ক্যাপাসিট্যান্সের উপর নির্ভর করে।

প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ E_S এবং ইনপুট কারেন্ট I_S এর অনুপাত দ্বারা লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায় এবং যদি লাইনটি অসীম লাইন হয়, তবে ইনপুট ইম্পিড্যান্স ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সমান হয়। সুতরাং একটি অসীম লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলা যায়। যদি অসীম লাইনের একটি ক্ষুদ্র অংশকে এটার ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_0 দ্বারা টার্মিনেটেড করা হয়, তবে এটার ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_0 পাওয়া যায়।

৭.৫ ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ (The short line terminated in Z_0) ঃ

ক্ষুদ্র বা শর্ট লাইন কোন অসীম লাইনের ক্ষুদ্র অংশকে বুঝায়। ট্রান্সমিশন লাইনে রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স বিদ্যমান থাকে, যা সিরিজে যুক্ত থাকে। আবার লিকেজ কন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স বিদ্যমান থাকে, যা লাইনদ্বয়ের মধ্যে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ট্রান্সমিশন লাইন একটা জটিল বৈদ্যুতিক নেটওয়ার্ক। লাইনে যে সমস্ত প্যারামিটার থাকে, তা লাইনের দৈর্ঘ্য বরাবর বিস্তৃত থাকে। কিন্তু ক্ষুদ্র লাইনের ক্ষেত্রে ওগুলোকে স্তূপীকৃত (Lump) আকারে বিবেচনা করা যায়। বিশেষ করে ক্ষুদ্র লাইনকে সিমেট্রিক্যাল T সেকশন হিসেবে বিবেচনা করা যায়। ৭.৩ নং চিত্রে একটি ক্ষুদ্র লাইনের উপস্থাপনা প্রদর্শন করা হয়েছে। যদি এরূপ লাইনকে Z_0 বা ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স দ্বারা টার্মিনেটেড করা হয়, তবে লাইনটি অসীম লাইন হিসেবে কাজ করে।



চিত্র ঃ ৭.৩ ক্ষুদ্র ট্রান্সমিশন লাইনের T-সেকশন

ধরি,

Z_1 = মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স,

Z_2 = মোট শান্ট ইম্পিড্যান্স,

Z_0 = ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

Z_{in} = ইনপুট ইম্পিড্যান্স।

৭.৩ নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{in} = \frac{Z_2\left(\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)}{Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o} + \frac{Z_1}{2}$$

$$Z_{in} = \frac{Z_2\left(\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)+\frac{Z_1}{2}\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)}{\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)}$$

সিমেট্রিক্যাল T-সেকশনের ক্ষেত্রে,

$$Z_{in} = Z_0$$

$$\therefore Z_o = \frac{Z_2\left(\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)+\frac{Z_1}{2}\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)}{\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)}$$

$$\text{বা, } Z_o\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right) = Z_2\left(\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)+\frac{Z_1}{2}\left(Z_2+\frac{Z_1}{2}+Z_o\right)$$

$$\text{বা, } Z_oZ_2+\frac{Z_1Z_o}{2}+Z_o^2 = \frac{Z_1Z_2}{2}+Z_oZ_2+\frac{Z_1Z_2}{2}+\frac{Z_1^2}{4}+\frac{Z_1Z_o}{2}$$

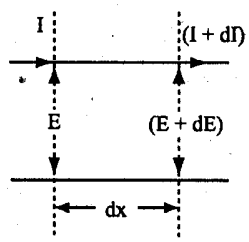
$$\text{বা, } Z_o^2 = \frac{Z_1^2}{4}+Z_1Z_2$$

$$\therefore Z_o = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4}+Z_1Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৭.১০)$$

সুতরাং একটি ক্ষুদ্র ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (৭.১০) নং সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

৭.৬ ট্রান্সমিশন লাইনে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ (Current and voltage of transmission line) ঃ

একটি ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য বরাবর সিরিজে রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স কার্যকর থাকে এবং প্যারালাল কন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স কার্যকর থাকে। এ সমস্ত প্যারামিটারগুলো সুষমভাবে লাইনে বিস্তৃত থাকে। ফলে লাইনের প্রেরণ প্রান্তে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে প্রেরণ প্রান্তে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা লাইনের দৈর্ঘ্য বরাবর গমন করলে সিরিজ এবং শান্ট প্যারামিটার দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং পর্যায়ক্রমে কারেন্ট ও ভোল্টেজ হ্রাস পায়। এ ধরনের লাইনে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট বিশ্লেষণ করতে হলে লাইনকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করতে হয়। কোন ট্রান্সমিশন লাইনের এরূপ ক্ষুদ্র অংশকে ৭.৪ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। ধরি, এরূপ ক্ষুদ্র অংশের দৈর্ঘ্য dx।



চিত্র ঃ ৭.৪ ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষুদ্র অংশে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট

ক্ষুদ্র অংশে ইনপুট ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে E এবং I এবং এ ক্ষুদ্র অংশ হতে নির্গত ভোল্টেজ এবং কারেন্ট সিগন্যাল যথাক্রমে E + dE এবং I + dI। ধরি, ক্ষুদ্র অংশে সিরিজ রেজিস্ট্যান্স R এবং ইন্ডাকট্যান্স L এবং প্যারালাল কন্ডাকট্যান্স G এবং ক্যাপাসিট্যান্স C।

সুতরাং ক্ষুদ্র অংশে ভোল্টেজ ড্রপ,

$$E - (E + dE) = (R.\,dx).\,I + (j\omega L.\,dx).I$$

বা, $-dE = I\,(R + j\omega L)\,dx$

বা, $-\dfrac{dE}{dx} = I\,(R + j\omega L)$ ..... (৭.১১)

ক্ষুদ্র অংশে কারেন্টের পরিবর্তন,

$$I - (I + dI) = E\,(G.\,dx) + E\,(j\omega C.\,dx)$$

বা, $-dI = E\,(G + j\omega C)\,dx$

বা, $-\dfrac{dI}{dx} = E\,(G + j\omega C)$ ..... (৭.১২)

(৭.১২) নং সমীকরণকে x এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ (differentiation) করে,

$$-\frac{d^2I}{dx^2} = (G + j\omega C)\frac{dE}{dx}$$

(৭.১১) নং সমীকরণ হতে $\dfrac{dE}{dx}$ এর মান বসিয়ে,

বা, $\dfrac{d^2I}{dx^2} = (G + j\omega C)\,(R + j\omega L)I$

ধরি, $(R + j\omega L)\,(G + j\omega C) = P$, তাহলে উপরের সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$\frac{d^2I}{dx^2} = P.\,I \text{ ..... } (৭.১৩)$$

(৭.১৩) নং সমীকরণটি একটি দ্বিঘাত সমীকরণ। সমীকরণ সমাধান করলে নিম্নরূপ মান পাওয়া যাবে,

$$I = a.\,e^{\sqrt{P}.x} + be^{-\sqrt{P}.x} \text{ ..... } (৭.১৪)$$

সেখানে, a এবং b ধ্রুবক,

(৭.১৪) সমীকরণ দু'বার অন্তরীকরণ করে প্রাপ্ত সমাধানের সত্যতা যাচাই করা যায়,

$$\therefore \frac{dI}{dx} = a\sqrt{p}\;e^{\sqrt{P}.x} - b\sqrt{p}e^{-\sqrt{P}.x}$$

এবং $\frac{d^2I}{dx^2} = a.\sqrt{p}.\sqrt{p}\ .e^{\sqrt{P}.x} - b.\sqrt{p}.(-\sqrt{p})\ e^{-\sqrt{P}.x}$

$= a.\ pe^{\sqrt{P}.x} + b.\ pe^{-\sqrt{P}.x} = p\left(ae^{\sqrt{P}.x} + be^{-\sqrt{P}.x}\right)$

$= P.I\ \left[\because I = ae^{\sqrt{P}.x} + be^{-\sqrt{P}.x}\right]$

তাহলে দেখা যাচ্ছে $\frac{d^2I}{dx^2} = P.\ I$ এর সমাধান,

$I = ae^{\sqrt{P}.x} + be^{-\sqrt{P}.x}$ সঠিক।

(৭.১৪) সমীকরণ সম্বন্ধে সঠিক ধারণা গ্রহণ করার জন্য, ট্রান্সমিশন লাইনকে অসীম লাইন বিবেচনা করা যাক। যদি দূরত্ব x অসীম হয়, তবে কারেন্ট I এর মান শূন্য হবে। (৭.১৫) নং সমীকরণটি এটা সমর্থন করবে যদি $ae^{\sqrt{P}.x}$ পদটির মান শূন্য হয়। এটা তখনই সম্ভব, যখন $a = 0$ হয়। এ শর্তে (৭.১৪) নং সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$I = be^{-\sqrt{P}.x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.১৫)$$

যদি x এর মান শূন্য হয়, তবে $I = I_s$ হয়,

$\therefore I_s = be^{-0} = b\ [\because e^{-0} = 1]$

ফলে (৭.১৫) নং সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$I = I_s\, e^{-\sqrt{P}.x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.১৬)$$

আমরা জানি,

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের ক্ষেত্রে,

$$e^{\gamma x} = \frac{I_s}{I_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.১৭)$$

$$\therefore \frac{I_s}{I} = e^{\sqrt{P}.x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots ৭.১৮)$$

(৭.১৭) এবং (৭.১৮) নং সমীকরণ তুলনা করে পাওয়া যায়,

$\gamma = \sqrt{P}$

$= \sqrt{(R + j\omega L)\ (G + j\omega C)}$

সুতরাং কারেন্ট সমীকরণ দাঁড়ায়,

$I = I_s e^{-\gamma x}$

যেখানে, $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)\ (G + j\omega C)}$ ..... [৭.১৯)

প্রেরক প্রান্ত হতে x দূরত্বে ভোল্টেজ সমীকরণ নির্ণয় করার জন্য (৭.১২) নং সমীকরণ ব্যবহার করা হয়,

$-\frac{dI}{dx} = E\ (G + j\omega C)$

বা, $E = -\frac{1}{(G + j\omega C)} \cdot \frac{dI}{dx}$

$= -\frac{1}{(G + j\omega C)} \frac{d}{dx} (I_s e^{-\gamma x})$ [(৭.১৯) নং সমীকরণ ব্যবহার করে]

$= -\frac{(-\gamma)}{(G + j\omega C)} \cdot I_s e^{-\gamma x}$

$= \frac{\gamma}{(G + j\omega C)} \cdot I_s e^{-\gamma x}$

$= \frac{\sqrt{(R + j\omega L)\ (G + j\omega C)}}{(G + j\omega C)} \cdot I_s\, e^{-\gamma x}$

$$= \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \cdot I_s e^{-\gamma x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২০)$$

প্রেরক প্রান্তে, $x = 0$ হলে, $E = E_s$ হয়।

$$\therefore E_s = I_s \cdot \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$$

বা, $\frac{E_s}{I_s} = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$

অসীম লাইনের ক্ষেত্রে, $\frac{E_s}{I_s} = Z_0$

$$\therefore Z_o = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৭.২১)$$

$\therefore \frac{E_s}{I_s} = Z_0$

$\therefore E_s = I_s . Z_o$

সুতরাং (৭.২০) নং সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$E = E_s e^{-\gamma x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২২)$$

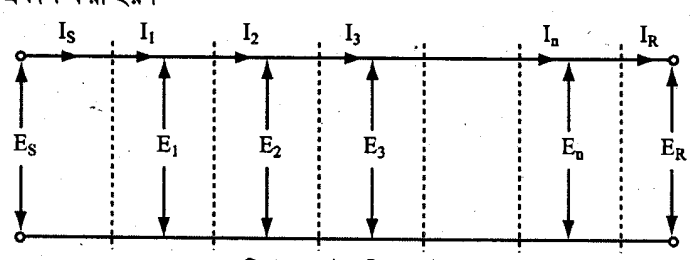
(৭.২২) এবং (৭.১৯) নং সমীকরণের সাহায্যে যে কোন ট্রান্সমিশন লাইনে x দূরত্বে যথাক্রমে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট নির্ণয় করা যায়।

৭.৭ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন, অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট (Propagation, attenuation and phase constant of a transmission line) ঃ

৭.৭.১ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (Propagation constant) ঃ

একটি দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইনে ভোল্টেজ সিগন্যাল প্রয়োগ করা হলে, লাইনে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কারেন্ট যখন লাইনে প্রবাহিত হয়, তখন লাইনের বিভিন্ন অংশে শান্ট প্যারামিটারের জন্য কিছু কারেন্ট প্রবাহিত হয়, যা পরবর্তী অংশে হ্রাস পায়। দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইনকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করা হলে প্রত্যেকটি অংশে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট হ্রাস পেয়ে থাকে। ভোল্টেজ বা কারেন্টের হ্রাস মান এবং ফেজ পরিবর্তনের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। কোন ট্রান্সমিশন লাইনে সিগন্যাল প্রপাগেশন এর ফলে কারেন্ট এবং ভোল্টেজের যে পরিবর্তন সাধিত হয়, তাকে ঐ লাইনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট বলে।

৭.৫ নং চিত্রে একটি ট্রান্সমিশন লাইন দেখানো হয়েছে, যা n-সংখ্যক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করা হয়েছে। প্রত্যেকটি অংশের দৈর্ঘ্য একক ধরা হয়। এরূপ একক দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট ভোল্টেজ বা কারেন্টের সম্পর্ক দ্বারা নির্দেশ করা হয়। প্রত্যেকটি অংশে আগত এবং নির্গত ভোল্টেজ বা কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক ভেক্টর রাশি হয়। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টকে γ (গামা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ঃ ৭.৫ ট্রান্সমিশন লাইন

প্রপাগেশনের সংজ্ঞা হতে আমরা পাই,

$$\frac{I_s}{I_R} = e^{\gamma}$$

এবং $\frac{E_s}{E_R} = e^{\gamma}$

উপরোক্ত সমীকরণদ্বয়ে প্রাকৃতিক লগারিদম গ্রহণ করে পাওয়া যায়,

$\gamma = \ln \frac{I_s}{I_R}$ এবং $\gamma = \ln \frac{E_s}{E_R}$

৭.৫ নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$\frac{I_s}{I_R} = \frac{I_s}{I_1} \cdot \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{I_2}{I_3} \cdot \ldots\ldots \frac{I_{n-1}}{I_n} \cdot \frac{I_n}{I_R}$$
$$= e^{\gamma} . e^{\gamma} . e^{\gamma} \ldots\ldots\ldots\ldots e^{\gamma}$$
$$= e^{n\gamma}$$

বা, $\frac{I_s}{I_R} = e^{n\gamma}$

লগারিদম গ্রহণ করে পাওয়া যায়,

$$n\gamma = \ln \frac{I_s}{I_R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৩)$$

$$\therefore \gamma = \frac{1}{n} \ln \frac{I_s}{I_R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৪)$$

একইভাবে, $\frac{E_s}{E_R} = \frac{E_S}{E_1} \cdot \frac{E_1}{E_2} \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{E_{n-1}}{E_n} \cdot \frac{E_n}{E_R}$

$$= e^{\gamma} . e^{\gamma} . e^{\gamma} \ldots\ldots\ldots\ldots e^{\gamma}$$
$$= e^{n\gamma}$$

বা, $\frac{E_s}{E_R} = e^{n\gamma}$

$$\therefore n\gamma = \ln \frac{E_S}{E_R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৫)$$

$$\therefore \gamma = \frac{1}{n} \ln \frac{E_S}{E_R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৬)$$

(৭.২৩) এবং (৭.২৫) নং সমীকরণ হতে ট্রান্সমিশন লাইনের মোট প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট এবং (৭.২৪) এবং (৭.২৬) নং সমীকরণ হতে ট্রান্সমিশন লাইনের একক দূরত্বের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় করা যায়।

৭.৭.২ অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট (Attenuation and phase constant) ঃ

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের দু'টি অংশ পরিলক্ষিত হয়। একটিকে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং অপরটি ফেজ কনস্ট্যান্ট। কোন ট্রান্সমিশন লাইনে তরঙ্গ প্রপাগেশনে কারেন্ট বা ভোল্টেজ এর মানের যে পরিবর্তন সাধিত হয়, তাকে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট বলে। এটাকে α (আলফা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কোন ট্রান্সমিশন লাইনে তরঙ্গ প্রপাগেশনে কারেন্ট বা ভোল্টেজের যে ফেজ পরিবর্তন সাধিত হয়, তাকে ফেজ কনস্ট্যান্ট বলে। একে β (বিটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আমরা জানি,

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

আবার, $\frac{I_s}{I_R} = e^{\gamma} = e^{\alpha + j\beta}$

$$\frac{I_s}{I_R} = e^{\alpha} \angle \beta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৭)$$

সুতরাং (৭.২৭) নং সমীকরণে β দ্বারা ফেজ কনস্ট্যান্ট নির্দেশ করা হয়েছে। ফেজ কনস্ট্যান্টকে রেডিয়ান একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \left|\frac{I_s}{I_R}\right| = e^{\alpha}$$

বা, $\ln e^{\alpha} = \ln \left|\frac{I_s}{I_R}\right|$

বা, $\alpha = \ln \left|\frac{I_s}{I_R}\right| \; [\because \ln e = 1] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৭.২৮)$

(৭.২৮) নং সমীকরণ দ্বারা অ্যাটুনুয়েশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় করা যায়। একে ডেসিবেল বা নেপার এককে প্রকাশ করা যায়।

৭.৮ ট্রান্সমিশন লাইনে ভোল্টেজ, কারেন্ট এবং পাওয়ার প্রতিফলন (Voltage, current and power reflection of a transmission line) ঃ

কোন লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ নিশ্চিত করতে অবশ্যই লোড ইম্পিড্যান্সকে লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সাথে উপযুক্ত ম্যাচিং হতে হয়। অন্যভাবে বলা যায়, যদি লোড ইম্পিড্যান্স লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সাথে ম্যাচিং না হয়, তবে লোডে ন্যূনতম পাওয়ার সরবরাহ হবে। এক্ষেত্রে প্রশ্ন আসে তাহলে অধিকাংশ শক্তি কোথায় যায়? এ ধারণা স্পষ্টভাবে উপলব্ধি করার জন্য লোড ইম্পিড্যান্স এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের মধ্যে চরম অসামঞ্জস্যতা বিবেচনা করা যাক।

একটি ট্রান্সমিশন লাইন ধরা যাক, যার গ্রাহক প্রান্ত খোলা বা ওপেন (Open)। এরূপ ট্রান্সমিশন লাইনে সিগন্যাল সোর্স সংযুক্ত করা হয়েছে। এক্ষেত্রে লোড কারেন্ট শূন্য এবং লোডে পাওয়ার অপচয়ও শূন্য হবে। তাহলে উৎসটি লাইন প্যারামিটারসমূহে (R, L, G, C) পাওয়ার সরবরাহ করবে। যদি ধরা হয়, সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি খুব বেশি, তবে $\omega L >> R$ এবং $\omega C >> G$ হয় এবং লাইনটি তখন অপচয়হীন লাইনে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে ইন্ডাক্টর এবং ক্যাপাসিটর শক্তি সঞ্চয় করে এবং সিগন্যালের শূন্য মানে পুনরায় শক্তি লাইনে প্রদান করে। ফলে লাইনের প্রত্যেকটি বিন্দুতে যে কোন মুহূর্তে দু'টি সিগন্যাল বিদ্যমান থাকে। প্রথম উপাদানটি উৎস সিগন্যালের মাধ্যমে সরবরাহ হয়ে থাকে এবং দ্বিতীয়টি লাইনের ইন্ডাক্টর বা ক্যাপাসিটরের মাধ্যমে সরবরাহ হয়ে থাকে। উৎস সিগনালের মাধ্যমে প্রদত্ত ওয়েভকে আপতিত (Incident) ওয়েভ বলে এবং ক্যাপাসিটর বা ইন্ডাক্টরের মাধ্যমে প্রদত্ত ওয়েভকে প্রতিফলিত (Reflected) ওয়েভ বলে। লাইনের যে কোন বিন্দুতে যে কোন মুহূর্তে মোট সিগন্যাল হবে উভয় সিগন্যালের ভেক্টর যোগফলের সমান।

সাধারণত যদি প্রেরিত ভোল্টেজ E_s হয়, তবে এটা গ্রাহক প্রান্তের দিকে ধাবিত হয় এবং এর মান ক্রমশ হ্রাস পায়। প্রতিফলিত ওয়েভ আপতিত ওয়েভের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়, যা গ্রাহক প্রান্ত হতে প্রেরক প্রান্তের দিকে ধাবিত হয় এবং এর মানও গ্রাহক প্রান্ত হতে প্রেরক প্রান্তের দিকে হ্রাস পায়। অন্যভাবে বলা যায়, প্রতিফলিত ওয়েভের মান প্রেরক প্রান্ত হতে গ্রাহক প্রান্তের দিকে বৃদ্ধি লাভ করে।

আপতিত ওয়েভ যেমন-- ভোল্টেজ ওয়েভ, কারেন্ট ওয়েভ এবং পাওয়ার ওয়েভ হয়, তেমনই প্রতিফলিত ওয়েভও ভোল্টেজ ওয়েভ, কারেন্ট ওয়েভ এবং পাওয়ার ওয়েভ হয়। আপতিত এবং প্রতিফলিত ভোল্টেজ ওয়েভকে যথাক্রমে E_i এবং E_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একইভাবে আপতিত এবং প্রতিফলিত কারেন্ট ওয়েভ যথাক্রমে I_i ও I_r দ্বারা নির্দেশ করা হয়।

ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সকে আপতিত ওয়েভের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়,

$Z_o = \frac{E_i}{I_i}$ দ্বারা এবং প্রতিফলিত ওয়েভের ক্ষেত্রে,

$Z_o = -\frac{E_r}{I_r}$ হয়।

অনুশীলনী-৭

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **প্রেরণ লাইন বলতে কী বুঝায়?**

অথবা, ট্রান্সমিশন লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ যে বাহ্যিক মাধ্যম দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তিকে এক স্থান হতে অন্য স্থানে প্রেরণ করা হয়, তাকে প্রেরণ লাইন বলে।

২। **অসীম লাইন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১০(পরি), ২০০৯(পরি)]

অথবা, অসীম লাইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১১, ২০১০, ২০০৮, ২০০৭, ২০০৬, ২০১৫(পরি)]

অথবা, অসীম লাইলেন সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, অসীম লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ যে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে প্রেরিত শক্তি সম্পূর্ণরূপে লোডে নিঃশেষিত হয়, কোন ওয়েভই প্রতিফলিত হয় না, তাকে অসীম লাইন বলে।

৩। **ট্রান্সমিশন লাইনের ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত ক্ষেত্রেট্রান্সমিশন লাইন ব্যবহৃত হয় ঃ

১। প্রেরক হতে অ্যান্টিনাতে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করতে,
২। অ্যান্টিনা হতে গ্রাহকে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করতে,
৩। টেলিফোন লাইন হিসেবে,
৪। টেলিগ্রাফ লাইন হিসেবে,
৫। ক্যাবল নেটওয়ার্কে,
৬। স্যাটেলাইট ও মাইক্রোওয়েভ প্রেরণ লাইন হিসেবে।

৪। **ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ কত?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ $= \frac{1}{\sqrt{LC}}$

৫। **ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স কত?**

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স $= \sqrt{\frac{L}{C}}$

৬। **প্রতিফলিত ওয়েভ কী?**

উত্তর ঃ কোন লোডে প্রয়োগকৃত ওয়েভের সবটুকু শক্তির অপচয় না হলে কিছু ওয়েভ লোড হতে সোর্সের দিকে ফিরে আসে। এ ধরনের ওয়েভকে প্রতিফলিত ওয়েভ বলে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ট্রান্সমিশন লাইনের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]
অথবা, Transmission line এর প্রকারভেদ লিখ। [বাকাশিবো-২০১২, ২০০৪]

উত্তর ঃ প্রেরক হতে বিকিরণ উপাদান পর্যন্ত এবং গ্রাহক উপাদান হতে গ্রাহক পর্যন্ত R.F Signal কে স্থানান্তর করার জন্য যে লাইন ব্যবহৃত হয়, তাকে ট্রান্সমিশন লাইন বলে।

ট্রান্সমিশন লাইনকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(i) প্যারালাল তার লাইন (Parallel Wire Lines)
(ii) সম-অক্ষীয় লাইন (Co-axial Lines)
(iii) ওয়েভ গাইড (Wave Guide)

প্যারালাল তার লাইনকে আবার চার ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(i) মুক্ত তার লাইন (Open Wire Line)
(ii) একক তার লাইন (Single Wire Line)
(iii) দু'তার লাইন (Tow-Wire Line)
(iv) রিবন লোড লাইন (Ribbon Load Line)

সম-অক্ষীয় লাইনকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

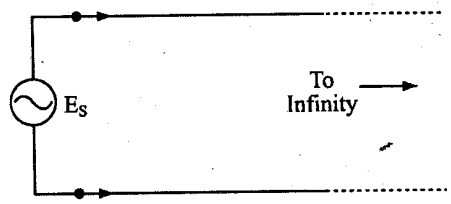
(i) নমনীয় ক্যাবল লাইন (Flexible Cable Line)
(ii) রিজিড ক্যাবল লাইন (Rigied Cable Line)

ওয়েভ গাইডকে আবার চার ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা–

(i) আয়তাকার ওয়েভ গাইড (Rectangular Wave guide)
(ii) বৃত্তাকার ওয়েভ গাইড (Circular Wave guide)
(iii) নমনীয় ওয়েভ গাইড (Flexible Wave guide)
(iv) রিজিড ওয়েভ গাইড (Rigied Wave guide)।

২। **চিত্রসহ Infinite Line এর সংজ্ঞা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর ঃ যে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে উৎস হতে প্রেরিত শক্তি সম্পূর্ণরূপে লোডে নিঃশেষিত হয় এবং এর কোন অংশই উৎসে ফিরে আসে না, তাকে অসীম লাইন বলে। একটি সুষম এবং সিমেট্রিক্যাল লাইনের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চালন করা হলে, ঐ লাইনকে অসীম লাইন হিসেবে বিবেচনা করা হয়। নিচের চিত্রে একটি অসীম লাইন দেখানো হয়েছে।



৩। **অসীম লাইন এবং ক্ষুদ্র লাইনের মধ্যে পার্থক্য লিখ।** [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর ঃ নিচে অসীম লাইন এবং ক্ষুদ্র লাইনের মধ্যে পার্থক্য দেখানো হল ঃ

অসীম লাইন	ক্ষুদ্র লাইন
১। যে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে প্রেরিত শক্তি সম্পূর্ণ রূপে লোডে নিঃশেষিত হয়, কোন ওয়েভই প্রতিফলিত হয় না, তাকে অসীম লাইন বলে।	১। ক্ষুদ্র শর্ট লাইন কোন অসীম লাইনের ক্ষুদ্র অংশকে বুঝায়।
২। অসীম লাইনে জেনারেটর বিদ্যমান থাকে।	২। ক্ষুদ্র লাইন এর ট্রান্সমিশন লাইনে রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স বিদ্যমান থাকে।
৩। একটি অসীম লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলা যায়।	৩। কারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স দ্বারা টার্মিনেটেড করা হলে অসীম লাইন হিসেবে কাজ করে।
৪। অসীম লাইন হচ্ছে একটি সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক।	৪। ক্ষুদ্র লাইন হচ্ছে একটি জটিল বৈদ্যুতিক নেটওয়ার্ক।

৪। **ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ ক্ষুদ্র বা শর্ট লাইন কোন অসীম লাইনের ক্ষুদ্র অংশকে বুঝায়। ট্রান্সমিশন লাইনে রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স বিদ্যমান থাকে, যা সিরিজে যুক্ত থাকে। আবার লিকেজ কন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স বিদ্যমান থাকে, যা লাইনদ্বয়ের মধ্যে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ট্রান্সমিশন লাইন একটা জটিল বৈদ্যুতিক নেটওয়ার্ক। লাইনে যে সমস্ত প্যারামিটার থাকে, তা লাইনের দৈর্ঘ্য বরাবর বিস্তৃত থাকে। কিন্তু ক্ষুদ্র লাইনের ক্ষেত্রে ওগুলোকে স্তূপীকৃত (Lump) আকারে বিবেচনা করা যায়। বিশেষ করে ক্ষুদ্র লাইনকে সিমেট্রিক্যাল T সেকশন হিসেবে বিবেচনা করা যায়। যদি এরূপ লাইনকে Z_0 বা ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স দ্বারা টার্মিনেটেড করা হয়, তবে লাইনটি অসীম লাইন হিসেবে কাজ করে।

৫। **প্রেরণ লাইনের প্রপাগেশন বেগ নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, Propagation velocity, angular velocity এবং Phase constant এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ কোন ওয়েভের পর পর দু'টি সর্বোচ্চ (Maxima) বা সর্বনিম্ন (Minima) বিন্দুর মধ্যে দূরত্বকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (Wave length) বলে এবং একে λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। λ পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করতে কোন ওয়েভের যে পরিমাণ সময় প্রয়োজন হয়, তাকে ওয়েভের ব্যাপ্তিকাল বলে এবং একে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এ সময় ব্যাপ্তিকালে (T), কোন ওয়েভের 2π রেডিয়ান ফেজ শিফ্‌ট হয়। প্রতি একক দূরত্বে ফেজ শিফ্‌ট কনস্ট্যান্টকে β দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

λ দূরত্বের জন্য ফেজ শিফ্‌ট $= 2\pi$ রেডিয়ান।

$\therefore$ একক দূরত্বের জন্য ফেজ শিফ্‌ট $= \frac{2\pi}{\lambda}$ রেডিয়ান/মিটার।

$\therefore \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ রেডিয়ান/মিটার।

বা, $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$

সুতরাং প্রপাগেশনের বেগ, $V = \lambda . \frac{1}{T}$

$$= \lambda f \left[\because f = \frac{1}{T}\right]$$

$$= \frac{2\pi f}{\beta}$$

$$= \frac{\omega}{\beta}$$

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **একটি ক্ষুদ্র লাইনকে কীভাবে উপস্থাপন করা যায়, ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **ট্রান্সমিশন লাইনের কারেন্ট এবং ভোল্টেজ ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০০, ২০০২, ২০০৮, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। **প্রেরণ লাইনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৭.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। **প্রেরণ লাইনের অ্যাটেনুয়েশন ও ফেজ শিফ্‌ট কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। **ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ প্রতিফলক সহগ এর সমীকরণ দেখাও।** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৮নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। **ট্রান্সমিশন লাইনের কারেন্ট প্রতিফলক সহগ ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০৯ (পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৮নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। **ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ কারেন্ট এবং পাওয়ার রিফ্লেকশন বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ৭.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৮ লাইন ধ্রুব এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বৈশিষ্ট্য (Features of line constant and impedance matching)

৮.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি ধ্রুবক নির্ণয় কৌশল এ অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। প্রাইমারি ধ্রুবক বলতে ট্রান্সমিশন লাইনের যে সব মূল উপাদান আছে তাদেরকে বুঝায়। যেমন– রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স, ক্যাপাসিট্যান্স ও কন্ডাকট্যান্স। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি ধ্রুবক ব্যবহার করে লাইনের যে সব প্যারামিটার নির্ণয় করা হয়, তাকে সেকেন্ডারি ধ্রুবক বলে। যেমন– ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন ধ্রুবক, অ্যাটেনুয়েশন ধ্রুবক এবং ফেজ ধ্রুবক। প্রাইমারি ধ্রুবক ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল নয়। কিন্তু সেকেন্ডারি ধ্রুবক ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। ট্রান্সমিশন লাইনের মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক সিগন্যাল গমনকালে লাইনে লস হয় বা সিগন্যালের ডিসটরশন ঘটে। এ অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে যে, কোন শর্তে ন্যূনতম লস হয়, কোন শর্তে ন্যূনতম ডিসটরশন ঘটে এবং ডিসটরশনবিহীন ট্রান্সমিশন এর শর্ত কী?

লোডিং ইফেক্ট এবং এর প্রভাব সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। লোডিং কয়েলের ব্যবহার উল্লেখ করা হয়েছে। ট্রান্সমিশন লাইনের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতির বর্ণনা দেয়া হয়েছে। তাছাড়া উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির লাইনের বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে।

৮.১ প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি লাইন কনস্ট্যান্ট (Primary and secondary line constant) ঃ

একটি ট্রান্সমিশন লাইন যে সমস্ত মূল উপাদান সমন্বয়ে গঠিত, তাদেরকে প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট বলে। এ সমস্ত উপাদানগুলো লাইনের মধ্য দিয়ে ওয়েভ প্রপাগেশনে সরাসরি ভূমিকা রাখে।

ট্রান্সমিশন লাইনে চার ধরনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট বিদ্যমান থাকে। যথা ঃ

১। রেজিস্ট্যান্স (R), ২। কন্ডাকট্যান্স (G),

৩। ক্যাপাসিট্যান্স (C) এবং ৪। ইন্ডাকট্যান্স (L)।

এদেরকে প্রতি একক দৈর্ঘ্যের মান হিসেবে বিবেচনা করা হয়। এগুলো ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল নয়।

একটি ট্রান্সমিশন লাইনকে প্রাইমারি উপাদানসমূহের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়। এরূপ ট্রান্সমিশন লাইনের প্যারামিটারসমূহ যেমন– ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট বিবেচনা করা হয়, যাদের মাধ্যমে সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নির্দেশ করা হয়। এদেরকে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট বলে। সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টগুলো নিম্নরূপ ঃ

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Z_o),

২। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (γ),

৩। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α) এবং

৪। ফেজ কনস্ট্যান্ট (β)।

এগুলো ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল।

৮.২ প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে Z_o, γ, α এবং β এর মান নির্ণয় (Deduction of Z_o, γ, α and β in terms of primary constant) ঃ

ট্রান্সমিশন লাইনের সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টসমূহকে প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়। এ অনুচ্ছেদে প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট উপস্থাপন করা হয়েছে।

৮.২.১ ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Characteristics impedance) ঃ

স্বল্প দৈর্ঘ্যের ট্রান্সমিশন লাইনকে T-সেকশন নেটওয়ার্ক হিসেবে উপস্থাপন করা হয়। সাধারণত T-সেকশনকে একক দৈর্ঘ্যের বিবেচনা করা হয়। T-সেকশনের ক্ষেত্রে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_O = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.১)$$

ট্রান্সমিশন লাইনে সিরিজ ইম্পিড্যান্সরূপে রেজিস্টর R এবং ইন্ডাক্টর L যুক্ত থাকে এবং প্যারালাল ইম্পিড্যান্সরূপে কন্ডাক্টর G এবং ক্যাপাসিটর C যুক্ত থাকে।

$\therefore Z_1 = (R + j\omega L)$

এবং $Z_2 = \dfrac{1}{(G + j\omega C)}$

ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে,

$Z_1 = (R + j\omega L)\,\ell$

$Z_2 = \dfrac{1}{(G + j\omega C)\,\ell}$

$$\therefore Z_O = \sqrt{\frac{(R+j\omega L)^2\,\ell^2}{4} + (R+j\omega L)\ell.\frac{1}{(G+j\omega C)\ell}}$$

$$= \sqrt{\frac{(R+j\omega L)}{G+j\omega C} + \frac{(R+j\omega L)^2\,\ell^2}{4}}$$

যদি $\ell \to 0$ হয়, তবে ℓ^2 বিশিষ্ট পদটি নগণ্য হবে,

$$\therefore Z_O = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.২)$$

সুতরাং (৮.২) নং সমীকরণের ডান পার্শ্ব প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট, যার মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়।

৮.২.২ প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (Propagation constant) ঃ

T সেকশন নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

$$e^{\gamma} = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} + \frac{Z_o}{Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.৩)$$

ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে,

$Z_1 = (R+j\omega L)\,\ell$ এবং $Z_2 = \dfrac{1}{(G+j\omega C)\ell}$

(৮.২) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$Z_O = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$$

সুতরাং (৮.৩) নং সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$e^{\gamma l} = 1 + \frac{(R+j\omega L)\,\ell\,(G+j\omega C)\ell}{2} + (G+j\omega C)\ell\sqrt{\frac{R + j\omega L}{(G + j\omega C)}}$$

$$= 1 + (R+j\omega L)\,(G+j\omega C)\frac{\ell^2}{2} + \sqrt{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)\ell^2}$$

$$= 1 + \sqrt{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)\ell^2} + \frac{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)\ell^2}{2} \ldots\ldots$$

$$= 1 + \sqrt{(R + j\omega L)\,(G + j\omega C)}\,\ell \ \ldots\ldots\ldots\ldots \ (৮.৪)$$ [যখন $\ell \to 0$, তখন ℓ এর উচ্চতর শক্তিকে পরিহার করা হয়]

কিন্তু $e^{\gamma l}$ কে সূচকের ধারারূপে বর্ধিত করে পাওয়া যায়,

$$e^{\gamma \ell} = 1 + \gamma\ell + \frac{\gamma^2 \ell^2}{2} + \ldots\ldots\ldots\ldots \infty \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.৫)$$

যদি $\ell \to 0$ হয়, তবে ℓ এর উচ্চতর শক্তিকে পরিহার করা যায়,

$$e^{\gamma \ell} = 1 + \gamma\ell \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.৬)$$

(৮.৪) এবং (৮.৬) নং সমীকরণ তুলনা করে পাওয়া যায়,

$$\gamma = \sqrt{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.৭)$$

(৮.৭) নং সমীকরণের ডান পার্শ্বের রাশিগুলো প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট, যার মাধ্যমে প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় করা যায়।

৮.২.৩ অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট (Attenuation and phase constant) ঃ

প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টকে অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়।

$\therefore \gamma = \alpha + j\,\beta$

(৮.৭) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$\alpha + j\,\beta = \sqrt{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)}$$

উপরের সমীকরণকে বর্গ করে পাওয়া যায়,

$$(\alpha + j\beta)^2 = \left(\sqrt{(R+j\omega L)\,(G+j\omega C)}\right)^2 = (R+j\omega L)\,(G+j\omega C)$$

বা, $\alpha^2 + 2j\alpha\beta + j^2\beta^2 = RG + j\omega\,(RC+LG) + j^2\,\omega^2\,LC$

বা, $\alpha^2 + 2j\alpha\,\beta - \beta^2 = RG + j\omega\,(RC + LG) - \omega^2\,LC$

বা, $\alpha^2 - \beta^2 + 2j\alpha\beta = RG - \omega^2\,LC + j\omega\,(RC + LG) \ldots\ldots\ldots \quad (৮.৮)$

(৮.৮) সমীকরণের উভয় পক্ষ হতে বাস্তব রাশি পৃথক করে পাওয়া যায়,

$$\alpha^2 - \beta^2 = RG - \omega^2 LC \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.৯)$$

(৮.৭) নং সমীকরণকে পোলার ফরমে রূপান্তর করে শুধু মান গ্রহণ করে পাওয়া যায়,

$$|\gamma| = \sqrt{(R^2 + \omega^2\,L^2)^{1/2} \times (G^2 + \omega^2 C^2)^{1/2}}$$

বা, $|\gamma|^2 = (R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2} \times (G^2 + \omega^2 C^2)^{1/2}$

বা, $|\gamma|^2 = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}$

আবার, $|\gamma|^2 = (\alpha^2 + \beta^2)$

$$\therefore \alpha^2 + \beta^2 = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.১০)$$

(৮.৯) এবং (৮.১০) নং সমীকরণকে যোগ করে পাওয়া যায়,

$$2\alpha^2 = (RG - \omega^2 LC) + \sqrt{(R_2 + \omega_2 L_2)\,(G^2 + \omega^2 C^2)}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{(RG - \omega^2 L^2) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}}{2}} \ldots\ldots \quad (৮.১১)$$

(৮.১০) নং সমীকরণ হতে (৮.৯) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাওয়া যায়,

$$2\beta^2 = \sqrt{(R_2 + \omega_2 L_2)\,(G^2 + \omega^2 C^2)} - (RG - \omega^2 LC)$$

$$\therefore \beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)\,(G^2 + \omega^2 C^2)} - (RG - \omega^2 LC)\right]} \ldots \quad (৮.১২)$$

(৮.১১) নং সমীকরণের মাধ্যমে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং (৮.১২) নং সমীকরণের সাহায্যে ফেজ কনস্ট্যান্ট নির্ণয় করা যায়।

৮.৩ ট্রান্সমিশন লাইনে নূন্যতম অ্যাটেনুয়েশন, ন্যূনতম ডিসটরশন এবং ডিসটরশন মুক্তের শর্ত (Minimum attenuation, minimum distortion and distortionless condition of transmission line) ঃ

সেকেন্ডারি লাইন কনস্ট্যান্টের মান (৮.২), (৮.১১) এবং (৮.১২) নং সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। উক্ত সমীকরণগুলোতে লক্ষ করলে পাওয়া যায় যে, Z_O, α এবং β এর মান ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হলে উক্ত প্যারামিটারগুলোও পরিবর্তিত হয়। অ্যাটেনুয়েশন সহগ (α) এবং ফেজ সহগ (β) পরিবর্তন হলে অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ ডিসটরশন বৃদ্ধি পায়। Z_O ইম্পিড্যান্স পরিবর্তন হলে লোড এবং জেনারেটরের মধ্যে ম্যাচিং বিনষ্ট হয় এবং লোডে পাওয়ার সরবরাহ হ্রাস পায়।

এখানে উল্লেখ করা যায় যে, সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টগুলো প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের উপর নির্ভরশীল। সে জন্য প্রাইমারি কনস্ট্যান্টগুলো নিয়ন্ত্রণ করে ট্রান্সমিশন লাইনের কার্যক্ষমতা উন্নত করা যায়। এ অনুচ্ছেদে কীভাবে অ্যাটেনুয়েশন এবং ডিসটরশন ন্যূনতম রাখা যায় এবং ডিসটরশন মুক্ত ট্রান্সশিমন করা যায়, তা আলোচনা করা হয়েছে।

(৮.১১) নং সমীকরণ হতে অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α) পাওয়া যায়।

$$\alpha=\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}+(RG-\omega^2LC)\}} \quad \ldots\ldots\ldots(৮.১৩)$$

দু'টি প্রক্রিয়ায় অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট ন্যূনতম রাখা যায়। একটি L পরিবর্তন করে, যখন C ধ্রুব এবং অপরটি C পরিবর্তন করে, যখন L ধ্রুব। কারণ উপরোক্ত সমীকরণে L এবং C কে পরিবর্তন করা সম্ভব।

যদি L কে পরিবর্তনশীল এবং C কে ধ্রুব ধরা হয়, তবে (৮.১৩) নং সমীকরণে ন্যূনতম অ্যাটেনুয়েশনের শর্ত পাওয়া যাবে, যদি (৮.১৩) নং সমীকরণকে L-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করা হয় এবং অন্তরীকরণের মান শূন্য ধরা হয়।

সুতরাং (৮.১৩) নং সমীকরণকে L-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{d\alpha}{dL}=\frac{d}{dL}\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}+(RG-\omega^2LC)\}}$$

$$=\frac{\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{2}\frac{2\omega^2L(G^2+\omega^2C^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}-\omega^2C\right\}}{\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}+(RG-\omega^2LC)\}}} \quad \ldots(৮.১৪)$$

$\frac{d\alpha}{dL}=0$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\frac{1}{2}\frac{\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{2}\frac{2\omega^2L(G^2+\omega^2C^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}-w^2C\right\}}{\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}+(RG-\omega^2LC)\}}}=0$$

বা, $\frac{\omega^2L(G^2+\omega^2C^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}-\omega^2C=0$

বা, $\frac{\omega^2L(G^2+\omega^2C^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}=\omega^2C$

বা, $\frac{L(G^2+\omega^2C^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}=C$

বা, $L(G^2+\omega^2C^2)=C\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}$

বা, $L=C\frac{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}}{(G^2+\omega^2C^2)}=C\sqrt{\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}}$

উভয়পক্ষে বর্গ করে পাওয়া যায়,

$$L^2 = C^2\left(\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}\right)$$

বা, $L^2(G^2+\omega^2C^2) = C^2(R^2+\omega^2L^2)$

বা, $L^2G^2+\omega^2L^2C^2 = R^2C^2+\omega^2L^2C^2$

বা, $L^2G^2 = R^2C^2$

বা, $(LG)^2 = (RC)^2$

$\therefore LG = RC$

$$\therefore L = \frac{RC}{G} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.১৫)$$

(৮.১৩) নং সমীকরণে L- এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{\left(R^2+\omega^2\frac{R^2C^2}{G^2}\right)(G^2+\omega^2C^2)}\right\} + \left(RG-\omega^2\frac{RC}{G}C\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{\left(\frac{R^2.G^2+\omega^2R^2C^2}{G^2}\right)(G^2+\omega^2C^2)} + \left(\frac{(RG^2-\omega^2RC^2)}{G}\right)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{\frac{R^2}{G^2}(G^2+\omega^2C^2)(G^2+\omega^2C^2)} + \frac{R}{G}(G^2-\omega^2C^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\frac{R}{G}(G^2+\omega^2C^2) + \frac{R}{G}(G^2-\omega^2C^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\cdot\left\{\frac{R}{G}(G^2+\omega^2C^2+G^2-\omega^2C^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\ \frac{R}{G}(2G^2)} = \sqrt{RG}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{RG} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.১৬)$$

৮.১৬ নং সমীকরণই ন্যূনতম অ্যাটেনুয়েশন নির্দেশ করে, যখন $L = \frac{CR}{G}$ হয়।

আবার যদি C কে পরিবর্তনশীল এবং L কে ধ্রুব ধরা হয়, তবে (৮.১৩) নং সমীকরণে ন্যূনতম অ্যাটেনুয়েশনের শর্ত পাওয়া যাবে, যদি (৮.১৩) নং সমীকরণকে C-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করা হয় এবং অন্তরীকরণের মান শূন্য ধরা হয়।

সুতরাং (৮.১৩) নং সমীকরণকে C-এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{d\alpha}{dC} = \frac{d}{dC}\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)} + (RG-\omega^2LC)\}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{2}\frac{2\omega^2C(G^2+\omega^2L^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}} - \omega^2L\right\}}{\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)} + (RG-\omega^2LC)\}}} \quad \ldots\ldots \quad (৮.১৭)$$

উপরোক্ত সমীকরণে $\frac{d\alpha}{dC} = 0$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\frac{\frac{1}{2}\left[\frac{\omega^2C(R^2+\omega^2L^2)}{2\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}} - \omega^2L\right]}{\sqrt{\frac{1}{2}\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)} + (RG-\omega^2LC)\}}} = 0$$

বা, $\frac{\omega^2C(R^2+\omega^2L^2)}{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}} - \omega^2L = 0$

বা, $\omega^2C\sqrt{\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}} = \omega^2L$

বা, $C\sqrt{\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}} = L$

বা, $C\sqrt{R^2+\omega^2L^2} = L\sqrt{G^2+\omega^2C^2}$)

উভয়পক্ষে বর্গ করে পাওয়া যায়,

$C^2(R^2+\omega^2L^2) = L^2(G^2+\omega^2C^2)$

বা, $(R^2C^2+\omega^2L^2C^2) = (L^2G^2+\omega L^2C^2)$

বা, $R^2C^2 = L^2G^2$

বা, $(RC)^2 = (LG)^2$

বা, $RC = LG$

$\therefore C = \frac{LG}{R}$ ..... (৮.১৮)

(৮.১৩) নং সমীকরণে C- এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2.\frac{L^2G^2}{R^2})} + \left(RG-\omega^2L\frac{LG}{R}\right)\right\}}$$

বা, $\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)\left(\frac{R^2G^2+\omega^2G^2L^2}{R^2}\right)} + \frac{(R^2G-\omega^2L^2G)}{R}\right\}}$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{\frac{G^2}{R^2}(R^2+\omega^2L^2)(R^2+\omega^2L^2)} + \frac{G}{R}(R^2-\omega^2L^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\frac{R}{G}(G^2+\omega^2C^2) + \frac{R}{G}(G^2-\omega^2C^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\cdot\left\{\frac{G}{R}(R^2+\omega^2L^2+R^2-\omega^2L^2)\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\ \frac{G}{R}\ (2R^2)}$$

$\alpha = \sqrt{GR}$ ..... (৮.১৯)

(৮.১৯) নং সমীকরণও ন্যূনতম অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট নির্দেশ করে, যখন $C = \frac{LG}{R}$ হয়।

(৮.১২) নং সমীকরণ থেকে ফেজ কনস্ট্যান্ট পাওয়া যায়,

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)}\,(G^2+\omega^2C^2) - (RG-\omega^2LC)\right]}$$

উপরোক্ত সমীকরণে $L = \frac{RC}{G}$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{\left(R^2 + \omega^2\frac{R^2C^2}{G^2}\right)(G^2 + \omega^2C^2)} - \left(RG - \omega^2\frac{RC}{G}C\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{\left(\frac{R^2G^2 + \omega^2R^2C^2}{G^2}\right)(G^2 + \omega^2C^2)} - \left(\frac{RG^2 - \omega^2RC^2}{G}\right)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{\frac{R^2}{G^2}(G^2+w^2C^2)(G^2+w^2C^2)} - \frac{R}{G}(G^2-w^2C^2)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\left[\frac{R}{G}(G^2 + \omega^2C^2) - \frac{R}{G}(G^2 - \omega^2C^2)\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\ \frac{R}{G}(G^2 + \omega^2C^2 - G^2 + \omega^2C^2)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}\cdot\frac{R}{G}2\omega^2C^2}$$

$$= \sqrt{\frac{R}{G}(\omega C)^2}$$

$$= \sqrt{\omega^2\frac{RC}{G}C}$$

$$\therefore \beta = \omega\sqrt{LC}\left[\because L = \frac{RC}{G}\right]$$

আমরা জানি, ফেজ বেগ, $\upsilon_\rho = \frac{\omega}{\beta} = \frac{\omega}{\omega\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ..... (৮.২০)

সুতরাং (৮.২০) নং সমীকরণ হতে প্রতীয়মান হয় যে, যদি $L = \frac{RC}{G}$ হয়, তবে ওয়েভ এর ফেজ বেগ একটি ধ্রুব সংখ্যা হয় এবং সকল ফ্রিকুয়েন্সিতে অপরিবর্তিত থাকে। এটাই ন্যূনতম ডিসটরশনের শর্ত।

(৮.২) নং সমীকরণ হতে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

উপরোক্ত সমীকরণে $L = \frac{RC}{G}$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega\frac{RC}{G}}{G + j\omega C}}$$

$$= \sqrt{\frac{\frac{RG + j\omega RC}{G}}{G + j\omega C}}$$

$$= \sqrt{\frac{\frac{R}{G}(G + j\omega C)}{(G + j\omega C)}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R}{G}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{..... (৮.২১)}$$

(৮.২১) নং সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, যদি $L = \frac{RC}{G}$ হয়, তবে ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স একটি ধ্রুব সংখ্যা এবং ফ্রিকুয়েন্সির প্রভাব হতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত। সুতরাং এ শর্ত সাপেক্ষে ট্রান্সমিশন লাইনে সম্পূর্ণরূপে ডিসটরশন কাজ মুক্ত সিগন্যাল প্রপাগেশন করা যায়। এ শর্তকে সাধারণ ডিসটরশন মুক্ত শর্ত বলে।

৮.৪ কন্টিনিউয়াস লোডিং এবং ল্যাম্পড লোডিং (Continuous loading and lumped loading) ঃ

ভূগর্ভস্থ ক্যাবলের ক্ষেত্রে সিরিজ রেজিস্ট্যান্স (R) এবং শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স (C) খুব বেশি হয়। লাইন কন্ডাকট্যান্স (G) এবং সিরিজ ইন্ডাকট্যান্স (L) খুবই কম হয়ে থাকে। লাইনে ডিসটরশন মুক্ত শর্ত পাওয়ার জন্য নির্দিষ্ট ব্যবধানে লাইন কন্ডাক্টরের সাথে সিরিজে উপযুক্ত মানের ইন্ডাকট্যান্স যুক্ত করা হয়। এ ব্যবস্থাপনাকে লোডিং নামে অভিহিত করা হয়।

কোন ট্রান্সমিশন লাইনে ডিসটরশন মুক্ত শর্ত পাবার জন্য যে প্রক্রিয়ায় লাইনের সাথে সিরিজে কৃত্রিম উপায়ে ইন্ডাকট্যান্স যুক্ত করা হয়, তাকে লোডিং বলে। লোডিং দু'ধরনের হয়ে থাকে। যথা ঃ

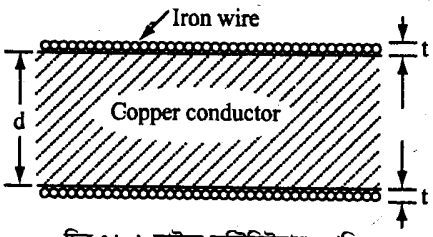
১। কন্টিনিউয়াস লোডিং (Continuous loading),

২। লাম্পড লোডিং (Lumped loading)।

৮.৪.১ কন্টিনিউয়াস লোডিং (Continuous loading) ঃ

এ পদ্ধতিতে ট্রান্সমিশন লাইনে পরিবাহীর চারিদিকে ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়াল যেমন লোহা দ্বারা আবৃত করা হয়, যাতে পরিবাহীর সাথে টেপ (tape) আকারে সংযুক্ত হতে পারে। এরূপ ব্যবস্থাপনা ৮.১ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এ ম্যাগনেটিক টেপের সাহায্যে পরিবাহীর চারপার্শ্বে মাধ্যমের প্রবেশ্যতা (Permeability) বৃদ্ধি পায় এবং সাথে সাথে পরিবাহীর ইন্ডাকট্যান্সও বৃদ্ধি পায়। একে কন্টিনিউয়াস লোডিং বলে। ইন্ডাকট্যান্স বৃদ্ধির পরিমাণ নিচের সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

$$\text{বর্ধিত ইন্ডাকট্যান্স} = \frac{\mu}{1 + (d/nt)} \text{ mH} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.২৩)$$



চিত্র ঃ ৮.১ লাইনে কন্টিনিউয়াস লোডিং

যেখানে,

μ= ব্যবহৃত ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়ালের প্রবেশ্যতা

d= কন্ডাক্টরের ব্যাস

t= আয়রন টেপের পুরুত্ব

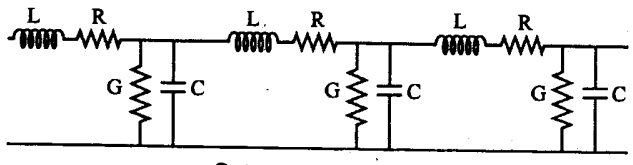
n= টেপ স্তরের সংখ্যা।

এ পদ্ধতিতে প্রতি কিলোমিটারে পরিবাহীর সাথে প্রায় 100mH ইন্ডাকট্যান্স যুক্ত করা সম্ভব। কিন্তু এতে খরচ অত্যন্ত বেশি হয়। এ পদ্ধতির অপর অসুবিধা হল, টেপের হিসটেরসিস (Hysteresis) লসের মাধ্যমে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায়, যার প্রেক্ষিতে লাইনে লস বেশি হয়।

কন্টিনিউয়াস পদ্ধতি শুধুমাত্র সাবমেরিন ক্যাবলের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অনেক সময় ক্যাবলের আনলোডেড অংশের সাথে কন্টিনিউয়াস লোডেড অংশ যুক্ত করা হয়, যাতে খরচ হ্রাস পায়। এ ধরনের লোডেড পদ্ধতিকে প্যাচ লোডিং (Patch loading) বলে।

৮.৪.২ লাম্পড লোডিং (Lumped loading) ঃ

যে পদ্ধতিতে কোন লাইনের নির্দিষ্ট দূরত্বে কয়েল (Coil) সংযোজনের মাধ্যমে লাইনের ইন্ডাকট্যান্স বৃদ্ধি করা হয়, তাকে লাম্পড লোডিং বলে।



চিত্র ঃ ৮.২ লাম্পড লোডিং

যখন সংযোজিত লোডিং কয়েলের মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং কন্ডাক্টরের মধ্যে ব্যবধান সুষম (Uniform) হয়, তখন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ফ্রিকুয়েন্সি পর্যন্ত সকল ফ্রিকুয়েন্সিতে লাইন সুষমভাবে বিস্তৃত ইন্ডাকট্যান্সের অনুরূপ আচরণ করে। এ নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিকে

কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি (f_c) বলে এবং একে f_c দ্বারা নির্দেশ করা হয়। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সির অধিক ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যাটেনুয়েশন দ্রুত বৃদ্ধি পায় এবং লাইনটি লো পাস ফিল্টাররূপে কাজ করে।

