



যেভাবে প্রশ্ন হতে পারে

১. ট্রান্সফর্মারের গঠন ও কার্যপ্রণালী আলোচনা করুন?
২. বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণের ক্ষেত্রে ট্রান্সফর্মারের ভূমিকা লিখুন।
৩. রাস্তার ধারে বৈদ্যুতিক পোলে কিরূপ Transformer লাগানো থাকে এবং কেন?
৪. ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে কোন কোন বিষয়ের উপর সতর্কতামূলক ব্যবস্থা রাখতে হয়?
৫. বিভব বিভাজক কি? একটি স্থায়ী বিভব বিভাজকের কার্যনীতি ব্যাখ্যা করুন।
৬. বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধের কাজ কী? বিদ্যুৎ প্রবাহ চলার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধের ভূমিকা কী?
৭. Circuit Breaker কী? সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয় কেন?
৮. উদাহরণসহ Kirchoff's voltage law বিবৃত করুন।
৯. Uninterrupted Power Supply (UPS) কি? এটি কেন ব্যবহার করা হয়? ব্যবহারগুলি লিখুন।
১০. Voltage Stabilizers কী? কত প্রকার কী কী? জেনার ডায়োড এর কাজ কী?

CLASS

WORK

Electrical Technology

☑ Transformers

☑ Electrical Components & Laws

☑ Electrical Instruments UPS, IPS, Voltage Stabilizer, Electric Switch and Wiring

STUDENT



STUDY

Electrical Technology

০১. ট্রান্সফর্মার মূলনীতি কি?

মূলনীতি: Transformer মিউচুয়াল Electromagnetic Induction তত্ত্বের উপর কাজ করে। Alternating Voltage প্রাইমারি Winding এ সরবরাহ করার ফলে Primary Winding এ Alternating Current সারকুলেটিং হতে থাকে। এই কারেন্ট কোরের মধ্যে Alternating ফ্লাক্স উৎপন্ন করে। এই ফ্লাক্স প্রসারণ ও ভেঙ্গে পড়ার ফলে Winding টার্নকে কর্তন করার কারণেই প্রাইমারি Winding এ Alternating ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এই Alternating ফ্লাক্স Secondary Winding এর সাথে সংযুক্ত থাকায় ফ্যারাডের তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের তত্ত্বানুযায়ী তড়িৎ চাপের সৃষ্টি হয়। এভাবে Transformer কাজ করে।

০২. ট্রান্সফর্মারের দক্ষতা বলতে কি বুঝায়?

ট্রান্সফর্মারের দক্ষতা: কোনো ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর প্রাপ্ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা এবং মুখ্য কুণ্ডলীর প্রাপ্ত প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতার অনুপাতকে এর দক্ষতা বলে। একে সাধারণত শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \text{দক্ষতা} = \frac{\text{প্রাপ্ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা}}{\text{প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা}} = \frac{\text{প্রযুক্ত ক্ষমতা} - \text{নষ্ট ক্ষমতা}}{\text{প্রযুক্ত ক্ষমতা}} \times 100\%$$

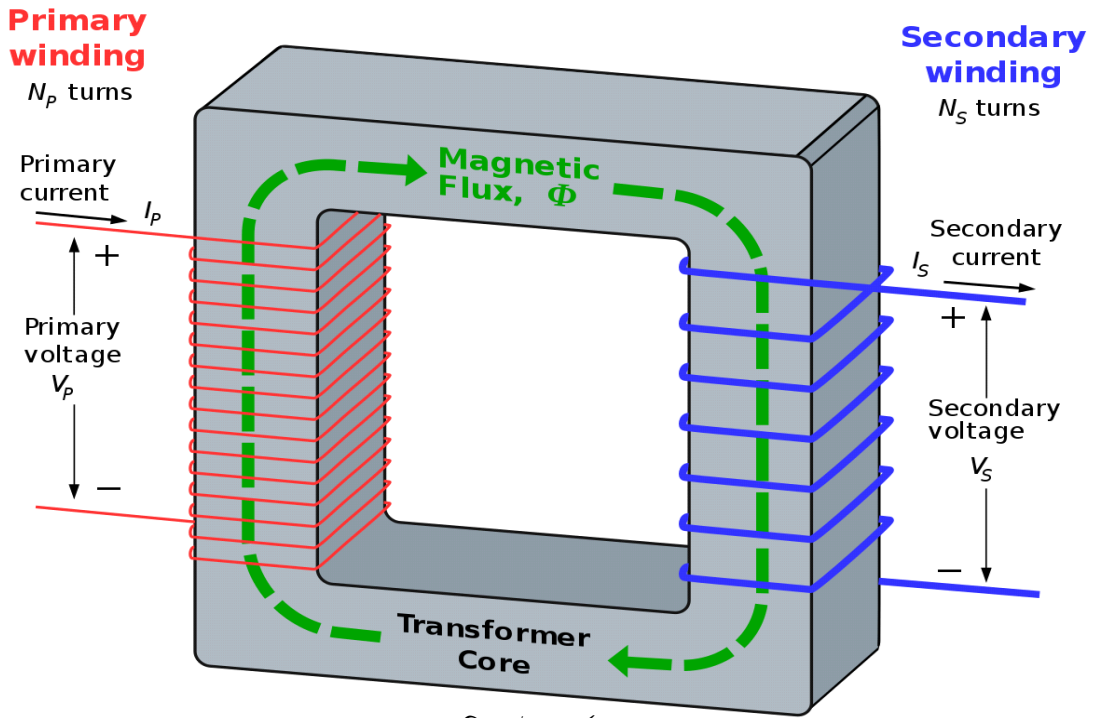
নিম্নে ট্রান্সফর্মারের গঠন ও কার্যপ্রণালী আলোচনা করা হল-

ট্রান্সফর্মারের গঠন: একটি কাঁচা লোহার আয়তাকার মজ্জা বা কোর-এর বিপরীত বাহুকে অন্তরীত তার পেঁচিয়ে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয়। কোরের যে বাহুর কুণ্ডলীতে পরিবর্তী প্রবাহ বা বিভব প্রয়োগ করা হয় তাকে মুখ্য কুণ্ডলী বলে। আর যে কুণ্ডলীতে পরবর্তী বিভব আবিষ্ট হয় তাকে গৌণ কুণ্ডলী বলে।

উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেব গৌণ কুণ্ডলীতে পাক সংখ্যা বেশি থাকে। আর নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা কম থাকে।

ট্রান্সফর্মারের কার্যপ্রণালী: ধরা যাক n_p পেঁচ বিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_p পরিবর্তী বিভব প্রয়োগ করার ফলে এই কুণ্ডলীতে I_p প্রবাহ পাওয়া গেল। এই প্রবাহ মজ্জাটিকে চুম্বকিত করে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে যা মুখ্য সুলীতে একটি আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন করে। চৌম্বক বলরেখার যদি কোন ক্ষরণ না হয় তাহলে গৌণ কুণ্ডলীর প্রতি পাকেও একই সংখ্যক বলরেখা সংযুক্ত হবে। কোনো গৌণ কুণ্ডলীতেও তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে।

গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা n_s এবং গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি E_s হলে, $E_p/n_p = E_s/n_s$ অর্থাৎ কুণ্ডলীদ্বয়ের তড়িচ্চালক শক্তি এদের পাক সংখ্যার সমানুপাতিক।



চিত্র: ট্রান্সফর্মার

যখন $n_s > n_p$, তখন ট্রান্সফর্মারটি উচ্চধাপী এবং যখন $n_s < n_p$, তখন ট্রান্সফর্মারটি নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার। কোন ক্ষমতার অপচয় না ঘটলে মুখ্য কয়েলে প্রযুক্ত সকল গৌণ কয়েলে সরবরাহ হবে।

সুতরাং, মুখ্য কয়েলের ভোল্টেজ \times মুখ্য কয়েলের তড়িৎ প্রবাহ = গৌণ কয়েলের ভোল্টেজ \times গৌণ কয়েলের তড়িৎ প্রবাহ

$$\text{অর্থাৎ, } E_p I_p = E_s I_s \quad ; \quad \therefore \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

এর অর্থ এই যে, কোন ট্রান্সফর্মার যে হারে ভোল্টেজ কমায় ঠিক সে হারে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করে যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান বা ধ্রুব থাকে। সুতরাং ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎ প্রবাহ উভয়কেই রূপান্তর করে।

০৪. ট্রান্সফর্মার কি? ট্রান্সফর্মারের প্রধান উপাদানগুলো কি কি?

