Syllabus For BCS (Written) Examination

GENERAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (COMPULSORY)

Subject Code: 010

Part – B: Computer and Information Technology

Marks - 25

SL	Chapter
i.	Computer Technology: Organization of modern personal computer and its major functional units, computer generations, History of computers, central processing unit and microprocessor, computer memories and their classification and characteristics, input and output devices with characteristics and uses. The role of BIOS. Bus architecture, Motherboard and its components, functions and organization of microprocessors, Arithmetic Logic Unit(ALU), Control unit, Language translator, Text editor, Compiler, Interpreter, Computer software, system software, operating system, application software with examples of applications, Computer virus, office automation. Computational biology; Role of computer in Drug design; Programming languages, their types and levels, steps for software development. Impacts of computer on society.
ii.	Information Technology: Data communication and information, information collection, processing, and distribution, System analysis and information systems, expert systems. Database software and structures, Database Management System (DBMS), Basics of multimedia systems with examples of hardware and software, concept of data compression, multimedia system development life cycle. Local area, metropolitan area and wide area computer networks,(LAN, MAN,WAN), LAN Topology, Networking devices(Router, Switch, HUB),TCP/IP Protocol suite, Internet, Internet services and protocols, Internet Service Providers(ISPs) and their responsibilities, intranet and extranet, World Wide Web(WWW) and web technology. Popular websites. Access control security and privacy. E-mail, Social media (facebook, twitter, blog) and their impacts. Different types of Transmission media with examples, bandwidth. Major components of telecommunication systems, mobile telephone systems, satellite communication systems and VSAT, importance of fibre optic communication system, WiFi, E-Commerce technology and its impact to society, examples of E-Commerce websites, B2B, B2C, M-Commerce, Smart phones, GPS

Part – C: Electrical and Electronic Technology

Marks - 15

i.	Electrical Technology: Electrical components, voltage, current, Ohm's Law, Electrical power and energy, Electromagnet and magnetic field, electromagnetic induction, Circuits Breakers, GFCI's and Fuses, Power Distribution and Series circuit, Voltage Sources in a Series, Kirchoff's Voltage Law, Voltage Division in a Series Circuit, Interchanging Series Elements, Voltage Regulation and the Internal Resistance of Voltage Sources, Parallel Resistors, Parallel Circuits, Power Distribution in a Parallel Circuit, Kirchhoff's Current Law, Open and Short Circuits, Generation of AC and DC voltages, thermal, hydraulic and nuclear power generators. Electric motors and their applications. Transformers, AC transmission and distribution, Electrical instruments, voltage stabilizers, IPS and UPS
ii.	Electronics Technology: Electronic components, analog and digital signals, analog electronic devices, amplifiers and oscillators, resistance, types of resistors, conductance, ohmmeters, Capacitance, Capacitors, Inductors, Inductance, Sinusoidal Alternating, Waveforms, Frequency Spectrum, The Sinusoidal Waveform, General format for the sinusoidal Voltage of current, Phase Relations, The Basic Elements and Phasors, Response of Basic R,L and C, Elements to a Sinusoidal Voltage or Current, Frequency Response of the Basic Elements, Average Power and Power Factor, Complex Numbers, Rectangular Form, Polar Form, Conversion between Forms, Impedance and the Phasor Diagram, Introduction to 3 phase Systems, Elementary Concepts of Generation, Transmission, and Distribution, Various Levels of Power, Basic Concepts of Transformers, radio, television, and radar. Digital devices and digital integrated circuits, impact of digital integrated circuits, counters and digital display devices, digital instruments.

সূচিপত্র (Part-B)

ক্র.নং	বিষয়	পৃষ্ঠা নং
	অধ্যায় ০১ : কম্পিউটার প্রযুক্তি (Computer Technology)	
০১	কম্পিউটারের ইতিহাস এবং কম্পিউটারের প্রজন্মসমূহ (History of Computers & Computer Generations)	০৪
০২	আধুনিক পার্সোনাল কম্পিউটারের সংগঠন এবং এর প্রধান প্রধান কার্যাবলি (Organization of Modern Personal Computer & its Major Functional Units)	০৯
০৩	কেন্দ্রীয় প্রক্রিয়াকরণ ইউনিট (সিপিইউ) এবং মাইক্রোপ্রসেসর (Central Processing Unit & Microprocessor)	১০
০৪	বাস আর্কিটেকচার, মাদারবোর্ড ও এর উপাদানসমূহ (Bus Architecture, Motherboard & its Components)	১৩
০৫	কম্পিউটার স্মৃতিসমূহ এবং তাদের বৈশিষ্ট্য (Computer Memories and their Classification & Characteristics)	১৬
০৬	কম্পিউটার সফটওয়্যার; সিস্টেম সফটওয়্যার এবং ব্যবহারিক সফটওয়্যার (Computer Software : System & Application Software)	২২
০৭	ইনপুট ও আউটপুট ডিভাইস এবং কম্পিউটার ভাইরাস (Input & Output Devices and Computer Virus)	২৫
০৮	প্রোগ্রামিং ভাষা (Programming Languages)	২৯
০৯	ভাষা অনুবাদক; কম্পাইলার, ইন্টারপ্রেটার (Language Translator; Compiler & Interpreter)	৩৪
১০	সফটওয়্যার উন্নয়নের ধাপসমূহ (Steps for Software Development)	৩৯
১১	বায়োসের ভূমিকা (The Role of BIOS)	৪১
১২	অফিস অটোমেশন; গণনীয় জীববিদ্যা (Office Automation & Computational Biology)	৪৩
১৩	ঔষধ নকশায় কম্পিউটারের ভূমিকা, সমাজে কম্পিউটারের প্রভাব (Role of Computer in Drug design & Impacts of Computer on Society)	৪৩
১৪	বিবিধ (Miscellaneous)	৪৫
১৫	নমুনা লিখিত প্রশ্ন	৪৭
১৬	নমুনা লিখিত প্রশ্নোত্তর	৪৮
	অধ্যায় ০২ : তথ্য প্রযুক্তি (Information Technology)	
১৭	তথ্য ও যোগাযোগের উপাত্ত, তথ্য সংগ্রহ, প্রক্রিয়াকরণ ও বণ্টন (Data Communication and Information, Information Collection, Processing and Distribution)	৫৩
১৮	এক্সপার্ট সিস্টেম; ডেটাবেজ সফটওয়্যার এবং কাঠামো, ডেটাবেজ ম্যানেজমেন্ট সিস্টেম (Expert system, Database software and structures & DBMS)	৫৬
১৯	সিস্টেম বিশ্লেষণ ও তথ্য ব্যবস্থা (System Analysis & Information Systems)	৬৬
২০	হার্ডওয়্যার এবং সফটওয়্যারের উদাহরণ সহ মাল্টিমিডিয়া সিস্টেমের মৌলিক বিষয়, মাল্টিমিডিয়া সিস্টেম উন্নয়ন চক্র এবং ডেটা সংকোচনের ধারণা (Basic of Multimedia System with Examples of Hardware & Software, Multimedia System Development Life Cycle & Concept of Data Compression)	৬৮
২১	ল্যান, ম্যান ও ওয়্যান এবং ল্যান টপোলজি (LAN, MAN, WAN & LAN Topology)	৭০
২২	নেটওয়াকিং যন্ত্রসমূহ (রাউটার, সুইচ, হাব) এবং টিসিপি/আইপি প্রোটোকল সুইট (Networking Devices (Router, Switch, HUB) & TCP/IP Protocol Suite)	৭৬
২৩	ইন্টারনেট, ইন্টারনেট সেবা এবং প্রোটোকল; ইন্টারনেট সেবা প্রদানকারী (Internet, Internet Services & Protocols, Internet Service Provider)	৮২
২৪	স্যাটেলাইট যোগাযোগ ব্যবস্থা, ভিস্যাট এবং জিপিএস (Satellite Communication Systems, VSAT & GPS)	৮৪
২৫	বিভিন্ন ধরনের ট্রান্সমিশন মিডিয়া এবং ব্যান্ডউইথ (Different types of Transmission Media with Examples & Bandwidth)	৮৮
২৬	টেলিকমিউনিকেশন ব্যবস্থার মূল উপাদানসমূহ, ফাইবার অপটিক যোগাযোগ ব্যবস্থার গুরুত্ব (Major Components of Telecommunication Systems, Importance of Fiber Optic Communication System & Wi-Fi)	৯২
২৭	মোবাইল যোগাযোগ ব্যবস্থা ও স্মার্ট ফোন (Mobile Telephone Systems & Smart phones)	৯৯
২৮	ই-মেইল, সামাজিক যোগাযোগ মাধ্যম (ফেসবুক, টুইটার, ব্লগ) এবং তাদের প্রভাব (E-mail, Social Media (Facebook, Twitter, Blog) and their Impacts)	১০২
২৯	জনপ্রিয় ওয়েবসাইটসমূহ, ই-কমার্স প্রযুক্তি এবং সমাজে এর প্রভাব, ই-কমার্স ওয়েবসাইটের উদাহরণ, বি২বি, বি২সি, এম-কমার্স (Popular Websites, E-Commerce Technology and Its Impact to Society, examples of E-Commerce Websites, B2B, B2C, M-Commerce)	১০৪
৩০	ওয়াল্ড ওয়াইড ওয়েব, ওয়েব প্রযুক্তি, প্রবেশ নিয়ন্ত্রণ নিরাপত্তা ও গোপনীয়তা (World Wide Web (WWW) and Web Technology, Access Control Security and Privacy)	১০৫
৩১	বিবিধ (Miscellaneous)	১০৯
৩২	নমুনা লিখিত প্রশ্ন	১১৬
৩৩	নমুনা লিখিত প্রশ্নোত্তর	১১৭

সূচিপত্র (Part-C)

ক্র.নং	বিষয়	পৃষ্ঠা নং
	অধ্যায় ০৩ : ইলেকট্রিক্যাল প্রযুক্তি (Electrical Technology)	
৩৪	বৈদ্যুতিক উপাদানসমূহ, বিভব, তড়িৎ প্রবাহ (Electrical Components, Voltage & Current)	১২৩
৩৫	ওহমের সূত্র, বৈদ্যুতিক ক্ষমতা ও শক্তি এবং মুক্ত ও বদ্ধ বর্তনী (Ohm's Law, Electrical Power and Energy & Open and Short Circuits)	১২৭
৩৬	তড়িৎ চুম্বক ও চৌম্বক ক্ষেত্র এবং তড়িৎচুম্বকীয় আবেশন (Electromagnet and Magnetic Field & Electromagnetic Induction)	১২৮
৩৭	সার্কিট ব্রেকার, জিএফসিআই এবং ফিউজ (Circuits Breakers, GFCI's and Fuses)	১৩০
৩৮	শ্রেণি সমবায় ও ক্ষমতার বণ্টন, সমান্তরাল রেজিস্টর, সমান্তরাল সার্কিট, সমান্তরাল বর্তনীতে ক্ষমতার বিভাজন এবং শ্রেণি বর্তনীতে ভোল্টেজ বিভাজন (Power Distribution and Series Circuit, Parallel Resistors, Parallel Circuits, Power Distribution in a Parallel Circuit and Voltage sources in a Series)	১৩৪
৩৯	কার্শফের বিভবের সূত্র; কার্শফের প্রবাহের সূত্র (Kirchhoff's Current Law, Kirchhoff's Voltage Law & Interchanging Series Elements)	১৩৭
৪০	বিভব রেগুলেশন ও বিভব উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ, এসি ও ডিসি ভোল্টেজ উৎপাদন (Voltage Regulation and The Internal Resistance of Voltage Sources, Generation of AC and DC Voltages)	১৩৯
৪১	ট্রান্সফর্মার (Transformers)	১৪০
৪২	বৈদ্যুতিক মোটর ও তার ব্যবহার (Electrical Motor and their Applications)	১৪২
৪৩	এসি বিদ্যুৎ উৎপাদন ও সরবরাহ (AC Transmission & Distribution)	১৪৩
৪৪	থার্মাল, হাইড্রোলিক ও নিউক্লিয় পাওয়ার জেনারেশন (Thermal, Hydraulic and Nuclear Power Generators)	১৪৫
৪৫	বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম; ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার, আইপিএস ও ইউপিএস (Electrical Instruments, Voltage Stabilizers & IPS and UPS)	১৪৯
৪৬	নমুনা লিখিত প্রশ্ন	১৫৩
৪৭	নমুনা লিখিত প্রশ্নোত্তর	১৫৩
	অধ্যায় ০৪ : ইলেকট্রনিক্স প্রযুক্তি (Electronics Technology)	
৪৮	সায়নুসয়ডাল অল্টারনেটিং, ওয়েবফর্ম, ফ্রিকোয়েন্সি স্পেকট্রাম, সায়নুসয়ডাল ওয়েবফর্ম, কারেন্ট ও ফেজ রিলেশনের সায়নুসয়ডাল ভোল্টেজের সাধারণ ফরম্যাট (Sinusoidal Alternating, Waveforms, Frequency Spectrum, The Sinusoidal Waveform, General format for the Sinusoidal Voltage of Current & Phase Relations)	১৫৯
৪৯	রোধ, রোধকের প্রকারভেদ, পরিবাহীতা (Resistance, Types of Resistors, Conductance)	১৬২
৫০	ইলেকট্রনিক্স-এর মূল বিষয়, ইলেকট্রনিক্স উপাদানসমূহ (Fundamentals of Electronics, Electronic Components)	১৬২
৫১	অ্যামপ্লিফায়ার ও অসিলেটর (Amplifiers and Oscillators)	১৬৭
৫২	জটিল সংখ্যা, আয়তক্ষেত্রাকার ফর্ম, পোলার ফর্ম এবং ফর্মের মধ্যে রূপান্তর (Complex Numbers, Rectangular Form, Polar Form & Conversion Between Forms)	১৭০
৫৩	মৌলিক উপাদান এবং ফেজর, ধারক, ধারকত্ব, আবেশক, আবেশকতা, মৌলিক R, L এবং C এর প্রতিক্রিয়া, একটি সায়নুসয়ডাল ভোল্টেজ বা কারেন্টের উপাদান, মৌলিক উপাদানগুলির ফ্রিকোয়েন্সি প্রতিক্রিয়া, ইম্পিডেন্স এবং ফেজর ডায়াগ্রাম (The Basic Elements and Phasors, Capacitors, Capacitance, Inductors, Inductance, Response of Basic R, L and C, Elements to a Sinusoidal Voltage or Current, Frequency Response of the Basic Elements, Impedance and the Phasor Diagram)	১৭১
৫৪	জেনারেশন, ট্রান্সফর্মার, ট্রান্সমিশন এবং ডিস্ট্রিবিউশন এবং পাওয়ারের বিভিন্ন স্তরের প্রাথমিক ধারণা, গড় শক্তি এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর, ৩ ফেজ সিস্টেমের পরিচিতি (Elementary Concepts of Generation, Basic Concepts of Transformers, Transmission and Distribution & Various Levels of Power, Average Power and Power Factor, Introduction to 3 Phase Systems)	১৭৩
৫৫	এনালগ ও ডিজিটাল সংকেত; এনালগ ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রসমূহ এবং ডিজিটাল যন্ত্রপাতিসমূহ (Analog and Digital Signals, Analog Electronic Devices & Digital Instruments)	১৭৮
৫৬	রেডিও, টেলিভিশন এবং রাডার (Radio, Television and Radar)	১৮০
৫৭	ডিজিটাল ডিভাইস এবং ডিজিটাল সমন্বিত বর্তনী, ডিজিটাল সমন্বিত বর্তনীর প্রভাব, কাউন্টার এবং ডিজিটাল ডিসপ্লে ডিভাইস (Digital Devices and Digital Integrated Circuits, Impact of Digital Integrated Circuits, Counters and Digital Display Devices)	১৮৩
৫৮	বিবিধ (Miscellaneous)	১৮৬
৫৯	নমুনা লিখিত প্রশ্ন	১৯৩
৬০	নমুনা লিখিত প্রশ্নোত্তর	১৯৪
৬১	মডেল টেস্ট (০১ - ০৪)	১৯৭

অধ্যায় ০৩

ইলেকট্রিক্যাল প্রযুক্তি
(Electrical Technology)

Syllabus : Electrical Components, Voltage, Current, Ohm's Law, Electrical Power and Energy, Electromagnet and Magnetic Field, Electromagnetic Induction, Circuits Breakers, GFCI's and Fuses, Power Distribution and Series circuit, Voltage Sources in a Series, Kirchhoff's Voltage Law, Voltage Division in a Series Circuit, Interchanging Series Elements, Voltage Regulation and The Internal Resistance of Voltage Sources, Parallel Resistors, Parallel Circuits, Power Distribution in a Parallel Circuit, Kirchhoff's Current Law, Open and Short Circuits, Generation of AC and DC voltages, Thermal, Hydraulic and Nuclear Power Generators, Electric Motors and their Applications, Transformers, AC transmission and distribution, Electrical Instruments, Voltage Stabilizers, IPS and UPS.