যদি লাইনের মোট ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স লোডিং কয়েলসহ যথাক্রমে L_T এবং C_T হয়, তবে নিচের এক্সপ্রেশন অনুযায়ী কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করা যায়।

$$\text{কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি } f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{L_T C_T}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.২৪)$$

কিছু ক্ষেত্রে কয়েলকে লাইনের সঠিক স্থানে সংযুক্ত করা সম্ভব হয় না এবং তখন কয়েলকে উপযুক্ত স্থানের কাছাকাছি স্থাপন করা হয়। এক্ষেত্রে অতিরিক্ত ইন্ডাকট্যান্স প্রশমিত করার জন্য ক্যাপাসিটর সংযুক্ত করতে হতে পারে।

৮.৪.৩ লোডিং এর প্রভাব (Effects of loading) ঃ

ট্রান্সমিশন লাইনে লোডিং-এর ফলে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টের উপর নিম্নলিখিত প্রভাব পড়ে।

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ধ্রুব হয়ে থাকে এবং বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয়।

২। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α) হ্রাস পায় এবং কার্যকর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ধ্রুব থাকে।

৩। ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। ফেজ বেগ হ্রাস পায় এবং কার্যকর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে ধ্রুব হয়ে থাকে।

৮.৫ কন্টিনিউয়াস লোডিং এবং লাম্পড লোডিং এর ব্যবহার (Uses of continuous loading and lumped loading) ঃ

৮.৫.১ কন্টিনিউয়াস লোডিং এর ব্যবহার (Uses of continuous loading) ঃ

কন্টিনিউয়াস লোডিংকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। সাবমেরিন ক্যাবলের ক্ষেত্রে,

২। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলের ক্ষেত্রে।

৮.৫.২ লাম্পড লোডিং এর ব্যবহার (Uses of lumped loading) ঃ

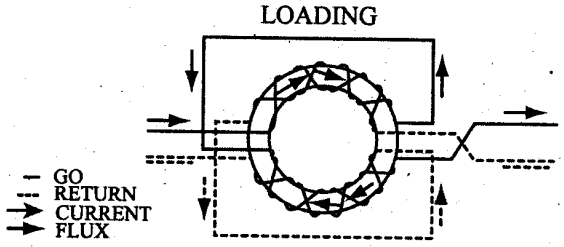
লাম্পড লোডিংকে যে কোন ধরনের ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৮.৬ লোডিং কয়েলের গঠন (Construction of loading coil) ঃ

লোডিং কয়েল একটি বিশেষ ধরনের কয়েল। একে গঠন করতে কতকগুলো বিষয়ের উপর বিশেষ গুরুত্ব প্রদান করা হয়, যেমন– রেজিস্ট্যান্স খুব কম, কোর লস কম, সার্কিটের সুষমতা রক্ষা করা, সার্কিটের মধ্যে ইন্টারফারেন্স (Interference) প্রতিরোধ করা এবং আকৃতি যথাসম্ভব ক্ষুদ্র করা।

সাধারণত টোরোইডাল (Toroidal) আকৃতির হয় এবং পার্মালয় (Permalloy) বা মলিবডেনাম-পার্মালয় (Molybdenum-Permalloy) গুঁড়ার পাত দ্বারা গঠন করা হয়। কয়েলের এ ধরনের গঠনের জন্য উচ্চ ইন্ডাকট্যান্স পাওয়া যায়, এডি (Eddy) কারেন্ট লস খুবই কম হয় এবং পারিপার্শ্বিক ফিল্ডের প্রভাব খুবই কম হয়।

কোরের উপর ক্ষুদ্র আকৃতির বৃহৎ গেজের তার প্যাঁচানো হয়। তারকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে কোরের উপর প্যাঁচানো হয়, যা প্রত্যেকটি ওয়াইন্ডিং সমপরিমাণ ইন্ডাকট্যান্স বহন করে। ক্রস-টক (Cross-talk) পরিহার করার জন্য খুব সূক্ষ্মভাবে সমতা নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। ৮.২ নং চিত্রে লোডিং কয়েলের গাঠনিক চিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৮.৩ লোডিং কয়েলের গাঠনিক চিত্র

৮.৭ লোডিং কয়েলের ব্যবহার (Use of loading coil) ঃ

লোডিং কয়েল ব্যবহারের ক্ষেত্রে খুবই সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়। লাইনে লোডিং কয়েল সংযোগের ফলে লাইন যাতে আনব্যালান্সড না হয় সেদিকে লক্ষ রাখতে হয়। লাইনের ইন্ডাকট্যান্স এবং স্পেসিং উভয়ই আনব্যালান্সড হলে লাইনে ত্রুটি দেখা দেয়। সে জন্য লাইনের নির্দিষ্ট দূরত্বে লোডিং কয়েল স্থাপন করতে হয়। লোডিং কয়েলকে লাইনে এমনভাবে স্থাপন করতে হয় যেন লাইনের ইন্ডাকট্যান্সের সাথে কয়েলের ইন্ডাকট্যান্স যুক্ত হয়। কোন অবস্থাতেই যেন বিপরীত না হয়।

লোডিং কয়েলকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়ে থাকে ঃ

১। টেলিগ্রাফ লাইনে,

২। টেলিফোন লাইনে,

৩। রেডিও ও টেলিভিশন এর ট্রান্সমিটিং লাইনে,

৪। স্যাটেলাইট কমিউনিকেশনের ট্রান্সমিটিং লাইনে,

৫। আন্ডারগ্রাউন্ড ট্রান্সমিশন লাইনে,

৬। সাবমেরিন ক্যাবলে।

৮.৮ ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance of transmission line) ঃ

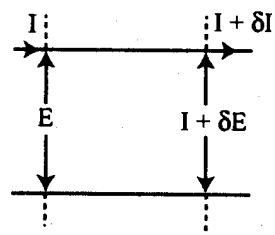
৮.৪ নং চিত্রের ক্ষুদ্র অংশ হতে পাওয়া যায়,

ভোল্টেজ ড্রপ (drop)

$E - (E + dE) = (R.dx)\, I + (j\omega L.\, dx)\, I$

বা, $-dE = I\,(R + j\omega L)\, dx$

বা, $-\dfrac{dE}{dx} = I\,(R + j\omega L)$ ..... (৮.২৫)



চিত্র ঃ ৮.৪

কারেন্টের পরিবর্তন,

$I - (I + dI) = E\,(G.\, dx) + E\,(j\omega C.\, dx)$

বা, $-dI = E\,(G + j\omega C)\, dx$

বা, $-\dfrac{dI}{dx} = E\,(G + j\omega C)$ ..... (৮.২৬)

(৮.২৬) নং সমীকরণকে x এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{-d^2I}{dx^2} = (G + j\omega C)\frac{dE}{dx}$$

(৮.২৫) নং সমীকরণ হতে $\dfrac{dE}{dx}$ এর মান বসিয়ে পাই,

$$\frac{d^2I}{dx^2} = (G + j\omega C)\,(R + j\omega L)I$$

ধরা যাক, $P = (G + j\omega C)\,(R + j\omega L)$

$\therefore \dfrac{d^2I}{dx^2} = P.I$ ..... (৮.২৭)

(৮.২৭) নং সমীকরণ সমাধান করে পাওয়া যায়,

$$I = a_1 e^{\sqrt{P.x}} + b.e^{\sqrt{-P.x}}$$

আবার, $\sqrt{P} = \gamma$

$\therefore I = ae^{\gamma x} + be^{-\gamma x}$ ..... (৮.২৮)

হাইপারবোলিক (Hyperbolic) ফাংশন ব্যবহার করে পাওয়া যায়,

$$e^{\gamma x} = \cosh\gamma x + \sinh\gamma x$$

এবং $e^{-\gamma x} = \cosh\gamma x - \sinh\gamma x$

(৮.২৮) নং সমীকরণ দাঁড়ায়,

$$I = a(\cosh\gamma x + \sinh\gamma x) + b(\cosh\gamma x - \sinh\gamma x)$$

$$= (a+b)\cosh\gamma x + (a-b)\sinh\gamma x$$

ধরা যাক, $a + b = A$ এবং $a - b = B$

$$\therefore I = A\cosh\gamma x + B\sinh\gamma x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.২৯)$$

(৮.২৬) নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

$$E = -\frac{1}{(G+j\omega C)} \cdot \frac{dI}{dx}$$

$$= -\frac{1}{(G+j\omega C)} \cdot \frac{d}{dx}(A\cosh\gamma x + B\sinh\gamma x)$$

$$= -\frac{1}{(G+j\omega C)} \cdot \gamma(A\sinh\gamma x + B\cosh\gamma x)$$

$$= -\frac{\gamma}{(G+j\omega C)}(A\sinh\gamma x + B\cosh\gamma x)$$

$$= -\frac{\sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega c)}}{(G+j\omega C)}(A\sinh\gamma x + B\cosh\gamma x)$$

$$= -\sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}(A\sinh\gamma x + B\cosh\gamma x)$$

$$= -Z_O(A\sinh\gamma x + \cosh\gamma x) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩০)$$

A এবং B এর মান নির্ণয়ের জন্য $x = 0$ বিবেচনা করা যায়। যখন $x = 0$, তখন ভোল্টেজ E_s এবং কারেন্ট I_s।

$$\therefore I_s = A\cosh\gamma(0) + B\sinh\gamma(0) = A$$

এবং $E_s = -Z_O[A\sinh\gamma(0) + B\cosh\gamma(0)] = -Z_O B$

$$\therefore B = -\frac{E_S}{Z_O}$$

সুতরাং (৮.২৯) এবং (৮.৩০) নং সমীকণকে দেখা যায়,

$$I = I_S\cosh\gamma x - \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩১)$$

এবং $E = -Z_O[I_S\sinh\gamma x - \frac{E_s}{Z_0}\cosh\gamma x]$

$$= E_s\cosh\gamma x - Z_O I_s\sinh\gamma x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩২)$$

(৮.৩১) এবং (৮.৩২) নং সমীকরণদ্বয় ট্রান্সমিশন লাইনের যথাক্রমে কারেন্ট এবং ভোল্টেজের সাধারণ সমীকরণ নির্দেশ করে। ট্রান্সমিশন লাইনের বিভিন্ন শর্ত অনুযায়ী ইনপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা যায়। পরবর্তী পৃষ্ঠায় বিভিন্ন শর্ত অনুযায়ী ইনপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

৮.৮.১ সসীম লাইনকে Z_0 এর মাধ্যমে টার্মিনেটেড (The finite line terminated in Z_0) ঃ

ধরা যাক, ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট লাইনে Z_O ইম্পিড্যান্স দ্বারা টার্মিনেটেড করা আছে। যদি প্রেরক প্রান্তে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে E_S ও I_S হয়, তবে গ্রাহক প্রান্তে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে $x = \ell$ দূরত্বে E_R ও I_R পাওয়া যাবে। এ শর্ত সাপেক্ষে (৮.৩১) এবং (৮.৩২) নং সমীকরণদ্বয়কে লেখা যায়,

$$I_R = I_S \cosh\gamma\ell - \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma\ell$$

এবং $E_R = E_s\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell$

কিন্তু গ্রাহক প্রান্তে Z_O ইম্পিড্যান্স থাকায়, $\frac{E_R}{I_R} = Z_O$ হবে।

$$\therefore \frac{E_R}{I_R} = Z_O = \frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell}{I_S\cosh\gamma\ell - \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma\ell}$$

$$\text{বা, } Z_O = \frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell}{\frac{I_SZ_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell}{Z_O}}$$

$$\text{বা, } Z_O = Z_O\frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell}{I_SZ_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell}$$

$$\text{বা, } 1 = \frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell}{I_SZ_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell}$$

বা, $I_SZ_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell = E_S\cosh\gamma\ell - I_SZ_O\sinh\gamma\ell$

বা, $I_SZ_O\cosh\gamma\ell + I_SZ_O\sinh\gamma\ell = E_S\cosh\gamma\ell + E_s\sin\gamma\ell$

বা, $I_SZ_O(\cosh\gamma\ell + \sinh\gamma\ell) = E_S(\cosh\gamma\ell + \sin\gamma\ell)$

বা, $I_SZ_O = E_S$

কিন্তু ইনপুট ইম্পিড্যান্স

$$Z_{in} = \frac{E_S}{I_S} = Z_O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩৩)$$

তাহলে দেখা যায় যে, একটি সসীম ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সমান।

৮.৮.২ ওপেন সার্কিট সসীম লাইন (Open circuit finite line) ঃ

ধরা যাক, ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের গ্রাহক প্রান্ত ওপেন। তাহলে $x = \ell$ দূরত্বে কারেন্ট শূন্য হবে। এ শর্ত সাপেক্ষে (৮.৩১) নং সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$0 = I_S\cosh\gamma\ell - E_S/Z_O\sinh\gamma\ell$$

$$\text{বা, } \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma\ell = I_S\cosh\gamma\ell$$

$$\text{বা, } \frac{E_S}{I_S} = Z_O\frac{\cosh\gamma\ell}{\sinh\gamma\ell} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩৪)$$

সুতরাং ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_{in} = \frac{E_S}{I_S} = Z_O\frac{\cosh g\ell}{\sinh g\ell} = Z_O\coth\gamma\ell$.

৮.৮.৩ শর্ট সার্কিটেড সসীম লাইন (Short circuited finite line) ঃ

ধরা যাক, ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের গ্রাহক প্রান্ত শর্ট অবস্থায় আছে। তাহলে $x = \ell$ দূরত্বে গ্রাহক প্রান্তে ভোল্টেজ শূন্য হবে। এ শর্ত সাপেক্ষে (৮.৩২) নং সমীকরণকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়,

$$0 = E_S \cosh\gamma\ell - I_S . Z_O \sinh\gamma\ell$$

বা, $E_S\cosh\gamma\ell = I_S . Z_O \sinh\gamma\ell$

বা, $\dfrac{E_S}{I_S} = Z_O . \dfrac{\sinh\gamma\ell}{\cosh\gamma\ell}$

$\therefore Z_{in} = Z_O \tanh\gamma\ell$ ..... (৮.৩৫)

সুতরাং ইনপুট ইম্পিড্যান্স হবে $Z_o\tanh\gamma\ell$ এর সমান।

৮.৮.৪ সসীম লাইনে Z_R দ্বারা টার্মিনেটেড (The finite line terminated in Z_R) ঃ

ধরা যাক, ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের গ্রাহক প্রান্তে Z_R দ্বারা টার্মিনেটেড করা আছে। সুতরাং (৮.৩১) এবং (৮.৩২) নং সমীকরণদ্বয়কে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$I_R = I_S\cosh\gamma\ell - \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma\ell$$

এবং $E_R = E_S\cosh\gamma\ell - I_S . Z_O\sinh\gamma\ell$

$$\therefore Z_R = \frac{E_R}{I_R} = \frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_S Z_O \sinh\gamma\ell}{I_S\cosh\gamma\ell - \frac{E_S}{Z_O}\sinh\gamma\ell} = Z_O\frac{E_S\cosh\gamma\ell - I_S Z_O\sinh\gamma\ell}{I_S Z_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell}$$

বা, $Z_R (I_S Z_O\cosh\gamma\ell - E_S\sinh\gamma\ell) = Z_O (E_S\cosh\gamma\ell - I_S Z_O\sinh\gamma\ell)$

বা, $I_S Z_O Z_R\cosh\gamma\ell - E_S Z_R \sinh\gamma\ell = E_S Z_O\cosh\gamma\ell - I_S Z_O^2 \sinh\gamma\ell$

বা, $E_S Z_O\cosh\gamma\ell + E_S Z_R \sinh\gamma\ell = I_S Z_O Z_R \cosh\gamma\ell + I_S Z_O^2\sinh\gamma\ell$

বা, $E_s (Z_O\cosh\gamma\ell + Z_R \sinh\gamma\ell) = I_S Z_O (Z_R \cosh\gamma\ell + Z_O\sinh\gamma\ell)$

বা, $\dfrac{E_S}{I_S} = Z_O\dfrac{Z_R \cosh\gamma\ell + Z_O \sinh\gamma\ell}{Z_O \cosh\gamma\ell + Z_R \sinh\gamma\ell}$

$$= Z_O . \frac{\text{Cosh}\gamma\ell\left[Z_R + Z_o\frac{\sinh\gamma\ell}{\cosh\gamma\ell}\right]}{\cosh\gamma\ell\left[Z_o + Z_R\frac{\sinh\gamma\ell}{\text{Cosh}\gamma\ell}\right]}$$

$$= Z_O . \frac{Z_R + Z_O\tanh\gamma\ell}{Z_O + Z_R \tanh\gamma\ell}$$

$$Z_{in} = \frac{E_S}{I_S} = Z_O\frac{Z_R + Z_O\tanh\gamma\ell}{Z_O + Z_R \tanh\gamma\ell} \quad \text{..... (৮.৩৬)}$$

সুতরাং ইনপুট ইম্পিড্যান্স $= Z_O\dfrac{Z_R + Z_O\tanh\gamma\ell}{Z_O + Z_R\tanh\gamma\ell}$

৮.৯ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Impedance matching) ঃ

কোন লাইনের লোড ইম্পিড্যান্স যদি ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সাথে উপযুক্ত ম্যাচিং না হয়, তবে উক্ত লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহের পরিবর্তে সর্বনিম্ন পাওয়ার সরবরাহ হয়ে থাকে। সেক্ষেত্রে ট্রান্সমিশন লাইনে লোড হতে অধিকাংশ শক্তি প্রতিফলিত হয়। তখন লাইনে দু' ধরনের ওয়েভ বিদ্যমান থাকে। একটি আপতিত ওয়েভ এবং অপরটি প্রতিফলিত ওয়েভ। এর প্রেক্ষিতে লাইনে অনেকগুলো বিন্দু পাওয়া যায়, যেখানে ভোল্টেজ খুব বেশি হয়ে থাকে। যদি লাইন পরিবাহীর মধ্যে ইনসুলেশন (Insulation) যথেষ্ট না হয়, তবে অত্যধিক ভোল্টেজের কারণে লাইনে ব্রেক ডাউন (Break down) সংঘটিত হয়। ওপেন লাইনের ক্ষেত্রে পরিবাহীকে যথেষ্ট ব্যবধানে স্থাপন করে এয়ার গ্যাপ (Air gap) বৃদ্ধির মাধ্যমে ইনসুলেশন বৃদ্ধি করা যায় এবং সম-অক্ষীয় ক্যাবলের ক্ষেত্রে ভাল ইনসুলেটিং পদার্থ ব্যবহার করে বা ইনসুলেশনের পুরুত্ব বৃদ্ধি করে ইনসুলেশন বৃদ্ধি করা যায়। যেভাবেই ইনসুলেশন বৃদ্ধির প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হোক না কেন, উভয় ক্ষেত্রেই খরচ খুব বেশি হয়। এছাড়াও অন্য একটি অসুবিধা পরিলক্ষিত হয়, তা হল লাইনে কারেন্ট প্রবাহের পরিমাণ খুব বেশি হয় এবং যার প্রেক্ষিতে পরিবাহী গলনাঙ্কের অধিক উত্তপ্ত হলে পরিবাহী গলে যায়। এ অসুবিধা দূর করার জন্য পরিবাহীর ব্যবচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করতে হয়, যা খুবই ব্যয়বহুল।

যাহোক, লোড ইম্পিড্যান্স এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের মধ্যে সুষম ম্যাচিং না হলে নানাবিধ অসুবিধা পরিলক্ষিত হয় এবং এ অসুবিধাগুলো পরিহার করার জন্য গৃহীত ব্যবস্থাগুলোও যুক্তিসংগত নয়। এ অসুবিধাগুলো পরিহার করার সহজ পন্থা হল, সার্কিটকে এমনভাবে বিন্যাস করা হয়, যাতে লোড ইম্পিড্যান্স এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এর মধ্যে উপযুক্ত ম্যাচিং হয়। এক্ষেত্রে নিশ্চিতভাবে লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ করা যায়। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর বিভিন্ন পদ্ধতিগুলো নিম্নরূপ ঃ

১। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমার (Quarter wave Transformer),

২। L নেটওয়ার্ক (L–network)

৩। স্টাব (Stub)।

স্টাব পদ্ধতি আবার দু'ধরনের হয়। যথা ঃ

১। একক স্টাব পদ্ধতি (Single stub system)

২। দ্বি-স্টাব পদ্ধতি (Double stub system)।

৮.৯.১ কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Impedance matching with quarter wave transformer) ঃ

আমরা জানি,

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

যদি অপচয়মুক্ত ট্রান্সমিশন লাইন বিবেচনা করা হয়, তবে $\alpha = 0$ হয়। এটা এজন্য বিবেচনা করা যায় যে, ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর ফলে লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ নিশ্চিত হয় এবং অপচয় অতি নগণ্য হয়।

$\therefore \gamma = j\beta$

সুতরাং ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ এবং কারেন্ট সমীকরণ যথাক্রমে (৮.৩২) এবং (৮.৩১) নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়।

$$E = E_S \cosh(j\beta)\ell - I_S . Z_O \sinh(j\beta)\ell$$

$$= E_S \cos\beta\ell - jI_S Z_O \sin\beta\ell \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩৭)$$

[$\therefore \cosh(j\beta)\ell = \cos\beta\ell$

এবং $\sinh(j\beta)\ell = j\sin\beta\ell$]

এবং $I = I_S \cosh(j\beta)\ell - \frac{E_s}{Z_o}\sinh(j\beta)\ell$

$$= I_S \cos\beta\ell - j\frac{E_S}{Z_O}\sin\beta\ell \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩৮)$$

এরূপ লাইনকে Z_R ইম্পিড্যান্স দ্বারা টার্মিনেটেড করা হলে, গ্রাহক প্রান্তে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যথাক্রমে E_Rও I_R পাওয়া যায়।

$$E_R = E_S \cos\beta\ell - j\, I_S Z_O \sin\beta\ell$$

এবং $I_R = I_S \cos\beta\ell - j\dfrac{E_S}{Z_O} \sin\beta\ell$

$$\therefore Z_R = \frac{E_R}{I_R} = \frac{E_S\cos\beta\ell - j\, I_S Z_O \sin\beta\ell}{I_S\cos\beta\ell - j\dfrac{E_S}{Z_O}\sin\beta\ell}$$

বা, $Z_R\,(I_S\cos\beta\ell - j\dfrac{E_S}{Z_O} \sin\beta\ell) = E_S\cos\beta\ell - j\, I_S Z_O \sin\beta\ell$

বা, $I_S Z_R \cos\beta\ell - jE_S\dfrac{Z_R}{Z_O} \sin\beta\ell = E_S\cos\beta\ell - j\, I_S Z_O \sin\beta\ell$

বা, $E_S\cos\beta\ell + jE_S\dfrac{E_R}{Z_O} \sin\beta\ell = I_S Z_R \cos\beta\ell + j\, I_S Z_O \sin\beta\ell$

বা, $E_S\,(\cos\beta\ell + j\dfrac{Z_R}{Z_S} \sin\beta\ell) = I_S\,(Z_R \cos\beta\ell + j\, Z_O \sin\beta\ell)$

বা, $E_S\left(\dfrac{Z_O \cos\beta\ell + jZ_R \sin\beta\ell}{Z_O}\right) = I_S(Z_R \cos\beta\ell + j\, Z_O \sin\beta\ell)$

$$\therefore Z_{in} = \frac{E_S}{I_S} = Z_O\frac{Z_R\cos\beta\ell + jZ_O\sin\beta\ell}{Z_O\cos\beta\ell + jZ_R\sin\beta\ell} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৩৯)$$

লাইন দৈর্ঘ্য যদি এক-চতুর্থাংশ হয়, অর্থাৎ $\ell\dfrac{\lambda}{8}$ হয়, তবে

$\beta\ell = \dfrac{2\pi}{\lambda}\cdot\dfrac{\lambda}{4} = \dfrac{\pi}{2}$ হয়।

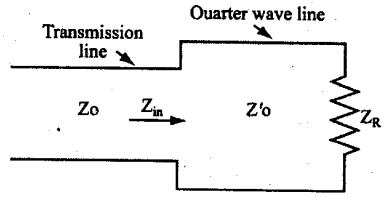
$\therefore Z_{in} = Z_O$

বা, $Z_{in} = \dfrac{Z_R\cos\left(\dfrac{\pi}{2}\right) + jZ_O \sin\left(\dfrac{\pi}{2}\right)}{Z_O\cos\left(\dfrac{\pi}{2}\right) + jZ_R \sin\left(\dfrac{\pi}{2}\right)} = Z_O\dfrac{jZ_O}{jZ_R} = \dfrac{Z_O^2}{Z_R}$

$\therefore Z_O^2 = Z_{in}.\, Z_R$

$$\therefore Z_O = \sqrt{Z_{in}.\, Z_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪০)$$

(৮.৪০) নং সমীকরণ নির্দেশ করে যে, কোয়ার্টার ওয়েভ লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, ইনপুট এবং লোড ইম্পিড্যান্সের জ্যামিতিক গড়। ধরা যাক, কোন ট্রান্সমিশন লাইনে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O এবং লোড ইম্পিড্যান্স Z_R এর মান জানা। এ ধরনের ট্রান্সমিশন লাইনে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য ৮.৩ নং চিত্রের ন্যায় কোয়ার্টার ওয়েভ লাইন ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ঃ ৮.৩ কোয়ার্টার ওয়েভ লাইনের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং

ট্রান্সমিশন লাইনের জন্য ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের ইনপুট ইম্পিড্যান্সের ন্যায় কাজ করে। যদি ট্রান্সফরমারের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O' হয়, তবে

$$Z_O' = \sqrt{Z_{in}.\, Z_R} = \sqrt{Z_O.\, Z_R}$$

ফলে Z_O' কে $\sqrt{Z_O . Z_R}$-এর সমান করে তৈরি করলে লাইনে উপযুক্ত ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং হয়। মুক্ত তার ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, পরিবাহীর পুরত্ব এবং লাইন পরিবাহীর মধ্যে ব্যবধানের উপর নির্ভর কর। এরূপ লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নিচে এক্সপ্রেশন অনুযায়ী নির্ণয় করা যায়,

$Z_O = 276 \log_{10} (S/R)$

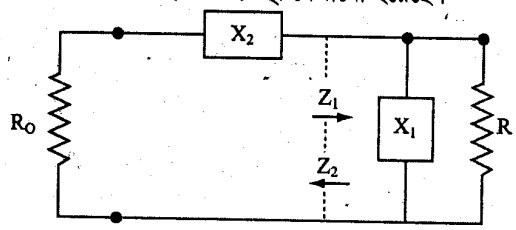
যেখানে, S = লাইন পরিবাহীদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব

R = পরিবাহীর ব্যাসার্ধ।

সুতরাং উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করে যে মান পাওয়া যায়, এরূপ ইম্পিড্যান্স বিশিষ্ট কোয়াটার ওয়েভ ট্রান্সফরমার ব্যবহার করে লাইনে ম্যাচিং পাওয়া যায়। অবশ্যই কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারকে ট্রান্সমিশন লাইন এবং লোডের মধ্যে স্থাপন করা হয়।

৮.৯.২ L নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Impedance matching by L-network) ঃ

ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য রিয়্যাকটিভ (Reactive) L–নেটওয়ার্ক ব্যবহার করা যায়। ধরা যাক, R রেজিস্ট্যান্স বিশিষ্ট লোডকে জেনারেটরে অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স R_O-এর সাথে ম্যাচিং করতে হবে। L নেটওয়ার্কে একটি সিরিজ বাহু এবং একটি শান্ট বাহু বিদ্যমান থাকে। শান্ট বাহুকে লাইনের উচ্চতর রেজিস্ট্যান্সের দিকে সংযুক্ত করতে হয়। ধরি, $R > R_O$ তাহলে শান্ট বাহুকে R এর প্যারালালে সংযুক্ত করতে হবে। ৮.৪ নং চিত্রে এরূপ সংযোগ ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৮.৪ L- নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং

যদি ট্রান্সমিশন লাইনকে ডটেড চিহ্নিত স্থানে বিভক্ত করা হয়, তবে উপযুক্ত ম্যাচিং এর ক্ষেত্রে অবশ্যই বিভক্ত স্থান হতে ডানদিকে এবং বামদিকে ইম্পিড্যান্স সমান হতে হবে। ধরা যাক, সিরিজ বাহুটি ক্যাপাসিটিভ এবং শান্ট বাহুটি ইন্ডাকটিভ।

$\therefore Z_1 = Z_2$

$Z_1 = \frac{R(jX_1)}{R + jX_1}$ এবং $Z_2 = R_O - jX_2$

$\therefore \frac{R(jX_1)}{R + jX_1} = R_O - jX_2$

বা, $\frac{R(jX_1)(R - jX_1)}{(R + jX_1)(R - jX_1)} = R_O - jX_2$

বা, $\frac{jRX_1(R - jX_1)}{R^2 + X_1^2} = R_O - jX_2$

বা, $\frac{Rx_1^2}{R^2 + X_1^2} + j\frac{R^2X_1}{R^2 + X_1^2} = R_O - jX_2$ ..... (৮.৪১)

(৮.৪১) নং সমীকরণের উভয় পক্ষ হতে বাস্তব এবং কাল্পনিক রাশি পৃথক করে পাওয়া যায়।

$\frac{RX_1^2}{R^2 + X_1^2} = R_O$ এবং $\frac{R^2X_1}{R^2 + X_1^2} = -X_2$

বা, $\frac{Rx_1^2}{R^2 + X_1^2} = R_O$

বা, $RX_1^2 = R_OR^2 + R_OX_1^2$

বা, $RX_1^2 - R_OX_1^2 = R_OR^2$

বা, $X_1^2(R - R_O) = R_OR^2$

বা, $X_1^2 = \frac{R_OR^2}{R - R_O}$

$\therefore X_1 = \sqrt{\frac{R_OR^2}{R - R_O}}$ ..... (৮.৪২)

আবার, $\frac{R^2X_1}{R^2+X_1^2} = -X_2$

X_1-এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\frac{R^2.\,R.\sqrt{\frac{R_O}{R-R_O}}}{R^2+\frac{R_OR^2}{R-R_O}} = -X_2$$

$$\text{বা, } -X_2 = \frac{R^3\sqrt{\frac{R_O}{R-R_O}}}{\frac{R^3-R_OR^2+R_OR^2}{(R-R_O)}} = -\frac{R^3\sqrt{\frac{R_O}{R-R_O}}}{\frac{R^3}{(R-R_O)}} = \sqrt{\frac{R_O}{R-R_O}}\times(R-R_O) = \sqrt{R_O\,(R-R_O)}$$

$$\therefore X_2 = -\sqrt{R_O\,(R-R_O)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪৩)$$

(৮.৪২) এবং (৮.৪৩) নং সমীকরণ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, X_1 এবং X_2 বিপরীত প্রকৃতির হতে হবে।

৮.৯.৩ স্টাবের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Impedance matching by stubs) ঃ

লাইনের ক্ষুদ্র অংশকে স্টাব নামকরণ করা হয়ে থাকে। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট লাইনে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য এটা ব্যবহৃত হয়। এটাকে প্রধান ট্রান্সমিশন লাইনের সমাপ্ত বিন্দুতে অথবা জেনারেটর এবং লোডের মাঝে যে কোন উপযুক্ত স্থানে প্যারালালে সংযুক্ত করা হয়। ট্রান্সমিশন লাইনের গ্রাহক প্রান্ত ওপেন বা শর্ট অবস্থায় ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য স্টাব ব্যবহার করা যেতে পারে। কিন্তু সাধারণত শর্ট সার্কিট টার্মিনেশনে এটা ব্যবহৃত হয় এবং এক্ষেত্রে লাইনে পরিবাহীর মধ্যে ব্যবধান সুষম হওয়া আবশ্যক।

যদি ট্রান্সমিশন লাইনের গ্রাহক প্রান্ত শর্ট করা হয়, অর্থাৎ $Z_R = 0$ হয়, তবে (৮.৩৫) নং সমীকরণ হতে ইনপুট ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, $Z_{in} = Z_O \tanh\gamma\ell$

যদি ক্ষতিমুক্ত ট্রান্সমিশন লাইন হয়, তবে $\alpha = 0$ হয়।

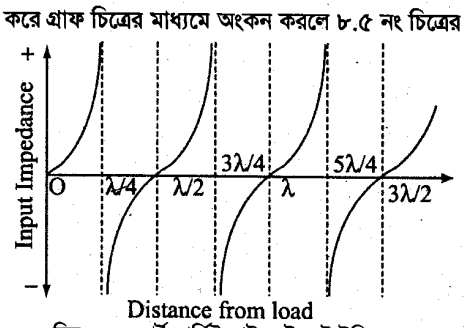
অর্থাৎ $\gamma = \alpha + j\beta = j\beta$

$\therefore Z_{in} = Z_O \tanh(j\beta)\,\ell = jZ_O \tan\beta\ell$

যদি $\ell = 0$ হয়, তবে $Z_{in} = 0$ হয়। $\ell = \frac{1}{4}$ হলে, $\beta\ell = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{4} = 90°$

$\therefore Z_{in} = jZ_O \tan 90° = \infty$

সুতরাং বিভিন্ন দূরত্বের জন্য Z_{in} নির্ণয় করে গ্রাফ চিত্রের মাধ্যমে অংকন করলে ৮.৫ নং চিত্রের ন্যায় গ্রাফ পাওয়া যায়।

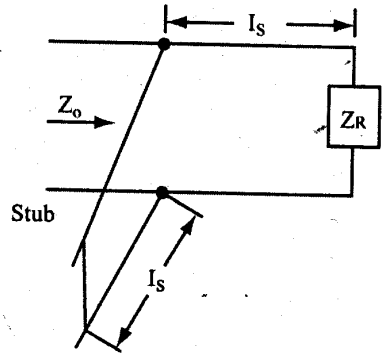


চিত্র ঃ ৮.৫ শর্ট সার্কিট লাইনে ইনপুট ইম্পিড্যান্স

ট্রান্সমিশন লাইনে স্টাব ব্যবহার করলে ৮.৫ নং চিত্রের ন্যায় শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে লাইনে ম্যাচিং আনয়ন করে থাকে। যদি এটার দৈর্ঘ্য $\lambda/4$ অপেক্ষা কম হয়, তবে লাইনে ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করে এবং $\lambda/4$ ও $\lambda/2$-এর মধ্যবর্তী হলে ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করে। স্টাবের দৈর্ঘ্য উপযুক্তভাবে নিয়ন্ত্রণ করে লাইনে কাঙ্ক্ষিত ইন্ডাকটিভ বা ক্যাপাসিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করা সম্ভব। লাইনে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য লাইনের রিয়্যাকটিভ অংশকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করা আবশ্যক। যদি লাইনের রিয়্যাকটিভ অংশ ইন্ডাকটিভ হয়, তবে ম্যাচিং এর জন্য স্টাবের মাধ্যমে লাইনের সমপরিমাণ ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করতে হয়। আবার লাইনের রিয়্যাকটিভ অংশ যদি ক্যাপাসিটিভ হয়, তবে ম্যাচিং এর জন্য স্টাবের মাধ্যমে লাইনের সমপরিমাণ ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স প্রদান করতে হয়।

তাছাড়াও সাসেপট্যান্স (Susceptance) প্রশমিত করার জন্য লোড কন্ডাকট্যান্স এবং ক্যারেকটারিসটিক ইন্ডাকট্যান্স সমান হওয়া আবশ্যক। অনেক ক্ষেত্রে লোডের কন্ডাকট্যান্স ক্যারেকটারিসটিক কন্ডাকট্যান্স হতে ভিন্ন হয় এবং সেক্ষেত্রে স্টাবকে সমাপ্ত প্রান্তে সংযোগ করলে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পাওয়া যায় না।

ধরা যাক, লাইন ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_O এবং লাইনকে Z_R ইম্পিড্যান্স দ্বারা সংযুক্ত করা হয়েছে, যা ৮.৬ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। সরলীকরণের নিমিত্তে ধরা যাক, Z_O এবং Z_R উভয়ই বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ এবং এতে কোন ইন্ডাকটিভ বা ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স নেই। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর জন্য লোড হতে ℓ দূরত্বে, ℓ_s দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট স্টাব দ্বারা শর্ট করা হয়েছে, যা ৮.৬ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৮.৬ স্টাবের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং

স্টাব এবং Z_R-এর প্যারালাল সমন্বয়ে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়। ম্যাচিং এর জন্য অবশ্যই ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের কন্ডাকট্যান্স এবং স্টাব ও Z_R এর সমন্বয়ের কন্ডাকট্যান্স সমান হতে হয়।

(৮.৩৯) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$Z_{in} = Z_O \frac{Z_R \cos\beta\ell + jZ_O \sin\beta\ell}{Z_O \cos\beta\ell + jZ_R \sin\beta\ell}$$

সুতরাং ইনপুট অ্যাডমিট্যান্স (Admitance),

$$Y_{in} = \frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{Z_O} \frac{Z_O\cos\beta\ell + jZ_R \sin\beta\ell}{Z_R\cos\beta\ell + jZ_O\sin\beta\ell}$$

$$= \frac{1}{Z_O} \cdot \frac{\cos\beta\ell\,[Z_O + jZ_R \,.\, \tan\beta\ell]}{\cos\beta\ell\,[Z_R + jZ_O \tan\beta\ell]}$$

$$= \frac{1}{Z_O} \cdot \left(\frac{Z_O + jZ_R \tan\beta\ell}{Z_R + jZ_O \tan\beta\ell}\right)$$

বা, $$Y_{in} = \frac{1}{Z_O} \frac{(Z_O + jZ_R\tan\beta\ell)\,(Z_R - jZ_O\tan\beta\ell)}{(Z_R + jZ_O \tan\beta\ell)\,(Z_R - jZ_O \tan\beta\ell)}$$

$$= \frac{1}{Z_O} \cdot \frac{Z_OZ_R + jZ^2_R \tan\beta\ell - jZ_o^2 \tan\beta\ell - j^2Z_oZ_R \tan^2\beta\ell}{Z_R^2 + Z_o^2 \tan^2\beta\ell}$$

বা, $$G_{in} + jB_{in} = \frac{1}{Z_O} \frac{(Z_OR_R + Z_O Z_R \tan^2\beta\ell) + j(Z_R^2 - Z_o^2) \tan\beta\ell}{Z_R^2 + Z_o^2 \tan^2\beta\ell}$$

বা, $$G_{in} + jB_{in} = \frac{1}{Z_O} \cdot \frac{Z_OZ_R (1 + \tan^2\beta\ell)}{Z_R^2 + Z_O^2 \tan^2\beta\ell} + j\frac{1}{Z_O} \frac{(Z_R^2 - Z_O^2) \tan\beta\ell}{Z_R^2 + Z_o^2 \tan^2\beta\ell}$$

$$\therefore G_{in} = \frac{1}{Z_O} \cdot \frac{Z_OZ_R (1 + \tan^2 \beta\ell)}{Z_R^2 + Z_O^2 \tan^2\beta\ell}$$

$$\therefore G_{in} = \frac{Z_R (1 + \tan^2\beta\ell)}{Z_R^2 + Z_O^2 \tan^2\beta\ell} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪৪)$$

(৮.৪৪) নং সমীকরণে নির্দেশ করে যে, স্টাব সংযুক্ত স্থানে কন্ডাকট্যান্স দৈর্ঘ্য ℓ এর উপর নির্ভরশীল। যদি 'ℓ' কে সঠিকভাবে নির্বাচন করা যায়, তবে স্টাব কন্ডাকট্যান্সকে এবং ক্যারেকটারিসটিক কন্ডাকট্যান্স এর সাথে ম্যাচিং করা যায়। যে দৈর্ঘ্যের জন্য এ শর্ত পূর্ণ করা যায়, তা নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায়,

$$G_{in} = \frac{1}{Z_O} = \frac{Z_R(1+\tan^2\beta\ell)}{Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell}$$

বা, $Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell = Z_OZ_R(1+\tan^2\beta\ell) = Z_O Z_R + Z_OZ_R\tan^2\beta\ell$

বা, $Z_o^2\tan^2\beta\ell - Z_OZ_R\tan^2\beta\ell = Z_OZ_R - Z_R^2$

বা, $Z_O(Z_O - Z_R)\tan^2\beta\ell = Z_R(Z_O - Z_R)$

বা, $\tan^2\beta\ell = \frac{Z_R(Z_O - Z_R)}{Z_O(Z_O - Z_R)}$

বা, $\tan^2\beta\ell = \frac{Z_R}{Z_R}$

বা, $\tan\beta\ell = \sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}$

বা, $\beta\ell = \tan^{-1}\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}$

$\therefore l = \frac{1}{\beta}\tan^{-1}\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}$

$\therefore l = \frac{1}{2\pi}\tan^{-1}\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}$ ..... (৮.৪৫)

সাসেপট্যান্স সমান এবং বিপরীত পাওয়ার জন্য নির্দিষ্ট বিন্দুতে স্টাব সংযোগ করতে হয়।

$\therefore$ লাইন সাসেপট্যান্স, $jB_{in} = j\frac{1}{Z_O}\frac{(Z_R^2 - Z_O^2)\tan\beta\ell}{(Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell)}$

স্টাবের সাসেপট্যান্স নির্ণয়ের জন্য $Z_R = 0$ ধরা হয়। যেহেতু স্টাব সংযোগ হতে শর্ট করা হয়। $Z_{in} = Z_O\frac{jZ_O\sin\beta\ell_s}{Z_O\cos\beta\ell_s} = jZ_o\tan\beta\ell_s$

$\therefore$ স্টাব সাসেপট্যান্স $= \frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{jZ_O\tan\beta\ell_s}$, যেখানে ℓ_S = স্টাবের দৈর্ঘ্য

সুতরাং শর্ত অনুযায়ী, $\frac{1}{jZ_O\tan\beta\ell_s} = j\frac{1}{Z_O}\frac{(Z_R^2 - Z_O^2)\tan\beta\ell}{Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell}$

বা, $\left(-j\frac{1}{Z_o}\right)\cot\beta\ell_s = \left(-j\frac{1}{Z_O}\right)\frac{(Z_R^2 - Z_O^2)\tan\beta\ell}{Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell}$

বা, $\cot\beta\ell_s = \frac{(Z_R^2 - Z_O^2)\tan\beta\ell}{Z_R^2 + Z_O^2\tan^2\beta\ell}$

$\tan\beta\ell_s = \sqrt{\frac{Z_r}{Z_O}}$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$\cot\beta\ell_s = \frac{(Z_r^2 - Z_O^2)\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}}{Z_R^2 + Z_O^2\frac{Z_R}{Z_O}} = \frac{(Z_R + Z_O)(Z_R - Z_O)\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}}{Z_R^2 + Z_OZ_R}$$

$$= \frac{(Z_R + Z_O)(Z_R - Z_O)\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}}{Z_R(Z_R + Z_O)}$$

$$= \frac{(Z_R - Z_O)\sqrt{\frac{Z_R}{Z_O}}}{Z_R} = (Z_R - Z_O)\sqrt{\frac{1}{Z_OZ_R}} = \frac{(Z_R - Z_O)}{\sqrt{Z_O Z_R}}$$

$$\therefore \tan\beta\ell_s = \frac{1}{\cot\beta\ell_s} = \frac{\sqrt{Z_O Z_R}}{(Z_R - Z_O)}$$

বা, $\beta\ell_s = \tan^{-1}\frac{\sqrt{Z_O Z_R}}{(Z_R - Z_O)}$

বা, $\ell_s = \frac{1}{\beta}\tan^{-1}\frac{\sqrt{Z_O Z_R}}{(Z_R - Z_O)}$

$$\therefore \ell_s = \frac{2\pi}{\lambda}\tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{Z_O Z_R}}{Z_R - Z_O}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪৬)$$

(৮.৪৫) এবং (৮.৪৬) নং সমীকরণদ্বয় যখন সিদ্ধ করে, তখন ট্রান্সমিশন লাইনে উপযুক্ত ম্যাচিং সংগঠিত হয়।

৮.১০ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইন (High frequency transmission line) ঃ

কোন ট্রান্সমিশন লাইনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি খুব বেশি হলে ঐ ট্রান্সমিশন লাইনকে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন বলে। ট্রান্সমিশন লাইনে ফ্রিকুয়েন্সি খুব বেশি হলে লাইনে সিরিজ ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্সের মান এর রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা খুব বেশি হয়ে থাকে। একইভাবে লাইনের শান্ট কন্ডাকট্যান্স অপেক্ষা শান্ট ক্যাপাসিট্যান্সের মান খুব বেশি হয়ে থাকে। লাইনের এ শর্তকে গাণিতিকভাবে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়–

$\omega L >> R$

$\omega C >> G$

এখন এ শর্ত সাপেক্ষে সেকেন্ডারি লাইন ধ্রুবক নির্ণয় করা হলে আমরা পাই,

(১) ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_O = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$= \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪৭)$$

(২) প্রপাগেশন ধ্রুবক,

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

$$= \sqrt{j\omega L\left(1 + \frac{R}{j\omega L}\right) j\omega C\left(1 + \frac{G}{j\omega C}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots (৮.৪৮)$$

যেহেতু $j\omega L >> R$ এবং $j\omega C >> G$ সেহেতু R এবং G এর অংশকে বাদ দেয়া যায়। সুতরাং আমরা পাই,

$$\gamma = \alpha + \beta = j\omega\sqrt{LC} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৪৯)$$

উপরোক্ত সমীকরণ থেকে বাস্তব এবং অবাস্তব রাশি পৃথক করে পাওয়া যায়,

$\alpha = 0$

$$\beta = \omega\sqrt{LC} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৮.৫০)$$

প্রপাগেশনের বেগ, $V_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ..... (৮.৫১)

সমীকরণ ৮.৫০ হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে লাইনের অ্যাটেনুয়েশন শূন্য বা খুবই কম হয়। ফলে লাইন লস মুক্ত বা লস খুবই কম হয়ে থাকে।

● গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ঃ

১। একটি ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 1kHz-এ $710\angle -16^\circ\ \Omega$ । একই ফ্রিকুয়েন্সিতে প্রতি কিলোমিটারে অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ শিফ্‌ট যথাক্রমে 0.01 নেপার এবং 0.035 রেডিয়ান পাওয়া যায়। লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$Z_O = 710\angle -16^\circ\ \Omega$

$\alpha = 0.01$ নেপার

$\beta = 0.035$ রেডিয়ান

এবং $f = 1kHz$.

আমরা জানি, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট,

$\gamma = \alpha + j\beta$

$= 0.01 + j0.035$

$= 36.4 \times 10^{-3}\angle 74^\circ$

এখন, $Z_O = \sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$ এবং $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$

$\therefore Z_O\gamma = \sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \times \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = (R + j\omega L)$

বা, $R + j\omega L = Z_O\gamma = 710\angle -16^\circ \times 36.4 \times 10^{-3}\angle 74 = 25.84\angle 58$

বা, $R + j\omega L = 25.84\ \text{Cos}\ (58.055) + j\ 25.84\ \text{Sin}\ (58.055) = 13.69 + j\ 21.91$

$\therefore R = 13.69\ \Omega/km$

$j\omega L = j\ 21.91$

$\therefore \omega L = 21.91$

বা, $2\pi f L = 21.91$

$\therefore L = \dfrac{21.91}{2 \times 3.14 \times 10^3} = 3.49 mH/km.$

আবার, $\dfrac{\gamma}{Z_O} = \dfrac{\sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}}{\sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{(G + j\omega C)}}} = G + j\omega C$

$\therefore G + j\omega C = \dfrac{36.4 \times 10^{-3}\angle 74^\circ}{710\angle -16^\circ}$

$= 5.127 \times 10^{-5}\angle 90^\circ$

$= 0 + j\ 5.127 \times 10^{-5}$

$\therefore G = 0$

এবং $\omega C = 5.127 \times 10^{-5}$

বা, $2\pi f C = 5.127 \times 10^{-5}$

$\therefore C = \dfrac{5.127 \times 10^{-5}}{2 \times 3.14 \times 10^3}$

$= 0.00816\ \mu f/km$ **(উত্তর)।**

২। একটি টেলিফোন লাইনে R = 10 Ω / km, L = 0.0037H/km, C = 0.0083 μf/km এবং G = 0.4 × 10^{-6} Ω /km পাওয়া যায়। 1 kHz এ Z_O, α এবং β নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

R = 10Ω /km

L = 0.0037H/km

C = 0.0083 μf/km

G = 0.4 × 10^{-6} Ω/km

f = 1kHz

আমরা জানি, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_O = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

এবং প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট,

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

এখানে, $\omega L = 2\pi f L$

$$= 2 \times 3.14 \times 10^3 \times 0.0037 = 23.2$$

এবং $\omega C = 2\pi f C$

$$= 2 \times 3.14 \times 10^3 \times 0.0083 \times 10^{-6} = 5.215 \times 10^{-5}$$

$$\therefore Z_O = \sqrt{\frac{(10 + j\,23.2)}{(0.4 \times 10^{-6} + j5.215 \times 10^{-5})}}$$

$$= \sqrt{\frac{25.26 \angle 67.68^\circ}{5.215 \times 10^{-5} \angle 89.56^\circ}}$$

$$= 696 \angle -11.44^\circ$$

$$= 696 \text{ Cos } (-11.44^\circ) + j\, 696 \text{ Sin } (-11.44^\circ)$$

$$= (682.2 - j\, 138)\ \Omega$$ **(উত্তর)**।

এবং $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$

$$= \sqrt{(10 + j23.2)(0.4 \times 10^{-6} + j\, 5.215 \times 10^{-5})}$$

$$= \sqrt{25.26 \angle 67.68^\circ \times 5.215 \times 10^{-5} \angle 89.56^\circ}$$

$$= 0.0363 \angle 78.12^\circ$$

$\therefore \alpha + j\beta = 0.0075 + j\, 0.0355$
$\therefore \alpha = 0.0075$ নেপার /km
এবং $\beta = 0.0355$ রেডিয়ান/km. **(উত্তর)**

৩। একটি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট যথাক্রমে R = 6 Ω/কিমি L = 2.2 mH/ কিমি C = 0.005μf/ কিমি এবং G = 0.05 μΩ/কিমি পাওয়া যায়। 1kHz -এ সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট Z_0, α এবং β নির্ণয় কর। যদি লাইনে দৈর্ঘ্য 100 কিমি হয়, তবে α ও β নির্ণয় কর। সিগালের ফেজ গতি বেগও নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R = 6\Omega / km.$

$L = 2.2\ mH / km$

$C = 0.005\mu f / km$

$G = 0.05\ \mu\Omega/km$

$f = 1kHz$

এবং $R = 100$ km।

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 10^3 = 6283 \text{ রেডিয়ান/সেকেন্ড}$$

$\therefore \omega L = 6283 \times 2.2 \times 10^{-3} = 13.82$

এবং $\omega C = 6283 \times 0.005 \times 10^{-6} = 3.14 \times 10^{-5}$

আমরা জানি,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{6 + j13.82}{0.05 \times 10^{-6} + j3.14 \times 10^{-5}}}$$

$$= \sqrt{\frac{15.07 \angle 67.53^\circ}{3.14 \times 10^{-5} \angle 89.9^\circ}}$$

$$= 692.8 \angle -11.68$$

$$= (679.4 - j140.4)\ \Omega/Km.$$

এবং $\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)\ (G + j\omega c)}$

$$= \sqrt{15.07 \angle 967.53^\circ \times 3.14 \times 10^{-5} \angle 89.9^\circ}$$

$$= 0.0217 \angle 78.2^\circ = 0.0044 + j0.0213$$

$\therefore$ α/km − 0.0044 নেপার

β/km = 0.0213 রেডিয়ান

l = 100 km হলে,

$\alpha = 0.0044 \times 100 = 0.44$ নেপার

$\beta = 0.0213 \times 100 = 2.13$ রেডিয়ান

ওয়েভের ফেজ বেগ,

$$\upsilon_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{6283}{0.0213} = 295 \text{ km /sec.}$$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-৮

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কোন লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্টগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭]

অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্টগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ কোন প্রেরণ লাইনে নিচের প্রাইমারি কনস্ট্যান্টগুলো বিদ্যমান থাকে। যথা ঃ

১। রেজিস্ট্যান্স (R) ৩। ক্যাপাসিট্যান্স (C)

২। ইন্ডাকট্যান্স (L) ৪। কন্ডাকট্যান্স (G)

২। **প্রেরণ লাইনে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ প্রত্যেকটি প্রেরণ লাইনে কিছু প্যারামিটার থাকে, যেগুলো লাইনের বৈশিষ্ট্য নির্দেশ করে এবং যেগুলো প্যারামিটার ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল, তাদেরকে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট বলে।

৩। **প্রেরণ লাইনের সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ প্রেরণ লাইনের সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টগুলো নিম্নরূপ ঃ

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Z_0) ৩। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α)

২। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট (γ) ৪। ফেজ কনস্ট্যান্ট (β)।

৪। **কোন প্রেরণ লাইনে ডিসটরশন মুক্ত প্রেরণের শর্ত কী?** [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, সর্বনিম্ন অ্যাটেনুয়েশনের শর্ত কী? [বাকাশিবো-২০১৪, ২০০২]

অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনে Distortion ট্রান্সমিশনের শর্ত কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ কোন লাইনের মধ্য দিয়ে প্রেরিত ওয়েভ ডিসটরশন মুক্ত হবে,

যদি $\frac{L}{C} = \frac{R}{G}$ হয়।

৫। **লোডিং বলতে কী বুঝায়? এটি কত প্রকার ও কী কী?** [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং কী? [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি)]

উত্তর ঃ কোন প্রেরণ লাইনে ডিসটরশন মুক্ত প্রপাগেশনের জন্য লাইনের সাথে সিরিজে ইন্ডাকট্যান্স যুক্ত করার প্রক্রিয়াকে লোডিং বলে।

লোডিং দু' ধরনের, যথা ঃ ১। কন্টিনিউয়াস লোডিং, ২। লাম্পড লোডিং।

৬। **লোডিং এর প্রভাব কী?** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ প্রেরণ লাইনে লোডিং এর ফলে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টের উপর নিম্নলিখিত প্রভাব পড়ে।

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ধ্রুব এবং বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয়।

২। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α) হ্রাস পায় এবং কার্যকর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে ধ্রুব থাকে।

৩। ফেজ শিফ্‌ট কনস্ট্যান্ট (β) বৃদ্ধি পায়, ফেজ বেগ হ্রাস পায় এবং অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে ধ্রুব থাকে।

৭। **ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এবং লোডের ইম্পিড্যান্সের মধ্যে যথাযথ সমন্বয় সাধন না হলে লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ হয় না। যে প্রক্রিয়ায় ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স এবং লোড ইম্পিড্যান্সের মধ্যে সমন্বয় সাধন করে লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ নিশ্চিত করা হয়, তাকে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বলে।

৮। **ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতিকে প্রধানত তিনটি ভাগে বিভক্ত করা হয়। যথা ঃ

১। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমার পদ্ধতি,

২। L-নেটওয়ার্ক পদ্ধতি,

৩। স্টাব পদ্ধতি।

স্টাব পদ্ধতি আবার দু' ধরনের হতে পারে। যথা ঃ

১। একক স্টাব পদ্ধতি, ২। দ্বি-স্টাব পদ্ধতি।

৯। **কন্টিনিউয়াস লোডিং-এর ব্যবহার লিখ।**

উত্তর ঃ কন্টিনিউয়াস লোডিংকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। সাবমেরিন ক্যাবলের ক্ষেত্রে,

২। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলের ক্ষেত্রে।

১০। **লাম্পড লোডিং এর ব্যবহার লিখ।**

উত্তর ঃ লাম্পড লোডিংকে যে কোন ধরনের ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

১১। **Loading effect বলতে কী বোঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪]

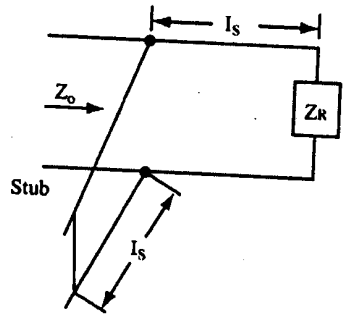
উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনে ডিসটরশনমুক্ত শর্ত পাওয়ার জন্য লোডিং করা হয়, যা লাইনের কনস্ট্যান্টসমূহের উপর প্রভাব বিস্তার করে ডিসটরশনকে কমিয়ে দেয়, একে Loading effect বলে।

১২। **Transmission line এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স কী?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ Transmission line এর প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ E_S এবং প্রেরণ প্রান্তের কারেন্ট I_S-এর অনুপাতকে ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ, $Z_{in} = \frac{E_s}{I_s}$।

১৩। **Stub এর সাহায্যে Impedance matching এর চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ স্টারের মাধ্যমে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং

১৪। **ট্রান্সমিশন লাইনে α ও β এর মান লিখ।** [বাকাশিবো-২০১০, ২০১২]

উত্তর ঃ নিচে α ও β এর মান দেয়া হল ঃ

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(RG-\omega^2L^2) + \sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(G^2+\omega^2C^2)}\right]}$$

এবং $$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(R^2-\omega^2L^2)+(G^2+\omega^2C^2)} - (RG+\omega^2L^2)\right]}$$

১৫। **Transmission line-এর Primary constant কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ একটি ট্রান্সমিশন লাইন যে সমস্ত মূল উপাদান সমন্বয়ে গঠিত, তাদেরকে প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট বলে। এ সমস্ত উপাদানগুলো লাইনের মধ্য দিয়ে ওয়েভ প্রপাগেশনে সরাসরি ভূমিকা রাখে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। লোডিং এর প্রভাব কী?

