ইলেকট্রিক্যাল মেইনটেন্যান্স ওয়ার্কস-১

এসএসসি ও দাখিল (ভোকেশনাল)

নবম-দশম শ্রেণি

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক প্রকাশিত

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক প্রণীত

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষাবোর্ড কর্তৃক ২০১৭ শিক্ষাবর্ষ থেকে এসএসসি (ভোকেশনাল) ও দাখিল (ভোকেশনাল) শিক্ষাক্রমের নবম ও দশম শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকরূপে নির্ধারিত

ইলেকট্রিক্যাল মেইনটেন্যান্স ওয়ার্কস-১
Electrical Maintenance Works-1

প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র
নবম ও দশম শ্রেণি

লেখক

ইঞ্জিনিয়ার ড. মোঃ ফজলুর রহমান
এমএসসি ইন টেকনিক্যাল এডুকেশন (ইলেক. ইঞ্জিনিয়ারিং), IUT
বি, এস, সি ইঞ্জিনিয়ারিং (ই ই ই) ডুয়েট
ইনস্ট্রাকটর (ইলেকট্রিক্যাল)
টি টি সি, ময়মনসিংহ

সম্পাদক

প্রকৌশলী ড. মোঃ আবদুল মতিন
এমএসসি ইন টেকনিক্যাল এডুকেশন (ইলেক. ইঞ্জিনিয়ারিং), IUT
অধ্যক্ষ
গৌরীপুর সরকারী টেকনিক্যাল স্কুল এন্ড কলেজ
গৌরীপুর, ময়মনসিংহ

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ কর্তৃক প্রকাশিত

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড
৬৯-৭০, মতিঝিল বাণিজ্যিক এলাকা, ঢাকা-১০০০
কর্তৃক প্রকাশিত

[প্রকাশক কর্তৃক সর্বস্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ : নভেম্বর, ২০১৬
পুনর্মুদ্রণ : আগস্ট, ২০১৭
পরিমার্জিত সংস্করণ : সেপ্টেম্বর, ২০১৮
পুনর্মুদ্রণ : , ২০১৯

ডিজাইন
জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য

মুদ্রণে:

প্রসঙ্গ-কথা

শিক্ষা জাতীয় জীবনের সর্বতোমুখী উন্নয়নের পূর্বশর্ত। দ্রুত পরিবর্তনশীল বিশ্বের চ্যালেঞ্জ মোকাবেলা করে বাংলাদেশকে উন্নয়ন ও সমৃদ্ধির দিকে নিয়ে যাওয়ার জন্য প্রয়োজন সুশিক্ষিত-দক্ষ মানব সম্পদ। কারিগরি ও বৃত্তিমূলক শিক্ষা দক্ষ মানব সম্পদ উন্নয়ন, দারিদ্র্য বিমোচন, কর্মসংস্থান এবং আত্মনির্ভরশীল হয়ে বেকার সমস্যা সমাধানে গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখছে। বাংলাদেশের মতো উন্নয়নশীল দেশে কারিগরি ও বৃত্তিমূলক শিক্ষার ব্যাপক প্রসারের কোনো বিকল্প নেই। তাই ক্রমপরিবর্তনশীল অর্থনীতির সঙ্গে দেশে ও বিদেশে কারিগরি শিক্ষায় শিক্ষিত দক্ষ জনশক্তির চাহিদা দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে। এ কারণে বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক এসএসসি (ভোকেশনাল) ও দাখিল (ভোকেশনাল) স্তরের শিক্ষাক্রম ইতোমধ্যে পরিমার্জন করে যুগোপযোগী করা হয়েছে।

শিক্ষাক্রম উন্নয়ন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। পরিমার্জিত শিক্ষাক্রমের আলোকে প্রণীত পাঠ্যপুস্তকসমূহ পরিবর্তনশীল চাহিদার পরিপ্রেক্ষিতে এসএসসি (ভোকেশনাল) ও দাখিল (ভোকেশনাল) পর্যায়ে অধ্যয়নরত শিক্ষার্থীদের যথাযথভাবে কারিগরি শিক্ষায় দক্ষ করে গড়ে তুলতে সক্ষম হবে। অভ্যন্তরীণ ও বহির্বিশ্বে কর্মসংস্থানের সুযোগ সৃষ্টি এবং আত্মকর্মসংস্থানে উদ্যোগী হওয়াসহ উচ্চশিক্ষার পথ সুগম হবে। ফলে রূপকল্প-২০২১ অনুযায়ী জাতিকে বিজ্ঞানমনস্ক ও প্রশিক্ষিত করে ডিজিটাল বাংলাদেশ নির্মাণে আমরা উজ্জীবিত।

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার ২০০৯ শিক্ষাবর্ষ হতে সকলস্তরের পাঠ্যপুস্তক বিনামূল্যে শিক্ষার্থীদের মধ্যে বিতরণ করার যুগান্তকারী সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেছে। কোমলমতি শিক্ষার্থীদের আরও আগ্রহী, কৌতূহলী ও মনোযোগী করার জন্য মাননীয় প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনার নেতৃত্বে আওয়ামী লীগ সরকার প্রাক-প্রাথমিক, প্রাথমিক, মাধ্যমিক স্তর থেকে শুরু করে ইবতেদায়ি, দাখিল, দাখিল ভোকেশনাল ও এসএসসি ভোকেশনাল স্তরের পাঠ্যপুস্তকসমূহ চার রঙে উন্নীত করে আকর্ষণীয়, টেকসই ও বিনামূল্যে বিতরণ করার মহৎ উদ্যোগ গ্রহণ করেছে; যা একটি ব্যতিক্রমী প্রয়াস। বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক রচিত ভোকেশনাল স্তরের ট্রেড পাঠ্যপুস্তকসমূহ সরকারি সিদ্ধান্তের প্রেক্ষিতে জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড ২০১৭ শিক্ষাবর্ষ থেকে সংশোধন ও পরিমার্জন করে মুদ্রণের দায়িত্ব গ্রহণ করে। উন্নতমানের কাগজ ও চার রঙের প্রচ্ছদ ব্যবহার করে পাঠ্যপুস্তকটি প্রকাশ করা হলো।

বানানের ক্ষেত্রে সমতা বিধানের জন্য অনুসৃত হয়েছে বাংলা একাডেমি কর্তৃক প্রণীত বানান রীতি। ২০১৮ সালে পাঠ্যপুস্তকটির তত্ত্ব ও তথ্যগত পরিমার্জন এবং চিত্র সংযোজন, বিয়োজন করে সংস্করণ করা হয়েছে। পাঠ্যপুস্তকটির আরও উন্নয়নের জন্য যে কোনো গঠনমূলক ও যুক্তিসংগত পরামর্শ গুরুত্বের সাথে বিবেচিত হবে। শিক্ষার্থীদের হাতে সময়মত বই পৌঁছে দেওয়ার জন্য মুদ্রণের কাজ দ্রুত করতে গিয়ে কিছু ত্রুটি-বিচ্যুতি থেকে যেতে পারে। পরবর্তী সংস্করণে বইটি আরও সুন্দর, প্রাঞ্জল ও ত্রুটিমুক্ত করার চেষ্টা করা হবে। যাঁরা বইটি রচনা, সম্পাদনা, প্রকাশনার কাজে আন্তরিকভাবে মেধা ও শ্রম দিয়ে সহযোগিতা করেছেন তাঁদের জানাই আন্তরিক ধন্যবাদ। পাঠ্যপুস্তকটি শিক্ষার্থীরা আনন্দের সঙ্গে পাঠ করবে এবং তাদের মেধা ও দক্ষতা বৃদ্ধি পাবে বলে আশা করি।

প্রফেসর নারায়ণ চন্দ্র সাহা
চেয়ারম্যান
জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

সূচিপত্র

নবম শ্রেণি-প্রথম পত্র (তাত্ত্বিক)		
অধ্যায়	শিরোনাম	পৃষ্ঠা
প্রথম	বিদ্যুৎ সম্পর্কিত প্রাথমিক ধারণা	১–৩
দ্বিতীয়	ইলেকট্রিসিটি (বিদ্যুৎ)	৪–৫
তৃতীয়	বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ	৬–৮
চতুর্থ	বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ	৯–১১
পঞ্চম	ইলেকট্রিক কারেন্ট	১২–১৪
ষষ্ঠ	ভোল্টেজ	১৫–১৬
সপ্তম	রেজিস্ট্যান্স	১৭–১৯
অষ্টম	ওহমের সূত্র	২০–২৫
নবম	বৈদ্যুতিক সার্কিট	২৬–২৮
দশম	সিরিজ সার্কিট	২৯–৩৩
একাদশ	প্যারালাল সার্কিট	৩৪–৪৩
দ্বাদশ	সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট	৪৪–৫০
ত্রয়োদশ	চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ	৫১–৫৫
চতুর্দশ	এসি সার্কিট	৫৬–৫৮
পঞ্চদশ	এসি সার্কিটে বিভিন্ন প্রকৃতির লোড	৫৯–৬২
ষড়দশ	বিদ্যুৎ পরিবাহীর সাইজ ও রেজিস্ট্যান্সের সূত্র	৬৩–৭০
সপ্তদশ	বৈদ্যুতিক মিটার (পরিমাপক যন্ত্র)	৭১–৭২
অষ্টদশ	অ্যামমিটার	৭৩–৭৪
উনবিংশ	ভোল্টমিটার	৭৫–৭৬
বিংশ	ওহম মিটার	৭৭–৭৯
একবিংশ	অ্যাভোমিটার	৮০–৮২
দ্বাবিংশ	বৈদ্যুতিক পাওয়ার	৮৩–৮৭
ত্রয়োবিংশ	ওয়াট মিটার	৮৮–৮৯
চতুর্বিংশ	বৈদ্যুতিক এনার্জি	৯০–৯৩
পঞ্চবিংশ	ইন্ডাকশন টাইপ এনার্জি মিটার	৯৪–৯৬
ষড়বিংশ	ডিজিটাল এনার্জি মিটার	৯৭–৯৮
সপ্তবিংশ	পাওয়ার ফ্যাক্টর	৯৯–১০০
অষ্টবিংশ	পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার	১০১–১০২
নবম শ্রেণি- প্রথম পত্র (ব্যবহারিক)		১০৩–১২৪

দশম শ্রেণি-দ্বিতীয় পত্র (তাত্ত্বিক)		
অধ্যায়	অধ্যায়ের শিরোনাম	পৃষ্ঠা
প্রথম	ইলুমিনেশন (উদ্ভাসন) অ্যান্ড ল্যাম্পস (বাতি)	১২৫–১২৭
দ্বিতীয়	বৈদ্যুতিক ল্যাম্প	১২৮–১৩৩
তৃতীয়	বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতি	১৩৪–১৩৫
চতুর্থ	এসি তিন ফেজ সার্কিট	১৩৬–১৩৯
পঞ্চম	তিন ফেজ স্টার সংযোগ	১৪০–১৪৪
ষষ্ঠ	তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ	১৪৫–১৪৯
সপ্তম	মেইনটেন্যান্স	১৫০–১৫২
অষ্টম	ওয়াইন্ডিং সামগ্রী	১৫৩–১৫৭
নবম	ডিসি জেনারেটর	১৫৮–১৬৫
দশম	ডিসি মোটর	১৬৬–১৭০
একাদশ	এসি জেনারেটর	১৭১–১৭৫
দ্বাদশ	এসি মোটর	১৭৬–১৭৮
ত্রয়োদশ	তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর	১৭৯–১৮৯
চতুর্দশ	ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর	১৯০–১৯২
পঞ্চদশ	পুশবাটন সুইচ এবং থারমাল ওভারলোড	১৯৩–১৯৫
ষড়দশ	টাইমার	১৯৬–১৯৮
সপ্তদশ	তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন ও চালুকরণ	১৯৯–২০৫
অষ্টদশ	মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন	২০৬–২০৮
উনবিংশ	ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি ও প্রতিকার	২০৯–২১১
বিংশ	থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর রিওয়াইন্ডিং	২১২–২২৫
একবিংশ	এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটর	২২৬–২৩৩
দ্বাবিংশ	ট্রান্সফরমার	২৩৪–২৪৩
ত্রয়োবিংশ	ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন	২৪৪–২৪৮
চতুর্বিংশ	পোল ও টাওয়ার	২৪৯–২৫১
পঞ্চবিংশ	ক্রশ-আর্ম	২৫২–২৫৩
ষড়বিংশ	ইনসুলেটর	২৫৪–২৫৬
সপ্তবিংশ	কন্ডাক্টর	২৫৭–২৫৮
অষ্টবিংশ	টানা	২৫৯–২৬০
উনত্রিংশ	গার্ড ও ডেম্পার	২৬১–২৬৪
ত্রিংশ	আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ও ইন্সটলেশন	২৬৫–২৬৯
একত্রিংশ	ক্যাবল জয়েন্ট	২৭০–২৭৭
দ্বাত্রিংশ	ক্যাবল টার্মিনেশন	২৭৮–২৮২
দশম শ্রেণি- দ্বিতীয় পত্র (ব্যবহারিক)		২৮৩–৩১১

প্রথম পত্র

প্রথম অধ্যায়
বিদ্যুৎ সম্পর্কিত প্রাথমিক ধারণা

ইলেকট্রন থিওরি

১.১। অণু ও পরমাণুর সংজ্ঞা :

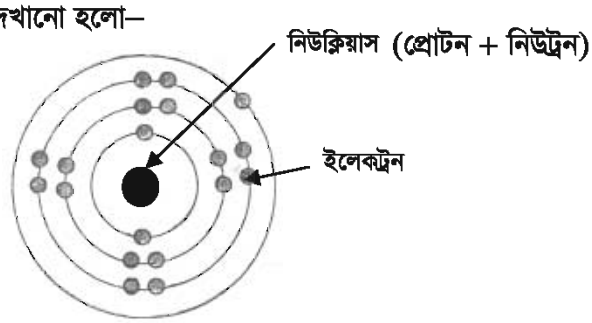
অণু : পৃথিবীর সকল পদার্থই কতগুলি ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি মাত্র। এ কণার নামই অণু। মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা ঐ পদার্থের ধর্মাবলি অক্ষুণ্ন রেখে স্বাধীনভাবে বিরাজ করতে পারে, তাকে ঐ পদার্থের অণু বলা হয়। অণুসমূহ খালি চোখে দেখা যায় না। পদার্থের অণুতে ঐ পদার্থের গুণাবলি বিদ্যমান থাকে। বিভিন্ন পদার্থের অণুতে পরমাণুর সংখ্যাও বিভিন্ন হয়। পানির অণুতে পানির সকল গুণ বিদ্যমান থাকে। যেমন– ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং ১টি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা পানির ১টি অণু গঠিত হয়। অনুরূপভাবে, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু এবং তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে একটি অ্যামোনিয়ার অণু গঠন করে।

পরমাণু : অণুর ক্ষুদ্রতম কণাই পরমাণু। কোনো মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ যার মধ্যে ঐ মৌলের বৈশিষ্ট্য অক্ষুণ্ন থাকে, যা স্বাধীনভাবে অবস্থান করতে পারে না কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে তাকে ঐ মৌলের পরমাণু বলা হয়। সাধারণত একটি মৌলিক পদার্থ একই ধরনের অসংখ্য পরমাণু দিয়ে গঠিত। তবে, ভিন্ন ভিন্ন মৌলিক পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন পরমাণু দিয়ে গঠিত। হাইড্রোজেনের একটি অণুতে হাইড্রোজেনের ২টি পরমাণু এবং অক্সিজেনের একটি অণুতে অক্সিজেনের ২টি পরমাণু থাকে। পরমাণুকে ভাঙলে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন নামক অতি ক্ষুদ্র কণিকা পাওয়া যায়।

১.২। পরমাণুর গঠন :

প্রাচীনকালে ধারণা ছিল পরমাণু অবিভাজ্য। কিন্তু কালক্রমে এটি প্রমাণিত হয়েছে যে পরমাণু বিভাজ্য। এটি সূক্ষ্ম কণিকার সমষ্টি। পদার্থের ৩টি ক্ষুদ্র কণিকা হচ্ছে-
(ক) ইলেকট্রন, (খ) প্রোটন ও (গ) নিউট্রন।

পরমাণুর কণিকাসমূহের অবস্থান নিম্নে দেখানো হলো–



চিত্র : পরমাণুর গঠন (ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের অবস্থান)

সৌরজগতের সাথে পরমাণুর গঠন তুলনা করা যায়। সৌরজগতের কেন্দ্র যেমন সূর্য, তেমনি পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউক্লিয়াস বলা হয়। নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে। ইলেকট্রন বাইরের কক্ষপথে অবস্থান করে। প্রতিটি পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকে। ইলেকট্রন বা প্রোটনের সংখ্যাই পারমাণবিক সংখ্যা। প্রোটনের সংখ্যা ও নিউট্রনের সংখ্যার সমষ্টি দ্বারা পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। কোনো কক্ষপথে পরমাণুর কয়টি ইলেকট্রন থাকবে তা নির্ণয় করার জন্য $E=2n^2$ সূত্রটি ব্যবহার করা হয়। এখানে n হলো কক্ষপথের সংখ্যা বা number এবং E হলো মোট ইলেকট্রন সংখ্যা।

উদাহরণস্বরূপ– ১ম কক্ষপথের জন্য $n = 1$; $E = 2 \times 1^2 = 2 \times 1 = 2$

২য় কক্ষপথের জন্য $n = 2$; $E = 2 \times 2^2 = 2 \times 4 = 8$

৩য় কক্ষপথের জন্য $n = 3$; $E = 2 \times 3^2 = 2 \times 9 = 18$

তবে যে কোনো পরমাণুর সর্বশেষ কক্ষে ৮টির বেশি ইলেকট্রন থাকবে না এবং যে কোনো কক্ষে ১৮টির বেশি ইলেকট্রন থাকবে না।

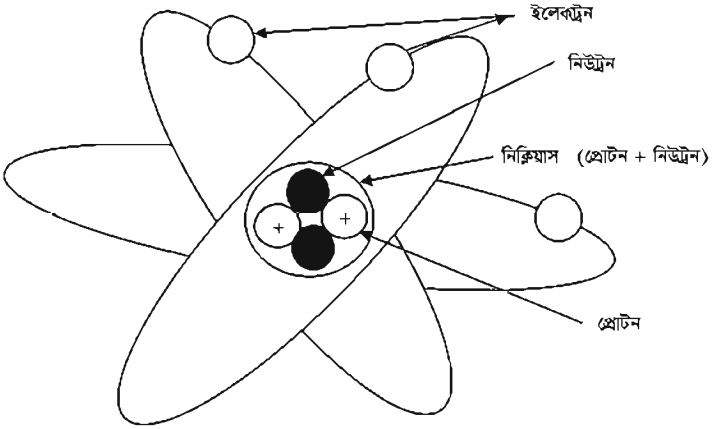
১.৩। ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের বৈশিষ্ট্য :

ইলেকট্রন (Electron) : ইলেকট্রন হচ্ছে পরমাণুর ক্ষুদ্রতম কণিকা যা নিউক্লিয়াসের চারদিকে কক্ষপথে ঘুরে এবং নেগেটিভ চার্জ বহন করে। ইলেকট্রনের সংকেত e^-। এর ভর 9.1×10^{-31} কেজি; বিদ্যুৎ মাত্রা -4.8029×10^{-10} ইএসইউ(ESU) এবং ব্যাসার্ধ 1.4×10^{-15} মিটার (প্রায়)।

প্রোটন : প্রোটন হচ্ছে পরমাণুর একটি ক্ষুদ্রতম কণিকা যা পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থান করে। প্রোটন ধনাত্মক চার্জ বহন করে, যার ভর 1.673×10^{-27} কেজি, বিদ্যুৎমাত্রা $+4.8029\times10^{-10}$ ইএসইউ এবং ব্যাসার্ধ 1.4×10^{-15} মিটার (প্রায়)।

নিউট্রন (Neutron) : নিউট্রন হচ্ছে বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ একটি ক্ষুদ্রতম কণিকা যা পরমাণুর কেন্দ্রে অবস্থান করে। এর ভর 1.673×10^{-27} কেজি এবং ব্যাসার্ধ 1.4×10^{-15} মিটার (প্রায়)।

পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউক্লিয়াস বলে। প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা নিউক্লিয়াস গঠিত। পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকে কিন্তু প্রোটন ও নিউট্রনের ভর সমান থাকে। পরমাণুর ইলেকট্রন বা প্রোটনের সংখ্যাকে পারমাণবিক সংখ্যা এবং প্রোটন বা নিউট্রনের ভরকে পারমাণবিক ভর বলা হয়।



চিত্র : ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের অবস্থান

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কোন কোন কণিকা থাকে?

২। ইলেকট্রন কী ধরনের চার্জ বহন করে?

৩। প্রোটন কী ধরনের চার্জ বহন করে?

৪। নিউট্রন কী ধরনের চার্জ বহন করে?

৫। পরমাণুর কেন্দ্রে কোন কণিকা থাকে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরমাণুতে সাধারণত কয়টি কণিকা থাকে ও কী কী?

২। ইলেকট্রন কী?

৩। প্রোটন কী?

৪। নিউট্রন কী?

৫। পারমাণবিক ভর কী?

৬। পারমাণবিক সংখ্যা কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। অণু ও পরমাণু বলতে কী বোঝায়? পরমাণুতে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের অবস্থান চিত্রের সাহায্যে দেখাও।

২। পরমাণু বলতে কী বোঝায়? পরমাণুর ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

৩। অণু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

দ্বিতীয় অধ্যায়
ইলেকট্রিসিটি (বিদ্যুৎ)

২.১। ইলেকট্রিসিটি

ইলেকট্রিসিটি হচ্ছে এক প্রকার শক্তি, যা আমরা চোখে দেখতে পাই না কিন্তু এর প্রভাব অনুভব করতে পারি। তড়িৎ বা বিদ্যুতের ইংরেজি নাম হচ্ছে ইলেকট্রিসিটি। ইলেকট্রনের প্রবাহকে ইলেকট্রিসিটি বলে (Flow of electron is called electricity)।

২.২। ইলেকট্রিসিটির বা বিদ্যুতের শ্রেণি বিভাগ

ইলেকট্রিসিটি বা বিদ্যুৎ দুই প্রকার। যথা– (ক) স্থির বিদ্যুৎ; (খ) চল বিদ্যুৎ।

(ক) স্থির বিদ্যুৎ : যে বিদ্যুৎ সাধারণত জন্মস্থানেই অবস্থান করে, কোনো স্থান পরিবর্তন করে না তাকে স্থির বলে। যেমন– দুইটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণের ফলে যে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়, তাই স্থির বিদ্যুৎ। রবারের চিরুনি দিয়ে শুকনা চুল আঁচড়ালে সেই চিরুনিতে স্থির বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়; ফ্লানেল কাপড় দিয়ে কাচের দণ্ডকে ঘর্ষণ করলে তাতেও স্থির বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। তবে এইভাবে উৎপন্ন স্থির বিদ্যুৎ ক্ষণস্থায়ী।

(খ) চল বিদ্যুৎ : যে বিদ্যুৎ এক স্থান হতে অন্য স্থানে প্রবাহিত হয়, তাকে চল বিদ্যুৎ বলে। রূপান্তরিত প্রক্রিয়ার সাহায্যে তেল, গ্যাস বা কয়লা পুড়িয়ে অথবা পানির স্রোতকে কাজে লাগিয়ে চল বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হয়। চল বিদ্যুৎ আবার দুই প্রকার। যথা– (১) ডিসি (ডাইরেক্ট কারেন্ট); (২) এসি (অল্টারনেটিং কারেন্ট)।

(১) ডিসি : যে কারেন্ট সব সময় একই দিকে প্রবাহিত হয় এবং যার মান নির্দিষ্ট থাকে, তাকে ডাইরেক্ট কারেন্ট বলে। এই কারেন্ট সরল রেখার মতো প্রবাহিত হয়।

(২) এসি : যে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার সময় নির্দিষ্ট নিয়ম মতো দিক পরিবর্তন করে এবং যার মান প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তনশীল থাকে, তাকে অল্টারনেটিং কারেন্ট বা এসি বলে।

২.৩। ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া

ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া নিম্নরূপ :

(ক) তাপীয় প্রতিক্রিয়া (Heating Effect) : কোনো পরিবাহীর ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তাতে তাপ উৎপন্ন হয়। ফলে ঐ পরিবাহী গরম হয়। যেমন বৈদ্যুতিক বাতি, হিটার ইত্যাদি এর উদাহরণ।

(খ) চুম্বকীয় প্রতিক্রিয়া (Magnetic Effect) : কোনো বৈদ্যুতিক তারের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তা সোজা বার বা জড়িয়ে কয়েল করাই হোক- তাতে চুম্বকত্ব সৃষ্টি হয়। যেমন– বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, ডাইনামো, বৈদ্যুতিক মোটর ইত্যাদি এর উদাহরণ।

(গ) জীব-শরীরের উপর ক্রিয়া (Physiological Effect) : জীব-শরীরের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রিসিটি গেলে তাতে এক রকম যন্ত্রণা অনুভব হয়, যাকে আমরা ইলেকট্রিক শক বলি। ইলেকট্রিক শকের ফলে অনেক সময় মানুষ বা অন্য কোনো প্রাণী মারাও যায়।

(ঘ) রাসায়নিক ক্রিয়া (Chemical effect) : এসিড মিশ্রিত পানিতে বিদ্যুৎ চালনা করলে পানির দুইটি গ্যাসীয় উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিভক্ত হয়। ইলেকট্রোপ্লেটিং রাসায়নিক ক্রিয়ার আর একটি উদাহরণ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইলেকট্রিসিটি কী?
২। তড়িৎ বা বিদ্যুতের ইংরেজি নাম কী?
৩। এসি-এর পূর্ণ শব্দটি লিখ।
৪। ডিসি-এর পূর্ণ শব্দটি লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইলেকট্রিসিটি বা বিদ্যুৎ কত প্রকার ও কী কী?
২। স্থির বিদ্যুৎ কাকে বলে?
৩। চল বিদ্যুৎ কাকে বলে?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ইলেকট্রিসিটি কী? ইলেকট্রিসিটি বা বিদ্যুৎ কত প্রকার ও কী কী বর্ণনা কর।
২। বিদ্যুতের বিভিন্ন ইফেক্ট বা প্রতিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর।

তৃতীয় অধ্যায়
বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ

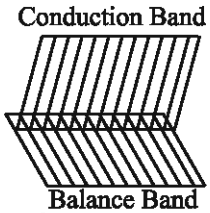
৩.১। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের সংজ্ঞা

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ : যে সকল পদার্থের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ সহজে প্রবাহিত হয় সেগুলোই বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ। অন্যভাবে বললে, যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে অতি সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে এবং সামান্য পরিমাণ বাধার সম্মুখীন হয় সেগুলোকে বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ বলে। এগুলোর পরিবাহিতা বা কন্ডাকট্যান্স অধিক।পদার্থের আনবিক গঠনে কন্ডাকশন ব্যান্ড ও ব্যালেন্স ব্যান্ড যদি ওভার লেপিং থাকে সেই সব পদার্থ হল বিদ্যুৎ পরিবাহি পদার্থ।

যেমন : রুপা, তামা, পিতল, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা ইত্যাদি বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ।

চিত্র : এককোর বিশিষ্ট পিভিসি তার

লোহার তৈরি টুলস



চিত্র : দুই কোর বিশিষ্ট তার

তামা বা পিতলের বার

৩.২। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের বৈশিষ্ট্য ও গুণাগুণ

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের বৈশিষ্ট্য ও গুণাগুণ : পরিবাহী পদার্থের যে সমস্ত গুণ বা বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন তা হচ্ছে–

১. উচ্চ পরিবাহিতা (High Conductivity) বা সর্বনিম্ন রেজিসটিভিটি (Low Resistivity)
২. সর্বনিম্ন তাপমাত্রা-সহগ (Low temperature co-efficient)
৩. যথেষ্ট পরিমাণে নমনীয়তা (Flexibility)
৪. টান সহন ক্ষমতা (Tension Bearing Ability)
৫. ওয়েল্ডিং বা সোল্ডারিং করার উপযুক্ততা (Welding or Soldering)
৬. মরিচা প্রতিরোধ ক্ষমতা (Rust-resisting ability)

৩.৩ । বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের তালিকা

(১) রুপা (Silver)
(২) তামা (Copper)
(৩) স্বর্ণ (Gold)
(৪) সিসা (Lead)
(৫) টাংস্টেন (Tungstan)
(৬) দস্তা (Zink)
(৭) ক্যাডমিয়াম (Cadmium)
(৮) ব্রোঞ্জ (Bronze)
(৯) পিতল (Brass)
(১০) লৌহ (Iron)
(১১) প্লাটিনাম কোমলায়িত (Platinum annealed)
(১২) রাং (Tin)
(১৩) নিকেল (Nickel)
(১৪) ক্রোমিয়াম (Chromium)
(১৫) ইস্পাত (Steel)
(১৬) অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)
(১৭) প্লাটিনয়েড (Platinaid),
(১৮) পারদ (Mercury),
(১৯) ম্যাঙ্গানিজ (Manganize)
(২০) নাইক্রোম (Nichrome)
(২১) কার্বন (Carbon)
(২২) ফসফর (Phosphor bronze)
(২৩) অ্যান্টিমনি (Antimony)
(২৪) রুপা ও তামার সংকর (Silver copper alloy)
(২৫) কনস্ট্যানটান (Constantan)
(২৬) ক্যালিডো (Calido)
(২৭) সিলিক্রোম (Silichrom)

৩.৪ । বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের বিভিন্ন ব্যবহার

পদার্থের নাম	ব্যবহার
১. রুপা (Silver)	এর ব্যবহার সীমিত । কন্ট্রাক্টর ও ফিউজ তার হিসাবে ব্যবহৃত হয় ।
২. কপার/তামা (Copper)	ইলেকট্রিক্যাল পরিবাহী হিসাবে বহুল ব্যবহৃত । সূক্ষ্ম ব্যাসের তার পাওয়া যায় ।
৩. অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	এটি ওভার হেড লাইনে ব্যবহার করা হয় ।
৪. লোহা ও স্টিল (Iron and Steel)	এটি সাহায্যকারী কাজে, ইমারত নির্মাণে, ওভার হেড লাইনে, আর্থিং লাইন, ওভার হেড লাইনের গার্ড লাইন রূপে, স্টে-ওয়্যার হিসাবে ব্যবহার হয়ে থাকে ।
৫. কপার ক্ল্যাড স্টিল (Copper clad steel)	এটি সাধারণ গ্রাম্য লাইনে, ওভার হেড লাইনের আর্থিং ওয়্যার এবং গাই ওয়্যার হিসাবে ব্যবহার হয় ।
৬. অ্যালুমিনিয়াম ক্ল্যাড স্টিল (Aluminium Clad steel)	এটি ওভার হেড লাইনে গাই ওয়্যার রূপে ব্যবহৃত হয় ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে অতি সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে তাকে কী বলে?

২ । সবচেয়ে ভালো পরিবাহী (Good Conductor) কোনটি?

৩ । তিনটি বিদ্যুৎ পরিবাহীর নাম লিখ ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । বিদ্যুৎ পরিবাহী কাকে বলে?

২ । ৫টি বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের নাম লিখ ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১ । বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ বলতে কী বুঝ? বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের একটি তালিকা তৈরি কর ।

২ । বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের ব্যবহার উল্লেখ কর ।

৩ । বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের আনবিক গঠন চিত্র অঙ্কন কর ।

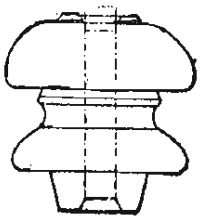
চতুর্থ অধ্যায়
বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ

৪.১। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের সংজ্ঞা

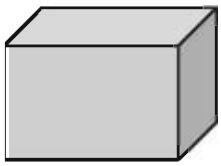
বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ : যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজে কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে না, যথেষ্ট বাধার সম্মুখীন হয়, তাকে বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বলে। এদের পরিবাহিতা বা কন্ডাকট্যান্স কম। কঠিন পদার্থের আনবিক গঠনে কন্ডাকশন ব্যান্ড ও ব্যালেন্স ব্যান্ডে গ্যাপ বেশী থাকলে সেই পদার্থ গুলি অপরিবাহী পদার্থ। যেমন– কাঁচ, চীনামাটি, শুষ্ক কাঠ, এবোনাইট, রাবার ইত্যাদি অপরিবাহী পদার্থ।

চিত্রঃ পিভিসি ইনসুলেশন

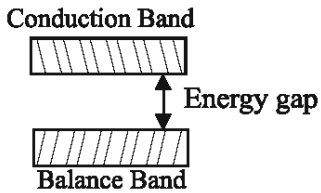
রাবারের ইনসুলেশন



চিত্রঃ চীনামাটির ইনসুলেটর



কাঠের টুকরা



চিত্রঃ অপরিবাহী পদার্থ

৪.২। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের গুণ বা বৈশিষ্ট্য

বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের যে সমস্ত গুণ বা বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন, তা হচ্ছে–

ক. উচ্চ ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স

খ. উচ্চ ডাই ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ

গ. নিম্ন ডাই ইলেকট্রিক হিসটেরিসিস

ঘ. ক্ষয়রোধ ক্ষমতা বা স্থায়িত্ব

ঙ. যান্ত্রিক সহন ক্ষমতা বা মেকানিক্যাল স্ট্র্যাংথ

চ. বাতাসের আর্দ্রতা শোষণে অক্ষমতা।

৪.৩। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তালিকা

১. অ্যাসবেসটরস ২. ব্যাকেলাইট,
৩. এবোনাইট ৪. কাঁচ
৫. গাট্টা পার্চা, ৬. অভ্র,
৭. শুষ্ক কাগজ ৮. শ্লেট পাথর
৯. শুষ্ক মাঠ, ১০. বার্নিশ করা মিহি কাপড়,
১১. তেল, ১২. শুকনো চামড়া
১৩. পশম, ১৪. রেশম,
১৫. পলিথিন ১৬. প্যারাফিন;
১৭. রাবার, ১৮. মার্বেল পাথর,
১৯. গন্ধক, ২০. রজন;
২১. চীনামাটি, ২২. বাতাস।

৪.৪। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের ব্যবহার

পদার্থের নাম	ব্যবহার
১. মাইকা	এটি ডাই-ইলেকট্রিক ক্ষমতা বাড়ানোর জন্য ছোট ক্যাপাসিটরের এবং হিটিং এলিমেন্টের সাথে ব্যবহার করা হয়।
২. গ্লাস	এটি ওভার হেড লাইনে ইনস্যুলেটর হিসাবে ব্যবহৃত হয়। গ্লাস ট্যাপ ও গ্লাস কাপড়, সূক্ষ্ম গ্লাস সুতা হতে তৈরি হয়। এছাড়া গ্লাস ফাইবার ও মোটর ওয়াইন্ডিং-এ এটি ব্যবহার করা হয়।
৩. রাবার	রাবার দ্বারা ভিআইআর ইনসুলেশন তৈরি করা হয় এবং এই ইনসুলেশন নিম্ন ভোল্টেজ এবং মাঝারি ভোল্টেজের ক্যাবল তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।
৪. কাগজ	এটি খুব ভালো ইনসুলেশন। এটি ক্যাবলের ইনসুলেশন রূপে, মোটর ওয়েন্ডিং-এ এবং ক্যাপাসিটরে ব্যবহার করা হয়।
৫. এসবেস্টস	এটি আর্কটার্ট, বেড়া, লো-ভোল্টেজ টার্মিনাল বোর্ড এবং সাপোর্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। গরম জায়গার আবরণ হিসাবেও ব্যবহার করা হয়। এটি আঁশযুক্ত পদার্থ।
৬. তেল	ট্রান্সফরমার, সার্কিট ব্রেকার ও হাই ভোল্টেজ ক্যাবলকে ঠান্ডা করার জন্য তেল ব্যবহার করা হয়। খনিজ তেল ট্রান্সফরমার ও সার্কিট ব্রেকারে-এ ইনসুলেশন হিসাবেও কাজ করে।
৭. ব্যাকেলাইট	ইহা সিনথেটিক রেসিন দ্বারা তৈরি। এটি দ্বারা ইলেকট্রিক্যাল যন্ত্রপাতির বেজ এবং বোর্ড তৈরি করা হয়। যেমন– সুইচ, সকেট, হোল্ডার, প্লাগ, সিলিং রোজ ইত্যাদি।
৮.পলিভিনাইল ক্লোরাইড	এটি প্লাস্টিকের তৈরি। এটি তারের আবরণ, ইনসুলেটিং স্লিভ এবং ক্যাবলে স্লিভ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এটাকে ভিআইআর ইনসুলেশনের পরিবর্তেও ব্যবহার করা যায়।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। যে সকল পদার্থের ভিতর দিয়ে অতি সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে না, তাকে কী বলে?

২। দুটি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের নাম লিখ।

৩। বিদ্যুৎ অপরিবাহী কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ কী? ৩টি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের নাম লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বলতে কী বুঝ? ৫টি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের নাম লিখ।

২। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের বৈশিষ্ট্য বা গুণাবলি উল্লেখ কর।

৩। কয়েকটি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের ব্যবহার উল্লেখ কর।

৪। অপরিবাহী পদার্থের আনবিক গঠন চিত্র অঙ্কন কর।

পঞ্চম অধ্যায়

ইলেকট্রিক কারেন্ট

৫.১। কারেন্ট

কোনো পরিবাহীর যে কোনো প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বা কারেন্ট বা ইলেকট্রিক কারেন্ট বলে। অন্য কথায় পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহকে ইলেকট্রিক কারেন্ট বা বৈদ্যুতিক কারেন্ট বলে। ইলেকট্রিক কারেন্টের পরিবর্তে প্রচলিত শব্দ কারেন্টই ব্যবহৃত হয়।

৫.২। ইলেকট্রিক কারেন্টের একক ও প্রতীক

ইলেকট্রিক কারেন্টকে সাধারণত ইংরেজি অক্ষর I দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কারেন্ট পরিমাপের অনেক একক প্রচলিত আছে। যথা–

ক) সিজিএস বিদ্যুৎ একক

খ) সিজিএস বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক

গ) ব্যবহারিক একক

ঘ) আন্তর্জাতিক একক।

আন্তর্জাতিক ক্ষেত্রে যে একক ব্যবহৃত হয়, তাকে আন্তর্জাতিক একক বা S.I একক বলে। কারেন্ট পরিমাপের আন্তর্জাতিক বা S.I একক হচ্ছে অ্যাম্পিয়ার।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে সচরাচর যে একক ব্যবহৃত হয়, তাকে ব্যবহারিক একক বলে। কারেন্টের ব্যবহারিক একক হচ্ছে অ্যাম্পিয়ার।

1 অ্যাম্পিয়ার = 1 কুলম্ব/সেকেন্ড

$= 6.242 \times 10^{18}$ টি ইলেকট্রন/সেকেন্ড ।

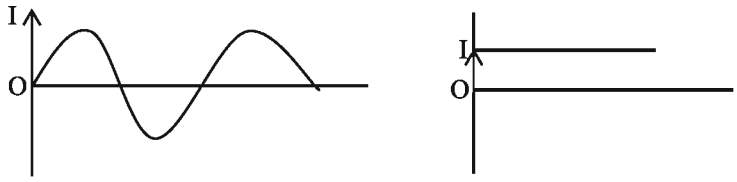
অন্য কথায়, কোনো একটি পরিবাহীর যে কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে 1 সেকেন্ডে 1 কুলম্ব চার্জ অতিক্রম করলে যে কারেন্ট মাত্রার সৃষ্টি হয় তাকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে। অ্যাম্পিয়ার (Ampere) কে সংক্ষেপে Amp বা A দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৫.৩। ইলেকট্রিক কারেন্টের শ্রেণিবিভাগঃ

ইলেকট্রিক কারেন্ট দুই প্রকার। যথা : (ক) অল্টারনেটিং কারেন্ট (খ) ডাইরেক্ট কারেন্ট।

অল্টারনেটিং কারেন্ট : যে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার সময় নির্দিষ্ট নিয়মমতো দিক পরিবর্তন করে এবং যার মান প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তনশীল থাকে, তাকে অল্টারনেটিং কারেন্ট বলে।

ডাইরেক্ট কারেন্ট : যে কারেন্ট সব সময় একই দিকে প্রবাহিত হয় এবং যার মান নির্দিষ্ট থাকে, তাকে ডাইরেক্ট কারেন্ট বলে। এর পজেটিভ ও নেগেটিভ পোলারিটি সব সময় অপরিবর্তিত থাকে। যেমন : ব্যাটারির কারেন্ট।



চিত্র : (ক) অল্টারনেটিং কারেন্ট (এসি) ; (খ) ডাইরেক্ট কারেন্ট (ডিসি)

৫.৪। ইলেকট্রিক কারেন্ট পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

কারেন্টের এককসমূহ : কারেন্ট পরিমাপের চারটি একক আছে। যথা–

১। সিজিএস বিদ্যুৎ একক (CGS esu) :

১ স্থির বিদ্যুৎ একক (1 esu) $= 3.33 \times 10^{-10}$ অ্যাম্পিয়ার।

২। সিজিএস বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক (cgs emu) :

১ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক (1 emu) = 10 অ্যাম্পিয়ার।

৩। ব্যবহারিক একক : অ্যাম্পিয়ার। পরিমাপের সুবিধার জন্য বড় একক হিসাবে কিলো অ্যাম্পিয়ার ব্যবহার করা হয়। 1 কিলো অ্যাম্পিয়ার = 10^3 অ্যাম্পিয়ার।

এটি ছাড়াও মিলি-অ্যাম্পিয়ার অর্থাৎ 10^{-3} অ্যাম্পিয়ার এবং মাইক্রো অ্যাম্পিয়ার অর্থাৎ 10^{-6} অ্যাম্পিয়ারকে কারেন্ট পরিমাপের একক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

৪। আন্তর্জাতিক একক : কারেন্ট মাত্রার আন্তর্জাতিক এককের নাম আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার। আন্তর্জাতিক একক হিসাবে অ্যাম্পিয়ার ব্যবহৃত হয়। অন্য কথায়, যে স্থির কারেন্ট মাত্রা সিলভার ভোল্টমিটারে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে ভোল্টমিটারের ক্যাথোডে 1 সেকেন্ডে 0.001118 গ্রাম সিলভার সঞ্চয় করে, তাকে এক আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার বলে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহকে কী বলে?

২। ইলেকট্রিক কারেন্টকে কী প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

৩। অ্যাম্পিয়ার (Ampere) কে কী দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। কারেন্ট কী?

২। কারেন্ট পরিমাপের ব্যবহারিক একক কী?

৩। কারেন্ট পরিমাপের আন্তর্জাতিক একক কী?

৪। আন্তর্জাতিক একক বলতে কী বোঝায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। কারেন্টের সংজ্ঞা দাও। কারেন্টের ব্যবহারিক ও আন্তর্জাতিক একক কী?

২। আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার বলতে কী বোঝায়?

ষষ্ঠ অধ্যায়
ভোল্টেজ

৬.১। ভোল্টেজ

পরিবাহী তারের মধ্যে ইলেকট্রন প্রবাহিত করানোর জন্য যে ফোর্স বা চাপ প্রয়োগ করা হয় তাকে ভোল্টেজ বা বৈদ্যুতিক চাপ বলে। অন্য কথায় কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের মধ্যে বিভব বা পটেনশিয়ালের পার্থক্যকে ভোল্টেজ বা বৈদ্যুতিক চাপ বলে। ইলেকট্রন গ্রহণ বা প্রদান করার প্রবণতা এক বস্তুর তুলনায় অপর বস্তুর কত কম বা বেশি তা ভোল্টেজ দ্বারা পরিমাপ করা হয়।

৬.২। ভোল্টেজের প্রতীক ও একক

ভোল্টেজ এর প্রতীক : ভোল্টেজ এর প্রতীক 'V'

বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ একটি পরিমাণমূলক রাশি। সুতরাং এর একক আছে। বৈদ্যুতিক ভোল্টেজের তিনটি একক আছে; যথা– (ক) স্থির বিদ্যুৎ একক।

(খ) বিদ্যুৎ- চুম্বকীয় একক।

(গ) ব্যবহারিক একক।

৬.৩। ভোল্টেজ পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

১. স্থির বিদ্যুৎ একক : একে সংক্ষেপ ইএসইউ (e.s.u) বলা হয়।

$$1 \quad \text{e.s.u} = 300 \text{ ভোল্ট} = 3 \times 10^{10} \text{ ইএমইউ।}$$

২. বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় একক : 1 ইএমইউ = 10^{-8} ভোল্ট।

৩. ব্যবহারিক একক : ভোল্টেজের ব্যবহারিক একক ভোল্ট। অসীম দূরত্ব হতে 1 কুলম্ব ধনাত্মক চার্জকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের ভিতরের কোনো বিন্দুতে আনতে যদি 1 জুল কাজ করতে হয় তবে ঐ বিন্দুর বিভবকে 1 ভোল্ট বলে। একে ভোল্টেজের আন্তর্জাতিক একক বা এসআই একক বলে। তাছাড়া, বেশি ভোল্টেজ পরিমাপের ক্ষেত্রে কিলোভোল্ট ও মেগাভোল্ট ব্যবহারিক একক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। 1 কিলোভোল্ট = 10^3 ভোল্ট এবং 1 মেগাভোল্ট = 10^6 ভোল্ট।

আন্তর্জাতিক ভোল্ট : 20 ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ওয়েস্টন ক্যাডমিয়াম স্ট্যান্ডার্ড সেলের বিদ্যুৎচালক বলের (emf) $\frac{1}{1.0183}$ অংশকে আন্তর্জাতিক হিসাবে এক ভোল্ট ধরা হয়।

সুতরাং 1 আন্তর্জাতিক ভোল্ট = 1.00033 ভোল্ট।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ভোল্টেজ পার্থক্য বিদ্যমান থাকায় পরিবাহীর ভিতর দিয়ে কী প্রবাহিত হয়?

২। এক কিলো ভোল্ট সমান কত ভোল্ট?

৩। এক মেগা ভোল্ট সমান কত ভোল্ট?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ভোল্টেজ কী?

২। 1 আন্তর্জাতিক ভোল্ট =কত ভোল্ট ?

৩। ভোল্টেজ পরিমাপের একক কত প্রকার ও কী কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ভোল্টেজের সংজ্ঞা দাও। ভোল্টেজের একক ও প্রতীক কী?

২। ভোল্টেজের সংজ্ঞা দাও। ভোল্টেজের আন্তর্জাতিক একক?

৩। ভোল্টেজের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ কর।

সপ্তম অধ্যায়
রেজিস্ট্যান্স

৭.১। রেজিস্ট্যান্স

রেজিস্ট্যান্স হচ্ছে পরিবাহীর একটি বিশেষ ধর্ম। পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ বিঘ্নিত হয় বা বাঁধাপ্রাপ্ত হয়, তাকে রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বলে। প্রত্যেক পদার্থেই কম বেশী রেজিস্ট্যান্স বা রোধ আছে।

৭.২। রেজিস্ট্যান্স-এর সংজ্ঞা, প্রতীক ও একক

রেজিস্ট্যান্স : 'পরিবাহীর যে ধর্ম এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহে বাধার সৃষ্টি করে তাকে রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বলে।' ওহমের সূত্রানুযায়ী, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং প্রবাহ মাত্রার অনুপাতকে ঐ তাপমাত্রায় উক্ত পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বলে। একে সাধারণত 'R' বা 'r' দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

রেজিস্ট্যান্সের একক

রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন প্রকার একক প্রচলিত আছে। যেমন–

ক) স্থির বিদ্যুৎ একক (esu)

খ) সিজিএস বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক (emu)

গ) ব্যবহারিক একক

ঘ) আন্তর্জাতিক একক

রেজিস্ট্যান্সের ব্যবহারিক একক ওহম। কোনো একটি স্থির পরিবাহীর দুই প্রান্তে 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্য থাকলে যদি এর মধ্য দিয়ে 1 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার কারেন্ট চলে তবে উক্ত পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্সকে এক ওহম বলে। অন্য কথায় বলা যায়, এক ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপে যে পরিমাণ রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে এক অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে, ঐ পরিমাণ রেজিস্ট্যান্সকে এক ওহম রেজিস্ট্যান্স বলে।

একে Ω (ওমেগা) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ওহম ছোট হওয়ায় কিলোওহম ও মেগাওহম ইত্যাদি বড় একক ব্যবহার করা হয়।

আন্তর্জাতিক ক্ষেত্রে রেজিস্ট্যান্সের যে একক ব্যবহার করা হয়, তাকে আন্তর্জাতিক ওহম বা আন্তর্জাতিক একক বলে। 1 আন্তর্জাতিক ওহম = 1.000495 ওহম।

৭.৩। রেঞ্জসহ রেজিস্ট্যান্সের শ্রেণিবিভাগ

রেজিস্ট্যান্সকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স

(খ) পরিবর্তনীয় মানের রেজিস্ট্যান্স।

নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স : যে রেজিস্ট্যান্স-এর মান পরিবর্তন করা যায় না, তাকে নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স বলে। এই রেজিস্ট্যান্স আবার চার প্রকার। যথা :

(১) কার্বন রেজিস্টর : কার্বন রেজিস্টর আকারে খুব ছোট। এই রেজিস্টর সাধারণত ১ ওহম হতে ২ মেগা ওহম পর্যন্ত হয়ে থাকে এবং ১/৮ হতে ২ ওয়াট পর্যন্ত হতে পারে।

(২) মেটাল রেজিস্টর : এই রেজিস্টর কার্বন রেজিস্টরের চেয়ে একটু বড় এবং এদের ওয়াট সাধারণত ০.১ হতে ১০ হয়ে থাকে।

(৩) ওয়্যার উন্ড রেজিস্টর : যে সমস্ত রেজিস্টর রেজিস্ট্যান্স জাতীয় তার কয়েল করে তৈরি করা হয়, সেগুলিকে ওয়্যার উন্ড রেজিস্টর বলে। সাধারণত চীনামাটি, নাইক্রোম, জার্মান সিলভার ইত্যাদি তারের কয়েল করে এই রেজিস্টর তৈরি করা হয়। এটি সাধারণত কম ওহমের হয় এবং ওয়াট ৫ হতে ২০০ পর্যন্ত হয়।

(৪) ব্যালাস্ট রেজিস্টর : যে সমস্ত রেজিস্টরের তার বিশেষ আবরণের মধ্যে থাকে, যাতে ঐ তারের উপর বাইরের কোনো বস্তু স্পর্শ করতে না পারে, তাদেরকে ব্যালাস্ট রেজিস্টর বলে। এই রেজিস্টর বিভিন্ন মানের হয়ে থাকে।

পরিবর্তনীয় মানের রেজিস্ট্যান্স : যে রেজিস্ট্যান্সের মান প্রয়োজনমতো পরিবর্তন করা যায়, তাকে পরিবর্তনীয় মানের রেজিস্টর বলে। এই রেজিস্টর সাধারণত ভলিউম কন্ট্রোলের ভিতরে ব্যবহার করা হয়।

৭.৪। রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

রেজিস্ট্যান্সের এককসমূহ : রেজিস্ট্যান্সের চারটি একক আছে। যথা–

১. স্থির বিদ্যুৎ একক (esu) :

এক স্থির বিদ্যুৎ একক (1 esu) = 9×10^{-20} বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক(emu)

২. সিজিএস বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক :

এক বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক (1 emu) = $\frac{1}{9\times10^{-20}}$ স্থির বিদ্যুৎ একক (esu)

৩. ব্যবহারিক একক : রেজিস্ট্যান্সের ব্যবহারিক একক ওহম। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ওহম ছোট বিধায় কিলোওহম এবং মেগাওহম ব্যবহার করা হয়। 1 কিলোওহম = 10^3 ওহম এবং

1 মেগাওহম = 10^6 ওহম

৪. আন্তর্জাতিক একক : 0^0C তাপমাত্রায় ১ বর্গমিটার ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট 106.3 সে.মি. দৈর্ঘ্য এবং 14.4521 গ্রাম ভরের একটি পারদ স্তম্ভের রেজিস্ট্যান্সকে আন্তর্জাতিক একক বা আন্তর্জাতিক ওহম বলে।
1 আন্তর্জাতিক ওহম = 1.000495 ওহম ।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেকট্রিক কারেন্ট প্রবাহে বাধাকে কী বলে?

২। রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের একক কী?

৩। রেজিস্ট্যান্সের প্রতীক কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নঃ

১। রেজিস্ট্যান্স বা রোধ কী?

২। রেজিস্ট্যান্সের ব্যবহারিক একক কী?

৩। রেজিস্ট্যান্সের আন্তর্জাতিক একক বলতে কী বোঝায়?

৪। ১ আন্তর্জাতিক একক সমান কত ওহম?

৫। রেজিস্ট্যান্সের এককগুলির নাম লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। রেজিস্ট্যান্স বলতে কী বোঝায়? রেজিস্ট্যান্সের প্রতীক ও একক উল্লেখ কর।

২। রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন প্রকার এককের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ কর।

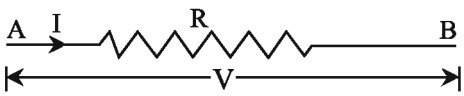
অষ্টম অধ্যায়
ওহমের সূত্র

৮.১ । ওহমের সূত্র

কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের মধ্যে ভোল্টেজ পার্থক্য থাকলে তার মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে। এই কারেন্ট প্রবাহের পরিমাণ নির্ভর করে পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, পরিবাহীর আকৃতি ও উপাদান এবং পরিবাহীর তাপমাত্রার উপর। একটি নির্দিষ্ট পরিবাহীর তাপমাত্রা স্থির থাকলে, তার মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তা এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং রেজিস্ট্যান্সের উপর নির্ভর করে। এই সম্পর্কে জর্জ সাইমন ওহম ১৮২৭ খ্রিস্টাব্দে একটি সূত্র প্রতিষ্ঠা করেন যা তার নামানুসারে ওহমের সূত্র নামে পরিচিত। সার্কিটের কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স-এর মান নির্ণয় করার জন্য ওহমের সূত্র ব্যবহার করা হয়। এ সূত্রটি ব্যাপক হারে ব্যবহৃত হয়।

ওহমের সূত্র : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর ভিতর দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক এবং রেজিস্ট্যান্স-এর ব্যাস্তানুপাতিক বা উল্টানুপাতিক।

অর্থাৎ, $I \propto \frac{V}{R}$ [যখন তাপমাত্রা ধ্রুব]

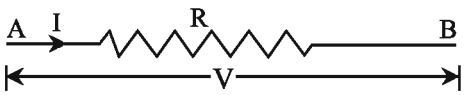


চিত্র : দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্যসহ একটি লোড বা রেজিস্ট্যান্স

৮.২ । ওহমের সূত্রের ব্যাখ্যা

ওহমের সূত্রঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক এবং রেজিস্ট্যান্স-এর ব্যস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ, $I \propto \frac{V}{R}$ [যখন তাপমাত্রা ধ্রুব]



চিত্র ঃ দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্যসহ একটি লোড বা রেজিস্ট্যান্স

ওহমের সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা

মনে করি, AB পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স R এবং এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট I।

পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য = $V_A - V_B = V$ (ধরি)
ওহমের সূত্রানুসারে, ভোল্টেজ বাড়লে কারেন্ট বাড়ে রেজিস্ট্যান্স বাড়লে কারেন্ট কমে

$I \propto V$ ... (i) [যখন R ধ্রুব থাকে]

এবং $I \propto \frac{1}{R}$ ... (ii) [যখন V ধ্রুব থাকে)

(i) ও (ii) নং হতে পাই, $I \propto \frac{V}{R}$ [যখন V ও R উভয়ই পরিবর্তনশীল]

বা, $I = k.\frac{V}{R}$ ... (iii) [k একটি ধ্রুবক]

(যদি কোনো পরিবাহীর 1 ওহম রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে 1 volt বৈদ্যুতিক চাপে 1 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে k এর মান 1 হইবে।)
(iii) নং সমীকরণে k = 1 বসিয়ে পাই,

$$I = \frac{V}{R}$$

বা, $V = IR$

৮.৩। কারেন্ট, ভোল্টেজ এবং রেজিস্ট্যান্স-এর মধ্যকার সম্পর্ক

যদি কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V, পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স R এবং এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট I হয়, তবে ওহমের সূত্রানুসারে V, I ও R এর মধ্যকার সম্পর্ক হচ্ছে–

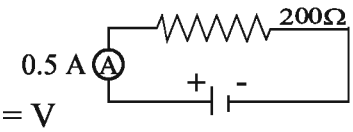
$I = \frac{V}{R}$ ... ... (i)

$R = \frac{V}{I}$ ... ... (ii)

$V = IR$ ... ... (iii)

৮.৪। ওহমের সূত্রের সাহায্যে সমস্যার সমাধান

সমস্যা-১। 200 ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি বৈদ্যুতিক বাতি 0.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেয়। এর দুই প্রান্তের ভোল্টেজ বের কর।



সমাধান :
মনে করি, এর দুই প্রান্তের ভোল্টেজ = V

দেওয়া আছে,
রেজিস্ট্যান্স, R = 200Ω
কারেন্ট, I = 0.5 Amps
ভোল্টেজ, V = ?

∴ আমরা জানি, $V = I \times R$
$= 0.5 \times 200$
$= 100$ Volt **(উত্তর)**

২০২০

সমস্যা-২। একটি ব্রেড টোস্টারের কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের ভোল্টেজ যখন 220 ভোল্ট, তখন এটি 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেয়। কুণ্ডলীর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান :

মনে করি, কুণ্ডলীর রেজিস্ট্যান্স = R

$\therefore$ আমরা জানি, $R = \frac{V}{I}$

$= \frac{220}{2}$

= 110 ohm **(উত্তর)**

দেওয়া আছে,
ভোল্টেজ, V = 220 Volt
কারেন্ট, I = 2 Amps
রেজিস্ট্যান্স, R = ?

সমস্যা-৩। 220 ভোল্ট প্রধান সরবরাহের সাথে একটি বাতি সংযোগ করলে বাতির মধ্য দিয়ে 0.2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যায়। বাতিটির রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান :

মনে করি, রেজিস্ট্যান্স = R

আমরা জানি, বাতিটির রেজিস্ট্যান্স, $R = \frac{V}{I}$

$= \frac{220}{0.2}$

= 1100 ohm **(উত্তর)**

দেওয়া আছে,
ভোল্টেজ, V = 220 Volt
কারেন্ট, I = 0.2 Amps
রেজিস্ট্যান্স, R = ?

সমস্যা-৪। একটি মোটর হেড লাইটের ফিলামেন্ট 5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহন করে। এর প্রান্তদ্বয়ের ভোল্টেজ 6 ভোল্ট, ফিলামেন্টের রেজিস্ট্যান্স কত?

সমাধান :

আমরা জানি, ফিলামেন্টের রেজিস্ট্যান্স, $R = \frac{V}{I}$

$= \frac{6}{5}$

= 1.2 ওহম **(উত্তর)**

দেওয়া আছে,
ভোল্টেজ, V = 6 Volt
কারেন্ট, I = 5 Amps
রেজিস্ট্যান্স, R = ?

সমস্যা-৫। একটি 12 ওহম বৈদ্যুতিক হিটারে 120 ভোল্ট প্রয়োগ হলে কয়েলে কী পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে,
ভোল্টেজ, V = 120 Volt
রেজিস্ট্যান্স ,R = 12Ω
কারেন্ট, I = ?

মনে করি, কয়েলে প্রবাহিত কারেন্ট, $I = \frac{V}{R}$

$= \frac{120}{12}$

= 10 অ্যাম্পিয়ার **(উত্তর)**

সমস্যা-৬। 55 ওহম রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহের জন্য কত ভোল্ট চাপের দরকার হবে ?

দেওয়া আছে,
রেজিস্ট্যান্স, R = 55Ω
কারেন্ট, I = 2 Amps
ভোল্টেজ, V = ?

সমাধান :

ভোল্টেজ, $V = I \times R$

$= 2 \times 55$

= 110 Volt **(উত্তর)**

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওহমের সূত্র অনুযায়ী কোনো নির্দিষ্ট সার্কিটে যদি ভোল্টেজকে বাড়ানো হয়, তবে ঐ সার্কিটে কারেন্ট কী হবে?

২। যদি একটি সার্কিটের আড়াআড়ি ভোল্টেজ দ্বিগুণ করা হয় এবং সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স অর্ধেক করা হয়, তবে কারেন্ট কী হবে?

৩। নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যে কোনো পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্সের মান বেশি হলে কারেন্ট প্রবাহের মান বাড়ে না কমে?

৪। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক কে আবিষ্কার করেন?

৫। ওহম-এর সূত্রানুযায়ী কারেন্টের সূত্রটি লিখ।

৬। ওহম-এর সূত্রানুযায়ী ভোল্টেজের সূত্রটি লিখ ।

৭। ওহম-এর সূত্রানুযায়ী রেজিস্ট্যান্সের সূত্রটি লিখ।

৮। ওহম-এর সূত্রের গাণিতিক সম্পর্কটি লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওহমের সূত্রটি লিখ।

২। ওহমের সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ কী?

৩। ভোল্টেজ V এর মান স্থির থাকলে কারেন্ট I এর মানের কী পরিবর্তন হবে, যদি

(ক) রেজিস্ট্যান্স R এর মান অর্ধেক হয়।

(খ) রেজিস্ট্যান্স R এর মান দ্বিগুণ করা হয়।

৪। রেজিস্ট্যান্স R এর মান স্থির থাকলে কারেন্ট I এর মানের কী পরিবর্তন হবে, যদি

(ক) যদি ভোল্টেজ V এর মান অর্ধেক করা হয়।

(খ) যদি ভোল্টেজ V এর মান দ্বিগুণ করা হয় ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ওহমের সূত্রটি বর্ণনা কর এবং ব্যাখ্যা কর।

২। ওহমের সূত্র হতে প্রমাণ কর যে, $I = \frac{V}{R}$ অ্যাম্পিয়ার।

৩। ওহমের সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ আলোচনা কর।

সমস্যাবলি

সমস্যা-১। একটি বৈদ্যুতিক বাতিতে 0.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। বাতির রেজিস্ট্যান্স 1000 ওহম হলে, ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

উত্তর : 500 ভোল্ট

সমস্যা-২। একটি বৈদ্যুতিক বাতি 0.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেয়। যদি এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 300 ভোল্ট হয়, তবে বাতির রেজিস্ট্যান্স কত ?

উত্তর : 600Ω

সমস্যা-৩। একটি বাতির ভিতর দিয়ে 480 মিলি অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ঐ বাতিকে 220 ভোল্ট সাপ্লাইয়ের সাথে সংযোগ করা হলো। ঐ বাতির রেজিস্ট্যান্স কত?

উত্তর : 458Ω

সমস্যা-৪। 0.6 কিলোওহমের একটি টেলিভিশন 400 মিলি অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেয়। টেলিভিশনটির সরবরাহ ভোল্টেজ কত?

উত্তর : সরবরাহ ভোল্টেজ 240 ভোল্ট

সমস্যা-৫। একটি বাতিকে 220V, 50 সাইকেল/সেকেন্ড এসি সাপ্লাইয়ের সাথে সংযোগ করা হলো। বাতিটির রেজিস্ট্যান্স 440Ω হলে, তাতে কী পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে?

উত্তর : 0.5 অ্যাম্পিয়ার।

সমস্যা-৬। কত ভোল্ট বিভব পার্থক্যে 20 ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি বৈদ্যুতিক বাতি 12.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নিবে?

উত্তর : 250 ভোল্ট।

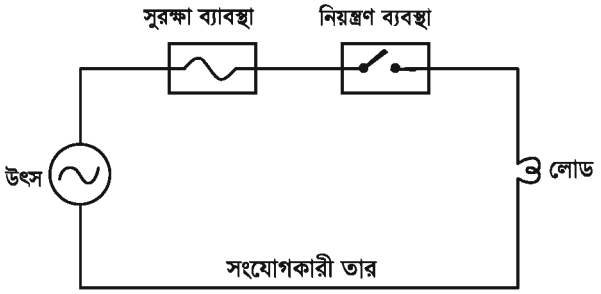
সমস্যা-৭। একটি বৈদ্যুতিক বাতি 0.4 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেয়। যদি এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 240 ভোল্ট হয়ে থাকে, তবে বাতির রোধ কত?

উত্তর : 600 ওহম।

নবম অধ্যায়
বৈদ্যুতিক সার্কিট

৯.১। বৈদ্যুতিক সার্কিট

কোনো বৈদ্যুতিক উৎসের সঙ্গে পরিবাহী, সুইচ, লোড ইত্যাদি সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করা হয়। বিদ্যুৎ কোনো উৎস হতে বের হয়ে পরিবাহী, নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা, সুরক্ষা ব্যবস্থা, লোড প্রভৃতির ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে পুনরায় উৎসে ফিরে আসার পথকে সার্কিট (Circuit) বলে। একে সংক্ষেপে Ckt বলে।



চিত্র : বৈদ্যুতিক সার্কিট

৯.২। আদর্শ বৈদ্যুতিক সার্কিট এবং এর মূল উপাদানসমূহ

আদর্শ সার্কিট : যে সার্কিটে বৈদ্যুতিক উৎস, পরিবাহী (তার), সুরক্ষা যন্ত্র, লোড এবং নিয়ন্ত্রণ ডিভাইস-এ ৫টি উপাদান বিদ্যমান থাকে তাকে আদর্শ সার্কিট বলে।

আদর্শ সার্কিটের উপাদানসমূহ : একটি আদর্শ সার্কিটে নিম্নলিখিত ৫টি উপাদান বিদ্যমান থাকে। যথা–

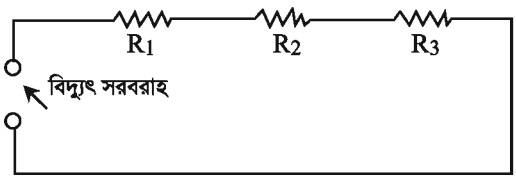
১. বৈদ্যুতিক সোর্স বা উৎস : সাধারণ ব্যাটারি, জেনারেটর ইত্যাদি।
২. **লোড :** বাতি, পাখা, হিটার, ইস্ত্রি, ফ্রিজ, রেডিও, টেলিভিশন ইত্যাদি।
৩. পরিবাহী : বিভিন্ন প্রকার তার, ক্যাবল।
৪. **নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র ঃ** সুইচ।
৫. সুরক্ষাযন্ত্র : ফিউজ, সার্কিট ব্রেকার, রিলে ইত্যাদি।

উপরোক্ত উপাদানসমূহের সব কটি না থাকলেও সার্কিট হতে পারে, তবে তাকে আদর্শ সার্কিট বলা যায় না।

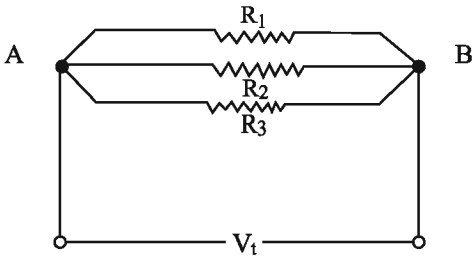
৯.৩। বৈদ্যুতিক সার্কিটের প্রকারভেদ

বৈদ্যুতিক লোডের সংযোগ পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে সার্কিট তিন প্রকার। যথা-
(১) সিরিজ সার্কিট, (২) প্যারালাল সার্কিট, (৩) সিরিজ ও প্যারালাল মিশ্র সার্কিট।

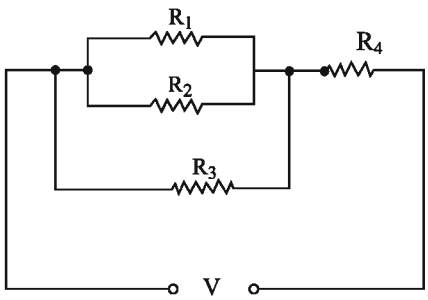
সিরিজ, প্যারালাল ও মিশ্র সার্কিটের সংযোগ চিত্র ঃ



চিত্র : সিরিজ সার্কিট



চিত্র : প্যারালাল সার্কিট



চিত্র : সিরিজ প্যারালাল মিশ্র সার্কিট

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। যে পথ দিয়ে বৈদ্যুতিক কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে কী বলে?

২। আদর্শ বৈদ্যুতিক সার্কিটের মূল উপাদান কয়টি?

৩। বৈদ্যুতিক সার্কিট কত প্রকার ও কী কী?

৪। ৫টি উপাদান ছাড়া বৈদ্যুতিক সার্কিট হতে পারে কিনা?

৫। ২টি বৈদ্যুতিক সোর্স বা উৎস এর নাম লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক সার্কিট কী?

২। আদর্শ সার্কিট কাকে বলে?

৩। একটি আদর্শ সার্কিটের কী কী উপাদান থাকে?

৪। বৈদ্যুতিক সার্কিট কাকে বলে? ইহা কত প্রকার ও কী কী?

৫। ৫টি বৈদ্যুতিক লোডের নাম লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

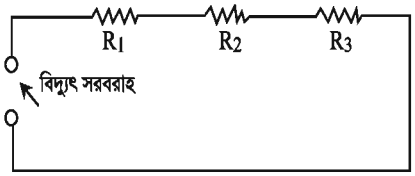
১। বৈদ্যুতিক সার্কিট কাকে বলে? ইহা কত প্রকার ও কী কী? একটি সম্পূর্ণ আদর্শ সার্কিটের চিত্র অঙ্কন করে এর বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।

দশম অধ্যায়
সিরিজ সার্কিট

১০.১ । সিরিজ সার্কিট

কতকগুলি রেজিস্টরকে যদি পরপর এমনভাবে সাজানো হয় যে, প্রথম রেজিস্টরের শেষ প্রান্তের সাথে ২য় রেজিস্টরের প্রথম প্রান্ত, ২য় রেজিস্টরের শেষ প্রান্তের সাথে ৩য় রেজিস্টরের প্রথম প্রান্ত এবং এরূপে বাকিগুলোও সংযুক্ত থাকে এবং সব কটি রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয় তা হলে এ সংযোগকে সিরিজ সংযোগ এবং এইভাবে সংযুক্ত সার্কিটকে সিরিজ সার্কিট বলে । অন্য কথায় বলা যায়, যে সার্কিটে লোডগুলো সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাকে সিরিজ সার্কিট বলে ।

১০.২ । সিরিজ সার্কিটের চিত্র অঙ্কন : চিত্রে একটি সিরিজ সংযোগ দেখানো হলো । এখানে R_1, R_2, এবং R_3 তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে সিরিজে সংযোগ করা হয়েছে ।



চিত্র : সিরিজ সার্কিট

১০.৩ । রেজিস্ট্যান্সের সিরিজ সংযোগের গুরুত্ব

রেজিস্ট্যান্সের সিরিজ সংযোগ খুব বেশি ব্যবহৃত না হলেও কিছু কিছু ক্ষেত্রে এর যথেষ্ট গুরুত্ব আছে । যেমন–

(ক) আলোকসজ্জার কাজে সিরিজ সংযোগ ব্যবহার করা হয় ।

(খ) কম ভোল্টেজের সরঞ্জামাদি বেশি ভোল্টেজের সাপ্লাইয়ে সাথে সংযোগ করার সময় রেজিস্ট্যান্সের সিরিজ সংযোগ ব্যবহার করা হয় ।

(গ) কোনো বৈদ্যুতিক লোডের কারেন্ট প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য ইহার সাথে রেজিস্ট্যান্সের সিরিজ সংযোগ ব্যবহার করা হয় ।

১০.৪ । সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য

নিম্নে সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ দেওয়া হলো–

১ । **কারেন্ট :** সিরিজ সার্কিটের প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের কারেন্ট সমান । অর্থাৎ সার্কিটের প্রতিটি রেজিস্টান্সে কারেন্ট একই থাকে ।

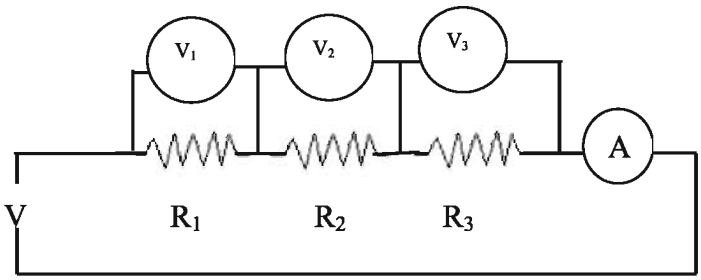
$$\therefore I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = I_n.$$

২। রেজিস্ট্যান্স : সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স ভিন্ন ভিন্ন সংযুক্ত রেজিস্ট্যান্সের মানের যোগফলের সমান।

$\therefore R_t = R_2 + R_2 + R_3 + ... + R_n.$

৩। ভোল্টেজ : সিরিজ সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ, ঘাটতি ভোল্টেজগুলির যোগফলের সমান।

$\therefore \quad V_t = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n$



১০.৫। সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়

যদি দুই বা ততোধিক রেজিস্ট্যান্সকে সিরিজে সংযোগ দেওয়া হয়, তবে এদের ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্সের মান এক সাথে যোগ করলেই মোট রেজিস্ট্যান্সের মান পাওয়া যাবে। । R_1, R_2 , R_3 , R_4 , --- R_n , রেজিস্টরগুলিকে সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$$

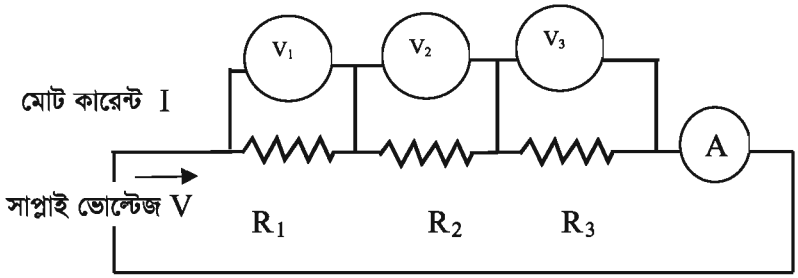
১০.৬। সিরিজ সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়

সিরিজ সার্কিটের কারেন্টের পরিমাণ নির্ণয় করার জন্য প্রথমে মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে এবং সাপ্লাই ভোল্টেজকে মোট রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলেই মোট কারেন্ট পাওয়া যাবে। মনে করি, মোট রেজিস্ট্যান্স R_t, এবং সাপ্লাই ভোল্টেজ V_t

$\therefore$ মোট কারেন্ট $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যামস

১০.৭। সিরিজ সার্কিটের বিভিন্ন অংশের ভোল্টেজ নির্ণয়

সার্কিটে সংযোজিত রেজিস্ট্যান্সের স্ব স্ব পরিমাণের আনুপাতিক হারে সার্কিটে সরবরাহকৃত মোট ভোল্টেজ সকল রেজিস্ট্যান্সের মানের অনুপাতে বিভক্ত হয়। সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করে প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ নির্ণয় করতে হয়। সার্কিটে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের মানকে এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট দ্বারা গুণ করলে প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ পাওয়া যায়।



R_1 , R_2 , R_3 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ যথাক্রমে

$$V_1 = R_1I; \quad V_2 = R_2I \text{ ও } V_3 = R_3I .$$

১০.৮ । সিরিজ সার্কিটের ব্যবহার

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে সিরিজ সার্কিট ব্যবহার করা হয় :

ক. সিরিজ সার্কিট বিভিন্ন আলোকসজ্জার কাজে ব্যবহার করা হয় ।

খ. ভোল্টমিটারের সাথে মালটিপ্লায়ার হিসেবে সিরিজ সার্কিট ব্যবহার করা হয় ।

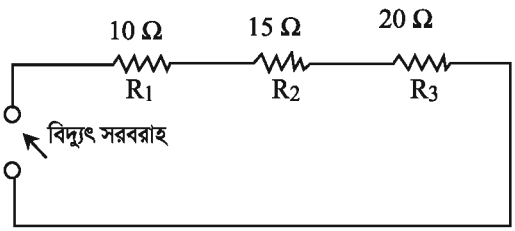
গ. বৈদ্যুতিক মোটর, জেনারেটর প্রভৃতির কয়েলসমূহে সিরিজ সংযোগ ব্যবহার করা হয় ।

ঘ. টর্চলাইট, রেডিও, গাড়ি ইত্যাদির ব্যাটারিতে কারেন্ট নিয়ন্ত্রণের জন্য সিরিজ সার্কিট ব্যবহার করা হয় ।

১০.৯ । সিরিজ সার্কিটের সমস্যা সমাধান

সমস্যা-১ । একটি সিরিজ সার্কিটে 10 ওহম, 15 ওহম এবং 20 ওহম এর তিনটি রেজিস্ট্যান্স দেওয়া আছে । এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর ।

সমাধান :



দেওয়া আছে, $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 15\Omega$

$R_3 = 20\Omega$

$R_s = ?$

সিরিজ সংযোগ অনুসারে আমরা জানি,

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 10 + 15 + 20$$
$$= 45\Omega \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-২ । 10 ওহম ও 15 রেজিস্ট্যান্সের দুটি পরিবাহীকে সিরিজ সংযোগে সাজানো হলো । এদের মোট রেজিস্ট্যান্স কত?

২০২০

সমাধান :

দেওয়া আছে, $R_1 = 10$ ওহম এবং $R_2 = 15$ ওহম।

আমরা জানি, রেজিস্ট্যান্স দুটিকে সিরিজ সংযোগে সংযোগ করলে এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_s,

$R_s = R_1 + R_2 = 10 + 15 = 25$

উত্তর : 25 ওহম।

সমস্যা- ৩। 6 ওহম এর চারটি রেজিস্ট্যান্সকে সিরিজ সংযোগে এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স বের হয়। ধরা যাক সিরিজ সংযোগে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_s

সমাধান :

দেওয়া আছে, রেজিস্ট্যান্স $R = 6$ ওহম, রেজিস্ট্যান্সের সংখ্যা $n = 4$;

সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $= R_s$

সুতরাং সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $R_s = nR = 4 \times 6 = 24$ ওহম।

উত্তর : 24 ওহম।

সমস্যা- ৪। 10 ওহম, 15 ওহম ও 35 ওহমের তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে সিরিজে সংযোগ করে উক্ত সার্কিটকে 120 ভোল্ট সাপ্লাইয়ের সাথে সংযোগ করা হলো। সার্কিটের মোট কারেন্ট ও প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে, তিনটি রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে $R_1 = 10\ \Omega$; $R_2 = 15\ \Omega$; $R_3 = 35\ \Omega$; $V = 120$ ভোল্ট

মোট রেজিস্ট্যান্স $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$= 10 + 15 + 35$

$= 60\ \Omega$

ওহমের সূত্র হতে পাই, মোট কারেন্ট $I = \frac{V}{R_s} = \frac{120}{60} = 2$ Amps.

যেহেতু প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে একই কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সুতরাং

R_1 এর ভোল্টেজ $V_1 = I \times R_1 = 2 \times 10 = 20$ ভোল্ট

R_2 এর ভোল্টেজ $V_2 = I \times R_2 = 2 \times 15 = 30$ ভোল্ট

R_3 এর ভোল্টেজ $V_3 = I \times R_3 = 2 \times 35 = 70$ ভোল্ট

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। সিরিজ সার্কিটে কোন রাশি স্থির থাকে?

২। সিরিজ সার্কিটে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স এর মান বাড়ে না কমে?

৩। সিরিজ সার্কিটে লোড বাড়ালে সার্কিটের কারেন্টের কী পরিবর্তন হবে?

৪। একই মানের বিভিন্ন রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা হলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করার সহজ উপায় কী?

৫। বিভিন্ন মানের একাধিক রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা হলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করার সহজ উপায় কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। সিরিজ সার্কিট বলতে কী বুঝ?

২। সিরিজ সার্কিটে সংযুক্ত রেজিস্ট্যান্সের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করার সূত্রটি লিখ।

৩। R_1 , R_2 , R_3, R_4 এই চারটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কত হবে?

৪। R_1 , R_2 , R_3, R_4 এই চারটি রেজিস্ট্যান্স দ্বারা একটি সিরিজ সার্কিট অঙ্কন কর।

৫। সিরিজ সার্কিটের ব্যবহার লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। সিরিজ সার্কিট কাকে বলে? সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।

২। সিরিজ সার্কিটের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লিখ।

৩। প্রমাণ কর যে, সিরিজ সংযোগে মোট রেজিস্ট্যান্স $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \text{----------} + R_n$.

৪। সিরিজ সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

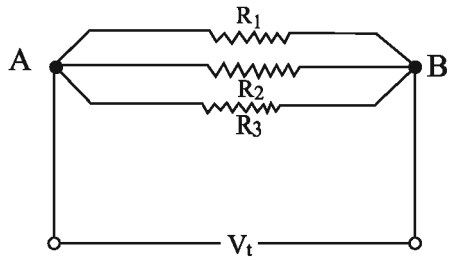
৫। সিরিজ সার্কিটের বিভিন্ন অংশের ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

একাদশ অধ্যায়
প্যারালাল সার্কিট

১১.১ । প্যারালাল সার্কিটের সংজ্ঞা

কতকগুলি রেজিস্টরকে যদি এমনভাবে সংযোগ করা হয় যেন, এদের সবকটির এক প্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে এবং প্রতিটি রেজিস্টরের দুই প্রান্তে একই ভোল্টেজ বজায় থাকে তবে এইরূপ সংযোগকে প্যারালাল সংযোগ বলে। আর এভাবে প্যারালালে সংযোজিত সার্কিটকে প্যারালাল সার্কিট বলে। অন্য কথায় বলা যায়, যে সার্কিটে লোডগুলো প্যারালালে সংযুক্ত থাকে, তাকে প্যারালাল সার্কিট বলে।

১১.২ । প্যারালাল সার্কিটের সংযোগ চিত্র



চিত্র : প্যারালাল সার্কিট

এখানে R_1 , R_2 , R_3 তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে প্যারালালে সংযোগ করা হয়েছে। রেজিস্ট্যান্সগুলির এক প্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দু A তে এবং অপর প্রান্তগুলি আর একটি সাধারণ বিন্দু B তে সংযোগ করা হয়েছে।

১১.৩ । প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য

নিম্নে প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ বর্ণিত হলো–

১। **কারেন্ট :** প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্স দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মানের যোগফলের সমান।

অর্থাৎ, $I_P = I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n$.

২। **রেজিস্ট্যান্স :** প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মান প্রতিটি ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মানের যোগফলের সমান।

অর্থাৎ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{23}} + ... \frac{1}{R_n}$

৩. ভোল্টেজ : প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তা সাপ্লাই ভোল্টেজের সমান।

অর্থাৎ, $V_P = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = V_n$

১১.৪। রেজিস্ট্যান্সের প্যারালাল সংযোগের গুরুত্ব

যেসব স্থানে সরবরাহ ভোল্টেজের সমান ভোল্টেজ সরবরাহ করার প্রয়োজন, সেসব স্থানে প্যারালাল সার্কিট ব্যবহার করা হয়। যেমন বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত, সড়ক বাতি, খেলার মাঠ, কলকারখানা ইত্যাদি স্থানে প্যারালাল সার্কিট ব্যবহার করা হয়।

প্যারালাল সার্কিটের গুরুত্ব অনেক বেশি, কারণ–

১. সার্কিটের কোনো একটি লোড নষ্ট হলে অন্য সকল লোড ঠিক থাকে।

২. স্বীয় ক্ষমতা অনুযায়ী এ সার্কিটের বাতিগুলো জ্বলে।

৩. সার্কিটের প্রতিটি লোড আলাদা আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

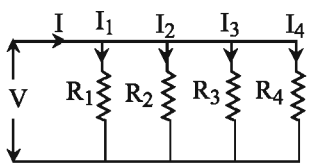
৪. প্যারালাল সার্কিটে ভোল্টেজ ড্রপ হয় না।

৫. কারেন্ট প্রবাহের একাধিক পথ আছে।

১১.৫। প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়

যখন কতগুলো রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করা হয় তখন এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মান প্রতিটি ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মানের যোগফলের সমান।

মনে করি, R_1, R_2, R_3 ও R_4 চারটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত আছে। সংযোগ বিন্দুতে বিভব পার্থক্য বা ভোল্টেজ V ভোল্ট এবং রেজিস্ট্যান্সগুলির মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যথাক্রমে I_1, I_2, I_3 ও I_4 অ্যাম্পিয়ার।



R_1 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, $I_1 = \dfrac{V}{R_1}$

R_2 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, $I_2 = \dfrac{V}{R_2}$

R_3 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, $I_3 = \dfrac{V}{R_3}$

R_4 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট, $I_4 = \dfrac{V}{R_3}$

$\therefore$ সার্কিটের মোট কারেন্ট $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

বা, $$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_4}$$

$$I = V\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)$$

$$\frac{I}{V} = \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right) \quad \text{[V দ্বারা ভাগ করে]}$$

সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} \quad (V = IR_p)$$

∴ n সংখ্যক রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত থাকলে প্রমাণ করা যায় যে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots\ldots\ldots\ldots+\frac{1}{R_n}$$

১১.৬। প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়

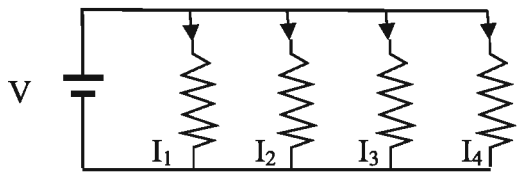
প্যারালাল সার্কিটের বিভিন্ন শাখার রেজিস্ট্যান্সের অনুপাতে শাখাগুলিতে ভিন্ন ভিন্ন কারেন্ট প্রবাহিত হয়। প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট বিভিন্ন শাখার কারেন্টগুলির যোগফলের সমান।

বিভিন্ন শাখার কারেন্ট যথাক্রমে $I_1, I_2, I_3, I_4,$ ------ I_n হলে

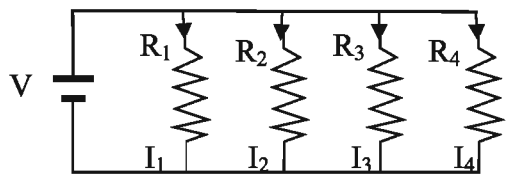
মোট কারেন্ট $I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 +$ -----$+ I_n$

সাপ্লাই ভোল্টেজকে প্যারালাল সার্কিটের মোট বা সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলে মোট কারেন্ট পাওয়া যায়। অর্থাৎ

$I_t = \frac{V}{R_{eq}}$ অ্যাম্‌স। এখানে সাপ্লাই ভোল্টেজ V সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_{eq}.



প্যারালাল সার্কিটের বিভিন্ন অংশের কারেন্ট নির্ণয় :



২০২০

যেহেতু প্যারালাল সার্কিটে প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের ভোল্টেজ সমান এবং তা সাপ্লাই ভোল্টেজের সমান। সুতরাং প্রতিটি শাখার ভোল্টেজকে ঐ শাখার রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলে কারেন্ট পাওয়া যাবে।

$$\therefore\ I_1 = \frac{V}{R_1}\ ;\ \ I_2 = \frac{V}{R_2}\ ,\ I_3 = \frac{V}{R_3}\ ,\ I_4 = \frac{V}{R_4}$$

সুতরাং মোট কারেন্ট $I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

দুইটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করা হলে, শাখা কারেন্ট হিসাব করার সূত্র :

দুইটি রেজিস্ট্যান্স R_1 ও R_2 এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যথাক্রমে I_1 ও I_2 হলে

$I_1 = I \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$; $I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$; এখানে I সার্কিটের মোট কারেন্ট।

সমমানের একাধিক রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত থাকলে, যে কোনো একটি রেজিস্ট্যান্সের ওহম মানকে মোট রেজিস্ট্যান্সের সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলেই তাদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স এর মান পাওয়া যাবে।

$R_{eq} = \frac{R_n}{n}$ এখানে R_{eq} = সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স, R_n = প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের মান,

n = রেজিস্ট্যান্স এর মোট সংখ্যা।

১১.৭। প্যারালাল সার্কিটের ব্যবহার

প্যারালাল সার্কিট সাধারণত বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত, সড়ক বাতি, খেলার মাঠ, কলকারখানা, দোকানপাট প্রভৃতি স্থানে ব্যবহৃত হয়। প্যারালাল সার্কিটের সুবিধা অনেক বেশি। তাই প্যারালাল সার্কিটের ব্যবহারও বেশি। প্যারালাল সার্কিটের সুবিধাসমূহ–

১. সার্কিটের কোনো একটি লোড নষ্ট হলে অন্য সকল লোড ঠিক থাকে।
২. স্বীয় ক্ষমতা অনুযায়ী এ সার্কিটের বাতিগুলো জ্বলে।
৩. সার্কিটের প্রতিটি লোড আলাদা আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।
৪. প্যারালাল সার্কিটে ভোল্টেজ ড্রপ হয় না।
৫. কারেন্ট প্রবাহের একাধিক পথ আছে।

১১.৮। প্যারালাল সার্কিট সংক্রান্ত সমস্যা ও সমাধান

সমস্যা-১। 5 ওহম এবং 10 ওহম এর দুটি রেজিস্টর প্যারালালে সংযোগ করা হলো। যদি 10 ওহম-এর মধ্য দিয়ে 2.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে 5 ওহম এর কারেন্ট কত?

সমাধান :

মনে করি, 5 ওহম রেজিস্টরের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট I_1

$\therefore\ R_1 = 5\Omega$

$R_2 = 10\Omega$

২০২০

$I_2 = 2.5$ Amp.

$I_1 = ?$

আমরা জানি, প্যারালাল সার্কিটের প্রতিটি লোডের ভোল্টেজ সমান।

$\therefore \quad V_1 = V_2$

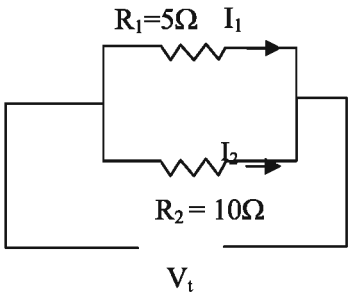
বা, $I_1R_1 = I_2R_2$ $(V = IR)$

বা, $I_1 = \dfrac{I_2R_2}{R_1}$

বা, $I_1 = \dfrac{2.5 \times 10}{5}$

বা, $I_1 = 5$

উত্তর : $I_1 = 5$ অ্যাম্পিয়ার



সমস্যা-২। 4 ওহম এবং 6 ওহম এর দুটি রেজিস্টরকে প্যারালালে সংযোগ করা হলো। যদি 4 ওহম এর অন্য একটি রেজিস্টরের সাথে সিরিজ সংযোগ করা হয়। যদি 6 ওহম রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে সরবরাহ ভোল্টেজ কত হবে?

সমাধান :

যেহেতু প্যারালাল সার্কিটের ভোল্টেজ সমান,

$\therefore \quad V_1 = V_2$

বা, $R_1I_1 = R_2I_2$

$I_1 = \dfrac{R_2I_2}{R_1}$,

বা, $I_1 = \dfrac{6 \times 2}{4}$

বা, $I_1 = 3$ Amp

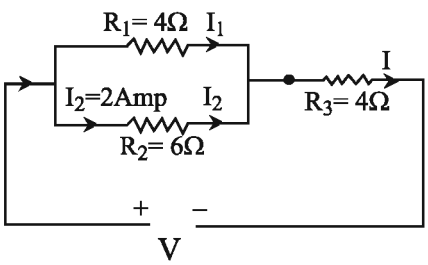
সার্কিটের মোট কারেন্ট

$= I_1 + I_2$ Amp

$= 3 + 2$ Amp

$= 5$

এখানে,
$R_1 = 4\Omega$
$R_2 = 6\Omega$
$I_2 = 2$ Amp
$R_3 = 4\Omega$
সরবরাহ ভোল্টেজ, $V = ?$



R_1 ও R_2 এর সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $R_p = \dfrac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}\Omega$

$$= \frac{4 \times 6}{4 + 6}\Omega = \frac{24}{10}\Omega = 2.4\Omega$$

সার্কিটের সর্বমোট রেজিস্ট্যান্স, $R = R_p + R_3$

২০২০

$= 2.4 + 4 = 6.4\Omega$

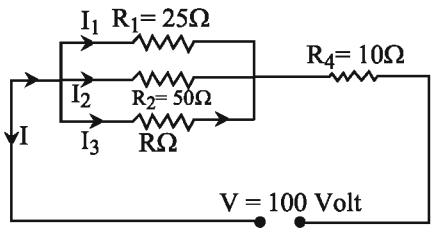
$\therefore$ সরবরাহ ভোল্টেজ $V = IR = 5 \times 6.4$ ভোল্ট

$= 32$ ভোল্ট

উত্তর : 32 ভোল্ট।

সমস্যা-৩। 25 ওহম, 50 ওহম এবং R ওহম এর তিনটি রেজিস্টরকে প্যারালালে সংযোগ করে 10 ওহম এর অন্য একটি রেজিস্টরের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হলো। পরে সার্কিটটিতে 100 ভোল্ট প্রয়োগ করলে, মোট কারেন্ট 5 অ্যাম্পিয়ার, 25 ওহম এ 2 অ্যাম্পিয়ার এবং 50 ওহম এ 1 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে R মান কত হবে?

সমাধান :



এখানে, $R_1 = 25$ ওহম

$I_1 = 2$ অ্যাম্পিয়ার

$R_2 = 50$ ওহম

$I_2 = 1$ অ্যাম্পিয়ার;

$R = ?$

সার্কিটের মোট কারেন্ট $I = 5$ অ্যাম্পিয়ার

$\therefore$ R ওহমের কারেন্ট $I_3 = 5 - (I_1 + I_2) = 5 - (2 + 1)$

$= 5 - 3 = 2$ অ্যাম্পিয়ার

R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ $= 1 \times 50$ ভোল্ট $= 50$ ভোল্ট

প্যারালাল সার্কিট বলে R_2 ও R এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ সমান।

$\therefore$ R এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ $I_3 \times R = 50$

বা, $R = \frac{50}{I_3} = \frac{50}{2}$

$\therefore$ $R = 25$ ওহম

উত্তর : R এর মান 25 ওহম।

সমস্যা-৪। প্যারালালে সংযোগকৃত একটি সার্কিটে 10 ওহম, 15 ওহম এবং 20 ওহম-এর তিনটি রেজিস্ট্যান্স দেওয়া আছে। এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

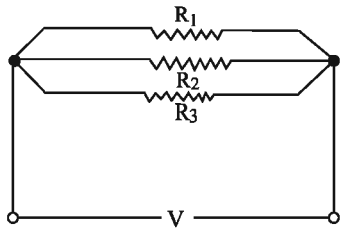
সমাধান :

ধরি, রেজিস্ট্যান্সগুলো যথাক্রমে, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 15\Omega$, $R_3 = 20\Omega$

২০২০

$\therefore$ প্যারালালে সংযোগে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স

$\therefore$ $R_p = ?$



প্যারালাল সংযোগে আমরা জানি,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{6+4+3}{60} = \frac{13}{60}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{13}{60}$

বা, $13R_p = 60$

বা, $\mathbf{R}_p = \frac{60}{13}$

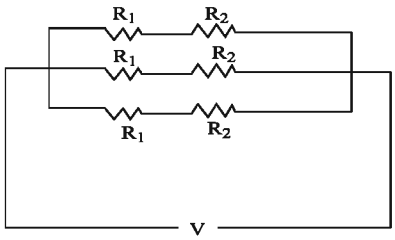
$\therefore$ $R_p = 4.62\Omega$

উত্তর : এদের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 4.62Ω ।

সমস্যা-৫ । 10 ওহম ও 15 ওহম রেজিস্ট্যান্স বিশিষ্ট দুটি পরিবাহীকে সিরিজ সংযোগে সংযোগ দেওয়া হলো । এরূপ তিনটি দল বা সেটকে প্যারালাল সংযোগে সাজানো হলো । এদের মোট রেজিস্ট্যান্স কত?

সমাধান ঃ

এখানে,
$R_1 = 10\Omega$
$R_2 = 15\Omega$



মনে করি, মোট রেজিস্ট্যান্স = R

আমরা জানি,

রেজিস্ট্যান্স দুটিকে সিরিজ সংযোগে সাজালে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স

$R_S = (R_1 + R_2) = 10 + 15 = 25\Omega$

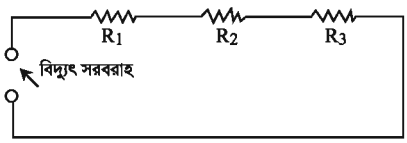
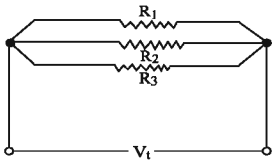
এরূপ তিনটি দলকে প্যারালাল সংযোগ দিলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_p হলে,

$R_p = \frac{25}{3}\Omega = 8.33$

উত্তর : মোট রেজিস্ট্যান্স 8.33Ω ।

২০২০

১১.৯। সিরিজ ও প্যারালাল সার্কিটের তুলনা :

সিরিজ সার্কিট	প্যারালাল সার্কিট
১। মোট রেজিস্ট্যান্সের মান সার্কিটের সকল রেজিস্ট্যান্সের মানের যোগফলের সমান। $R_t = R_1 + R_2 + \text{------} R_n$ ২। সকল রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে একই কারেন্ট প্রবাহিত হয়। $I_t = I_1 = I_2 = \text{-----} I_n$. ৩। সরবরাহকৃত ভোল্টেজ প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের ভোল্টেজ পার্থক্যের যোগফলের সমান। $V_t = V_1 + V_2 + \text{-------} V_n.$ ৪। সিরিজ সার্কিটের সংযোগ  	১। মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মান প্রতিটি ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত যোগফলের সমান। $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{23}} + \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{1}{R_n}$ ২। প্রতিটি লোডের মান অনুপাতে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। মোট কারেন্ট সকল লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের যোগফলের সমান। $I_t = I_1 + I_2 + \text{-----} I_n$ ৩। প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের ভোল্টেজ সমান থাকে। $V_t = V_1 = V_2 = \text{-------} V_n.$ ৪। প্যারালাল সার্কিটের সংযোগ 

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। প্যারালাল সার্কিটের লোড বাড়লে সার্কিটের কারেন্টের কী পরিবর্তন হয়?

২। প্যারালাল সার্কিটে নতুন রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স বাড়ে না কমে?

৩। প্যারালাল সার্কিট বেশি ব্যবহৃত হওয়ার কারণ কী?

৪। প্যারালাল সার্কিটে কী স্থির থাকে?

৫। প্যারালাল সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কমাতে হলে এর সাথে রেজিস্ট্যান্স কীভাবে সংযোগ করতে হবে?

৬। R_1 , R_2 , R_3 , R_4 এই রেজিস্ট্যান্সগুলি দ্বারা একটি প্যারালাল সার্কিট তৈরি কর।

৭। R_1 , R_2 , R_3 রেজিস্ট্যান্সগুলি প্যারালালে সংযোগ করা হলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কত হবে?

৮। আমাদের দেশে বাসগৃহ, অফিস-আদালত ও কলকারখানায় লাইটিং সার্কিটে কোন ধরনের সংযোগ বেশি ব্যবহৃত হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। প্যারালাল সার্কিট কাকে বলে?

২। প্যারালাল সার্কিট কোথায় কোথায় ব্যবহার করা হয়?

৩। প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য লিখ।

৪। প্যারালাল সার্কিটের সুবিধা কী?