(৩৩তম, ২৯তম ও ২৭তম বিসিএস)

ট্রান্সফর্মার (Transformer): যে যন্ত্রের সাহায্যে কোন পরিবর্তী প্রবাহের বিভবকে উচ্চ থেকে নিম্নমান বা নিম্ন থেকে উচ্চমানে পরিবর্তন করা যায়, তাকে। বিভবপরিবর্তক বা ট্রান্সফর্মার বলে। সাধারণভাবে, একটি কয়েলে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন করে অন্য কয়েলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎশক্তি উৎপাদনের যন্ত্রকেই ট্রান্সফর্মার বলা হয়। তড়িৎ চুম্বক আবশ্যের উপর ভিত্তি করে এই যন্ত্র তৈরি করা হয়। ট্রান্সফর্মার প্রধানত দুই ধরনের-

ক. উচ্চধাপী (Step Up)- অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে।

খ. নিম্নধাপী (Step Down)- অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে।

উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মারে মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীতে পাকসংখ্যা বেশি থাকে আর নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারে মুখ্য কুণ্ডলীতে গৌণ কুণ্ডলীর চেয়ে পাকসংখ্যা বেশি থাকে।

▶ ট্রান্সফর্মারের উপাদান: ট্রান্সফর্মারে উপাদান হিসেবে মূলত দুটি কয়েল বা অংশ থাকে। যথা-

- আয়তাকার মজ্জা (Rectangular Core): একটি কাঁচা লোহার আয়তাকার মজ্জা বা কোর-এর বিপরীত বাহুকে অন্তরীত তার পেঁচিয়ে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয়।
- প্রাথমিক কয়েল (Primary Coil): এই কয়েলে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় অর্থাৎ এই কয়েলই বিদ্যুৎ শক্তিকে স্থানান্তরিত করে।
- মাধ্যমিক কয়েল (Secondary Coil): এই কয়েলের মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তি স্থানান্তরিত হয় অর্থাৎ, মাধ্যমিক কয়েল বিদ্যুৎ ভার বর্তনীতে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করে।

প্রাথমিক কয়েলে পরিবর্তী প্রবাহ সরবরাহের ফলে যে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয় তা মাধ্যমিক কয়েলে চৌম্বক ফ্লাক্স (Magnetic flux) এবং বিদ্যুৎচালক বল (Electromotive force)-এর সৃষ্টি করে, ফলে মাধ্যমিক কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়।

০৫. তড়িৎ মোটর ও ট্রান্সফর্মারের পার্থক্য কি?

(৩১তম বিসিএস)

নিচে ট্রান্সফর্মার ও তড়িৎ মোটরের মধ্যে পার্থক্য ছকের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হলো-

পার্থক্যের বিষয়	ট্রান্সফর্মার	তড়িৎ মোটর
১. সংজ্ঞা	যে যন্ত্রের সাহায্যে পর্যাবৃত্ত উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভব এবং নিম্ন বিভবকে উচ্চ বিভবে রূপান্তরিত করা যায় তাকে রূপান্তরক বা ট্রান্সফর্মার বলে।	যে তড়িৎ যন্ত্র তড়িৎ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে তাকে বৈদ্যুতিক মোটর বা তড়িৎ মোটর বলে।
২. কার্যকরী নীতি	একটি কয়েলে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তন করে অন্য কয়েলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা তড়িৎ উৎপাদনের পরিচিতি ও গুরুত্বপূর্ণ প্রয়াস রয়েছে ট্রান্সফর্মারে।	তড়িৎবাহী তারের উপর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে তৈরি হয়েছে বৈদ্যুতিক মোটর।
৩. প্রকারভেদ	ট্রান্সফর্মার সাধারণত দুই প্রকার- ১. উচ্চধাপী বা আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার ২. নিম্নধাপী বা অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার।	তড়িৎ মোটর দুই প্রকার- ক. ডিসি মোটর খ. এসি মোটর
৪. মূল কাজ	দূরদুরান্তে বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।	ছোট ছোট বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে ব্যবহৃত হয়।
৫. ব্যবহার	বাসা, বাড়িতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে ব্যবহৃত হয়।	বৈদ্যুতিক পাখা, পাম্প, রোলিং মিল ইত্যাদিতে তড়িৎ মোটর ব্যবহৃত হয়।

০৬. ট্রান্সফর্মার কত প্রকার ও কি কি? বর্ণনা করুন?

(৩৫তম বিসিএস)

১৭ প্রকারভেদ: ট্রান্সফর্মার কয়েক ধরনের হতে পারে। যথা-

১. কার্যপ্রণালীর ভিত্তিতে ট্রান্সফর্মার দু ধরনের হয়ে থাকে। যথা-

- ক) উচ্চধাপী বা আরোহী ট্রান্সফর্মার (Step Up): যে ট্রান্সফর্মার নিম্ন ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করে তাকে বলা হয় আরোহী বা স্টেপ। আপ ট্রান্সফর্মার (step up transformer)। এ ধরনের ট্রান্সফর্মারের প্রাথমিক অংশে মোটা তারের কম সংখ্যক পাক (ampere turns) ও মাধ্যমিক অংশে অপেক্ষাকৃত চিকন তারের কম সংখ্যক পাক থাকে।
- খ) নিম্নধাপী বা অবরোহী ট্রান্সফর্মার (Step Down): যে ট্রান্সফর্মার উচ্চ ভোল্টেজকে নিম্ন ভোল্টেজে রূপান্তরিত করে তাকে বলা হয় অবরোহী বা স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফর্মার (step down transformer)। এ ধরনের ট্রান্সফর্মারের প্রাথমিক কয়েলে সূক্ষ্ম তারের অধিক সংখ্যক ও মাধ্যমিক কয়েলে অপেক্ষাকৃত মোটা তারের কম সংখ্যক পাক থাকে।

২. আকৃতি ও গঠন অনুসারে ট্রান্সফর্মার দু প্রকার। যথা-

- ক) কোর আকৃতি (Core Type): লোহার কোরের উপর তার পেঁচিয়ে যে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয় তাকে কোর ট্রান্সফর্মার বলে। কোর আকৃতি ট্রান্সফর্মার আবার দুই প্রকার। যথা-
 - i. খোলা কোর (Open Core): একটি এবোনাইট বা বেকেলাইট চোঙের উপর অথবা অনেকগুলো পাতলা আয়তাকার সিলিকন স্টিলের পাত একত্র করে কোর তৈরি করে তার উপর প্রাথমিক ও মাধ্যমিক ওয়াইনডিং পাশাপাশি জড়ানো অবস্থায় থাকে। ভোলা কোর ট্রান্সফর্মারে চৌম্বকক্ষেত্র কখনো কোর আবার কখনো বাতাসের মধ্যে হয়।
 - ii. বদ্ধ কোর (Close Core): এই কোরের আকৃতি ফাঁপা চতুর্ভুজের মতো। আয়তাকারের পাতলা সিলিকন স্টিলের পাত আবরণযুক্ত বার্নিশ দিয়ে সংযোজিত করে এর এক বাহুতে প্রাথমিক ও অন্য বাহুতে মাধ্যমিক কয়েল জড়ানো হয়।
- খ) শেল আকৃতি (Shell Type): এই ট্রান্সফর্মার দেখতে শেল বা মোচার মতো। অর্থাৎ মাঝখানে অপেক্ষাকৃত মোটা। অনেকগুলো পাতলা সিলিকন স্টিলের পাত EFIL. আকৃতির করে কেটে আবরণযুক্ত বার্নিশের সাহায্যে একত্রে সংযোজিত করে কোর তৈরি করে প্রথমে প্রাথমিক ও তার উপর আবরক কাগজ দিয়ে মাধ্যমিক কয়েল জড়ানো হয়। এই ধরনের ট্রান্সফর্মারে প্রাথমিক ও মাধ্যমিক কয়েল অতি নিকটে অবস্থান করে। এই অবস্থানকে নিবিড় জোড় (Close coupling) বলে। এটিতে চৌম্বক ফ্লাক্স মধ্য বাহু থেকে শুরু করে পার্শ্বস্থ দুই বাহুর মধ্যে প্রবাহিত হয়ে পুনরায় মধ্য বাহুতে ফিরে আসে। এভাবে প্রায় সব ফ্লাক্সই মাধ্যমিক কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এ ধরনের ট্রান্সফর্মার অধিক শক্তিশালী এবং এগুলোর ব্যবহার অত্যধিক।

৩. শীতল করার পদ্ধতি অনুসারে ট্রান্সফর্মার দু প্রকার। যথা-

- ক) তেল দ্বারা শীতলীকৃত ট্রান্সফর্মার: ট্রান্সফর্মারকে বিদ্যুৎ ভার দিয়ে চালনা করা হলে উভয় ওয়াইনডিং-এ তাপ উৎপন্ন হয়, ফলে কোরে শক্তির অপচয় ঘটে। এ অপচয় কমানোর জন্য কোর ও ওয়াইনডিংসমূহকে একটি ধাতব চৌবাচ্চার (tank) মধ্যে রেখে বিশেষ ধরনের অন্তরক তেল। (Insulating oil) বা অদাহ্য (non-inflammable) তরল পদার্থে ডুবিয়ে রাখা হয়। এতে কোর এবং ওয়াইনডিংসমূহ শীতল থাকে।
- খ) বায়ু দ্বারা শীতলীকৃত ট্রান্সফর্মার : যেসব জায়গায় তেল দ্বারা শীতলীকৃত ট্রান্সফর্মার ব্যবহার নিরাপদ নয়, সেখানে বায়ু দ্বারা শীতলীকৃত ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের ট্রান্সফর্মারে বায়ু নিক্ষেপনের মাধ্যমে কোরসমূহকে শীতল করার ব্যবস্থা থাকে। বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় ট্রান্সফর্মার যাতে অধিক গরম হতে না পারে সেজন্য তাতে বাতাস প্রবেশের সুবন্দোবস্ত থাকে। বাতাসের জলীয় বাষ্প যাতে ট্রান্সফর্মারের অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে না পারে সেজন্য জলীয়বাষ্প শোষক এক প্রকার কুচি পাথর (silicagel) সেখানে ব্যবহার করা হয়।