অথবা, প্রেরণ লাইনে লোডিং-এর প্রভাব লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি), ২০০৫]

অথবা, লোডিং এর প্রভাব লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনে লোডিং এর ফলে সেকেন্ডারি ধ্রুবকের উপর নিম্নলিখিত প্রভাব ফেলে ঃ

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ধ্রুব এবং বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয়।

২। অ্যাটেনুয়েশন ধ্রুবক হ্রাস পায় এবং কার্যকরী ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে তা ধ্রুব থাকে।

৩। ফেজ শিফট ধ্রুবকের মান বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। ফেজ বেগ হ্রাস পায় এবং কার্যকরী ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে তা ধ্রুব থাকে।

২। লোডিং কয়েলের গঠন প্রক্রিয়া উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ সাধারণত টোরোইডাল (Toroidal) আকৃতির হয় এবং পার্মালয় (Permalloy) বা মলিবডেনাম-পার্মালয় (Molybdenum-Permalloy) গুঁড়ার পাত দ্বারা গঠন করা হয়। কয়েলের এ ধরনের গঠনের জন্য উচ্চ ইন্ডাকট্যান্স পাওয়া যায়, এডি (Eddy) কারেন্ট লস খুবই কম হয় এবং পারিপার্শ্বিক ফিল্ডের প্রভাব খুবই কম হয়।

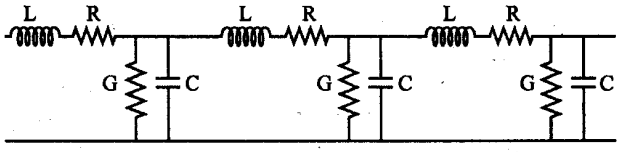
কোরের উপর ক্ষুদ্র আকৃতির বৃহৎ গেজের তার প্যাঁচানো হয়। তারকে সমান দু'ভাগে বিভক্ত করে কোরের উপর প্যাঁচানো হয়, যা প্রত্যেকটি ওয়াইন্ডিং সমপরিমাণ ইন্ডাকট্যান্স বহন করে। ক্রস-টক (Cross-talk) পরিহার করার জন্য খুব সূক্ষ্মভাবে সমতা নিয়ন্ত্রণ করতে হয়।

৩। কন্টিনিউয়াস লোডিং কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনে পরিবাহীর চারিদিকে ম্যাগনেটিক ম্যাটেরিয়াল যেমন লোহা দ্বারা আবৃত করা হয়, যাতে পরিবাহীর সাথে টেপ (tape) আকারে সংযুক্ত হতে পারে। এ ম্যাগনেটিক টেপের সাহায্যে পরিবাহীর চারপার্শ্বে মাধ্যমের প্রবেশ্যতা (Permeability) বৃদ্ধি পায় এবং সাথে সাথে পরিবাহীর ইন্ডাকট্যান্সও বৃদ্ধি পায়। একে কন্টিনিউয়াস লোডিং বলে।

৪। লাম্পড লোডিং কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতিতে কোন লাইনের নির্দিষ্ট দূরত্বে কয়েল (Coil) সংযোজনের মাধ্যমে লাইনের ইন্ডাকট্যান্স বৃদ্ধি করা হয়, তাকে লাম্পড লোডিং বলে।



যখন সংযোজিত লোডিং কয়েলের মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং কন্ডাক্টরের মধ্যে ব্যবধান সুষম (Uniform) হয়, তখন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ফ্রিকুয়েন্সি পর্যন্ত সকল ফ্রিকুয়েন্সিতে লাইন সুষমভাবে বিস্তৃত ইন্ডাকট্যান্সের অনুরূপ আচরণ করে।

৫। লোডিং কয়েলের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৯]

উত্তর ঃ লোডিং কয়েলকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

১। টেলিগ্রাফ লাইনে,

২। টেলিফোন লাইনে,

৩। রেডিও ও টেলিভিশন এর ট্রান্সমিটিং লাইনে,

৪। স্যাটেলাইট কমিউনিকেশনের ট্রান্সমিটিং লাইনে,

৫। আন্ডারগ্রাউন্ড ট্রান্সমিশন লাইনে,

৬। সাবমেরিন ক্যাবলে।

৬। **উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইনের বৈশিষ্ট্য লিখ।**

উত্তর ঃ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইন হতে পাওয়া যায়।

অ্যাটেনুয়েশন ধ্রুবক, $\alpha = 0$

ফেজ কনস্ট্যান্ট, $\beta = \omega\sqrt{LC}$

প্রপাগেশনের বেগ, $V_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

সুতরাং এটা প্রতীয়মান হয় যে, উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে লাইনের অ্যাটেনুয়েশন শূন্য বা খুবই কম হয়। ফলে লাইন লস মুক্ত বা লস খুবই কম হয়ে থাকে।

৭। **Transmission line এ Loading Coil এর ব্যবহার লিখ।**
অথবা, লোডিং কয়েলের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-০৮]

উত্তর ঃ লোডিং কয়েলকে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়– [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

১। টেলিগ্রাফ লাইনে
২। টেলিফোন লাইনে
৩। রেডিও টেলিভিশন এর ট্রান্সমিটিং লাইনে
৪। স্যাটেলাইট কমিউনিকেশনের ট্রান্সমিটিং লাইনে
৫। সাবমেরিন ক্যাবলে।

৮। **ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং এর প্রভাবগুলো বর্ণনা কর।**
অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং ইফেক্ট বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ ট্রান্সমিশন লাইনে লোডিং এর ফলে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টের উপর নিম্নলিখিত প্রভাব পড়ে– [বাকাশিবো-২০১৪]

১। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স ধ্রুব হয়ে থাকে এবং বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয়।
২। অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (α) হ্রাস পায় এবং কার্যকর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ধ্রুব থাকে।
৩। ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। ফেজ বেগ হ্রাস পায় এবং কার্যকর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে ধ্রুব থাকে।

৯। **দেখাও যে, ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ আমরা জানি,

ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স $Z_0 = \sqrt{\frac{R + J\omega L}{G + J\omega C}}$

উপরোক্ত সমীকরণে $L = \frac{RC}{G}$ বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + J\omega \frac{RC}{G}}{G + J\omega C}}$$

$$= \sqrt{\frac{R + J\omega \frac{RC}{G}}{G + J\omega C}} = \sqrt{\frac{\frac{R}{G}(G + J\omega C)}{(G + J\omega C)}}$$

$$= \sqrt{\frac{R}{G}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\therefore Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$\therefore$ এটা হতে প্রতীয়মান হয় যে, যদি $L = \frac{RC}{G}$ হয় তবে ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স একটি ধ্রুব সংখ্যা এবং ফ্রিকুয়েন্সির প্রভাব হতে সম্পূর্ণ মুক্ত।

১০। **ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ কোন লাইনের লোড ইম্পিড্যান্স যদি ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্সের সাথে উপযুক্ত ম্যাচিং হয় তবে উক্ত লোডে সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহের পরিবর্তে সর্বনিম্ন পাওয়ার সরবরাহ হয়ে থাকে। লোড ইম্পিড্যান্স এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্সের মধ্যে সুষম ম্যাচিং না হলে নানাবিধ অসুবিধা পরিলক্ষিত হয় এবং এ অসুবিধাগুলো পরিহার করার জন্য গৃহীত ব্যবস্থাগুলোও যুক্তিসংগত নয়। এ অসুবিধাগুলো পরিহার করার সহজ পন্থা হল, সার্কিটকে এমনভাবে বিন্যাস করা হয়, যাতে লোড ইম্পিড্যান্স এর মধ্যে উপযুক্ত ম্যাচিং হয়। এক্ষেত্রে, নিশ্চিতভাবে লোড সর্বোচ্চ পাওয়ার সরবরাহ করা হয়।

১১। **স্বল্প দৈর্ঘ্য ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, এর Caracteristic Impedance** $Z_O = \sqrt{\dfrac{R + J\omega L}{G + J\omega C}}$ [বাকাশিবো-২০১০, ২০০৯]

উত্তর ঃ স্বল্প দৈর্ঘ্যের ট্রান্সমিশন লাইনকে T-সেকশন নেটওয়ার্ক হিসেবে উপস্থাপন করা হয়। সাধারণত T-সেকশনকে একক দৈর্ঘ্যের বিবেচনা করা হয়। T-সেকশনের ক্ষেত্রে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স,

$$Z_O = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.১)$$

ট্রান্সমিশন লাইনে সিরিজ ইম্পিড্যান্সরূপে রেজিস্টর R এবং ইন্ডাক্টর L যুক্ত থাকে এবং প্যারালাল ইম্পিড্যান্সরূপে কন্ডাক্টর G এবং ক্যাপাসিটর C যুক্ত থাকে।

$\therefore Z_1 = (R + j\omega L)$

এবং $Z_2 = \dfrac{1}{(G + j\omega C)}$

ℓ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে,

$Z_1 = (R + j\omega L)\,\ell$

$Z_2 = \dfrac{1}{(G + j\omega C)\,\ell}$

$$\therefore Z_O = \sqrt{\frac{(R+j\omega L)^2 \ell^2}{4} + (R+j\omega L)\ell . \frac{1}{(G+j\omega C)\ell}}$$

$$= \sqrt{\frac{(R+j\omega L)}{G+j\omega C} + \frac{(R+j\omega L)^2 \ell^2}{4}}$$

যদি $\ell \to 0$ হয়, তবে ℓ^2 বিশিষ্ট পদটি নগণ্য হবে,

$$\therefore Z_O = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (৮.২)$$

১২। **Transmission line এর Primary এবং Secondary constant বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ **প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট ঃ** একটি ট্রান্সমিশন লাইন যে সমস্ত মূল উপাদান সমন্বয়ে গঠিত, তাদেরকে প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট বলে। এ সমস্ত উপাদানগুলো লাইনের মধ্য দিয়ে ওয়েভ প্রপাগেশনে সরাসরি ভূমিকা রাখে।

সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ড ঃ একটি ট্রান্সমিশন লাইনকে প্রাইমারি উপাদানসমূহের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়। এরূপ ট্রান্সমিশন লাইনের প্যারামিটারসমূহ যেমন– ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট, অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট এবং ফেজ কনস্ট্যান্ট বিবেচনা করা হয়, যাদের মাধ্যমে সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নির্দেশ করা হয়। এদেরকে সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট বলে।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। প্রেরণ লাইনের ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর।
অথবা, Characteristics impedance কে Primary constant-এর মাধ্যমে প্রকাশ করার সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। প্রেরণ লাইনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৮.২.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। প্রেরণ লাইনের অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ শিফ্‌ট প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৮]
অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেন্যুয়েশন নির্ণয়ের গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.২.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রান্সমিশন লাইনে ডিসটরশন মুক্ত সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। লোডিং প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমার পদ্ধতিতে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি আলোচনা কর।
অথবা, কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৯.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। L- নেটওয়ার্ক ব্যবহার করে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৯.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। স্টাবের মাধ্যমে কীভাবে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং করা যায় বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, স্টাবের সাহায্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৯.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১০। দেখাও যে ন্যূনতম attenuation এর শর্ত হলো $LG = RC$। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১১। Transmission line -এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Z_O = \sqrt{\frac{L}{C}}$। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৯

অ্যান্টিনার বৈশিষ্ট্য
(The Features of Antenna)

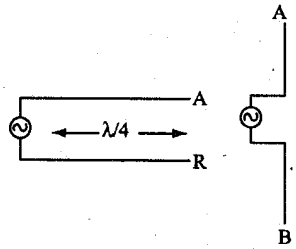
৯.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

অ্যান্টিনা খুবই গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। অ্যান্টিনা এমন একটি উপাদান যার সাহায্যে বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তর করা হয়। আবার ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে সিগন্যালে রূপান্তর করা হয়। এ অধ্যায়ে অ্যান্টিনা সম্পর্কে আলোকপাত করা হয়েছে।

৯.১ অ্যান্টিনা থেকে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক শক্তি বিকিরণের বাহ্যিক ধারণা (Physical idea of radiation of electromagnetic energy from antenna) ঃ

পরিবাহীর ব্যবস্থাপনাকে অ্যান্টিনা হিসাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়, যা শূন্য স্থানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ করতে এবং শূন্য স্থান হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে গ্রহণ করতে ব্যবহৃত হয়। ফলে অ্যান্টিনা প্রেরক প্রান্তে RF পাওয়ারকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তর করে এবং গ্রাহক প্রান্তে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে RF কারেন্টে রূপান্তর করে।

মুক্ত তার ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে বলা যায় যে, এতে যে পরিমাণ সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়, তার সামান্য অংশ বিকিরণ করে। ট্রান্সমিশন লাইনে বিকিরণের এ ধর্ম অনাকাঙ্ক্ষিত এবং 100 MHz এর উর্ধ্বে ফ্রিকুয়েন্সির জন্য মুক্ত তার ট্রান্সমিশন লাইন অপ্রয়োজনীয় হয়ে পড়ে। সিগন্যাল সোর্স হতে গৃহীত শক্তির সর্বাধিক শক্তি বিকিরণ করার জন্য মুক্ত তার ট্রান্সমিশন পদ্ধতিকে সংস্কার করা আবশ্যক। এমন একটা ব্যবস্থাপনা আবশ্যক, যার মাধ্যমে উৎস হতে গৃহীত সিগন্যালের অধিকাংশ শক্তিই বিকিরণ করা যায়।



চিত্রঃ ৯.১ (ক) জেনারেটরের সাথে যুক্ত ওপেন সার্কিটেড λ/4 লাইন, এবং (খ) ওপেন লাইনকে ডাইপোল এরিয়েলে রূপান্তর

λ/4 দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট একটা প্রেরণ লাইন বিবেচনা করা যাক এবং এর গ্রাহক প্রান্ত ওপেন। এ ধরনের লাইনের জেনারেটর প্রান্ত ন্যূনতম ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে এবং উৎস প্রান্তে সর্বাধিক কারেন্ট পাওয়া যাবে, যা অ্যান্টিনার একটা শর্ত পূর্ণ করে।

এ ধরনের লাইনের মাধ্যমে খুব সামান্য পরিমাণ শক্তি শূন্য স্থানে বিকিরণ করা যাবে। শক্তি বিকিরণ বৃদ্ধি করার নিমিত্তে, একটা উদাহরণ বিবেচনা করা যাক। ধরা যাক, একটা পানির পাত্রের তলদেশে উত্তপ্ত করা হচ্ছে। যদি পাত্রের মুখ বন্ধ করে পানিকে উত্তপ্ত করা হয়, তবে পানির উত্তাপ বৃদ্ধি পাবে, কিন্তু পানির বিকিরণ সংঘটিত হবে না। যদি পাত্রের মুখ খুলে দেওয়া হয়, তবে পানির বিকিরণ শুরু হবে। যদি পাত্রের মুখের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করা হয়, যাতে পাত্রের পানির সাথে বাতাসের সংযোগ ক্ষেত্র বৃদ্ধি পায়, তবে বিকিরণ সর্বোচ্চ হবে।

একটা ট্রান্সমিশন লাইনের বিকিরণও অনুরূপভাবে হয়ে থাকে। যদি আমরা এটা হতে বিকিরণ বৃদ্ধি করতে চাই, তবে লাইনের বিকিরণ মুখ অবশ্যই বৃদ্ধি করতে হবে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক শক্তি বিকিরণ সর্বাধিক হবে, যদি বিকিরণ পদ্ধতির তলের ক্ষেত্রফল সর্বাধিক হয়, যা ৯.১ (খ) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

এ ধরনের পদ্ধতির নিম্নলিখিত গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। ডাইপোল পরিবাহীর প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য $\lambda/4$ এবং মোট দৈর্ঘ্য $\lambda/2$ ।

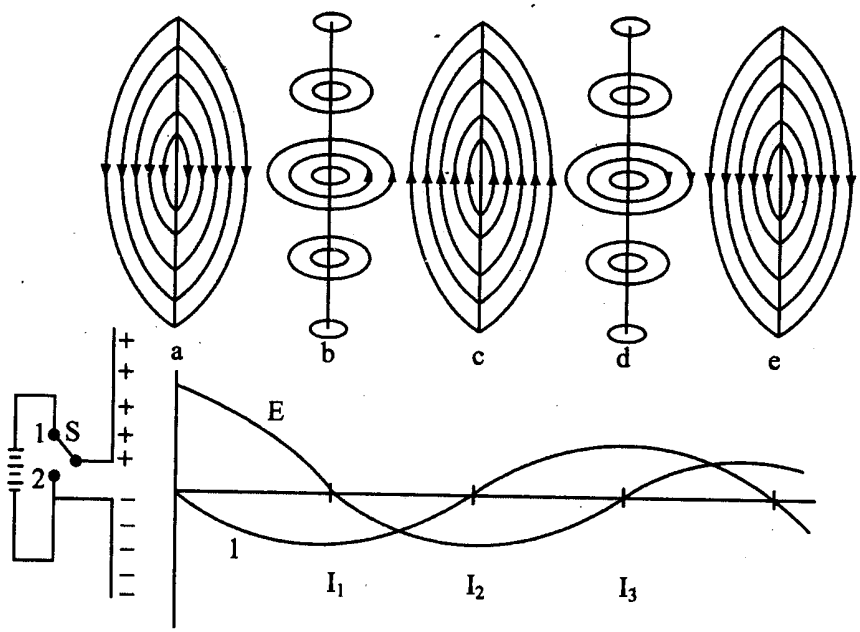
দু'টি পরিবাহী একটি নির্দিষ্ট রেখায় স্থির থাকে, যাতে এর ক্ষেত্রফল সর্বাধিক হয়।

২। এ ধরনের ডাইপোল সবদিকে শক্তি বিকিরণ করে।

এ ধরনের ডাইপোল কীভাবে শক্তি বিকিরণ করে, তা উপলব্ধি করার জন্য ৯.২ নং চিত্রে প্রদর্শিত চিত্রগুলো পর্যালোচনা করা যাক। ৯.২ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে একটি ডাইপোলকে সুইচ S এর মাধ্যমে ব্যাটারির সাথে যুক্ত করা আছে।

যখন সুইচ s কে 1 নং পজিশনে রাখা হয়, তখন ডাইপোলের সাথে ব্যাটারি সংযুক্ত হয়, যা উপরের উপাদানকে ধনাত্মক এবং নিচের উপাদানকে ঋণাত্মক করে। ফলশ্রুতিতে ডাইপোলে একটি বৈদ্যুতিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়, যা ৯.২ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

এখন ধরা যাক, t_o সুইচকে ২নং পজিশনে পরিবর্তন করা হল। এ মুহূর্ত পর্যন্ত বৈদ্যুতিক ফিল্ড ৯.২ (খ) নং চিত্রের অনুরূপ থাকে। পরবর্তীতে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ শূন্য হয়। যেহেতু ডাইপোলের দু'টো উপাদান সুইচের মাধ্যমে সংযুক্ত হয়। ভোল্টেজ একবারে শূন্য হয় না। এটা শূন্য হতে কিছুটা সময় নেয়। ভোল্টেজের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ফিল্ডও ক্রমান্বয়ে হ্রাস পেতে থাকে। বৈদ্যুতিক ফিল্ডের পরিবর্তনের ফলে ডাইপোলে কারেন্ট প্রবাহ শুরু হয়। এজন্য চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, t_o সময়ের পর থেকে ভোল্টেজ হ্রাস পায় এবং কারেন্ট প্রবাহ শুরু হয়।

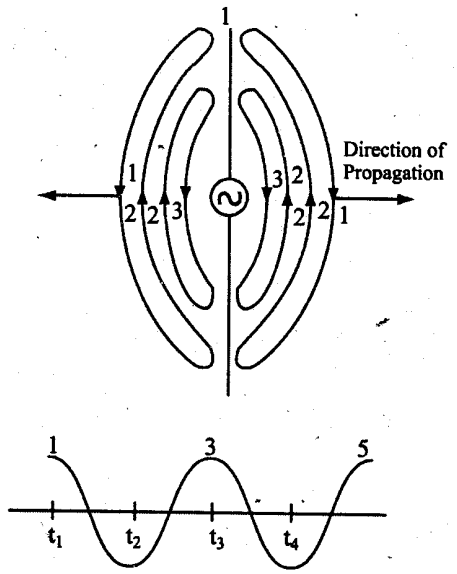


চিত্রঃ ৯.২ ডাইপোল এরিয়েলের ইলেকট্রিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড

t_1 সময়ে বৈদ্যুতিক ফিল্ড শূন্য হয় এবং এ মুহূর্তে চার্জের পরিবর্তন সর্বোচ্চ হয়। ফলে ঐ মুহূর্তে বৈদ্যুতিক কারেন্ট সর্বোচ্চ হয়, যা চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। কারেন্টের ফলে ডাইপোলের চারদিকে ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয় এবং তা t_1 মুহূর্তে সর্বোচ্চ হয়, যা ৯.২ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

এখানে উল্লেখ করতে হয়, ইতোমধ্যেই ভোল্টেজ শূন্য হয়েছে। ফলে t_1 সময়ের পরে কারেন্টও হ্রাস পেতে থাকে। কারেন্ট হ্রাসের ফলে ম্যাগনেটিক ফিল্ড হ্রাস পেতে থাকে এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডের পরিবর্তনের ফলে ডাইপোলে পুনরায় বৈদ্যুতিক ফিল্ড প্রতিষ্ঠিত হতে থাকে এবং এর দিক পূর্বের দিকের বিপরীত হয়। t_2 মুহূর্তে যখন ম্যাগনেটিক ফিল্ড শূন্য হয়, তখন বৈদ্যুতিক ফিল্ড সর্বোচ্চ হয়, যা ৯.২ (গ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এ প্রক্রিয়া ধারাবাহিকভাবে পুনরাবৃত্তি হতে থাকে এবং পর্যায়ক্রমে পরস্পরের সাথে সমকোণে বৈদ্যুতিক ফিল্ড এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড প্রতিষ্ঠিত হয়। কিন্তু এ ফিল্ডগুলো ডাইপোলে লসের জন্য ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। এ ধরনের প্রক্রিয়াকে ড্যাম্পড (Damped) অসিলেশন (Oscillation) বলে।

এ আলোচনা থেকে লক্ষ করা যায় যে, ডাইপোল বিশিষ্ট পরিবাহীতে ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে ডাইপোলের চারদিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। ডাইপোলে কিছু শক্তি একবার প্রয়োগ করলে যে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়, তা সময়ের সাথে হ্রাস পেয়ে এক সময় নিঃশেষিত হয়।



চিত্র ঃ ৯.৩ ডাইপোলে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (RF) সিগন্যাল প্রয়োগ এবং উৎপন্ন ফিল্ড

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের এ হ্রাস প্রতিরোধ করতে হলে এ ধরনের পদ্ধতিতে সর্বদা বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করতে হয়।

এখন ধরা যাক, ডাইপোলকে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট অসিলেটরের সাথে এমনভাবে সংযুক্ত করা হয়, যাতে সিগন্যালের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক ডাইপোলের দৈর্ঘ্য হয়। অভিজ্ঞতা থেকে বলা যায়, এক্ষেত্রে ফিল্ড প্রতিষ্ঠিত হবে। ডাইপোলে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হলে যে বৈদ্যুতিক ফিল্ড উৎপন্ন হয়, তা ৯.৩নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

t_1 মুহূর্তে প্রয়োগকৃত সিগন্যালের অ্যামপ্লিচুড সর্বোচ্চ হয়, যা ডাইপোলের উপরের উপাদানকে নিচের উপাদান অপেক্ষা অধিক ধনাত্মক করে। ফলে ডাইপোলের চারদিকে নিম্নমুখী চিহ্ন দ্বারা নির্দেশিত বৈদ্যুতিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়।

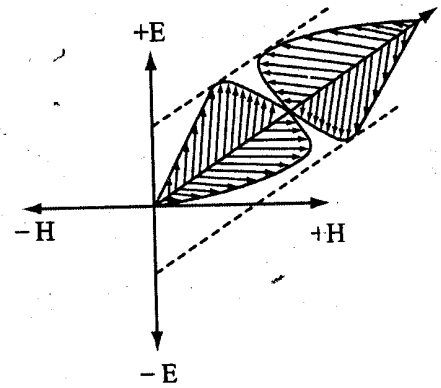
এরপর বৈদ্যুতিক সিগন্যাল হ্রাস পেতে শুরু করে এবং কিছু পরে বৈদ্যুতিক ফিল্ডও হ্রাস পেতে শুরু করে। এভাবে যখন বৈদ্যুতিক সিগন্যাল শূন্য হয়, তখনও এরিয়েলের চারদিকে বৈদ্যুতিক ফিল্ড বিদ্যমান থাকে।

RF সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধ-সাইকেল শুরু হলে এরিয়েলের চারদিকে পূর্বের ফিল্ডের বিপরীত দিক বিশিষ্ট বৈদ্যুতিক ফিল্ড সৃষ্টি হয় এবং ধনাত্মক অর্ধ-সাইকেলের জন্য সৃষ্ট ফিল্ডের অবশিষ্ট অংশকে ঋণাত্মক অর্ধ-সাইকেলের জন্য সৃষ্ট ফিল্ড সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। উভয় ফিল্ড বিপরীত হলেও একটি অন্যটিকে বাতিল করে না। কারণ উভয় ফিল্ড একই স্থানে অবস্থান করে না। কিন্তু উভয় ফিল্ডর প্রান্ত এরিয়েলের সন্নিকটে অবস্থান করায় উভয় ফিল্ড পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে লুপ (loop) গঠন করে। এভাবে বলা যায় যে, পর পর দু'টি বিপরীত অর্ধ-সাইকেলে ফিল্ডের লুপ গঠিত হয়।

এভাবে যখন সিগন্যাল 2 থেকে 3 অবস্থানে পরিবর্তিত হয়, তখন ফিল্ডের অপর লুপ গঠিত হয়, যা পূর্ববর্তী লুপকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। সিগন্যাল পরিবর্তনের সাথে অনুরূপভাবে লুপ উৎপন্ন হয় এবং পূর্ববর্তী লুপকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। ফলে এরা শূন্য স্থানে ছড়িয়ে পড়ে। এভাবে ফিল্ড এরিয়েলের সমকোণে সামনের দিকে গমন করে, যা ৯.৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

উপরের আলোচনাতে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের কথা উল্লেখ করা হয়নি। ডাইপোলের উভয় উপাদানের চারদিকে ম্যাগনেটিক ফিল্ডও বিদ্যমান থাকে, যা পর্যায়ক্রমে লুপ গঠন করে এবং পরবর্তী লুপ পূর্ববর্তী লুপকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। এখানে বৈদ্যুতিক ফিল্ডকে E- ফিল্ড এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডকে H- ফিল্ড নামকরণ করা হয়েছে। E- ফিল্ড উল্লম্ব তলে এবং H- ফিল্ড আনুভূমিক তলে অবস্থান করে। উভয় ফিল্ডই একত্রে শূন্য স্থানে ভ্রমণ করে এবং E- ফিল্ড, H- ফিল্ড এবং ফিল্ড গমনের দিক পরস্পরের সাথে সমকোণে অবস্থান করে। ৯.৪ নং চিত্রে E এবং H ফিল্ডের ফেজ সম্পর্ক এবং গমনের দিক প্রদর্শন করা হয়েছে।

এভাবে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ উৎপন্ন হয় এবং আলোর গতিতে গমন করে। গমনের সময় এর ফিল্ডগুলো নিজেদের অবস্থান পরিবর্তন করে না এবং তাদের ফেজ সম্পর্কও অপরিবর্তিত থাকে। এ ধরনের ওয়েভকে পোলারাইজড ওয়েভ বলে। ইলেকট্রিক ফিল্ডের দিকই পোলারাইজেশনের দিক নির্দেশ করে।



চিত্র ঃ ৯.৪ E এবং H ফিল্ডের ফেজ সম্পর্ক এবং গমনের দিক

৯.২ অ্যান্টিনার সাথে সম্পর্কিত বিন্দু উৎস, পাওয়ার গেইন, ডাইরেকটিভিটি, অ্যাপারচার, কার্যকরী ক্ষেত্র, রেডিয়েশন প্যাটার্ন, বীম কোণ এবং বিকিরণ কোণ-এর সংজ্ঞা (Definition the term point source, power gain, directivity, aperture, effective area, radiation pattern, beam angle and radiation angle related to antenna) ঃ

অ্যান্টিনার সাথে সম্পর্কিত বিভিন্ন রাশির সংজ্ঞা নিম্নে প্রদান করা হয়েছে।

৯.২.১. বিন্দু উৎস (Point source) ঃ

অ্যান্টিনা হতে শক্তি বিকিরণের ধারণা দিতে গিয়ে পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে যে আলোচনা করা হয়েছে, তা থেকে এটা প্রতীয়মান হয়েছে যে, ডাইপোলে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে তা থেকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ হয়। এছাড়া এটাও প্রতীয়মান হয় যে, ডাইপোল হতে ওয়েভ চারদিকে সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে। যে স্থান হতে শক্তির বিকিরণ ঘটে, চারিদিক থেকে ঐ স্থানের দিকে লক্ষ করলে, তা একটি বিন্দুর ন্যায় পর্যবেশিত হয়। এজন্য এরূপ উৎসকে বিন্দু উৎস নামে অভিহিত করা হয়। সুতরাং যে উৎস হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ চারদিকে সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে, তাকে বিন্দু উৎস বলে।

৯.২.২. পাওয়ার গেইন (Power gain) ঃ

অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইনকে সাধারণভাবে ডাইরেকটিভ (directive) গেইন বলা হয়ে থাকে। অ্যান্টিনা থেকে যখন চারদিকে শক্তি বিকিরণ করা হয়, তখন কোণের (Angle) সাপেক্ষে শক্তির ঘনত্ব বিভিন্ন হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে কোণ বলতে সাধারণত সলিড কোণ (Solid angle) বুঝানো হয়। প্রতি একক কোণে যে পরিমাণ শক্তি বিকিরণ হয়ে থাকে তাকে শক্তির ঘনত্ব বা তীব্রতা (Intensity) বলা হয়। পাওয়ার গেইন বা ডাইরেকটিভ গেইন বলতে কোন অ্যান্টিনার নির্দিষ্ট দিকে পাওয়ার ঘনত্ব এবং একটি আদর্শ অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব যা চারদিকে শক্তি বিকিরণ করে থাকে, এদের অনুপাতকে বুঝায়। একটি আদর্শ অ্যান্টিনাকে আইসোট্রপিক (Isotropic) অ্যান্টিনা বলে।

$$\text{সুতরাং পাওয়ার গেইন} = \frac{\text{নির্দিষ্ট দিকে অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব}}{\text{আইসোট্রপিক অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব}}।$$

৯.২.৩ ডাইরেকটিভিটি (Directivity) ঃ

একে সর্বোচ্চ পাওয়ার গেইনও বলা হয়ে থাকে। দিক নির্ভর অ্যান্টিনার ক্ষেত্রে কোন নির্দিষ্ট দিকে অ্যান্টিনা শক্তি বিকিরণ করে থাকে। আবার অ্যান্টিনার বিভিন্ন দিকে গেইন সমান হয় না। কোন অ্যান্টিনার ক্ষেত্রে যে দিকে গেইন সর্বোচ্চ হয়ে থাকে, তাকে ডাইরেকটিভিটি বলে।

৯.২.৪ অ্যাপারচার (Aperture) ঃ

অ্যান্টিনা অ্যাপারচার বলতে প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার অ্যাপারচার বুঝানো হয়। ডিশের ফোকাল (Focal) দূরত্ব এবং ডিশের সম্মুখ ভাগের ব্যাসের অনুপাতকে অ্যাপারচার বলে। একে A দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore A = \frac{\text{ডিশের ফোকাল দুরত্ব}}{\text{ডিশের সম্মুখ প্রান্তের ব্যাস}}।$$

৯.২.৫. কার্যকরী ক্ষেত্র (Effective area) ঃ

কার্যকরী ক্ষেত্রফলের সংজ্ঞা সরাসরি প্রদান করা যায় না। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কার্যকরী ক্ষেত্রফলের ধারণা প্রয়োগ করার জন্য একটি অ্যান্টিনা ডিভাইস বিবেচনা করা যাক। ধরা যাক, কোন গ্রাহক অ্যান্টিনাকে একটি সুষমভাবে পোলারাইজড ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিশিষ্ট ফিল্ডে স্থাপন করা আছে। অ্যান্টিনা যে পরিমাণ পাওয়ার গ্রহণ করবে, তা প্রতি একক ক্ষেত্রে পাওয়ার এবং ক্ষেত্রফলের গুণফলের সমান হবে। এ ধারণা থেকে আমরা বলতে পারি,

$$W = PA$$

যেখানে,

W = গ্রাহক কর্তৃক গৃহীত পাওয়ার, ওয়াট।

P = ওয়েভের পাওয়ার ঘনত্ব, ওয়াট/বর্গমিটার।

A = কার্যকরী ক্ষেত্রফল, বর্গমিটার।

$$\therefore A = \frac{W}{P}$$

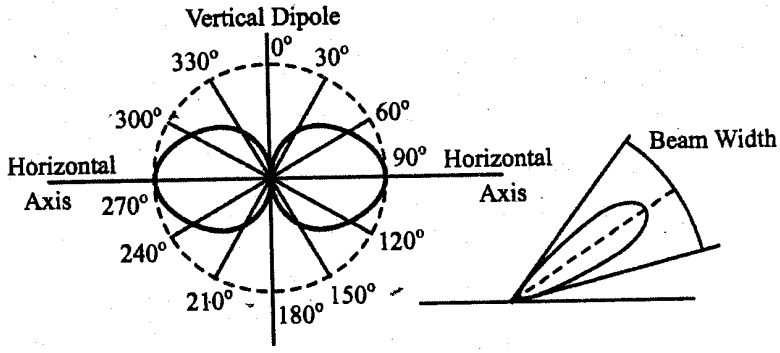
সুতরাং কোন গ্রাহক অ্যান্টিনার কার্যকরী ক্ষেত্রফল বলতে গ্রাহক অ্যান্টিনা কর্তৃক গৃহীত পাওয়ার এবং ওয়েভের পাওয়ার ঘনত্বের অনুপাতকে বুঝানো হয়।

৯.২.৬. বিকিরণ প্যাটার্ন (Radiation pattern) ঃ

অ্যান্টিনা মূলত বৈদ্যুতিক শক্তিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। অ্যান্টিনাতে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে অ্যান্টিনা হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্য স্থান (Free space) এ ছড়িয়ে পড়ে, একে বিকিরণ (Radiation) বলে। অ্যান্টিনা থেকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিভিন্ন দিকে সমভাবে ছড়ায় না। অ্যান্টিনা তলের সাপেক্ষে বিভিন্ন কৌণিক অবস্থানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের শক্তিকে পোলার ডায়াগ্রামের মাধ্যমে প্রকাশ করলে যে প্যাটার্ন পাওয়া যায়, তাকে বিকিরণ প্যাটার্ন বলে। বিকিরণ প্যাটার্নে ফিল্ডের শক্তি বলতে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে পাওয়ার বা পাওয়ার ঘনত্বকে বুঝানো হয়। ৯.৫(ক) নং চিত্রে একটি অ্যান্টিনার সাধারণ বিকিরণ প্যাটার্ন দেখানো হয়েছে।

৯.২.৭. বীম কোণ (Beam angle) ঃ

বিকিরণ প্যাটার্নের সর্বোচ্চ পাওয়ারের অর্ধ পাওয়ার বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানকে বীম কোণ বলে। ৯.৫ (খ) নং চিত্রে বীম কোণ দেখানো হয়েছে।



(ক) বিকিরণ প্যাটার্ন (খ) বীম কোণ

চিত্র ঃ ৯.৫

৯.২.৮. বিকিরণ কোণ (Radiation angle) ঃ

কোন একটি অ্যান্টিনা যে তলে স্থাপিত ঐ তলের সাথে যে কৌণিক অবস্থানে সর্বোচ্চ বিকিরণ পাওয়া যায়, তাকে বিকিরণ কোণ বলে।

অনুশীলনী-৯

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **অ্যান্টিনা বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, অ্যান্টিনা কী? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৬]

উত্তর ঃ যে উপাদানের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তর করা হয় বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে বৈদ্যুতিক শক্তিকে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে অ্যান্টিনা বলে।

২। **পয়েন্ট সোর্স বা বিন্দু উৎসের সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর ঃ ডাই পোলের যে স্থান হতে বৈদ্যুতিক শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ রূপে নির্গত হয়, তাকে পয়েন্ট সোর্স বা বিন্দু উৎস বলে।

৩। **অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইনের সংজ্ঞা দাও।**

অথবা, অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ২০০৯

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনার নির্দিষ্ট দিকে পাওয়ার ঘনত্ব এবং আইসোট্রপিক অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব (যা চারিদিকে শক্তি বিকিরণ করে) এর অনুপাতকে পাওয়ার গেইন বলে।

$$\text{সুতরাং পাওয়ার গেইন} = \frac{\text{নির্দিষ্ট দিকে অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব}}{\text{আইসোট্রপিক অ্যান্টিনার পাওয়ার ঘনত্ব}}।$$

৪। **ডাইরেকটিভিটি এর সংজ্ঞা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০(পরি)]

অথবা, অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনা যে দিকে সর্বোচ্চ পরিমাণ পাওয়ার বা শক্তি বিকিরণ করে, তাকে ডাইরেকটিভিটি বলে।

৫। **অ্যান্টিনার অ্যাপারচার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮, ২০০৯(পরি), ২০১০]
অথবা, অ্যান্টিনার অ্যাপারচার কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ কোন প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার ফোকাল (Focal) দূরত্ব এবং অ্যান্টিনার সম্মুখভাগের ব্যাসের অনুপাতকে অ্যান্টিনার অ্যাপারচার বলে।

$$\text{সুতরাং এ্যাপারচার} = \frac{\text{ডিশ অ্যান্টিনার ফোকাল দুরত্ব}}{\text{ডিশের সম্মুখভাগের ব্যাস}}$$

৬। **বিকিরণ প্যাটার্ন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনার তলের সাপেক্ষে বিভিন্ন কৌণিক অবস্থানে বিকিরিত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের শক্তি মাত্রাকে পোলার ডায়াগ্রামে প্রকাশ করলে যে প্যাটার্ন পাওয়া যায়, তাকে বিকিরণ প্যাটার্ন বলে।

৭। **বীম কোণ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্নের সর্বোচ্চ পাওয়ারের 3dB বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্বকে বীম কোণ (Beam angle) বলে।

৮। **বিকিরণ কোণ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনা স্থাপনের তলের সাথে যে কৌণিক অবস্থানে সর্বোচ্চ বিকিরণ পাওয়া যায় তাকে বিকিরণ কোণ বলে।

৯। **Antenna এর কাজ কী?** [বাকাশিবো-২০১৪, ২০০৪]

উত্তর ঃ অ্যান্টিনা এর কাজ হল শূন্য স্থানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ করতে এবং শূন্য স্থান হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে গ্রহণ করতে ব্যবহৃত হয়।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কার্যকরী ক্ষেত্র বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ কোন গ্রাহক অ্যান্টিনার কার্যকরী ক্ষেত্রফল বলতে গ্রাহক অ্যান্টেনা কর্তৃক গৃহীত পাওয়ার এবং ওয়েভের পাওয়ার ঘনত্বের অনুপাতকে বুঝানো হয়।

অর্থাৎ, $A = \frac{W}{P}$

যেখানে, W = গ্রাহক কর্তৃক গৃহীত পাওয়ার, ওয়াট

P = ওয়েভের পাওয়ার ঘনত্ব, ওয়াট/বর্গমিটার

A = কার্যকরী ক্ষেত্রফল, বর্গমিটার।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **অ্যান্টিনা হতে তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি বিকিরণ প্রক্রিয়া সচিত্র বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ ৯.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

অধ্যায়-১০

অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি
(Construction and Operation of Antenna)

১০.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

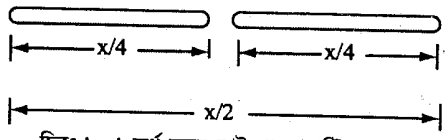
এ অধ্যায়ে বিভিন্ন ধরনের অ্যান্টিনা যেমন-- ডাইপোল, ফোল্ডেড ডাইপোল, ইয়াগী, মারকোনী, হুইপ, ভি-রম্বিক, ডিশ ইত্যাদি এর গঠন ও কার্যপদ্ধতি আলোচনা করা হয়েছে। এই সাথে অ্যান্টিনাসমূহের বিকিরণ প্যাটার্নও আলোচনা করা হয়েছে।

১০.১, ১০.২ এবং ১০.৩ ডাইপোল, ফোল্ডেড ডাইপোল, প্যারাসিটিক, ইয়াগী, মারকোনী এবং হুইপ অ্যান্টিনার গঠন, কাজ এবং বিকিরণ প্যাটার্ন (Construction, operation and radiation pattern of diapole, folded dipole, parasitic, yagi, marconi and whip antenna) ঃ

১০.৩.১. ডাইপোল অ্যান্টিনা (Dipole antenna) ঃ

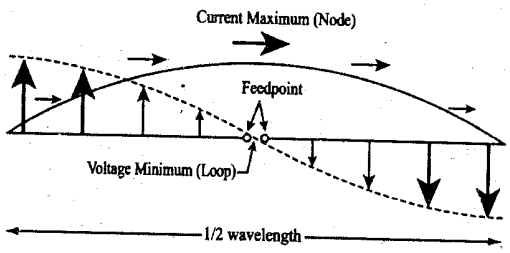
অ্যান্টিনা মূলত R.F সিগন্যালকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তর করতে এবং ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে R.F সিগন্যালে রূপান্তর করতে ব্যবহৃত হয়। এদিক দিয়ে অ্যান্টিনা দু'ভাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। একটি প্রেরক অ্যান্টিনা এবং অপরটি গ্রাহক অ্যান্টিনা। একটি প্রেরক (Transmitting) অ্যান্টিনাকে ধাতব (Metal) দ্বারা গঠন করা হয়ে থাকে, যা এতে প্রয়োগকৃত বৈদ্যুতিক শক্তিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক শক্তিতে রূপান্তর করে শূন্য স্থানে বিকিরণ করে থাকে। এতে প্রয়োগকৃত বৈদ্যুতিক শক্তি মূলত ভোল্টেজ এবং কারেন্ট দ্বারা নির্দেশিত হয়। একটি গ্রাহক অ্যান্টিনাও ধাতব পদার্থের তৈরি হয়ে থাকে, যা শূন্য স্পেস হতে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ওয়েভ কর্তন করে এর মূল উপাদান ভোল্টেজ এবং কারেন্টে রূপান্তর করে।

একটি ডাইপোল অ্যান্টিনা বলতে সুষম দু'পোল বা দু'টি উপাদান বিশিষ্ট অ্যান্টিনাকে বুঝায়, যার মধ্য বিন্দুর সাপেক্ষে উভয় প্রান্তে ভোল্টেজ সমান থাকে। এক্ষেত্রে ডাইপোল অ্যান্টিনা হিসাবে অর্ধ-তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ডাইপোল সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। যে অ্যান্টিনার দৈর্ঘ্য এতে প্রযুক্ত ফ্রিকুয়েন্সির শূন্য স্থানের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক বা $\lambda/2$ হয়, তাকে অর্ধ-তরঙ্গ ডাইপোল বলে। এরূপ অ্যান্টিনা দু'টি ধাতব রড বা পাইপ দ্বারা তৈরি করা হয়ে থাকে। এতে দু'টি উপাদান থাকে, যার প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য $\lambda/4$ হয়ে থাকে। ফলে এরূপ অ্যান্টিনার মোট দৈর্ঘ্য $\lambda/2$ হয়। ১০.১ নং চিত্রে ডাইপোল অ্যান্টিনার গঠন চিত্র দেখানো হয়েছে।



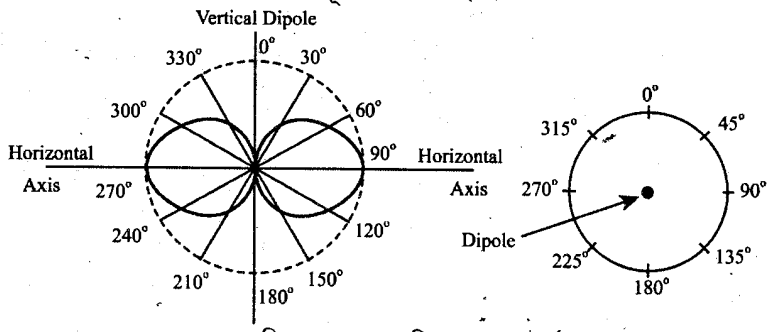
চিত্রঃ ১০.১ অর্ধ-তরঙ্গ-ডাইপোল অ্যান্টিনা

যখন ডাইপোল অ্যান্টিনায় ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, তখন এতে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। মূলত ভোল্টেজ ডাইপোলের মধ্য বিন্দুতে প্রয়োগ করা হয়। ফলে ভোল্টেজ প্রান্তের দিকে সর্বোচ্চ হয় এবং প্রান্ত ওপেন হওয়ায় কারেন্ট প্রান্তের দিকে শূন্য হয়। এজন্য কারেন্ট, প্রান্তের দিকে শূন্য এবং মধ্য বিন্দুতে সর্বোচ্চ হয়। তাহলে দেখা যায় অর্ধ-তরঙ্গ ডাইপোল অ্যান্টিনায় ভোল্টেজ প্রান্তের দিকে সর্বোচ্চ এবং মধ্য বিন্দুতে সর্বনিম্ন হয়। আবার কারেন্ট প্রান্তের দিকে সর্বনিম্ন এবং মধ্যবিন্দুতে সর্বোচ্চ হয়, যা ১০.২ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্রঃ ১০.২ অর্ধ-তরঙ্গ ডাইপোলে, (ক) কারেন্ট বিতরণ এবং (খ) ভোল্টেজ বিতরণ

ভোল্টেজের জন্য অ্যান্টিনার চারপার্শ্বে বৈদ্যুতিক ফিল্ড সৃষ্টি হয় এবং কারেন্টের জন্য অ্যান্টিনার চারিপার্শ্বে ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। ১০.২ নং চিত্র হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, ভোল্টেজ যেখানে সর্বোচ্চ কারেন্ট সেখানে সর্বনিম্ন এবং ভোল্টেজ যেখানে সর্বনিম্ন কারেন্ট সেখানে সর্বোচ্চ অর্থাৎ কারেন্ট এবং ভোল্টেজ এর মধ্যে কৌণিক ব্যবধান 90°। সেজন্য এদের দ্বারা সৃষ্ট বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডের মধ্যেও কৌণিক ব্যবধান 90° হয়। ডাইপোলের মধ্য বিন্দুতে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ পরিবর্তনের ফলে কারেন্টও পরিবর্তিত হয় এবং একই সাথে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ও ম্যাগনেটিক ফিল্ডও পরিবর্তিত হয়। ১০.১ নং অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হয়েছে যে, ডাইপোলে ভোল্টেজ পরিবর্তিত হলে বৈদ্যুতিক ফিল্ড লুপ গঠন করে এবং একই সাথে ম্যাগনেটিক ফিল্ডও লুপ গঠন করে। এভাবে গঠিত লুপসমূহ একটি অন্যটিকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয় অর্থাৎ পরবর্তী লুপ পূর্ববর্তী লুপকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। ফলে বৈদ্যুতিক শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে শূন্যে বিকিরণ হয়।



চিত্র ঃ ১০.৩ আনুভূমিক তলের প্যাটার্ন

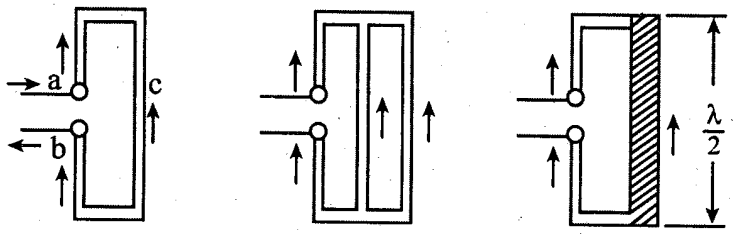
ডাইপোল যে তলের উপর অবস্থান করে, তার উভয় পার্শ্বে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। ধরা যাক, ডাইপোলটি উল্লম্ব তলে অবস্থিত আছে। তাহলে উল্লম্ব তল বরাবর ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড শূন্য থাকে। অ্যান্টিনা হতে বিভিন্ন দিকে বিকিরণের শক্তি মাত্রা পরিমাপ করে পোলার (polar) ডায়াগ্রাম অংকন করা হলে যে প্যাটার্ন পাওয়া যায়, তাকে বিকিরণ প্যাটার্ন বলে। উল্লম্ব তলে অবস্থিত ডাইপোলের ক্ষেত্রে উল্লম্ব তল এবং আনুভূমিক তলের প্যাটার্ন ১০.৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

উল্লম্ব তলের সাপেক্ষে প্যাটার্ন অংকন করা হলে, উল্লম্ব তল বরাবর ফিল্ডের শক্তি শূন্য হয় এবং সমকোণে অর্থাৎ 90° তে ফিল্ডের শক্তি সর্বাধিক হয়। ফিল্ড সাইন তরঙ্গের আনুপাতিক হারে কৌণিক অবস্থানে পরিবর্তিত হয়ে থাকে। ১০.৩ (ক) নং চিত্রে প্রতি 30° কৌণিক অবস্থানে ফিল্ড পরিমাপ করে প্যাটার্ন অংকন করা হয়েছে। কিন্তু আনুভূমিক তলের সাপেক্ষে প্যাটার্ন অংকন করা হলে দেখা যায় যে, আনুভূমিক দিকে সকল স্থানে ফিল্ড শক্তি সমান থাকে। ফলে এটি একটি বৃত্তে পরিণত হয়, যা ১০.৩ (খ) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

এখানে উল্লেখ করা যায় যে, অ্যান্টিনা যে তলে স্থাপিত থাকে ঐ তলের সাপেক্ষে বিকিরণ প্যাটার্ন ১০.৩ (ক) নং চিত্রের অনুরূপ এবং অ্যান্টিনা অবস্থিত তলের সমকোণে তলের সাপেক্ষে বিকিরণ প্যাটার্ন ১০.৩ (খ) নং চিত্রের এর অনুরূপ হয়।

১০.৩.২ ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা (Folded dipole antenna) ঃ

ফোল্ডেড অ্যান্টিনা খুবই গুরুত্বপূর্ণ অ্যান্টিনা, যা VHF এবং UHF রেঞ্জে TV সিগন্যাল গ্রহণ করতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ১০.৪ নং চিত্রে একটি ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা প্রদর্শন করা হয়েছে। এতে দুটি উপাদান বিদ্যমান থাকে, যার প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য মধ্য ফ্রিকুয়েন্সির অর্ধতরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান হয় এবং এদেরকে তাদের প্রান্তীয় অবস্থানে সংযুক্ত করা থাকে। ফলে এদের প্রান্তের মধ্যে ভোল্টেজ সমান থাকে এবং যতদূর সম্ভব বিকিরণ ফিল্ডদ্বয়কে একত্রিত করতে উভয় অর্ধ-তরঙ্গ উপাদানকে প্যারালালে সংযুক্ত করতে হয়। এরূপ অ্যান্টিনা সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনা থেকে ভিন্নতর বৈশিষ্ট্যের হয়ে থাকে, যা ব্যবহারিক ক্ষেত্রে খুবই কার্যকর ভূমিকা রাখতে সক্ষম। একটি ফোল্ডেড অ্যান্টিনা সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনার অনুরূপ কাজ করে, তবে নিম্নে আলোচিত বিষয়গুলো অতিরিক্ত বৈশিষ্ট্য হিসাবে পরিলক্ষিত হয়।



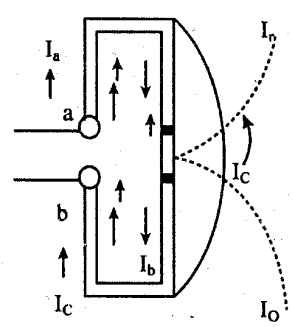
চিত্রঃ ১০.৪ ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনাসমূহ

সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনা থেকে এর ডাইরেকটিভিটি ভিন্নতর হয়ে থাকে। ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটি দ্বিমুখী (Bidirectional) হয়ে থাকে। যদি উভয় উপাদানের ব্যাস সমান হয়, তবে উভয় উপাদানে একই দিকে সমপরিমান বিকিরণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ধরা যাক, উভয় উপাদানে 1 (এক) অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে মোট কার্যকরী বিকিরণ কারেন্ট হবে 2 (দুই) অ্যাম্পিয়ার এবং বিকিরণ শক্তি হবে, $W=I^2 R_r = 4x72 = 288$ ওয়াট, যেখানে সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনার বিকিরণ রেজিস্ট্যান্স 72 ওহম। যদিও বিকিরণ কারেন্ট 2 (দুই) অ্যাম্পিয়ার, তথাপি ইনপুট প্রান্তে (a–b) প্রায়োগকৃত কারেন্ট 1 (এক) অ্যাম্পিয়ার। ইনপুট প্রান্তে প্রয়োগকৃত সকল শক্তি বিকিরণ করতে কার্যকরী ইনপুট রেজিস্ট্যান্স হতে হবে, $I^2 R_{in} = 288$ ওয়াট বা $R_{in} = 288\Omega$, যা সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনার বিকিরণ রেজিস্ট্যান্স এর চার গুণের সমান। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, সমপরিমাণ পাওয়ার বিকিরণ করতে মাত্র অর্ধেক কারেন্ট ইনপুটে প্রয়োগ করতে হয় এবং সাধারণ ডাইপোল অপেক্ষা চারগুণ ইনপুট রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়। যদি তিনটি উপাদান ব্যবহার করা হয়, যা ১০.৪ (খ) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে, তবে সমপরিমাণ পাওয়ার বিকিরণ করতে এক তৃতীয়াংশ পরিমাণ কারেন্ট ইনপুটে প্রয়োগ করতে হয় এবং সাধারাণ ডাইপোল অপেক্ষা নয়গুণ ইনপুট রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়। এটা অ্যান্টিনাকে সংযোজিত (Built in) ইম্পিড্যান্স বৈশিষ্ট্য প্রদান করে, যা অ্যান্টিনাকে ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইমপিড্যান্সের সাথে ম্যাচিং হতে সহায়তা করে। একাধিক উপাদানের বিকল্প হিসাবে দু'টি উপাদানের ব্যাস পরিবর্তন প্রক্রিয়া ব্যবহার করা যায়, যা ১০.৪ (গ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এরূপ ভিন্নতর ব্যাস বিশিষ্ট উপাদানের ক্ষেত্রে উভয় উপাদানে ভিন্ন মাত্রার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। অধিক ব্যাস বিশিষ্ট উপাদানে অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সাধারণত $R_{in} = 72\left(1+\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ সমীকরণ দ্বারা ফোল্ডেড ইনপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় করা হয়। যদি $d_1 = d_2$ হয়, তবে, $R_{in}=72\left(1+\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 288\Omega$ হয়। যদি $d_1=2d_2$ হয়, তবে $R_{in} = 72\left(1+\frac{d_2}{d_2}\right)^2 = 648\Omega$ হয়।

ফলে d_1 ও d_2 নিয়ন্ত্রণ করে যে কোন কাঙ্ক্ষিত ইনপুট ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়।

ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনার অপর প্রয়োজনীয় গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হল, এটা সংযুক্ত রিয়্যাকট্যান্স ক্ষতিপূরণ (Compensating) নেটওয়ার্ক হিসাবে কাজ করে। এটা ব্যাখ্যার জন্য ১০.৫ নং চিত্র বিবেচনা করা যাক। ১০.৫ নং চিত্র থেকে এটা কল্পনা করা যায় যে, দু'টি এক চতুর্থাংশ ওয়েভ প্রেরণ লাইন 'C' বিন্দুতে সংযুক্ত করা হয়েছে এবং এদেরকে সিরিজে পাওয়ার প্রদান করা হয়। এখানে অ্যান্টিনা কারেন্টকে I_a দ্বারা এবং কাঙ্ক্ষিত প্রেরণ লাইন কারেন্টকে I_r দ্বারা নির্দেশ করা হয়েছে। a-b প্রান্তের মধ্যে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে উভয় ধরনের কারেন্টই বিদ্যমান থাকে। পাশাপাশি টিউব বা রডে প্রেরণ লাইন কারেন্ট I_r বিপরীতমুখী হয়। এরা একটি অপরটিকে বাতিল (Cancel) করে এবং কোন শক্তি বিকিরণ করে না। এরা শুধু ইনপুট ইম্পিড্যান্স এর উপর প্রভাব ফেলে, যা এখন ফোল্ডেড ডাইপোলের অ্যান্টিনা ইম্পিড্যান্স হিসাবে বিবেচনা করা হবে। এক্ষেত্রে সিরিজ প্রেরণ লাইনের রিয়্যাকট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত হয়েছে।

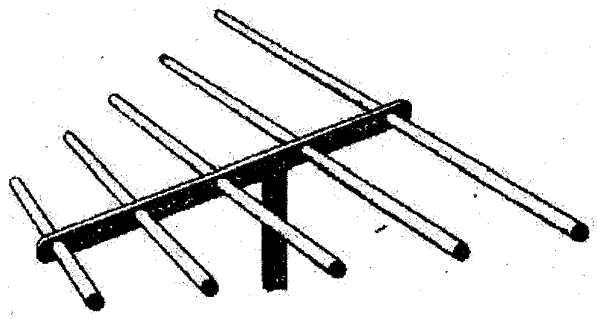
এখানে উল্লেখ করা যায় যে, মধ্য ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ ফ্রিকুয়েন্সিতে, সংযুক্ত অংশ অর্ধ-তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান হয়, যা অ্যান্টিনা প্রান্তের সাথে শর্ট করে দেয় এবং এর অর্থ দাঁড়ায় এরূপ ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যান্টিনা ব্যবহারযোগ্য নয়। যেখানে ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ অধিক সেখানে টিভি গ্রাহক অ্যান্টিনা হিসাবে ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা সংযোগের ক্ষেত্রে এ বিষয়টি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।



চিত্রঃ ১০.৫ ফোল্ডড ডাইপোলে অ্যান্টিনা এবং প্রেরণ লাইন কারেন্ট

১০.৩.৩ প্যারাসিটিক অ্যান্টিনা (Parasitic antenna) ঃ

একক উপাদান বিশিষ্ট অ্যান্টিনার মাধ্যমে শক্তি বিকিরণ করা হলে কোন নির্দিষ্ট দিকে বিকিরণ কম বা বেশি হয়ে থাকে। ফলে এদের একটি নির্দিষ্ট ডাইরেকটিভিটি থাকে। যাহোক, যদি অনেকগুলো উপাদানকে অ্যারে (Array) আকারে সজ্জিত করা হয়, তবে অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটি যে কোন দিকে পাওয়া সম্ভব। যে কোন দিকে পাওয়ার জন্য উপাদানসমূহের মধ্যে ব্যবধান এবং উত্তেজিত কারেন্টের মান ও দিক নিয়ন্ত্রণ করতে হয়।

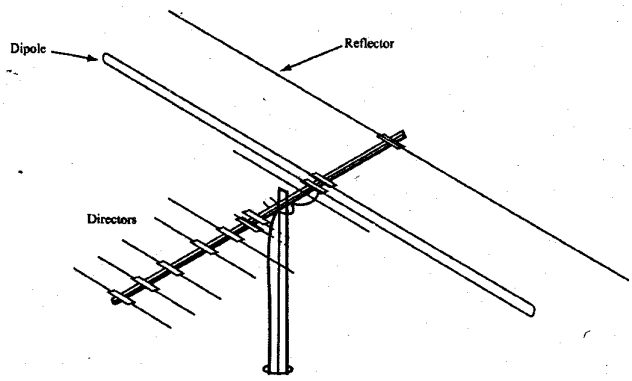


চিত্র ঃ ১০.৬ প্যারাসিটিক অ্যান্টিনা

এরূপ অ্যারে বিশিষ্ট অ্যান্টিনার সকল উপাদানের সাথে প্রেরক বা গ্রাহকের সরাসরি সংযোগ প্রয়োজন হয় না। যে উপাদানের সাথে প্রেরক বা গ্রাহকের সরাসরি সংযোগ থাকে ঐ উপাদানকে ড্রাইভেন (Driven) উপাদান বলে। যে সমস্ত উপাদানের সাথে প্রেরক বা গ্রাহকের সরাসরি কোন সংযোগ থাকে না তাদেরকে প্যারাসিটিক উপাদান বলে। প্যারাসিটিক অ্যান্টিনা বলে কোন নিরপেক্ষ অ্যান্টিনা নেই। তবে অ্যান্টিনার কিছু উপাদানকে প্যারাসিটিক উপাদান বলে। যেগুলোর সাথে প্রেরক বা গ্রাহকের সরাসরি কোন সংযোগ থাকে না। যেহেতু প্যারাসিটিক উপাদানের সাথে সরাসরি বৈদ্যুতিক সংযোগ থাকে না, সেহেতু এ সমস্ত উপাদানগুলো ড্রাইভেন উপাদানের ফিল্ডের সাহায্যে আবেশ (Induction) প্রক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্ন করে। ড্রাইভেন উপাদান অপেক্ষা বড় এবং এর সন্নিকটে অবস্থিত প্যারাসিটিক উপাদান, যে নিজস্ব দিকে শক্তি হ্রাস করে এবং বিপরীত দিকে শক্তি বৃদ্ধি করে, তাকে প্রতিফলক (Reflector) বলে। এটা অবতল দর্পণের অনুরূপ প্রক্রিয়ায় কাজ করে। অপরদিকে, ড্রাইভেন উপাদান অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর প্যারাসিটিক উপাদান, যে শক্তি গ্রহণ করে এবং এটার নিজস্ব দিকে বর্ধিত করে, তাকে পরিচালক (Director) বলে।

১০.৩.৪ ইয়াগী অ্যান্টিনা (Yagi-antenina) ঃ

ইয়াগী অ্যান্টিনা মূলতঃ বিভিন্ন অ্যান্টিনা উপাদানের অ্যারে ব্যবস্থাপনা। ইয়াগী অ্যান্টিনাতে ড্রাইভিং উপাদান হিসাবে অর্ধ-তরঙ্গ ডাইপোল ব্যবহার করা হয়, একটি প্রতিফলক এবং এক বা একাধিক পরিচালক ব্যবহার করা হয়। ১০.৭ নং চিত্রে একটি ইয়াগী অ্যান্টিনা দেখানো হয়েছে। এতে ড্রাইভেন উপাদানের সাথে প্যারাসিটিক উপাদানসমূহ ব্যবহারের ফলে গেইন এবং ডাইরেকটিভিটি উভয়ই বৃদ্ধি লাভ করে।



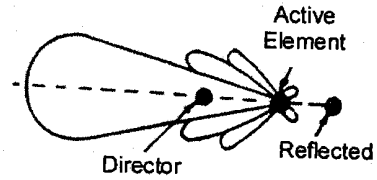
চিত্রঃ ১০.৭ ইয়াগী অ্যান্টিনা

এতে অ্যাকটিভ উপাদান হিসাবে ডাইপোল ব্যবহার করা হয় এবং এতে সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়। ডাইপোল এ শক্তিকে আবেশ এবং বিকিরণ ফিল্ডে রূপান্তরিত করে এবং এ ফিল্ডের কারণে প্যারাসিটিক উপাদানসমূহে ই.এম.এফ (E.M.F) উৎপন্ন করে। ইম.এম. এফ. এর জন্য এতে কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং ফলশ্রুতিতে এ উপাদানসমূহ হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ হয়ে থাকে। আর এ কারণে, এ সমস্ত উপাদানকে সেকেন্ডারি অ্যান্টিনা হিসাবে বিবেচনা করা হয়। ইয়াগী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন মূলত বিভিন্ন উপাদানসমূহের মাধ্যমে উৎপন্ন ফিল্ডের ফলাফল প্যাটার্ন। যখন অ্যাকটিভ উপাদান এবং প্যারাসিটিক উপাদান পরস্পরের কাছাকাছি অবস্থিত হয়, তখন অ্যাকটিভ উপাদান এবং প্যারাসিটিক উপাদানের মাধ্যমে উৎপন্ন ফিল্ড পরস্পরকে বাধা দেয় এবং একে অপরকে প্রশমিত করে। যে প্যারাসিটিক উপাদানের দৈর্ঘ্য অ্যাকটিভ উপাদান অপেক্ষা অধিক, তাকে প্রতিফলক (Reflector) বলে।

যখন প্যারাসিটিক উপাদানের দৈর্ঘ্য অ্যাকটিভ উপাদান অপেক্ষা কম হয়, তখন উভয়ের দ্বারা সৃষ্ট ফিল্ড একটি অন্যটিকে শক্তিশালী করে। ফলে একই দিকে ফিল্ডের শক্তি অধিক বৃদ্ধি লাভ করে। এ ধরনের প্যারাসিটিক উপাদানকে পরিচালক (Director) বলে। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে একাধিক পরিচালক (Director) ব্যবহার করা হয়, যদিও প্রতিফলক একটিই ব্যবহার করা হয়।

অ্যাকটিভ উপাদানের দৈর্ঘ্য $\lambda/2$ ব্যবহার করা হয়। অ্যাকটিভ উপাদান হতে প্রতিফলকের দৈর্ঘ্য 5 থেকে 15 শতাংশ বর্ধিত করা হয় এবং প্রতিফলক ও ডাইপোলের মধ্যে ব্যবধান 0.10λ থেকে 0.25λ এর মধ্যে রাখা হয়। অপরদিকে, পরিচালক ডাইপোল অপেক্ষা 5 থেকে 15 শতাংশ ছোট করা হয় এবং ডাইপোল ও পরিচালকের মধ্যে ব্যবহার 0.1λ থেকে 0.15λ রাখা হয়। অবশ্য একাধিক পরিচালকের ক্ষেত্রে ডাইপোলের নিকটবর্তী পরিচালক হতে অন্যান্য পরিচালকগুলোকে ক্রম অনুযায়ী ছোট রাখা হয়।

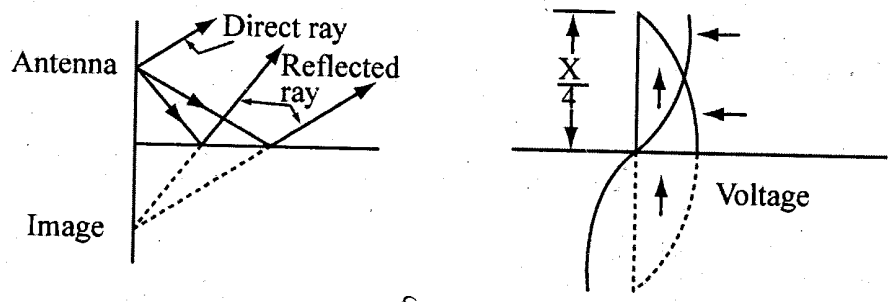
ইয়াগী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন একমুখী (Unidirectional) হয়ে থাকে। ১০.৮ নং চিত্রে ইয়াগী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন দেখানো হয়েছে। এ ধরনের অ্যান্টিনার পরিচালকের দিকে সর্বাধিক বিকিরণ হয়ে থাকে।



চিত্রঃ ১০.৮ ইয়াগী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন

১০.৩.৫ মারকোনী এবং হুইপ অ্যান্টিনা (Marconi and whip antenna) ঃ

যদি কোন অ্যান্টিনাকে ভূমির খুব কাছাকাছি স্থাপন করা হয়, তবে অ্যান্টিনাটি ভূমির সাথে সংযুক্ত থাক বা না থাক, ভূমি দর্পণ হিসাবে কাজ করে এবং ভূমি নিজে বিকিরণ পদ্ধতির অংশ হিসাবে কাজ করে। $\lambda/4$ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট অ্যান্টিনার নিচের প্রান্ত ভূমিতে স্থাপন করলে, ভূমিতে এর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়। উভয়ের মিলিত ক্রিয়ায় অর্ধতরঙ্গ ডাইপোল অ্যান্টিনা গঠিত হয়। এরূপ অ্যান্টিনাকে মারকোনী অ্যান্টিনা বলে। এ ধরনের অ্যান্টিনা ১০.৯ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। মারকোনী অ্যান্টিনাতে অর্ধেক উপাদান ব্যবহার করা হয় এবং ভূমি অপর উপাদান হিসাবে কাজ করে। মারকোনী অ্যান্টিনাতে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট বিতরণ সাধারণ অর্ধতরঙ্গ ডাইপোলের অনুরূপ হয়ে থাকে। ১০.৯ (ক) নং চিত্রে মারকোনী অ্যান্টিনা এবং এর প্রতিবিম্ব এবং ১০.৯ (খ) নং চিত্রে ভোল্টেজ ও কারেন্ট বিতরণ দেখানো হয়েছে।

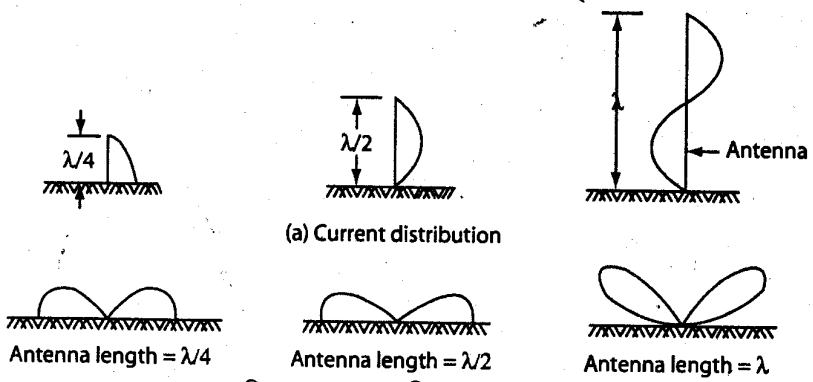


চিত্রঃ ১০.৯

এ ধরনের অ্যান্টিনা উল্লম্ব অক্ষ ব্যতীত সকল দিকে শক্তি বিকিরণ করতে সক্ষম। যখন এ ধরনের অ্যান্টিনাকে কোন গাড়ি বা যানবাহনে ব্যবহার করা হয়, তখন তাকে হুইপ (Whip) অ্যান্টিনা বলে। এক্ষেত্রে গাড়ি বা যানবাহনে $\lambda/4$ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট অ্যান্টিনা স্থাপন করা হয় এবং গাড়ি বা যানবাহন ভূমি হিসাবে কাজ করে।

সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনা থেকে মারকোনী অ্যান্টিনার প্রধান সুবিধা হল, পূর্ণ অ্যান্টিনা গঠন করতে মাত্র অর্ধেক দৈর্ঘ্যের উপাদান আবশ্যক হয়। তাছাড়া প্রয়োজনীয় বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়ার জন্য ভূমি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। কারণ ভূমির কন্ডাকটিভিটি খুবই ভাল।

মারকোনী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন এর উচ্চতা দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় এবং এর উচ্চতার সাথে বিকিরণ প্যাটার্ন ১০.১০ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। প্রত্যেকটি প্যাটার্ন ভূমি বরাবর ছেদ অংশ প্রদর্শিত হয়েছে। এখানে দেখানো যায় যে, একটি নির্দিষ্ট পর্যায় পর্যন্ত উচ্চতা বৃদ্ধি পেলে আনুভূমিক ডাইরেকটিভিটির উন্নতি ঘটে এবং এর পর উচ্চতা বৃদ্ধি পেলে আনুভূমিক ডাইরেকটিভিটি পাওয়া যায় না। কারণ অ্যান্টিনার উচ্চতা এর অধিক হলে অ্যান্টিনা এবং ভূমিতে অনুরূপ ওয়েভ সৃষ্টি হয়, যা একটি অন্যটিকে বাতিল করে।

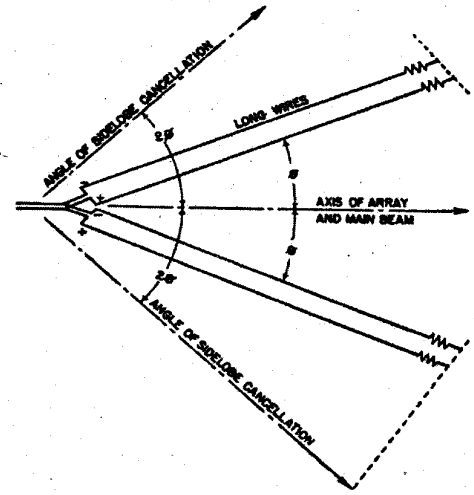


চিত্র ঃ ১০.১০ মারকোনী অ্যান্টিনার বৈশিষ্ট্য

১০.৪, ১০.৫ ভি-রম্বিক এবং টার্নস্টিল অ্যান্টিনার বর্ণনা (Describe V-Rhombic and turnstill antenna) ঃ

১০.৫.১ ভি-অ্যান্টিনা (V-antenna) ঃ

এটা দীর্ঘ তারবিশিষ্ট অ্যান্টিনার বর্ধিত প্রয়োগ, যাতে দু'টো লম্বা তারকে ইংরেজি বর্ণ ভি (V) এর ন্যায় আকারে গঠন করা হয়। এরূপ অ্যান্টিনা ১০.১১ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। দুটো তারের মধ্যে একটা কোণ সৃষ্টি হয়, যাকে অ্যাপেক্স কোণ (Apex angle) বলে। এ কোন বিকিরণ প্যাটার্নের বৃহত্তর লোব (Major lobe) এবং অ্যান্টিনা অক্ষের মধ্যে পরিমাপ করা হয়।



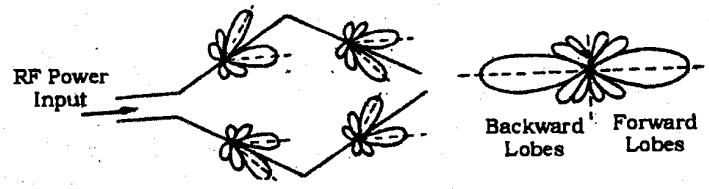
চিত্র ঃ ১০.১১ (ক) ভি অ্যান্টিনা এবং (খ) বিকিরণ প্যাটার্ন

যখন অ্যাপেক্স কোন অ্যান্টিনা অক্ষ এবং বিকিরণের বৃহত্তর লোবের মধ্যবর্তী কোণের প্রায় দ্বিগুণ হয়, তখন উভয় তারের বিকিরণ প্যাটার্ন অনুরূপ ফেজের হয়, যা চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এর ফলে উভয় প্যাটার্ন পরস্পরের সাথে সংযুক্ত হয়ে বৃহৎ লোবের প্যাটার্ন গঠন করে। এতে অগ্রগামী এবং পশ্চাৎগামী লোব উৎপন্ন হয়, যা ১০.১১ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

অগ্রগামী বিকিরণকে আপতিত ওয়েভ এবং পশ্চাৎগামী বিকিরণকে প্রতিফলিত ওয়েভ বিবেচনা করা হয়। এখানে উল্লেখ্য যে, ভি-অ্যান্টিনার লম্বা তারদ্বয়ের অপর প্রান্ত মুক্ত বা ওপেন থাকে। ফলে প্রতিফলিত ওয়েভ সৃষ্টি হয়। যদি উভয় মুক্ত প্রান্তকে আর্থিং করা হয়, তবে প্রতিফলিত ওয়েভ সৃষ্টি হবে না, যার ফলে পশ্চাৎগামী লোব সম্পূর্ণরূপে পরিহার করা যাবে এবং শুধু অগ্রগামী লোব উৎপন্ন হবে। এর ফলে একমুখী বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়া সম্ভব। সাধারণত ভি অ্যান্টিনার মুক্ত প্রান্তকে 500Ω রেজিস্টর দ্বারা আর্থিং করা হয়।

১০.৫.২ রম্বিক অ্যান্টিনা (Rhombic antenna) ঃ

দুটো ভি-অ্যান্টিনার সমন্বয় দ্বারা রম্বিক অ্যান্টিনা গঠন করা যেতে পারে। ভি-অ্যান্টিনাদ্বয়ের মুক্ত বা ওপেন প্রান্তদ্বয়কে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হয় এবং যে কোন ভি বিন্দুতে সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় এবং অপর ভি বিন্দু মুক্ত বা টার্মিনেটেড করা হতে পারে। এরূপ অ্যান্টিনাকে ১০.১২ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ১০.১২ (ক) রম্বিক অ্যান্টিনা এবং (খ) বিকিরণ প্যাটার্ন

প্রথম ভি অ্যান্টিনার মুক্ত প্রান্ত হতে প্রতিফলিত সিগন্যাল পাওয়ার এখন দ্বিতীয় ভি অ্যান্টিনার ইনপুট হিসাবে প্রয়োগ হয়। এর অর্ধেক পাওয়ার অগ্রগামী লোব গঠন করবে এবং বাকি অর্ধেক পাওয়ার পশ্চাৎগামী লোব গঠন করবে। ফলে একটি শক্তিশালী দ্বি-মুখী বিকিরণ প্যাটার্ন উৎপন্ন হয়ে থাকে। একমুখী বিকিরণ প্যাটার্ন উৎপন্ন করতে রম্বিক অ্যান্টিনার মুক্ত বা ওপেন প্রান্তকে 600Ω থেকে 900Ω দ্বারা সংযুক্ত করতে হয়।

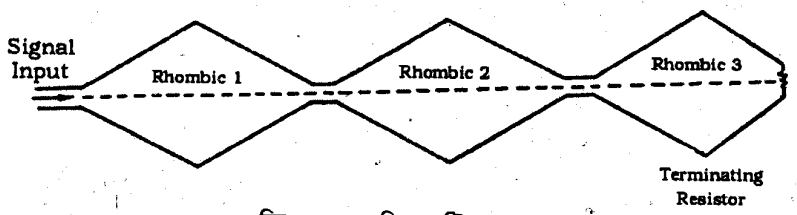
রম্বিক অ্যান্টিনার চারটি বাহুর প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য সমান এবং 2-10 তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মধ্যে গঠন করা হয়। এ বাহু গুলোর দৈর্ঘ্য এবং অ্যাপেক্স কোণের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক বিদ্যমান থাকে। এদের নির্বাচন করে কাঙ্ক্ষিত দ্বিমুখী প্যাটার্ন পাওয়া যায়। রম্বিক অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন সামান্য উপরের দিকে বাঁকানো এবং এ বাঁকানো বা উর্ধ্বমুখী কোণ, অ্যান্টিনাকে ভূমি হতে স্থাপিত উচ্চতার উপর নির্ভর করে।

ভি-অ্যান্টিনাকে স্থাপন করতে তিনটি পোল প্রয়োজন হয়, কিন্তু রম্বিক অ্যান্টিনাকে স্থাপন করতে চারটি পোল প্রয়োজন হয়। ফলে একটি পোল এবং কিছু তার অতিরিক্ত ব্যবহার করে যে রম্বিক অ্যান্টিনা পাওয়া যায়, তাতে একক ভি অ্যান্টিনা অপেক্ষা প্রায় দ্বিগুণ শক্তি বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়া যায়। ফলশ্রুতিতে রম্বিক অ্যান্টিনাকে দক্ষ অ্যান্টিনা হিসাবে বিবেচনা করা হয়।

রম্বিক অ্যান্টিনাকে অধিক দূরত্বের উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট রেডিও কমিউনিকেশন ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। এতে ভূমির সাথে 10° থেকে 15° এর মধ্যে সর্বোচ্চ বিকিরণ কোণ পাওয়ার জন্য ব্যবস্থা করা হয়।

এ কোণ দূরবর্তী স্থানের সাথে যোগাযোগ রক্ষা করার জন্য খুবই উপযোগী কোণ। রম্বিক অ্যান্টিনাতে ব্যাপক ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের জন্য বিকিরণ বৈশিষ্ট্য একই থাকে এবং এ জন্য রম্বিক অ্যান্টিনাকে ব্রডব্যান্ড (Broadband) অ্যান্টিনা হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অনেক সময় দুই বা ততোধিক রম্বিক অ্যান্টিনাকে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হয় এবং সর্বশেষ রম্বিক অ্যান্টিনার প্রান্তদ্বয়কে টার্মিনেটেড করা থাকে। এরূপ ব্যবস্থাপনা ১০.১৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। এ ধরনের ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে যেখানে একক রম্বিক অ্যান্টিনার টার্মিনেটেড প্রান্তে অপচয় হত, সে পরিমাণ পাওয়ার প্রথম রম্বিক হতে দ্বিতীয় রম্বিকে প্রয়োগ হয় এবং এর অর্ধেক পাওয়ার দ্বিতীয় রম্বিক বিকিরণ করে এবং বাকি অর্ধেক তৃতীয় রম্বিকে প্রয়োগ করে।



চিত্র ঃ ১০.১৩ রম্বিক অ্যান্টিনা অ্যারে

তৃতীয় রম্বিক যে পরিমাণ পাওয়ার গ্রহণ করে তার অর্ধেক পাওয়ার বিকিরণ করে এবং বাকি অর্ধেক পরবর্তী রম্বিকে প্রয়োগ করে (যদি থাকে)। যদি তৃতীয় রম্বিকই শেষ রম্বিক হয়, তবে অর্ধেক পরিমাণ পাওয়ার টার্মিনেটেড প্রান্তে অপচয় করে। এ ধরনের রম্বিকের স্পষ্ট ধারণা পাওয়ার জন্য গাণিতিক ব্যাখ্যা দেওয়া যাক। ধরি, কোন রম্বিক অ্যান্টিনায় 1000W শক্তি প্রয়োগ করা হল। যদি রম্বিকটি একক রম্বিক হয়, তবে 500W পাওয়ার বিকিরণ করে এবং 500W পাওয়ার টার্মিনেটেড প্রান্তে অপচয় হয়। কিন্তু একাধিক রম্বিক অ্যারের ক্ষেত্রে 500W পাওয়ার প্রথম রম্বিক দ্বারা বিকিরণ হয় এবং 500W দ্বিতীয় রম্বিকে প্রয়োগ করে। দ্বিতীয় রম্বিক 250W পাওয়ার বিকিরণ করে এবং 250W পাওয়ার তৃতীয় রম্বিকে প্রয়োগ করে। তৃতীয় রম্বিক 125W পাওয়ার বিকিরণ করে এবং এভাবে পর্যায়ক্রমে প্রক্রিয়া চলতে থাকে। এতে অ্যান্টিনার দক্ষতা বৃদ্ধি লাভ করে।

রম্বিক অ্যান্টিনার সুবিধাসমূহ (Advantages of Rhombic antenna) ঃ

১। এর গঠন খুব সরল।

২। একে সংস্থাপনের জন্য কম খরচের গঠন প্রয়োজন হয়।

৩। খরচের তুলনায় এতে গেইন বেশি পাওয়া যায়।

৪। একে ব্রডব্যান্ড অ্যান্টিনা হিসাবে ব্যবহার করা যায়।

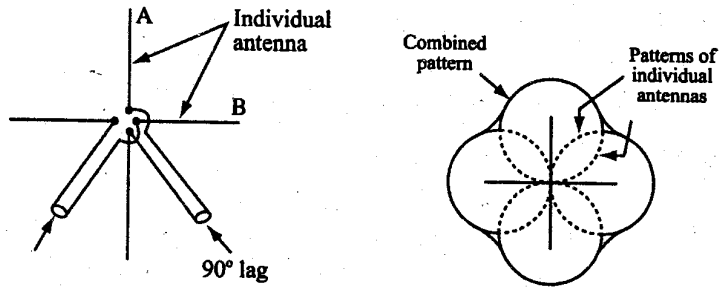
৫। অধিক পাওয়ার বিকিরণ করতে খুব কম ভোল্টেজ এবং কারেন্ট প্রয়োগ করতে হয়।

৬। স্থাপন করার পর এতে কোন অ্যাডজাস্টমেন্ট প্রয়োজন হয় না।

৭। একে রক্ষণাবেক্ষণ এবং মেরামত সহজে করা যায়।

১০.৫.৩ টার্নস্টিল অ্যান্টিনা (Turnstill antenna) ঃ

টার্নস্টিল অ্যান্টিনাতে দুটো অর্ধতরঙ্গ তার বিকিরককে পরস্পরের সাথে সমকোণে স্থাপন করা হয় এবং উভয়কে 90° ফেজ ব্যবধানে উত্তেজিত করা হয়। ১০.১৪ (ক) নং চিত্রে অ্যান্টিনার ব্যবস্থাপনা দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে দুটো পৃথক অর্ধ-তরঙ্গ অ্যান্টিনা যথাক্রমে A ও B পরস্পরের সাথে সমকোণে স্থাপন করা হয়েছে। এ ধরনের অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন পৃথক অ্যান্টিনা প্যাটার্নের সম্মিলিত প্যাটার্ন। ১০.১৪ (খ) নং চিত্রে এর বিকিরণ প্যাটার্ন দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ১০.১৪ টার্নস্টিল অ্যান্টিনা

এখানে উল্লেখ করা যায় যে, পৃথক অ্যান্টিনাদ্বয় পরস্পরের সাথে সমকোণে অবস্থিত এবং এদেরকে 90° ফেজ কোণে উত্তেজিত করার ফলে সিস্টেম হতে যে কোন দিকে মোট বিকিরণ, ঐ একই দিকে পৃথক অ্যান্টিনার বিকিরণের বর্গের সমষ্টির বর্গমূল হয়। ফলে সম্মিলিত বিকিরণ প্যাটার্ন প্রায় সুষম বৃত্তাকার হয়ে থাকে, যা ১০.১৮ (খ) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

১০.৬, ১০.৭ এন্ড ফায়ার এবং ব্রড সাইড অ্যারের ব্যাখ্যা (Explain end-fire and broad side array) ঃ

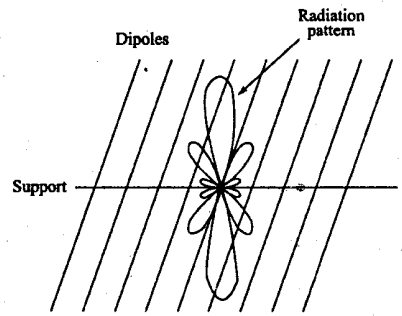
১০.৭.১ ব্রড সাইড অ্যারে (Broad side arriay) ঃ

সমান আকারের অনেকগুলো ডাইপোলকে একটি সরলরেখা বরাবর সমান দূরত্বে সজ্জিত করে সবগুলো ডাইপোলকে একই উৎস হতে সমান মানের এবং একই ফেজে উত্তেজিত করা হয়। এরূপ ব্যবস্থাপনাকে ব্রড সাইড অ্যারে বলা হয়। এটা ডাইপোলসমূহের সহজতর বিন্যাস। ১০.১৫ নং চিত্রে ব্রড সাইড অ্যারে প্রদর্শন করা হয়েছে। চিত্রে সম্মিলিত বিকিরণ প্যাটার্নও প্রদর্শন করা হয়েছে।

চিত্রে প্রদর্শন অনুযায়ী, ব্রড সাইড অ্যারের মাধ্যমে শক্তিশালী ডাইরেকশনাল প্যাটার্ন পাওয়া যায় এবং ডাইপোলগুলো যে তলে সজ্জিত করা হয় তার সাথে লম্বদিকে বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়া যায়। কিন্তু ডাইপোলগুলো সজ্জিত তলের দিকে বিকিরণ খুবই কম হয়। ডাইপোলগুলো সজ্জিত তলের লম্বদিকে যে কোন বিন্দু বিবেচনা করা হলে, এটা সহজে দেখানো যেতে পারে যে, সকল ডাইপোল থেকে ঐ বিন্দুর দূরত্ব কার্যত সমান থাকে। ঐ বিন্দুর দিকে প্রত্যেক ডাইপোলের বিকিরণ সর্বাধিক হয়ে থাকে এবং তলের একই দিকে বিকিরণ খুব কম হয়ে থাকে। ফলে তলের লম্বদিকে সবগুলো ডাইপোলের সম্মিলিত বিকিরণ খুবই শক্তিশালী হয় এবং তলের একই দিকে বিকিরণ খুব কম হয়। দুটো কারণে তলের একই দিকে বিকিরণ কম হয়। প্রথমত ডাইপোল ঐ দিকে বিকিরণ খুব কম করে এবং দ্বিতীয়ত ঐ দিকে সকল ডাইপোলের দূরত্ব সমান না হওয়ায় একটির বিকিরণ অন্যটিকে বাতিল করে। একটির বিকিরণ অন্যটিকে সম্পূর্ণরূপে বাতিল করবে যদি ডাইপোলসমূহের মধ্যে ব্যবধান $\lambda/2$ হয়।

ব্রড সাইড অ্যারেতে পৃথক অ্যান্টিনার মধ্যে ব্যবধান বিকিরণ বৈশিষ্ট্যের উপর পরোক্ষভাবে প্রভাব বিস্তার করে। এক্ষেত্রে ডাইপোলসমূহের মধ্যে ব্যবধান মুখ্য বিষয় নয়, তবে ব্যবধান যাতে খুব বেশি না হয় সেদিকে লক্ষ রাখতে হয়।

যখন প্রত্যেকটি পৃথক অ্যান্টিনা আদর্শ বা আইসোট্রপিক অ্যান্টিনা হয়, তবে এদের অভ্যন্তরীণ ব্যবধান ক্ষুদ্র হতে $3\lambda/4$ পর্যন্ত পরিবর্তন করা হলেও প্যাটার্নের ক্ষুদ্রতর লোবের উপর প্রভাব ফেলে। কিন্তু ব্যবধান $3\lambda/4$ অপেক্ষা অধিক হলে বৃহৎ সেকেন্ডারি লোব উৎপন্ন হয়। এতে ব্রড সাইড লোবের চেয়ে সেকেন্ডারি লোবের প্রভাব বেশি হতে পারে। এ অসুবিধা তখনই পরিলক্ষিত হয়, যখন ব্যবধান খুব বেশি হয়।



চিত্র ঃ ১০.১৫ ব্রড সাইড অ্যারে এবং বিকিরণ প্যাটার্ন

সাধারণত ব্রড সাইড অ্যারে অ্যান্টিনার দৈর্ঘ্য 2 থেকে 10 তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান হয়, ডাইপোলসমূহের মধ্যে ব্যবধান সাধারণত $\lambda/2$ বা λ রাখা হয় এবং ডজনখানিক একক উপাদান ব্যবহার করা হয়।

উপরের আলোচনা থেকে এটা স্পষ্ট হয়েছে যে, প্রত্যেকটি পৃথক বিকিরককে সমপরিমাণ কারেন্ট দ্বারা উত্তেজিত করা হয়। এতে পার্শ্ব লোবের প্রভাব বেশি পড়ে। অনেকক্ষেত্রে পার্শ্ব লোব অনাকাঙ্ক্ষিত হয়ে থাকে। সেক্ষেত্রে পার্শ্ব লোবকে সম্পূর্ণরূপে পরিহার করতে হয় বা এর মান যতটা সম্ভব হ্রাস করতে হয়। পার্শ্ব লোবকে সম্পূর্ণরূপ পরিহার করার জন্য নিচের দুটো শর্ত পূরণ করতে হয়।

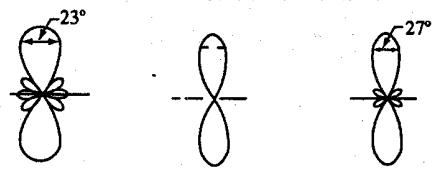
১। পাশাপাশি দুটো বিকিরকের মধ্যে ব্যবধান $\lambda/2$ এর অধিক হবে না, এবং

২। অ্যারে এর মধ্য উপাদানে সর্বাধিক মানের কারেন্ট প্রয়োগ করা এবং পার্শ্ব উপাদানসমূহে ক্রমান্বয়ে বাইনোমাল (Binomial) থিওরেম এর আনুপাতিক হারে হ্রাস করতে হয়।

অর্থাৎ নিচের সূত্রানুযায়ী কারেন্ট প্রয়োগ করতে হয়।

$$(a+b)^{n-1} = a^{n-1} + (n-1)a^{n-2}b + \frac{(n-1)(n-2)}{2!}a^{n-3}b^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

যেখানে n = বিকিরকের সংখ্যা। যদি কোন ব্রড সাইড অ্যারেতে 5টি উপাদান থাকে, তবে বিভিন্ন উপাদানে 1, 4, 6, 4, 1 মানের কারেন্ট সরবরাহ করতে হয়। বিভিন্ন উপাদানের মধ্যে ব্যবধান $\lambda/2$ থাকলেও সুষম মানের কারেন্ট এবং বাইনোমাল সূত্রানুযায়ী কারেন্ট দ্বারা উত্তেজিত করলে ১০.১৬ নং চিত্রের ন্যায় বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়া যায়।



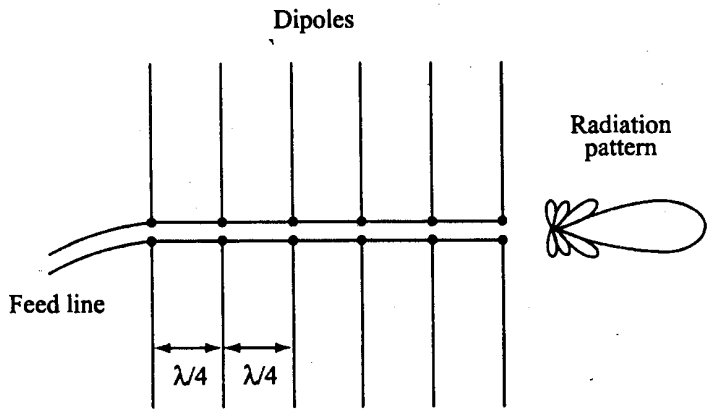
(ক) সুষম কারেন্ট (খ) বাইনোমাল সূত্রানুযায়ী কারেন্টে এর জন্য ব্রড সাইড অ্যারের প্যাটার্ন

চিত্র ঃ ১০.১৬

১০.৭.২ এন্ড ফায়ার অ্যারে (End-fire array) ঃ

এন্ড ফায়ার অ্যারেতে অনেকগুলো অভিন্ন (Indentical) অ্যান্টিনাকে একটি রেখা বরাবর সমান দূরত্বে স্থাপন করা হয় এবং প্রত্যেকটি অ্যান্টিনাকে সমান মানের কারেন্ট দ্বারা উত্তেজিত করা হয়। বাহ্যিকভাবে ব্রড সাইড অ্যারে এবং এণ্ড ফায়ার অ্যারে দৃশ্যত একই। তবে এন্ড ফায়ার অ্যারেতে বিভিন্ন উপাদানে ক্রমবর্ধমান ফেজ পার্থক্য বিদ্যমান রাখা হয়। ১০.১৭ নং চিত্রে এন্ড ফায়ার অ্যান্টিনা প্রদর্শন করা হয়েছে। এতে বাম থেকে ডান দিকে ক্রমাগত ফেজ পার্থক্য বিদ্যমান রাখা হয়। পাশাপাশি দুটো উপাদানের মধ্যে ফেজ পার্থক্য হার্টজ এবং তাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের ব্যবধানের অনুপাতের সমান রাখা হয়। এর বিকিরণ প্যাটার্ন ব্রড সাইড অ্যারে হতে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের হয়ে থাকে। এতে বিকিরণের দিক অ্যারে তলের একই দিকে পাওয়া যায় এবং দ্বিমুখী প্যাটার্নের পরিবর্তে একমুখী প্যাটার্ন পাওয়া যায়।

এ ধরনের অ্যারেতে তলের লম্ব দিকে কোন বিকিরণ পাওয়া যায় না। কারণ এতে তলের লম্ব দিকে যে কোন বিন্দুর সকল অ্যান্টিনা হতে দূরত্ব সমান থাকে। এখন প্রথম এবং তৃতীয় অ্যান্টিনাকে বিপরীত ফেজে উত্তেজিত করা হয়। ফলে প্রথম এবং তৃতীয় উপাদানের বিকিরণ পরস্পরকে বাতিল করে। এভাবে দ্বিতীয় এবং চতুর্থ উপাদানকে বিপরীত ফেজে উত্তেজিত করায় এদের বিকিরণ পরস্পরকে বাতিল করে। ফলে তলের লম্বদিকে কোন বিকিরণ পাওয়া যায় না। সাধারণত ডাইপোলসমূহের মধ্যে ব্যবধান $^{\lambda}/_{4}$ বা $^{3\lambda}/_{4}$ রাখা হয়। এ ব্যবধান যেমন তলের লম্ব দিকে পরস্পরকে বাতিল করে তেমনি ডান থেকে বামদিকের বিকিরণও পরস্পরকে বাতিল করার জন্য রাখা হয়। যখন ডান থেকে বাম দিক বিবেচনা করা হয়, তখন $^{\lambda}/_{4}$ ব্যবধানের জন্য প্রথম ও দ্বিতীয় ডাইপোলের মধ্যে 90° ফেজ পার্থক্য থাকে। ফলে উভয়ের মধ্যে 180° ফেজ পার্থক্য সৃষ্টি হয় এবং উভয়ের বিকিরণ পরস্পরকে বাতিল করে। একইভাবে তৃতীয় ও চতুর্থ ডাইপোলের বিকিরণ পরস্পরকে বাতিল করে এবং অনুরূপভাবে ঐ দিকের সকল বিকিরণ প্রশমিত হয়। কিন্তু বাম থেকে ডানদিক বিবেচনা করা হলে, $^{\lambda}/_{4}$ দূরত্ব ব্যবধানের জন্য দ্বিতীয় ডাইপোল প্রথম ডাইপোল হতে 90° অগ্রগামী হয় এবং উত্তেজিত করার পদ্ধতি অনুযায়ী দ্বিতীয় ডাইপোল প্রথম ডাইপোল হতে 90° পশ্চাৎগামী হয়। ফলে উভয়ের মধ্যে প্রকৃতপক্ষে কোন ফেজ ব্যবধান থাকে না। এজন্য উভয় ডাইপোলের বিকিরণ যুক্ত হয়ে পরস্পরকে শক্তিশালী করে। এভাবে সবগুলো ডাইপোল একই ফেজে অবস্থান করে এবং বিকিরণ প্যাটার্ন ঐ দিকে খুবই সমৃদ্ধিশালী হয়ে থাকে। এভাবে এন্ড ফায়ার অ্যারের মাধ্যমে একমুখী বিকিরণ নিশ্চিত করা যায়।

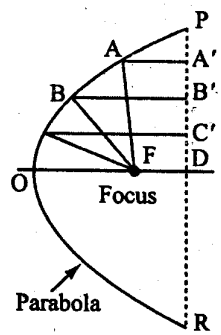


চিত্র ঃ ১০.১৭ এন্ড ফায়ার অ্যারে

১০.১৭ (খ) নং চিত্র হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, বিকিরণ প্যাটার্নে প্রধান লোবের সাথে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পার্শ্ব লোবও বিদ্যমান থাকে। এন্ড ফায়ার অ্যারেতে পার্শ্ব লোবগুলোকে সম্পূর্ণরূপে পরিহার বা হ্রাস করার জন্য বিভিন্ন উপাদানে কারেন্ট প্রবাহের মাত্রা হ্রাস-বৃদ্ধি করতে হয় বা উপাদানসমূহের মধ্যে ফেজ পার্থক্য হ্রাস-বৃদ্ধি করতে হয়। আবার উভয়কেই একই সাথে পরিবর্তন করে পার্শ্ব লোবসমূহকে হ্রাস বা পরিহার করা যায়।

১০.৮ ডিশ অ্যান্টিনা (Dish antenna) ঃ

ডিশ অ্যান্টিনা উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট স্যাটেলাইট কমিউনিকেশনে ব্যবহৃত হয়। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট তরঙ্গকে মাইক্রোওয়েভ নামে অভিহিত করা হয়। এজন্য ডিশ অ্যান্টিনা মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশনে ওয়েভ প্রেরণ ও গ্রহণে ব্যবহৃত হয়। ডিশ অ্যান্টিনা প্যারাবোলিক (Parabolic) আকৃতির হয়ে থাকে। এজন্য একে অনেক সময় প্যারাবোলিক প্রতিফলকও বলা হয়ে থাকে। এটি একটি খুব দিক নির্ভর অ্যান্টিনা। অ্যান্টিনার গেইন বৃদ্ধি এবং দিক নির্ধারণের জন্য অনেক সময় অ্যান্টিনা অ্যারে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এরূপ ব্যবস্থাপনা পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হয়েছে। কিন্তু ধাতব পদার্থের প্যারাবোলিক ডিশ ব্যবহার করা হলে অ্যান্টিনার গেইন অনেক বৃদ্ধি করা যায় এবং দিকও সঠিকভাবে নির্ধারণ করা যায়। প্যারাবোলার গাঠনিক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী বিশেষ সুবিধা পাওয়া যায়। একটি প্যারাবোলার ফোকাস (Focus) বিন্দুতে যদি বৈদ্যুতিক শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে বিকিরণ করা হয়, তবে প্যারাবোলিক তল হতে ওয়েভ প্রতিফলিত হয়ে সকল ওয়েভ অক্ষের সমান্তরাল রেখায় গমন করে। এর ফলে ওয়েভ একটি নির্দিষ্ট দিকে গমন করে। আবার প্যারাবোলার জ্যামিতিক বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ফোকাস বিন্দু হতে প্যারাবোলার তল পর্যন্ত দূরত্ব এবং তল হতে ডাইরেকট্রিক্স পর্যন্ত দূরত্বের যোগফল তলের যে কোন বিন্দুর জন্য সমান থাকে। ফলে ডাইরেকট্রিক্সের উপর প্রতিফলিত ওয়েভ ফোকাস বিন্দু হতে সম দূরত্ব অতিক্রম করে। এজন্য সকল ওয়েভের ফেজ একই থাকে এবং বিকিরণ মাত্রা অনেক গুণে বৃদ্ধি লাভ করে। আবার বিপরীতভাবে যদি কল্পনা করা হয় যে, অক্ষের সমান্তরাল আগত সকল ওয়েভ প্যারাবোলিক তলে আপতিত হয়, এরা প্রতিফলিত হয়ে ফোকাস বিন্দুতে মিলিত হয়। এখানে উল্লেখ করা যায় যে, প্রেরকের সময় ডাইরেকট্রিক্সের উপর সকল ওয়েভের ফেজ একই থাকে। ফলে যখন ওয়েভ প্যারাবোলিক ডিশে গ্রহণ করা হয় তখন গ্রাহক প্যারাবোলার ডাইরেকট্রিক্সের উপর সকল ওয়েভের ফেজ একই থাকে। আবার ডাইরেকট্রিক্স হতে প্যারাবোলিক তল এবং তল হতে ফোকাস পর্যন্ত দূরত্ব সকল বিন্দুর জন্য সমান থাকায় ফোকাস বিন্দুতে সবগুলো ওয়েভে একই সাথে আপতিত হয়। ফলে ফোকাস বিন্দুতে ওয়েভ মাত্রা অনেক গুণে বৃদ্ধি পায়। এভাবে একটি প্যারাবোলিক তলকে প্রেরক এবং গ্রাহক অ্যান্টিনা হিসাবে ব্যবহার করা যায়। ১০.১৮ নং চিত্রে প্যারাবোলিক ডিস অ্যান্টিনা দেখানো হয়েছে। এখানে উল্লেখ্য যে, প্যারাবোলিক ডিস মূলত প্রতিফলক তল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ১০.১৮ প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনা

যখন প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনাকে প্রেরক হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তখন প্যারাবোলার ফোকাস বিন্দুতে একটি দিক নির্ভর অ্যান্টিনা, যেমন– হর্ন অ্যান্টিনা (Horn antenna) প্যারাবোলার তলের দিকে মুখ করে রাখা হয় এবং বৈদ্যুতিক শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে বিকিরণ করা হয়। ওয়েভগুলো প্যারাবোলার বিভিন্ন বিন্দুতে আপতিত হয়ে প্রতিফলিত হয় এবং প্রতিফলিত ওয়েভ প্যারাবোলার অক্ষের সমান্তরালে গমন করে। আবার যখন প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনাকে গ্রাহক হিসাবে ব্যবহার করা হয়, তখন প্যারাবোলাকে প্রেরকের একই দিকে স্থাপন করতে হয়। প্রেরিত ওয়েভ প্যারাবোলার অক্ষের সমান্তরালে এসে তলে আপতিত হয় এবং প্রতিফলিত হয়ে সকল ওয়েভ ফোকাস বিন্দুতে মিলিত হয়। ফোকাস বিন্দুতে একটি গ্রাহক অ্যান্টিনা যেমন– হর্ন অ্যান্টিনা স্থাপন করা হয় এবং সিগন্যাল গ্রহণ করা হয়।

১০.৯ অ্যান্টিনা ক্যাপলিং এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Coupling and impedance matching of antenna) ঃ

অধিকাংশ ক্ষেত্রে অ্যান্টিনার ইনপুট ইম্পিড্যান্স বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ হয় না। এজন্য অ্যান্টিনাকে সরাসরি বা প্রেরণ লাইনের মাধ্যমে ট্রান্সমিটারের ট্যাংক সার্কিটের সাথে যুক্ত করতে অসুবিধার সৃষ্টি হয়। এ অসুবিধা দূর করার জন্য ট্রান্সমিটারের সাথে অ্যান্টিনাকে যুক্ত করতে ম্যাচিং নেটওয়ার্কের প্রয়োজন হয়। এ ধরনের ম্যাচিং নেটওয়ার্ককে অ্যান্টিনা কাপলার (Coupler) বা কাপলিং নেটওয়ার্ক (Coupling network) বলে। কাপলিং নেওয়ার্ককে সাধারণত রিয়্যাকট্যান্স এবং ট্রান্সফরমার সমন্বয়ে গঠন করা হয়ে থাকে। কাপলিং নেটওয়ার্ক ট্রান্সমিটার এবং অ্যান্টিনার মধ্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিংও নিশ্চিত করে এবং একে নিচে উল্লেখিত কারণ বা কারণ সমুহের জন্য প্রয়োগ করা হয়ে থাকে ঃ

১। অ্যান্টিনার ইম্পিড্যান্সের রিয়্যাকটিভ অংশকে এমনভাবে টিউনিং করা হয়, যাতে এর ইম্পিড্যান্স ট্রান্সমিটারের ন্যায় রেজিস্টিভ মনে হয়।

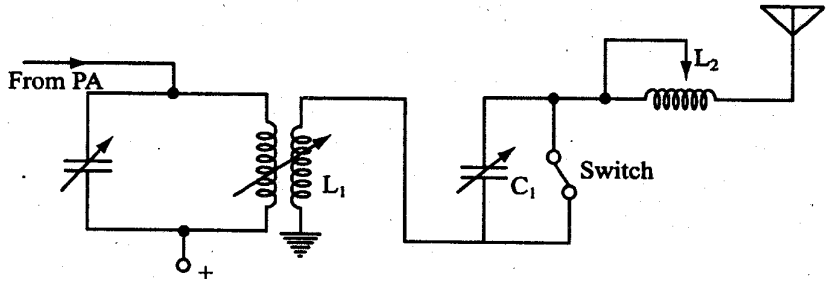
২। ট্রান্সমিটারকে একটি উপযুক্ত লোড রেজিস্ট্যান্স প্রদান করে, যা সর্বোচ্চ পাওয়ার বিকিরণ নিশ্চিত হয়।

৩। অনাকাঙ্ক্ষিত বিকিরণ প্রতিরোধ করার জন্য এতে ফিল্টার সার্কিট ব্যবহার করা যেতে পারে।

একটি অ্যান্টিনা কাপলার বা কাপলিং নেটওয়ার্ককে অবশ্যই উপরোক্ত তিনটি শর্ত পূরণ করতে সক্ষম হতে হবে। কাপলিং পদ্ধতি অ্যান্টিনাতে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ পদ্ধতির উপর নির্ভর করে। নিচে কিছু পদ্ধতি বর্ণনা করা হয়েছে।

১০.৯.১ সরাসরি অ্যান্টিনায় পাওয়ার সরবরাহ (Directly fed antennas) ঃ

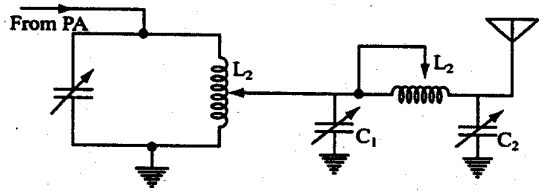
যখন প্রেরণ লাইন ব্যতীত সরাসরি ট্রান্সমিটার হতে পাওয়ার অ্যান্টিনাতে প্রেরণ করা হয়, তখন ঐ পদ্ধতিকে ডাইরেক্ট পদ্ধতি বলে।



চিত্র ১০.১৯ সরাসরি অ্যান্টিনা কাপলিং

একটি সাধারণ ডাইরেক্ট কাপলিং পদ্ধতি ১০.১৯ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। ট্যাংক সার্কিটের রিয়্যাকট্যান্স অ্যাডজাস্ট করার জন্যে L_1 পরিবর্তন করা যেতে পারে অথবা C_1- কে পরিবর্তন করা যেতে পারে অথবা L_1 ও C_1 উভয়কেই পরিবর্তন করা যেতে পারে। অপরদিকে অ্যান্টিনায় রিয়্যাকট্যান্স টিউনিং করার জন্য L_2 বা C_2 এর যে কোন একটিকে শর্ট করে অন্যটি পরিবর্তন করা হয়। এটা একটি অ্যান্টিনা কাপলিং এর সরলতম পদ্ধতি।

এর চেয়ে উন্নতর অ্যান্টিনা কাপলিং পদ্ধতিকে পাই কাপলার (Pi-Coupler) বলা হয়। একে অ্যান্টিনা কাপলিং-এ তখনই ব্যবহার করা হয়, যখন ব্যাপক রেঞ্জের রিয়্যাকট্যান্স টিউনিং প্রয়োজন হয়। এতে লো-পাস ফিল্টার সংযোজিত থাকায় হারমোনিক্সকে পরিহার করা যায় এবং অনাকাঙ্ক্ষিত বিকিরণ প্রতিরোধ করা যায়। ১০.২০ নং চিত্রে পাই অ্যান্টিনা কাপলার প্রদর্শন করা হয়েছে। এতে ট্যাংক সার্কিটে ক্যাপাসিট্যান্স পরিবর্তন করে রিয়্যাকট্যান্স অ্যাডজাস্ট করা হয়। অপরদিকে C_1, C_2 ও L_2 পরিবর্তন করে অ্যান্টিনা রিয়্যাকট্যান্স অ্যাডজাস্ট করা হয়।



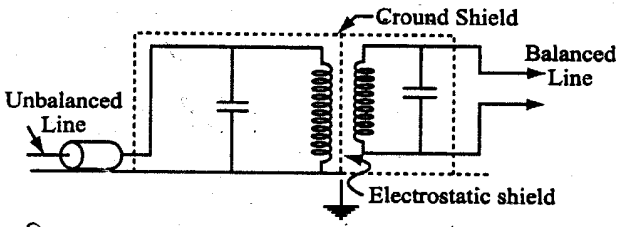
চিত্র ঃ ১০.২০ পাইঅ্যান্টিনা কাপলার

১০.৯.২ ব্যালান্সড থেকে আনব্যালান্সড-এ পরিবর্তন (Balanced-to-unbalanced transformation) ঃ

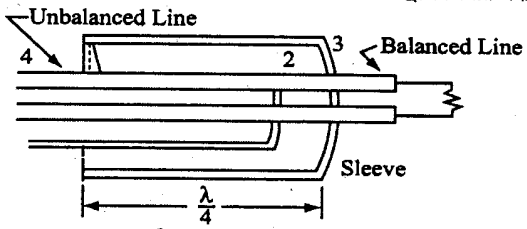
অনেক সময় দুই তার প্রেরণ লাইনের মাধ্যমে গ্রাউন্ডেড অ্যান্টিনাতে পাওয়ার সরবরাহ বা বিপরীতভাবে সম-অক্ষীয় ক্যাবলের মাধ্যমে আনগ্রাউন্ডেড অ্যান্টিনাতে পাওয়ার সরবরাহ করার প্রয়োজনীয়তা পরিলক্ষিত হয়, যেখানে ভূমির সাপেক্ষে পদ্ধতিটি সিমেট্রিক্যাল হয়। উভয়ক্ষেত্রেই ব্যালান্সড এবং আনব্যালান্সড এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন প্রয়োজন হয়।