৫। একই মানের বিভিন্ন রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স-এর মান নির্ণয় করার সহজ উপায় কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। প্যারালাল সার্কিট কাকে বলে? প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।

২। প্যারালাল সার্কিটের সুবিধা-অসুবিধা আলোচনা কর।

৩। প্যারালাল সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

৪। প্যারালাল সার্কিটের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{---------} \frac{1}{R_n}$

সমস্যাবলি

১। 50 ওহম , 100 ওহম ও 150 ওহমের তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে প্যারালালে সংযোগ করা হলে মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কত হবে?

উত্তর : 27.27 ওহম।

২০২০

২। 50 ওহম, 100 ওহম ও 150 ওহমের তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে প্যারালালে সংযোগ করে এই সার্কিটকে 250 ভোল্ট সরবরাহের সাথে সংযোগ করা হলে সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।
উত্তর : 9.167 অ্যাম্পিয়ার।

৩। 50 ওহম, 100 ওহম ও 150 ওহমের তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে প্যারালালে সংযোগ করা হলো। 50 ওহম ও 100 ওহম রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে যথাক্রমে 5 অ্যাম্পিয়ার ও 2.5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হলে 150 ওহম রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে কত কারেন্ট প্রবাহিত হবে?
উত্তর : 1.67 অ্যাম্পিয়ার।

৪। 20 ওহম ও 30 ওহমের দুইটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযুক্ত আছে। এই সার্কিটের মোট কারেন্ট 10 অ্যাম্পিয়ার হলে প্রতিটি রেজিস্ট্যান্সের কারেন্ট নির্ণয় কর।
উত্তর : 4 অ্যাম্পিয়ার ও 6 অ্যাম্পিয়ার।

দ্বাদশ অধ্যায়
সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট

১২.১। সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিটের সংজ্ঞা

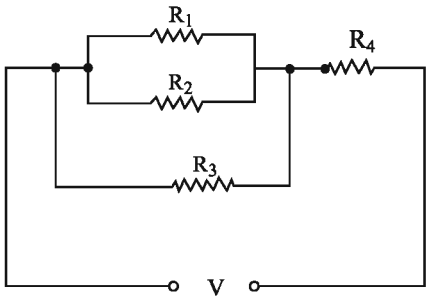
যখন কোনো সার্কিটে কিছু উপাদান সিরিজে এবং কিছু উপাদান প্যারালালে সংযোগ করা হয়, তখন তাকে সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট বলে।

সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট নিম্নলিখিত উপায়ে গঠিত হতে পারে–

(ক) দুই বা ততোধিক লোড প্যারালালে সংযোগ করে উক্ত প্যারালাল ইউনিটগুলিকে সিরিজে সংযোগ করে।
(খ) দুই বা ততোধিক লোড সিরিজে সংযোগ করে উক্ত সিরিজ ইউনিটগুলিকে প্যারালালে সংযোগ করে।
(গ) ক ও খ এর সমন্বয়েও এই সার্কিট গঠন করা যায়।

১২.২। সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিটের চিত্র

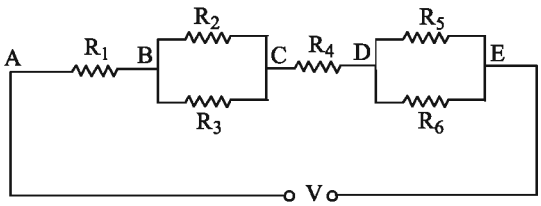
নিচে একটি মিশ্র সার্কিট দেখানো হলো–



চিত্র : সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট

১২.৩। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের হিসাব :



চিত্র : মিশ্র সার্কিট

প্রদর্শিত চিত্রে মিশ্র সার্কিটের–

BC অংশে : প্যারালাল শাখা R_2 এবং R_3 এর সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স–

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

আবার, DE অংশে : প্যারালাল শাখা R_5 এবং R_6 এর সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স–

$$R_{56} = \frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6}$$

$\therefore$ সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $R_T = (R_1 + R_{23} + R_4 + R_{56})$

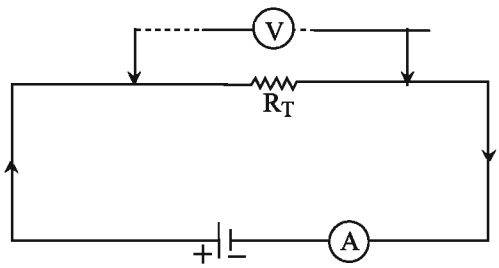
উপরে উল্লিখিত নিয়মে মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স বের করতে হবে।

১২.৪ । সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়

সরবরাহকৃত ভোল্টেজকে মোট রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলে মোট কারেন্ট পাওয়া যাবে।

মনে করি, সরবরাহকৃত ভোল্টেজ V; মোট রেজিস্ট্যান্স R_T হলে, মোট কারেন্ট $I = \frac{V}{R_T}$

প্রথমে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করে পরে সরবরাহ ভোল্টেজকে মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলে মোট কারেন্ট পাওয়া যায়।

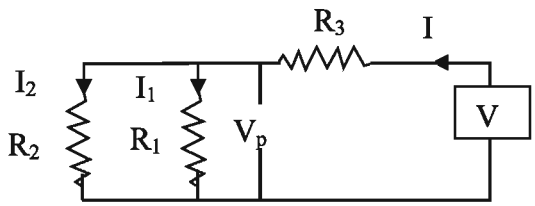


চিত্র : মিশ্র সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়

১২.৫ । সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের বিভিন্ন অংশের কারেন্ট নির্ণয়

সরবরাহকৃত ভোল্টেজকে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স দ্বারা ভাগ করলে মোট কারেন্ট পাওয়া যাবে।

মোট কারেন্ট $I = \frac{V}{R_T}$



সিরিজপারালাল সার্কিটের প্যারালাল অংশের ভোল্টেজ, মোট কারেন্ট এবং সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের গুণফলের সমান। সুতরাং, $V_p = I \times R_{eq}$

R_{eq} = প্যারালাল অংশের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স।

V_p = প্যারালাল অংশের ভোল্টেজ।

R_3 এর মধ্য দিয়ে মোট কারেন্ট I প্রবাহিত হবে।

R_2 এর কারেন্ট $I_2 = \frac{V_p}{R_2}$ এবং R_1 এর কারেন্ট $I_1 = \frac{V_p}{R_1}$

মোট কারেন্ট $I = I_1 + I_2$

১২.৬। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের বিভিন্ন অংশের ভোল্টেজ নির্ণয়

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ হতে সিরিজ রেজিস্ট্যান্সের জন্য ঘাটতি ভোল্টেজ বিয়োগ করলে প্যারালাল অংশের প্রাপ্ত ভোল্টেজ পাওয়া যাবে।

অর্থাৎ $V_p = (V - V_3)$। প্যারালাল রেজিস্ট্যান্স R_1 এবং R_2 এর দুই প্রান্তে একই ভোল্টেজ V_p পাওয়া যাবে।

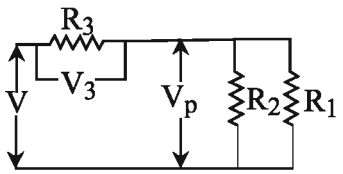
এখানে, $V_3 = ?$

সিরিজ রেজিস্ট্যান্সের জন্য–

ঘাটতি ভোল্টেজ V_3 = কারেন্ট × সিরিজ রেজিস্ট্যান্স।

$\therefore \quad V_3 = I \times R3$

$V_p = (V - V_3)$

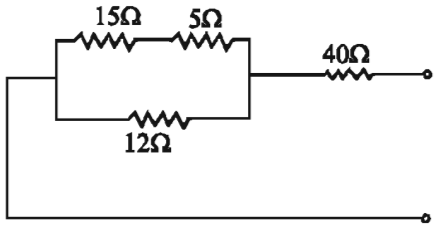


১২.৭। সিরিজ-পারালাল সার্কিট সংক্রান্ত সমস্যা ও সমাধান

সমস্যা-১। 12 ওহম একটি রেজিস্ট্যান্স 15 ওহম ও 5 ওহম এর সিরিজ শাখার সাথে প্যারালালে যুক্ত করার পর যদি সমগ্র সার্কিটের সাথে একটি 40 ওহম রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যুক্ত করা হয়, তবে সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্সের মান কত?

সমাধান : ধরি, R_1=12 Ω, R_2 = 15Ω, R_3 = 5Ω, R_4 = 40Ω, এবং প্যারালাল অংশের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স = R_p , প্যারালাল সার্কিটের সূত্রমতে,

২০২০



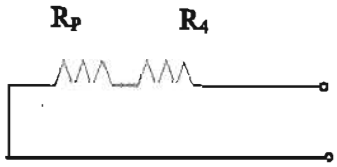
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{12} + \frac{1}{(15+5)}$$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{12} + \frac{1}{20}$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{5+3}{60}$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{8}{60}$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{2}{15}$



বা, $2R_P = 15$, বা, $R_P = \frac{15}{2}$

$\therefore$ $R_P = 7.5$ ওহম

এখন, সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্স, $R_T = 7.5 + 40 = 47.5$ ওহম

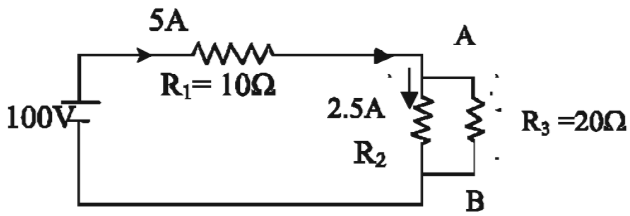
উত্তর : সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্স 47.5Ω

সমস্যা-২ । প্রদর্শিত সার্কিটটিতে

(ক) ২.৫A-এ রেজিস্ট্যান্স কত?

(খ) ২০ ওহম এর কারেন্ট কত?

সমাধান



চিত্র : সার্কিট

সিরিজ অংশের ভোল্টেজ ড্রপ = 5 × 10 = 50 ভোল্ট

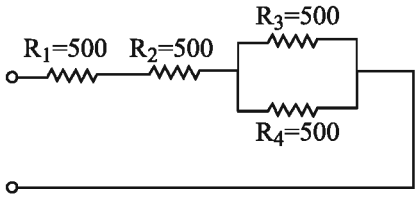
$\therefore$ প্যারালাল অংশের ভোল্টেজ $V_{AB} = 100 - 50 = 50$ ভোল্ট

$\therefore$ $R_2 = \frac{V_{AB}}{2.5} = \frac{50}{2.5} = 20\Omega$ Ans.

20 ওহম রেজিস্ট্যান্সের কারেন্ট, $I = \frac{V_{AB}}{20} = \frac{50}{20} = 2.5A$

২০২০

সমস্যা-৩। চারটি রেজিস্ট্যান্সের সমন্বয়ে তৈরি একটি মিশ্র সার্কিটে দুটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে ও দুটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে যুক্ত আছে। প্রতিটির মান 500 ওহম হলে, সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্স মান কত?



চিত্র : মিশ্র সার্কিট

সমাধান :

প্যারালাল অংশের মোট রেজিস্ট্যান্স,

$$R_p = \frac{500 \times 500}{500 + 500}$$

$$= \frac{500 \times 500}{1000}$$

$$= \frac{500}{2} = 250\Omega$$

সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স,

$$R_T = 500 + 500 + R_p$$

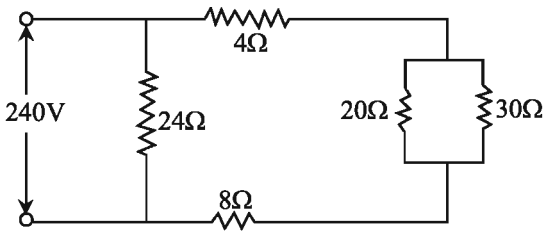
$$= 500 + 500 + 250$$

$$= 1250\Omega$$

উত্তর : মোট সমবেত রেজিস্ট্যান্স = 1250 ওহম।

সমস্যা-৪। নিম্নের সার্কিট হতে মোট রেজিস্ট্যান্স, মোট কারেন্ট এবং 30 ওহম মধ্য দিয়ে কত কারেন্ট যায় বের কর।

সমাধান :



চিত্র : সার্কিট

ধরি, $R_1 = 24\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $R_4 = 30\Omega$ এবং $R_5 = 8\Omega$

২০২০

R_3 ও R_4 প্যারালালে সংযুক্ত, $R_p = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$

$$= \frac{20 \times 30}{20 + 30}$$

$$= \frac{20 \times 30}{50}$$

$$= 12\Omega$$

এখন, R_2, R_p ও R_5 সিরিজ সংযুক্ত

$\therefore \quad R_S = R_2 + R_p + R_5$

$= 4 + 12 + 8 = 24\Omega$

আবার, R_1 ও R_s প্যারালাল সংযুক্ত ।

$\therefore$ মোট রেজিস্ট্যান্স $R_t = \frac{R_1 \times R_S}{R_1 + R_S}$

$$= \frac{24 \times 24}{24 + 24} = \frac{24 \times 24}{48} = 12\Omega$$

সার্কিটের মোট কারেন্ট, $I = \frac{V}{R_t} Amp$

$$= \frac{240}{12} = 20 \text{ Amp.}$$

R_1 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট $I_1 = \frac{240}{24} = 10 Amp.$

$\therefore$ 4Ω এর কারেন্ট $I_2 = (20 - 10)$ Amp = 10 Amp

$\therefore$ 30Ω এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট $I_4 = \frac{I_2 \times 20}{20 + 30}$

$$= \frac{10 \times 20}{20 + 30} = \frac{10 \times 20}{50}$$

$$= 4 \text{ Amp}$$

উত্তর : মোট রেজিস্ট্যান্স 12Ω

মোট কারেন্ট 20 Amp

30Ω এর কারেন্ট 4 Amp

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। R_1 ওহম এবং R_2 ওহমের দুইটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করে ইহার সাথে R_3 ওহমের একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগের একটি সার্কিট অঙ্কন কর।

২। প্যারালাল সার্কিটের সাথে যে কোনো মানের একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স বাড়বে না কমবে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট কী?

২। একটি সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট অংকন কর।

৩। কি কি উপায়ে সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিট তৈরি করা যায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। মিশ্র সংযোগ বা মিশ্র সার্কিট বলতে কী বুঝায়?

২। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

৩। সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।

৪। সিরিজ-প্যারালাল মিশ্র সার্কিটের বিভিন্ন অংশের ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

সমস্যাবলি

১। প্যারালালে সংযুক্ত 4 ওহম এবং 10 ওহম দুইটি রেজিস্ট্যান্সের সমন্বিত একটি সার্কিটের সাথে অপর একটি 12 ওহমের রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযুক্ত আছে। যদি 12 ওহম রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তবে

(ক) 4 ওহম ও 10 ওহম রেজিস্ট্যান্সের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান কত?

(খ) সমগ্র সার্কিটের বিপরীতে কত ভোল্ট প্রয়োগ করতে হবে?

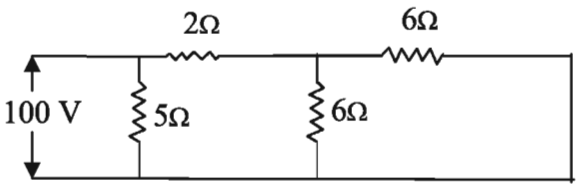
উত্তর : (ক) 4 ওহম এর কারেন্ট 1.43 অ্যাম্পিয়ার; 10 ওহম এর কারেন্ট 0.57 অ্যাম্পিয়ার

(খ) সমগ্র সার্কিটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ 29.71 ভোল্ট ।

২। নিম্নের সার্কিটে

(ক) 5 ওহম রেজিস্ট্যান্সের কারেন্ট কত?

(খ) 6 ওহম রেজিস্ট্যান্সে ভোল্টেজ ড্রপ কত?



উত্তর : (ক) 5 ওহম রেজিস্ট্যান্সের কারেন্ট 20 অ্যাম্পিয়ার

(খ) 6 ওহম রেজিস্ট্যান্সে ভোল্টেজ ড্রপ 60 ভোল্ট।

২০২০

ত্রয়োদশ অধ্যায়
চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ

চুম্বক

১৩.১। চুম্বকের সংজ্ঞা

চুম্বক এমন একটি পদার্থ যা লোহা, নিকেল, কোবাল্ট ইত্যাদিকে আকর্ষণ করে এবং একে সুতা দ্বারা মুক্তভাবে ঝুলিয়ে রাখলে সর্বদা উত্তর-দক্ষিণ দিক নির্দেশ করে। তাছাড়া চুম্বক দ্বারা অন্য চৌম্বক পদার্থকেও চুম্বকে পরিণত করা যায়। সুতরাং যে পদার্থের দিকদর্শী ও আকর্ষণী ধর্ম আছে এবং যে পদার্থ দ্বারা অন্য চৌম্বক পদার্থেও এ ধর্ম সঞ্চালন করা যায় তাকে চুম্বক বলে।

১৩.২। চুম্বকের ধর্ম

চুম্বকের মূলধর্ম চারটি। যথা– (১) আকর্ষণী ধর্ম, (২) দিকদর্শী ধর্ম, (৩). দুই প্রান্তে বিপরীত মেরু ধর্ম, (৪) চুম্বকীকরণ ধর্ম।

আকর্ষণী ধর্ম : চুম্বক লোহা বা লোহা মিশ্রিত ধাতু অথবা চৌম্বক পদার্থকে আকর্ষণ করে। একটি চুম্বককে লোহার গুঁড়ার মধ্যে রাখলে লোহার গুঁড়াগুলো এর চারদিকে জড়িয়ে ধরবে। এটি হচ্ছে চুম্বকের আকর্ষণী ধর্ম। যে ধর্মের জন্য চুম্বক অন্যান্য পদার্থকে আকর্ষণ করে তাকে চুম্বকের আকর্ষণ ধর্ম বলে। চুম্বক অন্য একটি চুম্বকের বিপরীত মেরু এবং চৌম্বক পদার্থকে আকর্ষণ করে কিন্তু শুধু অন্য একটি চুম্বকের সমমেরুকে বিকর্ষণ করে। এটাই চুম্বকত্বের নিশ্চিত প্রমাণ।

দিকদর্শী ধর্ম : এ ধর্মের জন্য চুম্বক দিক নির্দেশ করতে পারে। একটি চুম্বককে সুতা দ্বারা মুক্তভাবে ঝুলিয়ে দিলে এটি সর্বদা উত্তর-দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকবে। যে ধর্মের দ্বারা চুম্বক দিক নির্দেশ করতে পারে, তাকে চুম্বকের দিকদর্শী ধর্ম বলে। চুম্বকের এ ধর্মের বলেই আদিকালে নাবিকেরা অকূল সাগরে জাহাজ পরিচালনা করতেন। সেজন্য একে পথ নিদের্শক পাথর (leading stone) বলা হয়।

দুই প্রান্তে বিপরীত মেরু ধর্ম : চুম্বকের দুই প্রান্তে বিপরীত মেরু সর্বদা লক্ষ্য করা যায়। দুইটি চুম্বকের সমধর্মী মেরু পরস্পরের কাছে আনলে এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীত ধর্মী মেরু পরস্পরের কাছে আনলে এরা আকর্ষণ করে।

চুম্বকীকরণ ধর্ম : এ ধর্মের বলে কোনো চৌম্বক পদার্থকে ঘর্ষণ করে চুম্বকে পরিণত করা যায়। চুম্বক দ্বারা একটি কাঁচা লোহার পাত বা দণ্ডকে ঘর্ষণ করলে ঐ পাত বা দণ্ডটিও চুম্বকে পরিণত হয়। যে ধর্মের জন্য চুম্বক দ্বারা অন্য পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করা যায়, তাকে চুম্বকের চুম্বকীকরণ ধর্ম বলে।

১৩.৩। চুম্বকের শ্রেণিবিভাগ

চুম্বকের প্রকারভেদ : চুম্বক সাধারণত দুই প্রকার। যথা–

ক) স্বাভাবিক চুম্বক বা প্রাকৃতিক চুম্বক।

খ) কৃত্রিম চুম্বক।

প্রাকৃতিক চুম্বক : যে সকল চুম্বক খনি, পাহাড় অর্থাৎ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, তাকে প্রাকৃতিক চুম্বক বলে। প্রাকৃতিক চুম্বকের নির্দিষ্ট কোনো আকার নেই এবং তেমন শক্তিশালীও নয়। তবে এদের চুম্বকত্ব স্থায়ী। স্থায়ী চুম্বককে এক সময় নাবিকরা সন্ধানী ও দিকদর্শী পাথর হিসাবে ব্যবহার করতেন।

কৃত্রিম চুম্বক : পরীক্ষাগারে বিশেষ বিশেষ ধাতব পদার্থ যেমন– লোহা, ইস্পাত, নিকেল, কোবাল্ট নিয়ে বিশেষ উপায়ে যে চুম্বক তৈরি করা হয় তাকে কৃত্রিম চুম্বক বলে। কৃত্রিম চুম্বককে প্রয়োজনমতো বিভিন্ন আকারের তৈরি করা যায়। এদের চুম্বকত্ব বেশি এবং এরা নিয়মিত আকারের হয়ে থাকে।

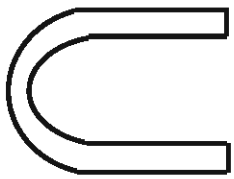
কৃত্রিম চুম্বক দুই প্রকার। যথা–

(১) স্থায়ী চুম্বক, (২) অস্থায়ী চুম্বক।

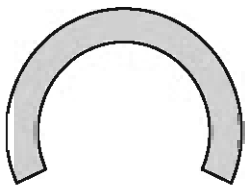
স্থায়ী চুম্বক আবার নিম্নলিখিত প্রকারের হয়ে থাকে -

ক) দণ্ড চুম্বক :

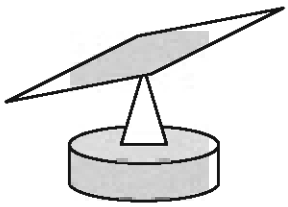
খ) অশ্ব ক্ষুরাকৃতি চুম্বক :



গ) রিং চুম্বক :



ঘ) শলাকা চুম্বক:



২০২০

১৩.৪ । চৌম্বক পদার্থ ও অচৌম্বক পদার্থ

চৌম্বক পদার্থ : যে সকল পদার্থ চুম্বকের সাহায্যে আকর্ষিত ও বিকর্ষিত হয় এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায়, তাদেরকে চৌম্বক পদার্থ বলে । যেমন– লোহা, নিকেল, কোবাল্ট এবং এদের সংকর ইত্যাদি । চৌম্বক পদার্থকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়- যথা

ক) ফেরো ম্যাগনেটিক পদার্থ; (খ) প্যারা ম্যাগনেটিক পদার্থ; (গ) ডায়া ম্যাগনেটিক পদার্থ ।

ফেরো ম্যাগনেটিক পদার্থ : যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুব বেশি আকর্ষিত হয়, তাদেরকে ফেরো ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে । যেমন- লোহা, ইস্পাত, কোবাল্ট ও এদের সংকর ধাতু ইত্যাদি ।

প্যারা ম্যাগনেটিক পদার্থ : যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুব কম বা সামান্য পরিমাণে আকর্ষিত হয়, তাদেরকে প্যারা ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে । যেমন– অ্যালুমিনিয়াম, প্লাটিনাম ইত্যাদি ।

ডায়া ম্যাগনেটিক পদার্থ : যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে বিকর্ষিত হয়, তাদেরকে ডায়া ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে । যেমন– দস্তা, পারদ, পানি, সিসা, টিন ইত্যাদি ।

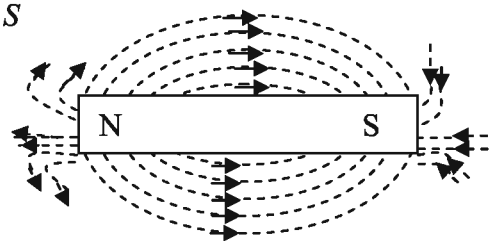
অচৌম্বক পদার্থ : যে সকল পদার্থ চুম্বকের দ্বারা আকর্ষিত ও বিকর্ষিত হয় না এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায় না সেগুলোকে অচৌম্বক পদার্থ বলে । যেমন– কাঁচ, তামা , পিতল, সোনা ইত্যাদি ।

১৩.৫ । চুম্বক ক্ষেত্র :

চুম্বক ক্ষেত্র : চুম্বকের চারপাশে যে স্থান জুড়ে এর প্রভাব অনুভূত হয়, তাকে এর চুম্বক ক্ষেত্র বলে । গাণিতিক নিয়মানুসারে একটি চুম্বকের চুম্বকক্ষেত্র অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত । কিন্তু বাস্তবে তা নয় । বাস্তবে একটি চুম্বক একটি নির্দিষ্ট স্থান জুড়ে প্রভাব বিস্তার করতে পারে । এরপর চুম্বকের আর কোনো প্রভাব অনুভূত হয় না ।

চৌম্বকীয় ফ্লাক্স : কোনো চুম্বকের উত্তর মেরু থেকে যতগুলো চুম্বক বলরেখা বের হয়ে চুম্বক ক্ষেত্রের ভেতর দিয়ে অগ্রসর হয়ে দক্ষিণ মেরুতে গিয়ে পৌঁছায়, তাদের সবকটিকে সম্মিলিতভাবে চৌম্বকীয় ফ্লাক্স বলে । এর একক ওয়েবার এবং 'ϕ' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয় । কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের ফ্লাক্স

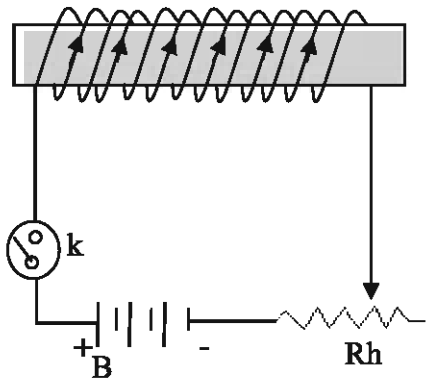
$$= \frac{\text{এম.এম.এফ}}{\text{রিল্যাকট্যান্স}} = \frac{NI}{S}$$



চিত্র : চৌম্বক বলরেখা

১৩.৬। চুম্বকীকরণের বৈদ্যুতিক পদ্ধতি

বিভিন্ন পদ্ধতিতে চুম্বক তৈরি করা য়ায়। যেমন-(ক) ঘর্ষণ পদ্ধতি; (খ) স্পর্শ পদ্ধতি ও (গ) বৈদ্যুতিক পদ্ধতি। বৈদ্যুতিক কারেন্টের সাহায্যে যে চুম্বক তৈরি করা হয়, তাকে বৈদ্যুতিক চুম্বক বা ইলেকট্রোম্যাগনেট (Electro-magnet) বলে। এ পদ্ধতিতে চুম্বক তৈরি করলে চুম্বক খুব শক্তিশালী হয়।



বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে চুম্বক তৈরিকরণ: যে দণ্ডকে চুম্বকে পরিণত করতে হবে, তার উপর দিয়ে ইনসুলেশন আবরণযুক্ত তার দিয়ে পেঁচিয়ে নিতে হয়। উপরের চিত্রে একটি কাঁচা লোহার চারদিকে ইনসুলেশনের আবরণযুক্ত একটি তার পেঁচানো হয়েছে। এ তারের দুই প্রান্তে একটি চাবি (k), ব্যাটারি (B), এবং পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স (Rh) সিরিজে সংযোগ করা হয়েছে।

এখন চাবি বন্ধ করলে ব্যাটারির পজিটিভ প্রান্ত হতে বৈদ্যুতিক কারেন্ট বের হয়ে তারের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ব্যাটারির নিগেটিভ প্রান্তে পৌঁছাবে। এই কারেন্ট চলাকালীন অবস্থায় কাঁচা লোহার দণ্ডটি একটি শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হবে কিন্তু কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ হওয়ার সাথে সাথেই লোহার দণ্ডটি এর চুম্বকত্ব হারিয়ে ফলবে। আর দণ্ডটি যদি ইস্পাতের হয়, তাহলে তা একটি স্থায়ী চুম্বকে পরিণত হবে। পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মাধ্যমে তারের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান কমিয়ে-বাড়িয়ে বা তারের প্যাঁচ সংখ্যা কম-বেশি করে চুম্বকের শক্তি কম বা বেশি করা যায়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। চুম্বক কী?
২। চুম্বকত্ব কী?
৩। চুম্বকের মেরু কয়টি?
৪। চুম্বক কাকে আকর্ষণ করে?
৫। চুম্বক কাকে বিকর্ষণ করে?
৬। চুম্বকত্বের নিশ্চিত পরীক্ষা কী?
৭। ফেরো ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?
৮। প্যারা ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?
৯। ডায়া ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। চৌম্বক পদার্থ কাকে বলে?
২। অচৌম্বক পদার্থ কাকে বলে?
৩। কৃত্রিম চুম্বক কাকে বলে?
৪। স্থায়ী চুম্বক কাকে বলে?
৫। অস্থায়ী চুম্বক কাকে বলে?
৬। চৌম্বক ক্ষেত্র কী?
৭। চৌম্বক বলরেখার ধর্ম কী?
৮। চৌম্বক পদার্থের কতগুলি উদাহরণ দাও।
৯। অচৌম্বক পদার্থের কয়েকটি উদাহরণ দাও।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। চুম্বক কাকে বলে? এটি কত প্রকার ও কী কী? চুম্বকের চুম্বকত্ব বলতে কী বুঝ?
২। চুম্বক ক্ষেত্র ও চুম্বক বলরেখা বলতে কী বুঝ? চুম্বক বলরেখার ধর্মগুলি কী?
৩। কৃত্রিম চুম্বক ও প্রাকৃতিক চুম্বক কাকে বলে? চুম্বকের ধর্মগুলি বর্ণনা কর।
৪। চুম্বকের সমমেরুতে বিকর্ষণ ও বিপরীত মেরুতে আকর্ষণ কথাটি বুঝিয়ে লিখ।
৫। ফেরো ম্যাগনেটিক পদার্থ; প্যারা ম্যাগনেটিক পদার্থ; ডায়া ম্যাগনেটিক পদার্থ বলতে কী বুঝ উদাহরণসহ লিখ।
৬। বৈদ্যুতিক চুম্বক তৈরি করার প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

চতুর্দশ অধ্যায়
এসি সার্কিট

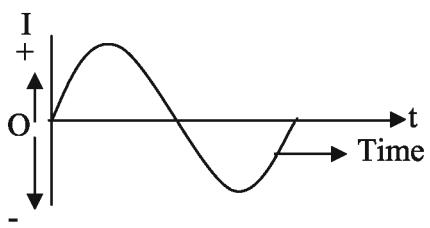
অল্টারনেটিং কারেন্ট

১৪.১। অল্টারনেটিং কারেন্ট

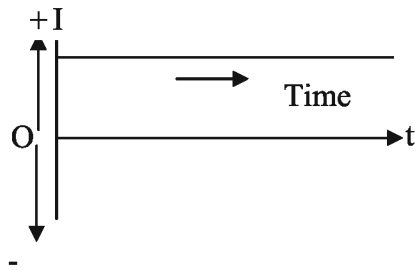
প্রবাহ অনুসারে বৈদ্যুতিক কারেন্টকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা -
(ক) অল্টারনেটিং কারেন্ট
(খ) ডাইরেক্ট কারেন্ট।

অল্টারনেটিং কারেন্ট : যে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার সময় নির্দিষ্ট নিয়মমতো দিক পরিবর্তন করে এবং যার মান প্রতি মূহূর্তে পরিবর্তনশীল থাকে, তাকে অল্টারনেটিং কারেন্ট বলে। ইহাকে সংক্ষেপে এসি (AC) বলা হয়।

ডাইরেক্ট কারেন্ট : যে কারেন্ট সব সময় একই দিকে প্রবাহিত হয় এবং যার মান নির্দিষ্ট থাকে, তাকে ডাইরেক্ট কারেন্ট বলে। ইহাকে সংক্ষেপে ডিসি (DC) বলে। এই কারেন্টে পজিটিভ ও নেগেটিভ পোলারিটি সব সময় অপরিবর্তিত থাকে। যেমন– ব্যাটারির কারেন্ট।



অল্টারনেটিং কারেন্ট



ডাইরেক্ট কারেন্ট

উপরের চিত্রে একটি অল্টারনেটিং কারেন্টের ওয়েভ ও ডাইরেক্ট কারেন্টের অসিলোস্কোপিক দৃশ্য দেখানো হল। অল্টারনেটর থেকে অল্টারনেটিং কারেন্ট পাওয়া যায় এবং একে একটি বিশেষ ব্যবস্থায় ডিসিতে অর্থাৎ ডাইরেক্ট কারেন্টে পরিণত করা হয়।

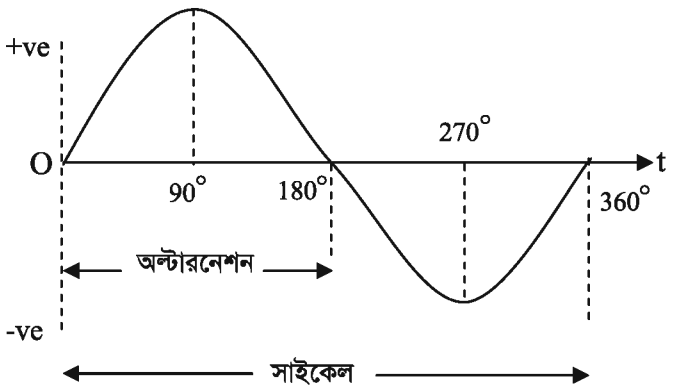
১৪.২। অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্য

অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্যবলি নিম্নরূপ–

১. এর কোনো পজেটিভ ও নেগেটিভ টার্মিনাল নাই।
২. এর সাইকেল বিদ্যমান।
৩. এর ফেজ ডিফারেন্স থাকে।
৪. অল্টারনেটিং কারেন্ট সাইন তরঙ্গ উৎপন্ন করে।
৫. অল্টারনেটিং কারেন্ট প্রতি মুহূর্তে দিক ও মান পরিবর্তন করে প্রবাহিত হয়।

১৪.৩ । সাইকেল

যদি একটি পরিবাহী একটি উত্তর মেরু ও একটি দক্ষিণ মেরুর মাঝখানে বৃত্তাকারে একটি পথ একবার পরিভ্রমণ করে, তবে একটি কারেন্ট ওয়েভের সৃষ্টি হয়। এ ওয়েভটিকে সাইকেল বলে। ৩৬০° ডিগ্রির মাঝে কারেন্টের বা পরিবর্তনশীল রাশির পূর্ণ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মানকেই এক সাইকেল বলে।



চিত্রে একটি অল্টারনেটিং কারেন্টের সাইন ওয়েভ দেখানো হলো

১৪.৪ । ফ্রিকোয়েন্সি

কোনো ভোল্টেজ বা কারেন্ট ওয়েভ এক সেকেন্ড সময়ে যতগুলো সাইকেল বা ওয়েভ সম্পন্ন করে, সেই সংখ্যাকে ফ্রিকোয়েন্সি বলে। বাংলাদেশে উৎপন্ন বিদ্যুতের ফ্রিকোয়েন্সি 50 সাইকেল/ সেকেন্ড বা 50 হার্টজ।
এর প্রতীক f এবং একক হচ্ছে সাইকেল/সেকেন্ড বা হার্টজ (Hz)।

১৪.৫ । টাইম পিরিয়ড

কোনো ভোল্টেজ বা কারেন্ট ওয়েভের একটি সাইকেল সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে তাকে টাইম পিরিয়ড বলে। একে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক হচ্ছে সেকেন্ড। যদি কোনো ভোল্টেজ বা কারেন্ট ওয়েভের ফ্রিকোয়েন্সি f সাইকেল/ সেকেন্ড হয়, তবে টাইম পিরিয়ড $T = \frac{1}{f}$ সেকেন্ড হবে।

১৪.৬ । এসি ও ডিসির তুলনা

এসি ও ডিসির মধ্যে নিম্নে তুলনা করা হলো–

এসি (AC)	ডিসি (DC)
১. এসি হলো অল্টারনেটিং কারেন্ট।	১. ডিসি হলো ডাইরেক্ট কারেন্ট।
২. প্রতি মূহূর্তে মান ও দিক পরিবর্তন হয়।	২. প্রতি মূহূর্তে মান ও দিক পরিবর্তন হয় না।
৩. ফ্রিকোয়েন্সি থাকে।	৩. ফ্রিকোয়েন্সি থাকে না।
৪. প্রতি মূহূর্তে মান ও দিক পরিবর্তন হয় বলে ইহা সাইন ওয়েভ আকারে চলে।	৪. প্রতি মূহূর্তে মান ও দিক পরিবর্তন হয় না বলে ইহা সাইন ওয়েভ আকারে চলে না।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক কারেন্টকে প্রধানত কত ভাগে ভাগ করা যায়?

২। যদি একটি পরিবাহী একটি উত্তর মেরু এবং একটি দক্ষিণ মেরুর মাঝখানে বৃত্তাকার এক পথ একবার পরিভ্রমণ করে, তবে একটি ভোল্টেজ ওয়েভ সৃষ্টি হয়। এ ওয়েভকে কী বলে?

৩। একটি সাইন ওয়েভ প্রতি সেকেন্ডে যতগুলি সাইকেল সম্পন্ন করে তাকে কী বলে?

৪। এক মেগাহার্টজ ফ্রিকোয়েন্সির জন্য টাইম পিরিয়ড কত?

৫। ৪০০ হার্টজ ফ্রিকোয়েন্সির জন্য টাইম পিরিয়ড কত?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। সাইকেল কী?

২। ফ্রিকোয়েন্সী কী?

৩। টাইম পিরিয়ড কী?

৪। বাংলাদেশে উৎপন্ন ভোল্টেজের ফ্রিকোয়েন্সি কত?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। অল্টারনেটিং কারেন্ট কাকে বলে? অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্য লিখ।

২। সংজ্ঞা লিখ : (ক) সাইকেল; (খ) ফ্রিকোয়েন্সি ; (গ) টাইম পিরিয়ড।

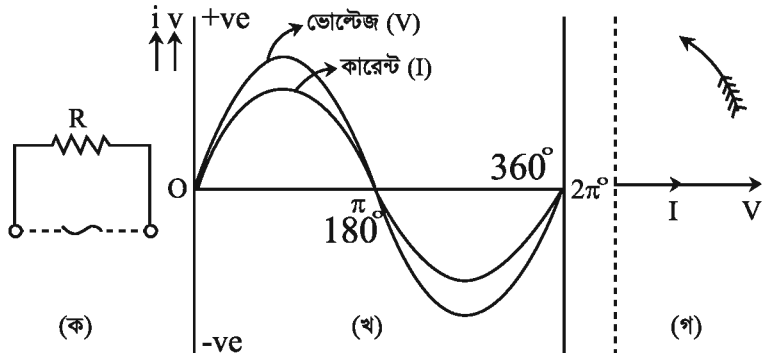
৩। অল্টারনেটিং কারেন্ট (এসি) এবং ডাইরেক্ট কারেন্ট (ডিসি) এর মধ্যে তুলনা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

এসি সার্কিটে বিভিন্ন প্রকৃতির লোড

১৫.১। রেজিস্টিভ সার্কিট

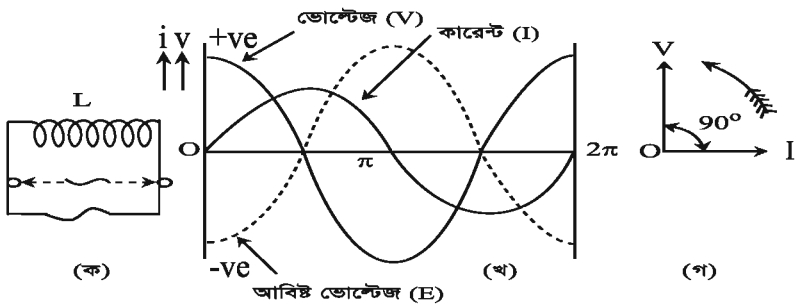
পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ বিঘ্নিত হয় বা বাঁধাপ্রাপ্ত হয়, তাকে রেজিস্ট্যান্স বলে। যে সার্কিটে কেবল রেজিস্টিভ লোড বিদ্যমান থাকে তাকে রেজিস্টিভ সার্কিট বলে। অন্যভাবে, যে সার্কিট ওহমিক রেজিস্টর দ্বারা গঠিত তাকে রেজিস্টিভ সার্কিট বলে।



চিত্র : (ক) বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিট (খ) ওয়েভ ডায়াগ্রাম (গ) ভেক্টর ডায়াগ্রাম

১৫.২। ইন্ডাকটিভ সার্কিট :

কোনো পরিবাহী তারকে কুণ্ডলীর আকারে জড়ানো হলে নিজস্ব পাকের মধ্যে আবেশ ক্রিয়া ঘটে। এ আবেশ ক্রিয়ার সত্তাকে ইন্ডাকট্যান্স বলে। যেসব সার্কিটে রেজিস্ট্যান্সের তুলনায় ইন্ডাকট্যান্সের প্রভাব খুবই বেশি থাকে, তাকে ইন্ডাকটিভ সার্কিট বলে।



চিত্র : বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ সার্কিট (খ) ওয়েভ ডায়াগ্রাম (গ) ভেক্টর ডায়াগ্রাম

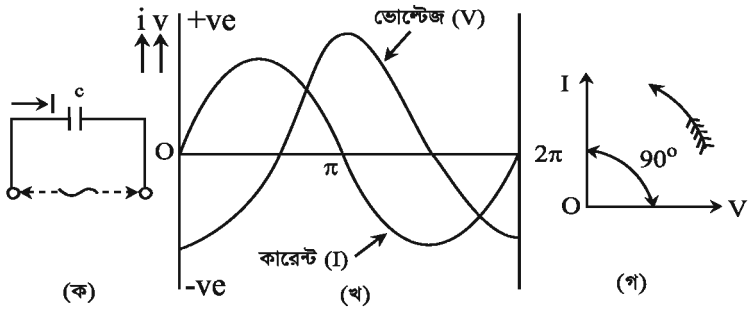
১৫.৩ । ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাকটিভ রিয়েকট্যান্স-এর মধ্যে সম্পর্ক

সার্কিটের ইন্ডাকট্যান্সজনিত বাধাকে ইন্ডাকটিভ রিয়েকট্যান্স বলা হয় । ইহাকে X_L দ্বারা প্রকাশ করা হয় । বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ সার্কিট-এর ইন্ডাকট্যান্স L হেনরি আর লাইনের ফ্রিকোয়েন্সি f হার্টজ হলে,
ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স $X_L = 2\pi fL$ ওহম ।

১৫.৪ । ক্যাপাসিটিভ সার্কিট

ক্যাপাসিটর পাতে ভোল্টেজ বিরাজ করলে যে বিশেষ ধর্মের জন্য এতে বৈদ্যুতিক চার্জ সঞ্চিত হতে পারে তাকে ঐ ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স বলে । ক্যাপাসিট্যান্সের একক ফেরাড । 1 ফেরাড = 10^6 মাইক্রো ফেরাড ।

যে সার্কিটে রেজিস্ট্যান্স ও ইন্ডাকট্যান্স নেই, শুধু ক্যাপাসিটর লাগানো আছে এ ধরনের সার্কিটকে বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিট বলে । একটি ক্যাপাসিটরের দুই প্রান্তে এসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে ইহা অনবরত চার্জ ও ডিসচার্জ হতে থাকে । প্রতি সাইকেলে ক্যাপাসিটর দুইবার চার্জ ও দুইবার ডিসচার্জ হয় ।ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে ভোল্টেজ থেকে কারেন্ট লিডিং থাকে ।



চিত্র : (ক) বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিট (খ) ওয়েভ ডায়াগ্রাম (গ) ভেক্টর ডায়াগ্রাম

১৫.৫ । ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপাসিটিভ রিয়েকট্যান্স এর মধ্যে সম্পর্ক

সার্কিটের ক্যাপাসিট্যান্স জনিত বাধাকে ক্যাপাসিটিভ রিয়েকট্যান্স বলা হয় । ইহাকে X_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহার একক ওহম ।

যদি কোনো ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স C ফ্যারাড এবং সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সি f হার্টজ হয়, তবে ইহার ক্যাপাসিটিভ রিয়েকট্যান্স $X_C = \frac{1}{2\pi fc}$

১৫.৬। পাওয়ার ফ্যাক্টর

ফেজ ভোল্টেজ ও ফেজ কারেন্টের মধ্যবর্তী কোনের cosine মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। অন্য কথায়, প্রকৃত পাওয়ার ও আপাত পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। প্রকৃত পাওয়ার = $VI\ Cos\theta$ এবং আপাত পাওয়ার = VI ; একে $Cos\theta$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পাওয়ার ফ্যাক্টর একই জাতীয় দুইটি রাশির অনুপাত বিধায় এর কোনো একক নাই। অনেক সময় ইহাকে শতকরায় প্রকাশ করা হয়।

পাওয়ার ফ্যাক্টর $= \frac{VICos\theta}{VI}$; অন্যভাবে বলা যায়, পাওয়ার ফ্যাক্টর $= \frac{\text{রেজিস্ট্যান্স}}{\text{ইম্পিড্যান্স}}$

বা, $\cos\theta = \frac{R}{Z}$ (ইম্পিড্যান্স ত্রিভূজ থেকে)

১৫.৭। পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব

বৈদ্যুতিক সিস্টেমে পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব অপরিসীম। পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমে গেলে সমপরিমাণ পাওয়ার স্থানান্তরের ক্ষেত্রে কারেন্টের মান বেড়ে যায়। ফলে সিস্টেমে ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি যেমন ট্রান্সফরমার, সুইচগিয়ার, ওভারহেড লাইন ও লাইনের সাপোর্ট ইত্যাদির সাইজ বৃদ্ধি করতে হয়। ফলে উৎপাদন খরচ বেড়ে যায়। প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য বৃদ্ধি পায় এবং গ্রাহক ক্ষতিগ্রস্ত হয়। ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ লোড-এর পাওয়ার ফ্যাক্টর লো হয়ে থাকে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। একটি বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সাথে কী অবস্থায় থাকে?

২। একটি বিশুদ্ধ ইন্ডাকটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সাথে কী অবস্থায় থাকে?

৩। একটি বিশুদ্ধ ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সাথে কী অবস্থায় থাকে?

৪। ইন্ডাকট্যান্সের একক কী?

৫। ক্যাপাসিট্যান্সের একক কী?

৬। ইন্ডাকটিভ রিয়েকট্যান্সকে কী দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

৭। ক্যাপাসিটিভ রিয়েকট্যান্সকে কী দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাকটিভ সার্কিট কাকে বলে?

২। ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপসিটিভ সার্কিট কাকে বলে?

৩। ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাকটিভ সার্কিটের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ কর।

৪। ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। রেজিস্টিভ; ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিট বলতে কী বোঝায় বর্ণনা কর।

২। বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ, ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের ভেক্টর ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

৩। বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ, ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের কারেন্ট এবং ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

ষোড়শ অধ্যায়
বিদ্যুৎ পরিবাহীর সাইজ ও রেজিস্ট্যান্সের সূত্র

১৬.১। রেজিস্ট্যান্সের সূত্র

পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল :

পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স-এর দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, উষ্ণতা এবং উপাদান এর উপর নির্ভরশীল। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স-এর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক এবং প্রস্থচ্ছেদ ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স উপাদানের গুণাগুণ এবং উষ্ণতার উপর নির্ভর করে যখন অন্য বিষয়গুলো স্থির থাকে।

রেজিস্ট্যান্সের সূত্রসমূহ–

১. $R \propto L$ --- (i) [যখন তাপমাত্রা, প্রস্থচ্ছেদ ও উপাদান-এর গুণাগুণ স্থির তখন প্রযোজ্য]

২. $R \propto \frac{I}{A}$ ...(ii) [যখন তাপমাত্রা, দৈর্ঘ্য ও উপাদান-এর গুণাগুণ স্থির তখন প্রযোজ্য]

৩. $R = \rho\frac{L}{A}$ ... (iii) [যখন তাপমাত্রা ও উপাদান-এর গুণাগুণ স্থির তখন প্রযোজ্য]

এখানে, R = রেজিস্ট্যান্স, L = পরিবাহীর দৈর্ঘ্য, A = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, ρ = আপেক্ষিক রোধ দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদ, উপাদান এর গুণাগুণ ও উষ্ণতা, যে কোনো একটির অজানা মাত্রা বের করতে সূত্রগুলো প্রয়োজন।

১৬.২। বিদ্যুৎ পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক

কোনো একটি পরিবাহীর তাপমাত্রা, প্রস্থচ্ছেদ ও উপাদান স্থির থাকলে রেজিস্ট্যান্স তার দৈর্ঘ্যের সঙ্গে সরাসরি সমানুপাতিক।

অর্থাৎ দৈর্ঘ্য L হলে এটির রেজিস্ট্যান্স হবে– $R \propto L$

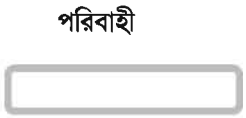
১৬.৩। বিদ্যুৎ পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক

কোনো একটি পরিবাহীর তাপমাত্রা, দৈর্ঘ্য ও উপাদান স্থির থাকলে রেজিস্ট্যান্স তার প্রস্থচ্ছেদের উল্টানুপাতিক।

অর্থাৎ প্রস্থচ্ছেদ A হলে এটির রেজিস্ট্যান্স অর্থাৎ সমান দৈর্ঘ্যের চিকন তারের রেজিস্ট্যান্স বেশি এবং মোটা তারের রেজিস্ট্যান্স কম। চিকন তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল কম এবং মোটা তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বেশি।

$$R \propto \frac{1}{A}$$

এর রোধ বেশি



এর রোধ কম

১৬.৪। স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স বা আপেক্ষিক রোধ

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্যের ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর অথবা একক বাহু বিশিষ্ট কোনো ঘনকের রেজিস্ট্যান্সকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স বলে। আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সকে 'ρ' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সূত্র :

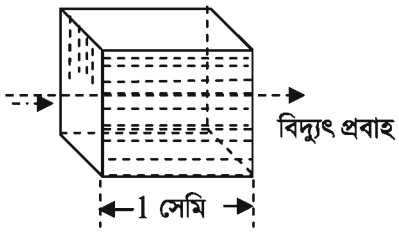
$$\rho = \frac{RA}{L}$$

এখানে, R = রেজিস্ট্যান্স

ρ = রেজিটিভিটি বা আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স

L = পরিবাহীর দৈর্ঘ্য

A = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল।



আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সের একক :

বিভিন্ন পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সের একক নিম্নরূপ ঃ

(ক) সিজিএস পদ্ধতিতে ওহম-সেমি।

(খ) এফপিএস পদ্ধতিতে ওহম-ইঞ্চি।

(গ) এমকেএস পদ্ধতিতে ওহম-মিটার।

১৬.৫। গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা-১। 44 সেমি দীর্ঘ এবং 0.12 মিমি ব্যাসের একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 15 ওহম। তারটির উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে, $L = 44\ cm\ ;\ R = 15\Omega$

২০২০

$$D = 0.12 \text{ cm} = \frac{0.12}{10} cm = 0.012 cm; \rho = ?$$

ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times .012^2}{4}$

$$= \frac{3.14 \times .012^2}{4}$$

$$= 1.13 \times 10^{-4} \text{cm}^2$$

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

$$\therefore \rho = \frac{RA}{L}$$

বা, $\rho = \frac{15 \times 1.13 \times 10^{-4}}{44}$

$= 0.385 \times 10^{-4}$ ওহম-সেমি

$= 3.85 \times 10^{-5}$ ওহম-সেমি

$= 38.5 \times 10^{-6}$ ওহম-সেমি ।

উত্তর : উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 38.5×10^{-6} ওহম-সেমি ।

সমস্যা-২ । 0.4 মিমি ব্যাস বিশিষ্ট 110×10^{-6} ওহম সেমি আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সের একটি কত দৈর্ঘ্যের পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স 11 ওহম হবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $D = 0.4 \text{ mm} = 0.04 \text{ cm}$

$\rho = 110 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}$

$R = 11\Omega, L = ?$

$\therefore$ ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.04)^2}{4}$ বর্গ সেমি

$= 1.2564 \times 10^{-3}$ বর্গ সেমি

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

বা, $L = \frac{RA}{\rho}$

$\therefore \quad L = \dfrac{11 \times 1.256 \times 10^{-3}}{110 \times 10^{-6}}$

$= 125.6$ সেমি (প্রায়)

উত্তর : দৈর্ঘ্য 125.6 সেমি

সমস্যা-৩ । কত দৈর্ঘ্যের একটি ম্যাঙ্গানিজ তারের রেজিস্ট্যান্স 1 ওহম হবে? [তারটির ব্যাস = 0.5 মিমি এবং আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স = 42×10^{-6} ওহম সেমি] ।

সমাধানঃ :

দেওয়া আছে, $R = 1\Omega$

$D = 0.5$ মিমি $= 0.05$ সেমি

$\rho = 42 \times 10^{-6}$ ওহম-সেমি

$L = ?$

ক্ষেত্রফল, $A = \dfrac{\pi D^2}{4} = \dfrac{3.14 \times 0.05^2}{4} = 1.96 \times 10^{-3}$ বর্গ সেমি

আমরা জানি, $R = \dfrac{\rho L}{A}$

$L = \dfrac{RA}{\rho} = \dfrac{1 \times 1.96 \times 10^{-3}}{42 \times 10^{-6}}$ সেমি

$= 46.7$ সেমি

উত্তর : ম্যাঙ্গানিজ তারের দৈর্ঘ্য 46.7 সেমি ।

সমস্যা-৪ । একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 1 ওহম এবং ব্যাস 1 মিমি । যদি এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 41×10^{-6} ওহম সেমি হয়, তবে তারের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর ।

সমাধান :

দেওয়া আছে, $R = 1\Omega$

$D = 1$ মিমি $= 0.1$ সেমি

$\rho = 41 \times 10^{-6}$ ওহম-সেমি

ক্ষেত্রফল, $A = \dfrac{\pi D^2}{4} = \dfrac{3.14 \times 0.1^2}{4}$ বর্গ সেমি

$= 7.85 \times 10^{-3}$ বর্গ সেমি

২০২০

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

বা, $L = \frac{RA}{\rho}$

বা, $L = \frac{1 \times 7.85 \times 10^{-3}}{41 \times 10^{-6}}$ সেমি

$= 191.46$ সেমি

$= 191.5$ সেমি (প্রায়)

উত্তর : তারের দৈর্ঘ্য 191.5 সেমি ।

সমস্যা-৫ । 1 মিমি ব্যাস এবং 1 মিটার দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 2 ওহম । তারের উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর ।

সমাধান :

দেওয়া আছে, $D = 1$ মিমি $= 0.1$ সেমি

$R = 2\Omega$

$L = 1$ মিটার $= 100$ সেমি

$\rho = ?$

$\therefore$ ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.1^2}{4}$

$= 7.85 \times 10^{-3}$ বর্গ সেমি

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

$\therefore \quad \rho = \frac{RA}{L} = \frac{2 \times 7.85 \times 10^{-3}}{100}$ ওহম-সেমি

$= 1.57 \times 10^{-4}$ ওহম-সেমি

$= 1.57 \times 10^{-6}$ ওহম-সেমি

উত্তর : আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 157×10^{-6} ওহম-সেমি

সমস্যা-৬। 44 মিমি ব্যাস 200 মিটার লম্বা একটি তামার তারের রেজিস্ট্যান্স 21Ω হলে এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স (ওহম-মিটার) কত হবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $D = 4.4$ মিমি $= 0.44$ সেমি

$L = 200$ মিটার $= 200 \times 100$ সেমি $= 2 \times 10^4$ সেমি

$R = 21\Omega, \rho = ?$

$\therefore$ ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.44^2}{4}$ বর্গ সেমি

$= 0.152$ বর্গ সেমি

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

$\therefore \quad \rho = \frac{RA}{L}$

বা, $\rho = \frac{2.1 \times 0.152}{2 \times 10^4}$ ওহম-সেমি

$= 1.59 \times 10^{-4}$

উত্তর : আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 1.59×10^{-4} ওহম-মি

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কখন এর উপাদানের গুণাগুণ এবং উষ্ণতার উপর নির্ভর করে?

২। আপেক্ষিক রোধকে কি দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

৩। সিজিএস পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক কী?

৪। এমকেএস পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

২। পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সাথে রেজিন্ট্যান্সের সম্পর্ক কী?

৩। পরিবাহীর প্রস্থচ্ছের ক্ষেত্রফলের সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? রেজিস্ট্যান্সের সূত্রগুলি লিখ।

২। স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স বা আপেক্ষিক রোধ বলতে কী বোঝায়?

সম্যস্যাবলী

সমস্যা-১। 1 কিলোমিটার দীর্ঘ এবং 1.29 সেমি ব্যাস বিশিষ্ট একটি তামার তারের রেজিস্ট্যান্স 0.13 ওহম এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স কত?

উত্তর : আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 1.7×10^{-6} ওহম-সেমি।

সমস্যা-২। 50 গজ লম্বা তামার তারের প্রস্থচ্ছেদ 0.5 বর্গ ইঞ্চি। তারটির রেজিস্টিভিটি 0.7×10^{-6} ওহম ইঞ্চি হলে এর রেজিস্ট্যান্স কত?

উত্তর : রেজিস্ট্যান্স 2.52 মিলি-ওহম।

সমস্যা-৩। 100 মিটার লম্বা একটি ম্যাঙ্গানিজ তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0.1 বর্গ মিমি এবং রেজিস্টিভিটি 50×10^{-8} ওহমমিটার হলে তারটির রেজিস্ট্যান্স কত? তারটির দৈর্ঘ্য 5 গুণ বৃদ্ধি করলে রোধ কতগুণ বৃদ্ধি পাবে?

উত্তর : রেজিস্ট্যান্স 500 ওহম।

২০২০

আবার, যেহেতু তারের রেজিস্ট্যান্স দৈর্ঘ্য L এর সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। অতএব তারের দৈর্ঘ্য 5 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

উত্তর : রেজিস্ট্যান্স 5 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

সমস্যা-৪। 0.5 বর্গ ইঞ্চি মোটা 1000 ফুট লম্বা একটি তামার তারের আপেক্ষিক রোধ 0.68 মাইক্রো ওহম-ইঞ্চি হলে এর রেজিস্ট্যান্স কত?

উত্তরঃ 0.01608 ওহম।

৫। 1 ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি কুণ্ডলী তৈরি করতে 0.05 সেমি ব্যাসার্ধের এবং 44×10^{-6} ওহম সেমি আপেক্ষিক রোধ বিশিষ্ট কত দৈর্ঘ্যের একটি তারের প্রয়োজন হবে?

উত্তর : 178.4 সেমি দৈর্ঘ্যের তারের প্রয়োজন হবে।

৬। একটি তারের দৈর্ঘ্য 3.14 ফুট এবং ব্যাসার্ধ 0.002 ইঞ্চি। এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ 30.48×10^{-5} ওহম-মিমি হলে, তারের রোধ(রেজিস্ট্যান্স) নির্ণয় কর।

উত্তর : 36 ওহম।

সপ্তদশ অধ্যায়

বৈদ্যুতিক মিটার (পরিমাপক যন্ত্র)

১৭.১। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রপাতি

যে কোনো পরিমাণ পরিমাপের জন্য একটি পরিমাপক যন্ত্র দরকার হয়। তাই বিদ্যুৎ-এর পরিমাণ নির্ণয়ের জন্যও পরিমাপক যন্ত্র দরকার হয়। যে যন্ত্র ব্যবহার করে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাণ পরিমাপ করা হয় তাকে বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র বলে। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র কারেন্টের ধর্মের উপর নির্ভর করে তৈরি করা হয়।

সাধারণত ডাইরেক্ট কারেন্ট পরিমাপের জন্য তৈরি করা যন্ত্র দ্বারা অল্টারনেটিং কারেন্ট পরিমাপ করা যায় না। তবে বিশেষ কিছু যন্ত্র দ্বারা এসি ও ডিসি উভয়ই পরিমাপ করা যায়।

১৭.২। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রপাতির তালিকা

বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হলো–

(ক) অ্যামমিটার; (খ) ভোল্টমিটার; (গ) ওয়াট মিটার; (ঘ) এনার্জি মিটার; (ঙ) ওহম মিটার;
(চ) ফ্রিকোয়েন্সি মিটার; (ছ) পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার (জ) অ্যাভোমিটার (AVO) ইত্যাদি।

এর মধ্যে অ্যামমিটার; ভোল্ট মিটার; ওয়াট মিটার; এনার্জি মিটার; ওহম মিটার, অ্যাভোমিটার এসি ও ডিসি উভয় ক্ষেত্রেই পরিমাপক যন্ত্র হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ফ্রিকোয়েন্সি মিটার ও পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার শুধু অল্টারনেটিং কারেন্ট (এসি) এর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

১৭.৩। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রপাতির ব্যবহার

একই যন্ত্র ব্যবহার করে সব ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাণ পরিমাপ করা যায় না। তাই ভিন্ন ভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাণ পরিমাপের জন্য ভিন্ন ভিন্ন পরিমাপক যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। তবে বিশেষ ক্ষেত্রে বিশেষ ব্যবস্থায় একই যন্ত্র দিয়ে একাধিক বৈদ্যুতিক পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কিছু বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার নিচে দেওয়া হলো–

(ক) অ্যামমিটার ব্যবহৃত হয় কারেন্ট পরিমাপের জন্য।
(খ) ভোল্টমিটার ব্যবহৃত হয় ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য।
(গ) ওয়াট মিটার ব্যবহৃত হয় বৈদ্যুতিক পাওয়ার পরিমাপের জন্য।
(ঘ) এনার্জি মিটার ব্যবহৃত হয় বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপের জন্য।
(ঙ) ওহম মিটার ব্যবহৃত হয় রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য।
(চ) ফ্রিকোয়েন্সি মিটার ব্যবহৃত হয় অল্টারনেটিং কারেন্টের ফ্রিকোয়েন্সি পরিমাপের জন্য।
(ছ) পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহৃত হয় অল্টারনেটিং কারেন্টের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপের জন্য।

তাছাড়াও অ্যাভোমিটার ও ক্লিপ অন মিটার নামক আরো দুই ধরনের মিটার আছে যা দ্বারা কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স এই তিনটি পরিমাণই পরিমাপ করা যায়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র কাকে বলে?

২। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র কিসের ধর্মের উপর ভিত্তি করে তৈরি করা হয়?

৩। একই যন্ত্র ব্যবহার করে সব ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাণ পরিমাপ করা যায় কী?

৪। ডাইরেক্ট কারেন্ট পরিমাপের জন্য তৈরি করা যন্ত্র দিয়ে অল্টারনেটিং কারেন্ট পরিমাপ করা যায়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাণ পরিমাপের ব্যবহৃত পরিমাপক যন্ত্রের একটি তালিকা তৈরি কর।

রচনামূলক প্রশ্নঃ

১। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র কাকে বলে? বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার উল্লেখ কর।

অষ্টদশ অধ্যায়
অ্যামমিটার

১৮.১। অ্যামমিটার এর সংজ্ঞা

অ্যামমিটার : অ্যামমিটার একটি বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। এই যন্ত্রের সাহায্যে কোনো সার্কিটে প্রবাহিত বৈদ্যুতিক কারেন্ট পরিমাপ করা হয়।

যে যন্ত্রের সাহায্যে বর্তনীর কারেন্ট সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা হয় তাকে অ্যামমিটার বলে। অ্যামমিটার লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয়। কারণ সার্কিটের পুরা কারেন্ট অ্যামমিটারের কয়েল-এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করানো প্রয়োজন হয় বলে লোডের সাথে অ্যামমিটার সিরিজে সংযোগ করা হয়। তাছাড়া মিটারের রেজিস্ট্যান্স খুব কম। তাই লোডের সাথে অ্যামমিটারকে সিরিজে সংযোগ করা হয়। অ্যামমিটারকে লোডের আড়াআড়িতে (প্যারালাল) সংযোগ করা হলে তা পুড়ে যাবে। বিভিন্ন রেঞ্জের অ্যামমিটার আছে। যেমন– কম মানের কারেন্ট মাপার জন্য ০-১ অ্যাম্পিয়ার, ০-৫ অ্যাম্পিয়ার, ০-১০ অ্যাম্পিয়ার, ০-১৫ অ্যাম্পিয়ার, ০-২০ অ্যাম্পিয়ার , ০-৩০ অ্যাম্পিয়ার ইত্যাদি। বেশি মানের কারেন্ট পরিমাপ করার জন্য ক্লিপ অন মিটার ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে বাজারে ডিজিটাল অ্যামমিটার বা ডিজিটাল ক্লিপ অন মিটার পাওয়া যায় যার রেঞ্জ অনেক বেশি। এ মিটার দ্বারা ৫০০ থেকে ১০০০ অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত কারেন্ট পরিমাপ করা যায়। ক্লিপ অন মিটার দ্বারা প্রবাহ মান বৈদ্যুতিক সার্কিটে সংযোগ ছাড়াই বিদ্যুৎ পরিমাপ করা যায়।

১৮.২। অ্যামমিটারের শ্রেণিবিভাগ

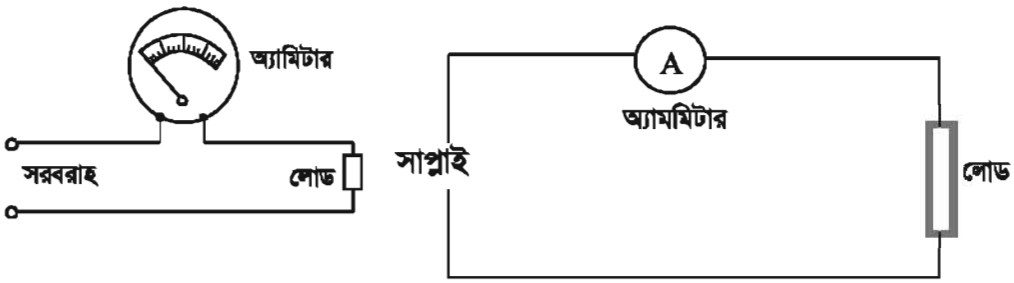
গঠন অনুযায়ী অ্যামমিটারকে নিম্নোক্ত ভাগে ভাগ করা যায় :

১. মুভিং আয়রন টাইপ এসি/ডিসি পরিমাপের জন্য
   ক) আকর্ষণধর্মী
   খ) বিকর্ষণধর্মী
২. মুভিং কয়েল টাইপ এসি/ডিসি পরিমাপের জন্য
   ক) পারমানেন্ট ম্যাগনেট টাইপ শুধু ডিসির জন্য
   খ) ডায়নামোমিটার টাইপ এসি/ডিসি পরিমাপের জন্য

চিত্র ঃ ক্লিপ অন মিটার

১৮.৩। সার্কিটে অ্যামমিটার সংযোগ করার চিত্র

সার্কিটে অ্যামমিটার সংযোগের সার্কিট চিত্র : অ্যামমিটারকে অবশ্যই লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।



চিত্র : অ্যামমিটার এর সংযোগ।

১৮.৪ । সার্কিটে অ্যামমিটার সংযোগ করে পাঠ গ্রহণ

লোডের কারেন্ট অনুযায়ী অ্যামমিটার বাছাই করতে হবে। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন, অ্যামমিটারের রেঞ্জ অবশ্যই সার্কিটের মোট কারেন্ট-এর বেশী হতে হবে। অ্যামমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে। এসি অ্যামমিটারের ক্ষেত্রে পজিটিভ বা নেগেটিভ টার্মিনাল বিবেচনা করতে হয় না। কিন্তু ডিসি অ্যামমিটারের বেলায় পজিটিভ (+ve) ও নেগেটিভ (-ve) টার্মিনাল দেখে সংযোগ করতে হয়। সাপ্লাইয়ের পজিটিভ (+ve) প্রান্তের সাথে অ্যামামিটারের পজিটিভ (+ve) প্রান্ত সংযোগ করে অ্যামমিটারের অপর প্রান্তের সাথে লোডের এক প্রান্ত সংযোগ করতে হবে এবং লোডের অপর প্রান্তকে সাপ্লাইয়ের নেগেটিভ (-ve) প্রান্তের সাথে সংযোগ দিতে হবে। সুইচের মাধমে লোডে সাপ্লাই দিয়ে মিটারের পাঠ নিতে হবে। পাঠ নেওয়ার পূর্বে মিটারের ডায়ালের ছোট ভাগ বা দাগ সংখ্যা দেখে ছোট এক ভাগের মান হিসাব করতে হবে। মিটারের কাটা যত দাগ পর্যন্ত যাবে সেই সংখ্যাকে প্রতি দাগের মান দ্বারা গুণ করলে মোট মান পাওয়া যাবে। ছোট এক ভাগের মান হিসাব করার জন্য মিটারের রেঞ্জকে মোট দাগ বা ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করতে হবে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

(১) অ্যামমিটার কী?

(২) অ্যামমিটার দিয়ে কী পরিমাপ করা হয়?

(৩) অ্যামমিটারকে লোডের সাথে কীভাবে সংযোগ করতে হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

(১) অ্যামমিটারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

(২) অ্যামমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ হয় কেন?

(৩) অ্যামমিটারকে লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করলে কী ঘটতে পারে?

(৪) সাধারণত কত কত অ্যাম্পিয়ারের অ্যামমিটার পাওয়া যায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। অ্যামমিটার কাকে বলে? সার্কিটে লোডের সাথে অ্যামমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।

২। অ্যামমিটারের পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২০২০

উনবিংশ অধ্যায়
ভোল্টমিটার

১৯.১। ভোল্টমিটার

ভোল্টমিটার একটি বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। যে যন্ত্রের সাহায্যে বর্তনীর বৈদ্যুতিক চাপ বা ভোল্টেজ সরাসরি ভোল্ট এককে পরিমাপ কর হয় তাকে ভোল্টমিটার বলে। ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে প্যারালালে অর্থাৎ লোডের আড়াআড়ি সংযোগ করা হয়।

লোডের সাথে ভোল্টমিটার সিরিজে সংযোগ করা হয় না। ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স সাধারণত অনেক বেশি থাকে। তাই ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হলে ভোল্টমিটারেই অনেক বেশি ভোল্টেজ অপচয় (ড্রপ) হবে এবং লোড সার্কিট তার প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ পাবে না। তাছাড়া সমস্ত সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স এত বেড়ে যাবে যে, লোড সার্কিট দিয়ে খুব সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হবে। ফলে সার্কিটের লোড কাজ করবে না। তাই লোডের সাথে ভোল্টমিটার সিরিজে সংযোগ করা হয় না।

ভোল্টমিটারের মূল উদ্দেশ্য হলো লোডের আড়াআড়ি ভোল্টেজ পরিমাপ করা। এ কারণে ভোল্টমিটারকে লোডের দুই প্রান্তের সাথে অর্থাৎ লোডের আড়াআড়ি সংযোগ করতে হয়।

১৯.২। ভোল্টমিটারের শ্রেণিবিভাগ

যে যন্ত্রের সাহায্যে বর্তনীর বৈদ্যুতিক চাপ বা ভোল্টেজ সরাসরি ভোল্ট এককে পরিমাপ করা হয় তাকে ভোল্টমিটার বলে। ভোল্টমিটারকে লোডের আড়াআড়িতে অর্থাৎ লোডের প্যারালালে সংযোগ করে ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয়। ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য বিভিন্ন ধরনের ভোল্টমিটার পাওয়া যায়।

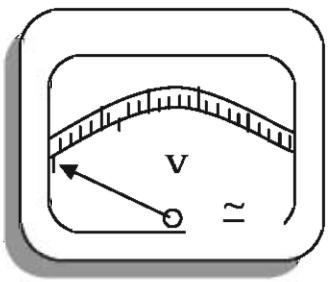
শ্রেণিবিভাগ : ভোল্টমিটার প্রধানত তিন প্রকার। যথা–

১। মুভিং আয়রন টাইপ (এসি এবং ডিসি উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহারযোগ্য)

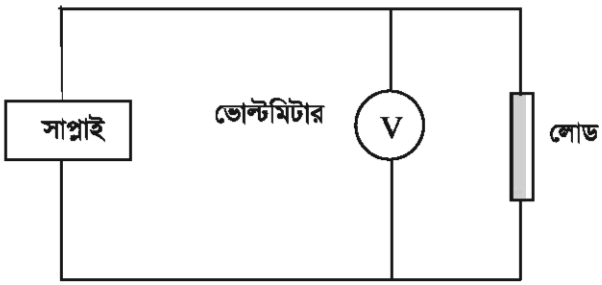
২। মুভিং কয়েল টাইপ

৩। ইন্ডাকশন টাইপ (শুধুমাত্র এসি এর ক্ষেত্রে ব্যবহারযোগ্য)

১৯.৩। সার্কিটে ভোল্টমিটার সংযোগ করার চিত্র



চিত্র : ভোল্টমিটার



চিত্র : লোডের সাথে ভোল্টমিটারের সংযোগ

১৯.৪ । সার্কিটে ভোল্টমিটার সংযোগ করে পাঠ গ্রহণ

লোডের ভোল্টেজ অনুযায়ী ভোল্টমিটার বাছাই করতে হবে। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন, ভোল্ট মিটারের রেঞ্জ অবশ্যই সাপ্লাই ভোল্টেজ-এর চেয়ে বেশি হয়। ভোল্টমিটারকে লোডের প্যারালালে সংযোগ করতে হবে। এসি ভোল্টমিটারের ক্ষেত্রে পজিটিভ বা নেগেটিভ টার্মিনাল বিবেচনা করতে হয় না । কিন্তু ডিসি ভোল্ট মিটারের বেলায় পজিটিভ (+ve) ও নেগেটিভ (-ve) টার্মিনাল দেখে সংযোগ করতে হয়। সাপ্লাইয়ের পজিটিভ (+ve) তারের সাথে ভোল্টমিটারের পজিটিভ (+ve) প্রান্ত এবং নেগেটিভ তারের সাথে ভোল্টমিটারের নেগেটিভ প্রান্ত সংযোগ করতে হবে। সুইচের মাধমে লোডে সাপ্লাই দিয়ে মিটারের পাঠ নিতে হবে। পাঠ নেওয়ার পূর্বে মিটারের ডায়ালের ছোট ভাগ বা দাগ সংখ্যা দেখে ছোট এক ভাগের মান হিসাব করতে হবে। মিটারের কাটা যত দাগ পর্যন্ত যাবে সেই সংখ্যাকে প্রতি দাগের মান দ্বারা গুণ করলে লোডের ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। ছোট এক ভাগের মান হিসাব করার জন্য মিটারের রেঞ্জকে মোট দাগ বা ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করতে হবে। বর্তমানে বাজারে ডিজিটাল ভোল্টমিটারও পাওয়া যায়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ভোল্টমিটার কী?

২। ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে কীভাবে সংযোগ করা হয়?

৩। ভোল্টমিটার দিয়ে কী পরিমাপ করা হয়?

৪। সার্কিটে ভোল্টমিটার সংযোগ করার মূল উদ্দেশ্য কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ভোল্টমিটার কাকে বলে?

২। ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয় না কেন?

৩। ভোল্টমিটার-এর শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ভোল্টমিটার কাকে বলে? ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ না করে প্যারালালে সংযোগ করা হয় কেন?

২। ভোল্টমিটারের পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

বিংশ অধ্যায়
ওহম মিটার

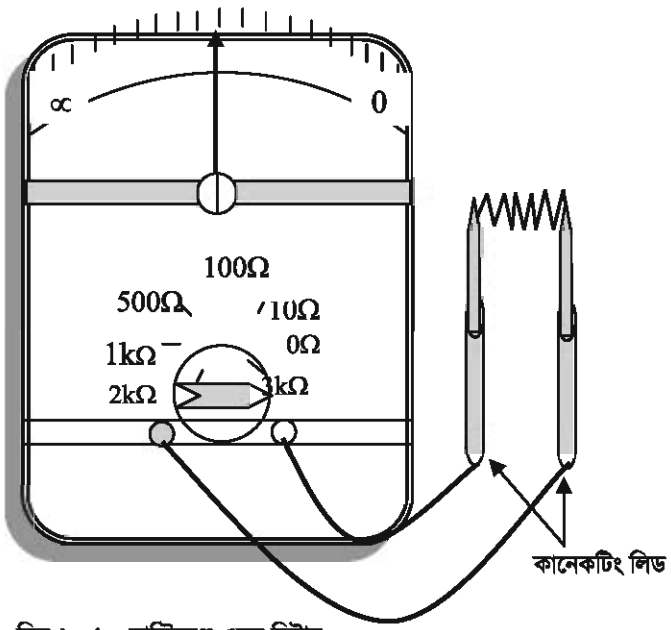
২০.১। ওহম মিটার

ওহম মিটার এক প্রকার বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। যে মিটারের সাহায্যে কোনো অজানা রেজিস্ট্যান্স-এর মান পরিমাপ করা যায় তাকে ওহম মিটার বলে। ওহম মিটার এর সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক পরিবাহীর অজানা রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করা ছাড়াও পরিবাহীর নিরবচ্ছিন্নতা বা কন্টিনিউটি পরীক্ষা করা যায়। ওহম মিটারে ১.৫ ভোল্ট/ ৩ ভোল্ট/ ৯ ভোল্ট ডিসি ব্যাটারী বিদ্যুৎ সেমি হিসাবে ব্যবহার হয়।

২০.২। ওহম মিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার পদ্ধতি

ওহম মিটার দ্বারা রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য প্রথমে ওহম মিটারের দুইটি টার্মিনালের সাথে দুইটি কানেকটিং লিড সংযোগ করতে হবে এবং সিলেক্টর সুইচকে সর্বোচ্চ রেঞ্জে রাখতে হবে। এখন কানেকটিং লিডদ্বয়ের দুই প্রান্তকে যে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স মাপতে হবে তার দুই প্রান্তের সাথে সংযোগ করতে হবে। এতে মিটারের ডায়ালে উক্ত রেজিস্ট্যান্সের মান দেখাবে। প্রয়োজনবোধে সিলেক্টর সুইচের মাধ্যমে রেঞ্জ কমিয়ে সুবিধাজনক রেঞ্জে রেখে মিটারের রিডিং নিতে হবে। বর্তমানে বাজারে ডিজিটাল ওহম পাওয়া যায়। এই ডিজিটাল ওহম মিটার দিয়ে সরাসরি পাঠ নেওয়া যায়।

২০.৩। ওহম মিটার সংযোগ করার চিত্র



চিত্র ২০.১ : মাল্টিরেঞ্জ ওহম মিটার

এই ওহম মিটারের ডায়ালে ডান দিকে 0 এবং বাম দিকে ∝ চিহ্ন থাকে। কানেকটিং লিড দুইটিকে যখন পরস্পর স্পর্শ করানো হয়, তখন মিটারের কাঁটা বা পয়েন্টার 0 চিহ্নিত দাগে যাবে এবং যখন লিড দুইটিকে পরস্পর থেকে আলাদা করা হবে, তখন মিটারের কাঁটা বা পয়েন্টার ∝ চিহ্নিত দাগে যাবে। পাওয়ার অফ অবস্থায় কোনো রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করতে হলে ওহম মিটারের লিড দুইটিকে এর দুই প্রান্তে ধরতে হবে এবং সিলেক্টর সুইচকে ঘুরিয়ে উপযুক্ত রেঞ্জে নিয়ে মিটারের পাঠ নিতে হবে। সিঙ্গেল রেঞ্জ ওহম মিটারের সাহায্যে কোনো অজানা রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করতে হলে মিটারের লিডদ্বয় এর দুই প্রান্তে ধরলেই মিটারের ডায়ালে রেজিস্ট্যান্সের মান দেখাবে।

২০.৪। সার্কিটে ওহম মিটার সংযোগ করে পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি

ওহম মিটারের সাহায্যে কোনো অজানা রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করতে হলে প্রথমে মিটার ঠিক আছে কিনা তা দেখে নিতে হবে। এজন্য ওহম মিটারের দুইটি টার্মিনালের সাথে দুইটি কানেকটিং লিড সংযোগ করতে হবে। লিডদ্বয়কে পরস্পর স্পর্শ করালে যদি কাঁটাটি শূন্য মান দেখায় তবে বুঝতে হবে যে, ওহম মিটার ঠিক আছে।

সার্কিটের যে রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করতে হবে ওহম মিটারের কানেটিং লিড দুইটিকে তার দুই প্রান্তে ধরলে এর মান মিটারের স্কেলে দেখা যাবে। ওহম মিটার অনেক স্কেলের হয়ে থাকে, যেমন- ০ - ১, ০ - ১০, ০ - ১০০, ০ - ১০০০ , ০ - ১০,০০০ ওহম ইত্যাদি স্কেলের। এগুলো একসঙ্গে একটি মিটারের থাকলে তাকে মাল্টিরেঞ্জ ওহম মিটার বলে।

মাল্টিরেঞ্জ ওহম মিটার দিয়ে পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি

প্রথমে ওহম মিটারের সিলেক্টর সুইচকে সর্বোচ্চ মানে রাখতে হবে। পরে প্রয়োজনবোধে সিলেক্টর সুইচকে ঘুরিয়ে কম রেঞ্জে এনে মিটারের পাঠ নিতে হবে। সিলেক্টর সুইচকে যদি $2k\Omega$ এ রাখা হয়, তবে মিটারের সম্পূর্ণ স্কেল $2k\Omega$ নিদের্শ করবে। আর যদি সিলেক্টর সুইচকে $1k\Omega$ এ রাখা হয়, তবে মিটারের সম্পূর্ণ স্কেলটি $1k\Omega$ রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করবে। সিলেক্টর সুইচের অবস্থান অনুযায়ী মিটারের সম্পূর্ণ স্কেলকে $2k\Omega$ বা $1k\Omega$ ধরে প্রতিটি ছোট এক ঘরের মান হিসাব করতে হবে। এখন মিটারের কানেটিং লিড দুইটিকে যে রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপ করতে হবে তার দুই প্রান্তে ধরতে হবে। মিটারের কাটা যে মান নির্দেশ করবে, তাকে ছোট এক ঘরের মান দিয়ে গুণ করলে পরীক্ষাধীন রেজিস্ট্যান্সের মান পাওয়া যাবে। রেজিস্ট্যান্সের মান কিলো ওহমে নিলেও তাকে ১০০০ দিয়ে গুণ করলে ঐ মান ওহম এককে পাওয়া যায় এবং ওহম এককে মান নিয়ে তাকে ১০০০ দিয়ে ভাগ করলে কিলো ওহম এককে মান পাওয়া যাবে।

বর্তমানে বাজারে ডিজিটাল ওহম মিটার পাওয়া যায়। এই ডিজিটাল ওহম মিটার দ্বারা 0 থেকে 200 কিলো ওহম পর্যন্ত রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়। এ ধরনের ওহম মিটার দ্বারা রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা খুবই সহজ। ওহম মিটারের কানেকটিং লিড দুইটিকে যে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করতে হবে তার দুই প্রান্তে ধরলে মিটারের ডায়ালে সরাসরি রিডিং পাওয়া যায়। এখানে সিলেক্টর সুইচের মাধ্যমে পাঠ (রিডিং) ওহম ও কিলো ওহম এককে নেওয়া যায়। ২০.১ নং চিত্রে ওহম মিটারের টার্মিনালের সাথে রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করার পদ্ধতি দেখানো হয়েছে।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওহম মিটার কী?

২। ওহম মিটার দিয়ে কী কী কাজ করা যায়?

৩। সাধারণ ওহম মিটার দিয়ে সর্বনিম্ন কত ওহম পর্যন্ত রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়?

৪। ভোল্টেজ সোর্স হিসাবে ওহম মিটারে কী ব্যবহার করা হয়?

৫। ডিজিটাল ওহম মিটার দিয়ে সাধারণত কত ওহম পর্যন্ত রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওহম মিটার কাকে বলে? ওহম মিটার কোথায় ব্যবহার করা হয়?

২। মাল্টিরেঞ্জ ওহম মিটার কাকে বলে? এ ওহম মিটার দিয়ে কোনো অজানা রেজিস্ট্যান্সের পরিমান কীভাবে পরিমাপ করা হয়?

৩। সিঙ্গেলরেঞ্জ ওহম মিটারের সাহায্যে কোন অজানা রেজিস্ট্যন্সের মান কীভাবে পরিমাপ করা যায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ওহম মিটার কাকে বলে? মাল্টিরেঞ্জ ওহম মিটার দিয়ে পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। ওহম মিটারের কাজ কী? সিঙ্গেল রেঞ্জ ওহম মিটারের সাহায্যে কোনো অজানা রেজিস্ট্যান্সের মান কীভাবে পরিমাপ করা যায়?

একবিংশ অধ্যায়
অ্যাভোমিটার

২১.১ । অ্যাভোমিটার (AVO meter)ঃ

অ্যাভোমিটার এক ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র যা দ্বারা বৈদ্যুতিক কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায় ।

অ্যাভোমিটারকে মাল্টিমিটারও বলা হয় । কারণ এই মিটার দ্বারা একাধিক ধরনের পরিমাপ নির্ণয় করা যায় । AVO বলতে A তে অ্যাম্পিয়ার (Ampare); V তে ভোল্ট (Volt) এবং O তে ওহম (ohm) বোঝায় । এই মিটার দ্বারা অ্যাম্পিয়ার, ভোল্ট ও ওহম পরিমাপ করা যায় বলেই এর নাম দেওয়া হয়েছে AVO (অ্যাভো) মিটার । অর্থাৎ এই মিটার দ্বারা কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায় ।

২১.২ । অ্যাভোমিটারের ব্যবহার

অ্যাভোমিটার এক বিশেষ ধরণের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র । যেখানে অল্প পরিমাণের বৈদ্যুতিক কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার প্রয়োজন হয়, সেখানে এই মিটার ব্যবহার করা হয় । যেমন- ওয়ার্কশপ বা কারখানায়; গবেষণাগারে, ইলেকট্রিক্যাল এবং ইলেকট্রনিকস যন্ত্রপাতি মেরামত করার দোকান ইত্যাদি জায়গায় এই মিটার ব্যবহার করা হয় । ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে বিভিন্ন অংশের মধ্যে কন্টিনিউটি পরীক্ষা করার জন্য এই মিটার ব্যবহার করা হয় ।

২১.৩ । অ্যাভোমিটারের মোড ও রেঞ্জ সিলেকশন ও পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি

অ্যাভোমিটারের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার জন্য প্রথমে মোড সিলেকশন করতে হয় অর্থাৎ কারেন্ট পরিমাপ করার জন্য সিলেক্টরকে Current A/C (~) বা Current D/C (–) এর ঘরে নিতে হবে; রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করতে হলে সিলেক্টরকে রেজিস্ট্যান্স (Ω) এর ঘরে নিতে হবে । ভোল্টেজ পরিমাপের ক্ষেত্রে সিলেক্টরকে Voltage A/C বা Voltage D/C এর ঘরে নিতে হবে ।

রেঞ্জ সিলেকশনের ক্ষেত্রে সব সময়ই রেঞ্জ প্রথমে সর্বোচ্চ মানে রাখতে হবে । এবার মিটার যথাযথ নিয়মে সংযোগ করে রেঞ্জ প্রয়োজনমতো কমিয়ে পাঠ নিতে হবে ।

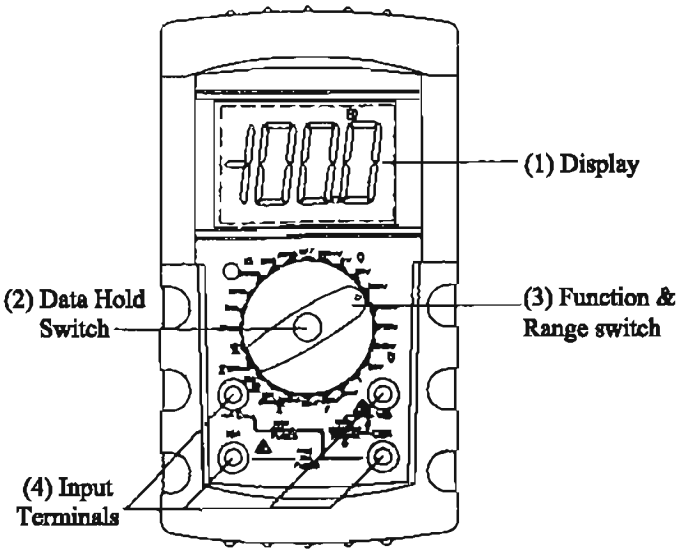
আজকাল বাজারে বিভিন্ন ধরনের অ্যাভোমিটার পাওয়া যায় । কানেকটিং লিড লাগানোর জন্য কোনোটিতে ৩টি আবার কোনোটিতে ৪টি জ্যাক (Jack) থাকে । ২ জ্যাক বিশিষ্ট অ্যাভোমিটারে '+' চিহ্নিত জ্যাকে লাল রং এর লিড এবং '–' চিহ্নিত জ্যাকে কালো রং-এর লিড সংযোগ করতে হয় । লাল লিডকে ফেজ এবং কালো লিডকে নিউট্রাল হিসাবে সূচিত করা হয় (D/C এর ক্ষেত্রে) ।

৩ জ্যাক বিশিষ্ট অ্যাভোমিটারের জ্যাকগুলি যথাক্রমে COM, V/Ω, mA চিহ্নে চিহ্নিত থাকে। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের সময় কালো লিডকে COM জ্যাকে সংযোগ করতে হবে এবং ভোল্টেজ পরিমাপের সময় লাল লিডকে V/Ω চিহ্নিত জ্যাকে সংযোগ করতে হবে। কারেন্ট পরিমাপের সময় লাল লিডকে mA চিহ্নিত জ্যাকে সংযোগ করতে হবে।

৪ জ্যাক বিশিষ্ট অ্যাভোমিটারকে ৩ জ্যাক বিশিষ্ট অ্যাভোমিটারের মতোই ব্যবহার করতে হয়। শুধু কারেন্ট 200mA এর বেশি হলে লাল লিডকে 10A জ্যাকে সংযোগ করতে হবে।

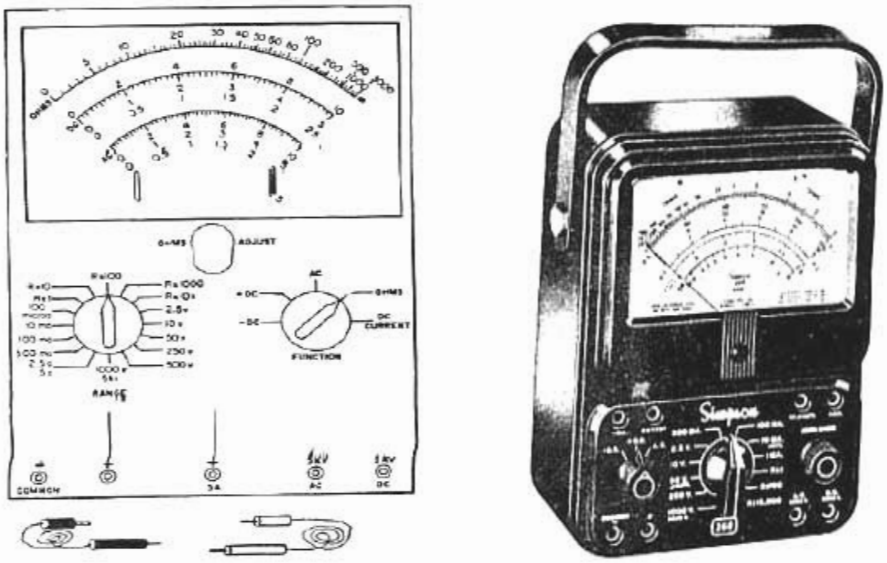
বর্তমান বাজারে ডিজিটাল অ্যাভোমিটারও পাওয়া যায়। ডিজিটাল অ্যাভোমিটার ব্যবহার করাই সবচেয়ে সুবিধাজনক। ডিজিটাল অ্যাভোমিটার সরাসরি রিডিং বা পাঠ নেওয়া যায়।

চিত্রে একটি ডিজিটাল অ্যাভোমিটার দেখানো হলো :



চিত্র ২১.১ : ডিজিটাল অ্যাভোমিটার

ডিজিটাল অ্যাভোমিটার দ্বারা কারেন্ট, ভোল্টেজ বা রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করতে হলে সিলেক্টর সুইচকে প্রয়োজনমতো কারেন্ট, ভোল্টেজ বা রেজিস্ট্যান্সের ঘরে নিতে হবে এবং সিলেক্টর সুইচকে সর্বোচ্চ রেঞ্জে রেখে কারেন্ট পরিমাপের ক্ষেত্রে অ্যামমিটারের মতো, ভোল্টেজ পরিমাপের ক্ষেত্রে ভোল্টমিটারের মতো এবং রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের ক্ষেত্রে ওহম মিটারের মতো সংযোগ করলেই ডিজিটাল ডায়ালে সরাসরি রিডিং পাওয়া যাবে।



চিত্র : ২১.২ এনালগ অ্যাভোমিটার

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। অ্যাভোমিটার কী?

২। অ্যাভোমিটার দিয়ে কী কী পরিমাপ করা যায়?

৩। অ্যাভোমিটারকে মাল্টিমিটার বলা হয় কেন?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। অ্যাভোমিটার কাকে বলে? AVO এর পূর্ণ নাম কী ?

২। অ্যাভোমিটার কোথায় কোথায় ব্যবহার করা হয়?

৩। ডিজিটাল অ্যাভোমিটার কিভাবে ব্যবহার করা হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। অ্যাভোমিটারকে মাল্টিমিটার বলা হয় কেন? অ্যাভোমিটার দিয়ে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স কীভাবে পরিমাপ করা হয়?

২। অ্যাভোমিটারের মোড ও রেঞ্জ সিলেকশন এবং পাঠ নেওয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২০২০

দ্বাবিংশ অধ্যায়
বৈদ্যুতিক পাওয়ার

২২.১। বৈদ্যুতিক পাওয়ার

যে হারে কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে কাজ করা হয় অথবা প্রতি সেকেন্ডে কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে যে এনার্জি সরবরাহ করা হয় তাকে বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বা পাওয়ার বলে। একে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যদি কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীতে Q একক চার্জ V ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপে t সেকেন্ড সময় ধরে প্রবাহিত হয় তখন কাজের পরিমাণ দাঁড়ায়, $W = VQ$,

প্রতি সেকেন্ডে কাজের পরিমাণ $P = \frac{W}{t} = \frac{VQ}{t}$ আর্গ/সেকেন্ড।

এখানে প্রতি সেকেন্ডে চার্জের পরিমাণকে কারেন্ট ধরা হয়।

সুতরাং বৈদ্যুতিক পাওয়ার $P = VI$ আর্গ/সেকেন্ড।

যদি V এবং I কে ব্যবহারিক এককে প্রকাশ করা হয়, তবে

বৈদ্যুতিক পাওয়ার $P = V \times 10^8 \times I \times 10^{-1} = VI \times 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড।

$= VI$ জুল/ সেকেন্ড। $\{10^7$ আর্গ $= 1$ জুল$\}$

$= VI$ ওয়াট। $\{1$ জুল/সেকেন্ড $= 1$ ওয়াট$\}$

সুতরাং বৈদ্যুতিক পাওয়ার = বৈদ্যুতিক চাপের পার্থক্য × কারেন্ট।

২২.২। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের একক ও প্রতীক

পাওয়ারের একক : SI পদ্ধতিতে পাওয়ারের একক হলো ওয়াট। পাওয়ারের বড় একক কিলোওয়াট ও মেগাওয়াট। স্কটিশ বিজ্ঞানী জেমস ওয়াটের নামানুসারে এর নামকরণ করা হয়েছে। পাওয়ারের প্রতীক হচ্ছে P। এক ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপে যদি কোনো বর্তনীতে এক সেকেন্ড সময়ে এক কুলম্ব চার্জ প্রবাহিত হয় তবে পাওয়ারের পরিমাণ হবে এক ওয়াট। অন্য কথায়, কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীতে এক ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপের পার্থক্যে এক অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হতে যে পাওয়ার অপচয় হয়, তাকে এক ওয়াট বলে। ওয়াটকে W দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

1 কিলোওয়াট = 1000 ওয়াট

1 মেগাওয়াট = 10^6 ওয়াট

১ কিলোওয়াট আওয়ারকে বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট সংক্ষেপে BOT ইউনিট বলে। 1 BOT = ১ কিলোওয়াট-আওয়ার।

২২.৩। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের সাথে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক

বৈদ্যুতিক পাওয়ার হচ্ছে কোনো সার্কিটের ভোল্টেজ ও কারেন্টের গুণফল। যদি কোনো সার্কিটের কারেন্ট I হয় এবং সরবরাহ ভোল্টেজ V হয় তবে সেই সার্কিটের পাওয়ার P = VI ওয়াট। আবার, বৈদ্যুতিক পাওয়ার,

$P = \frac{VIt}{t}$ জুল/সে. (ওয়াট)।

$= VI$

ওহমের সূত্রে আমরা জানি, $I = \frac{V}{R}$

সুতরাং $P = VI$ ওয়াট যখন I = কারেন্ট

$= I^2R$ ওয়াট V = ভোল্টেজ

$= \frac{V^2}{R}$ ওয়াট R = রেজিস্ট্যান্স

$V = IR$

$R = \frac{V}{I}$

২২.৪। আপাত শক্তি (পাওয়ার) ও প্রকৃত শক্তি (পাওয়ার)

আপাত শক্তি বা অ্যাপারেন্ট পাওয়ার : কোনো ডিসি সার্কিটের বৈদ্যুতিক চাপকে কারেন্ট দিয়ে গুণ করলে ঐ সার্কিটের বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণ (ওয়াট) কত তা জানা যায়। কিন্তু এসি সার্কিটের বৈদ্যুতিক চাপকে কারেন্ট দিয়ে গুণ করলে যা পাওয়া যায় তাকে সার্কিটের আপাত শক্তি বা অ্যাপারেন্ট পাওয়ার বলে। এর একক ভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (VA), কিলোভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (KVA).