৪. স্থাপন প্রণালী অনুসারে ট্রান্সফর্মার দুই প্রকার। যথা-

- ক) গৃহমধ্যে অবস্থিত (Indoor Type): এ ধরনের ট্রান্সফর্মার সাধারণত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি, রেডিও, টেলিভিশন, এয়ার কুলার তথা ঘরের অভ্যন্তরে ব্যবহৃত হয়।
- খ) উক্ত স্থানে অবস্থিত (Outer Type): এ ধরনের ট্রান্সফর্মার বিদ্যুৎ উৎপাদন ও সরবরাহ করার জন্য বিদ্যুৎ উৎপাদক কেন্দ্র, উপকেন্দ্র, বন্টন কক্ষ ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

৫. বিদ্যুৎ সরবরাহ ক্ষেত্র ও কাজের উপর ভিত্তি করে ট্রান্সফর্মার দুই প্রকার। যথা-

- ক) সিঙ্গেল ফেজ (single phase) ও খ) থ্রি-ফেজ (three phase)।

গৃহে অভ্যন্তরীণ কাজের জন্য সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়। রেডিওর অ্যাডাপ্টর (adaptor) হিসেবে বহির্গামী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। প্রক্সেশান মেশিন ও আর্ক ওয়েলডিং-এর কাজে সিঙ্গেল ফেজ ও থ্রি-ফেজ ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বন্টন ব্যবস্থায়, বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র, উপ-কেন্দ্র প্রভৃতি জায়গার থ্রি-ফেজ ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

৬. বিশেষ ব্যবহার অনুসারে ট্রান্সফর্মার আবার কয়েক প্রকার। যথা-

সরঞ্জাম ট্রান্সফর্মার (Instrument Transformer): বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি, যেমন- মোটর, স্টার্টার, সার্কিট ব্রেকার ইত্যাদি উচ্চ ভোল্টেজ সম্পন্ন। সরবরাহ লাইনে সরাসরি স্থাপন করা নিরাপদ নয়। এসব যন্ত্রপাতিকে নিরাপদ রাখতে অর্থাৎ উচ্চ ভোল্ট ও প্রবাহ কমাতে সরঞ্জাম ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া এ ধরনের ট্রান্সফর্মার অন্তরক (Perating personnel) হিসেবেও কাজ করে। ফলে যন্ত্রপাতি এমনকি যন্ত্রচালককেও ভোল্ট থেকে নিরাপদে রাখে। সরঞ্জাম ট্রান্সফর্মার আবার দুই প্রকার :

ক) ভোল্টেজ ট্রান্সফর্মার (Voltage Transformer): ভোল্টেজ ট্রান্সফর্মার সরবরাহ লাইনে ভোল্টেজের সংযোগের মাধ্যমে মিটার, যন্ত্রপাতি ও বিদ্যুৎ নিয়ন্ত্রক যন্ত্রপাতিতে একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে ভোল্ট সরবরাহ করে। প্রাথমিক ওয়াইনডিংকে লাইনের সাথে সংযোগ করা হলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়ে কোরের উপর চৌম্বক ফ্লাক্স উৎপন্ন করে এবং মাধ্যমিক কয়েলে বিদ্যুৎচালক বলের সৃষ্টি করে। এই আবেশজাত বিদ্যুৎচালক বল প্রথমিক ও মাধ্যমিক কয়েলের তারের পাকের সমানুপাতিক। ভোল্টেজ ট্রান্সফর্মারের প্রাথমিক কয়েলে নির্দিষ্ট ভোল্ট সরবরাহ দেয়ার পর মাধ্যমিক কয়েলে ১১৫ বা ১২০ ভোল্ট পাওয়া যায়। কাজেই ভোল্টেজ ট্রান্সফর্মার যে বিদ্যুৎ তার সরবরাহ করে তা অতি নগণ্য। এই ট্রান্সফর্মারসমূহ ৫০, ২০০ ও ৬০০ VA মানের বিদ্যুৎ তার পাওয়া যায়।

খ) প্রবাহ ট্রান্সফর্মার (Current Transformer): প্রবাহ ট্রান্সফর্মারের প্রাথমিক অংশ এক পাক ও মাধ্যমিক অংশ বহু পাকবিশিষ্ট কয়েল দ্বারা তরি করা হয়। ফলে প্রাথমিক ও মাধ্যমিক পাকের অনুপাতে যন্ত্রের মধ্যে প্রবাহ চলে। কিন্তু যন্ত্রে যে দাগ কাটা থাকে তা ঐ যন্ত্রের প্রকৃত যে প্রবাহ চলে তা নির্দেশ না করে; নির্দেশ করে সরবরাহ লাইনের প্রবাহ। এতে পাতলা লোহার তৈরি কোর থাকে এবং তার উপরই এক পাকের প্রাথমিক ও বহু পাকের মাধ্যমিক কয়েল জড়ানো হয়। এর প্রাথমিক কয়েল লাইনের সঙ্গে সিরিজ উপায়ে এবং মাধ্যমিক কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে অ্যামিটার সংযুক্ত করা হয়।

প্রবাহ ট্রান্সফর্মারের প্রাথমিক ওয়াইনডিং-এর প্রতিবন্ধকতা অতি নগণ্য। প্রাথমিক প্রবাহ, মাধ্যমিক বিদ্যুত্বারের চেয়ে প্রাথমিক বিদ্যুত্বারের উপরই অধিক নির্ভরশীল। মাধ্যমিক বর্তনীকে বন্ধ করার সাথে সাথে মাধ্যমিক বর্তনীতে চৌম্বক চালক বলে উৎপন্ন হয়ে প্রাথমিক চৌম্বক চালককে বাধা প্রদান করে, ফলে কোরের মধ্যে চৌম্বক ফ্লাক্সের ঘনত্ব সীমিত থাকে। মাধ্যমিক বর্তনী খোলার সাথে সাথে মাধ্যমিক বর্তনীতে বিপরীত চৌম্বক। বলের অবস্থান শূন্য হয়ে যায়। এর প্রভাবে ফ্লাক্সের ঘনত্ব অত্যধিক বেড়ে যায়। ফলে খোলা অবস্থায় মাধ্যমিক ওয়াইনডিং-এ অধিক ভোল্টেজ আবিষ্টি হয়। এই আঘাত থেকে যন্ত্রপাতি ও যন্ত্রচালককে রক্ষা করার জন্য পুনঃ চালনার (removing) পূর্বে মাধ্যমিক প্রান্তদ্বয়কে সর্ট সার্কিট করে। নিতে হয়। আধুনিক প্রবাহ ট্রান্সফর্মারসমূহ মাধ্যমিক ওয়াইনডিং-এর সর্ট সার্কিটিং কৌশল (Short circuiting device) হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

০৭. বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণের ক্ষেত্রে ট্রান্সফর্মারের ভূমিকা লিখুন।

(৩৬তম বিসিএস)

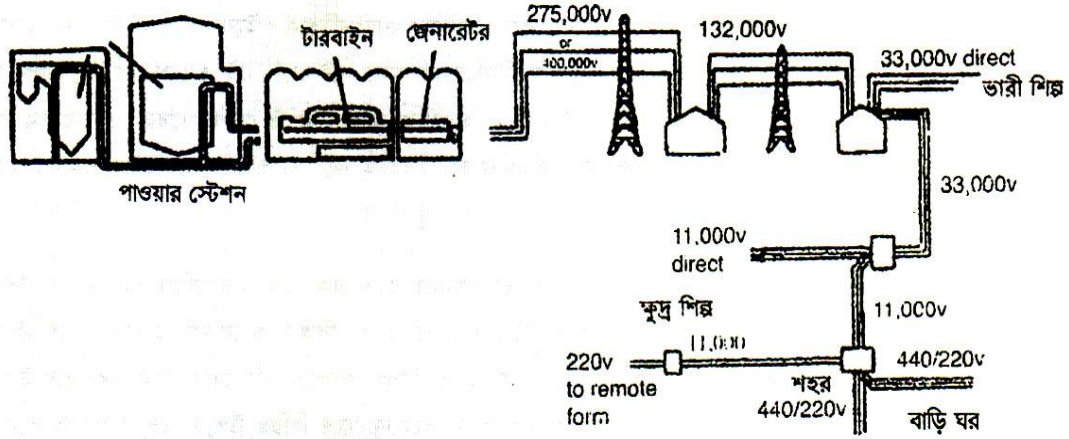
Or, Briefly describe the principle of AC power transmission and distribution.