ট্রান্সফরমার ব্যবহারের মাধ্যমে এরূপ পারস্পরিক পরিবর্তন পদ্ধতি ১০.২১ নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এখানে ওয়াইন্ডিং এর সাথে বৈদ্যুতিক আচ্ছাদন (Electrostatic sheilding) সংযোজন করা হয়েছে, যাতে সিমেট্রিক্যাল পদ্ধতির সাথে ক্যাপাসিট্যান্স যুক্ত হয়ে পদ্ধতিকে আনব্যালান্সড করতে না পারে।

উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এ ব্যবস্থাপনাকে ১০.২২ নং চিত্রের ন্যায় গ্রহণ করা হয়। একে ব্যালুন (Balun) নামে অভিহিত করা হয়। এটা ব্যালান্সিং ইউনিট (Balancing unit) এর সংক্ষিপ্ত রূপ। এর কার্যক্রম উপলব্ধি করার জন্য একটি অবস্থা বিবেচনা করা যাক, যা ব্যালুনের ব্যালান্সড প্রান্তে ভোল্টেজ প্রদান নির্দেশ করে। এখানে উল্লেখ করা যায় যে, ভোল্টেজ সম-অক্ষীয় লাইনের ১-২ পরিবাহীতে প্রয়োগ করা হয় এবং এটা অপরিবর্তিত অবস্থায় সম-অক্ষীয় পদ্ধতিতে রূপান্তরিত হয়। একই সাথে, সম-অক্ষীয় পদ্ধতির ৪ নং পরিবাহীর বর্ধিত অংশ হল ২ নং পরিবাহী, যা ব্যালান্সড পদ্ধতির সাথে ২ নং অবস্থানে আনব্যালান্সডকে প্রয়োগ করে না। কারণ ২-৩ এর আড়াআড়িতে স্লেভ (Sleeve) এর দৈর্ঘ্য সঠিকভাবে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এক চতুর্থাংশ হলে, এটা অসীম ইম্পিড্যান্সে পরিণত হয়। অর্থাৎ স্লিভও, সম-অক্ষীয় পদ্ধতির ৪ এর বর্ধিত অংশ হিসাবে কাজ করে এবং গ্রাউন্ড পোটেনশিয়ালে অবস্থান করে।



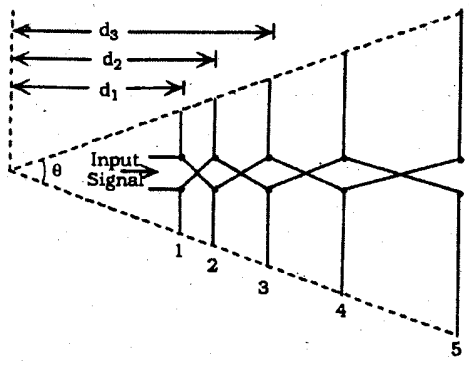
চিত্র ঃ ১০.২১ ব্যালান্সড থেকে আনব্যালান্সড-এ রূপান্তরে ট্রান্সফরমার পদ্ধতি



চিত্র ঃ ১০.২২ ব্যালুন পদ্ধতি

১০.৯.৩ লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনা (Log periodic antenna) ঃ

লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনা একটি বিশেষ ধরনের অ্যান্টিনা। এতে ফ্রেম বর্ধমান অনেকগুলো ডাইপোল অ্যান্টিনা পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে, যা ১০.২৩ নং চিত্রের মাধ্যমে উপস্থাপন করা যায় ঃ



চিত্র ঃ ১০.২৩ লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনা

লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনার মূল নীতি হল, যদি কোন অ্যান্টিনার ডাইপোল এমন হয় যে, সিগন্যালের যে কোন ফ্রিকুয়েন্সির সাথে ডাইপোলের দৈর্ঘ্য সর্বদা স্বয়ংক্রিয়ভাবে সমন্বয় হবে। অর্থাৎ x/2 হবে। তাহলে সে অ্যান্টিনা যে কোন ফ্রিকুয়েন্সির জন্য কাজ করবে এবং অ্যান্টিনা ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল হবে না। প্রকৃতপক্ষে একটি অ্যান্টিনার সাহায্যে এ ধরনের সুবিধা পাওয়া সম্ভব নয়। কিন্তু লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনাতে বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের অনেকগুলো ডাইপোল পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকায় বৈশিষ্ট্য এমন হয় যে, এ অ্যান্টিনা সব ধরনের ফ্রিকুয়েন্সি অনির্ভরশীল অ্যান্টিনা হিসাবে কাজ করে।

যদি $I_1, I_2, I_3 \ldots \ldots I_n$ ডাইপোলসমূহের দৈর্ঘ্য হয় এবং $d_1, d_2, d_3 \ldots \ldots dn$ ডাইপোলসমূহের অবস্থান হয় তবে এ ধরনের অ্যান্টিনার ক্ষেত্রে নিচের সমীকরণ অনুযায়ী ডাইপোল সাজাতে হয় ঃ

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_2}{I_3} = \frac{I_3}{I_4} \ldots \ldots \ldots \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \frac{d_3}{d_4} = k \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (১০.১)$$

এখানে K একটি ধ্রুবক এবং এর মান 0.6 থেকে 0.8 এর মধ্যে হয়।

অনুশীলনী-১০

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ডাইপোল অ্যান্টিনা বলতে কী বুঝায়?**
অথবা, ডাইপোল কী? [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, Dipole antenna কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ দুই পোল বা মেরু বিশিষ্ট অ্যান্টিনাকে ডাইপোল অ্যান্টিনা বলে।

২। **আইসোট্রপিক অ্যান্টিনা কী?**

উত্তর ঃ আইসোট্রিপিক অ্যান্টিনা একটি আদর্শ অ্যান্টিনা, যা চারিদিকে সমভাবে শক্তি বিকিরণ করে।

৩। **পোলারাইজেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কোন অ্যান্টিনা হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ হয়ে, বৈদ্যুতিক ফিল্ড এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ গমনের দিকে পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। কোন বিকিরণ ওয়েভ এর বৈদ্যুতিক ফিল্ড বাহ্যিকভাবে যে দিকে সজ্জিত থাকে, তাকে পোলারাইজেশন বলে।

৪। **অ্যান্টিনার প্যারাসিটিক উপাদান বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ অ্যান্টিনার গেইন বৃদ্ধি করার জন্য অনেকগুলো উপাদান সজ্জিত করা হয়। তবে সবগুলো উপাদানের সাথে বৈদ্যুতিক সংযোগ প্রয়োজন হয় না। অ্যান্টিনার যে সমস্ত উপাদানের সাথে কোন বৈদ্যুতিক সংযোগ থাকে না, তাদেরকে প্যারাসিটিক উপাদান বলে।

৫। **অ্যান্টিনার প্রতিফলক (Reflector) কী?**

উত্তর ঃ অ্যান্টিনার যে উপাদান বিকিরণ ওয়েভকে 180° দিকে প্রতিফলন করে, তাকে প্রতিফলক বলে।

৬। **অ্যান্টিনার ডাইরেকটর (Director) কী?**

উত্তর ঃ অ্যান্টিনার যে উপাদান বিকিরণ ওয়েভ একই দিকে বর্ধিত আকারে প্রেরণ করে তাকে ডাইরেকটর বলে।

৭। **অ্যান্টিনা অ্যারে বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪, ২০১০(পরি)]
অথবা, অ্যান্টিনা অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ অ্যান্টিনা গেইন এবং ডাইরেকটিভিটি বৃদ্ধির জন্য অনেকগুলো অ্যান্টিনা সজ্জিত করাকে অ্যারে বলে।

৮। **এন্ড ফেয়ার অ্যারে কী?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪]

উত্তর ঃ অনেকগুলো ডাইপোল অ্যান্টিনাকে সমান দূরত্বে স্থাপন করে বিভিন্ন ফেজে উত্তেজিত করা হলে, এরূপ অ্যারেকে এণ্ড ফেয়ার অ্যারে বলে।

৯। **ব্রড সাইড অ্যারে কী?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ অনেকগুলো ডাইপোল অ্যান্টিনাকে সমান দূরত্বে স্থাপন করে একই ফেজে উত্তেজিত করা হলে, এরূপ অ্যান্টিনা এ্যারেকে ব্রড সাইড অ্যারে বলে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **অ্যান্টিনার শ্রেণিভেদ দেখাও।**

উত্তর ঃ অ্যান্টিনাকে বিভিন্নভাবে বিভক্ত করা যায়।

অ্যান্টিনার কাজ অনুযায়ী দু'ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ ১। প্রেরক অ্যান্টিনা, ২। গ্রাহক অ্যান্টিনা।

পোল অনুযায়ী অ্যান্টিনাকে দু'ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ ১। মনো পোল, ২। ডাইপোল।

অ্যান্টিনা স্থাপন অনুযায়ী দু'ধরনের, যথা ঃ ১। আনুভূমিক অ্যান্টিনা, ২। উল্লম্ব অ্যান্টিনা।

গঠন অনুযায়ী অ্যান্টিনা নিম্নরূপ ঃ

১। ফোল্ডেড ডাইপোল, ২। ইয়াগী অ্যান্টিনা, ৩। অ্যান্টিনা, ৪। রম্বিক অ্যান্টিনা, ৫। মারকোনী অ্যান্টিনা, ৬। লুপ অ্যান্টিনা এবং ৭। ডিশ অ্যান্টিনা।

২। **ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা কী?**

উত্তর ঃ ফোল্ডেড অ্যান্টিনা খুবই গুরুত্বপূর্ণ অ্যান্টিনা, যা VHF ও UHF রেঞ্জে TV সিগন্যাল গ্রহণ করতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এতে দুইটি উপাদান থাকে, যার প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য ফ্রিকুয়েন্সির অর্ধতরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান এবং এদেরকে প্রান্তীয় অবস্থানে সংযুক্ত করা হয়।

৩। **ডাইপোল অ্যান্টিনা অপেক্ষা ফোল্ডেড অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লিখ।** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ সাধারণ ডাইপোল অ্যান্টিনা অপেক্ষা ফোলডেড ডাইপোল অ্যান্টিনার নিম্নলিখিত সুবিধাগুলো পাওয়া যায় ঃ

১। অধিক পাওয়ার বিকিরণ করে।

২। অ্যান্টিনার ইম্পিড্যান্স বৃদ্ধি পায়।

৩। প্যারাসিটিক উপাদানের ব্যাস পরিবর্তন করে লাইনের সাথে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং করা যায়।

৪। অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড বৃদ্ধি পায়।

৫। দ্বি-মুখী (Bi-directional) বিকিরণ পাওয়া যায়।

৪। **অ্যান্টিনা অ্যারে -এর সুবিধা কী?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ সাধারণত একক অ্যান্টিনা থেকে যে পরিমাণ শক্তি বিকিরণ করা যায় তা যথেষ্ট নয়। অ্যান্টিনা অ্যারে ব্যবহার করে নিচের সুবিধাগুলো পাওয়া যায় ঃ

১। প্রেরণকৃত সিগন্যাল পাওয়ার মিতব্যয়ী হয়।

২। গ্রাহকের সিগন্যাল-নয়েজ রেশিও উন্নত করা যায়।

৩। যোগাযোগের বিশ্বস্ততা বৃদ্ধি করা যায়।

৪। কাঙ্ক্ষিত দিকে সর্বোচ্চ পাওয়ার গেইন পাওয়া যায়।

৫। অনাকাঙ্ক্ষিত দিকে প্রভাব হ্রাস করা যায়।

৫। ইয়াগী অ্যান্টিনার ডিজাইন প্রক্রিয়া উল্লেখ কর।

অথবা, একটি ইয়াগী অ্যান্টিনার চিত্র অঙ্কন করে ওয়েভ লেংথ λ-এর সাপেক্ষে বিভিন্ন উপাদানের দৈর্ঘ্য ও পারস্পরিক দূরত্ব উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত পরিমাপ অনুযায়ী ইয়াগী অ্যান্টিনার বিভিন্ন উপাদান ব্যবহার করা হয়।

১। ডাইপোলের দৈর্ঘ্য $= \frac{143}{f(\text{MHz})}$ মিটার।

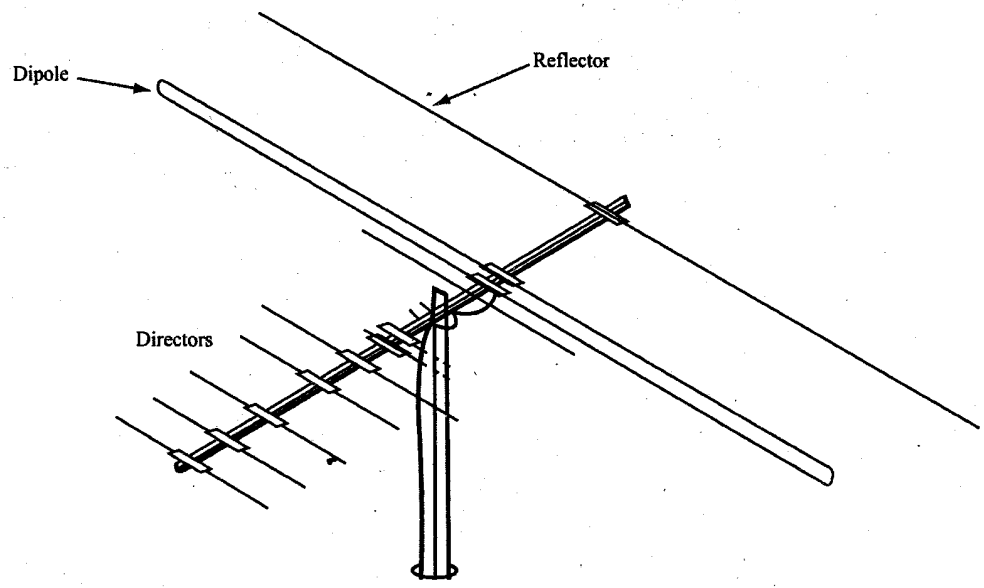
২। প্রতিফলকের দৈর্ঘ্য $\frac{152}{f(\text{MHz})}$ মিটার।

৩। ডাইরেক্টরের দৈর্ঘ্য $\frac{137}{f(\text{MHz})}$ মিটার।

৪। অন্যান্য ডাইরেক্টরগুলো পর্যায়ক্রমে 2.5% হারে হ্রাস পায়।

৫। ডাইপোল এবং ডাইরেকটরের মধ্যে ব্যবধান $= 0.1\lambda$ ।

৬। ডাইপোল এবং প্রতিফলকের মধ্যে ব্যবধান $= 0.15\lambda$ ।



৬। ডাইরেক্টর এবং প্রতিফলকের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

অথবা, ডাইরেক্টর ও রিফ্লেক্টরের মধ্যে চারটি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর ঃ নিচে ডাইরেকটর এবং প্রতিফলকের মধ্যে পার্থক্যগুলো উল্লেখ করা হয়েছে।

ডাইরেকটর প্রতিফলক	প্রতিফলক
১। ওয়েভ গমনের দিকে ওয়েভকে বর্ধিত করে।	১। এর ফিল্ড ডাইপোল হতে বিকিরণের ফিল্ড পরস্পরকে বাধা প্রদান করে।
২। ডাইপোল অপেক্ষা দৈর্ঘ্য কম হয়।	২। ডাইপোল অপেক্ষা দৈর্ঘ্য বেশি হয়।
৩। একাধিক ডাইরেক্টর ব্যবহৃত হয়।	৩। একটি মাত্র প্রতিফলক ব্যবহৃত হয়।
৪। ডাইপোলের সামনে সজ্জিত করা হয়।	৪। ডাইপোলের পিছনে সজ্জিত থাকে।
৫। ডাইপোল ও ডাইরেক্টরের মধ্যে দূরত্ব $= 0.1\lambda$ হয়।	৫। ডাইপোল ও প্রতিফলকের মধ্যে দূরত্ব $= 0.15\lambda$ হয়।
৬। এটা উত্তল দর্পণের ন্যায় কাজ করে।	৬। এটা অবতল দর্পণের ন্যায় কাজ করে।

৭। মারকোনী অ্যান্টিনার বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর ঃ মারকোনী অ্যান্টিনাতে একটি মাত্র উপাদান ব্যবহার করা হয়, যার দৈর্ঘ্য $\frac{\lambda}{4}$ হয় এবং একে ভূমিতে স্থাপন করা হয়। ফলে ভূমি দর্পণ হিসাবে কাজ করে এবং প্রতিফলিত ইমেজ বা ছায়া অপর উপাদান হিসাবে কাজ করে। এর প্রধান সুবিধা হল, সাধারণ ডাইপোল অপেক্ষা অর্ধেক উপাদান দ্বারাই কাজ সম্পন্ন হয় এবং অর্ধেক উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত ভূমির কন্ডাকটিভিটি খুবই ভাল পাওয়া যায়।

৮। টার্নস্টিল অ্যান্টিনার গঠন ও প্যাটার্ন লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৪.৩ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। রম্বিক অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লিখ

উত্তর ঃ রম্বিক অ্যান্টিনাতে নিম্নের সুবিধাগুলো পরিলক্ষিত হয় ঃ

১। এর গঠন খুব সরল।

২। একে স্থাপনের জন্য কম খরচের স্ট্রাকচার (structure) প্রয়োজন হয়।

৩। খরচের তুলনায় গেইন বেশি পাওয়া যায়।

৪। একে ব্রডব্যান্ড অ্যান্টিনা হিসাবে ব্যবহার করা যায়।

৫। অধিক পাওয়ার বিকিরণ করতে খুবই কম ভোল্টেজ ও কারেন্ট প্রয়োগ করতে হয়।

৬। স্থাপনের পরে কোন অ্যাডজাস্টমেন্ট প্রয়োজন হয় না।

৭। একে মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণ সহজে করা যায়।

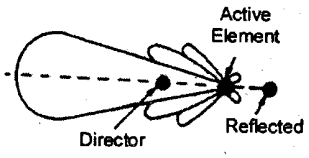
১০। প্যারাবোলিক প্রতিফলক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ কোন প্যারাবোলার বৈশিষ্ট্য এমন হয় যে, এর অক্ষের সমান্তরালে আগত সকল ওয়েভ তল দ্বারা প্রতিফলিত হয়ে ফোকাস বিন্দুতে মিলিত হয়। ফলে ফোকাস বিন্দুতে গেইন খুবই বেশি পাওয়া যায়। আবার ফোকাস বিন্দুতে কোন অ্যান্টিনা স্থাপন করে ওয়েভ বিকিরণ করা হলে, ওয়েভগুলো প্রতিফলক তল দ্বারা প্রতিফলিত হয়ে অক্ষের সমান্তরালে গমন করে। ফলে ওয়েভকে কোন নির্দিষ্ট দিকে বিকিরণ করা যায়। এতে অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটি বৃদ্ধি লাভ করে। এরূপ প্রতিফলক তলকে প্রেরক ও গ্রাহক অ্যান্টিনা হিসাবে ব্যবহার করা যায়। সুতরাং এরূপ তলকে প্যারাবোলিক প্রতিফলক বলে।

১১। Yagi ও V-Antenna এর Radiation আঁক। [বাকাশিবো-০৮]

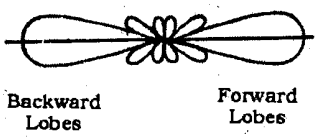
অথবা, ইয়াগী ও ভি অ্যান্টিনার রেডিয়েশন প্যাটার্ন অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ Yagi Antenna এর Radiation নিম্নরূপ ঃ



চিত্র ঃ Yagi Antenna Radiation

V-Antenna এর Radiation নিম্নরূপ ঃ



চিত্র ঃ V-Antenna এর Radiation

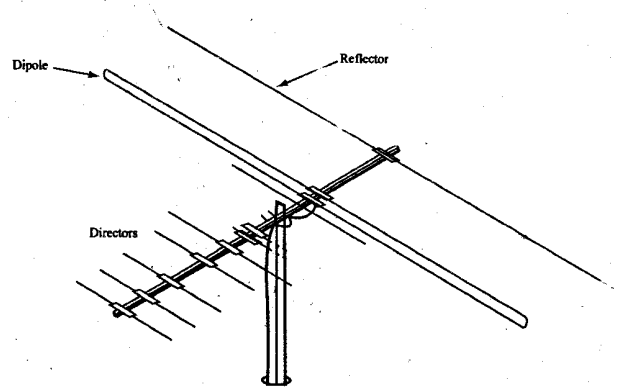
১২। END fire Array ও broad side Array এর মাঝে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-০৯]

উত্তর ঃ নিম্নে END fire Array and broad side Array এর পার্থক্যগুলো নিম্নরূপ ঃ

END fire Array	Broad side Array
১। অনেকগুলো ডাইপোল অ্যান্টিনাকে সমান দূরত্বে স্থাপন করে বিভিন্ন ফেজে উত্তেজিত করা হলে, এরূপ অ্যারেকে এন্ড ফায়ার অ্যারে বলে।	১। অনেকগুলো ডাইপোল অ্যান্টিনাকে সমান দূরত্বে স্থাপন করে একই ফেজে উত্তেজিত করা হলে, এরূপ অ্যারেকে ব্রড সাইড অ্যারে বলে।
২। এতে বিকিরণের দিক অ্যারে বলের একই দিকে পাওয়া যায় এবং দ্বিমুখী প্যাটার্নের পরিবর্তে একমুখী প্যাটার্ন পাওয়া যায়।	২। এর মাধ্যমে শক্তিশালী ডাইরেকশনাল প্যাটার্ন পাওয়া যায় এবং ডাইপোলগুলো সজ্জিত করা হয়, তার সাথে লম্বদিকে বিকিরণ প্যাটার্ন পাওয়া যায়।
৩। বিকিরণ প্যাটার্নে প্রধান লোবের সাথে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পার্শ্ব লোবও বিদ্যমান থাকে।	৩। প্রত্যেকটি পৃথক বিকিরকে সমপরিমাণ কারেন্ট দ্বারা উত্তেজিত হয়। এতে পার্শ্ব লোবের প্রভাব বেশি পড়ে।
৪। অ্যান্টিনার দৈর্ঘ্য 2 থেকে 10 তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমান হয়।	... প্রথম ও দ্বিতীয় ডাইপোলের মধ্যে 90° ফেজ পার্থক্য বিদ্যমান থাকে।

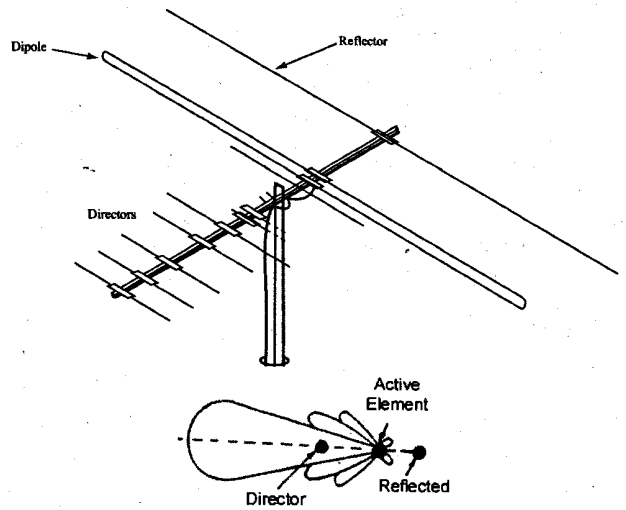
১২। Yagi Antenna এর চিত্রসহ বিভিন্ন উপাংশের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ



১৩। ইয়াগী অ্যান্টেনার গঠন চিত্র এবং রেডিয়েশন প্যাটার্ন চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০২]

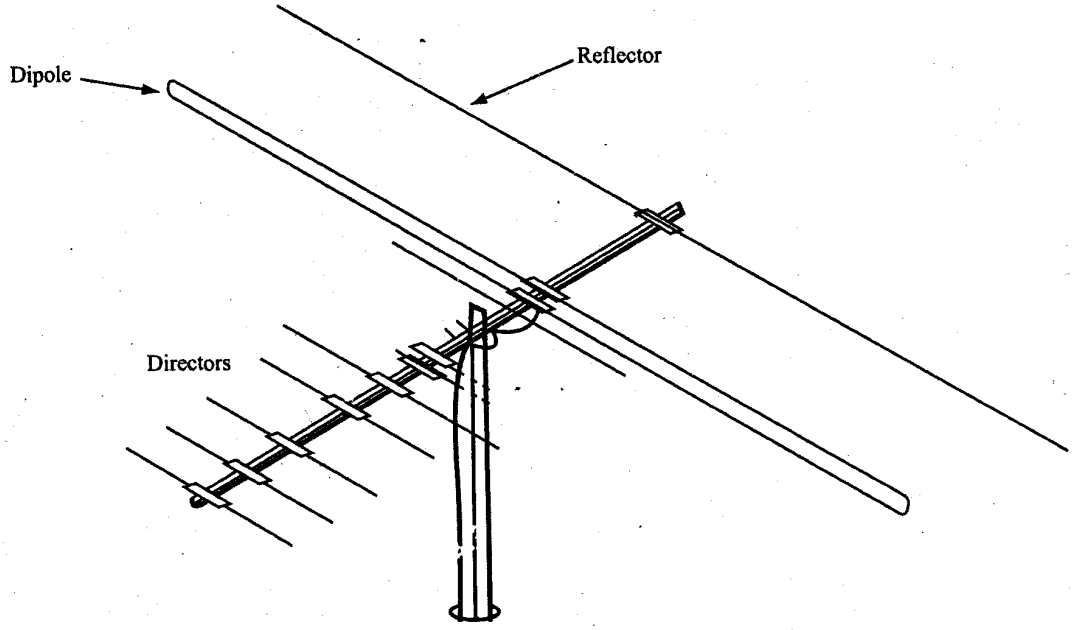
উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ইয়াগী অ্যান্টিনার বিকিরণ প্যাটার্ন

১৪। একটি ইয়াগী অ্যান্টেনার চিত্র অঙ্কন করে ডায়পোলের কাজ লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর: ইয়াগী অ্যান্টিনাতে ড্রাইভিং উপাদান হিসাবে অর্ধ-তরঙ্গ ডাইপোল ব্যবহার করা হয়। এতে সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়। ডাইপোল এ শক্তিকে আবেশ এবং বিকিরণ ফিল্ডে রূপান্তরিত করে এবং এ ফিল্ডের কারণে প্যারাসিটিক উপাদানসমূহে ই.এম.এফ (E.M.F) উৎপন্ন করে।

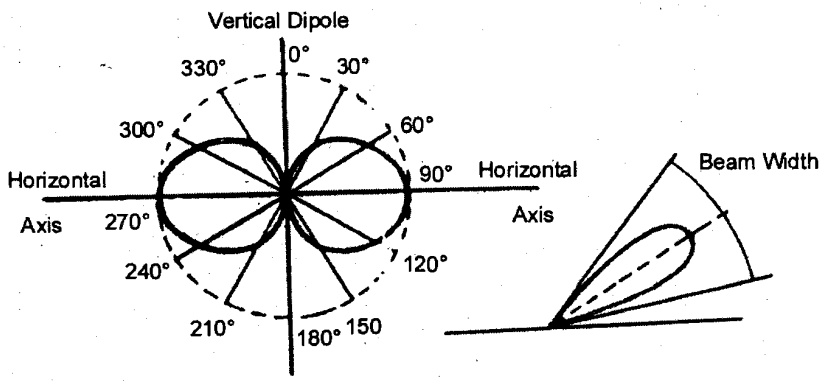


১৫। চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩ (পরি)]

অথবা, চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল এর সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০, ১২]

উত্তর: অ্যান্টিনা মূলত বৈদ্যুতিক শক্তিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। অ্যান্টিনাতে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োগ করলে অ্যান্টিনা হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্য স্থান (Free space) এ ছড়িয়ে পড়ে, একে বিকিরণ (Radiation) বলে।

বিকিরণ প্যাটার্নের সর্বোচ্চ পাওয়ারের অর্ধ পাওয়ার বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধানকে বীম কোণ বলে।



(ক) বিকিরণ প্যাটা (খ) বীম কোণ

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ডাইপোল অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৩.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৩.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন এর বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

অথবা, ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০০৯, ২০১৫(পরি)]

অথবা, ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ডিজাইন ফর্মুলাসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৩.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। **মারকোনী অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৩.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। **ভি অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি আলোচনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। **রম্বিক অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। **এন্ড ফায়ার অ্যারে প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৮। **ব্রড সাইড অ্যারে পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৭.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। **ডিশ অ্যান্টিনার গঠন পদ্ধতিসহ কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।**

অথবা, চিত্রসহ ডিশ অ্যান্টিনার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার গঠনসহ কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি), ২০১২, ২০০৯(পরি)]

অথবা, Parabolic dish antenna-এর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৮ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১০। **অ্যান্টিনা কাপলিং এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ ১০.৯ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১১। লগ পিরিয়ডিক অ্যান্টিনার গঠন পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১০.১০ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১১ রেডিও ওয়েভ প্রপগেশন (Propagation of Radio Wave)

১১.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

প্রেরক থেকে গ্রাহকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে দু'ভাবে প্রেরণ করা যায়। (ক) পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যা কন্ডাকশন পদ্ধতিতে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। (খ) স্পেসের মধ্যদিয়েং যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে স্পেসের মধ্য দিয়ে গমন করে। এ প্রক্রিয়াকে বিকিরণ বলে। অ্যান্টিনার মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তরিত হয়। বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে অধিক দূরত্বে প্রেরণের নিমিত্তে সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি বর্ধিত করা হয়। মূলত মডুলেশনের মাধ্যমে ফ্রিকুয়েন্সি বর্ধিত করা হয়ে থাকে। এ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালকে রেডিও সিগন্যাল বা ওয়েভ বলে। স্পেসের মধ্য দিয়ে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল চলাচলকে রেডিও ওয়েভ প্রপাগেশন বলে। এ অধ্যায়ে রেডিও ওয়েভ প্রপাগেশনের রীতি-নীতি ও বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা হয়েছে।

১১.১, ১১.২ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রকৃতি এবং এদের বৈশিষ্ট্য (Nature of electromagnetic waves and their characteristics) ঃ

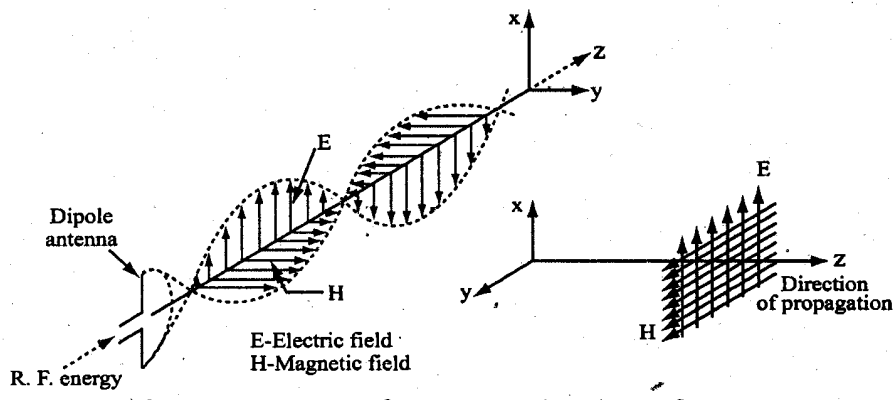
প্রেরক থেকে গ্রাহককে বৈদ্যুতিক শক্তিকে দু'ভাবে প্রেরণ করা যায়। একটি পদ্ধতি হল, কন্ডাকশন, যা এখানে আলোচনার বিষয় নয় এবং অপর পদ্ধতি হল বিকিরণ (Radiation), যা এ অধায়ে আলোচনা করা হয়েছে।

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা আলোচনা করেছি অ্যান্টিনা হতে কীভাবে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ হয়ে থাকে। যখন ডাইপোল অ্যান্টিনাতে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (RF) সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়, তখন অ্যান্টিনা উপাদানের চারদিকে বৈদ্যুতিক ফিল্ড এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। অ্যান্টিনাতে প্রয়োগকৃত সিগন্যাল এসি হওয়ায় সৃষ্ট বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডও পরিবর্তিত হয়। পরিবর্তিত উভয় ফিল্ডই লুপ গঠন করে। অর্থাৎ ধনাত্মক ভোল্টেজ বা কারেন্টের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক বা ম্যাগনেটিক ফিল্ড ঋণাত্মক ভোল্টেজ বা কারেন্টের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক বা ম্যাগনেটিক ফিল্ড লুপ গঠন করে। এভাবে গঠিত পূর্ববর্তী লুপকে পরবর্তী লুপ সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। ফলে বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড সম্মুখ দিকে ধাবিত হয়। এভাবে অ্যান্টিনা হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্যস্থানে বা মুক্ত স্থানে ছড়িয়ে পড়ে। এ প্রক্রিয়াকে বিকিরণ (Radiation) বলে।

প্রেরক অ্যান্টিনা হতে সৃষ্ট ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্যস্থান (Free space) দিয়ে চারদিকে দ্রুত গতিতে প্রপাগেট (Propagate) করে। শূন্যস্থান বলতে এমন একটি স্থান বুঝানো হয় যেখানে বিকিরণের উপর বাহিরের কোন প্রভাব পড়ে না এবং রেডিও ওয়েভ গমনেও কোন বাধার সৃষ্টি হয় না। শূন্যস্থানে কোন ম্যাগনেটিক বা মাধ্যাকর্ষীয় ফিল্ড বিদ্যমান থাকে না, কোন কঠিন বস্তু থাকে না বা কোন চার্জিত কণিকাও থাকে না। প্রকৃতপক্ষে এরূপ আদর্শ শূন্যস্থান কোথাও পাওয়া যায় না। বিশেষ করে পৃথিবীর কাছাকাছি পাওয়া সম্ভব নয়। মূলত শূন্য স্থানের ধারণা রেডিও ওয়েভ প্রপাগেশনের ধর্ম এবং শর্ত পূরণে সক্ষম, এরূপ ধরে নেয়া হয়েছে। এখানে উল্লেখ্য যে, ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণ এবং প্রপাগেশন কোনটিই দৃশ্যমান নয়। এ দুটো ঘটনার বাহ্যিক বিশ্লেষণ তাত্ত্বিক এবং গাণিতিক সূত্রের উপর প্রতিষ্ঠিত, যেখানে এর বৈশিষ্ট্যগুলো পূর্ব হতে ধরে নেয়া হয়।

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ একটি পুকুরে সৃষ্ট ঢেউ এর অনুরূপ ধারণা। তবে একমাত্র পার্থক্য এই যে, পুকুরে সৃষ্ট ওয়েভ লম্বিক (Longitudinal) তরঙ্গ, অর্থাৎ কণিকাগুলো গমনের দিকে আন্দোলিত হয়, কিন্তু ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আড় (Transverse) তরঙ্গ, অর্থাৎ অসিলেশন প্রপাগেশন দিকের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণের সময় অ্যান্টিনাতে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট পরস্পরের সাথে 90° ফেজ পার্থক্য বিদ্যমান থাকে। অর্থাৎ ভোল্টেজ সর্বোচ্চ হলে কারেন্ট শূন্য হয় এবং ভোল্টেজ শূন্য হলে কারেন্ট সর্বোচ্চ হয়। ভোল্টেজের জন্য বৈদ্যুতিক ফিল্ড এবং কারেন্টের জন্য ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। এজন্য বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। আবার ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রপাগেশনের দিক বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক উভয় ফিল্ডের লম্ব দিকে হয়ে থাকে। এজন্য বলা হয় যে, ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড

প্রপাগেশনে বৈদ্যুতিক ফিল্ড, ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ প্রপাগেশনের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। ১১.১নং চিত্রে শূন্যস্থানে আড়াআড়ি (Transverse) ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ১১.১ শূন্যস্থানে আড়াআড়ি (Transverse) ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ

মূলত অ্যান্টিনা আমাদের পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডল (Atmosphere) এ স্থাপন করা হয়।

বায়ুমণ্ডলকেই এখানে শূন্যস্থান হিসাবে অভিহিত করা হয়েছে। শূন্যস্থানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রায় আলোর গতির কাছাকাছি গতিতে গমন করে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের গতি $V_c = 299792500 \pm 300$ মিটার/সেকেন্ড, কিন্তু বিভিন্ন মান নির্ণয়ে আনুমানিক গতি 3×10^8 মিটার/সেকেন্ড ধরা হয়ে থাকে, যা আলোর গতি নির্দেশ করে। বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন স্তর বিদ্যমান থাকে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিভিন্ন স্তরের মধ্য দিয়ে গমন করতে পারে। কোন ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের কোন স্তরে গমন করবে, তা অ্যান্টিনার উচ্চতা এবং ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভর করে। এসব বিষয়গুলো পরবর্তী অনুচ্ছেদে বিশদভাবে আলোচনা করার অবকাশ রয়েছে।

ইতোমধ্যে আমরা আলোচনা করেছি যে, বৈদ্যুতিক ফিল্ড, ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ গমনের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। শূন্যস্থানে কোন ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রকৃতপক্ষে যেভাবে সজ্জিত থাকে, তাকে পোলারাইজেশন (Polarization) বলে। কোন ওয়েভের পোলারাইজেশন দিক মূলত বৈদ্যুতিক ফিল্ডের অবস্থানের দিক দ্বারা নির্দেশ করা হয়। এটি নির্ভর করে অ্যান্টিনার দিকের উপর। উল্লম্বভাবে অবস্থিত অ্যান্টিনার দ্বারা ভার্টিক্যাল (Vertical) পোলারাইজড ওয়েভ এবং আনুভূমিক দিকে অবস্থিত অ্যান্টিনার দ্বারা হরিজন্টাল (Horizontal) পোলারাইজড ওয়েভ পাওয়া যায়।

এভাবে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্যস্থানে গমন করে। এ ওয়েভ গ্রহণ করার জন্য গ্রাহক অ্যান্টিনা আবশ্যক হয়। এটি একটি ওয়েভ বিকিরণের বিপরীত প্রক্রিয়া। যখন গ্রাহক অ্যান্টিনা শূন্যে স্থাপন করা হয়, তখন এটা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ কর্তন করে এবং এতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ভোল্টেজের জন্য অ্যান্টিনাতে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এতে যে সিগন্যাল গৃহীত হয়, তা প্রেরিত সিগন্যালের অনুরূপ হয়ে থাকে। গৃহীত সিগন্যাল গ্রাহককে বিভিন্ন প্রক্রিয়ার জন্য প্রেরণ করা হয়ে থাকে। এভাবেই ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের মাধ্যমে প্রেরক এবং গ্রাহকের মধ্যে যোগাযোগ হয়ে থাকে।

১১.৩ রেডিও ওয়েভ প্রপাগেশনের রীতি (Mode of radio wave propagation) ঃ

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরে গমন করে। এটি মূলত নির্ভর করে ফ্রিকুয়েন্সির উপর। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ যে সমস্ত পথে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে গমন করে এদেরকে রেডিও ওয়েভ গমনের রীতি বলে। যে পথে রেডিও ওয়েভ গমন করে তাদেরকে নিম্নলিখিত ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন (Ground wave propagation)

২। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন ((Sky wave propagation)।

গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনকে আবার দু'ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। সারফেস ওয়েভ প্রপাগেশন (Surface wave propagation)

২। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন (Space wave propagation)।

১১.৪ রেডিও ওয়েভের শ্রেণিভেদ (Classfication of radio wave) ঃ

ফ্রিকুয়েন্সির উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। অতি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি (VLF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3–30 কিলো হার্টজ।

২। নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি (LF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 কিলো হার্টজ।

৩। মধ্যম ফ্রিকুয়েন্সি (MF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 কিলোহার্টজ–3 মেগাহার্টজ।

৪। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (HF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3–30 মেগাহার্টজ।

৫। অতি উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (VHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 মোগাহার্টজ।

৬। আলট্রা হাই ফ্রিকুয়েন্সি (UHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 মেগাহার্টজ–3 গিগা হার্টজ।

৭। এক্সট্রা হাই ফ্রিকুয়েন্সি (EHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3-30 গিগাহার্টজ।

৮। সুপার হাই ফ্রিকুয়েন্সি (SHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 গিগাহার্টজ।

দূরত্বের উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। সারফেস ওয়েভ (Surface wave),

২। স্পেস ওয়েভ (Space wave),

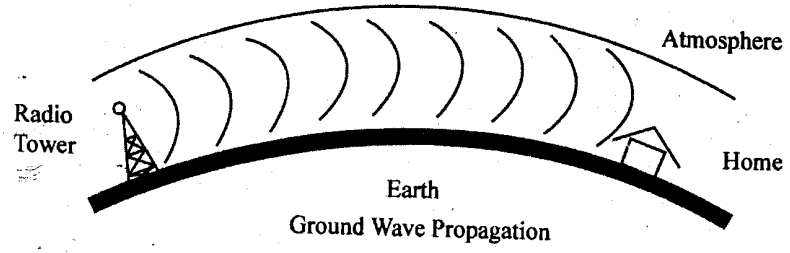
৩। স্কাই ওয়েভ (Sky wave)।

১১.৫ গ্রাউন্ড, স্পেস এবং স্কাই ওয়েভের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of ground, space and sky wave) ঃ

১১.৫.১ গ্রাউন্ড বা সারফেস ওয়েভ (Ground or surface wave) ঃ

যে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ বরাবর গমন করে তাকে গ্রাউন্ড বা সারফেস ওয়েভ বলে। গ্রাউন্ড ওয়েভের মাধ্যমে আনুভূমিকভাবে পোলারাইজড ওয়েভ গমন করতে পারে না। কারণ আনুভূমিকভাবে পোলারাইজড ওয়েভের ক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক ফিল্ড আনুভূমিক দিকে সজ্জিত থাকে এবং এটা ভূপৃষ্ঠের সাথে শর্ট সার্কিট সৃষ্টি করে। ফলে গ্রাউন্ড ওয়েভের ক্ষেত্রে উল্লম্বভাবে পোলারাইজড ওয়েভ আবশ্যক।

গ্রাউন্ড ওয়েভ উৎপন্ন হয় যখন প্রেরক অ্যান্টিনাকে ভূমির খুব কাছাকাছি স্থাপন করা হয়। এ ওয়েভ ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ব্রডকাস্ট পদ্ধতি রেডিও কমিউনিকেশনে এবং নিম্নরেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে খুবই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।



চিত্র ঃ ১১.৩ গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন

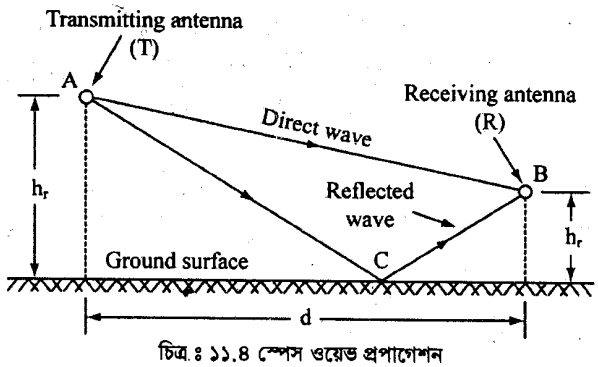
গ্রাউন্ড ওয়েভ গমনে বৈদ্যুতিক ফিল্ড ভূমির সাথে টার্মিনেটেড হয়। ফলে বৈদ্যুতিক ফিল্ডের দ্বারা আবেশিত হয়ে ভূমিতে বিপরীত চার্জ উৎপন্ন হয়। গ্রাউন্ড ওয়েভ গমনের একই সাথে বৈদ্যুতিক চার্জও গমন করে, এর ফলে ভূমিতে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ভূমি বিশুদ্ধ পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করতে পারে না, কারণ এতে কিছু রেজিস্ট্যান্স বিদ্যমান থাকে এবং ভূমির কারেন্টের জন্য ওয়েভ প্রপাগেশনে কিছু পাওয়ার অপচয় হয়। ফলে ওয়েভ গমনের সাথে ফিল্ডের শক্তি হ্রাস পেয়ে থাকে। ১১.৩নং চিত্রে গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

১১.৫.২ স্পেস ওয়েভ (Space wave) ঃ

প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক শক্তি ট্রোপোস্ফেয়ারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে সে ওয়েভকে স্পেস ওয়েভ নামকরণ করা হয়। গ্রাউন্ড ওয়েভ এবং স্পেস ওয়েভের মধ্যে পার্থক্য হল, গ্রাউন্ড ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ বরাবর গমন করে, কিন্তু স্পেস ওয়েভ কোথাও ভূমি স্পর্শ করে না এবং দুটো অ্যান্টিনার মধ্যে সরাসরি গমন করে থাকে। স্পেস ওয়েভ উৎপন্ন করতে এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ পরিহার করতে প্রেরক এবং গ্রাহক অ্যান্টিনাকে ভূমি হতে অনেক উঁচুতে স্থাপন করতে হয়। এক্ষেত্রে স্পেস ওয়েভ সম্পূর্ণ শক্তি বহন করে এবং কোন গ্রাউন্ড ওয়েভ বিদ্যমান থাকে না।

স্পেস ওয়েভ সাধারণত V.H.F এবং U.H.F রেঞ্জের ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কারণ এ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিগুলো আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিফলিত হতে পারে না এবং সেজন্য এ রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সিতে স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন সম্ভব নয়। তাছাড়া এ রেঞ্জের সিগন্যাল যদি গ্রাউন্ড ওয়েভ হিসেবে গমন করে তবে ভূমিতে লস এত বেশি হয় যে, এ ওয়েভগুলো কয়েক মিটারের অধিক দূরত্ব গমন করতে পারে না।

স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক শক্তি দুটো অংশে বিভক্ত হয়ে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছে। কিছু ওয়েভ সরাসরি প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছে। আবার কিছু ওয়েভ ভূমির দিকে গমন করে। যে সমস্ত ওয়েভ ভূমির দিকে ধাবিত হয়, তারা ভূমি দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয়ে প্রতিফলিত হয় এবং প্রতিফলিত হয়ে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছে। ১১.৪নং চিত্রে এরূপ অবস্থা দেখানো হয়েছে। চিত্র হতে এটা স্পষ্ট লক্ষ করা যায় যে, সরাসরি ওয়েভ অপেক্ষা প্রতিফলিত ওয়েভ অধিক দূরত্ব অতিক্রম করে। গ্রাহক অ্যান্টিনাতে গৃহীত ওয়েভের শক্তি সরাসরি ওয়েভ এবং প্রতিফলিত ওয়েভের শক্তির ভেক্টর যোগফলের সমান হয়। যেহেতু প্রতিফলিত ওয়েভ সরাসরি ওয়েভ অপেক্ষা অধিক দূরত্ব অতিক্রম করে, সেহেতু গ্রাহক অ্যান্টিনাতে গৃহীত উভয় ওয়েভের মধ্যে ফেজ পার্থক্য পরিলক্ষিত হয় এবং গৃহীত সিগন্যালের শক্তি হ্রাস পায়।



চিত্র ঃ ১১.৪ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন

১১.৫.৩ স্কাই ওয়েভ (Sky wave) ঃ

যে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরিত হয়ে উপরের দিকে গমন করে আয়নোস্ফেয়ার পৌঁছে এবং আয়োনোস্ফেরিক স্তর হতে প্রতিফলিত হয়, তাকে স্কাই ওয়েভ বলে। আয়োনোস্ফেয়ার হতে ওয়েভ প্রতিফলিত এবং প্রতিসরণ হয়ে থাকে বলে স্কাই ওয়েভ অনেক দূরত্ব গমন করতে পারে এবং এজন্য অধিক দূরত্ব কমিউনিকেশনে ওয়েভ ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

নিম্ন এবং মধ্যম রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল আয়োনোস্ফেয়ারের স্তর হতে প্রতিফলিত হয় বটে, কিন্তু দিনের বেলা এ সিগন্যালের শক্তি এত কম থাকে যে, এটা যোগাযোগের জন্য খুবই নগণ্য। যাহোক, রাত্রিকালে এ সিগন্যালের শক্তি কিছুটা বেশি থাকে, যা স্কাইওয়েভ যোগাযোগের জন্য উপযোগী হয়ে থাকে। সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করা হলে আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিফলিত স্কাই-ওয়েভের শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং স্কাইওয়েভ যোগাযোগের জন্য উপযোগী হয়। এ ফ্রিকুয়েন্সি মোটামুটি 3–10 মেগাহার্টজ পর্যন্ত ধরা হয়।

সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি 10–30 মেগাহার্টজ পর্যন্ত স্কাই ওয়েভের সিগন্যাল শক্তি এত যথেষ্ট মানের হয় যে, প্রায় কয়েক হাজার কিলোমিটার পর্যন্ত যোগাযোগ করা সম্ভব।

যখন সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি 30 মেগাহার্টজ এর অধিক হয়, তখন এ সিগন্যালকে আয়োনোস্ফেয়ার পৃথিবীর দিকে প্রতিফলিত করতে ব্যর্থ হয়। এ সিগন্যালগুলো আয়োনোস্ফেয়ারকে ভেদ করে আরও উপরের স্তরে গমন করে।

আয়োনোস্ফেয়ারের অবস্থা সময়ের থেকে সময়ে, দিনের পর দিন, মৌসুম থেকে মৌসুমে পরিবর্তিত হয়। হঠাৎ ঝড়ের ফলেও আয়োনোস্ফেয়ারে পরিবর্তন সংঘটিত হয়। আয়োনোস্ফেয়ারের এ পরিবর্তনসমূহ সম্পূর্ণরূপে নিয়মিতভাবে সংঘটিত হয় এবং এজন্য আবহাওয়ার পূর্বাভাস প্রদানে এটা খুব সহায়ক হয়।

আয়োনোস্ফেয়ারের বায়ুমলগুলের কণিকাগুলো চার্জিত অবস্থায় থাকে। কোন এলাকা চার্জিত অবস্থায় থাকলে কন্ডাকটিভিটি বৃদ্ধি পায় এবং এর ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট হ্রাস পায়। শূন্যস্থানের কন্ডাকটিভিটি শূন্য হয় এবং মাধ্যমটি বিশুদ্ধ ডাই-ইলেকট্রিক হিসাবে কাজ করে। ফলে এরূপ মাধ্যমে শুধুমাত্র সরণ (displacement) কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কারণ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ এবং এর কারেন্টের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান 90° থাকে। কিন্তু আয়োনোস্ফেয়ারে কন্ডাকটিভিটি বৃদ্ধি পাওয়ায় ফেজ 90° হতে হ্রাস পায় এবং এতে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক শক্তির অপচয় হয়।

যখন সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি খুব কম হয়, এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি হয় এবং এক তরঙ্গ দৈর্ঘ্য দূরত্বের জন্য আয়োনাইজেশন ঘনত্বের পরিবর্তনও বেশি হয়। ফলে আয়োনোস্ফেয়ার মাধ্যমকে অপ্রত্যাশিত বিচ্ছিন্ন মাধ্যম হিসেবে বিবেচনা করা যায়। ফলশ্রুতিতে মাধ্যম হতে সিগন্যাল প্রতিফলিত হয় এবং শক্তির শোষণ নগণ্য হয়। আবার সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি যখন খুব বেশি হয়, এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য খুব কম হয় এবং এক তরঙ্গ দৈর্ঘ্য দূরত্বের জন্য আয়োনাইজেশনের পরিবর্তনও কম হয়। ফলে আয়োনোস্ফেয়ার মাধ্যমকে ডাই-ইলেকট্রিক মাধ্যম হিসেবে বিবেচনা করা যায়, যা প্রতিসরণ তলে পরিণত হয়। এ দুই ক্ষেত্রের মাঝামাঝি ফ্রিকুয়েন্সিতে, আয়নোস্ফেয়ারকে পাতলা দুটো মাধ্যমের সংযোগ মাধ্যম হিসাবে ধরে নেওয়া যায়। যাতে সিগন্যাল আংশিক প্রতিফলিত হয় এবং আংশিক প্রতিসরিত হয়। ফলে আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন মাধ্যম হতে প্রতিফলিত/প্রতিসরিত ওয়েভের সমষ্টি দ্বারা লব্ধি ওয়েভ পাওয়া যায়।

১১.৬ সামারফিল্ড সমীকরণ এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনে এর প্রভাব (Summerfield equation and its effect on ground wave propagation) ঃ

প্রেরক অ্যান্টিনা এবং গ্রাহক অ্যান্টিনার মধ্যে দূরত্ব যদি কম হয়, তবে প্রেরক ও গ্রাহকের মধ্যে ভূপৃষ্ঠের বক্রতাকে নগণ্য বিবেচনা করা যায়। এক্ষেত্রে গ্রাহক এবং প্রেরকের মধ্যে ভূপৃষ্ঠকে সমতল ধরা যায়। যদি প্রেরক অ্যান্টিনা এবং গ্রাহক অ্যান্টিনা ভূপৃষ্ঠের খুব কাছাকাছি স্থাপন করা হয়, তবে ওয়েভকে গ্রাউন্ড ওয়েভ বলা যায়। গ্রাউন্ড ওয়েভের ক্ষেত্রে ওয়েভ ভূমি বরাবর গমন করে এবং ওয়েভের সাথে ভূমিতে বিপরীত চার্জের সৃষ্টি হয়, যার জন্য গ্রাউন্ড কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এতে ওয়েভের শক্তি হ্রাস পায়। ওয়েভ যত দূরত্ব অতিক্রম করে ওয়েভ ফিল্ডের শক্তিও তত হ্রাস পায়। কোন প্রেরক অ্যান্টিনা হতে 'd' দূরত্বে যদি ফিল্ডের শক্তি পরিমাপ করা হয়, তবে নিচের সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

$$E = A\frac{E_o}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১১.১)$$

এখানে, E_o = ভূপৃষ্ঠের উপর একক দূরত্ব ফিল্ডের শক্তি,

d= প্রেরক অ্যান্টিনা হতে দূরত্ব,

A = একটি ধ্রুবক, যা পৃথিবীর জন্য অপচয় বিবেচনা করা হয়।

(১১.১)নং সমীকরণকে সামারফিল্ড সমীকরণ (Summerfield equation) বলা হয়।

একক দূরত্বে ফিল্ডের শক্তি E_o নিচের দুটো বিষয়ের উপর নির্ভর করে ঃ

১। প্রেরক অ্যান্টিনা হতে বিকিরিত শক্তির উপর এবং

২। উল্লম্ব এবং আনুভূমিক দিকে প্রেরক অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটির উপর।

যদি অ্যান্টিনা দিক নির্ভর না হয় এবং উচ্চতার সাথে কোসাইন আনুপাতিক হারে ফিল্ড উৎপন্ন করলে, অ্যান্টিনা হতে এক কিলোমিটার দূরত্বে প্রাপ্ত ফিল্ড নিম্নরূপ হয়ে থাকে।

$$E_o = 300\sqrt{P} \text{ মিলি-ভোল্ট/মিটার} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১১.২)$$

যেখানে, P = কিলো-ওয়াট এককে কার্যকরী বিকিরণ পাওয়ার।

A কে ভূমির অপচয় হিসাবে গণ্য করা হয় এবং একে ফ্রিকুয়েন্সি, ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট ও ভূমির কন্ডাকটিভিটি এবং প্রেরক হতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য প্রকাশিত দূরত্বের উপর নির্ভরশীল ধরা হয়। A-এর সাথে এগুলোর সম্পর্ক জটিল (Complex) রাশি হয়ে থাকে। এ ধারণা থেকে A-কে দুটো ফ্যাক্টর দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

১। সংখ্যা সূচক দূরত্ব, p এবং ২। ফেজ কনস্ট্যান্ট, b।

এই p এবং b উভয় ধ্রুবকই ফ্রিকুয়েন্সি, দূরত্ব এবং ভূমির ডাই-ইলেকট্রিক বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে।

১১.৭ ওয়েভ প্রপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব (Effects of environment in propagation of wave) ঃ

ওয়েভ যখন স্পেসের মধ্য দিয়ে গমন করে তখন ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের নিচের স্তর দ্বারা প্রভাবিত হয়ে থাকে। বায়ুমণ্ডলে প্রাকৃতিক এবং কৃত্রিম উপায়ে বিভিন্ন নয়েজ সৃষ্টি হয়ে থাকে। ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে গমনকালে এসব নয়েজ গ্রহণ করে। বায়ুমণ্ডল থেকে গৃহীত নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি যদি সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সির কাছাকাছি হয় তবে সিগন্যাল নয়েজ দ্বারা ব্যাপকভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। গ্রাহকে নয়েজ দূর করার জন্য ব্যবস্থা থাকলেও এক্ষেত্রে মূল সিগন্যালকে রিকভারি করা কঠিন হয়। ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে গমন করলে সিগন্যালের সাথে নয়েজ যুক্ত হওয়া স্বাভাবিক। সেজন্য গ্রাহকে নয়েজ দূর করার জন্য ফিল্টার ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তবুও সিগন্যালের কাছাকাছি ফ্রিকুয়েন্সির নয়েজ সিগন্যালকে ক্ষতিগ্রস্ত করে। দিন অপেক্ষা রাতে নয়েজের প্রভাবে কম থাকে। কারণ রাতে পরিবেশ কম নয়েজি করে থাকে।