বিগত সালের বিসিএস লিখিত পরীক্ষার প্রশ্ন

০১. Ohm's Law লিখুন। একটি রোধের মান 10Ω হলে এবং এর উপর 5V ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে কারেন্ট কত হবে? Ohm's Law অনুযায়ী ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্টেন্সের সম্পর্ক চিত্রে দেখান। [৪৭তম বিসিএস]

০২. অলটারনেটিং কারেন্ট (AC) এবং ডাইরেক্ট কারেন্ট (DC) সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন। [৪৭তম বিসিএস]

০৩. উদাহরণসহ সিরিজ এবং সমান্তরাল সার্কিট এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন। [৪৭তম বিসিএস]

০৪. ট্রান্সফরমারের ব্যবহার উল্লেখপূর্বক কার্য নীতিমালা (Working Principles) ব্যাখ্যা করুন। [৪৭তম বিসিএস]

০৫. Kirchhoff এর সূত্রসমূহ বিবৃত ও ব্যাখ্যা করুন। [৪৬, ৪৫, ৪১তম বিসিএস]

০৬. আদর্শ ভোল্টেজ উৎস বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করুন। [৪৫তম বিসিএস]

০৭. বিভিন্ন ধরনের সার্কিট ব্রেকারের কার্যাবলি ব্যাখ্যা করুন। [৪৫তম বিসিএস]

০৮. Kirchhoff এর সূত্র ব্যবহার করে হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি প্রতিপাদন করুন। [৪৫তম বিসিএস]

০৯. ট্রান্সফরমারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ ব্যাখ্যা করুন। [৪৫তম বিসিএস]

১০. UPS এবং IPS- এর পূর্ণরূপ কী? এগুলোর মধ্যে পার্থক্য কী? একটি ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার কীভাবে কাজ করে? [৪৪তম বিসিএস]

১১. এসি ভোল্টেজ এবং ডিসি ভোল্টেজ-এর মধ্যে পার্থক্য কী? প্রত্যেকটির দুটি করে উদাহরণ দিন। [৪৪তম বিসিএস]

১২. পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বর্জ্য নিষ্কাশন ঝুঁকিপূর্ণ এবং কষ্টসাধ্য কেন ব্যাখ্যা করুন। [৪৪তম বিসিএস]

১৩. বিদ্যুৎ উৎপাদন, সঞ্চালন এবং বিতরণ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। [৪৪তম বিসিএস]

১৪. কমপক্ষে পাঁচটি Electrical Component এর নাম লিখুন এবং এদের কাজ সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। [৪৩তম বিসিএস]

১৫. উপযুক্ত চিত্রের সাহায্যে Open Circuit ও Short Circuit বর্ণনা করুন। এই Circuit সমূহের মূল সমস্যাটি লিখুন। [৪৩তম বিসিএস]

১৬. পার্থক্য ব্যাখ্যা করুন: (i) AC voltage ও DC voltage, (ii) IPS ও UPS [৪৩তম বিসিএস]

১৭. Voltage Stabilizer- এর মূল কাজী কী? এটি কীভাবে কাজ করে? ব্যাখ্যা করুন। [৪৩তম বিসিএস]

১৮. একটি চিত্রের সাহায্যে Kirchhoff's Voltage Law বর্ণনা করুন। [৪১তম, ৩৬তম বিসিএস]

১৯. AC এবং DC ভোল্টেজের মধ্যে পার্থক্য লিখুন। [৪১তম, ৩৮তম বিসিএস]

২০. বৈদ্যুতিক ট্রান্সফর্মারের মূলনীতি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। [৪১তম বিসিএস]

২১. একটি সার্কিট ব্রেকার কীভাবে কাজ করে চিত্রের মাধ্যমে সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করুন। [৪১তম বিসিএস]

২২. পারমাণবিক বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রক্রিয়া একটি ব্লক ডায়গ্রামের মাধ্যমে প্রদর্শন করুন। [৪০তম বিসিএস]

২৩. একটি Circuit- এ Electrical Parameter মাপতে পাঁচটি Basic Tool- এর নাম লিখুন। [৪০তম বিসিএস]

২৪. Alternator এবং Generator কী লিখুন। [৪০তম বিসিএস]

২৫. Open Circuit এবং Short Circuit অবস্থা ব্যাখ্যা করুন। [৪০তম বিসিএস]
২৬. Electrical সার্কিটের চারটি মূল অংশ কী কী? [৪০তম বিসিএস]
২৭. Voltage Stabilizer বলতে কী বোঝানো হয়? এটির মূল অংশ ব্লক ডায়াগ্রামে দেখান। [৪০তম বিসিএস]
২৮. Ohm's Law বর্ণনা করুন। গ্রাফের মাধ্যমে Ohm's Law প্রদর্শন করুন। [৪০তম বিসিএস]
২৯. উদাহরণসহ কারশফের ভোল্টেজ নিয়ম বিবৃত করুন। [৩৮তম বিসিএস]
৩০. বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? পাওয়ার প্ল্যান্টের ক্ষমতা প্রকাশের জন্য সাধারণত কোন একক ব্যবহৃত হয়? [৩৮তম বিসিএস]
৩১. বৈদ্যুতিক চুম্বক কী? চুম্বকীয় আবেশ কী? [৩৮তম বিসিএস]
৩২. খোলা বর্তনী ও শর্ট সার্কিটের ছবিসহ সংজ্ঞা দিন। [৩৮তম বিসিএস]
৩৩. একটি গ্যাস টারবাইনের মাধ্যমে কীভাবে বিদ্যুৎ তৈরি হয় বর্ণনা করুন। [৩৮তম বিসিএস]
৩৪. আইপিএস এবং ইউপিএস এর মধ্যে পার্থক্য কী? [৩৮তম বিসিএস]
৩৫. কারশফের Current এবং Voltage Law ব্যাখ্যা করুন। [৩৭তম বিসিএস]
৩৬. বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশ কি? সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন। [৩৭তম বিসিএস]
৩৭. একটি বৈদ্যুতিক মোটরের কার্যপ্রণালি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। [৩৭তম বিসিএস]
৩৮. Transformer কি? এর কার্যপ্রণালি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। [৩৭তম বিসিএস]
৩৯. Voltage Stabilizer-এ Zener Diode- এর ভূমিকা আলোচনা করুন। [৩৭তম বিসিএস]
৪০. সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয় কেন? [৩৬তম বিসিএস]
৪১. সিরিজ ও প্যারালাল সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্রগুলো লিখুন। [৩৬তম বিসিএস]
৪২. বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণের ক্ষেত্রে ট্রান্সফর্মারের ভূমিকা লিখুন। [৩৬তম বিসিএস]
৪৩. Transformer কী? কত প্রকার? রাস্তার ধারে বৈদ্যুতিক পোলে কীরূপ Transformer লাগানো থাকে এবং কেন? [৩৫তম বিসিএস]
৪৪. তাপবিদ্যুৎ ও পানিবিদ্যুৎ কীভাবে উৎপাদিত হয়? [৩৫তম বিসিএস]
৪৫. UPS ও IPS কী? [৩৫তম বিসিএস]
৪৬. নিউক্লিয়ার পাওয়ার জেনারেটর কীভাবে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে তা বিস্তারিত আলোচনা করুন। [৩৪তম বিসিএস]
৪৭. বৈদ্যুতিক নিরাপত্তা ফিউজ ও আর্থ তার কী? বৈদ্যুতিক সার্কিটে এদের ব্যবহারের সুবিধা লিখুন। [৩৩তম বিসিএস]
৪৮. ট্রান্সফর্মার কী? ট্রান্সফর্মারের প্রধান উপাদানগুলো কী কী? [৩৩তম বিসিএস]
৪৯. ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার কী? বিভিন্ন প্রকার ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজারের সুবিধা ও অসুবিধা উল্লেখ করুন। [৩৩তম বিসিএস]
৫০. একটি ডিসি মোটরের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা করুন। [৩৩তম বিসিএস]
৫১. কী কী কারণে বিদ্যুতের সিস্টেম লস হয়? [৩১তম, ২২তম বিসিএস]
৫২. নিউক্লিয়ার পাওয়ার জেনারেটর কীভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে? [৩১তম বিসিএস]
৫৩. তড়িৎ মোটর কী? ট্রান্সফর্মারের সাথে এর পার্থক্য কী? [৩১তম বিসিএস]
৫৪. লোডশেডিং (Load Shedding) কী? বাংলাদেশে কী কী পদ্ধতিতে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়? [৩০তম বিসিএস]
৫৫. নিউক্লিয় চুল্লি কী? নিউক্লিয় চুল্লির কাজ কী? [৩০তম বিসিএস]
৫৬. রোধ ও আপেক্ষিক রোধের সংজ্ঞা ও পার্থক্য লিখুন। [৩০তম বিসিএস]
৫৭. Generator ও Electric Motor বলতে কী বুঝায়? এদের পার্থক্য কী কী? [৩০তম বিসিএস]
৫৮. বৈদ্যুতিক মিটার কী? এখানে বিদ্যুৎ কীভাবে কাজ করে? [৩০তম বিসিএস]
৫৯. স্থির বিদ্যুৎ ও চল বিদ্যুৎ-এর মধ্যে পার্থক্য কী? [২৯তম বিসিএস]
৬০. ইলেকট্রিক্যাল কম্পোনেন্ট কী? বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতিসমূহ আলোচনা করুন। [২৯তম বিসিএস]
৬১. Nuclear Power Generator কীভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে? [২৯তম বিসিএস]
৬২. Ohm's Law কী? এক Ohm বলতে কী বুঝেন? [২৮তম বিসিএস]
৬৩. Direct Current এবং Alternating Current বলতে কী বুঝেন? [২৮তম বিসিএস]
৬৪. Dynamo ও Motor এর মধ্যে পার্থক্য কী? [২৮তম বিসিএস]
৬৫. Hydroelectric Power বলতে কী বোঝায়? [২৮তম বিসিএস]
৬৬. Nuclear Power Generator হতে কীভাবে Nuclear শক্তি উৎপন্ন করা হয়? [২৮তম বিসিএস]
৬৭. দীর্ঘ পথের বিদ্যুৎ সঞ্চালন লাইনে উচ্চ ভোল্টেজ বিদ্যুৎ কেন প্রবাহ করা হয় তা ব্যাখ্যা করুন। বিদ্যুতের সিস্টেম লস কী? বিদ্যুৎ লাইনে ব্যবহৃত ফিউজ কী? [২৭তম বিসিএস]

৬৮. Briefly describe the principle of AC power transmission and distribution.	[২৭তম বিসিএস]
৬৯. Describe the working principle of induction motor.	[২৭তম বিসিএস]
৭০. Describe series voltage stabilizer with a suitable circuit diagram.	[২৭তম বিসিএস]
৭১. এসি ও ডিসি বিদ্যুৎ এর মধ্যে পার্থক্য কী?	[২৫তম বিসিএস]
৭২. তড়িৎ বর্তনী নিয়ে কাজ করার সময় হাত শুকনো রাখতে বলা হয় কেন?	[২০তম বিসিএস]
৭৩. জেনারেটর ও মোটরের মধ্যে পার্থক্য কী?	[২০তম বিসিএস]

Electrical Components, Voltage & Current

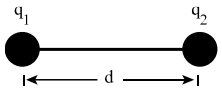
আধান (Charge)

যার উপস্থিতিতে কোনো বস্তু অন্য কোনো বস্তুকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করার ক্ষমতা লাভ করে তথা যার উপস্থিতিতে কোনো বস্তুতে স্থির তড়িৎ সঞ্চার হয় এবং যার গতিতে তড়িৎ প্রবাহ, তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রের উদ্ভব হয় তাকে আধান বা চার্জ বলে। আধান বা চার্জ দু'প্রকার।

যথা: ১. ধনাত্মক আধান ২. ঋণাত্মক আধান

১৭৪৭ সালে বেঞ্জামিন ফ্রাঙ্কলিন ভিট্রিয়াস বা ধনাত্মক আধান এবং রেসিনাস বা ঋণাত্মক আধান নামকরণ করেন। আধান বা চার্জের একক কুলম্ব। এই মহাবিশ্বের মোট চার্জের (ধনাত্মক চার্জ ও ঋণাত্মক চার্জ) পরিমাণ সর্বদা ধ্রুব। চার্জ কেবল এক বস্তু হতে অন্য বস্তুতে সঞ্চালিত হতে পারে। দুটি বস্তুর মধ্যে যখন চার্জের বিনিময় হয় তখন এক বস্তু যে পরিমাণ চার্জ হারায়, অপর বস্তু ঠিক সে পরিমাণ চার্জ লাভ করে। অর্থাৎ নতুন কোনো চার্জের সৃষ্টি হয় না বা চার্জের বিলুপ্তিও ঘটে না। একেই চার্জের নিত্যতা বা সংরক্ষণশীলতা বলে।

কুলম্বের সূত্র



বিজ্ঞানী কুলম্ব ১৭৮৭ সালে দুইটি আধানের মধ্যে আকর্ষণ বল সম্পর্কিত একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি হলো- "নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এই বল এদের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।" দুটি আধান q_1 ও q_2 পরস্পর d দূরত্বে থাকলে, তাদের মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল F হবে:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$
$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান চার্জ দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের প্রকৃতি এবং F, q_1, q_2 ও d এর উপর নির্ভর করে।

তড়িৎ শক্তি (Current)

তড়িৎ এক প্রকার শক্তি যা কোনো বস্তুতে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানের আধিক্য অথবা কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন কণার প্রবাহের ফলে উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের হারকে কারেন্ট বলে। তড়িৎ শক্তিকে খুব সহজেই অন্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায়। বর্তমান সভ্যতা তড়িৎ বা বিদ্যুৎ শক্তির উপর গড়ে উঠেছে। তড়িৎ শক্তি দুই প্রকার। যথা: ১. স্থির তড়িৎ (Static Electricity) ২. চল তড়িৎ (Current Electricity)

১. স্থির তড়িৎ

যখন কোনো বস্তুর মধ্যে তড়িৎ আধান (ধনাত্মক বা ঋনাত্মক) জমা হয়, কিন্তু কোনো বাহ্যিক কারণে সে প্রবাহিত হতে পারে না, তখন তাকে স্থির তড়িৎ বলা হয়। খ্রিষ্টপূর্ব ৬০০ অব্দে গ্রিক দার্শনিক থেলিস এই প্রকার বিদ্যুৎ আবিষ্কার করেন। তিনি এই প্রকার বিদ্যুৎকে ঘর্ষণ বিদ্যুৎ বলে অভিহিত করেন। যেমন: প্লাস্টিকের চিরুনি মাথায় ঘষার ফলে সৃষ্ট তড়িৎ।

স্থির তড়িৎ দুই প্রকার। যথা: ক. ধনাত্মক স্থির তড়িৎ খ. ঋণাত্মক স্থির তড়িৎ

ক. ধনাত্মক স্থির তড়িৎ: কোনো পদার্থে ইলেকট্রন ঘাটতির কারণে যে স্থির তড়িৎ সৃষ্টি হয় তাকে ধনাত্মক স্থির তড়িৎ বলে।

খ. ঋণাত্মক স্থির তড়িৎ: কোনো পদার্থে বাড়তি ইলেকট্রনের কারণে যে স্থির তড়িৎ সৃষ্টি হয় তাকে ঋণাত্মক স্থির তড়িৎ বলে।

২. চল তড়িৎ

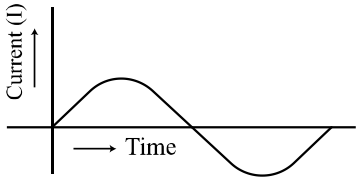
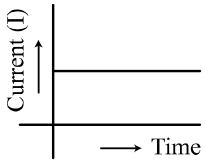
কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের মধ্যে বিভব পার্থক্য থাকলে তার মধ্য দিয়ে যে তড়িৎপ্রবাহ চলে তাকে চল তড়িৎ বলে। চল তড়িৎ মূলত ইলেকট্রনের প্রবাহ। যেমন: আমাদের বাসাবাড়িতে ব্যবহৃত বিদ্যুৎ। তড়িৎপ্রবাহ উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে চললেও ইলেকট্রন প্রবাহ হয় নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে। বিজ্ঞানী লুইগি গ্যালভানি ১৭৮৬ সালে চল তড়িৎ আবিষ্কার করেন।

চল তড়িৎ দুই প্রকার। যথা: ক. একমুখী প্রবাহ (D.C) খ. পরিবর্তী প্রবাহ (A.C)

ক. একমুখী প্রবাহ (D.C): যে কারেন্ট সব সময় একই দিকে প্রবাহিত হয় সেই কারেন্টকে Direct Current বা সমপ্রবাহ বলা হয়।

খ. পরিবর্তী প্রবাহ (A.C): যে তড়িৎ প্রবাহের দিক কিছুক্ষণ পর পর বদলায় তাকে Alternating Current বা পরিবর্তী প্রবাহ বলে।

[প্রশ্ন: অলটারনেটিং কারেন্ট (AC) এবং ডাইরেক্ট কারেন্ট (DC) সম্পর্কে সংক্ষেপে লিখুন। (৪৭তম), এসি ভোল্টেজ এবং ডিসি ভোল্টেজ-এর মধ্যে পার্থক্য কী? প্রত্যেকটির দুটি করে উদাহরণ দিন। (৪৪তম), পার্থক্য ব্যাখ্যা করুন: AC voltage ও DC voltage (৪৩তম), AC এবং DC ভোল্টেজের মধ্যে পার্থক্য লিখুন। (৪১তম, ৩৮তম)]

Alternating Current (AC)	Direct Current (DC)
০১. যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়।	০১ যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে অপরিবর্তিত থাকে।
০২. AC বর্তনীতে জেনারেটর উৎস হিসেবে ব্যবহৃত হয়।	০২. DC বর্তনীতে ডিসি জেনারেটর বা ব্যাটারি উৎস হিসেবে ব্যবহৃত হয়।
০৩. AC বর্তনীতে Frequency (f) পরিবর্তনশীল। এ.সি. কারেন্ট ফ্রিকোয়েন্সি ৫০ বা ৬০ হার্টজ হতে পারে।	০৩ DC বর্তনীতে Frequency (f) এর কোনো প্রভাব থাকে না। ফ্রিকোয়েন্সি শূন্য হয়।
০৪. AC- তে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা যায়।	০৪ DC- তে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা যায় না।
০৫. AC কে DC তে রূপান্তর করতে রেক্টিফায়ার এর প্রয়োজন হয়।	০৫. DC কে AC তে রূপান্তর করতে ইনভার্টার এর প্রয়োজন হয়।
০৬. AC- তে phase difference থাকে।	০৬. DC- তে phase difference থাকে না।
০৭. AC কারেন্টকে অনেক দূর পর্যন্ত পাঠানো যায়।	০৭. DC কারেন্ট অনেক দূর পর্যন্ত পাঠানো যায় না।
০৮. AC- বিদ্যুৎ বাসা-বাড়ি ও কারখানায় ব্যবহৃত হয়।	০৮. অন্যদিকে DC কারেন্ট ইলেকট্রনিক সামগ্রীতে ব্যবহার করা হয়।
০৯. AC- তে cycle বা চক্র বিদ্যমান।  চিত্র: A.C	০৯. DC- তে কোনো cycle বা চক্র থাকে না।  চিত্র: D.C

তড়িৎ পরিবাহিতা (Electrical Conductance)

স্থির বিদ্যুৎ চলাচল করতে পারে না, কিন্তু চল বিদ্যুৎ চলাচল করতে পারে। চল বিদ্যুৎ-এর চলাচলের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন। আর কোনো বস্তুর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ কত সহজে প্রবাহিত হবে এই ধর্মকে ঐ পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা বলে।
পরিবাহিতার অবস্থাভেদে পদার্থকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে।

ক. পরিবাহী (Conductor): যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ অতি সহজেই প্রবাহিত হতে পারে, তাদেরকে পরিবাহী বা সুপরিবাহী বলে। যেমন- সোনা, রুপা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, দস্তা, নিকেল, সীসা, পিতল, প্লাটিনাম, রাং, ম্যাঙ্গানিজ, এসিড, গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থার লবণ, ভেজা মাটি, নিয়ন, মারকারি ইত্যাদি।

খ. অর্ধপরিবাহী (Semiconductor): যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ আংশিকভাবে চলাচল করতে পারে অর্থাৎ এমন কিছু পদার্থ আছে যাদের রোধ অত্যন্ত বেশি হওয়া সত্ত্বেও প্রবাহ চালক রূপে এদেরকে ব্যবহার করা যায় তাদেরকে অর্ধপরিবাহী বলে। যেমন: অঙ্গার, জার্মেনিয়াম, মানবদেহ, সিলিকন, বিশুদ্ধ পানি, তুলা, অ্যালকোহল, গন্ধক ইত্যাদি।

গ. অপরিবাহী (Insulator): যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ সাধারণত চলতে পারে না, বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালনার জন্য অতি উচ্চ বিভব পার্থক্যের প্রয়োজন, তাদেরকে অপরিবাহী বা অন্তরক বলে। যেমন: কাচ, শুষ্ক বাতাস, চীনামাটি, কাগজ, রাবার, আইকা, এবোনাইট, মোম, রেজিন, পেপারওয়েট, পেপার ইত্যাদি।

কোনো পরিবাহীর মধ্যে দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তিন ধরনের ক্রিয়া লক্ষ করা যায়। যথা:-

(ক) চৌম্বক ক্রিয়া: কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে এর চারিদিকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। একে বিদ্যুৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া বলে।

(খ) তাপীয় ক্রিয়া: কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে তাপ উৎপন্ন হয়। একে বিদ্যুৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া বলে।

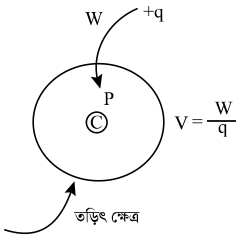
(গ) রাসায়নিক ক্রিয়া: কোনো কোনো তরল পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তরলে রাসায়নিক পরিবর্তন হয়। একে বিদ্যুতের রাসায়নিক ক্রিয়া বলে।