(২৭তম বিসিএস)

আমরা জানি পাওয়ার স্টেশন বা তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্রে তড়িৎ উৎপাদন করা হয়। এই তড়িৎ উৎপাদন করা হয় পানির বিভিন্ন শক্তিকে ব্যবহার করে বা বিভিন্ন জ্বালানি (যেমন তেল, গ্যাস বা কয়লা) পুড়িয়ে উৎপাদিত তাপ শক্তি ব্যবহার করে। উৎপাদিত তড়িৎ দূরদূরান্তে দেশের বিভিন্ন স্থানে ব্যবহৃত হয়, তাই তড়িৎকে উৎপাদন কেন্দ্র থেকে একটি প্রেরণ ব্যবস্থার মাধ্যমে সারা দেশে পাঠানো হয়। এই ব্যবস্থায় পাওয়ার স্টেশনগুলো পরস্পরের সাথে সংযুক্ত থাকে। এই ব্যবস্থার নাম জাতীয় গ্রিড। তড়িৎ প্রেরণ করা হয় তারের মাধ্যমে। এ তার উঁচু টাওয়ারের মাধ্যমে টানানো থাকে। আমাদের দেশের বিভিন্ন অঞ্চলে এ ধরনের টাওয়ার দেখা যায়। এসব তারে অনেক উচ্চ ভোল্টেজের তড়িৎ থাকে। কিন্তু তড়িৎপ্রবাহের মান থাকে কম। এসব তারে ২৭৫০০০ থেকে ৪,০০,০০০ V পর্যন্ত তড়িৎ থাকে। পাওয়ার স্টেশন থেকে তড়িৎকে ২৫,০০০ V পাঠানো হয় এবং তড়িৎপ্রবাহের মান থাকে ২০০০০ অ্যাম্পিয়ার।

এই ভোল্টেজকে একটি বিরাট আরোহী (স্টেপ আপ) ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে বিবর্ধিত করা হয়। তখন ভোল্টেজের মান হতে পারে ২৭৫,০০০ থেকে ৪০০,০০০। এই জন্য তড়িৎপ্রবাহ (তড়িৎ কারেন্ট) কে অনেক কমিয়ে ফেলতে হয়। উদাহরণস্বরূপ ৪০,০০০ V ২০০০ A থেকে কমিয়ে ১২৫ A করা হয়। প্রেরক তারে যে রোধ থাকে তা খুবই সামান্য কিন্তু এই রোধ তাৎপর্যপূর্ণ। তারের ভিতর দিয়ে

যত বেশি তড়িৎপ্রবাহ চলে, ততই এটি উত্তপ্ত হতে থাকে। এছাড়া তার যত বেশি উত্তপ্ত হয় এর রোধও বাড়তে থাকে। সুতরাং V বাড়লে এবং তড়িৎপ্রবাহের মান কমালে শক্তি বা ক্ষমতার অপচয় কম হয়।



উচ্চ ভোল্টেজের এবং এবং কম মানের তড়িৎপ্রবাহ গ্রাহকের ব্যবহার উপযোগি নয়, তাই এই ভোল্টেজ আবার অনেকগুলো অবরোহী বা নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মারের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়। এতে ভোল্টেজ কমে যায় এবং তড়িৎপ্রবাহের মান বৃদ্ধি পায়। ফলে এই তড়িৎ গ্রাহক ব্যবহারের উপযোগি হয়। বাংলাদেশে উচ্চ ভোল্টেজকে কমিয়ে ২২০ V নিয়ে আসা হয়।

০৮. রাস্তার ধারে বৈদ্যুতিক পোলে কিরূপ Transformer লাগানো থাকে এবং কেন?

(৩৫তম বিসিএস)

রাস্তার ধারে বৈদ্যুতিক পোলে অবরোহী ট্রান্সফর্মার লাগানো থাকে। দূরের সাবস্টেশন থেকে প্রেরিত উচ্চ ভোল্টেজের বিদ্যুৎকে কম ভোল্টেজ-এ পরিণত করে বাসাবাড়ির গ্রাহক পর্যায়ে ব্যবহার উপযোগি করা হয়। তাই বিপণনের ক্ষেত্রে লাইন ভোল্টেজকে কক্ষিত মানে বাড়ানোর জন্য রাস্তার ধারে স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।

০৯. ট্রান্সফর্মারের ব্যবহার ও শক্তির অপচয় আলোচনা করুন?

ব্যবহার- আধুনিক বিজ্ঞানের যুগে ট্রান্সফর্মারের বহুল ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়। নিচে ব্যবহারসমূহ উল্লেখ করা হলো-

- এসি সরবরাহের নানাবিধ ব্যবহারিক প্রয়োজনে আরোহী ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে নিম্নমানের বিভবকে উচ্চমানে উন্নীত করা হয় এবং অবরোহী ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চমানের বিভবকে নিম্নমানের বিভবে আনয়ন করা হয়।
- বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে বিদ্যুৎ বন্টন কেন্দ্রসমূহ পর্যন্ত বহু কিলোমিটার বিস্তৃত বিদ্যুৎপ্রেরক লাইনে খুব সামান্য প্রবাহ ও খুব উচ্চ বিভবে বিদ্যুৎ পাঠানো প্রয়োজন ও লাভজনক। ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে তা করা হয়।
- বেতার গ্রাহক যন্ত্রে, টেলিফোন বা টেলিগ্রাফে মূলত আরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।
- বেতার যোগাযোগ ব্যবস্থায় ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।
- ধাতব সংযোজনে এক ধরনের অবরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।
- পরিবর্তী প্রবাহ দ্বারা পরিচালিত সব যন্ত্রে ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

ট্রান্সফর্মারে শক্তির অপচয়: ট্রান্সফর্মারের কর্মক্ষমতা অতি উচ্চমানের। বড় বড় ট্রান্সফর্মারের কর্মক্ষমতা ৫০% থেকে ১০০% হয়। এতদসত্ত্বেও ট্রান্সফর্মারে কিছু শক্তির অপচয় হয়। এ শক্তি অপচয় হতে পারে বিভিন্ন কারণে এগুলো হলো-

- কোর বা তামার অপচয়
- আবর্ত প্রবাহ
- চৌকাবেশাজনিত ক্ষতি
- ল্যামিনেশন ও
- ফ্লাক্স অপচয়।

১০. ট্রান্সফর্মার ব্যবহারে কোন কোন বিষয়ের উপর সতর্কতামূলক ব্যবস্থা রাখতে হয়?

ট্রান্সফর্মার ব্যবহারের সতর্কতামূলক ব্যবস্থা: ট্রান্সফর্মার ব্যবহারের নিম্নলিখিত বিষয়সমূহের উপর সতর্কতা রাখতে হয়। যেমন-

- ট্রান্সফর্মারের 'গা' দিয়ে কোনো রকম তেল বের হয় কিনা
- থার্মোমিটার ও কনজারভেটর গেজ ঠিকমত আছে কিনা এবং সেগুলোর পাঠ (reading) ঠিকমত পাওয়া যাচ্ছে কিনা

- গ) অন্তরীত বুশিংগুলোর মধ্যে কোনো রকম ফাটল আছে কিনা
 ঘ) কনজারভেটরের তেল ঠিকমত আছে কিনা, তেলের উচ্চতা, তাপ পরিবহন ক্ষমতা ঠিক আছে কিনা
 ঙ) আর্থিং সংযোগ সঠিক কিনা
 চ) ব্রিডার (breather)-এর কুচিপাথর ঠিক আছে কিনা;
 ছ) কনজারভেটরের সাথে পাত্রের (tank) তেলের সংযোগ আছে কিনা ও
 জ) ট্রান্সফর্মারের কোথাও কোনো ময়লা বা পানি জমে আছে কিনা ইত্যাদি।

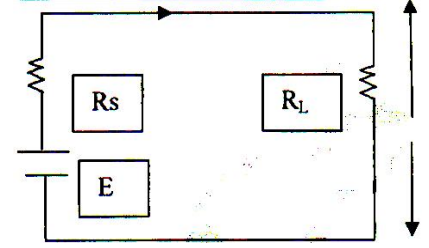
১১. ফিউজ কি? কেন এটা ব্যবহার করা হয়।

ফিউজ হচ্ছে টিন ও সীসার একটি সংকর ধাতুর তৈরি ছোট সরু তার। এটি একটি চিনামাটির কাঠামোর উপর আটকানো থাকে। তারটি সরু এবং গলনাঙ্ক কম। এর মধ্যে দিয়ে একটি নির্দিষ্ট মাত্রার অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তারটি অত্যন্ত উত্তপ্ত হয়ে গলে যায়। ফলে বিদ্যুৎ বর্তনী বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। এভাবে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করে দিয়ে ফিউজ যন্ত্রপাতি রক্ষা করে।

১২. ভোল্টেজ সোর্স কি?

ভোল্টেজ সোর্স এমন একটি উৎস বা সোর্স, যা লোড রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তনের উপর নির্ভর না করেই তার প্রান্তদ্বয়ে নির্দিষ্ট পরিমাণ ভোল্টেজ পাওয়া যায়। একটি ব্যাটারিকে স্থির ভোল্টেজ সোর্স হিসেবে ধরা হয়।

চিত্রে দেখানে হয়েছে, ওপেন-সার্কিট ভোল্টেজ E বিশিষ্ট একটি লোড রেজিস্ট্যান্সে কারেন্ট সরবরাহ করছে, যদি ব্যাটারি একটি লোড রেজিস্ট্যান্সে R_L , সোর্স রেজিস্ট্যান্স R_s এর তুলনায় অত্যন্ত বেশি হয়, তবে $V_o = E \frac{R_L}{R_L + R_s}$ অর্থাৎ আউটপুট ভোল্টেজ (V), সোর্স ভোল্টেজ (E) প্রায়



সমান হয়। এটা বাস্তব ভোল্টেজ সোর্স। আর একটি আদর্শ ভোল্টেজ সোর্স হল সেটাই, যার সোর্স রেজিস্ট্যান্স শূন্য।

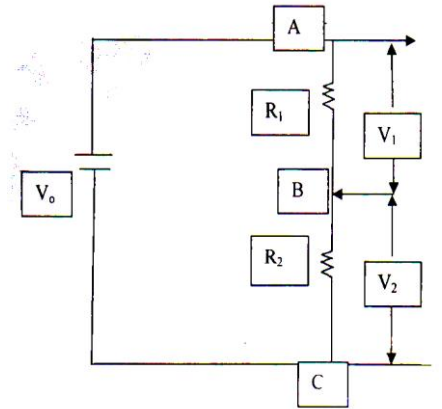
১৩. বিভব বিভাজক কি?