১১.৮ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের ফিল্ড শক্তি এবং প্রপাগেশনের রেঞ্জ (Field strength and range of propagation for space wave propagation) ঃ

১১.৮.১ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ফিল্ড শক্তি (Field strength for space wave propagation) ঃ

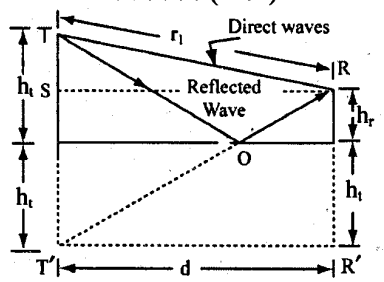
স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে প্রেরক অ্যান্টিনা এবং গ্রাহক অ্যান্টিনাকে ভূপৃষ্ঠ হতে অনেক উঁচুতে স্থাপন করা হয়। দুটি অ্যান্টিনার মধ্যে দূরত্ব কম হলে ভূপৃষ্ঠকে সমতল ধরা যায়। প্রেরক অ্যান্টিনা হতে ওয়েভ দু'ভাবে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছে। একটি সরাসরি (direct) ওয়েভ এবং অপরটি প্রতিফলিত (Reflected) ওয়েভ। এ অবস্থা ১১.৫নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

গ্রাহক প্রান্তে ফিল্ডের শক্তি সরাসরি ওয়েভ এবং প্রতিফলিত ওয়েভের শক্তির ভেক্টর যোগফলের সমান হবে।

চিত্রে (চিত্রঃ ১১.৫) দেখানো হয়েছে যে, h_t উচ্চতা বিশিষ্ট প্রেরক অ্যান্টিনা এবং h_r উচ্চতা বিশিষ্ট গ্রাহক অ্যান্টিনাকে পরস্পর হতে 'd' মিটার দূরত্বে স্থাপন করা আছে। প্রেরক হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে সরাসরি ওয়েভ r_1 দূরত্ব অতিক্রম করে এবং r_1 এর মান নিচের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

TRS ত্রিভুজ হতে পাওয়া যায়,

$$r_1 = \sqrt{d^2+(h_t-h_r)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১১.৩)$$



চিত্র ঃ ১১.৫ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন

প্রতিফলিত ওয়েভ r_2 দূরত্ব অতিক্রম করলে, r_2 এর মান TO এবং OR এর যোগফল দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

$\therefore r_2 = TO+OR = T'O+OR$

সুতরাং T′R′R ত্রিভুজ হতে পাওয়া যায়,

$$r_2 = T'R = \sqrt{d^2+(h_t+h_r)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১১.৪)$$

(১১.৪)নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$$r_2 = d\left[\sqrt{1+\left(\frac{h_t+h_r}{d}\right)^2}\right] = d\left[1+\left(\frac{h_t+h_r}{d}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= d\left[1+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{h_t+h_r}{d}\right)^2 + \left(\frac{h_t+h_r}{d}\right) \text{ এর উচ্চতার পাওয়ার বিশিষ্ট পদসমূহ}\right]$$

$$\therefore r_2 = d\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{h_t+h_r}{d}\right)^2\right]$$

$$= d+\frac{(h_t+h_r)^2}{2d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১১.৫)$$

একইভাবে (১১.৩)নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

১১.৮.২ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে রেঞ্জ (Range for space wave propagation) ঃ

স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠে কতদূর পর্যন্ত যোগাযোগ রক্ষা করা যেতে পারে, তা এ অনুচ্ছেদে নির্ণয় করা হয়েছে। পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে ভূপৃষ্ঠকে সমতল বিবেচনা করা হয়েছে, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দূরবর্তী যোগাযোগের ক্ষেত্রে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা বিবেচনা করতে হবে।

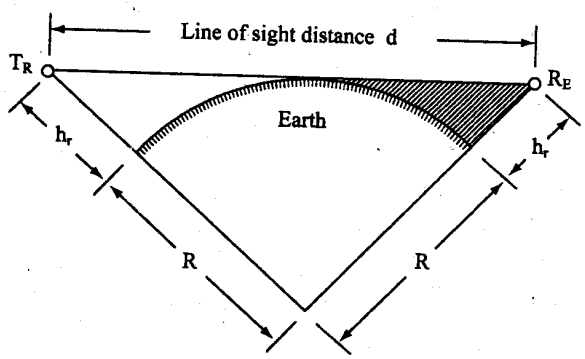
ধরা যাক, ভূপৃষ্ঠে প্রেরক এবং গ্রাহক অ্যান্টিনার উচ্চতা যথাক্রমে h_tএবং h_r। অ্যান্টিনাদ্বয়কে এমনভাবে স্থাপন করা হয়, যাতে প্রেরক অ্যান্টিনা থেকে স্পেস ওয়েভ ভূমি স্পর্শ করে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছে। এ অবস্থায় ধরা যাক, উভয় অ্যান্টিনার মধ্যবর্তী দূরত্ব 'd' যদি অ্যান্টিনাদ্বয়কে এর অধিক দূরত্বে স্থাপন করা হয়, তবে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে ওয়েভ গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌঁছার পূর্বেই ভূমি দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হবে এবং ওয়েভ গ্রাহক অ্যান্টিনা পৌঁছবে না। অর্থাৎ 'd' এর দূরত্বের জন্য যোগাযোগ সম্ভব নয়, 'd'-ই সর্বাধিক দূরত্ব। ১১.৬নং চিত্রে এ অবস্থা দেখানো হয়েছে। ধরা যাক, পৃথিবীর কেন্দ্র 'O' বিন্দুতে এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ r। প্রেরক হতে গ্রাহকে গমনকৃত ওয়েভ যে বিন্দুতে ভূমি স্পর্শ করে, ঐ বিন্দু হতে প্রেরক এবং গ্রাহকের দূরত্ব যথাক্রমে d_1, d_2।

$\therefore d = d_1 + d_2$ . . . . . (১১.১১)

১১.৬নং চিত্র হতে পাওয়া যায়,

$d_1 = \sqrt{(h_t+r)^2 - r^2}$

এবং $d_2 = \sqrt{(h_r+r)^2 - r^2}$



চিত্র ঃ ১১.৬ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে রেঞ্জ

সুতরাং (১১.১১) সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$d = \sqrt{(h_r+r)^2 - r^2} + \sqrt{(h_r+r)^2 - r^2}$$

$$= \sqrt{h_t^2 + 2h_t.\,r + r^2 - r^2} + \sqrt{h_r^2 + 2h_r.\,r + r^2 - r^2}$$

$$= \sqrt{h_t^2 + 2h_t.\,r} + \sqrt{h_r^2 + 2h_r.r.} \quad \text{. . . . . (১১.১২)}$$

অ্যান্টিনাদ্বয়ের উচ্চতা অপেক্ষা পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অনেক অনেক বড়।

অর্থাৎ $r >> h_t$ এবং $r >> h_r$ সুতরাং $2h_t.r >> h_t^2$ এবং $2h_r.r >> h_r^2$।

এ শর্তে (১১.১২)নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$d = \sqrt{2r.h_t} + \sqrt{2r.h_r}$$

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6370 কিলোমিটার ধরে উপরোক্ত সমীকরণে মান বসিয়ে,

$d = 3569\,(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r})$ মিটার পাওয়া যায়। . . . . . (১১.১৩)

(১১.১৩)নং সমীকরণটি স্পেস ওয়েভের যোগাযোগ রেঞ্জ নির্দেশ করে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **Frequency এর ভিত্তিতে Radio wave এর শ্রেণিবিন্যাস কর।** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৬, ২০০৭, ২০০৮]

অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১০, ২০১৪]

উত্তর ঃ ফ্রিকুয়েন্সির উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। অতি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি (VLF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3–30 কিলো হার্টজ।

২। নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি (LF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 কিলোহার্টজ।

৩। মধ্যম ফ্রিকুয়েন্সি (MF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300কিলোহার্টজ–3 মেগাহার্টজ।

৪। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (HF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3–30 মেগাহার্টজ।

৫। অতি উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (VHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 মোগাহার্টজ।

৬। আলট্রা হাই ফ্রিকুয়েন্সি (UHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 মেগাহার্টজ–3 গিগাহার্টজ।

৭। এক্সট্রা হাই ফ্রিকুয়েন্সি (EHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3–30 গিগাহার্টজ।

৮। সুপার হাই ফ্রিকুয়েন্সি (SHF), ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 30–300 গিগাহার্টজ।

দূরত্বের উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। সারফেস ওয়েভ (Surface wave),

২। স্পেস ওয়েভ (Space wave),

৩। স্কাই ওয়েভ (Sky wave)।

২। **ওয়েভ প্রপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ ওয়েভ যখন স্পেসের মধ্য দিয়ে গমন করে তখন ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের নিচের স্তর দ্বারা প্রভাবিত হয়ে থাকে। বায়ুমণ্ডলে প্রাকৃতিক এবং কৃত্রিম উপায়ে বিভিন্ন নয়েজ সৃষ্টি হয়ে থাকে। ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে গমনকালে এসব নয়েজ গ্রহণ করে। বায়ুমণ্ডল থেকে গৃহীত নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি যদি সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সির কাছাকাছি হয় তবে সিগন্যাল নয়েজ দ্বারা ব্যাপকভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। গ্রাহকে নয়েজ দূর করার জন্য ব্যবস্থা থাকলেও এক্ষেত্রে মূল সিগন্যালকে রিকভারি করা কঠিন হয়।

৩। **Radio wave propagation এর প্রধান ধাপগুলো কী কী? তা আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর ঃ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরে গমন করে। এটি মূলত নির্ভর করে ফ্রিকুয়েন্সির উপর। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ যে সমস্ত পথে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে গমন করে এদেরকে রেডিও ওয়েভ গমনের রীতি বলে। যে পথে রেডিও ওয়েভ গমন করে তাদেরকে নিম্নলিখিত ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন (Ground wave propagation)

২। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন ((Sky wave propagation)।

গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনকে আবার দু'ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। সারফেস ওয়েভ প্রপাগেশন (Surface wave propagation)

২। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন (Space wave propagation)।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রকৃতি ও বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১১.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয়ের সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, Transmitting এবং Receiving Antenna-এর উচ্চতা যথাক্রমে h_T এবং h_R হলে Space wave propagation-এর রেঞ্জ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৮.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৫.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৫.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৫.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। সামারফিল্ড সমীকরণ বর্ণনা কর এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনে এর প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৭। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ফিল্ড শক্তি নির্ণয়ের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠিত কর।

উত্তর সংকেত ঃ ১১.৮.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১২

ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা ও আয়োনোস্ফেয়ারের প্রভাব
(Effect of Earth Curvature and Ionosphere on wave Propagation)

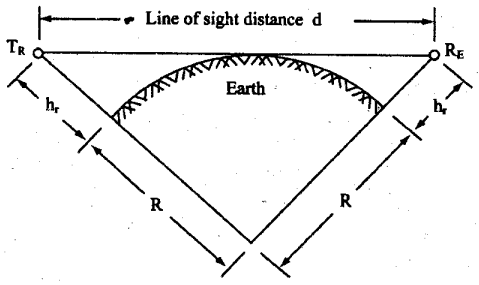
১২.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

এ অধ্যায়ে ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতার প্রভাব সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। তাছাড়া আয়োনোস্ফেয়ারের মধ্য দিয়ে ওয়েভ গমনে যে প্রভাব তা আলোচনা করা হয়েছে।

১২.১ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং আয়োনোস্ফেয়ারের প্রভাব (Effects of earth curvaturte and atmospere on space wave propagation) ঃ

স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে অধিক দূরত্বে যোগাযোগের প্রধান অন্তরায় হল, ভূপৃষ্ঠের বক্রতা।

ভূপৃষ্ঠ যদি বক্র না হয়ে সমতল হত, তবে স্পেস ওয়েভ ট্রোপোস্ফেয়ারের মাধ্যমে সুদীর্ঘ এলাকা পর্যন্ত গমন করতে সক্ষম হত। কিন্তু ভূপৃষ্ঠের বক্রতার জন্য প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনা দৃশ্যমান না হলে ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং গ্রাহকে গিয়ে পৌছায় না। ১২.১নং চিত্র হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে, গ্রাহক বা প্রেরক অ্যান্টিনাকে সামান্যতম ছোট করা হলে প্রেরক অ্যান্টিনা থেকে ওয়েভ গ্রাহক অ্যান্টিনাতে পৌছার পূর্বেই ভূমিতে বাধাপ্রাপ্ত হবে এবং স্পেস ওয়েভ যোগাযোগ সম্ভব হবে না। আবার অ্যান্টিনাদ্বয়কে বৃদ্ধি করা হলে যোগাযোগের দূরত্বও বৃদ্ধি করা সম্ভব। কিন্তু স্থাপিত অ্যান্টিনার উচ্চতা বৃদ্ধিরও একটা সীমা থাকে, যার অধিক উচ্চতাবিশিষ্ট অ্যান্টিনা স্থাপন করা যায় না। এজন্য একটি নির্দিষ্ট উচ্চতাবিশিষ্ট প্রেরক ও গ্রাহক অ্যান্টিনার জন্য স্পেস ওয়েভ কমিউনিকেশন সীমাবদ্ধ হয়ে থাকে।



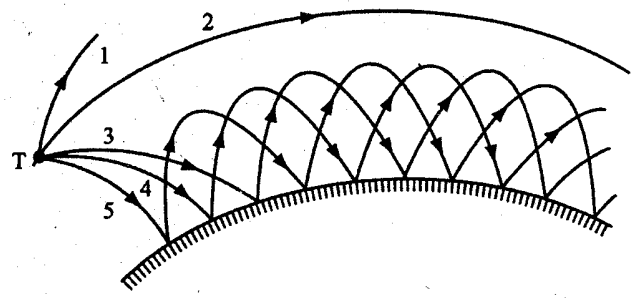
চিত্র ঃ ১২.১

ট্রোপোস্ফেরিক এলাকায় বায়ুমণ্ডলের মিশ্রণ সুষম ও সমসত্ত্ব বিবেচনা করা হয়। কিন্তু অনেক সময় ট্রোপোস্ফেয়ারের বায়ুমণ্ডলের অবস্থা আদর্শ অবস্থা থেকে পরিবর্তিত হয়। আবহাওয়ার পরিবর্তন, বায়ুপ্রবাহের পরিবর্তন, তাপমাত্রার পরিবর্তন, ইত্যাদি কারণে ট্রোপোস্ফেয়ারের 1 কিলোমিটার বা তার অধিক দূরত্ব বিশিষ্ট এলাকার মধ্যে বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব এবং আর্দ্রতা দ্রুত পরিবর্তিত হয়। এর ফলে ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্টের পরিবর্তন হয় এবং মাধ্যমের ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট সুষম না হওয়ায় মাধ্যমটি প্রতিসরাংক গুণাংক বিশিষ্ট হয়। মাধ্যমের এ পরিবর্তনের জন্য প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে সবগুলো ওয়েভ সরাসরি পৌছতে পারে না। কারণ অধিকাংশ ওয়েভ মাধ্যমের পরিবর্তনের জন্য প্রতিসরিত হয়ে ট্রোপোস্ফেয়ারের উচ্চতর স্তর হতে ভূমির দিকে গমন করে। আবার ভূমির দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয়ে প্রতিফলিত হয়। প্রতিফলিত ওয়েভ আবার মাধ্যমের দ্বারা প্রতিসরিত হয়। এ প্রক্রিয়া পর্যায়ক্রমিকভাবে চলতে থাকে। ফলে ওয়েভ বারংবার দিক পরিবর্তনের মাধ্যমে সম্মুখ দিকে অগ্রসর হয়। এভাবে গ্রাহক অ্যান্টিনাতে গৃহীত ওয়েভের মাত্রা হ্রাস পায়।

১২.২ ডাক্ট, মালটি-হোপ এবং ট্রোপোস্ক্যাটার প্রপাগেশন (Duct, multi-hop and troposcatter propagation) ঃ

১২.২.১ ডাক্ট প্রপাগেশন (Duct propagation) ঃ

ট্রোপোস্ফেয়ার স্তরের মধ্যে বায়ুমণ্ডলের পরিবর্তনের ফলে মাধ্যমের ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট পরিবর্তিত হয়। ফলে মাধ্যমটি প্রতিসরাংক গুণাংক বিশিষ্ট হয়। ডাই-ইলেকট্রিকের পরিবর্তনের ফলে, ওয়েভ যখন কম ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট বিশিষ্ট মাধ্যম হতে অধিক ডাই-ইলেকট্রিক মাধ্যমে প্রবেশ করে, তখন ওয়েভ বেঁকে যায়। এভাবে ওয়েভ যখন হালকা মাধ্যম হতে অধিকতর ঘন মাধ্যমের দিকে গমন করে, তখন ওয়েভের বক্রতার জন্য ওয়েভ এক সময় ভূপৃষ্ঠের দিকে গমন করে। তখন ওয়েভ প্রেরক অ্যান্টিনা হতে গ্রাহক অ্যান্টিনার দিকে না গিয়ে ভূমির দিকে গমন করে। ভূমির দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয়ে ওয়েভ পুনরায় প্রতিফলিত হয়। প্রতিফলিত ওয়েভ মাধ্যমের দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে পুনরায় ভূমির দিকে অগ্রসর হয়। এভাবে ওয়েভ একবার প্রতিসরিত এবং একবার প্রতিফলিত হয় এবং এ প্রক্রিয়া পর্যায়ক্রমিকভাবে চলতে থাকে। ১২.২নং চিত্রে এ অবস্থা প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ১২.২ ডাক্ট প্রপাগেশন

প্রেরণ অ্যান্টিনা 'T' হতে 1নং ওয়েভের মত উর্ধ্বগামী ওয়েভ ট্রোপোস্ফেয়ারের মাধ্যম দ্বারা সামান্য প্রতিসরিত হয় এবং এতে ওয়েভ সামান্যতম বেঁকে যায়। ফলে ওয়েভ ট্রোপোস্ফেয়ার মাধ্যম হতে আয়োনোস্ফেয়ারের দিকে গমন করে। ২নং ওয়েভ এমনভাবে বেঁকে যায়, যাতে ভূপৃষ্ঠের বক্রতার অনুরূপভাবে বেঁকে ভূপৃষ্ঠের সমান্তরালে গমন করে।

কিন্তু 3,4 ও 5নং ওয়েভগুলো মাধ্যমের দ্বারা অধিকতর বেঁকে ভূমির দিকে গমন করে। এরা ভূমি হতে প্রতিফলিত হয়ে উপরের দিকে গমন করে। এরা পুনরায় ট্রোপোস্ফেয়ারের মাধ্যম দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে ভূমির দিকে গমন করে। ফলে এরা পর্যায়ক্রমিকভাবে প্রতিসরিত এবং প্রতিফলিত হয়ে থাকে। ওয়েভের এরূপ অবস্থাকে সুপার-রি-ফ্র্যাকশন (super-refraction) বলে। দেখা যায় ওয়েভ এরূপ পর্যায়বৃত্তিক প্রতিসরণ ও প্রতিফলন দ্বারা দৃশ্যমান এলাকা ছেড়ে ছায়া (shadow) এলাকায় গমন করে। ওয়েভের এরূপ গমনকে ডাক্ট (duct) প্রপাগেশন বলে। দৃশ্যমান এলাকা বলতে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে ভূপৃষ্ঠের যতদূর এলাকা দৃশ্যমান হয়, তাকে বুঝানো হয়। আবার ছায়া এলাকা বলতে প্রেরক অ্যান্টিনা হতে ভূপৃষ্ঠের যে এলাকাগুলো দৃশ্যমান হয় না অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠের বক্রতার ছায়াতে পরিণত হয়, তাকে বুঝানো হয়।

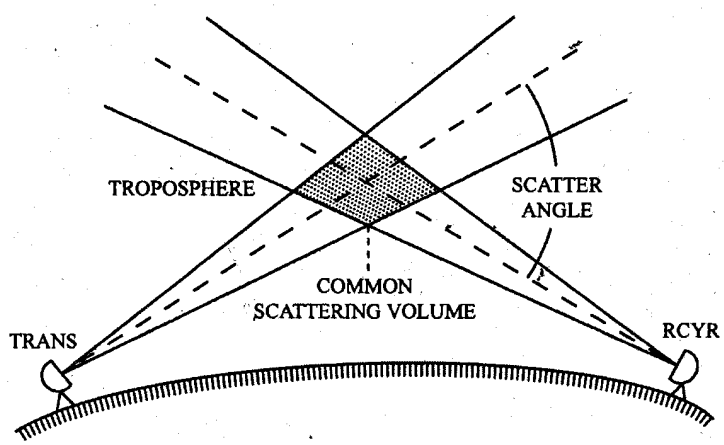
১২.২.২ মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন (Multi-hop propagation) ঃ

আয়োনোস্ফেয়ার মাধ্যমটিও প্রতিসরাংক গুণাংক বিশিষ্ট মাধ্যম। এতে যখন স্কাই ওয়েভ গমন করে, তখন ওয়েভের মাধ্যম দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠের দিকে গমন করে এবং ভূপৃষ্ঠ দ্বারা প্রতিফলিত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ারের দিকে গমন করে। পুনরায় ওয়েভ মাধ্যমের দ্বারা প্রতিসরিত হয় এবং আয়োনোস্ফেয়ার/ভূপৃষ্ঠ দ্বারা ওয়েভ পর্যায়ক্রমিকভাবে প্রতিসরিত/প্রতিফলিত হয়ে গমন করে। এরূপ গমনকে মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন বলে।

১২.২.৩ ট্রোপোস্ক্যাটার প্রপাগেশন (Troposcatter propagation) ঃ

যখন ট্রোপোস্ফেয়ারের নির্দিষ্ট এলাকাতে বিশৃঙ্খলার সৃষ্টি হয়, তখন ঐ এলাকাতে মাধ্যমে প্রতিসরাংক অনিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয়। এ অনিয়মিত পরিবর্তনের জন্য যখন ট্রোপোস্ফেয়ারে স্পেস ওয়েভ গমন করে, তখন ওয়েভ শক্তি চারদিকে ছড়িয়ে (scatter) পড়ে। ওয়েভ স্ক্যাটারিং এর ফলে স্পেস ওয়েভ কমিউনিকেশন ওয়েভ দৃশ্যমান এলাকা ছেড়ে ছায়া (shadow) এলাকায় গমন করে। স্পেস ওয়েভের এ ধরনের গমনকে ট্রোপোস্ক্যাটার প্রপাগেশন বলে।

ধরা যাক দুটো দিক নির্ভরশীল অ্যান্টিনা ১২.৩নং চিত্রের ন্যায় স্থাপন করা আছে। তাহলে এদের ওয়েভ বীম পরস্পরের সাথে মাঝামাঝি ছেদ করবে। একটি যদি গ্রাহক অ্যান্টিনা হয়, তবে অপরটি প্রেরক অ্যান্টিনা হবে। উভয় অ্যান্টিনার মধ্যে যোগাযোগ সক্ষম হবে, যদি ওয়েভ স্ক্যাটারিং হয়। ওয়েভ স্ক্যাটারিং এর কারণ সঠিকভাবে জানা যায়নি। ট্রোপোস্ফেয়ারের বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তনই এর কারণ হিসেবে ধরে নেওয়া হয়।



চিত্র ঃ ১২.৩ ট্রোপোক্যাটার প্রপাগেশন

১২.৩ আয়োনোস্ফেয়ার (Ionosphere) ঃ

আয়োনোস্ফেয়ার মূলত বায়ুমণ্ডলের একটি স্তর। বায়ুমণ্ডলের যে অংশ সূর্য হতে বিকিরণ গ্রহণ করে আয়োনাইজড অবস্থায় থাকে তাকে আয়োনোস্ফেয়ার বলে। ভূপৃষ্ঠের প্রায় 50 কিলোমিটার উপর হতে 400 কিলোমিটার পর্যন্ত বায়ুমণ্ডলকে আয়োনোস্ফেয়ার নামে অভিহিত করা হয়। সুতরাং আয়োনোস্ফেয়ার প্রায় 350 কিলোমিটার পুরু।

১২.৪ আয়োনোস্ফেয়ার এবং এর স্তর (Ionosphere and its layers) ঃ

ভূ-পৃষ্ঠ হতে প্রায় 50 কিলোমিটার উপর হতে আয়োনোস্ফেয়ার স্তর শুরু হয়েছে এবং এটা ভূপৃষ্ঠ হতে প্রায় 400 কিলোমিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। অর্থাৎ আয়োনোস্ফেয়ার প্রায় 350 কিলোমিটার পুরুত্ব। আয়োনোস্ফেয়ার সূর্য হতে ব্যাপক বিকিরণ শক্তি গ্রহণ করে এবং এর ফলে এ স্তর উত্তপ্ত হয় ও আয়োনাইজড হয়। বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা, যৌগ, ঘনত্ব ইত্যাদি বাহ্যিক ধর্ম পরিবর্তনের ফলে আয়োনোস্ফেয়ার বিভিন্ন স্তরে বিভক্ত হয়ে পড়ে। α, β, γ এবং আলট্রাভায়োলেট রশ্মির বিকিরণের ফলেই আয়োনাইজেশন সংঘটিত হয়। আয়োনোস্ফেয়ার স্তরকে প্রধানত তিনটি স্তরে বিভক্ত করা হয়, যথা ঃ

১। D স্তর,

২। E স্তর,

৩। F স্তর।

F স্তরকে আবর দু'ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

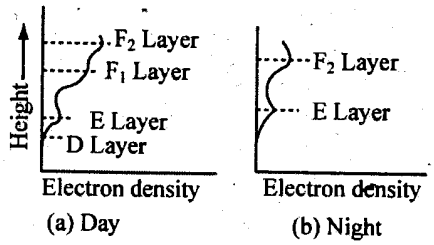
১। F_1 স্তর,

২। F_2 স্তর।

মূলত কোন সময় আয়োনোস্ফেয়ারে তিনটি স্তর D,E,F এবং কোন সময় চারটি স্তর D, E, F_1 ও F_2 পরিলক্ষিত হয়।

১২.৫ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ধর্ম (Properties of different layers of the ionosphere) ঃ

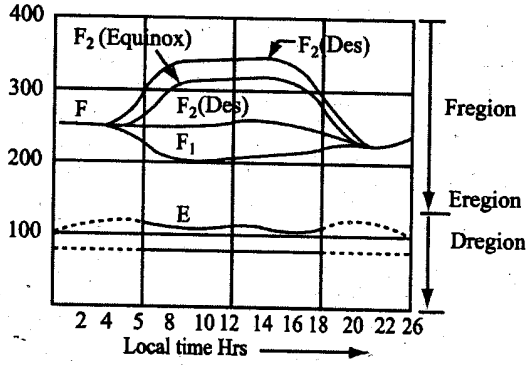
আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তর D, E, F_1 ও F_2 কে ভূপৃষ্ঠ হতে উর্ধ্বক্রম অনুসারে বিবেচনা করা হয়। অর্থাৎ D স্তরটি ভূপৃষ্ঠের কাছাকাছি এবং F_2 স্তরটি আয়োনোস্ফেয়ারের সর্বশেষ স্তর। রাত্রিকালে F_1 ও F_2 স্তরদ্বয় একক স্তর হিসাবে পরিগণিত হয়। এটা পরিলক্ষিত হয় যে, রাত্রিকালে F_1 ও F_2 স্তরদ্বয়ের ঘনত্ব একই থাকে, কিন্তু দিনের বেলা উভয়ের ঘনত্ব পৃথক হয়ে থাকে। ৬.৯নং চিত্রে দিন ও রাত্রিতে আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্বমাত্রা প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ১২.৪ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব

D স্তরটি আয়োনোস্ফেয়ারের সর্বনিম্ন স্তর এবং এটি ভূপৃষ্ঠ হতে 50 থেকে 90 কিলোমিটারের মধ্যে অবস্থিত। এর গড় পুরুত্ব প্রায় 10 কিলোমিটার। এর আয়োনাইজেশন মাত্রা সূর্যের উপর নির্ভর করে এবং রাত্রিতে এটা অনুপস্থিত থাকে। D স্তরের সঠিক গঠন সুনির্দিষ্টভাবে জানা যায়নি। এ স্তর VLF এবং LF ওয়েভকে প্রতিফলিত করে এবং MF ও HF ওয়েভের কিছু অংশ শোষণ করে। HF ফ্রিকুয়েন্সিতে যোগাযোগের জন্য এ স্তর মোটেই সহায়ক নয়।

D স্তরের পরবর্তী স্তরই E স্তর এবং এটি প্রায় 110 কিলোমিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। এর গড় পুরুত্ব প্রায় 50 কিলোমিটার। D স্তরের ন্যায় E স্তরও রাত্রিতে সূর্যের অনুপস্থিতিতে আয়নগুলো ডিআয়োনাইজেশন (Deionization) হয়ে থাকে। এ স্তরের প্রধান ভূমিকা হল MF ওয়েভকে স্কাইওয়েভের মাধ্যমে প্রপাগেশন করা এবং HF এর কিছু অংশ পর্যন্ত প্রতিফলিত করে থাকে। আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের রাত্রি ও দিনের বেলা পরিবর্তন ১২.৫নং চিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হয়েছে।



চিত্র ঃ ১২.৫ দিবা ও রাত্রিতে আয়োনোস্ফেরিক স্তরের পরিবর্তন

দিনের বেলা F_1 স্তরের উচ্চতা প্রায় 180 কিলোমিটার পরিলক্ষিত হয়, যার পুরুত্ব প্রায় 20 কিলোমিটার হয়। রাত্রিতে F_1, F_2 এর সাথে সম্পৃক্ত হয়। F_1 স্তর HF এর কিছু ওয়েভকে প্রতিফলিত করে, কিন্তু অধিকাংশ ওয়েভ F_1 স্তরকে অতিক্রম করে এবং F_2 স্তর হতে প্রতিফলিত হয়। ফলশ্রুতি HF ওয়েভের জন্য F_1 স্তরটি অধিক অ্যাটেন্যুয়েশন প্রদান করে।

F_2 স্তর হল খুবই গুরুত্বপূর্ণ স্তর এবং এর উচ্চতার রেঞ্জ প্রায় 250 থেকে 350 কিলোমিটার, যার সম্ভাব্য পুরুত্ব দিনের বেলা প্রায় 200 কিলোমিটার F_2 এর উচ্চতা কিছুটা হ্রাস পায়। F_2 স্তর দিনের চেয়ে রাত্রিতে ওয়েভ প্রপাগেশনে খুব ভাল কাজ করে। HF ওয়েভের ক্ষেত্রে এটি যোগাযোগের জন্য একটি উপযোগী মাধ্যম হিসাবে পরিলক্ষিত হয়।

১২.৬ আয়োনোস্ফেয়ারের মাধ্যমে স্কাই ওয়েভের প্রতিফলন ও প্রতিসরণ (Reflection and refraction of sky wave by the ionosphere) ঃ

আয়োনোস্ফেয়ারে বিভিন্ন স্তরের মধ্যে ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্টের পার্থক্য হেতু মাধ্যমটি প্রতিসরাংক গুণাংক বিশিষ্ট হয়। অর্থাৎ কোন ওয়েভ যখন এ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমন করে, তখন এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে গমনের সময় ওয়েভ বেঁকে যায়। আয়োনোস্ফেয়ারের মধ্য দিয়ে ওয়েভ গমনের এ বক্রতা আয়োনাইজড মাধ্যমের প্রতিসরাংকের মাধ্যমে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$$n=\sqrt{K}=\sqrt{1-\frac{81N}{f^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১২.১)$$

এখানে,

n = প্রতিসরাংক

k = সমতুল্য ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্ট

N = প্রতি cc-তে ইলেকট্রনের সংখ্যা

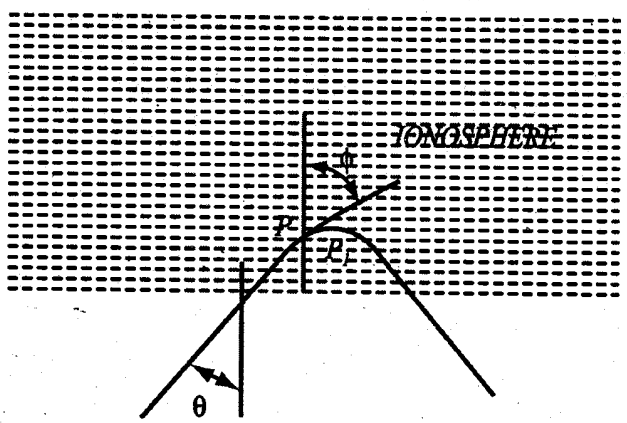
f = কিলোহার্টজ এককে ফ্রিকুয়েন্সি।

উপরোক্ত সমীকরণটি মাধ্যমের প্রকৃত প্রতিসরাংক নির্দেশ করে, যা সর্বদা একক অপেক্ষা কম। এছাড়াও এটা নির্দেশ করে যে, একক অপেক্ষা প্রতিসরাংকের বিচ্যুতি বৃদ্ধি পাবে যদি ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস পায় এবং ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।

যখন $f^2 < 81N$ হয়, তখন প্রতিসরাংক কাল্পনিক হয়। আয়োনাইজেশন স্তর এরূপ ফ্রিকুয়েন্সিকে প্রেরণ করার পরিবর্তে অ্যাটেন্যুয়েশন প্রদান করে।

আয়োনোস্ফেয়ারের মধ্য দিয়ে ওয়েভ গমনের সময় ওয়েভে ফেজ গতিবেগ ডাই-ইলেকট্রন কনস্ট্যান্টের বর্গমূলের বিপরীত আনুপাতিক হয়।

$$\text{ফেজ গতি} = \frac{\text{আলোর গতি}}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (১২.২)$$



চিত্র ঃ ১২.৬ আয়োনোস্ফেয়ারে রেডিও ওয়েভের প্রতিসরণ

আয়োনাইজড মাধ্যমের জন্য $n<1$ হয়, ফলে আয়োনোস্ফেয়ারে ওয়েভের ফেজ গতিবেগ আলোর গতি অপেক্ষা অধিক হয় এবং এটা N/f^2 বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। এতে প্রতীয়মান হয় যে, ওয়েভ যখন আয়োনোস্ফেয়ারে প্রবেশ করে, তখন অল্প ইলেকট্রন ঘনত্বের মাধ্যম অপেক্ষা অধিক ইলেকট্রন ঘনত্বের মাধ্যমে ওয়েভ দ্রুতগতিতে গমন করে। আয়োনোস্ফেয়ারে ওয়েভের গমন এবং ওয়েভ বক্রতা ১২.৬নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে।

ওয়েভের এ বক্রতা সাধারণ আলোর নিয়ম অনুসরণ করে। আয়োনোস্ফেয়ারে p বিন্দুতে ওয়েভ গমনের দিক স্নেলিস (Snellis) এর সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়, যা নিম্নরূপ ঃ

$$n \sin\phi = \sin\phi_o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (১২.৩)$$

যেখানে,

n = p বিন্দুতে প্রতিসরাংক

ϕ = p বিন্দুতে প্রতিসরণ কোণ

ϕ_o = আয়োনোস্ফেয়ারে ওয়েভের আপতিত কোণ।

আয়োনোস্ফেয়ারের নিচে প্রতিসরাংকের মান 1 হয়ে থাকে, কিন্তু আয়োনোস্ফেয়ারে প্রতিসরাংক একক অপেক্ষা কম হয়।

অর্থাৎ $n = \frac{\sin\phi_o}{\sin\phi}$

সুতরাং n এর হ্রাস পাওয়ার অর্থ হল, ϕ এর মান ϕ_o অপেক্ষা অধিক। অর্থাৎ আপতিত কোণ অপেক্ষা প্রতিসরিত কোণ বেশি। ফলে ওয়েভ নিচের দিকে বেঁকে যায়। চিত্রে প্রদর্শিত প্রতিসরণের সর্বোচ্চ বিন্দু p_m দেখানো হয়েছে। এখানে $\phi = 90°$। সুতরাং এ বিন্দুতে প্রতিসরাংক

$$n = \sin\phi_o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (১২.৪)$$

n হ্রাস পাওয়ার সাথে সাথে ϕ এর মান আরও বৃদ্ধি পায় এবং তখন ওয়েভ ভূপৃষ্ঠের দিকে গমন করে।

প্রতিসরাংকের পরিবর্তন যখন খুবই কম হয়, তখন মাধ্যমে প্রতিসরণ প্রক্রিয়া চলতে থাকে এবং (১২.৩)নং সমীকরণ প্রযোজ্য হয়ে থাকে। কিন্তু যদি প্রতিসরাংকের পরিবর্তন খুবই বেশি হয়, তখন মাধ্যমে প্রতিসরণের পরিবর্তে ওয়েভ প্রতিফলিত হয়ে থাকে। মাধ্যমের অবস্থা উভয় পরিস্থিতির মাঝামাঝি হলে মাধ্যমে প্রতিফলন এবং প্রতিসরণ উভয়ই সংঘটিত হয়।

১২.৭ আয়োনোস্ফেরিক পরিবর্তন এবং ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব (Ionspheric variation and effects of earth's magnetic field) ঃ

১২.৭.১ আয়োনোস্ফেরিক পরিবর্তন (Ionospheric variation) ঃ

আয়োনোস্ফেয়ারের পরিবর্তন প্রধানত সূর্যের বিকিরণের ফলে হয়ে থাকে। এখানে উল্লেখ্য যে, সূর্য হতে বিকিরণ পরিবর্তিত হয়, ফলে আয়োনোস্ফেরিক অবস্থারও পরিবর্তন হয়। এ পরিবর্তন প্রধানত দু'ধরনের। একটা হল সাধারণ পরিবর্তন, যা ব্যাপ্তিকাল ও মৌসুমের উচ্চতা ও পুরুত্ব পরিবর্তন এবং অপরটি অস্বাভাবিক পরিবর্তন, যা সূর্য একটি পরিবর্তনশীল তারকার ন্যায় আচরণের ফলে সংঘটিত হয়।

সূর্য প্রতি 11 বৎসর পর পর ভয়াবহভাবে এর আউটপুট পরিবর্তন করে। সাধারণ মানুষের পক্ষে এ পরিবর্তন প্রত্যক্ষ করা সহজ নয়, কারণ আলোর পরিবর্তন খুবই কম হয়। এ 11 বৎসর সময়ের মধ্যে আলট্রাভায়োলেট রশ্মি, করোনা, ফ্লার, বিকিরণ কণা এবং সান স্পট-এর পরিবর্তন প্রায় পঞ্চাশবারেরও অধিক হতে পারে।

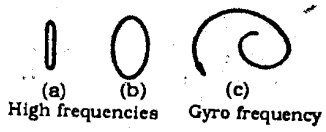
সূর্যের দ্বারা আয়োনোস্ফেয়ারের সর্বাধিক যে বিশৃঙ্খলা হয়, তাকে তাৎক্ষণিক আয়োনোস্ফেরিক বিশৃঙ্খলা এবং আয়োনোস্ফেরিক ঝড় নামে অভিহিত করা হয়। এটি সৌর কম্পমান প্রজ্জলন দ্বারা সৃষ্টি হয়, যা সূর্য হতে অসংখ্য হাইড্রোজেন নির্গত করে। এর সাথে x রশ্মি বিদ্যমান থাকে, যা কার্যকরীভাবে আয়োনাইজেশন ঘনত্ব বৃদ্ধি করে এবং ক্রমাগত D স্তরের দিকে হ্রাস পায়।

সূর্য হতে নির্গত α ও β রশ্মি আয়োনোস্ফেরিক ঝড়ের সৃষ্টি করে। α ও β রশ্মি সূর্য হতে পৃথিবীতে পৌঁছতে 36 ঘণ্টা সময় গ্রহণ করে, ফলে এদের উপস্থিতি পূর্ব অনুমান করা সম্ভব। আয়োনোস্ফেরিক ঝড়ের সময় আয়োনোস্ফেয়ার অদ্ভুত আচরণ করে এবং এতে সিগন্যালের শক্তি দ্রুত পরিবর্তিত হয়।

১২.৭.২ ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব (Effect of earth magnetic field) ঃ

আয়োনোস্ফেয়ারে ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের উপস্থিতি রেডিও ওয়েভের উপর জটিল প্রভাব বিস্তার করে। এক্ষেত্রে আয়োনোস্ফেয়ারের চলন্ত ইলেকট্রনের উপর বিক্ষেপ বল প্রয়োগ করে। প্রত্যেকটি ইলেকট্রনের উপর প্রযুক্ত বলের মান চলন্ত ইলেকট্রনের তাৎক্ষণিক গতিবেগ এবং ইলেকট্রনের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের উপাদানের গুণফলের সমানুপাতিক হয়। ইলেকট্রনের দিক, ইলেকট্রনের গতির দিক এবং ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে।

উচ্চ রেডিও ফ্রিকুয়েন্সিতে, রেডিও ওয়েভের বৈদ্যুতিক ফিল্ডের উপর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের উপাদান লম্বভাবে অবস্থানের ফলে ইলেকট্রনসসমূহ উপবৃত্তাকারে ঘুরতে থাকে, যা ১২.৭ (a) ও (b) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এ পথের কিছু অংশে বৈদ্যুতিক ফিল্ড হতে ইলেকট্রন দ্বারা শোষিত শক্তি পোলারাইজেশনের 90° কৌণিক অবস্থানে স্পেসে বিকিরণ করে থাকে। এতে আড়াআড়ি পোলারাইজেশন উপাদান সৃষ্টি হয়, যা উপবৃত্তাকারে চলতে পারে।



চিত্র ঃ ১২.৭ ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব

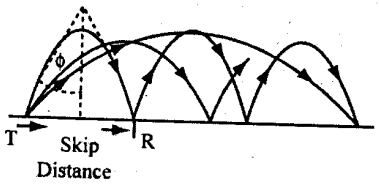
কম্পমান ইলেকট্রনের পথের উপর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব কম ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে অধিক হয়, কারণ গড় গতিবেগ ফ্রিকুয়েন্সির সাথে ব্যস্তানুপাতিক হয়। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে ইলেকট্রনের কম্পন সংকীর্ণ উপবৃত্তি পরিণত হয়, যা ১২.৭ (a) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস পেলে উপবৃত্তটি ক্রমান্বয়ে বড় হয়, যা ১২.৭ (b) নং চিত্রে প্রদর্শন করা হয়েছে। এ অবস্থা চলতে থাকলে এমন এক ফ্রিকুয়েন্সি আসে, যে ফ্রিকুয়েন্সিতে ইলেকট্রনের কম্পন একটি স্পাইরাল পথের সৃষ্টি করে, যা ১২.৭ (c) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

১২.৮ স্কিপ দূরত্ব, স্কিপ এলাকা এবং সর্বোচ্চ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি (Skip distance, skip zone and M.U.F) ঃ

১২.৮.১ স্কিপ দূরত্ব (Skip distance) ঃ

স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি এবং আপতন কোণের উপর নির্ভর করে। যখন স্কাই ওয়েভ উল্লম্বভাবে নির্গত হয় এবং শূন্য কোণে আয়োনোস্ফেয়ারে আপতিত হয়, তখন ওয়েভ সর্বোচ্চ স্তর পর্যন্ত ভেদ করে, আবার প্রতিফলিত হয়ে প্রেরণ স্থানেই ফিরে আসে। কিন্তু উল্লম্ব তলের সাথে সামান্য কোণে নির্গত ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসে। যেহেতু স্কাই ওয়েভ অনেক দূরত্ব অতিক্রম করে, সেহেতু প্রেরক হতে প্রেরিত ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয়ে পুনরায় ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসতে কিছুটা দূরত্ব অতিক্রম করে। এ ধরনের ওয়েভ ১২.৮নং চিত্রে দেখানো হয়েছে।

চিত্রে দেখানো হয়েছে, প্রেরণ প্রান্ত T হতে ওয়েভ উল্লম্ব তলের সাথে θ কোণে নির্গত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয় এবং ভূপৃষ্ঠের R বিন্দুতে এসে বাধাপ্রাপ্ত হয়। R বিন্দু হতে ওয়েভ পুনরায় প্রতিফলিত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ারের দিকে ধাবিত হয়।



চিত্রঃ ১২.৮ স্কাইওয়েভ প্রাপাগেশন এবং স্কিপ দূরত্ব

চিত্র হতে এটা প্রতীয়মান হয় যে T এবং R এর মধ্যে কোন সিগন্যাল গৃহীত হয় না। প্রেরক হতে ওয়েভ গমন করে আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠের যত দূরত্বে এসে পৌছে, ঐ দূরত্বকে স্কিপ দূরত্ব বলে।

১২.৮.২ স্কিপ এলাকা (Skip zone) ঃ

স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে প্রেরক হতে নির্গত ওয়েভ প্রথম ভূপৃষ্ঠের যেস্থানে এসে পৌছে, এই দূরত্বের মধ্যবর্তী এলাকাতে কোন সিগন্যাল গৃহীত হয় না। এই এলাকাকে স্কিপ এলাকা বলে।

১২.৮.৩ সর্বোচ্চ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি (Maximum usable frequency or M.U.F) ঃ

স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে মাধ্যমের প্রতিসরাংক (১২.১) নং সমীকরণ হতে নির্ণয় করা যায়। এতে দেখানো হয়েছে যে, মাধ্যমের প্রতিসরাংক, মাধ্যমের পরমাণুর ঘনত্ব এবং ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। একটি নির্দিষ্ট পরমাণু ঘনত্বের মাধ্যমে যদি ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করা হয়, তবে মাধ্যমের প্রতিসরাংক এক সময় শূন্য হয়। যে ফ্রিকুয়েন্সিতে মাধ্যমের প্রতিসরাংক শূন্য হয়, তাকে ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলে। সুতরাং ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি,

$$f_c = \sqrt{81N} = 9\sqrt{N}$$

কোন মাধ্যমের আপতন কোণের কোসাইন মানের সাপেক্ষে ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সিকে সর্বোচ্চ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি (M.U.F) বলে। যদি আপতন কোণ θ_o এবং ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_c হয়, তবে

$$\text{M.U.F} = \frac{\text{ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি}}{\cos\theta_o} = f_c \sec\theta_o$$

১২.৯ স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজ (Fading and noise in sky wave propagatior) ঃ

স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন মূলত আয়োনোস্ফেয়ারের অবস্থার উপর নির্ভরশীল। কারণ আয়োনোস্ফেয়ারের অবস্থার পরিবর্তনের সাথে স্কাই ওয়েভের শক্তির মাত্রা পরিবর্তিত হয়ে থাকে। আয়োনোস্ফেয়ারের পরিবর্তনের ফলে গৃহীত স্কাই ওয়েভের ফিল্ডের শক্তির যে পরিবর্তন সাধিত হয়, তাকে স্কাই ওয়েভের ফেডিং (Fading) বলে।

আয়োনোস্ফেয়ারের অনিয়মিত পরিবর্তনের ফলে এ মাধ্যমকে অনেকগুলো পৃথক চলমান প্রতিফলক (Reflector) বিশিষ্ট মাধ্যমের সাথে তুলনা করা যায়, যার প্রেক্ষিতে গৃহীত সিগন্যাল প্রত্যেকটি প্রতিফলক হতে প্রতিফলিত সিগন্যাল উপাদানের লব্ধি সিগন্যাল হয়ে থাকে। অনেক সময় এর সাথে গ্রাউন্ড ওয়েভ বা মালটি-হোপ ওয়েভও বিদ্যমান থাকে। বিভিন্ন উপাদানের ফেজ পার্থক্যের জন্য সিগন্যালের শক্তি পরিবর্তিত হয়। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে, ক্ষুদ্র পথ পার্থক্যের জন্য ফেজের ব্যাপক পরিবর্তন সাধিত হয় এবং এর ফলে ফেডিং-ও বৃদ্ধি লাভ করে।

উপরের আলোচনা থেকে এটা বলা যায় যে, বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালের ক্ষেত্রে ফেডিং-এর মানও বিভিন্ন হয়ে থাকে। ধরা যাক, কোন মডুলেটেড ওয়েভ স্কাই ওয়েভের মাধ্যমে গমন করে। এক্ষেত্রে একটি সাইড ব্যান্ড-এ ক্ষতিকর ফেডিং সৃষ্টি হয়, কিন্তু ক্যারিয়ার এবং অপর সাইড ব্যান্ড অপরিবর্তিত থাকে। এ ধরনের ফেডিংকে নির্বাচিত ফেডিং (Selective fading) বলে।

ওয়েভ যখন স্কাই ওয়েভ হিসাবে স্পেসের মধ্য দিয়ে গমন করে, তখন এর সাথে মূল্য ফ্রিকুয়েন্সি ব্যতীত অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যাল বিদ্যমান থাকে, এ অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে নয়েজ (Noise) বলে। মাধ্যমের উপর বিভিন্ন বিষয়ের প্রভাবে নয়েজ সৃষ্টি হয়। সাধারণত স্কাই ওয়েভে নয়েজ দু'ভাবে সৃষ্টি হতে পারে, যথা ঃ

১। প্রাকৃতিক উৎস দ্বারা সৃষ্ট।

২। মানুষ উদ্ভাবিত উৎস দ্বারা সৃষ্ট।

অ্যান্টিনার সাহায্যে যখন সিগন্যাল গ্রহণ করা হয়, তখন নয়েজের জন্য অ্যান্টিনাতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এটা মূল সিগন্যালকে প্রভাবিত করে। অ্যান্টিনার মাধ্যমে গৃহীত সিগন্যাল হতে গ্রাহকে নয়েজ পরিহার করার জন্য ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়।

অনুশীলনী-১২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। ডাক্ট প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ ট্রোপোস্ফেয়ার মাধ্যমটি বিভিন্ন মাত্রার ডাই-ইলেকট্রিক বিশিষ্ট হলে, ওয়েভ ট্রোপোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠের দিকে গমন করে। আবার ভূপৃষ্ঠ হতে প্রতিফলিত হয়ে ট্রোপোস্ফেয়ারের দিকে গমন করে। এভাবে পর্যায়ক্রমে প্রতিসরণ ও প্রতিফলনের দ্বারা ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ বরাবর গমন করাকে ডাকট প্রপাগেশন বলে।

২। মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ আয়োনোস্ফেয়ারকে বিভিন্ন স্তরে বিভক্ত করা যায়। আবার প্রত্যেকটি স্তরের ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্টও ভিন্ন হয়। ফলে মাধ্যমটি প্রতিসরাংক বিশিষ্ট মাধ্যমে পরিণত হয়। ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তর দ্বারা প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠের দিকে ফিরে আসে। আবার ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ হতে প্রতিফলিত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ারের দিকে গমন করে। এভাবে পর্যায়ক্রমে আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরণ ও ভূপৃষ্ঠ হতে প্রতিফলনের মাধ্যমে ওয়েভ গমন করাকে মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন বলে।

৩। ট্রোপোস্ক্যাটারিং প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ যখন ট্রোপোস্ফেয়ারের নির্দিষ্ট এলাকাতে বিশৃঙ্খলার সৃষ্টি হয়, তখন ঐ এলাকাতে মাধ্যমের প্রতিসরাংক অনিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয়। এ অনিয়মিত পরিবর্তনের ফলে ট্রোপোস্ফেয়ারে স্পেস ওয়েভ গমন করে, তখন ওয়েভ শক্তি চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। এর ফলে ওয়েভ দৃশ্যমান এলাকা ছেড়ে ছায়া এলাকাতে গমন করে। স্পেস ওয়েভের এরূপ ছড়িয়ে পড়াকে ট্রোপোস্ক্যাটারিং প্রপাগেশন বলে।

৪। আয়োনোস্ফেয়ার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ ভূপৃষ্ঠের প্রায় 50 কিলোমিটার উপর হতে আয়োনোস্ফেয়ার স্তরটি শুরু হয় এবং প্রায় 400 কিলোমিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। বিভিন্ন প্রভাবের কারণে এ স্তরের বায়ুমণ্ডল আয়োনাইজড অবস্থায় থাকে। এজন্য এ স্তরকে আয়োনোস্ফেয়ার বলে।

৫। আয়োনোস্ফেয়ারকে কতটি স্তরে বিভক্ত করা যায়? স্তরগুলোর নাম লিখ।

উত্তর ঃ আয়োনোস্ফেয়ারকে চারটি স্তরে বিভক্ত করা যায়, যথা ঃ

১। D স্তর, ২। E স্তর,

৩। F_1 স্তর এবং ৪। F_2 স্তর।

F_1 ও F_2 স্তর রাত্রিতে একটি স্তর হিসাবে কাজ করে এবং দিনের বেলা পৃথক স্তর হিসাবে কাজ করে।

৬। স্কিপ দূরত্ব (Skip distance) কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৫, ২০০৬, ২০১১, ২০১৫(পরি)]

অথবা, স্কিপ ডিসট্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, Skip distance -এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর ঃ কোন প্রেরক (Transmitter) হতে স্কাই ওয়েভ নির্গত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ারের দিকে গমন করে। আয়োনোস্ফেয়ার মাধ্যম দ্বারা ওয়েভ প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠের দিকে ফিরে আসে। এতে দেখা যায়, প্রেরক হতে ওয়েভ নির্গত হয়ে প্রথম যে ওয়েভ ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসে, তা প্রেরক হতে বেশ কিছু দূরত্বে ফিরে আসে। প্রেরক হতে সবচেয়ে কাছাকাছি যতটুকু দূরত্বে ওয়েভ ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসে, তাকে স্কিপ দূরত্ব বলে।

৭। স্কিপ এলাকা (Skip zone) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে প্রেরক হতে ওয়েভ নির্গত হয়ে আয়োনোস্ফেয়ার হতে প্রতিসরিত হয়ে ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসার ফলে ওয়েভ ভূপৃষ্ঠের কিছুটা এলাকা অতিক্রম করে। প্রেরক হতে যতটুকু দূরত্বে ওয়েভ প্রথম ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করে, দৃশ্যত এ এলাকার মধ্যে কোন কমিউনিকেশন হয় না। এ এলাকাকে স্কিপ এলাকা বলে।

৮। ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি), ২০১০]

উত্তর ঃ সব ফ্রিকুয়েন্সির ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ারে পৌছায় না, আবার সব ফ্রিকুয়েন্সির ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ার হতে ভূপৃষ্ঠের দিকে ফিরে আসে না। অধিক উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ার ভেদ করে উপরে চলে যায়। যে সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ওয়েভ আয়োনোস্ফেয়ার হতে ভূপৃষ্ঠের দিকে ফিরে আসে, তাকে ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলে।

৯। **M.U.F এর সংজ্ঞা দাও।** [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, M.U.F. বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১৫(পরি)]
অথবা, M.U.F. কী? [বাকাশিবো-২০০৯]
অথবা, M.U.F.-এর সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ কোন মাধ্যমের আপতন কোণের কোসাইন মানের সাপেক্ষে ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সিকে M.U.F বলে।

সুতরাং $M.U.F = \frac{\text{ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি}}{\cos\theta_o} = \frac{f_c}{\cos\theta_o}$

১০। **ফেডিং বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, Fading কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ আয়োনোস্ফেয়ার মাধ্যমের অনিয়মিত পরিবর্তনের ফলে স্কাই ওয়েভের শক্তির মাত্রা পরিবর্তিত হয়। স্কাই ওয়েভের ফিল্ডের শক্তির পরিবর্তন হওয়াকে ফেডিং বলে।

১১। **নয়েজ কী?**

উত্তর ঃ কোন ওয়েভ প্রপাগেশনের সময় মাধ্যম হতে বিভিন্ন কারণে মূল ওয়েভের সাথে কিছু উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির অনাকাঙ্ক্ষিত ওয়েভ যুক্ত হয়। এরূপ অনাকাঙ্ক্ষিত উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ওয়েভকে নয়েজ বলে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১৫(পরি)]
অথবা, স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর ঃ স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন মূলত আয়োনোস্ফেয়ারের অবস্থার উপর নির্ভরশীল। কারণ আয়োনোস্ফেয়ারের অবস্থার পরিবর্তনের সাথে স্কাই ওয়েভের শক্তির মাত্রা পরিবর্তিত হয়ে থাকে। আয়োনোস্ফেয়ারের পরিবর্তনের ফলে গৃহীত স্কাই ওয়েভের ফিল্ডের শক্তির যে পরিবর্তন সাধিত হয়, তাকে স্কাই ওয়েভের ফেডিং (Fading) বলে।

উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে, ক্ষুদ্র পথ পার্থক্যের জন্য ফেজের ব্যাপক পরিবর্তন সাধিত হয় এবং এর ফলে ফেডিং-ও বৃদ্ধি লাভ করে। ওয়েভ যখন স্কাই ওয়েভ হিসাবে স্পেসের মধ্য দিয়ে গমন করে, তখন এর সাথে মূল্য ফ্রিকুয়েন্সি ব্যতীত অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যাল বিদ্যমান থাকে, এ অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে নয়েজ (Noise) বলে। মাধ্যমের উপর বিভিন্ন বিষয়ের প্রভাবে নয়েজ সৃষ্টি হয়। সাধারণত স্কাই ওয়েভে নয়েজ দু'ভাবে সৃষ্টি হতে পারে, যথা ঃ

১। প্রাকৃতিক উৎস দ্বারা সৃষ্ট,
২। মানুষ উদ্ভাবিত উৎস দ্বারা সৃষ্ট।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং বায়ুমণ্ডলের প্রভাব বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ ১২.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ধর্ম বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, চিত্রসহ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন লেয়ারের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ ১২.৫ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **আয়োনোস্ফেয়ারে স্কাই ওয়েভের প্রতিফলন ও প্রতিসরণ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।**

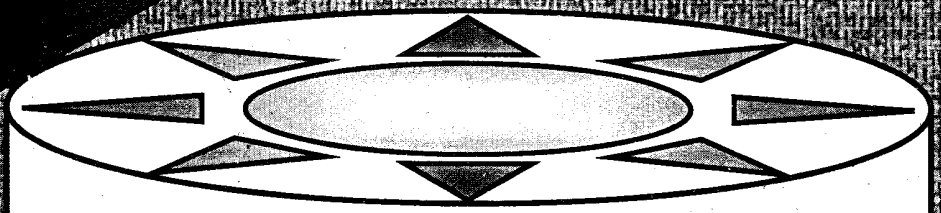
উত্তর সংকেত ঃ ১২.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৪। **আয়োনোস্ফেয়ার এর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০২, ২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ ১২.৭.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

ব্যবহারিক



নেটওয়ার্কস, কিন্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

হক পাবলিকেশন্স

এতে আছে

১। একটি সিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপন।

২। অ্যাসিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ।

৩। সিমেট্রিক্যাল 'T' টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের অ্যাটেনুয়েশন পরিমাপকরণ।

৪। প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের ইম্পিডেন্স বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ।

৫। প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ক্যারেক্টারিসটিক নির্ণয়করণ।

৬। হাইপাস ফিল্টারের ইম্পিড্যান্স এর বৈশিষ্ট্য নির্ণয়।

৭। হাইপাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ।

৮। একটি প্যারালাল তার ট্রান্সমিশন লাইনের গতির (Velocity) প্রপাগেশন নির্ণয়করণ।

৯। ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, ফেজ কনস্ট্যান্ট এবং প্রপাগেশন কনস্টেন্ট পরিমাপকরণ।

১০। ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপকরণ।

১১। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমার এর মাধ্যমে ট্রান্সমিশন লাইন এর ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ডিজাইন এবং সত্যতা যাচাইকরণ।

১২। ডায়পোল অ্যান্টেনার রেডিয়েশন প্যাটার্ণ নির্ণয়করণ।

ব্যবহারিক

Experiment No : 01	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	একটি সিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপন (Measure the characteristics impedance of a symmetrical T network)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ সিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ কোন Network এর input এবং output এর মধ্যে পারস্পরিক পরিবর্তন করা হলে যদি নেটওয়ার্ক-এর বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন না হয় তবে তাকে সিমেট্রিক্যাল নেওয়ার্ক বলে। Symmetrical network কে বিভিন্ন Section-এ ভাগ করা যায়। যেমন– T section, π section এবং L section. T section এর Characteristics impedance Z_{OT} হলে–

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$$

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) রেজিস্টর (100Ω দুটি)

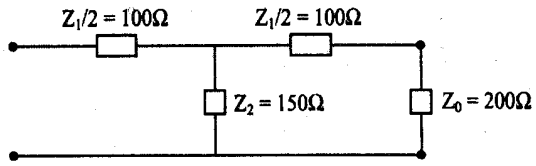
(150Ω একটি)

(200Ω একটি)

(ii) CRO/Digital multimeter

(iii) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ আমরা জানি, $Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$

→ এই সমীকরণ থেকে Z_{OT} পরিমাপ করা হল।

→ CRO/Multimeter দ্বারা Input impedance পরিমাপ করা হল।

→ Z_{OT} এবং Input impedance এর মধ্যে Compare করা হল।

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই পরীক্ষার মাধ্যমে আমরা Symmetrical T network এর Characteristics impedance পরিমাপ করা শিখতে পারি।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) ভালভাবে Connection সমূহ যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) CRO ব্যবহার করলে এর ব্যবহার জানতে হবে।

(iii) এক্ষেত্রে Digital multimeter ব্যবহারই শ্রেয়।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Filter কী?