পরিবাহকত্বের ওপর তাপের প্রভাব

নিম্নে পরিবাহী, অর্ধপরিবাহী এবং অন্তরক পদার্থের পরিবাহকত্বের ওপর তাপের প্রভাব আলোচনা করা হলো:

- **পরিবাহীর পরিবাহকত্বের ওপর তাপের প্রভাব:** সাধারণ তাপমাত্রায় সব ধাতুই তড়িৎ পরিবহণ করে। এদের পরিবাহকত্ব বেশি। তবে **তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা হ্রাস পায় অর্থাৎ রোধ বৃদ্ধি পায়।**
- **অর্ধপরিবাহীর পরিবাহকত্বের ওপর তাপের প্রভাব:** কিছু কিছু পদার্থ আছে যারা সাধারণ তাপমাত্রায় সামান্য পরিমাণে তড়িৎ পরিবহণ করে। এদের অর্ধপরিবাহী বলে। যেমন: সিলিকন, জার্মেনিয়াম ইত্যাদি। **তাপমাত্রা বাড়ালে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ রোধ কমে যায়।**
- **অন্তরকের পরিবাহকত্বের ওপর তাপের প্রভাব:** যে-সব পদার্থ সাধারণ তাপমাত্রায় তড়িৎ পরিবহণ করে না তাদেরকে অন্তরক পদার্থ বলে। তবে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় কিছু অন্তরক পদার্থ অর্ধপরিবাহীর মতো আচরণ করে অর্থাৎ তড়িৎ পরিবহণ করে।

তড়িৎ বিভব (Voltage)



অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে পরিবাহকের খুব নিকটে আনতে তড়িৎ বল দ্বারা বা তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ পরিবাহকের বিভব বলে। এটি একটি স্কেলার রাশি। বিভবের একক ভোল্ট (V)। যদি q ধনাত্মক আধানকে অসীম থেকে তড়িৎ ক্ষেত্রে আনতে W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তবে বিভব, $V = \frac{W}{q}$

পৃথিবী এত বিরাট যে, এতে আধান যোগ-বিয়োগ করলে এর মোট আধানের তথা বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

বিভব পার্থক্য

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে একটি একক চার্জকে স্থানান্তর করতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাকে ঐ দুটি বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য বলে। দুইটি বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_1 ও V_2 হলে $(V_1 > V_2)$ বিভব পার্থক্য, $V = V_1 - V_2$। বিভব পার্থক্যের একক হলো ভোল্ট (V)।

তড়িচ্চালক শক্তি

প্রতি একক আধানকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি বলে। যদি q পরিমাণ আধানকে কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে কাজ w হয় তবে কোষে তড়িচ্চালক শক্তি $E = \frac{w}{q}$

তড়িচ্চালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য উভয়ের একক ভোল্ট (V)।

তড়িচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে পার্থক্য

তড়িচ্চালক শক্তি	বিভব পার্থক্য
১. প্রতি একক আধানকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ করতে হয় তাকে কোষের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।	১. প্রতি একক আধানকে কোনো পরিবাহকের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তরিত করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্য বলে।
২. তড়িচ্চালক শক্তি হয় কোনো তড়িৎ উৎসের। যেমন- কোষ, জেনারেটর ইত্যাদি।	২. বিভব পার্থক্য হয় কোনো পরিবাহক বা তড়িৎ ক্ষেত্রের দুই বিন্দুর।
৩. তড়িচ্চালক শক্তি হলো বর্তনীর বিভব পার্থক্যের কারণ।	৩. বর্তনীর বিভব পার্থক্য হলো তড়িচ্চালক শক্তির ফল।
৪. বর্তনীর কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, যেকোনো অংশের বিভব পার্থক্যের চেয়ে বড়।	৪. বর্তনীর যেকোনো অংশের বিভব পার্থক্য এর কোষের তড়িচ্চালক শক্তির চেয়ে ছোট হয়।
৫. তড়িচ্চালক শক্তি রোধের উপর নির্ভর করে না।	৫. বিভব পার্থক্য বর্তনীর রোধের উপর নির্ভর করে।

রোধ (Resistance)

পরিবাহকের যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাধাপ্রাপ্ত হয় তাকে রোধ বলে। একে R দ্বারা প্রকাশ করা যায়।
কোনো পরিবাহীর রোধ নিম্নলিখিত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে-

১. পরিবাহীর দৈর্ঘ্য	৪. পরিবাহীর তাপমাত্রা	৭. চাপের প্রভাব
২. পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল	৫. আলোকের প্রভাব	৮. পরিবাহীর বিশুদ্ধতা
৩. পরিবাহীর উপাদান	৬. চুম্বকত্বের প্রভাব	

রোধের সূত্রসমূহ

১. **দৈর্ঘ্যের সূত্র:** তাপমাত্রা, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং উপাদান স্থির থাকলে কোনো একটি পরিবাহীর রোধ তার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। অর্থাৎ একই উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের লম্বা তারের রোধ বেশি এবং ছোট তারের রোধ কম। $R \propto L$ (A স্থির)।

২. **প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সূত্র:** তাপমাত্রা, দৈর্ঘ্য এবং উপাদান স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর রোধ তার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ একই উপাদান ও দৈর্ঘ্যের সরু তারের রোধ বেশি ও মোটা তারের রোধ কম। $R \propto \frac{1}{A}$ (L স্থির)।

৩. **উপাদানের সূত্র:** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একই দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট বিভিন্ন উপাদানের পরিবাহকের রোধ বিভিন্ন হয়। অর্থাৎ দুটি ভিন্ন উপাদানে তৈরি সমান দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তার নিলে তাদের রোধ ভিন্ন হবে।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সাধারণত পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে পরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়। তবে অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম দেখা যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

আপেক্ষিক রোধ

কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য এবং একক প্রস্থচ্ছেদ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে অভিলম্বভাবে তড়িৎ প্রবাহিত হতে যে পরিমাণ বাধা পায়, তাকে তার আপেক্ষিক রোধ বলে। যদি A প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি পরিবাহীর দৈর্ঘ্য L হয় তবে আমরা পাই,

রোধ $R \propto \frac{L}{A}$ বা, $R = \rho \frac{L}{A}$ [ρ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক একে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরিবাহকের আপেক্ষিক রোধ বলে। MKS (Meter Kilogram Second system) পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক ওহম-মিটার (Ω-m).

রোধ ও আপেক্ষিক রোধের পার্থক্য

রোধ	আপেক্ষিক রোধ
১. পরিবাহকের যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাধা পায় তাকে রোধ বলে।	১. কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্যের ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের কোনো পরিবাহকের রোধকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহকের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।
২. রোধ হয় পরিবাহকের।	২. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহকের আপেক্ষিক রোধ এর উপাদানের উপর নির্ভর করে।
৩. রোধ পরিবাহকের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, তাপমাত্রা, উপাদান ও ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।	৩. আপেক্ষিক রোধ কেবল তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।
৪. রোধের একক ও'হম (Ω)।	৪. আপেক্ষিক রোধের একক ও'হম মিটার (Ωm)।
৫. রোধকে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়।	৫. একে ρ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

[প্রশ্ন: কমপক্ষে পাঁচটি Electrical Component এর নাম লিখুন এবং এদের কাজ সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। (৪৩তম)]

বৈদ্যুতিক উপাদান (Electrical Components)

বৈদ্যুতিক উপাদান বৈদ্যুতিক সার্কিট ডিজাইন করতে ব্যবহৃত হয়। এই উপাদানগুলোর সর্বনিম্ন দুটি টার্মিনাল রয়েছে যা সার্কিটের সাথে সংযোগ করতে ব্যবহৃত হয়। অ্যাক্টিভ, প্যাসিভ এবং ইলেকট্রোমেকানিক্যাল ব্যবহারের উপর ভিত্তি করে বৈদ্যুতিক উপাদানগুলোর শ্রেণিবিন্যাস করা যায়।

১. **সক্রিয় উপাদান (Active Components):** সক্রিয় উপাদানসমূহ বৈদ্যুতিক সংকেতকে বিবর্ধন করে বৈদ্যুতিক শক্তি (পাওয়ার) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎ উৎসের শক্তির মাধ্যমে সক্রিয় উপাদান তার কার্য সম্পাদন করে। এই উপাদানগুলোর জন্য কিছু শক্তির উৎস প্রয়োজন হয় যা সাধারণত ডিসি সার্কিট থেকে নেয়া হয়। এই উপাদানগুলো শক্তির উৎসের উপর নির্ভর করে এবং এর মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণে সক্ষম। যেমন- ডায়োড, ট্রানজিস্টর, ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট (IC), এলসিডি (LCD), এলইডি (LED), সিআরটি (CRT) এবং বিদ্যুৎ উৎস যেমন- ব্যাটারি, পিভি সেল এবং অন্যান্য এসি ও ডিসি সরবরাহের উৎস।

২. **নিষ্ক্রিয় উপাদান (Passive Components):** এই ধরনের উপাদানগুলো সার্কিটের শক্তি ব্যবহার করতে পারে না কারণ তারা বিদ্যুৎ উৎসের উপর নির্ভর করে না। ফলস্বরূপ ইলেকট্রিক সিগন্যাল অ্যামপ্লিফাই করতে পারে না, তবে ভোল্টেজ বা বিদ্যুৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করতে পারে। যেমন- রেজিস্টর, ইন্ডাক্টর, ট্রান্সফর্মার এবং ক্যাপাসিটর ইত্যাদি।

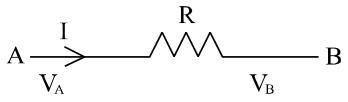
Ohm's Law, Electrical Power and Energy & Open and Short Circuits

ও'হমের সূত্র

[প্রশ্ন: Ohm's Law লিখুন। (৪৭তম), Ohm's Law বর্ণনা করুন। গ্রাফের মাধ্যমে Ohm's Law প্রদর্শন করুন। (৪০তম)]

১৮২৬ খ্রিষ্টাব্দে বিশিষ্ট জার্মান বিজ্ঞানী জর্জ সায়মন ওহম পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা ও রোধের মধ্যে একটি সম্পর্ক স্থাপন করেন। এ সম্পর্কটিই ওহমের সূত্র নামে পরিচিত।

সূত্র: তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো নির্দিষ্ট পরিবাহকের মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তা পরিবাহকের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।



চিত্র: ও'হমের সূত্র

ব্যাখ্যা: ধরা যাক AB একটি পরিবাহক, এর দু'প্রান্তের বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B. যদি $V_A > V_B$ হয়, তাহলে পরিবাহকের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে = $V_A - V_B$ এবং A থেকে B বিন্দুর দিকে তড়িৎ প্রবাহ চলবে।

এখন স্থির তাপমাত্রায় পরিবাহকের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ I হলে, ওহমের সূত্রানুসারে,

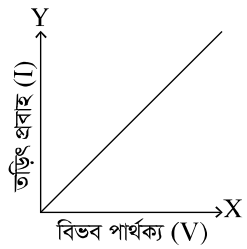
$I \propto V$ বা, $I = GV$.....(i)

এখানে G একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক, একে তড়িৎ পরিবাহিতা বলে।

G এর বিপরীত রাশি $R = \frac{1}{G}$ উপরিউক্ত সমীকরণে বসালে আমরা পাই, $I = \frac{1}{R}.V$

$\therefore V = IR$ ..... (ii)

এখানে R একটি ধ্রুব সংখ্যা। একে পরিবাহীর রোধ বলে।



চিত্র: ওহমের সূত্রানুসারে পরিবাহীর লেখচিত্র

বৈদ্যুতিক ক্ষমতা ও শক্তি (Electrical Power and Energy)

বৈদ্যুতিক শক্তি

কাজ করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। কোনো পরিবাহক বা তড়িৎ যন্ত্রের মধ্যে দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে পরিবাহক বা তড়িৎ যন্ত্রটি কাজ করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাকে তড়িৎ শক্তি বা বৈদ্যুতিক শক্তি বলে। যদি V বিভব পার্থক্য বিশিষ্ট কোনো পরিবাহকের ভেতর দিয়ে t সময়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাহলে কৃতকাজ বা ব্যয়িত শক্তি বা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত শক্তির পরিমাণ, W = VQ

বৈদ্যুতিক ক্ষমতা

[প্রশ্ন: বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? পাওয়ার প্ল্যান্টের ক্ষমতা প্রকাশের জন্য সাধারণত কোন একক ব্যবহৃত হয়? (৩৮তম)]

যে হারে কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে কাজ করা হয় অথবা প্রতি সেকেন্ডে কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে যে শক্তি 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 বিভব পার্থক্যে t সেকেন্ড সময় ধরে প্রবাহিত হয় তখন কাজের পরিমাণ দাঁড়ায়- W = VQ,

প্রতি সেকেন্ডে কাজের পরিমাণ বা ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t} = \frac{VQ}{t}$ । এখানে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত চার্জের পরিমাণকে কারেন্ট ধরা হয় অর্থাৎ $I = \frac{Q}{t}$; সুতরাং বৈদ্যুতিক ক্ষমতা, P = VI

কোনো বাল্ব এর গায়ে 220V – 60W লেখার অর্থ হলো বাল্বটি যদি 220V বিভব পার্থক্যে সংযুক্ত করা হয় তবে বাল্বটি সবচেয়ে বেশি আলো বিকিরণ করবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 60 জুল হারে বৈদ্যুতিক শক্তি আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

বৈদ্যুতিক পাওয়ারের সাথে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্টেন্সের 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।

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

সুতরাং $P = VI$

$= I^2R$ ওয়াট

ওয়াট ঘণ্টা: এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যে এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহ এক ঘণ্টা ধরে প্রবাহিত হলে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক ওয়াট বলে। অর্থাৎ 1 ওয়াট ক্ষমতা 1 ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয়, তাকে এক ওয়াট ঘণ্টা বলে।

$\therefore 1\ Wh = 1\ W \times 1\ h$

$= 1\ J/S \times 60 \times 60S$

$= 3600\ J$

কিলোওয়াট ঘণ্টা: এক কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন কোনো যন্ত্র এক ঘণ্টা ধরে যে তড়িৎ শক্তি সরবরাহ বা ব্যয় করে তার পরিমাণকে এক কিলোওয়াট ঘণ্টা (1 kwh) বলে।

$\therefore$ 1 kWh = 1 kW $\times$ 1 h

= 1000 W $\times$ 3600s

= 1000J/s $\times$ 3600s

= 3600000 J = 3.6×10^6 J

সারা বিশ্বে কিলোওয়াট ঘণ্টাকে বিদ্যুৎ শক্তির একক হিসেবে ব্যবহার করা হয় এবং এই একক ব্যবহার করে বিদ্যুৎ বেচা-কেনা করা হয়। এই এককে বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট (B.O.T Unit) বলে।

$\therefore$ 1 B.O.T = 1 kwh = 3.6×10^6J

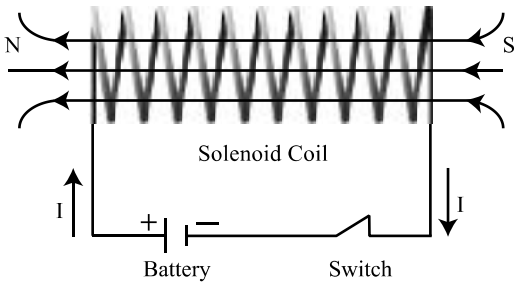
Electromagnet and Magnetic Field & Electromagnetic Induction

সলিনয়েড

কাছাকাছি বা ঘনসন্নিবিষ্ট অনেকগুলো প্যাঁচযুক্ত লম্বা বেলনাকার কয়েল বা তারকুণ্ডলী-ই সলিনয়েড। একটি লম্বা অন্তরিত পরিবাহক তারকে স্প্রিং এর মতো বহুপাকে ঘনসন্নিবিষ্ট করে সাজালে বা কয়েল তৈরি করে সলিনয়েড তৈরি করা যায়।

তড়িৎবাহী সলিনয়েড দণ্ড চুম্বকের মতো আচরণ করে

সলিনয়েড দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালালে সলিনয়েডের প্রতিটি প্যাঁচ একটি একক কয়েল হিসেবে কাজ করে। এক প্রান্তে উত্তর মেরু আরেক প্রান্তে দক্ষিণ মেরু। এর বলরেখার প্রকৃতিও ঠিক দণ্ড চুম্বকের মতো হয়।



সলিনয়েডের সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব তিনটি উপায়ে বৃদ্ধির করা যায়:

- তারের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে
- পাক বা পেঁচের সংখ্যা বাড়িয়ে
- U এর মতো বাঁকিয়ে মেরু দুটিকে আরো কাছাকাছি এনে।

তড়িৎ চুম্বক ও চৌম্বক ক্ষেত্র

[প্রশ্ন: বৈদ্যুতিক চুম্বক কী? (৩৮তম)]

তড়িৎ চুম্বক (Electromagnet)

তড়িৎ প্রবাহের ফলে যে চুম্বকের সৃষ্টি হয় তাকে তড়িৎ চুম্বক বলে। সাধারণত সলিনয়েডের ভেতর কোনো লোহার দণ্ড ঢুকিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে লোহার দণ্ড চুম্বকে পরিণত হয়। তড়িৎ চুম্বক এক ধরনের অস্থায়ী চুম্বক। তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করলে এর চুম্বকত্ব থাকে না। কোনো পরিবাহীর ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর আশেপাশে একটি চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। একে বলা হয় তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া।

চৌম্বক ক্ষেত্র (Magnetic Field)

একটি গতিশীল আধান বা স্থায়ী চুম্বক তার চারপাশে যে এলাকা জুড়ে প্রভাব বিস্তার করে তাকে এ আধান বা চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্র বলে। কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে একক বেগে চলমান একটি একক আধান যে বল অনুভব করে সেই বলকে ঐ চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বলে। চৌম্বকক্ষেত্রের সমকোণে একটি চার্জ বা আধান গতিশীল হলে ঐ চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান F হলে, ঐ বলকে চার্জ এবং বেগের গুণফল দ্বারা ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায় তাই চৌম্বক ক্ষেত্রের মান। চার্জ q, বেগ v এবং বল F হলে চৌম্বক ক্ষেত্র B হলে এর মান, $B = \frac{F}{qv}$.