বিভব বিভাজক হলো এমন একটি ব্যবস্থা যা দ্বারা কোন বিভব পার্থক্যকে নির্দিষ্ট অনুপাতে বিভক্ত করা হয়।

বিভব বিভাজক দুই প্রকার। যথা- ১. স্থায়ী ও ২. পরিবর্তনশীল।

১৪. একটি স্থায়ী বিভব বিভাজকের কার্যনীতি ব্যাখ্যা করুন।

চিত্রে একটি স্থায়ী ডিভাইডার প্রদর্শিত হলো। স্থায়ী মানের রোধক ব্যবহার করে এ ধরনের ডিভাইডার তৈরি করা হয়। এখানে V_o বিভব পার্থক্যকে দুটি অংশে বিভক্ত করা হয়েছে। এক অংশ R_1 এর দুই প্রান্তের মধ্যে অর্থাৎ A ও B বিন্দুর মধ্যে এবং অন্য অংশে R_2 , এর দুই প্রান্তের মধ্যে অর্থাৎ B ও C এর মধ্যে।
 ধরি, অংশদ্বয় যথাক্রমে V_1 ও V_2 ।



বর্তমানে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $V_o = I (R_1 + R_2)$; $I = \frac{V_o}{R_1 + R_2}$

∴ A ও B এর মধ্যে বিভব পতন বা বিভব পার্থক্য, $V_1 = IR_1$

$$= \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \dots \dots \dots (1)$$

আবার, B ও C এর মধ্যে বিভব পতন বা বিভব পার্থক্য

$$V_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_o \dots \dots \dots (2)$$

(1) ও (2) হতে দেখা যায় যে, রোধের মান বেশি হলে দু'প্রান্তে বিভব পতন ও বেশি হয়।

আবার, (1) ও (2) হতে,

$$V_1 + V_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0;$$

$$\text{বা, } V_1 + V_2 = V_0 \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right);$$

$$\text{বা, } V_1 + V_2 = V_0 \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2} \right]$$

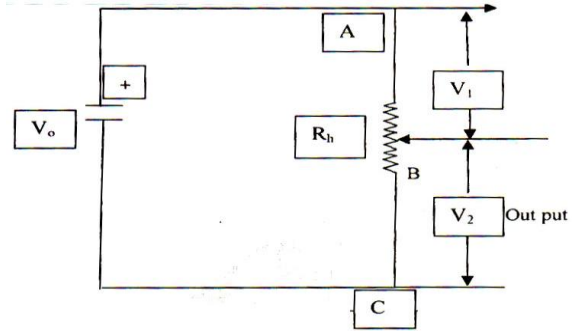
$$\therefore V_1 + V_2 = V_0$$

অর্থাৎ, অংশদ্বয়ের যোগফল মূল বিভব পার্থক্যের সমান।

আবার, (1) ও (2) সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, অর্থাৎ, উৎস বিভব R_1 ও R_2 , রোধের অনুপাত বিভাজিত হয়।

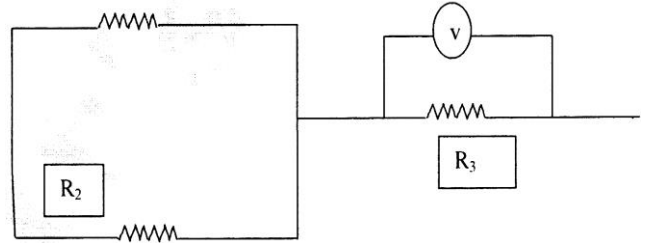
১৫. পরিবর্তনশীল বিভাজক কি?

একটি পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করে এ ধরনের ডিভাইডার তৈরি করা হয়। চিত্রে R_h একটি রিওস্ট্যাট। A ও C বিন্দুর মধ্যে রোধ নির্দিষ্ট। A ও C এর মধ্যে বিভব পতন বা বিভব পার্থক্য = V_0 । B বিন্দুর অবস্থান পরিবর্তনশীল। এ কারণে A ও B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার রোধ তথা বিভব পার্থক্য পরিবর্তনশীল। অনুরূপভাবে, B ও C বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার রোধ তথা বিভব পার্থক্য পরিবর্তনশীল। একটি রিওস্ট্যাটের তিনটি সংযোগ স্কু থাকে। এনে মালব্য দুটি কালো ও একটি লাল। কালো ডুদয় A ও C এর ভূমিকা পালন করে। একটি Sliding contact এর সমন্বয়ে জু B এর ভূমিকা পালন করে।



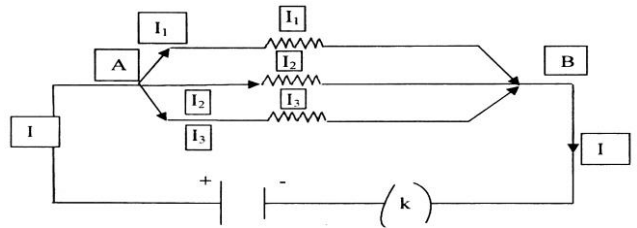
১৬. সমান্তরাল সংযোগ কি?

কোনো বর্তনীতে দুই বা ততোধিক বৈদ্যুতিক উপকরণ বা যন্ত্র যদি এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যে সব কয়টির একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অপর একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত হয় তবে সেই সংযোগকে সমান্তরাল সংযোগ বলে। সমান্তরাল সংযোগে প্রত্যেকটির মধ্য দিয়ে ভিন্ন ভিন্ন প্রবাহ চলে কিন্তু প্রত্যেকটির দুই সাধারণ বিন্দুর বিভব পার্থক্য একই থাকে। চিত্রে রোধ R_1 ও রোধ R_2 , সমান্তরালভাবে এবং রোধ R; ও ভোল্টমিটার সমান্তরাল সংযুক্ত করা হয়েছে।



১৭. রোধের সমান্তরাল সমকর কি?

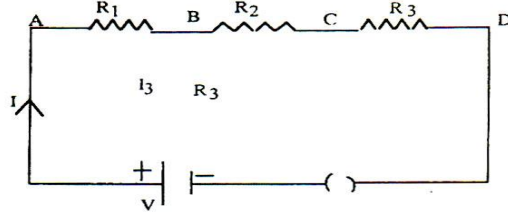
কতগুলো রোধ যদি এমনভাবে সাজানো থাকে যে, এদের সবার এক প্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে এবং প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য বজায় থাকে তাহলে সেই সময়কে রোধের সমান্তরাল সমবায় বলে। চিত্রে একটি সমান্তরাল সমবায় দেখানো হয়েছে। এখানে R_1, R_2, R_3 রোধগুলোর এক প্রান্ত A বিন্দুতে। এবং অপর প্রান্তে B বিন্দুতে যুক্ত করা হয়েছে।



১৮. সিরিজ ও প্যারালাল সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্রগুলি লিখুন।

(৩৬তম বিসিএস)

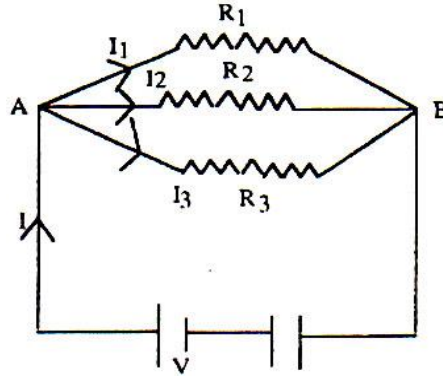
সিরিজ সংযোগে তুল্যরোধ: কতকগুলো রোধকে যদি পর পর এমনভাবে সাজানো হয় যে প্রথম রোধের শেষ প্রান্তের সাথে দ্বিতীয় রোধের প্রথম প্রান্ত এবং দ্বিতীয় রোধের শেষ প্রান্তের সাথে তৃতীয় রোধের প্রথম প্রান্ত এবং এভাবে বাকিগুলো সংযুক্ত থাকে এবং একই প্রবাহ সব কয়টি রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয় তাহলে সেই সমবায়কে রোধের শ্রেণি সমবায় বলে।



চিত্র: শ্রেণিতে রোধের সমবায়

চিত্রে R_1 ও R_2 রোধকে B বিন্দুতে এবং R_2 ও R_3 রোধকে C বিন্দুতে যুক্ত করা হয়েছে। তাহলে শ্রেণি সমবয়ে মোট তুল্যরোধ $R_s = R_1 + R_2 + R_3$ অর্থাৎ শ্রেণি সমবয়ে সজ্জিত সকল রোধের সমষ্টি তুল্য রোধের সমান।

সমান্তরাল সংযোগে তুল্যরোধ: দুই বা ততোধিক রোধ যদি এমনভাবে সাজানো যায় যে, এদের সবার এক প্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে এবং প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য বজায় থাকে তাহলে সেই সমবায়কে রোধের সমান্তরাল সমবায় বলে।



চিত্র: সমান্তরাল রোধের সমবায়

চিত্রে তিনটি রোধ R_1 , R_2 ও R_3 রোধগুলোর একপ্রান্ত A বিন্দুতে ও অপর প্রান্ত B বিন্দুতে যুক্ত করা হয়েছে। সমান্তরাল সমবয়ে বর্তনীর মোট তুল্যরোধ-

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

অর্থাৎ, সমান্তরাল সমবয়ে সজ্জিত প্রতিটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্য রোধের বিপরীত রাশির সমান।

১৯. বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধের কাজ কী? বিদ্যুৎ প্রবাহ চলার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধের ভূমিকা কী?