প্রকৃত পাওয়ার : এসি সার্কিটের প্রকৃত পাওয়ার বা অ্যাকটিভ পাওয়ার বলতে V, I , ও $\cos\theta$ এর গুণফল অর্থাৎ $VI \cos\theta$ কে বোঝায়। এখানে, V ফেজ ভোল্টেজ, I ফেজ কারেন্ট, $\cos\theta$ পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং V ও I এর মধ্যবর্তী কোণ অর্থাৎ সার্কিটের ফেজ অ্যাঙ্গেলকে θ ধরা হয়। কোনো সার্কিটে প্রকৃতপক্ষে যে পাওয়ার অপচয় হয় তাই প্রকৃত পাওয়ার। পাওয়ারের প্রতীক P এবং একক ওয়াট বা কিলোওয়াট বা মেগাওয়াট ইত্যাদি।

২২.৫। যান্ত্রিক পাওয়ার ও বৈদ্যুতিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক

যান্ত্রিক ক্ষমতাকে প্রকাশ করা হয় অশ্বক্ষমতা বা হর্স পাওয়ার (HP) দ্বারা এবং বৈদ্যুতিক ক্ষমতাকে প্রকাশ করা হয় ওয়াট বা কিলোওয়াট দ্বারা।

অশ্বক্ষমতা (HP)ঃ প্রতি সেকেন্ডে 550 ফুট-পাউন্ড কাজ করার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে। অন্যভাবে বলা যায়, 550 পাউন্ড ওজন বল প্রয়োগে বলের ক্রিয়া রেখা বরাবর বস্তুর প্রতি সেকেন্ডের সরণ 1 ফুট হলে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে। এফপিএস পদ্ধতিতে যান্ত্রিক পাওয়ারের একক হচ্ছে হর্স পাওয়ার বা অশ্বক্ষমতা।

১ অশ্বক্ষমতা = ৭৪৬ ওয়াট এবং ১ অশ্বক্ষমতা = ৫৫০ ফুট পাউন্ড / সেকেন্ড।

সম্পর্ক :

আমরা জানি, এক অশ্বশক্তি = 550 ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড।

$= 550 \times 12 \times 2.54 \times 453.6$ গ্রাম-সেমি/সেকেন্ড

(সুতরাং 1 পাউন্ড = 453.6 গ্রাম, 1 ফুট = 12×2.54 সেমি)

$= 550 \times 30.48 \times 453.6$ গ্রাম-সেমি/সেকেন্ড

$= 746 \times 10^7$ ডাইন- সেমি/সেকেন্ড

$= 746 \times 10^7$ আর্গ/সেকেন্ড

= 746 জুল/সেকেন্ড

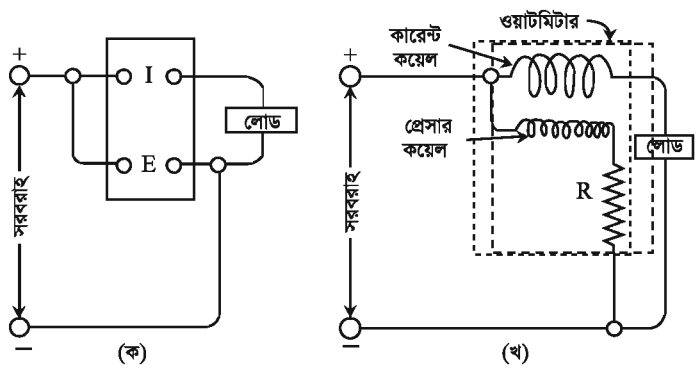
= 746 ওয়াট (প্রায়)

সুতরাং এক অশ্বশক্তি = 0.746 কিলোওয়াট (প্রায়)।

আবার এক কিলোওয়াট (বৈদ্যুতিক পাওয়ার) = 1.34 অশ্বশক্তি (যান্ত্রিক পাওয়ারের)

এটাই বৈদ্যুতিক পাওয়ার এবং যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক।

২২.৬। ওয়াট-মিটারের সাথে লোডের সংযোগ চিত্র অঙ্কন



এই মিটারে দুইটি কয়েল থাকে। একটি প্রেসার কয়েল (PC), অপরটি কারেন্ট কয়েল (CC)। প্রেসার কয়েলকে লোডের সাথে প্যারালাল এবং কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হয়।

২০২০

২২.৭। বৈদ্যুতিক পাওয়ার সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান

সমস্যা-১। 110 ভোল্টের একটি ডায়নামো 55 ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি বাতির ভিতর দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত করে। বাতিতে ব্যয়িত ক্ষমতা নির্ণয় কর।

সমাধান :

এখানে, দেওয়া আছে, ভোল্টেজ, $V = 110$ ভোল্ট

রেজিস্ট্যান্স, $R = 55$ ওহম

কারেন্ট, $I = 2$ অ্যাম্পিয়ার

পাওয়ার $P = ?$

আমরা জানি, পাওয়ার $P = VI$

$= 110 \times 2$ ওয়াট

$= 220$ ওয়াট **(উত্তর)**।

সমস্যা-২। একটি বৈদ্যুতিক বাতিতে 40 ওয়াট 200 ভোল্ট চিহ্নিত আছে। বাতিটির রেজিস্ট্যান্স এবং এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান কত?

সমাধান : এখানে, দেওয়া আছে, পাওয়ার $P = 40$ ওয়াট

ভোল্টেজ $V = 200$ ভোল্ট

রেজিস্ট্যান্স $R = ?$

কারেন্ট, $I = ?$

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

বা, $R = \frac{V^2}{P}$

বা, $R = \frac{200^2}{40} = \frac{200 \times 200}{40} = 1000\ \Omega$ (ohm)

$\therefore\ R = 1000\ \Omega$

আবার, $P = VI$

বা, $VI = P$

বা, $I = \frac{P}{V}$

বা, $I = \frac{40}{200}$

বা, $I = 0.2$ A

উত্তর : 1000 ওহম; 0.2 অ্যাম্পিয়ার।

২০২০

সমস্যা-৩। একটি হিটারের হিটিং এলিমেন্টের রেজিস্ট্যান্স 30 ওহম। হিটারটিকে 240 ভোল্ট সরবরাহ লাইনে সংযোগ করলে কত কারেন্ট গ্রহণ করবে এবং কত পাওয়ার ব্যয় হবে?

সমাধান : এখানে দেওয়া আছে, রেজিস্ট্যান্স $R = 30$ ওহম

ভোল্টেজ $V = 240$ ভোল্টেজ

কারেন্ট $I = ?$

পাওয়ার $P = ?$

আমরা জানি, $I = \frac{V}{R} = \frac{240}{30} = 8$ অ্যাম্পিয়ার

পাওয়ার $P = V \times I = 240 \times 8$ ওয়াট $= 1920$ ওয়াট।

উত্তর : 8 অ্যাম্পিয়ার; 1920 ওয়াট।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক পাওয়ার কাকে বলে?

২। বৈদ্যুতিক পাওয়ারকে কী দিয়ে প্রকাশ করা হয়?

৩। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের একক কী?

৪। বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক পাওয়ার কাকে বলে? বৈদ্যুতিক পাওয়ারের একক ও প্রতীক উল্লেখ কর।

২। আপাত পাওয়ার কাকে বলে?

৩। প্রকৃত পাওয়ার কাকে বলে?

৪। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের সাথে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক উল্লেখ কর।

৫। অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? এক অশ্বক্ষমতা সমান কত ওয়াট?

৬। এক ওয়াট বৈদ্যুতিক পাওয়ার কাকে বলে?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। যান্ত্রিক ক্ষমতা (পাওয়ার) ও বৈদ্যুতিক ক্ষমতা (পাওয়ার) এর মধ্যে সম্পর্ক উল্লেখ কর।

২। আপাত পাওয়ার ও প্রকৃত পাওয়ার বলতে কী বুঝ?

৩। ওয়াটমিটারের সাথে লোডের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।

৪। প্রমাণ কর যে, 1 অশ্বশক্তি = 746 ওয়াট।

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়
ওয়াট মিটার

২৩.১। ওয়াট মিটার

ওয়াট মিটার এক প্রকার বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। কোনো সার্কিটে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ ক্ষমতা ব্যয় হয় তা সরাসরি ওয়াট এককে পরিমাপ করার যন্ত্রকে ওয়াট মিটার বলে। এ মিটারে দুটি কয়েল থাকে। একটির নাম কারেন্ট কয়েল এবং অপরটির নাম প্রেসার কয়েল। কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। ওয়াট মিটারের চারটি টার্মিনাল থাকে। কারেন্ট কয়েলের ২টি এবং প্রেসার কয়েলের ২টি। সংযোগ করার সময় কারেন্ট কয়েলের ১টি টার্মিনালের সাথে প্রেসার কয়েলের ১টি টার্মিনাল শর্ট করে নিতে হয়। ওয়াট মিটারের রেঞ্জ প্রস্তুতকারক কোম্পানি বিশেষে বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। ওয়াট মিটারের রেঞ্জ সাধারনত 230W হতে 1000W পর্যন্ত হয়ে থাকে।

২৩.২। ওয়াট মিটারের শ্রেণি বিভাগ

ওয়াট মিটারের প্রকারভেদ : ওয়াট মিটার প্রধানত ৪ প্রকারের হয়ে থাকে–

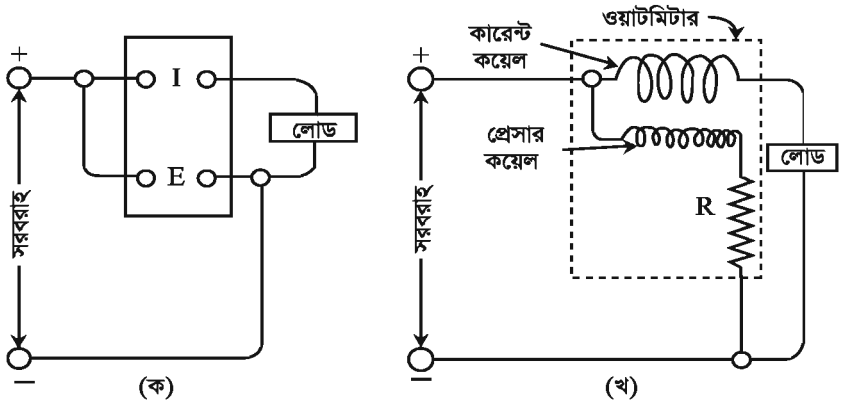
১। ডাইনামোমিটার বা ইলেকট্রো ডাইনোমো মিটার টাইপ ওয়াট মিটার।

২। ইন্ডাকশন টাইপ ওয়াট মিটার।

৩। ইলেকট্রোস্ট্যাটিক টাইপ ওয়াট মিটার।

৪। থারমাল টাইপ ওয়াট মিটার।

২৩.৩। সার্কিটে ওয়াট মিটার সংযোগের সার্কিট চিত্র



চিত্র : ওয়াট মিটারের (ক) বাইরের সংযোগ (খ) ভিতরের সংযোগ

ওয়াট মিটারের কারেন্ট কয়েলকে সংক্ষেপে CC এবং প্রেসার কয়েলকে PC দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। কারেন্ট কয়েলে মোটা তারের কম সংখ্যক প্যাঁচ থাকে যার রেজিস্ট্যান্স খুব কম এবং প্রেসার কয়েলে চিকন তারের বেশি সংখ্যক প্যাঁচ থাকে যার রেজিস্ট্যান্স খুব বেশি। কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। ওয়াট মিটারের চারটি টার্মিনাল থাকে। সংযোগ করার সময় কারেন্ট কয়েলের ১টি টার্মিনালের সাথে প্রেসার কয়েলের ১টি টার্মিনাল শর্ট করে নিতে হয়। বর্তমানে বাজারে ডিজিটাল ওয়াট পাওয়া যায়। এই ওয়াট মিটার সার্কিটে সংযোগ করে সরাসরি রিডিং পাওয়া যায়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নঃ

(১) ওয়াট মিটার কী?

(২) ওয়াট মিটারে কয়টি কয়েল থাকে এবং কী কী?

(৩) ওয়াট মিটারের রেঞ্জ সাধারণত কত হয়ে থাকে?

(৪) ওয়াট মিটারের টার্মিনাল কয়টি?

(৫) ওয়াট মিটারের যে কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বেশি তাকে কী বলে?

(৬) ওয়াট মিটারের যে কয়েলের রেজিস্ট্যান্স কম তাকে কী বলে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নঃ

(১) ওয়াট মিটার কাকে বলে?

(২) ওয়াট মিটারের কয়েলগুলিকে লোডের সাথে কীভাবে সংযোগ করতে হয়?

(৩) ওয়াট মিটার কত প্রকার ও কী কী?

(৪) ওয়াট মিটারের কোন কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বেশি থাকে?

রচনামূলক প্রশ্নঃ

(১) ওয়াট মিটার কাকে বলে? ওয়াট মিটার কত প্রকার ও কী কী?

(২) সার্কিটে ওয়াট মিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।

চতুর্বিংশ অধ্যায়
বৈদ্যুতিক এনার্জি

২৪.১। বৈদ্যুতিক এনার্জি

বৈদ্যুতিক এনার্জি (শক্তি) : বৈদ্যুতিক এনার্জি হলো বৈদ্যুতিক পাওয়ার এবং এ পাওয়ার কোনো সার্কিটে যত সময় কাজ করছে সে সময়ের গুণফল। সুতরাং বৈদ্যুতিক এনার্জি = বৈদ্যুতিক পাওয়ার × সময়। অর্থাৎ বৈদ্যুতিক এনার্জি $E = VIt$ জুল = $P \times t$ ওয়াট-সেকেন্ড। এনার্জির একক হচ্ছে ওয়াট আওয়ার বা কিলোওয়াট - আওয়ার। এনার্জি মিটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা হয়।

২৪.২। বৈদ্যুতিক এনার্জির প্রতীক ও বিভিন্ন একক

বৈদ্যুতিক এনার্জিকে সাধারণত E অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একক : এসআই (SI) পদ্ধতিতে বৈদ্যুতিক এনার্জির একক হলো জুল বা ওয়াট-সেকেন্ড। এটি অতি ক্ষুদ্র একক। সুতরাং বড় একক হলো কিলোওয়াট-আওয়ার (kwh)। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কিলোওয়াট-আওয়ার (kwh) কে একক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। তাই কিলোওয়াট-আওয়ারকে BOT (Board of Trade) একক বলা হয়।

১ কিলোওয়াট-আওয়ার = ১ ইউনিট। (১ ইউনিট = ১০০০ ওয়াট-আওয়ার = ১ কিলোওয়াট-আওয়ার।)

২৪.৩। বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও এনার্জির মধ্যে সম্পর্ক

বৈদ্যুতিক পাওয়ার হলো কোনো সার্কিটে একক সময়ে ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি আর বৈদ্যুতিক এনার্জি হলো নির্দিষ্ট সময়ে বা মোট সময়ে ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি।

অন্যভাবে বলা যায় যে, বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বা পাওয়ার, $P = VI$ ওয়াট $= I^2R$ ওয়াট

আর বৈদ্যুতিক এনার্জি, $E = VIt = P \times t$ ওয়াট-ঘণ্টা।

সুতরাং বৈদ্যুতিক এনার্জি = বৈদ্যুতিক পাওয়ার × সময়

অর্থাৎ বৈদ্যুতিক এনার্জি = ওয়াট × ঘণ্টা।

সুতরাং $E = P \times t$.

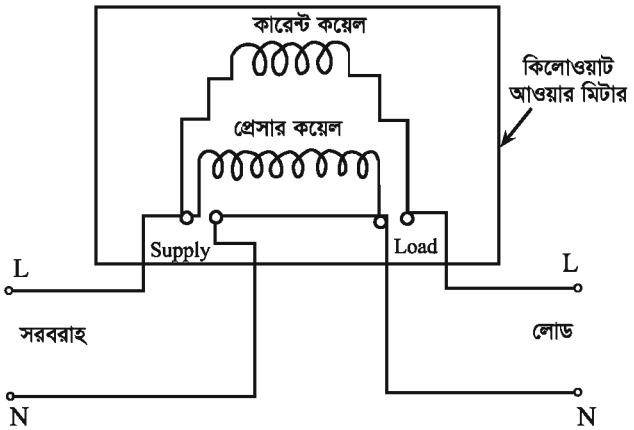
২৪.৪। কোনো লোডে ব্যয়িত বৈদ্যুতিক এনার্জির পরিমাণ নির্ণয়

কোনো সার্কিটে 100 ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপের ফলে 10 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যদি এক ঘণ্টা যাবৎ প্রবাহিত হয় বা 200 ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপের ফলে 5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট এক ঘণ্টা যাবৎ প্রবাহিত হয় অথবা 100 ওয়াটের 10টি বাতি যদি 1 ঘণ্টা ধরে জ্বলে তবে, উক্ত সার্কিটে এনার্জি খরচের পরিমাণ হবে এক কিলো-ওয়াট আওয়ার বা ১ ইউনিট।

সুতরাং এনার্জির পরিমাণ = (ভোল্ট × কারেন্ট × ঘণ্টা)/1000 কিলোওয়াট আওয়ার বা ইউনিট।

একটি বাতির গায়ে ২২০ ভোল্ট ৬০ ওয়াট লেখার অর্থ : একটি বাতির গায়ে ২২০ ভোল্ট ৬০ ওয়াট লেখার অর্থ হচ্ছে বাতিটিকে ২২০ ভোল্ট সরবরাহ লাইনে সংযোগ করলে সেটি সর্বোচ্চ আলোক বিকিরণ করে জ্বলবে এবং এতে ৬০ ওয়াট পাওয়ার বা শক্তি ব্যয় হবে।

২৪.৫। সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার সার্কিটে সংযোগের সার্কিট চিত্র



চিত্র ২৪.১ : এনার্জি মিটারের ভিতরের সংযোগ

২৪.৬। বৈদ্যুতিক লোডের বিল সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা-১। একটি বৈদ্যুতিক হিটার 220 ভোল্ট সরবরাহ লাইন হতে 10 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ গ্রহণ করে। হিটারটিতে কী হারে শক্তি ব্যয় হয়? যদি হিটারটিকে 5 ঘণ্টাকাল চালনা করা হয়, তবে কত কিলোওয়াট-ঘণ্টা শক্তি খরচ হবে?

সমাধান : এখানে, ভোল্টেজ, $V = 220$ ভোল্ট

কারেন্ট, $I = 10$

পাওয়ার, $P = ?$

প্রবাহকাল, $t = 5$ ঘণ্টা

ব্যয়িত শক্তি বা এনার্জি $E = ?$

আমরা জানি যে, $P = VI = 220 \times 10 = 2200$ ওয়াট

$$E = Pt = 2200 \times 5 \text{ ওয়াট-ঘণ্টা} = \frac{11000}{1000}\text{kwh} = 11\text{kwh}$$

উত্তর : 2200 ওয়াট; 11kwh.

সমস্যা-২। একটি বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি যখন গরম হয় তখন 230 ভোল্টের সরবরাহ লাইনে এর রেজিস্ট্যান্স দাঁড়ায় 100 ওহম। এই অবস্থায় 3 ঘণ্টায় কত বৈদ্যুতিক এনার্জি খরচ হবে। প্রতি ইউনিটের দাম যদি 2.00 টাকা হয় তবে 1990 সালের ফেব্রুয়ারি মাসের বিল কত হবে?

সমাধান : ইস্ত্রির কারেন্ট, $I = \frac{230}{100} = 2.3$ অ্যাম্পিয়ার

ইস্ত্রির পাওয়ার খরচ $= I^2R = (2.3)^2 \times 100 = 529$ ওয়াট

৩ ঘণ্টায় ইস্ত্রির এনার্জি খরচ = পাওয়ার × সময় = 529 × 3 = 1587 ওয়াট-আওয়ার = 1.587 কিলো-ওয়াট আওয়ার বা ১.৫৮৭ ইউনিট।

1990 সালের ফেব্রুয়ারি মাস ২৮ দিনে। সুতরাং প্রতি ইউনিট ২.০০ টাকা হিসারে

1990 সালের ফেব্রুয়ারি মাসের বিল = 1.59 × 2 × 28 = 89.04 টাকা।

উত্তর : 89.04 টাকা।

সমস্যা-৩। একটি বাড়িতে 60 ওয়াট এর 3টি বাতি, 100 ওয়াট এর ২টি বাতি, 80 ওয়াট এর 2টি পাখা এবং 1000 ওয়াট এর একটি ইস্ত্রি আছে। প্রতিটি গড়ে দৈনিক 3 ঘণ্টা করে কাজ করে। যদি সরবরাহ ভোল্টেজ 230 ভোল্ট হয় তবে সার্কিটে মোট কত কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং প্রতি ইউনিট 1.50 টাকা হলে 1990 সালের জানুয়ারি মাসের বিল কত হবে?

সমাধান :

3টি 60 ওয়াট এর বাতির মোট ওয়াট = 60 × 3 = 180 ওয়াট

2 টি ১০০ ওয়াট এর বাতির মোট ওয়াট = 100 × 2 = 200 ওয়াট

2 টি 80 ওয়াট এর বাতির মোট ওয়াট = 80 × 2 = 160 ওয়াট

1 টি 1000 ওয়াট এর বাতির মোট = 1000 × 1 = 1000 ওয়াট

মোট ওয়াট = 1540 ওয়াট

আমরা জানি, W = VI

সুতরাং $I = \frac{W}{V} = \frac{1540}{230} = 6.696$ অ্যাম্পিয়ার

লোডগুলি প্রতিদিন ৩ ঘণ্টা করে চললে এক দিনে মোট এনার্জি খরচ = 1540 × 3 =4620 ওয়াট আওয়ার = 4.62 কিলোওয়াট আওয়ার বা 4.62 ইউনিট।

1990 সালের জানুয়ারি মাস ৩১ দিনে। প্রতি ইউনিট 1.50 টাকা হিসাবে

1990 সালের জানুয়ারি মাসে ঐ বাড়ির বিল হবে = 4.62 × 1.50 × 31 = 214.83 টাকা।

উত্তর : 214.83 টাকা।

সমস্যা-৪। 100 ওয়াটের একটি বাতি 220 ভোল্ট সরবরাহ লাইন হতে কারেন্ট নেয় এবং 2 ঘণ্টা ধরে জ্বলে। বাতিটি কতটুকু শক্তি বা এনার্জি ব্যয় করে?

সমাধান :

প্রশ্নানুসারে, শক্তি ব্যয় হয় = p × t ওয়াট-আওয়ার।

= 100 × 2

= 200 ওয়াট-আওয়ার

$= \frac{200}{1000}$ কিলোওয়াট আওয়ার

= 0.2

এখানে,
P = 100
t = 2

উত্তর : বাতিটি 0.2 কিলোওয়াট আওয়ার বা 0.2 ইউনিট শক্তি ব্যয় করে।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

(১) বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপের একক কী?
(২) BOT কী?
(৩) এক ইউনিট সমান কত কিলোওয়াট-আওয়ার?
(৪) যে যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা হয়, তার নাম কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

(১) বৈদ্যুতিক এনার্জি কী?
(২) বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপের ব্যবহারিক একক কী?
(৩) বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট কাকে বলে?
(৪) বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও বৈদ্যুতিক এনার্জির মধ্যে সম্পর্ক কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

(১) বৈদ্যুতিক এনার্জি কাকে বলে? বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপের এককগুলি কী কী? এককগুলির মধ্যে সম্পর্ক কী?
(২) একটি বাতির গায়ে 250 ভোল্ট, 100 ওয়াট লেখা আছে, এর অর্থ কী বুঝিয়ে লিখ।
(৩) একটি সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার সার্কিটে সংযোগের সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।

গাণিতিক সম্যসা

সমস্যা-১। 25 ওহম-এর একটি বৈদ্যুতিক হিটার 230 ভোল্ট লাইনে 0.2 ওহম-এর মোট রেজিস্ট্যান্সের একটি ক্যাবল দিয়ে সংযোগ করা হলো। হিটারটি 2 ঘণ্টা ধরে চললে কত এনার্জি খরচ হবে?
উত্তর : এনার্জি খরচ হবে 4.232 ওয়াট-ঘণ্টা।

সমস্যা-২। 250 ভোল্ট-এর একটি বাতির উত্তপ্ত অবস্থায় রেজিস্ট্যান্স 250 ওহম। যদি বাতিটি 12 ঘণ্টা জ্বলে, তবে ব্যয়িত এনার্জির পরিমাণ কত হবে?
উত্তর : ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ 3 kwh.

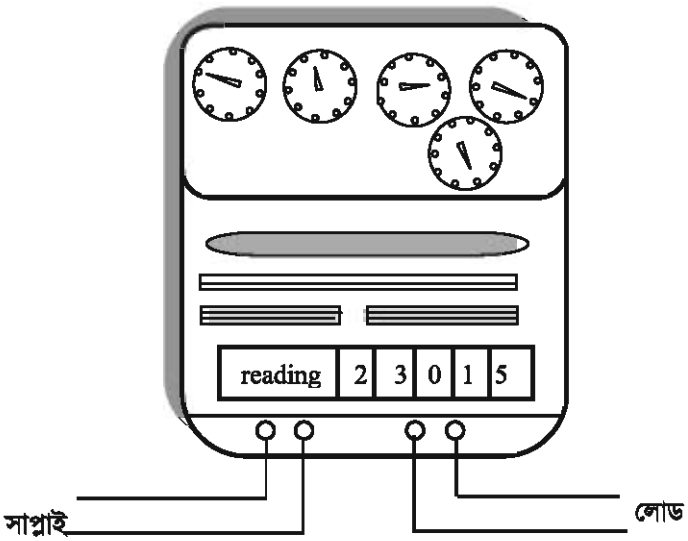
সমস্যা-৩। একটি হোস্টেলে 40 খানা কামরায় 40 ওয়াটের 40 খানা বাতি প্রতি রাতে সন্ধ্যা 6টা হতে রাত্রি 11টা পর্যন্ত জ্বলে।প্রতি ইউনিট 2.30 টাকা হিসেবে এক মাসের বিদ্যুৎ বিল কত হবে ?
উত্তর : মাসে 552 টাকা খরচ হবে।

সমস্যা-৪। একটি বাড়িতে 60 ওয়াটের ৫টি বাতি ও 1/8 অশ্ব পাওয়ারের দুইটি পাখা আছে। বাতি ও পাখা যদি 220 ভোল্টের সরবরাহ লাইনে বাঁধা হয়, তবে দৈনিক 8 ঘণ্টা করে চললে এক মাসে বৈদ্যুতিক বিল কত হবে? (প্রতি ইউনিটের দাম 0.30 টাকা)।
উত্তর : এক মাসের বিদ্যুৎ বিল 35.024 টাকা।

পঞ্চবিংশ অধ্যায়
ইন্ডাকশন টাইপ এনার্জি মিটার

২৫.১। এনার্জি মিটার

এনার্জি মিটার এক প্রকার বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। বৈদ্যুতিক এনার্জি সাধারণত ওয়াট-আওয়ার বা কিলোওয়াট-আওয়ার মিটার দিয়ে পরিমাপ করা হয়। এ যন্ত্রের পাঠ থেকে মাসিক বিদ্যুৎ বিল তৈরি করা হয়। যে যন্ত্রের সাহায্যে কোন সার্কিটের বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা হয় তাকে এনার্জি মিটার বলে। এনার্জি মিটারকে ওয়াট-আওয়ার বা কিলোওয়াট-আওয়ার মিটারও বলা হয়। এ মিটারে বৈদ্যুতিক পাওয়ার এবং কত সময় এই পাওয়ার ব্যয় হয়েছে সে সময়ের গুণফল সরাসরি পাওয়া যায়। বর্তনীতে যতক্ষণ পর্যন্ত পাওয়ার ব্যয় হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত ডায়ালের কাঁটাগুলো ঘুরে পাওয়ার খরচ রেকর্ড করে।



চিত্র ২৫.১ : এক ফেজ এনার্জি মিটারের বাইরের গঠন ও সংযোগ চিত্র

এনার্জি মিটারের প্রকারভেদ

এনার্জি মিটার প্রধানত তিন প্রকার। যথা–

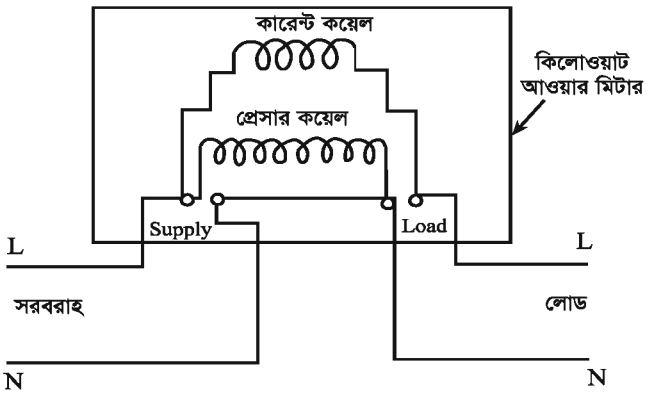
১. ইলেকট্রোলাইটিক মিটার

২. মোটর মিটার

৩. ক্লক মিটার।

এক-ফেজ ও তিন-ফেজ উভয় ধরনের সরবরাহের জন্যই এনার্জি মিটার পাওয়া যায়। এক-ফেজ সরবরাহের জন্য এক-ফেজ এনার্জি মিটার এবং তিন-ফেজ সরবরাহের জন্য তিন-ফেজ এনার্জি মিটার ব্যবহার করা হয়।

২৫.২ ।এনার্জি মিটার সংযোগ করার সংযোগ চিত্র



চিত্র ২৫.২ : এনার্জি মিটারের সংযোগ চিত্র

ওয়াট মিটারের মতো এনার্জি মিটারেও দুইটি কয়েল থাকে। একটি কারেন্ট কয়েল ও অপরটি প্রেসার কয়েল। এর কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়।

২৫.৩ । এনার্জি মিটারের পাঠ গ্রহণ করার পদ্ধতি

যে কোনো সময় এনার্জি মিটারের ডায়াল থেকে সরাসরি পাঠ নেওয়া যায়। এই পাঠ দশমিকের পরে দুই অঙ্ক পর্যন্ত নেওয়া যায়। এনার্জির বিল হিসাব করার সুবিধার্থে দশমিক মান উপেক্ষা করা যায়। বর্তমান পাঠ থেকে পূর্বে সংগ্রহ করা পাঠ বিয়োগ করলে নির্দিষ্ট সময়ে ব্যয়িত এনার্জির পরিমাণ কিলোওয়াট আওয়ার এককে পাওয়া যায়। এক কিলোওয়াট আওয়ার = এক ইউনিট।

২৫.৪ । এনার্জি মিটারের ত্রুটি

দুটি কারণে এনার্জি মিটারের ত্রুটি দেখা দেয়। যেমন–

ক. ঘর্ষণজনিত ত্রুটি; খ. মন্থনজনিত ত্রুটি।

ঘর্ষণজনিত ত্রুটি বা ফ্রিকশন ত্রুটি আবার দুই ধরনের। যেমন–

১. মার্কারি ফ্রিকশন
২. বিয়ারিং ফ্রিকশন

ক. ঘর্ষণজনিত ত্রুটি

কারণ : চলনশীল অংশসমূহ এর স্পিন্ডল এবং বিয়ারিং ঘর্ষণের ফলে এ ত্রুটির সৃষ্টি হয়।

ক্ষতি : এর ফলে আর্মেচারের গতি ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

প্রতিকার : একটি অতিরিক্ত এবং ক্ষুদ্রমানের চালিকা টর্ক দেওয়া হয়। এই টর্ক মোটরের লোডের উপর নির্ভর করে।

খ. মন্থনজনিত ত্রুটি

কারণ : স্থায়ী চুম্বকের ক্ষেত্রের মধ্যে চলমান একটি দাতব থালার মধ্যে আবেশিত এসি কারেন্ট দ্বারা এর সৃষ্টি হয়।

ক্ষতি : বৃদ্ধি (অতিরিক্ত) তাপমাত্রার ফলে ম্যাগনেটের শক্তি হারাতে থাকে।

প্রতিকার : তৈরির সময় ভালোভাবে ডিজাইন করতে হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। যে যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা হয়, তার নাম কী?

২। এনার্জি পরিমাপের একক কী?

৩। এনার্জি মিটারে কয়টি কয়েল থাকে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। এনার্জি মিটার কী?

২। এনার্জি মিটার কত প্রকার ও কী কী?

৩। ফেজ অনুসারে এনার্জি মিটারকে কয় ভাগে ভাগ করা যায়?

৪। এনার্জি মিটারের কারেন্ট কয়েল ও প্রেসার কয়েলকে লোডের সাথে কীভাবে সংযোগ করা হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। এনার্জি মিটার কাকে বলে? এনার্জি মিটার কত প্রকার ও কী কী?

২। সার্কিটে এনার্জি মিটার সংযোগের সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।

৩। এনার্জি মিটারের ত্রুটি ও প্রতিকারসমূহ বর্ণনা কর।

ষড়বিংশ অধ্যায়
ডিজিটাল এনার্জি মিটার

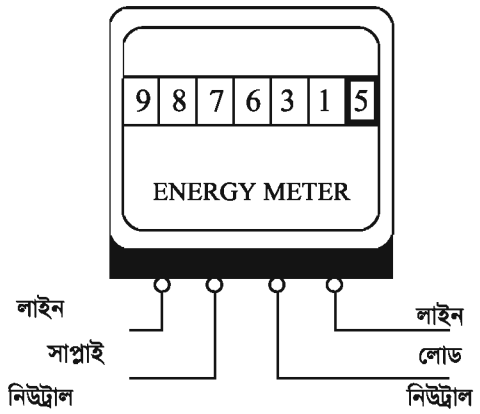
২৬.১। ডিজিটাল এনার্জি মিটার

ডিজিটাল এনার্জি মিটার এক ধরনের আধুনিক বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র যা দ্বারা সরাসরি বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা যায়। এ মিটারে এলসিডি (LCD) ডিসপ্লের মাধ্যমে রিডিং প্রদর্শিত হয়। তাই এ মিটার দ্বারা এনার্জি পরিমাপ করা খুবই সহজ। গ্রাম অঞ্চল ছাড়া শহরের বিভিন্ন অফিস-আদালত, কলকারখানা ও বাসা বাড়িতে ডিজিটাল এনার্জি মিটারের ব্যবহার শুরু হয়েছে।

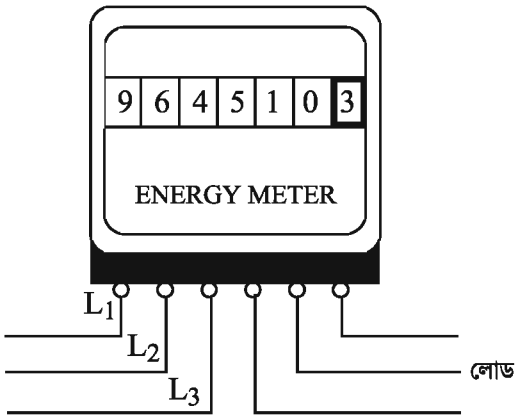
২৬.২। সার্কিটে ডিজিটাল এনার্জি মিটার সংযোগ করার পদ্ধতি

এই মিটারের সাহায্যে সরাসরি ব্যয়িত এনার্জির রিডিং পাওয়া যায়। এলসিডি ডিসপ্লের মাধ্যমে এই রিডিং প্রদর্শিত হয়। এ মিটারের সবচেয়ে ডান দিকের ঘরটি Fraction বা ভগ্নাংশ হিসাবে কাজ করে। এই ঘরটির চারদিকে লাল বা কাল রং দিয়ে নকসা করা থাকে যাতে কোনো লোক দেখেই একে ব্যতিক্রম হিসাবে ধরতে পারে এবং সহজে বুঝতে পারে।

ডিজিটাল এনার্জি মিটার সিঙ্গেল ফেজ ও থ্রিফেজ এই দুই ধরনের হয়ে থাকে। সাধারণ এনার্জি মিটারের মতো সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটারের ৪টি টার্মিনাল থাকে এবং থ্রি ফেজ এনার্জি মিটারের ৬টি টার্মিনাল থাকে। তাই ডিজিটাল এনার্জি মিটারের সংযোগ সাধারণ এনার্জি মিটারের মতোই।



চিত্র : সিঙ্গেল ফেজ ডিজিটাল এনার্জি মিটার



চিত্র : থ্রী-ফেজ ডিজিটাল এনার্জি মিটার

এ সব মিটার সাধারণতঃ এক শত হাজার (১০০,০০০) অথবা এক মিলিয়ন (১,০০০,০০০) এ পূর্ণ হয়।

9	7	6	8	5	0	4
1,000,000	10,000	1,000	100	10	1	1/10

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডিজিটাল এনার্জি মিটার কী?

২। ডিজিটাল এনাজি মিটারের সর্ব ডানের ঘরটি কী হিসাবে কাজ করে?

৩। ডিজিটার এনার্জি মিটার ব্যবহার করার সুবিধা কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডিজিটাল এনার্জি মিটার কাকে বলে? এ মিটারে কীভাবে রিডিং প্রদর্শিত হয়?

২। এ মিটারে সর্বডানের ঘরটি বিশেষভাবে রং করা থাকে কেন?

৩। এক ফেজ ও তিন ফেজ ডিজিটাল এনার্জি মিটারে কয়টি করে টার্মিনাল থাকে?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। সার্কিটে এক ফেজ ডিজিটাল এনার্জি মিটার সংযোগের চিত্র অঙ্কন কর।

২। সার্কিটে তিন ফেজ ডিজিটাল এনার্জি মিটার সংযোগের চিত্র অঙ্কন কর।

সপ্তবিংশ অধ্যায়
পাওয়ার ফ্যাক্টর

২৭.১। পাওয়ার ফ্যাক্টর

পাওয়ার ফ্যাক্টর বলতে এসি সিস্টেমে কোনো সার্কিটের প্রকৃত পাওয়ার ও আপাত পাওয়ারের অনুপাতকে বোঝায়।

$$\therefore \text{ পাওয়ার ফ্যাক্টর} = \frac{\text{প্রকত পাওয়ার}}{\text{আপাত পাওয়ার}}$$

$$= \frac{VI\cos\theta}{VI}$$

$$= \cos\theta$$

পাওয়ার ফ্যাক্টর সব সময়ই এক বা একের কম হবে, কখনোই একের বেশি হবে না।

পাওয়ার ফ্যাক্টর তিন প্রকার। যথা–

(ক) একক পাওয়ার ফ্যাক্টর,

(খ) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (Lagging Power Factor)

(গ) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর (Leading Power Factor)

কারেন্ট I ও ভোল্টেজ V এর দিক একই হলে পাওয়ার ফ্যাক্টর একক হয়।

কারন্টে I, ভোল্টেজ V এর পশ্চাৎবর্তী হলে পাওয়ার ফ্যাক্টর লেগিং হয়।

কারন্টে I, ভোল্টেজ V এর অগ্রবর্তী হলে পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং হয়।

২৭.২। পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রতীক ও একক

পাওয়ার ফ্যাক্টরকে $\cos\theta$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেহেতু পাওয়ার ফ্যাক্টর একই জাতীয় দুইটি রাশির অনুপাত, সুতরাং এর কোনো একক নাই। পাওয়ার ফ্যাক্টর-এর মান গ্রাহকের লোডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। পাওয়ার ফ্যাক্টর-এর মান নিম্ন বা কম হলে গ্রাহক ক্ষতিগ্রস্ত হয়। পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান সব সময়ই এক বা একের কম হবে, কখনোই একের বেশি হবে না।

আমাদের দেশে পাওয়ার ফ্যাক্টর সাধারণত 0.8 থেকে 0.9 পর্যন্ত গ্রহণযোগ্য। ইন্ডাকটিভ বা ক্যাপাসিটিভ লোড ব্যবহার করলে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমবে। আর পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমলে বা অবনতি হলে নির্দিষ্ট পরিমাণ বৈদ্যুতিক ক্ষমতা সরবরাহ করতে কারেন্টের মান বেড়ে যায়। নির্দিষ্ট ক্ষমতায় পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান এক হলে কারেন্টের মান সর্বনিম্ন হয়। কারেন্টের মান বেড়ে গেলে সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির ক্ষমতা বাড়াতে হয়, সার্কিটে বৈদ্যুতিক পাওয়ারের অপচয় বেশি হয় এবং ভোল্টেজ ঘাটতির পরিমাণও বেড়ে যায়। এসব ক্ষতি পোশাতে বিদ্যুৎ উৎপাদন কোম্পানিকে প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য বৃদ্ধি করতে হয়। ফলে গ্রাহক ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পাওয়ার ফ্যাক্টরকে কী চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

২। কোন লোড ব্যবহার করলে পাওয়ার ফ্যাক্টরের অবনতি হয়?

৩। পাওয়ার ফ্যাক্টর কিসের উপর নির্ভর করে?

৪। পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান সাধারণত কত হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পাওয়ার ফ্যাক্টর কাকে বলে? পাওয়ার ফ্যাক্টর কিসের উপর নির্ভর করে?

২। পাওয়ার ফ্যাক্টর কত প্রকার ও কী কী?

৩। কারেন্ট ও ভোল্টেজের কোন অবস্থায় পাওয়ার ফ্যাক্টর লিডিং ও লেগিং হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। পাওয়ার ফ্যাক্টর-এর অবনতি হলে গ্রাহক কীভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়?

২। পাওয়ার ফ্যাক্টর কাকে বলে? পাওয়ার ফ্যাক্টর কত প্রকার ও কী কী? পাওয়ার ফ্যাক্টর কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

অষ্টবিংশ অধ্যায়
পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার

২৮.১। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার

পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার হচ্ছে এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপক যন্ত্র। যে মিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করা হয়, তাকে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার বলে। এ যন্ত্রেও ওয়াট মিটারের মতো একটি কারেন্ট কয়েল ও একটি প্রেসার কয়েল থাকে।

পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সাধারণত দুই প্রকার। যথা-

(ক) সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার,

(খ) থ্রি-ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার।

সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ারের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপের জন্য সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার এবং থ্রি-ফেজ পাওয়ারের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপের জন্য থ্রি-ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহার হয়।

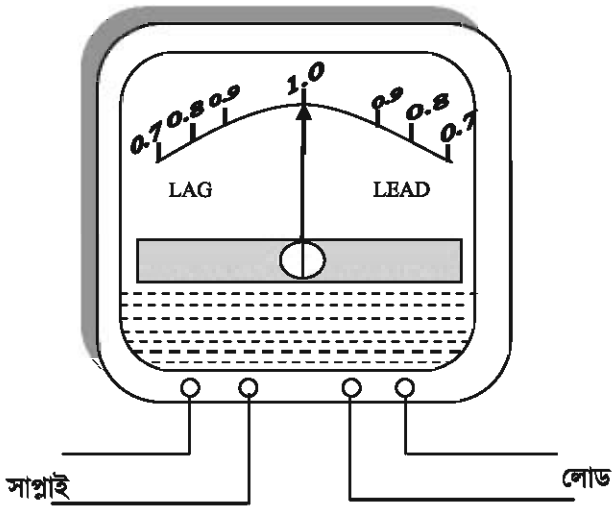
২৮.২। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের ব্যবহার

পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের ব্যবহার নিম্নে আলোচনা করা হলো–

(ক) কোনো লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করার জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহার করা হয়।

(খ) গ্রাহকের মোট লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করার জন্য সাবস্টেশনে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহার করা হয়।

(গ) জেনারেটিং স্টেশনে বিভিন্ন লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং মোট লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করার জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : সিঙ্গেল-ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার কাকে বলে?

২। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার কত প্রকার ও কী কী?

৩। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের ব্যবহার লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। এক ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।

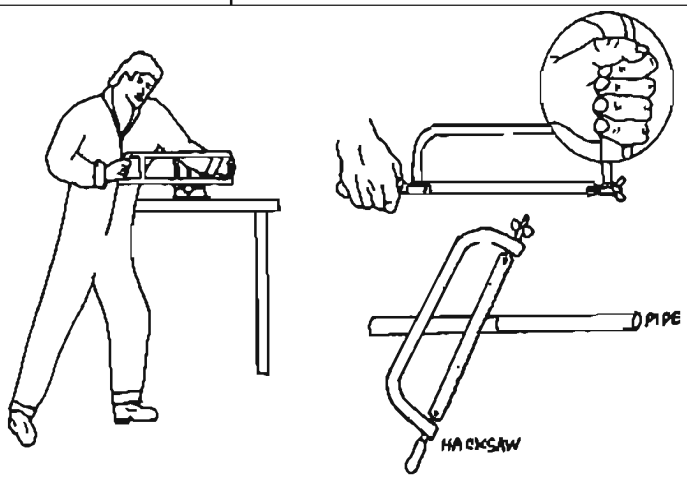
নবম শ্রেণি- প্রথম পত্র
(ব্যবহারিক)

১। হ্যাক'স' দিয়ে ধাতু কর্তন ও ফাইলিং করার দক্ষতা অর্জন করা।

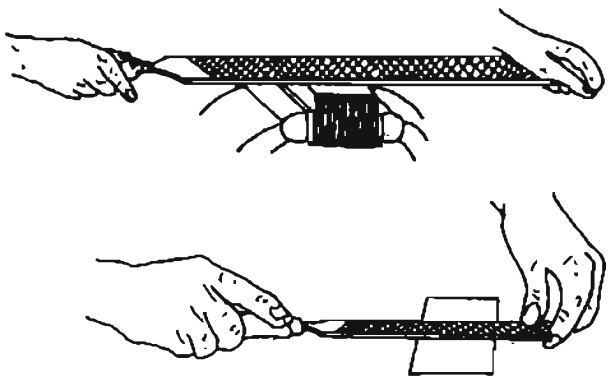
উদ্দেশ্য : হ্যাক'স' দিয়ে মাপ অনুযায়ী ধাতু কর্তন করে ফাইলিং করার বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় মালামাল ও যন্ত্রপাতি :

যন্ত্রপাতি	মালামাল
১। হ্যাক'স'	১। এমএস ফ্লাটবার (পরিমাণমতো)
২। টেবিল ভাইস	২। শীতলীকরণ তেল।
৩। ফোল্ডিং স্কেল	
৪। ট্রাই-স্কয়ার	
৫। স্ক্রাইবার	
৬। ডিভাইডার	
৭। ফ্লাট ফাইল	



হ্যাক'স' দিয়ে ধাতু কর্তন



ফাইলিং পদ্ধতি

কাজের ধাপ

১। ধাতু বাছাই করার পর টুলস বাছাই করতে হবে।

২। যেখানে কর্তন করতে হবে, সে স্থান চিহ্নিত করে নিতে হবে।

৩। ব্লেড, হ্যাক'স' ফ্রেমে লাগাতে হবে।

৪।নির্বাচিত ধাতুটিকে শক্তভাবে ভাইসে আটকাতে হবে।

৫। নিয়ম অনুযায়ী হ্যাক'স'টি হাতে ধরে কাটতে আরম্ভ করতে হবে।

৬। প্রয়োজনমতো কর্তনের স্থানে শীতলীকরণ তেল ব্যবহার করতে হবে।

৭। কর্তন শেষে কর্তিত অংশটিকে আবার ভাইসে ভালোভাবে আটকিয়ে সঠিক নিয়মে ফাইলিং করতে হবে।

সতর্কতা

১। যন্ত্রপাতি শিক্ষকের নির্দেশমতো সঠিকভাবে ব্যবহার করতে হবে।

২। নির্দিষ্ট মাপ অনুযায়ী কর্তন করতে হবে।

৩। সঠিক নিয়মে ফাইলিং করতে হবে।

৪। ফাইলিং করে নির্বাচিত ধাতুটিকে শিক্ষকের নির্দেশত আকারে আনতে হবে।

৫। কাজ শেষে কাজের জায়গা অবশ্যই পরিষ্কার করতে হবে।

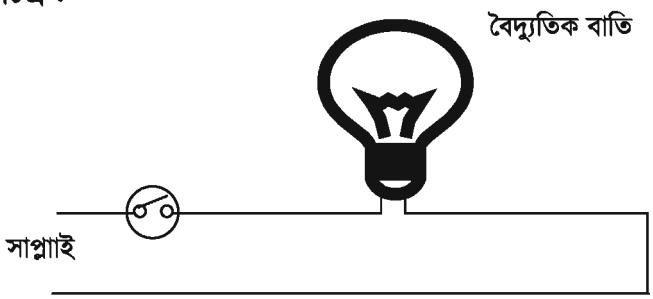
২। পরীক্ষার নাম : ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন ইফেক্ট (প্রতিক্রিয়া) পর্যবেক্ষণ।

উদ্দেশ্য : সার্কিটে সংযুক্ত বৈদ্যুতিক বাতি, পাখা, হিটার, মোটর ইত্যাদি চালনা করে সেগুলোর ইফেক্ট বা প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করা।

প্রয়োজনীয় মালামাল ও যন্ত্রপাতি :

যন্ত্রপাতি	মালামাল
১। কম্বিনেশন প্লায়ার ১৫ সেমি ১টি	১। ১০০ ওয়াট বাতি ১টি
২। স্ক্রুড্রাইভার, (ফ্লাট) ১টি	২। ১৫০০ ওয়াট হিটার ১টি
৩। ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১টি	৩। সিলিং ফ্যান ৫৬ ইঞ্চি ১টি
৪। কাটিং প্লায়ার ১টি	৪। সিঙ্গেল ফেজ মোটর ১টি।

সার্কিট চিত্র :



২০২০

কাজের ধাপ :

১। তৈরি করা একটি বৈদ্যুতিক সার্কিটে ১০০ ওয়াটের একটি বৈদ্যুতিক বাতি লাগিয়ে সুইচ অন করতে হবে। দেখা যাবে যে, বাতিটি আলো দিচ্ছে।

২। তৈরি করা একটি বৈদ্যুতিক সার্কিটে একটি সিলিং ফ্যান লাগিয়ে সুইচ অন করতে হবে। দেখা যাবে যে, ফ্যানটি ঘুরছে এবং গায়ে বাতাস লাগছে।

৩। তৈরি করা একটি বৈদ্যুতিক সার্কিটে একটি ১৫০০ ওয়াটের হিটার লাগিয়ে সুইচ অন করতে হবে। দেখা যাবে যে, হিটার থেকে তাপ উৎপন্ন হচ্ছে।

৪। তৈরি করা একটি বৈদ্যুতিক সার্কিটে একটি সিঙ্গেল ফেজ মোটর সংযোগ করে তার সুইচ অন করতে হবে। দেখা যাবে যে, মোটরটি ঘুরছে ।

আলো ছড়ানো, তাপ উৎপাদন, মোটর ঘুরতে থাকা, ফ্যানের বাতাস ইত্যাদি হচ্ছে ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া বা ইফেক্ট।

৩। পরীক্ষার নাম : পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ শনাক্তকরণ

উদ্দেশ্য : পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ চিনে তা শনাক্ত করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় মালামাল

কিছু পরিবাহী পদার্থ যেমন- তামার তার, লোহার টুকরা, ইনসুলেশন যুক্ত তার, সিসার টুকরা ইত্যাদি।

কিছু অপরিবাহী পদার্থ, যেমন- পিভিসি তারের ইনসুলেশন, শুকনা কাঠ, রাবার, চীনামাটি, পিভিসি বোর্ড, শুকনা কাপড়, মোম ইত্যাদি।

কাজের ধাপ

১। পরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ ও বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী পরিবাহী পদার্থগুলি বেছে আলাদা করতে হবে এবং তার একটি তালিকা তৈরি করতে হবে।

২। অপরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ ও বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী অপরিবাহী পদার্থগুলি বেছে আলাদা করতে হবে এবং তার একটি তালিকা তৈরি করতে হবে।

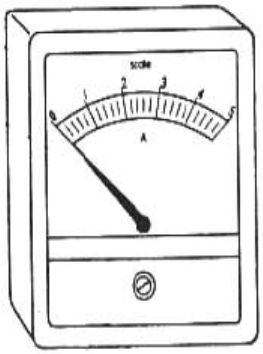
৪। বৈদ্যুতিক মিটারসমূহ শনাক্তকরণ

উদ্দেশ্য : (১) বিভিন্ন ধরনের মিটার বাছাই করে পাঠ নেওয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

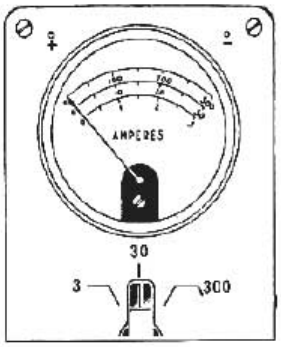
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

১। স্ক্রু-ড্রাইভার (ফ্লাট) ১টি

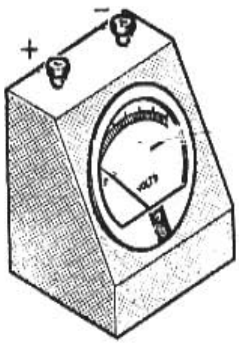
২। বিভিন্ন ধরনের মিটার যেমন– অ্যামমিটার, ভোল্টমিটার, ওয়াটমিটার, এনার্জি মিটার, পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ইত্যাদি প্রতিটি ১টি করে।



এনার্জি মিটার



অ্যামমিটার



ভোল্টমিটার

কাজের ধাপসমূহ

১। মিটারের গায়ের চিহ্ন ও লেখা দেখে মিটারগুলিকে আলাদা করতে হবে।

২। আলাদা করা মিটারের সামনে-পিছনে দেখে তাদের টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।

৩। মিটারের ডায়ালে অঙ্কিত দাগ দেখে প্রতি ছোট এক ঘরের মান হিসাব করতে হবে এবং মিটারের কাঁটা কোন দাগে গেলে পাঠ কত হবে তা বের করার পদ্ধতি শিখতে হবে।

৫। পরীক্ষার নাম : কারেন্ট পরিমাপকরণ।

উদ্দেশ্য :

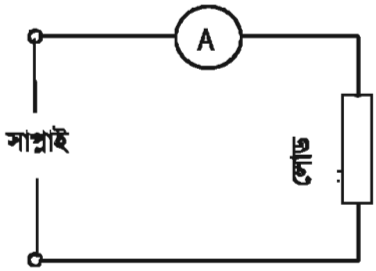
১. লোডের সাথে অ্যামমিটার সংযোগ করে পাঠ নেওয়ার বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা।

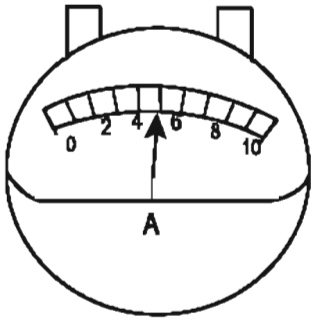
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও ইকুইপমেন্ট ঃ

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় জিনিসপত্র
১. কম্বিনেশন প্লায়ার্স ১৫ সেমি। ২. ডায়াগোনাল কাটিং প্লায়ার্স ১৫ সেমি। ৩. স্ক্রু-ড্রাইভার, ৪. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১০ সেমি ৫. মুভিং আয়রন টাইপ অ্যামিটার (0-15A), 250V।	১. পিভিসি তার 3/22 SWG প্রয়োজনমতো। ২. সুইচ 5, 250V ১টা। ৩. 100 ওয়াট 250V বাতি ১টি। ৪. ফিউজ বা কাট-আউট 5A, 250V ১টা।

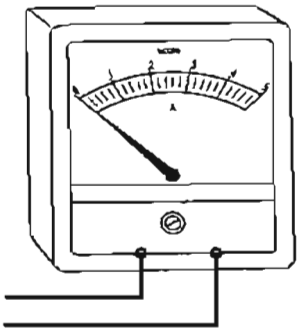
২০২০

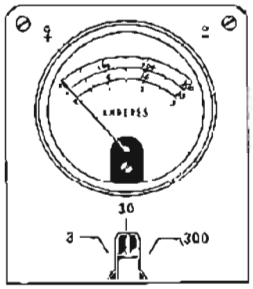
সার্কিট চিত্র :





চিত্র : অ্যামমিটার সংযোগ





কাজের ধাপসমূহ :

১। বৈদ্যুতিক বর্তনীর গঠন ও প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন বর্তনীতে ভিন্ন ভিন্ন মানের কারেন্ট প্রবাহিত হয়। উক্ত বর্তনীতে সঠিক কারেন্ট নির্ণয় করার জন্য বৈদ্যুতিক লোডের পরিমাণ অনুযায়ী মিটার বাছাই করতে হবে। বর্তনীতে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয় কমপক্ষে তার দেড় গুণ রেঞ্জের মিটার বাছাই করতে হবে।

২। মিটার বাছাই করে টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে। সরবরাহ লাইন যদি ডিসি হয় তবে টার্মিনালের পাশে (+) এবং (-) চিহ্ন দেখে সে অনুযায়ী সরবরাহ লাইন সংযোগ করতে হবে।

৩। এসি সাপ্লাই এর ক্ষেত্রে সরবরাহ লাইন যে কোন টার্মিনালের সাথে সংযোগ করা যেতে পারে।

৪। লোডের সঙ্গে অ্যামিটার সিরিজে সংযোগ করতে হবে।

৫। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী হোল্ডার, সুইচ ও কাট-আউট সংযোগ করতে হবে।

৬। সাপ্লাই প্রয়োগ করে অ্যামমিটারের পাঠ নিতে হবে।

৬। পরীক্ষার নাম : ভোল্টেজ পরিমাপকরণ।

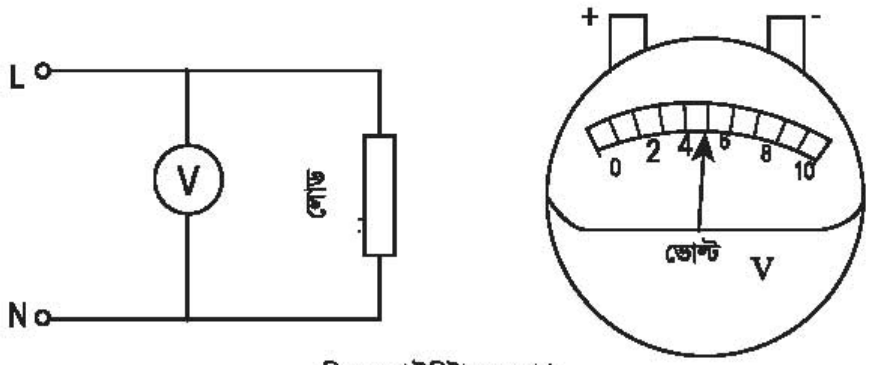
উদ্দেশ্য :

১. লোডের সাথে ভোল্ট মিটার সংযোগ করে সঠিকভাবে পাঠ নেওয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

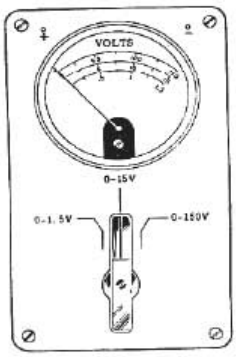
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

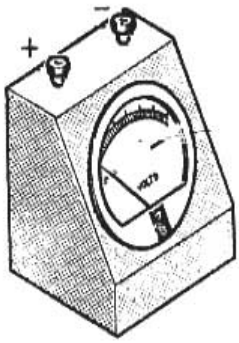
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার্স ১৫ সেমি ১ টা।	১. পিভিসি তার 3/22 SWG (প্রয়োজনমতো)।
২. সাইড কাটিং প্লায়ার্স ১৫ সেমি ১টা।	২. সুইচ 5A. 250V ১টা।
৩. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১০ সেমি ১টা।	৩. ১০০ ওয়াট বাতি ১টা।
৪. স্ক্রুড্রাইভার ১৫ সেমি ১টা।	৪. ফিউজ বা কাট-আউট 15A ১টি।
৫. ভোল্টমিটার (250V, A/C, D/C)।	

সার্কিট চিত্র



চিত্র : ভোল্টমিটার সংযোগ





কাজের ধাপসমূহ

১. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে এবং মিটার বাছাই করে এর টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।

২. লাইনের সাথে ভোল্টমিটার প্যারালালে সংযোগ করতে হবে।

৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী হোল্ডার, সুইচ, কাট-আউট সংযোগ করতে হবে।

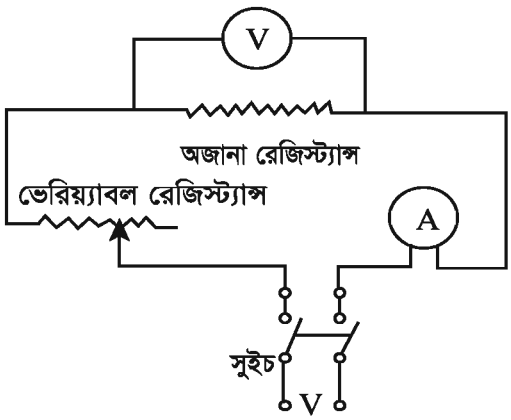
৪. সাপ্লাই প্রয়োগ করে ভোল্টমিটারের পাঠ নিতে হবে।

৭। পরীক্ষার নাম : ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটার পদ্ধতিতে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা।

উদ্দেশ্য : ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটার পদ্ধতিতে একটি অজানা রেজিস্ট্যান্স-এর মান পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার্স ১৫ সেমি ১টা। ২. স্ক্রু-ড্রাইভার ১৫ সেমি ১টি। ৩. ভোল্টমিটার (250V,A/C) ১টা। ৪. অ্যামমিটার (0–5A, A\C) ১টি। ৫. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১০ সেমি ১টা।	১. ব্যাটারি 6V, ১টা। ২. পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স 10Ω ১টি। ৩. পিভিসি তার 1.5 বর্গমিটার। ৪. রেজিস্ট্যান্স ১টি। ৫. ব্যাটারি ক্লিপ ২টি। ৬. সুইচ 5A, ১টি। ৭. মেইন সুইচ 10A, 250V ১টা।

সার্কিট চিত্র



চিত্র : রেজিস্ট্যান্স পরিমাপকরণ (ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটার দ্বারা)

কাজের ধাপ

১। সার্কিট ডায়াগ্রাম তৈরি করতে হবে।

২। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটার সংযোগ করতে হবে।

৩। সুইচ অন করার পর ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।

৪। পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মান পরিবর্তন করে ২ বার বা ৩ বার ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটারের পাঠ নিতে হবে।

৫। প্রাপ্ত পাঠগুলি ছকে বসিয়ে রেজিস্ট্যান্সের মান হিসাব করতে হবে।

ক্রমিক নং	ভোল্টমিটার রিডিং, V	অ্যামমিটার রিডিং, I	সূত্র $R = \frac{V}{I}$
১			
২			
৩			

২০২০

৮। পরীক্ষার নাম : অ্যাভোমিটার ব্যবহার করা।

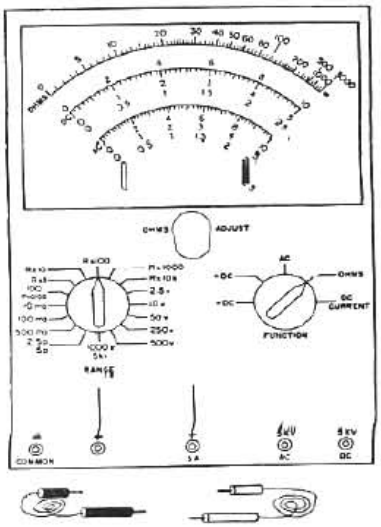
উদ্দেশ্য :

(১) অ্যাভোমিটার সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

(২) অ্যাভোমিটারকে অ্যামমিটার, ভোল্টমিটার ও ওহম মিটার হিসাবে ব্যবহার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি		প্রয়োজনীয় মালামাল
১। অ্যাভোমিটার	১ টি	১। কানেকটিং লিড
২। স্ক্রুড্রাইভার	১টি	২। পিভিসি তার
৩। কম্বিনেশন প্লায়ার	১টি	৩। ১০০ ওয়াট, ২৫০ ভোল্ট বাতি ১টি
৪। ইলেকট্রিশিয়ান চাকু	১টি।	৪। ফিউজ কাট আউট(5A, 250V) ১টি



কাজের ধাপ

অ্যাভোমিটার দ্বারা কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার জন্য প্রথমে বাতির সাহায্যে একটি সার্কিট তৈরি করতে হবে।

(১) অ্যাভোমিটার দ্বারা কারেন্ট পরিমাপঃ অ্যাভোমিটারের সাহায্যে কারেন্ট পরিমাপের জন্য প্রথমে মিটারের সিলেক্টরকে 'A' চিহ্নিত স্থানে নিতে হবে এবং মিটারের রেঞ্জ সর্বোচ্চ মানে সেট করতে হবে। এরপর অ্যাভোমিটারকে কানেকটিং লিড এর সাহায্যে অ্যামমিটারের মতো অর্থাৎ লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করে মিটারের পাঠ নিতে হবে। লোডের কারেন্ট কম হলে পাঠ নেওয়ার সুবিধার্থে রেঞ্জ পরিবর্তন করতে হবে।

(২) অ্যাভোমিটার দ্বারা ভোল্টেজ পরিমাপ করা : অ্যাভোমিটার দ্বারা ভোল্টেজ পরিমাপ করার জন্য সিলেক্টরকে 'V' চিহ্নিত স্থানে নিতে হবে এবং রেঞ্জ সর্বোচ্চ মানে রাখতে হবে। তারপর কানেকটিং লিডের

সাহায্যে অ্যাভোমিটারকে ভোল্টমিটারের মত অর্থাৎ লোডের প্যারালালে সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে। প্রয়োজনে রেঞ্জ পরিবর্তন করতে হবে।

(৩) অ্যাভোমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা : রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার জন্য অ্যাভোমিটারের সিলেক্টরকে 'Ω' চিহ্নিত স্থানে নিতে হবে এবং রেঞ্জ সর্বোচ্চ মানে রাখতে হবে। তারপর কানেকটিং লিডের সাহায্যে অ্যাভোমিটারকে বাতির দুই প্রান্তে সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে। প্রয়োজনে রেঞ্জ পরিবর্তন করতে হবে।

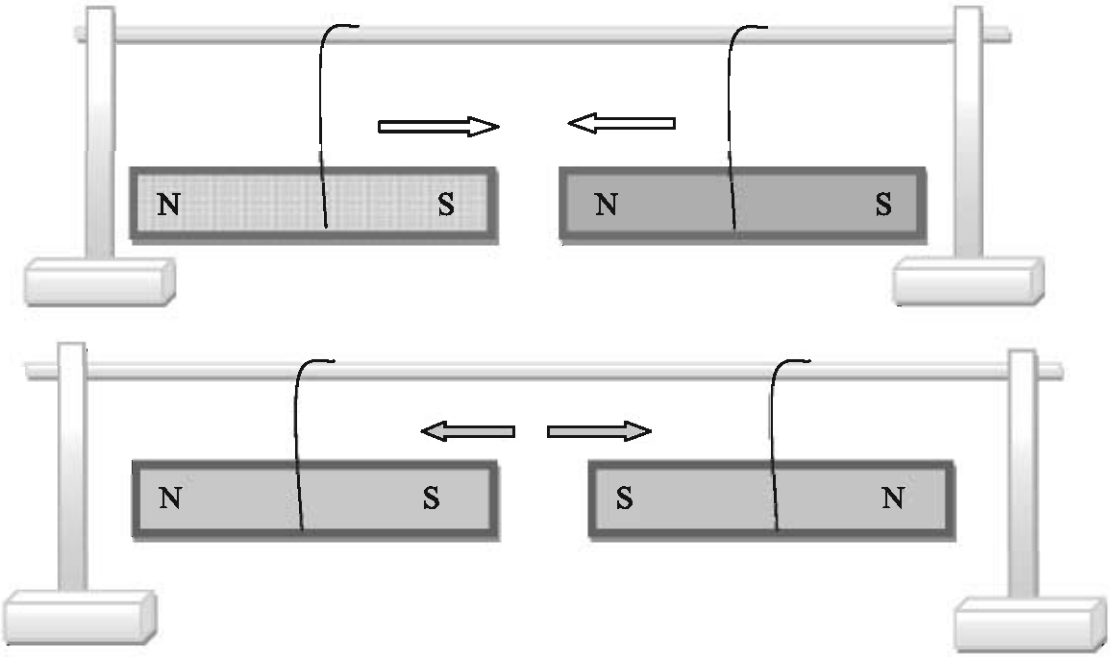
৯। পরীক্ষার নাম : চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ চেনার দক্ষতা অর্জন।

উদ্দেশ্য :

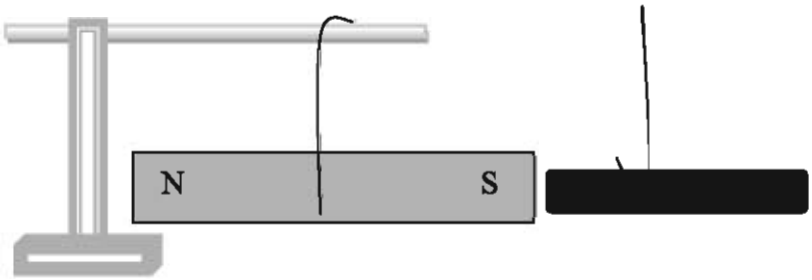
(১) চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ সম্পর্কে বাস্তব জ্ঞান লাভ করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল :

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১। দণ্ড চুম্বক ৩ টি ২। সূতা প্রয়োজনমতো	১। লোহার দণ্ড ১টি ২। লোহার গুঁড়া ৩। আলপিন



২০২০



কাজের ধাপ :

(১) তালিকা অনুযায়ী প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

(২) প্রথমে ২টি দণ্ড চুম্বককে সুতায় ঝুলাতে হবে।

(৩) একটি দণ্ড চুম্বকের উত্তর মেরুর কাছে অপর একটি দণ্ড চুম্বকের দক্ষিণ মেরু আনতে হবে এবং ফলাফল পর্যবেক্ষণ করতে হবে। দেখা যাবে মেরু ২টি একে অপরকে আকর্ষণ করছে।

৪। আবার দুইটি দণ্ড চুম্বকের ২টি উত্তর মেরু বা ২টি দক্ষিণ মেরু কাছাকাছি আনতে হবে এবং ফলাফল পর্যবেক্ষণ করতে হবে। দেখা যাবে মেরু ২টি পরস্পরকে বির্কষণ করছে।

৫। একটি দণ্ড চুম্বকের কাছে একটি লোহার দণ্ড বা কিছু লোহার গুঁড়া আনলে দণ্ড চুম্বকটি ঐ লোহার দণ্ড বা লোহার গুঁড়াগুলিকে আকর্ষণ করবে।

ফলাফল : একটি চুম্বক অপর একটি চুম্বককের বিপরীত মেরুকে আকর্ষণ করে এবং সম মেরুকে বিকর্ষণ করে কিন্তু চৌম্বক পদার্থকে শুধুই আকর্ষণ করে। সুতরাং কোনো চুম্বক যদি অন্য কোনো পদার্থকে আকর্ষণ করে তবে সেই পদার্থ একটি চুম্বক অথবা চৌম্বক পদার্থ আর কোনো চুম্বক যদি অন্য কোনো পদার্থকে বিকর্ষণ করে তবে, তা অবশ্যই একটি চুম্বক। অতএব, বিকর্ষণই চুম্বকত্বের নিশ্চিত পরীক্ষা।

১০। পরীক্ষার নাম : ওহমের সূত্রের সত্যতা যাচাই করা।

উদ্দেশ্য :

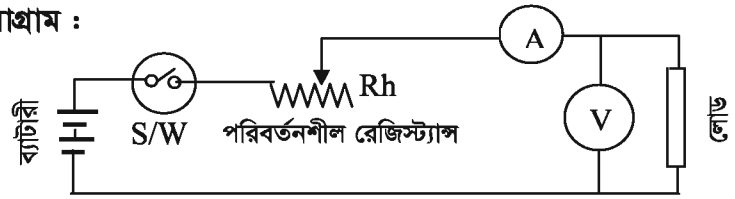
(১) ওহমের সূত্রটি জ্ঞাত হওয়া।

(২) ওহমের সূত্রটির সত্যতা যাচাই করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল :

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১। কম্বিনেশন প্লায়ারস ২। স্ক্রুড্রাইভার (ফ্লাট) ৩। কানেকটিং স্ক্রুড্রাইভার ৪। ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ৫। অ্যামমিটার (0 – 6A, D/C) ৬। ভোল্টমিটার (10V, D/C) ৭। ব্যাটারি 6 V ৮। সুইচ (SPST, 6A)	১। রেজিস্ট্যান্স (লোড) 5Ω, 3A ২। পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স 20Ω, 3A. ৩। সংযোগকারী তার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ :

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

(২) পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সকে সর্বোচ্চ মানে রাখতে হবে।

(৩) অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারকে সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

(৪) সুইচ অন করে অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের রিডিং নিতে হবে।

(৫) পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মান আস্তে আস্তে কমিয়ে বিভিন্ন অবস্থানে অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের রিডিং নিতে হবে।

(৬) এইভাবে কয়েকবার মিটারের রিডিং নিয়ে তা নিম্নের ছকে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

(৭) পাঠগুলি থেকে দেখা যাবে যে, প্রতিবার প্রাপ্ত রেজিস্ট্যান্সের মান ধ্রুব।

ডাটা সংরক্ষণের ছক

ক্রমিক নং	ভোল্টমিটারের পাঠ	অ্যামমিটারের পাঠ	রোধ $R=\frac{V}{I}$
১			
২			
৩			

১১। পরীক্ষার নাম : সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাইকরণ।

উদ্দেশ্য

(১) সিরিজ সার্কিট সম্পর্কে বাস্তব জ্ঞান লাভ করা।

(২) সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করার দক্ষতা অর্জন করা।

সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য

(ক) সকল অংশে কারেন্ট সমান থাকে। $I_t = I_1 = I_2 = I_3 =$ ---------- $= I_n$

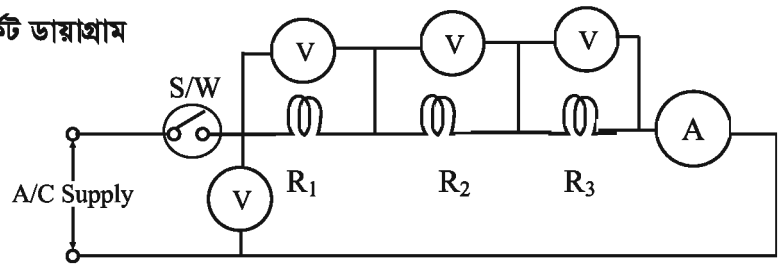
(খ) ভোল্টেজ ভাগ হয়, $V = V_1 + V_2 + V_3 +$ -------- $+ V_n$

(গ) সার্কিটের মোট রোধ বিভিন্ন রোধগুলির সমষ্টির সমান। $R_t = R_1 + R_2 + R_3 +$ ---------- $+ R_n$.

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি		প্রয়োজনীয় মালামাল
১। ইলেকট্রিশিয়ান চাকু	১টি	১। বৈদ্যুতিক বাতি 100W, ৩টা
২। কম্বিনেশন প্লায়ার্স	১টি	২। সুইচ (SPST, 6A, 250V) ১টি
৩। স্ক্রু- ড্রাইভার (ফ্লাট)	১টি	৩। সংযোগকারী তার।
৪। অ্যামমিটার (A/C, 0 – 15A)	১টি	
৫। ভোল্টমিটার (A/C, 250V)	১টি	
৬। কানেকটিং স্ক্রুড্রাইভার	১টি	

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

(২) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মিটারগুলি সংযোগ সার্কিট সম্পন্ন করতে হবে।

(৩) সুইচ অন করে মিটারগুলির রিডিং নিতে হবে এবং নির্ধারিত ছকে লিপিবদ্ধ করে সূত্রানুযায়ী ক্যালকুলেশন করতে হবে।

ডাটা সংরক্ষণের ছক

SL No	V	V_1	V_2	V_3	$V=V_1+V_2+V_3$	$R_1 = \frac{V_1}{I}$	$R_2 = \frac{V_2}{I}$	$R_3 = \frac{V_3}{I}$	$R_t=R_1+R_2+R_3$
1									
2									
3									

২০২০

১২। পরীক্ষার নাম : প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করা।

উদ্দেশ্য

(১) প্যারালাল সার্কিট সম্পর্কে বাস্তব ধারণা লাভ করা।

(২) প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য

(ক) প্যারালাল সার্কিটের ভোল্টেজ সমান থাকে।

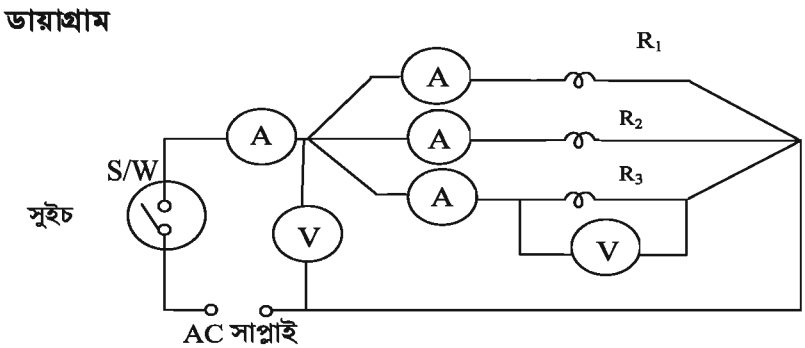
(খ) প্যারালাল সার্কিটের কারেন্ট ভাগ হয়ে যায়। $I = I_1 + I_2 + I_3 + ---- + I_n$

(গ) মোট রেজিস্ট্যান্স R হলে, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + -- + \frac{1}{R_n}$

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি		প্রয়োজনীয় মালামাল	
১। ইলেকট্রিশিয়ান চাকু	১টি	১। বৈদ্যুতিক বাতি 100W,	১টা
২। কম্বিনেশন প্লায়ার	১টি	২। বৈদ্যুতিক বাতি 60W,	১টা
৩। স্ক্রুড্রাইভার (ফ্লাট)	১টি	৩। বৈদ্যুতিক বাতি 40W,	১টা
৪। অ্যামমিটার (A/C, 0 – 15A)	১টি	২। সুইচ (SPST, 6A, 250V)	১টি
৫। ভোল্টমিটার (A/C, 250V)	১টি	৩। সংযোগকারী তার প্রয়োজনমতো	
৬। কানেকটিং স্ক্রুড্রাইভার	১টি		

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

(২) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মিটারগুলি সংযোগ করতে হবে এবং সার্কিটে বিদ্যুৎ সাপ্লাই দিতে হবে।

(৩) সুইচ অন করে মিটারগুলির রিডিং নিতে হবে এবং তা ছকে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

(৪) সূত্রানুযায়ী প্রাপ্ত মানগুলি হিসাব করে ফলাফল বের করতে হবে।

ফলাফল হিসাবের ছক

SL No	V	I_1	I_2	I_3	$I = I_1+I_2+I_3$	$R_1 = \frac{V}{I_1}$	$R_2 = \frac{V}{I_2}$	$R_3 = \frac{V}{I_3}$	$R = \frac{V}{I}$
1									
2									

২০২০

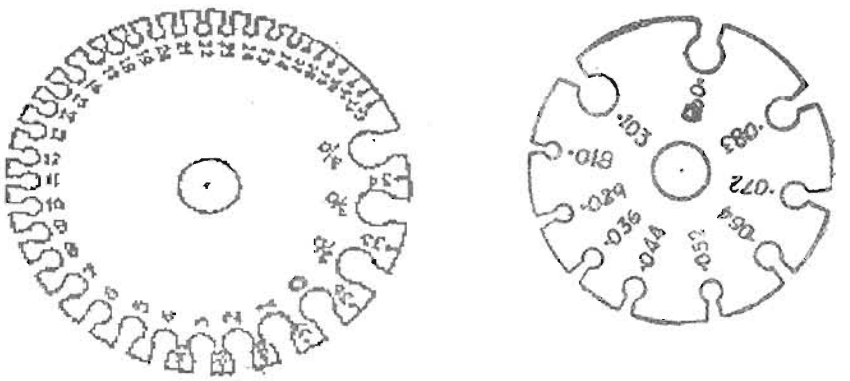
১৩। পরীক্ষার নাম : বিদ্যুৎ পরিবাহীর সাইজ নির্ণয় করা।

উদ্দেশ্য : বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত, স্কুল-কলেজ, মিলকারখানা প্রভৃতি স্থানে বিদ্যুৎ সরবরাহের উদ্দেশ্যে ব্যবহার করার জন্য উপযুক্ত সাইজের পরিবাহী নির্বাচন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

১। বিভিন্ন সাইজের পরিবাহী

২। ওয়্যার গেজ।



কাজের ঃ

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

২। ওয়্যার গেজের ভিতরে তারের একটি করে খেই প্রবেশ করাতে হবে যেন ওয়্যার গেজের ছিদ্রের মধ্যে তারের খেঁই সুন্দরভাবে বসে, আবার খুব বেশি টাইট না হয়।

৩। ওয়্যার গেজের যে ছিদ্রের ভিতর তারের খেঁই সুন্দরভাবে প্রবেশ করে তার গায়ে লেখা থেকে নম্বর সংগ্রহ করতে হবে।

৪। প্রাপ্ত নম্বরই ঐ তারের গেজ নম্বর। মোটা তারের গেজ নম্বর কম এবং অপেক্ষাকৃত চিকন তারের গেজ নম্বর বেশি। অর্থাৎ ৮ নং গেজের তার মোটা এবং ১০ নং গেজের তার তুলনামূলক চিকন।

১৪। পরীক্ষার নাম : এসি সাপ্লাই এর ফ্রিকোয়েন্সি পরিমাপ করা।

উদ্দেশ্য

(১) ফ্রিকোয়েন্সি মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া;

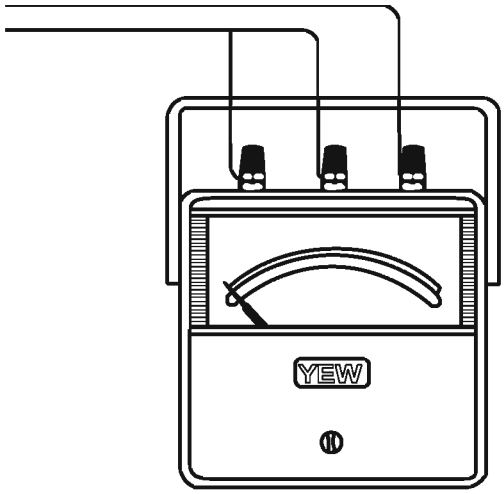
(২) ফ্রিকোয়েন্সি সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা;

(৩) এসি সাপ্লাই-এর ফ্রিকোয়েন্সি পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

যন্ত্রপাতি		মালামাল
১। কম্বিনেশন প্লায়ার	১টি	১। পিভিসি তার প্রয়োজনমতো।
২। স্ক্রু -ড্রাইভার	১টি	
৩। কানেকটিং স্ক্রুড্রাইভার	১টি	
৪। ফ্রিকোয়েন্সি মিটার	১টি	

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

১. মিটার বাছাই করতে হবে।

২. মিটারের টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে। সাধারণত ফ্রিকোয়েন্সি মিটারের দুইটি টার্মিনাল থাকে। তবে কোনো কোনো ফ্রিকোয়েন্সি মিটারের দুই এর অধিক টার্মিনালও থাকে। এই ক্ষেত্রে একটি সাধারণ টার্মিনাল থাকে যাতে ~ চিহ্ন বা Com লেখা থাকে। অন্যান্য টার্মিনালের পার্শ্বে ভোল্টেজের মান লিখিত থাকে। দুই-এর অধিক টার্মিনাল বিশিষ্ট মিটারের ক্ষেত্রে সার্কিটের ভোল্টেজ অনুযায়ী টার্মিনাল বাছাই করতে হবে।

৩. সার্কিটে ফ্রিকোয়েন্সি মিটার সংযোগ করতে হবে। যে সরবরাহ লাইনের ফ্রিকোয়েন্সি পরিমাপ করতে হবে তার ভোল্টেজ মিটারের ভোল্টেজ রেটিং অপেক্ষা বেশি না হলে ফ্রিকোয়েন্সি মিটারের দুই টার্মিনাল সরাসরি লাইনের টার্মিনালের সাথে সংযোগ করতে হবে। সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ মিটারের ভোল্টেজ রেটিং অপেক্ষা বেশি হলে সাপ্লাই লাইনের সাথে পটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী সাইড সংযোগ করে তার সেকেন্ডারিতে ফ্রিকোয়েন্সি মিটার সংযোগ করতে হবে।

৪. সাপ্লাই সুইচ অন করে মিটারের রিডিং নিতে হবে।

১৫ (ক)। পরীক্ষার নাম : অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটার দ্বারা কোন লোডের বৈদ্যুতিক পাওয়ার পরিমাপ করা।

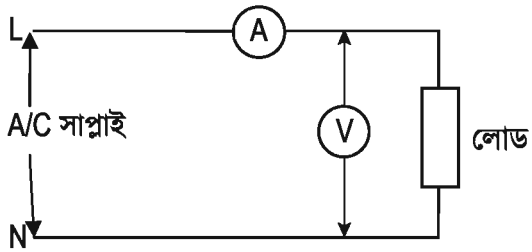
উদ্দেশ্যঃ

(১) মিটারের টার্মিনাল শনাক্ত করার দক্ষতা অর্জন করা;
(২) সার্কিটের ওয়াট মিটার সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা;
(৩) পাওয়ার পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল :

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার ১টি	১. পিভিসি তার/কানেকটিং লিড প্রয়োজনমতো
২. স্ক্রু-ড্রাইভার ১টি	২. প্রয়োজনীয় লোড (মোটর) ১টি ।
৩. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১টি	
৪. কানেকটিং স্ক্রু-ড্রাইভার ১টি	
৫. ভোল্ট মিটার (০-২৫০V) ১টি	
৬. অ্যামমিটার (0-10A) ১টি	

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

১. পরীক্ষাধীন লোডের রেটিং অনুযায়ী অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটার নির্বাচন করতে হবে ।
২. মিটারের টার্মিনাল চিহ্নিত করতে হবে ।
৩. অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারকে ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে ।
৪. সুইচ অন করে মিটারের পাঠ নিতে হবে এবং পাওয়ার ক্যালকুলেশন করতে হবে, $P = V \times I$.

১৫ (খ) । পরীক্ষার নাম : ওয়াট মিটারের সাহায্যে পাওয়ার পরিমাপ করা ।

উদ্দেশ্য :

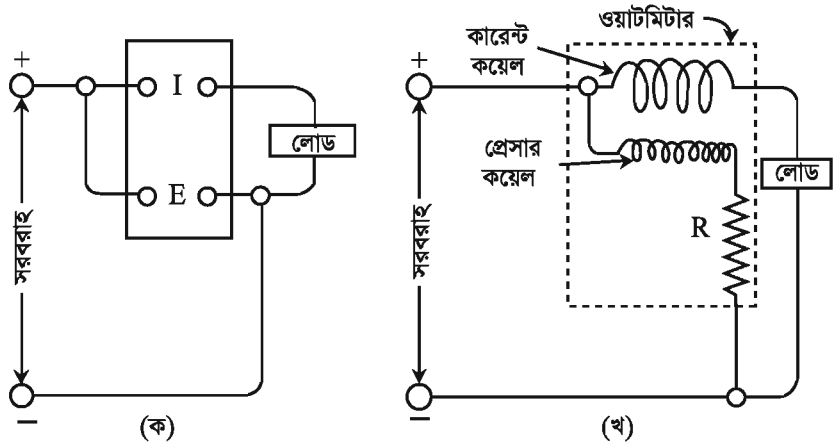
(১) ওয়াট মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া ।
(২) ওয়াট মিটারকে সার্কিটে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা ।
(৩) ওয়াট মিটারের সাহায্যে পাওয়ার পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার ১টা	১. কানেকটিং লিড/পিভিসি তার প্রয়োজনমতো
২. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ১টা	২. বাতি ১০০W ১টি ।
৩. স্ক্রুড্রাইভার ১টা	
৪. ওয়াট মিটার ১টা	
৫. অ্যাভোমিটার ১টা	

২০২০

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

১. মিটার বাছাই করতে হবে।

২. CC এবং PC (টার্মিনাল) শনাক্ত করতে হবে।

৩. মিটারের গায়ে CC; PC লেখা না থাকলে অ্যাভোমিটারের সাহায্যে তা নির্ণয় করতে হবে।

৪. সার্কিট চিত্র অনুযায়ী ওয়াট মিটারকে লোডের সংযোগ করতে হবে।

৫. সুইচ অন করে মিটারের রিডিং নিতে হবে।

১৬ (ক)। পরীক্ষার নাম : সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা।

উদ্দেশ্য

(১) সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।

(২) সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটারকে সার্কিটে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

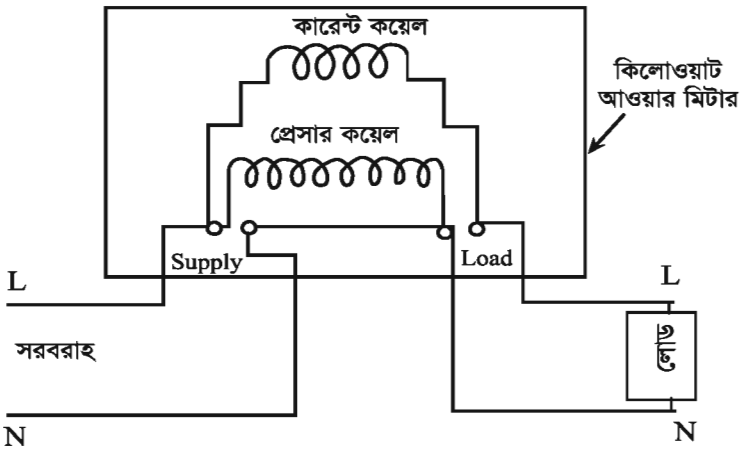
(৩) এনার্জি মিটারের পাঠ নেওয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার ২. স্ক্রু-ড্রাইভার ৩. টেস্টার ৪. অ্যাভোমিটার ৫. সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার	১. প্রয়োজনীয় তার PVC. 3/22 ২. প্রয়োজনীয় লোড (হিটার 2000W)

২০২০

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

(১) মিটার বাছাই করতে হবে।

(২) মিটারের টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।

(৩) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মিটার সংযোগ করতে হবে।

(৪) মিটারের পূর্বের পাঠ লিপিবদ্ধ করতে হবে।

(৫) সুইচ অন করে নির্দিষ্ট সময় পরে মিটারের পাঠ নিতে হবে।

(৬) বর্তমান পাঠ থেকে পূর্বের পাঠ বিয়োগ করে ব্যয়িত এনার্জির পরিমাণ নির্ণয় করতে হবে।

১৬ (খ) পরীক্ষার নাম : তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করা।

উদ্দেশ্য

(১) তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।

(২) তিন ফেজ এনার্জি মিটার সার্কিটে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

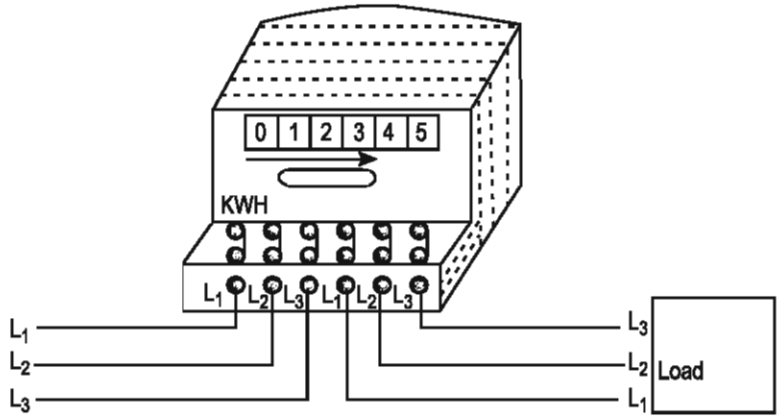
(৩) বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কম্বিনেশন প্লায়ার ১টি	১. প্রয়োজনীয় লোড (হিটার 2000W) ১টি
২. স্ক্রুড্রাইভার (ফ্লাট) ১টি	২. পিভিসি 3/22 তার প্রয়োজনমতো
৩. স্ক্রুড্রাইভার (কানেকটিং) ১টি	
৪. তিন ফেজ এনার্জি মিটার ১টি	
৫. নিয়ন টেস্টার; ১টি	
৬. অ্যাভোমিটার ১টি	

২০২০

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

(১) মিটার বাছাই করতে হবে।
(২) মিটারের টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।
(৩) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মিটার সংযোগ করতে হবে।
(৪) মিটারের পূর্বের রিডিং লিপিবদ্ধ করতে হবে।
(৫) সার্কিটের সুইচ অন করে নির্দিষ্ট সময় পরে রিডিং নিতে হবে।
(৬) বর্তমান রিডিং থেকে পূর্বের রিডিং বাদ দিয়ে ব্যয়িত এনার্জির পরিমাণ নির্ধারণ করতে হবে।

১৭। পরীক্ষার নাম : ডিজিটাল এনার্জি মিটারের সাহায্যে এনার্জি পরিমাপ করা।

এর সংযোগ সাধারণ এনার্জি মিটারের মতোই। পার্থক্য শুধু ডিজিটাল এনার্জি মিটারে যে কোনো সময়ে লোডের কারেন্ট, ভোল্টেজ ও ওয়াট ডিজিটাল ডিসপ্লেতে দেখা যায়।

১৮। (ক) পরীক্ষার নাম : সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার-এর সাহায্যে লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করা।

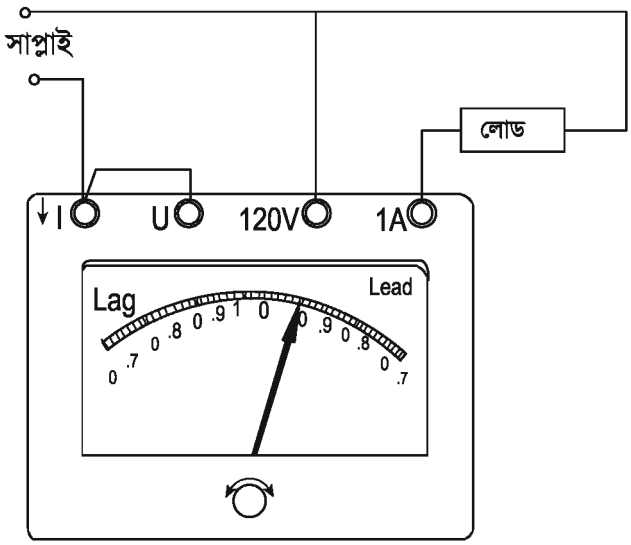
উদ্দেশ্য

(১) সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
(২) পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সার্কিটে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
(৩) পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের পাঠ নেওয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি		প্রয়োজনীয় মালামাল	
১. কম্বিনেশন প্লায়ার	১টি	১. পিভিসি তার	প্রয়োজনমতো
২. স্ক্রুড্রাইভার (ফ্লাট)	১টি	২. প্রয়োজনীয় লোড, বাতি 100W হিটার 2000W	
৩. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু	১টি		
৪. সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার	১টি		

সার্কিট ডায়াগ্রাম



কাজের ধাপ

(১) মিটার বাছাই করতে হবে।

(২) টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।

সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের চারটি টার্মিনাল চিহ্ন দেখে শনাক্ত করতে হবে।

ক) কারেন্ট কয়েলের এক টার্মিনাল ± বা I দ্বারা চিহ্নিত থাকে।

খ) কারেন্ট কয়েলের অপর টার্মিনালে মিটারের কারেন্ট রেটিং লেখা থাকে।

গ) প্রেসার কয়েলের এক টার্মিনাল O বা U দ্বারা চিহ্নিত থাকে।

ঘ) প্রেসার কয়েলের অপর টার্মিনালের পার্শ্বে ভোল্টেজ রেটিং লেখা থাকে।

কোনো কোনো পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারে একাধিক কারেন্ট ও ভোল্টেজ রেঞ্জের জন্য একাধিক কারেন্ট ও ভোল্টেজ কয়েল টার্মিনাল থাকে।

(৩) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মিটারকে সার্কিটে সংযোগ করতে হবে।

(৪) সার্কিটের সুইচ অন করে মিটারের রিডিং নিতে হবে।

সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের সংযোগ সিঙ্গেল ফেজ ওয়াট মিটার সংযোগের অনুরূপ। এখানেও কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে লোডের প্যারালালে সংযোগ করতে হবে।

১৮ (খ)। পরীক্ষার নাম : তিনফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সার্কিটে সংযোগ করে লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করা।

উদ্দেশ্য

(১) তিন ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।

(২) তিন ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সার্কিটে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

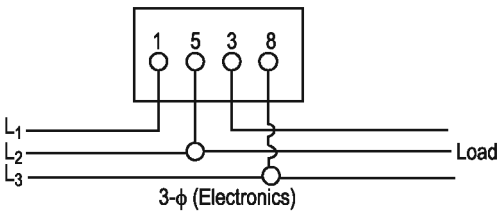
২০২০

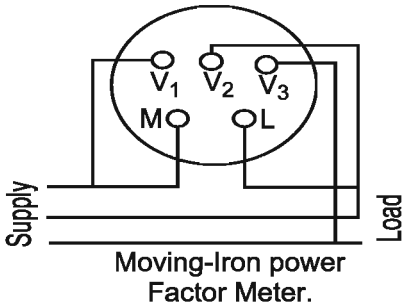
(৩) তিন ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের পাঠ নেওয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি	প্রয়োজনীয় মালামাল
১. কানেকটিং স্ক্রু ড্রাইভার ২. কম্বিনেশন প্লায়ার ৩. ইলেকট্রিশিয়ান চাকু ৪. তিন ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ৫. অ্যাভোমিটার	১. কানেকটিং লিড/তার প্রয়োজনীয় পরিমাণে ২. প্রয়োজনীয় লোড।

সার্কিট ডায়াগ্রাম





কাজের ধাপ

(১) মিটার বাছাই করতে হবে।

(২) টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে। তিন ফেজ পাওয়ার ফাক্টর মিটারের ২টি কারেন্ট কয়েল টার্মিনাল এবং তিনটি প্রেসার কয়েল টার্মিনাল থাকে। কারেন্ট কয়েলে একটি টার্মিনাল $\pm$, I বা M দ্বারা চিহ্নিত থাকে এং অপর টার্মিনালে কারেন্ট রেটিং বা A অথবা L দ্বারা চিহ্নিত থাকে। প্রেসার কয়েলের টার্মিনাল তিনটি P_1, P_2, P_3 অথবা V_1, V_2, V_3 দ্বারা চিহ্নিত থাকে। অ্যাভোমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স মেপে টার্মিনাল সম্পর্কে নিশ্চিত হতে হবে। কারেন্ট কয়েলের রেজিস্ট্যান্স খুব সামান্য এবং প্রেসার কয়েলের রেজিস্ট্যান্স খুব বেশি হবে।

(৩) মিটারকে সার্কিটে সংযোগ করতে হবে। তিন ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের কারেন্ট কয়েলকে একটি ফেজে সিরিজে সংযোগ করতে হবে। ভোল্টেজ কয়েলের তিনটি টার্মিনালকে তিন ফেজে সংযোগ করতে হবে। লোডের কারেন্ট এবং ভোল্টেজ উভয়ই মিটারের রেটিং অপেক্ষা বেশি হলে কারেন্ট ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে কারেন্ট কয়েলকে এবং পটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে ভোল্টেজ কয়েলকে সংযোগ করতে হবে।

(৪) সার্কিটের সুইচ অন করে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের রিডিং নিতে হবে।

ইলেকট্রিক্যাল মেইনটেন্যান্স ওয়ার্কস-১

দ্বিতীয় পত্র (দশম শ্রেণী)

(তাত্ত্বিক ও ব্যাবহারিক)

দ্বিতীয় পত্র

প্রথম অধ্যায়

ইলুমিনেশন (উদ্ভাসন) অ্যান্ড ল্যাম্পস (বাতি)

১.১। ইলুমিনেশন

আলোর সাহায্যে কোনো স্থান উদ্ভাসিত বা আলোকিত হয়। এই আলো বিভিন্ন উপায়ে পাওয়া যায়। যেমন সূর্যের আলো, বজ্রপাতের দ্বারা সৃষ্ট আলো, বাতির আলো ইত্যাদি।

বাতি বা ল্যাম্পের সাহায্যে বসতবাড়ি, অফিস-আদালত, কলকারখানা, রাস্তাঘাট ইত্যাদি স্থান আলোকিত করাকে উদ্ভাসন বা ইলুমিনেশন বলে।

ইলুমিনেশন সম্পর্কিত কয়েকটি সংজ্ঞাঃ

(ক) ক্যান্ডেল পাওয়ার : ক্যান্ডেল পাওয়ার বলতে কোনো নির্দিষ্ট দিকে নির্গত আলোকরশ্মির তীব্রতাকে বোঝায়।

(খ) রশ্মিরেখা (Luminous flux) : কোনো আলোদায়ক বস্তু থেকে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ আলোক শক্তির বিকিরণ হয়, তাকে রশ্মিরেখা বা লুমিনাস ফ্লাক্স বলে।

(গ) লিউমেন : লিউমেন হচ্ছে আলোক রশ্মিরেখা পরিমাপের একক। কোনো আলোদায়ক বস্তু থেকে নির্গত আলোক রশ্মিরেখাকে লিউমেন এককে প্রকাশ করা হয়। এক ক্যান্ডেল পাওয়ার শক্তি বিশিষ্ট ল্যাম্প থেকে 4π বা ১২.৫৭ লিউমেন আলোক রশ্মিরেখা নির্গত হয়।

(ঘ) উজ্জ্বলতা : কোনো আলোক উৎ:সের একক ক্ষেত্রফল থেকে কোনো নির্দিষ্ট দিকে লম্বভাবে যে পরিমাণ আলোক রশ্মিরেখা নির্গত হয় তা দ্বারা ইহার উজ্জ্বলতা বোঝায়।

ইলুমিনেশনের একক

কোনো স্থানের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ আলোক রশ্মিরেখা পাওয়া যায়, তাকেই ঐ স্থানের ইলুমিনেশন বা উদ্ভাশন বলা হয়। সুতরাং ইলুমিনেশনের একক হচ্ছে লিউমেন/বর্গফুট বা লিউমেন/বর্গমিটার। এক বর্গফুট ক্ষেত্রফলে যখন এক লিউমেন আলোকরশ্মি পড়ে তখন তাকে এক লিউমেন/বর্গফুট বা সংক্ষেপে ১ ফুট ক্যান্ডেল উদ্ভাসন বলে।

অনুরূপভাবে, এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলে যখন এক লিউমেন আলোকরশ্মি পড়ে তখন তাকে এক লিউমেন/বর্গমিটার বা সংক্ষেপে ১ মিটার ক্যান্ডেল উদ্ভাসন বলে।

১.২। স্থানভেদে ইলুমিনেশনের পরিমাণের প্রয়োজনীয়তা

সকল স্থানে সমান আলোর প্রয়োজন হয় না। স্থানভেদে ইলুমিনেশনের তালিকা নিম্নে দেখানো হলো :

স্থান	লিউমেন (বর্গমিটারে)	স্থান	লিউমেন (বর্গমিটারে)
১। বাসাবাড়ি :		মেশিন ও ফিটিং শপ :	
বেডরুম (শয়নকক্ষ)	৫০	বিশেষ ধরনের কাজ	১০০
বাথরুম (স্নানঘর)	৮০	সাধারণ কাজ	২০০
রান্নাঘর	৮০	মাঝারি ধরনের কাজ	২০০
পড়ার ঘর	১৫০	সূক্ষ্ম কাজ	৪০০
সেলাইয়ের কাজ	২৫০	অতি সূক্ষ্ম কাজ	৮০০
২। অফিস-আদালত :			
টাইপ করা এবং হিসাবের কাজ	২২৫	কার্পেন্টার শপ :	
সাধারণ ঘর	১৫০	সূত্রধরের সাধারণ কাজ	৮০
সিঁড়ি ও বারান্দা	৫০	সূত্রধরের সূক্ষ্ম কাজ	১৫০
নকশাদি অঙ্কনের জন্য নির্দিষ্ট কক্ষ	১৫০		
নকশাঙ্কনের বোর্ডের উপর	৩০০	৭। ঢালাইয়ের কারখানা :	
		সাধারণ কাজ	১০০
৩। হোটেল :		সূক্ষ্ম কাজ	১৫০
বেডরুম	৬০		
খাওয়ার ঘর	৮০	৮। রাসায়নিক কাজ	৮০
		৯। রেলওয়ে ইয়ার্ড	২- ৮
৪। হাসপাতাল :		১০। ফেরিঘাট, বন্দর	২৫
ল্যাবরেটরি	২০০	১১। রাস্তার বাতি	২ - ১০
অস্ত্রোপচারের জন্য নির্দিষ্ট কক্ষ	৩৫০	১২। ছাপাখানার কম্পোজ ঘর	৩০০
অস্ত্রোপচারের টেবিল	৩৫০০		
ওয়ার্ড	৩০	১৩। কাঁচের কারখানা :	
ওয়েটিং রুম	৭০	ফার্নেস ঘর	৫০
		কাঁচ গলিয়ে জিনিসপত্র তৈরী :	১০০
৫। বিদ্যালয় :		কাঁচের সূক্ষ্ম ঘষা কাজ	২০০
শ্রেণিকক্ষ	১৫০	কাঁচ কাটার কাজ	৫০০
চিত্রাঙ্কন	২০০		৩০০
ল্যাবরেটরি	১৫০	১৪। ঘড়ি মেরামতের কারখানা	
বক্তৃতা মঞ্চ	১০০		
লাইব্রেরি	১৫০		
৬। (কারখানায় যন্ত্রাংশসমূহ জোড়া দেওয়ার জন্য নির্দিষ্ট কক্ষ)			
অ্যাসেম্বলি শপ :			
বিশেষ ধরণের কাজ	৭০		
সাধারণ কাজ	১০০		
মাঝারি ধরনের কাজ	১০০		
ছোট ছোট যন্ত্রপাতির কাজ	২০০		
অতি সূক্ষ্ম কাজ	৫০০		
	১০০০		

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। কোনো স্থান আলোকিত করার জন্য কোথা থেকে আলো পাওয়া যায়?