তড়িৎ ক্ষেত্র (Electric Field)

একটি চার্জিত বস্তু চারদিকে যে অঞ্চল ব্যাপী তার প্রভাব বিস্তার করে সেই অঞ্চলকে ঐ চার্জিত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্র বলে।

তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য: কোনো বিন্দুতে একক আধান বা চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলকে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য বলা হয়। একে ক্ষেত্র প্রাবল্যও বলে। তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্যকে $\vec{E}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এটি একটি ভেক্টর রাশি।

তড়িৎ চুম্বকের প্রাবল্য নিম্নোক্তভাবে বাড়ানো যায়। যথা-

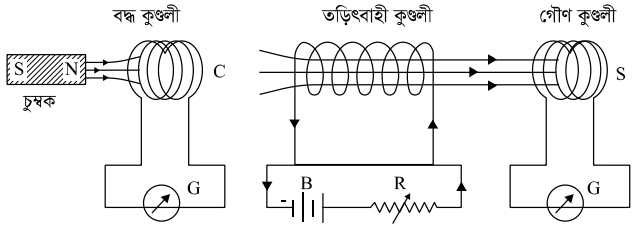
১. সলিনয়েডের তারের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে।

২. সলিনয়েডের পাক বা প্যাঁচের সংখ্যা বাড়িয়ে।

৩. লোহার দণ্ড বা পেরেককে U অক্ষরের মতো বাঁকিয়ে মেরু দুটিকে আরো কাছাকাছি এনে।

তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ (Electromagnetic Induction)

[প্রশ্ন: চুম্বকীয় আবেশ কী? (৩৮তম), বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশ কি? সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিন। (৩৭তম)]



একটি গতিশীল চুম্বক বা তড়িৎবাহী কুণ্ডলীর প্রভাবে কোনো বদ্ধ তার কুণ্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ চালক বল এবং তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়াকে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ বলে। কোনো চুম্বক বা তড়িৎবাহী কুণ্ডলী এবং একটি বদ্ধ তার কুণ্ডলীর আপেক্ষিক গতির ফলে বদ্ধ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয়। কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীতে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের ফলে সৃষ্ট ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক বলকে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল এবং প্রবাহকে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহ বলা হয়। যে কুণ্ডলীর প্রভাবে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় তাকে মুখ্য কুণ্ডলী এবং যে কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় তাকে গৌণ কুণ্ডলী বলে। উপরে তীর চিহ্ন দিয়ে নির্দেশিত অংশটি হলো গ্যালভানোমিটার।

নিম্নলিখিত বিষয়গুলি তড়িৎ চৌম্বকীয় আবেশকে প্রভাবিত করে:

- কুণ্ডলীতে পরিবাহী তারের পাক সংখ্যা।
- পরিবাহী তারের উপাদানের উপর।
- পরিবাহী তারের আকৃতির উপর।

তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের প্রকারভেদ

তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ দুই প্রকার। যথা: ১. স্বকীয় আবেশ (Self-induction) ২. পারস্পরিক আবেশ (Mutual-induction)

১. স্বকীয় আবেশ (Self Induction)

কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ চালু বা বন্ধ করার সময় বা প্রবাহমাত্রার পরিবর্তনের সময় নিজস্ব তড়িৎ ক্ষেত্রের পরিবর্তনের ফলে তড়িচ্চালক বল তথা তড়িৎ প্রবাহ আবিষ্ট হয় যা কুণ্ডলীর মূল প্রবাহের পরিবর্তনে বাধা সৃষ্টি করে। একটি মাত্র বদ্ধ কুণ্ডলীতে অসম তড়িৎ প্রবাহের দরুন চৌম্বক বলরেখা পরিবর্তনের ফলে অথবা কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রে বদ্ধ কুণ্ডলীর গতির ফলে কুণ্ডলীর সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন ঘটে। এই পরিবর্তনের জন্য যে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ ঘটে তাকে স্বকীয় আবেশ বলে।

২. পারস্পরিক আবেশ (Mutual Induction)

পাশাপাশি স্থাপিত দুটি কুণ্ডলীর মধ্যে একটিতে তড়িৎ প্রবাহ মাত্রার পরিবর্তনের ফলে অপর কুণ্ডলীতে যে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় তাকে পারস্পরিক আবেশ বলে।

তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের ব্যবহার

দুটি গুরুত্বপূর্ণ ডিভাইস তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের উপর নির্ভর করে চালিত হয়। যথা:

১. বৈদ্যুতিক জেনারেটর ২. বৈদ্যুতিক ট্রান্সফর্মার

বিদ্যুৎ উৎপাদন এবং নিয়ন্ত্রণের মতো গুরুত্বপূর্ণ কাজে আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে এই দুটি যন্ত্রের উপর নির্ভর করি। তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের উপর ভিত্তি করে জেনারেটর গতিশক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিবর্তন করে। অপরদিকে ট্রান্সফর্মার বিদ্যুতের ভোল্টেজ পরিবর্তন করতে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের ব্যবহার করে।

আবেশিতা (Inductance)

কোনো কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা প্রতি সেকেন্ডে এক একক পরিবর্তিত হলে ঐ কুণ্ডলীতে যে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন হয় তাকে ঐ কুণ্ডলীর আবেশিতা বা আবেশ গুণাঙ্ক বা স্বকীয় আবেশিতা বা স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক বলে। আবেশিতার একক হেনরি (Henry)।

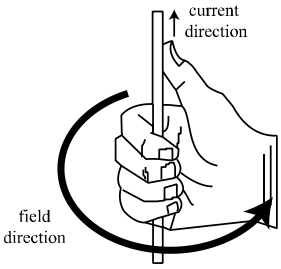
পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক: কোনো মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা প্রতি সেকেন্ডে এক একক পরিবর্তিত হলে গৌণ কুণ্ডলীতে যে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় তাকে পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক বলে। পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্কের একক হেনরি।

ফ্যারাডের তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্র: ১৮৩১ সালে বিখ্যাত ইংরেজ বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ নিয়ে মৌলিক সূত্র প্রদান করেন। এই সূত্রকে ফ্যারাডের আবেশ সূত্র অথবা ফ্যারাডের তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্র বলা হয়। ফ্যারাডের সূত্র দুটি নিম্নরূপ:

ক. **প্রথম সূত্র:** যখনই কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বকক্ষেত্র রেখার মোট সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন ঘটে, তখনই কুণ্ডলীতে একটি ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক শক্তি তথা তড়িৎপ্রবাহ আবিষ্ট হয়। একে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি (Induced EMF) বলে। যতক্ষণ চৌম্বক ফ্লাক্স বা ক্ষেত্ররেখার পরিবর্তন ঘটে, আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি তথা প্রবাহ ততক্ষণই স্থায়ী হয়।

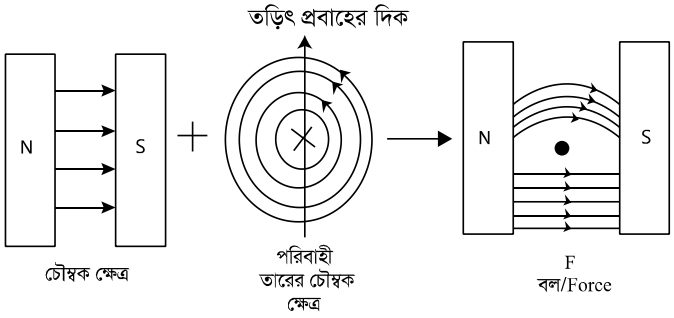
খ. **দ্বিতীয় সূত্র:** কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির মান ঐ কুণ্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের ঋণাত্মক মানের সমানুপাতিক। অর্থাৎ, $\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$

তড়িৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তনের সাথে চৌম্বকক্ষেত্রের দিক পরিবর্তন



একটি খাড়া তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে তার চারপাশে একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হবে। বিদ্যুৎ প্রবাহে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের কতগুলো ক্ষেত্ররেখা নির্দেশ করে। এই ক্ষেত্ররেখাগুলো তারের সমকোণে উৎপন্ন হয়। তারের কাছাকাছি চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য বেশি হবে আর তার থেকে যত দূরে যাবে প্রাবল্য তত কমবে। চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ ফ্লেমিং এর ডান হস্ত নিয়মে বের করা যায়। বৃদ্ধাঙ্গুলি খাড়া রেখে ডান হাত মুষ্টিবদ্ধ করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ নির্দেশ করে তবে অন্য আঙুলগুলো চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ নির্দেশ করবে। চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাগুলোর অভিমুখ হয় ঘড়ির কাটার দিকে। তড়িৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন হলে চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখও বিপরীতমুখী হয়ে যায়। কিন্তু প্যাটার্ন বা বিন্যাস একই থাকে।

তড়িৎবাহী তারের উপর চুম্বকের প্রভাব



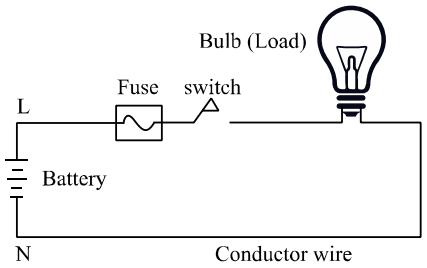
চিত্রে একটি চৌম্বকক্ষেত্র দেখানো হয়েছে এবং নিয়ম অনুযায়ী বলরেখাগুলো সর্বদা উত্তর থেকে দক্ষিণ দিকে যাবে। অন্যদিকে একটি তড়িৎবাহী তার দেখানো হয়েছে যেখানে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিচ থেকে উপরের দিকে দেখানো হয়েছে। তাই এক্ষেত্রে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ডানহস্ত নিয়ম অনুযায়ী ঘড়ি কাঁটার বিপরীত দিকে প্রবাহিত হবে। এখন তড়িৎবাহী তারকে চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আনলে একদিকে উভয় চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলোর দিক একই হবে এবং অন্য দিকে বিপরীত দিক হবে। তখন নিচের দিকে বেশি বলরেখা তৈরি হবে এবং উপরের দিকে কম বলরেখা তৈরি হবে এবং বিকর্ষণজনিত কারণে তারটি উপরের দিকে বল অনুভব করবে এবং বেঁকে যাবে। পরিবাহী তারে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন কররে বলের দিকও পরিবর্তন হবে।

Circuits Breakers, GFCI's and Fuses

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।

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



চিত্র: আদর্শ সার্কিট

আদর্শ সার্কিটের উপাদানসমূহ **[প্রশ্ন: Electrical সার্কিটের চারটি মূল অংশ কী কী? (৪০তম)]**

একটি আদর্শ সার্কিটে নিম্নলিখিত ৫টি উপাদান বিদ্যমান থাকে। যথা-

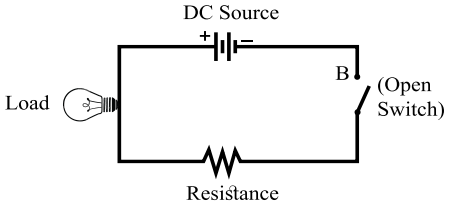
১. বৈদ্যুতিক সোর্স বা উৎস: সাধারণ ব্যাটারি, জেনারেটর ইত্যাদি।
২. লোড: বাতি, পাখা, হিটার, ইস্ত্রি, ফ্রিজ, রেডিও, টেলিভিশন ইত্যাদি।
৩. পরিবাহী: বিভিন্ন প্রকার তার, ক্যাবল।
৪. নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র: সুইচ।
৫. সুরক্ষা যন্ত্র: ফিউজ, সার্কিট ব্রেকার, রিলে ইত্যাদি।

বৈদ্যুতিক সার্কিটের প্রকারভেদ

[প্রশ্ন: উপযুক্ত চিত্রের সাহায্যে Open Circuit ও Short Circuit বর্ণনা করুন। এই Circuit সমূহের মূল সমস্যাটি লিখুন। (৪৩তম), Open Circuit এবং Short Circuit অবস্থা ব্যাখ্যা করুন। (৪০তম), খোলা বর্তনী ও শর্ট সার্কিটের ছবিসহ সংজ্ঞা দিন। (৩৮তম)]

১. খোলা বর্তনী (Open Circuit)

খোলা বর্তনী হলো এমন একটি সার্কিট যেখানে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। যে সার্কিটের কোনো ফিরতি পথ থাকে না তাই-ই open circuit। যখন কোনো ব্যাটারির দুই প্রান্তে দুটি তার দিয়ে সংযোগ দেয়া হয় এবং মাঝে একটি বাল্ব দেয়া হয় তখন সেটি জ্বলতে থাকে। এখন সুইচের মাধ্যমে তার বিচ্ছিন্ন করলে বাল্বটি জ্বলা বন্ধ হয়ে যায় কারণ সার্কিটটি Open Circuit এ পরিণত হয়। চিত্রে B পয়েন্টে সার্কিট বিচ্ছিন্ন হওয়ায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে না।



চিত্র: খোলা বর্তনী (Open Circuit)

যে-সকল সমস্যার কারণে Open Circuit এ পরিণত হতে পারে। তা হলো-
১। তার বিচ্ছিন্ন হলে; ২। দুর্বল সংযোগ; ৩। ফিউজ পুড়ে গেলে; ৪। টার্মিনালে সংযুক্তি গুলি আলগা হলে; ৫। ত্রুটিপূর্ণ সুইচের কারণে।

২. শর্ট সার্কিট (Short Circuit)

Short circuit হলো এমন একটি সার্কিট যেখানে বৈদ্যুতিক রোধ খুবই কম পরিমাণে থাকে এবং কোনো কোনো সময় রোধক থাকেই না এবং অতি উচ্চ মাত্রায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। কোনো ব্যাটারির বা বিদ্যুৎ ক্ষেত্রের দুই প্রান্তকে যদি কোনো রেজিস্টরের সাহায্য ছাড়া সরাসরি সংযুক্ত করা হয় তাহলে Short circuit তৈরি হয়। শর্ট সার্কিট হওয়ার ফলে চিত্রে কারেন্ট BCDA পথে যাওয়ার পথ কিছু শর্ট সার্কিটের জন্য কারেন্ট BEFA পথে ব্যাটারিতে ফিরে আসে।

চিত্র: শর্ট সার্কিট (Short Circuit)

যে সকল সমস্যার কারণে Short Circuit এ পরিণত হতে পারে। তাহলে-

১। ত্রুটিপূর্ণ সংযোগ;

২। তারের ইনস্যুলেশন ক্ষয় হলে বা কোথাও ক্ষতিগ্রস্ত হলে;

৩। বিভিন্ন যন্ত্রাংশের মধ্যে তার আটকে অযাচিত সংযোগ তৈরি হলে;

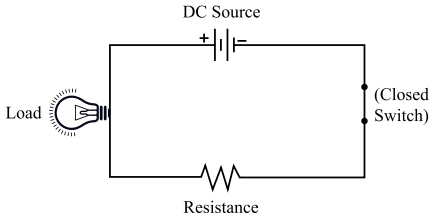
৪। সার্কিটে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তের মধ্যে দুর্ঘটনা বসত সংযোগ হয়ে গেলে।

Open Circuit ও Short Circuit এর মূল সমস্যা: এক্ষেত্রে মূল সমস্যাটি হলো- Open Circuit -এ পথ খোলা থাকার কারণে লোড পর্যন্ত পাওয়ার পৌঁছায় না। আর Short Circuit এর ক্ষেত্রে মূল প্রবাহের বাইরেও বিকল্প প্রবাহের কারণে লোড পর্যন্ত পাওয়ার সরবরাহে বিঘ্ন ঘটে।

৩. বদ্ধ বর্তনী (Closed Circuit)

যে সার্কিটের কোনো অংশ খোলা বা বিচ্ছিন্ন থাকে না এবং সার্কিট পূর্ণ করে তার মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচল করতে পারে সে সার্কিটকে ক্লোজড সার্কিট বা বদ্ধ বর্তনী বলে।

[N.B.: সিরিজ সার্কিট ও প্যারালাল সার্কিট পরবর্তী অংশে আলোচনা আছে]



চিত্র: বদ্ধ বর্তনী (Closed Circuit)

সুরক্ষা যন্ত্র

যে-সব যন্ত্র বা ডিভাইস ব্যবহার করে বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ব্যবহৃত তার অথবা বৈদ্যুতিক বর্তনীতে লাগানো যন্ত্রপাতি রক্ষা করা হয় তাদেরকে প্রটেকটিভ ডিভাইস বলে। যেমন: ফিউজ, সার্কিট ব্রেকার ইত্যাদি।

প্রটেকটিভ ডিভাইস ব্যবহারের কারণ-

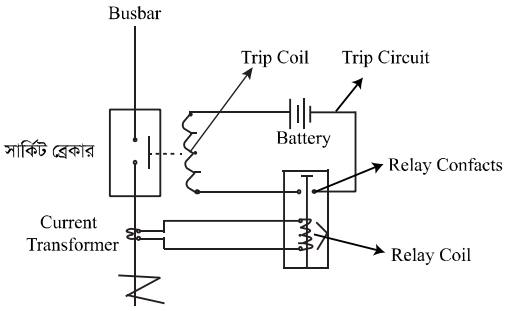
১. আর্থ লিকেজ কারেন্ট থেকে সার্কিটকে রক্ষা করে।

২. শর্ট সার্কিট, ওভারলোড অথবা অন্য কোনো কারণে প্রবাহিত অতিরিক্ত কারেন্ট থেকে সার্কিট এবং তৎসংলগ্ন যন্ত্রপাতিকে রক্ষা করে।

[প্রশ্ন: বিভিন্ন ধরনের সার্কিট ব্রেকারের কার্যাবলি ব্যাখ্যা করুন। (৪৫তম), একটি সার্কিট ব্রেকার কীভাবে কাজ করে চিত্রের মাধ্যমে সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করুন। (৪১তম), সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয় কেন? (৩৬তম)]

সার্কিট ব্রেকার (Circuit Breaker)

সার্কিট ব্রেকার একটি স্বয়ংক্রিয় যন্ত্র যা নিরাপত্তা প্রদান করে থাকে। অর্থাৎ এটি এমন একটি ডিভাইস যা ইলেকট্রিক্যাল এবং ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রপাতিকে নিরাপদ রাখে। যখন লাইনে অতিরিক্ত পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তখন (যন্ত্রপাতিতে) যেকোনো দুর্ঘটনা ঘটতে পারে যা সার্কিট ব্রেকার রক্ষা করে থাকে। অর্থাৎ Circuit Breaker এমন এক ধরনের যন্ত্র যা সব কন্ডিশনে (নো-লোড কন্ডিশন, ফুল-লোড কন্ডিশন এবং ফল্টি বা ত্রুটিপূর্ণ কন্ডিশনে) একটি সার্কিটকে খুলে বা তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দেয়।



কোনো সার্কিটে ডিজাইন ভোল্টেজের চেয়ে বেশি ভোল্টেজ আসলে সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে সার্কিটকে রক্ষা করে।

যখন লাইনে ডিজাইন কারেন্টের চেয়ে বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয় তখন সিস্টেমে সংযুক্ত কারেন্ট ট্রান্সফর্মারে (CT) অতিরিক্ত কারেন্টকে কমিয়ে রিলে কয়েলে প্রেরণ করে। এতে রিলে কয়েল উত্তেজিত হয় এবং ট্রিপ সার্কিট অন হয়ে যায়। তখন সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ হয়ে যায়। এভাবে সার্কিট ব্রেকার স্বয়ংক্রিয়ভাবে বর্তনীর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে বর্তনীকে রক্ষা করে।

সার্কিট ব্রেকার-এর কাজ

কোনো সার্কিটে ডিজাইন ভোল্টেজের চেয়ে বেশি ভোল্টেজ আসলে সার্কিট ব্রেকার তা স্বয়ংক্রিয়ভাবে সার্কিটকে রক্ষা করে থাকে। এছাড়া নিম্নোক্ত কারণে সার্কিট ব্রেকার কাজ করে থাকে-

১. এসি লাইনে শর্ট সার্কিট ঘটলে (লাইন-টু-লাইন বা লাইন-টু-নিউট্রাল)।

২. অতিরিক্ত লোড থাকলে।

৩. ভোল্টেজ বেড়ে গেলে।

সার্কিট ব্রেকারের সুবিধা	সার্কিট ব্রেকারের অসুবিধা
▪ নির্ধারিত মানের অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে স্বয়ংক্রিয়ভাবে বন্ধ হয়ে যায় ▪ কোনো অগ্নি স্ফুলিঙ্গ দেখা যায় না ▪ জায়গা অল্প লাগে ▪ সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়	▪ তুলনামূলক ব্যয়বহুল ▪ গঠন জটিল হওয়ার কারণে অমেরামতযোগ্য