বিদ্যুৎ প্রবাহ (i) এবং তড়িচ্চালক বলের মধ্যে সম্পর্ক হলো $i = \frac{E}{R + r}$ । এই সমীকরণ থেকে বোঝা যায় যে, বহিঃবর্তনীর রোধ R নির্দিষ্ট বলে তড়িৎ প্রবাহ i কেবলমাত্র কোষের তড়িচ্চালক বল E-এর উপর নির্ভর করে না, বরং অভ্যন্তরীণ রোধ এর উপরও নির্ভরশীল হয়। কাজেই কোনো কোষ হতে উচ্চমাত্রায় তড়িৎ প্রবাহ পেতে হলে উহার অভ্যন্তরীণ রোধ স্বল্প হওয়া প্রয়োজন। কোনো কোষের দুই প্রান্ত নগন্য রোধ বিশিষ্ট ($R = 0$) তামার মোটা পাত দ্বারা যুক্ত করলে উহা সর্বাধিক তড়িৎ প্রবাহ প্রদান করে।

২০. Ohm's Law কী?

তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোন নির্দিষ্ট পরিবাহকের মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে, তা পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। ধরা যাক, AB পরিবাহকের A ও B বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B এবং $V_A > V_B$ । A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য $V = V_A - V_B$

সুতরাং, A হতে B প্রান্তে তড়িৎ প্রবাহিত হবে। ধরি, প্রবাহ মাত্রা I।

এখানে G একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যাকে পরিবাহকের তড়িৎ পরিবাহিতা বলে এবং $G = \frac{1}{R}$ যেখানে R পরিবাহকের রোধ

$$\therefore I = \frac{1}{R}; R = \frac{V}{I}$$

২১. Circuit Breaker কী?

একটি বিশেষ ধরনের ইলেকট্রিক সুইচ যা কোন তড়িৎ যন্ত্রকে ওভারলোড বা শর্ট সার্কিটের ক্ষতির হাত থেকে রক্ষার জন্য স্বয়ংক্রিয়ভাবে কাজ করে। এটির মূল কাজ কোন ত্রুটি সনাক্ত করে তড়িৎ প্রবাহ সাময়িকভাবে বন্ধ রাখা। এটি স্বয়ংক্রিয়ভাবে বা ম্যানুয়ালি রিসেট করা সম্ভব।

উদাহরণ-

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| ১. Low Voltage Circuit breaker, | ৪. Magnetic Circuit breaker, |
| ২. Thermal magnetic circuit breaker, | ৫. Common trip breaker, |
| ৩. Medium voltage circuit breaker; | ৬. High Voltage Circuit breaker |

২২. সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয় কেন?

(৩৬তম বিসিএস)

আধুনিক শক্তি সমন্বিত ব্যবস্থায় বিভিন্ন ধরনের electrical component ব্যবহার করা হয়। এই অজ্ঞাত পরিমাণ electrical component-গুলো যাতে কোনো electrical fault-এর জন্য Damage না হয়ে যায় সেজন্য বিভিন্ন ধরনের Device ব্যবহার করা হয়, Circuit Breaker-এর মধ্যে অন্যতম একটি। সার্কিট ব্রেকার হলো স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিচালিত একটি বৈদ্যুতিক সুইচ। যখন কোনো সার্কিট short circuit হয় বা সার্কিটের মধ্য দিয়ে মাত্রাতিরিক্ত পরিমাণ current প্রবাহিত হয় তখন সার্কিটের যাতে কোনো প্রকার Damage না ঘটে এই জন্য নিরাপত্তা সুইচ হিসেবে ব্রেকার ব্যবহার করা হয়।

সার্কিট ব্রেকার অনেকটা ফিউজের মত কাজ করে তবে ইহা সাধারণত Household electrical distribution-এর নিরাপত্তার জন্য বেশি ব্যবহার করা হয়। এটি এমন একটি উপাদান দিয়ে তৈরি যা নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের ফলে গলে গিয়ে সার্কিটের যন্ত্রপাতি রক্ষা করে। কোন ব্যবস্থাপনার শর্ট-সার্কিট বা ওভারলোড হলে সার্কিটের মধ্যে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহ হয়ে এটি পুড়ে যায়। এজন্যই সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয়।

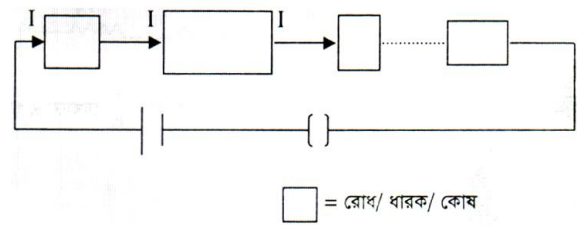
২৩. GFCI & fuses কি?

Ground Fault circuit Interrupter হচ্ছে একধরনের তড়িৎ সংযোগ যখন কোন বর্তনীর সম্মুখ এবং ফিরতিপথে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ অসমান হয় তখন তা তড়িৎ বর্তনীকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়। তড়িৎ প্রবাহের অসামঞ্জস্যতা বিভিন্ন কারণে হতে পারে। সাধারণত ভূমি স্পর্শ করা কোন ব্যক্তি তড়িৎ বর্তনীর কোন অংশ স্পর্শ করে এরকম ঘটনা ঘটে। এক্ষেত্রে GFCI ব্যক্তিকে 'শক' হতে রক্ষা করে। ফিউজ হচ্ছে বিশেষ ধরনের সার্কিট ব্রেকার যা অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহের কারণে তড়িৎ যন্ত্রাদি ক্ষয়ক্ষতি নিরোধে ব্যবহৃত হয় অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত হলে ফিউজ বর্তনী বিচ্ছিন্ন করার মাধ্যমে সুরক্ষা নিশ্চিত করে।

২৪. Series Circuit কি?

যদি কোন বর্তনীর ১ম তড়িৎ উপাদানের (রোধ, ধারক, কোষ বা অন্যান্য) শেষ প্রান্তের সাথে ২য় তড়িৎ উপাদানের ১ম প্রান্ত সংযুক্ত থাকে এবং একই তড়িৎ প্রবাহ সকল উপাদানের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় তবে তাকে সিরিজ বর্তনী বলে।

সিরিজ সংযোগ প্রতিটি উপাদানের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য ভিন্ন থাকে তবে একই তড়িৎ প্রবাহ সকল উপাদানের মধ্যে দিয়ে চলে।



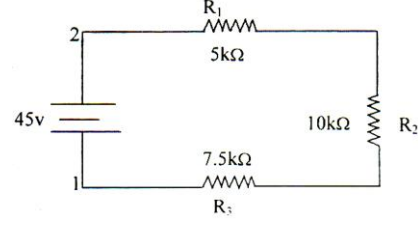
২৫. উদাহরণসহ Kirchoff's voltage law বিবৃত করুন।

(৩৮তম, ৩৭তম ও ৬তম বিসিএস)

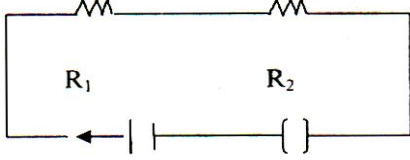
➤ কার্শকের ভোল্টেজ সূত্র:

KVL “একটি তড়িৎ বর্তনীর নিদিষ্ট অংশে/আবদ্ধ পথে (লুপ) সকল বিভবের বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হবে।

$$+ 45v - 10v - 20v - 15 = 0 \quad (I = 2A)$$

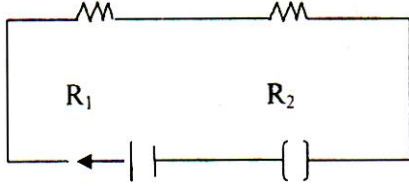


২৬. Power distribution in a series/parallel circuits:



তড়িৎ ক্ষমতা P হলে, $P = I^2 R_1$

যেহেতু, সিরিজ বর্তনীতে প্রতিটি উপাদানের মধ্য দিয়ে একই তড়িৎ প্রবাহিত $P = I^2 R_1$, হয় তাই এখানে প্রতিটি উপাদানের জন্য তড়িৎ প্রবাহের মান সমান থাকবে।



সমান্তরাল বর্তনীতে প্রতিটি উপাদান/রোধের মধ্য দিয়ে ভিন্ন তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

সুতরাং এক্ষেত্রে,

$$P_1 = I_1^2 R_1, \quad P_2 = I_2^2 R_2,$$

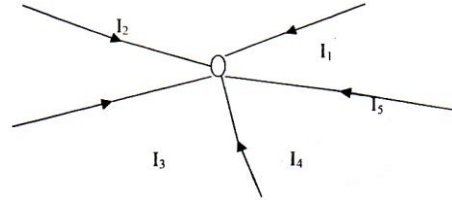
$$= \frac{V^2}{R_1}, \quad = \frac{V^2}{R_2}$$

২৭. কার্শফের কারেন্ট ল ব্যাখ্যা করুন?