২। Impedance বলতে কী বুঝ?

৩। Symmetrical network কী?

Experiment No : 02	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	অ্যাসিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাণ (Measure the image impedance of a given asymmetrical T network)

Objectives ঃ অ্যাসিমেট্রিক্যাল 'T' নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করতে হবে।

Theory ঃ যে কোন Asymmetrical network এর ন্যায় অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কেরও দুটি ইমেজ ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়। যে কোন একটিকে উপযুক্ত প্রান্তের সাথে যুক্ত করে অপর প্রান্তে ইম্পিড্যান্স পরিমাপ করলে দ্বিতীয় ইম্পিড্যান্স এর সমান ইম্পিড্যান্স পাওয়া যাবে। তাকে ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলে। একে Z_{01} এবং Z_{02} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore Z_{01} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} \quad \text{এবং } Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

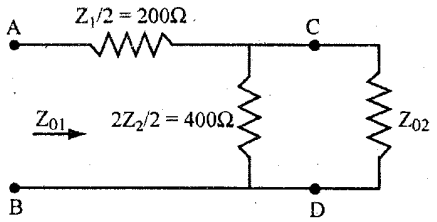
(i) রেজিস্টর (200Ω একটি)

(400Ω একটি)

(ii) CRO/Digital multimeter

(iii) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হলো।

→ এখানে দুটি Image impedance পরিমাপ করা হল। অর্থাৎ A ও B Terminal এর মধ্যে Z_{01} যা C ও D terminal এর Image impedance হিসাবে এবং C ও D Terminal এর মধ্যে Z_{02} যা A ও B এর Image impedance হিসাবে পরিমাপ করা হল।

→ তাত্ত্বিকভাবে আমরা পাই–

$$Z_{01} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2} \quad \text{এবং } Z_{02} = \frac{Z_1Z_2}{\sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}}$$

→ এখন তাত্ত্বিকভাবে পাওয়া মান এবং ব্যবহারিক মানের Coparism করা হল।

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে অমরা Image impedance পরিমাপ করা শিখতে পারি।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) সংযোগসমূহ ভালভাবে যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) CRO/multimeter সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে।

ব্যবহারিক

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ইমেজ ইম্পিড্যান্স কী?

২। Symmetrical network কী?

৩। Image impedance কী দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

Experiment No : 03	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	সিমেট্রিক্যাল 'T' টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের অ্যাটেনুয়েশন পরিমাপকরণ (Measure the attenuation of symmetrical T type Attenuator)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ সিমেট্রিক্যাল 'T' টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের অ্যাটেনুয়েশন পরিমাপ করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ Attenuator এমন এক ধরনের Network যাকে Generator এবং Load এর মধ্যে ব্যবহার করলে বৈদ্যুতিক Signal কে নির্দিষ্ট মানে হ্রাস করার ক্ষমতা রাখে। Input এবং Output এর মধ্যে Attenuator রাখলে এটি Voltage, current এবং power কে নির্দিষ্ট মানে কমিয়ে আনে। একটি Symmetrical T network এর দুটি Series Resistance এবং একটি শান্ট Resistance যুক্ত থাকে। Series Resistance R_A এবং Shunt Resistance R_B, Input current I, এবং Output current I_R এবং Load Resistance R হলে–

$$\frac{I_s}{I_R} = \frac{R_A + R_B + R}{R_B}$$

$$\text{Attenuation } N = \frac{I_s}{I_R} = e^{\alpha}$$

$$\therefore \alpha = 20 \log \left(\frac{I_s}{I_R}\right) \text{ dB}$$

$$N = \text{Anti} \log_{10} \left(\frac{\alpha}{20}\right) \text{ dB}$$

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Resistor – 350Ω তিনটি

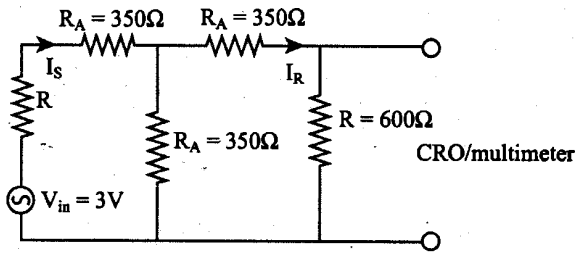
600Ω একটি

(ii) CRO / Digital multimeter

(iii) Function generator

(iv) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হলো।

→ Attenuation ⇒ $\alpha = 20 \log_{10} \left(\frac{I_s}{I_R}\right)$ dB

→ Imput স্থির রেখে Function Generator এর বিভিন্ন frequency এর জন্য ভিন্ন ভিন্ন Output current Record করা হল।

Calculation :

SI. No.	Frequency in H_z	Output current I_R	Attenuation $20\log\left(\frac{I_S}{I_R}\right)$ dB
1	100		
2	300		
3	500		
4	700		
5	900		
6	1000		
7	2000		
8	3000		
9	5000		
10	7000		
11	10000		

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে আমরা Symmetrical T type Attenuator এর Attenuation পরিমাপ করা শিখতে পারি।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) সতর্কতার সাথে Connection সমূহ যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Input সবসময় স্থির রাখতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Attenuation কী?

২। Attenuator কোথায় স্থাপন করে Attenuation পরিমাপ করা হয়?

৩। Attenuator এর প্রয়োজন কী?

Experiment No : 04	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	**প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের ইম্পিডেন্স বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ (Determine the impedance characteristics of proto type low pass filter)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Proto type low pass filter এর Impedance বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ যে filter এর মাধ্যমে নিম্ন frequency সহজেই Pass করে কিন্তু High বা উচ্চ Frequency কে Block করে দেয় তাকে Low pass filter বলে। এ filter দিয়ে শুধু Audio range এর frequency কে Pass করতে দেয়। T section এর Characteristics impedance $Z_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Decade capacitance Box

(ii) Decade inductance Box

(iii) Project board

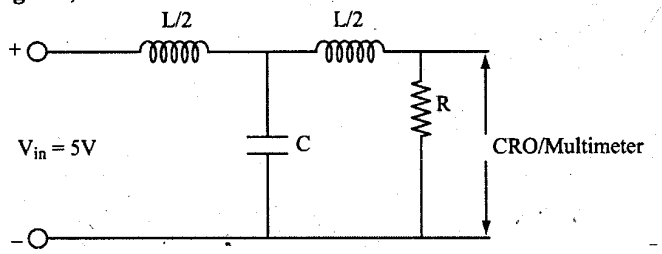
(iv) CRO/Multimeter

(v) Resistor

(vi) Required connecting wire

(vii) Function generator.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ Function Generator এবং CRO সংযোগ করা হল।

→ Function Generator এর frequency change করে ভিন্ন ভিন্ন frequency এর জন্য ভিন্ন ভিন্ন Output voltage Record করা হল।

→ প্রতিটি Record এর জন্য $\frac{V_0}{V_{in}}$ নির্ণয় করা হল।

→ $\left(\frac{V_0}{V_{in}}\right)$ vs frequency curve draw করা হল।

ডিজাইন (Design) ঃ

Cut off frequency $f_c = 2kHz$

Characteristics impedance $Z_o = 1000$ Hz

Low pass filter এর জন্য

$$L = \frac{Z_0}{\pi f_c} \text{ mH}$$

$$C = \frac{1}{\pi f_c Z_0} \ \mu F$$

Calculation :

SI. No.	Frequency in H_z	Output voltage V_0	gain = $\frac{V_0}{V_{in}}$
1	100		
2	300		
3	500		
4	700		
5	1000		
6	2000		
7	3000		
8	5000		
9	7000		
10	10000		

মন্তব্য (Remark) : এই Experiment এর মাধ্যমে Proto type low pass filter এর impedance বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করা যায়।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) Connection ভালভাবে যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Input যেন সবসময় 5V হয়।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Law pass filter কাকে বলে?

২। Characteristics impedance কাকে বলে?

৩। Low pass filter এর waves hape draw কর।

Experiment No : 05	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	**প্রটোটাইপ লো পাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ক্যারেক্টারিসটিক নির্ণয়করণ (Determine the attenuation characteristics of proto type low pass filter)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Proto type low pass filter এর Attenuation বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ যে filter এর সাহায্যে নিম্ন frequency সহজে Pass করতে পারে কিন্তু উচ্চ মানের Frequency কে Block করে দেয় তাকে low pass filter বলে। এই Filter এর মাধ্যমে Audio range এর frequency Pass করতে পারে এবং অন্যান্য উচ্চ মানের frequency কে বাধা প্রদান করে। Pass band-এ Attenuation এর মান শূন্য হয়। কিন্তু Attenuation band-এ Attenuation অসীম হয়।

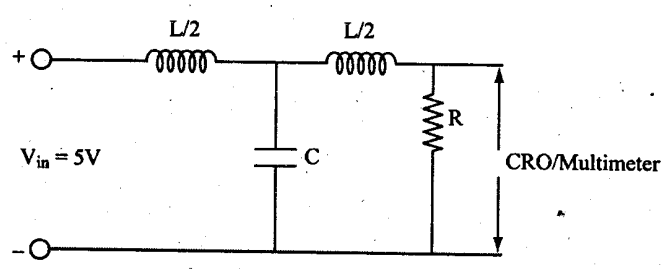
Low pass filter এর cut off frequency

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$$

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Decade capacitance Box
(ii) Decade inductance Box
(iii) CRO/Multimeter
(iv) Function Generator
(v) Resistor
(vi) Project board
(vii) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ CRO এবং Function Generator সংযোগ করা হল।

→ Function Generator এর frequency change করে ভিন্ন ভিন্ন frequency এর জন্য ভিন্ন ভিন্ন Output voltage Record করা হল।

→ প্রতিটি Record এর জন্য Attenuation পরিমাপ করা হল।

→ এখন Attenuation vs frequency curve draw করা হল।

ডিজাইন (Design) ঃ

Cut off frequency $f_c = 2kHz$

Characteristics impedance $Z_o = 1000\Omega$

Low pass filter এর জন্য

$$L = \frac{Z_0}{\pi f_c} \text{ mH}$$

$$C = \frac{1}{\pi f_c Z_0} \ \mu F$$

ব্যবহারিক

Calculation :

Sl. No	Frequency in H_Z	Output voltage V_0	Attenuation $\frac{V_{in}}{V_0}$
1	100		
2	300		
3	500		
4	700		
5	1000		
6	2000		
7	3000		
8	5000		
9	7000		
10	10000		

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে Proto type low pass filter এর Attenuation বৈশিষ্ট্য নির্ণয় এবং Attenuation vs frequency curve সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) Connection ভালভাবে যাচাই করতে হবে।

(ii) Input voltage সবসময় 5V-এ স্থির রাখতে হবে।

(iii) CRO এবং Function Generator এর ব্যবহার ভালভাবে জানতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Low pass filter এর Cut off frequency কী?

২। Proto type low pass filter কাকে বলে?

৩। Pass band Attenuation শূন্য হয় কেন?

Experiment No : 06	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	হাইপাস ফিল্টারের ইম্পিড্যান্স এর বৈশিষ্ট্য নির্ণয় (Determine the impedance characteristics of a high pass filter)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

(i) Determine Output voltage V_0

(ii) Determine Attenuation $= \frac{V_0}{V_{in}}$

তত্ত্ব (Theory) ঃ যে Filter কেবল High frequency কে Pass করতে দিবে কিন্তু অন্যান্য Frequency কে Pass করতে দিবে না তাকে high pass filter বলে। High pass filter দুই ধরনের হয়ে থাকে, যথা– (ক) Active high pass filter এবং (খ) Passive high pass filter.

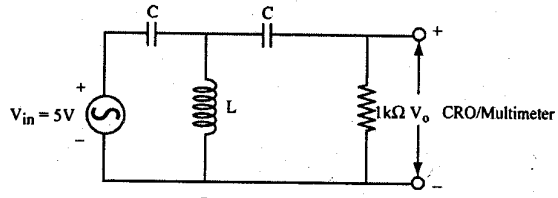
প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Decade inductance Box (ii) Decade capacitance Box

(iii) Resistor 1 kΩ একটি (iv) Project board

(v) Multimeter/CRO (vi) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ High pass filter

কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ প্রদত্ত Cut off frequency এবং Characteristics impedance ব্যবহার করে একটি T-type high pass filter গঠন করতে হবে।

→ প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে উপরের চিত্রের ন্যায় circuit সংযোগ তৈরি করতে হবে।

→ Signal generator এবং CRO সংযোগ করতে হবে।

→ 5V input গ্রহণ করতে হবে।

→ Signal generator-এর বিভিন্ন frequency nob select করে বিভিন্ন frequency এর জন্য বিভিন্ন Output voltage নির্ণয় করতে হবে।

→ প্রতিটি আলাদা আলাদা পাঠের বিপরীতে $\frac{V_0}{V_{in}}$ নির্ণয় করতে হবে।

→ Gain vs frequency curve draw করি।

ডিজাইন (Design) ঃ

f_c = Cut off frequency = 2kHz

R_0 = Characteristics impedance = 1kΩ

High pass filter-এর জন্য আমরা লিখতে পারি–

$$f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$$

এবং $L = \frac{R_0}{4\pi f_c}$ mH

$$C = \frac{1}{4\pi f_c R_0} \ \mu F$$

Calculation :

SI. No.	Frequency	Output voltage	gain $\frac{V_0}{V_{in}}$
1	100 Hz		
2	300 Hz		
3	500 Hz		
4	700 Hz		
5	1 kHz		
6	2 kHz		
7	4 kHz		
8	6 kHz		
9	7 kHz		
10	8 kHz		
11	9 kHz		
12	10 kHz		

সতর্কতা (Precautions) ঃ

(i) Connection ভালমতো দেখে নিতে হবে।

(ii) CRO ব্যবহার করার পূর্বে Calibration করে নিতে হবে।

(iii) High pass এবং Low pass filter সম্পর্কে ভাল ধারণা থাকতে হবে।

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে High pass filter এবং এর Characteristics impedance সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করা যায়।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। High pass filter কাকে বলে?

২। High pass filter এর wave shape আঁক।

৩। High pass filter কোথায় ব্যবহৃত হয়?

Experiment No : 07	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	হাইপাস ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ (Determine the attenuation characteristics of a high pass filter)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

(i) একটি T-type high pass filter Construction এবং Design করতে হবে।

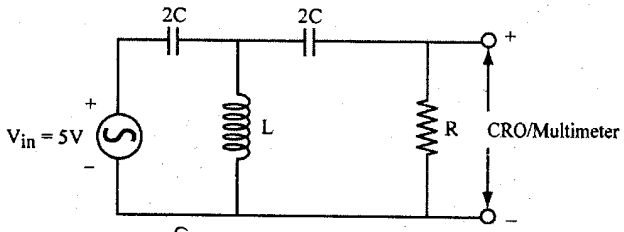
(ii) ডিজাইনকৃত ফিল্টারের Attenuation characteristics নির্ণয় করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ যে filter ক্যাবল এর মধ্য দিয়ে উচ্চমানের ফ্রিকুয়েন্সি পাস করতে দেয় এবং অন্যান্য ফ্রিকুয়েন্সিকে Block করে দেয় তাকে High pass filter বলে। প্রদত্ত Input voltage কে স্থির রেখে ভিন্ন ভিন্ন Frequency এর জন্য ভিন্ন ভিন্ন Output পাওয়া যায়। উক্ত Output এবং Input ব্যবহার করে Attenuation নির্ণয় করতে হয়।

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Decade inductance Box
(ii) Resistor 1 kΩ একটি
(iii) Decade capacitance Box
(iv) Project board
(v) CRO/Multimeter
(vi) 5V input voltage
(vii) Required power supply
(viii) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ T-type high pass filter

কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ প্রদত্ত Cut off frequency এবং Characteristics impedance ব্যবহার করে একটি T-type high pass filter তৈরি করা হল।

→ প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে উপরের চিত্রের ন্যায় বর্তনী পূর্ণ করা হল।

→ CRO এবং Signal generator কে Probe এর মাধ্যমে সংযোগ করা হল।

→ Supply হতে 5V input voltage গ্রহণ করা হল।

→ Signal generator-এর ভিন্ন ভিন্ন frequency এর দরুন ভিন্ন ভিন্ন Output voltage record করা হল।

→ প্রতিটি আলাদা-আলাদা Recorder-এর বিপরীতে $\frac{V_0}{V_{in}}$ নির্ণয় করা হল।

→ Gain $\left(\frac{V_0}{V_{in}}\right)$ vs frequency curve draw করা হল।

ডিজাইন (Design) ঃ

Cut off frequency = 2kHz

Characteristics impedance, $Z_0 = 1k\Omega$

আমরা জানি,

$$L = \frac{R_0}{4\pi f_c} \text{ এবং } C = \frac{1}{4\pi f_c R_O}$$

Calculation :

SI. No.	Frequency (Hz)	Output voltage (V_0)	Attenuation $\frac{V_{in}}{V_0}$
1	100		
2	300		
3	500		
4	900		
5	1000		
6	2000		
7	3000		
8	5000		
9	7000		
10	10000		

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে High pass filter এর Attenuation characteristics সম্পর্কে জানা যায়, যা ঐ তাত্ত্বিক এবং পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) Connection-সমূহ ভালভাবে যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Input যেন সবসময় 5V হয়।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Attenuation বৈশিষ্ট্য বলতে কী বোঝ?

২। Attenuation এর সমীকরণটি লেখ।

৩। Attenuation কেন হয়?

Experiment No : 08	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	**একটি প্যারালাল তার ট্রান্সমিশন লাইনের গতির (Velocity) প্রপাগেশন নির্ণয়করণ (Measure the velocity of propagation through a parallel wire transmission line)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Parallel wire ব্যবহার করে Transmission line এর প্রবাহের গতি নির্ণয় করতে হবে।

Theory ঃ প্রতি একক সময়ে Transmission line এর মধ্যে wave যে পথ অতিক্রম করে তাকে velocity of wave propagation বলে। একে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$V = f\lambda$

$T = \frac{1}{f}$

$\therefore V = \frac{\lambda}{T}$

λ = Wave length

f = frequency

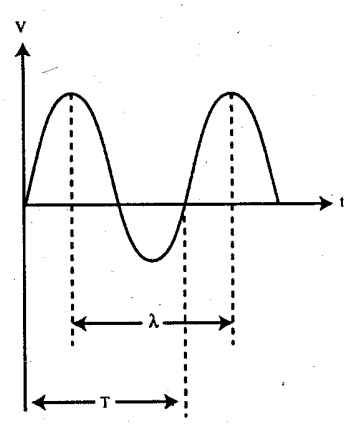
T = Period

Inductor, Capacitor এবং Period থেকে আমরা লিখতে পারি,

$\frac{T}{C} = \frac{L}{T}$

বা, $T = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\therefore V = \frac{\lambda}{\sqrt{LC}}$



প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Function Generator

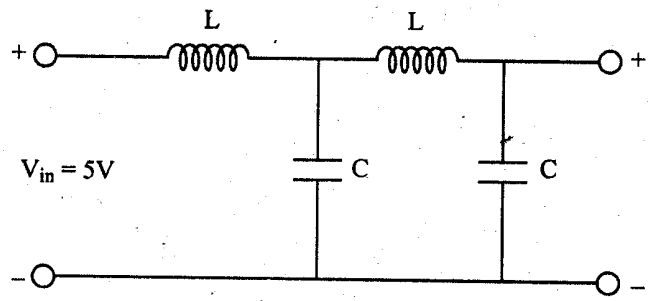
(ii) CRO

(iii) Line termination Resistor

(iv) Intermediate socket সহ cable

(v) Connecting wires and chords.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ Function Generator এবং CRO কে এমনভাবে সংযোগ করা হল যেন Function Generator থেকে গৃহীত Input signal CRO এর CH1 এবং Output CRO এর CH2-তে দেখায়।

→ 1MHz frequency তে Function generator কে set করা হল।

→ Signal এর Superposition থেকে time delay পরিমাপ করা হল।

→ Phase displacement $\phi = \frac{fl}{V}\ 360°$ এই সমীকরণ দ্বারা পরিমাপ করা হল।

এখানে, f = frequency

ℓ = length

V = Phase speed

$\therefore V = \frac{\lambda}{\sqrt{LC}}$

মন্তব্য (Remarks) : এই পরীক্ষার মাধ্যমে আমরা Transmission line-এ Parallel তার ব্যবহার করে Propagation এর গতি পরিমাপ করা শিখতে পারি।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) Connection ভালভাবে যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Capacitance এবং Inductance ভালভাবে পরিমাপ করতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Parallel wire transmission line কী?

২। Velocity of propagation কথাটির অর্থ কী?

৩। Wave length, velocity এবং frequency এর মধ্যে সম্পর্ক কী?

Experiment No : 09	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট, ফেজ কনস্ট্যান্ট এবং প্রপাগেশন কনস্টেন্ট পরিমাপকরণ (Measure the attenuation constant, phase constant and propagation constant of Transmission line)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Transmission line এর-

(i) Attenuation constant নির্ণয় করতে হবে;

(ii) Phase constant নির্ণয় করতে হবে;

(iii) Propagation constant পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ কোন Transmission line-এ Signal propagation এর ফলে Current এবং Voltage এর যে পরিবর্তন হয় তাকে Propagation constant বলে।

Propagation constant কে দুইভাবে ভাগ করা যায়, যথা– Attenuation constant এবং Phase constant.

অ্যাটেনুয়েশন কনস্ট্যান্ট (Attenuation constant) ঃ কোন Transmission line-এ Wave propagation এ Current বা Voltage এর মানের যে পরিবর্তন ঘটে তাকে Attenuation constant বলে। একে α দ্বারা সূচিত করা হয়।

ফেজ কনস্ট্যান্ট (Phase constant) ঃ কোন Transmission line-এ Wave propagation এ Current বা Voltage এর Phase এর যে পরিবর্তন ঘটে তাকে Phase constant বলে।

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Capacitor - ২টি

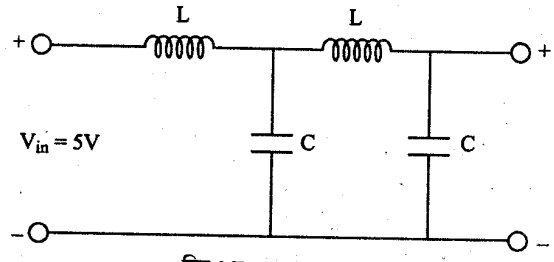
(ii) Inductor - ২টি

(iii) Function generator

(iv) CRO/Digital multimeter

(v) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ Transmission line

কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ প্রথমে বর্তনী সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ Function Generator কে CRO এর সাথে এমনভাবে সংযোগ দেয়া হল যেন Funtion Generator থেকে গৃহীত Input CH1 এবং Output CH2 দেখায়।

→ 1 MHz frequency তে set করা হল।

→ আমরা জানি,

Phase displacement $\phi = \frac{fl}{V} 360°$

f = Frequency

l = length

V = Phase speed

ব্যবহারিক

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে phase displacement সম্পর্কে ভালভাবে জানা যায়।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) যত্নসহকারে Connection সমূহ যাচাই করতে হবে।

(ii) CRO এর Calibration করে নিতে হবে।

(iii) Function Generator এর ব্যবহার ভালভাবে জানতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Attenuation constant কী?

২। Phase constant বলতে কী বোঝ?

৩। Phase displacement এর সমীকরণটি বল।

Experiment No : 10	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স পরিমাপকরণ (Measure the characteristics impedance of a transmission line)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Transmission line এর Characteristics impedance পরিমাপ করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ Transmission line এর Characteristics impedance বলতে কোন অসীম লাইনের Input terminal এর মধ্যে পরিমাপকৃত Impedance কে বোঝায়। একে Z_0 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। Transmission line এর Characteristics impedance Input voltage এবং Input current-এর অনুপাত দ্বারা নির্ণয় করা যায়। কোন Transmission line-এর Input voltage E_i এবং Input current I_i হলে $Z_0 = \frac{Ei}{I_i}$ ।

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Coaxial cable 100 m (transmission line)

(ii) Connecting cable and chords

(iii) Digital multimeter/CRO

(iv) Universal measuring bridge.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ

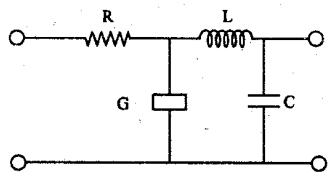
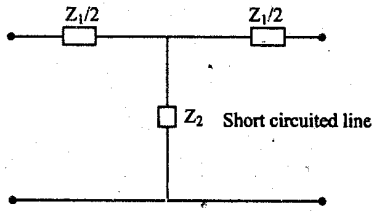
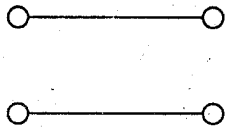


Fig. Transmission line (coaxial cbale)

For Inductance and Resistance measuring the circuit must be short



And for the capacitance and conductance measuring circuit must be opened



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ উপরের diagram মত circuit সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ Circuit এর এক প্রান্ত Short circuit রেখে অন্য প্রান্তে Digital multimeter স্থাপন করে Inductance এবং Resistance পরিমাপ করা হল।

→ একইভাবে এক প্রান্ত খোলা রেখে অন্য প্রান্তে Digital multimeter স্থাপন করে Capacitance এবং Conductance পরিমাপ করা হল।

→ Digital multimeter ব্যবহার করে Resistance R এবং Conductance G পরিমাপ করা হল।

→ Measuring bridge ব্যবহার করে Capacitance C এবং Inductance L পরিমাপ করা হল।

→ এবার transmission line হিসাবে নেওয়া coaxial cable এর RLC এবং G এর মান পরিমাপ করা হল।

→ $Z_0 = \sqrt{\frac{R + jwL}{G + jwL}}$ এর সাহায্যে আমরা Z_0 হিসাব করতে পারি।

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই Experiment এর মাধ্যমে Characteristics impedance পরিমাপ সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করা যায়।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) ভালভাবে Connection সমূহ যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Coaxial cable 100m হতে হবে।

(iii) Bridge এবং Chords সম্পর্কে ভাল জ্ঞান থাকতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Transmission line কী?

২। Transmission line এর Characteristics impedance বলতে কী বোঝ?

Experiment No : 11	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	**কোয়াটার ওয়েভ ট্রান্সফরমার এর মাধ্যমে ট্রান্সমিশন লাইন এর ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ডিজাইন এবং সত্যতা যাচাইকরণ (Design and verity the impedance matching of the transmission with a quarter wave transformer)**

ব্যবহারিক

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Quarter wave transformer ব্যবহার করে transmission line এর Impedance matching পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

তত্ত্ব (Theory) ঃ Transmission line এর Characteristics impedance (Z_0) এবং Load impedance (Z_L) সমান না হলে Load-এ সর্বোচ্চ power সরবরাহ হয় না। যে প্রক্রিয়ায় transmission line এর Characteristics impedance এবং Load impedance এর মধ্যে সমন্বয় সাধন করা হয় তাকে impedance matching বলা হয়। এখানে Quarter wave transformer এর মাধ্যমে Impedance matching পদ্ধতির বর্ণনা দেয়া হয়েছে।

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

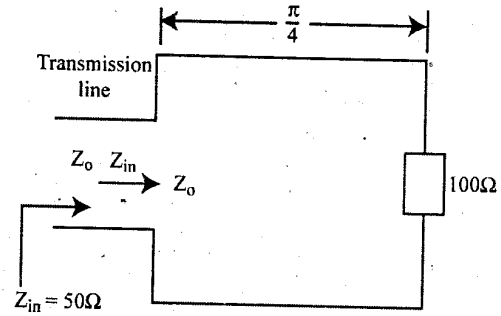
(i) Input Resistance $Z_0 = 50\Omega$

(ii) Load impedance/Resistance $Z_L = 100\Omega$

(iii) Digital multimeter /CRO

(iv) Connecting wires.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) ঃ



কাজের ধারা (Working Procedure) ঃ

→ বর্তনীর (Circuit) মত করে সংযোগ পূর্ণ করা হল।

→ এখন transmission line এর Characteristics impedance কে Quarter wave transformer এর input impedance এর সাথে Match করা হল। অর্থাৎ $Z_0 = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_R}$

→ আমরা জানি,

$$Z_{in} = 276 \log_{10}\left(\frac{S}{R}\right)$$

এখানে,

R = পরিবাহীর ব্যাসার্ধ

S = Line পরিবাহীদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

∴ Z_{in} ই হল Quarter wave transformer এর impedance.

→ এখন একে Transmission line এবং Load এর মধ্যে স্থাপন করা হল।

→ ∴ $Z_0 = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_R}$ = Characteristics impedance.

মন্তব্য (Remarks) ঃ আমরা Quarter wave transformer এর মাধ্যমে Characteristics impedance and load impedance এর মধ্যে matching সম্পর্কিত জ্ঞান লাভ করতে পারি।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) Connection সমূহ ভালভাবে যাচাই করে নিতে হবে।

(ii) Matching ঠিকমত হয়েছে কি না ভালভাবে যাচাই করতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Impedance matching বলতে কী বোঝ?

২। Quarter wave transformer কী?

৩। Quarter wave transformer এর সুবিধা কী?

Experiment No : 12	Experiment Date .....
পরীক্ষণের নাম ঃ (Name of the Experiment)	ডায়পোল অ্যান্টেনার রেডিয়েশন প্যাটার্ণ নির্ণয়করণ (Determination the radiation pattern of a dipole antenna)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ Dipole antenna এর Radiation pattern পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

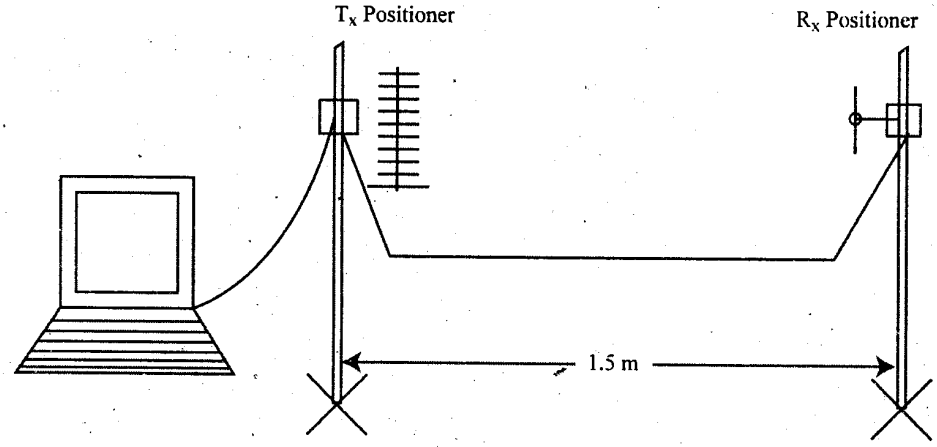
তত্ত্ব (Theory) ঃ Dipole antenna একটি দুই Loop বিশিষ্ট Antenna. এটি একটি log-periodic Antenna. অনেকগুলো Dipole কে একই সমতলে সাজিয়ে এটি তৈরি করা হয়। Yagi Uda antenna এর সাথে এর কী সাদৃশ্য রয়েছে। এর Radiation pattern প্রায় circular হয়ে থাকে।

প্রয়োজনীয় মালামাল (Required Apparatus) ঃ

(i) Main controlar (ii) T_X এবং R_X antenna positioner

(iii) Computer (iv) Software.

সার্কিট চিত্র (Circuit diagram) :



চিত্র ঃ Configuration of T_X, R_X and computer

কাজের ধারা (Working Procedur) ঃ

→ T_X, R_X Antenna positioner এবং main controller কে চিত্রের মত Computer এর সাথে সংযোগ দেয়া হল।

→ T_X হিসাবে Yagi Uda Antenna কে 500 MH_Z- এ সেট করা হল।

→ Even polarized পর্যবেক্ষণ করার জন্য Antenna কে adjust করা হল।

→ T_X antenna এর Oscillation switch off করে 500 MHz oscillation frequency output terminal এর সাথে যুক্ত করা হল।

→ SME 1m Cable ব্যবহার করে R_X antenna কে Receiving terminal এর সাথে যুক্ত করা হল।

→ Dipole antenna এর length 500 MHz frequency তে calculate করা হল এবং প্রয়োজনীয় Formula ব্যবহার করে প্রকৃত দৈর্ঘ্য Calculate করা হল।

আমরা জানি, $C = f\lambda$ এবং $L = \frac{\lambda}{2}$

বা, $\lambda = \frac{C}{f}$

→ হিসাবকৃত Value গুলোকে তালিকাভুক্ত করা হল।

Calculation :

Parameter	Theoretically length	Actual length
λ		
$\lambda/2$		
L		
T		

→ এখন নিচের ধাপগুলো অনুসরণ করা যাক–

- ❑ Power off
- ❑ 500 MHz switch off
- ❑ 2 GHz oscillation switch off
- ❑ 10 GHz oscillation switch off
- ❑ Modulation switch off .

ব্যবহারিক

→ অতঃপর নিচের ধাপগুলো অনুসরণ করা যাক–

- ❑ Power on
- ❑ 500 MHz oscillation switch on
- ❑ 2 GHz oscillation switch off
- ❑ 10 GHz oscillation switch off
- ❑ Modulation switch on.

→ চিত্রের মত প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি সংযোগ করা হল।

→ Computer এর Data acquisition menu তে Data set up করা হল এবং Auto Button click করে Data acquisition শুরু করা হল। Data acquisition শেষ হলে window তে একটি E-plane radiation pattern পাওয়া যায়।

→ Even polarized characteristics এর জন্য Angle 90° তে সেট করা হল।

→ এবার Computer এর Edit menu তে E-plane এর পরিবর্তে H-plane সেট করা হল এবং Auto Button Click করে Data acquisition শেষ হলে একটি Radiation pattern পাওয়া যাবে।

→ এবার View menu তে গিয়ে Data indicate line click করা হলে E-plane (Blue, White) এর জন্য দুটি Cursor এবং H-plane (Yellow, Green) এর জন্য দুটি Cursor পাওয়া যাবে।

→ এখন প্রতিটি Colour এর arrow তে click করা হলে প্রতিটি colour এর জন্য আলাদা আলাদা Presentation window এর মানের পরিবর্তন হবে যা Cursor এর Angle এবং Receiving power কে indicate করবে। এখন বিভিন্ন Angle এর জন্য E-plane এবং H-plane এর Power record করা যাক–.

Angle	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
Power of E-plane													
Power of H-plane													

→ E-plane pattern নির্ণয়ের জন্য maximum power angle নেয়া হল। অতঃপর maximum single level Button click করে নিচের Data record করি।

Cursor ব্যবহার করে Value	Receiving power	
	angle	
The value by single level I con	Receiving power	
	Angle	

→ Half power Beam width Button এ click করে নিচের Formula ব্যবহার করে E-plane এর জন্য HPBW নির্ণয় করি।

$$\therefore HPBW_E = \left|\theta_{HPBW_{left}} - \theta_{HPBW_{right}}\right|$$

→ Window menu তে H-plane set করে পূর্বের নিয়মানুসারে H-plane এর Radial pattern পাওয়া যাবে।

→ এখন প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করে E-plane এবং H-plane এর Data সংরক্ষণ করা হল।

মন্তব্য (Remarks) : এই Experiment এর মাধ্যমে Dipole antenna এবং এর Radiation pattern সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করা যায়।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(i) T_X এবং R_X antenna line of sight হতে হবে।

(ii) T_X এবং R_X এর মধ্যকার দূরত্ব সঠিকভাবে রাখতে হবে।

(iii) Antenna বরাবর দাঁড়ানো যাবে না এতে ক্ষতি হতে পারে।

(iv) এটি Software based বিধায় এর সদ্য ব্যবহার করতে হবে।

সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলি ঃ

১। Radiation pattern কী?

২। Dipole Antenna কাকে বলে?

৩। Yagi Uda Antenna এর সাথে dipole Antenna এর সাদৃশ্য কী?

সুপার সাজেশনস্

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। নেটওয়ার্ক কী?
অথবা, নেটওয়ার্ক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫]
অথবা, Four terminal network কী? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৮]
অথবা, চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। অ্যাকটিভ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। প্যাসিভ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৬। নন-লিনিয়ার নেটওয়াক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৭। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৬]
অথবা, Symmetrical network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৮। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?
অথবা, অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্ক কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৯। ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৮]
অথবা, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট কী? [বাকাশিবো-২০১০, ২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১১। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের ভোল্টেজ ও কারেন্ট সমীকরণ লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১২। ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১২]

অথবা, ইমেজ ইম্পিড্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বলতে কী বুঝায়?

অথবা, ইমেজ ট্রান্সফার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ইনসারশন লস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৯(পরি)]

অথবা, Insertion loss কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, ইনসারশন লস কী? [বাকাশিবো-২০১০, ২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Phase shift constant কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০নং দ্রষ্টব্য।

১৯। অ্যাকটিভ উপাদানগুলো ব্যবহার করা হয় কোথায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২নং দ্রষ্টব্য।

২০। ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২১। আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। রি-কারেন্ট নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১১]

অথবা, Recurrent network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, Re-current network কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, RC Network বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ল্যাডার নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? এটা কত প্রকার ও কী কী?

অথবা, Ladder network কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ল্যাটিস নেটওয়ার্ক কী? [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৮, ২০১০]

অথবা, ল্যাটিস নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২৫। চারপ্রান্তীয় নেটওয়ার্কের কী কী প্যারামিটার থাকে? [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের প্যারামিটারগুলোর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৬। Z-প্যারামিটারসমূহের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৭। হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

২৮। Lattice network-এর চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

২৯। সিমেট্রিক্যাল T সেকশন এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, T সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৩০। সিমেট্রিক্যাল π সেকশন এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩১। সিমেট্রিক্যাল T সেকশনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ শর্ট সার্কিট ও ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স এর মাধ্যমে লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩২। সিমেট্রিক্যাল T সেকশনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট সমীকরণটি উল্লেখ কর।

অথবা, T-section এর Propagation constant নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ। [বাকাশিবো-২০১১, ২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। সিমেট্রিক্যাল π সেকশনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট সমীকরণটি উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, π সেকশনের নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের সূত্র লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স সমীকরণদ্বয় লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। Image impedance কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। একটি T নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 250\Omega$ এবং $Z_{SC} = 125\Omega$ হলে Z_{OT} কত হবে?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। T ও π নেটওয়ার্ক কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। সিরিজ রেজোন্যান্স কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪০। সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির সূত্রটি লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৪১। রেজোন্যান্ট সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান কত? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪২। রেজোন্যান্স অবস্থায় সার্কিটের মোট রিয়্যাকট্যান্সের পরিমাণ কত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। এ.সি সিরিজ সার্কিটের ভোল্টেজ বিবর্ধন উৎপাদককে কী বলা হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। Q-factor কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। 3-dB পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। Resonance frequency কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। অ্যাটেনুয়েটর কী? [বাকাশিবো-২০১০ (২০১৫(পরি)]

অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, অ্যাটেনুয়েটরের কাজ কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। ফিল্টার কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। অ্যাটেনুয়েশনকে ডেসিবেল এবং নেপার এককে প্রকাশ কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৫০। সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫১। অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫২। লো-পাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। লো-ফিল্টারের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। হাইপাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। কন্টিনিউয়াস লোডিং-এর ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। Loading effect বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। Transmission line এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। Stub এর সাহায্যে Impedance matching এর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। ট্রান্সমিশন লাইনে α ও β এর মান লিখ। [বাকাশিবো-২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। Transmission line-এর Primary constant কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। অ্যান্টিনা বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, অ্যান্টিনা কী? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৯০। অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইনের সংজ্ঞা দাও।

অথবা, অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৯১। ডাইরেকটিভিটি এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০(পরি)]

অথবা, অ্যান্টিনার ডাইরেকটিভিটি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৯২। অ্যান্টিনার অ্যাপারচার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮, ২০০৯(পরি), ২০১০]

অথবা, অ্যান্টিনার অ্যাপারচার কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। বীম কোণ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। বিকিরণ কোণ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। Antenna এর কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৪, ২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। ডাইপোল অ্যান্টিনা বলতে কী বুঝায়?

অথবা, ডাইপোল কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, Dipole antenna কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। আইসোট্রপিক অ্যান্টিনা কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। পোলারাইজেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। অ্যান্টিনার প্রতিফলক (Reflector) কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০০। অ্যান্টিনা অ্যারে বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪, ২০১০(পরি)]
অথবা, অ্যান্টিনা অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১০১। এন্ড ফেয়ার অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১০২। ব্রড সাইড অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। বায়ুমণ্ডলের কয়টি স্তর ও কী কী? [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, বায়ুমন্ডলের স্তরগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। গ্রাউন্ড ওয়েভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। স্কাই ওয়েভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৭, ২০০৯]
অথবা, Sky wave কী? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৯(পরি)]
অথবা, Sky wave কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। কোন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেস ওয়েভে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। নয়েজ কী? [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। VHF এবং UHF ব্যান্ড এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১১০। Wave propagation বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১১১। Radio wave বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১১২। মাল্টি-হোপ প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১১৩। ট্রোপোস্ক্যাটারিং প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১১৪। আয়োনোস্ফেয়ার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১১৫। স্কিপ দূরত্ব (Skip distance) কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৫, ২০০৬, ২০১১, ২০১৫(পরি)]

অথবা, স্কিপ ডিসট্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, Skip distance -এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১১৬। স্কিপ এলাকা (Skip zone) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১১৭। ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি), ২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১১৮। M.U.F এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, M.U.F. বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১৫(পরি)]

অথবা, M.U.F. কী? [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, M.U.F.-এর সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১১৯। ফেডিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, Fading কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। নেটওয়ার্কের শ্রেণিভেদ দেখাও।

অথবা, নেটওয়ার্কের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

২। সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা দাও।

৩। সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

[বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪, ২০০৫, ২০০৮, ২০০৯, ২০০৯(পরি), ২০১১, ২০১৫]

৪। Insertion loss এর ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০০৪]

৫। অ্যাকটিভ ও প্যাসিভ নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

৬। ইউনিলেটারাল ও বাইলেটারাল উপাদান কাকে বলে?

৭। ব্যালান্সড নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশনে রূপান্তর কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৮। আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্ককে T, π ও L সেকশনে রূপান্তর কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্কের সমতুল্য T এবং π সেকশন নেটওয়ার্কের রূপান্তরের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯। ব্যালান্সড ও আন-ব্যালান্সড নেটওয়ার্কের মধ্যে সমতুল্যতা দেখাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১০। Z-প্যারামিটারসমূহের নাম ও সংকেত লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Z প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, Z প্যারামিটারগুলো ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১১। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ দেখাও। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণসহ নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১২। Four terminal Network এর প্যারামিটারগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৩। আনব্যালান্সড এবং ব্যালান্সড স্ট্রাকচার ল্যাডার নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৫। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্ককে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১০, ২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১৬। T নেটওয়ার্ককে স্টার নেটওয়ার্কে রূপান্তর কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৭। π নেটওয়ার্ককে মেশ নেটওয়ার্কে রূপান্তর কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৮। দেখাও যে, একটি T-section হতে প্রাপ্ত এবং π-section হতে প্রাপ্ত Half-section network একই। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি Symmetrical T এবং π নেটওয়ার্ক অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, T ও π Network অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২০। রেজোন্যান্স কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২১। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। কোথায় কোথায় রেজোন্যান্সের প্রয়োগ হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

২৩। Parallel resonance circuit চেনার উপায় কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ব্যান্ড উইডথ কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৫। অ্যাটেনুয়েশনকে ডেসিবেল এককে নির্ণয় কর।

অথবা, Attenuation-কে Decibel (dB) এককে প্রকাশ কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৬। অ্যাটেনুয়েশনকে নেপার এককে নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২৭। নেপার ও ডেসিবেলের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৬, ২০০৭, ২০০৮, ২০০৯, ২০০৯(পরি), ২০১০ (পরি), ২০১১, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৮। অ্যাটেনুয়েটরের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৮ ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৯। লো-পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৩০। হাইপাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৩১। ব্যান্ড পাস ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৩২। ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের ধর্ম ও প্রয়োগ বা বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। কানেকটিং α এবং Z_0 থিওরেমটি লিখ। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, α এর Z_0 সম্পর্কিত (Connecting) থিওরেমটি লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা কী? [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর প্রয়োজনীয়তা লিখ। [বাকাশিবো- ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ফিল্টারের মধ্যে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। দেখাও যে, Cut off frequency, $f_C = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$ for low pass filter [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১০]

$f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$ for high pass filter

অথবা, প্রমাণ কর যে, হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি $f_C = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$ [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ১৫(পরি)]

অথবা, লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, Low-pass Filter -এর Cut off frequency নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৯,২০১১, ২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। দেখাও যে, Low pass filter এর Cut-off frequncy হচ্ছে High pass filter এর Cut off frequency এর চারগুণ। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টার এর ক্ষেত্রে রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। Filter এর Impedance matching বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৪০। Low pass ও High pass Filter এর সিম্বল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৪১। T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টার এর ক্ষেত্রে রিয়্যাকট্যান্স-ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৪২। Low pass ও High pass ফিল্টারের বর্তনী অঙ্কন করে Frequency Reactance curve অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। Piezo electric effect এর ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। m ডিরাইভড লো-পাস ও হাইপাস T ও π ফিল্টারের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। একটি Symmetrical T এর π নেটওয়ার্ক অংকন কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। M-drive filter-এর অসুবিধাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রকারভেদ উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, Transmission line এর প্রকারভেদ লিখ। [বাকাশিবো-২০১২, ২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। চিত্রসহ Infinite Line এর সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। অসীম লাইন এবং ক্ষুদ্র লাইনের মধ্যে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৫০। ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমাপ্তকরণ সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫১। প্রেরণ লাইনের প্রপাগেশন বেগ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, Propagation velocity, angular velocity এবং Phase constant এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫২। লোডিং এর প্রভাব কী?