সার্কিট ব্রেকারের প্রকারভেদ

সার্কিট ব্রেকারগুলো তাদের ভোল্টেজের রেটিং অনুসারে শ্রেণিবদ্ধ করা হয়। ব্রেকারের মধ্য দিয়ে কতটা পাওয়ার যায় তা নির্ধারণ করে এটি কোন ধরনের সার্কিট ব্রেকার।

১. হাই ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার। ২. মিডিয়াম ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার। ৩. লো-ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার।

এছাড়াও বিভিন্ন ধরনের ব্যবহারের উদ্দেশ্যে বিভিন্ন ধরনের সার্কিট ব্রেকার ব্যবহৃত হয়।

১. **হাই ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার:** আন্তর্জাতিক ইলেকট্রো-টেকনিক্যাল কমিশন অনুসারে, যখন ভোল্টেজ 72,000 ভোল্টের উপরে উঠে যায়, তখন এটিকে উচ্চ ভোল্টেজ হিসাবে চিহ্নিত করা হয়। এই সার্কিট ব্রেকারগুলো সলিনয়েড ব্যবহার করে যা সাধারণত বৈদ্যুতিক ট্রান্সফর্মারে ব্যবহার করা হয়। হাই ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকারগুলো খুব উচ্চ ভোল্টেজ যেমন পাওয়ার ট্রান্সমিশন লাইনের মতো সিস্টেমে ব্যবহৃত হয়।

২. **মিডিয়াম ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার:** এই সার্কিট ব্রেকারগুলো তাদের উচ্চ ভোল্টেজের তুলনায় কম ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ করে। সাধারণত 1000 থেকে 72,000 ভোল্টের মধ্যে ভোল্টেজের জন্য ব্যবহৃত হয়। এছাড়াও, তারা ইনডোর এবং আউটডোর উভয় ধরনের ব্যবহারের জন্য ইনস্টল করা যায়।

৩. **লো-ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকার:** সাধারণত, এই ধরনের সার্কিট ব্রেকারগুলো 1000 ভোল্টের নিচের ভোল্টেজের জন্য ব্যবহৃত হয়। কিছু লো-ভোল্টেজ সার্কিট ব্রেকারগুলো টেকসই এবং এদেরকে আলাদা আলাদা অংশে ভাগ করা যায়।

MCB:

MCB এর পূর্ণরূপ Miniature circuit breaker. Short Circuit ও Overload জনিত দুর্ঘটনা থেকে Circuit কে রক্ষা করতে কম কারেন্ট প্রবাহের সার্কিটের ছোট আকারের যে সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয় তাকে MCB বলে।

MCB এর ব্যবহার:

- বাসা বাড়িতে
- Electric appliance
- Electric Motor

GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter)

জিএফসিআই (গ্রাউন্ড ফল্ট সার্কিট ইন্টারাপটার) একটি স্বয়ংক্রিয় ডিভাইস যা মারাত্মক বৈদ্যুতিক শক বা বৈদ্যুতিক দুর্ঘটনা থেকে ব্যক্তিগত সুরক্ষা সরবরাহ করে। এটি একটি বিশেষ বৈদ্যুতিক আউটলেট যা বৈদ্যুতিক সুরক্ষার জন্য মিলি সেকেন্ডের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করতে পারে।

যখন কোনো ব্যক্তি বৈদ্যুতিক শক পেতে শুরু করে, জিএফসিআই এটি শনাক্ত করে এবং আহত হওয়ার আগে বিদ্যুৎপ্রবাহ বিচ্ছিন্ন করে দেয়। সাধারণত, যেখানে আর্দ্রতা, পানি বা পানির সংস্পর্শে কোনো বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম এবং কোনো ব্যক্তির মধ্যে বৈদ্যুতিক সংযোগের সম্ভাবনা থাকে সেখানে জিএফসিআই ইনস্টল করা হয়। যেমন: রান্নাঘর, গ্যারেজ ইত্যাদি।

কার্যনীতি

কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কতটুকু বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে এবং কতটুকু ফেরত আসছে তার উপর ভিত্তি করে GCFI কাজ করে। যখন আউটগোয়িং এবং ইনকামিং কারেন্ট সমান তখন GCFI স্বাভাবিক থাকে। কিন্তু যখন কোনো বৈদ্যুতিক সিস্টেমের ভূমি সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ মানুষের শরীরে দিয়ে ভূমিতে প্রবাহিত হয় তখন আউটগোয়িং কারেন্ট থেকে ইনকামিং কারেন্ট কমে যায়। এ অসামঞ্জস্য দেখা দিলে GCFI সক্রিয় হয় এবং বিদ্যুৎ সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে দেয়।

জিএফসিআই এর সুবিধা

শক প্রতিরোধ: GFCI ব্যবহারের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ সুবিধা হলো এটি বৈদ্যুতিক শক থেকে রক্ষা করে।

অগ্নিকাণ্ড প্রতিরোধ: GFCI ব্যবহার করলে বৈদ্যুতিক অগ্নিকাণ্ড ঘটার সম্ভাবনা কমে যায়।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির ক্ষতি প্রতিরোধ: যখন দীর্ঘ সময় ধরে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির মধ্য দিয়ে অনিয়ন্ত্রিত বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তখন সেগুলো নষ্ট হয়ে যেতে পারে। GFCI ব্যবহার করলে এরূপ যন্ত্রপাতির ক্ষতি প্রতিরোধ হয়।

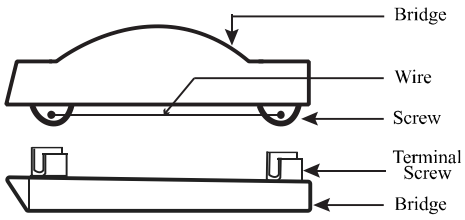
জিএফসিআই এর অসুবিধা

যখন গ্রাউন্ড ত্রুটি ধরা পড়ে তখন GFCI পুরো সার্কিটে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করে দেয়। যতক্ষণ পর্যন্ত কেউ ত্রুটি সমাধান না করে এবং সংযোগ না দেয় ততক্ষণ পর্যন্ত বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ থাকে। এটি একটি অপ্রত্যাশিত ও সময় সাপেক্ষ ব্যাপার।

সার্কিট ব্রেকার ও জিএফসিআই এর মধ্যে পার্থক্য

সার্কিট ব্রেকার	জিএফসিআই
১. একটি সুরক্ষা ডিভাইস যা ওভারলোডিং এবং শর্ট সার্কিটের বিরুদ্ধে যেকোনো সার্কিটকে সুরক্ষা দেয়।	১. এটি এমন একটি সুরক্ষা ডিভাইস যা কোনো সার্কিটকে বৈদ্যুতিক শক থেকে রক্ষা করে।
২. সার্কিটের বিদ্যুৎ প্রবাহ একটি নির্দিষ্ট সীমা ছাড়িয়ে গেলে এটি সার্কিটটিকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়।	২. যখন সার্কিটটিতে বৈদ্যুতিক লিকেজ হয় তখন সার্কিটটিকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়।
৩. সার্কিট ব্রেকার প্রতিটি পাওয়ার পয়েন্টের বিদ্যুৎ প্রবাহ বিচ্ছিন্ন করে দেয়।	৩. জিএফসিআই শুধু এর সাথে সংযুক্ত যন্ত্রের ক্যাবলের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে।
৪. এটি জীবন্ত তারে বিদ্যুৎ প্রবাহকে শনাক্ত করে।	৪. এটি জীবন্ত তার এবং নিরপেক্ষ তারে উভয়ের মধ্যে তড়িৎ শনাক্ত করে।
৫. এটি ওভারলোডিং এর কারণে আগুন ধরা থেকে সার্কিটকে সুরক্ষা দেয়।	৫. এটি ব্যক্তিকে বৈদ্যুতিক শক হতে বাঁচায়।
৬. সাধারণ সার্কিট ব্রেকারে কোনো 'টেস্ট এবং রিসেট' বোতাম নেই।	৬. জিএফসিআইতে 'টেস্ট এবং রিসেট' বোতাম রয়েছে।
৭. প্রতিটি ঘর বা একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলে অবশ্যই একটি সার্কিট ব্রেকার থাকতে হবে।	৭. জিএফসিআই অবশ্যই ভেজা স্থানে যেমন- বাথরুম, রান্নাঘর, আউটডোর ইত্যাদিতে ইনস্টল করা উচিত।
৮. সার্কিট ব্রেকার জিএফসিআই-এর তুলনায় সস্তা।	৮. জিএফসিআই সার্কিট ব্রেকারের চেয়ে ব্যয়বহুল।

বৈদ্যুতিক ফিউজ



ফিউজ হলো একটি ডিভাইস যা শর্ট সার্কিটের বিরুদ্ধে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি রক্ষার জন্য বৈদ্যুতিক সার্কিটে ব্যবহৃত হয়। এটি কাঁচ, চীনামাটি তারের বা পাতলা প্লাস্টিকের উপাদান দিয়ে তৈরি। যদি সিস্টেমে কোনো ত্রুটি দেখা দেয় এবং সার্কিটের অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটে তবে ফিউজটি স্বয়ংক্রিয়ভাবে গলে যায় এবং সার্কিটের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে দেয়। ফলে যন্ত্রপাতি ক্ষতি থেকে রক্ষা পায়। ফিউজের প্রধান কাজ হলো ফিউজের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত স্বাভাবিক তড়িৎ প্রবাহকে অনুমতি দেওয়া এবং যখন উচ্চ মাত্রার তড়িৎ-এর মধ্য দিয়ে যায় তখন সার্কিটের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে দেওয়া। একটি ফিউজ তারের নিম্নলিখিত ধর্মগুলি থাকা প্রয়োজন-

(i) নিম্ন গলনাঙ্ক বিশিষ্ট (ii) নিম্ন রোধাঙ্ক বিশিষ্ট (iii) স্থানীয় জারণমুক্ত (iv) কম ক্ষয় যুক্ত

প্রকারভেদ

বিভিন্ন কাজে ব্যবহারের জন্য বিভিন্ন ধরনের ফিউজ পাওয়া যায়। সার্কিটের ধরনের ভিত্তিতে ফিউজগুলো প্রধানত দুটি ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন- এসি (AC) ফিউজ এবং ডিসি (DC) ফিউজ। আবার এসি ফিউজগুলোকে হাই ভোল্টেজ (HV) ফিউজ এবং লো-ভোল্টেজ (LV) ফিউজে ভাগ করা হয়েছে।

হাই-ভোল্টেজ (HV) এসি ফিউজ 1000 ভোল্টের উপরে ভোল্টেজের জন্য ব্যবহৃত হয় এবং লো-ভোল্টেজ (LV) এসি ফিউজ 1000 ভোল্টের চেয়ে কম ভোল্টেজের জন্য ব্যবহৃত হয়।

ফিউজের সুবিধাসমূহ

১. প্রটেকটিভ ডিভাইস এর মধ্যে ফিউজ সবচেয়ে সহজ ও সরল পদ্ধতি।
২. এটার রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন হয় না।
৩. এর অপারেটিং টাইম সার্কিট ব্রেকারের তুলনায় খুব কম।
৪. প্রয়োজন অনুযায়ী ফিউজের তার পরিবর্তন করা যায়।
৫. এটা দামে অনেক সস্তা।
৬. কোনো প্রকার শব্দ, ধোঁয়া বা গ্যাস ছাড়াই শর্ট সার্কিট কারেন্টের প্রবাহকে বিরত রাখে।

ফিউজের অসুবিধাসমূহ

১. এর সঠিক নির্দিষ্ট রেটিং নির্ধারণ করা প্রায় অসম্ভব বিধায় অনেক ক্ষেত্রে ঠিক মুহূর্তে Fuse পুড়ে যায় না।

২. এটি পুনঃস্থাপন সবাই করতে পারে না।

৩. অগ্নি নির্বাপণের তেমন কোনো ব্যবস্থা থাকে না ফলে ৩৩ কিলো-ভোল্টের উপরে হাই ভোল্টেজ লাইনে এটি ব্যবহার করা হয় না।

সার্কিট ব্রেকার ও ফিউজের মধ্যে পার্থক্য

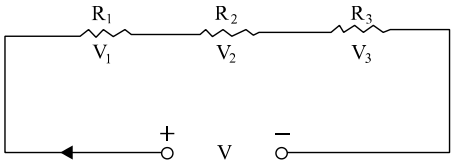
সার্কিট ব্রেকার	ফিউজ
১. সার্কিটের স্বাভাবিক এবং অস্বাভাবিক উভয় অবস্থাতেই সার্কিট ব্রেকার কাজ করে।	১. ফিউজ কেবল সার্কিটের অস্বাভাবিক অবস্থায় কাজ করে।
২. সার্কিট ব্রেকার তড়িৎ চৌম্বকীয়তা এবং সুইচিং নীতিতে কাজ করে।	২. ফিউজ বৈদ্যুতিক এবং তাপীয় বৈশিষ্ট্য এর ভিত্তিতে কাজ করে।
৩. সার্কিট ব্রেকার পাওয়ার ওভারলোড এবং শর্ট সার্কিটের বিরুদ্ধে সুরক্ষা সরবরাহ করে।	৩. ফিউজ কেবল বিদ্যুতের ওভারলোডগুলোর বিরুদ্ধে সুরক্ষা সরবরাহ করে।
৪. এটি সুইচ হিসেবেও কাজ করতে পারে।	৪. এটি সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে না।
৫. সার্কিট ব্রেকার নিম্ন, মাঝারি এবং উচ্চ ভোল্টেজের হয়।	৫. এটি শুধু নিম্ন ও মাঝারি গ্রেডের হয়।
৬. এটি একাধিকবার ব্যবহার করা যায়।	৬. পুনরায় ব্যবহার করার পূর্বে নতুন করে ফিউজ তার লাগিয়ে নিতে হয়।
৭. সার্কিট ব্রেকার একই সাথে নিয়ন্ত্রণ ও রক্ষণাবেক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করা যায়।	৭. এটি শুধু যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়া থেকে রক্ষার জন্য ব্যবহার করা হয়।
৮. সার্কিট ব্রেকিং সক্ষমতা বেশি।	৮. সার্কিট ব্রেকারের তুলনায় ফিউজের সার্কিট ব্রেকিং সক্ষমতা কম।
৯. সার্কিট ব্রেকারের দাম বেশি।	৯. ফিউজের ব্যয় কম।
১০. সবক্ষেত্রে ধরন অনুযায়ী ব্যবহার করা যায়।	১০. অধিক ভোল্টেজে ব্যবহার করা যায় না।

Power Distribution and Series Circuit, Parallel Resistors, Parallel Circuits, Power Distribution in a Parallel Circuit & Voltage sources in a Series

সিরিজ সার্কিট

[প্রশ্ন: সিরিজ সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্রগুলো লিখুন। (৩৬তম)]

কতগুলো রোধকে যদি পরপর এমনভাবে সাজানো হয় যে, প্রথম রোধের শেষ প্রান্তের সাথে দ্বিতীয় রোধের প্রথম প্রান্ত, দ্বিতীয় রোধের শেষ প্রান্তের সাথে তৃতীয় রোধের প্রথম প্রান্ত এরূপে বাকিগুলো সংযুক্ত থাকে। এইরূপ একটি সার্কিটকে সিরিজ সার্কিট বলা হয়।



চিত্র: সিরিজ সার্কিট

সিরিজ সার্কিটে মোট রেজিস্টেন্স নির্ণয়ের সূত্র সিরিজ সার্কিটে সংযুক্ত রেজিস্টর বা লোডসমূহের রেজিস্টেন্সগুলোর যোগফল মোট রেজিস্ট্যান্সের সমান। অর্থাৎ তুল্য রোধ, $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + R_n$.

তুল্য রোধ: রোধের কোন সমবায়ের (combination) রোধ গুলোর পরিবর্তে যে একটি মাত্র রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ এবং বিভর পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না।

সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য

১. সিরিজ সার্কিটে সংযুক্ত বিভিন্ন রেজিস্টর বা লোডের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

অর্থাৎ $I_s = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots$

২. সিরিজ সার্কিটে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্টর বা লোডের ভোল্টেজ ড্রপের যোগফল প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সমান।

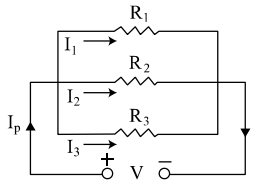
অর্থাৎ $V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots\ldots$

উপরিউক্ত বৈশিষ্ট্যসমূহ হতে দেখা যায়, সিরিজ সার্কিটে কারেন্ট সমান থাকে কিন্তু ভোল্টেজ বিভক্ত হয়। গাড়ির ব্যাটারি, টর্চ লাইট, আলোকসজ্জা, মোটরের কয়েলে সিরিজ কানেকশন ছাড়াও বহু ক্ষেত্রে সিরিজ সার্কিট ব্যবহার করা হয়।

প্যারালাল সার্কিট

[প্রশ্ন: প্যারালাল সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্রগুলো লিখুন। (৩৬তম)]

যখন রেজিস্টর বা লোডকে এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যাতে এদের এক প্রান্তগুলো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো আর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে যুক্ত থাকে, তখন তাকে প্যারালাল সার্কিট বা সমান্তরাল বর্তনী বলে। প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্টেন্স নির্ণয়ের সূত্র প্যারালাল সার্কিটে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্টরের মান উল্টিয়ে যোগ করলে যোগফল সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মানের সমান।



চিত্র: প্যারালাল সার্কিট

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

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ

১. প্যারালাল সার্কিটে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্টর বা লোডের সাথে আড়াআড়িতে প্রাপ্ত ভোল্টেজ, সার্কিটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সমান।
অর্থাৎ $V = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots\ldots$

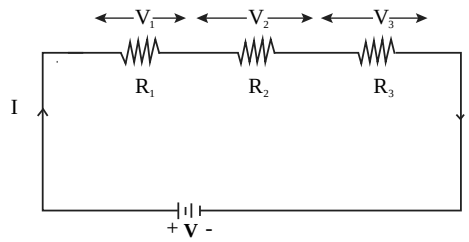
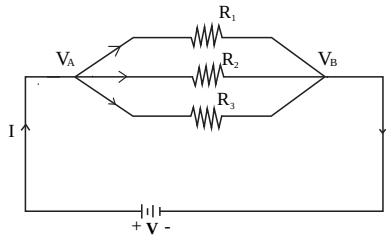
২. প্যারালাল সার্কিটে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্টর বা লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের যোগফল সার্কিটে প্রবাহিত মোট কারেন্টের সমান।
$I_p = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$
সিরিজে যুক্ত করা হলে কোষের ভোল্টেজ দুই ভাগে ভাগ হয়ে যাবে এবং সার্কিটে কম তড়িৎ প্রবাহিত হবে। ফলে বাতি দুটি আলো কম দিবে। অপরদিকে সমান্তরালে যুক্ত করলে উভয় বাতির প্রান্ত বিভব কোষের বিভবের সমান হবে। ফলে উভয় বাতির ভেতর দিয়ে বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হবে। ফলে বেশি আলো দিবে।

Parallel Circuit ব্যবহারের সুবিধা

i. কোনো একটি load নষ্ট হলেও অন্যগুলোর সমস্যা হয় না।
ii. প্রতিটি load আলাদা আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।
iii. Voltage Drop হয় না
iv. Current প্রবাহের একাধিক পথ আছে।
v. আবাসিক বাসগৃহে, কলকারখানায়, রাস্তার লাইটে, খেলার মাঠে এবং বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনায় ব্যবহৃত হয়।

Parallel Circuit ও Series Circuit এর মধ্যে পার্থক্য

[প্রশ্ন: উদাহরণসহ সিরিজ এবং সমান্তরাল সার্কিট এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন। (৪৭তম)]

Series Circuit	Parallel Circuit
১। প্রতিটি রেজিট্যান্স এর মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ কারেন্ট (I) প্রবাহিত হবে $I_s = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots I_n$	১। মোট কারেন্ট ভিন্ন ভিন্ন রেজিস্ট্যান্স দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মানের যোগফলের সমান $I_p = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$
২। তুল্যরোধ (R_s) সার্কিটে যুক্ত ভিন্ন ভিন্ন রোধের যোগফলের সমান $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$	২। মোট রোধ (R_p) এর বিপরীত মান সার্কিটে সংযুক্ত ভিন্ন ভিন্ন রোধর বিপরীত মানের যোগফলের সমান $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$
৩। মোট সাপ্লাই ভোল্টেজ, (V_S), ঘাটতি ভোল্টেজগুলোর যোগফলের সমান $V_s = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$	৩। প্রতিটি রোধের দুই প্রান্তে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় তা সাপ্লাই ভোল্টেজ (V_p) এর সমান $V_p = V_1 = V_2 = V_3 = \cdots = V_n$
৪। সিরিজ সার্কিটের একটি লোড অকেজো হলে অন্য সমস্ত লোক অকেজো হয়ে যায়	৪। প্যারালাল সার্কিটে একটি লোড অকেজো হলে অন্যগুলোর উপর কোনো প্রভাব পড়ে না
৫।  	৫। 
<u>ব্যবহার:</u> i. বিভিন্ন আলোকসজ্জার কাজে ii. বৈদ্যুতিক মোটর, জেনারেটরের কয়েলসমূহে iii. Torchlight ও গাড়ির ব্যাটারিতে।	<u>ব্যবহার:</u> i. আবাসিক বাসগৃহে, কলকারখানায়, রাস্তার লাইটে, খেলার মাঠে ii. বিদ্যুৎ সরবরাহ, বিদ্যুৎ ব্যবস্থাপনায়

সিরিজ ও প্যারালাল সার্কিটের মধ্যে কোনটি অধিক সুবিধাজনক?