২। আলোর প্রধান উৎস কী?

৩। ইলুমিনেশনের একক কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। উদ্ভাসন বা ইলুমিনেশন কাকে বলে?

২। ক্যান্ডেল পাওয়ার বলতে কী বোঝায়?

৩। ইলুমিনেশন বা উদ্ভাসনের একক কী?

৪। ১ লিউমেন/ বর্গফুট উদ্ভাসন বলতে কী বোঝ?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। উদ্ভাসন বা ইলুমিনেশন বলতে কী বোঝায়? উদ্ভাসনের একক উল্লেখ কর।

২। সংজ্ঞা লিখ : (ক) ক্যান্ডেল পাওয়ার, (খ) লিউমেন, (গ) উজ্জ্বলতা, (ঘ) রশ্মিরেখা।

৩। নিম্নলিখিত স্থানগুলোতে কত লিউমেন আলোক রশ্মি প্রয়োজন লিখ–
(ক) পড়ার ঘর, (খ) নকশাঙ্কনের বোর্ডের উপর, (গ) অস্ত্রোপচারের টেবিল, (ঘ) কাচ কাটার কাজ, (ঙ) হাসপাতালের ওয়ার্ড।

দ্বিতীয় অধ্যায়
বৈদ্যুতিক ল্যাম্প

২.১। বৈদ্যুতিক ল্যাম্পের (বাতির) কাজ

বৈদ্যুতিক ল্যাম্প বা বাতি বৈদ্যুতিক শক্তিকে আলোক শক্তিতে রূপান্তর করে। ফলে আমরা বৈদ্যুতিক বাতির সাহায্যে অন্ধকার জায়গাকে আলোকিত করতে পারি এবং ঐ জায়গায় আমরা আমাদের দৈনন্দিন কাজকর্ম করতে পারি। সুতরাং বৈদ্যুতিক বাতির প্রধান কাজ হলো বাড়িঘর, অফিস-আদালত, শিল্প প্রতিষ্ঠান, বাগান, রাস্তাঘাট প্রভৃতি স্থান আলোকিত করা।

২.২। বৈদ্যুতিক বাতির শ্রেণিবিভাগ

বৈদ্যুতিক বাতিকে প্রধানত বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা–

(ক) ফিলামেন্ট ল্যাম্প

(খ) আর্ক ল্যাম্প

(গ) গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প

(ঘ) এনার্জি সেভিং বাল্ব ও এল,ই,ডি বাল্ব

(ক) এই ধরনের ল্যাম্পে একটি কাঁচের বাল্বের ভিতরে তার বা ফিলামেন্ট থাকে এবং এই তার বা ফিলামেন্টের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে ফিলামেন্ট গরম হয়ে সাদা হয়ে উঠে, আর তা থেকে আলোক রশ্মি বের হয়। ফিলামেন্ট থেকে আলো বের হয় বলে এই ল্যাম্পকে ফিলামেন্ট ল্যাম্প বলে। ফিলামেন্ট ল্যাম্প আবার চার প্রকার। যথা–

(১) কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এই ল্যাম্পে কার্বন দিয়ে তৈরি ফিলামেন্ট ব্যবহৃত হয়। এই বাতির আলো ঠিক সাদা হয় না, কিছুটা হলুদ বর্ণের হয় এবং এর আলো কাঁপে।

(২) ভ্যাকুয়াম মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এই ল্যাম্পে টাংস্টেনের তৈরি ফিলামেন্ট ব্যবহৃত হয়। এই ল্যাম্প থেকে কার্বন ল্যাম্প অপেক্ষা বেশি আলো নির্গত হয় এবং আলো কাঁপে না। সাধারণত ১৫ এবং ২৫ ওয়াটের ল্যাম্পগুলি এই ধরনের হয়ে থাকে।

(৩) গ্যাস ভরা কুণ্ডলিত ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এ ধরনের ল্যাম্পে কাচের বাল্বটি বায়ুশূন্য হয় না। এতে নাইট্রোজেন, আর্গন, ক্রিপটন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ভর্তি থাকে। এখানে ফিলামেন্ট হিসাবে টাংস্টেন-এর কুণ্ডলী ব্যবহার করা হয়।

(৪) গ্যাসভরা কুণ্ডলিত কণ্ডলী ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এতে ধাতুর ফিলামেন্টের কুণ্ডলীকে দ্বিতীয়বার কুণ্ডলী করা হয়। এ বাতিতে ফিলামেন্টের তার খুব কাছাকাছি থাকে বলে বেশি উত্তপ্ত এবং অন্যান্য বাতির তুলনায় ১৫% থেকে ২০% বেশি আলো দেয়। সাধারণত ২৫ ওয়াটের উপরে বেশি ওয়াটের জন্য এ বাতি প্রযোজ্য।

গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প : এই ল্যাম্পে গ্যাস হিসাবে সাধারণত সোডিয়াম বাষ্প, পারদ বাষ্প, নিয়ন, আর্গন, হিলিয়াম, ক্রিপটন, জেনন প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। এর চাপ বায়ুর চাপের তুলনায় খুব কম থাকে। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প, মার্কারি ভেপার ল্যাম্প এই ল্যাম্পের অন্তর্ভুক্ত।

মার্কারি ভেপার ল্যাম্প আবার তিন প্রকার। যথা–
(ক) এমএ টাইপ; (২) এমএটি টাইপ এবং (৩) এমবি টাইপ।
তাছাড়া হট ক্যাথোড ল্যাম্প, কোল্ড ক্যাথোড ল্যাম্প, নিয়ন ল্যাম্প ও ফ্লুরেসেন্ট ল্যাম্প ও এনার্জি সেভিং ল্যাম্প নামে বিশেষ ধরনের ল্যাম্প আছে।

২.৩। বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের ব্যবহার

বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের ব্যবহার নিম্নে আলোচনা করা হলো :

(ক) ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এই ল্যাম্প সাধারণত বাসাবাড়িতে ব্যবহৃত হয়।

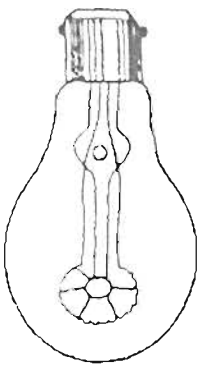
(১) কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এই ল্যাম্পের আলো ঠিক সাদা নয়। এ ল্যাম্প বাসাবাড়িতে ব্যবহৃত হয় না। তবে ব্যাটারি চার্জিং-এর সময়ে রোধ হিসাবে ব্যবহার করা যায়।

(২) ভ্যাকুয়াম মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প : এ ল্যাম্প বেশিদিন টেকসই হয় না এবং খুব অল্প ওয়াটের হয়ে থাকে। তাই যেখানে ১৫ থেকে ২৫ ওয়াটের বাতির প্রয়োজন, সেখানে এই বাতি ব্যবহৃত হয়।

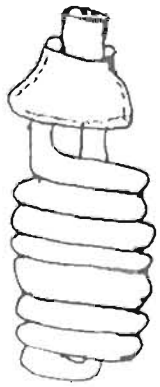
(৩) গ্যাস ভরা কুন্ডলিত ফিলামেন্ট ল্যাম্প : যেখানে ২৫ এর বেশি ওয়াটের বাতি প্রয়োজন সেখানে এ বাতি ব্যবহৃত হয়।

(খ) আর্ক ল্যাম্প : আর্ক ল্যাম্পের ওয়াটেজ এত বেশি যে ঘরের ভিতরে এটা ব্যবহার করা যায় না। এ ল্যাম্প সাধারণত সার্চ লাইট, সিনেমা প্রজেক্টর এবং ম্যাজিক লাইট হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

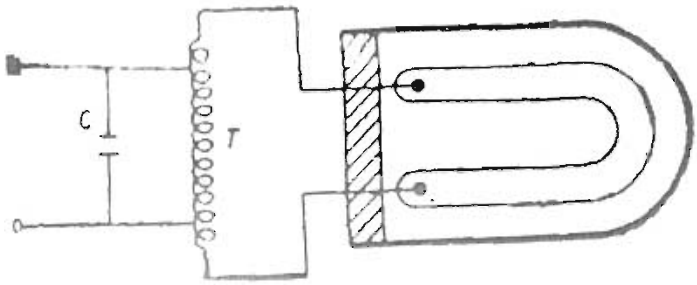
(গ) গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প : রাস্তা, রেল ইয়ার্ড, বন্দর, বিভিন্ন শিল্পাঞ্চল, কোনো উন্মুক্ত স্থান প্রভৃতি আলোকিত করতে গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়।



চিত্র : ফিলামেন্ট ল্যাম্প



এনার্জি সেভিং ল্যাম্প



চিত্র : নিয়ন ল্যাম্প

২.৪ । বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের লুমেন

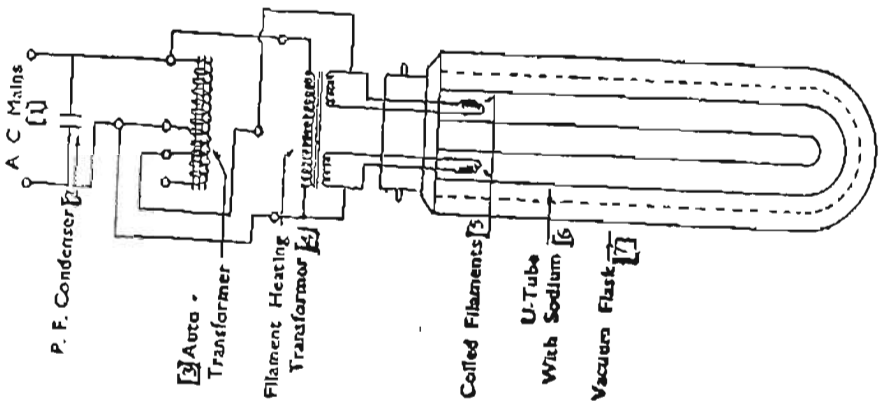
বিভিন্ন ল্যাম্পের লুমেন/আলোক রশ্মির তালিকা :

ল্যাম্প	ওয়াট	২৩০ ভোল্ট সাপ্লাইয়ে গড় পড়তা লিউমেন	কার্যকাল ঘণ্টা
ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প	২৫	২২০	১০০০
	৪০	৪২৫	”
	৬০	৭২০	”
	১০০	১৩৮০	”
	১৫০	২০৮০	”
	২০০	২৯২০	”
	৩০০	৪৭০০	”
	৫০০	৮৩০০	”
	১০০০	১৮৬০০	
ফ্লুরেসেন্ট ল্যাম্প	২০	৯৭০	৫,০০০ থেকে
	৪০	২৪৪০	১০,০০০
	৬৫/৮০	৪০০০	
সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প	৪৫	২৭০০	৩০০০
	৬০	৩৯০০	”
	৮৫	৬০০০	”
	১০০	৭৫০০	”
মার্কারি ভেপার ল্যাম্প	৮০	৩৫০০	৯০০০
	১২৫	৬২৫০	”
	২৫০	১৩৫০০	”
	৪০০	২৩০০০	”
	১০০০	৬০০০০	”
হ্যালোজেন ল্যাম্প	১০০০	২৫০০০	৯০০০

২০২০

২.৫। সোডিয়াম ভেপার ও মার্কারি ভেপার ল্যাম্পের কাজ

এতে একটি শক্ত কাঁচের নল 'U' আকৃতিতে বাঁকানো থাকে এবং তাতে কিছু সোডিয়াম বাষ্প ও খুব অল্প পরিমাণে নিয়ন গ্যাস ভরা থাকে। নলের দুই মুখে টাংস্টেন ফিলামেন্ট-এর দুইটা ইলেকট্রোড থাকে। সম্পূর্ণ ল্যাম্পটি একটি বায়ুশূন্য স্বচ্ছ কাচের ফ্লাস্কের মধ্যে ঢোকানো থাকে। একটি সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প ও তার কানেকশন নিচের চিত্রে দেখানো হলো। এই ল্যাম্প স্টার্ট করার সময় স্বাভাবিক ভোল্টেজের প্রায় দ্বিগুণ ভোল্টেজ দরকার হয়। স্টেপ আপ ট্রান্সফরমারের সাহায্যে সেই অতিরিক্ত ভোল্টেজ পাওয়া যায়। ল্যাম্পের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহ শুরু হলে ঐ বর্ধিত ভোল্টেজ আস্তে আস্তে কমে স্বাভাবিক ভোল্টেজে আসে। যখন ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তখন প্রথমে নিয়ন গ্যাস প্রদীপ্ত হয়ে ফিকে লাল রং দেয়। তারপর সোডিয়াম বাষ্পের আয়নীকরণ শুরু হয়ে গেলে ল্যাম্প থেকে বিভিন্ন আভাযুক্ত হলুদ আলো নির্গত হতে থাকে। ল্যাম্পের স্বাভাবিক উজ্জ্বলতা আসতে ১৫ থেকে ২০ মিনিট সময় লাগে। এই ল্যাম্পের সাইজ সাধারণত 45, 60, 85 এবং 100 ওয়াটের হয়ে থাকে।



চিত্র : একটি সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প ও তার সংযোগ

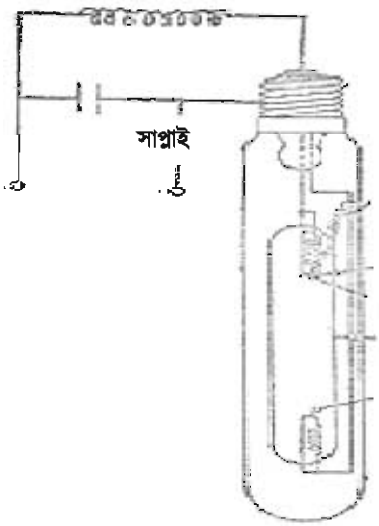
মার্কারি ভেপার ল্যাম্প : মার্কারি ভেপার ল্যাম্প আবার তিন প্রকার। যথা-
(ক) এমএ টাইপ; (২) এমএটি টাইপ এবং (৩) এমবি টাইপ।

এখানে এমএ টাইপ মার্কারি ভেপার ল্যাম্পের বর্ণনা দেওয়া হলো–

এই ল্যাম্পে একটি কাঁচের ভাল্বের ভিতরে আর একটি শক্ত কাচের ভাল্ব থাকে। ভিতরের ভাল্বটির মধ্যে কিছু পরিমাণ পারদ ও আর্গন গ্যাস থাকে এবং তার দুই প্রান্তে টাংস্টেন তারের দুইটি ইলেকট্রোড থাকে। উপরের ইলেকট্রোডের পাশে আর একটি সহায়ক ইলেকট্রোড ব্যবহার করা হয়। সহায়ক ইলেকট্রোডটি একটি উচ্চমানের রোধের মাধ্যমে নিচের ইলেকট্রোডের সাথে সংযোগ করা থাকে। এমএ টাইপ ল্যাম্প ও তার সংযোগ নিচের চিত্রে দেখানো হলো–

২০২০

উপযুক্ত ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে উপরের প্রধান ইলেকট্রোড এবং সহায়ক ইলেকট্রোডের মধ্যে প্রথমে আর্গন গ্যাসের মাধ্যমে ইলেকট্রিক ডিসচার্জ শুরু হয়। পরে ঐ ইলেকট্রিক ডিসচার্জ দিক পরিবর্তন করে প্রধান ইলেকট্রোডের মধ্যে হয়। ইলেকট্রোড দুইটি উত্তপ্ত হলে পারদ বাষ্পে পরিণত হয় এবং ভিতরের ভাল্বের মধ্যে উচ্চ চাপের সৃষ্টি হয়। তখন আলোক স্তম্ভটি উজ্জ্বল থেকে উজ্জ্বলতর হতে থাকে। এই বাতির স্বাভাবিক উজ্জ্বলতা আসতে ৪ থেকে ৫ মিনিট সময় লাগে। এই ল্যাম্প সাধারণত ২৫০ ওয়াট এবং ৪০০ ওয়াটের হয়ে থাকে। এই ল্যাম্প থেকে সবুজের আভাযুক্ত নীল রংয়ের আলো পাওয়া যায়।



চিত্র : একটি এমএ টাইপ মার্কারি ভেপার ল্যাম্প ও তার সংযোগ

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বৈদ্যুতিক বাতির কাজ কী?

২। কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্পের আলো কেমন হয়?

৩। ভ্যাকুয়াম ফিলামেন্ট ল্যাম্প সাধারণত কত ওয়াটের হয়ে থাকে?

৪। ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প সাধারণত কত ওয়াটের হয়ে থাকে?

৫। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প সাধারণত কত ওয়াটের হয়ে থাকে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নঃ

১। বৈদ্যুতিক বাতির কাজ কী?

২। বৈদ্যুতিক বাতি কত প্রকার ও কী কী?

৩। বিভিন্ন ধরনের ল্যাম্পের ব্যবহার উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্নঃ

১। বৈদ্যুতিক বাতির কাজ কী? বৈদ্যুতিক বাতি কত প্রকার ও কী কী?

২। বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক বাতির ব্যবহার উল্লেখ কর।

৩। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প কীভাবে কাজ করে বর্ণনা কর।

তৃতীয় অধ্যায়
বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতি

৩.১। বিদ্যুৎ উৎপাদন

বিদ্যুৎ এক প্রকার শক্তি যা চোখে দেখা যায় না কিন্তু এর ইফেক্ট বা প্রতিক্রিয়া অনুধাবন করা যায়। বিভিন্ন প্রকার শক্তি রূপান্তরের মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা যায়। বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন বলতে বিশেষ প্রক্রিয়ায় বিশেষ যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে পানি, তাপ, বায়ু ও গ্যাস এবং পারমাণবিক শক্তি দ্বারা বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করাকে বোঝায়।

৩.২। বিদ্যুৎ উৎপাদনের বিভিন্ন পদ্ধতি

বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য বিভিন্ন প্রকার শক্তি যেমন পানি, বায়ু, বাষ্প, গ্যাস, পারমাণবিক শক্তি প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়। এইসব শক্তি দ্বারা জেনারেটরের টারবাইনকে ঘুরানো হয়। ফলে জেনারেটরে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। তাই বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহৃত এই সব শক্তির নামানুসারে বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতির নামকরণ করা হয়েছে। সুতরাং বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতিগুলি হচ্ছে–

(ক) ওয়াটার টারবাইন পদ্ধতি
(খ) এয়ার টারবাইন পদ্ধতি
(গ) স্টিম বা বাষ্প টারবাইন পদ্ধতি
(ঘ) গ্যাস টারবাইন পদ্ধতি
(ঙ) পারমাণবিক পদ্ধতি।

৩.৩। প্রাইম মুভার

জেনারেটরের সাহায্যে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য এর আর্মেচারকে স্থির রেখে ফিল্ডকে ঘুরাতে হয়। টারবাইন অথবা অন্য কোনো মেশিনের সাথে জেনারেটরের ফিল্ডকে জুড়ে দিয়ে এটাকে ঘুরানো হয়। ফলে জেনারেটরে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। জেনারেটরের ফিল্ডকে ঘুরানোর জন্য যে যন্ত্র বা মেশিন ব্যবহার করা হয়, তাকে প্রাইম মুভার বলে। যেমন– যে কোনো ধরনের টারবাইন বা মোটরকে প্রাইম মুভার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। যে যন্ত্রের মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়, তার নাম কি?

২। বাংলাদেশে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য কোন কোন প্রাকৃতিক শক্তি ব্যবহার করা হয়?

৩। প্রাইম মুভার হিসেবে কী ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নঃ

১। বিদ্যুৎ উৎপাদন বলতে কী বোঝায়?

২। বিদ্যুৎ উৎপাদনের পদ্ধতিগুলো কী কী?

৩। প্রাইম মুভার কাকে বলে? প্রাইম মুভার কী ব্যবহৃত হয়?

চতুর্থ অধ্যায়

এসি তিন ফেজ সার্কিট

৪.১। এসি সাপ্লাইয়ে ফেজ ও নিউট্রাল

ফেজ অর্থ দশা বা অবস্থান। এসি সাপ্লাইয়ে ফেজ বলতে কারেন্ট ও ভোল্টেজের মান, দিক এবং অবস্থানকে বোঝায়। ফেজ সম্পর্কে জানতে হলে প্রথমে ফেজ অ্যাঙ্গেল সম্পর্কে ধারণা থাকতে হবে। সার্কিটের এসি প্রবাহের ক্ষেত্রে ফেজ ভোল্টেজ ও ফেজ কারেন্টের মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্বকে ফেজ অ্যাঙ্গেল বলে। যদি ভোল্টেজ অপেক্ষা কারেন্ট এগিয়ে থাকে তবে তাকে লিডিং অ্যাঙ্গেল এবং যদি ভোল্টেজ থেকে কারেন্ট পিছিয়ে থাকে তবে তাকে ল্যাগিং অ্যাঙ্গেল বলে। যদি ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে কোনো কৌণিক দূরত্ব না থাকে অর্থাৎ ফেজ অ্যাঙ্গেল শূন্য হয়, তবে বলা হয় ভোল্টেজ ও কারেন্ট এক ফেজে আছে। খাঁটি রেজিস্টিভ সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্ট একই ফেজে থাকে।

নিউট্রাল : নিউট্রন শব্দ থেকে এসেছে নিউট্রাল অর্থাৎ চার্জহীন। এসি সাপ্লাই ব্যবস্থায় সিঙ্গেল ফেজ সাপ্লাই পাওয়ার জন্য ট্রান্সফরমারের স্টার পয়েন্ট থেকে একটি লাইন বের করা হয়, এই লাইনকে সাধারণত নিউট্রাল বলে। নিউট্রালে কোনো কারেন্ট থাকে না। তাই এই তার নিউট্রাল।

৪.২। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার সুবিধাসমূহ

আমাদের দেশে কোনো কোনো স্থানে এসি এক ফেজ সিস্টেম আবার কোনো কোনো স্থানে এসি থ্রিফেজ সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। তবে এসি এক ফেজ সিস্টেমের তুলনায় থ্রি ফেজ সিস্টেমের সুবিধা অনেক বেশি।

এসি থ্রি ফেজ সিস্টেমের সুবিধাগুলো নিচে দেওয়া হলো–

(১) সমদূরত্বে সমপরিমাণ পাওয়ার প্রেরণে থ্রি ফেজ ব্যবস্থায় অপেক্ষাকৃত চিকন তার ব্যবহার করা যায়। ফলে আর্থিক সাশ্রয় হয়।

(২) থ্রি ফেজ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি বা মেশিনসমূহের কর্মদক্ষতা তুলনামূলকভাবে বেশি।

(৩) থ্রি ফেজ মোটরের আকার তুলনামূলকভাবে ছোট এবং গঠন সহজ।

(৪) থ্রি ফেজ পদ্ধতির সরবরাহ হতে প্রয়োজনবোধে এক ফেজ সরবরাহ পাওয়া যায়।

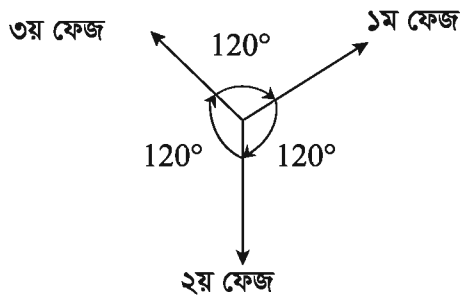
(৫) ফেজ তারের সাথে একটি নিউট্রাল তার টেনে এক ফেজ ও তিন ফেজ এই দুই রকমের সরবরাহ পাওয়া যায়।

(৬) থ্রি ফেজ মোটরের গতিবেগ সুষম এবং মেশিনের কর্মদক্ষতা বেশি। থ্রি ফেজ সাপ্লাই এর সাহায্যে থ্রি ফেজ মোটর ব্যবহার করাই সুবিধাজনক।

(৭) ছোটখাটো থ্রি ফেজ মোটর স্টার্ট করার জন্য আলাদা কোনো স্টার্টার বা বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন হয় না, কিন্তু এক ফেজ মোটর স্টার্ট করার জন্য বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। তাই থ্রি ফেজ সরবরাহের সাহায্যে থ্রি ফেজ মোটর ব্যবহার করাই শ্রেয়।

৪.৩। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার ফেজ পার্থক্য

এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় থ্রি ফেজ ভোল্টেজ বা কারেন্ট তিনটি সিঙ্গেল ফেজ ভোল্টেজ বা কারেন্টের সমষ্টি মাত্র। ২য় ফেজটি ১ম ফেজ আরম্ভ হওয়ার $\frac{১}{৩}$ পর্যায় (stage) পিছনে এবং ৩য় ফেজটি আবার ২য় ফেজের $\frac{১}{৩}$ পর্যায় (stage) পিছনে থাকে। যদি সম্পূর্ণ পর্যায় (stage) কে ৩৬০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি ধরা হয়, তবে থ্রি ফেজ সার্কিটের একটি ফেজ অপরটির চেয়ে ($৩৬০\times\frac{১}{৩}$) ১২০ ইলেট্রিক্যাল ডিগ্রি পিছনে থাকে। অর্থাৎ পাশাপাশি দুইটি ফেজের মধ্যে পার্থক্য ১২০° ইলেট্রিক্যাল ডিগ্রি। সুতরাং ফেজ পার্থক্য ১২০°।

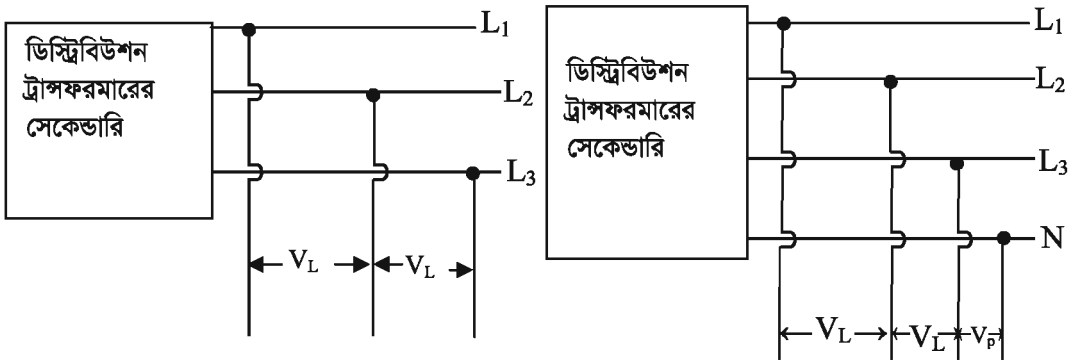


৪.৪। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ এবং লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট

এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় সচরাচর তিন ফেজ তিন তার এবং তিন ফেজ চার পদ্ধতি হয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি সাইডে স্টার কানেকশন করে সেখান থেকে তিন ফেজ তিন তার ও তিন ফেজ চার তার পদ্ধতির লাইন বের করা হয়। তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে শুধু তিনটি লাইন তার থাকে।

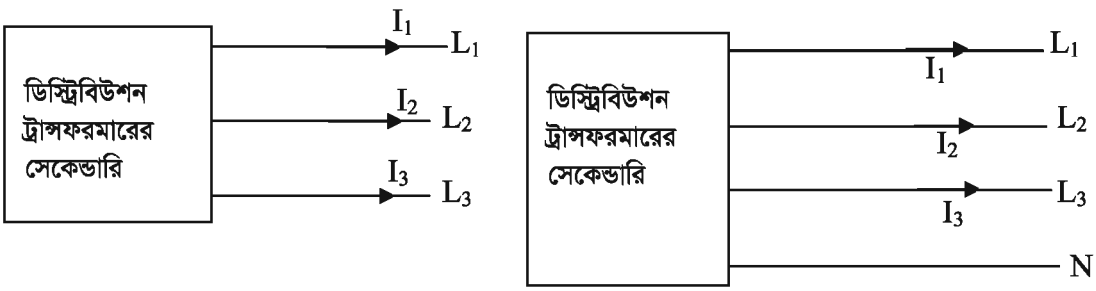
আবার তিন ফেজ চার পদ্ধতিতে তিনটি লাইন তার এবং একটি নিউট্রাল তার থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের স্টার পয়েন্ট থেকে এই নিউট্রাল লাইন বের করা হয় এবং এই নিউট্রাল তারকে আর্থের সাথে সংযোগ করা হয়। তিন ফেজ তিন তার এবং তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে যে কোনো দুইটি লাইনের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাই লাইন ভোল্টেজ।

আর তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে যে কোনো একটি লাইন ও নিউট্রাল তারের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাই ফেজ ভোল্টেজ। তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে নিউট্রাল নাই বিধায় এতে ফেজ ভোল্টেজ পাওয়া যায় না। পরের পৃষ্ঠার চিত্রে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ দেখানো হলো–



এসি তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতি, V_L -লাইন ভোল্টেজ V_p-ফেজ ভোল্টেজ এসি তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি

এসি তিন ফেজ তিন তার ও তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট বলতে প্রতিটি লাইন দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে বোঝায়। নিচের চিত্রে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট দেখানো হলো–



এসি তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতি এসি তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ফেজ অর্থ কী?

২। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় ফেজ পার্থক্য কত?

৩। ফেজ ভোল্টেজ কাকে বলে?

৪। লাইন ভোল্টেজ কাকে বলে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ফেজ অ্যাঙ্গেল কাকে বলে?

২। ল্যাগিং ও লিডিং ফেজ অ্যাঙ্গেল বলতে কী বুঝায় ?

৩। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় ফেজ পার্থক্য বলতে কী বুঝায় ?

৪। এসি তিন ফেজ চার তার ব্যবস্থায় ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ কাকে বলে? এসি তিন ফেজ চার তার ব্যবস্থায় ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।

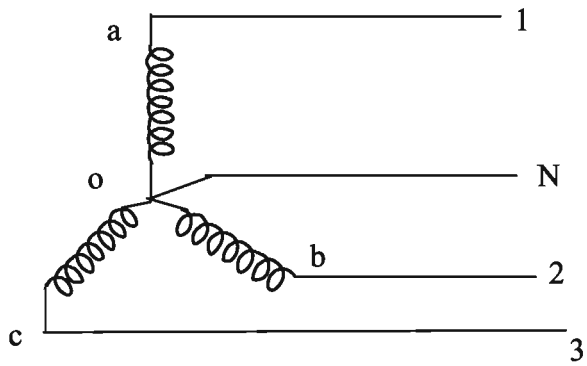
২। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার সুবিধাগুলো লিখ।

পঞ্চম অধ্যায়

তিন ফেজ স্টার সংযোগ

৫.১। তিন ফেজ স্টার সংযোগ পদ্ধতি

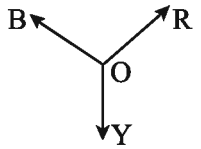
স্টার সংযোগ : সাধারণত তিনটি কয়েল বা তিনটি বৈদ্যুতিক লোডের মাধ্যমে স্টার সংযোগ তৈরি করা হয়। যখন তিনটি কয়েল বা ওয়্যাইন্ডিং-এর তিনটি প্রান্ত একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ হয়, তখন তাকে স্টার সংযোগ বলে। স্টার সংযোগকে ওয়াই সংযোগও বলা হয়। তিনটি কয়েলের সংযোগ নিচের চিত্রে দেখানো হয়েছে। এখানে oa, ob, oc দ্বারা চিহ্নিত তিনটি কয়েলের তিনটি প্রান্ত পরস্পরের সাথে O বিন্দুতে সংযুক্ত আছে এবং অবশিষ্ট তিনটি প্রান্ত a, b, c হতে যে তিনটি লাইন (1, 2, 3) বের করা হয়েছে, সেগুলি সরবরাহ মেইন লাইন। O বিন্দুকে নিউট্রাল পয়েন্ট বলা হয়। প্রয়োজনবোধে নিউট্রাল পয়েন্ট থেকে একটি তার বের করে নেওয়া হয়। এই তারকে নিউট্রাল লাইন বলা হয়। এখানে প্রতিটি কয়েল এক একটি ফেজ। যে কোনো দুইটি লাইনের মাঝে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে লাইন ভোল্টেজ এবং একটি লাইন ও নিউট্রালের মাঝে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তাকে ফেজ ভোল্টেজ বলা হয়।



চিত্র : তিন ফেজ স্টার সংযোগ

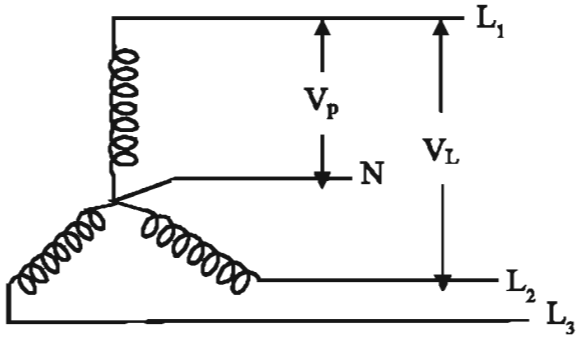
৫.২। তিন ফেজ স্টার সংযোগের প্রতীক

তিন ফেজ স্টার সংযোগ দেখতে অনেকটা ইংরেজী অক্ষর 'Y'এর মতো। তাই এই সংযোগকে 'Y' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যদি কোনো মোটর বা কয়েল স্টারে সংযোজিত হয়, তবে নিচে প্রদত্ত প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।



চিত্র : স্টার সংযোগের প্রতীক

৫.৩। তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক



চিত্র : স্টার সংযোগে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক

স্টার সংযোজিত সার্কিটে প্রতিটি কয়েল এক একটি ফেজ। নিউট্রাল ও যে কোনো একটি ফেজের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে ফেজ ভোল্টেজ এবং যে কোনো দুইটি ফেজের মধ্যে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে লাইন ভোল্টেজ বলে। স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ সমান নয়। লাইন ভোল্টেজ ফেজ ভোল্টেজের $\sqrt{3}$ গুণ।

উপরের চিত্রে স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ দেখানো হলো :

সুতরাং $V_L = \sqrt{3}V_p$

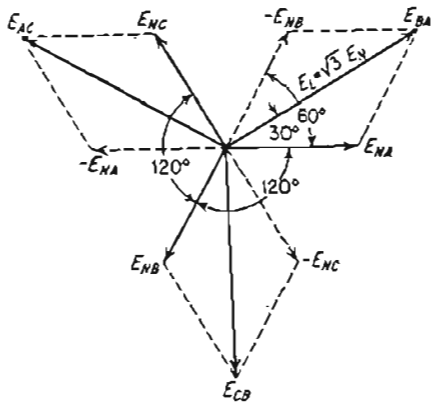
এখানে, লাইন ভোল্টেজ $= V_L$

ফেজ ভোল্টেজ $= V_p$

প্রতিটি ফেজ ভোল্টেজ সমান এবং পরস্পর হতে ১২০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি দূরে থাকে। প্রতিটি লাইন ভোল্টেজও ১২০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি দূরে থাকে। যদি লাইন টু লাইন ভোল্টেজ E_L এবং লাইন টু ফেজ ভোল্টেজ E_N দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে $E_L = \sqrt{3}E_N$

ভেক্টর চিত্রের মাধ্যমে এই সত্যতা প্রমাণ করা যায়।

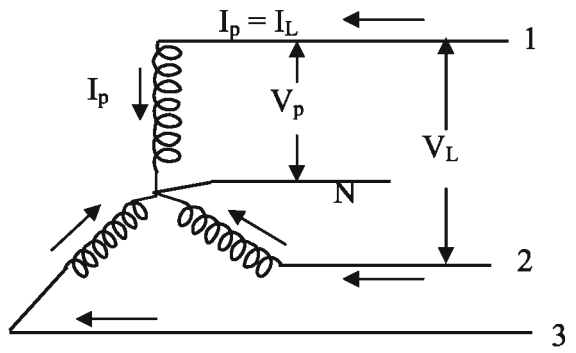
অর্থাৎ $V_L = \sqrt{3}\, V_N$



চিত্র : তিন ফেজ স্টার সংযোগের ভেক্টর ডায়াগ্রাম

২০২০

৫.৪ । তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক



চিত্র : তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক

স্টার সংযোজিত সার্কিটে প্রতিটি কয়েল বা ফেজ এবং মেইন লাইন দ্বারা একই কারেন্ট প্রবাহিত হয় । তাই স্টার সংযোগে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট সমান ।

সুতরাং $I_L = I_p$

এখানে, লাইন কারেন্ট = I_L

ফেজ কারেন্ট = I_p

উপরের চিত্রে স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট দেখানো হলো :

৫.৫ । নিউট্রাল লাইনের প্রয়োজনীয়তা

বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত এবং শিল্পকারখানায় ব্যবহৃত তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে ৩টি ফেজ তার এবং ১টি নিউট্রাল তার থাকে । এই পদ্ধতিতে থ্রি ফেজ সাপ্লাইয়ের সাহায্যে যেমন থ্রি ফেজ লোড চালানো যায়, তেমনি একটি ফেজ এবং নিউট্রাল তারের সাহায্যে সিঙ্গেল ফেজ লোড যেমন বাতি, পাখা, ফ্রিজ, এক ফেজ মোটর ও অন্য আবাসিক সরঞ্জামাদিও ব্যবহার করা যায় । তাই নিউট্রাল লাইনের গুরুত্ব অপরিসীম ।

৫.৬ । স্টার সংযোজিত সুষম লোডের পাওয়ার নির্ণয়

সুষম তিন ফেজ স্টার সংযেজিত লোডের মোট পাওয়ার প্রতি ফেজের পাওয়ারের তিন গুণের সমান ।

যদি ফেজ ভোল্টেজ = V_p

লাইন ভোল্টেজ = V_L

ফেজ কারেন্ট = I_p

লাইন কারেন্ট = I_L

পাওয়ার ফ্যাক্টর = $\cos\theta$ হয়, তবে

প্রতি ফেজের পাওয়ার $P = V_p I_p \cos\theta$

স্টার সংযোগে $V_L = \sqrt{3} V_p$

বা, $V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$, $I_L = I_p$

২০২০

$\therefore$ তিন ফেজ পাওয়ার $= 3\ P$

$= 3\ V_p I_p \cos\theta.$

$= 3\ .\ \frac{V_L}{\sqrt{3}}\ .\ I_L.\ \cos\theta. \quad = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta.$

৫.৭। স্টার সংযোজিত সার্কিটের সমস্যা ও সমাধান

(ক) একটি তিন ফেজ চার তার বিশিষ্ট স্টার সংযোজিত সার্কিটের ভোল্টেজ 400 ভোল্ট, ফ্রিকোয়েন্সি 50 হার্টজ এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.8। সার্কিটের লাইন কারেন্ট 25 অ্যাম্পিয়ার হলে ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে, লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$ volt,

লাইন কারেন্ট $I_L = 25$ Amps.

পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = 0.8$

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ Hz

তিন ফেজ পাওয়ার $P = ?$

সূত্রমতে, তিন ফেজ পাওয়ার $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times 0.8$ ওয়াট

$= 13856.40$ ওয়াট।

$= 13.8564$ কিলোওয়াট (উত্তর)।

(খ) একটি স্টার সংযোজিত তিন ফেজ চার তার বিশিষ্ট সার্কিটের ফেজ ভোল্টেজ 230 ভোল্ট, পাওয়ার ফ্যাক্টর 85%; লাইন কারেন্ট 20 অ্যাম্পিয়ার হলে ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান : দেওয়া আছে ফেজ ভোল্টেজ $V_p = 230$ volt,

লাইন কারেন্ট $I_L = 20$ Amps.

পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = 85\% = 0.85$

তিন ফেজ পাওয়ার $P = ?$

স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে $V_L = \sqrt{3} V_p$

$= \sqrt{3} \times 230 = 400$ Volt.

সূত্রমতে, তিন ফেজ পাওয়ার $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 20 \times 0.85$ ওয়াট

$= 11777.94$ ওয়াট

$= 11.7794$ কিলোওয়াট, (উত্তর)।

২০২০ উত্তর : 11.7794 কিলোওয়াট।

(গ) স্টার সংযোজিত একটি থ্রি ফেজ 400 ভোল্ট, 50 সাইকেল, 4 পোল, 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টর বিশিষ্ট ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষমতা 4 কিলোওয়াট হলে মোটরের কারেন্ট কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$ volt,

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ সাইকেল,

পোল সংখ্যা = 4 , পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = 0.8$

পাওয়ার $P = 4$ কিলোওয়াট

$= 4 \times 1000$

$= 4000$ ওয়াট।

লাইন কারেন্ট $I_L = ?$

সূত্রমতে, থ্রি ফেজ পাওয়ার $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$

বা, $\sqrt{3}V_L I_L \cos\theta = P$

বা, $I_L = \dfrac{P}{\sqrt{3}V_L \cos\theta} = \dfrac{4000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8}$

$= 7.21$ Amps.

উত্তর : লাইন কারেন্ট $I_L = 7.21$ অ্যাম্পিয়ার।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। তিন ফেজ স্টার সংযোগের প্রতীক কী?

২। তিন ফেজ স্টার সংযোগে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক কী?

৩। তিন ফেজ স্টার সংযোগে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। স্টার সংযোগ কাকে বলে?

২। লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ কাকে বলে?

৩। স্টার সংযোজিত সার্কিটের চিত্র এঁকে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ দেখাও।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। স্টার সংযোগ কাকে বলে? স্টার সংযোজিত সার্কিটের চিত্র এঁকে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ দেখাও।

২। তিন ফেজ স্টার সংযোগ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। স্টার সংযোজিত সার্কিটে সুষম লোডের পাওয়ার নির্ণয় কর।

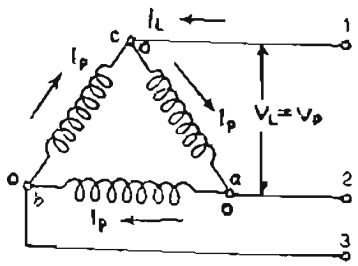
ষষ্ঠ অধ্যায়
তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ

৬.১। তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ পদ্ধতি

তিনটি কয়েল বা ওয়াইন্ডিং-এর ছয়টি টার্মিনাল দ্বারা ডেল্টা সংযোগ তৈরি করা হয়।

যখন তিনটি কয়েল বা ওয়াইন্ডিং-এর প্রথমটির ২য় প্রান্তের সাথে দ্বিতীয়টির ১ম প্রান্ত, দ্বিতীয়টির ২য় প্রান্তের সাথে তৃতীয়টির ১ম প্রান্ত এবং তৃতীয়টির ২য় প্রান্তের সাথে প্রথমটির ১ম প্রান্ত সংযোগ করা হয়, তখন এই সংযোগকে ডেল্টা সংযোগ বা মেশ সংযোগ বলে। অন্য কথায় ১২০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি দূরে দূরে অবস্থিত তিনটি কয়েলকে ত্রিভুজাকারে সংযুক্ত করলে সংযুক্ত ত্রিভুজকার সার্কিটকে ডেল্টা সংযোগ বলে।

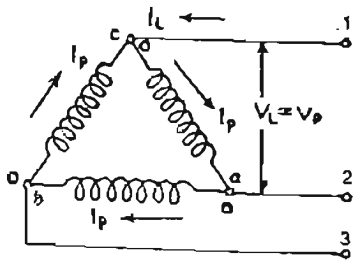
ডেল্টা সংযোগের চিত্র নিচে দেখানো হলো–



চিত্র : তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ

এখানে ১২০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি দূরে অবস্থিত তিনটি কয়েল oa , ob, oc দ্বারা চিহ্নিত আছে। oa কয়েলের o প্রান্ত, oc কয়েলের c প্রান্তের সাথে; ob কয়েলের o প্রান্ত, oa কয়েলের a প্রান্তের সাথে এবং oc কয়েলের o প্রান্ত, ob কয়েলের b প্রান্তের সাথে সংযোগ করে একটি ত্রিভুজ আকৃতির সার্কিট উৎপন্ন করা হয়েছে। এখানে কোনো নিউট্রাল পয়েন্ট নাই। কেবল ত্রিভুজের তিনটি শীর্ষ বিন্দু থেকে তিনটি মেইন লাইন বের করে নেওয়া হয়েছে।

৬.২। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের সম্পর্ক

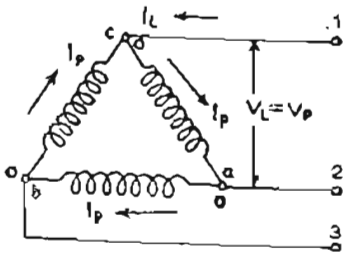


চিত্র : ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক

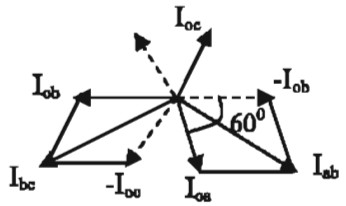
যেহেতু ডেল্টা সংযোগে কোনো নিউট্রাল লাইন নাই, তাই এ সংযোগে কোনো ফেজ ভোল্টেজও নাই। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ সমান। উপরের চিত্রে ফেজ ভোল্টেজ V_p ও লাইন ভোল্টেজ V_L দেখানো হলো–

এখানে $V_p = V_L$

৬.৩। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক



চিত্র : (ক) তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ,



(খ) ভেক্টর ডায়াগ্রাম

চিত্রে ফেজ কারেন্টকে I_p এবং লাইন কারেন্টকে I_L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। যেহেতু প্রতি ফেজের কারেন্ট সমান। সুতরাং প্রতিটি লাইনের কারেন্টও সমান।

$I_p = I_{oa} = I_{ob} = I_{oc}$, $I_L = I_{ab} = I_{bc} = I_{ca}$

ভেক্টর চিত্রে সামান্তরিকের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_{ab} = \sqrt{I_{oa}^2 + I_{bo}^2 + 2.I_{oa}.I_{bo}.\text{Cos}60^0}$$

$$= \sqrt{I_p^2 + I_p^2 + 2I_p.I_p.\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{3I_p^2}$$

$$= \sqrt{3}I_p$$

সুতরাং লাইন কারেন্ট $I_L = \sqrt{3}I_p$

৬.৪। ডেল্টা সংযোজিত সুষম লোডের পাওয়ার এর সমীকরণ

ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে সুষম লোডের মোট পাওয়ার প্রতি ফেজের পাওয়ারের তিন গুণের সমান।

যদি ফেজ ভোল্টেজ = V_p

লাইন ভোল্টেজ = V_L

ফেজ কারেন্ট $= I_p$
লাইন কারেন্ট $= V_L$
পাওয়ার ফ্যাক্টর $= \cos\theta$ হয়,

ডেল্টা সংযোগে
$V_p = V_L$ এবং
$I_L = \sqrt{3} I_p$
$I_p = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$

তবে থ্রি ফেজ পাওয়ার $P = 3V_pI_p \cos\theta$

$$= 3 \times V_L \times \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times \cos\theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$$

৬.৫। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের সমস্যার সমাধান

(ক) একটি তিন ফেজ অল্টারনেটরের স্টেটর ওয়াইন্ডিং ডেল্টা সংযোগে আছে। যদি ফেজ ভোল্টেজ ও ফেজ কারেন্ট যথাক্রমে 400 ভোল্ট এবং 50 অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে লাইন ভোল্টেজ ও লাইন কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে।

সমাধান :

দেওয়া আছে, ফেজ ভোল্টেজ $V_p = 400$ ভোল্ট
ফেজ করেন্ট $I_p = 50$ অ্যাম্পিয়ার
লাইন ভোল্টেজ $V_L = ?$
লাইন কারেন্ট $I_L = ?$

ডেল্টা সংযোগে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ সমান।

সুতরাং লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$ ভোল্ট

আবার লাইন কারেন্ট $I_L = \sqrt{3}\, I_p = \sqrt{3} \times 50 = 86.60$ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং লাইন কারেন্ট 86.60 অ্যাম্পিয়ার ।

উত্তর : লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$ ভোল্ট
লাইন কারেন্ট $I_L = 86.60$ অ্যাম্পিয়ার

(খ) ডেল্টা সংযোজিত একটি থ্রি ফেজ সার্কিটের ভোল্টেজ 400 ভোল্ট, লাইন কারেন্ট 25 অ্যাম্পিয়ার এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.85 হলে ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় করতে হবে।

সমাধান : দেওয়া আছে, লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$volt
লাইন কারেন্ট $I_L = 25$ Ams.
পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = 0.85$

সূত্র : থ্রি ফেজ পাওয়ার $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$

$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times 0.85 = 14722.43$ ওয়াট ।

$= 14.7224$ কিলোওয়াট ।

উত্তর : 14.7224 কিলোওয়াট ।

(গ) ডেল্টা সংযোজিত একটি থ্রি ফেজ ৪০০ ভোল্ট, ৫০ সাইকেল, ৪ পোল, ০.৮ পাওয়ার ফ্যাক্টর ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষমতা ৪ কিলোওয়াট হলে ইহার লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে ।

সমাধান : দেওয়া আছে, লাইন ভোল্টেজ $V_L = 400$ volt,

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ Hz,

পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = 0.8$

পাওয়ার $P = 4$ Kw $= 4 \times 1000 = 4000$ watt.

নির্ণয় করতে হবে, লাইন কারেন্ট I_L ও ফেজ কারন্টে I_p

সূত্র : $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$

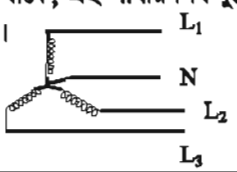
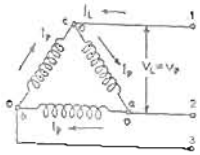
বা, $I_L = \dfrac{P}{\sqrt{3}V_L \cos\theta} = \dfrac{4000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = 7.21$ অ্যাম্পিয়ার ।

আবার, $\sqrt{3}I_p = I_L$

বা, $I_p = \dfrac{I_L}{\sqrt{3}} = \dfrac{7.216}{\sqrt{3}} = 4.166$

উত্তর : লাইন কারেন্ট = 7.21 অ্যাম্পিয়ার এবং ফেজ কারেন্ট= 4.166 অ্যাম্পিয়ার ।

৬.৬ । স্টার সংযোগ ও ডেল্টা সংযোগের মধ্যে তুলনা

স্টার সংযোগ	ডেল্টা সংযোগ
১ । সার্কিটের তিনটি ফেজ পরস্পরের সাথে একটি সাধারণ বিন্দুতে যুক্ত থাকে, এই সাধারণ বিন্দুকে নিউট্রাল পয়েন্ট বলে । 	১ । সার্কিটের তিনটি ফেজ একত্রে কোনো বিন্দুতে যুক্ত থাকে না । তাই নিউট্রাল পয়েন্টও পাওয়া যায় না । 
২ । এই পদ্ধতিতে তিন ফেজ তিন তার ও তিন ফেজ চার তার সাপ্লাই সম্ভব ।	২ । এই পদ্ধতিতে তিন ফেজ তিন তার সাপ্লাই সম্ভব কিন্তু তিন ফেজ চার তার পদ্ধতির সাপ্লাই সম্ভব নয় ।
৩ । এই পদ্ধতিতে লাইন ভোল্টেজ ফেজ ভোল্টেজের $\sqrt{3}$ গুণ ।	৩ । এই পদ্ধতিতে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ সমান ।
৪ । এই পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট ফেজ কারেন্টের সমান ।	৪ । এই পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট ফেজ কারেন্টের $\sqrt{3}$ গুণ ।
৫ । এই পদ্ধতিতে কোনো আবদ্ধ সার্কিট তৈরি হয় না ।	৫ । এই পদ্ধতিতে আবদ্ধ সার্কিট তৈরি করে ।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক কী?

২। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক কী?

৩। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে সুষম লোডে তিন ফেজ পাওয়ারের সূত্রটি লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডেল্টা সংযোগ কাকে বলে?

২। তিন ফেজ ডেল্টা সংযোজিত সার্কিট এঁকে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট চিহ্নিত কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে সুষম লোডের পাওয়ার নির্ণয় কর।

২। স্টার সংযোগ ও ডেল্টা সংযোগের মধ্যে তুলনা কর।

সপ্তম অধ্যায়
মেইনটেন্যান্স

৭.১। মেইনটেন্যান্স : মেইনটেন্যান্স একটি ইংরেজি শব্দ। এর বাংলা অর্থ রক্ষণাবেক্ষণ অর্থাৎ কোনো কিছু সঠিক ও সুন্দরভাবে রাখা যাতে তা অনাকাঙ্ক্ষিতভাবে নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত না হয় অর্থাৎ ব্যবহার অনুপযোগী না হয়। ব্যবহাররত বা ব্যবহারের উদ্দেশ্যে রক্ষিত অথবা গুদামজাতকৃত কোনো বস্তু বা দ্রব্যসামগ্রী যাতে অনাকাঙ্ক্ষিত প্রাকৃতিক প্রভাব, পরিবেশগত প্রভাব বা ব্যবহারকালীন কর্ম প্রভাব ইত্যাদি কারণে ক্ষতিগ্রস্ত না হয় সেই জন্য যে সকল ব্যবস্থা ও পদক্ষেপ গ্রহণ করা হয়, তাই রক্ষণাবেক্ষণ বা মেইনটেন্যান্স।

৭.২। মেইনটেন্যান্স ও মেরামতের মধ্যে পার্থক্য

মেইনটেন্যান্স ও মেরাতের মধ্যে পাথর্ক্য নিম্নরূপ :

মেইনটেন্যান্স	মেরামত
১। যে কোনো দ্রব্যসামগ্রী সঠিক, সুন্দর ও সুষ্ঠুভাবে রাখা যাতে নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত না হয়।	১। আংশিক নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত দ্রব্যসামগ্রীকে পুনরায় কাজের উযোগী করা।
২। চলমান প্রক্রিয়া যা দ্রব্যসামগ্রীকে নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়া থেকে রক্ষা করে।	২। নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত হলেই মেরামতের প্রয়োজন।
৩। মেরামতের প্রয়োজন কমাতে সাহায্য করে।	৩। অপ্রতুল ও অনিয়মিত মেইনটেন্যান্সের ফলে মেরামতের বেশি প্রয়োজন হয়।
৪। দ্রব্যসামগ্রী ও যন্ত্রপাতির কাজের দক্ষতা ও সঠিকতা অক্ষুণ্ন রাখতে সহায়তা করে।	৪। দ্রব্যসামগ্রী ও যন্ত্রপাতির কাজের দক্ষতা ও সঠিকতা পুনরুদ্ধার করতে সহায়তা করে।
৫। কোনো যন্ত্র বা মেশিন নষ্ট হওয়ার পূর্বে মেইনটেন্যান্স করতে হয়।	৫। কোনো যন্ত্র বা মেশিন নষ্ট হওয়ার পরে মেরামত করতে হয়।

৭.৩। মেইনটেন্যান্সের প্রয়োজনীয়তা

সঠিক সময়ে এবং সুষ্ঠুভাবে মেইনটেন্যান্স করা না হলে কোনো যন্ত্রপাতি বা মেশিন দ্বারা কাঙ্ক্ষিত সার্ভিস পাওয়া যায় না।

তাই মেইনটেন্যান্সের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। নিম্নলিখিত কারণে মেইনটেন্যান্স অপরিহার্য।

১। বস্তুসামগ্রী ও যন্ত্রপাতিকে অনাকাঙ্ক্ষিতভাবে নষ্ট ও ক্ষতিগ্রস্ত হওয়া থেকে রক্ষা করে।

২। বস্তুসামগ্রী ও যন্ত্রপাতি থেকে সর্বাধিক উপযোগ বা সার্ভিস পাওয়া।

৩। যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যসামগ্রীকে সঠিক ও নির্ভুল কাজের উপযোগী রাখা।

৪। বস্তুসামগ্রী ও যন্ত্রপাতিকে দীর্ঘদিন ব্যবহারের উপযোগী রাখা।

৫। মেরামতের ঝুঁকি ও ঝামেলা হ্রাস করা।

৬। বস্তুসামগ্রী ও যন্ত্রপাতি দীর্ঘদিন ব্যবহার উপযোগী থাকে বলে আর্থিক সাশ্রয় হয়।

৭। প্রয়োজনের সময় কাজের উপযোগী থাকে বলে সময় ও অর্থ দুই-ই সাশ্রয় হয়।

৭.৪ । মেইনটেন্যান্সের প্রকারভেদ

মেইনটেন্যান্সকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা হয় ।

১ । রুটিন মেইনটেন্যান্স; ২ । ইন্সিডেন্টাল মেইনটেন্যান্স

রুটিন মেইনটেন্যান্সকে আবার নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা হয় ।

ক) ডেইলি বা দৈনিক মেইনটেন্যান্স, যা প্রতিদিন করা হয় ।

খ) উইকলি বা সাপ্তাহিক মেইনটেন্যান্স, যা সপ্তাহে একটি নির্দিষ্ট দিনে করা হয় ।

গ) ফোর্টনাইটলি বা পাক্ষিক মেইনটেন্যান্স, যা প্রতি দুই সপ্তাহ পরপর নির্দিষ্ট দিনে করা হয় ।

ঘ) মানথলি বা মাসিক মেইনটেন্যান্স, যা প্রতি মাসে একবার নির্দিষ্ট দিনে করা হয় ।

ঙ) কোয়ার্টারলি বা ত্রৈমাসিক মেইনটেন্যান্স, যা প্রতি তিন মাস পরপর একটি নির্দিষ্ট দিনে করা হয় ।

চ) ইয়ারলি বা বার্ষিক মেইনটেন্যান্স, যা বছরে একবার একটি নির্দিষ্ট দিনে করা হয় ।

৭.৫ । মেইনটেন্যান্স শিডিউল

শিডিউল (Schedule) একটি ইংরেজি শব্দ । এর অর্থ অনুসূচি বা তফসিল । শিডিউল বলতে সাধারণভাবে কোনো কাজ করার ক্ষেত্রে অনুসরণযোগ্য তালিকাকে বোঝায় । মেইনটেন্যান্স শিডিউল বলতে কোনো যন্ত্রপাতি, মেশিন বা সরঞ্জামাদির মেইনটেন্যান্স কাজ করার ক্ষেত্রে অনুসরণযোগ্য তালিকাকে বোঝায় ।

মেইনটেন্যান্স শিডিউল সাধারণত মেশিনভিত্তিক করা হয় । কোন মেশিন বা যন্ত্রপাতির কোন অংশের জন্য কী ধরনের রুটিন মেইনটেন্যান্স প্রয়োজন তা নির্ধারণ করে কাজ সম্পাদনের শিডিউল প্রস্তুত করা হয় । আবার বড় বড় শিল্পকারখানা এবং প্রতিষ্ঠানে বিভাগ বা সেকশনভিত্তিক মেইনটেন্যান্স শিডিউল প্রস্তুত করা হয় ।

৭.৬ । মেইনটেন্যান্স সিডিউলের গুরুত্ব

শিল্পকারখানার উৎপাদন, উৎপাদিত বস্তুর গুণগত মান এবং উৎপাদনের নিরবচ্ছিন্নতা তিনটি প্রধান বিষয়ের উপর নির্ভরশীল । এগুলো হলো– (১) মেশিন ও যন্ত্রপাতি, (২) প্রয়োজনীয় কাঁচামাল এবং (৩) কর্মসম্পাদনকারী জনবল ।

এদের যে কোনো একটির অভাব বা অনুপযোগিতা অন্য দুটোকে অকর্মণ্য করে উৎপাদন ও সেবার কাজে বিঘ্ন ঘটায় ।

আবার শুধু মেশিন বা যন্ত্রপাতির প্রাপ্যতা বা পর্যাপ্ততাই তার কাজ করার ক্ষমতা বা উপযোগিতা নিশ্চিত করে না, কাজের সম্পূর্ণ উপযোগী থাকাও আব্যশক । সঠিক মেইনটেন্যান্স শিডিউল প্রণয়ন ও অনুসরণের মাধ্যমেই মেশিনাদি ও যন্ত্রপাতিকে সব সময় ব্যবহারের উপযোগী রাখা যায় । তাই মেইনটেন্যান্স শিডিউলের গুরুত্ব অপরিসীম ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। মেইনটেন্যান্স কী?

২। মেরামত কী?

৩। মেইনটেন্যান্স শিডিউল কী?

৪। কোনো মেশিন বা যন্ত্রপাতিকে দীর্ঘদিন ব্যবহার উপযোগী রাখতে হলে কী ব্যবস্থা নিতে হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। মেইনটেন্যান্স বলতে কী বোঝায়?

২। মেরামত বলতে কী বোঝায়?

৩। মেইনটেন্যান্স ও মেরামতের মধ্যে ৩টি পার্থক্য লিখ।

৪। মেইনটেন্যান্সের প্রকারভেদ উল্লখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। মেইনটেন্যান্সের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

২। মেইনটেন্যান্স শিডিউলের গুরুত্ব বর্ণনা কর।

অষ্টম অধ্যায়
ওয়াইন্ডিং সামগ্রী

৮.১। ওয়াইন্ডিং সামগ্রীর তালিকা

ওয়াইন্ডিং শব্দের আভিধানিক অর্থ জড়ানো, প্যাঁচানো বা মোড়ানো। বৈদ্যুতিক মেশিন, যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদির বিভিন্ন অংশে সুনির্দিষ্ট নিয়ম অনুযায়ী বৈদ্যুতিক তার বা তারের কয়েল জড়ানো বা জড়ানো কয়েল স্থাপন করে তাদের প্রান্তসমূহকে নির্ধারিত নিয়মে সুষ্ঠুভাবে সংযোগ করার সম্পূর্ণ কাজকে ইলেকট্রিক্যাল ওয়াইন্ডিং বলা হয়।

ওয়াইন্ডিং সামগ্রী বলতে সাধারণত ওয়াইন্ডিং কাজে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় টুলস ও সরঞ্জামকে বোঝায়।

ওয়াইন্ডং কাজে ব্যবহৃত সামগ্রীর তালিকা নিম্নে দেওয়া হলো :

১। সুপার এনামেল তার; ২। ইনসুলেটিং শিট ও পেপার; ৩। ইনসুলেটিং টেপ, টিউব ও ক্লথ; ৪। ওয়জ পেপার, ৫। ইনসুলেটিং বার্নিশ, ৬। কয়েল ববিন, ৭। বলপিন হ্যামার, ৮। মেলেট, ৯। হ্যান্ড সিয়ার, ১০। কম্বিনেশন প্লায়ার্স, ১১। কাঁচি, ১২। ওয়াইন্ডিং ড্রিফট, ১৩। স্লট ড্রিফট, ১৪। ছুরি, ১৫। স্ক্রু ড্রাইভার, ১৬। কয়েল সেটার, ১৭। সোল্ডারিং ইউনিট

৮.২। ইনসুলেটিং সামগ্রীর তালিকা

ওয়াইন্ডিং করার পর কয়েলের তারকে কোর, কোরের ধাতব অংশ এবং আর্মেচারের ধাতব অংশ থেকে বৈদ্যুতিকভাবে বিচ্ছিন্ন রাখার জন্য ইনসুলেটিং সামগ্রী ব্যবহার করা হয়। ইনসুলেটিং সামগ্রীর তালিকা নিম্নে দেওয়া হলো–

১। প্রেস বোর্ড; ২। প্রেস পান, ৩। লেদার ওয়েড পেপার, ৪। ফাইবার, ৫। রোপ পেপার, ৬। মাইকা, ৭। মাইকা পেপার, ৮। মাইকা ক্লথ, ৯। অ্যামপিয়ার টেপ, ১০। অ্যামপিয়ার টিউব, ১১। অ্যামপিয়ার ক্লথ, ১২। কটন টেপ, ১৩। সুতা বা লাইলন, ১৪। থিনার, ১৫। পিআইবি টেপ; ১৬। গ্লাস টেপ; ১৭। লিনেন টেপ; ১৮। বার্নিশ; ১৯। ক্যাবল ক্লিপ

৮.৩। প্রয়োজনীয় তারের তালিকা

মোটর ওয়াইন্ডিং-এর জন্য ০.০৫ মিমি হতে ২.০০ মিমি পর্যন্ত সাইজের তার ব্যবহার করা হয়। নিচে ওয়াইন্ডিং কাজে ব্যবহৃত তারের সাইজ ও কারেন্ট বহন ক্ষমতা উল্লেখ করা হলো–

তারের ব্যাস (d) মিমি	প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A (বর্গ মিমি)	প্রতি মিটারের ওজন ((w) (গ্রাম/ মিটার)	সর্বোচ্চ কারেন্ট (S= 2.65A/ মিমি) (mA)
0.05	20×10^{-4}	0.019	5
0.06	28×10^{-4}	0.027	7
0.07	39×10^{-4}	0.037	10
0.08	50×10^{-4}	0.048	13
0.09	64×10^{-4}	0.060	16
0.10	79×10^{-4}	0.074	20
0.11	95×10^{-4}	0.085	24
0.12	113×10^{-4}	0.105	29
0.13	133×10^{-4}	0.120	34
0.14	154×10^{-4}	0.143	39
0.15	177×10^{-4}	0.164	45
0.16	211×10^{-4}	0.186	51
0.17	227×10^{-4}	0.210	58
0.18	254×10^{-4}	0.253	65
0.19	284×10^{-4}	0.260	72
0.20	314×10^{-4}	0.289	80
0.21	346×10^{-4}	0.330	88
0.22	38×10^{-3}	0.350	97
0.23	42×10^{-3}	0.390	106
0.24	45×10^{-3}	0.425	116
0.25	49×10^{-3}	0.460	125
0.26	53×10^{-3}	0.495	135
0.27	57×10^{-3}	0.533	145
0.28	62×10^{-3}	0.571	157
0.29	66×10^{-3}	0.612	168
0.30	71×10^{-3}	0.645	190
0.31	75×10^{-3}	0.694	192
0.32	80×10^{-3}	0.740	205
0.33	86×10^{-3}	0.786	218
0.34	91×10^{-3}	0.835	231
0.35	96×10^{-3}	0.890	245
0.36	102×10^{-3}	0.940	259
0.37	108×10^{-3}	0.994	274
0.38	113×10^{-3}	1.046	289
0.39	120×10^{-3}	1.102	308
0.40	126×10^{-3}	1.106	320

২০২০

0.41	132×10^{-3}	1.220	336
0.42	139×10^{-3}	1.278	353
0.43	145×10^{-3}	1.342	370
0.44	152×10^{-3}	1.405	387
0.45	159×10^{-3}	1.480	405
0.46	166×10^{-3}	1.540	423
0.47	173×10^{-3}	1.610	442
0.48	181×10^{-3}	1.680	461
0.49	189×10^{-3}	1.750	480
0.50	193×10^{-3}	1.830	500
0.51	204×10^{-3}	1.900	520
0.52	212×10^{-3}	1.970	541
0.53	221×10^{-3}	2.043	562
0.54	229×10^{-3}	2.118	583
0.55	238×10^{-3}	2.200	603
0.56	246×10^{-3}	2.275	627
0.57	255×10^{-3}	2.355	650
0.58	264×10^{-3}	2.455	673
0.59	273×10^{-3}	2.530	696
0.60	283×10^{-3}	2.620	720
0.65	334×10^{-3}	2.970	845
0.70	385×10^{-3}	3.43	980
0.75	444×10^{-3}	3.95	1125
0.80	504×10^{-3}	4.480	1280
0.85	570×10^{-3}	5.07	1445
0.90	636×10^{-3}	5.66	1620
0.95	711×10^{-3}	6.34	1805
1.00	786×10^{-3}	7.00	2000
1.10	951×10^{-3}	8.49	2420
1.20	1131×10^{-3}	10.09	2880
1.30	1329×10^{-3}	11.81	3380
1.40	1540×10^{-3}	13.70	3920
1.50	1770×10^{-3}	15.75	4500
1.60	2015×10^{-3}	17.91	5120
1.70	2275×10^{-3}	20.20	5780
1.75	3265×10^{-3}	20.50	6125
1.80	2445×10^{-3}	22.65	6480
1.90	2840×10^{-3}	25.15	7220
2.00	3142×10^{-3}	28.00	8000

৮.৪ । ওয়াইন্ডিং করার প্রয়োজনীয়তা

১ । বৈদ্যুতিক মেশিন যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামে কাঙ্ক্ষিত শক্তি উৎপাদন করা এবং শক্তি ব্যবহার করে প্রয়োজনীয় কাজ করার জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

২ । জেনারেটর ও মোটরের ফিল্ডে প্রয়োজনীয় চুম্বক শক্তি উৎপন্ন করা, রিলে ও মিটারে প্রয়োজনীয় চুম্বক শক্তি উৎপন্ন করা, কন্টাক্টর, টাইমার ও লিফটিং ম্যাগনেটে চুম্বক শক্তি উৎপন্ন করার জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

৩ । বৈদ্যুতিক ট্রান্সফরমারে এক সার্কিট হতে অন্য সার্কিটে বিদ্যুৎ শক্তি স্থানান্তরের জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

৪ । বৈদ্যুতিক জেনারেটরের আর্মেচারে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করার জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

৫ । মোটরের আর্মেচার ও রোটরে প্রয়োজনীয় শক্তি উৎপন্ন করার জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

৬ । শক্তি উৎপাদনকারী ও নিয়ন্ত্রণকারী সরঞ্জামে প্রয়োজনীয় শক্তি উৎপাদন করার জন্য ওয়াইন্ডিং করা প্রয়োজন ।

৮.৫ । বার্নিশের প্রয়োজনীয়তা : ওয়াইন্ডিং কাজে কয়েল স্থাপনের পর কয়েলগুলি বার্নিশ করা হয় । বার্নিশের প্রয়োজনীয়তা নিম্নে দেওয়া হলো–

১ । মেকানিক্যাল শক্তি বৃদ্ধি করা : বার্নিশ করার ফলে কয়েলের তারগুলো পরস্পরের সাথে শক্তভাবে আটকে থাকে । ফলে আর্মেচার বা রোটরের ঘূর্ণনের কারণে স্লট থেকে কয়েল খুলে আসতে পারে না ।

২ । ইলেকট্রিক্যাল শক্তি বৃদ্ধি করা : বার্নিশে ব্যবহৃত রজন বা শ্যালক জাতীয় পদার্থ অপরিবাহী বলে বার্নিশ করার ফলে কয়েলের কন্ডাক্টরগুলির মধ্যে ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় ।

৩ । তাপীয় বা থার্মাল পরিবাহিতা বৃদ্ধি করা : বার্নিশ করার ফলে তারের মধ্যস্থ ফাঁকগুলি বার্নিশ দ্বারা পূর্ণ হয়ে যায় এবং তারগুলোর স্পর্শ এলাকা বৃদ্ধি পায় । ফলে তাপ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং কারেন্ট প্রবাহের ফলে তাতে উৎপন্ন তাপ দ্রুত তার থেকে সরে যেতে পারে । এতে মেশিন ও যন্ত্রপাতি চলার সময় কম উত্তপ্ত হয় ।

৪ । রাসায়নিক ও প্রাকৃতিক প্রভাব প্রতিরোধ ক্ষমতা বৃদ্ধি করা : বার্নিশ কয়েলের তারের উপর একটি হালকা আবরণ সৃষ্টি করে । ফলে বাতাসের আর্দ্রতা ও ক্ষতিকারক গ্যাসের প্রভাব, এসিড, পানি, ধূলিকণা ও ব্যাকটেরিয়ার প্রভাব এবং ক্ষতিকারক পোকামাকড়ের আক্রমণ থেকে কয়েল রক্ষা পায় ।

৮.৬ । হিট ট্রিটমেন্টের গুরুত্ব

ওয়াইন্ডিং বার্নিশ করার পূর্বে ও পরে কয়েলকে উপযুক্ত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা এবং বার্নিশের জলীয় অংশ দূর করে শুকানোকে হিট ট্রিটমেন্ট বলে । হিট ট্রিটমেন্টের গুরুত্ব নিম্নে দেওয়া হলো–

১ । বার্নিশ লাগানোর পূর্বে হিট ট্রিটমেন্ট (70^0-100^0) এর মাধ্যমে কয়েলে ও কয়েলের চারপাশের জলীয় আর্দ্রতা দূর হয় বলে বার্নিশ তারের গায়ে ভালোভাবে আটকায় ।

২ । উপযুক্ত তাপমাত্রায় (40^0-50^0 সেলসিয়াস) বার্নিশ করা হলে তারের সকল ফাঁকা স্থানে বার্নিশ পৌঁছায় । ফলে তারের মাঝে কোনো ফাঁকফোকর থাকে না বিধায় বৈদ্যুতিক শক্তি ও যান্ত্রিক শক্তি ভালো হয় ।

৩ । উপযুক্ত তাপমাত্রায় ($70\ ^0$-80^0) সেলসিয়াস তাপমাত্রায় দুই ঘণ্টা এবং (120^0-130^0) সেলসিয়াস তাপমাত্রায় ছয় থেকে আট ঘণ্টা) বেসিং করা হলে বার্নিশের উপাদানগুলি সঠিক বন্ডিং-এর মাধ্যমে জমাট বাঁধে বলে মেকানিক্যাল শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং কেমিক্যাল শক্তি উন্নতমানের হয় ।

উপযুক্ত হিট ট্রিটমেন্টের মাধ্যমে বার্নিশ প্রয়োগ ও বেকিং করা হলে ওয়াইন্ডিং-এর গুণগত মান ভালো হয়, দীর্ঘস্থায়ী হয় এবং কর্মক্ষমতা বৃদ্ধি পায় ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওয়াইন্ডিং কাকে বলে?

২। বার্নিশ কী?

৩। ওয়াইন্ডিং কাজে হিট ট্রিটমেন্ট কী?

৪। ৩টি ইনসুলেটিং সামগ্রীর নাম লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ৫টি ওয়াইন্ডিং সামগ্রীর নাম লিখ।

২। ৫টি ইনসুলেটিং সামগ্রীর নাম লিখ।

৩। ওয়াইন্ডিং-এর ইলেকট্রিক্যাল শক্তি কীভাবে বৃদ্ধি করা যায়?

৪। ওয়াইন্ডিং-এর থার্মাল পরিবাহিতা বৃদ্ধি করার জন্য কী ব্যবস্থা নিতে হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ওয়াইন্ডিং করার প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

২। ওয়াইন্ডিং কাজে বার্নিশের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

৩। ওয়াইন্ডিং কাজে হিট ট্রিটমেন্ট-এর গুরুত্ব আলোচনা কর।

ডিসি মেশিন
নবম অধ্যায়
ডিসি জেনারেটর

৯.১১। ডিসি জেনারেটর

জেনারেটর : বৈদ্যুতিক জেনারেটর এমন একটি মেশিন যার সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। এই রূপান্তর করার কাজে প্রয়োজন একটি চুম্বক ক্ষেত্র এবং একটি আর্মেচার। আর্মেচারের উপরিভাগে পরিবাহী কয়েল আকারে বসানো থাকে এবং এটাকে একটি মেশিনের সাহায্যে চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয়। ফলে আর্মেচারে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়।

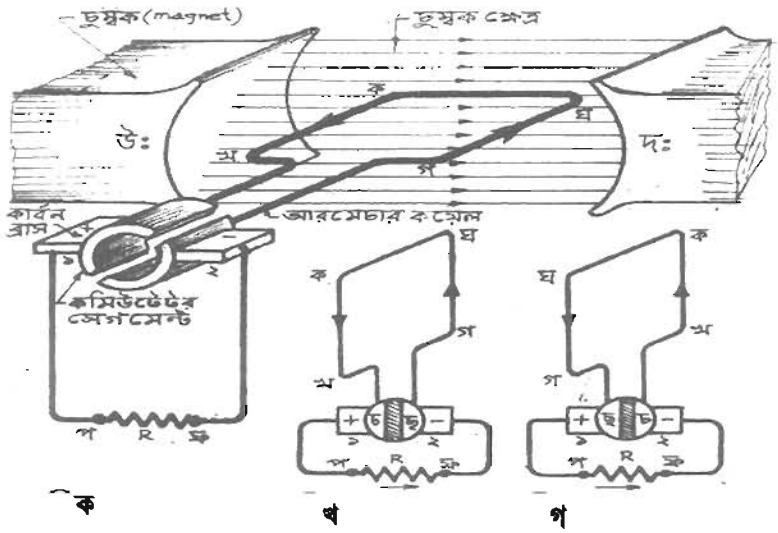
বৈদ্যুতিক জেনারেটরের সাহায্যে কৌশলগত কিছু পরিবর্তনের মাধ্যমে এসি ও ডিসি এই দুই ধরনের বিদ্যুৎ শক্তিই উৎপন্ন করা যায়। বৈদ্যুতিক জেনারেটরকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) ডিসি জেনারেটর, (খ) এসি জেনারেটর।

ডিসি জেনারেটরের সংজ্ঞা : যে যন্ত্র বা মেশিনের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে ডিসি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয়, তাকে ডিসি জেনারেটর বলে। এর অপর নাম ডায়নামো। ডিসি জেনারেটরকে ইঞ্জিন, টারবাইন অথবা অন্য কোনো উপায়ে প্রাপ্ত যান্ত্রিক শক্তির সাহায্যে ঘুরানো হলে এতে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। যে যন্ত্র বা মেশিনের সাহায্যে জেনারেটরকে ঘুরানো হয় তাকে প্রাইম মুভার বলে।

৯.২। মৌলিক ডিসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি :

চিত্রে একটি মৌলিক ডিসি জেনারেটরের গঠন দেখানো হলো–



চিত্র : একটি মৌলিক ডিসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি

২০২০

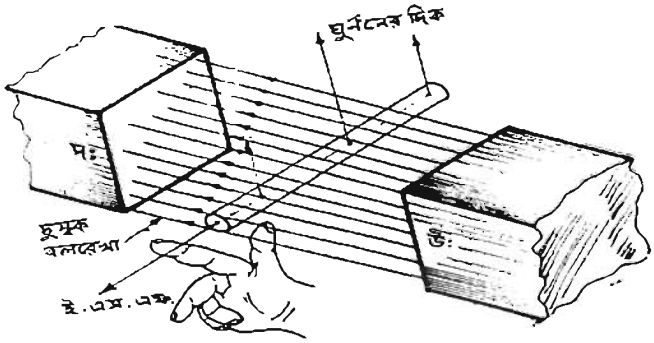
এখানে উত্তর (N) এবং দক্ষিণ (S) দুইটি চুম্বক মেরুর মাঝখানে একটি আয়তাকার কয়েল এমনভাবে স্থাপন করা হয়েছে যেন ইহাকে মেরু দুইটির মধ্যে ঘুরানো যায়। কয়েলের দুইটি প্রান্ত একটি কমিউটেটরের দুইটি সেগমেন্টের সাথে সংযোগ করা আছে এবং এই সেগমেন্টগুলি দুইটি কার্বন ব্রাশের সাথে আলাদা আলাদাভাবে স্পর্শ করে। কমিউটেটরসহ কয়েলটি ঘুরানো হয় এবং চুম্বক মেরু ও ব্রাশ স্থির থাকে।
মনে করি, কয়েলটি ডানাবর্তে ঘুরছে। কয়েলটি চুম্বক ক্ষেত্রে সর্বদা স্থান পরিবর্তন করছে বলে এর দ্বারা চৌম্বক বলরেখার কর্তনের হার পরিবর্তন হচ্ছে। ফলে কয়েলে ভোল্টেজ উৎপন্ন হচ্ছে। এভাবে উৎপাদিত ভোল্টেজের পরিমাণ কয়েল দ্বারা বলরেখা কর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।
প্রথম অর্ধঘূর্ণনে কয়েলের বিদ্যুৎ প্রবাহ কখপফগঘক পথে প্রবাহিত হয় (চিত্র নং খ)। অর্থাৎ ১নং কার্বন ব্রাশ কমিউটেটরের "চ" সেগমেন্টকে স্পর্শ করে সরবরাহের সাথে পজেটিভ প্রান্ত হিসাবে এবং ২নং কার্বন ব্রাশ কমিউটেটরের 'ছ' সেগমেন্টকে স্পর্শ করে সরবরাহের নেগেটিভ প্রান্ত হিসাবে গণ্য হয়।

২য় অর্ধ ঘূর্ণনে কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘগপফখকঘ পথে প্রবাহিত হয় (চিত্র গ)। এই অবস্থায় কমিউটেটরের সেগমেন্ট ২টি পরস্পর স্থান পরিবর্তন করে 'চ' ও 'ছ' সেগমেন্ট যথাক্রমে ২ নং ও ১ নং কার্বন ব্রাশকে স্পর্শ করে। অর্থাৎ ১নং ব্রাশ 'ছ' সেগমেন্টকে স্পর্শ করে সরবরাহের পজেটিভ প্রান্ত হিসাবে এবং ২ নং ব্রাশ 'চ' সেগমেন্টকে স্পর্শ করে সরবরাহের নেগেটিভ প্রান্ত হিসাবে গণ্য হয়। সুতরাং উভয় ক্ষেত্রেই লোড R এর ভিতর দিয়ে 'প' থেকে 'ফ' এর দিকে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এটাই ডিসি।

৯.৩। ফ্লেমিং-এর ডান হাতি নিয়ম

বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশের মাধ্যমে ডিসি জেনারেটরে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। লেনজের সূত্র অনুসারে এই ভোল্টেজের দিক এমন হয় যে তা দ্বারা সৃষ্ট কারেন্ট ফ্লাক্সের পরিবর্তনকে বাধা দেয়। লেনজের সূত্র ব্যবহার করে জেনারেটরে উৎপন্ন ভোল্টেজের দিক নির্ণয় করা বেশ কঠিন। তাই জেনারেটরে উৎপন্ন ভোল্টেজের দিক নির্ণয় করার জন্য ফ্লেমিং-এর ডান হাতি নিয়ম ব্যবহার করা হয়।

নিয়মটি নিম্নরূপ



চিত্র : ফ্লেমিং-এর ডান হাতি নিয়ম

ডান হাতের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী এবং মধ্যমা পরস্পরের সাথে সমকোণে প্রসারিত করলে যদি তর্জনী চুম্বক বলরেখার দিক এবং বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহী তারের ঘূর্ণনের দিক নির্দেশ করে, তাহলে মধ্যমা উৎপাদিত ভোল্টেজের দিক নির্দেশ করবে।

৯.৪। ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের নাম

ডিসি জেনারেটরের প্রধান প্রধান অংশগুলি নিম্নরূপ

(১) ইয়োক বা ফ্রেম : জেনারেটরের সর্ব বাইরের অংশ। এটা ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি।

(২) সাইড কভার বা এন্ড শিল্ড : ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি। বোল্টের সাহায্যে এটাকে ইয়কের সঙ্গে আটকানো হয়।

(৩) পোল কোর : পোল কোর ইস্পাতের তৈরি। পাতলা ইস্পাতের শিট হতে স্ট্যাম্পিং করে তৈরি করা এবং বার্নিশ দিয়ে পরস্পরকে বৈদ্যুতিকভাবে অপরিবাহী করা হয়।

(৪) ফীল্ড কয়েল : পোল কোরের উপর সুপার এনামেলে তারের কয়েল বসিয়ে ফিল্ড কয়েল তৈরি করা হয়। এটি জেনারেটরের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ।

(৫) আর্মেচার শ্যাফট : এটি আর্মেচার কোরের কেন্দ্রে স্থাপিত একটি স্টিলের রড। এ শ্যাফটের উপর আর্মেচার কোর বসানো থাকে।

(৬) আর্মেচার কোর : এর আকৃতি অনেকটা দাঁত কাটা চাকার মতো। পাতলা সিলিকন স্টিলের সিট কেটে আর্মেচার কোর তৈরি করা হয়। সিটগুলোকে ভালোভাবে বার্নিশ দিয়ে বৈদ্যুতিকভাবে ইনসুলেট করা হয়।

(৭) কমিউটেটর : এটি অনেকগুলি পৃথক সেগমেন্ট বা খণ্ডের সমন্বয়ে গঠিত রিং বিশেষ। একটি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি রিংয়ের উপর তামার তৈরি সেগমেন্টগুলোকে শক্ত করে বসানো হয়। আর্মেচারের সংগে একই শ্যাফটে কমিউটেটর বসানো থাকে।

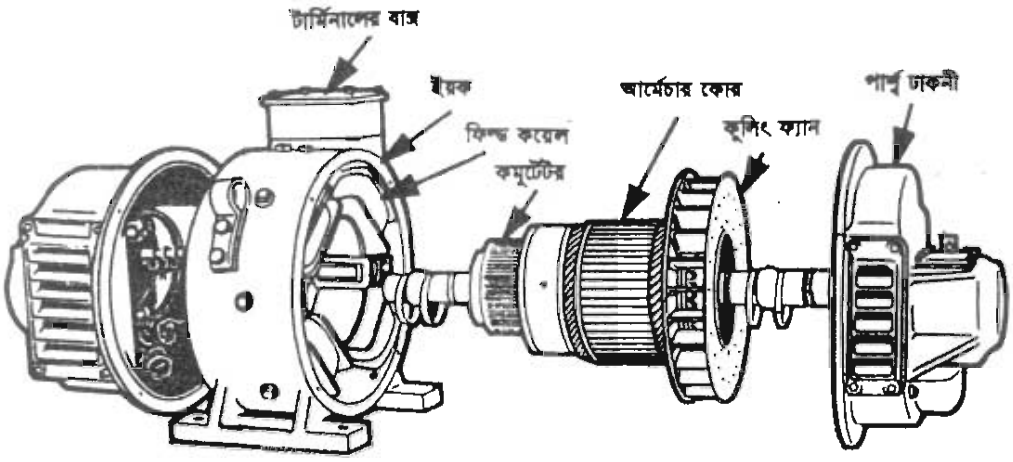
(৮) ব্রাশ : এটি কার্বনের তৈরি। ব্রাশ সাধারণত চৌকোণা আকৃতির হয়ে থাকে। ছোট ছোট মেশিনে পেন্সিলের মতো গোল ব্রাশও ব্যবহৃত হয়।

(৯) ব্রাশ হোল্ডার : ব্রাশ হোল্ডার মূলত কার্বন ব্রাশকে নির্দিষ্ট স্থানে আটকে রাখে। এটি তামা বা ইস্পাতের তৈরি। ব্রাশকে কমিউটেটরের উপর চাপ দিয়ে বসিয়ে রাখার জন্য এতে একটি স্প্রিং ব্যবহার করা হয়।

(১০) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং : জেনারেটরের আর্মেচার কোরের স্লটে যেসব এনামেল তারের কয়েল বসানো হয় তাকে আর্মেচার ওয়াইন্ডিং বলে। ওয়াইন্ডিং বলতে এসব কয়েলের স্থাপন, তাদের মধ্যে সংযোগ ও কমিউটেটরের সাথে সংযোগকে বোঝায়।

(১১) বিয়ারিং : মেশিনের দু'দিকে দুইটি বিয়ারিং-এর সাহায্যে আর্মেচার শ্যাফটকে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে শ্যাফটি নির্দিষ্ট অক্ষের উপর সহজে ঘুরতে পারে।

পরের পৃষ্ঠায় চিত্রে ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো :



চিত্র : ডিসি জেনারেটরের প্রধান প্রধান অংশ

৯.৫। ডিসি জেনারেটরে আর্মেচারের কাজ

ডিসি জেনারেটরের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ হলো আর্মেচার। একে জেনারেটরের ঘুরন্ত অংশ বলা হয়। আর্মেচার কোর, আর্মেটার শ্যাফট, হাব, কমিউটেটর ও ওয়াইন্ডিং সমন্বয়ে গঠিত ঘুরন্ত অংশ আর্মেচারের অন্তর্ভুক্ত। আর্মেচারটি যখন চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরে তখন তার ওয়াইন্ডিং চুম্বক বলরেখা কর্তন করে। ফলে ফেরাডের ইলেকট্রো ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের সূত্র অনুসারে তাতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন ভোল্টেজ চুম্বক বলরেখার কর্তনের হারের উপর নির্ভরশীল।

৯.৬। ডিসি জেনারেটরে ব্রাশ ও কমিউটেটরের কাজ

জেনারেটরের আর্মেচারে উৎপন্ন ভোল্টেজ সর্বদাই এসি। ডিসি জেনারেটরের ঘুরন্ত আর্মেচার কয়েলে উৎপন্ন পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহ (এসি) কে অনুবর্তী তড়িৎ প্রবাহ বা ডিসিতে পরিণত করাই কমিউটেটরের কাজ এবং কমিউটেটর হতে বাইরের সার্কিটে কারেন্ট সরবরাহ করাই এখানে ব্রাশের কাজ।

অনেকগুলি সেগমেন্ট বা খণ্ডের সমন্বয়ে গঠিত কমিউটেটরের বিভিন্ন অংশ আর্মেচারের বিভিন্ন কয়েলের প্রান্তে সংযুক্ত থাকে এবং আর্মেচারের সাথে কমিউটেটরও ঘুরে। কমিউটেটরের উপর কার্বনের তৈরি ব্রাশ স্থির অবস্থায় থাকে। ফলে তার সাথে কমিউটেটর সেগমেন্টের সংযোগের পরিবর্তন ঘটে। ব্রাশকে এমন স্থানে স্থাপন করা হয় যাতে ওয়াইন্ডিং এ উৎপাদিত ভোল্টেজের দিক পরিবর্তনের সাথে সাথে ব্রাশের সঙ্গে কমিউটেটরের সংযোগেরও পরিবর্তন হয়। কমিউটেটরে ব্রাশের এই সংযোগের পরিবর্তনের ফলেই জেনারেটর হতে লোডে যে সরবরাহ পাওয়া যায় তা ডিসি ভোল্টেজ।

৯.৭। ডিসি জেনারেটরের শ্রেণিবিভাগ

চুম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টির পদ্ধতি অনুযায়ী ডিসি জেনারেটর তিন প্রকার। যথা–
(ক) ম্যাগনেটো জেনারেটর
(খ) সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর
(গ) সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর

আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েলের সংযোগের পদ্ধতি অনুযায়ী সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর তিন প্রকার। যথা–
(ক) সান্ট জেনারেটর
(খ) সিরিজ জেনারেটর
(গ) কম্পাউন্ড জেনারেটর

সিরিজ ও প্যারালাল ফিল্ড কয়েলের সংযোগ অনুযায়ী কম্পাউন্ড জেনারেটর দুই প্রকার। যথা
(ক) শর্ট সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেটর
(খ) লং সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেটর

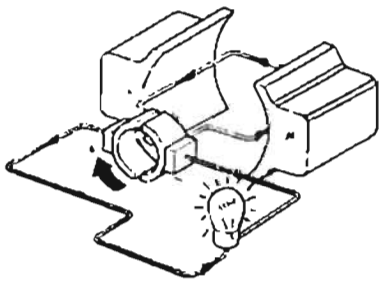
সান্ট ফিল্ড ও সিরিজ ফিল্ডে চুম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টির সম্পর্ক অনুযায়ী কম্পাউন্ড জেনারেটর আবার দুই প্রকার। যথা–

(ক) ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউন্ড জেনারেটর, (খ) কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড জেনারেটর।

নো-লোড ও ফুল লোড ভোল্টেজের অবস্থা অনুযায়ী কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড জেনারেটর তিন প্রকার। যথা–
(ক) ফ্লাট কম্পাউন্ড জেনারেটর, (খ) ওভার কম্পাউন্ড জেনারেটর, (গ) আন্ডার কম্পাউন্ড জেনারেটর।

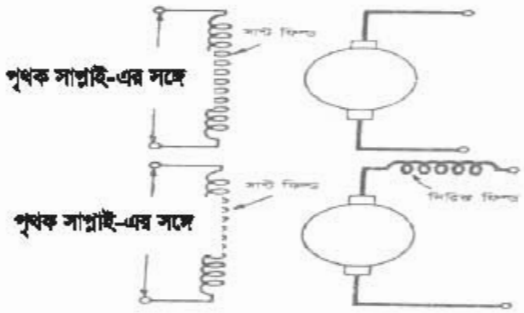
৯.৮। বিভিন্ন প্রকার ডিসি জেনারেটরের সংজ্ঞা :

ম্যাগনেটো জেনারেটর : এই জেনারেটরে স্থায়ী চুম্বক ব্যবহার করা হয়। এতে ফিল্ড কোর ও কোনো ফিল্ড কয়েল নাই।
খুব ছোট আকারের ডায়নামো যা অয়েল ইঞ্জিন, গ্যাস ইঞ্জিন ও মোটর গাড়ির ইঞ্জিনে আগুনের ফুলকি তৈরি করতে এবং সাইকেলে আলো জ্বালাতে ব্যবহার করা হয়।



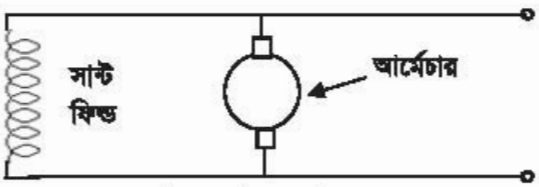
চিত্র : ম্যাগনেটো জেনারেটর

সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর : এই জেনারেটরের ফিল্ড কয়েলকে বাইরের উৎস থেকে ডিসি সাপ্লাই দেওয়া হয়। এটি সাধারণত ডিজেল-ইলেকট্রিক দ্বারা পরিচালিত রেল ইঞ্জিন ও বুস্টার জেনারেটরে ব্যবহৃত হয়।



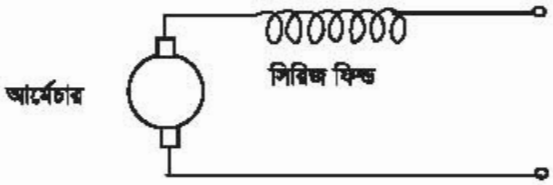
সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর : এতে জেনারেটরের নিজস্ব উৎপাদিত ভোল্টেজ থেকে ফিল্ড কয়েলে সাপ্লাই দেওয়া হয়। এই ধরনের জেনারেটর সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়।

সান্ট জেনারেটর : এই জেনারেটরে ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে।



চিত্র : সান্ট জেনারেটর

সিরিজ জেনারেটর : এই জেনারেটরে ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে।



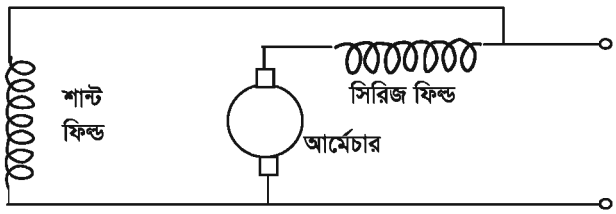
চিত্র : সিরিজ জেনারেটর

কম্পাউন্ড জেনারেটর : এই জেনারেটরে ফিল্ডের প্রতি পোলে ২টি করে কয়েল থাকে যার একটি আর্মেচারের সাথে সিরিজে এবং আর একটি আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। প্যারালালে সংযুক্ত ফিল্ডকে সান্ট ফিল্ড এবং সিরিজে সংযুক্ত ফিল্ডকে সিরিজ ফিল্ড বলে।

শর্ট সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেটর : এতে সান্ট ফিল্ড আর্মেচারের সাথে প্যারালালে এবং সিরিজ ফিল্ড লোডের সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে ।

চিত্র : শর্ট সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেটর

**** লং সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এত সিরিজ ফিল্ড আর্মেচারের সাথে সিরিজে এবং সান্ট ফিল্ড লোডের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে ।



চিত্র : লং সান্ট কম্পাউন্ড জেনারেট

**** ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এতে সিরিজ ফিল্ড সান্ট ফিল্ডকে বাধা দেয় ।

**** কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এতে সিরিজ ফিল্ড সান্ট ফিল্ডের সহায়ক হয় ।

**** ফ্লাট কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এতে নো-লোড ভোল্টেজ ও ফুল লোড ভোল্টেজ সমান থাকে ।

**** ওভার কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এতে ফুল লোড ভোল্টেজ নো-লোড ভোল্টেজের চেয়ে বেশী হয় ।

**** আন্ডার কম্পাউন্ড জেনারেটর :** এতে ফুল লোড ভোল্টেজ নো-লোড ভোল্টেজের চেয়ে কম হয় ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। জেনারেটর কাকে বলে?