অথবা, প্রেরণ লাইনে লোডিং-এর প্রভাব লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি), ২০০৫]

অথবা, লোডিং এর প্রভাব লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। কন্টিনিউয়াস লোডিং কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। লাম্পড লোডিং কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। লোডিং কয়েলের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। Transmission line এ Loading Coil এর ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-০৮]

অথবা, লোডিং কয়েলের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং এর প্রভাবগুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং ইফেক্ট বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। দেখাও যে, ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স, $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৬০। স্বল্প দৈর্ঘ্য ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, এর Caracteristic Impedance $Z_0 = \sqrt{\frac{R + J\omega L}{G + J\omega C}}$ [বাকাশিবো-২০১০, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৬১। Transmission line এর Primary এবং Secondary constant বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। Frequency এর ভিত্তিতে Radio wave এর শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৬, ২০০৭, ২০০৮]
অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১০, ২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। ওয়েভ প্রপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। Radio wave propagation এর প্রধান ধাপগুলো কী কী? তা আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৮০। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১৫(পরি)]
অথবা, স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

২। সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নিটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ফেজ কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৪। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইউনিলেটারাল ও বাইলেটারাল উপাদান ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

৮। দেখাও যে, ইমের ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট $\theta = \ln\left(\frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right) = \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right)$ [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২নং দ্রষ্টব্য।

৯। ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

১০। Y-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

১১। হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০ (পরি)]

অথবা, Four terminal network -এর H-parameter গুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, H-parameter গুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

১২। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০২]

অথবা, T নেটওয়ার্কের Z_O নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

১৩। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π section network এর ক্ষেত্রে প্রমাণ করে যে, $Z_{O\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_{OT}}$, যেখানে Z_1 ও Z_2 প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, একটি সিমেন্টিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ উল্লেখপূর্বক বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Symmetrical π-Section network-এর Characteristics impedence নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, একটি T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। সিমেট্রিক্যাল π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৮]

অথবা, Symmetrical π-section network এর Open ও Short circuit impedance নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো- ২০১০(পরি)]

অথবা, π-সেকশন নেটওয়ার্ক-এর ওপেন শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৬। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল T-নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৭। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭, ২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৯। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, দেখাও যে, একটি Half-section Network-এর এক পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় Z_{OT} হলে অন্য পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় $Z_{O\pi}$ এর সমান হয়। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

২০। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে Z_{OT} ও $Z_{O\pi}$ নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৬]

অথবা, অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯নং দ্রষ্টব্য।

২১। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

২২। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১নং দ্রষ্টব্য।

২৩। T এবং π-network এর Propagation Constant নির্ণেয় সূত্র প্রতিষ্ঠা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২নং দ্রষ্টব্য।

২৪। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট বর্ণনা কর।

অথবা, সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট-এর ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

২৫। প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

২৬। প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Q-ফ্যাক্টর কী? এর সমীকরণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

২৮। সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

২৯। L- টাইট অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৩০। বিভিন্ন ধরনের ফিল্টারের ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৩১। সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড ও আনব্যালান্সড্ T ও π সেকশন হিসাবে লো পাস ফিল্টার উপস্থাপন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৩২। কানেকটিং α ও Z_0 থিওরেম লিখ এবং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭, ২০১০(পরি), ২০১১]

অথবা, α এবং Z_0-এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত থিওরেমটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৭, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। আইসোট্রপিক অ্যান্টিনা কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। পোলারাইজেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। অ্যান্টিনার প্রতিফলক (Reflector) কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০০। অ্যান্টিনা অ্যারে বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪, ২০১০(পরি)]

অথবা, অ্যান্টিনা অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১০১। এন্ড ফেয়ার অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১০২। ব্রড সাইড অ্যারে কী? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। বায়ুমণ্ডলের কয়টি স্তর ও কী কী? [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, বায়ুমন্ডলের স্তরগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। গ্রাউন্ড ওয়েভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। স্কাই ওয়েভ বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৭, ২০০৯]

অথবা, Sky wave কী? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৯(পরি)]

অথবা, Sky wave কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। কোন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেস ওয়েভে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। নয়েজ কী? [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। VHF এবং UHF ব্যান্ড এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত? [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১১০। Wave propagation বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১১১। Radio wave বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৬২। কার্যকরী ক্ষেত্র বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনা কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। ডাইপোল অ্যান্টিনা অপেক্ষা ফোল্ডেড অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। অ্যান্টিনা অ্যারে -এর সুবিধা কী? [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। ইয়াগী অ্যান্টিনার ডিজাইন প্রক্রিয়া উল্লেখ কর।

অথবা, একটি ইয়াগী অ্যান্টিনার চিত্র অঙ্কন করে ওয়েভ লেংথ λ-এর সাপেক্ষে বিভিন্ন উপাদানের দৈর্ঘ্য ও পারস্পরিক দূরত্ব উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। ডাইরেক্টর এবং প্রতিফলকের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

অথবা, ডাইরেক্টর ও রিফ্লেক্টরের মধ্যে চারটি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। মারকোনী অ্যান্টিনার বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। রম্বিক অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৭০। প্যারাবোলিক প্রতিফলক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৭১। Yagi ও V-Antenna এর Radiation আঁক। [বাকাশিবো-০৮]

অথবা, ইয়াগী ও ভি অ্যান্টিনার রেডিয়েশন প্যাটার্ন অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৭২। END fire Array ও broad side Array এর মাঝে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। Yagi Antenna এর চিত্রসহ বিভিন্ন উপাংশের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। ইয়াগী অ্যান্টেনার গঠন চিত্র এবং রেডিয়েশন প্যাটার্ন চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। একটি ইয়াগী অ্যান্টেনার চিত্র অঙ্কন করে ডায়পোলের কাজ লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩ (পরি)]

অথবা, চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল এর সংজ্ঞা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০, ১২]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। Frequency এর ভিত্তিতে Radio wave এর শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৬, ২০০৭, ২০০৮]
অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১০, ২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। ওয়েভ প্রপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। Radio wave propagation এর প্রধান ধাপগুলো কী কী? তা আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৮০। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১৫(পরি)]
অথবা, স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

২। সচিত্র সিমেট্রিক্যাল নিটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ফেজ কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৪। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইট্যারেটিভ ইম্পিড্যান্স বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইমেজ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইউনিলেটারাল ও বাইলেটারাল উপাদান ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

৮। দেখাও যে, ইমের ট্রান্সফার কনস্ট্যান্ট $\theta = \ln\left(\frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right) = \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right)$ [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২নং দ্রষ্টব্য।

৯। ব্যালান্সড এবং আন-ব্যালান্সড ল্যাডার নেটওয়ার্ক ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

১০। Y-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

১১। হাইব্রিড প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০ (পরি)]

অথবা, Four terminal network -এর H-parameter গুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, H-parameter গুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

১২। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০২]

অথবা, T নেটওয়ার্কের Z_O নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

১৩। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π section network এর ক্ষেত্রে প্রমাণ করে যে, $Z_{O\pi}=\frac{Z_1Z_2}{Z_{OT}}$, যেখানে Z_1 ও Z_2 প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, একটি সিমেন্টিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ উল্লেখপূর্বক বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, Symmetrical π-Section network-এর Characteristics impedence নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, একটি T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। সিমেট্রিক্যাল π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৮]

অথবা, Symmetrical π-section network এর Open ও Short circuit impedance নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো- ২০১০(পরি)]

অথবা, π-সেকশন নেটওয়ার্ক-এর ওপেন শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৬। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, সিমেট্রিক্যাল T-নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৭। সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৭, ২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৯। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, দেখাও যে, একটি Half-section Network-এর এক পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় Z_{OT} হলে অন্য পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিডেন্স এর জ্যামিতিক গড় $Z_{O\pi}$ এর সমান হয়। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

২০। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে Z_{OT} ও $Z_{O\pi}$ নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৬]

অথবা, অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯নং দ্রষ্টব্য।

২১। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

২২। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, L সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১নং দ্রষ্টব্য।

২৩। T এবং π-network এর Propagation Constant নির্ণেয় সূত্র প্রতিষ্ঠা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২নং দ্রষ্টব্য।

২৪। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট বর্ণনা কর।

অথবা, সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট-এর ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

২৫। প্যারালাল রেজোন্যান্স সার্কিট চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

২৬। প্রমাণ কর যে, সিরিজ রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Q-ফ্যাক্টর কী? এর সমীকরণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

২৮। সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

২৯। L- টাইট অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৩০। বিভিন্ন ধরনের ফিল্টারের ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৩১। সিমেট্রিক্যাল ব্যালান্সড ও আনব্যালান্সড্ T ও π সেকশন হিসাবে লো পাস ফিল্টার উপস্থাপন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৩২। কানেকটিং α ও Z_0 থিওরেম লিখ এবং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭, ২০১০(পরি), ২০১১]

অথবা, α এবং Z_0-এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত থিওরেমটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৭, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। লো-পাস ফিল্টারের T ও π সেকশনের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্স বৈশিষ্ট্যগত কার্ভ অঙ্কন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭]

অথবা, T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের লিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। হাইপাস ফিল্টারের T ও π সেকশনের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অংকনপূর্বক বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। লো পাস ফিল্টারের অ্যাটেন্যুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ শিফ্‌ট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। ক্রিস্টাল ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯, ২০১০(পরি)]

অথবা, Crystal filter এর বর্ণনা দাও? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। High Pass ও Low pass T ও π-Section filter-এর Characteristies Impedance frequency curve আঁক। (প্রয়োজনীয় সমীকরণ প্রতিপাদন করতে হবে।) [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ এবং ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

৪০। একটি ক্ষুদ্র লাইনকে কীভাবে উপস্থাপন করা যায়, ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৪১। ট্রান্সমিশন লাইনের কারেন্ট এবং ভোল্টেজ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০০, ২০০২, ২০০৮, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪২। প্রেরণ লাইনের অ্যাটেনুয়েশন ও ফেজ শিফ্‌ট কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ প্রতিফলক সহগ এর সমীকরণ দেখাও। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। ট্রান্সমিশন লাইনের কারেন্ট প্রতিফলক সহগ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৯ (পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। প্রেরণ লাইনের ক্যারেক্‌টারিসটিক ইম্পিড্যান্স প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

অথবা, Characteristics impedance কে Primary constant-এর মাধ্যমে প্রকাশ করার সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। প্রেরণ লাইনের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। প্রেরণ লাইনের অ্যাটেনুয়েশন এবং ফেজ শিফ্‌ট প্রাইমারি কনস্ট্যান্টের মাধ্যমে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৮]
অথবা, ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেন্যুয়েশন নির্ণয়ের গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। ট্রান্সমিশন লাইনে ডিসটরশন মুক্ত সমীকরণ প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি)]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। ট্রান্সমিশন লাইনের ইনপুট ইম্পিড্যান্স ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫০। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমার পদ্ধতিতে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি আলোচনা কর।
অথবা, কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৫১। স্টাবের মাধ্যমে কীভাবে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং করা যায় বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, স্টাবের সাহায্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯নং দ্রষ্টব্য।

৫২। দেখাও যে ন্যূনতম attenuation এর শর্ত হলো $LG = RC$ । [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। Transmission line -এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। অ্যান্টিনা হতে তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি বিকিরণ প্রক্রিয়া সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৯ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন এর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]
অথবা, ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০০৯, ২০১৫(পরি)]
অথবা, ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ডিজাইন ফর্মুলাসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। ভি অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। রম্বিক অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। এন্ড ফায়ার অ্যারে প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬০। ব্রড সাইড অ্যারে পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮নং দ্রষ্টব্য।

৬১। ডিশ অ্যান্টিনার গঠন পদ্ধতিসহ কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।
অথবা, চিত্রসহ ডিশ অ্যান্টিনার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার গঠনসহ কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪ (পরি), ২০১২, ২০০৯(পরি)]
অথবা, Parabolic dish antenna-এর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯নং দ্রষ্টব্য।

৬২। অ্যান্টিনা কাপলিং এবং ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয়ের সমীকরণটি প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০০৯(পরি)]

অথবা, Transmitting এবং Receiving Antenna-এর উচ্চতা যথাক্রমে h_T এবং h_R হলে Space wave propagation-এর রেঞ্জ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশন পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশন পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। সামারফিল্ড সমীকরণ বর্ণনা কর এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনে এর প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং বায়ুমণ্ডলের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ধর্ম বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, চিত্রসহ আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন লেয়ারের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। আয়োনোস্ফেয়ার এর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪নং দ্রষ্টব্য।

✪ সমস্যা ও সমাধানের উদাহরণমালা ঃ

১। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 200Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 150Ω হলে, ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৯(পরি), ১০(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১নং দ্রষ্টব্য।

২। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 100Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50Ω। নির্ণয় কর ঃ (i) ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স, (ii) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স এবং (iii) ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১১, ২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 500\Omega$ এবং $Z_{SC} = 320\Omega$ হলে Z_1 ও Z_2-এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের সিরিজ ইম্পিড্যান্স 300Ω এবং শান্ট বাহুর প্রত্যেকটির ইম্পিড্যান্স 600Ω। নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৭, ২০০৮, ২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 375\ \Omega$ এবং $Z_{SC} = 240\Omega$। [বাকাশিবো-২০০০]
নির্ণয় কর ঃ (i) Z_1, (ii) Z_2 এবং (iii) $Z_{o\pi}$ ।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৫নং দ্রষ্টব্য।

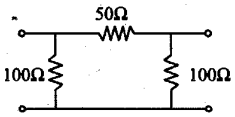
৬। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ও শান্ট ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে 200Ω ও 100Ω হলে Z_{OC}, Z_{SC}, Z_{OT} নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৬নং দ্রষ্টব্য।

৭। একটি T-section এর $Z_{OC} = 100\Omega$ এবং $Z_{SC} = 75\Omega$ হলে Z_{OT} কত হবে? [বাকাশিবো-২০০২]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৭নং দ্রষ্টব্য।

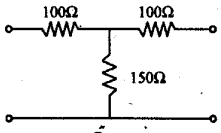
৮। নিচের বর্তনীর $Z_{O\pi}$ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯]



চিত্র ঃ

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৮নং দ্রষ্টব্য।

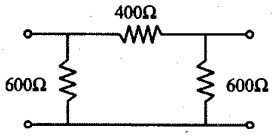
৯। নিচের নেটওয়ার্কের Z_{OT} নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯]



চিত্র ঃ

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিচের বর্তনীর ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর ঃ [বাকাশিবো-২০১৩ (পরি), ২০০৭]



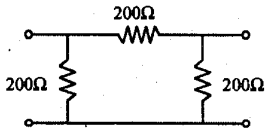
চিত্র ঃ

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১০নং দ্রষ্টব্য।

১১। একটি Symmetrical T-network এর $Z_{OC} = 900\Omega$ এবং $Z_{SC} = 600\Omega$ হলে এর Series ও Shunt Impedance নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১১নং দ্রষ্টব্য।

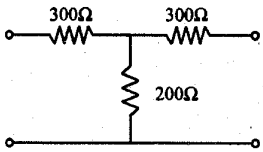
১২। নিচের Network-টির Characteristics impedance-এর মান বের কর। [বাকাশিবো-২০০৮]



চিত্র ঃ

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১২নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নিচের নেটওয়ার্ক থেকে Z_{OT} বের কর। [বাকাশিবো-২০০৮]



চিত্র ঃ

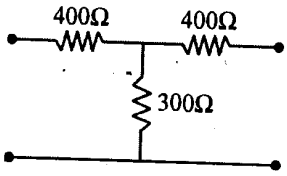
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 100Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50Ω হলে ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স Z_{OT} নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১৪নং দ্রষ্টব্য।

১৫। চিত্রে প্রদর্শিত নেটওয়ার্কটির Z_0 এবং Z_i নির্ণয় কর ঃ



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১৫নং দ্রষ্টব্য।

১৬। একটি সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরকে উৎস এবং লোডের মাঝে স্থাপন করলে 30dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে। যদি এর ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 600Ω হয়, তবে অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।[বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১নং দ্রষ্টব্য।

১৭। 75Ω এবং 20dB এর মধ্যে কার্যক্ষম সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১০(পরি), ০২, ০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ২নং দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি সিমেট্রিক্যাল π অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর, যা 300Ω এর মধ্যে কাজ করে এবং 25dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি অ্যাসিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর, যা 70Ω থেকে 600Ω-এর মধ্যে কাজ করে এবং 40dB অ্যাটেনুয়েশন প্রদান করে।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৬নং দ্রষ্টব্য।

২০। কনস্ট্যান্ট k টাইপ লো-পাস ফিল্টার ডিজাইন কর, যার ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স 500Ω এবং কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি 3kHz।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৬ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি কনস্ট্যান্ট k টাইপ হাইপাস T সেকশন ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি এবং ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর, যার প্রত্যেকটি সিরিজ বাহু 1μf ক্যাপাসিটর এবং শান্ট বাহু 10mH ইন্ডাক্টর দ্বারা গঠিত।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৬ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ১নং দ্রষ্টব্য।

২২। একটি টেলিফোন লাইনে R = 10 Ω / km, L = 0.0037H/km, C = 0.0083 μf/km এবং G = 0.4×10^{-6} Ω /km পাওয়া যায়। 1 kHz এ Z_o, α এবং β নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৮ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ২নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্ট যথাক্রমে R = 6 Ω/কিমি L = 2.2 mH/ কিমি C = 0.005μf কিমি এবং G = 0.05 μΩ/কিমি পাওয়া যায়। 1kHz -এ সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্ট Z_o, α এবং β নির্ণয় কর। যদি লাইনে দৈর্ঘ্য 100 কিমি হয়, তবে α ও β নির্ণয় কর। সিগালের ফেজ গতি বেগও নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৮ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৩নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (২০০১-২০০২] সমাপনী পরীক্ষা-২০০২

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

(ইএনটি-৪৪৩)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ x ১ = ১০)

১। ক্যারেক্টারিসটিক ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতিসংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

২। পাস ব্যান্ড বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭নং দ্রষ্টব্য।

৩। কাট অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪। সর্বনিম্ন অ্যাটেনুয়েশনের শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। একটি T-section এর $Z_{oc} = 100\Omega$ এবং $Z_{sc} = 75\Omega$ হলে Z_{OT} কত হবে?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬। কোন লাইনের প্রাইমারি কন্স্ট্যান্টগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭। অ্যান্টেনা অ্যারে কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৮। স্কিপ দূরত্ব কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৯। রেডিও ওয়েভের প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১০। কনস্ট্যান্ট K টাইপ ফিল্টার কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ x ২ = ২০)

১১। একটি ব্যালান্স ল্যাডার নেটওয়ার্ককে T এবং π সেকশনে রূপান্তর কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১২। প্রমাণ কর যে, $T_{OT} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$, যেখানে Z_1, Z_2, প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৩। একটি অর্ধ-সেকশনের ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৪। dB এবং Np এর মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। T এবং π সেকশন লো-পাস ফিল্টার এর ক্ষেত্রে রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১৬। অসীম লাইন এবং ক্ষুদ্র লাইনের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ইয়াগী অ্যান্টেনার গঠন চিত্র এবং রেডিয়েশন প্যাটার্ন চিত্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ফ্রিকুয়েন্সি এর উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ডাইপোল অ্যান্টিনা অপেক্ষা ফোল্ডেড অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২০। 75Ω এবং 20db এর মধ্যে কার্যক্ষম সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

২২। L-টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ক্রিস্টাল ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ প্রতিফলক সহগ এর সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২৫। আয়োনোস্ফেয়ার এর উপর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৪

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্ (ইএনটি-৪৪৩)

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৯]

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। Asymmetrical network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২। Attenuation constant বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৩। Transmission line কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪। dB ও Nb এর মধ্যকার সম্পর্কসূচক সমীকরণটি লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২নং দ্রষ্টব্য।

৫। একটি T Attenuator সার্কিট অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১নং দ্রষ্টব্য।

৬। Skip distance বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৭। Fading বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৮। Loading effect বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৯। Dipole কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১০। Antenna এর কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

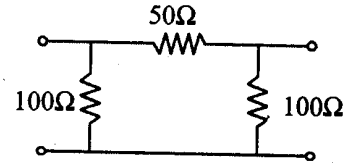
১১। Insertion loss এর ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১২। Symmetrical এবং Asymmetrical Network এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নিচের বর্তনীর Z_o নির্ণয় কর।



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ৮নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Band pass এবং Stop band filter এর বৈশিষ্ট্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ এবং ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Active এবং Passive network-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Transmission line এর প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Transmission line এর primary এবং Secondary Constant বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Broad side array এবং End fire array বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ এবং ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Filter এর impedance matching বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২০। Frequency এর উপর ভিত্তি করে Radio wave শ্রেণিবিভাগ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। T network এর Z_o নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২২। α এবং Z_o এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত থিওরেমটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৩। Transmission line এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Z_o = \sqrt{L/C}$।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রসহ আয়োনোস্ফেয়ার এর বিভিন্ন লেয়ার বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২৫। L-section network এর image impedance নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৫

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্ (ইএনটি-৪৪৩)

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৯]

[সময় ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০×১ = ১০)

১। Four Terminal Network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২। Attenuation constant বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৩। Re-current network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। Band Pass filter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট্ অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি কত?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ এবং ৪নং দ্রষ্টব্য।

৬। অসীম লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭। Transmission line এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৮। অ্যান্টিনার অ্যাপাচার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। Sky wave বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০। Skip distance কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। Symmetrical এবং Asymmetrical network এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১২। Four terminal Network এর প্যারামিটারগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Low pass এবং High pass ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ এবং ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৫। প্রেরণ লাইনে প্রপাগেশন বেগ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ট্রান্সমিশন লাইনে লোডিং এর প্রভাব লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ক্ষুদ্র লাইনকে Z_0 দ্বারা সমান্তরকরণ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অ্যান্টিনা অ্যারে এর সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৯। রেডিও ওয়েভের শ্রেণিভেদ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২০। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৬

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৪]

[সময় ঃ ৩ ঘন্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। Symmetrical Network বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২। Phase shift constant কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

৩। অসীম Transmission line কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৪। Image impendance কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৫। Lumped loading কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৬। π-section Network-এর propagation constant এর সূত্র লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৭। Band-pass Filter কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৮। Piezo-electric effect বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৯। Skio distance কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০। Antenna কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। দেখাও যে, Image transfer constant, $\theta = \ln\left(\frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}}\right) = \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right)$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

১২। চিত্র নং-১ এ প্রদর্শিত নেটওয়ার্কটির Z_o বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৩। α এবং Z_o সম্পর্কিত (Connecting) থিওরেমটি লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৪। দেখাও যে, একটি T-section হতে প্রাপ্ত এবং π-section হতে প্রাপ্ত Half-section Network একই।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Low pass ও High pass ফিল্টারের বর্তনী অংকন করে Frequency Reactance curve অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Neper ও Decibel-এর মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Stub-এর সাহায্যে Impedance matching এর চিত্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Frequency এর উপর ভিত্তি করে রেঞ্জসহ রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সীমা উল্লেখ করে বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলো নাম চিত্রে দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২০। একটি ইয়াগী Antenna এর চিত্র অংকন করে Wave length λ-এর সাপেক্ষে বিভিন্ন উপাদানের দৈর্ঘ্য ও পারস্পরিক দূরত্ব উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি π-section Network এর Characteristics Impedance এর সূত্র প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। দেখাও যে, একটি Half-section Network-এর এক পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিড্যান্স এর জ্যামিতিক গড় Z_{oT} হলে অন্য পার্শ্বের ওপেন ও short ckt. ইম্পিড্যান্স এর জ্যামিতিক গড় Z_o এর সমান হয়।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি Half section Network-এর ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

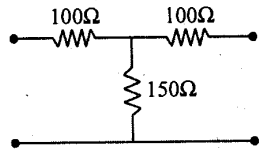
২৪ Source ও Load impedance 75Ω হলে তাদের মাঝে একটি Symmetrical T-attenuator হতে 20 dB attenuation পাওয়া যায়। Attenuator এর series resistance (R_A) এবং shunt resistance (R_B) নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২নং দ্রষ্টব্য।

২৫। Low-pass এবং high-pass filter-এর cutt-off frequency বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৬। Transmitting এবং Receiving Antenna এর উচ্চতা যথাক্রমে, h_T এবং h_R হলে Space wave propagation এর Range নির্ণয় কর।



উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৭

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

(ইএনটি-২৮৪৪)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

২। প্রোপাগেশন কনস্ট্যান্ট (γ) এর ফর্মুলাটি লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রান্সমিশন লাইন এর প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কনস্ট্যান্টগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ এবং ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। অসীম লাইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৫। একটি High-pass T-filter এর বর্তনী আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬। Antenna এর Directivity বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৭। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৮। Constant-k কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯। স্কাই ওয়েভ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০। বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলোর নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

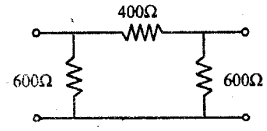
১১। নেটওয়ার্কের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১২। α ও Z_o এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত theorem টি উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নিচের বর্তনীর ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর ঃ



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Neper ও dB এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Low pass filter এর Reactance frequency বৈশিষ্ট্য Curve অঙ্কন করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৬। দেখাও যে, Cutt of frequency,

$$f_c = \frac{1}{p\sqrt{LC}} \text{ for low pass filter}$$

$$= \frac{1}{4p\sqrt{LC}} \text{ for high pass filter.}$$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Propagation velocity, angular velocity and phase velocity এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Attenuation-এর একক দুটোর মাঝে সম্পর্ক নিরূপণ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Stub-এর সাহায্যে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

২০। Frequency range এর উপর ভিত্তি করে Radio wave signal এর শ্রেণিবিভাগ দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। Half section Network এর Itterative or image Impedance নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ এবং ৮নং দ্রষ্টব্য।

২২। একটি Symmetrical T-attenuator কে 600Ω এর Source and Load এর মাঝে dB attenuation পাওয়ার জন্য স্থাপন করা হলো। উহার Series ও Shunt বাহুর রোধক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ১নং দ্রষ্টব্য।

২৩। T or π network এর propagation constant নির্ণয়ের সূত্র প্রতিষ্ঠা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

২৪। দেখাও যে, ন্যূনতম attenuation এর হলো LG = RC.

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ডিজাইন ফর্মুলাসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
তৃতীয় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৭
টেকনোলজি ঃ ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক অ্যান্ড ফিল্টার

(বিষয় কোড ঃ ৪৪৩১)

[সময় ঃ ২ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ২৫]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৩ (তিন)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ১ = ৬)

১। Insertion loss বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

২। রিকারেন্ট নেটওয়ার্ক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩। Decibel একক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। Infinite line বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৫। Impedance matching বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৬। Wave propagation বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৫ × ২ = ১০)

৭। H-parameter গুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৮। একটি Symmetrical T-network এর $Z_{oc} = 900\ \Omega$ এবং $Z_{sc} = 600\Omega$ হলে এর Series ও Shunt Impedance নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১১নং দ্রষ্টব্য।

৯। Loading কী? এটির প্রকারভেদ ও প্রভাব লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতিসংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ এবং ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০। বায়ুমণ্ডলের গঠন বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১১। Wave propagation- এ পরিবেশের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ৩ = ৯)

১২। একটি π-Section Network এর Propagation constant নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৩। স্বল্পদৈর্ঘ্য Transmission line এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে এর Characteristic Impedance,

$$Z_o = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega c}}$$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১৪। একটি L-Section Network এর Iterative Impedance নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৫। বিভিন্ন প্রকার Filter-এর ধর্মগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
তৃতীয় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৮
টেকনোলজি ঃ ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং
বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক অ্যান্ড ফিল্টার
(বিষয় কোড ঃ ৪৪৩১)

[সময় ঃ ২ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ২৫]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৩ (তিন)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ১ = ৬)

১। সিমেট্রিক্যাল্ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২। অ্যাটেনুয়েটরের কাজ কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৩। ইনফিনিটি লাইন কাকে বলে?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৪। স্কিপ ডিসট্যান্স (Skip Distance) বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫। ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ওয়েভের দু'টি বৈশিষ্ট্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৬। ক্রিস্টাল ফিল্টার বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৫ × ২ = ১০)

৭। আন-ব্যালান্সড্ এবং ব্যালান্সড্ স্ট্রাকচার ল্যাডার নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৮। নেপার ও ডেসিবেলের মাঝে সম্পর্ক স্থাপন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৯। ফ্রিকুয়েন্সির উপর ভিত্তি করে রেডিও ওয়েভের শ্রেণিভেদ উল্লেখ কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১০। একটি সিমেট্রিক্যাল্ T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 200Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 150Ω হলে ক্যারেক্টারিস্টিক্ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১নং দ্রষ্টব্য।

১১। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশন কী, বুঝিয়ে লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ৩ = ৯)

১২। সিমেট্রিক্যাল π (পাই) নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৩। L টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৪। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং বায়ুমণ্ডলের প্রভাব বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ক্রিস্টাল ফিল্টারে কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৮

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৯]

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। Insertion loss বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

২। Lattice network -এর চিত্র আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

৩। Characteristics impedance বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৪। Attenuator বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৫। Cut-off-frequency কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যান্টিনা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭। Infinite transmission line কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৮। Antenna -এর Aperture বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। MUF বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০। Fading কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। Symmetrical ও Asymmetrical network -এর Parameter গুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮, ৯ এবং ১০নং দ্রষ্টব্য।

১২। Symmetrical π-Network -এর open circuit ও short circuit impedance -এর মান বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৩। Attenuation -এর একক দু'টির মাঝে সম্পর্ক স্থাপন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Attenuating network -এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৫। দেখাও যে, Low pass filter -এর cut-off frequency হচ্ছে High pass filter -এর cut-off frequency -এর চারগুণ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Transmission line -এর Voltage reflection co-efficient এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Transmission line -এ Loading coil -এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

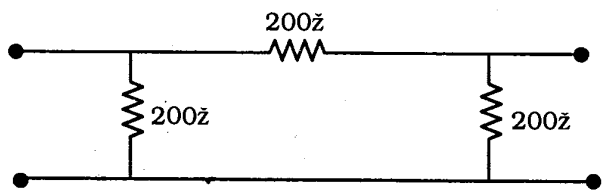
১৮। Yagi ও V-Antenna -এর Radiation pattern আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Frequency -এর ভিত্তিতে Radio wave -এর শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিচের Networkটির Characteristics impedance -এর মান বের কর।



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১২নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। Symmetrical π-Network -এর Propagation constant -এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

২২। L-section network -এর Image impedance-এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

২৩। High pass ও Low pass T ও π-section filter -এর Characteristics impedance frequency curve আঁক। (প্রয়োজনীয় সমীকরণ প্রতিপাদন করতে হবে)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৪। Transmission line -এর Attenuation ও Phase-shift constant -কে Primary constant -এর মাধ্যমে প্রকাশ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৫। Parabolic dish antenna -এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

তৃতীয় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৮

টেকনোলজি ঃ টেলিকমিউনিকেশন

বিষয় ঃ টেলিকম নেটওয়ার্ক, ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন

(বিষয় কোড ঃ ৫৪৩১)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। RC Network বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। Image impedance কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

৪। অসীম লাইনের সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৫। Cut off Frequency কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৬। Characteristic impedence বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

৭। Crystal filter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৮। T-Section network-এর Propagation constant এর সূত্রটি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। Lattice network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০। Ladder attenuator বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। Insertion loss কী ও কেন হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১২। Piezo electric effect এর ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৩। Symmetrical ও Asymmetrical network-এর মাঝে পার্থক্য দেখাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Attenuator ও filter এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ এবং ২নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Active ও Passive Network এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Continuous loading এবং Lumped loading বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ এবং ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Four terminal network এর H-parameter গুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ১নং চিত্রে দেয়া বর্তনী হতে বের কর ঃ $Z_{OT} = ?$

উত্তর সংকেত: অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১৩নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ডেসিবেল ও নিপার এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

২০। প্রেরণ লাইনের লোডিং বলতে কী বুঝায়? লোডিং এর প্রভাবগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ এবং ৬নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। ২ নং চিত্রে দেয়া বর্তনী হতে Superposition theorem এর মাধ্যমে বের কর ঃ $I_{AB} = ?$ $V_{AB} = ?$

উত্তর সংকেত: সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। একটি Symmetrical π-section Network এর Propagation constant বের কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

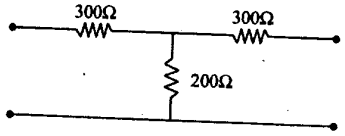
২৩। T এবং π-section লো-পাস ফিল্টার এর রিয়াকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

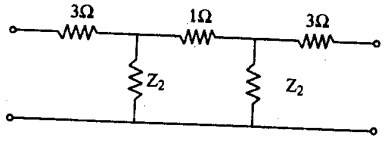
২৪। ট্রান্সমিশন লাইন এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত: অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি টেলিফোন লাইন $R = 10\Omega/km$, $L = 0.0037\ H/km$, $C = 0.0083\ \mu F/km$ এবং $G = 0.4 \times 10^{-6}\ \Omega/km$ পাওয়া যায়। $1kH_Z$-এ Z_0, α এবং β নির্ণয় কর। (যেখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)



১নং চিত্র



২নং চিত্র

উত্তর সংকেত: অধ্যায়-৮ এর উদাহরণ ২নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০০৯

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৯]

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ইন্টারেটিভ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

২। ইনসারশন লস বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

৩। ল্যাটিস নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৪। অ্যাটেনুয়েটিং নেটওয়ার্কের সাধারণ বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। পিজো-ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬। অসীম লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭। প্রেরণ লাইনে লোডিং-এর প্রভাব লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৮। অ্যান্টিনার অ্যাপারচার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। স্কাই-ওয়েভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১০। ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১২। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণসহ নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৩। একটি সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 200Ω এবং মোট শান্ট ইম্পিড্যান্স 150Ω হলে ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নেপার ও ডেসিবেলের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৬। লোডিং কয়েলের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ডাইপোল অ্যান্টিনা অপেক্ষা ফোল্ডেড অ্যান্টিনার সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৮। বায়ুমণ্ডলের গঠন সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৯। হাইপাস ফিল্টারের ধর্ম ও ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২০। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। সিমেট্রিক্যাল π-নেটওয়ার্কের ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স-এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। L-টাইপ অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ ও শান্ট বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৩। প্রেরণ লাইনের কারেন্ট প্রতিফলক সহগ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৪। প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার গঠনসহ কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

২৫। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

তৃতীয় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৯

টেকনোলজি ঃ ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক অ্যান্ড ফিল্টার

(বিষয় কোড ঃ ৪৪৩১)

[সময় ঃ ২ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ২৫]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৩ (তিন)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ১ = ৬)

১। Asymmetrical network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২। Attenuation constant বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৩। Band-pass Filter কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৪। Piezo-electric effect কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫। Skip distance কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬। কাট্ অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৫ × ২ = ১০)

৭। Symmetrical এবং Asymmetrical Network এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৮। Attenuator কে ডেসিবেল ও নিপার এককে প্রকাশ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৯। Transmission line এর Primary এবং Secondary constant বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

১০। Filter এর Impedance matching বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১১। Frequency-এর ওপর ভিত্তি করে রেঞ্জসহ Radio-wave এর শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ৩ = ৯)

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১২। L-section network-এর Image Impedance নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

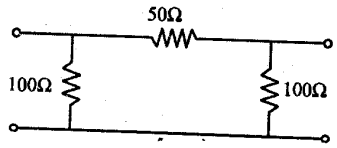
১৩। Transmission line এর ভোল্টেজ, কারেন্ট ও পাওয়ার রিফ্লেকশন বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Low-pass এবং High-pass filter এর Cut-off frequency বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৫। নিচের বর্তনীর Z_o নির্ণয় কর ঃ



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ৮নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

তৃতীয় পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০০৯

টেকনোলজি ঃ ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক অ্যান্ড ফিল্টার

(বিষয় কোড ঃ ৪৪৩১)

[সময় ঃ ২ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ২৫]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৩ (তিন)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ১ = ৬)

১। নেটওয়ার্ক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রান্সমিশন লাইন কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪। Crystal filter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫। Skip distance এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬। Cut off frequency বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৫ × ২ = ১০)

৭। একটি Symmetrical T এবং π নেটওয়ার্ক অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

৮। Active network ও Passive network এর মাঝে পার্থক্য বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। Continuous এবং Lumped Loading এর ব্যবহারগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ এবং ১০নং দ্রষ্টব্য।

১০। ফ্রিকুয়েন্সি এবং দূরত্বের ভিত্তিতে Radio wave কে শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১১। Electromagnetic wave এর বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ৩ = ৯)

১২। Symmetrical Network এর ক্ষেত্রে Propagation Constant এর দু'টি অংশ $\alpha = \ln\left|\frac{I_1}{I_2}\right|$ এবং $\beta = \phi$ দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১৩। High pass, Lowpass ও Band pass ফিল্টারের বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Space wave propagation-এ ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং বায়ুমণ্ডলের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Short লাইনের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, ক্যারেক্টারিস্টিক ইম্পিড্যান্স, $Z_o = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1Z_2}$, এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

২য়, ৪র্থ, ৬ষ্ঠ ও ৮ম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৯

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারর্স অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৪/২৮৪৯

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

২। রি-কারেন্ট নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩। কাট-অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪। অ্যাটেনুয়েটরের সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৫। অসীম লাইন (Infinite Line) কী।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৬। কোন ট্রান্সমিশন লাইনে ডিসটরশনমুক্ত প্রেরণের শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৭। অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৮। স্কাই ওয়েভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৯। MUF কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০। ওয়েভ প্রপাগেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। সিমেট্রিক্যাল এবং অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১২। একটি অর্ধ-সেকশনের ওপেন এবং শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নেপার এবং ডেসিবেলের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। লো-পাস ফিল্টারে কাট-অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। দেখাও যে, ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স, $Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং এর প্রভাবগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

১৭। End fire array ও broad side array এর মাঝে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২নং দ্রষ্টব্য।

১৮। সামার ফিল্ড সমীকরণ বর্ণনা কর এবং গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রপাগেশনের প্রভাব লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৯। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনে ফেডিং এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২০। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের $Z_{oc} = 500\Omega$ এবং $Z_{sc} = 320\Omega$ হলে Z_1 ও Z_2 এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স (Z_o) নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ক্রিস্টাল ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৪। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং বায়ুমণ্ডলের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৫। স্বল্প দৈর্ঘ্য ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, এর Characteristic Impedance. $L = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১০

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস্

(ইএনটি-২৮৪৯)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্ক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২। প্রোপাগেশন কনস্ট্যান্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৩। সিমেট্রিক্যাল T সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস্ ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৪। ব্যান্ড পাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৫। অসীম লাইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৬। ট্রান্সমিশন লাইনে α ও β এর মান লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

৭। অ্যান্টেনার অ্যাপারচার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৮। ইনসারশন লস কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

৯। M.U.F এর সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১০। ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। Z প্যারামিটারগুলোর নাম ও সংকেত লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১২। T এবং π সেকশনকে অর্ধ সেকশনে বিভক্ত করার পদ্ধতি দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ এবং ২নং দ্রষ্টব্য।

১৩। অ্যাকটিভ ও প্যাসিভ নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৪। অ্যাটেনুয়েটর এর সাধারণ বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৫। স্বল্প দৈর্ঘ্য ট্রান্সমিশন লাইনের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স $Z_o = \sqrt{\frac{R + J\omega L}{G + J\omega C}}$ ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ক্ষুদ্র লাইনকে Z_o দ্বারা সমাপ্তকরণ সমীকরণ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ট্রান্সমিশন লাইনে ভোল্টেজ প্রতিফলক সহগ এর সমীকরণ দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি ইয়াগী অ্যান্টেনার চিত্র অংকন করে ডাইপোলের কাজ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪নং দ্রষ্টব্য।

১৯। রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২০। ওয়েভ প্রোপাগেশনে পরিবেশের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিসটিকস ইম্পিড্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ উল্লেখপূর্বক বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। লো-পাস ও হাইপাস ফিল্টারের কাটি অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৩। L সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের ধর্ম বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ট্রান্সমিশন লাইনের অ্যাটেনুয়েশন নির্ণয়ের গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

২য়, ৪র্থ ও ৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১০

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টার্স অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

[বিষয় কোড ঃ ২৮৪৪/২৮৪৯

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। নেটওয়ার্ক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২। ল্যাটিস নেটওয়ার্ক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৩। ফিল্টার এবং অ্যাটেনুয়েটর কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ এবং ২নং দ্রষ্টব্য।

৪। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৫। অসীম লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর প্রয়োজনীয়তা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭। ডাইরেকটিভিটি এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৮। অ্যান্টিনা অ্যারে বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৯। নয়েজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১০। স্কিপ দূরত্ব কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের প্রপাগেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১২। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৩। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স ২০০ ওহম এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স ১৫০ ওহম হলে, Z_{OT} এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১ এর উদাহরণ ১নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নেপার ও ডেসিবেলের মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। প্রমাণ কর যে, হাইপাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি, $f_c = \frac{1}{4p\sqrt{LC}}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৬। একটি ক্ষুদ্র লাইনকে কীভাবে উপস্থাপন করা যায়, ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১৭। লোডিং এর প্রভাবগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৮। চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল এর সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ডাইরেক্টর এবং রিয়্যাক্টরের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২০। বায়ুমণ্ডলের গঠন আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। π সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২২। কানেকটিং α ও Z_o থিওরেম লিখে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ক্রিস্টাল ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন, কার্যপদ্ধতি ও বিকিরণ প্যাটার্ন এর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 75 ওহম এবং 20dB এর মধ্যে কার্যক্রম সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ২নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১১

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

(ইএনটি-২৮৪৯)

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৫০]

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪(চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। প্রোপাগেশন কনস্ট্যান্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

২। রি-কারেন্ট নেটওয়ার্ক বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩। অ্যাটেনুয়েটরকে ডেসিব্‌ল্ ও নেপার এককে প্রকাশ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৪। ব্যান্ড স্টপ ফিল্টারের কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬নং দ্রষ্টব্য।

৫। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

৬। অসীম লাইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭। বিকিরণ কোণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৮। বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯। স্কিপ দূরত্ব কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১০। T-section এর Propagation constant নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। সিমেট্রিক্যাল ও অ্যাসিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের মাঝে পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১২। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৩। আন-ব্যালান্সড্ ল্যাডার নেটওয়ার্কের সমতুল্য T ও π section নেওয়ার্কের রূপান্তরের চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নেপার ও ডেসিবেলের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৫। একটি T সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৬। α ও Z_0 সম্পর্কিত থিওরেমটি লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

১৭। হাইপাস ও লো-পাস ফিল্টারের ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ এবং ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Low pass ও High pass filter এর সিম্বল অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৯। লো-পাস ফিল্টারের কাট অফ্ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২০। রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর।

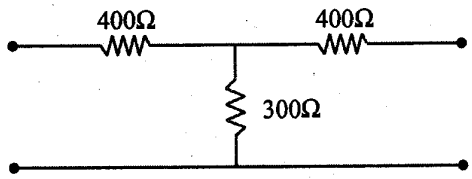
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। সিমেট্রিক্যাল π-section network এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Z_{0\pi} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_{0T}}$, যেখানে Z_1 ও Z_2 প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রে প্রদর্শিত নেটওয়ার্কটির Z_0 এবং Z_i নির্ণয় কর ঃ



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ১৫নং দ্রষ্টব্য।

২৩। অর্ধ-সেকশন নেটওয়ার্কের ইমেজ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আয়োনোস্ফেয়ার এর উপর ভূ-চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ইয়াগী অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা –২০১২

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

(বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫(পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। অ্যান্টিনার Aperture বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। ইমেজ ইম্পিড্যান্স বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। Sky wave কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রান্সমিশন লাইনে Distortion মুক্ত ট্রান্সমিশনের শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। Cut-off-frequency কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যান্টিনার পাওয়ার গেইন বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। Transmission line এর α ও β এর মান লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। Band pass filter বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। Q-factor বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। ফিল্টার ও অ্যাটেনুয়েটর কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ ও ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। একটি T-নেটওয়ার্কের $Z_{OC} = 250$ ওহম এবং $Z_{SC} = 125$ ওহম হলে Z_{OT} কত হবে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। Fading বলতে কী বোঝায়? এটি দূর করার উপায়গুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রাইমারি কনস্ট্যান্টগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। T ও π Network অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৮নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। Radio wave বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ইয়াগী ও ভী-অ্যান্টিনার রেডিয়েশন প্যাটার্ন অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। Low pass filter এর cut-off frequency নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। Transmission line-এর প্রকারভেদ লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। Z প্যারামিটারগুলো ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম কোণের সংজ্ঞা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। Attenuation-কে Decibel (dB) এককে প্রকাশ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। লোডিং কয়েলের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। Impedance ম্যাচিং ফিল্টারের প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। Radio wave এর Classification লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। বায়ুমণ্ডলের গঠন আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের Propagation constant নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। ক্রিস্টাল ফিল্টারের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। High pass এবং Low pass filter এর Cut-off frequency নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। Space wave propagation এর Range ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। আয়োনোস্ফেয়ারের বিভিন্ন স্তরের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্ক ফিল্টার অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ **(পাঁচ)** টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। Network বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। Recurrent network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। 'T' ও 'π' network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। Resonance circuit কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। Attenuator কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। Filter কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। Infinite line কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। Transmission line এবং Primary constant-গুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। Antenna কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। Broad side array কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। Antenna polarization কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। Lattice network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। Unbalanced network কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। Q-factor কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। Ionosphere কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। Symmetrical ও Asymmetrical network-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। 'T' Network থেকে Star এবং 'π' Network থেকে Delta network অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ ও ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। Q-factor-এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। Attenuating network-এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। M-derived filter-এর অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২১। Transmission line-এর ব্যবহারগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। Continuous loading এবং Lumped loading-এর ব্যবহারগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ ৮.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২৩। Antenna power gain এবং Aperture বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ ও ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। Rombic antenna-এর সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। Multi-hop propagation বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। Four terminal network-এর 'Y'-Parameter-গুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। 'T' section network-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Z_{0t} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি R–L–C Series circuit-এর R = 1000Ω, L = 100mH, C = 10PF এবং Supply voltage 200volt হলে নির্ণয় কর ঃ
(ক) Resonance frequency (fr); (খ) Q-factor; (গ) Angular half power point.

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি Symmetrical 'T' network-এর মোট Series impedance 100Ω এবং Parallel impedance 50Ω হলে নির্ণয় কর
(ক) Open ও short circuit impedacne; (খ) Characteristics impedance.

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। প্রমাণ কর যে, $Z_0 = \sqrt{\frac{R + jwL}{G + jwC}}$ (যেখানে সমীকরণের ধ্রুবকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। Space wave propagation-এর ক্ষেত্রে Earth curvature ও Atmosphere-এর প্রভাব আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। Characteristics impedance বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। নেটওয়ার্ক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। RLC সিরিজ সার্কিটের রেজোন্যান্স এর শর্তসহ Resonance frequency সূত্রটি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। ল্যাটিস নেটওয়ার্ক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। Band pass filter কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। সিমেট্রিক্যাল T অ্যাটেনুয়েটরের সিরিজ বাহুর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণ লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। Piezo electric effect বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রান্সমিশন লাইনকে প্রধানত কয়ভাগে ভাগ করা যায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। কোনো প্রেরণ লাইনে ডিসটরশনমুক্ত প্রেরণের শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। Antenna এর Aperture বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। ডাইপোল অ্যান্টিনা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। Noise কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। কোন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেস ওয়েভে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। MUF বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। Fading বলতে কী বুঝায়? Fading দূর করার উপায়গুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। দেখাও যে, Image transfer constant, $\theta = \text{Ln}\left(\frac{E_1}{E_2}\sqrt{\frac{Z_{02}}{Z_{01}}}\right) = \text{Ln}\left(\frac{I_1}{I_2}\sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}}\right)$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। হাইব্রিড প্যারামিটারগুলোর নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। Symmetrical π-Network-এর Open circuit ও Short circuit impedance-এর মান বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। ন্যাপিয়ার ও ডেসিবল এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট চিত্রসহ লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। প্রমাণ কর যে, হাইপাস ফিল্টারের কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি, $f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। Transmission line-এর Loading coil-এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ বিকিরণ প্যাটার্ন ও বীম অ্যাঙ্গেল লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। Yagi antenna চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ইম্পিড্যান্স 100 ওহম এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50 ওহম হলে ক্যারেকটারিসটিক ইম্পিড্যান্স (Z_{0T}) নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৩ এর উদাহরণ ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। আধা-সেকশন নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্সের মাধ্যমে Z_{0T} ও $Z_{0\pi}$ নির্ণয় প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। কানেকটিং α ও Z_0 থিওরেম লেখ ও বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। ক্রিস্টাল-ফিল্টারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

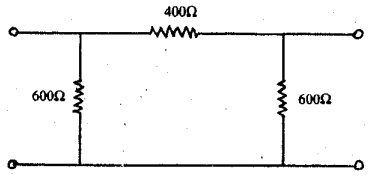
২৯। প্রেরণ লাইনের অ্যাটেনুয়েশন ও ফেজ শিফট কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। ডিশ অ্যান্টেনার গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। নিচের Netwrok টির Characteristics impedance-এর মান বের কর।



উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদারহণ ১০ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৪(পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৬/০৭/২০১৪)

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩

সময় ঃ ৩ ঘন্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ **(পাঁচ)** টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। সিমেট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের প্যারামিটারগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। রেজোন্যান্স সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। 3-dB পয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। Q ফ্যাক্টর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। ফিল্টার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। অসীম ট্রান্সমিশন লাইন কী

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রতিফলন সহগ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রান্সমিশন লাইন লোডিং কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। অ্যান্টিনার ডিরেকটিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। অ্যান্টিনা Arrey কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। Sky wave কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। MUF বলতে কী বোঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। ইনসারশন লস (Insertion loss) কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। অ্যাটেনুয়েশন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। ক্রিটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ল্যাটিস (Lattice) নেটওয়ার্কের চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। T নেটওয়ার্কের ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স বের কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। ডেসিবল ও নেপারের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। অ্যাটেনুয়েটিং নেটওয়ার্কের বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। দেখাও যে, লো-পাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সির চারগুণ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। m-ডিরাইভড লো-পাস ও হাইপাস T ও π ফিল্টারের চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। স্পেস ওয়েভ প্রোপাগেশন রেঞ্জ-এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি সিমেট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ও শান্ট ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে 400Ω ও 100Ω হলে এটির ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স, শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স ও ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান ৪ নং এর অনুরূপ।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। সিমেট্রিক্যাল T নেটওয়ার্কের প্রোপাগেশন কনস্ট্যান্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। α ও Z_0 সম্পর্কিত থিওরেমটি ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। T ও π সেকশন লো-পাস ফিল্টারের রিয়্যাকট্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। ক্রিস্টাল ফিল্টারের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। ট্রান্সমিশন লাইনের ডিস্টারশনমুক্ত শর্তের সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। প্যারাবোলিক ডিশ অ্যান্টিনার গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৪ (পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৪/০১/২০১৫)

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস

বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। লিনিয়ার নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

২। ইমেজ ট্রান্সফার বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭নং দ্রষ্টব্য।

৩। চার প্রান্তীয় নেটওয়ার্কে কী কী প্যারামিটার থাকে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৪। T - সেকশন নেটওয়ার্কের ক্যারেকটারিস্টিক ইম্পিড্যান্স সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৫। রেজোন্যান্স সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর-এর মান কত? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৬। লো-পাস ফিল্টার বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

৭। হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি কত? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ কত? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

৯। কোন প্রেরণ লাইনে ডিসটরশনমুক্ত প্রেরণের শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১০। বীম কোণ বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১১। Antenna -এর কাজ কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১২। Antenna অ্যারে বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৩। গ্রাউন্ড ওয়েভ বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নয়েজ কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

১৫। MUF-এর সংজ্ঞা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। প্রপাগেশন কনস্ট্যান্টের ভোল্টেজ ও কারেন্ট সমীকরণ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Z- প্যারামিটারগুলোর সমীকরণ লিখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৮। সিমিট্রিক্যাল π নেটওয়ার্কে অর্ধ-সেকশনে বিভক্ত কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সিরিজ রেজোন্যান্স সার্কিট-এর ব্যাখ্যা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২০। অ্যাটেনুয়েটরের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২১। ট্রান্সমিশন লাইনের ব্যবহার লিখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২২। ট্রান্সমিশন লাইনের লোডিং ইফেক্ট বর্ণনা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮নং দ্রষ্টব্য।

২৩। কার্যকরী ক্ষেত্র বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ইয়াগী Antenna-এর ডিজাইন প্রক্রিয়া লিখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৫। রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিভাগ লিখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। π-সেকশন নেটওয়ার্ক-এর ওপেন ও শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স সমীকরণ নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি সিমিট্রিক্যাল T-Section নেটওয়ার্কের মোট ইম্পিড্যান্স 100Ω এবং শান্ট ইম্পিড্যান্স 50Ω নির্ণয় কর। (ক) ওপেন সার্কিট ইম্পিড্যান্স; (খ) শর্ট সার্কিট ইম্পিড্যান্স।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ২নং দ্রষ্টব্য।

২৮। লো-পাস এবং হাইপাস ফিল্টারের কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ ডিশ অ্যান্টেনার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩০। স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনের রেঞ্জ নির্ণয় কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৩১। 75Ω ও 20 dB-এর মাঝে কার্যক্ষম সিমেট্রিক্যাল 'T' অ্যাটেনুয়েটর ডিজাইন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ-২ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। কোয়ার্টার ওয়েভ ট্রান্সফরমারের ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং ব্যাখ্যা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং
৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ (পরীক্ষার তারিখ ঃ ০৪/০৮/২০১৫)
টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক ও টেলিকমিউনিকেশন (২০১০ প্রবিধান)
বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস
বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন **৫** (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। Symmetrical network কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

২। Recurrent network কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩। Insertion loss কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮নং দ্রষ্টব্য।

৪। Ladder network কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

৫। Resonance frequency কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০নং দ্রষ্টব্য।

৬। Attenuator কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৭। Decibel কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩নং দ্রষ্টব্য।

৮। অসীম লাইন ককে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

৯। Transmission line-এর Primary constant কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫নং দ্রষ্টব্য।

১০। অ্যান্টিনার অ্যাপারচার কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১১। Dipole antenna কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

১২। Sky wave কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫নং দ্রষ্টব্য।

১৩। স্কিপ দূরত্ব কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৪। MUF বলতে কী বোঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Antenna array কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। Symmetrical ও Asymmetrical network-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

১৭। হাই ব্রিড প্যারামিটার ব্যাখ্যা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি সিমেট্রিক্যাল T-নেটওয়ার্কের মোট সিরিজ ও শান্ট ইম্পিড্যান্স যথাক্রমে 200Ω ও 100Ω হলে Z_{oc}, Z_{sc} ও Z_{or} নির্ণয় কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অধ্যায়-৩ এর উদাহরণ ৬নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Q-factor-এর সমীকরণ প্রতিপাদন কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬নং দ্রষ্টব্য।

২০। ডেসিবল ও মেগারের মাঝে সম্পর্ক স্থাপন কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২১। হাই পাস ফিল্টারের কাট-অফ্ ফ্রিকুয়েন্সির সমীকরণ প্রতিপাদন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২২। Loading-এর প্রভাব লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ডাইপোল অ্যান্টেনা অপেক্ষা ফোল্ডেড ডাইপোল অ্যান্টেনার সুবিধা লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

২৪ স্পেস ওয়েভ প্রপাগেশনে ভূপৃষ্ঠের বক্রতার ও আয়োনোসফেয়ারের প্রভাব বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

২৫ রেডিও ওয়েভের শ্রেণিবিন্যাস কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। Symmetrical π-Section network-এর Characteristics impedance নির্ণয় পদ্ধতি লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Symmetrical π-Section network-এর Open ও Short circuit impedance নির্ণয় পদ্ধতি লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪নং দ্রষ্টব্য।

২৮। α ও Z_0 সম্পর্কিত Theorem বর্ণনা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৭নং দ্রষ্টব্য।

২৯। Crystal filter-এর বর্ণনা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭নং দ্রষ্টব্য।

৩০। Characteristics impedance কে Primary constant-এর মাধ্যমে প্রকাশ করার সমীকরণ প্রতিপাদন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

৩১। Yagi antenna-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩নং দ্রষ্টব্য।

৩২। স্কাই ওয়েভ প্রপাগেশনের ক্ষেত্রে ফেডিং ও নয়েজ বিস্তারিত বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ২৫/০১/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টার্স্ অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইন্স্

(বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ **(পাঁচ)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। নন্-লিনিয়ার নেটওয়ার্কের সংজ্ঞা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। ফেজ কন্সট্যান্ট-এর সংজ্ঞা লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। Lattice Network কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। Y-প্যারামিটারগুলো লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫। π-Section Network-এর Propagation Constant-এর সূত্র লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। রেজোন্যান্স সার্কিটের সংজ্ঞা লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। Skip distance কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী, লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ট্রান্সমিশন লাইনের প্রপাগেশন বেগ কত? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। প্রেরণ লাইনের Secondary Constant-গুলো কী কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। অ্যাপারচার (Aperture)-এর সংজ্ঞা লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। এন্ড ফেয়ার অ্যারে কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। সামার Field সমীকরণটি লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** ১১.৬ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৪। M.U.F.-এর সংজ্ঞা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Wave Propagation বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ব্যালান্সড্ নেটওয়ার্ক বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Radio wave-এর শ্রেণিবিভাগ লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Antenna-এর শ্রেণিবিভাগ লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। পাওয়ার গেইন-এর ব্যাখ্যা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ল্যাম্পড্ লোডিং বলতে কী বুঝায়? সমীকরণসহ লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২১। অসীম লাইন ও ক্ষুদ্র লাইনের মধ্যে পার্থক্য লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। একটি Low pass Filter-এর উপাদানগুলো নির্ণয় কর, যার Cut off frequency 18 kHz এবং Characteristics Impedance 500Ω. **উত্তর সংকেত ঃ** অনুচ্ছেদ-৬.৭ এর উদাহরণ-১ নং অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

২৩। Attenuator-এর বৈশিষ্ট্য লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। দেখাও যে, Q-ফ্যাক্টর $= \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। Z-Parameter-গুলোর সমীকরণ লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। সিমিট্রিক্যাল T-section (টী-সেকশন) নেটওয়ার্কের প্রোপাগেশন কন্সট্যান্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি R-L-C সিরিজ সার্কিটের R = 100Ω, L = 1000 mH, C = 10 PF, Supply Voltage 100V হলে, নির্ণয় কর ঃ (i) fr = ? (ii) Q-factor; (iii) Half power point.

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ-৪.৯ এর উদাহরণ-১ নং অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

২৮। হাই পাস T এবং π-সেকশন ফিল্টারের অ্যাটেনুয়েশন ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ শিফ্‌ট ফ্রিকুয়েন্সি কার্ভ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ ইয়াগী অ্যান্টেনার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। স্পেস ওয়েভ প্রোপাগেশন রেঞ্জ নির্ণয় কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। প্রাইমারি ধ্রুবকের মাধ্যমে ক্যারেকটারিসটিক্স ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। হাফ সেকশন নেটওয়ার্কের ইটারেটিভ ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৬ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৪/০৭/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, টেলিকমিউনিকেশন ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ নেটওয়ার্কস, ফিল্টারস অ্যান্ড ট্রান্সমিশন লাইনস্

(বিষয় কোড ঃ ৬৮৪৩)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ১২০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো **৫(পাঁচ)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১৫ = ৩০)

১। Image Impedance কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২। Recurrent Network বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। 3-db point বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪। Symmetrical এবং Asymmetrical Network এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ ও ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। Band stop filter এর কাজ কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। Resonance frequency বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭। Attenuator কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। Cutt-off frequency বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। অসীম লাইন বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। Antenna কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। Folded dipole antenna কাকে বলে? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। একটি Antenna-র Effective area বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। Electromagnetic wave-এর দুটি বৈশিষ্ট্য লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Multi-hob propagation বলতে কী বুঝায়? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। MUF এর সংজ্ঞা দাও। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। হাইব্রীড প্যারামিটার নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলো লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Dipole Antenna অপেক্ষা Folded dipole antenna এর ভূমিকা লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। প্রমাণ কর যে, Q factor $= \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Nepers এবং Decibel এর মাঝে সম্পর্কে লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। Impedance matching filter-এর কাজ কী? **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২১। ট্রান্সমিশন লাইনের Propagation, Attenuation ও Phase constant বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ ৭.৭ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২২। Antenna-র মধ্য দিয়ে Electromagnetic energy বিকিরণ বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। Folded dipole ও Yagi Antenna-র radiation pattern অঙ্কন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। Frequency-র উপর ভিত্তি করে Radio wave এর শ্রেণিবিন্যাস কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। Ionosphere এর বিভিন্ন স্তর বর্ণনা কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। α ও Z_O এর সম্পর্কযুক্ত থিওরেমটি প্রমাণ কর। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Crystal Filter এর গঠন কার্যপ্রণালি লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। প্রমাণ কর যে, Characteristic Impedance, $Z_{or} = \sqrt{\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2}$
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিশন লাইনের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** ৮.১০ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩০। Dish Antenna এর গঠন ও কার্যপ্রণালি লেখ। **উত্তর সংকেত ঃ** অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। Antenna এর Space wave propagation-এর range নির্ণয়ের সমীকরণটি প্রমাণ কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। Sky wave propagation-এর উপর ভূপৃষ্ঠের বন্যা ও বায়ুমণ্ডলের প্রভাব লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com