⇒ প্যারালাল সার্কিট অধিক সুবিধাজনক। কারণ-

- ✓ পৃথক পৃথকভাবে সকল Device on-off করা যায়।
- ✓ একটি যন্ত্রে ত্রুটি দেখা দিলেও অন্যগুলো ক্রিয়াশীল থাকে।
- ✓ কারেন্ট প্রবাহের একাধিক পথ থাকে।

তড়িৎ কোষের সমবায়

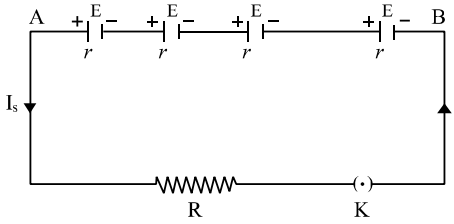
কোষের সমবায় দুই প্রকার হতে পারে-

(i) তড়িৎ কোষের শ্রেণি সমবায় (ii) তড়িৎ কোষের সমান্তরাল সমবায়

তড়িৎ কোষের শ্রেণি সমবায়

যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষকে এমনভাবে যুক্ত করা হয় যাতে প্রথমটির ঋণাত্মক পাতের সাথে দ্বিতীয়টির ধনাত্মক পাত, দ্বিতীয়টির ঋণাত্মক পাতের সাথে তৃতীয়টির ধনাত্মক পাত পর পর এভাবে যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এই সমবায়কে শ্রেণি সমবায় বলে।

ধরা যাক, R মানের একটি রোধের দুই প্রান্তের সাথে n টি বিদ্যুৎ কোষ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে। প্রত্যেক বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r।



চিত্র : তড়িৎ উৎসের শ্রেণি সমবায়

বর্তনীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ I_s এবং কোষগুলোর শ্রেণি সমবায়ের মিলিত তড়িচ্চালক শক্তি E_s হলে,

$$I_s = \frac{E_s}{R+r_s}$$

কোষগুলোর মিলিত তড়িচ্চালক শক্তি বা ব্যাটারির তড়িচ্চালক শক্তি,

$E_s = E + E + E + \cdots + n$ সংখ্যক E

$\therefore E_s = nE$

সমতুল্য অভ্যন্তরীণ রোধ, $r_s = r + r + r + \cdots$

$\therefore r_s = nr$

কোষগুলোর শ্রেণি সমবায়ে মোট প্রবাহের মান, $I_s = \frac{E_s}{R+r_s}$

$$= \frac{nE}{R+nr} [\because E_s = nE \text{ এবং } r_s = nr]$$

$$\therefore I_s = \frac{nE}{R+nr}$$

যখন কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ r এর তুলনায় বাইরের রোধ R অনেক বড় হয় তখন শক্তিশালী প্রবাহ পাওয়ার জন্য কোষের শ্রেণি সমবায় ব্যবহৃত হয়।

তড়িৎ কোষের সমান্তরাল সমবায়

যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষের ধনাত্মক পাতগুলো এক বিন্দুতে এবং ঋণাত্মক পাতগুলো অপর এক বিন্দুতে যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এই সমবায়কে সমান্তরাল সমবায় বলে।

ধরা যাক, R মানের একটি রোধের সাথে n সংখ্যক বিদ্যুৎ কোষ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে। প্রত্যেক বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r। যেহেতু কোষগুলোর ধনাত্মক পাতগুলো এক বিন্দু A-তে এবং ঋণাত্মক পাতগুলো অপর এক বিন্দু B-তে যুক্ত কাজেই সমবায়ের বা ব্যাটারির তড়িচ্চালক শক্তি যেকোনো একটি বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তির সমান হবে। আবার যেহেতু কোষগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে, অতএব তাদের অভ্যন্তরীণ রোধগুলোও সমান্তরাল সমবায়ে থাকবে।

সুতরাং সমবায়ের বা ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \ldots. \text{ n পদ} = \frac{n}{r}$$

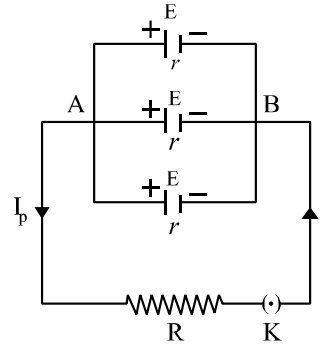
$$R_p = \frac{r}{n}$$

বর্তনী দিয়ে I_p মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে ওমের সূত্রানুসারে,

$$I_p = \frac{\text{মোট তড়িচ্চালক শক্তি}}{\text{মোট রোধ}}$$

$$= \frac{E}{R+\frac{r}{n}}$$

$$= \frac{nE}{nR+r}$$



চিত্র : তড়িৎ উৎসের সমান্তরাল সমবায়

যখন কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ r এর তুলনায় বাইরের রোধ R ছোট হয় তখন শক্তিশালী প্রবাহ পাওয়ার জন্য সমান্তরাল সমবায় (কোষের) ব্যবহৃত হয়।

সমান্তরাল সমবায়ে তড়িৎ ক্ষমতা

আগেই জেনেছি যে, তড়িৎ ক্ষমতাকে তিন উপায়ে লেখা যায়,

$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R$

সমান্তরাল সার্কিটে যেহেতু ভোল্টেজ (V) ধ্রুব, তাই।

$p = \frac{V^2}{R}$ সবচেয়ে কার্যকর তুলনামূলক সমীকরণ। বিভিন্ন রোধের (R_1, R_2, R_3 .....) এর মধ্য দিয়ে বিভব পতন (V) ও ক্ষমতা (P_1, P_2, P_3 .....) ইত্যাদি হলে, $P_1 = \frac{V^2}{R_1}$, $P_2 = \frac{V^2}{R_2}$ ..... ইত্যাদি।

এবং, $P = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots$

$= V^2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots\right)$

$P = \frac{V^2}{R_P}$

সুতরাং, রোধ যত কম হবে, সমান্তরাল বর্তনীতে তত বেশি তড়িৎ ক্ষমতা শোষণ করা যাবে।

AC ও DC Current এর মধ্যে কোনটি বেশি সুবিধাজনক?

উত্তর: [নমুনা অংশে দ্রষ্টব্য]

Kirchhoff's Current Law, Kirchhoff's Voltage Law, Voltage division in a series circuit & Interchanging Series Elements

১৮৪৭ সালে জার্মান পদার্থ বিজ্ঞানী গুস্তাভ রবার্ট কার্শফ (Gustav Robert Kirchhoff) ভোল্টেজ ও কারেন্ট সম্পর্কিত দুইটি সূত্র প্রকাশ করেন। তার সূত্র দুইটি হচ্ছে-

১. কার্শফের কারেন্ট সূত্র (Kirchhoff's Current Law) বা KCL

২. কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র (Kirchhoff's Voltage Law) বা KVL.

[প্রশ্ন: Kirchhoff এর সূত্রসমূহ বিবৃত ও ব্যাখ্যা করুন। (৪৬তম, ৪৫তম, ৪১তম), কারশফের Current এবং Voltage Law ব্যাখ্যা করুন। (৩৭তম)]

কার্শফের কারেন্ট সূত্র (Kirchhoff's Current Law) বা KCL

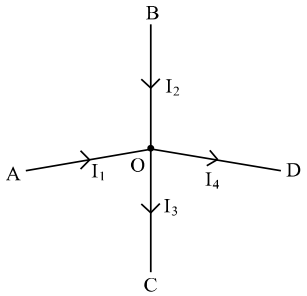
"তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে (নোড) প্রবেশ করা কারেন্টের যোগফল বিন্দু হতে বাহির হওয়া কারেন্টের যোগফলের সমান।" অর্থাৎ, নোডে মিলিত কারেন্ট সমূহের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য।

সূত্র অনুসারে, নোডে আগত কারেন্ট = নোড হতে নির্গত কারেন্ট

বা, $I_{in} = I_{out}$ বা, $\Sigma I = 0$

কার্শফের কারেন্ট সূত্রের ব্যাখ্যা

ডানপাশের চিত্রে ৪ টি কন্ডাক্টর বা পরিবাহী রয়েছে যাদের যথাক্রমে A, B, C ও D দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে এবং এসব পরিবাহী O বিন্দুতে মিলিত অবস্থায় রয়েছে। এই ৪ টি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যথাক্রমে I_1, I_2, I_3 ও I_4 কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছে। চিত্রে তীর চিহ্ন দ্বারা এদের দিক চিহ্নিত করা হয়েছে। A ও B এর I_1 ও I_2 কারেন্ট O বিন্দুতে প্রবেশ করছে, আবার O বিন্দু হতে I_3 ও I_4 কারেন্ট C ও D দিয়ে বের হয়ে যাচ্ছে। এখানে, আগত কারেন্টের মান পজিটিভ হলে নির্গত কারেন্টের মান নেগেটিভ হবে। কার্শফের কারেন্ট সূত্র অনুসারে লেখা যায়,



চিত্র: কার্শফের কারেন্ট সূত্র

$I_1 + I_2 + (-I_3) + (-I_4) = 0$

বা, $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

[প্রশ্ন: একটি চিত্রের সাহায্যে **Kirchhoff's Voltage Law** বর্ণনা করুন। (৪১তম, ৩৬তম), উদাহরণসহ কারশফের ভোল্টেজ নিয়ম বিবৃত করুন। (৩৮তম), কারশফের **Current** এবং **Voltage Law** ব্যাখ্যা করুন। (৩৭তম)]

কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র (Kirchhoff's Voltage Law) বা KVL

কোনো বদ্ধ বর্তনী অন্তর্গত মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তি (e.m.f) ওই বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলসমূহের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

অথবা, পরিবাহী বর্তনীর মধ্যে যেকোনো বদ্ধ বর্তনীর বিভিন্ন অংশের রোধ এবং এদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফল ওই বদ্ধ বর্তনীর মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তির সমান হয়।

অর্থাৎ $\Sigma IR = \Sigma E$

কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করার সময় ভোল্টেজগুলোকে ক্লক ওয়াইজ (ঘড়ির কাঁটার দিকে) অথবা কাউন্টার ক্লক ওয়াইজ (ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে) ধরে নিতে হয়।

কার্শফের ভোল্টেজ সূত্রের (KVL) ব্যাখ্যা

ABCDEF আবদ্ধ বর্তনীতে ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-E_1 + I_1R_1 - I_2R_2 + E_2 = 0$

$\Longrightarrow E_2 - E_1 = I_2R_2 - I_1R_1$

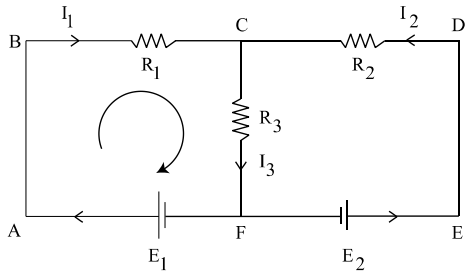
$\Longrightarrow \Sigma E = \Sigma IR$

একইভাবে ABCF আবদ্ধ বর্তনীতে ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-E_1 + I_1R_1 + I_3R_3 = 0$

$\Longrightarrow E_1 = I_1R_1 + I_3R_3$

$\Longrightarrow \Sigma E = \Sigma IR$



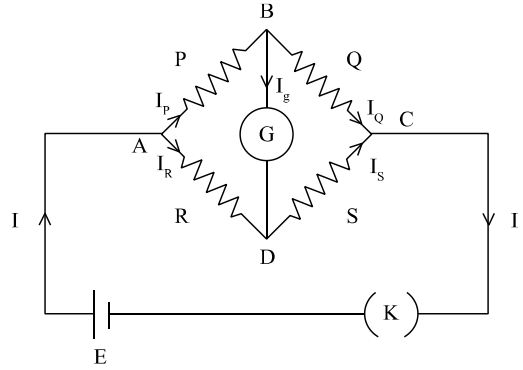
চিত্র : কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র

[প্রশ্ন: **Kirchhoff** এর সূত্র ব্যবহার করে হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি প্রতিপাদন করুন। (৪৫তম)]

Kirchhoff এর সূত্র ব্যবহার করে হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি প্রতিপাদন

চারটি রোধ শ্রেণিবদ্ধভাবে সজ্জিত করে একটি আবদ্ধ লুপ তৈরি করলে যে চারটি সংযোগস্থল তৈরি হয়। তার যেকোনো দুটি বিপরীত সংযোগস্থলের মাঝে একটি বিদ্যুৎকোষ অপরদুটি সংযোগস্থলের মাঝে গ্যালভানোমিটার সংযোগে যে বর্তনী তৈরি হয় তাই হুইটস্টোন ব্রিজ।

ধরা যাক, P, Q, S ও R চারটি রোধ পরপর শ্রেণিবদ্ধ ভাবে সাজিয়ে ABCD চতুর্ভূজের ন্যায় একটি আবদ্ধ বর্তনী গঠন করা হলো। P ও R এর সংযোগস্থল A এবং Q ও S এর সংযোগস্থল C। A এবং C কে একটি কোষ ও চাবি দ্বারা সংযুক্ত করা হলো। P ও Q এর সংযোগস্থল D এর মাঝখানে একটি গ্যালভানোমিটার G দ্বারা যুক্ত করা হলো। সাম্যাবস্থায় অর্থাৎ যখন B ও D বিন্দুর বিভব সমান হবে তখন গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ $I_g = 0$ হবে। এই অবস্থায় চিত্রে B ও D বিন্দুতে কির্শফের প্রবাহ সূত্র (KCL) প্রয়োগ করে পাই,



B বিন্দুতে, $I_p = I_g + I_Q$ ..... (1)

D বিন্দুতে, $I_R + I_g = I_S$ ..... (2)

আবার, ABDA ও BCDB আবদ্ধ দুটিতে কির্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে পাই

$I_pP + I_gG = I_RR$ [ABDA আবদ্ধ বর্তনীতে] ..... (3)

$I_QQ = I_sS + I_gG$ [BCDB আবদ্ধ বর্তনীতে] ..... (4)

ব্রীজের সাম্যাবস্থায় $I_g = 0$

তাহলে সমীকরণ (1) ও (2) থেকে পাই,

$I_p = I_Q$, এবং $I_R = I_S$ ..... (5)

একইভাবে সমীকরণ (4) ও (5) থেকে পাওয়া যায়

$I_pP = I_RR$ ..... (6)

$I_QQ = I_sS$ ..... (7)

সমীকরণ (6) কে (7) দ্বারা ভাগ করে,

$\frac{I_pP}{I_QQ} = \frac{I_RR}{I_sS}$

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ $[I_p = I_Q$ এবং $I_R = I_S]$

এটি হুইটস্টোন ব্রীজের সাম্যবস্থার সূত্র, এই অবস্থায় চারটি রোধের মধ্যে যেকোনো তিনটি রোধ জানা থাকলে চতুর্থ রোধ জানা যায়।

Voltage Regulation and The Internal Resistance of Voltage Sources, Generation of AC and DC Voltages

ভোল্টেজ রেগুলেশন (Voltage Regulation)

একটি power supply এর আউটপুট ভোল্টেজ তার load current এর উপর নির্ভর করে। যদি load current (I_L) বাড়ানো হয় অর্থাৎ রোধ কমানো হয় তবে ঐ power supply এ বেশি voltage drop হবে অর্থাৎ output voltage কম হবে। আর যদি load current কমানো হয় অর্থাৎ রোধ বাড়ানো হয় তবে output voltage বেশি পাওয়া যাবে। Load current এর সাপেক্ষে output voltage এর যে পরিবর্তন হয় বা voltage এর যে হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে ঐ power supply এর voltage regulation বলে।

ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের ক্ষেত্রে ভোল্টেজ রেগুলেশন বলতে প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ এবং গ্রহণ প্রান্তের ভোল্টেজের পার্থক্য ও প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ রেগুলেশন বলে।
জেনারেটর/মোটর ও ট্রান্সফর্মার এর ক্ষেত্রে নো-লোড ভোল্টেজ এবং ফুল লোড ভোল্টেজ এর পার্থক্য ও ফুল-লোড ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ রেগুলেশন বলে।

$$\text{Voltage Regulation (\%)} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

যেখানে, V_{NL} = output voltage at no-load.
V_{FL} = output voltage at full-load.
Full-load ভোল্টেজ ও no-load voltage এর পার্থক্য যত কম হবে power supply তত ভাল হবে।

ভোল্টেজ রেগুলেশন মূলত ফুল-লোড অবস্থায় মেশিন বা সিস্টেম এর রেটেড ভোল্টেজ থেকে কতটুকু ওঠানামা করে তা বোঝায়। ভোল্টেজ রেগুলেশন এর মান যত কম হয় ততই ভালো। ভোল্টেজ রেগুলেশন লোডের ধরনের উপর নির্ভরশীল। যেমন-

১. রেজিস্টিভ লোড (হিটার, ইলেকট্রিক আয়রন, ল্যাম্প)।
২. ইন্ডাকটিভ লোড (ইন্ডাকশন মোটর, চোক কয়েল, ট্রান্সফর্মার)।
৩. ক্যাপাসিটিভ লোড (ক্যাপাসিটর, সিনক্রোনাস কন্ডেনসার)।