২। জেনারেটর কত প্রকার ও কী কী?

৩। জেনারেটরে উৎপন্ন ভোল্টেজের দিক নির্ণয় করার জন্য কোন নিয়ম ব্যবহার করা হয়?

৪। ডিসি জেনারেটরের প্রধান দুটি অংশের নাম লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডিসি জেনারেটর কাকে বলে? ডিসি জেনারেটরের অপর নাম কী?

২। ফ্লেমিং-এর ডান হাতি নিয়মটি বর্ণনা কর।

৩। ডিসি জেনারেটরে আর্মেচারের কাজ কী?

৪। ডিসি জেনারেটরে ব্রাশের কাজ কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। একটি মৌলিক ডিসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। একটি ডিসি জেনারেটরের ফিল্ড, আর্মেচার, ব্রাশ ও কমিউটেটরের কাজ বর্ণনা কর।

৩। ডিসি জেনারেটর কত প্রকার ও কী কী?

দশম অধ্যায়
ডিসি মোটর

১০.১। ডিসি মোটর

মোটর এক প্রকার মেশিন যার সাহায্যে বিদ্যুৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। মোটর এসি এবং ডিসি এই দুই প্রকার বিদ্যুৎ শক্তির সাহায্যেই চলে। সুতরাং যে মেশিন বা যন্ত্রের সাহায্যে ডিসি বিদ্যুৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়, তাকে ডিসি মোটর বলে। এর ইনপুট ডিসি বিদ্যুৎ শক্তি এবং আইটপুট যান্ত্রিক শক্তি।

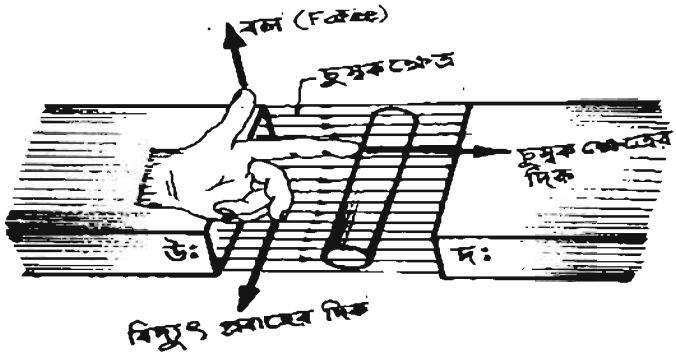
ডিসি মোটর ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে গঠনগত কোনো পাথর্ক্য নেই। একই যন্ত্রকে জেনারেটর এবং মোটর হিসাবে ব্যবহার করা যায়। ডিসি জেনারেটরের কার্বন ব্রাশ থেকে বাইরে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া হয় এবং ডিসি মোটরের ক্ষেত্রে ব্রাশের মাধ্যমে বাইরে থেকে সরবরাহ দেওয়া হয়।

১০.২। ডিসি মোটরের ব্যাক ইএমএফ

ডিসি মোটরের ফিল্ড এবং আর্মেচার দুটিতেই বিদ্যুৎ সাপ্লাই দিতে হয়। ফিল্ডে উৎপন্ন ফ্লাক্স এবং আর্মেচারে উৎপন্ন ফ্লাক্সের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ায় (Interaction) রোটর ঘুরে অর্থাৎ আর্মেচার ঘুরে।মোটর ঘুরতে আরম্ভ করলে আর্মেচার কন্ডাক্টর তার নিজস্ব ফ্লাক্সকে কর্তন করে। ফলে তাতে আরেকটি ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। লেঞ্জের সূত্রানুসারে, এই ভোল্টেজের দিক আর্মেচারে সরবরাহকৃত ভোল্টেজের বিপরীত অর্থাৎ এই ভোল্টেজ আর্মেচারে সরবরাহকৃত ভোল্টেজকে বাধা দেয়। এইভাবে উৎপন্ন ভোল্টেজকে ব্যাক ইএমএফ বলে। মোটর স্থির অবস্থায় তার ব্যাক ইএমএফ শূন্য থাকে।

১০.৩। ফ্লেমিং এর বাম হাতি নিয়ম

মোটরের ঘূর্ণনের দিক নির্ণয় করার জন্য ফ্লেমিং একটি নিয়ম বা পদ্ধতি উদ্ভাবন করেছেন, এই নিয়মকে ফ্লেমিং-এর বাম হাতি নিয়ম বলা হয়। ফ্লেমিং-এর বাম হাতি নিয়মটি নিম্নরূপ–



চিত্র : ফ্লেমিং-এর বাম হাতি নিয়ম

২০২০

বাম হাতের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী এবং মধ্যমাকে পরস্পরের সাথে সমকোণে প্রসারিত করলে যদি তর্জনী চুম্বক বলরেখার দিক এবং মধ্যমা পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে, বৃদ্ধাঙ্গুলি মোটরের ঘূর্ণনের দিক নির্দেশ করবে।

১০.৪। ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশের নাম

ডিসি মোটর বিভিন্ন অংশ নিয়ে গঠিত। ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশগুলি নিম্নে বর্ণনা করা হলঃ

(১) ইয়োক বা ফ্রেম : এটি জেনারেটরের সবচেয়ে বাইরের অংশ। এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি।

(২) সাইড কভার বা এন্ড শিল্ড : এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি। বোল্টের সাহায্যে এটাকে ইয়কের সঙ্গে আটকানো হয়।

(৩) পোল কোর : পোল কোর ইস্পাতের তৈরি। পাতলা ইস্পাতের শিট হতে স্ট্যাম্পিং করে তৈরি করা এবং বার্নিশ দিয়ে পরস্পরকে বৈদ্যুতিকভাবে অপরিবাহী করা হয়।

(৪) ফিল্ড কয়েল : পোল কোরের উপর সুপার এনামেল তারের কয়েল বসিয়ে ফিল্ড কয়েল তৈরি করা হয়। এটি জেনারেটরের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ।

(৫) আর্মেচার শ্যাফট : এটি আর্মেচার কোরের কেন্দ্রে স্থাপিত একটি স্টিলের রড। এই শ্যাফটের উপর আর্মেচার কোর বসানো থাকে।

(৬) আর্মেচার কোর : এর আকৃতি অনেকাট দাঁত কাটা চাকার মত। পাতলা সিলিকন স্টিলের শিট কেটে আর্মেচার কোর তৈরি করা হয়। শিটগুলিকে ভালোভাবে বার্নিশ দিয়ে বৈদ্যুতিকভাবে ইনসুলেট করা হয়।

(৭) কমিউটেটর : এটি অনেকগুলি পৃথক সেগমেন্ট বা খণ্ডের সমন্বয়ে গঠিত রিং বিশেষ। একটি বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তৈরি রিংয়ের উপর তামার তৈরি সেগমেন্টগুলিকে শক্ত করে বসানো হয়। আর্মেচারের সঙ্গে একই শ্যাফটে কমিউটেটর বসানো থাকে।

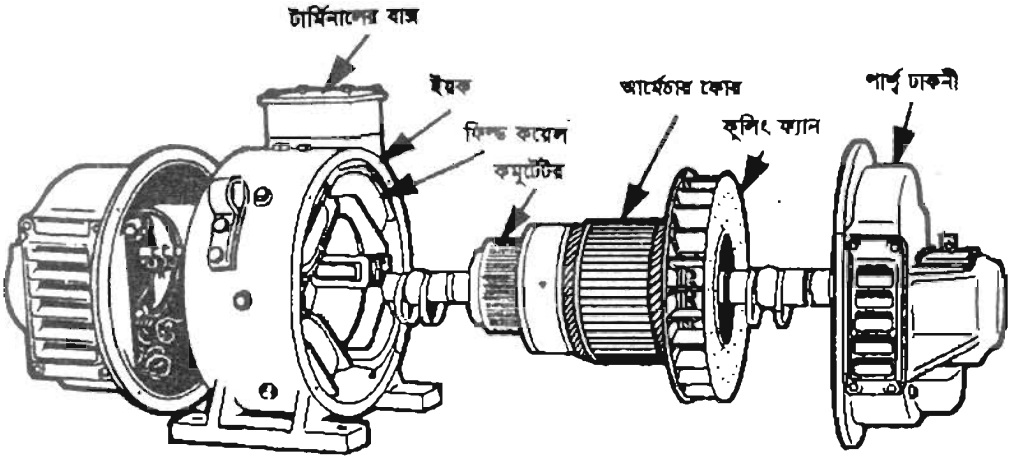
(৮) ব্রাশ : এটি কার্বনের তৈরি। ব্রাশ সাধারণত চৌকোণা আকৃতির হয়ে থাকে। ছোট ছোট মেশিনে পেন্সিলের মতো গোল ব্রাশও ব্যবহৃত হয়।

(৯) ব্রাশ হোল্ডার : ব্রাশ হোল্ডার মূলত কার্বন ব্রাশকে নির্দিষ্ট স্থানে আটকে রাখে। এটি তামা বা ইস্পাতের তৈরি। ব্রাশকে কমিউটেটরের উপর চাপ দিয়ে বসিয়ে রাখার জন্য এতে একটি স্প্রিং ব্যবহার করা হয়।

(১০) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং : জেনাটরের আর্মেচার কোরের স্লটে যেসব এনামেল তারের কয়েল বসানো হয় তাকে আর্মেচার ওয়াইন্ডিং বলে। ওয়াইন্ডিং বলতে এসব কয়েলের স্থাপন, এদের মধ্যে সংযোগ ও কমিউটেটরের সাথে সংযোগকে বোঝায়।

(১১) বিয়ারিং : মেশিনের দুইদিকে দুটি বিয়ারিং-এর সাহায্যে আর্মেচার শ্যাফটকে এমনভাবে আটকানো হয় যাতে শ্যাফটি নির্দিষ্ট অক্ষের উপর সহজে ঘুরতে পারে।

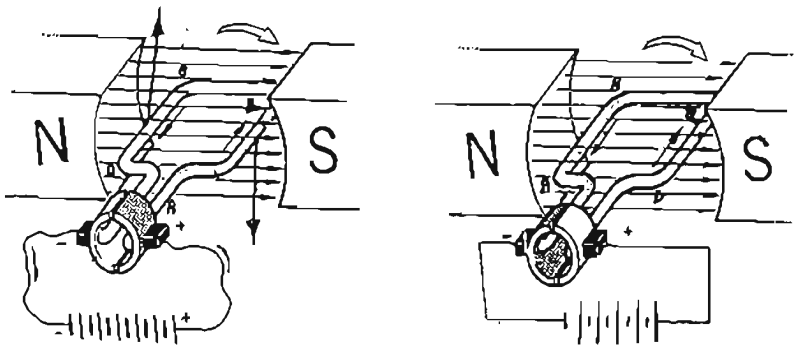
নিচের চিত্রে ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–



চিত্র : ডিসি মোটরের প্রধান প্রধান অংশ

১০.৫। কমিউটেটর ও ব্রাশের কাজ

সব সময় একই দিকে টর্ক উৎপন্ন করার জন্য ডিসি মোটরের আর্মেচার কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক পরিবর্তন করতে হয়। তাই আর্মেচার কন্ডাক্টরে সঠিক সময়ে কারেন্টের দিক পরিবর্তন করার জন্য কমিউটেটর ও ব্রাশ ব্যবহার করা হয়। কয়েলের দুই প্রান্ত কমিউটেটরের দুটি সেগমেন্টে সংযুক্ত থাকে। ফলে যখন এটা এক পোলের কেন্দ্র হতে পরবর্তী পোলের কেন্দ্রে (0^0–180^0) অবস্থান পরিবর্তন করে তখন সাথে সাথে AB ও CD কন্ডাক্টরের কারেন্ট প্রবাহের দিকও পরিবর্তন হয়। কিন্তু কয়েলে কারেন্ট প্রবাহের দিক পূর্বের মতোই ডান ব্রাশ হতে বাম ব্রাশের দিকে থাকে। ফলে ডানাবর্তে টর্ক উৎপন্ন হয় এবং সব সময় একই দিকে হয়।



চিত্র : কমিউটেটর ও ব্রাশের কাজ

২০২০

১০.৬। ডিসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ

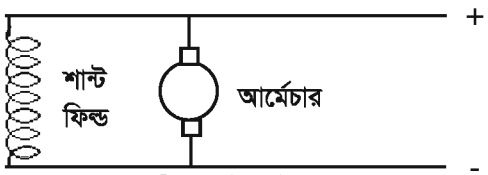
ডিসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ আর্মেচারের সাথে ফিল্ড কয়েলের সংযোগ পদ্ধতির উপর নির্ভর করে। আর্মেচারের সাথে ফিল্ড কয়েলের সংযোগ পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে ডিসি মোটরকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা–

(ক) সিরিজ মোটর, (খ) শান্ট মোটর; (গ) কম্পাউন্ড মোটর।

(ক) সিরিজ মোটর : এটাতে ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে।

চিত্র : সিরিজ মোটর

(খ) শান্ট মোটর : এই মোটরে ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে।

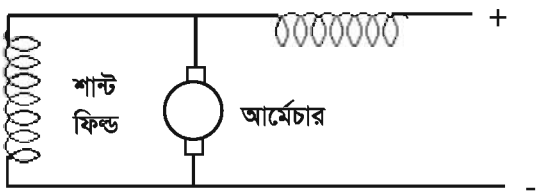


চিত্রঃ শান্ট মোটর

(গ) কম্পাউন্ড মোটর : এই মোটরে ২টি কয়েল থাকে। একটি আর্মেচারের সাথে সিরিজে এবং অন্যটি আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। সিরিজ ও প্যারালাল ফিল্ডের সংযোগ অনুযায়ী কম্পাউন্ড মোটর আবার দুই প্রকার। যথা–

(১) শর্ট শান্ট কম্পাউন্ড মোটর এবং (২) লং শান্ট কম্পাউন্ড মোটর।

শর্ট শান্ট কম্পাউন্ড মোটর : এতে শান্ট ফিল্ডকে আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযোগ করে তার সাথে সিরিজ ফিল্ডকে সিরিজে সংযোগ করা হয়।



চিত্র : শর্ট শান্ট কম্পাউন্ড মোটর

লং শান্ট কম্পাউন্ড মোটর : এতে সিরিজ ফিল্ডকে আর্মেচারের সাথে সিরিজে সংযোগ করে তার সাথে শান্ট ফিল্ডকে প্যারালালে সংযোগ করা হয়।

চিত্র : লং শান্ট কম্পাউন্ড মোটর

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ডিসি মোটর কাকে বলে?

২। ডিসি মোটরের ইনপুটে কোন ধরনের শক্তি দেওয়া হয়?

৩। মোটর স্থির অবস্থায় এর ব্যাক ইএমএফ কত থাকে?

৪। মোটরের ঘূর্ণনের দিক নির্ণয় করতে কোন নিয়ম ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ব্যাক ইএমএফ কাকে বলে? কখন ব্যাক ইএমএফ শূন্য থাকে?

২। ফ্লেমিং এর বাম হাতি নিয়মটি বর্ণনা কর।

৩। ডিসি মোটরে কমিউটেটর ও ব্রাশের কাজ কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ডিসি মোটরের প্রধান প্রধান ৫টি অংশের নাম লিখ এবং তাদের কাজ বর্ণনা কর।

২। ডিসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

এসি মেশিন
একাদশ অধ্যায়
এসি জেনারেটর

১১.১। এসি জেনারেটর

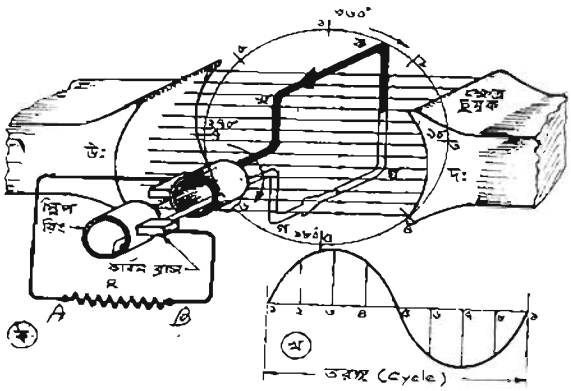
জেনারেটর : বৈদ্যুতিক জেনারেটর এমন একটি মেশিন যার সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। এ রূপান্তর করার কাজে প্রয়োজন একটি চুম্বক ক্ষেত্র এবং একটি আর্মেচার। আর্মেচারের উপরিভাগে পরিবাহী কয়েল আকারে বসানো থাকে এবং এটাকে একটি মেশিনের সাহায্যে চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয়। ফলে আর্মেচারে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়।

বৈদ্যুতিক জেনারেটরের সাহায্যে কৌশলগত কিছু পরিবর্তনের মাধ্যমে এসি ও ডিসি এই দুই ধরনের বিদ্যুৎ শক্তিই উৎপন্ন করা যায়। বৈদ্যুতিক জেনারেটরকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–
(ক) ডিসি জেনারেটর, (খ) এসি জেনারেটর।

এসি জেনারেটরের সংজ্ঞা : যে যন্ত্র বা মেশিনের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে এসি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয়, তাকে এসি জেনারেটর বলে। এসি জেনারেটরকে অল্টারনেটর বা সিনক্রোনাস জেনারেটরও বলা হয়।
জেনারেটরকে ইঞ্জিন, টারবাইন অথবা অন্য কোনো উপায়ে প্রাপ্ত যান্ত্রিক শক্তির সাহায্যে ঘুরানো হলে তাতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। যে যন্ত্র বা মেশিনের সাহায্যে এসি জেনারেটরের শ্যাফটকে ঘুরানো হয়, তাকে প্রাইম মুভার বলে।
প্রাইম মুভার হিসাবে যে কোনো ইঞ্জিন, বিভিন্ন প্রকার টারবাইন এবং মোটর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

১১.২। মৌলিক এসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি

বাস্তবক্ষেত্রে এসি জেনারেটরে আর্মেচার স্থির থাকে এবং এর ফিল্ডকে ঘুরানো হয়। এর কার্যপদ্ধতি সহজে বুঝাবার জন্য একটি মৌলিক এসি জেনারেটর বিবেচনা করা হলো যার ফিল্ড স্থির এবং আর্মেচার ঘুরে। নিচের চিত্রে একটি মৌলিক এসি (এক প্যাঁচ বিশিষ্ট) জেনারেটরের গঠন দেখানো হলো–



চিত্র : একটি মৌলিক এসি জেনারেটরের কার্য পদ্ধতি

দুটি স্থির পোল উত্তর ও দক্ষিণ-এর মাঝখানে একটি মাত্র কয়েল কখগঘ বিশিষ্ট আর্মেচার ঘুরছে। কয়েলের দুটি প্রান্ত দুটি স্লিপ রিং-এর সাথে সংযোগ করা আছে। এখানে উল্লেখ্য যে, স্লিপ রিং দুটি ইনসুলেটরের সাহায্যে একটি অপরটি হতে সম্পূর্ণ আলাদা থাকে, যাতে একটির সাথে অপরটির কোনো ধাতব সংযোগ না হয়। স্লিপ রিং দুটির উপর দুটি কার্বন ব্রাশ বসিয়ে তাদের মাধ্যমে লোডে সাপ্লাই নেওয়া হয়। এখানে লোড হিসাবে একটি রেজিস্ট্যান্স AB দেখানো হয়েছে।

মনে করি, এক কয়েল বিশিষ্ট আর্মেচারটি প্রথমে এমন অবস্থানে আছে যে, এর দুটি কন্ডাক্টর পোল দুটির মাঝামাঝি স্থানে অবস্থান করছে, কখ উপরে এবং গঘ নিচে।

এই অবস্থান হতে আর্মেচারটি ডানাবর্তে ঘুরতে আরম্ভ করলে তার কখ কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক 'ক' হতে 'খ' এবং গঘ কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক 'গ' হতে 'ঘ' এর দিকে হয়। ফলে সমস্ত কয়েলে কারেন্টের দিক 'গঘকখ' এবং লোডে কারেন্টের দিক A হতে B এর দিকে হবে। অর্ধ ঘূর্ণন পরে 'কখ' কন্ডাক্টর নিচে এবং ''গঘ' কন্ডাক্টর উপরে অবস্থান করবে। ফলে কখ কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক হবে 'খ' থেকে 'ক' এর দিকে এবং 'গঘ' কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক হবে 'ঘ' থেকে 'গ' এর দিকে। অর্থাৎ সমস্ত কয়েলে কারেন্টের দিক হবে 'খকঘগ' এবং লোডে কারেন্টের দিক হবে B থেকে A এর দিকে।

সুতরাং জেনারেটরটিতে যে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় তার কারেন্টের দিক অর্ধঘূর্ণন পরপর বিপরীতমুখী হয় এবং এর ফলে লোডের মধ্য দিয়েও কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দিষ্ট সময় পরপর বিপরীতমুখী হয়। সুতরাং এটা এসি উৎপন্ন করে।

জেনারেটরের একটি কয়েল সাইড যে বৃত্তাকার পথে ঘুরছে তাকে সমান আট অংশে ভাগ করে প্রতিটি অবস্থানের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজের লেখচিত্র অংকন করলে তা খ নং চিত্রের অনুরূপ হবে। কন্ডাক্টর সাইডটি যখন ১ নং অবস্থানে তখন তাতে ভোল্টেজ শূন্য। কারণ এই অবস্থায় কন্ডাক্টর ফ্লাক্সের সমান্তরাল থাকে বলে এটা কোন ফ্লাক্স কর্তন করে না। সামনে অগ্রসর হতে থাকলে ফ্লাক্স কর্তন করতে থাকে এবং এই কর্তনের হার আস্তে আস্তে বাড়তে থাকে। ফলে উৎপাদিত ভোল্টেজও বাড়ে। এই ভোল্টেজ ২ নং অবস্থানে কিছু বেশি এবং ৩ নং অবস্থানে সবচেয়ে বেশি হয়। এর পর ভোল্টেজ কমতে থাকে এবং ৪ নং অবস্থানে আরও কম এবং ৫ নং অবস্থানে আবার শূন্য হয়। ৬ নং অবস্থানের ভোল্টেজ বিপরীত মুখী হয়ে বাড়তে থাকে এবং ৭ নং অবস্থানে সবচেয়ে বেশি হয়। ৭ নং অবস্থানের পর আবার কমতে থাকে এবং ১ নং অবস্থানে আবার শূন্য হয়। সুতরাং এই উৎপন্ন ভোল্টেজ এসি।

১১.৩। এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের নাম

বাস্তবক্ষেত্রে এসি জেনারেটরের ফিল্ড ঘুরে এবং আর্মেচার স্থির থাকে। এসি জেনারেটরের প্রধান অংশ দুইটি। যথা–

(১) স্টেটর বা স্থির অংশ

(২) রোটর বা ঘুরন্ত অংশ।

স্টেটর বা স্থির অংশ : এসি জেনারেটরের যে অংশ স্থির থাকে তাকে স্টেটর বা স্থির অংশ বলে। স্টেটর বা স্থির অংশ নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত :

ক। ইয়ক বা ফ্রেম

খ। এন্ড শিল্ড বা সাইড কভার

গ। আর্মেচার

ঘ। আর্মেটার ওয়াইন্ডিং

ঙ। বিয়ারিং

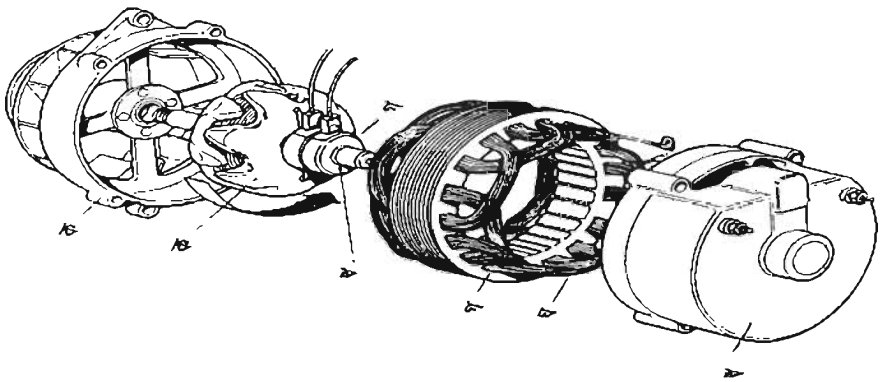
চ। ব্রাশ গিয়ার

রোটর বা ঘুরন্ত অংশ : এসি জেনারেটরের যে অংশ ঘুরে তাকে রোটর বলে। নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে রোটর বা ঘুরন্ত অংশ গঠিত–

ক। ফিল্ড

খ। রোটর শ্যাফট

গ। স্লিপ রিং



চিত্র : এসি জেনারেটরের প্রধান প্রধান অংশ

১১.৪। এসি জেনারেটরের ফিল্ড এক্সাইটেশনের পদ্ধতি

জেনারেটরের ফিল্ডে প্রয়োজনীয় ফ্লাক্স উৎপাদনের জন্য এর ফিল্ড কয়েলে যে ডিসি সাপ্লাই দেওয়া হয়, তাকে ফিল্ড এক্সাইটেশন বলে। রোটরের উপর বসানো দুটি স্লিপ রিং-এর মাধ্যমে এই ডিসি সাপ্লাই দেওয়া হয়।

নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে ফিল্ড এক্সাইটেশন দেওয়া হয় :

(ক) কোনো কোনো এসি জেনারেটরে এর নিজস্ব উৎপাদিত ভোল্টেজকে রেকটিফায়ারের মাধ্যমে ডিসিতে পরিণত করে তার ফিল্ডে সাপ্লাই দেওয়া হয়।

(খ) অধিকাংশ এসি জেনারেটরের সাথে একই শ্যাফটে একটি সেলফ এক্সাইটেড সান্ট অথবা কম্পাউন্ড ডিসি জেনারেটর চালানো হয় এবং ঐ জেনারেটরের উৎপাদিত ডিসি ভোল্টেজকে এসি জেনারেটরের ফিল্ডে প্রয়োগ করা হয়।

(গ) ছোট ছোট এসি জেনারেটরের ফিল্ডকে স্থির রেখে আর্মেচারকে ঘুরানো হয় এবং সেই ক্ষেত্রে ঘুরন্ত আর্মেচার হতে ব্রাশ ও স্লিপ রিং-এর সাহায্যে এসি বিদ্যুৎ শক্তি পাওয়া যায়। এই ক্ষেত্রে এসি ওয়াইন্ডিং এর উপর অন্য একটি ছোট ডিসি ওয়াইন্ডিং করা হয় এবং স্লিপ রিং-এর অপর পাশে কমিউটেটর বসিয়ে এর সাথে ডিসি ওয়াইন্ডিং যুক্ত করা হয়। এই ডিসি ওয়াইন্ডিং-এ উৎপাদিত ভোল্টেজকে কমিউটেটর ও ব্রাশের সাহায্যে সংগ্রহ করে এসি জেনারেটরের ফিল্ডে এক্সাটেশন হিসাবে প্রয়োগ করা হয়।

(ঘ) ইদানীং অধিকাংশ এসি জেনারেটর ব্রাশবিহীন হয়ে থাকে। এই ক্ষেত্রে জেনারেটরের রোটর শ্যাফটের সাথে ছোট একটি ঘুরন্ত আর্মেচার টাইপ এসি জেনারেটর থাকে। এই ছোট জেনারেটরে উৎপাদিত এসি ভোল্টেজকে শ্যাফটের সাথে আটকানো রেকটিফায়ারে দেওয়া হয়। ঐ রেকটিফায়ার কর্তৃক রূপান্তরিত ডিসি ভোল্টেজ সরাসরি জেনারেটরের ঘুরন্ত ফিল্ডে প্রয়োগ করা হয়। এতে কোনো ব্রাশ প্রয়োজন হয় না।

১১.৫। এসি জেনারেটরের স্লিপ রিং-এর কাজ

এসি জেনারেটরে ফিল্ডের এক পাশে দুটি তামা বা পিতলের রিং থাকে। এই তামা বা পিতলের রিংকে স্লিপ রিং বলে। শ্যাফটের উপরে ইনসুলেটিং পদার্থের রিং বসিয়ে তার উপর স্লিপ রিং বসানো হয় এবং ফিল্ড কয়েলের দুই প্রান্ত দুটি স্লিপ রিং-এ সংযোগ করা হয়। ফিল্ড কয়েলে ডিসি সাপ্লাই দেওয়ার জন্যই স্লিপ রিং ব্যবহার করা হয়। স্লিপ রিং-এর উপরে ব্রাশ বসানো থাকে। ব্রাশের মাধ্যমে স্লিপ রিং হয়ে ফিল্ড কয়েল ডিসি সাপ্লাই পায়।

১১.৮। এসি এবং ডিসি জেনারেটরের পার্থক্য

এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য নিম্নে দেওয়া হলো–

এসি জেনারেটর	ডিসি জেনারেটর
১। এটি যান্ত্রিক শক্তি গ্রহণ করে এবং এসি বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে।	১। এটি যান্ত্রিক শক্তি গ্রহণ করে এবং ডিসি বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে।
২। এতে স্লিপরিং ব্যবহার করা হয়।	২। এতে কমিউটেটর ব্যবহার করা হয়।
৩। এসি জেনারেটর সিঙ্গেল ফেজ এবং থ্রি ফেজ হতে পারে।	৩। ডিসি জেনারেটর সাধারণত সিঙ্গেল ফেজ হয়ে থাকে।
৪। এসি জেনারেটরের ব্যবহার বেশি।	৪। ডিসি জেনারেটরের ব্যবহার খুবই কম।
৫। এতে আর্মেচার স্থির থাকে এবং ফিল্ড ঘুরে।	৫। এতে ফিল্ড স্থির থাকে এবং আর্মেচার ঘুরে।
৬। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং সিঙ্গেল লেয়ার বা ডাবল লেয়ার বিশিষ্ট হয়।	৬। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ল্যাপ বা ওয়েভ ওয়াইন্ডিং বিশিষ্ট হয়।
৭। এর রোটর স্যালিয়েন্ট পোল টাইপ এবং বেশি গতির জন্য সিলিন্ড্রিক্যাল পোল টাইপ হয়।	৭। এর আর্মেচার মোটামুটি একই ধরনের হয়।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। জেনারেটর কী?

২। এসি জেনারেটর কাকে বলে?

৩। এসি জেনারেটরে প্রাইম মুভার হিসেবে কী ব্যবহার করা হয়?

৪। এসি জেনারেটরের প্রধান অংশ কয়টি ও কী কী?

৫। বাস্তব ক্ষেত্রে এসি জেনারেটরে ফিল্ড ঘুরে না আর্মেচার ঘুরে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। প্রাইম মুভার কাকে বলে? এসি জেনারেটরে প্রাইম মুভার হিসেবে কী ব্যবহার করা হয়?

২। এসি জেনারেটরে স্টেটর কাকে বলে? স্টেটরের অংশগুলোর নাম লিখ।

৩। এসি জেনারেটরে স্লিপ রিং-এর কাজ কী?

৪। এসি জেনারেটরে ফিল্ড এক্সাইটেশন কেন দেওয়া হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। মৌলিক এসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের নাম লিখ।

৩। এক্সাইটেশন বলতে কী বোঝ? এসি জেনারেটরে ফিল্ড এক্সাইটেশনের পদ্ধতিগুলো বর্ণনা কর।

৫। এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে ৫টি মৌলিক পার্থক্য উল্লেখ কর।

দ্বাদশ অধ্যায়
এসি মোটর

১২.১। এসি মোটর : যে মোটর এসি সাপ্লাই-এর সাহায্যে চলে তাকে এসি মোটর বলে। অর্থাৎ যে মোটর এসি বিদ্যুৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে তাকে এসি মোটর বলে। এসি মোটরের স্টেটর বা স্থির অংশে এসি সাপ্লাই দেওয়া হয়। কিন্তু রোটরে কোনো প্রকার সাপ্লাই দিতে হয় না। স্টেটরে এসি সাপ্লাই দিলে ইন্ডাকশন প্রক্রিয়ায় রোটরে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, কারেন্ট প্রবাহিত হয় ফলে ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। তখন স্টেটর ফ্লাক্স ও রোটর ফ্লাক্সের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ায় মোটর চলে।

১২.২। এসি মোটরের বিভিন্ন অংশের নাম

এসি মোটরের প্রধান অংশ দুইটি। যথা–

(ক) স্টেটর বা স্থির অংশ, (খ) রোটর বা ঘুরন্ত অংশ।

স্টেটর বা স্থির অংশ : এসি মোটরের যে অংশ স্থির থাকে তাকে স্টেটর বা স্থির অংশ বলে। স্টেটর সাধারণত নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত-

(১) ইয়ক বা ফ্রেম

(২) আর্মেচার

(৩) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং

(৪) বিয়ারিং

রোটর বা ঘুরন্ত অংশ : এসি মোটরের যে অংশ ঘুরে তাকে রোটর বা ঘুরন্ত অংশ বলে। রোটর সাধারণত নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত-

(১) ফিল্ড

(২) রোটর শ্যাফট

১২.৩। এসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ : ফেজ অনুসারে এসি মোটর প্রধানত দুই প্রকার। যথা–

(ক) এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটর; (খ) এসি থ্রি ফেজ মোটর।

(ক) সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর : গঠন ও চালু করার পদ্ধতি অনুযায়ী এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটর প্রধানত চার প্রকার।

ক) ইন্ডাকশন মোটর

খ) রিপালশন মোটর

গ) সিরিজ মোটর
ঘ) সিনক্রোনাস মোটর ।

সিঙ্গেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটর নিম্নলিখিত কয়েক প্রকার হয় :
১ । স্প্লিট ফেজ মোটর
২ । ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর
৩ । ক্যাপাসিটর মোটর
৪ । শেডেড পোল মোটর
৫ । রিল্যাকটেন্স মোটর ।

রিপালশন মোটর আবার চার প্রকার । যথা–
১) সাধারণ রিপালশন মোটর
২) কমপেনসেটেড রিপালশন মোটর
৩) রিপালশন স্টার্ট ইন্ডাকশন মোটর
৪) রিপালশন ইন্ডাকশন মোটর ।

এসি সিঙ্গেল ফেজ সিনক্রোনাস মোটর আবার দুই প্রকার । যথা–
ক) রিলাকটেন্স মোটর
খ) হিস্টেরসিস মোটর ।

(খ) এসি থ্রি-ফেজ ইন্ডাকশন মোটর : গঠনের উপর ভিত্তি করে থ্রি-ফেজ ইন্ডাকশন মোটরকে চার ভাগে ভাগ করা যায় । যথা–
(ক) স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর
(খ) স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর
(গ) ডবল স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর
(ঘ) কমিউটেটর টাইপ ইন্ডাকশন মোটর ।

অনুশীলনী

অতিসংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। এসি মোটর কী সাপ্লাই দিয়ে চলে?

২। এসি মোটরের যে অংশ স্থির থাকে তাকে কী বলে?

৩। এসি মোটরের যে অংশ ঘুরে তাকে কী বলে?

৪। এসি মোটরের কোন অংশে এসি সাপ্লাই দিতে হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। এসি মোটর কাকে বলে?

২। এসি মোটরের প্রধান অংশ কয়টি ও কী কী?

৩। এসি মোটর কীভাবে ঘুরে?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

২। এসি থ্রি-ফেজ মোটর কাকে বলে? এসি থ্রি-ফেজ মোটর কত প্রকার ও কী কী?

ত্রয়োদশ অধ্যায়
তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর

১৩.১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র

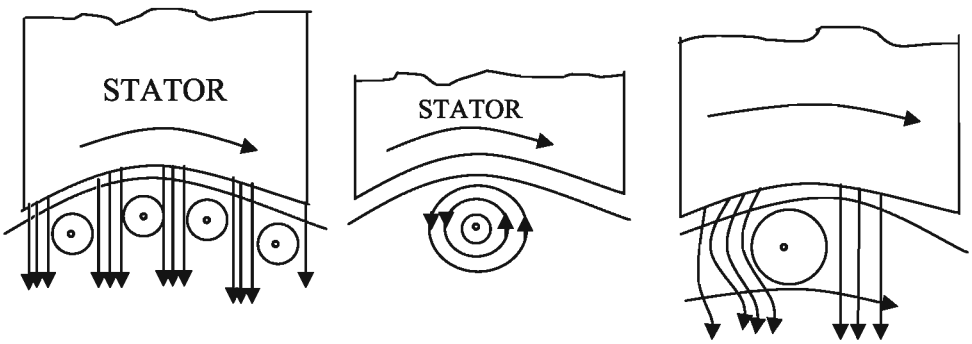
তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে তাতে একটি চুম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয় এবং এই চুম্বক ক্ষেত্র একটি নির্দিষ্ট গতিতে ঘুরতে থাকে। এই চুম্বক ক্ষেত্রকে ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র বলে। ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র যে গতিতে ঘুরে তাকে সুষম গতিবেগ বা সিনক্রোনাস স্পিড বলে।

১৩.২। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে টর্ক উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়াঃ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে তার স্টেটরে একটি ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন হয়। স্থির রোটরের কন্ডাক্টর এই ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্রের ফ্লাক্সকে কর্তন করে। ফলে রোটর কন্ডাক্টরে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় এবং কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এই রোটর কারেন্ট তার নিজস্ব রোটর ফ্লাক্স তৈরি করে। স্টেটর ফ্লাক্স এবং রোটর ফ্লাক্সের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ায় রোটরে টর্ক উৎপন্ন হয়। ফলে মোটর ঘুরে।

নিচের চিত্রে স্টেটরের একটি পোল এবং তার নিচে রোটরের অংশ দেখানো হল। যদি স্টেটর ফিল্ড ডানাবর্তে ঘুরে এবং রোটর স্থির থাকে তবে স্টেটর ফিল্ডের তুলনায় রোটরের আপেক্ষিক গতির দিক বামাবর্তে হবে। সুতরাং ফ্লেমিংয়ের ডানহাতি নিয়ম অনুযায়ী রোটর কন্ডাক্টরে উৎপন্ন ভোল্টেজের দিক বহির্মুখী হবে।

রোটরের কন্ডাক্টরসমূহের সার্কিট নিরবচ্ছিন্ন থাকে বলে তাতে কারেন্টের দিকও বহির্মুখী এবং কন্ডাক্টরের ফ্লাক্সের দিক হবে বামাবর্তী (ক্লক ওয়াইজ)। স্টেটর ফিল্ডের ফ্লাক্স এবং রোটরের ফ্লাক্সের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়ার ফলে যে লব্ধি ফিল্ডের সৃষ্টি হয়, তাতে ফ্লাক্সের স্বাভাবিক বিতরণ (ঘনত্ব পজিশন) অক্ষুণ্ন থাকে না। নিচের শেষ চিত্রে রোটর কন্ডাক্টরের বাম দিকে ফ্লাক্সের ঘনত্ব খুব বেশি কিন্তু ডান দিকে ঘনত্ব কমে যায়। ফলে রোটর কন্ডাক্টরের উপর একটি বল কাজ করে এবং ডানাবর্তে একটি টর্ক উৎপন্ন হয়।



চিত্রঃ স্টেটরের একটি পোল এবং এর নিচের অংশ

১৩.৩। সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিডের মধ্যে পার্থক্য

সিনক্রোনাস স্পিড : তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে তাতে একটি ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন হয়। এই চুম্বক ক্ষেত্র যে গতিবেগে ঘুরে তাকে সিনক্রোনাস স্পিড বা সুষম গতিবেগ বলে। এই স্পিড কোনো নির্দিষ্ট সাপ্লাই ফিকোয়েন্সিতে সব সময় সমান থাকে। ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পিড সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সির সমানুপাতিক এবং পোল সংখ্যার ব্যস্তানুপাতিক।

সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = \frac{120f}{P}$

এখানে, N_s = সিনক্রোনাস স্পিড, আরপিএম

P = পোল সংখ্যা ;

f = সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সি।

দুটি মোটরের পোল সংখ্যা সমান হলে একই সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সিতে উভয়ের সিনক্রোনাস স্পিড সমান হবে।

রোটর স্পিড : ইন্ডাকশন মোটরের রোটর যে গতিবেগে ঘুরে তাকে রোটর স্পিড বলে। রোটর স্পিড সব সময়ই সিনক্রোনাস স্পিড অপেক্ষা কম থাকে। রোটর স্পিড মোটরের লোডের সাথে পরিবর্তনশীল।
দুটি মোটরের পোল সংখ্যা সমান হলে কিন্তু লোড সমান না হলে রোটর স্পিড সমান হবে না।

রোটর স্পিড $N_r = N_s(1-S)$

এখানে, N_r = রোটর স্পিড;

P = পোল সংখ্যা,

S = স্লিপ;

N_s = সিনক্রোনাস স্পিড।

** স্লিপ : সিনক্রোনাস স্পিড অপেক্ষা রোটর স্পিড সব সময়ই কম থাকে। যদি কখনো এই স্পিড দুটি সমান হয়, তখন মোটর স্থির হয়ে যাবে অর্থাৎ মোটর চলবে না। সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিডের পার্থক্যের সাথে সিনক্রোনাস স্পিডের অনুপাতকে স্লিপ বলে। এটাকে শতকরায় প্রকাশ করা হয়।
যদি সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিড যথাক্রমে N_s ও N_r হয়, তবে

$$\text{স্লিপ} = \frac{Ns - Nr}{Ns} \times 100\%$$

১৩.৪। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের শ্রেণিবিভাগ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর গঠনের উপর ভিত্তি করে চার প্রকার। যথা–

(ক) স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর

(খ) স্লিপ-রিং বা ওন্ডরোটর ইন্ডাকশন মোটর

(গ) ডাবল স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর

(ঘ) কমিউটেটর টাইপ ইন্ডাকশন মোটর

১৩.৫ । স্কুইরেল ইন্ডাকশন মোটরের গঠন

স্কুইরেল ইন্ডাকশন মোটরের গঠন অত্যন্ত সহজ বলে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এই মোটর ব্যবহার করা হয় । তিন ফেজ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর নিম্নবর্ণিত অংশগুলো নিয়ে গঠিত :

(ক) ইয়ক বা ফ্রেম : এটি মোটরের বাইরের অংশ । এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি । এর ভিতরে আর্মেচার স্থাপন করা হয় ।

(খ) সাইড কভার : এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি । বোল্টের সাহায্যে এটাকে ইয়কের দুইপাশে আটকানো থাকে । সাইড কভারের খাঁজে বিয়ারিং বসানো থাকে এবং বিয়ারিং-এর সাথে রোটর শ্যাফট আটকানো থাকে ।

(গ) আর্মেচার : সিলিকন স্টিলের পাতলা শিট কেটে খুব ভালোভাবে লেমিনেশন দিয়ে আর্মেচার তৈরি করা হয় । আর্মেচারে খাঁজ কেটে ওয়াইন্ডিং বসানো হয় ।

(ঘ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ঃ আর্মেচারে খাঁজ কেটে তাতে সুপার এনামেল তামার তারের কয়েল বসিয়ে এই ওয়াইন্ডিং করা হয় ।

(ঙ) বেড প্লেট বা মাউটিং ফিট : এটা ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি । এর সাথে ইয়ককে বোল্টের মাধমে আটকানো হয় ।

(চ) টার্মিনাল বক্স : এটা ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি একটি বাক্স যার ভিতরে টার্মিনাল বোর্ড থাকে ।

(ছ) টার্মিনাল বোর্ড : এটি প্লাস্টিক বা বেকালাইটের তৈরি । এতে টার্মিনাল পোস্ট বসানো থাকে ।

(জ) টার্মিনাল পোস্ট : এটা তামার তৈরি বোল্ট বিশেষ । টার্মিনাল পোস্টের সাথে ওয়াইন্ডিং-এর প্রান্তগুলি সংযোগ করা হয় । এসব টার্মিনাল পোস্টের সাথে মোটরের বাইরের সাপ্লাই সংযোগ দেওয়া হয় ।

(ঝ) টার্মিনাল বক্স কভার : এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি । এটি এক প্রকার কভার বিশেষ ।

(ঞ) রোটর শ্যাফট : এটি ইস্পাতের তৈরি একটি দণ্ড যার সাথে রোটর কোরকে আটকানো হয় ।

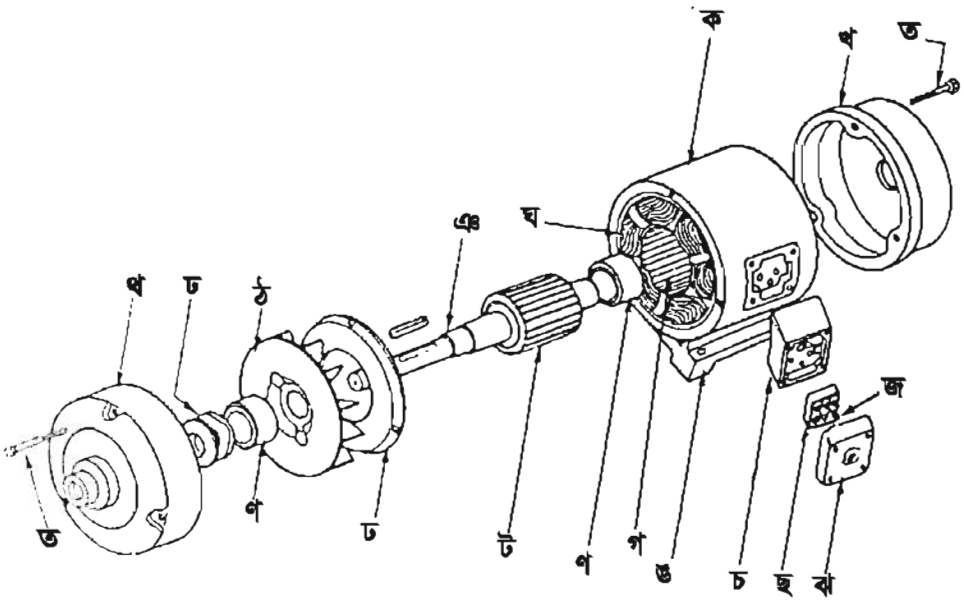
(ট) রোটর : পাতলা সিলিকন স্টিলের শিট কেটে এবং শিটগুলিকে একত্র করে রোটর কোর তৈরি করা হয় । কোরের গায়ে খাঁজ কাটা হয় এবং খাঁজগুলি অ্যালুমিনিয়াম বা কপারের বার দ্বারা ভরাট করা হয় । বারগুলির উভয় প্রান্ত কপারের রিং দ্বারা শর্ট করা থাকে ।

(ঠ) কুলিং ফ্যান : প্লাস্টিক বা ঢালাই লোহার তৈরি । রোটরের পাশে একই শ্যাফটে এটা বসানো থাকে ।

(ড) ফ্যান ও ওয়াইন্ডিং এর মধ্যস্থিত শিল্ড : এটা ঢালাই লোহার তৈরি । এটা সকল মোটরে ব্যবহার করা হয় না ।

(ঢ) বিয়ারিং : মোটরের রোটর যাতে সহজে ঘুরতে পারে সেজন্য রোটর শ্যাফটকে বিয়ারিং-এর উপর বসানো থাকে । সাধারণত ছোট মোটরে বল বিয়ারিং এবং বড় মোটরে রোলার বিয়ারিং ব্যবহৃত হয় ।

২০২০ পরের পৃষ্ঠায় চিত্রে একটি স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–



চিত্র : স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশ

১৩.৬। স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের গঠন

স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের স্টার্টিং টর্ক বেশি এবং স্টার্টিং কারেন্ট কম। ফলে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে এই মোটর ব্যবহার করাই সুবিধাজনক। স্লিপ রিং মোটরের গঠন স্কুইরেল কেজ মোটরের মতোই। শুধু এর রোটরের গঠন একটু ভিন্ন।

স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত :

(ক) ইয়ক বা ফ্রেম

(খ) সাইড কভার/পার্শ্ব ঢাকনা

(গ) আর্মেচার

(ঘ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং

(ঙ) মাউন্টিং কিট বা বেড প্লেট

(চ) টার্মিনাল বক্স

(ছ) টার্মিনাল বোর্ড

(জ) টার্মিনাল পোস্ট

(ঝ) টার্মিনাল বক্স কভার

(ঞ) রোটর শ্যাফট

(ট) রোটর : পাতলা সিলিকন স্টিলের পাতের তৈরি কোর দ্বারা রোটর গঠিত। এই কোরের গায়ে স্লট বা খাঁজ কেটে ঐ খাঁজে সুপার এনামেল তারের কয়েল স্থাপন করা হয়। সকল কয়েলের সমন্বয়ে তিন ফেজ ওয়াইন্ডিং করে এদেরকে স্টার সংযোগ করা হয় এবং বাকি তিনটি প্রান্ত তিনটি স্লিপ রিংয়ের সাথে সংযোগ করা হয়।

(ঠ) স্লিপ রিং : এটি ফসফর ব্রোঞ্জের তৈরি রিং বিশেষ। আর্মেচার শ্যাফটের উপরে আর্মেচার কোরের পাশে রিং তিনটি বসানো থাকে। এই রিংগুলি শ্যাফট থেকে আইসুলেট করা থাকে।

(ড) ফ্যান : এটাকে কুলিং ফ্যান বলা হয়। কুলিং ফ্যান ঢালাই লোহার তৈরি। ছোট ছোট মোটরে প্লাস্টিকের তৈরি ফ্যান ব্যবহৃত হয়।

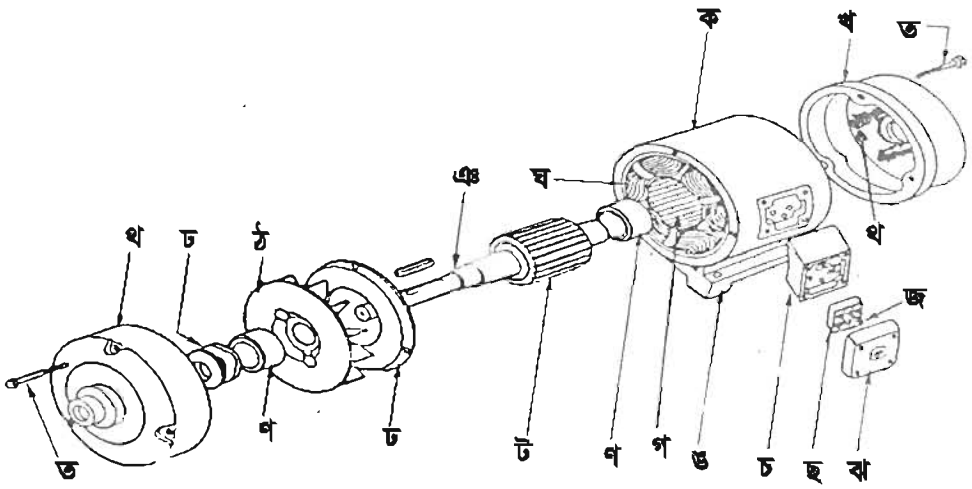
(ঢ) ফ্যান ও ওয়াইন্ডিংয়ের মধ্যস্থিত শিল্ড : এটা ঢালাই লোহার তৈরি। সব মোটরে এটা ব্যবহার করা হয় না।

(ণ) প্রি-লোডিং রিং : ইহা ইস্পাতের তৈরি বিশেষ রিং যার পার্শ্বে ঢেউ করা থাকে। ইহা বিয়ারিং ও সাইড কভারের খাঁজের মাঝখানে ব্যবহৃত হয়।

(ত) বিয়ারিং : ছোট মোটরে বল বিয়ারিং এবং বড় মোটরে রোলার বিয়ারিং ব্যবহার করা হয়।

(থ) ব্রাশ ও ব্রাশ গিয়ার : ব্রাশ, ব্রাশ পকেট বা ব্রাশ বক্স এবং ব্রাশ স্টাডের সমন্বয়ে ব্রাশ গিয়ার গঠিত।

(দ) মাউন্টিং বা ফিক্সিং স্ক্রু : মাউন্টিং স্ক্রু ইস্পাতের তৈরি এবং এর মাথা বহুভুজ আকৃতির হয়। এর সাহায্যে সাইড কভারকে ইয়কের সাথে আটকানো হয়।

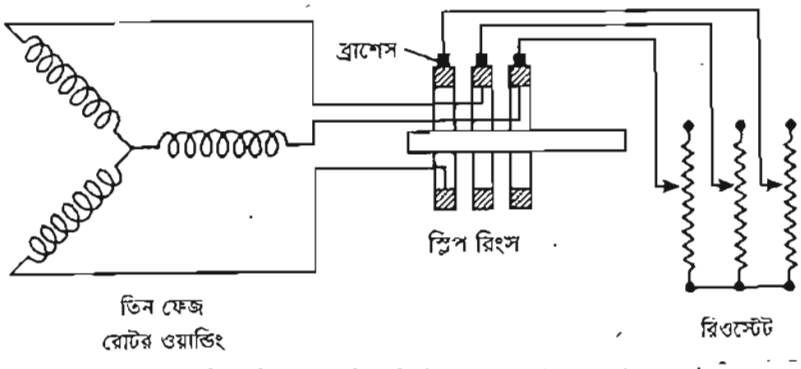


চিত্র : স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশ

স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের রোটরের গঠন

পাতলা সিলিকন স্টিলের শিট কেটে রোটর কোর তৈরি করা হয়। এতে অনেক কোর একত্রে স্থাপন করে ভালোভাবে আটকানো হয়। এই কোরগুলিকে উত্তমরূপে বার্নিশ দিয়ে লেমিনেট করা হয়। রোটর শ্যাফটকে লেমিনেটেড কোরের ভিতরে ঢুকিয়ে আটকানো হয়। কোরগুলির বাইরের দিকে স্লট বা খাঁজ কেটে তাতে সুপার এনামেল তারের তৈরি কয়েল স্থাপন করা হয়। সব কয়েলের সমন্বয়ে তিন ফেজ ওয়াইন্ডিং তৈরি করা হয়। তিন ফেজের তিনটি প্রান্ত দ্বারা স্টার সংযোগ তৈরি করা হয় এবং অপর তিনটি প্রান্ত বাইরে এনে শ্যাফটে বসানো তিনটি স্লিপ রিং-এর সাথে সংযোগ করা হয়। এই তিনটি স্লিপ রিং-এর সাথে তিনটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স কার্বন ব্রাশের মাধ্যমে সংযোগ করা থাকে।

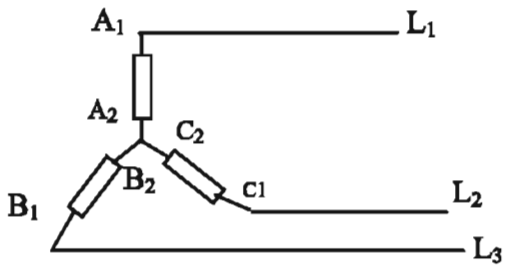
রেজিস্ট্যান্সগুলির অপর প্রান্ত একটি বিন্দুতে শর্ট করা থাকে। পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সগুলির মান প্রয়োজনবোধে কম-বেশি করার ব্যবস্থা থাকে। স্টার্টিং টর্ক বাড়ানোর জন্য পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মান সর্বোচ্চ পর্যায়ে রাখতে হয় এবং মোটর চালু হওয়ার পর ঐ রেজিস্ট্যান্সগুলির মান কমিয়ে শূন্যতে আনতে হয়।



চিত্রঃ তিন ফেজ স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের রোটরের গঠন

১৩.৭। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টার সংযোগ

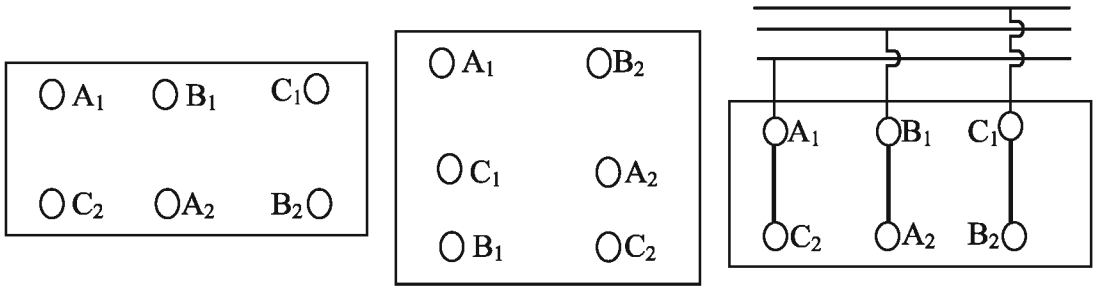
মোটরের কয়েলের অনুরূপ তিনটি প্রান্তকে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ করে অপর তিনটি প্রান্তে সাপ্লাই দেওয়া হলে তাকে স্টার সংযোগ বলে।



চিত্র : তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের কয়েলের স্টার সংযোগ

২০২০

ইন্ডাকশন মোটরের টার্মিনাল বক্সে তিনটি কয়েলের ছয়টি প্রান্তকে ছয়টি টার্মিনাল পোস্টের সাথে সংযোগ করা হয়। এদেরকে দুই সারিতে সাজানো হয়। কয়েলগুলির শুরুর প্রান্তগুলি এক সারিতে এবং শেষ প্রান্তগুলি অন্য সারিতে ।

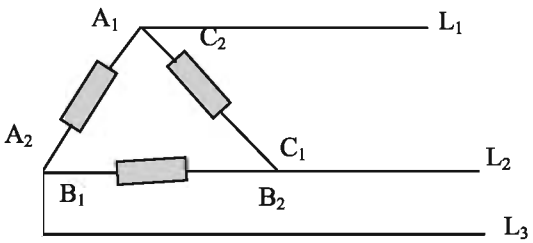


চিত্র : টার্মিনাল বক্সে টার্মিনাল পোস্টের অবস্থান

স্টার সংযোগ করতে হলে এক পাশের তিনটি টার্মিনালকে পরস্পরের সাথে সংযোগ করে অপর তিনটি টার্মিনালে সাপ্লাই দিতে হয়। ছোট ছোট মোটরের ক্ষেত্রে স্টার সংযোগ স্থায়ীভাবে করা হয় কিন্তু বড় বড় মোটরের ক্ষেত্রে স্টার্টারের মাধ্যমে শুধু চালু করার সময় স্টার সংযোগ করা হয়।

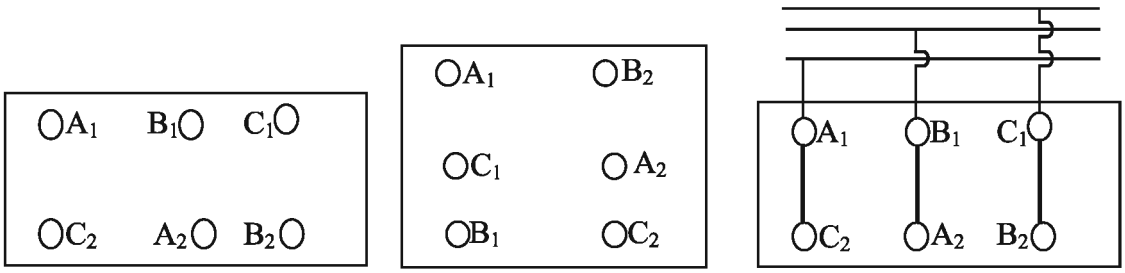
১৩.৮। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডেল্টা সংযোগ

ইন্ডাকশন মোটরের তিনটি কয়েলের ছয়টি প্রান্তকে পর্যায়ক্রমে ১ম টির শেষ প্রান্তের সাথে ২য় টির ১ম প্রান্ত; ২য় টির শেষ প্রান্তের সাথে ৩য় টির ১ম প্রান্ত এবং ৩য় টির শেষ প্রান্তের সাথে ১ম টির ১ম প্রান্ত সংযোগ করা হলে এই সংযোগকে ডেল্টা সংযোগ বলে। তিনটি সংযোগ বিন্দুকে সাপ্লাইয়ের সাথে সংযুক্ত করা হয়।



চিত্র : স্টেটর কয়েলের ডেল্টা সংযোগ

ইন্ডাকশন মোটরের টার্মিনাল বক্সে তিনটি কয়েলের ছয়টি প্রান্তকে আনা হয় এবং টার্মিনাল পোস্টে সংযোগ করা হয়। টার্মিনাল পোস্টগুলি দুই সারিতে সাজানো থাকে। কয়েলগুলির শুরুর প্রান্তগুলি এক সারিতে এবং শেষ প্রান্তগুলি অন্য সারিতে সংযোগ করা হয়।



চিত্র : টার্মিনাল বক্সে টার্মিনাল পোস্টের অবস্থান

যদি তিনটি কয়েলের শুরুর প্রান্তগুলি যথাক্রমে A_1, B_1, C_1 এবং শেষ প্রান্তগুলি যথাক্রমে A_2, B_2, C_2 হয়, তবে ডেল্টা সংযোগ করার জন্য A_1 এর সাথে C_2; A_2 এর সাথে B_1; B_2 এর সাথে C_1 পোস্ট সংযোগ করে A_1, B_1 , C_1 কে তিন ফেজ সাপ্লাইয়ের সাথে সংযোগ করতে হবে।

কোনো কোনো মোটরে টার্মিনাল পোস্ট ব্যবহার করা হয় না। এতে ছয়টি টার্মিনাল বের করে আনা হয় এবং ডেল্টা সংযোগ করা হয়। কিছু কিছু মোটরে টার্মিনালগুলিকে ১, ২, ৩ এবং ৪, ৫, ৬ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সাধারণত ছোট ছোট মোটরে স্থায়ী ডেল্টা সংযোগ করা হয়। কিন্তু বড় বড় মোটরের ক্ষেত্রে স্টার ডেল্টা স্টার্টার ব্যবহার করা হয়।

১৩.৯। স্কুইরেল কেজ মোটর ও স্লিপ রিং মোটরের তুলনা

একটি তিন ফেজ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর ও একটি থ্রি ফেজ স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের মধ্যে তুলনা করা হলো :

(ক) স্কুইরেল কেজ মোটরের স্টার্টিং টর্ক খুব কম। এর স্টার্টিং টর্ক ফুল লোড টর্কের ১ থেকে ১.৫ গুণ মাত্র। অপর দিকে স্লিপ রিং মোটরের স্টার্টিং টর্ক বেশি। এর স্টার্টিং টর্ক ফুল লোড টর্কের ২ থেকে ২.৫ গুণ।

(খ) স্কুইরেল কেজ মোটরের স্টার্টিং কারেন্ট খুব বেশি। এর পরিমাণ প্রায় ফুললোড কারেন্টের ৫ থেকে ৭ গুণ। স্লিপ রিং মোটরের স্টার্টিং কারেন্ট ফুললোড কারেন্টের মাত্র ২.৫ থেকে ৩.৫ গুণ।

(গ) স্টার্টিং টর্ক কম বলে স্কুইরেল কেজ মোটর বেশি লোড নিয়ে স্টার্ট নিতে পারে না। স্টার্টিং টর্ক বেশি বিধায় স্লিপ রিং মোটর পুরো লোড নিয়ে স্টার্ট নিতে পারে।

(ঘ) স্কুইরেল কেজ মোটরের রোটর রেজিস্ট্যান্স কম হওয়াতে শক্তির অপচয় কম হয়। তাই এই মোটরের কর্মক্ষমতা অপেক্ষাকৃত রেশী। স্লিপ রিং মোটরের রোটরে বাড়তি রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা হয় বিধায় শক্তির অপচয় বেশি। তাই এর কর্মক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম।

(ঙ) স্কুইরেল কেজ মোটরের রোটরে বাইরে থেকে কোনো রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা যায় না। তাই এর গতিবেগ প্রয়োজনমতো কম বেশি করা যায় না। অপরদিকে স্লিপ রিং মোটরের রোটর সার্কিটে সংযুক্ত রেজিস্ট্যান্স কম বেশি করে এর গতিবেগ প্রয়োজন মতো কম বেশি করা যায়।

২০২০

স্লিপ ও গতিবেগ সংক্রান্ত সমস্যা ও সমাধান

সমস্যা-১ । একটি তিন ফেজ 50 সাইকেল 4 পোল বিশিষ্ট ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পিড কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ সাইকেল/সেকেন্ড

পোলসংখ্যা $= 4$

সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = ?$

সূত্র : সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = \frac{120f}{P}$

$$= \frac{120 \times 50}{4} \text{ rpm}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

উত্তর : সিনক্রোনাস স্পিড 1500 rpm.

সমস্যা-২ । 3000 আরপিএম এর একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ফিকোয়েন্সি 50 হার্টজ । এর পোল সংখ্যা নির্ণয় করতে হবে । ।

সমাধান : দেওয়া আছে, সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = 3000$ rpm,

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ Hz

পোল $P = ?$

সূত্র : $N_s = \frac{120f}{P}$

বা, $P = \frac{120f}{Ns}$

বা, $P = \frac{120 \times 50}{3000} = 2$

উত্তর : পোল সংখ্যা 2 .

সমস্যা-৩ । একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পিড 750 আরপিএম। মোটরের পোল সংখ্যা 8 হলে ফ্রিকোয়েন্সি কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = 750$ rpm ,

পোল সংখ্যা $P = 8$,

ফ্রিকোয়েন্সি $f = ?$

সূত্র : $N_s = \frac{120f}{P}$

২০২০

বা, $120f = N_s \times P$

বা, $f = \frac{Ns \times P}{120} = \frac{750 \times 8}{120}$

বা, $f = 50$

উত্তর : ফ্রিকোয়েন্সি 50 হার্টজ ।

সমস্যা-৪ । একটি তিন ফেজ 6 পোল ইন্ডাকশন মোটরকে যখন 50 হার্টজ এসি সাপ্লাইয়ের সাথে সংযোগ করা হয়, তখন তা 950 আরপিএম এ ঘুরে । স্লিপ নির্ণয় কর ।

সমাধান : দেওয়া আছে,

পোল সংখ্যা $P = 6$

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ Hz

রোটর স্পিড $N_r = 950$ rpm.

স্লিপ $S = ?$

সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000$ rpm

স্লিপ $S = \frac{Ns - Nr}{Ns} \times 100\%$

$= \frac{1000 - 950}{1000} \times 100\% = 5\%$

উত্তর : স্লিপ 5% ।

সমস্যা- ৫ । একটি 50 HP তিন ফেজ, 440 ভোল্ট 50 হার্টজ 6 পোল ইন্ডাকশন মোটর ফুল লোডে 950 আরপিএম গতিতে চলছে । এর স্লিপ কত?

সমাধান : দেওয়া আছে,

মোট পাওয়ার = 50 HP ; ভোল্টেজ $V_L = 440$ volt

ফ্রিকোয়েন্সি $f = 50$ Hz ; পোল সংখ্যা $P = 6$

রোটর স্পিড $N_r = 950$ rpm

স্লিপ $S = ?$

সূত্র : সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000$ rpm

$\therefore$ স্লিপ $S = \frac{Ns - Nr}{Ns} \times 100\% = \frac{1000 - 950}{1000} \times 100\% = 5\%$

উত্তর : স্লিপ = 5% ।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। সিনক্রোনাস স্পিড বা সুষম গতিবেগ কাকে বলে?

২। রোটর স্পিড কাকে বলে?

৩। সিনক্রোনাস স্পিডের সূত্রটি লিখ।

৪। সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিড সমান হলে মোটরের কী অবস্থা হবে?

৫। স্লিপ নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে টর্ক কীভাবে উৎপন্ন হয়?

২। সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিডের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

৩। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর কত প্রকার ও কী কী?

৪। স্লিপ কাকে বলে? স্লিপ নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের প্রধান প্রধান অংশগুলোর নাম লিখ।

২। স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের প্রধান প্রধান অংশগুলোর নাম লিখ।

৩। স্কুইরেল কেজ ও স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

৪। স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের রোটরের গঠন বর্ণনা কর।

চতুর্দশ অধ্যায়
ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর

১৪.১। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর কী

ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর ম্যাংগানাইট ও প্লাস্টিক দ্বারা মাউন্টিং আকারে তৈরি একটি কন্টাক্টর যার মধ্যে ম্যাগনেটিক কয়েল, সাহায্যকারী কন্টাক্ট ও মেইন কন্টাক্ট বসানো থাকে। একটি ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত।

১। মেইন কন্টাক্ট
২। সাহায্যকারী বা অক্সিলারি কন্টাক্ট
৩। ম্যাগনেটিক কয়েল
৪। ম্যাগনেটিক কোর
৫। কন্টাক্ট পাত
৬। স্প্রিং
৭। মেইন টার্মিনাল (ইনকামিং ও আউটগোয়িং)
৮। ম্যাগনেটিক কন্টাক্ট
৯। মোল্ডেড কেজ বডি
১০। মেশিন স্ক্রু
১১। আর্মেচার

কোম্পানি ভিত্তিক ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। নিচে কয়েক প্রকার ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের চিত্র দেওয়া হলো–

১৪.২। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের মেইন কন্টাক্ট শনাক্তকরণ

মেইন কন্টাক্টগুলি স্বাভাবিক অবস্থায় ওপেন বা খোলা থাকে। ম্যাগনেটিক কয়েলে সাপ্লাই দিলে যখন তা ম্যাগনেট হয়, তখন ঐ কন্টাক্টগুলি ক্লোজ বা বন্ধ হয়ে যায়। মেইন কন্টাক্ট এর স্ক্রুগুলি সাধারণত মোটা থাকে। কারণ মেইন কন্টাক্ট-এ ২২০ ভোল্ট (সিঙ্গেল ফেজ) বা ৪৪০ ভোল্ট (থ্রি ফেজ) সাপ্লাই দেওয়া হয়। মেইন কন্টাক্ট এ তিনটি ইনকামিং ও তিনটি আউটগোয়িং টার্মিনাল থাকে। মেইন কন্টাক্টগুলি ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের নিচের দিকে থাকে। অ্যাভোমিটার বা টেস্ট ল্যাম্প দিয়ে মেইন কন্টাক্টগুলি শনাক্ত করা যায়।

১৪.৩। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের অক্সিলারি কন্ট্রাক্ট শনাক্তকরণ

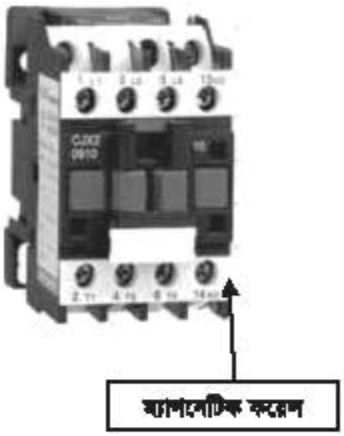
অক্সিলারি বা সাহায্যকারী কন্টাক্টগুলি ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের উপরের অংশে থাকে। সাহায্যকারী কন্টাক্ট এ কমপক্ষে ৪টি ইনকামিং ও ৪টি আউটগোয়িং টার্মিনাল থাকে। সাহায্যকারী কন্টাক্টগুলি সচরাচর কন্ট্রোল সার্কিট তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। কখনোই মেইন টার্মিনাল হিসাবে ব্যবহৃত হয় না।

১৪.৪। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের এনও (NO) এবং এনসি (NC) কন্টাক্ট শনাক্তকরণ

এনও (NO) বলতে নরমালি ওপেন (Normaly open) বা স্বাভাবিক অবস্থায় খোলা বোঝায় এবং এনসি (NC) বলতে নরমালি ক্লোজ (Normaly close) বা স্বাভাবিক অবস্থায় বন্ধ বোঝায়। অ্যাভোমিটার বা টেস্ট ল্যাম্পের সাহায্যে এনও এবং এনসি টার্মিনাল সনাক্ত করা যায়। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল ম্যাগনেট হলে এনও টার্মিনালগুলি এনসি এবং এনসি টার্মিনালগুলি এনও হয়ে যায়। মেইন ও অক্সিলারি উভয় কন্টাক্টেই এনও এবং এনসি কন্টাক্ট থাকে।

১৪.৫। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলের প্রান্ত শনাক্তকরণ

ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলের দুইটি প্রান্ত থাকে। প্রান্ত দুইটি A ও B দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে। A ও B এর যে কোনো একটিকে ইনকামিং টার্মিনাল এবং অপরটিকে আউটগোয়িং টার্মিনাল হিসাবে ব্যবহার করা হয়।



১৪.৬। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ শনাক্তকরণ

ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ-এর ধরন অনুসারে ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর দুই প্রকার। যথা– (১) এসি ও (২) ডিসি

এসি ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ ২৩০ ভোল্ট ও ৩৮০ ভোল্ট হয়ে থাকে। তবে কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ-এর পরিমাণ কন্টাক্টরের বডিতে লেখা থাকে।

আর ডিসি ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ সাধারণত ৪২ ভোল্ট হয়ে থাকে। এই ক্ষেত্রেও কয়েলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ কন্টাক্টরের বডিতে লেখা থাকে। কন্ডাক্টরের বডিতে লেখা দেখে কয়েলে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ সরবরাহ করতে হবে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। মেইন কন্টাক্ট-এ কয়টি টার্মিনাল থাকে?

২। ম্যাগনেটিক কয়েলের কয়টি টার্মিনাল থাকে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। এনও (NO) বলতে কী বোঝায়?

২। এনসি (NC) বলতে কী বোঝায়?

৩। অক্সিলারি কন্টাক্টের কাজ কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। সাহায্যকারী টার্মিনালের কাজ কী?

২। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরে ম্যাগনেটিক কয়েলের কাজ বর্ণনা কর।

৩। ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের এনও এবং এনসি কন্টাক্ট কিভাবে শনাক্ত করা যায়?

২০২০

পঞ্চদশ অধ্যায়

পুশবাটন সুইচ এবং থারমাল ওভারলোড

১৫.১। পুশবাটন সুইচ কী?

পুশ বাটন সুইচ এক ধরনের কন্ট্রোলিং ডিভাইস যার সাহায্যে বিভিন্ন প্রকার কন্ট্রোল সার্কিটকে অন ও অফ করা যায়।

পুশ বাটন সুইচে সাধারণত দুইটি কন্টাক্ট পয়েন্ট থাকে। একটি ব্রেক কন্টাক্ট এবং একটি মেক কন্টাক্ট। সাধারণ অবস্থায় ব্রেক কন্টাক্ট পয়েন্ট ক্লোজ বা বন্ধ থাকে এবং মেক কন্টাক্ট পয়েন্ট ওপেন বা খোলা থাকে। সাধারণত ব্রেক কন্টাক্টটি মেক কন্টাক্টের উপরে থাকে। যখন বাটনে চাপ দেওয়া হয় তখন ব্রেক কন্টাক্টটি খুলে যায় অর্থাৎ ওপেন হয়ে যায় এবং মেক কন্টাক্টটি বন্ধ অর্থাৎ ক্লোজ হয়ে যায়। বাটনের চাপ ছেড়ে দিলে আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে অর্থাৎ মেক কন্টাক্ট খুলে যায় এবং ব্রেক কন্টাক্টটি বন্ধ হয়ে যায়।

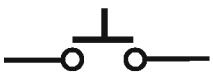
১৫.২। পুশবাটন সুইচের প্রয়োজনীয়তা

পুশ বাটন সুইচকে কন্ট্রোল সার্কিট অন এবং অফ করার কাজে ব্যবহার করা হয়। যেমন, মোটর কন্ট্রোল, ট্রাফিক কন্ট্রোল এবং বিভিন্ন প্রকার প্যানেল কন্ট্রোলের কাজে ব্যবহার করা হয়। পুশবাটন সুইচের সাহায্যে সহজে এবং নিরাপদে কন্ট্রোল সার্কিটকে অন এবং অফ করা যায়। কন্ট্রোল সার্কিট অন অফের মাধমেই মূল সার্কিট অন ও অফ হয়।

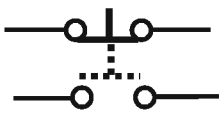
১৫.৩। অফ সুইচ এবং অন সুইচ শনাক্তকরণ

অ্যাভোমিটার এবং টেস্ট ল্যাম্পের সাহায্যে অফ সুইচ এবং অন সুইচ শনাক্ত করা যায়। সাধারণ অবস্থায় অফ সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্ট ক্লোজ বা বন্ধ থাকে এবং অন সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্ট ওপেন বা খোলা থাকে। যখন বাটনে চাপ দেওয়া হয় তখন অফ সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্ট খুলে যায় অর্থাৎ ওপেন হয়ে যায় এবং অন সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্ট বন্ধ অর্থাৎ ক্লোজ হয়ে যায়। বাটনের চাপ ছেড়ে দিলে আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে। অফ সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্টে অ্যাভোমিটার এর দুই প্রান্ত ধরলে শর্ট সার্কিট দেখাবে এবং অন সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্টে অ্যাভোমিটারের দুই প্রান্ত ধরলে ওপেন সার্কিট দেখাবে। অফ সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্টে টেস্ট ল্যাম্প সংযোগ করলে টেস্ট ল্যাম্প জ্বলবে এবং অন সুইচের কন্টাক্ট পয়েন্টে টেস্ট ল্যাম্প সংযোগ করলে টেস্ট ল্যাম্প জ্বলবে না।

অফ সুইচ বা ব্রেক কন্টাক্ট



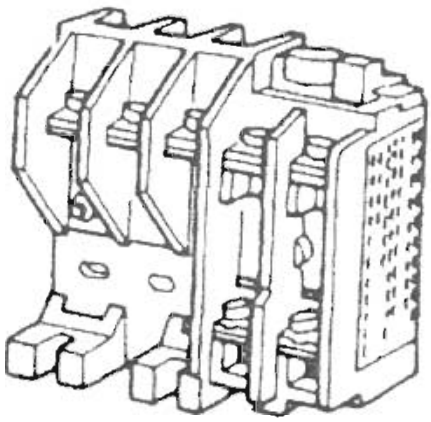
অন সুইচ বা মেক কন্টাক্ট



চেঞ্জ ওভার কন্টাক্ট

১৫.৪ । থারমাল ওভারলোড কী

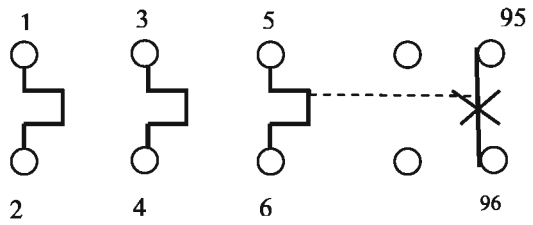
থারমাল ওভারলোড বা থারমাল ওভারলোড রিলে একটি প্রটেকটিভ ডিভাইস। ইহা মোটরকে ওভারলোড কারেন্টের হাত থেকে রক্ষা করে। এতে প্রধান সার্কিটের জন্য তিনটি লাইনকে ইন ও আউটের ব্যবস্থা সংবলিত ৬টি পয়েন্ট এবং একটি নরমালি ক্লোজ ও একটি নরমালি ওপেন কন্টাক্ট আছে। থারমাল ওভারলোড রিলের প্রতিটি ইনপুট ও আউটপুট টার্মিনালের মাঝে একটি করে হিটার আছে। অর্থাৎ তিনটি লাইনের জন্য তিনটি হিটার আছে। যখন মেইন সার্কিটের কোনো ত্রুটির কারণে লাইনে কারেন্ট বেড়ে যায় তখন হিটার গরম হয় ও বাইমেটালিক পাতগুলি বেঁকে গিয়ে নরমালি ক্লোজ কন্টাক্টকে খুলে দেয় এবং দুর্ঘটনা থেকে মোটর, যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদিকে রক্ষা করে। এখানে উল্লেখ্য যে, নরমালি ক্লোজ ও নরমালি ওপেন কন্টাক্টগুলি কন্ট্রোল সার্কিটের সাথে সংযোগ করা থাকে।



থারমাল ওভারলোড রিলে

১৫.৫ । থারমাল ওভারলোডের মেইন কন্ট্রাক্ট শনাক্তকরণ

মেইন কন্টাক্টগুলি স্বাভাবিক অবস্থায় ক্লোজ থাকে এবং অস্বাভাবিক অবস্থায় অর্থাৎ ওভারলোড কারেন্ট প্রবাহিত হলে কন্টাক্টগুলি ওপেন হয়ে যায়। তাই অ্যাভোমিটারের সাহায্যেই মেইন কন্টাক্টগুলি শনাক্ত করা যায়। তাছাড়া, মেইন কন্টাক্ট-এর গায়ে 1-2; 3-4 ; 5-6 লেখা থাকে। সাহায্যকারী কন্টাক্ট এর গায়ে 95 -96 লেখা থাকে।



১৫.৬। থারমাল ওভারলোডের এনও (NO) এবং এনসি (NC) কন্ট্রাক্ট শনাক্তকরণ

অ্যাভোমিটার ও টেস্ট ল্যাম্পের সাহায্যে এনও এবং এনসি কন্টাক্টের টার্মিনাল শনাক্ত করা যায়।
এনও কন্টাক্টের টার্মিনালে অ্যাভোমিটার সংযোগ করলে শর্ট সার্কিট দেখাবে এবং এনসি কন্টাক্টের টার্মিনালে এ্যাভোমিটার সংযোগ করলে ওপেন সার্কিট দেখাবে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পুশবাটন সুইচ কী?

২। পুশবাটন সুইচের কাজ কী?

৩। থারমাল ওভারলোড রিলে কী?

৪। থারমাল ওভারলোডে মেইন লাইন ইনকামিং ও আউটগোয়িং-এর জন্য কয়টি পয়েন্ট থাকে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পুশবাটন সুইচের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

২। থারমাল ওভারলোড রিলের মেইন কন্টাক্ট কীভাবে শনাক্ত করা যায়?

৩। অফ এবং অন সুইচ কীভাবে শনাক্ত করা যায়?

৪। থারমাল ওভারলোডের এনও (NO) এবং এনসি (NC) কন্ট্রাক্ট কীভাবে শনাক্ত করা হয়?

ষোড়শ অধ্যায়
টাইমার

১৬.১। টাইমার কী

টাইমার এক ধরনের সুইচ যা নির্ধারিত সময় পরে কোনো কন্ট্রোল সার্কিটকে অফ বা অন করে। ফলে মুল সার্কিট অফ বা অন হয়। নবের সাহায্যে টাইমারে টাইম নির্দিষ্ট করে দেওয়া হয় এবং ঐ নির্দিষ্ট সময় পরে টাইমার কোনো কন্ট্রোল সার্কিটকে অফ বা অন করে। টাইমারকে টাইম ল্যাগ রিলে বা ম্যাগনেটিক রিলে বলা হয়।

মাল্টি রেঞ্জ টাইমার

এতে একটি কয়েল এবং দুইটি নরমালি ক্লোজ ও দুইটি নরমালি ওপেন কন্টাক্ট থাকে। টাইমারের বেসে ১ থেকে ৮ পর্যন্ত সংখ্যায় পিনগুলির নম্বর দেওয়া থাকে। ২ ও ৭ নম্বর পিন কয়েলের পয়েন্ট, ১ ও ৮ ক্লোজ ও ওপেন কন্টাক্টের কমন টার্মিনাল। সাধারণত ৩ ও ৬ নম্বর পিন নরমালি ওপেন কন্টাক্টের জন্য এবং ৪ ও ৫ নম্বর পিন নরমালি ক্লোজ কন্টাক্টের টার্মিনাল হয়ে থাকে। টাইমার বা টাইম ল্যাগ রিলে মোটরকে অটো-মেটিক স্টার-ডেল্টা, রিপিটেশন সার্কিট, ট্রাফিক কন্ট্রোল ইত্যাদির কন্ট্রোল সার্কিটের জন্য ব্যবহার করা হয়।

১৬.২। টাইমারের ইনপুট টার্মিনাল শনাক্তকরণ

টাইমারের বেসে ১ থেকে ৮ পর্যন্ত সংখ্যায় পিনগুলির নম্বর দেওয়া থাকে। এর ২ ও ৭ নম্বর পিন কয়েলের টার্মিনাল অর্থাৎ ইনপুট টার্মিনাল। অ্যাভোমিটারের সাহায্যে কন্টিনিউটি পরীক্ষার মাধ্যমে এই ইনপুট টার্মিনাল শনাক্ত করা যায়।

১৬.৩। টাইমারের ইনপুট ভোল্টেজ শনাক্তকরণ

টাইমারের নেমপ্লেটে ইনপুট ভোল্টেজ রেটিং দেওয়া থাকে। নেমপ্লেট দেখে ইনপুট ভোল্টেজ নির্ধারণ করতে হয়। শ্রেণিভেদে টাইমারের ইনপুট ভোল্টেজ ১১০ ভোল্ট, ২২০ ভোল্ট বা ২৩০ ভোল্ট হয়ে থাকে। নেমপ্লেটের তথ্য অনুসারে কয়েলে ভোল্টেজ সাপ্লাই দিতে হবে।

১৬.৪। টাইমারের এনও (NO) এবং এনসি (NC) কন্টাক্ট শনাক্তকরণ

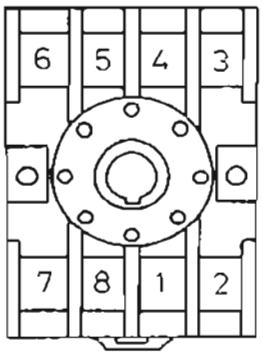
অ্যাভোমিটার অথবা টেস্ট ল্যাম্পের সাহায্যে এনও এবং এনসি কন্টাক্টগুলি শনাক্ত করা যায়। সাধারণত বেসের ৩ ও ৬ নম্বর পিন নরমালি ওপেন কন্টাক্টের জন্য এবং ৪ ও ৫ নম্বর পিন নরমালি ক্লোজ কন্টাক্টের টার্মিনাল হয়ে থাকে। এনও কন্টাক্ট এ অ্যাভোমিটার (নব ওহম মিটার রেঞ্জে রেখে) সংযোগ করা হলে মিটারে ওপেন সার্কিট দেখাবে এবং এনসি কন্টাক্টে অ্যাভোমিটার (নব ওহম মিটার রেঞ্জে রেখে) সংযোগ করা হলে মিটারে শর্ট সার্কিট দেখাবে।

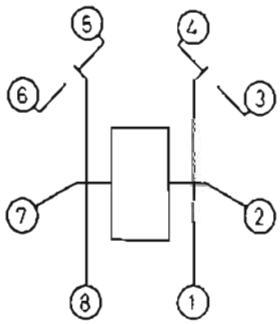
১৬.৫। টাইমারের কমন কন্টাক্ট শনাক্তকরণ

টাইমারের বেসে ১ থেকে ৮ পর্যন্ত সংখ্যায় পিনগুলির নম্বর দেওয়া থাকে। ২ ও ৭ নম্বর পিন কয়েলের পয়েন্ট এবং ১ ও ৮ নম্বর পিন ক্লোজ ও ওপেন কন্টাক্টের কমন টার্মিনাল এর জন্য নির্ধারিত থাকে। বেসের পিন নম্বর দেখে কমন টার্মিনাল শনাক্ত করা যায়।

১৬.৬। টাইমারের বেসের কন্টাক্টগুলি শনাক্তকরণ

টাইমারের বেসে ১ থেকে ৮ পর্যন্ত সংখ্যায় পিনগুলির নম্বর দেওয়া থাকে। ২ ও ৭ নম্বর পিন কয়েলের পয়েন্ট, ১ ও ৮ নম্বর পিন ক্লোজ ও ওপেন কন্টাক্টের কমন টার্মিনাল-এর নির্ধারিত থাকে। সাধারণত ৩ ও ৬ নম্বর পিন নরমালি ওপেন কন্টাক্টের জন্য এবং ৪ ও ৫ নম্বর পিন নরমালি ক্লোজ কন্টাক্টের টার্মিনাল হয়ে থাকে।





অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। টাইমার কী?

২। টাইমারের কাজ কী?

৩। টাইমরের অপর নাম কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। টাইমারের ইনপুট টার্মিনাল কিভাবে শনাক্ত করা যায়?

২। টাইমারের এনও এবং এনসি বলতে কী বোঝায়?

৩। এনও এবং এনসি কীভাবে শনাক্ত করা যায়?

৪। টাইমারের বেসের চিত্র অঙ্কন করে পিন পয়েন্টগুলি চিহ্নিত কর।

সপ্তদশ অধ্যায়

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন ও চালুকরণ

১৭.১। মোটরের নেমপ্লেট রেটিং

মোটরের ইনপুট ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার এবং আউটপুট মেকানিক্যাল পাওয়ার। অর্থাৎ মোটর বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে। মোটরের ইনপুটে যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক পাওয়ার প্রয়োগ করা হয়, আউটপুটে তা সম্পূর্ণরূপে পাওয়া যায় না। কারণ মোটরের অভ্যন্তরে কিছু পাওয়ার লস হয়। মোটরের নেমপ্লেট রেটিং বলতে এর আউটপুট পাওয়ার বা ক্ষমতাকে বোঝায়। আর আউটপুট পাওয়ারকে হর্স পাওয়ার (HP) এককে প্রকাশ করা হয়। তাই মোটরের নেমপ্লেট রেটিং হচ্ছে– হর্স পাওয়ার।

1 হর্স পাওয়ার = 746 ওয়াট বা 0.746 কিলোওয়াট। এটাই ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার ও মেকানিক্যাল পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক।

১৭.২। ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন করার পদ্ধতি

একটি ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন করার আগে কয়েকটি বিষয় ভালোভাবে বিবেচনা করতে হয়। যেমন–

(১) বিভিন্ন প্রকার মোটর বিভিন্ন ধরনের কাজের উপযোগী। তাই যে মোটর স্থাপন করা হবে, তা নির্দিষ্ট কাজের উপযোগী কিনা, সেই বিষয়ে প্রথমেই বিবেচনা করা দরকার।

(২) লোড পরিচালনার জন্য যতটা শক্তি প্রয়োজন মোটরের ক্ষমতা তার চেয়ে কিছুটা বেশি হওয়া দরকার।

(৩) মোটরের বিভিন্ন অংশের কন্টিনিউটি, শর্ট সার্কিট, গ্রাউন্ড, ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স, উত্তাপ বৃদ্ধি প্রভৃতি পরীক্ষা করে সন্তোষজনক ফল পাওয়া গিয়াছে কিনা, সে বিষয়ে অনুসন্ধান করতে হবে।

এসব বিষয় পর্যালোচনা করে দেখার পর মোটরটি যদি উপযুক্ত মনে হয় তবেই মোটর স্থাপন করার কাজে এগিয়ে যেতে হবে। মোটর স্থাপনের সময় আবার কয়েকটি বিষয়ের উপর লক্ষ্য রাখতে হবে। যেমন–

(ক) মোটরের যেন কোনো ক্ষতি না হয়, সেজন্য অভিজ্ঞ আর উপযুক্ত লোকের তত্ত্বাবধানে সমস্ত কাজটি সম্পন্ন করতে হবে।

(খ) মোটরের নির্মাতা প্রতিষ্ঠান কর্তৃক প্রদত্ত ম্যানুয়েল অনুযায়ী মোটর সংযোগ দিতে হবে।

(গ) লোড দিয়ে চালু করার আগে মোটর এবং মোটর স্থাপনের কাজ (ওয়্যারিং, আর্থিং ইত্যাদি) পুনরায় পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

(ঘ) মোটর স্থাপন করার পূর্বে অবশ্যই উপযুক্ত মানের ওয়্যারিং করে নিতে হবে।

১৭.৩ । মোটরের নেমপ্লেট তথ্যসমূহ

একটি ইন্ডাকশন মোটরকে যথাযথভাবে স্থাপন করে সঠিকভাবে সংযোগ দিয়ে ব্যবহার করার জন্য তার বেশ কিছু প্রয়োজনীয় তথ্য জানতে হয়। এই সমস্ত প্রয়োজনীয় তথ্য মোটরের নেমপ্লেট থেকে পাওয়া যায়। মোটরের নেমপ্লেট তথ্যসমূহ নিম্নরূপ

(ক) মোটরের প্রকার, (খ) ফেজ; (গ) ক্ষমতা; (ঘ) মোটরের পূর্ণ লোড গতি; (ঙ) রোটর কারেন্ট; (চ) ভোল্টেজ; (ছ) পাওয়ার ফ্যাক্টর; (জ) ফ্রিকোয়েন্সি; (ঝ) সংযোগ; (ঞ) ইনসুলেশনের শ্রেণি; (ট) প্রস্তুতকারক কোম্পানির নাম, (ঠ) ক্রমিক নম্বর ইত্যাদি।

বিভিন্ন প্রস্তুতকারক কোম্পানির নেমপ্লেট তথ্য বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। তবে উপরে উল্লিখিত তথ্যসমূহ সকল মোটরেই থাকে এবং কোনো কোনো মোটরে আরও বেশি তথ্যাদি দেওয়া থাকে, যা সংযোগের জন্য প্রয়োজন হয় না।

১৭.৪ । মোটর চালুকরণে স্টার্টারের প্রয়োজনীয়তা

কোনো মোটর চালু করার মুহূর্তে এর রোটর স্থির থাকে বলে তাতে কোনো ব্যাক ইএমএফ (back emf) থাকে না। তখন রোটর ওয়াইন্ডিংকে একটি ট্রান্সফরমারের শর্ট সার্কিট সম্পন্ন সেকেন্ডারি কয়েলের সাথে তুলনা করা যায়। এই অবস্থায় মোটরের স্টেটর সার্কিটে পুরা ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে তা অধিক সংখ্যক ফ্লাক্স উৎপন্ন করবে। স্থির রোটর কন্ডাক্টর এই সব ফ্লাক্স কর্তন করবে। ফলে রোটর কন্ডাক্টরেও অধিক পরিমাণে কারেন্ট উৎপন্ন হবে, যা রোটর সার্কিটের জন্য ক্ষতিকর। এই স্টার্টিং কারেন্ট ফুললোড কারেন্টের ৫ থেকে ৭ গুণ। এই স্টার্টিং কারেন্টকে নিরাপদ সীমার মধ্যে রেখে মোটর চালু করতে হলে স্টার্টিং-এর সময় এর স্টেটরে কম ভোল্টেজ প্রয়োগ করতে হবে যাতে স্টেটরে কম কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং কম ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। ফলে রোটর কন্ডাক্টর কম পরিমাণে ফ্লাক্স কর্তন করবে এবং তাতে কম পরিমাণে কারেন্ট উৎপন্ন হবে।

মোটরের গতি বৃদ্ধি পেলে এর রোটরে ব্যাক ইএমএফ উৎপন্ন হবে যা স্টার্টিং কারেন্টকে বাধা দেয়। অর্থাৎ স্টার্টিং কারেন্টকে কমিয়ে নিরাপদ সীমার মধ্যে রাখে। তখন স্টেটরে পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলেও আর কোনো অসুবিধা হয় না।

তাই মোটর চালু করার মুহূর্তে এর স্টেটরে কম ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে স্টার্টিং কারেন্টকে নিরাপদ সীমায় রাখার জন্য বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন করতে হয়।

১৭.৫ । মোটর চালু করার বিভিন্ন পদ্ধতির নাম

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতিসমূহ ব্যবহৃত হয়

(ক) পূর্ণ ভোল্টেজ পদ্ধতি

(খ) হ্রাসকৃত ভোল্টেজ পদ্ধতি

(গ) আংশিক ওয়াইন্ডিং পদ্ধতি

(ঘ) রোটর রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি

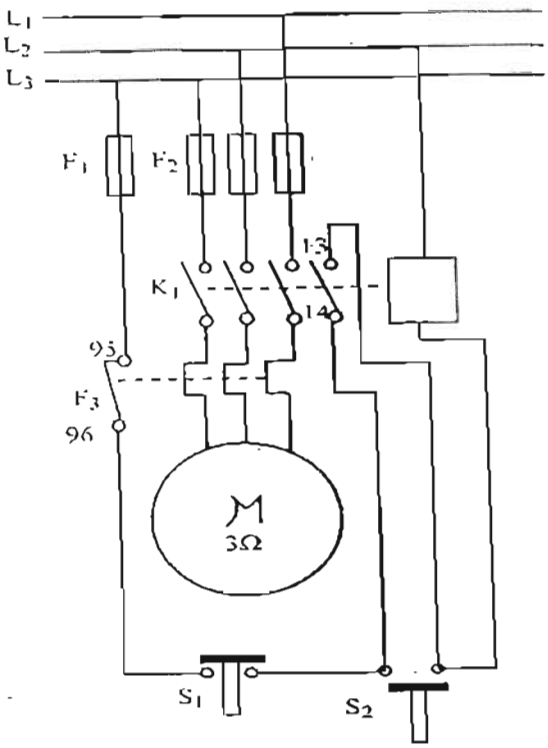
এই পদ্ধতিগুলোর মধ্যে রোটর রেজিস্ট্যান্স শুধু স্লিপ রিং মোটরের ক্ষেত্রে এবং অন্য পদ্ধতিগুলো স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

হ্রাসকৃত ভোল্টেজ পদ্ধতিতে চালু করার সময় মোটরের স্টেটরে লাইন ভোল্টেজের চেয়ে কম ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় এবং মোটর পূর্ণ গতিতে ঘুরতে শুরু করলে স্টেটরে ফুল ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত ব্যবস্থাসমূহ গ্রহণ করা হয় :

(ক) প্রাইমারি রিহোস্টেট পদ্ধতি;
(খ) অটো-ট্রান্সফরমার পদ্ধতি;
(গ) স্টার-ডেল্টা স্টার্টার পদ্ধতি।

১৭.৬। ডিওএল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র :

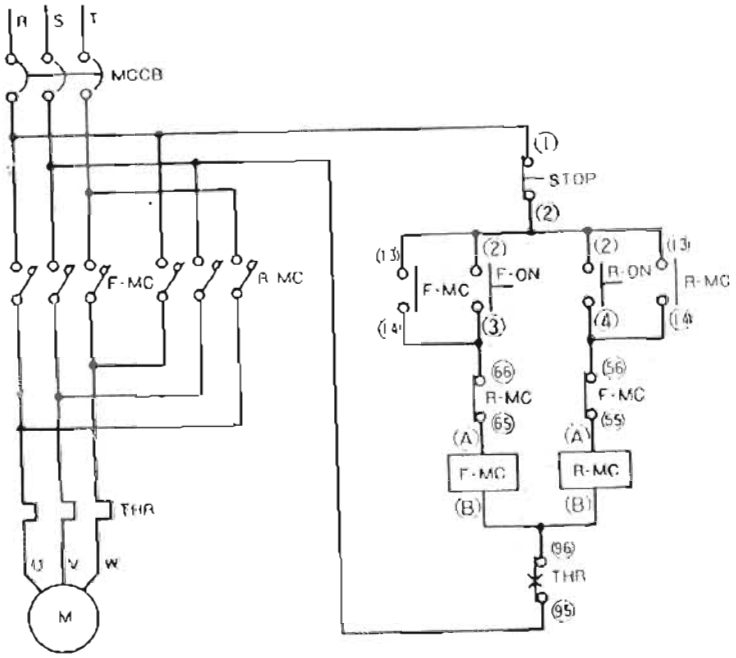
ডিওএল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র নিচে দেখানো হলো–



চিত্র : ডিওএল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র

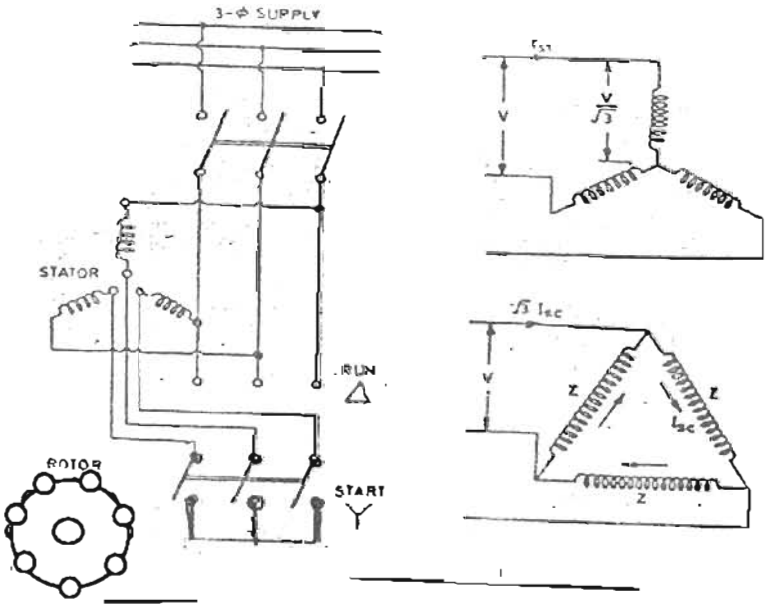
১৭.৭। রিভার্স-ফরওয়ার্ড স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র

রিভার্স-ফরওয়ার্ড স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র নিচে দেওয়া হলো–



চিত্র : রিভার্স-ফরওয়ার্ড স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র

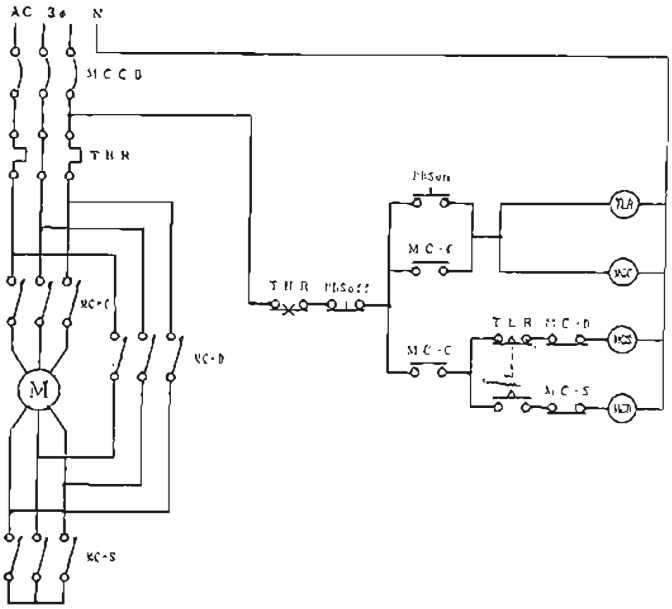
১৭.৮। স্টার ডেল্টা ম্যানুয়েল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র অঙ্কন



চিত্র : স্টার ডেল্টা ম্যানুয়েল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট

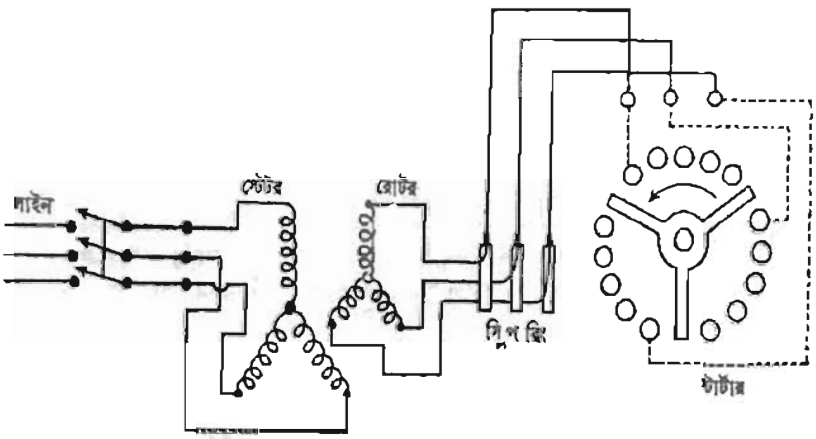
২০২০

১৭.৯ । স্টার ডেল্টা অটোমেটিক স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র



চিত্র : স্টার ডেল্টা অটোমেটিক স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট

১৭.১০ । রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র



১৭.১১ । ওভারলোড রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু হওয়ার সময় পূর্ণ লোড কারেন্টের কয়েক গুণ কারেন্ট গ্রহণ করে যা মোটরের জন্য মারাত্মক ক্ষতিকর। এই কারেন্ট মোটর খুব অল্প সময়ের জন্য নেয় এবং মোটর পূর্ণ গতিতে চলতে শুরু করলে এই কারেন্ট স্বাভাবিক মানে নেমে আসে। তাছাড়া অতিরিক্ত লোডের জন্য মোটর অতিরিক্ত কারেন্ট নেয় এবং মোটর পুড়ে যেতে পারে।

মোটর চালু হওয়ার সময়ে অতিরিক্ত কারেন্ট এবং চলাকালীন সময়ে অতিরিক্ত লোড কারেন্টকে নিরাপদ সীমায় রাখার জন্য স্টার্টারের সাথে ওভারলোড রিলে ব্যবহার করা হয়। এটাকে সাধারণভাবে ওভারলোড বলা হয়। মোটরে অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবাহিত হলে স্টার্টারের কন্টাক্ট খুলে দিয়ে মোটরকে উৎস থেকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়। ফলে মোটর ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা পায়।

১৭.১২। আন্ডার ভোল্টেজ রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

মোটরের জন্য ওভারলোড কারেন্ট যেমন ক্ষতিকর, তেমনি আন্ডার ভোল্টেজও ক্ষতিকর। কোনো কারণে মোটর চালু হওয়ার জন্য যে ভোল্টেজ দরকার, সাপ্লাই ভোল্টেজ তার চেয়ে কম হলে অর্থাৎ সাপ্লাই ভোল্টেজ মোটরের রেটিং অপেক্ষা কম হলে মোটর চালু হবে না বরং অন্য রকম শব্দ করবে। এমনকি মোটর পুরেও যেতে পারে। তখন আন্ডার ভোল্টেজ রিলে সাপ্লাই থেকে মোটরের টার্মিনাল বিচ্ছিন্ন করে দেয়। ফলে মোটর নিরাপদে থাকে। লো-ভোল্টেজজনিত ক্ষতির হাত থেকে মোটরকে রক্ষা করার জন্য স্টার্টারের সাথে আন্ডার ভোল্টেজ রিলে ব্যবহার করা প্রয়োজন।

১৭.১৩। মোটর সংযোজনের জন্য ব্যবহৃত তারের সাইজ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগের জন্য তারের সাইজ নির্ণয় করতে হলে মোটরের নেমপ্লেট হতে ফুললোড কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে।

আবার সরাসরি নেমপ্লেট তথ্য না পাওয়া গেলে মোটরের আউটপুট পাওয়ার ও ভোল্টেজের ভিত্তিতে কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে। এক্ষেত্রে মোটরের দক্ষতা ৮০% এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর ৮৫% ধরে হিসাব করতে হবে।

মোটরের ফুললোড কারেন্ট $I_L = \dfrac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times \cos\theta}$

এখানে. I_L= মোটরের লাইন কারেন্ট।

V_L = মোটরের লাইন ভোল্টেজে

HP = আউটপুট পাওয়ার।

η = মোটরের কর্মদক্ষতা

$\cos\theta$ = পাওয়ার ফ্যাক্টর।

থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু হওয়ার সময় তা স্বাভাবিক পূর্ণলোড কারেন্টের কয়েক গুণ কারেন্ট গ্রহণ করে কিন্তু এই অতিরিক্ত কারেন্ট খুব অল্প সময়ের জন্য নেয়। তাই তারের সাইজ নির্ণয় করার জন্য মোটরের স্টার্টিং কারেন্ট বিবেচনা করার প্রয়োজন হয় না। সাধারণত তারের সাইজ হবে মোটরের ফুললোড কারেন্টের দেড় গুণ। সুইচ বোর্ড ও স্টার্টার হতে মোটরের দূরত্ব বেশি হলে তারের সাইজ হবে মোটর সার্কিটে ব্যবহৃত ফিউজের কারেন্ট বহন ক্ষমতার সমান। মোটরের পূর্ণ লোড কারেন্ট নির্ণয় করে অথবা নেমপ্লেট তথ্য হতে সংগ্রহ করে তারের কারেন্ট বহনক্ষমতার তালিকা হতে তারের সাইজ নির্ণয় করা হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। মোটরের আউটপুটকে সাধারণত কোন এককে প্রকাশ করা হয়?