(৩৭তম ও ৩৬তম বিসিএস)

তড়িৎ বর্তনীর কোন সংযোগ বিন্দুতে প্রবাহিত সকল তড়িৎ প্রবাহের বীজগাণিতিক সমষ্টি “শূন্য” হবে।

বর্তনীর কোন বিন্দু A হলে, $I_2 + I_1 - I_5 + I_4 - I_3 = 0$



২৮ Open & Short Circuits:

তড়িৎ প্রবাহের জন্য একটি সম্পূর্ণ ও আবদ্ধ পথ প্রয়োজন। যদি বর্তনীর কোন অংশে কোন বিচ্ছিন্নতা থাকে তবে তাকে “খোলা বর্তনী” বলে। দুটি বিপরীতধর্মী বৈদ্যুতিক লাইন বা কোন কোষের দুটি বিপরীত মেরু কোন কারণে খুব অল্প রোধের মাধ্যমে সংযুক্ত হয়ে গেলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা বিপুল পরিমাণে বেড়ে যায়। একে শর্ট সার্কিট বলে। এরকম হলে অতিরিক্ত তাপ সৃষ্টি হয়ে লাইনে আগুন ধরে যেতে পারে।

২৯. Uninterrupted Power Supply (UPS) কি? এটি কেন ব্যবহার করা হয়? ব্যবহারগুলি লিখুন।

(৩৫তম ও ৩০তম বিসিএস)

ইউপিএস: UPS-এর পূর্ণ হচ্ছে Uninterrupted Power Supply। এটি একটি বিদ্যুৎ সমন্বয়কারী যন্ত্র। UPS হলো এক বিশেষ ধরনের যন্ত্র যা কিছু সময়ের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত রাখতে পারে।

কার্যপ্রণালী/ ব্যবহারের কারণ: UPS একটি বিদ্যুৎ সমন্বয়কারী যন্ত্র যা কিছু সময়ের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত রাখতে পারে। এই যন্ত্রে সরাসরি বৈদ্যুতিক লাইন-এর সংযোগ দেয়া থাকে এবং এর নির্গমন লাইনের সাথে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির সংযোগ দেয়া থাকে। সাধারণভাবে বিদ্যুৎ সরবরাহের সময় এর মূল কোষ/ব্যাটারিতে বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত হয়। হঠাৎ করে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হয়ে গেলে

ইউপিএস থেকে দুই মিলি সেকেন্ড সময়ের মধ্যে সঞ্চিত বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ শুরু করে। এর ফলে ব্যবহারকারী বিদ্যুৎ বিভ্রাটের তাৎক্ষণিক প্রভাব এড়াতে পারেন, যাতে মূল্যবান ডেটা ও সম্পদ রক্ষা করা সম্ভব হয়। প্রতিটি ইউপিএস-এর নির্দিষ্ট পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি ধারণ ক্ষমতা এবং সম্পরিমাণ শক্তি সরবরাহ ক্ষমতা রয়েছে। ইউপিএসগুলো সাধারণত ১০ মিনিট থেকে ১ ঘণ্টা পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে পারে।

❖ **ইউপিএস ব্যবহারের ক্ষেত্রে লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য:** ইউপিএস ব্যবহারের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য লক্ষণীয়-

১. ইউপিএস পুরোপুরি কতটা বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করতে পারে। এটাকে Wattage Capacity বলে। Wattage Capacity-এর সাথে আরেকটা বিষয় জড়িত। সেটা হচ্ছে Power factor, যা সাধারণত ১ থাকা বাঞ্ছনীয়। কিন্তু বাস্তবে তা সম্ভব নয়। তবে এটা যেন ০.৮- এর নিচে না যায়। কোনো কোনো ইউপিএস- এর পাওয়ার ফ্যাক্টর ০.৬- এর নিচে নেমে যায়। এটা সুলক্ষণ নয়।
২. কত তাড়াতাড়ি Change over করতে পারে বা বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হবার পর কত তাড়াতাড়ি সে কাজ চালিয়ে যেতে পারবে। এটা যেন দুই থেকে চার মিলি সেকেন্ডের বেশি না হয়।
৩. বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হবার পর কতক্ষণ পর্যন্ত সে কাজ চালিয়ে যেতে পারবে। সাধারণত চাহিদার ওপর ভিত্তি করে ১০-৩০ মিনিট, এমনকি কোনো কোনো ইউপিএস ৪৫ মিনিট পর্যন্ত কাজ চালাতে পারে। এখানে Full load, Half load বলে দুটি কথা আছে। Full load বলতে ইউপিএস এর ধারণ ক্ষমতা সমান বোঝায়। তবে অবশ্যই একটা ইউপিএস এর ধারণ ক্ষমতার ৮০%- এর বেশি লোড দেয়া উচিত নয়।
৪. ইউপিএস-এর সাথে অটো ভোল্টেজ রেগুলেটর (AVR) কিংবা ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার আছে কিনা। কোনো অবস্থাতেই অটো ভোল্টেজ রেগুলেটর। (AVR) বা স্ট্যাবিলাইজার ছাড়া ইউপিএস কেনা উচিত নয়। কারণ বিদ্যুৎ প্রবাহের উঠানামা ইউপিএস ও কম্পিউটারের মারাত্মক ক্ষতি করতে পারে।

ইউপিএস- এর স্থায়িত্ব বাড়ানোর উপায়: কম্পিউটারকে কক্ষ এসে Main Line ও UPS চালু করে কাজ করে বের হওয়ার সময় UPS ও Main line বন্ধ করে চলে গেলে UPS-এর কিছু ক্ষতি হয়। এর ক্ষতিটা তাৎক্ষণিক নয়, অত্যন্ত সুদূরপ্রসারী। প্রতিদিন এভাবে ইউপিএস চালালে এর ব্যাটারি ভালোভাবে চার্জ নেয়ার সময় হয় না। এটা ঠিক যখন বিদ্যুৎ প্রবাহ থাকে তখন UPS-এর ভেতরে Charger চালাতে থাকে। আর ব্যাটারিকে চার্জ দেয়। তবুও No-Load-এ UPS কে অন্তত দু ঘণ্টা চার্জে রাখা খুবই ভালো না থাকলে দু বছর পর দেখা যাবে ব্যাটারি ফেলে দিতে হচ্ছে, না হয় Inverter বোর্ড জ্বলে গেছে, অথবা ঘন ঘন Fuses কেটে যাচ্ছে ইত্যাদি। একটা অভ্যাস করতে পারলে ভালো হবে তা হল কম্পিউটার অন করার বেশ কিছু সময় পূর্বে মেইন লাইন আর UPS অন করতে হবে যাতে No-Load-এ UPS অন্তত কিছুক্ষণ চার্জ হতে পারে। আবার মেশিনটা আগে বন্ধ করে বেশ কিছুক্ষণ পর UPS ও মেইন লাইন বন্ধ করতে হবে। এতে UPS-এর স্থায়িত্ব দীর্ঘদিন হবে।

৩০. Give the differences between IPS and UPS.

(৩৮তম ও ২৭তম বিসিএস)

IPS-এর সংক্ষিপ্ত রূপ হলো Instant Power Supply. যা মূলত Power Storage হিসেবে কাজ করে থাকে। IPS-এমন একটি Device যা বৈদ্যুতিক Power রিজার্ভ করে এবং পরবর্তীতে Main লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হয়ে গেলে Back-up দেয়। UPS-এর মতো IPS বৈদ্যুতিক সরবরাহ বন্ধের সাথে সাথে বিদ্যুৎ সরবরাহ দিতে পারে না। 1/10 Sec পরে সরবরাহ automatically প্রদান করে থাকে। UPS অল্প সময়ের জন্য Back-up দিয়ে থাকে কিন্তু UPS-এর তুলনায় ওচবা বহুগুণ Back-up দিয়ে থাকে। তাই IPS বিভিন্ন বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি চালানায় বেশি জনপ্রিয়।

অপরদিকে, ইউপিএস হলো এক বিশেষ ধরনের পাওয়ার সাপ্লাই, যা কিছু সময়ের জন্য বিদ্যুৎ শক্তি সঞ্চয় করে রাখতে পারে। এর পূর্ণ নাম Uninterrupted Power Supply. এটি নিরবিচ্ছিন্ন ভাবে বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে পারে।

৩১. IPS কি?

(৩৫তম বিসিএস)

IPS: IPS-এর সংক্ষিপ্ত রূপ হলো Instant Power System. যা মূলত তড়িৎ Storage হিসেবে কাজ করে থাকে। IPS এমন একটি Device যা বৈদ্যুতিক Power রিজার্ভ করে এবং পরবর্তীতে Main লাইন বা বিদ্যুৎ সরবরাহের বন্ধে Back Up দেয়। UPS-এর মতো IPS বৈদ্যুতিক সরবরাহ বন্ধের সাথে সাথে বিদ্যুৎ সরবরাহ দিতে পারে না। 1/10 Sec পরে সরবরাহ automatically প্রদান