অভ্যন্তরীণ রোধ

প্রত্যেক তড়িৎ উৎসের একটি নিজস্ব রোধ থাকে। একে অভ্যন্তরীণ রোধ বলা হয়। অভ্যন্তরীণ রোধ হলো উৎসের মধ্যেই তড়িৎ প্রবাহের সহজাত রোধ। অভ্যন্তরীণ রোধ বিশিষ্ট এবং E তড়িৎচালক শক্তিবিশিষ্ট একটি কোষের রোধ R হলে এর বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা $I = \frac{E}{R+r}$.
প্রদত্ত emf এর জন্য অভ্যন্তরীণ রোধের (r) পরিমাণ যত কম, তত বেশি বিদ্যুৎ এবং তত বেশি শক্তি উৎস সরবরাহ করতে পারে।

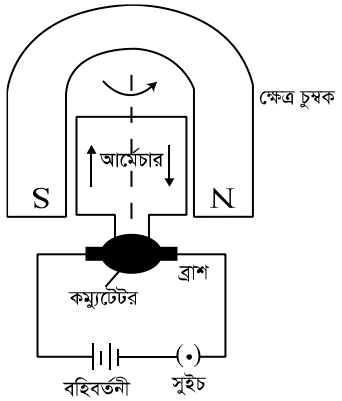
উদাহরণস্বরূপ- বিভিন্ন কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ যেমন- রিচার্জেবল নিকেল-ক্যাডমিয়াম কোষগুলো কতবার এবং কতটা হ্রাস পেয়েছে তার উপর নির্ভর করে।

জেনারেটর বা ডায়নামো (Generator or Dynamo)

[প্রশ্ন: **Generator** কী লিখুন। (৪০তম)]

যে যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় তাকে জেনারেটর বা ডায়নামো বলে। এই রূপান্তর প্রক্রিয়া সম্পাদনের জন্য Magnetic field তৈরির প্রয়োজন হয়। আর্মেচার এর উপরিভাগে তারের কয়েল বসানো থাকে। চুম্বকক্ষেত্রের ভিতরে আর্মেচারটিকে ঘুরানোর জন্য প্রয়োজন হয় একটি প্রাইম মুভার (ইঞ্জিন)। আর্মেচার কয়েলকে যদি চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয় তবে আর্মেচার পরিবাহীতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় যাকে EMF (Electro Motive Force) বলে।

জেনারেটর এর মাধ্যমে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে AC or DC উভয়ই হতে পারে।



চিত্র : ডিসি জেনারেটর

জেনারেটর বা ডায়নামো দু'প্রকার: যথা-
১. এসি জেনারেটর বা এ.সি. ডায়নামো বা অল্টারনেটর
২. ডিসি জেনারেটর বা ডি. সি. ডায়নামো
বাস্তব ক্ষেত্রে ফ্যারাডের তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্রের প্রয়োগই এ যন্ত্রের মূলনীতি।

ডি. সি জেনারেটর এর প্রধান অংশ চারটি:
ক. ক্ষেত্রচুম্বক: এ চুম্বকের দু'মেরুর মধ্যে প্রবল চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। ক্ষেত্র চুম্বকটি স্থায়ী বা অস্থায়ী হতে পারে।

খ. আর্মেচার: নরম লোহার চোঙের উপর জড়ানো বহুপাক বিশিষ্ট তারের কুণ্ডলী হলো আর্মেচার।

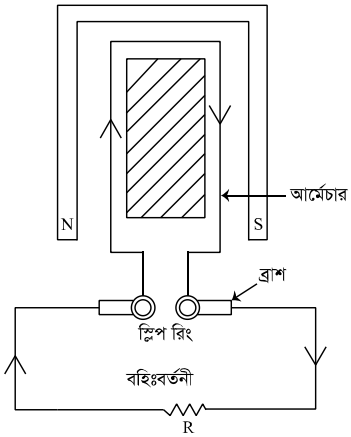
গ. **কম্যুটেটর:** ডি.সি ডায়নামোতে কুণ্ডলীর দু'প্রান্তের সাথে দুটি অর্ধবৃত্তাকার পাত বা কম্যুটেটর লাগানো থাকে। পাত দুটোর মধ্যকার স্থান ফাঁকা থাকে ও পরস্পরের সাথে অন্তরিত অবস্থায় থাকে। কম্যুটেটর ব্যবহারের একমাত্র উদ্দেশ্য হলো দিক পরিবর্তী (AC) প্রবাহকে একমুখী (DC) প্রবাহে পরিণত করা।

ঘ. **ব্রাশ:** কম্যুটেটরের গায়ে কার্বন নির্মিত দুটি ব্রাশ থাকে। ব্রাশ দুটির সাথে বহিঃবর্তনীর (এক্সটার্নাল সার্কিট) সংযোগ থাকে। এই ব্রাশগুলোর মাধ্যমেই ডায়নামোতে উৎপন্ন তড়িৎপ্রবাহ বহিঃবর্তনীতে (এক্সটার্নাল সার্কিট) পাওয়া যাবে।

অল্টারনেটর (Alternator)

[প্রশ্ন: Alternator কী লিখুন। (৪০তম)]

Alternator হচ্ছে একটি বৈদ্যুতিক জেনারেটর যা যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। Alternator পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ বা AC কারেন্টে কাজ করে। বেশির ভাগ Alternator এ একটি স্থির আর্মেচারের সাথে ঘোরানো চৌম্বক ক্ষেত্র ব্যবহার করা হয়। কখনও ব্যাটারি চার্জ করতে এবং বৈদ্যুতিক ডিভাইসে শক্তি সরবরাহ করতে এটি ব্যবহৃত হয়। অল্টারনেটর এমন একটি জেনারেটর যা পরিবর্তনশীল ভোল্টেজ (AC) উৎপন্ন করে এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রে অল্টারনেটর থ্রি-ফেজ হয়ে থাকে।



চিত্র: একটি AC মোটর

এ.সি জেনারেটর বা ডায়নামোর প্রধান চারটি অংশ:

ক. **ক্ষেত্রচুম্বক:** এ চুম্বকের দু'মেরুর মধ্যে প্রবল চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। সে ক্ষেত্রে চুম্বকটি স্থায়ী বা অস্থায়ী চুম্বক হতে পারে।

খ. **আর্মেচার:** একটি নরম লোহার চোঙের উপর জড়ানো বহু পাক বিশিষ্ট একটি তারের কুণ্ডলী।

গ. **স্লিপ রিং বা আংটা:** আর্মেচারের তারের কুণ্ডলীর প্রান্তদ্বয় দুটি ধাতব আংটার সাথে যুক্ত থাকে। এদের স্লিপ রিং বলে। আংটাগুলো আর্মেচার কুণ্ডলীর সাথে এক যোগে একই অক্ষের চারদিকে ঘুরতে থাকে।

ঘ. **ব্রাশ:** কার্বন নির্মিত দুটি ব্রাশ এমনভাবে রাখা হয় যে, যখন আর্মেচার ঘুরতে থাকে তখন, এক প্রান্ত স্লিপ রিং এর সাথে আলগাভাবে লেগে থাকে। এদের অন্য প্রান্ত বহিঃবর্তনীর (এক্সটার্নাল সার্কিট) সাথে যুক্ত থাকে।

কার্যপদ্ধতি

যখন আর্মেচারকে ঘুরানো হয়। তখন আর্মেচার কুণ্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলোকে ছেদ করে এবং তড়িৎ চৌম্বকের আবেশ অনুযায়ী কুণ্ডলীতে তড়িৎচালক শক্তি আবিষ্ট হয়। এখন কুণ্ডলীটির দুই প্রান্ত বহি:বর্তনীর সাথে সংযুক্ত থাকায় বর্তনীতে পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহ (AC) উৎপন্ন হয়। কুণ্ডলীর একবার ঘূর্ণনের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখও একবার পরিবর্তিত হয়।

Transformers

ট্রান্সফর্মার (Transformer)

[প্রশ্ন: বৈদ্যুতিক ট্রান্সফর্মারের মূলনীতি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। (৪১তম), Transformer কি? (৩৭তম)]

যে যন্ত্রের সাহায্যে সহজেই পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহের উচ্চ ভোল্টেজকে নিম্ন ভোল্টেজে অথবা নিম্ন ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা যায় তাকে ট্রান্সফর্মার বলে। তড়িৎ চৌম্বক আবেশের উপর ভিত্তি করে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয়। এটি এক ধরনের স্টেশনারি ডিভাইস যার সাহায্যে ফ্রিকোয়েন্সি স্থির রেখে ম্যাগনেটিক ফিল্ড পরিবর্তনের মাধ্যমে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট বাড়ানো অথবা কমানো যায় এবং এক সার্কিট হতে আরেক সার্কিট/লাইনে পাঠানো যায়। এখানে 'স্টেশনারি' বলা হচ্ছে কারণ ট্রান্সফর্মারে কোনো ঘূর্ণায়মান অংশ থাকে না।

এসি সিস্টেমে প্রথমে জেনারেটর হতে সাধারণত 11KV উৎপন্ন করা হয়। এই ভোল্টেজকে 230KV অথবা 400KV-এ পরিণত করে ট্রান্সমিট করা হয়। হাই ভোল্টেজ ট্রান্সমিট করার প্রধান সুবিধা হলো System loss (I^2R) কম হয়। পরবর্তীতে বাসাবাড়িতে ডিস্ট্রিবিউশনের জন্য এই হাই ভোল্টেজকে বিভিন্ন ধাপে কমিয়ে 230 ভোল্টেজে পরিণত করে সাপ্লাই দেয়া হয়। এই সাপ্লাই ভোল্টেজ বাড়ানো অথবা কমানোর কাজেই মূলত ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

ট্রান্সফর্মারের গঠন

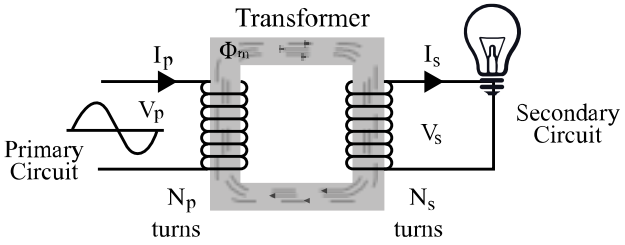
ট্রান্সফর্মারের প্রধান অংশ দুটি। যথা- (ক) ট্রান্সফর্মার কোর (খ) ট্রান্সফর্মার কয়েল

ক. **ট্রান্সফর্মার কোর:** সিলিকন স্টিলের পাতলা শিট বা পাত কেটে কোর তৈরি করা হয়। প্রতিটি কোরকে ভালোভাবে বার্নিশ দেওয়া হয়। ফলে তারা পরস্পর থেকে ইলেকট্রিক্যালি আইসোলেটেড থাকে। অনেক কোর একত্রে স্থাপন করে একটি ফ্রেম তৈরি করা হয়। এই ফ্রেমটি প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি কয়েলের মধ্যে ম্যাগনেটিক সার্কিট হিসেবে কাজ করে।

খ. **ট্রান্সফর্মার 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।

ট্রান্সফর্মারের কার্যনীতি

[প্রশ্ন: **Transformer** এর কার্যপ্রণালি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। (৪৭তম, ৩৭তম)]



ধরা যাক, কোনো ট্রান্সফরমারে Np পাকবিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_p পর্যায়বৃত্ত ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে I_p তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যায়। এই প্রবাহ ম্যাগনেটিকে চুম্বকিত করে চৌম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে যা মুখ্য কুণ্ডলীতে একটি আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন করে। চৌম্বক বলরেখার যদি কোনো ক্ষরণ না হয় তাহলে গৌণ কুণ্ডলীর প্রতি পাকেও একই সংখ্যক বলরেখা সংযুক্ত হবে। ফলে কুণ্ডলীতেও তড়িৎচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা N_s এবং আবিষ্ট ভোল্টেজ বা তড়িচ্চালক শক্তি E_s হলে আমরা লিখতে পারি, $\frac{Ep}{Es} = \frac{Np}{Ns}$

অর্থাৎ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা তড়িচ্চালক শক্তির সমানুপাতিক। যখন $Ns > Np$ হয় তখন ট্রান্সফর্মারটি আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার আবার $Np > Ns$ হলে ট্রান্সফারমারটি অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার।

যদি ট্রান্সফরমারের ক্ষমতার অপচয় না ঘটে অর্থাৎ
মুখ্য কুণ্ডলীর ক্ষমতা = গৌণ কুণ্ডলীর ক্ষমতা
বা, মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ × মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ = গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ × গৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ
বা, $E_p \times I_p = E_S \times I_S$
বা, $\frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P}$
অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহ তড়িচ্চালক শক্তির ব্যস্তানুপাতিক

স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার

যে ট্রান্সফর্মার এর প্রাইমারিতে কম ভোল্টেজ সাপ্লাই দিয়ে সেকেন্ডারিতে বেশি ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার বলে। ট্রান্সমিশন লাইনের শুরুতে এই জাতীয় ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। এই ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারির চেয়ে সেকেন্ডারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি।

[প্রশ্ন: বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণের ক্ষেত্রে ট্রান্সফর্মারের ভূমিকা লিখুন। (৩৬তম), **Transformer** কী? কত প্রকার? রাস্তার ধারে বৈদ্যুতিক পোলে কীরূপ **Transformer** লাগানো থাকে এবং কেন? (৩৫তম)]

স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার

এই ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারিতে বেশি ভোল্টেজ সাপ্লাই দেওয়া হয় এবং সেকেন্ডারিতে কম ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই জাতীয় ট্রান্সফর্মার সাধারণত ট্রান্সমিশন লাইনের শেষ প্রান্তে এবং বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে ব্যবহার করা হয়। এটির সেকেন্ডারির চেয়ে প্রাইমারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি থাকে।

বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণ ব্যবস্থায় ট্রান্সফর্মারের ভূমিকা

বিদ্যুৎ সঞ্চালন ও বিতরণ ব্যবস্থায় এই দুই ধরনের ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয় এবং এগুলো সঠিকভাবে বিদ্যুৎ গ্রাহকের নিকট পৌঁছাতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে যখন সঞ্চালন লাইনের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ পাঠানো হয় তখন স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে বিদ্যুতের ভোল্টেজকে বাড়ানো হয়। এ সময় বিদ্যুৎ প্রবাহের মান যথেষ্ট মাত্রায় কমিয়ে আনা হয়। কারণ উচ্চ প্রবাহ মাত্রায় বিদ্যুৎ পাঠানো হলে বিদ্যুতের তারে থাকা রোধের কারণে তাপশক্তি উৎপন্ন হয়ে বিদ্যুতের অপচয় হবে। এজন্য বিদ্যুতের ভোল্টেজকে বাড়াতে হয় আর এ কাজটি করা হয় স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে। অন্যদিকে অধিক ভোল্টেজ সম্পন্ন বিদ্যুৎ গ্রাহকের ব্যবহারের উপযোগী নয়। কাজেই গ্রাহক পর্যায়ে বিদ্যুৎ ব্যবহারের জন্য ভোল্টেজকে কমাতে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের মান বাড়ানোর প্রয়োজন হয়। এ কাজটি করার জন্য স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার বিদ্যুৎ বিতরণ লাইনে বিদ্যুতের ভোল্টেজ কমিয়ে আনতে সাহায্য করে।

ট্রান্সফর্মারের ব্যবহার

বর্তমান সময়ে ট্রান্সফর্মারের বহুল ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়। নিম্নে ব্যবহারসমূহ উল্লেখ করা হলো:

১. এ.সি সরবরাহের নানাবিধ ব্যবহারিক প্রয়োজনে আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে নিম্নমানের বিভবকে উচ্চমানে উন্নীত করা হয় ও অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চ মানের বিভবকে নিম্নমানের বিভবে আনয়ন করা হয়।
২. বিদ্যুৎ শক্তি প্রেরণ ও বণ্টন ব্যবস্থায় ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।
৩. টেলিগ্রাফ ও টেলিফোন পদ্ধতি, বেতার প্রেরক ও গ্রাহক যন্ত্র, টেপ রেকর্ডার, ভিসিআর, ইলেকট্রিক ঘড়ি, ওয়াকম্যান এবং টেলিভিশনে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা।
৪. ইলেকট্রিক ওয়েল্ডিং মেশিন এবং ইলেকট্রিক ফার্নেসে ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।
৫. এ.সি প্রবাহ দ্বারা পরিচালিত প্রায় সব যন্ত্রে ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

সিস্টেম লস (System Loss)

উৎপাদিত তড়িৎ দূর দূরান্তে দেশের বিভিন্ন স্থানে ব্যবহৃত হয়, তাই তড়িৎকে উৎপাদন কেন্দ্র থেকে একটি প্রেরণ ব্যবস্থার মাধ্যমে সারাদেশে পাঠানো হয়। এই ব্যবস্থায় পাওয়ার স্টেশনগুলো পরস্পরের সাথে সংযুক্ত থাকে। এই ব্যবস্থার নাম জাতীয় গ্রীড। তারের মাধ্যমে তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত তড়িৎ সাব স্টেশনে তড়িৎ সঞ্চালন করা হয়। এর পর সাবস্টেশন থেকে বিভিন্ন গ্রাহক পর্যায়ে তড়িৎ শক্তি বিতরণ করা হয়। তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্রের উৎপাদিত বিভব যান্ত্রিক কারণে নিম্ন বিভবে তড়িৎ উৎপাদন করা হয় এবং স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে বিভব বৃদ্ধি করা হয় এবং গ্রাহক পর্যায়ে বিতরণ করা তড়িৎ শক্তিও নিম্ন বিভবে থাকে। তাই স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে বিভব হ্রাস করা হয়। অর্থাৎ তারে যখন উচ্চ ভোল্টেজের তড়িৎ থাকে তখন তড়িৎ প্রবাহের মান কম থাকে। প্রেরক তারে যে রোধ থাকে তা খুবই কম কিন্তু এই রোধ তাৎপর্যপূর্ণ। তারের ভিতর দিয়ে যত বেশি তড়িৎ প্রবাহ চলে, ততই এটি উত্তপ্ত হতে থাকে ফলে তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে শক্তির অপচয় ঘটে। সঞ্চালন তারের রোধের কারণে যে তড়িৎ শক্তির অপচয় হয় তাকে সিস্টেম লস বলে। তড়িৎ প্রবাহ যত কমানো যায় সিস্টেম লস তত কম হবে।

Electrical Motor and their Applications

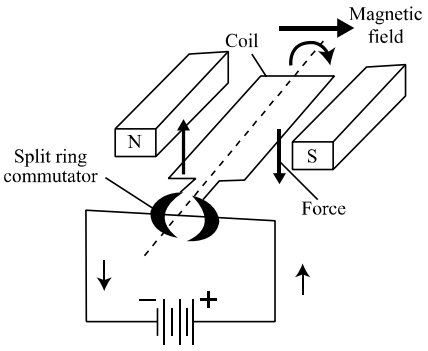
মোটর (Motor)

মোটর হলো একটি যন্ত্র যার মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তিকে (Electrical Energy) যান্ত্রিক শক্তিতে (Mechanical Energy) তে রূপান্তরিত করে। মোটর আর জেনারেটর গঠন প্রায় একই রকম কিন্তু কাজের দিক দিয়ে একটি আরেকটির বিপরীত।

মোটরকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা হয়। যথা: ১. ডিসি মোটর ২. এসি মোটর

ডিসি মোটর

মোটরটির স্থিতিশীল অংশে ডিসি কারেন্ট প্রবাহিত হয়, যা স্টেটর নামে পরিচিত। তারের একটি কয়েল যা বৈদ্যুতিক প্রবাহ বহন করে সেটি রোটর নামে পরিচিত। একটি ডিসি মোটর বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে।