২। মোটরের ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার ও মেকানিক্যাল পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক কী?

৩। মোটরের প্রধান ৪টি নেমপ্লেট তথ্য উল্লেখ কর।

৪। মোটর চালুকরণে রোটর রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি কোন মোটরের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?

৫। ওভারলোড রিলের কাজ কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওভারলোড রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী?

২। মোটরের ফিউজ রেটিং বলতে কী বোঝ?

৩। রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার চিত্র অঙ্কন কর।

৪। মোটরের নেমপ্লেট তথ্যসমূহ উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্নঃ

১। মোটর চালু করার জন্য বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় কেন?

২। মোটর চালু করার বিভিন্ন পদ্ধতির নাম লিখ।

৩। স্টার-ডেল্টা ম্যানুয়েল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।

৪। ডি ও এল স্টার্টারের সাহায্যে মোটর চালু করার সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।

৫। মোটর সংযোগের জন্য ব্যবহৃত তারের সাইজ নির্ণয় করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

অষ্টাদশ অধ্যায়
মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন

১৮.১। মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপসমূহ

মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হলে নিম্নলিখিত পদক্ষেপসমূহ গ্রহণ করতে হয় :

(ক) তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হলে এর সাপ্লাই লাইনের যে কোনো দুই ফেজের মধ্যে পারস্পরিক সংযোগ পরিবর্তন করে দিতে হবে।

(খ) মোটরের ঘূর্ণনের দিক স্থায়ীভাবে পরিবর্তন করতে হলে এর সাপ্লাই লাইনের সংযোগ স্থায়ীভাবে বদলাতে হবে। আবার মোটরের ঘূর্ণনের দিক বারবার এবং যে কোনো সময় পরিবর্তন করার প্রয়োজন হলে ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনকারী সুইচ বা স্টার্টার ব্যবহার করতে হয়।

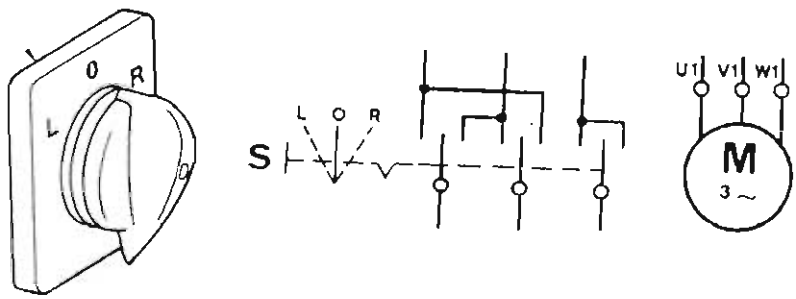
(গ) মোটরের কন্ট্রোল সার্কিটে টাইমার ব্যবহার করে নির্দিষ্ট সময় পরপর এর ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করা যায়।

(ঘ) হালকা লোড বিশিষ্ট মোটরের ঘূর্ণনের দিক সরাসরি পরিবর্তন করা যায় কিন্তু ভারী লোড বিশিষ্ট মোটরকে ব্রেক করে থামিয়ে নিতে হয়।

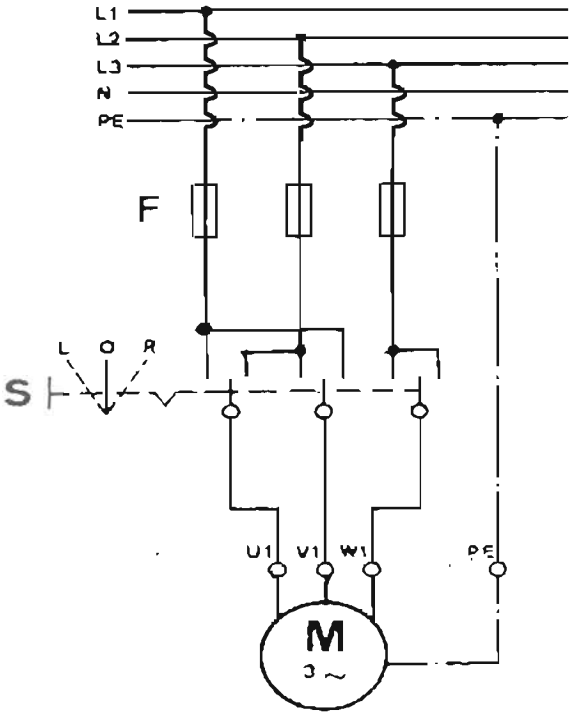
১৮.২। মোটর ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনকারী সুইচের সাহায্যে চালু করার সার্কিট

মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার জন্য তিন অবস্থান বিশিষ্ট তিন পোল সুইচ ব্যবহার করা হয়।

সুইচের 'O' অবস্থানে মোটর বন্ধ থাকে।
'R' অবস্থানে " ডানাবর্তে ঘুরে।
'L' " " বামাবর্তে ঘুরে।



ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনকারী সুইচের সাহায্যে মোটর চালু করার একটি সার্কিট চিত্র নিচে দেখানো হলো–



১৮.৩। মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের প্রতিক্রিয়া

চিত্রে F দ্বারা ফিউজ

S দ্বারা তিন অবস্থান বিশিষ্ট তিন পোল সুইচ

M দ্বারা মোটরকে বোঝানো হয়েছে।

বর্ণনা: সুইচের 'O' অবস্থানে মোটর কোনো সাপ্লাই পায় না। সুইচের 'R' অবস্থানে মোটরের সুইচ কন্টাক্টগুলি ডান পাশে বন্ধ (Close) হয়। ফলে U_1 টার্মিনাল L_2 তে; V_1 টার্মিনাল L_1 এ এবং w_1 টার্মিনাল L_3 তে সংযোগ পাবে এবং মোটর ডানাবর্তে ঘুরবে।

আবার সুইচের L অবস্থানে কন্টাক্টগুলি বাম পাশে বন্ধ (ক্লোজ) হয়। ফলে U_1 টার্মিনাল L_1 এ; V_1 টার্মিনাল L_2 তে এবং w_1 টার্মিনাল L_3 তে সংযোগ পাবে এবং মোটর বামাবর্তে ঘুরবে। এখানে L_1 ও L_2 এর সংযোগ পরস্পরের মধ্যে পবিবর্তন হয়। L_1 ও L_2 এর সাথে সংযুক্ত মোটরের কয়েলে কারেন্ট প্রবাহের দিক পরিবর্তন হয় এবং ফ্লাক্সের দিকও পরিবর্তন হয়। ফলে সম্মিলিত ফ্লাক্সের দিক রিপরীত হয় এবং বিপরীতমুখী টর্ক উৎপন্ন হয়। তাই মোটর বিপরীত দিকে ঘুরে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। তিন ফেজ মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হলে কী করতে হয়?

২। মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার জন্য কত পোল সুইচ ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনকারী সুইচের সাহায্যে মোটর চালু করার একটি সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপগুলো লিখ।

২। মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের প্রতিক্রিয়া বর্ণনা কর।

ঊনবিংশ অধ্যায়
ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি ও প্রতিকার

১৯.১। ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন ত্রুটির তালিকা

ইন্ডাকশন মোটরে প্রধানত তিন ধরণের ত্রুটি হয়ে থাকে।

১। ওয়াইন্ডিং ত্রুটি; ২। অপারেশনাল ত্রুটি; ৩। কম্পেনসেটর ত্রুটি।

১। ওয়াইন্ডিং ত্রুটি : ওয়াইন্ডিং ত্রুটি আবার কয়েক প্রকারের হয়ে থাকে। যেমন :
(ক) গ্রাউন্ড ত্রুটি; (খ) কয়েলের মধ্যস্থিত শর্ট সার্কিট ত্রুটি; (গ) সম্পূর্ণ কয়েলে শর্ট সার্কিট; (ঘ) কয়েল গ্রুপে শর্ট সার্কিট; (ঙ) ওপেন সার্কিট ত্রুটি; (চ) রিভার্স কয়েল ত্রুটি; (ছ) পোল ফেজ গ্রুপ রিভার্স ত্রুটি; (জ) ফেজ রিভার্স ত্রুটি; (ঝ) ভুল গ্রুপিং ত্রুটি।

২। অপারেশনাল ত্রুটি : এই ত্রুটির অন্তর্ভুক্ত ত্রুটিসমূহ হচ্ছে–
(ক) বিয়ারিং ত্রুটি; (খ) ওভারলোড; (গ) লোভোল্টেজ; (ঘ) সিঙ্গেল ফেজিং ত্রুটি; (ঙ) অসম ভোল্টেজ; (চ) লাইন ওপেন সার্কিট।

৩। কমপেনসেটর ত্রুটি : এই ত্রুটির অন্তর্ভুক্ত ত্রুটিসমূহ হচ্ছে–
(ক) অসামঞ্জস্য স্টার্টার; (খ) স্টার্টারের ভুল সংযোগ; (গ) স্টার্টারের কন্ট্রাক্ট ত্রুটি; (ঘ) স্টার্টারের ওভারলোড ত্রুটি; (ঙ) স্টার্টারের ত্রুটিপূর্ণ লোভোল্টেজ রিলিজ কয়েল; (চ) স্টার্টারের কম্পেনসেটিং এলিমেন্ট ত্রুটিপূর্ণ।

১৯.২। ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন ত্রুটির সম্ভাব্য কারণ ও প্রতিকার

ত্রুটি	সম্ভাব্য কারণ	প্রতিকার
গ্রাউন্ড ত্রুটি	স্লটের ইনসুলেশন সঠিকভাবে না বসানো অথবা নষ্ট হতে পারে।	কয়েল তুলে দিয়ে নতুন করে স্লটে ইনসুলেশন দিতে হবে।
কয়েলের মধ্যস্থিত শর্ট সার্কিট	ওয়াইন্ডিং করার সময় কয়েলের তারের ইনসুলেশন হতে পারে।	কয়েল পরিবর্তন করে নতুন কয়েল বসাতে হবে।
সম্পূর্ণ কয়েলে শর্ট সার্কিট	স্লটে কয়েল বসানোর সময় ইনসুলেশন নষ্ট হতে পারে অথবা মোটর চলার সময় অতিরিক্ত উত্তপ্ত হয়ে ইনসুলেশন নষ্ট হতে পারে।	কয়েল পরিবর্তন করে নতুন কয়েল বসাতে হবে।
কয়েল গ্রুপে শর্ট সার্কিট	কয়েল গ্রুপ সংযোগের সময় সংযোগ ভুল হতে পারে।	সংযোগ খুলে আবার সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে।

ওপেন সার্কিট	সংযোগের স্থলে ইনসুলেশন উঠানো হয় নাই অথবা কয়েলের কোনো প্রান্ত সংযোগ করা হয় নাই ।	তারের মাথা ভালোভাবে পরিষ্কার করে আবার সংযোগ দিতে হবে ।
রিভার্স কয়েল	কয়েল গ্রুপ সংযোগ উল্টা হতে পারে ।	সঠিকভাবে কয়েল গ্রুপ সংযোগ করতে হবে
পোল ফেজ গ্রুপ রিভার্স	গ্রুপ সংযোগে ভুল থাকতে পারে ।	গ্রুপ সংযোগ ঠিক করতে হবে ।
ফেজ রিভার্স	টার্মিনাল পোস্টে ফেজের টার্মিনাল উল্টা করে সংযোগ করা হতে পারে ।	টার্মিনাল পোস্টে ফেজের প্রান্ত পরিবর্তন করে সংযোগ করতে হবে ।
ভুল গ্রুপিং	কয়েল গ্রুপের সংযোগ ভুল হতে পারে ।	সঠিকভাবে কয়েল গ্রুপের সংযোগ করতে হবে ।
বিয়ারিং নড়বড়ে হয়ে যাওয়া	অনেক দিন ব্যবহার করা হয়ে থাকতে পারে অথবা বেল্ট অতিরিক্ত টানযুক্ত ।	বিয়ারিং পরিবর্তন করতে হবে ।
বিয়ারিং আটকে যাওয়া	গ্রিজ শুকিয়ে যেতে পারে অথবা বিয়ারিং এর বল ভেঙে যেতে পারে	বিয়ারিং পরিষ্কার করে গ্রিজ দিতে হবে অথবা পরিবর্তন করতে হবে ।
ওভারলোড	মোটরের মেকানিক্যাল লোড বেশি হতে পারে অথবা বুশ, বিয়ারিং নষ্ট হতে পারে	লোড কমিয়ে দিতে হবে অথবা বুশ, বিয়ারিং বদলাতে হবে ।
লো ভোল্টেজ	লাইনে ভোল্টেজ ড্রপ বেশি হতে পারে অথবা ব্যবহৃত তারের সাইজ কম ।	তার পরিবর্তন করে মোটা তার লাগাতে হবে ।
সিঙ্গেল ফেজিং	লাইনের একটা ফিউজ পুড়ে যেতে পারে	লাইনের ফিউজ পরিবর্তন করে দিতে হবে ।
অসম ভোল্টেজ	লাইনের একটি ফেজে আর্থ লিকেজ হতে পারে	লাইনের লিকেজ দূর করতে হবে ।
লাইন ওপেন সার্কিট	লাইনের ফিউজ পুড়ে যেতে পারে সিবি পড়ে যেতে পারে ।	ফিউজ পরিবর্তন করে দিতে হবে অথবা সিবি তুলে দিতে হবে ।
স্টার্টারের ভুল সংযোগ	সংযোগের ক্ষেত্রে অসাবধানতা	সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে ।
স্টার্টারের কন্ট্রাক্ট ত্রুটি	স্পার্ক-এর কারণে কন্টাক্ট ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে ।	কন্টাক্ট পরিবর্তন করে অথবা স্টার্টার পরিবর্তন করে দিতে হবে ।
স্টার্টারের ওভারলোড ত্রুটিপূর্ণ	ওভালোডের কন্টাক্ট পয়েন্ট ক্ষতিগ্রস্ত থাকতে পারে ।	ওভারলোড পরিবর্তন করে দিতে হবে ।
স্টার্টারের নো-ভোল্টেজ ত্রুটিপূর্ণ	নো-ভোল্টেজ রিলিজ কয়েল নষ্ট থাকতে পারে ।	কয়েল পরিবর্তন করে দিতে হবে ।
স্টার্টারের কম্পেনসেটিং	অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবাহের কারণে পুড়ে যেতে পারে ।	কম্পেনসেটিং পরিবর্তন করে দিতে হবে ।
এলিমেন্ট ত্রুটিপূর্ণ (রেজিস্ট্যান্স/ অটোট্রান্সফরমার)	রেজিস্ট্যান্স অথবা অটোট্রান্সফরমারের কয়েল নষ্ট হতে পারে ।	রেজিস্ট্যান্স অথবা অটোট্রান্সফরমার পরিবর্তন করে দিতে হবে ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইন্ডাকশন মোটরের ওয়াইন্ডিং-এ গ্রাউন্ড ত্রুটির কারণ কী?

২। ওয়াইন্ডিং-এ শর্ট সার্কিট ত্রুটির কারণ কী?

৩। ওয়াইন্ডিং-এ কয়েল গ্রুপ শর্ট সার্কিট ত্রুটির কারণ কী?

৪। ওয়াইন্ডিং-এ রিভার্স কয়েল ত্রুটির কারণ কী?

৫। ওয়াইন্ডিং-এ ফেজ রিভার্স ত্রুটি কী কারণে হয়?

৬। ওয়াইন্ডিং-এ ফেজ রিভার্স ত্রুটির প্রতিকার কী?

৭। ওয়াইন্ডিং-এ সিঙ্গেল ফেজিং ত্রুটি কেন হয়?

৮। ওয়াইন্ডিং-এ সিঙ্গেল ফেজিং ত্রুটির প্রতিকার কী?

৯। ইন্ডাকশন মোটরের স্টার্টারে কন্টাক্ট ত্রুটির কারণ কী?

১০। ইন্ডাকশন মোটরের স্টার্টারের কন্টাক্ট ত্রুটির প্রতিকার কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইন্ডাকশন মোটরের ওয়াইন্ডিং-এর প্রধান ত্রুটি কয়টি ও কী কী?

২। ইন্ডাকশন মোটরের অপারেশনাল ত্রুটিগুলির একটি তালিকা তৈরি কর।

৩। ইন্ডাকশন মোটরে সংঘটিত কম্পেনসেটর ত্রুটিগুলির একটি তালিকা তৈরি কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ইন্ডাকশন মোটরে সংঘটিত দশটি ত্রুটির সম্ভাব্য কারণ ও প্রতিকার উল্লেখ কর।

বিংশ অধ্যায়
তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর রিওয়াইন্ডিং

২০.১। মোটরের গঠন

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের প্রধান অংশ ২টি যথা- (১) স্টেটর বা স্থির অংশ, (২) রোটর বা ঘূর্ণায়মান অংশ। স্টেটর : মোটরের যে অংশ স্থির থাকে, তাকে স্টেটর বা স্থির অংশ বলে। আর যে অংশ ঘুরে তাকে রোটর বা ঘূর্ণায়মান অংশ বলে।

স্টেটর : স্টেটরের প্রধান অংশ ২টি।
(ক) ইয়ক এবং (খ) আর্মেটার।
ইয়ক মোটরের সর্ব বাইরের অংশ যার আকার অনেকটা ড্রামের মতো। ইয়কের নিচের ভাগে আছে বেড প্লেট যার উপর ইয়ক ভর দিয়ে ইয়কের অভ্যন্তরে ওয়াইন্ডিংসহ আর্মেটার বসানো থাকে। আর্মেচারের মূল অংশ আর্মেচার কোর, যা পাতলা সিলিকন স্টিলের পাত দিয়ে তৈরি। এই কোরে স্লট কাটা থাকে যার মধ্যে ওয়াইন্ডিং কয়েল স্থাপন করে আর্মেচার ওয়াইন্ডিং করা হয়।

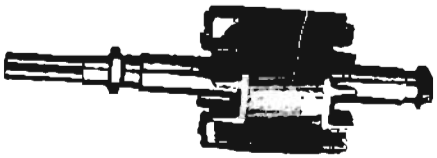
ইয়কের দুই পাশে দুটো এন্ড শিল্ড বা সাইড কভার থাকে এবং এর কেন্দ্রে বিয়ারিং বসানো থাকে। ইয়কের এক পাশে থাকে টার্মিনাল বক্স।

রোটর : তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে দুই ধরনের রোটর ব্যবহার করা হয়। (ক) স্কুইরেল কেজ রোটর,

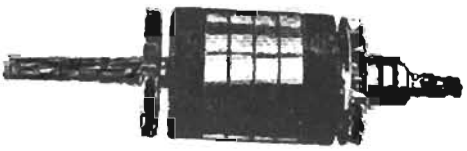
(খ) স্লিপ রিং বা উন্ড কেজ রোটর।
রোটরের সর্ব ভিতরের অংশ রোটর শ্যাফট ইস্পাতের তৈরি যার সাথে রোটর কোরকে কি বার দিয়ে আটকানো হয়। রোটর কোর নলাকৃতির হয় এবং সিলিকন স্টিলের পাতলা পাত স্টামিং করে তৈরি করা হয়। কোরের গায়ে স্লট কাটা থাকে।

স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের রোটরে স্লটের মাঝখানে স্থাপিত রোটর কন্ডাক্টরগুলিকে দুইপাশে দুটো রিং দ্বারা শর্ট করা থাকে। বাস্তব ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ কোরকে একটি ছাঁচে বসিয়ে গলিত অ্যালুমিনিয়াম ঢেলে রোটর কন্ডাক্টর তৈরি করা হয়।

স্লিপ রিং টাইপ রোটর হলে রোটর কোরের স্লটে স্টেটর আর্মেচারের মতো তিন ফেজ ওয়াইন্ডিং করা হয়। তিন ফেজ কয়েল স্টারে সংযোগ করে স্টার পয়েন্ট ওয়াইন্ডিং হেডে রেখে দিয়ে অপর তিনটি টার্মিনাল স্লিপ রিং-এ সংযোগ করা হয়। নিচের চিত্রে একটি স্কুইরেল কেজ রোটর ও একটি স্লিপ রিং টাইপ রোটর দেখানো হলো–



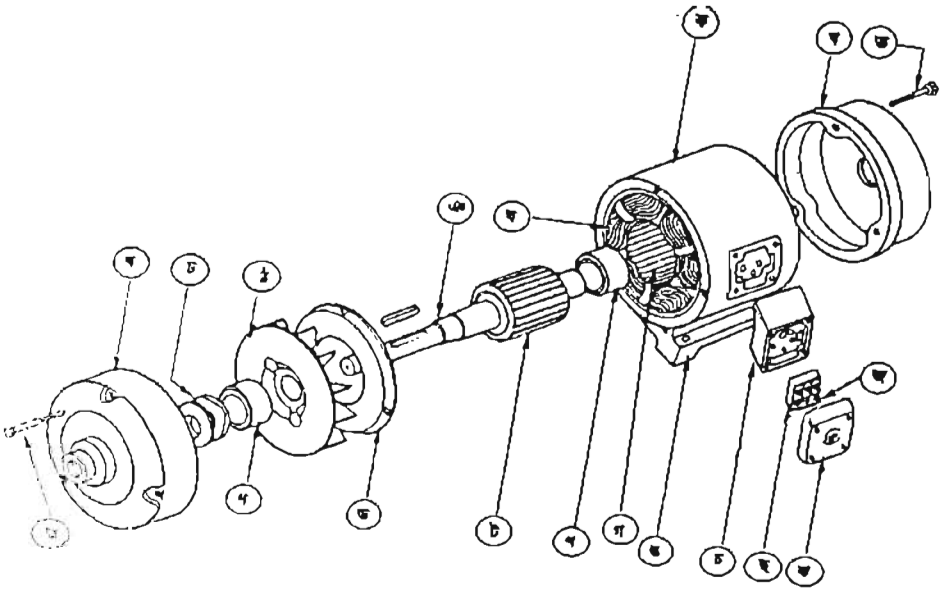
স্কুইরেল কেজ রোটর



স্লিপ রিং টাইপ রোটর

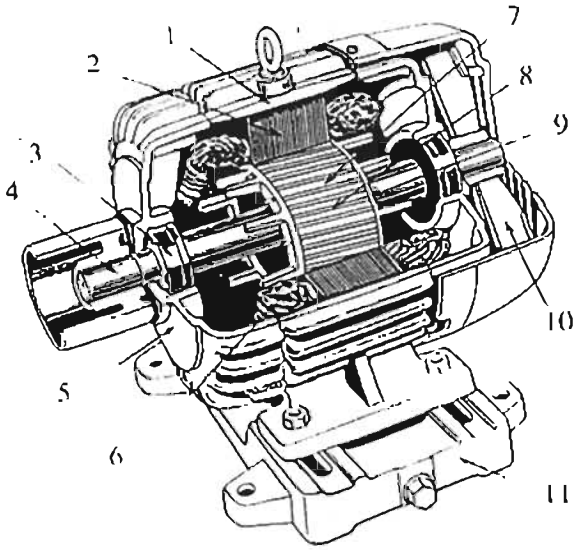
নিচের চিত্রে একটি ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–

ক. ইয়ক, খ. এন্ড শিল্ড, গ. আর্মেচার কোর, ঘ. আর্মেচার ওয়াইন্ডিং, ঙ. বেড প্লেট, চ. টার্মিনাল বক্স, ছ. টার্মিনাল ব্লক, জ. টার্মিনাল পোস্ট, ঝ. টার্মিনাল বক্স কভার. ঞ. রোটর শ্যাফট, ট. রোটর কোর, ঠ. কুলিং ফ্যান, ড. শিল্ড, ঢ. থ্রি লোডিং রিং, ণ. বিয়ারিং, ত. বোল্ট, থ. ব্রাশ



২০.২। মোটরের বিভিন্ন অংশ খুলে পৃথক করার পদ্ধতি

নিচে একটি সেকশনকৃত মোটরের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–



1. ফ্রেম (Frame)
2. স্টেটর কোর (Stator core)
3. বিয়ারিং (Bearing)
4. শ্যাফট (Shaft)
5. ব্রাকেট (Bracket)
6. স্টেটর কয়েল (Stator coil)
7. রোটর কোর (Rotor core)
8. রোটর কন্ডাকটর (Conductor)
9. শর্ট রিং (Short ring)
10. ফ্যান (Fan)
11. বেস (Base)

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির সাহায্যে মোটরের বিভিন্ন অংশ সাবধানতার সাথে খুলে পৃথক করতে হবে। নিচে বর্ণিত ধারা অনুসরণ করে বিভিন্ন অংশ খুলতে হবে।

১। শ্যাফট হতে পুল খুলতে হবে।
২। পাখার ঢাকনা খুলতে হবে।
৩। কুলিং ফ্যান খুলতে হবে।
৪। লোডের উল্টা দিকের ব্রাকেট খুলতে হবে।
৫। লোডের দিকের ব্রাকেট খুলতে হবে।
৬। স্টেটর হতে রোটর বের করতে হবে।
৭। রোটর একসেল হতে রিয়ারিং খুলতে হবে।
৮। টার্মিনাল বক্স খুলতে হবে।
৯। রোটর একসেলের উপর বিয়ারিং রাখতে হবে।
১০। অগ্রণী তার টেনে বের করতে হবে।

মোটরের বিভিন্ন অংশ খুলে নির্দিষ্ট জায়গায় ভালোভাবে রাখতে হবে যাতে না হারায়। প্রয়োজন হলে বিভিন্ন অংশ নাম্বারিং করে রাখতে হবে।

২০.৩। মোটরের পোলের সংখ্যা ও ঘূর্ণন গতির সম্পর্ক

ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ এর পোল সংখ্যা এবং সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সির উপর নির্ভরশীল। মোটরের সিনক্রোনাস স্পিড $N_s = \frac{120f}{p}$ এবং রোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ $N_r = N_s(1- S)$; রোটরের গতিবেগ সব সময়ই সিনক্রোনাস স্পিড অপেক্ষা কম হয়। মোটরের গায়ে যে গতিবেগ লেখা থাকে তা অবশ্যই রোটর স্পিড। মোটরের রোটর স্পিড টেকোমিটারের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। সিনক্রোনাস স্পিড ও রোটর স্পিড কে rpm প্রকাশ করা হয়। মোটরের পোল সংখ্যা সব সময়ই জোড় সংখ্যা নিতে হয়।

২০২০

২০.৪ । মোটরের মোট স্লট সংখ্যা নির্ণয়

মোটরের বিভিন্ন অংশ খুলে পৃথক করার পর আর্মেচার থেকে পুরাতন কয়েলগুলো খুলে পৃথক করতে হবে। তারপর আর্মেচার স্লটগুলো ভালোভাবে পরিষ্কার করে নিয়ে গুণে গুণে স্লট সংখ্যা নির্ণয় করতে হবে। স্লট সংখ্যা সব সময়ই জোড় সংখ্যায় হয়ে থাকে। স্লট সংখ্যা = ওয়াইন্ডিং পিচ × পোল সংখ্যা।

২০.৫ । মোটরের পোল পিচ নির্ণয়

আর্মেচারের মোট স্লট সংখ্যা ও পোল সংখ্যার অনুপাতকে পোল পিচ বলে।

পোল পিচ = $\frac{S}{P}$;

S = স্লট সংখ্যা

P = পোল সংখ্যা

২০.৬ । মোটরের ওয়াইন্ডিং পিচ ও ফেজ অ্যাঙ্গেল নির্ণয়

বিভিন্ন প্রকার একক দ্বারা ওয়াইন্ডিং পিচ বের করা যায়।

ওয়াইন্ডিং পিচ : ওয়াইন্ডিং পিচ স্লট = স্লট সংখ্যা ÷ পোল সংখ্যা।

ওয়াইন্ডিং পিচ ডিগ্রি = ১৮০° × পোল সংখ্যা × ওয়াইন্ডিং পিচ স্লট ÷ সম্পূর্ণ স্লট সংখ্যা।

ওয়াইন্ডিং পিচ ইঞ্চি = ওয়াইন্ডিং পিচ স্লট × বাহুর পরিধি ÷ সম্পূর্ণ স্লট সংখ্যা।

তিন ফেজ মোটরের ওয়াইন্ডিং কয়েল ১২০° অ্যাঙ্গেলে বসবে।

ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি = ৩৬০° × জোড়া পোল সংখ্যা

স্লট / ডিগ্রি = ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি / স্লট সংখ্যা; ফেজ অ্যাঙ্গেল/ফেজ দূরত্ব= ১২০°/ (স্লট/ডিগ্রি)

২০.৭ । মোটরের কয়েল স্প্যান নির্ণয়

আর্মেচারের একটি কয়েলের দুইটি কন্ডাক্টরের মধ্যবর্তী দূরত্বকে কয়েল স্প্যান বলে। কয়েল স্প্যানকে y_s দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর পরিমাণ স্লট দূরত্বে নির্দেশ করা হয়।

ফুল পিচ ওয়াইন্ডিং এর ক্ষেত্রে স্প্যান পোল পিচের সমান হয় এবং ফ্রেকশনাল পিচ ওয়াইন্ডিং-এর ক্ষেত্রে কয়েল স্প্যান পোল পিচ অপেক্ষা কম হয়। আবার সিঙ্গেল লেয়ার ওয়াইন্ডিং হলে কয়েল স্প্যান বিজোড় হতে হয়।

কয়েল স্প্যান $y_s = \frac{S}{P} \pm 1$

এখানে, y_s = কয়েল স্প্যান

S = স্লট সংখ্যা

P = পোল সংখ্যা,

২০২০

২০.৮ । ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম অংকন করার পদক্ষেপসমূহ নিম্নরূপ

১ । পোল পিচ নির্ণয় করা, ২ । কয়েল স্প্যান নির্ণয় করা; ৩ । কয়েল সংখ্যা নিরূপণ করা,

৪ । কয়েল গ্রুপ বা পোল ফেজ নির্ণয় করা; ৫ । ফেজ গ্রুপ নির্ণয়; ৬ । ফেজ দূরত্ব নির্ণয় করা;

৭ । কয়েল স্থাপন করা, ৮ । কয়েল গ্রুপ সংযোগ করা; ৯ । ফেজ গ্রুপ সংযোগ করা, ১০ । টার্মিনাল চিহ্নিত করা ।

উদাহরণ-১ । একটি ২৪ স্লট ৪ পোল ৩ ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সিঙ্গেল লেয়ার আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর ।

প্রয়োজনীয় তথ্যের হিসাব নিম্নরূপ :

ফেজ সংখ্যা = ৩

পোল সংখ্যা p = ৪

স্লট S = ২৪

১ । কয়েল সংখ্যা = স্লট $\times \frac{1}{2} = 24 \times \frac{1}{2} = 12$ (সিঙ্গেল লেয়ার ওয়াইন্ডিং-এর ক্ষেত্রে কয়েল সংখ্যা হবে স্লট সংখ্যার অর্ধেক)

২ । কয়েল গ্রুপ = পোল সংখ্যা × ফেজ সংখ্যা = ৪ × ৩ = ১২

৩ । কয়েল/ গ্রুপ = ১২ ÷১২ = ১

৪ । পোল পিচ $= \frac{S}{P} = \frac{24}{4} =$ ৬

৫ । কয়েল স্প্যান $y_s = \frac{S}{P} \pm 1 = \frac{24}{4} \pm 1 = 6 - 1 = 5$

মোটরের ওয়াইন্ডিং কয়েল ১২০° অ্যাঙ্গেলে বসবে ।

ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি = ৩৬০° × জোড়া পোল সংখ্যা = ৩৬০° × ২ = ৭২০°

স্লট / ডিগ্রি = ৭২০° / ২৪ = ৩০°

ফেজ অ্যাঙ্গেল = ১২০°/ ৩০° = ৪°

কয়েল / ফেজ = ১২/৩ = ৪

ফেজ দূরত্ব = (৬ × ১২০) / ১৮০ = ৪,

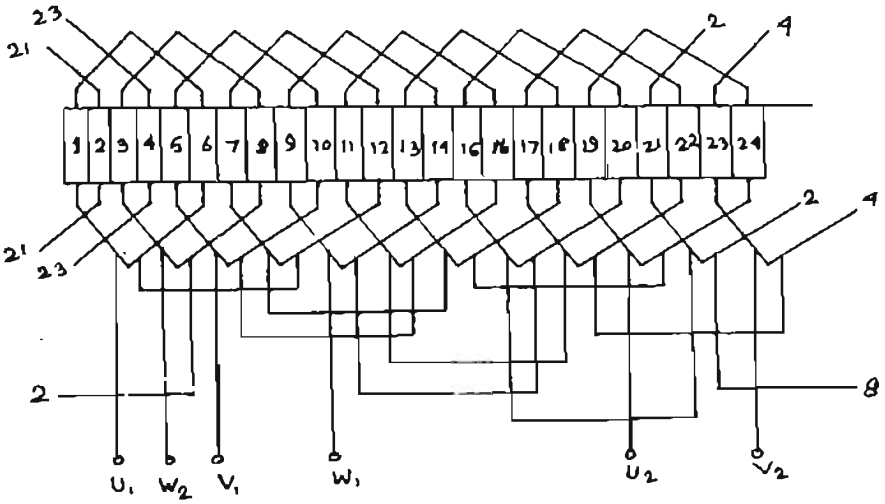
ফেজ U স্লট নং ১ হতে শুরু হলে ফেজ V ৫ নং এবং ফেজ W ৯ নং স্লট হতে শুরু হবে ।

কয়েল-এর অবস্থান

১ নং হতে ৬ নং এ	১৩ নং হতে ১৮ নং এ
৩নং হতে ৮ নং এ	১৫ নং হতে ২০নং এ
৫নং হতে ১০ নং এ	১৭নং হতে ২২ নং এ
৭নং হতে ১২ নং এ	১৯ নং হতে ২৪ নং এ
৯নং হতে ১৪নং এ	২১ নং হতে ২ নং এ
১১ নং হতে ১৬নং এ	২৩নং হতে ৪ নং এ

২০২০

নিচে ডেভেলপড ওয়াইন্ডিং চিত্র দেখানো হয়েছে।



উদাহরণ-২। একটি ২৪ স্লট ৪ পোল ৩ ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডবল লেয়ার আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর (ফুলপিচ ওয়াইন্ডিং)।

প্রয়োজনীয় তথ্যের হিসাব নিম্নরূপ :

ফেজ সংখ্যা = 3

পোল সংখ্যা p = 4

স্লট S = 24

পোল পিচ $y_p = \frac{24}{4} = 6$; কয়েল স্প্যান $y_s = \frac{24}{4} = 6$

কয়েল সংখ্যা = 24, (ডাবল লেয়ার ওয়াইন্ডিং এর ক্ষেত্রে কয়েল সংখ্যা হবে স্লট সংখ্যার সমান)

কয়েল গ্রুপ = $24 / (4 \times 3) = 2$

কয়েল/ফেজ = 24/3 = 8

ফেজ দূরত্ব = $(6 \times 120)/ 180 = 4$

সুতরাং, ফেজ U স্লট নং ১ হতে শুরু হলে ফেজ V ৫ নং এবং ফেজ W ৯নং স্লট হতে শুরু হবে।

কয়েল স্থাপন হবে–

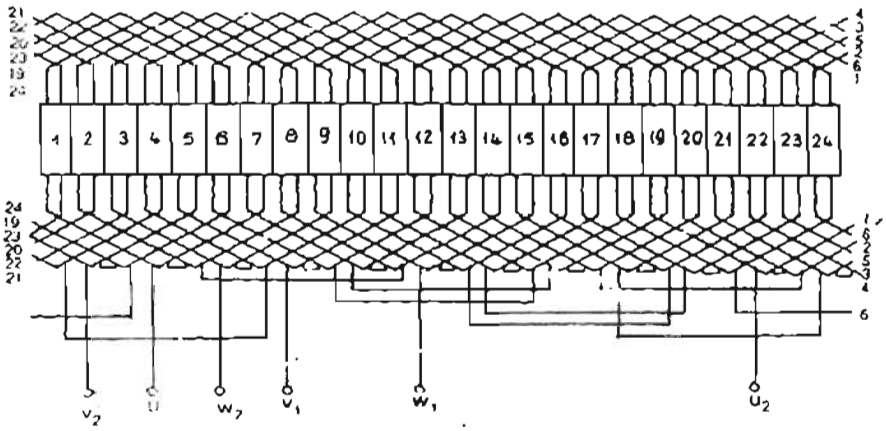
১ নং হতে ৭ নং এ

২ নং হতে ৮ নং এ

৩ নং হতে ৯ নং এ

৪ নং হতে ১০ নং এ, এইভাবে চলতে থাকবে।

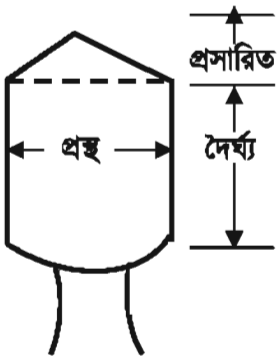
পরের পৃষ্ঠায় ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম দেখানো হয়েছে।



২০.৯। কয়েল তৈরির পদ্ধতি

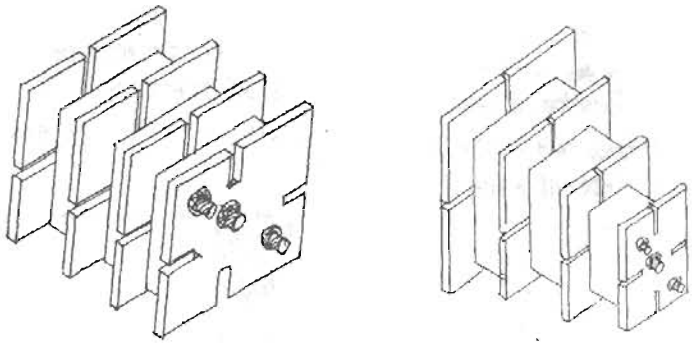
১। পুরাতন কয়েলের মাপ অনুযায়ী কয়েলের সাইজ নির্ণয় করতে হবে। পুরাতন কয়েল না পাওয়া গেলে তাত্ত্বিক নিয়ম অনুযায়ী আর্মেচার খাঁজ বা স্লটের তলদেশ বরাবর কয়েল স্প্যানের পরিমাণ মেপে কয়েলের দৈর্ঘ্য এমন নিতে হবে যেন তা স্লটের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা ৫ সেমি বেশি এবং প্রস্থ কয়েল স্প্যানের সমান হয় এবং মাঝখানে ১৯ মিমি প্রসারিত হয়।

নিচের চিত্রে তা দেখানো হলো :



২। কয়েলের মাপ অনুযায়ী কাঠের বাঁধন তৈরি করতে হবে।

মালটি কয়েল ববিন হলে প্রতিটি কয়েলের জন্য একটি ববিন হবে এবং প্রতিটি বাঁধনের দুই পাশে পার্শ্ব প্যানেল থাকবে।



৩। ফ্লাইং নাট ও বোল্টের সাহায্যে ববিনকে পার্শ্ব প্যানেলের সাথে দৃঢ়ভাবে আটকাতে হবে যেন ববিন ও পাশ ও পার্শ্ব প্যানেলের সঙ্গে কোনো ফাঁকা না থাকে। একে কয়েল ফর্মা বল বলা হয়।

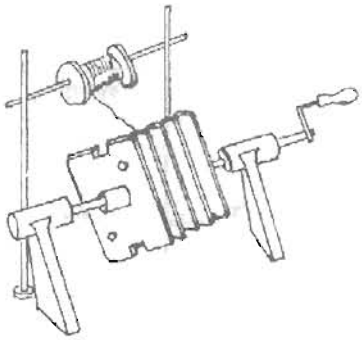
৪। কয়েল ফর্মাকে ওয়াইন্ডিং মেশিনের এক্সেলের মাঝে বসিয়ে আটকাতে হবে।

৫। ববিনের দুই পাশে প্যানেলের খাঁজে দুই খন্ড সুতা স্থাপন করে সুতা খণ্ডদ্বয়ের প্রান্ত গিঁট দিকে হবে।

৬। তারের রিলকে ওয়াইন্ডিং মেশিনের পাশে রিল হোল্ডারে স্থাপন করতে হবে এবং তারের প্রান্ত টেনে নিয়ে ববিনের পাশে আটকাতে হবে।

৭। ওয়াইন্ডিং মেশিনের হাতল ঘুরিয়ে ববিনে কয়েল প্যাঁচাতে হবে।

৮। প্রয়োজনীয় সংখ্যক প্যাঁচ পূর্ণ হলে কয়েলের দুই পাশ সুতা দিয়ে বেঁধে নিয়ে ফর্মার নাট খুলে ফর্মা থেকে কয়েল বের করে নিতে হবে।



২০.১০। কয়েল বসানোর পদ্ধতি

কয়েল বসানো বলতে স্লটে ইনসুলেশন দেওয়া, কয়েল স্থাপন করা, কয়েল আটকানো এবং কয়েল সংযোগ করার পূর্ণ কাজকে বোঝায়। আবার কোনো কোনো ক্ষেত্রে চারটি কাজকে আলাদাভাবে বিবেচনা করা হয়।

স্লট ইনসুলেশন দেওয়া

স্লট ইনসুলেশনের জন্য লেদার ওয়েজ পেপারের ফালি ব্যবহার করা হয়। প্রতিটি ফালির দৈর্ঘ্য হতে হবে স্লটের দৈর্ঘ্যের চেয়ে ১২ মিমি বেশি এবং প্রস্থ হবে স্লটের গভীরতার দ্বিগুণের চেয়ে সামান্য বেশি যাতে পেপারটি স্লটের ভিতরের দিকে পাশে প্যাঁচে বসালে সম্পূর্ণ পাশ ঢাকতে পারে কিন্তু মুখ দিয়ে বেরিয়ে না আসে।

প্রথমে একটি ফালি কেটে তার দৈর্ঘ্যের দিকে উভয় প্রান্তে ৩ মিমি ভাঁজ করে একটি কাঠিতে অথবা স্ক্রু ড্রাইভারের সাথে চেপে ধরে সাইজ করে নিয়ে স্লটে বসিয়ে দেখে নিতে হবে। সঠিক সাইজ নিশ্চিত হলে প্রয়োজনীয় সংখ্যক ফালি কেটে ভাঁজ করে স্লটে স্থাপন করতে হবে।

স্লটে কয়েল স্থাপন করা

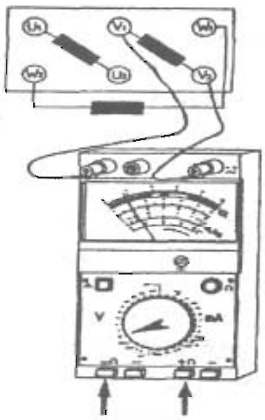
স্লট ইনসুলেশনকে স্লটের মধ্যে চেপে বসিয়ে নিতে হবে। তারপর কয়েলের তার অল্প অল্প করে স্লটের মধ্যে ঢুকিয়ে ইনসুলেশনের মাঝে স্থাপন করতে হবে। এ সময় বাঁশের পাতলা কাঠি দিয়ে টেনে তারগুলোকে সমান্তরাল রাখতে হবে। সম্পূর্ণ তার বসানো হলে কয়েল ড্রিফট দিয়ে চেপে স্লটের মুখ ওয়েজ পেপার বসানোর জন্য প্রস্তুত করতে হবে।

কয়েল আটকানো : উপযুক্ত সাইজের ওয়েজ পেপার/ওয়েজ বার ঢুকিয়ে স্লটের মুখ বন্ধ করে দিতে হবে।

২০.১১। কয়েলের পোলারিটি পরীক্ষা করার পদ্ধতি

তিন ফেজ মোটরের প্রতি ফেজের শুরু টার্মিনাল এবং শেষ টার্মিনাল যথাযথভাবে টার্মিনাল পোস্টে সংযোগ করা হয়েছে কি না, তা পরীক্ষা করার জন্য এই টেস্ট করা হয়। পোলারিটি টেস্টেও ধাপসমূহ নিম্নে দেওয়া হলো–

(ক) পোলারিটি টেস্টের জন্য সাপ্লাই হিসাবে চারটি ডি-সাইজ ড্রাইসেল সিরিজে সংযোগ করে নিতে হবে। অথবা একটি 6v ব্যাটারি ব্যবহার করা যায়।

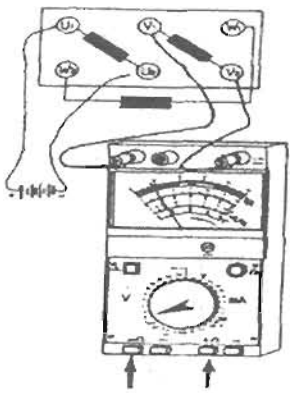


(খ) অ্যাভোমিটারের সিলেকটর ডিসি 3v রেঞ্জে স্থাপন করে তার পজিটিভ টার্মিনাল মোটরের B_2 অথবা V_2 অর্থাৎ দ্বিতীয় ফেজের শেষ প্রান্তের টার্মিনালে এবং নেগেটিভ টার্মিনাল B_1 অথবা V_1 অর্থাৎ কয়েলের শুরুতে প্রান্তের টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে।

(গ) ব্যাটারির পজিটিভ টার্মিনালকে মোটরের A_1 অথবা U_1 অর্থাৎ প্রথম ফেজের শুরুর প্রান্তের টার্মিনালে সংযোগ করতে হয়।

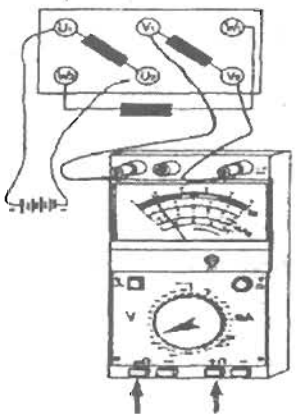
২০২০

(ঘ) ব্যাটারির নেগেটিভ টার্মিনালে একটি তার সংযোগ করে ঐ তারের অপর প্রান্তকে A_2 অথবা U_2 অর্থাৎ প্রথম ফেজের শেষ প্রান্তের টার্মিনালে স্পর্শ করাতে হবে এবং সাথে সাথে মিটারের কাঁটার দিকে লক্ষ্য করতে হবে। মিটারের কাঁটা সম্মুখ দিকে বিক্ষেপ দেখালে B_1 B_2 অথবা Y_1 Y_2 টার্মিনাল ঠিক আছে বলে ধরে নেওয়া হয়।



(ঙ) ব্যাটারির নেগেটিভ টার্মিনালের তারকে A_2 অথবা U_2 এর স্পর্শ হতে বিচ্ছিন্ন করতে হবে। এ সময় দেখা যাবে মিটারের কাঁটা উল্টাদিকে বিক্ষেপ দেয়।

(চ) মিটারকে B_1 এবং B_2 টার্মিনাল হতে খুলে নিয়ে পজেটিভ টার্মিনাল মোটরের C_2 অথবা W_2 অর্থাৎ তৃতীয় ফেজের শেষ প্রান্তের টার্মিনালে এবং নেগেটিভ টার্মিনাল মোটরের C_1 অথবা W_1 অর্থাৎ তৃতীয় ফেজের শুরুর প্রান্তের টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে।

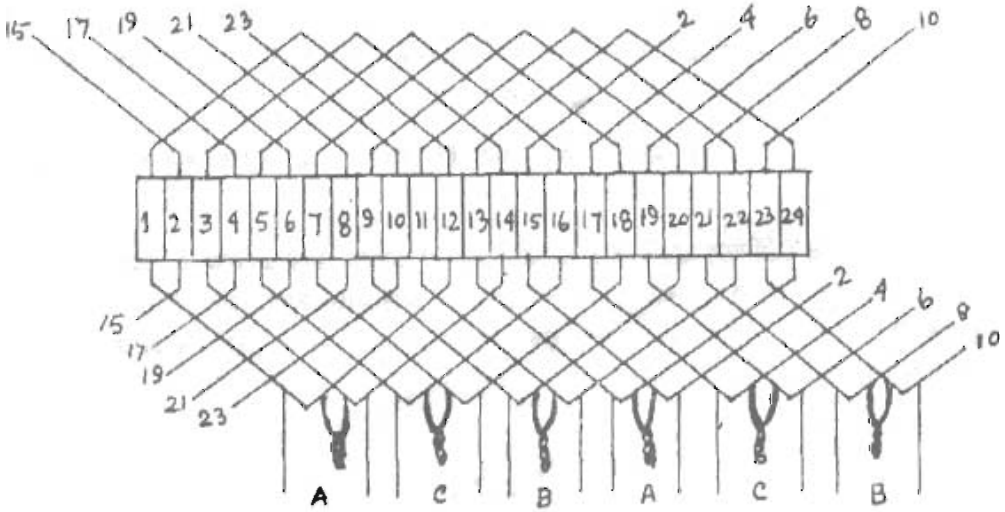


(ছ) ব্যাটারির নেগেটিভ টার্মিনালের প্রান্তকে A_2 অথবা U_2 অর্থাৎ প্রথম ফেজের শেষ প্রান্তের টার্মিনালে স্পর্শ করাতে হবে এবং সাথে সাথে মিটারের কাঁটার দিকে লক্ষ্য করতে হবে। মিটারের কাঁটা সম্মুখ দিকে বিক্ষেপ দেখালে C_1 C_2 অথবা W_1 W_2 টার্মিনাল সঠিক আছে বলে ধরে নিতে হবে।

২০.১২ । কয়েল গ্রুপ কানেকশন ও ফেজ কানেকশন

স্থায়ীভাবে সংযোগ করার পূর্বে তারের প্রান্তগুলি ছুরি বা এমারি পেপারের সাহায্যে ঘষে তারের এনামেলগুলি পরিষ্কার করতে হবে। তারপর প্রতিটি প্রান্তে ৫ সেমি হতে ১০ সেমি লম্বা, ৩ মিমি ব্যাসের এক টুকরা অ্যাম্পিয়ার টিউব ঢুকিয়ে রাখতে হবে।

প্রয়োজনীয় সংখ্যক কয়েলকে সিরিজে সংযোগ করে কয়েল গ্রুপ বা পোলার গ্রুপ বা পোল ফেজ গ্রুপ তৈরি করে নিতে হবে। কয়েল গ্রুপের সংখ্যা পোল সংখ্যার তিন গুণ হবে। ফেজ গ্রুপের কয়েল গ্রুপগুলোকে সংযোগ করে ফেজ টার্মিনাল বের করতে হবে এবং টার্মিনাল বক্সে সংযোগ করতে হবে।



২০.১৩ । কয়েলের সাইডগুলি বাঁধার পদ্ধতি

সকল সংযোগ কাজ শেষ হলে সংযোগকৃত সকল তার যেটি যেখানে রাখলে সুবিধা হয় সেভাবে ভাঁজ করে রাখতে হবে। ছয়টি চিহ্নিত টার্মিনাল প্রান্ত বক্সের তলার ছিদ্র দিয়ে টার্মিনাল বক্সে নিয়ে আসতে হবে। এখন একটি সুতা বা কটন টেপের সাহায্যে দুই প্রান্তের কয়েল হেডগুলির মধ্যে গ্রুপ ইনসুলেশন পেপার দিয়ে শক্ত করে বাঁধতে হবে।

২০.১৪ । কয়েল বার্নিশ করার পদ্ধতি

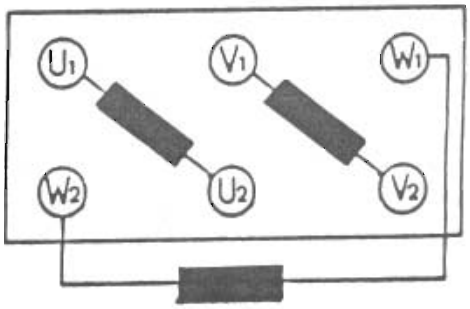
ওয়াইন্ডিংকে আর্দ্রতামুক্ত করার জন্য বার্নিশ দেওয়ার পূর্বেই ১০০° হতে ১৩০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত তাপমাত্রায় দুই ঘণ্টা ধরে গরম করে নিতে হয়। তারপর তাপমাত্রা ৪০° সেন্টিগ্রেডে এলে বার্নিশ ভালো করে দিতে হবে এবং প্রয়োজনে ওয়াইন্ডিংকে বার্নিশের মধ্যে ডুবাতে হবে। তারপর বাতাসে ঠান্ডা করে আবার গরম করে শুকাতে হবে। ইনসুলেটিং গ্রেড B শর্ট পলিস্টার বার্নিশ হলে ১৩০° সেন্টিগ্রেডে ২- ৩ ঘণ্টা ধরে শুকাতে হবে।

ইনসুলেটিং গ্রেড F শর্ট বার্নিশ হলে ১৫০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ৫-৭ ঘণ্টা ধরে শুকাতে হবে। ইনসুলেশন গ্রেড C শর্ট ও বার্নিশ-এর ধরন যদি সিলিকন হয় তা হলে ১৮০° সেন্টিগ্রেড ৮-১০ ঘণ্টা ধরে শুকাতে হবে।

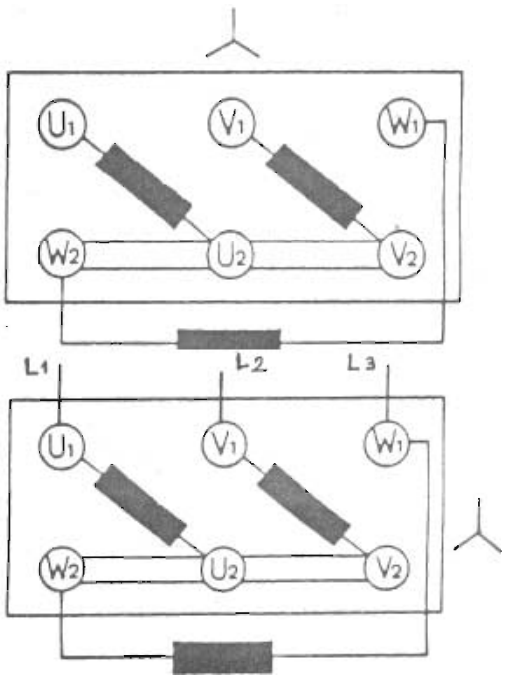
২০.১৫। মোটরের বিভিন্ন অংশ পুনরায় সংযোজন করার পদ্ধতি

মোটরের বিভিন্ন অংশ পুনরায় সংযোজন করতে হলে যেভাবে বিভিন্ন অংশ খোলা হয়েছিল ঠিক তার বিপরীত ক্রমে ধাপে ধাপে অংশগুলি সঠিকভাবে সংযোজন করতে হবে। ধাপগুলি নিম্নে দেওয়া হলো–

ক) টার্মিনাল লাগানো : স্টেটর ওয়াইন্ডিং-এর ছয়টি লিড টার্মিনাল বোর্ড স্থাপিত ছয়টি টার্মিনাল পোস্টে সংযোগ করতে হবে।

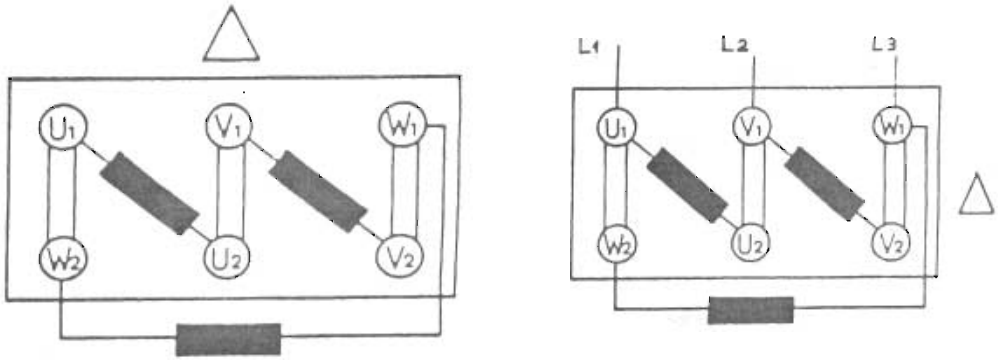


ছয়টি টার্মিনালের সাহায্যে স্টার ও ডেল্টা এই দুই ধরনের সংযোগ তৈরি করা যায়। এই কাজটি করা যায় শুধু তিনটি সংযোগ ব্রিজের স্থান পরিবর্তনের মাধ্যমে। স্টারে সংযোগ করতে হলে ব্রিজগুলি টার্মিনাল U_2, V_2, W_2 তে এবং সরবরাহ লাইন L_1, L_2, L_3 যথাক্রমে U_1, V_1, W_1 এ স্থাপন করতে হবে।



২০২০

ডেল্টায় সংযোগ করতে হলে ব্রিজগুলি টার্মিনাল U_1- W_2 ; $V_1 - U_2$; $W_1 - V_2$ এ এবং সরবরাহ লাইন L_1, L_2, L_3 যথাক্রমে U_1, V_1, W_1 এ সংযোগ করতে হবে।



খ) টার্মিনাল বক্সের কভার লাগানো : উপযুক্ত স্ক্রুর সাহায্যে টার্মিনাল বক্সের কভারটি সঠিকভাবে লাগাতে হবে।

গ) বিয়ারিং স্থাপন করা : বিয়ারিং লাগানোর আগে ভালোভাবে পরিষ্কার করে নতুন গ্রিজ লাগাতে হবে। বিয়ারিং-এর বাইরের প্রান্তটি বাইরের দিকে রেখে বিয়ারিংটি শ্যাফটে স্থাপন করতে হবে এবং শ্যাফটটিকে খাড়াভাবে রাখতে হবে। বিয়ারিং-এর উপর একটি কাঠ বসিয়ে এর চারদিকে সমানভাবে সাবধানে এবং ধীরে ধীরে একটি মেলেটের সাহায্যে আঘাত করে বিয়ারিংটি বসাতে হবে।

ঘ) এন্ড কভার লাগানো : খুব সাবধানে রোটরটিকে স্টেটরের মধ্যে স্থাপন করে শনাক্তকরণ চিহ্নগুলি ডাশ অবস্থানে রেখে স্টেটরের দুই দিকের এন্ড কভারগুলি স্থাপন করতে হবে। তারপর স্ব-স্ব নাট-বোল্টগুলি যথাস্থানে স্থাপন করে রেঞ্চের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকাতে হবে।

ঙ) কুলিং ফ্যান স্থাপন : কুলিং ফ্যান ভালোভাবে পরিষ্কার করে যথাস্থানে স্থাপন করে এর কভারটিও স্থাপন করতে হবে। এখানে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখতে হবে যেন, কুলিং ফ্যানটি ঘুরার সময় কভারে স্পর্শ না করে।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের প্রধান অংশ কয়টি ও কী কী?

২। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের রোটর কত প্রকার ও কী কী?

৩। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ কী কী বিয়য়ের উপর নির্ভর করে?

৪। পোল পিচ কাকে বলে?

৫। কয়েল স্প্যান কাকে বলে? আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর পোলারিটি পরীক্ষা করা হয় কেন?

৬। মোটরের পোল পিচ নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

৭। সিঙ্গেল লেয়ার ওয়াইন্ডিং-এর ক্ষেত্রে কয়েল গ্রুপ নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

৮। ডাবল লেয়ার ওয়াইন্ডিং-এর ক্ষেত্রে কয়েল গ্রুপ নির্ণয়ের সূত্রটি লিখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরের অংশগুলির নাম লিখ।

২। স্কুইরেল কেজ মোটরের অংশগুলির নাম লিখ।

৩। স্লিপ রিং রোটরের অংশগুলির নাম লিখ।

রচনামূলক প্রশ্নঃ

১। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর কয়েল তৈরি করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। স্লট ইনসুলেশন দেওয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর কয়েল বসানোর পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৪। একটি ৩৬ স্লট ৬ পোল ৩ ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডবল লেয়ার আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর ডেভেলপড ওয়াইন্ডিং চিত্র অঙ্কন কর (ফুল পিচ)।

৫। একটি ১২ স্লট ২ পোল ৩ ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডবল লেয়ার আর্মেচার ওয়াইন্ডিং-এর ডেভেলপড ওয়াইন্ডিং চিত্র অঙ্কন কর।

৬। একটি ৪৮ স্লট ৪ পোল ৩ ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সিঙ্গেল লেয়ার আর্মেচার ওয়াইন্ডিং করার প্রয়োজনীয় হিসাব নিরূপণ কর।

একবিংশ অধ্যায়
এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটর

২১.১। সিঙ্গেল ফেজ মোটর

যে সমস্ত বৈদ্যুতিক মোটর এসি সিঙ্গেল সাপ্লাইয়ের সাহায্যে চলে তাদের সিঙ্গেল ফেজ মোটর বলে। এই ধরনের মোটর সাধারণত বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত এবং ছোট ছোট শিল্পকারখানায় ও বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানে ব্যবহৃত হয়। ছোটখাট মেশিন পরিচালনা ছাড়াও বৈদ্যুতিক পাখা ও পানির পাম্প হিসাবে এই মোটর সর্বত্র ব্যবহৃত হয়। সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ক্ষমতা কম। এদের ক্ষমতা সাধারণত ১ বা ২ হর্স পাওয়ার পর্যন্ত হয়ে থাকে।

২১.২। এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটরের শ্রেণিবিভাগ

গঠন ও চালু করার পদ্ধতি অনুযায়ী এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটরকে প্রধানত চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) ইন্ডাকশন মোটর
(খ) রিপালশন মোটর
(গ) সিরিজ মোটর
(ঘ) সিনক্রোনাস মোটর

ইন্ডাকশন মোটর : সিঙ্গেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটর আবার পাঁচ প্রকার। যথা–

১। স্প্লিট ফেজ মোটর (Split phase motor)
২। ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর (Capacitor Start motor)
৩। ক্যাপাসিটর মোটর (Capacitor motor)
৪। শেডেড পোল মোটর (Shaded pole motor)
৫। রিলাকটেন্স মোটর (Reluctance motor).

রিপালশন মোটর : রিপালশন মোটরকে আবার নিম্নলিখিত চার ভাগে ভাগ করা যায়:

১) সাধারণ রিপালশন মোটর
২) কমপেনসেটেড রিপালশন মোটর
৩) রিপালশন স্টার্ট - ইন্ডাকশন মোটর
৪) রিপালশন ইন্ডাকশন মোটর।

সিরিজ মোটর : সিঙ্গেল ফেজ সিরিজ মোটরের গঠন ডিসি মোটরের মতোই। এই মোটরে ফিল্ড ও আর্মেচার সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই মোটর এসি অথবা ডিসি উভয় প্রকার সাপ্লাই দিয়েই চলে। এজন্য এই মোটরকে ইউনিভার্সেল মোটর বলে।

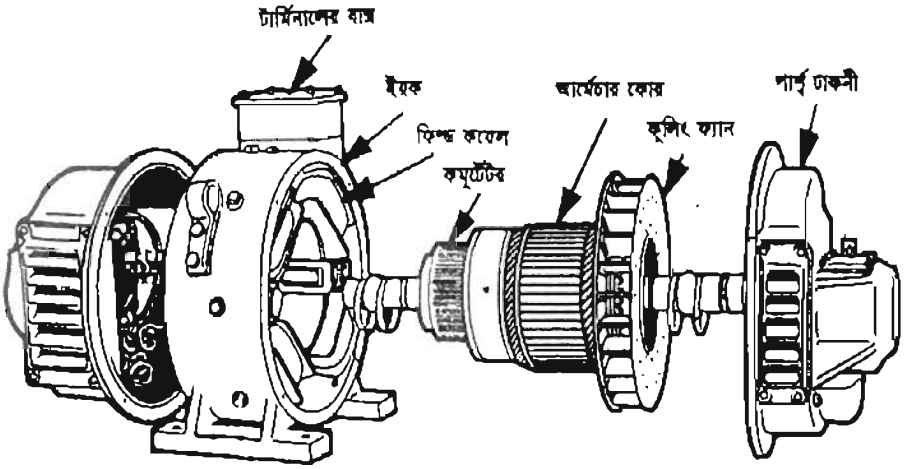
সিনক্রোনাস মোটর : সিনক্রোনাস মোটর সব সময় সিনক্রোনাস স্পিডে চলে। এই মোটর আবার দুই প্রকার। যথা–

(১) রিলাকটেন্স মোটর ; (২) হিস্টারিসিস মোটর।

২১.৩। ইউনিভার্সেল মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি

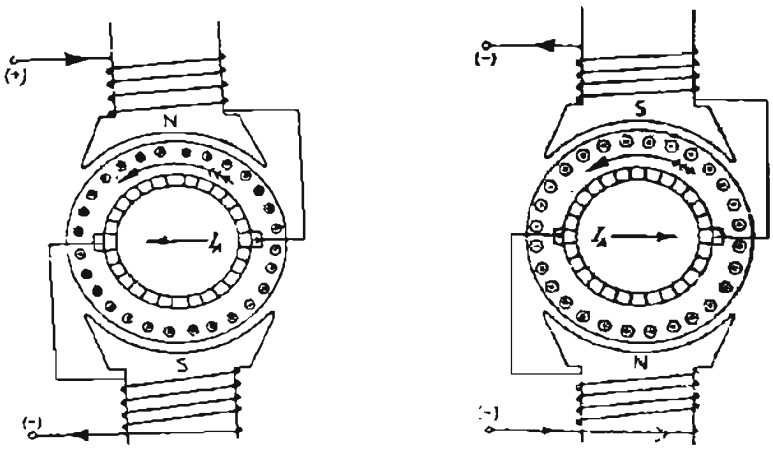
ইউনিভার্সেল মোটর নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত :

(ক) ফ্রেম বা ইয়ক; (খ) পোল কোর বা ফিল্ড পোল ; (গ) ফিল্ড কয়েল ; (ঘ) সাইড কভার বা এন্ড শিল্ড; (ঙ) ব্রাশ গিয়ার ; (চ) আর্মেচার; (ছ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং।



চিত্র: ইউনিভার্সেল মোটরের বিভিন্ন অংশ

কার্যপদ্ধতি : ইউনিভার্সেল মোটরের ফিল্ড এবং আর্মেচার পরপর সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই মোটর ডিসি অথবা এসি সিঙ্গেল ফেজ যে কোনো সাপ্লাই দিয়েই চলে। এই জন্য একে ইউনিভার্সেল মোটর বলে।



চিত্র : ইউনিভার্সেল মোটরের সংযোগ

২০২০

ইউনিভার্সেল মোটরের ফিল্ড এবং আর্মেচার কয়েল সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলে ফিল্ড ও আর্মেচারে কারেন্টের দিক একই হয়। তাই ফিল্ডে কারেন্টের দিক পরিবর্তন হলে একই সাথে আর্মেচারেও কারেন্টের দিক পরিবর্তন হয়।

পজেটিভ হাফ সাইকেলে ফিল্ডের উপরের প্রান্তে পজেটিভ (+ve) এবং নিচের প্রান্তে নেগেটিভ (-ve) সাপ্লাই পায়। ফলে উপরে উত্তর মেরু (N pole) এবং নিচে দক্ষিণ মেরু (S-ploe) সৃষ্টি হয়। কাজেই এই সময়ে আর্মেচারের উপরের অংশের কন্ডাক্টরে কারেন্ট হয় পজেটিভ এবং নিচের অংশের কারেন্ট হয় নেগেটিভ। এই অবস্থায় ফ্লেমিং-এর বাম হাতি নিয়মানুযায়ী আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরবে।

পরবর্তী অর্ধসাইকেলে ফিল্ডের উপরের প্রান্ত নেগেটিভ এবং নিচের প্রান্ত পজেটিভ সাপ্লাই পাবে। ফলে উপরে দক্ষিণ মেরু এবং নিচে উত্তর মেরু সৃষ্টি হবে। এই অবস্থায় আর্মেচারের উপরের অংশের কন্ডাক্টরের কারেন্ট হবে নেগেটিভ এবং নিচের অংশের কন্ডাক্টরের কারেন্ট হবে পজেটিভ। ফলে ফ্লেমিং-এর বামহাতি নিয়মানুসারে এই সময়ও আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরবে।

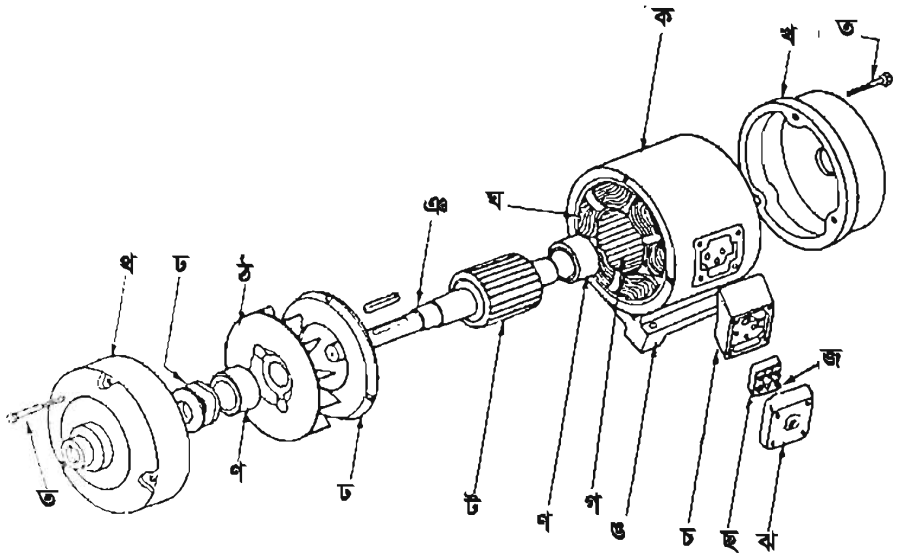
কাজেই দেখা যায়, মোটরের টার্মিনালের পোলারিটি পরিবর্তন হলেও এর ঘূর্ণনের দিকের কোনো পরিবর্তন হয় না।

২১.৪। ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি

ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের গঠন : এই মোটরে দুইটি ওয়াইন্ডিং থাকে। তাদের একটির সাথে একটি ক্যাপাসিটর ও একটি সেন্ট্রিফিউগাল সুইচ সিরিজে সংযুক্ত থাকে। মোটর চালু করার সময় দুইটি ওয়াইন্ডিং দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় কিন্তু চলাকালে শুধু একটি ওয়াইন্ডিং দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। মোটরের গতিবেগ স্বাভাবিক গতিবেগের ৭৫% ভাগে পৌঁছলে সেন্ট্রিফিউগাল সুইচ আপনা-আপনি খুলে যায় এবং স্টার্টিং কয়েলের কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়।

ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত :

(ক) ইয়ক বা ফ্রেম; (খ) সাইড কভার বা পার্শ্ব ঢাকনা; (গ) আর্মেচার; (ঘ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং; (ঙ) মাউন্টিং ফিট বা বেস প্লেট; (চ) টার্মিনাল বক্স, (ছ) টার্মিনাল বোর্ড, (জ) টার্মিনাল পোস্ট; (ঝ) টার্মিনাল বক্স কভার; (ঞ) রোটর শ্যাফট, (ট) রোটর, (ঠ) কুলিং ফ্যান; (ড) ফ্যান ও ওয়াইন্ডিং-এর মাঝে শিল্ড; (ঢ) প্রিলোডিং রিং; (ণ) বিয়ারিং; (ত) মাউটিং স্ক্রু।

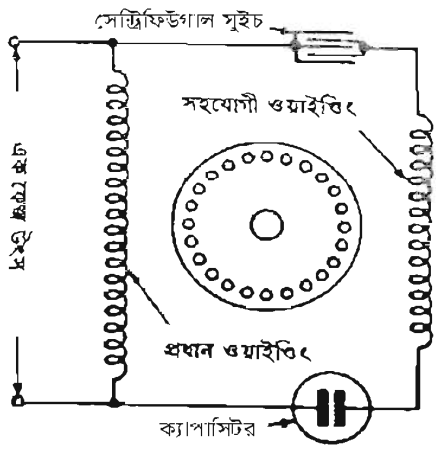


চিত্র: ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের বিভিন্ন অংশ

কার্যপদ্ধতি :

ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর চালু হওয়ার সময় সুষম ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করার জন্য এর স্টার্টিং কয়েলের সাথে একটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করা হয়।

মোটরের মেইন ওয়াইন্ডিং সার্কিট ইন্ডাকটিভ বলে এর কারেন্ট ভোল্টেজের পশ্চাৎবর্তী বা ল্যাগিং থাকে এবং ক্যাপাসিটর ব্যবহারের ফলে স্টার্টিং কয়েলের কারেন্ট অগ্রবর্তী বা লিডিং হয়। এই অবস্থায় মোটরে সিঙ্গেল ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে এর স্টার্টিং ও রানিং কয়েল দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং দুটি কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি হয় অর্থাৎ দুটি কয়েলের কারেন্ট দুই ফেজের মতো কাজ করে। এই দুটি কয়েলের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি হওয়ায় মোটরে স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয়। ফলে মোটর ঘুরতে আরম্ভ করে।



চিত্র : ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের সংযোগ চিত্র

২০২০

মোটর-এর পূর্ণগতির ৭৫% ভাগ গতিতে ঘুরতে থাকলে দেখা যায় যে, দুই ওয়াইন্ডিং দ্বারা সৃষ্ট টর্ক শুধু রানিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং দ্বারা সৃষ্ট টর্কের সমান।

মোটর পূর্ণগতিতে ঘুরতে থাকলে দেখা যায় যে, শুধু মেইন ওয়াইন্ডিং দ্বারা সৃষ্ট টর্ক, উভয় ওয়াইন্ডিং দ্বারা সৃষ্ট টর্কের চেয়ে বেশি। সুতরাং এই সময় স্টার্টিং ওয়াইন্ডিংকে সরবরাহ থেকে বিচ্ছিন্ন করা একান্ত প্রয়োজন। তাই মোটরের গতিবেগ-এর পূর্ণগতির ৭৫% ভাগে পৌঁছলেই সেন্ট্রিফিউগাল সুইচের সাহায্যে স্টার্টিং কয়েলের কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ করে দিতে হয়।

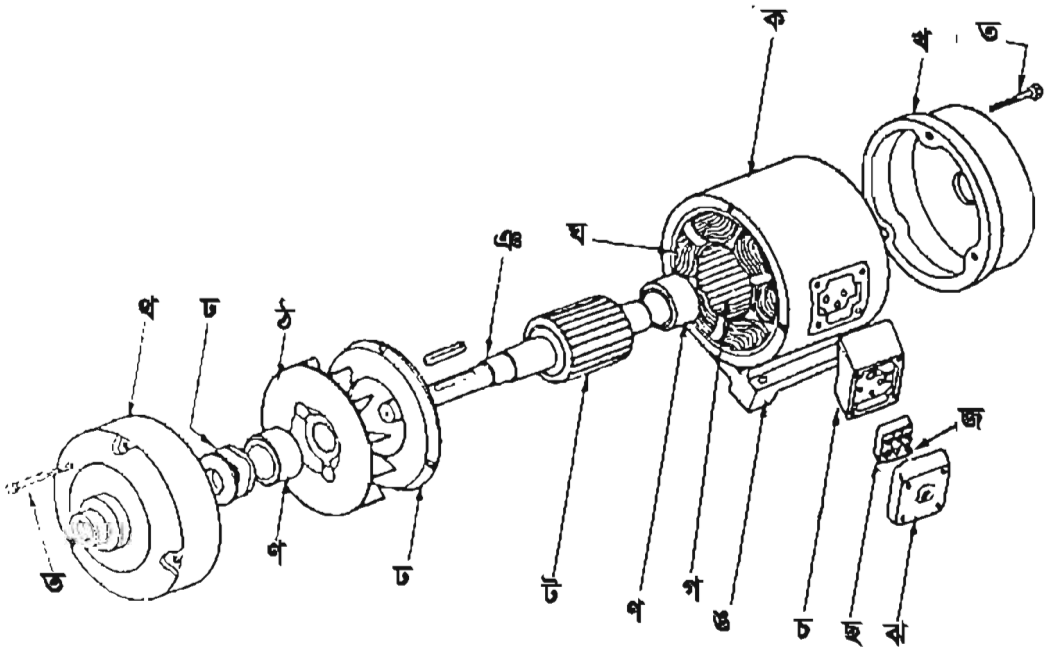
২১.৫। কাপাসিটর মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি

ক্যাপাসিটর মোটরের গঠন

ক্যাপাসিটর মোটরের গঠন তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের মতোই। তবে এর আর্মেচারে দুইটি ওয়াইন্ডিং থাকে। তাদের একটি স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং ও অপরটি রানিং ওয়াইন্ডিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং। এর স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং এর সাথে একটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযুক্ত থাকে।

ক্যাপাসিটর মোটর নিম্নলিখিত অংশগুলি নিয়ে গঠিত :

(ক) ইয়ক বা ফ্রেম; (খ) সাইড কভার বা পার্শ্ব ঢাকনা; (গ) আর্মেচার; (ঘ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ; (ঙ) মাউন্টিং ফিট বা বেস প্লেট; (চ) টার্মিনাল বক্স, (ছ) টার্মিনাল বোর্ড, (জ) টার্মিনাল পোস্ট; (ঝ) টার্মিনাল বক্স কভার; (ঞ) রোটর শ্যাফট, (ট) রোটর, (ঠ) কুলিং ফ্যান; (ড) ফ্যান ও ওয়াইন্ডিং-এর মাঝে শিল্ড; (ঢ) প্রিলোডিং রিং; (ণ) বিয়ারিং; (ত) মাউটিং স্ক্রু।



চিত্র : ক্যাপাসিটর মোটরের বিভিন্ন অংশ

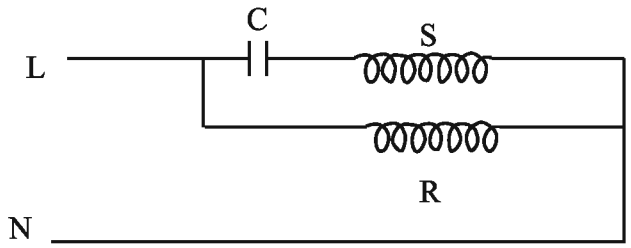
২০২০

ক্যাপাসিটর মোটরের কার্যপ্রণালি

এই মোটরের আর্মেচারে দুইটি ওয়াইন্ডিং থাকে, একটি স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং ও অপরটি রানিং ওয়াইন্ডিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং। স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং এর সাথে একটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযুক্ত থাকে।

ক্যাপাসিটর মোটর চালু হওয়ার সময় সুষম ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করার জন্যই এর স্টার্টিং কয়েলের সাথে একটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করা হয়।

মোটরের মেইন ওয়াইন্ডিং সার্কিট ইন্ডাকটিভ বলে এর কারেন্ট ভোল্টেজের পশ্চাৎবর্তী বা ল্যাগিং থাকে এবং ক্যাপাসিটর ব্যবহারের ফলে স্টার্টিং কয়েলের কারেন্ট অগ্রবর্তী বা লিডিং হয়। এই অবস্থায় মোটরে সিঙ্গেল ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে এর স্টার্টিং ও রানিং কয়েল দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং দুটি কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি হয়। এই দুটি কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান থাকায় মোটরে স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয়। ফলে মোটর ঘুরতে আরম্ভ করে।



চিত্র : ক্যাপাসিটর মোটরের সংযোগ

২১.৬। সিঙ্গেল ফেজ মোটরের সুবিধা ও অসুবিধা

সিঙ্গেল ফেজ মোটরের সুবিধা ও অসুবিধা দুই-ই আছে। তবে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অসুবিধার চেয়ে সুবিধাই বেশি।

সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহারের সুবিধাসমূহ

(১) সাধারণত বাসাবাড়ি, অফিস আদালত, স্কুল-কলেজ ও ব্যবসায় প্রতিষ্ঠানে সিঙ্গেল সাপ্লাই নেওয়া হয়। তাই ঐ সব স্থানে ব্যবহার উপযোগী অন্য বৈদ্যুতিক সরঞ্জামাদির সাথে সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহার করাই সুবিধাজনক।

(২) তিন ফেজ মোটরের তুলনায় সিঙ্গেল ফেজ মোটর দামে কম ও রক্ষণাবেক্ষণ সহজ।

(৩) তিন ফেজ মোটরের তুলনায় সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ব্যবহারিক ক্ষেত্র বেশি। তাই সিঙ্গেল ফেজ মোটর বেশি ব্যবহৃত হয়।

সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহারের অসুবিধা

(১) সমান আকৃতির তিন ফেজ মোটরের তুলনায় সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ক্ষমতা কম।

(২) তিন ফেজ মোটরের তুলনায় সিঙ্গেল ফেজ মোটরের দক্ষতা কম।

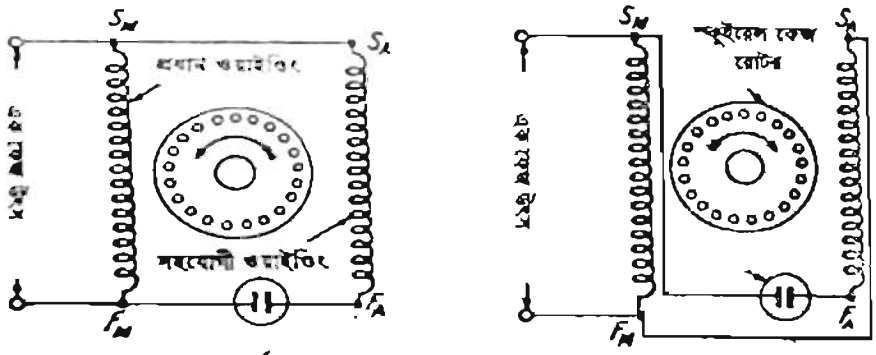
(৩) বিভিন্ন প্রকার সিঙ্গেল ফেজ মোটরের বৈশিষ্ট্য বিভিন্ন রকম। তাই নির্দিষ্ট কাজে নির্দিষ্ট মোটর ছাড়া অন্য মোটর সন্তোষজনক কাজ করে না।

২১.৭। ক্যাপাসিটর মোটরে ক্যাপাসিটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

ক্যাপাসিটর মোটরের স্টেটরে দুইটি ওয়াইন্ডিং থাকে। তাদের একটিকে স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং ও অপরটিকে রানিং ওয়াইন্ডিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং বলা হয়। এই মোটরে সিঙ্গেল ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে এর দুটি ওয়াইন্ডিংয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাদের মধ্যে কোনো ফেজ পার্থক্য থাকে না। ফলে কোনো স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয় না এবং মোটর ঘুরে না। স্টার্টিং টর্ক সৃষ্টি করার জন্য এই দুটি কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি করতে হয়। এই দুটি কয়েলের সার্কিট সাধারণত ইন্ডাকটিভ। ফলে এদের কারেন্ট ল্যাগিং হয়। স্টার্টিং কয়েলের সাথে একটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে এর কারেন্ট লিডিং হয়। ফলে স্টার্টিং ও রানিং কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি হয় এবং স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয়। ফলে মোটর ঘুরে। অতএব, সিঙ্গেল ফেজ মোটরে স্টার্টিং টর্ক সৃষ্টির জন্য ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা প্রয়োজন।

২১.৮। ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপ

ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হলে এর মেইন ওয়াইন্ডিং অথবা স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং এর যে কোন একটির সংযোগের দিক পরিবর্তন করে দিতে হয়।



বামাবর্তন ডানাবর্তন

যে কোনো একটি ওয়াইন্ডিং-এর সংযোগের দিক পরিবর্তন করে দিলে অন্য ওয়াইন্ডিংয়ের তুলনায় তার ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহের দিক বিপরীত হয়। ফলে তাদের দ্বারা সৃষ্ট চুম্বক ক্ষেত্রের দিকও বিপরীত হয়। তাই মোটরের ঘূর্ণনের দিকও পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ মোটর উল্টা দিকে ঘুরে।

মোটরকে সোজা দিকে বা ডানাবর্তে ঘুরানোর জন্য ক্যাপাসিটরকে সব সময় স্টার্টিং কয়েলের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হয়। অনেক সময় মোটর উল্টা দিকে ঘুরতে থাকলে এর ক্যাপাসিটরের দুই প্রান্তের মধ্যে স্টার্টিং ও রানিং কয়েলের সংযোগ পরিবর্তন করে দিলেই মোটর সোজা দিকে ঘুরবে।

২১.৯ । সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ব্যবহার

তিন ফেজ মোটরের তুলনায় সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ব্যবহার বেশি ।

সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ব্যবহার নিচে বর্ণনা করা হলো :

(১) গৃহস্থালির কাজে যেমন, পাখা, সেলাই মেশিন, ভ্যাকুয়াম ক্লিনার, রেফ্রিজারেটর, ওয়াশিং মেশিন, পানির পাম্প, এয়ারকুলার ইত্যাদি পরিচালনার কাজে সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহার করা হয় ।

(২) মেশিন টুলস পরিচালনা যেমন, ড্রিল মেশিন, স্প্যানার, গ্রাইন্ডিং মেশিন, লেদ মেশিন ইত্যাদি চালাতে সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহৃত হয় ।

(৩) শিল্পকারখানায় পাখা, রেফ্রিজারেটর, এয়ারকুলার ইত্যাদি ছাড়াও ছোট ছোট মেশিন পরিচালনার কাজে বিভিন্ন সাইজের সিঙ্গেল ফেজ মোটর ব্যবহার করা হয় ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । সিঙ্গেল ফেজ মোটর কাকে বলে?
২ । সিরিজ মোটরের অপর নাম কী?
৩ । ক্যাপাসিটর মোটরে কোন কয়েলের সাথে ক্যাপাসিটর সংযোগ করা হয়?
৪ । সেন্ট্রিফিউগাল সুইচ কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । এসি সিঙ্গেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটর কত প্রকার ও কী কী?
২ । ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরে ক্যাপাসিটর কেন ব্যবহার করা হয়?
৩ । সেন্ট্রিফিউগাল সুইচ কেন ব্যবহার করা হয়?
৪ । ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণনের দিক কীভাবে পরিবর্তন করতে হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১ । সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর কত প্রকার ও কী কী?
২ । ইউনিভার্সেল মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর ।
৩ । ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর ।
৪ । সিঙ্গেল ফেজ মোটরের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ ।
৫ । সিঙ্গেল ফেজ মোটরের ব্যবহার উল্লেখ কর ।
৬ । ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপসমূহ লিখ ।

দ্বাবিংশ অধ্যায়
ট্রান্সফরমার

২২.১ ।ট্রান্সফরমার

ট্রান্সফরমার একটি স্থির বৈদ্যুতিক মেশিন যা ফ্রিকোয়েন্সি অপরিবর্তিত রেখে সমপরিমাণ বিদ্যুৎ শক্তি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের মাধ্যমে এক বর্তনী হতে অন্য বর্তনীতে স্থানান্তর করে। উভয় বর্তনীর একটি সাধারণ ম্যাগনেটিক বর্তনী থাকে।

ট্রান্সফরমারের যে বর্তনী সাপ্লাইয়ের সাথে সংযুক্ত থাকে, তাকে প্রাইমারি এবং যে বর্তনী হতে লোডে বিদ্যুৎ শক্তি সাপ্লাই দেওয়া হয়, তাকে সেকেন্ডারি বলে। প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি সুপার এনামেল ইনসুলেশন যুক্ত তামার তারের কয়েল বিশেষ। দুটি বর্তনীর কয়েলের মধ্যে একটি সাধারণ ম্যাগনেটিক বর্তনী সৃষ্টির জন্য এদের একটি ইস্পাতের ফ্রেমে জড়ানো হয়। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েল একটি নির্দিষ্ট ভোল্টেজে বিদ্যুৎ শক্তি গ্রহণ করে এবং সেকেন্ডারি কয়েল হতে অন্য ভোল্টেজে বিদ্যুৎ শক্তি লোডে সরবরাহ করা হয়।

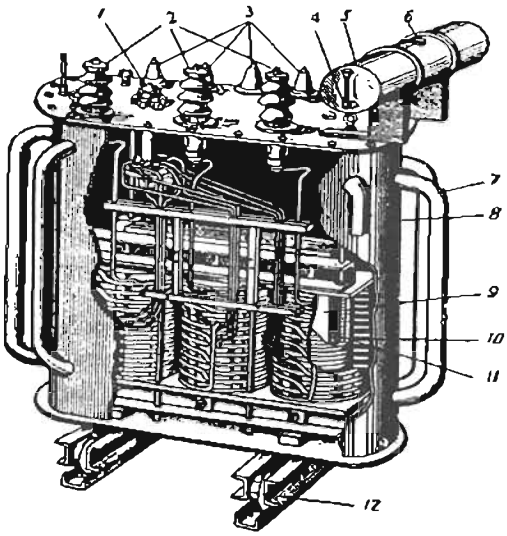
২২.২ ।ট্রান্সফরমারের গঠন

ট্রান্সফরমারের প্রধান অংশ দুটি। যথা– (ক) ট্রন্সফরমার কোর; (খ) ট্রান্সফরমার কয়েল।

ট্রান্সফরমার কোর : সিলিকন স্টিলের পাতলা শিট বা পাত কেটে কোর তৈরি করা হয়। প্রতিটি কোরকে ভালোভাবে বার্নিশ দেওয়া হয়। ফলে তারা পরস্পর থেকে ইলেকট্রিক্যালি আইসোলেট থাকে। অনেক কোর একত্রে স্থাপন করে একটি ফ্রেম তৈরি করা হয়। এই ফ্রেমটি প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি কয়েলের মধ্যে ম্যাগনেটিক বর্তনী হিসাবে কাজ করে।

ট্রান্সফরমার কয়েল : সুপার এনামেল তার দ্বারা কয়েল তৈরি করে কোরের উপর বসিয়ে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং করা হয়। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং এর মধ্যে ইলেকট্রিক্যালি কোনো সংযোগ নাই। তবে কোরের মাধ্যমে মেকানিক্যালি সংযোগ করা হয়।

বড় বড় ট্রান্সফরমারে কোর, কয়েল ছাড়াও আরও কিছু আনুষঙ্গিক অংশ থাকে। যেমন–
(১) ট্রান্সফরমার ট্যাংক; (২) বুশিং; (৩) কনজারভেটর; (৪) ব্রিদার; (৫) টেপ চেঞ্জিং গিয়ার; (৬) বিস্ফোরণ বেন্ড বা এক্সপ্লোশন বেন্ড।



চিত্র : ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন অংশ

1- কর্ক; 2-এইচটি বুশিং; 3- এলটি বুশিং; 4- তেলের গেজ; 5- কনজারভেটর; 6- তেল ভরার জায়গা; 7- রেডিয়েটর পাইপ; 8- ট্যাংক; 9- কোর; 10- এইচটি ওয়াইন্ডিং; 11- এলটি ওয়াইন্ডিং; 12- ট্যাংকের অবলম্বন বা সাপোর্ট।

ট্রান্সফরমার ট্যাংক : এটা ইস্পাতের তৈরি একটি বাক্স বিশেষ। এই ট্যাংকের মধ্যে মূল ট্রান্সফরমারটি স্থাপন করে সম্পূর্ণ ট্যাংকটি বিশেষ ধরনের তেল দ্বারা ভর্তি করা হয়। এই তেলকে সাধারণভাবে ট্রান্সফরমার তেল বলা হয়। ইহা ট্রান্সফরমারকে ঠান্ডা রাখে এবং কয়েলের ইনসুলেশন হিসাবে কাজ করে।

বুশিং : বুশিং চীনামাটির তৈরি এবং ইহার আকার ইনসুলেটর গুচ্ছের মতো। এর কেন্দ্রস্থল দিয়ে একটি তামার দণ্ড থাকে এবং দণ্ডের উভয় প্রান্ত খোলা থাকে। ট্যাংকের উপরিভাগে বুশিং আটকানো হয়। তামার দণ্ডের নিচের প্রান্তে ট্রান্সফরমারের টার্মিনাল এবং উপরের প্রান্তে লাইন সংযোগ করা হয়। উচ্চ ভোল্টেজ দিকের বুশিং লম্বা এবং নিম্ন ভোল্টেজ দিকের বুশিং খাটো থাকে।

কনজারভেটর : এটা ইস্পাতের তৈরি একটি ড্রাম বিশেষ। একটি পাইপ দ্বারা ইহার নিচের দিক হতে ট্রান্সফরমার ট্যাংকের সাথে সংযুক্ত থাকে। এই ড্রামের এক পাশে ব্রিদার সংযুক্ত থাকে। তেল ভর্তির জন্য কনজারভেটরের উপরিভাগে একটি মুখ এবং এক পাশে তেলের উপরিতল দেখার জন্য একটি কাঁচের নির্দেশ থাকে।

ব্রিদার : ব্রিদার হচ্ছে সিলিকাজেলের দানা ভর্তি একটি কাচের পাইপ বিশেষ। ইহার এক প্রান্ত কনজারভেটরে সংযুক্ত থাকে এবং অপর প্রান্ত খোলা থাকে। এর মাধ্যমে ট্রান্সফরমার ব্রিদিং-এর কাজ চালায়।

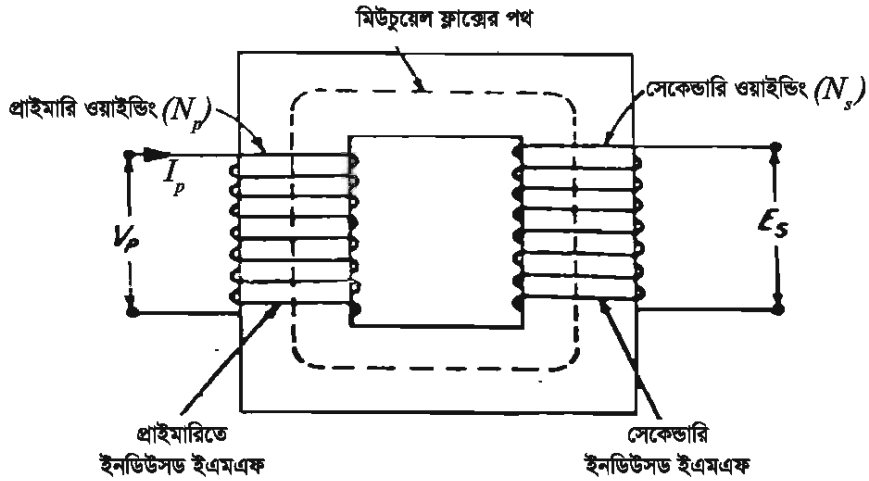
২০২০

টেপ চেঞ্জিং গিয়ার : ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েলে সাপ্লাই ভোল্টেজ অনেক সময় কম-বেশি হয়। ফলে সেকেন্ডারি কয়েলেও তার প্রভাব পড়ে। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি সাইডে ভোল্টেজ ঠিক রাখার জন্য উভয় কয়েলের প্রান্তে কিছু প্যাঁচ সংবলিত টেপ ব্যবহার করা হয়। এই টেপের সংযোগ পরিবর্তনের জন্য ট্যাংকের ভিতরে একটি গিয়ার ব্যবস্থা থাকে। কোনো কোনো ট্রান্সফরমারে এই ব্যবস্থা স্বয়ংক্রিয়ও হয়ে থাকে।

বিস্ফোরণ বেন্ড : এটা ট্রান্সফরমার ট্যাংকের উপরে সংযুক্ত একটি লম্বা পাইপ যার উপরিভাগ কনজারভেটরের চেয়ে এবং মাথা বাঁকানো থাকে। ইহার মাথায় একটি পাতলা রাবারের পর্দা থাকে। কোনো কারণে ট্রান্সফরমারের অভ্যন্তরে কোনো শর্ট সার্কিটের দরুন হঠাৎ অধিক পরিমাণে গ্যাস উৎপন্ন হলে গ্যাসের চাপে পাইপের মুখের পর্দা ফেটে গ্যাস বের হয়ে যায়। ফলে ট্রান্সফরমার বিস্ফোরণের হাত থেকে রক্ষা পায়।

২২.৩। ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কয়েলে ভোল্টেজ উৎপন্ন হওয়ার কারণ

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েল একই সাধারণ বর্তনী দ্বারা যুক্ত থাকে। তাই প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি উভয় কয়েলে একই ফ্লাক্স ক্রিয়াশীল থাকে।



যখন প্রাইমারি কয়েলে এসি সাপ্লাই প্রয়োগ করা হয় তখন এর ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং ম্যাগনেটিক সার্কিটে পরিবর্তশীল ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। এই ফ্লাক্স পরিবর্তনের ফলে প্রাইমারি কয়েলে বিপরীতমুখী ভোল্টেজ (ব্যাক ইএমএফ) উৎপন্ন হয় (ফ্যারাডের সূত্রানুসারে) এবং এই কয়েল সাপ্লাইয়ের সাথে উচ্চমানের ইন্ডাকট্যান্স হিসাবে কাজ করে। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি উভয় কয়েল একই সাধারণ চুম্বক বর্তনী দ্বারা সংযুক্ত থাকায় প্রাইমারি কয়েল কর্তৃক উৎপন্ন ফ্লাক্স সেন্ডোরী কয়েলেও সংযুক্ত হয়। প্রাইমারি কয়েল দ্বারা উৎপন্ন ফ্লাক্স পরিবর্তনশীল হওয়ায় এর মান প্রতি মুহূর্তেই পরিবর্তন হয়। সেকেন্ডারি কয়েল কর্তৃক এই ফ্লাক্স কর্তনের ফলে তাতেও ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এই মিউচুয়েল ফ্লাক্সের ফ্রিকোয়েন্সি সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সির সমান এবং সেকেন্ডারি

কয়েলে উৎপন্ন ভোল্টেজের ফ্রিকোয়েন্সি মিউচুয়েল ফ্লাক্সের ফ্রিকোয়েন্সির সমান। সুতরাং সেকেন্ডারি কয়েলে উৎপন্ন ভোল্টেজের ফ্রিকোয়েন্সি সাপ্লাই ফ্রিকোয়েন্সির সমান।

২২.৪ । ট্রান্সফরমারের শ্রেণিবিভাগ

গঠন অনুযায়ী ট্রান্সফরমার চার প্রকার। যথা -

(ক) কোর টাইপ ট্রান্সফরমার

(খ) শেল টাইপ টান্সফরমার

(গ) রিবন টাইপ ট্রান্সফরমার

(ঘ) স্পাইরাল টাইপ ট্রান্সফরমার

প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ভোল্টেজের অনুপাত অনুযায়ী ট্রান্সফরমার দুই প্রকার। যথা -

(ক) স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার, (খ) স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার।

সাপ্লাই সিসটেমের ফেজ অনুযায়ী ট্রান্সফরমার দুই প্রকার। যথা–

(১) সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার; (২) থ্রি ফেজ ট্রান্সফরমার।

সার্ভিস কর্মসম্পাদন অনুযায়ী ট্রান্সফরমার তিন প্রকার। যথা–

(১) পাওয়ার ট্রান্সফরমার; (২) ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমার, (৩) ইন্সট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমার।

স্থাপনা অনুযায়ী ট্রান্সফরমার আবার তিন প্রকার। যথা -

(ক) ইনডোর টাইপ ট্রান্সফরমার, (খ) আউট ডোর টাইপ ট্রান্সফরমার, (গ) পোল মাউন্টেড ট্রান্সফরমার।

ইন্সট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমার আবার দুই প্রকার। যথা–

(ক) কারেন্ট ট্রান্সফরমার, (খ) পটেনশিয়াল ট্রান্সফরমার।

২২.৫ । স্টেপ আপ ও স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার

স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার : যে ট্রান্সফরমার এর প্রাইমারিতে কম ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে সেকেন্ডারিতে বেশি ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার বলে। ট্রান্সমিশন লাইনের শুরুতে এই জাতীয় ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। এই ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির চেয়ে সেকেন্ডারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি।

স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার : এই ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে বেশি ভোল্টেজ সাপ্লাই দেওয়া হয় এবং সেকেন্ডারিতে কম ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই জাতীয় ট্রান্সফরমার সাধারণত ট্রান্সমিশন লাইনের শেষ প্রান্তে এবং বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে ব্যবহার করা হয়। ইহার সেকেন্ডারির চেয়ে প্রাইমারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি।

২২.৬। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা এবং ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের ফলে যে কোনো কয়েলে উৎপন্ন ভোল্টেজ

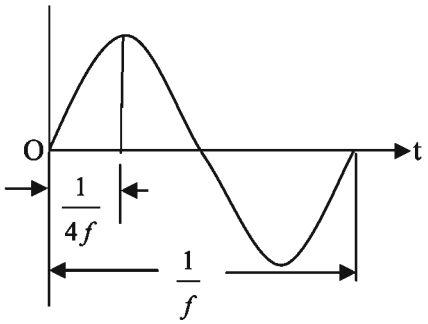
$E_{av} = N \times \frac{\Phi m}{t} \times 10^{-8}$ ভোল্ট।

যেখানে, E_{av} = উৎপন্ন গড় ভোল্টেজ

N = কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা

Φ_m = সর্বোচ্চ পরিবর্তিত ফ্লাক্স (ওয়েবার)

t = Φ_m ফ্লাক্স পরিবর্তনের সময়।



উৎপন্ন ভোল্টেজের ফ্রিকোয়েন্সি f হলে,

$$t = \frac{1}{4f} \text{ Sec.}$$

$$\therefore E_{ave} = N \times \frac{\Phi m}{\frac{1}{4f}} \times 10^{-8} = 4Nf\Phi_{m \times 10}{}^{-8} \text{ ভোল্ট।}$$

$\therefore$ কার্যকরী ভোল্টেজ $E = 1.11 \times 4Nf\Phi_m \times 10^{-8}$ ভোল্ট

বা, $E = 4.44Nf\Phi_m \times 10^{-8}$ ভোল্ট

প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলে উৎপাদিত ভোল্টেজ যথাক্রমে

E_p, E_s এবং প্যাঁচ সংখ্যা যথাক্রমে N_p, N_s হলে

$E_p = 4.44N_p f \Phi_m \times 10^{-8}$ -------- (i)

$E_s = 4.44N_s f \Phi_m \times 10^{-8}$ -------- (ii)

(i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{4.44N_p f\Phi_m \times 10^{-8}}{4.44 N_s f\Phi_m \times 10^{-8}}$$

বা, $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$

সুতরাং প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলে উৎপাদিত ভোল্টেজের সাথে প্যাঁচ সংখ্যার সম্পর্ক $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$।

২২.৭। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের কারেন্ট এবং ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক

ট্রান্সফরমারে কোনো মুভিং বা ঘুরন্ত অংশ নাই বলে ইহার দক্ষতা অত্যন্ত বেশি। শুধু কোরে হিসটেরিসিস লস এবং কয়েলে কপার লস ছাড়া আর কোনো লস নাই। তাই এই লসকে নগণ্য ধরা হলে এটার ইনপুট পাওয়ার আউটপুট পাওয়ার সমান হয়।

২০২০

অর্থাৎ $E_pI_p = E_sI_s$

বা, $\frac{Ep}{Es} = \frac{Is}{Ip}$ ইহাই প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক।

২২.৮। ট্রান্সফরমেশন রেশিও

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজ, প্যাঁচ সংখ্যা ও কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক থেকে দেখা যায় যে, প্রাইমারি কয়েলের সাথে সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজের অনুপাত, প্রাইমারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যার সাথে সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যার অনুপাত সমান। আবার প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজের অনুপাত এর সেকেন্ডারি ও প্রাইমারি কয়েলের কারেন্টের অনুপাতের সমান।

গাণিতিকভাবে প্রকাশ করলে দেখা যায়,

$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{Is}{Ip}$ এই অনুপাতকে ট্রান্সফরমেশন রেশিও বলে। ইহাকে সাধারণত a বা k অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$a = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{Is}{Ip}$$

২২.৯। ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিং

ট্রান্সফরমারের রেটিং বলতে এর পাওয়ার পরিবহনের ক্ষমতাকে বোঝায়। একটি ট্রান্সফরমার প্রাইমারি সার্কিট থেকে যে পরিমাণ পাওয়ার এর সেকেন্ডারি সার্কিটে স্থানান্তর করতে পারে, তাকে ঐ ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিং বলে। ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিং সাধারণত ভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (VA), কিলোভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (KVA), অথবা মেগাভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (MVA) হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

২২.১০। ট্রান্সফরমারের কুলিং পদ্ধতি

ট্রান্সফরমার কুলিং এর জন্য ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলির নাম–

১। প্রাকৃতিক কুলিং বা প্রাকৃতিক এয়ার কুলিং;

২। স্বাভাবিক অয়েল কুলিং;

৩। তেলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত এয়ার কুলিং;

৪। তেলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত ওয়াটার কুলিং;

৫। তেলে চাপযুক্ত অয়েল কুলিং;

৬। চাপযুক্ত এয়ার কুলিং।

২২.১১ ।ট্রান্সফরমার সংক্রান্ত সমস্যা ও সমাধান

সমস্যা-১ । একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ 2300 ভোল্ট এবং প্যাঁচ সংখ্যা 5000 । সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজ 230 ভোল্ট হলে সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা কত?