করে থাকে। UPS অল্প সময়ের জন্য Backup দিয়ে থাকে কিন্তু UPS-এর তুলনায় IPS বহুগুণ Backup দিয়ে থাকে। তাই IPS বিভিন্ন বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি চালানায় বেশি জনপ্রিয়।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে: IPS মূলত যেসব ক্ষেত্রে বেশি সময় বৈদ্যুতিক সরবরাহের প্রয়োজন হয় সেখানেই বেশি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। বিভিন্ন জায়গায় লোডশেডিংয়ের ফলে বাসা বাড়ির টিভি, ভিসিপি, ফ্যান, ফ্রিজ প্রভৃতি বেশি সময় চালনার কাজে IPS বেশ জনপ্রিয়। Computer পরিচালনায় IPS ব্যবহার করা যাবে তবে সে ক্ষেত্রে UPS ও ব্যবহার করতে হবে, যাতে বিদ্যুৎ সরবরাহ Continue থাকে। এর ফলে কোনো বড় কাজ (প্রায় ২ ঘন্টা) Computer এ করা সম্ভব হবে অথবা কোনো কাজে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হলে Save করতে IPS ও UPS করা খুবই কার্যকর।

৩২. Voltage Stabilizers কী? কত প্রকার কী কী? জেনার ডায়োড এর কাজ কী

[৩৭তম বিসিএস]

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার: ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার হচ্ছে এমন এক ধরনের ইলেকট্রনিক ডিভাইস যা বৈদ্যুতিক ভোল্টেজের পরিবর্তনকে বাধা প্রদান করে। যেমন- সার্কিটের ফলে অত্যধিক প্রবাহ, বিদ্যুৎ লোড শেডিংয়ের সময় এর প্রবাহের পরিবর্তন ইত্যাদি। অর্থাৎ এ প্রকার বৈদ্যুতিক পরিবর্তনকে স্ট্যাবল করে। ট্যাবিলাইজার বিদ্যুৎ প্রবাহকে গ্রহণযোগ্য করে গ্রাহককে নিরাপত্তার সাথে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব্যবহারে নিশ্চয়তা দেয়।

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজারে জেনার ডায়োড এর কাজ-

জেনার ডায়োডের মাধ্যমে বর্তমান প্রবাহের নিয়ন্ত্রণ এবং বিপরীত অংশটিকে নিয়ন্ত্রণ করার অর্থ এটি একটি সার্কিটে ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ এবং স্থিতিশীল করতে এবং সরবরাহ বা লোড ভোল্টেজের পরিবর্তিত হতে পারে এমন সমস্যাগুলি প্রতিরোধ করতে ব্যবহার করা হয়।

➤ প্রকারভেদ ও সুবিধা-অসুবিধাসমূহ-

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার সাধারণত দু'রকমের হয়। যথা-

১. লিনিয়ার রেগুলেটর

➤ সুবিধাসমূহ-

- ◆ সরল
- ◆ আউটপুটে ভোল্টেজ প্রবাহ কম হয়
- ◆ লোড রেগুলেশন ও লাইন খুবই ভালো
- ◆ লোড ও লাইন চেঞ্জ দ্রুত রেসপন্স করে
- ◆ কম নয়েস (noise) তৈরি করে।

➤ অসুবিধাসমূহ

- ◆ দক্ষতা কম
- ◆ হিট সিন্ক (Heat Sink) প্রয়োজন হলে বেশি জায়গার দরকার ও
- ◆ ইনপুটের চেয়ে ভোল্টেজ বাড়াতে পারে না।

২. সুইসিং রেগুলেটর

➤ সুবিধাসমূহ-

- ◆ ইফিসিয়েন্সি বেশি
- ◆ হাই পাওয়ার ডেনসিটিজ নিয়ন্ত্রণ করতে পারে ও
- ◆ ইনপুট ভোল্টেজের চেয়ে ভোল্টেজ চাহিদা অনুযায়ী কমাতে বা বাড়াতে পারে।

➤ অসুবিধাসমূহ-

- ◆ আউটপুটে বেশি ভোল্টেজ প্রবাহ
- ◆ Transient Recovery সময় খুব কম
- ◆ বেশি Noise তৈরি করে ও
- ◆ বেশি দামি।

➤ ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজারের ব্যবহার-

- ◆ শক্তির লেভেলকে একটি গ্রহণযোগ্য সীমায় রাখে।
- ◆ বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে।
- ◆ ভোল্টেজ ডিভাইডার হিসেবে কাজ করে।
- ◆ ওমিক রিজিয়ন (Ohmic Region) এ FET ব্যবহার করে।
- ◆ আউটপুট পরিবর্তনের জন্য দ্রুত সুইচ অন-অফ করে থাকে।

ভোল্টজ স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহারের ক্ষেত্রে সাবধানতা: স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহারের ক্ষেত্রে অবশ্যই মনে রাখতে হবে তা কত লোড গ্রহণ করতে পারবে। স্ট্যাবিলাইজারের ক্ষমতা সাধারণত ভোল্টঅ্যাম্পায়ার দ্বারা পরিমাপ করা হয়। বিভিন্ন লোডের স্ট্যাবিলাইজার বাজারে পাওয়া যায়। ব্যবহারিক যন্ত্রপাতির ওপর নির্ভর করে কি ধরনের স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহার করতে হবে। বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির ক্ষমতা বা VA নির্ধারণ করে স্ট্যাবিলাইজার ক্রয় করতে হবে। একটি সাধারণ কম্পিউটার ও প্রিন্টারের জন্য 500VA বা 600VA স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহার করতে হবে। তবে অবশ্যই লক্ষ্য রাখতে হবে ব্যবহৃত লোড যাতে স্ট্যাবিলাইজারের গ্রহণযোগ্য লোডের বেশি হয় না। সাধারণত কম্পিউটার, ফ্রিজ, টেলিভিশন, PABX ইত্যাদিকে বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের হাত থেকে রক্ষার জন্য স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহৃত হয়।

বৈদ্যুতিক সুইচ

বৈদ্যুতিক সুইচ এমন একটি যান্ত্রিক কৌশল যার সাহায্যে কোনো বিদ্যুৎ বর্তনীতে বিদ্যুৎ-প্রবাহের গতিপথ শুরু, বন্ধ বা পরিবর্তন করা যায়। মূলত বৈদ্যুতিক সুইচে দুই বা ততোধিক সংযোগ-প্রান্ত অন্তরিত (insulating) কাঠামোর উপর বসানো থাকে এবং এগুলো এমনভাবে বিন্যস্ত থাকে যাতে বিশেষ ব্যবস্থায় ইচ্ছামতো সংযোগ দেওয়া বা বিচ্ছিন্ন করা যায়। বৈদ্যুতিক সুইচ অসংখ্য প্রকারের হলেও এগুলোর প্রয়োগে মোটামুটিভাবে দুটি প্রধান শ্রেণিতে ভাগ করা যায় : বিদ্যুৎশক্তি (পাওয়ার) বিষয়ক এবং সিগন্যাল বা সংকেত বিষয়ক। বিদ্যুৎশক্তি বিষয়ক প্রয়োগের ক্ষেত্রে সুইচের কাজ হচ্ছে কোনো বৈদ্যুতিক লোডকে (electricload) শক্তিমুক্ত বা শক্তিরহিত করা। বিদ্যুৎশক্তি বিষয়ক প্রয়োগ-ক্ষেত্রের নিম্নপ্রান্তে রয়েছে দেয়াল সুইচ, যা বাড়ি এবং অফিস-ভবনে বৈদ্যুতিক বাতি, পাখা ইত্যাদি চালানোর জন্য ব্যবহার করা হয়, কিংবা ইলেকট্রিক রেঞ্চ, ওয়াশিং মেশিন, ডিশ ওয়াশার ইত্যাদির বিদ্যুৎ-সরবরাহ নিয়ন্ত্রণ করে। এই ক্ষেত্রের উচ্চ প্রান্তে রয়েছে লোড-ব্রেক সুইচ এবং বিযুক্তি সুইচ (disconnecting switch) যা অতি উচ্চ (কয়েক লক্ষ ভোল্ট) ভোল্টেজের বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত হয়।

ইলেকট্রিক ওয়ারিং

ইলেকট্রিক ওয়ারিং: সাপ্লাই মেইন থেকে নিয়ন্ত্রণ ও নিরাপত্তা ব্যবস্থার মাধ্যমে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক সরঞ্জামাদি মেশিন প্রভৃতিতে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করার জন্য যথাযথ পদ্ধতিতে তার বা কে টেনে নিয়ে যাওয়াকে ইলেকট্রিক ওয়ারিং বলে।

১. হাউস ওয়ারিং ও ২. পাওয়ার ওয়ারিং।

➤ কোন স্থানে ওয়ারিং করার বিবেচ্য বিষয়- ওয়ারিং করার জন যে বিষয়গুলো বিবেচনা করতে হয় সেগুলো হল-

১. স্থায়িত্ব ২. নিরাপত্তা ৩. অর্থব্যয় ৪. বাহ্যিকরূপ এবং ৫. অভিজ্ঞতা।

➤ বাড়ীর ওয়ারিংয়ের পদ্ধতিসমূহ- বাড়ীর ওয়ারিংয়ের পদ্ধতিগুলো হল-

১. ক্লীট ওয়ারিং ২. কেসিং ওয়ারিং ৩. ব্যাটেন ওয়ারিং
৪. মেটালশীড ওয়ারিং ৫. কইট ওয়ারিং ও ৬. মিনারেল ইনসুলেটেড ওয়ারিং।