সমাধান : দেওয়া আছে, প্রাইমারি ভোল্টেজ $E_p = 2300$ volt,

" প্যাঁচ সংখ্যা $N_p = 5000$.

সেকেন্ডারি ভোল্টেজ $E_s = 230$ volt.

" প্যাঁচ সংখ্যা $N_s = ?$

সুত্র : $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$

বা, $\frac{2300}{230} = \frac{5000}{Ns}$ (মান বসিয়ে)

বা, $N_s \times 2300 = 5000 \times 230$

বা, $N_s = \frac{5000 \times 230}{2300} = 500$.

উত্তর : সেকেন্ডারি প্যাঁচ সংখ্যা 500 ।

সমস্যা-২ । 10KVA, 11KV/ 0.4KV, 50 সাইকেল সিঙ্গেল ফেজ একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েলে 5400 প্যাঁচ আছে । এর সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা কত? প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কারেন্ট কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $E_p = 11$ KV= 11000 V, $E_s = 0.4$ KV, $N_p = 5400$

নির্ণয় করতে হবে, N_s, I_p, I_s

সূত্র : (i) $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$ বা, $\frac{11KV}{0.4KV} = \frac{5400}{N_s}$

$N_s \times 11 = 5400 \times 0.4$

বা, $N_s = 196$

(ii) $E_p \times I_p = KVA \times 1000$

বা, $11000 \times I_p = 10 \times 1000$

বা, $I_p = 0.909$ Amp .

২০২০

(iii) $E_s \times I_s = 10 \times 1000$

বা, $0.4 \times 1000 \times I_s = 10 \times 1000$

বা, $I_s = 25$ Amp.

উত্তর : সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা ১৯৬, প্রাইমারি কারেন্ট 0.909 Amp, সেকেন্ডারি কারেন্ট 25Amp

সমস্যা-৩ । একটি 25 হার্টজ 2400/230 ভোল্ট সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারে প্রতি প্যাঁচের ভোল্টেজ 8 ভোল্ট হলে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $f = 25$ Hz., $E_p = 2400$ volt,

$E_s = 230$ volt

E/ turn = 8 volt.

N_p ও N_s নির্ণয় করতে হবে ।

(i) $N_p = \frac{2400}{8} = 300$

(ii) $N_s = \frac{230}{8} = 29$

উত্তর : প্রাইমারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা 300 এবং সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা 29 ।

সমস্যা-৪ । একটি 2300/115 ভোল্ট ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কারেন্ট 46 অ্যাম্পিয়ার হলে প্রাইমারি কারেন্ট নির্ণয় কর ।

সমাধান :

দেওয়া আছে, $E_p = 2300$, volt

$E_s = 115$ volt

$I_s = 46$ Amps.

$I_s = ?$

সূত্র : $\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$

বা, $\frac{2300}{115} = \frac{46}{Ip}$ (মান বসিয়ে)

বা, $2300 \times I_p = 46 \times 115$

বা, $I_p = 2.3$ Amps.

উত্তর : প্রাইমারি কয়েলের কারেন্ট 2.3 Amp

২২.১২ ।ট্রান্সফরমারের লসসমূহ

একটি ট্রান্সফরমার যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে তার সবটুকু লোডে সাপ্লাই দিতে পারে না। কিছু শক্তি তার কোর ও কয়েলে ব্যয় হয় যা উত্তাপ সৃষ্টি করে। এই ব্যয়িত শক্তিকে ট্রান্সফরমারের লস বলা হয়। ট্রান্সফরমারের লসগুলি নিম্নরূপ :

(১) কোর লস

(২) কপার লস

কোর লস আবার দুই প্রকার।

(ক) হিসটেরিসিস লস

(খ) এডি কারেন্ট লস।

২২.১৩ ।ট্রান্সফরমারের ইফিসিয়েন্সি

একটি ট্রান্সফরমারের ইনপুটে যে শক্তি দেওয়া হয়, আউটপুটে তার সবটুকু পাওয়া যায় না। ট্রান্সফরমারের কোর ও কয়েলে বেশ কিছু লস হয়। ট্রান্সফরমারের ইনপুটের চেয়ে আউটপুটের শক্তি কখনো বেশি হতে পারে না। ট্রান্সফরমারের আউটপুট পাওয়ার ও ইনপুট পাওয়ারের অনুপাতকে ইফিসিয়েন্সি বা দক্ষতা বলে। ইহাকে শতকরায় প্রকাশ করা হয়।

$$\text{ইফিসিয়েন্সি } \eta = \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{ইনপুট - লস}}{\text{ইনপুট}} \times 100\%$$

২২.১৪ ।ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন

ট্রান্সফরমারের নো-লোড ভোল্টেজ ও ফুল-লোড ভোল্টেজ কখনো সমান হতে পারে না। সুতরাং ট্রান্সফরমারের নো-লোড ভোল্টেজ ও ফুল-লোড ভোল্টেজের পার্থক্যের সাথে ফুল-লোড ভোল্টেজের অনুপাতকে ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলা হয়। গাণিতিকভাবে প্রকাশ করলে পাওয়া যায়

$$V_{reg} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\%$$

এখানে, V_{NL} = নো- লোড ভোল্টেজ

V_{FL} = ফুল-লোড ভোল্টেজ।

V_{reg} = ভোল্টেজ রেগুলেশন।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ট্রান্সফরমার কী?

২। ট্রান্সফরমেশন রেসিওকে সাধারণত কী অক্ষর দিয়ে প্রকাশ করা হয়?

৩। ট্রান্সফরমারের কর্মদক্ষতা বা ইফিসিয়েন্সির সূত্রটি লিখ।

৪। যে ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি সাইডে কম ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে সেকেন্ডারি সাইডে বেশি ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে কী ট্রান্সফরমার বলে?

৫। যে ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি সাইডে বেশি ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে সেকেন্ডারি সাইডে কম ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে কী ট্রান্সফরমার বলে?

৬। ট্রান্সফরমার তেলের কাজ কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ট্রান্সফরমার কাকে বলে?

২। ট্রান্সফরমারকে স্থির বৈদ্যুতিক মেশিন বলা হয় কেন?

৩। স্টেপ আপ ও স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার কাকে বলে?

৪। ট্রান্সফরমারে কী কী লস হয়ে থাকে?

৫। ট্রান্সফরমারের কুলিং পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।

৬। ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলতে কী বোঝায়?

৭। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের কারেন্ট এবং ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ট্রান্সফরমারের প্রধান প্রধান অংশগুলোর নাম লিখ। ব্রিদার ও কনজারভেটরের কাজ কী?

২। ট্রান্সফরমারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

৩। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা এবং ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

ওভারহেড লাইন

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন

২৩.১ ।ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন

ট্রান্সমিশন : ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারকে জেনারেটিং স্টেশন বা বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র হতে সাব-স্টেশন পর্যন্ত পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে ট্রান্সমিশন বলে। এতে পোল, টাওয়ার, কন্ডাক্টর, ট্রান্সফরমার ইত্যাদি প্রয়োজন হয়। বাংলাদেশে ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ সাধারণত ২৩০ কেভি, ১৩২ কেভি, ৬৬ কেভি ও ৩৩ কেভি। বাংলাদেশে উৎপন্ন ভোল্টেজ (জেনারেটেড ভোল্টেজ) ১১ কেভি বা ১১০০০ ভোল্ট। জেনারেটিং স্টেশন হতে উৎপন্ন ১১ কেভি ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করে ট্রান্সশিন লাইনের মাধ্যমে বিভিন্ন সাব-স্টেশনে পৌঁছানো হয়।ট্রান্সমিশন দুই ধরনের। যথা–

(ক) প্রাইমারি ট্রান্সমিশন : জেনারেটিং স্টেশনের ট্রান্সফরমার থেকে সাব-স্টেশনের ট্রান্সফরমার পর্যন্ত বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে প্রাইমারি ট্রান্সমিশন বলে।

(খ) সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন : এক সাব-স্টেশনের ট্রান্সফরমার থেকে অন্য সাব-স্টেশনের ট্রান্সফরমারে বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন বলে।

ডিস্ট্রিবিউশন : ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারকে সাব-স্টেশন থেকে ব্যবহারকারীর বা গ্রাহকের বাড়ির মিটার বোর্ড পর্যন্ত পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়। বাংলাদেশে ব্যবহৃত ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজ সাধারণত ১১ কেভি, ৩.৩ কেভি, ০.৪৪ কেভি হয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের মাধ্যমে গ্রাহক সরাসরি বিদ্যুৎ সরবরাহ পেয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে ডিস্ট্রিবিউশন ট্রন্সফরমার এবং ট্রান্সমিশন লাইনে পাওয়ার ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়।

ডিস্ট্রিবিউশন দুই ধরনের হয়ে থাকে। যথা–

(ক) প্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন : সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশনের পর থেকে অর্থাৎ 33/11 kv ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি থেকে ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি পর্যন্ত অর্থাৎ 11/0.4 kv ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে প্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

(খ) সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন : ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি থেকে অর্থাৎ 11/0.4 kv ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি থেকে গ্রাহকের ওয়ারিং পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

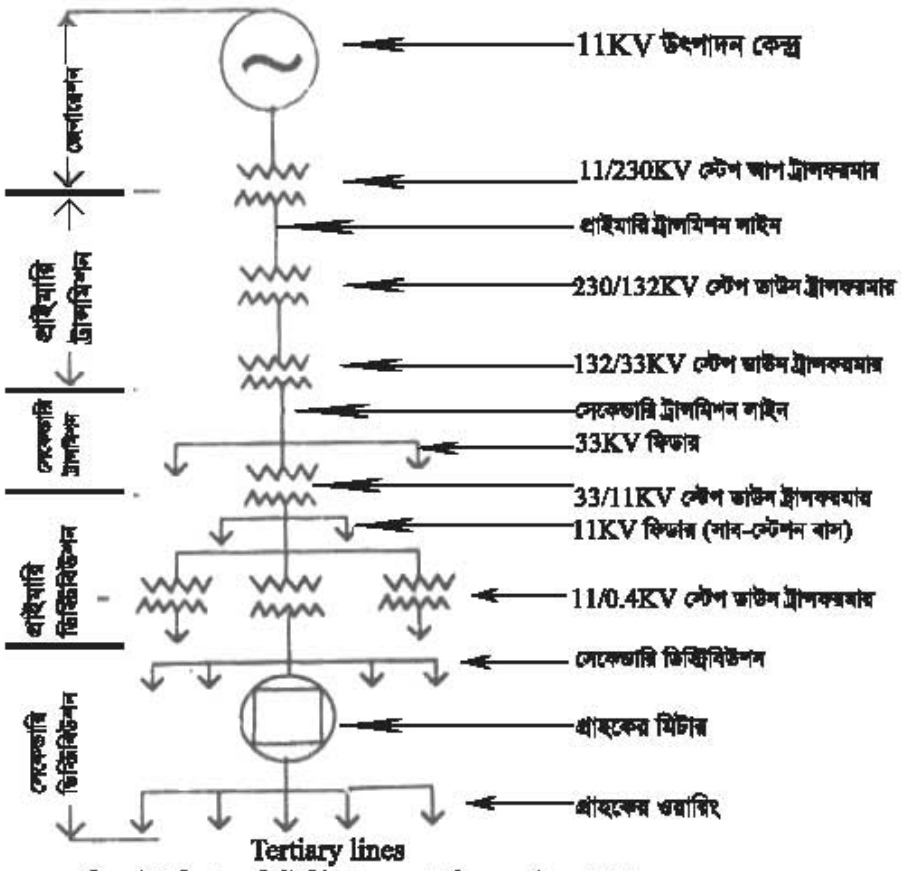
২৩.২ । ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন-এ বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

বাংলাদেশে জেনারেটেড ভোল্টেজ ১১ কেভি। কিন্তু বাসা-বাড়ি, অফিস-আদালত, হাটবাজার, রাস্তাঘাট ও শিল্পকারখানায় যে সমস্ত বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম ব্যবহৃত হয় তাদের রেঞ্জ ২৫০ ভোল্ট থেকে ৪৪০ ভোল্ট। এখানে ১১ কেভি ব্যবহার করা যাবে না। তাছাড়া উৎপাদিত ১১ কেভি ভোল্টেজকে জেনারেটিং স্টেশন হতে অনেক দূরে স্থানান্তর করতে হলে পরিবাহীর রোধ ও অন্যান্য কারণে ভোল্টেজ ড্রপ হয় এবং পাওয়ার অপচয় হয়। ফলে গ্রাহক প্রান্তে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ পাওয়া যায় না এবং বৈদ্যুতিক লোড অর্থাৎ মেশিনপত্র চালানো সম্ভব হয় না। তাই উৎপাদিত ১১ কেভি ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে পরিণত করে দূরে স্থানান্তর করতে হয় এবং স্থানান্তরিত উচ্চ ভোল্টেজকে আবার বিভিন্ন পর্যায়ে কমিয়ে ব্যবহার উপযোগী করতে হয় এবং ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের মাধ্যমে গ্রাহকের কাছে সরবরাহ করা হয়।

তাই ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহার করা হয়।

২৩.৩ । ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন

জেনারেটিং স্টেশন হতে গ্রাহকের বাড়ি পর্যন্ত বিদ্যুৎ প্রেরণের সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম দেখানো হলো–

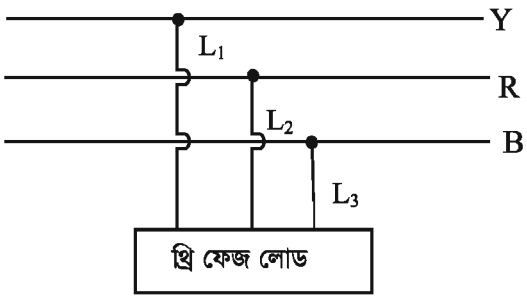


চিত্র : ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম

২০২০

২৩.৪ । তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতি

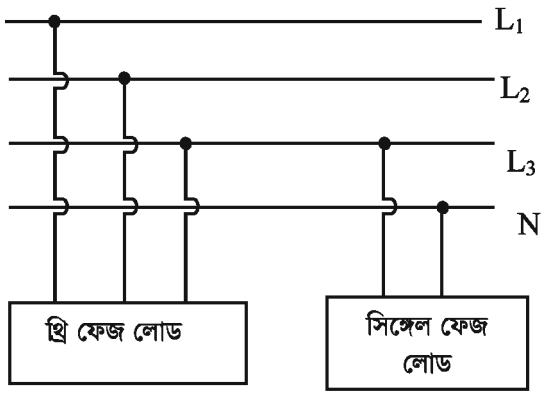
তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে শুধু তিনটি তার থাকে । তিনটি তারকে যথাক্রমে L_1, L_2 ও L_3 অথবা Y, R, B দ্বারা চিহ্নিত করা হয় । এই ক্ষেত্রে শুধু লাইন ভোল্টেজ পাওয়া যায় । কোনো নিউট্রাল লাইন নাই বলে ফেজ ভোল্টেজ পাওযা যায় না । এই পদ্ধতি থেকে শুধু থ্রি-ফেজ লোডে সাপ্লাই নেওয়া যাবে ।



চিত্র : তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে লোডের সংযোগ

২৩.৫ । তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি

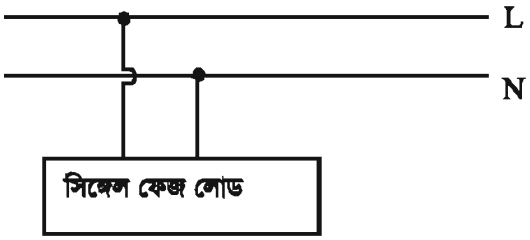
এই পদ্ধতিতে চারটি তার থাকে । তাদের মধ্যে তিনটি লাইন ও একটি নিউট্রাল তার থাকে । এই পদ্ধতির মাধ্যমে থ্রি ফেজ লোডের পাশাপাশি সিঙ্গেল ফেজ লোডেও সাপ্লাই নেওয়া যায় । তিনটি লাইন ও একটি নিউট্রালকে যথাক্রমে L_1, L_2, L_3 ও N দ্বারা চিহ্নিত করা হয় । তিনটি লাইন থেকে থ্রি-ফেজ লোডে এবং একটি লাইন ও নিউট্রাল থেকে সিঙ্গেল ফেজ লোডে সরবরাহ নেওয়া যায় ।



চিত্র : তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে লোডে সংযোগ

২৩.৬ । এক ফেজ দুই তার পদ্ধতি

এই পদ্ধতিতে দুটি তার থাকে যার একটি লাইন এবং অপরটি নিউট্রাল । এই পদ্ধতিতে শুধু সিঙ্গেল ফেজ লোডে সাপ্লাই নেওয়া যায় । থ্রি-ফেজ লোডে সাপ্লাই নেওয়া যায় না ।



চিত্রঃ এক ফেজ দুই তার পদ্ধতিতে লোডে সংযোগ

২৩.৭। শহরের পোলে ব্যবহৃত তারের সংখ্যা

শহরের বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত ও কলকারখানায় বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিতে তিনটি লাইন ও একটি নিউট্রাল তারসহ সর্বমোট চারটি তার থাকে। সেই সাথে শহরের রাস্তার বাতি জ্বালানোর জন্য আরো একটি লাইন তার এবং বজ্রপাতের ফলে সৃষ্ট সার্জ ভোল্টেজের হাত থেকে বৈদ্যুতিক সিস্টেম ও যন্ত্রপাতিকে রক্ষা করার জন্য একটি আর্থ তার ব্যবহার করা হয়। শহরে কিছু দূর পরপর নিউট্রাল তারকে আর্থ তারের সাথে সংযোগ করে দেওয়া হয়। তাই শহরের পোলে মোট ৬টি তার ব্যবহার করা প্রয়োজন। এই ৬টি তারকে যথাক্রমে Y, R, B, SL, E ও N নামে ব্যবহার করা হয়।

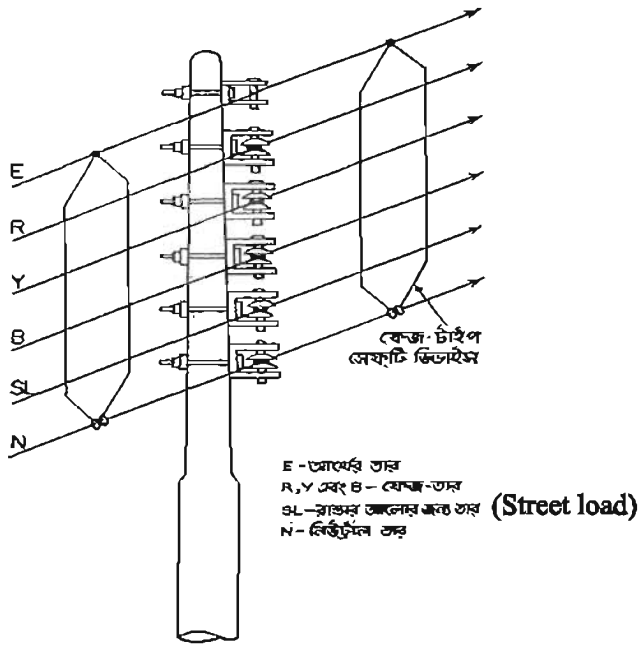
এখানে, Y, R, B তিনটি ফেজ লাইন,

SL রাস্তার বাতির জন্য ফেজ লাইন

E আর্থিং তার (Earth wire)

N নিউট্রাল তার।

চিত্রে এই ছয়টি তারের অবস্থান দেখানো হলো–



চিত্র : শহরের পোলে ছয়টি তারের অবস্থান

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। বাংলাদেশে জেনারেটেড ভোল্টেজ (উৎপন্ন ভোল্টেজ) কত?

২। বাংলাদেশে সর্বোচ্চ ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ কত?

৩। আমাদের দেশে বাসাবাড়িতে সাধারণত কত ভোল্টেজ ব্যবহার করা হয়?

৪। শহরের পোলে কয়টি তার ব্যবহৃত হয়?

৫। শহরের পোলে ব্যবহৃত তারগুলোকে কী কী নামে চিহ্নিত করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ট্রান্সমিশন কাকে বলে?

২। ডিস্ট্রিবিউশন কাকে বলে?

৩। শহরের পোলে ৬টি তার ব্যবহার করা হয় কেন?

৪। তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি থেকে লোডে সরবরাহ দেওয়ার চিত্র অঙ্কন কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা লিখ।

২। জেনারেটিং স্টেশন থেকে গ্রাহকের বাড়ি পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থার সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে তাতে ব্যবহৃত বিভিন্ন ট্রান্সফরমার ও ফিডারের অবস্থান দেখাও।

অথবা

ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে তাতে ব্যবহৃত বিভিন্ন ট্রান্সফরমার ও ফিডারের অবস্থান দেখাও।

চতুর্বিংশ অধ্যায়
পোল ও টাওয়ার

২৪.১। পোল

ওভারহেড লাইনের পরিবাহী বা কন্ডাক্টরকে ভূমি থেকে উঁচুতে ধরে রাখার জন্য ব্যবহৃত বস্তুকে পোল বা খুঁটি বলে। ওভারহেড লাইনকে দুই প্রকারে সাপোর্ট দেওয়া যায়। যথা -

(ক) পোলের মাধমে সাপোর্ট

(খ) টাওয়ারের মাধ্যমে সাপোর্ট

ওভাহেড লাইনে ব্যবহৃত পোল প্রধানত তিন প্রকার। যথা -

১। কাঠের পোল

২। স্টিল পোল

৩। কংক্রিট পোল।

কাঠের পোল আবার তিন প্রকার। যেমন–

(ক) এ টাইপ পোল, (খ) আই টাইপ পোল, (গ) এইচ টাইপ পোল।

স্টিল পোলকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(১) টিউবোলার পোল; (২) রেইল পোল; (৩) রোলড স্টিল জয়েন্ট পোল।

কংক্রিট পোলকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা -

(ক) আরসিসি পোল (Reinforced Cement Concrete Pole)

(খ) পিসিসি পোল (Prestresed Cement Concrete Pole)

২৪.২। টাওয়ার

টাওয়ার : ওভারহেড লাইনকে ভূমি থেকে উপরে ধরে রাখার এক প্রকার সাপোর্ট হচ্ছে টাওয়ার। অতি উচ্চ চাপ বা হাই ভোল্টেজ লাইনের জন্য ইস্পাতের টাওয়ার ব্যবহার করা হয়। গ্যালভানাইজ করা ইস্পাতের অ্যাঙ্গেল বা চ্যানেল নাট-বোল্ট দিয়ে আটকিয়ে টাওয়ার তৈরি করা হয়। সাধারণত ৬৬ কেভি বা তার চেয়ে বেশি ভোল্টেজের সকল লাইনে টাওয়ার ব্যবহৃত হয়। বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে ১১ কেভি ও ৩৩ কেভি লাইনেও টাওয়ার ব্যবহার করা হয়।

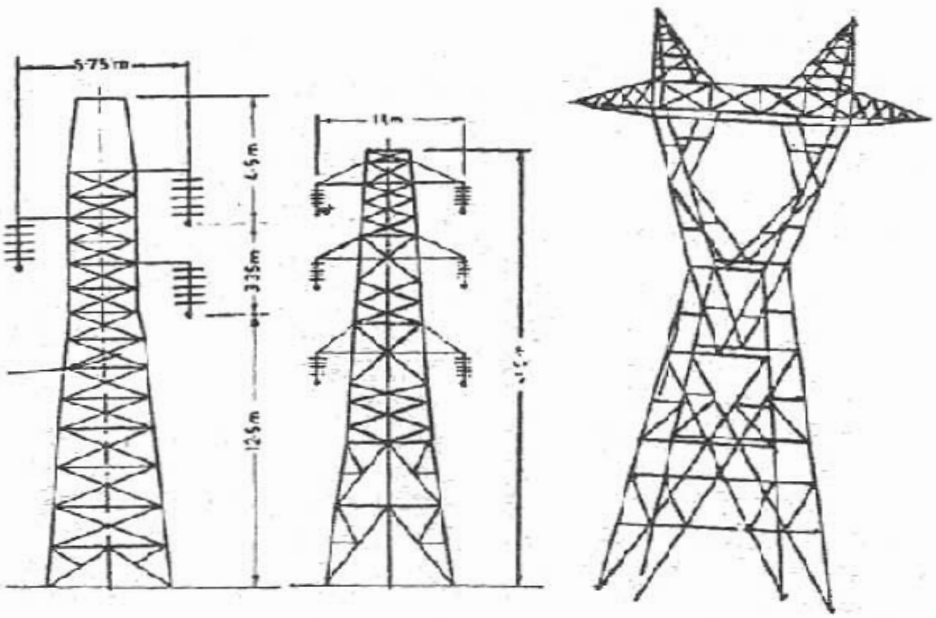
স্বাভাবিক স্প্যান বিশিষ্ট টাওয়ারের শ্রেণিবিভাগ নিম্নরূপ :

(ক) ঝুলন্ত ইনসুলেটর বিশিষ্ট স্পর্শক টাওয়ার;

(খ) ঝুলন্ত ইনসুলেটর ক্ষুদ্র কোণবিশিষ্ট টাওয়ার;
(গ) টানযুক্ত ইনসুলেটর মাঝারি কোণবিশিষ্ট টাওয়ার;
(ঘ) টানযুক্ত ইনসুলেটর বৃহৎ কোণবিশিষ্ট টাওয়ার ।

অনেক সময় টাওয়ারকে আবার নিম্নরূপেও বিভক্ত করা যায় । যথা–
(ক) সিঙ্গেল সার্কিট টাওয়ার,
(খ) ডাবল সার্কিট টাওয়ার
(গ) কর্সেট টাইপ টাওয়ার ।

চিত্রে বিভিন্ন ধরনের টাওয়ার দেখানো হলো–



চিত্র : (ক) সিঙ্গেল সার্কিট টাওয়ার; (খ) ডাবল সার্কিট টাওয়ার; (গ) কর্সেট টাইপ টাওয়ার

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পোল ও টাওয়ার কেন ব্যবহার করা হয়?

২। ওভারহেড লাইনকে কী কী উপায়ে সাপোর্ট দেয়া হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। পোল কাকে বলে? সাধারণত কত ভোল্ট লাইনের ক্ষেত্রে পোল ব্যবহার করা হয়?

২। টাওয়ার কাকে বলে? সাধারণত কত ভোল্ট লাইনের ক্ষেত্রে টাওয়ার ব্যবহার করতে হয়?

৩। স্বাভাবিক স্প্যানবিশিষ্ট টাওয়ারের শ্রেণি বিভাগ উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। পোল ও টাওয়ার কাকে বলে? পোলের শ্রেণী বিভাগ উল্লেখ কর।

৩। টাওয়ার কাকে বলে? টাওয়ার কোথায় ব্যবহার করা হয়? টাওয়ার কত প্রকার ও কী কী?

পঞ্চবিংশ অধ্যায়
ক্রশ-আর্ম

২৫.১। ক্রশ-আর্ম

ওভারহেড লাইনে সাধারণত খোলা তারই কন্ডাক্টর হিসাবে ব্যবহার করা হয়। লাইনের এই কন্ডাক্টরকে ইনসুলেটরের সাথে আটকানো হয়। আবার একই পোলের সাথে একাধিক কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়। এই সকল কন্ডাক্টরকে পরস্পর থেকে নির্দিষ্ট দূরত্বে রাখা প্রয়োজন। নতুবা দুই লাইনের মাঝে শর্ট সার্কিট হতে পারে। কন্ডাক্টরসমূহকে ভূমি হতে নিরাপদ উচ্চতায় রাখতে হবে।

তাই ওভারহেড লাইনের ইনসুলেটর ও কন্ডাক্টরসমূহকে পরস্পর হতে নিরাপদ দূরত্বে রাখা এবং ভূমি হতে কন্ডাক্টরকে নিরাপদ উচ্চতায় রাখার জন্য পোলে ব্যবহৃত সরঞ্জামকে ক্রশ-আর্ম বলা হয়। ক্রশ-আর্ম সাধারণত কাঠ বা ইস্পাতের তৈরি হয়ে থাকে। ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম তৈরি করার জন্য এমএস চ্যানেল অথবা অ্যাঙ্গেল ব্যবহার করা হয়। চ্যানেল দ্বারা তৈরি ক্রশ-আর্মকে চ্যানেল ক্রশ-আর্ম এবং অ্যাঙ্গেল দ্বারা তৈরি ক্রশ-আর্মকে অ্যাঙ্গেল ক্রশ-আর্ম বলা হয়।

২৫.২। ক্রশ-আর্ম স্থাপনের পদ্ধতি

সাধারণত দুই ধরনের ক্রশ-আর্মের ব্যবহার দেখা যায়। কাঠের ক্রশ-আর্ম ও ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম। কাঠের ক্রশ-আর্ম বেশি ভাগ ক্ষেত্রে সেগুন অথবা শিশু কাঠ দ্বারা তৈরি করা হয়। ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম তৈরি করার জন্য এমএস চ্যানেল অথবা অ্যাঙ্গেল ব্যবহার করা হয়।

কন্ডাক্টর বিন্যাসের প্রয়োজন অনুযায়ী ক্রশ-আর্মের আকার বিভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন -

(ক) সরল ক্রশ-আর্ম; (খ) ত্রিকোণাকার ক্রশ-আর্ম;

(গ) ভি (V) আকারের ক্রশ-আর্ম; (ঘ) সর্পিলাকার বা জিগজাগ ক্রশ-আর্ম।

পোলে ক্রশ-আর্ম স্থাপন করার জন্য প্রয়োজনীয় মালামালের তালিকা :

১। ইস্পাতের নাট-বোল্ট;

২। ক্রশ-আর্ম

৩। ব্রেসিং লাগানোর সকেট;

৪। ব্রেসিং;

৫। U (ইউ) বোল্ট ও নাট।

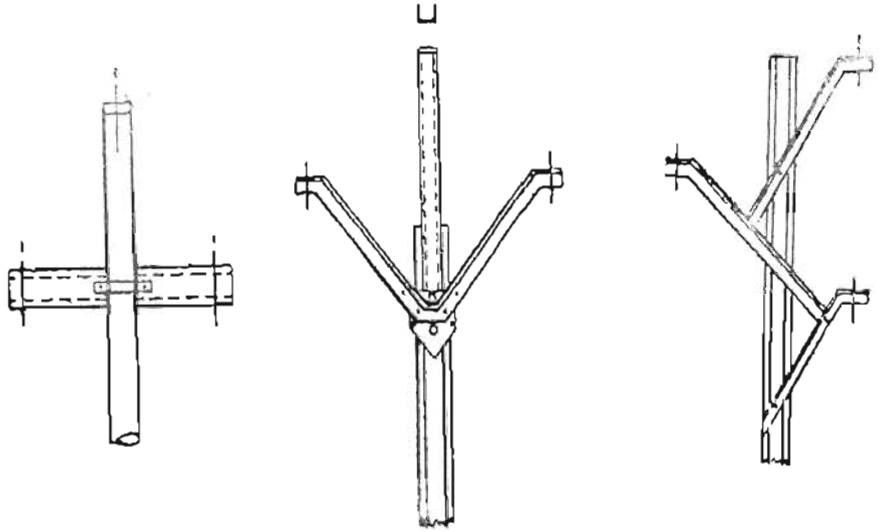
ক্রশ-আর্মের আকার নির্ধারণ ও স্থাপনের উপর লাইনের কর্মদক্ষতা অনেকাংশে নির্ভরশীল। তাই ক্রশ-আর্ম স্থাপনের ক্ষেত্রে কিছু প্রয়োজনীয় শর্ত মেনে চলা দরকার।

১। ক্রশ-আর্মের ধরন এমন হতে হবে যাতে সুষ্ঠু কন্ডাক্টর বিন্যাস নিশ্চিত হয়।

২। লাইনের কন্ডাক্টরগুলির ব্যবধান সঠিক হতে হবে।

৩। ক্রশ-আর্ম পোলের নির্দিষ্ট উচ্চতায় স্থাপন করতে হবে যাতে কন্ডাক্টরসমূহ ভূমি হতে নিরাপদ উচ্চতায় থাকে।

৪। লাইনের দিক অনুযায়ী ক্রশ-আর্মের দিক সঠিক হতে হবে। ট্যানজেন্ট পোলে ক্রশ-আর্ম পোলের উপর লম্বভাবে থাকবে এবং কৌণিক পোলে এর দিক এমন হতে হবে যাতে এর উভয় পাশেই টান প্রায় সমান হয়।



চিত্র : বিভিন্ন প্রকার ক্রশ-আর্ম

উপরোক্ত শর্তসমূহ পূরণ সাপেক্ষে নাট-বোল্ট ও ক্ল্যাম্পের সাহায্যে ক্রশ-আর্ম ভালোভাবে স্থাপন করতে হবে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ক্রশ-আর্ম কিসের তৈরি?

২। ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম কি দিয়ে তৈরি করা হয়?

৩। ক্রশ-আর্ম কোথায় ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ক্রশ-আর্ম কাকে বলে?

২। ক্রশ-আর্ম কেন ব্যবহার করা হয়?

৩। ক্রশ-আর্মের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ক্রশ-আর্ম স্থাপন করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। ক্রশ-আর্ম স্থাপনের জন্য প্রয়োজনীয় মালামালের একটি তালিকা তৈরি কর।

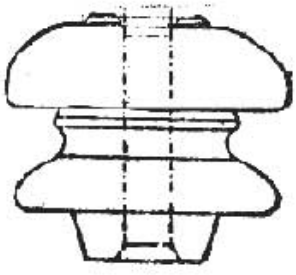
ষড়বিংশ অধ্যায়
ইনসুলেটর

২৬.১। ইনসুলেটর

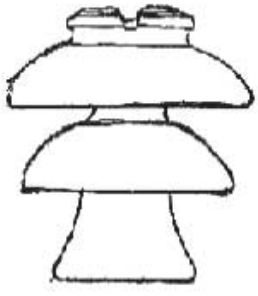
ইনসুলেটর চীনামাটি বা কাঁচের তৈরি এক ধরনের অপরিবাহী পদার্থ যা ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থায় ওভারহেড লাইনে লাইন কন্ডাক্টরকে ধরে রাখে এবং পোল বা টাওয়ারের অন্যান্য ধাতব অংশ হতে কন্ডাক্টরকে নিরাপদে বিচ্ছিন্ন করে রাখে।

ওভারহেড লাইনে অনেক ধরনের ইনসুলেটরের প্রচলন আছে। তার মধ্যে নিচেরগুলোই বেশি ব্যবহৃত হয়।

ক) শ্যাকল ইনসুলেটর (Shackle Insulator)

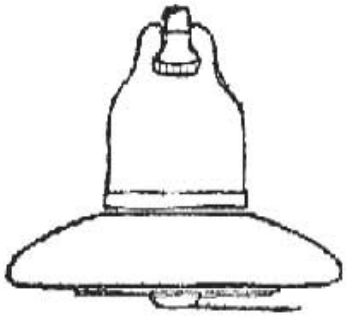


খ) পিন ইনসুলেটর (Pin Insulator)



গ) সাসপেনশন ইনসুলেটর (Suspension Insulator)

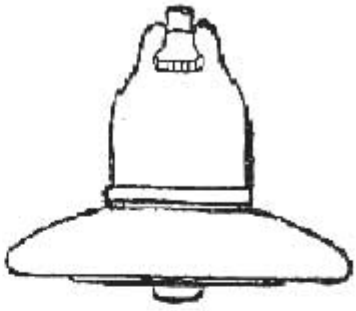
একাধিক ইনসুলেটর সারিবদ্ধ ভাবে সংযোগ করে উচ্চ ভোল্টেজের লাইনে স্থাপন করা হয়।



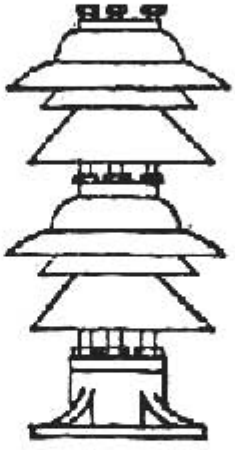
২০২০

ঘ) স্ট্রেইন ইনসুলেটর (Strain Insulator)

স্ট্রেইন ইনসুলেটর ও একাধিক সিরিজে সংযোগ করে উচ্চ ভোল্টেজের বৈদ্যুতিক লাইনের পোল বা টাওয়ারের ব্যবহৃত হয়।



ঙ) পোস্ট ইনসুলেটর (Post Insulator)



চ) গাই ইনসুলেটর (Guy Insulator)

পোলের টানা তারে গাই ইনসুলেটর ব্যবহৃত হয়।

২৬.২। ইনসুলেটরের প্রয়োজনীয়তা

ওভারহেড লাইনে ইনসুলেটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম।

(ক) লাইনের খোলা কন্ডাক্টরকে ভূমি হতে এমন উচ্চতায় রাখতে হয় যাতে তা লোকজন, পাছপালা ও যানবাহন হতে নিরাপদ দূরত্বে থাকে।

(খ) লাইনের বিভিন্ন কন্ডাক্টরকে পরস্পর হতে এমন দূরত্বে রাখতে হয় যাতে শর্ট সার্কিট না হয়।

(গ) লাইনের কন্ডাক্টরকে পোল ও ক্রশ-আর্ম হতে নিরাপদ দূরত্বে রাখতে হয় যাতে কন্ডাক্টর আর্থের সংস্পর্শে না আসে।

ওভারহেড লাইনে কন্ডাক্টরকে ভূমি হতে নিরাপদ উচ্চতায় রাখতে, কন্ডাক্টরগুলিকে পরস্পর হতে নিরাপদ দূরত্বে রাখতে এবং এদের পোল ও টাওয়ারের অন্যান্য ধাতব অংশ থেকে বিচ্ছিন্ন রাখার জন্য ইনসুলেটর ব্যবহার করা প্রয়োজন।

২০২০

২৬.৩। ইনসুলেটরের শ্রেণিবিভাগ : ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত ইনসুলেটরের প্রধান উপাদান পোরসেলিন বা চীনামাটি। পাইরেক্স নামক এক প্রকার ইনসুলেটরও আজকাল ব্যবহার করা হয়।
ইনসুলেটর প্রধানত পাঁচ প্রকার। যথা–
(১) পিন ইনসুলেটর
(২) ডিস্ক ইনসুলেটর
(৩) স্টে বা গাই ইনসুলেটর
(৪) শ্যাকল ইনসুলেটর
(৫) পোস্ট ইনসুলেটর ।

ডিস্ক ইনসুলেটর আবার দুই প্রকার। যথা–
(ক) সাসপেনশন ইনসুলেটর; (খ) স্ট্রেইন ইনসুলেটর।

বিভিন্ন প্রকার ইনসুলেটরের ব্যবহার :
১। পিন ইনসুলেটর : নিম্নচাপ ও মাঝারি চাপ লাইনে অর্থাৎ ১১ কেভি/৩৩ কেভি লাইনে ব্যবহার করা হয়।
২। শ্যাকল ইনসুলেটর : নিম্নচাপ লাইনে অর্থাৎ ২৩০/ ৪০০ ভোল্ট লাইনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।
৩। সাসপেনশন ইনসুলেটর : ৩৩ কেভি এর উপরে ভোল্টেজের ক্ষেত্রে ট্যানজেন্ট টাওয়ার এবং অল্প বিচ্যুতি কোণ টাওয়ারে ব্যবহার করা হয়।
৪। স্ট্রেইন ইনসুলেটর : উচ্চচাপ লাইনের প্রান্তিক, সেকশন ও কৌণিক টাওয়ারে ব্যবহার করা হয়।
৫। পোস্ট ইনসুলেটর : লো টাইপ আউটডোর সাব-স্টেশনের বাস বার বসাবার জন্য ব্যবহার করা।
৬। স্টে বা গাই ইনসুলেটর : টানার সাথে এই ইনসুলেটর ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত
১। ইনসুলেটর কী?
২। ইনসুলেটর কী দিয়ে তৈরী করা হয়?
৩। নিম্নচাপ ও মাঝারি চাপ লাইনে কোন ইনসুলেটর ব্যবহার করা?
৪। নিম্নচাপ লাইনে কোন ইনসুলেটর ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন
১। ইনসুলেটর কাকে বলে?
২। ইনসুলেটর ব্যবহার করা হয়?
৩। গাই ইনসুলেটর কোথায় ব্যবহার করা হয়?
৪। শ্যাকল ইনস্যুলেটর কোথায় ব্যবহার করা হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন
১। ইনসুলেটর কাকে বলে? ইনসুলেটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।
২। ইনসুলেটর কত প্রকার ও কী কী?

২০২০

সপ্তবিংশ অধ্যায়
কন্ডাক্টর

২৭.১। ওভারহেড লাইনে কন্ডাক্টর

ওভারহেড লাইনে কন্ডাক্টর বলতে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহের জন্য ব্যবহৃত তার বা পরিবাহীকে বোঝায়। ওভারহেড লাইনে সাধারণত অ্যালুমিনিয়াম, কপার ও ইস্পাতের কন্ডাক্টর ব্যবহৃত হয়। ওভারহেড লাইনে প্রবাহিত কারেন্টের উপর ভিত্তি করে প্রয়োজনমতো বিভিন্ন সাইজের কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়।

২৭.২। কন্ডাক্টরের প্রকারভেদ

ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টর প্রধানত ৫ প্রকার। যথা–
(১) তামা বা কপার কন্ডাক্টর; (২) অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর; (৩) ইস্পাতের কন্ডাক্টর;
(৪) কপার ওয়েল্ড কন্ডাক্টর; (৫) ব্রোঞ্জ কন্ডাক্টর।

১। তামা বা কপার কন্ডাক্টর : ওভারহেড লাইনে পরিবাহী হিসাবে সাধারনত হার্ডড্রন তামার তার ব্যবহার করা হয়। কারণ এর টান সহনক্ষমতা, কন্ডাকটিভিটি বেশি। সাধারনত ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে সলিড কন্ডাক্টর এবং ট্রান্সমিশন লাইনে খেইযুক্ত তামার তার ব্যবহার করা হয়। তামা বর্তমানে মূল্যবান বলে চুরি হয়ে যায়। তাই এই তার এখন কম ব্যবহার করা হয়।

২। অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর : তামার তুলনায় এর আপেক্ষিক রোধ বেশি এবং টান সহনক্ষমতা ও ওজন কম। অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর সব সময় পাকানো থাকে। সাধারনত দুই ধরনের অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। যথা–

(ক) অ্যালুমিনিয়াম স্ট্রান্ডেড কন্ডাক্টর : এটাকে অল অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর (All Aluminium Conductor) বা সংক্ষেপে এএসি (AAC) বলা হয়। এই কন্ডাক্টর শুধু একগুচ্ছ অ্যালুমিনিয়াম তার দ্বারা তৈরি।

(খ) অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর স্টিল রি-ইনফোর্সড : একে সংক্ষেপে এসিএসআর (ACSR) বা Aluminium Conductor Steel re-inforced বলা হয়। অন্য কথায় একে স্টিল কোরড অ্যালুমিনিয়াম বা সংক্ষেপে এসসিএ (SCA) কন্ডাক্টরও বলা হয়। এই কন্ডাক্টরে অ্যালুমিনিয়াম তারের গুচ্ছের ভিতরে একটি স্টিলের তার বা একগুচ্ছ স্টিলের তার ব্যবহার করা হয়। এর টান সহন ক্ষমতা বেশি। উচ্চ চাপের ট্রান্সমিশন লাইনে এই তার বেশি ব্যবহৃত হয়।

(৩) ইস্পাতের কন্ডাক্টর : ইস্পাতের টান সহনক্ষমতা খুব বেশি, প্রায় ১০০০০ কেজি/ বর্গসেমি এবং দামও কম। এর পরিবাহিতা তামার তারের ১০% মাত্র। এই তার খুব বেশি ব্যবহৃত হয় না।

(৪) কপার ওয়েল্ড কন্ডাক্টর : কপার ও ইস্পাতের মিশ্রণে এই কন্ডাক্টর তৈরি করা হয়। এর পরিবাহিতা কপারের চেয়ে কম কিন্তু টান সহনক্ষমতা বেশি। নদী পারাপারের জন্য দীর্ঘ স্প্যানের ক্ষেত্রে এই কন্ডাক্টর ব্যবহৃত হয়।

(৫) ব্রোঞ্জ কন্ডাক্টর : যে স্থানে বাতাসে ক্ষতিকারক গ্যাস (অ্যামোনিয়া ইত্যাদি) বেশি থাকে সেই স্থানে ফসফর ব্রোঞ্জ বা সিলিকন ব্রোঞ্জের কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়। এর টান সহনক্ষমতা তামার চেয়ে বেশি।

২৭.৩। এসিএসআর এবং এএসি কন্ডাক্টর :

(ক) এসিএসআর (ACSR) কন্ডাক্টর : এটা অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত এক ধরনের কন্ডাক্টর। এই কন্ডাক্টরে অ্যালুমিনিয়াম তারের গুচ্ছের ভিতরে একটি স্টিলের তার বা একগুচ্ছ স্টিলের তার ব্যবহার করা হয়। তাই এর নাম অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর স্টিল রি-ইনফোর্সড সংক্ষেপে এসিএসআর (ACSR)। উচ্চচাপের ট্রান্সমিশন লাইনে এই কন্ডাক্টর ব্যবহৃত হয়।

(খ) এএসি (AAC) কন্ডাক্টর : এটা অ্যালুমিনিয়ামের তৈরী ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত এক প্রকার কন্ডাক্টর। এই কন্ডাক্টরে শুধু একগুচ্ছ অ্যালুমিনিয়াম তার ব্যবহার করা হয়। তাই এর নাম অল অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর বা সংক্ষেপে এএসি (AAC)।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টরের সাইজ কিসের উপর নির্ভর করে?

২। ইস্পাতের কন্ডাক্টরের টান সহন ক্ষমতা কত?

৩। অ্যালুমিনিয়াম স্ট্র্যান্ডেড কন্ডাক্টরকে সংক্ষেপে কী বলে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর বলতে কী বোঝ?

২। AAC (এএসি) এর পূর্ণরূপ লিখ।

৩। ACSR (এসিএসআর) এর পূর্ণরূপ লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টর কত প্রকার ও কী কী?

২। এসিএসআর এবং এএসি কন্ডাক্টরের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

অষ্টবিংশ অধ্যায়
টানা

২৮.১। টানা

বৈদ্যুতিক লাইনে ব্যবহৃত পোল ঝড়বৃষ্টি বা তারের টানে যে কোনো দিকে হেলে যেতে পারে। এমনকি লাইন সহ যে কোনো দিকে কাত হয়ে যেতে পারে। তাই যে কোনো অবস্থায় পোলকে সোজা বা খাড়া রাখতে পোলে প্রযুক্ত টানের বিপরীত দিকে আর একটি টানের ব্যবস্থা করা হয়। টানা বলতে এই বিপরীতমুখী টানকে বোঝায়। স্টিলের তার দ্বারা সাধারণত এই টানা দেওয়া হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে টানার পাশাপাশি খুঁটি দিয়ে ঠেকও দেওয়া হয়।

২৮.২। টানা ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা : বৈদ্যুতিক সিস্টেমে টানা একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। নিম্নলিখিত কারণে টানা ব্যবহার করা অত্যন্ত জরুরি।

(ক) প্রান্তিক পোলের এক পাশে টান থাকে বলে পোল তারের টানে কাত হয়ে যেতে পারে।

(খ) কৌণিক বা অ্যাঙ্গেল পোলে দুই দিকের তারের টান পরস্পর বিপরীতমুখী নয়। ফলে উভয় তারের লব্ধ বলের দিকে পোল কাত হয়ে যেতে পারে।

(গ) যে সেকশন পোল হতে আড়াআড়ি লাইন টানা হয় তা আড়াআড়ি লাইনের টানে কাত হয়ে যেতে পারে।

(ঘ) সেকশন পোলের দুই পাশের তারের টান বিপরীতমুখী হলেও পরস্পর সমান নাও হতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে বেশি টানের দিকে পোল কাত হয়ে যেতে পারে।

(ঙ) ঝড়ের সময় বাতাসের চাপে ট্যানজেন্ট পোল লাইনের আড়াআড়ি দিকে কাত হয়ে যেতে পারে। যে কোনো অবস্থায় যে কোনো পোলকে তার নিজস্ব অবস্থানে ঠিক রাখতে অর্থাৎ যে কোনো দিকে কাত হয়ে যাওয়ার হাত থেকে বাঁচানোর জন্য পোলের সঙ্গে টানা ব্যবহার করা একান্ত প্রয়োজন।

২৮.৩। টানার শ্রেণিবিভাগ

টানা প্রধানত ৪ প্রকার। যথা–

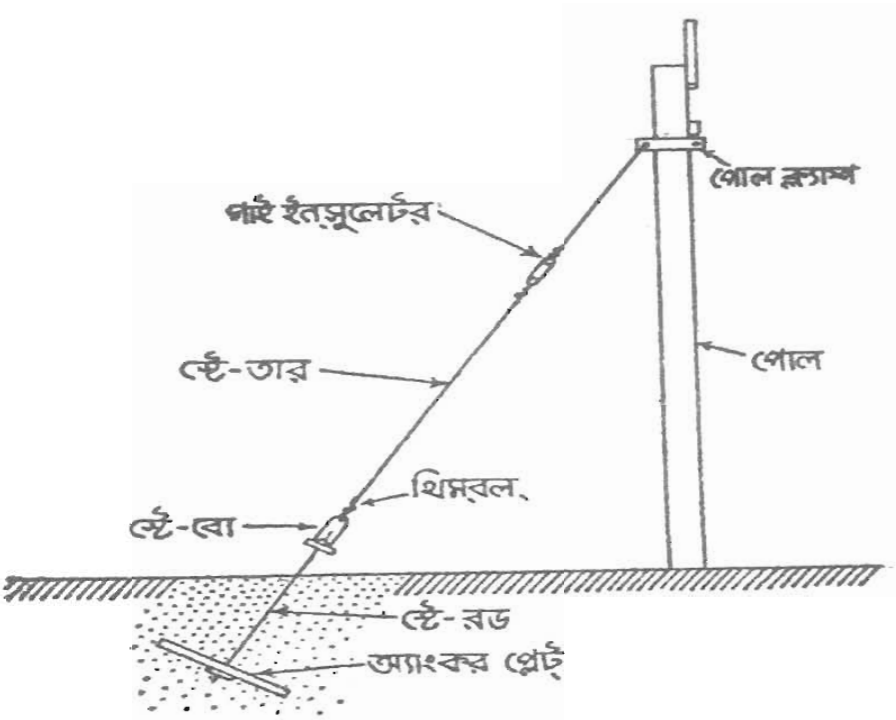
১। অ্যাংকর রড টানা বা অ্যাংকর রড স্টে;

২। ফ্লাইং টানা বা ফ্লাইং স্টে

৩। বো টানা বা বো স্টে

৪। পুশ ব্রাস টানা।

পরের পৃষ্ঠার চিত্রে একটি টানার বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–



চিত্র : টানার বিভিন্ন অংশ

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। টানায় যে ইনস্যুলেটর ব্যবহার করা হয়, তার নাম কী?

২। টানার তার হিসাবে সাধারণত কী তার ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। টানা বলতে কী বোঝ?

২। টানা কেন ব্যবহার করা হয়?

৩। টানার শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

২০২০

উনত্রিংশ অধ্যায়
গার্ড ও ড্যাম্পার

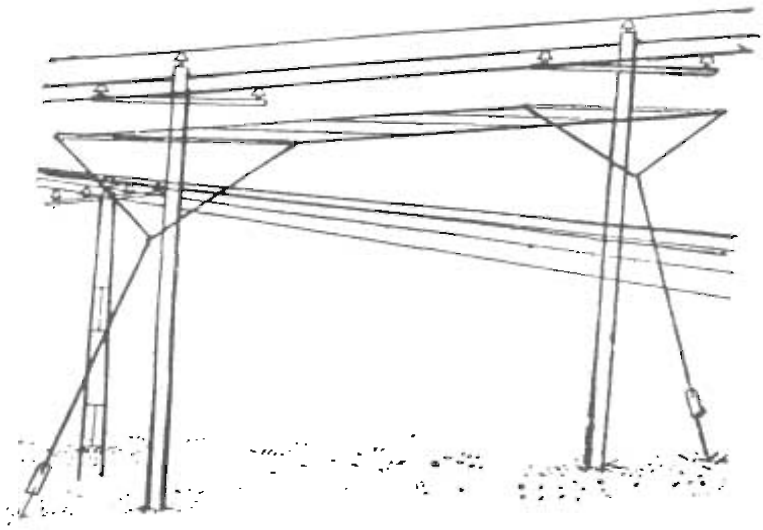
২৯.১ । গার্ড

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর হঠাৎ কোনো কারণে ছিঁড়ে গিয়ে রাস্তাঘাট, টেলিফোন বা টেলিগ্রাফ লাইন, লোকজন বা অন্য কোনো জীবজন্তুর উপর পড়লে মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে। আবার ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টরে পাখি বসে অনেক সময় কন্ডাক্টর ও ক্রশ-আর্মের মধ্যে শর্ট সার্কিট ঘটায়। এসব দুর্ঘটনা এড়ানোর জন্য ওভারহেড লাইনের বিভিন্ন স্থানে নিরাপত্তামূলক যে ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়, তাই গার্ড।

২৯.২ । গার্ডের শ্রেণিবিভাগ

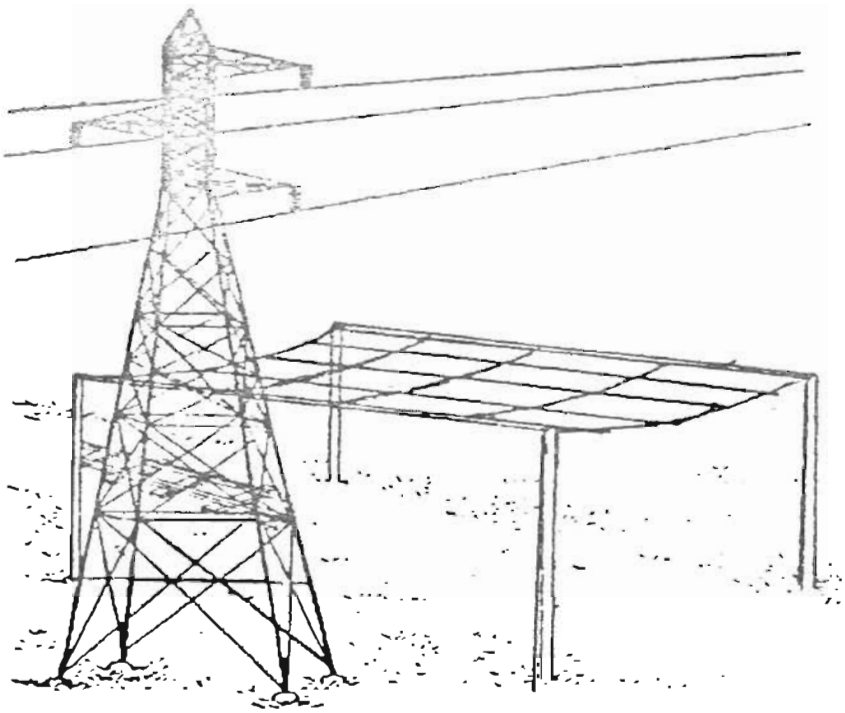
ওভারহেড লাইনে বিভিন্ন প্রকার গার্ড ব্যবহার করা হয়। যেমন–

(১) ক্রাডল গার্ড : পোল বিশিষ্ট HT ওভারহেড লাইন রেলপথ ও টেলিফোন লাইন অতিক্রম করলে এই গার্ড ব্যবহার করা হয়।



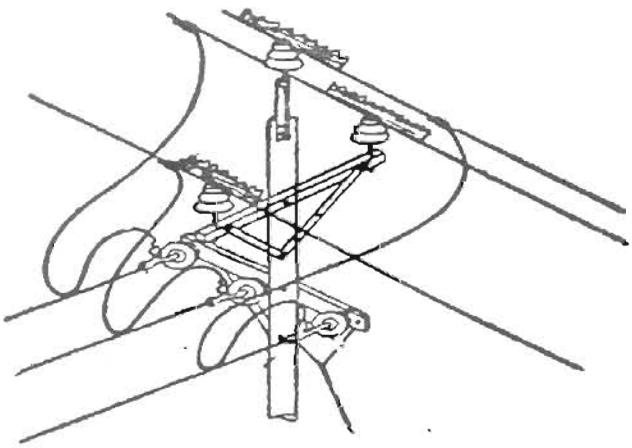
চিত্র : ক্রাডল গার্ড

(২) স্কাই গার্ড : টাওয়ার বিশিষ্ট HT ওভারহেড লাইন রেলপথ বা টেলিফোন লাইন অতিক্রম করলে ওভারহেড লাইনের কন্ডাকটরের নিচে এবং টেলিফোন লাইনের উপরে এই গার্ড ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : স্কাই গার্ড

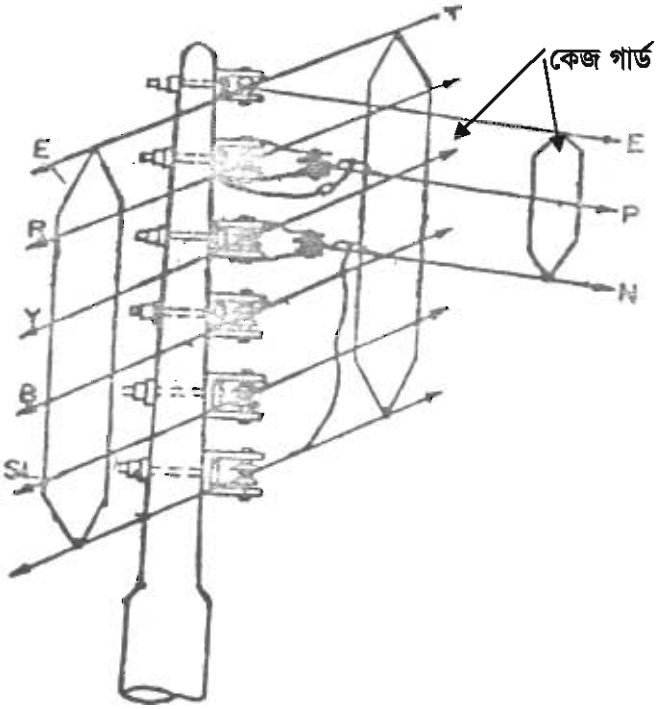
(৩) বার্ড গার্ড : HT ওভারহেড লাইনে পিন ইনসুলেটরের উপরে এই গার্ড বসানো হয়। ফলে এতে পাখি বসতে পারে না।



চিত্র : বার্ড গার্ড

২০২০

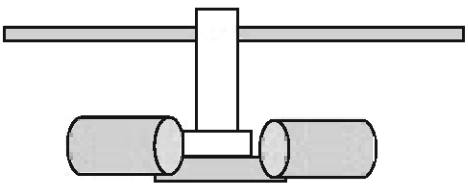
(৪) কেজ গার্ড : LT সার্ভিস লাইনে বা সার্ভিস লাইনের পোলের কাছাকাছি এই গার্ড ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : কেজ গার্ড

২৯.৩। ড্যাম্পার

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টরের উপর দিয়ে বাতাস প্রবাহের ফলে কন্ডাক্টরে কম্পনের সৃষ্টি হয়। এই কম্পনের ফলে পোল বা টাওয়ারের কাছে কন্ডাক্টর ছিঁড়ে যেতে পারে। তাই কম্পন প্রশমনের জন্য যে ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয় তাই ড্যাম্পার। ড্যাম্পার হিসাবে সাধারণত ভারী ধাতব পদার্থ ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : ড্যাম্পার

২৯.৪ । ড্যাম্পার ব্যবহারের প্রয়োজনীতা

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টরের উপর দিয়ে বাতাস প্রবাহের কারণে কন্ডাক্টরে কম্পনের সৃষ্টি হয় । এই কম্পণ কন্ডাক্টরে উল্লম্ব ঢেউয়ের সৃষ্টি করে এবং স্প্যানের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত হয় । এই কম্পনের ফলে ইনসুলেটরের বাঁধনের কাছে কন্ডাক্টর ক্রমাগত উঠানামা করে, ফলে কন্ডাক্টরে চাপ পড়ে । তাতে কন্ডাক্টর ছিঁড়ে যেতে পারে । এই কম্পনজনিত ক্ষতির হাত থেকে কন্ডাক্টরকে রক্ষার জন্য ড্যাম্পার ব্যবহার করা প্রয়োজন । কন্ডাক্টরের বাঁধন হতে অল্প দূরে উভয় পার্শ্বে ড্যাম্পার লাগানো হয় । ড্যাম্পার বাতাসের সৃষ্ট কম্পনকে প্রশমিত করে । উচ্চ চাপের দীর্ঘ স্প্যানের লাইনে স্টকব্রিজ ড্যাম্পারই বেশি ব্যবহৃত হয় । অনেক ক্ষেত্রে দামের বিবেচনায় স্টকব্রিজ ড্যাম্পারের পরিবর্তে বেট ড্যাম্পারও ব্যবহার করা হয় ।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । ক্রাডল গার্ড কোথায় ব্যবহার করা হয়?

২ । বার্ড গার্ড কোথায় ব্যবহার করা হয়?

৩ । কেজ গার্ড কোথায় ব্যবহার করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১ । গার্ড কাকে বলে?

২ । গার্ড কেন ব্যবহার করা হয়?

৩ । ড্যাম্পার কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

১ । ড্যাম্পার কী? ড্যাম্পার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর ।

আন্ডারগ্রাউন্ড লাইন

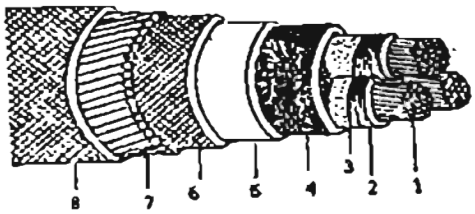
ত্রিংশ অধ্যায়

আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ও ইন্সটলেশন

৩০.১। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল

আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল বলতে মাটির নিচে ব্যবহারযোগ্য পর্যাপ্ত ইনসুলেশন বিশিষ্ট ক্যাবলকে বোঝায়। এই ক্যাবলে প্রয়োজনীয় পরিমাণ ভোল্টেজ প্রতিরোধ করার মতো ইনসুলেশন দেওয়া হয়। ঘনবসতিপূর্ণ শহর এলাকায়, শিল্পকারখানায় ও অফিস এলাকায় আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ব্যবহার করাই সুবিধাজনক। ওভারহেড লাইনের তুলনায় প্রাথমিক খরচ বেশি হলেও আন্ডারগ্রাউন্ড লাইনের রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কম এবং লাইনে দোষ-ত্রুটি হওয়ার আশঙ্কা কম।

অ্যালুমিনিয়াম বা তামার পাকানো তারের কোর, পিভিসি বা তৈলসিক্ত কাগজের ইনসুলেশন, জল নিরোধক ধাতব আবরণ, ধাতব আর্মার ইত্যাদি দিয়ে এই ক্যাবল তৈরি করা হয়। নিচের চিত্রে একটি ক্যাবলের বিভিন্ন অংশ দেখানো হলো–



1. Stranded Conductor
2. Oil impregnated paper insulation
3. Copper Strip
4. Cotton tape stiched with copper wire
5. Lead sheath
6. Bendding
7. Galvanized wire armour
8. Serving.

৩০.২। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্সটলেশন

আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্সটলেশন বলতে আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলকে যথাযথ নিয়মে মাটির নিচে স্থাপন করার পদ্ধতিকে বোঝায়।

ক্যাবল স্থাপনের কাজটিকে তিনটি প্রধান অংশে ভাগ করা হয়। যথা–

(ক) পরিখা খনন করা

(খ) ক্যাবল বিছানো

(গ) পরিখা ভরাট করা

পরিখা খনন করা : পরিখা খননের পূর্বে ক্যাবলের পথ চিহ্নিত করে নিতে হবে। কোন পথে ক্যাবল নিয়ে গেলে বাঁক, রাস্তা পারাপার এবং খরচ কম হবে তা বিবেচনা করে ক্যাবলের পথ নির্ধারণ করা হয়। প্রয়োজন হলে টেলিগ্রাফ, টেলিফোন, গ্যাস, রেলওয়ে ইত্যাদি কর্তৃপক্ষের অনুমতি নিতে হবে।

ক্যাবলের পরিখা যতটা সম্ভব রাস্তার পাশ দিয়ে খোঁড়া উচিত। রাস্তা পারাপারের ক্ষেত্রে পরিখা না খুঁড়ে সুড়ঙ্গ করে নেওয়া ভালো। আড়াআড়ি রাস্তা পার না করে একটু তির্যকভাবে রাস্তা পার করা উচিত।

এইচটি এবং এলটি ক্যাবল পাশাপাশি থাকলে এইচটি ক্যাবল রাস্তার দিকে এবং এলটি ক্যাবল রাস্তা হতে দূরে থাকবে। টেলিকমিউনিকেশন ক্যাবলের কাছাকাছি পাওয়ার ক্যাবল স্থাপন করতে হলে দুটি ক্যাবলের মধ্যে অনুভূমিক বা খাড়া ব্যবধান ৬০ সেমি হতে হবে। কোনো অবস্থাতেই এই ব্যবধান ৩০ সেমি এর কম হওয়া উচিত নয়। ক্যাবলের ব্যাস অনুযায়ী একটি ক্যাবলের জন্য পরিখার প্রস্থ ৩০০-৪০০ মিমি হতে হবে। একই পরিখায় একাধিক ক্যাবল স্থাপন করার প্রয়োজন হলে দুটি ক্যাবলের মধ্যে ২৫০ হতে ৪০০ মিমি ব্যবধান থাকা প্রয়োজন।

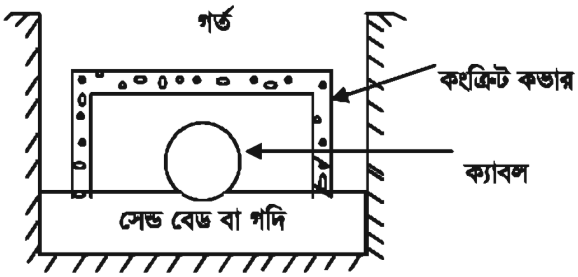
গর্তের গভীরতা কতটুকু হবে তার কোনো ইঞ্জিনিয়ারিং সূত্র নাই। তবে এমনভাবে গর্ত করতে যাতে যানবাহন চলার সময় উদ্ভূত কম্পনের ফলে ক্যাবলের কোন ক্ষতি না হয়। সাধারণত ১১০০ ভোল্টের ক্ষেত্রে ৫০০ মিমি, ১১ কেভি হতে ৩৩ কেভি পর্যন্ত ১০৫০ মিমি এবং ৬৬ কেভি হতে ১৩২ কেভি পর্যন্ত কমপক্ষে ১২০০ মিমি হওয়া দরকার।

ক্যারল বিছানো : পরিখা খননের কাজ শেষ হয়ে গেলে ঐ পরিখায় ক্যাবল স্থাপন করতে হয়।
তিনটি পদ্ধতিতে আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল স্থাপন করা হয়। যথা–
(১) সরাসরি স্থাপন পদ্ধতি
(২) টানা অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি
(৩) নিরেট অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

উপরোক্ত ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতিগুলো নিচে বর্ণনা করা হলো–

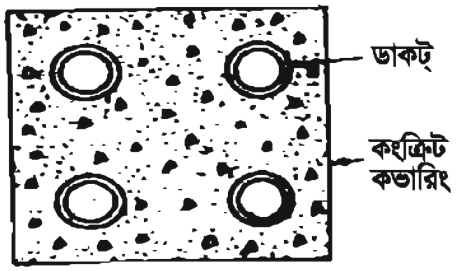
সরাসরি ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

গর্ত খনন শেষ হলে গর্তের মধ্যে বালি বা ঝুরঝুরা মাটি দিয়ে ৫০ হতে ৭৫ মিমি পর্যন্ত পুরু গদি করে দিতে হবে। তারপর ক্যাবলের ড্রাম থেকে ক্যাবল টেনে গর্তের মধ্যে সুন্দরভাবে বসিয়ে দিতে হবে। এ কাজের জন্য মাঝে মাঝে লোক দাঁড় করিয়ে দিতে হবে। গর্তের মধ্যে ক্যাবলটি টান টান করে না ফেলে একটু আঁকাবাঁকা করে ফেলাই ভালো।
পরবর্তীতে মাটি বসে গেলে ক্যাবলের উপর ১৫০ মিমি এর মতো ঝুরঝুরা মাটি ফেলে এর উপর ইটের সারি বা কংক্রিটের স্লাব বসিয়ে দিতে হয় এবং এর উপর ৩০০ মিমি পর্যন্ত মাটি উঁচু করে দিতে হয়। এভাবেই মাটির মধ্যে সরাসরি ক্যাবল স্থাপন করা হয়।



টানা অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

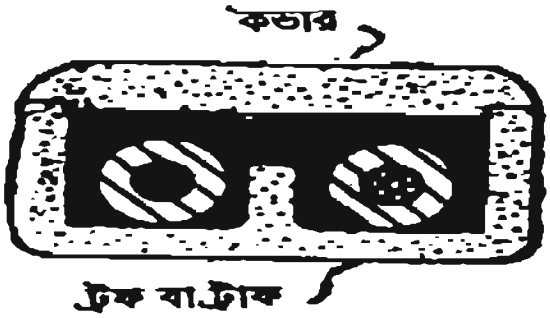
যেখানে বারবার খনন করা অসুবিধাজনক সেখানে রেল বা সড়ক পথের পারাপারে এক বা একাধিক কংক্রিট বা লোহার পাইপ সরাসরি পরিখার মধ্যে অথবা সুড়ঙ্গ পথে স্থাপন করা হয় এবং পাইপের ভিতর দিয়ে ক্যাবল টেনে নেওয়া হয়। কংক্রিট বা লোহার এই ধরনের পাইপকে ডাক্ট বলে।



চিত্র : টানা অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

নিরেট অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

নিরেট ব্যবস্থায় পরিখার তলায় পোড়ামাটি, ঢালাই লোহা, অ্যাসফল্ট বা বিটুমিনের পাত্র রাখা হয়। এই সিস্টেমে বিশেষ পরিখায় ট্রাফিং (Troughing) এর মাধ্যমে ক্যাবল টেনে নেওয়া হয়। ট্রাফিং সাধারণত পাথর বা বিশেষ ধরনের কাঠের সরু ও ঢাকনাবিহীন নর্দমার মতো নির্মিত হয়ে থাকে। ট্রাফে ক্যাবল ফেলার পর অ্যাসফল্ট বা বিটুমিন জাতীয় কম্পাউন্ড দ্বারা ঢেকে দেওয়া হয়।



চিত্র : নিরেট অবস্থায় ক্যাবল স্থাপন পদ্ধতি

পরিখা ভরাট করা : ক্যাবলের পরিখা ভরাট করার আগে ৫০০ ভোল্ট বা ১০০০ ভোল্ট মেগার দ্বারা ক্যাবলের ইনসুলেশন পরীক্ষা করে নিতে হয়। সরাসরিভাবে পরিখায় স্থাপিত ক্যাবলের ক্ষেত্রে প্রথমে ক্যাবলের উপর ৬" (১৫০ মিমি) পরিমাণ বালি বা ঝুরঝুরে মাটি দিয়ে একটি গদি করতে হয়। এরপর ক্যাবলকে মাঝামাঝি রেখে পরিখার আড়াআড়ি পরস্পর সংলগ্ন ইটের সারি বা কংক্রিটের স্লাব বসিয়ে দিতে হয়। এরপর পরিখাটি মাটি দিয়ে সম্পূর্ণ ভরাট করে দিতে হয়। পরিখার মাঝখানে মাটি ২" - ৩" উঁচু রাখতে হয় যাতে মাটি বসে গিয়ে ভূমির সমান থাকে। ক্যাবলের পাথর নিশানা এবং এর সংযোগ স্থাপনের চিহ্ন রাখার জন্য মাঝে মাঝে মার্কিং প্লেট বসাতে হয়। ডাক্টের ক্ষেত্রে সরাসরি মাটি দিয়ে পরিখা বা সুড়ঙ্গ ভরাট করে দিতে হয়। নিরেট অবস্থায় পাত্রের উপর অ্যাসফল্ট ঢালি বা লোহার ঢাকনা দিয়ে তার উপর মাটি দিয়ে পরিখা ভরাট করতে হয়।

৩০.৩। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্সটলেশনের সুবিধা ও অসুবিধা

আন্ডার ক্যাবল ইন্সটলেশনের সুবিধা

(ক) বাহ্যিক কারণে নষ্ট হওয়ার আশঙ্কা খুবই কম।

(খ) অব্যাহত সেবার অধিক নিরাপদ ও নিশ্চয়তা প্রদান করে।

(গ) অন্যান্য যোগাযোগ ব্যবস্থার সাথে তেমন বিপত্তি ঘটায় না।

(ঘ) পরিবাহীর মধ্যস্থিত দূরত্ব কম হওয়ার কারণে ইন্ডাকটেন্সজনিত ড্রপ কম হয়। এ কারণে ভোল্টেজ রেগুলেশনের মান উন্নত থাকে।

(ঙ) ত্রুটিজনিত কারণে সৃষ্ট ও প্রাকৃতিক দুর্যোগে উদ্ভূত অবস্থায় মানবজীবন ও সম্পদের জন্য কম ঝুঁকিপূর্ণ।

(চ) রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কম।

অসুবিধা

(ক) এর প্রাথমিক স্থাপনা ব্যয় কিলোওয়াট প্রতি অনেক বেশি।

(খ) যেখানে সেখানে এই লাইন টেপিং করা যায় না।

(গ) মেরামত কাজ বেশ জটিল এবং অধিক সময় সাপেক্ষ।

(ঘ) কন্ডাক্টরের পাস্পরিক দূরত্ব খুব কম থাকে বলে ক্যাবলে সৃষ্ট ক্যাপাসিট্যান্সের মান তুলনামূলক বেশি থাকে। ফলে এই লাইনে চার্জিং কারেন্ট বেশি হয়।

২০২০

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল কি?

২। ওভারহেড লাইনের তুলনায় আন্ডারগ্রাউন্ড লাইনের রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কম না বেশি?

৩। ক্যাবল স্থাপনের কাজ কয়টি ধাপে সম্পন্ন করা হয়?

৪। ডাকট্ কি?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল বলতে কী বোঝ?

২। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইনস্টলেশন বলতে কী বোঝায়?

৩। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল কয়টি পদ্ধতিতে স্থাপন করা হয়? পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল বলতে কী বোঝ? আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল স্থাপনের যে কোনো একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইনস্টলেশন বলতে কী বোঝ? আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইনস্টলেশনের সুবিধা ও অসুবিধাগুলি লিখ।

একত্রিংশ অধ্যায়
ক্যাবল জয়েন্ট

৩১.১ । ক্যাবল জয়েন্ট

ক্যাবল জয়েন্ট বলতে বিদ্যুৎ প্রবাহের অবিচ্ছিন্ন পথ তৈরির উদ্দেশ্যে স্থাপন করা দুইটি ক্যাবল পরপর জোড়া লাগানোকে বোঝায়। নিখুঁত জয়েন্ট বিদ্যুৎ প্রবাহের ধারাবাহিকতাকে নিশ্চিত করে। অপর পক্ষে জয়েন্ট নিখুঁত না হলে বিদ্যুৎ বিভ্রাটের কারণ ঘটতে পারে।

৩১.২ । মানসম্পন্ন ক্যাবল জয়েন্টের গুণাবলি

বৈদ্যুতিক কাজকর্মের প্রায় সকল ক্ষেত্রেই জয়েন্টের প্রয়োজন হয়। মানসম্পন্ন ক্যাবল জয়েন্টের নিম্নলিখিত গুণাবলি থাকা প্রয়োজন।

১। জয়েন্ট শেষে তার উপর ইনসুলেশন এমনভাবে দিতে হবে যাতে জয়েন্টের ইনসুলেশন ক্যাবল বা তারের অন্যান্য অংশের ইনসুলেশনের সমান শক্তিসম্পন্ন হয়।

২। যান্ত্রিকভাবে জয়েন্ট ক্যাবল বা তারের অন্যান্য অংশের সমপরিমাণ টান সহ্য করার ক্ষমতা থাকতে হবে।

৩। বৈদ্যুতিকভাবে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে জয়েন্টের পরিবাহিতা তারের বা ক্যাবলের অন্যান্য অংশের পরিবাহিতার সমান হতে হবে।

উপরোক্ত তিনটি গুণের মধ্যে আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলের ক্ষেত্রে প্রথম ২টির উপর এবং ওভারহেড লাইনের ক্ষেত্রে শেষোক্ত ২টির উপর অধিক গুরুত্ব দেওয়া হয়।

৩১.৩ । ক্যাবল জয়েন্ট করার পদ্ধতি

ক্যাবল জয়েন্ট করার আগে প্রস্তুতিপর্ব হিসাবে নিম্নলিখিত কাজগুলি করতে হবে।

১। বাতাস ও ধুলাবালি থেকে মুক্ত রাখার জন্য জয়েন্টের ক্ষেত্রটি ৬ মি × ৬ মি তাঁবু দিয়ে ঢেকে দিতে হবে। বাতাসের বিপরীত দিকে তাঁবুর একটি মাত্র দরজা রেখে এটা করা হয়।

২। ক্যাবল যৌগ উত্তপ্ত করার ব্যবস্থা কাছাকাছি এমন জায়গায় হতে হবে যাতে বাষ্প ও ধোঁয়া তাঁবুর ভিতরে প্রবেশ করতে না পারে।

৩। গর্ত যদি ধসে যাওয়ার আশঙ্কা থাকে, তবে পাশে তক্তা বসিয়ে সুরক্ষার ব্যবস্থা করতে হবে।

৪। বর্ষাকালে গর্তের চারপাশে মাটির বাঁধ দিতে হবে, যাতে বৃষ্টির পানি ঢুকতে না পারে।

৫। বাড়তি পানি জমার গর্ত এমন জায়গায় করতে হবে যাতে পানি বের করার সময় জয়েন্টের কাজে কোনো বাধার সৃষ্টি না হয়।

৬। গর্তের তলদেশে ত্রিপল পেতে তার উপর পুরানো কাগজ বিছিয়ে জয়েন্টের যন্ত্রপাতি সাজিয়ে রাখতে হবে, যাতে কাজে নিয়োজিত ব্যক্তি সহজে কাজের সময় ঐগুলি হাতের কাছে পায়।

৭। একই চিহ্নযুক্ত ক্যাবলের কোরগুলি একত্রে জুড়ে দিতে হবে।

৮। জয়েন্ট করার আগে ক্যাবলকে যথাযথ ড্রেসিং করে নিতে হবে।

৯। স্লিভ জয়েন্টের ক্ষেত্রে সিসার স্লিভকে ব্লো-ল্যাম্প দিয়ে গরম করে ভিতরের জলীয় বাষ্প মুক্ত করতে হবে।

ক্যাবল জয়েন্ট করার কাজটি নিম্নলিখিত কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়

(১) মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা
(২) কন্ডাক্টরের আবরণ সরানো
(৩) কন্ডাক্টর প্রস্তুত করা
(৪) সোল্ডারিং করা
(৫) টেপিং করা
(৬) প্লাম্বিং করা
(৭) জয়েন্ট বক্স লাগানো
(৮) কম্পাউন্ড ভর্তি করা

(১) জয়েন্টের জন্য প্রয়োজনীয় মালামালের তালিকা

(ক) সোল্ডার, (খ) ফ্লাক্স, (গ) ট্যালো চর্বি, (ঘ) ইনসুলেটিং ট্যাপ, (ঙ) শিল্ডিং ট্যাপ, (চ) স্ট্রেস রিলিফ কোণ, (ছ) তৈল নিরোধক ট্যাপ, (জ) কম্পাউন্ড, (ঝ) এপোক্সি রেজিন, (ঞ) এপোক্সি পুটিং, (ট) ছাঁচের আঠা, (ঠ) পিভিসি দ্রাবক, (ড) প্লাম্বার্স ব্লাক, (ঢ) ফেরুল, (ণ) ক্লু-কানেক্টর, (ত) স্পেসার, (থ) সিসার নল, (দ) ঢালাই লোহার বাক্স (ধ) প্লাস্টিক মোল্ড ইত্যাদি।

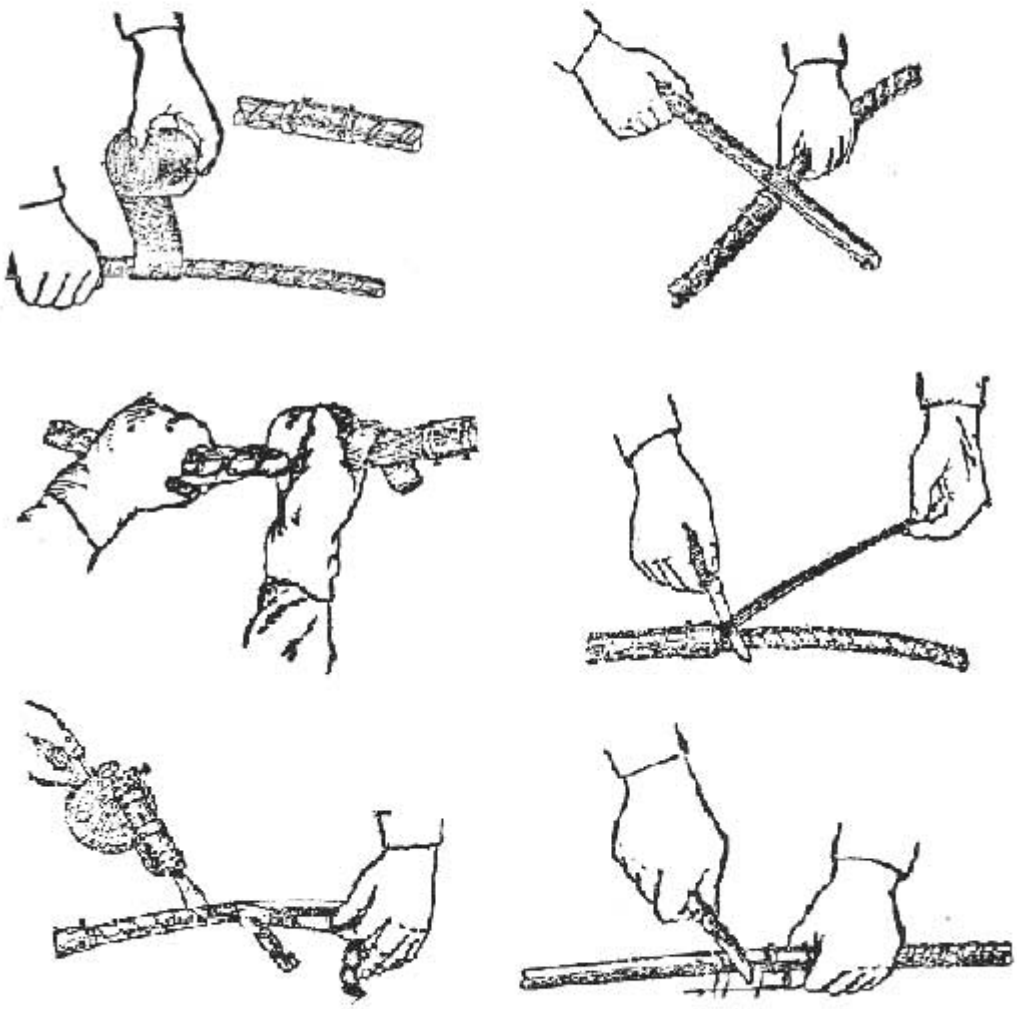
(২) কন্ডাক্টরের আবরণ সরানো

ক্যাবলের মাথা থেকে প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য ছেড়ে ক্যাবলের সার্ভিং তার বা ফিতা দিয়ে বেঁধে সার্ভিং কাটতে হবে। সার্ভিং কাটা হতে ৫-১০ মিমি দূরে ক্যাবলের আর্মারকে তার দিয়ে বেঁধে হ্যাক 'স' দিয়ে সেই বাঁধনের সামনে হতে কেটে নিতে হবে। উল্টা দিকে ঘুরিয়ে আর্মারের ফিতা বা তারকে টেনে বের করে নিতে হবে। আর্মার সরিয়ে নেওয়ার পর এর নিচের কম্পাউন্ড মিশ্রিত পাটের দড়ি সুন্দরভাবে ছেঁটে দিতে হবে। সিসার শিথের উপরের কাগজ বা পাটের সার্ভিং খুলে নিতে হবে। প্রয়োজনে ব্লু-ল্যাম্প দিয়ে গরম করে নিতে হবে।

যেখানে আর্মার কাটা হয়েছে সেখান থেকে ১০-১৫ মিমি দূরে খুব সাবধানে ছুরি দিয়ে সিসার শিথটি গোল করে কেটে নিতে হবে।

গোলাকার শিথ কাটা হতে ক্যাবলের শেষ প্রান্ত ছুরি বা শিথ কাটার যন্ত্র দ্বারা আধা ইঞ্চি দূরত্বে দুই লাইনে লম্বালম্বিভাবে শিথ চিরে নিতে হবে। এবার প্লায়ার দ্বারা শিথের চেরা ফালিটি ধরে টেনে তুলতে হবে এবং শিথটি চাপ দিয়ে ফাঁক করে ক্যাবল হতে খুলে ফেলতে হতে। শিথের মুখ হতে শুরু করে বেল্ট ইন্সুলেশনের কাগজ ছিঁড়ে ফেলতে হবে।

কোরগুলির ফাঁক ভর্তি করার জন্য ব্যবহৃত পাটের কাগজের বা রাবার ফিলার ছুরি দিয়ে কেটে ফেলতে হবে। কোরগুলিকে হাত দিয়ে সরিয়ে ফাঁক করে দিতে হবে।



চিত্র : কন্ডাক্টরের আবরণ সরানোর পদ্ধতি

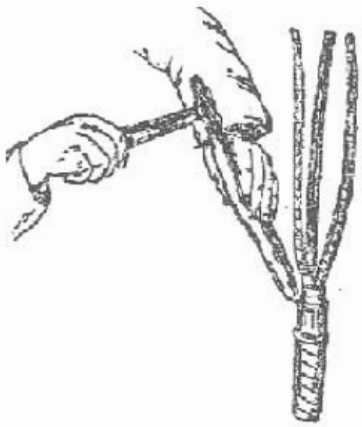
২০২০

(৩) কন্ডাক্টর প্রস্তুত করা

সিসার আবরণের মুখে কাঠের দণ্ড লাগিয়ে হাতুড়ি দিয়ে দণ্ডের মাথায় আঘাত করতে করতে সিসার শিথের মুখ একটু ফাঁক করে নিতে হবে। শিথের মুখের আকৃতি ঘণ্টার আকারের মতো হবে। ইহাকে বেলিং আউট বলে। ফেরুলের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক ১০-১৫ মিমি বেশি লম্বা। কোরের মাথার ইনসলেশন কেটে কন্ডাক্টর বের করে নিতে হবে। স্ট্যান্ডগুলির মধ্যে স্ক্রু ড্রাইভারের মাথা ঢুকিয়ে ফাঁক করে ছড়িয়ে নিতে হবে। ছুরি ভোঁতা ব্লেড দ্বারা ঘষে বা এমারি কাগজ দ্বারা ঘষে প্রতিটি স্ট্রান্ডকে আলাদা আলাদাভাবে পরিষ্কার করে নিতে।

পরিষ্কার ন্যাকড়া দিয়ে প্রতিটি স্ট্রান্ড ভালোভাবে মুছে নিতে হবে। ছড়ানো স্ট্রান্ডগুলিকে হালকাভাবে চেপে একত্র করে নিতে হবে যাতে স্ট্রান্ডগুলি পাশাপাশি থাকে এবং কন্ডাক্টরের প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার হয়।

কন্ডাক্টরের মাথা সমানভাবে কেটে নিতে হবে। ৫০ বর্গ মিমি এর চেয়ে বেশি আয়তনের কন্ডাক্টরের ক্ষেত্রে স্ট্রান্ডের প্রতি স্তর ধাপে ধাপে কেটে নিতে হবে।



চিত্র : কন্ডাক্টর প্রস্তুত করার পদ্ধতি

(৪) সোল্ডারিং করা

সোল্ডার পটে প্রয়োজনীয় পরিমাণে নির্দিষ্ট সোল্ডার নিয়ে উত্তপ্ত করে এটাকে গলাতে হবে। সোল্ডার পট থেকে একটি হাতার সাহায্যে গলিত সোল্ডার তুলে কন্ডাক্টরের উপর ঢালতে হবে। এ সময় তলায় অন্য একটি হাতা ধরতে হবে যাতে অতিরিক্ত সোল্ডার ঐ হাতায় জমে।

হাতার গলিত সোল্ডার ঢালা শেষ হলে সঙ্গে সঙ্গে কন্ডাক্টরের উপর থেকে অতিরিক্ত সোল্ডার সরিয়ে ফেলে কন্ডাক্টরের চারপাশে এবং ফাঁকে ফাঁকে একটি শক্ত ব্রাশ দিয়ে ফ্লাক্স লাগাতে হবে। পুনরায় কন্ডাক্টরের উপর গলিত সোল্ডার ঢালতে হবে। কয়েকবার এইভাবে ফ্লাক্স লাগিয়ে ও সোল্ডার ঢেলে কন্ডাক্টরকে টিনিং করে নিতে হবে।

স্ট্রান্ডগুলিকে চেপে একত্র করে অতিরিক্ত সোল্ডার সরিয়ে ফেলতে হবে।

ফেরুলটিকে এমারি কাগজ দ্বারা ঘষে ভালোভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে। ফেরুলটিকে একটি প্লায়ার দিয়ে ধরে গলিত সোল্ডারে ডুবিয়ে তুলতে হবে এবং অতিরিক্ত সোল্ডার ঝেড়ে ফেলে দিয়ে ফেরুলের গায়ে ফ্লাক্স

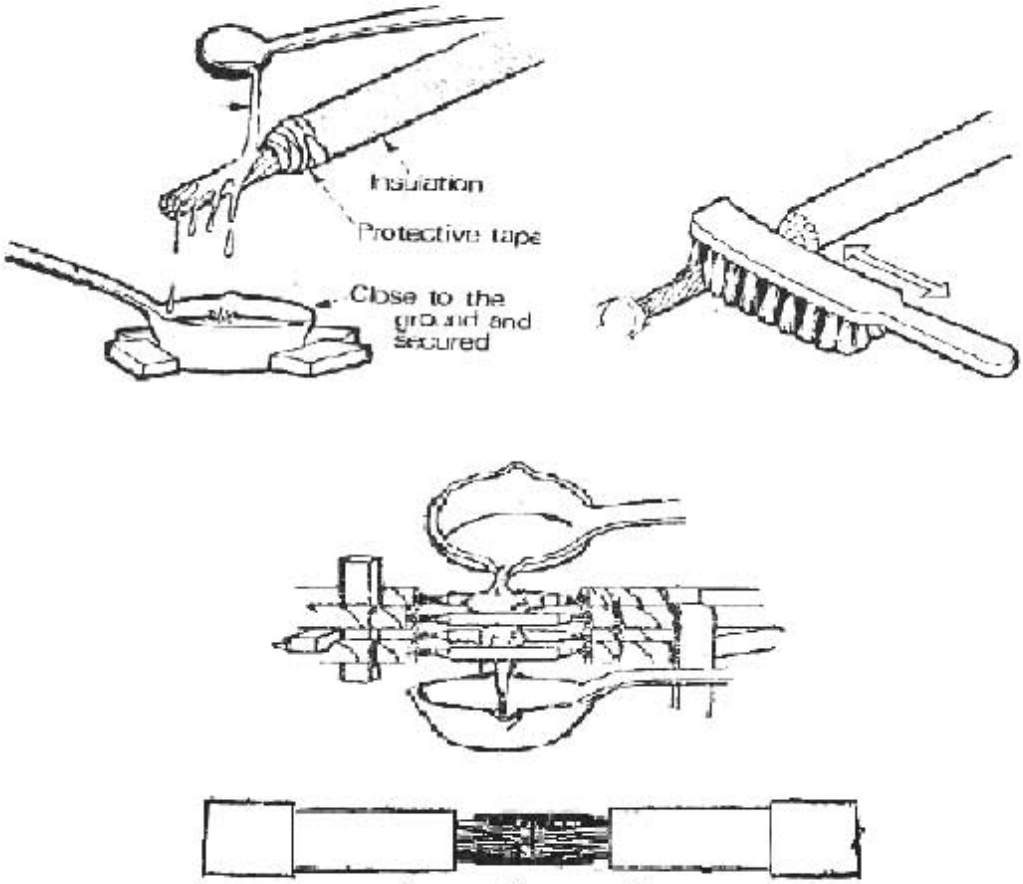
লাগাতে হবে। পুনরায় ফেরুলটিকে গলিত সোল্ডারে ডুবিয়ে তুলতে হবে এবং অতিরিক্ত সোল্ডার ঝেড়ে ফেলে দিতে হবে। এটাকে ফেরুলের টিনিং বলে।

ফেরুলটিকে ফাঁক করে দুটি কন্ডাক্টরকে ফেরুলের মধ্যে ঢুকাতে হবে। কন্ডাক্টর দুটির মাথা ফেরুলের মাঝামাঝি এবং এই দুই মাথার মধ্যে প্রায় ৩ মিমি ফাঁক থাকবে।

ফেরুলের চেরা দিকটি উপরের দিকে রেখে প্লায়ার দিয়ে ফেরুলটিকে হালকাভাবে চাপ দিয়ে কন্ডাক্টরের উপর বসাতে হবে।

ফেরুলের উপর কয়েক চামচ সোল্ডার ঢালতে হবে। মাঝে মাঝে ফেরুলের চেরা অংশ এবং দুই পাশে ফ্লাক্স লাগাতে হবে এবং পরপর কয়েকবার সোল্ডার ঢালতে হবে।

সোল্ডার নরম থাকতে থাকতে ফেরুলটিকে খুব জোড়ে চেপে পুরোপুরি আটকিয়ে দিয়ে আবার কয়েক চামচ সোল্ডার ঢালতে হবে। সোল্ডার শক্ত হয়ে এলে ট্যালা বা চর্বি লাগানো ন্যাকড়া দ্বারা অতিরিক্ত সোল্ডার মুছে ফেলতে হবে।



চিত্র : সোল্ডারিং করার পদ্ধতি

২০২০

(৫) টেপিং করা

সোল্ডারিং করার পর প্রতি কোরের কন্ডাক্টরের উপর টেপ জড়িয়ে দিতে হবে। পেপার ইনসুলেটেড ক্যাবলের ক্ষেত্রে প্রথমে ফেরুল ও খোলা কন্ডাক্টরের উপর ফিতা অ্যাম্পিয়ার টেপ জড়িয়ে মূল ইনসুলেশনের সমান করে নিতে হবে। অতঃপর একদিকের বেল্ট ইনসুলেশন হতে শুরু করে অপর দিকের বেল্ট ইনসুলেশনের কাছাকাছি পর্যন্ত কোর ইনসুলেশনের জন্য বিটুমিন মিশ্রিত কাপড়ের টেপ জড়াতে হবে। টেপ খুব শক্তভাবে টেনে জড়াতে হবে। পিভিসি ক্যাবলের কোর কন্ডাক্টর-এর উপরে সরাসরি পিভিসি টেপ জড়ানো হয়।

এইভাবে হাতে জড়ানো ইনসুলেশনের বেধ মূল কোর ইনসুলেশনের বেধের দ্বিগুণ হতে হবে।

চিত্র : টেপিং করার পদ্ধতি

(৬) প্লাম্বিং করা

প্লাম্বিং স্লিভ ও রিং দুইটিকে ছুরি এবং তারের ব্রাশ দিয়ে ঘষে পরিষ্কার করে হবে। স্লিভের দুই পাশে প্রায় ২ ইঞ্চি অংশে প্লাম্বার্স ব্ল্যাক লাগাতে হবে এবং দুই পাশের অংশেও প্লাম্বিং রিং-এ ট্যালো বা চর্বি লাগাতে হবে। উভয় ক্যাবলের সিসার সাধারণ আবরণের উপর প্লাম্বিং রিং বসাতে হবে। প্লাম্বিং স্লিভকে একটি ক্যাবলে পরাতে হবে।

ক্যাবল জোড়া দেওয়ার আগেই এই পর্যন্ত কাজটি সম্পন্ন করে নিতে হবে। জোড়া দেওয়া, সোল্ডারিং করা ও টেপিং করা শেষে পরবর্তী কাজ করতে হবে।

সিসার স্লিভকে জয়েন্টের উপর এনে ব্লু ল্যাম্প দিয়ে সামান্য গরম করতে হবে। এবার স্লিভের প্রান্তে মেলেট দিয়ে আস্তে আস্তে পিটাতে হবে। এইভাবে পিটানোর ফলে স্লিভের মুখ প্লাম্বিং রিং-এ বসে যাবে। এইবার ব্লু ল্যাম্প দিয়ে প্লাম্বিং ধাতুর রড গলিয়ে স্লিভের মুখকে রিংয়ের সাথে জোড়া দিতে হবে। জোড়ের মুখে বেশি পরিমাণ ধাতু জমে গেলে চর্বি মিশ্রিত কাপড়ের টুকরা দিয়ে তা মুছে ফেলতে হবে। স্লিভের উপরের দিকে দুইটি ছিদ্র করতে হবে।

(৭) জয়েন্ট বক্স লাগানো

ক্যাবলের সাইজ ও জয়েন্টের প্রকার অনুযায়ী জয়েন্ট বক্স নির্বাচন করতে হবে। জয়েন্ট বক্সের গলা ক্যাবলের চেয়ে সামান্য মোটা হবে এবং লম্বায় এমন হবে যেন ক্যাবলে আটকানো যায়। নাট-বোল্ট খুলে

জয়েন্ট বক্সের দুইটি অংশ আলাদা করতে হবে। বক্সের নিচের অংশটি পরিষ্কার করে জয়েন্টের তলায় রাখতে হবে।

প্লাম্বিং স্লিভের ছিদ্র দুইটি সাময়িকভাবে বন্ধ করে ব্লু ল্যাম্পের সাহায্যে বক্সের নিচের অংশটি গরম করতে হবে। স্লিভের ছিদ্র দুইটি খুলে দিতে হবে এবং একটি ছিদ্র দিয়ে গলিত কম্পাউন্ড ঢেলে পূর্ণ ভর্তি করতে হবে। ঘণ্টা দুই পরে কম্পাউন্ড বেশ ঠান্ডা হলে কিছুটা নেমে যাবে। তখন পুনরায় কম্পাউন্ড ঢেলে পূর্ণ করতে হবে।

কম্পাউন্ড ঠান্ডা হলে স্লিভের ছিদ্র দুইটি সোল্ডারিং করে বন্ধ করে দিতে হবে।

জয়েন্ট বক্সের গলা যেখানে বসবে সেখানে ক্যাবলের উপর আলকাতরা বা বিটুমিন মিশ্রিত পাট বা ফিতা জড়াতে হবে।

জয়েন্ট বক্সের গলার খাঁজে কম্পাউন্ড মিশ্রিত পাতলা চটের প্যাকিং দিতে হবে এবং বক্সের নিচের অংশের ভি-খাঁজ গলিত বিটুমিন ঢেলে পূর্ণ করতে হবে। বক্সের উপরের অংশ নিচের অংশের উপরে বসিয়ে নাট বোল্ট এঁটে দিতে হবে।

(৮) কম্পাউন্ড ভর্তি করা : একটি পাত্রে কম্পাউন্ড ঢেলে প্রস্তুতকারী সংস্থার নির্দেশিত তাপমাত্রায় গরম করতে হবে। সাধারণভাবে কম্পাউন্ড পরীক্ষা করার জন্য বুদ্‌বুদ উঠা বন্ধ হলে এক টুকরা অ্যাম্পিয়ার টেপ চুবিয়ে দেখা হয়। কম্পাউন্ড হতে টেপ উঠিয়ে মুছে নিলে এর রং-এ খয়েরি আভা পাওয়া যায়, তবে কম্পাউন্ড ঢালার উপযুক্ত হয়েছে বলে ধরে নেওয়া হয়। এখন জয়েন্ট বক্সকে গরম করে এর ঢাকনা খুলতে হবে এবং এর অর্ধেক পর্যন্ত গলিত কম্পাউন্ড ঢেলে ভর্তি করতে হবে।
দুই ঘণ্টা পর পুনরায় কম্পাউন্ড ঢেলে বক্সটি সম্পূর্ণ ভর্তি করতে হবে। যদি ঠান্ডা হওয়ার পর বক্সের কোনো অংশ ফাঁকা থাকে তবে কম্পাউন্ড ঢেলে তা পূর্ণ করতে হবে।
বক্সের ঢাকনা যথাস্থানে স্থাপন করে একে বোল্ট দিয়ে ভালোভাবে আটকিয়ে দিতে হবে।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ক্যাবলের জয়েন্ট নিখুঁত না হলে কী ঘটতে পারে?

২। সোল্ডারিং করার সময় নিচে একটি হাতল ধরতে হয় কেন?

৩। সোল্ডারিং করার পর প্রতি কোরের কন্ডাক্টরের উপর কী জড়িয়ে দিতে হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ক্যাবল জয়েন্ট বলতে কী বুঝ?

২। মানসম্পন্ন ক্যাবল জয়েন্টের কী কী গুণাবলি থাকা প্রয়োজন?

৩। টেপিং করার পদ্ধতি লিখ।

৪। ক্যাবল জয়েন্টের জন্য প্রয়োজনীয় মালামালের একটি তালিকা তৈরি কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ক্যাবল জয়েন্ট করার আগে প্রস্তুতি কী কী কাজ করতে হয়?

২। ক্যাবল জয়েন্ট করার কাজটিকে কয়টি ধাপে সম্পন্ন করা হয়? ধাপগুলোর নাম লিখ।

৩। ক্যাবল জয়েন্ট করার পর সোল্ডারিং কীভাবে করা হয়?

৪। ক্যাবল জয়েন্ট করার পর জয়েন্ট বক্স লাগানোর পদ্ধতি বর্ণনা কর।

দ্বাত্রিংশ অধ্যায়
ক্যাবল টার্মিনেশন

৩২.১। ক্যাবল টার্মিনেশন

কার্যক্ষেত্রে মাঝে মাঝে এমন অবস্থা আসে যখন আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলের বৈদ্যুতিক যন্ত্রের সঙ্গে অথবা ওভারহেড লাইনের সঙ্গে সংযোগের জন্য প্রান্তীয় বিন্যাস প্রয়োজন হয়। ক্যাবলের এই প্রান্তীয় বিন্যাসকে টার্মিনেশন বলা হয়। যেহেতু নিরেট ধরনের পেপার ইনসুলেটেড ক্যাবলের পেপার ইনসুলেশনের জন্য আর্দ্রতা ক্ষতিকারক, সেই জন্য ক্যাবল ইনসুলেশনকে টার্মিনেশনের সময় আর্দ্রতাজনিত ক্ষতির হাত থেকে রক্ষার উপর বিশেষ জোড় দেওয়া হয়।

সাধারণত পেপার ইনসুলেটেড ক্যাবলের টার্মিনেশনে যৌগপূর্ণ ঢালাই লোহার সংযোজন বাক্স ব্যবহার করা হয়। বাক্সের নকশা ও টার্মিনেশনের পদ্ধতি, ক্যাবলের ভোল্টেজ ও যে যন্ত্রের সংগে সংযুক্ত করা হবে, তার প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। ওভারহেড লাইনের সঙ্গে সংযুক্তির কাজে পোলের উপর স্থাপনের উপযোগী এবং খোলা আবহাওয়ায় ব্যবহার উপযোগী উল্টানো টার্মিনেশন বাক্স ব্যবহার করা হয়। কিন্তু ডিস্ট্রিবিউশন বোর্ড, সুইচগিয়ার বা ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে ক্যাবলের টার্মিনেশনে বা প্রান্তীয় বিন্যাসে সিলিং বাক্স (Sealing box) ব্যবহৃত হয়।

৩২.২। ক্যাবল টার্মিনেশন করার পদক্ষেপসমূহ

ক্যাবল টার্মিনেশন করার জন্য নিম্নলিখিত পদক্ষেপসমূহ নিতে হয়

(ক) মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা
(খ) কন্ডাক্টরের আবরণ সরানো
(গ) কন্ডাক্টর প্রস্তুত করা
(ঘ) সোল্ডারিং করা
(ঙ) ট্যাপিং করা
(চ) ক্যাবলের কোরগুলিকে সংযোজন করা।

ক্যাবল টার্মিনেশনের পদক্ষেপসমূহের বিবরণ

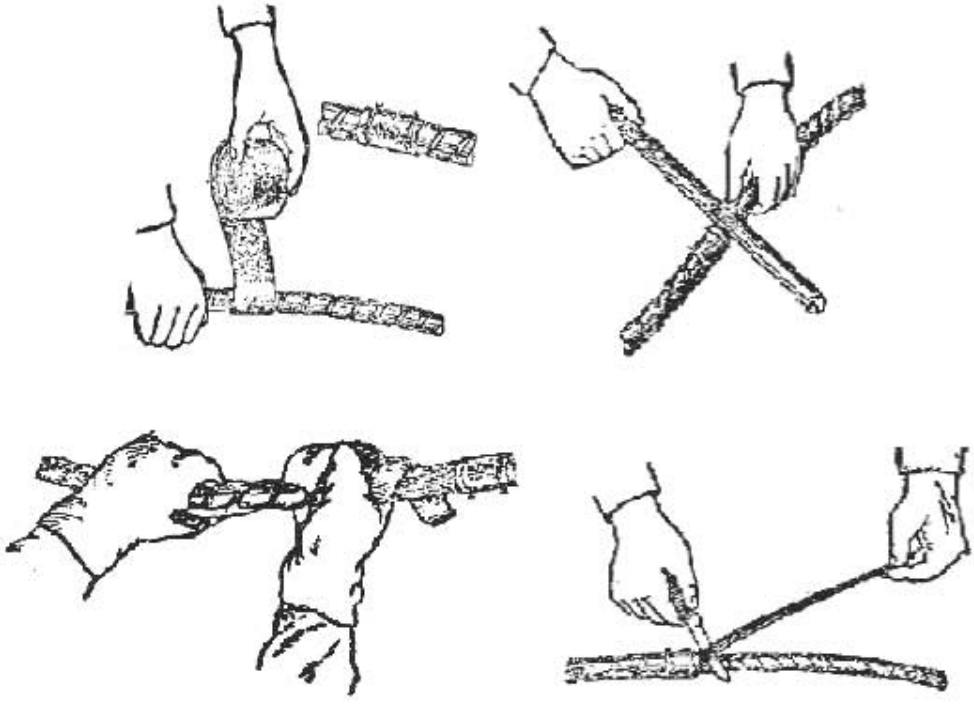
(ক) মালামালের তালিকা

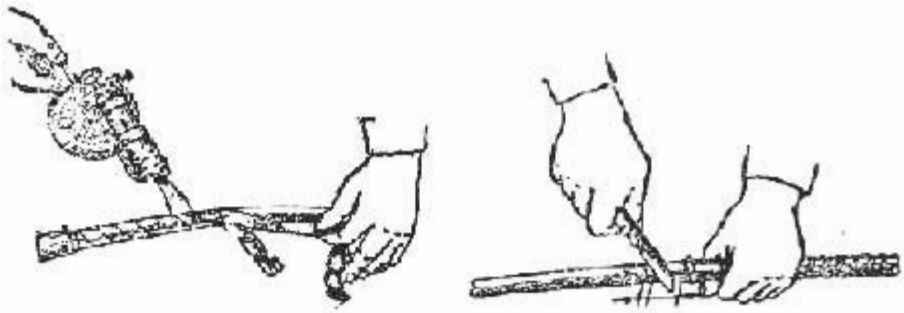
(১) সোল্ডার; (২) ফ্লাক্স; (৩) ট্যালো চর্বি; (৪) ইনসুলেটিং ট্যাপ; (৫) শিল্ডিং ট্যাপ; (৬) স্ট্রেস রিলিফ কোণ; (৭) তেল নিরোধক ট্যাপ; (৮) কম্পাউন্ড; (৯) এপোক্সি রেজিন; (১০) এপোক্সি পুটিং; (১১) ছাঁচের আঠা; (১২) পিভিসি দ্রাবক; (১৩) প্লাম্বার্স ব্ল্যাক; (১৪) ফেরুল; (১৫) ক্লু-কানেকটর; (১৬) স্পেসার; (১৭) সিসার নল; (১৮) ঢালাই লোহার বাক্স; (১৯) প্লাস্টিক মোল্ড।

(খ) কন্ডাক্টরের আবরণ সরানোর পদ্ধতি

ক্যাবলের মাথা থেকে প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য ছেড়ে ক্যাবলের সার্ভিং তার বা ফিতা দিয়ে বেঁধে সার্ভিং কাটতে হবে। সার্ভিং কাটা হতে ৫-১০ মিমি দূরে ক্যাবলের আর্মারকে তার দিয়ে বেঁধে হ্যাক 'স' দিয়ে সেই বাঁধনের সামনে হতে কেটে নিতে হবে। উল্টা দিকে ঘুরিয়ে আর্মারের ফিতা বা তারকে টেনে বের করে নিতে হবে। আর্মার সরিয়ে নেওয়ার পর এর নিচের কম্পাউন্ড মিশ্রিত পাটের দড়ি সুন্দরভাবে ছেঁটে দিতে হবে। সিসার শিথের উপরের কাগজ বা পাটের সার্ভিং খুলে নিতে হবে। প্রয়োজনে ব্লু-ল্যাম্প দিয়ে গরম করে নিতে হবে।

যেখানে আর্মার কাটা হয়েছে সেখান থেকে ১০-১৫ মিমি দূরে খুব সাবধানে ছুরি দিয়ে সিসার শিথটি গোল করে কেটে নিতে হবে। গোলাকার শিথ কাটা হতে ক্যাবলের শেষ প্রান্ত ছুরি বা শিথ কাটার যন্ত্র দ্বারা আধা ইঞ্চি দূরত্বে দুই লাইনে লম্বালম্বিভাবে শিথ চিরে নিতে হবে। এবার প্লায়ার দ্বারা শিথের চেরা ফালিটি ধরে টেনে তুলতে হবে এবং শিথটি চাপ দিয়ে ফাঁক করে ক্যাবল হতে খুলে ফেলতে হতে। শিথের মুখ হতে শুরু করে বেল্ট ইন্সুলেশনের কাগজ ছিঁড়ে ফেলতে হবে। কোরগুলির ফাঁক ভর্তি করার জন্য ব্যবহৃত পাটের কাগজের বা রাবার ফিলার ছুরি কেটে ফেলতে হবে। কোরগুলিকে হাত দিয়ে সরিয়ে ফাঁক করে দিতে হবে।



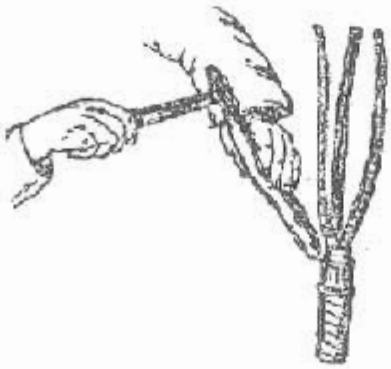


চিত্র : কন্ডাক্টরের আবরণ সরানোর পদ্ধতি

(গ) কন্ডাক্টর প্রস্তুত করা

সিসার আবরণের মুখে কাঠের দণ্ড লাগিয়ে হাতুড়ি দিয়ে দণ্ডের মাথায় আঘাত করতে করতে সিসার শিথের মুখ একটু ফাঁক করে নিতে হবে। শিথের মুখের আকৃতি ঘন্টার আকারের মতো হবে। এটাকে বেলিং আউট বলে। ফেরুলের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক-এর ১০–১৫ মিমি বেশি লম্বা কোরের শাখার ইনসুলেশন কেটে কন্ডাক্টর বের করে নিতে হবে। স্ট্যান্ডগুলির মধ্যে স্ক্রু ড্রাইভারের মাথা ঢুকিয়ে ফাঁক করে ছড়িয়ে নিতে হবে।

ছুরি বা ভোঁতা ব্লেড দ্বারা ঘষে বা এমারি কাগজ দ্বারা ঘষে প্রতিটি স্ট্যান্ডকে আলাদা আলাদাভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে। পরিষ্কার ন্যাকড়া দিয়ে প্রতিটি স্ট্যান্ড ভালোভাবে মুছে নিতে হবে। ছড়ানো স্ট্যান্ডগুলিকে হালকাভাবে চেপে একত্র করে নিতে হবে যাতে স্ট্যান্ডগুলি পাশাপাশি থাকে এবং কন্ডাক্টরের প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার হয়। কন্ডাক্টরের মাথা সমানভাবে কেটে নিতে হবে। ৫০ বর্গ মিমি-এর চেয়ে বেশি আয়তনের কন্ডাক্টরের ক্ষেত্রে স্ট্যান্ডের প্রতি স্তর ধাপে ধাপে কেটে নিতে হবে।



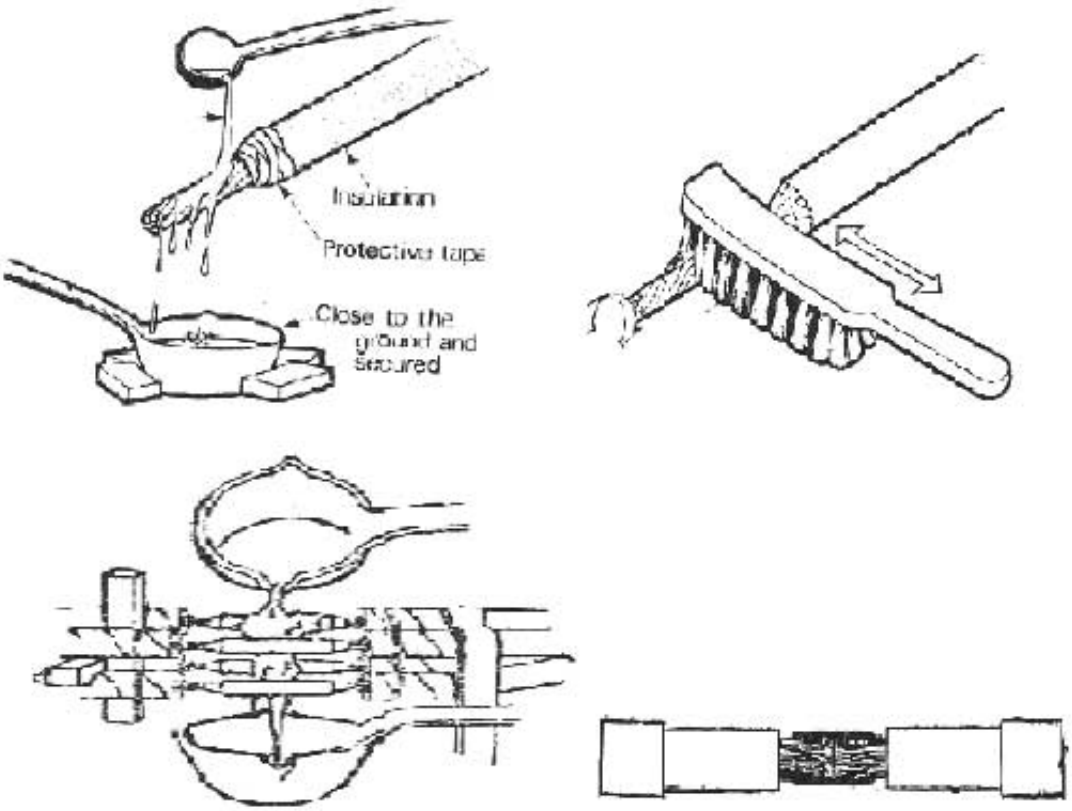
চিত্রঃ কন্ডাক্টর প্রস্তুত করার পদ্ধতি

(ঘ) সোল্ডারিং করা

ক্যাবল বক্সে টার্মিনেট করার ক্ষেত্রে ক্যাবলের প্রান্ত টার্মিনাল পোস্টে সংযোগ করা হয়। এই সংযোগ সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করার জন্য ক্যাবলের কন্ডাক্টরের প্রান্তে ক্যাবল লাগ আটকোনো হয় এবং সোল্ডারিং করে

২০২০

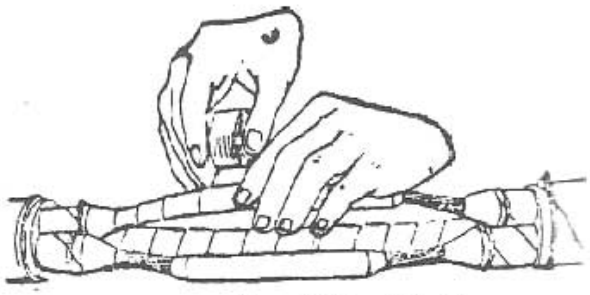
এই লাগ লাগানো হয়। কন্ডাক্টর ও টার্মিনালের আকার বিবেচনা করে লাগ নির্বাচন করতে হয়। লাগের গোড়া তারের ব্রাশ ও এমারি দিয়ে ঘষে পরিষ্কার করতে হয়। লাগের গোড়ায় একটি ছিদ্র করে নিতে হয়। লাগের গোড়া গলিত সোল্ডারে ডুবিয়ে উপরে তুলে অতিরিক্ত সোল্ডার ঝেড়ে ফেলতে হয়। একে টিনিং বলে। পুনরায় ফ্লাক্স লাগিয়ে সোল্ডারে ডুবাতে হয় এবং উপরে তুলে অতিরিক্ত সোল্ডার ঝেড়ে ফেলতে হয়। কোরের মাথায় কন্ডাক্টর গলিত সোল্ডারে ডুবিয়ে অথবা কন্ডাক্টরে গলিত ঢেলে দিয়েও এটাকে টিনিং করা হয়। টিনিংকৃত কন্ডাক্টরের মাথা লাগের গোড়ায় ঢুকিয়ে দিতে হয়। লাগকে খাড়াভাবে ধরে ছোট ছিদ্র বা ঘাটের উপর গলিত সোল্ডার ঢালতে হয়। এবার কাপড়ের ফিতা খুলে লাগের গোড়ায় আরও সোল্ডার ঢালতে হয় এবং ট্যালো বা চর্বি মাখানো ন্যাকড়া দিয়ে মুছে ঐ সোল্ডার মিলিয়ে দিতে হয়।



চিত্র : সোল্ডারিং করার পদ্ধতি

(ঙ) ট্যাপিং করা

কোরগুলিকে মিহি এমারি দ্বারা ঘষে পরিষ্কার করে নিতে হয়। কোরগুলির গোড়ায় যেখানে শিথ কাটা হয়েছে তার মুখে একাধারে একটির পর একটি করে ট্যাপ জড়িয়ে দিতে হয়। কোরের গোড়া হতে লাগের গোড়া পর্যন্ত প্রতি কোরে টেপ জড়াতে হয়। ট্যাপ খুব শক্তভাবে টেনে জড়াতে হয় যাতে ট্যাপ ও ইনসুলেশনের মাঝে কোনো ফাঁক না থাকে।



চিত্র : টেপিং করার পদ্ধতি

(চ) ক্যাবলের কোরগুলিকে সংযোজন করা

ক্যাবলের কোরগুলিকে প্রয়োজনমতো বাঁকিয়ে নিতে হয় যেন বক্সের ও বুশিং-এর সাথে খাপ খায়। কোরগুলিকে ফেজের পর্যায়ক্রমে সাজাতে হবে। টার্মিনেশন বক্সের বুশিং-এর তামার দন্ডের লক নাট খুলে নিতে হবে। কন্ডাক্টরের মাথার লাগ বুশিং দণ্ডে পরিয়ে লক নাট আটকাতে হয়।

অনুশীলনী

অতি সংক্ষিপ্ত

১। সাধারণত পেপার ইনসুলেটেড ক্যাবলের টার্মিনেশনে কী ধরনের ঢালাই লোহার সংযোজন বাক্স ব্যবহার করা হয়?

২। ডিস্ট্রিবিউশন বোর্ড বা সুইচ গিয়ারের ক্ষেত্রে ক্যাবলের টার্মিনেশনে কী ধরনের বাক্স ব্যবহৃত হয়?

৩। ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে ক্যাবলের টার্মিনেশনে কী ধরনের বাক্স ব্যবহৃত হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ক্যাবল টার্মিনেশন করার পদক্ষেপগুলোর নাম লিখ।

২। ট্যাপিং কীভাবে করা হয়?

৩। ক্যাবলের কোর কীভাবে সংযোজন করতে হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

১। কন্ডাক্টরের আবরণ সরানোর পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। কন্ডাক্টর প্রস্তুত করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৩। ক্যাবল টার্মিনেশনে ব্যবহৃত মালামালের একটি তালিকা প্রস্তুত কর।

ব্যবহারিক

১। পরীক্ষার নাম: তিন ফেজ স্টার সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করা।

উদ্দেশ্য :

ক) ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

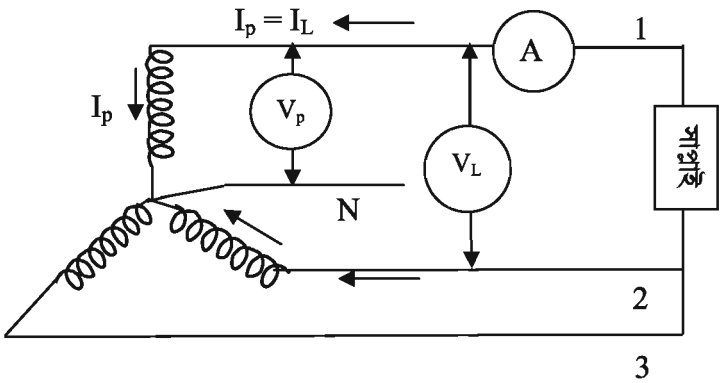
খ) ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

গ) ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকা:

যন্ত্রপাতি	মালামাল
১। অ্যামমিটার (0 – 10 Amps) ২। ভোল্টমিটার (0 – 500 Volts) ৩। স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট) ৪। স্ক্রু ড্রাইভার (কানেকটিং)	১। বৈদ্যুতিক বাতি, 100 ওয়াট ৩টি। ২। হোল্ডার, 6 অ্যামস, 250 ভোল্ট, ৩টি। ৩। তার 3/22, প্রয়োজনীয় পরিমাণে।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ :

১। যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

২। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটার সার্কিটে সংযোগ করতে হবে।

৩। প্রথমে যে কোনো একটি লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে ভোল্টমিটার সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে।

৪। পরে যে কোনো দুইটি লাইনের মধ্যে ভোল্টমিটার সংযোগ করে মিটারের পাঠ নিতে হবে।

৫। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী যে কোনো একটি লাইনের সাথে অ্যামমিটার সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে।

৬। প্রাপ্ত মানগুলো ছকে বসিয়ে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে হবে।

ছক:

ক্রমিক নং	V_L	V_P	I_L	I_P	$V_L = \sqrt{3}V_P$	$I_L = I_P$
১						
২						
৩						

২০২০

২। পরীক্ষার নামঃ তিন ফেজ ডেল্টা সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করা।

উদ্দেশ্যঃ

ক) ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ পরিমাপ করা।

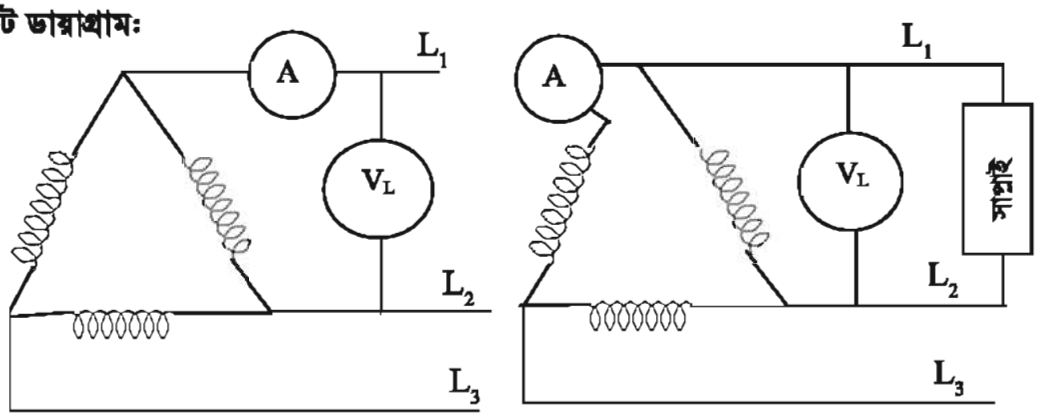
খ) ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্ট পরিমাপ করা।

গ) ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামালের তালিকাঃ

যন্ত্রপাতি	মালামাল
১। অ্যামমিটার (0 –10 Amps) ২। ভোল্টমিটার (0–500 Volts) ৩। স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট) ৪। স্ক্রু ড্রাইভার (কানেকটিং)	১। বৈদ্যুতিক বাতি, 100 ওয়াট ৩টি। ২। হোল্ডার, 6 অ্যামস, 250 ভোল্ট, ৩টি। ৩। তার 3/22, প্রয়োজনীয় পরিমাণে।

সার্কিট ডায়াগ্রামঃ



চিত্র - ক চিত্র -খ

কাজের ধাপঃ

১। যন্ত্রপাতি ও মালামাল বাছাই করতে হবে।

২। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটার সার্কিটে সংযোগ করতে হবে।

৩। যে কোনো দুইটি লাইনের মধ্যে ভোল্টমিটার সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে।

৪। সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী যে কোনো একটি লাইনের সাথে অ্যামমিটার সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে। (চিত্র-ক)

৫। যে কোনো একটি ফেজের সাথে অ্যামমিটার সংযোগ করে পাঠ নিতে হবে। (চিত্র খ)

৬। প্রাপ্ত মানগুলো ছকে বসিয়ে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে হবে।

২০২০

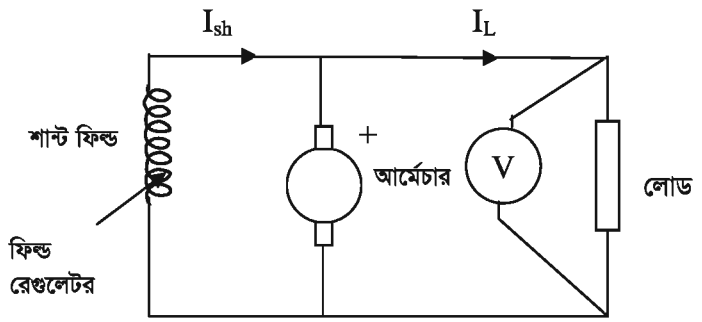
ছক:

ক্রমিক নং	V_L	V_P	I_L	I_P	$V_L = V_P$	$I_L = \sqrt{3}I_P$
১						
২						
৩						

৩। পরীক্ষার নাম : ডিসি জেনারেটর সংযোগ করা।
উদ্দেশ্য : ডিসি জেনারেটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি : কম্বিনেশন প্লায়ার্স, অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার, ডিসি অ্যামমিটার, সিকোয়েন্স মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার (0–500 V), ডিসি জেনারেটর, তার, মেইন সুইচ, ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। জেনারেটরের নেমপ্লেট হতে জেনারেটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য সংগ্রহ করতে হবে।

(ক) জেনারেটরের ক্যাপাসিটি, (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ; (গ) কারেন্ট রেটিং; (ঘ) এক্সাইটেশন ভোল্টেজ।

৩। টার্মিনাল, সিরিজ কয়েল, শান্ট কয়েল আর্মেচার শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৪। জেনারেটর চালু করে রিডিং নিতে হবে।

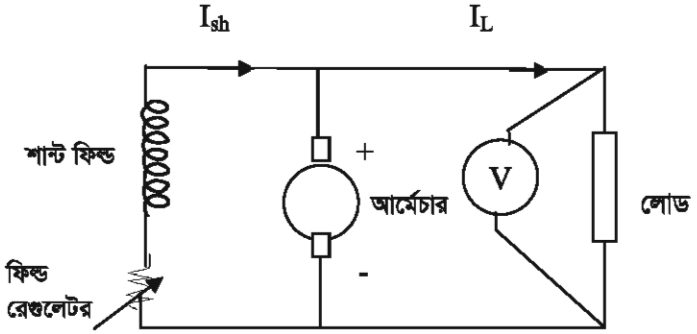
৫। কাজ করার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন মিটারের কাঁটা স্থির অবস্থায় আসলে রিডিং নেওয়া হয়। ডিসি জেনারেটরের ভোল্টেজ এবং কারেন্ট মাপতে অবশ্যই ডিসি মিটার ব্যবহার করতে হবে।

৪। ডিসি জেনারেটরের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার করা।

উদ্দেশ্য: ডিসি জেনারেটরের ত্রুটি নির্ণয় করে তার প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : কম্বিনেশন প্লায়ার্স, অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার, ডিসি অ্যামমিটার, সিকোয়েন্স মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার (0–500 V), ডিসি জেনারেটর, তার, মেইন সুইচ, ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। জেনারেটরের নেমপ্লেট হতে জেনারেটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য সংগ্রহ করতে হবে।

(ক) জেনারেটরের ক্যাপাসিটি, (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ; (গ) কারেন্ট রেটিং; (ঘ) এক্সাইটেশন ভোল্টেজ।

৩। একটি ডিসি জেনারেটর চলাকালীন বিভিন্ন কারণে নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলির মধ্যে যে কোনো একটি বা একাধিক ত্রুটি দেখা দিতে পারে।

(ক) কমিউটেটরের উপর আগুনের স্ফুলিঙ্গ দেখা দিতে পারে।

(খ) ব্রাশে গুন গুন বা কিচ্ কিচ্ শব্দ করতে পারে।

(গ) ব্রাশ ও কমিউটেটর গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঘ) আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েল গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঙ) ফিল্ড পোল গরম হয়ে যেতে পারে।

(চ) জেনারেটরে আদৌ ভোল্টেজ উৎপন্ন নাও হতে পারে।

(ছ) জেনারেটরের ভোল্টেজ ঠিকমতো নাও হতে পারে।

(জ) সমগ্র মেশিন আওয়াজ করতে পারে।

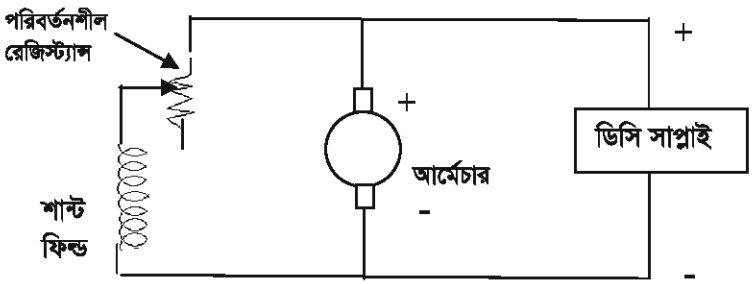
৪। উপরোক্ত ত্রুটিগুলি পরীক্ষা করে যদি কোনো ত্রুটি থাকে, তবে তার প্রতিকারের প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা নিতে হবে।

৫। ডিসি মোটর সংযোগ করা।

উদ্দেশ্য: ডিসি মোটর যথাযথ নিয়মে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদির তালিকা: কম্বিনেশন প্লায়ার্স, লং নোজ প্লায়ার্স; অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিফস), ডিসি অ্যামমিটার, টেকো মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার; ডিসি মোটর, তার, মেইন সুইচ, মেগার; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; ডিসি স্টার্টার; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ:

১। যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) মোটরের প্রকার; (খ) মোটরের ক্ষমতা; (গ) টার্মিনাল ভোল্টেজ; (ঘ) কারেন্ট রেটিং; (ঙ) আরপিএম বা ঘূর্ণন গতি।

৩। মোটরের টার্মিনাল, সিরিজ কয়েল, শান্ট কয়েল ও আর্মেচার শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৪। মোটর স্টার্ট দিয়ে দেখতে হবে পূর্ণ গতিতে ঘুরছে কিনা।

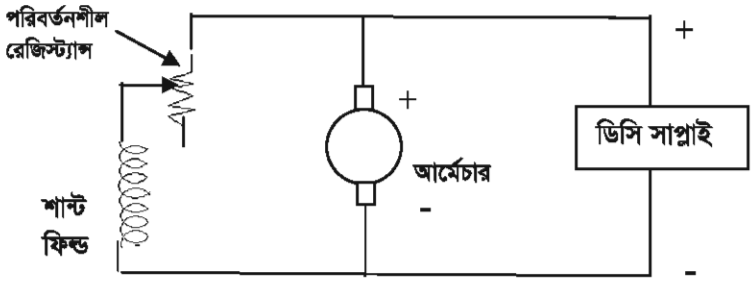
৫। কাজ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

৬। ডিসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয় ও প্রতিকার।

উদ্দেশ্য : ডিসি মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি নির্ণয় করে তার প্রতিকারের ব্যবস্থা করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদির তালিকা : কম্বিনেশন প্লায়ার্স, লং নোজ প্লায়ার্স; অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার, ডিসি অ্যামমিটার, টেকো মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার; ডিসি মোটর, তার, মেইন সুইচ, মেগার; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; ডিসি স্টার্টার; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



কাজের ধাপ:

১। যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) মোটরের প্রকার; (খ) মোটরের ক্ষমতা; (গ) টার্মিনাল ভোল্টেজ; (ঘ) কারেন্ট রেটিং; (ঙ) আরপিএম বা ঘূর্ণন গতি।

৩। মোটরের টার্মিনাল, সিরিজ কয়েল, শান্ট কয়েল ও আর্মেচার শনাক্ত করতে হবে।

৪। মোটর স্টার্ট দিয়ে দেখতে হবে পূর্ণ গতিতে ঘুরছে কিনা।

৫। একটি ডিসি মোটর চলাকালীন বিভিন্ন কারণে নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলির মধ্যে যে কোনো একটি বা একাধিক ত্রুটি দেখা দিতে পারে।

(ক) কমিউটেটরের উপর আগুনের স্ফুলিঙ্গ দেখা দিতে পারে।

(খ) ব্রাশে গুন গুন বা কিচ্ কিচ্ শব্দ করতে পারে।

(গ) ব্রাশ ও কমিউটেটর গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঘ) আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েল গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঙ) ফিল্ড পোল গরম হয়ে যেতে পারে।

(চ) মোটর আদৌ চালু নাও হতে পারে।

(ছ) মোটর স্বাভাবিক গতিবেগে নাও চলতে পারে।

(জ) সমগ্র মেশিন আওয়াজ করতে পারে।

(ঞ) বিয়ারিং গরম হয়ে যেতে পারে।

৬। ডিসি মোটরের জন্য উপরোক্ত ত্রুটিগুলো পরীক্ষা করতে হবে। কোনো ত্রুটি পাওয়া গেলে তা প্রতিকারের ব্যবস্থা নিতে হবে।

৭। কাজ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

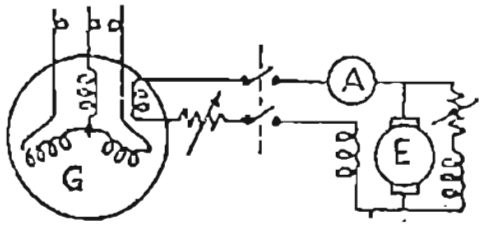
২০২০

৭। পরীক্ষার নাম : এসি জেনারেটর সংযোগ।

উদ্দেশ্য : এসি জেনারেটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি : কম্বিনেশন প্লায়ার্স, লং নোজ প্লায়ার্স; অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস), ডিসি অ্যামমিটার, টেকো মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার; এসি জেনারেটর, ব্যাটারি; তার, ফ্রিকোয়েন্সি মিটার, মেগার; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



জেনারেটর এক্সাইটার

কাজের ধাপঃ

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। এসি জেনারেটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) জেনারেটরের ক্ষমতা (কেভিএ); (খ) ঘূর্ণন গতি বা আরপিএম; (গ) ফেজ সংখ্যা; (ঘ) টার্মিনাল ভোল্টেজ (ঙ) কারেন্ট; (চ) সংযোগের প্রকার; (ছ) এক্সাইটেশন ভোল্টেজ; (জ) এক্সাইটেশন কারেন্ট; (ঝ) ফ্রিকোয়েন্সি

৩। টার্মিনালগুলি শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ সম্পন্ন করতে হবে।

৪। এসি জেনারেটর স্টার্ট দিয়ে রিডিং নিতে হবে।

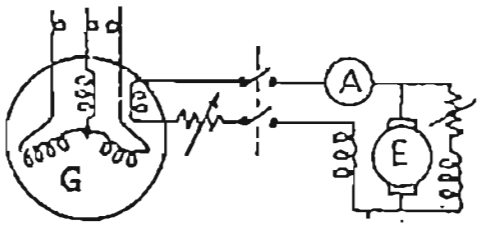
৫। কাজ করার সময় সংযোগগুলি ভালোভাবে পরীক্ষা করে নিতে হবে যেন সংযোগগুলি ঢিলা না হয়।

৮ নং। পরীক্ষার নাম : এসি জেনারেটরের ত্রুটি ও প্রতিকার।

উদ্দেশ্য : এসি জেনারেটরের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি : কম্বিনেশন প্লায়ার্স, লং নোজ প্লায়ার্স; অ্যাভোমিটার, চাকু, মেগার, স্টার স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস), ডিসি অ্যামমিটার, টেকো মিটার, ডিসি ভোল্টমিটার; এসি জেনারেটর, ব্যাটারি; তার, ফ্রিকোয়েন্সি মিটার, মেগার; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



জেনারেটর এক্সাইটার

কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। এসি জেনারেটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) জেনারেটরের ক্ষমতা (কেভিএ); (খ) ঘূর্ণন গতি বা আরপিএম; (গ) ফেজ সংখ্যা; (ঘ) টার্মিনাল ভোল্টেজ (ঙ) কারেন্ট; (চ) সংযোগের প্রকার; (ছ) এক্সাইটেশন ভোল্টেজ; (জ) এক্সাইটেশন কারেন্ট; (ঝ) ফ্রিকোয়েন্সি

৩। টার্মিনালগুলি শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ সম্পন্ন করতে হবে এবং স্টার্ট দিতে হবে।

৪। বিভিন্ন কারণে এসি জেনারেটরে নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলির যে কোনো একটি বা একাধিক ত্রুটি দেখা দিতে পারে।

(ক) কমিউটেটর-ব্রাশ আর স্লিপারিং-ব্রাশ, ব্রাশ হোল্ডারে আটকে যেতে পারে।

(খ) বিয়ারিং একদিকে বেশি ক্ষয় হয়ে যেতে পারে।

(গ) ব্রাশ ও কমিউটেটর গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঘ) আর্মেচার ও ফিল্ড কয়েল গরম হয়ে যেতে পারে।

(ঙ) বিয়ারিং গরম হয়ে যেতে পারে।

(চ) জেনারেটরে আদৌ ভোল্টেজ উৎপন্ন নাও হতে পারে।

(ছ) জেনারেটরে ভোল্টেজ ঠিকমতো নাও হতে পারে।

(জ) ফিল্ড কয়েল ঠিকমতো উত্তেজনা (excitation) নাও পেতে পারে।

৫। উপরোক্ত ত্রুটিগুলি পরীক্ষা করে যদি কোনো ত্রুটি থাকে, তবে তার প্রতিকারের প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা নিতে হবে।

৬। পরীক্ষাগুলি করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২০২০

৯। ডিওএল স্টার্টার এর সাহায্যে একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করা।

উদ্দেশ্য:

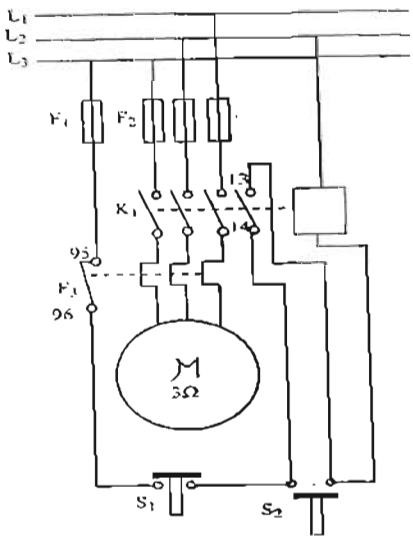
১। ডিওএর স্টার্টার সম্পর্কে ধারণা লাভ করা।

২। ডিওএল স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি :

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, ডিওএল স্টার্টার, তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর (15A, 500V); তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্যসমূহ জেনে নিতে হবে।

ক) মোটরের ক্ষমতা (HP/ KW); (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ, (গ) কারেন্ট রেটিং; (ঘ) ঘূর্ণন গতি (RPM) ঙ) সংযোগের ধরন (Y/Δ) ইত্যাদি।

৩। মোটর ও স্টার্টারের টার্মিনাল শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী মোটর সংযোগ করতে হবে।

৪। সরবরাহ দিয়ে মোটর চালাতে হবে।

৫। মোটর পূর্ণ গতিতে ঘুরছে কিনা তা পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

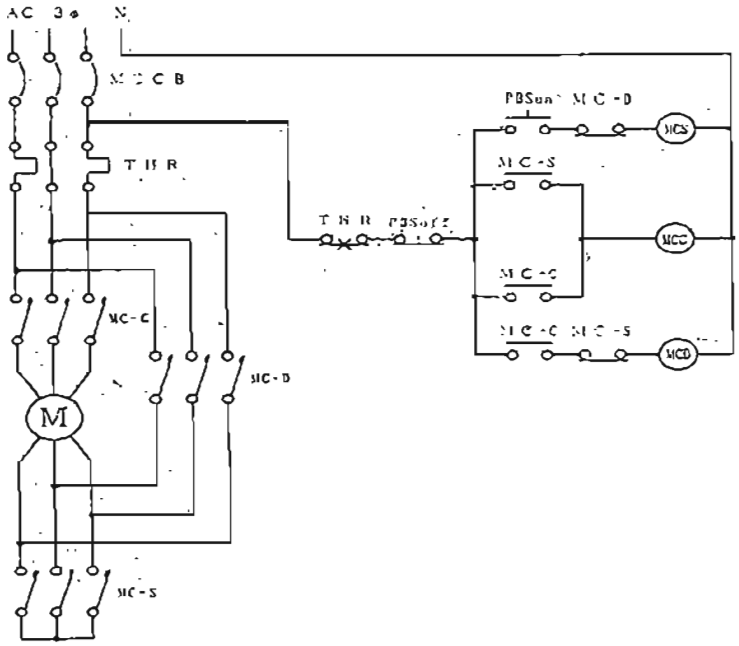
৫। পরীক্ষার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

১০। পরীক্ষার নাম: ওভারলোড প্রটেকশনসহ স্টার-ডেল্টা (ম্যানুয়েল) স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালুকরণ।

উদ্দেশ্য : ওভারলোড প্রটেকশনসহ স্টার-ডেল্টা (ম্যানুয়েল) স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:
স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ইন্ডাকশন মোটর; ম্যাগনেটিক কন্ডাক্টর; অন-অফ সুইচ; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ:
১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।
২। নেমপ্লেট থেকে থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।
(ক) মোটরের ক্ষমতা (HP / KW), (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ, (গ) কারেন্ট রেটিং, (ঘ) ঘূর্ণন গতি (RPM), (ঙ) সংযোগের ধরন (Y/Δ) ইত্যাদি।
৩। স্টার্টার ও মোটরের টার্মিনাল শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।
৪। সুইচ অন করে মোটর চালু করে পরীক্ষা করতে হবে।
৫। কাজ করার সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২০২০

১১। পরীক্ষার নাম : একটি স্লিপ-রিং ইন্ডাকশন মোটর স্টার্টারের সাথে সংযোগ করে চালু করা।

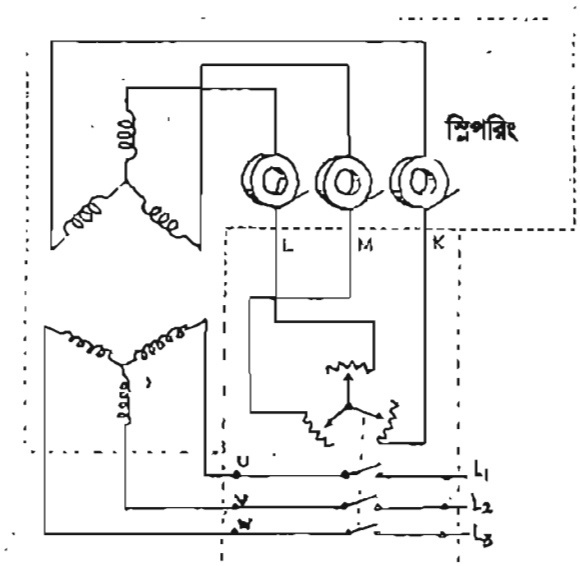
উদ্দেশ্য:

স্লিপ-রিং ইন্ডাকশন মোটর স্টার্টারের সাথে সংযোগ করে চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; স্লিপ-রিং মোটর; চাকু; স্টার্টার; মেইন সুইচ, ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। নেমপ্লেট থেকে থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) মোটরের ক্ষমতা (HP/ KW), (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ, (গ) কারেন্ট রেটিং, (ঘ) ঘূর্ণন গতি (RPM), (ঙ) সংযোগের ধরন (Y/Δ) ইত্যাদি।

৩। স্টার্টার ও মোটরের টার্মিনাল শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৪। সুইচ অন করে মোটর চালু করে পরীক্ষা করতে হবে।

৫। কাজ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

১২। পরীক্ষার নাম : অটোমেটিক স্টার-ডেল্টা স্টার্টারসহ তিন ফেজ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করা।

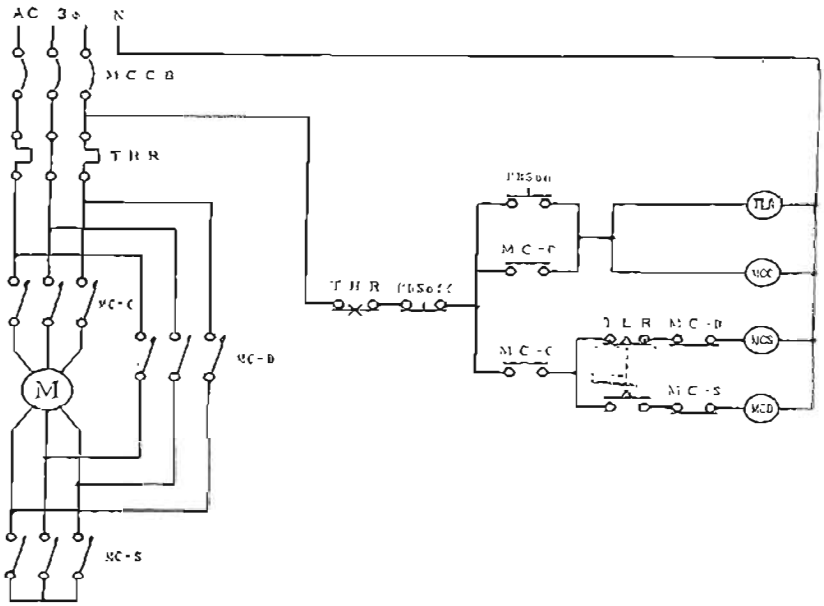
উদ্দেশ্য:

অটোমেটিক স্টার-ডেল্টা স্টার্টারসহ তিন ফেজ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার দক্ষতা অর্জন।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, তার; স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর; চাকু; স্টার্টার; অন-অফ সুইচ; ম্যাগনেটিক কন্ডাক্টর; মেইন সুইচ, ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। নেমপ্লেট থেকে থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) মোটরের ক্ষমতা (HP / KW), (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ, (গ) কারেন্ট রেটিং, (ঘ) ঘূর্ণন গতি (RPM), (ঙ) সংযোগের ধরন (Y/Δ) ইত্যাদি।

৩। মেইন সুইচ, স্টার্টার ও মোটরের টার্মিনাল শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৪। মোটর সঠিকভাবে আর্থিং করতে হবে।

৫। সাপ্লাই দিয়ে মোটর চালু করে পরীক্ষা করতে হবে।

৬। কাজ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২০২০

১৩। স্টার্টারের সাহায্যে একটি ক্যাপাসিটর মোটর চালু করণ।

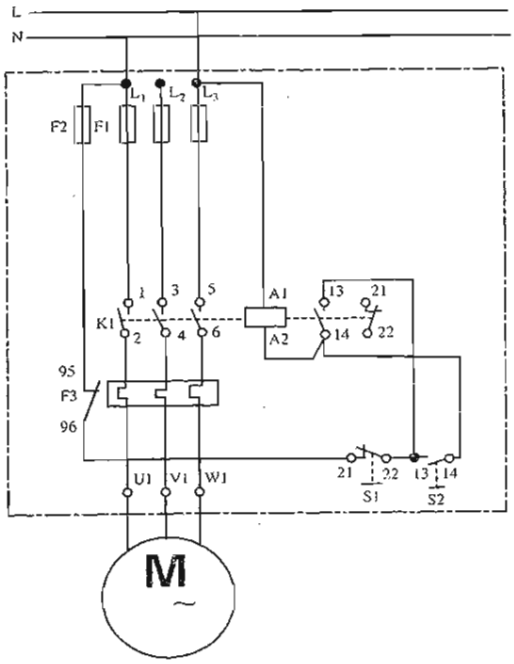
উদ্দেশ্য :

ক্যাপাসিটর মোটর স্টার্টারসহ চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি :

স্ক্রু ড্রাইভার(ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, তার; ক্যাপাসিটর মোটর; ম্যাগনেটিক কন্ডাক্টর; অন-অফ সুইচ; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :



কাজের ধাপ :

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করে টেবিলে রাখতে হবে।

২। নেমপ্লেট থেকে থ্রি ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) মোটরের ক্ষমতা (HP/ KW), (খ) টার্মিনাল ভোল্টেজ, (গ) কারেন্ট রেটিং, (ঘ) ঘূর্ণন গতি (RPM), (ঙ) সংযোগের ধরন (Y/Δ) ইত্যাদি।

৩। স্টার্টার ও মোটরের টার্মিনাল শনাক্ত করে চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৫। মোটর সঠিকভাবে আর্থিং করতে হবে।

৬। সাপ্লাই দিয়ে মোটর চালু করে পরীক্ষা করতে হবে।

৭। কাজ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২০২০

১৪। বৈদ্যুতিক মেশিন (ওয়াশিং মেশিন, এয়ার কুলার, মেডিক্যাল ইকুইপমেন্ট) সংযোগ করা।

উদ্দেশ্য : বৈদ্যুতিক মেশিন (ওয়াশিং মেশিন, এয়ারকুলার, মেডিক্যাল ইকুইপমেন্ট) সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স টেস্টার, কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

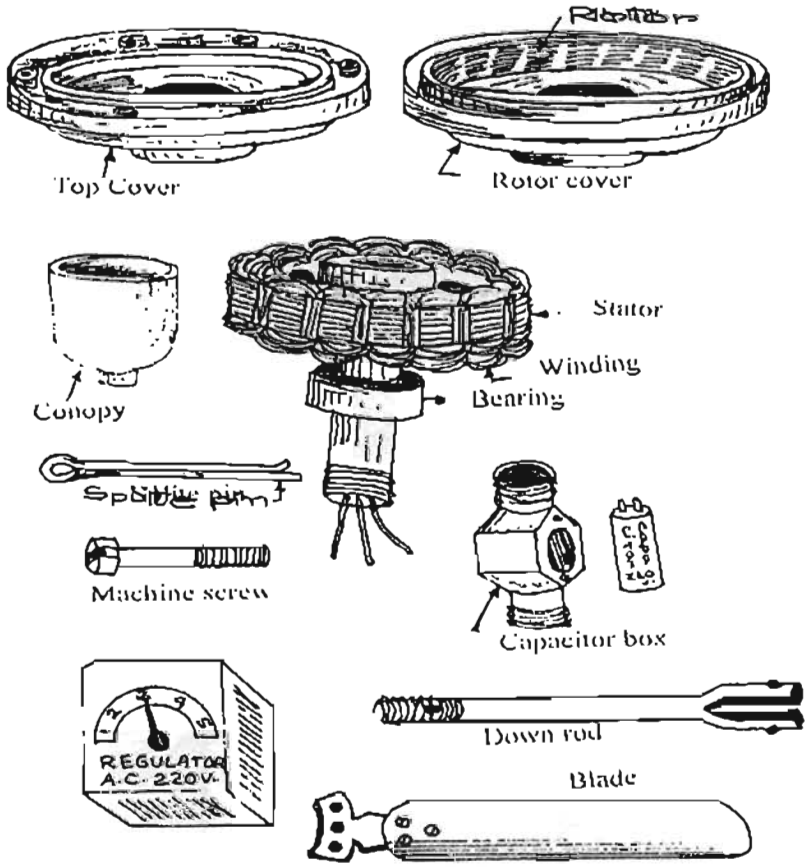
কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।
২। মেশিন সিঙ্গেল ফেজ না থ্রি ফেজ তা মেশিনের নেমপ্লেট তথ্য থেকে জেনে নিতে হবে।
৩। মেশিনের টার্মিনাল শনাক্ত করতে হবে।
৪। নিরাপদে সংযোগের জন্য মেশিনের প্রয়োজনীয় অংশ খুলে ফেলতে হবে।
৫। মেশিনে প্রদত্ত ডায়াগ্রাম দেখে মেশিন সংযোগ করতে হবে।
৬। মেশিনরে আর্থিং পয়েন্টকে যথাযথ নিয়মে আর্থিং করতে হবে।
৭। মেশিনের প্রয়োজন অনুসারে মেইন সুইচ বা এমসিবি অথবা স্টার্টার ব্যবহার করতে হবে।
৮। কাজ করার সময় অবশ্যই সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

১৫। পরীক্ষার নামঃ বৈদ্যুতিক মেশিন (সিলিং ফ্যান, মোটর, ট্রান্সফরমার) খোলা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি :

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); টেস্টার, কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ফিউজ কাট-আউট, ম্যালেট ইত্যাদি।



কাজের ধাপঃ

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। সাবধানতার সাথে বৈদ্যুতিক মেশিনের বিভিন্ন অংশ (কুলিং ফ্যান, বিয়ারিং, টার্মিনাল বক্স, ক্যাপাসিটর, ওয়্যাইন্ডিং-এর কয়েল, ফ্যানের ব্লেড ইত্যাদি) খুলতে হবে।

৩। খুলে ফেলা যন্ত্রাংশগুলির একটি তালিকা তৈরি করতে হবে।

৪। অবস্থান নিশ্চিত করার জন্য প্রয়োজনে যন্ত্রাংশগুলির চিত্র অঙ্কন করে রাখা যেতে পারে।

৫। পুনরায় মেশিনের যন্ত্রাংশগুলি যথাযথভাবে লাগাতে হবে।

৬। কাজ করার সময় অবশ্যই সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

১৬। পরীক্ষার নাম : ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার।

উদ্দেশ্য: ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি নির্ণয় করে তার প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); টেস্টার, কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ইন্ডাকশন মোটর; ফিউজ কাট-আউট ইত্যাদি।

কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। মোটরের বিভিন্ন ধরনের ত্রুটি শনাক্ত করতে হবে। বিভিন্ন কারণে ইন্ডাকশন মোটরে সাধারণত নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলি হয়ে থাকে।

(ক) চলন্ত অবস্থায় মোটর বেশি গরম হয়।

(খ) হালকা চলা অবস্থায় মোটর বেশি কারেন্ট নেয়।

(গ) হালকা চলা অবস্থায় মোটর বেশি পাওয়ার গ্রহণ করে।

(ঘ) মোটর কাঁপে ও অস্বাভাবিক শব্দ করে।

(ঙ) হালকা অবস্থায় চলার সময় মোটরের গতিবেগ কম।

(চ) মোটর চালাতে গেলে চলে না।

(ছ) মোটর চালাতে গেলেই ফিউজ পুড়ে যায়।

৩। উপরোক্ত ত্রুটিসমূহ যথাযথভাবে পরীক্ষা করতে হবে।

৪। উল্লেখিত ত্রুটিসমূহ পাওয়া গেলে তার যথাযথ প্রতিকার করতে হবে।

১৭। সিলিং ফ্যান রিওয়াইন্ডিং করা।

উদ্দেশ্য:

সিলিং ফ্যান রিওয়াইন্ডিং করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); নিয়ন টেস্টার, কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, হ্যামার; সিরিজ টেস্ট ল্যাম্প; সুপার এনামেল তার; বাঁশের বা কাঠের ফালি, একটি পুরাতন সিলিং ফ্যান ইত্যাদি।

কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। ফ্যানের ব্লেডগুলি বডি থেকে পৃথক করতে হবে।

৩। ফ্যানের বডি খুলে সাবধানতার সাথে পুরাতন কয়েলগুলি বের করে আনতে হবে।

৪। পুরাতন কয়েলের তারের সাইজ জানতে হবে এবং প্যাঁচ সংখ্যা গুনে বের করতে হবে।

৫। কয়েলের সাইজ অনুযায়ী কাঠের ববিন তৈরি করতে হবে।

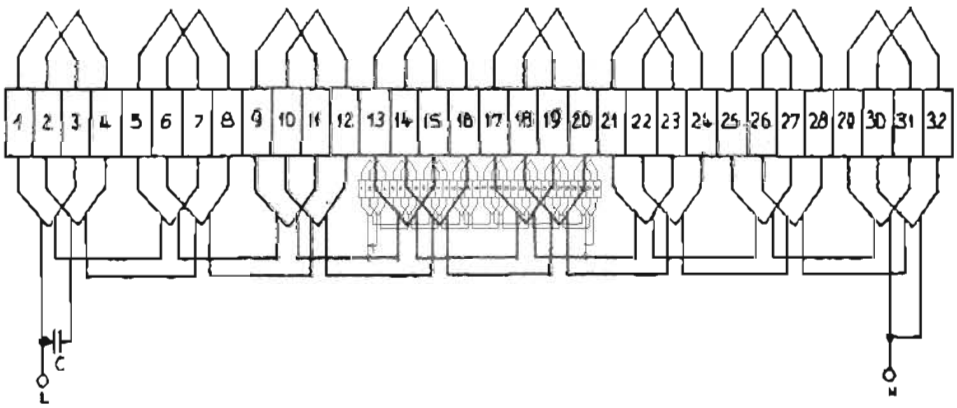
৬। পূর্বে যে সাইজের তার ছিল সেই সাইজের তার দিয়ে পূর্বনির্ধারিত প্যাঁচ সংখ্যার কয়েল বানাতে হবে।

৭। ফ্যানের স্লটে ইনসুলেশন পেপার বসিয়ে তার উপর যথানিয়মে কয়েলগুলি স্থাপন করতে হবে এবং নিচের সংযোগ চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৮। তারপর নিয়ম অনুযায়ী বিভিন্ন টেস্ট যেমন, ওপেন সার্কিট, শর্ট সার্কিট টেস্ট, পোলারিটি টেস্ট ইত্যাদি করে বার্নিশ করতে হবে।

৯। বার্নিশ শুকিয়ে গেলে আবার বিভিন্ন অংশ যথাযথভাবে স্থাপন করে কাজ শেষ করতে হবে।

৩২ স্লট বিশিষ্ট একটি সিলিং ফ্যানের ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম নিচে দেখানো হলো।



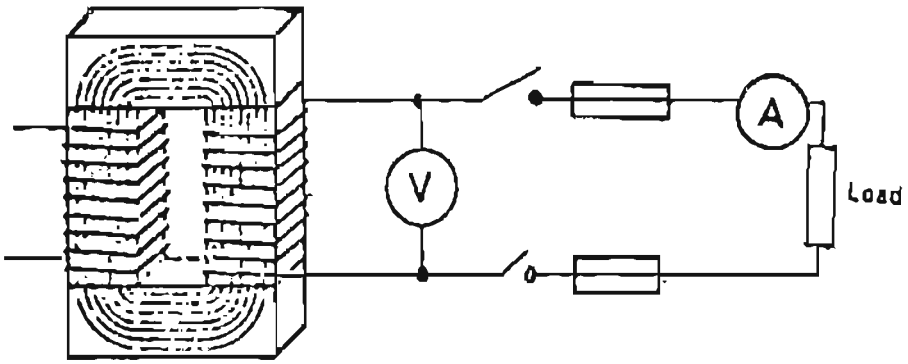
১৮। পরীক্ষার নাম : সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার সংযোগ করা।

উদ্দেশ্য: সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); টেস্টার, কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ভোল্টমিটার; অ্যামমিটার; মেগার; সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার; কাট-আউট, সুইচ, লোড ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) ট্রান্সফরমার ক্যাপাসিটি (কেভিএ), (খ) প্রাইমারি ভোল্টেজ; (গ) প্রাইমারি কারেন্ট, (ঘ) সেকেন্ডারি ভোল্টেজ; (ঙ) সেকেন্ডারি কারেন্ট ইত্যাদি।

৩। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের টার্মিনাল শনাক্ত করে সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী লোডের সাথে সংযোগ করতে হবে।

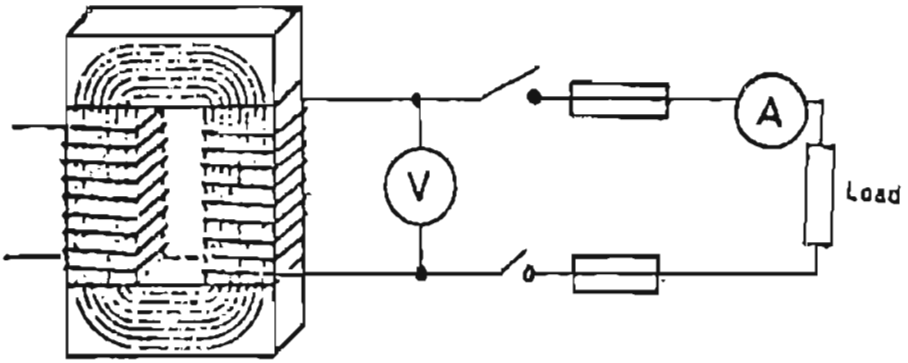
৪। কাজ করার সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

১৯। পরীক্ষার নাম : ট্রান্সফরমারের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার।

উদ্দেশ্য : ট্রান্সফরমারের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি:

স্ক্রু ড্রাইভার (ফ্লাট); টেস্টার, কম্বিনেশন প্লায়ার্স; নোজ প্লায়ার্স; কাটিং প্লায়ার্স; ছুরি; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ, স্ক্রু ড্রাইভার (স্টার); অ্যাভোমিটার, স্ক্রু ড্রাইভার (ফিলিপস); তার; ভোল্টমিটার; অ্যামমিটার; মেগার; সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার; কাট-আউট, সুইচ, লোড ইত্যাদি।



কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার সম্পর্কে নিম্নলিখিত তথ্য জেনে নিতে হবে।

(ক) ট্রান্সফরমার ক্যাপাসিটি (কেভিএ), (খ) প্রাইমারি ভোল্টেজ; (গ) প্রাইমারি কারেন্ট, (ঘ) সেকেন্ডারি ভোল্টেজ; (ঙ) সেকেন্ডারি কারেন্ট ইত্যাদি।

৩। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের টার্মিনাল শনাক্ত করে সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী লোডের সাথে সংযোগ করতে হবে।

৪। ট্রান্সফরমারের হাই সাইড ও লো সাইড শনাক্ত করতে হবে।

৪। বিভিন্ন কারণে সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারে নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলির মধ্যে একটি বা একাধিক ত্রুটি দেখা দিতে পারে।

(ক) ওপেন সার্কিট ফল্ট (Open circuit fault)

(খ) শর্ট সার্কিট ফল্ট (Short circuit fault)

(গ) অর্থ ফল্ট (Earth fault).

৫। ট্রান্সফরমারে তেল ভালো আছে কিনা তা পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

৬। পরীক্ষা করে কোনো ফল্ট বা ত্রুটি পাওয়া গেলে তার যথাযথ প্রতিকার করতে হবে।

২০। পরীক্ষার নাম : ক্লিপ অন মিটার ব্যবহার করা।

উদ্দেশ্য: ক্লিপ অন মিটার ব্যবহার করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : ক্লিপ অন মিটার, টেস্টার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম :

কাজের ধাপ:

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি বাছাই করতে হবে।

২। ক্লিপ অন মিটার দিয়ে চালু লাইনে কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।

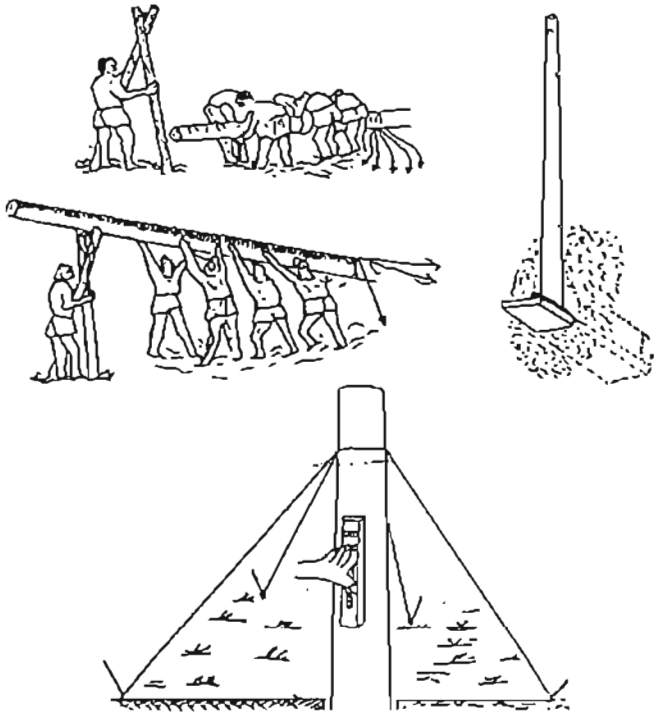
৩। কারেন্ট পরিমাপ করার সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২১। পরীক্ষার নাম : পোল স্থাপন করা।

উদ্দেশ্য: পোল স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

কোদাল; শাবল; বেলচা; গাইতি; স্প্রিট লেভেল; মই; কাঠের স্কিড বোর্ড; কেচিকল; দড়ি; বিটুমিনের ড্রাম; পোল; কাঠের খুঁটি; ইটের টুকরা; পাথরের টুকরা; বাঁশের গুজি ইত্যাদি।



কাজের ধাপ :

১। পোল বসানোর স্থান নির্ধারণ করতে হবে।

২। পোলের সাইজ অনুযায়ী গর্ত খনন করতে হবে।

৩। তারপর কয়েকজন মিলে কেচিকল, মই ও দড়ির সাহায্যে পোল দাড় করিয়ে গর্তে বসাতে হবে।

৪। পোল উলম্ব হলো কিনা স্প্রিট লেভেল ও উলন দিয়ে তা পরীক্ষা করতে হবে।

৫। গর্তের মধ্যে মাটি ভরাট করে দিতে হবে।

৬। পোলের চারপাশে টানা লাগাতে হবে।

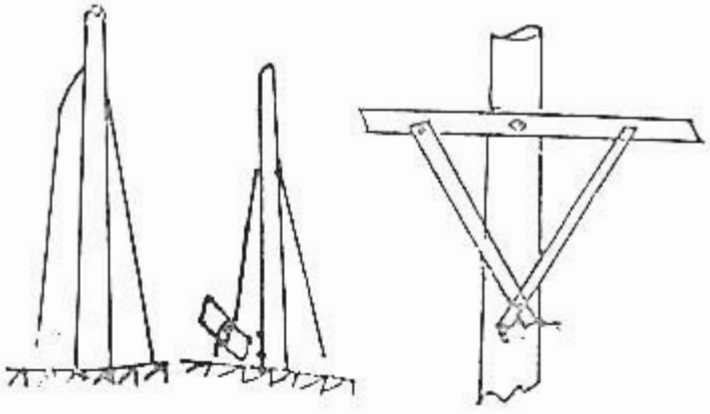
৭। কাজের সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২২। পরীক্ষার নাম : ক্রশ-আর্ম স্থাপন করা।

উদ্দেশ্য : ক্রশ-আর্ম স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

স্লাইড রেঞ্জ; মই; বলপিন হ্যামার; ক্লাইম্বিং আয়রন; স্ক্রু ড্রাইভার (স্লটি); সেফটি বেল্ট; স্টীল ট্যাপ; কপিকল; দড়ি; ড্রিল মেশিন; ক্রশ-আর্ম; ব্রেসিং ক্ল্যাম্প; ব্রেসিং লাগাবার সকেট; ইস্পাতের নাট-বোল্ট; ইউ বোল্ট; নাট ইত্যাদি।



কাজের ধাপঃ

১। ক্রস-আর্ম ও ক্ল্যাম্প বাছাই করতে হবে।

২। বোল্ট বাছাই করতে হবে।

৩। কপিকলের সাহায্যে ক্রশ-আর্ম পোলে উঠাতে হবে।

৪। ক্ল্যাম্প দিয়ে ক্রশ-আর্ম আটকাতে হবে।

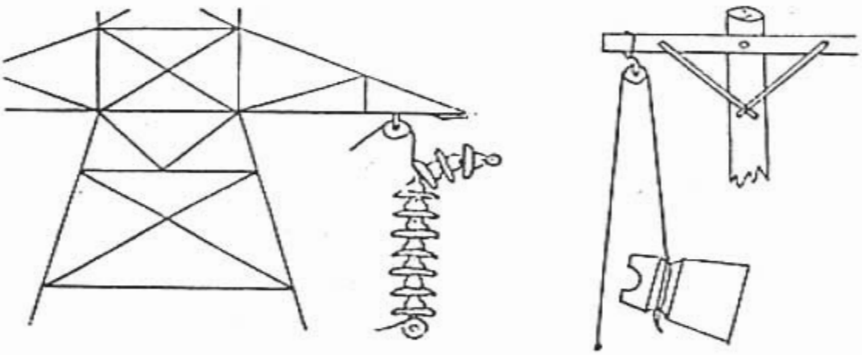
৫। কাজের সময় যথাযথ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২৩। পরীক্ষার নাম : ইনসুলেটর স্থাপন করা।

উদ্দেশ্য : ইনসুলেটর স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামঃ

হ্যামার, আগারবিট; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; ইনসুলেটর; নাট ও বোল্ট; আয়রন ক্ল্যাম্প; ওয়াশার; টাই ওয়্যার, ইনসুলেটর পিন; কপিকল; দড়ি ইত্যাদি।



কাজের ধাপঃ

১। ইনসুলেটর বাছাই করতে হবে।

২। কপিকলের সাহায্যে ইনসুলেটর পোলে উঠাতে হবে।

৩। ইনসুলেটর উঠানো শেষ হলে নিয়মতো ইনসুলেটর আটকাতে হবে।

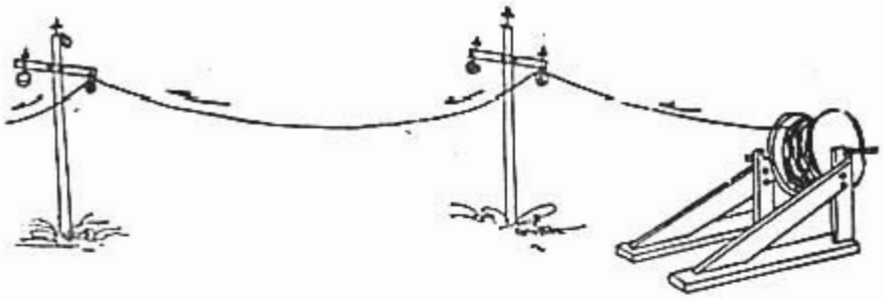
৪। ইনসুলেটর উঠানোর সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে যাতে ইনসুলেটর নিচে পড়ে না যায়।

২৪। পরীক্ষার নাম : ওভারহেড লাইনে তার বা কন্ডাক্টর টানা।

উদ্দেশ্য : তার বা কন্ডাক্টর টানার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

কপিকল; ট্রলি; উইঞ্চ; স্লিপ ভাইচ; স্লাইড রেঞ্জ; স্যাগ বোর্ড; স্টপ ওয়াচ; টানা দড়ি; দড়ি; সেফটি বেল্ট; কাম লং ক্ল্যাম্প; তারের ড্রাম; টাই ওয়্যার; ইনসুলেটর ইত্যাদি।



কাজের ধাপ:

১। তার বাছাই করতে হবে।

২। তার খুলতে হবে।

৩। তার উঠাতে হবে।

৪। তার টানতে হবে।

৫। ইনসুলেটরে তার আটকাতে হবে।

৬। পার্ড লাগাতে হবে।

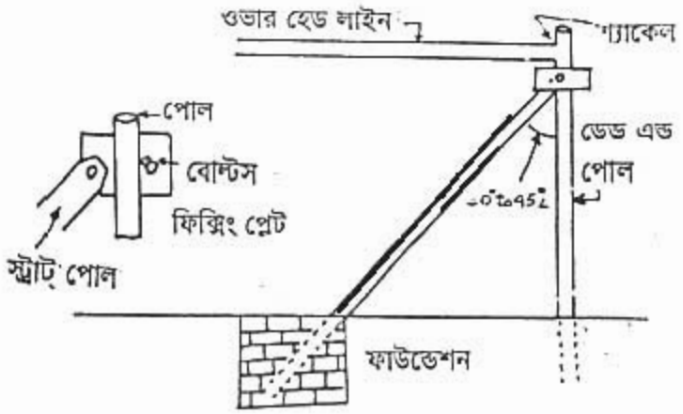
৭। তার চূড়ান্তভাবে আটকানোর আগে স্যাগ বোর্ডের সাহায্যে স্যাগ পরীক্ষা করতে হবে।

৮। কাজের সময় সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে।

২৫। পরীক্ষার নাম : টানা স্থাপন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

কোদাল; শাবল; বেলচা; গাঁইতি; কম্বিনেশন প্লায়ার্স নোজ প্লায়ার্স; অ্যাডজাস্ট্যাবল রেঞ্জ; অ্যাংকর প্লেট; স্টে রড; স্টে বো; স্টে তার; ক্ল্যাম্প নাট ও বোল্ট; টাই রড; গাই ইনসুলেটর; ক্র্যাকে রড; সিমেন্ট, বালি, ইটের টুকরা; পাথরের টুকরা; মই; টার্ন বাকল; রেচেট নাট; গাই হুক; গাই তার ইত্যাদি।



কাজের ধাপ:

১। অ্যাংকর বসানোর স্থান নির্ধারণ করে গর্ত খনন করতে হবে।

২। অ্যাংকর বসানো হলে গর্ত মাটি দিয়ে ভরাট করতে হবে।

৩। পোলে ক্ল্যাম্প আটকিয়ে টানা তার বসাতে হবে।

৪। টানা তারে গাই ইনসুলেটর আটকাতে হবে।

৫। টাই রড অ্যাডজাস্ট করে কাজ শেষ করতে হবে।

৬। টানা তার এমনভাবে লাগাতে হবে যাতে পোল ও তারের মধ্যবর্তী কোণ ৪০-৪৫ ডিগ্রি হয়।

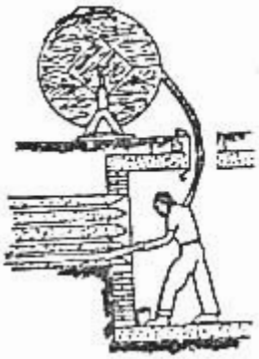
৭। কাজের সময় অবশ্যই সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

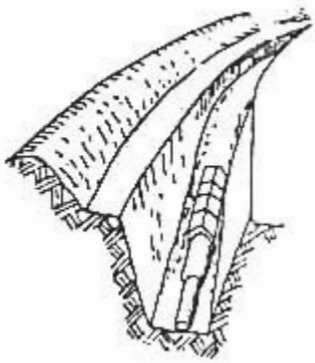
২৬। পরীক্ষার নাম : ক্যাবল স্থাপন করা।

উদ্দেশ্য : ক্যাবল স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

কোদাল, শাবল, গাঁইতি, ছেনি, বড় হাতুড়ি, হ্যামার, বেলচা, লোহার খুন্তি, বাঁশন বা লোহা, ট্রলি, লোহার জ্যাক, রোলার, কপিকল, অ্যাভোমিটার, মেগার, ক্যাবল কাটার, স্টিল টেপ, চুন বা চকের গুঁড়া, বালি, ইট বা কংক্রিট, ক্যাবল ড্রাম ইত্যাদি।





কাজের ধাপ:

১। ক্যাবল বাছাই করতে হবে।

২। যে সাইড দিয়ে ক্যাবল টানা হবে সেই পথ চিহ্নিত করতে হবে।

৩। ক্যাবল স্থাপনের জন্য নালা বা গর্ত খনন করতে হবে।

৪। নালা বা গর্তের মধ্য দিয়ে ক্যাবল স্থাপন করতে হবে এবং নালা বালু ও মাটি দিয়ে ভরাট করতে হবে।

৫। নালায় কমপক্ষে ১৪ সেমি উঁচু করে মাটি ফেলতে হবে।

৬। ক্যাবল স্থাপনের আগে ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স ও নিরবচ্ছিন্নতা ভালোভাবে পরীক্ষা করতে হবে।

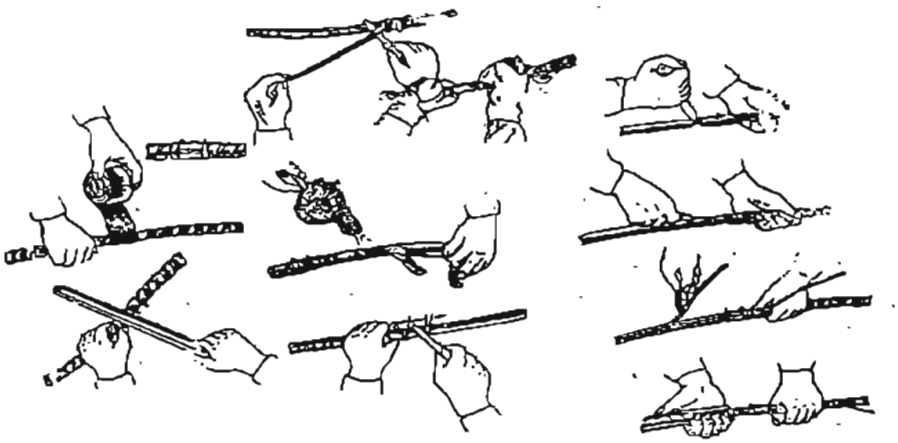
৭। কাজ করার সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

২৭। পরীক্ষার নাম : ক্যাবল টার্মিনেশন করার পদ্ধতি।

উদ্দেশ্য : ক্যাবল টার্মিনেশন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

হ্যাক স, চাকু, ব্লো-ল্যাম্প, কম্বিনেশন প্লায়ার্স, বলপিন হ্যামার, ওয়ার স্ট্রিপার, পরিষ্কার ন্যাকড়া, তার বা ফিতা, পেট্রল বা কেরোসিন, এমারি ক্লথ সোল্ডার লাগ, পিভিসি ট্যাপ বা অয়েল টেপ, টার্মিনাল বক্স, কম্পাউন্ড ইত্যাদি।



কাজের ধাপ

১। ক্যাবল বাছাই করতে হবে।

২। ক্যাবলের শিথড কর্তন করতে হবে।

৩। পরিমাণমতো ইনসুলেশন অপসারণ করতে হবে।

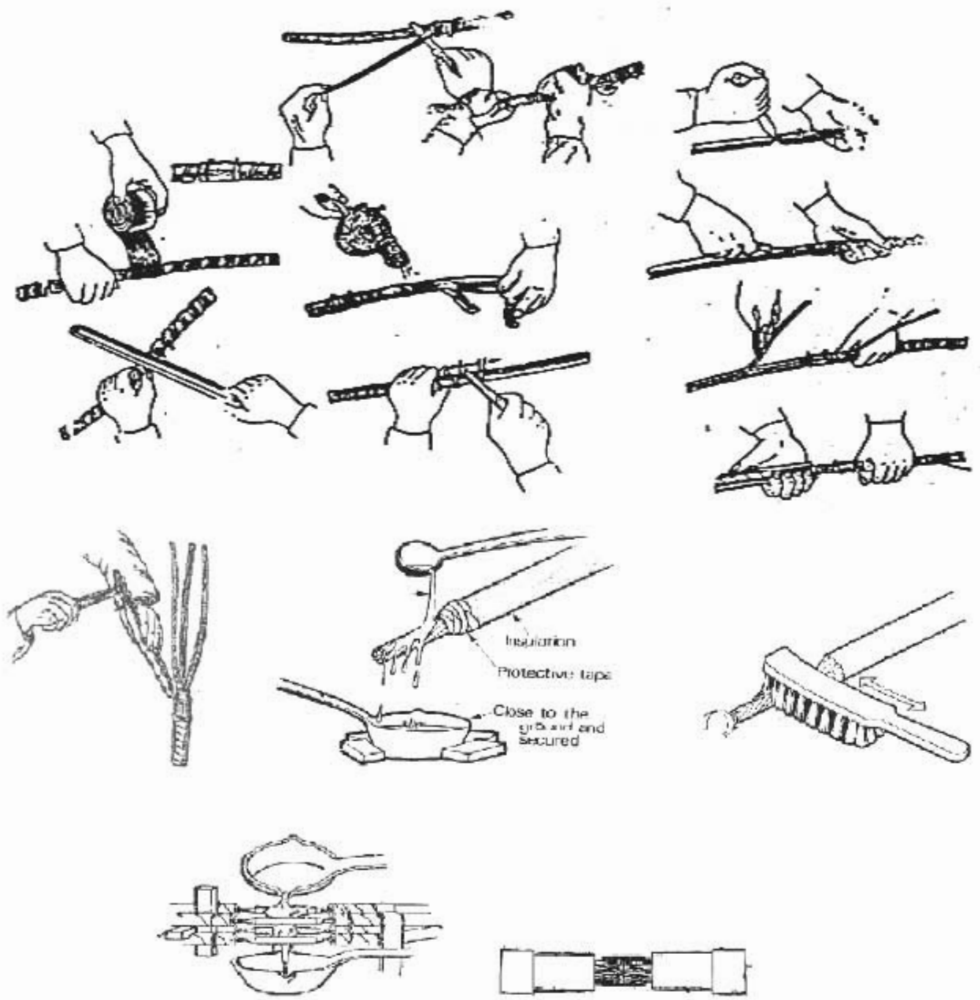
৪। কন্ডাক্টর এবং ইনসুলেশন ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে।

২৮। পরীক্ষার নাম : ক্যাবল জয়েন্ট করার পদ্ধতি।

উদ্দেশ্য : ক্যাবল জয়েন্ট করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামাদি

হ্যাক স, চাকু, ব্লো-ল্যাম্প, কম্বিনেশন প্লায়ার্স, বলপিন হ্যামার, ওয়ার স্ট্রিপার, পরিষ্কার ন্যাকড়া, তার বা ফিতা, পেট্রল বা কেরোসিন, এমারি ক্লথ সোল্ডার লাগ, পিভিসি ট্যাপ বা অয়েল টেপ, টার্মিনাল বক্স, কম্পাউন্ড, সোল্ডার, ফ্লাক্স, ট্যালো চর্বি, ইনসুলেটিং ট্যাপ, শিল্ডিং ট্যাপ, স্ট্রেস রিলিফ কোণ, তৈল নিরোধক ট্যাপ, কম্পাউন্ড, এপোক্সি রেজিন, এপোক্সি পুটিং, ছাঁচের আঠা, পিভিসি দ্রাবক, প্লাম্বার্স ব্লাক, ফেরুল, ক্ল-কানেক্টর, স্পেসার, সিসার নল, ঢালাই লোহার বাক্স, প্লাস্টিক মোল্ড ইত্যাদি।



২০২০

কাজের ধাপ :

(১) ক্যাবল বাছাই করতে হবে।

(২) কন্ডাক্টরের আবরণ বা ইনসুলেশন সরাতে হবে।

(৩) কন্ডাক্টর পরিষ্কার করে জোড়া দেওয়র জন্য প্রস্তুত করতে হবে।

(৪) সোল্ডারিং করতে হবে।

(৫) টেপিং করতে হবে।

(৬) প্লাম্বিং করতে হবে।

(৭) জয়েন্ট বক্স লাগাতে হবে।

(৮) কম্পাউন্ড ভর্তি করতে হবে।

(৯) কাজের সময় অবশ্যই সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

সমাপ্ত

২০২০ শিক্ষাবর্ষ

ইলেকট্রিক্যাল মেইনটেন্যান্স ওয়ার্কস-১

কারিগরি শিক্ষা আত্মনির্ভরশীলতার চাবিকাঠি

তথ্য, সেবা ও সামাজিক সমস্যা প্রতিকারের জন্য '৩৩৩' কলসেন্টারে ফোন করুন

নারী ও শিশু নির্যাতনের ঘটনা ঘটলে প্রতিকার ও প্রতিরোধের জন্য ন্যাশনাল হেল্পলাইন সেন্টারে ১০৯ নম্বর-এ (টোল ফ্রি, ২৪ ঘণ্টা সার্ভিস) ফোন করুন

শিক্ষা মন্ত্রণালয়

২০১০ শিক্ষাবর্ষ থেকে গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক
বিনামূল্যে বিতরণের জন্য