ডি.সি মোটরের প্রধান অংশগুলো হচ্ছে: ক. ক্ষেত্রচুম্বক খ. আর্মেচার গ. কম্যুটেটর ঘ. ব্রাশ

ক. ক্ষেত্রচুম্বক: U আকৃতির একটি স্থায়ী বা তড়িৎ চুম্বক এই যন্ত্রের মধ্যে চুম্বকের কাজ করে।

খ. আর্মেচার: লোহার মজ্জার উপর অন্তরিত তামার তারের কুণ্ডলী জড়িয়ে আর্মেচার তৈরি করা হয়।

গ. কম্যুটেটর: এটি অর্ধবৃত্তাকার দুটি ধাতব পাত। পাত দুটি কুণ্ডলীর দুই প্রান্তে সংযুক্ত থাকে।

ঘ. ব্রাশ: কার্বন অথবা তামা দ্বারা ব্রাশ নির্মাণ করা হয়। ব্রাশের মাধ্যমে কম্যুটেটরের সাথে বহিঃবর্তনী সংযুক্ত বর্তনীতে (সার্কিটে) একটি তড়িচ্চালক বলের উৎস ও পরিবর্তনশীল রোধ থাকে।

কার্যপ্রণালি [প্রশ্ন: একটি বৈদ্যুতিক মোটরের কার্যপ্রণালি সংক্ষেপে বর্ণনা করুন। (৩৭তম)]

ডিসি মোটরের প্রধান দুটি অংশ ফিল্ড ও আর্মেচার। যখন আর্মেচারকে ফিল্ড পোলের দ্বারা উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে বসিয়ে ঘুরানো হয়, তখন ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতি অনুসারে পরিবাহীতে ভোল্টেজ আবিষ্ট হয় এবং আর্মেচার সার্কিটটি আবদ্ধ থাকলে তার মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। আর্মেচার সার্কিটটি বাইরের কোনো বৈদ্যুতিক উৎসের সাথে সংযুক্ত করা হয় তবে আর্মেচার কন্ডাক্টরে একটি যান্ত্রিক বল উৎপন্ন হয়, যা ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম অনুসারে ঘোরে।

[**ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম:** বাম হাতের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী ও মধ্যমাগুলো পরস্পরের সাথে সমকোণে প্রসারিত করলে যদি তর্জনী চুম্বক ফ্লাক্সের দিক এবং মধ্যমাগুলো পরিবাহী তারের কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশ করে, তবে বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহী তারের ঘূর্ণন দিক নির্দেশ করবে।]

এসি মোটর

একটি এসি মোটরে এসি কারেন্ট কয়েলগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত। যখন একটি তড়িৎচৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে দিক পরিবর্তী তড়িৎ বা এসি কারেন্ট প্রবাহিত হয় তখন একটি চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। স্থির অংশগুলো তড়িৎচৌম্বক পদার্থ দ্বারা গঠিত। যে চৌম্বকক্ষেত্রটি তৈরি হয় তার নিয়মিত পরিবর্তন হয়। তড়িৎ চৌম্বক এবং চৌম্বকীয় ক্ষেত্রের মধ্যে মিথস্ক্রিয়ায় মোটরটি ঘুরতে শুরু করে।

প্রয়োগ: শিল্প ব্যবস্থাপনায় ইলেকট্রিক মোটরের প্রয়োগ বহুল। নিম্নে তা উল্লেখ করা হলো-

এসি মোটর	ডিসি মোটর
১. হাইড্রলিক পাম্প ও বিভিন্ন যন্ত্রাদি। ২. কম্প্রেসর ড্রাইভ ও সিস্টেম। ৩. কম্পিউটার। ৪. কনভেয়ার সিস্টেম- ফ্যান ও এয়ার কন্ডিশনার।	১. মেশিন ও ফ্যাব্রিকেশন শপ। ২. যে সকল ইলেকট্রিক্যাল যন্ত্রাংশে সর্বদা ধ্রুব বিদ্যুৎ শক্তি প্রয়োজন, যেমন- ভ্যাকুয়াম ক্লিনার, লিফট, সেলানোর মেশিনসহ ইত্যাদি। ৩. শিশুদের খেলনায়, রোবট প্রস্তুতিতে, ইলেকট্রিক বাইক।

এসি মোটর ও ডিসি মোটর এর মধ্যে পার্থক্য

এসি মোটর	ডিসি মোটর
১. প্রধান চালিকা শক্তি হলো এসি কারেন্ট।	১. প্রধান চালিকা শক্তি হলো ডিসি কারেন্ট।
২. কার্বন ব্রাশ নেই।	২. কার্বন ব্রাশ আছে।
৩. নিজে নিজে স্টার্ট নিতে পারে না। বাহ্যিক সরঞ্জামের প্রয়োজন হয়।	৩. নিজে নিজে স্টার্ট নিতে পারে।
৪. মূল উৎস থেকে সিংগেল ফেজ অথবা থ্রি ফেজ কারেন্ট ব্যবহার করা হয়।	৪. মূল উৎস ব্যাটারি বা তড়িৎ কোষ। সিংগেল ফেজ কারেন্ট ব্যবহার করা হয়।
৫. কম্যুটেটর নেই।	৫. কম্যুটেটর আছে।
৬. আর্মেচার স্থির থাকে, চুম্বক ঘূর্ণায়মান থাকে।	৬. আর্মেচার ঘূর্ণায়মান, চৌম্বক ক্ষেত্র স্থির থাকে।
৭. বড় ইন্ডাস্ট্রিয়াল কাজে ব্যবহার করা হয়।	৭. ছোট পরিসরে যেমন গৃহস্থ কাজে ব্যবহার করা হয়।
৮. এসি মোটরের রক্ষণাবেক্ষণ তুলনামূলক কম খরচের।	৮. রক্ষণাবেক্ষণ খরচ বেশি।

বৈদ্যুতিক মোটর ও জেনারেটর-এর মধ্যে পার্থক্য

বৈদ্যুতিক মোটর	জেনারেটর
১. মোটর হলো একটি কৌশল যার মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।	১. জেনারেটর হলো একটি কৌশল যার মাধ্যমে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।
২. মোটর ইলেকট্রিসিটি ব্যবহার করে।	২. জেনারেটর ইলেকট্রিসিটিকে তৈরি করে।
৩. তড়িৎবাহী তারের উপরে চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে বৈদ্যুতিক মোটর তৈরি করা হয়।	৩. তড়িৎবাহী আবেশের উপর ভিত্তি করে জেনারেটর তৈরি করা হয়।
৪. মোটরের আর্মেচার তারকুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়।	৪. জেনারেটরের আর্মেচার তারকুণ্ডলীর এর মধ্যে কারেন্ট তৈরি হয়।
৫. মোটর ফ্লেমিং এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসরণ করে।	৫. জেনারেটর ফ্লেমিং এর ডান হস্ত নিয়ম অনুসরণ করে।
৬. ইলেকট্রিক বাইক কিংবা কার গাড়ি হচ্ছে মোটরের উদাহরণ।	৬. পাওয়ার স্টেশনে টার্বাইন যুক্ত ডিভাইসগুলো হচ্ছে জেনারেটরের উদাহরণ।

AC Transmission & Distribution

ট্রান্সমিশন

[প্রশ্ন: বিদ্যুৎ সঞ্চালন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। (৪৪তম)]

ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারকে জেনারেটিং স্টেশন বা বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র হতে সাব-স্টেশন পর্যন্ত পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে ট্রান্সমিশন বলে। এতে পোল, টাওয়ার, কন্ডাক্টর, ট্রান্সফর্মার ইত্যাদি প্রয়োজন হয়। বাংলাদেশে ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ সাধারণত ২৩০ KV, ১৩২ KV, ৬৬ KV ও ৩৩ KV। বাংলাদেশে উৎপন্ন ভোল্টেজ (জেনারেটেড ভোল্টেজ) ১১ KV বা ১১০০০ ভোল্ট। জেনারেটিং স্টেশন হতে উৎপন্ন ১১ KV ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে বিভিন্ন সাব স্টেশনে পৌঁছানো হয়।

ট্রান্সমিশন দুই ধরনের। যথা- ক. প্রাইমারি ট্রান্সমিশন খ. সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন

প্রাইমারি ট্রান্সমিশন

জেনারেটিং স্টেশনের ট্রান্সফর্মার থেকে সাব-স্টেশনের ট্রান্সফর্মার পর্যন্ত বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে প্রাইমারি ট্রান্সমিশন বলে।

সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন

এক সাব-স্টেশনের ট্রান্সফর্মার থেকে অন্য সাব-স্টেশনের ট্রান্সফর্মারে বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন বলে।

ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ এবং কন্ডাক্টর দৈর্ঘ্যের উপর ভিত্তি করে এটি মূলত দুটি ধরনের শ্রেণিবদ্ধ করা হয়।

১. এসি ট্রান্সমিশন লাইন ২. ডিসি ট্রান্সমিশন লাইন

১. **এসি ট্রান্সমিশন লাইন:** এই ট্রান্সমিশন লাইনে রোধ R, ইন্ডাকট্যান্স L, ক্যাপাসিট্যান্স C এবং শান্ট বা লিকেজ কন্ডাক্টেন্স G লোড এবং ট্রান্সমিশন লাইনের সাথে সংযুক্ত থাকে যা লাইনের কার্যকারিতা নির্ধারণ করে। তিন ধরনের AC ট্রান্সমিশন লাইন রয়েছে।

ছোট ট্রান্সমিশন লাইন - ছোট ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য 80 কিলোমিটার পর্যন্ত।

মাঝারি ট্রান্সমিশন লাইন - মাঝারি সংক্রমণ লাইনের দৈর্ঘ্য এর মধ্যে রয়েছে 80 কি.মি. থেকে 200 কি.মি.।

দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইন - দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য 150 কিলোমিটারের বেশি।

২. **ডিসি ট্রান্সমিশন লাইন:** ডিসি ট্রান্সমিশন লাইনে, পারদ আর্ক রেকটিফায়ার এসি-কে ডিসি তে রূপান্তর করে। ডিসি ট্রান্সমিশন লাইন দীর্ঘ দূরত্বে প্রচুর পরিমাণে শক্তি প্রেরণ করে।

ডিস্ট্রিবিউশন

[প্রশ্ন: বিদ্যুৎ বিতরণ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। (৪৪তম)]

ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারকে সাব-স্টেশন থেকে ব্যবহারকারীর বা গ্রাহকের বাড়ির মিটার বোর্ড পর্যন্ত পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়। বাংলাদেশে ব্যবহৃত ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজ সাধারণত 11 KV, 3.3 KV, 0.44 KV হয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের মাধ্যমে গ্রাহক সরাসরি বিদ্যুৎ সরবরাহ পেয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমার এবং ট্রান্সমিশন লাইনে পাওয়ার ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। ডিস্ট্রিবিউশন দুই ধরনের হয়ে থাকে। যথা:

ক. **প্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন:** সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশনের পর থেকে অর্থাৎ 33/11 KV ট্রান্সফর্মারের সেকেন্ডারি থেকে ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারি পর্যন্ত অর্থাৎ 11/0.4 KV ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারি পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে প্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

খ. **সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন:** ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফর্মারের সেকেন্ডারি থেকে অর্থাৎ 11/0.4 KV ট্রান্সফর্মারের সেকেন্ডারি থেকে গ্রাহকের ওয়ারিং পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেওয়ার ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

ট্রান্সমিশন লাইন হলো এমন এক ধরনের লাইন যা উচ্চ পরিমাণ জেনারেটেড পাওয়ার-কে পরিবাহী তারের মাধ্যমে দূরবর্তী এক স্টেশন থেকে অন্য স্টেশনে প্রেরণ করে থাকে। ট্রান্সমিশন লাইন থেকে বাসা-বাড়ি বা কনজিউমার লেভেলে যে বিদ্যুৎ প্রেরণ করা হয় তাকে ডিস্ট্রিবিউশন লাইন বলা হয়ে থাকে।

ফিডার : বিদ্যুৎ সরবরাহের অন্তর্ভুক্ত এলাকাসমূহকে উপকেন্দ্র বা উৎপাদন কেন্দ্রের সাথে সংযোগ করতে যে পরিবাহী ব্যবহার করা হয় তাকে ফিডার বলে।

বণ্টনকারী : ফিডার হতে যে পরিবাহী মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তি বণ্টন করা হয় তাকে বণ্টনকারী বলে। এতে ট্যাপিং এর মাধ্যমে গ্রাহক পর্যায়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়।

সার্ভিস মেইন : সার্ভিস মেইন বণ্টনকারী ট্যাপিং পয়েন্ট থেকে গ্রাহক প্রাপ্ত পর্যন্ত বিস্তৃত এবং সার্ভিস মেইনের মাধ্যমেই গ্রাহকগণ বিদ্যুৎ শক্তি পেয়ে থাকে।

দূর-দূরান্তে AC বিদ্যুৎ কীভাবে প্রেরণ ও সরবরাহ করা হয়?

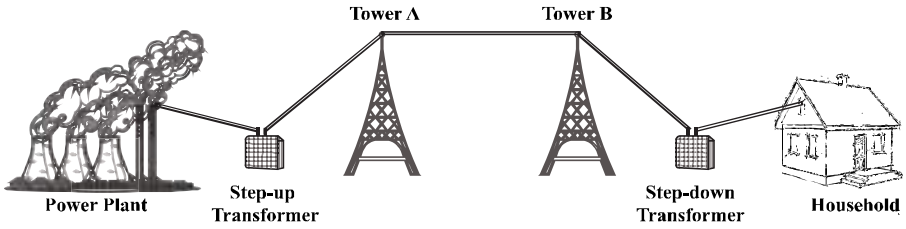
⇨ পাওয়ার স্টেশনে তড়িৎ উৎপাদিত হয়। সবগুলো পাওয়ার স্টেশন একত্রে যুক্ত থাকে পরস্পরের সাথে। এই পাওয়ার স্টেশনগুলোয় উৎপাদিত বিদ্যুৎ জাতীয় গ্রিডে যোগ হয়।

⇨ গ্রিডে থেকে তারের মাধ্যমে দূর-দূরান্তে এ বিদ্যুৎ সাপ্লাই দেওয়া হয়। যেহেতু এই বিদ্যুৎ তারের মাধ্যমে অনেক লম্বা পথ দিয়ে সরবরাহ করা হয় সেহেতু এখানে সিস্টেম লসের কারণে বিদ্যুৎ অপচয় বেশি হয়।

⇨ বিদ্যুতের এই অপচয় কমানোর জন্য প্রবাহ মাত্রাকে খুবই নিম্ন মানে নিয়ে আসা হয়। এবং ফলশ্রুতিতে বিদ্যুতের ভোল্টেজ খুবই উচ্চ মাত্রায় থাকে। এর ফলে I^2R (Heat loss) অনেক কম হয়।

⇨ উদাহরণস্বরূপ, একটি ৫০০ মেগাওয়াট স্টেশনে এটি ২৫,০০০ V এবং ২০,০০০ A হতে পারে।

- স্টেপ-আপ ট্রান্সফর্মার: এই বিদ্যুৎকে পাওয়ার স্টেশনের পাশেই অবস্থিত স্টেপ-আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করা হয়। বাংলাদেশে এই মান সাধারণত ১,৩২,০০০ V, ২,৩০,০০০ V অথবা ৪,০০,০০০ V পর্যন্ত হয়।
- প্রবাহ মাত্রা হ্রাস: ভোল্টেজ যখন ২৫,০০০ V থেকে বাড়িয়ে ৪,০০,০০০ V করা হয় (১৬ গুণ বৃদ্ধি), তখন কারেন্ট বা প্রবাহ মাত্রা আনুপাতিক হারে কমে যায়। ফলে ২০,০০০ A কারেন্ট কমে মাত্র ১,২৫০ A-তে নেমে আসে।
- সরবরাহ (Distribution): শহরের কাছাকাছি গ্রিড সাব-স্টেশনে এই উচ্চ ভোল্টেজকে আবার স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফর্মার দিয়ে কমিয়ে ৩৩,০০০ V বা ১১,০০০ V-এ নামিয়ে আনা হয় এবং সবশেষে গ্রাহক পর্যায়ে ২২০ V-এ সরবরাহ করা হয়।



চিত্র: বিদ্যুৎ উৎপাদন, পরিবহণ ও বণ্টন

ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন করে দূর-দূরান্তে সরবরাহ ও বণ্টনের ব্যবস্থা করতে ওভারহেড লাইন ব্যবহার করা দরকার। আমাদের দেশে শুধু এসি ওভারহেড লাইনের মাধ্যমে বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বণ্টন করা হয়। বৈদ্যুতিক পাওয়ার জেনারেটিং স্টেশনে উৎপন্ন হয়। বৈদ্যুতিক পাওয়ার জেনারেটিং স্টেশন হতে দূর-দূরান্তে প্রেরণের জন্য বিভিন্ন ধরনের সাব-স্টেশন স্থাপন করা হয় সাব-স্টেশন হতে গ্রাহকদের বিভিন্ন লোড ব্যবহার করার জন্য বিভিন্ন ধরনের ডিস্ট্রিবিউশন লাইন ব্যবহার করা হয়। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের সাহায্যে নিম্ন ভোল্টেজকে বিভিন্ন লোডে সরবরাহ করে গ্রাহকদের চাহিদা মেটানো হয়। তাই, ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম।

Thermal, Hydraulic and Nuclear Power Generators

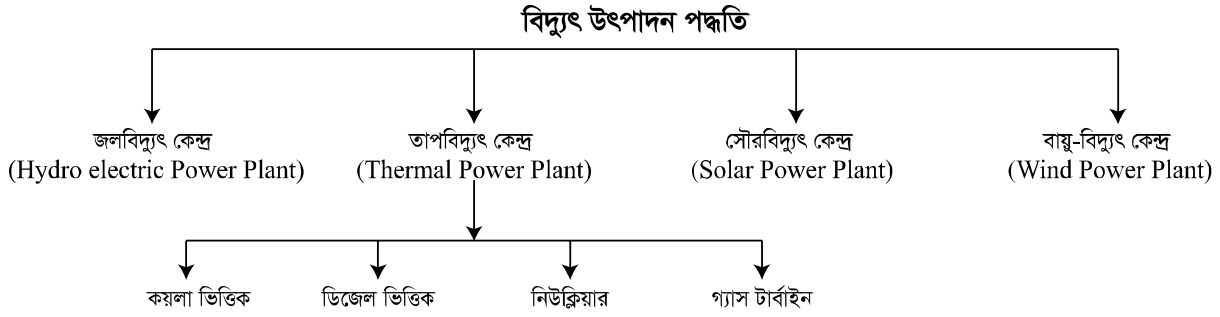
[প্রশ্ন: বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। (৪৪তম)]

পাওয়ার প্ল্যান্ট

পাওয়ার প্ল্যান্ট বা বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র বলতে এমন একটি কেন্দ্র বা প্রতিষ্ঠানকে বুঝায় যেখানে যান্ত্রিক শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা হয়। অর্থাৎ, যেখানে কতগুলো যন্ত্রের মাধ্যমে শক্তির রূপান্তর ঘটিয়ে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা হয় এবং এই বিদ্যুৎ শক্তিকে প্রয়োজনীয় ধাপ অনুসরণ করে নিকট বা দূর-দূরান্তে প্রেরণ করা হয় তাকে পাওয়ার প্ল্যান্ট বা বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র বলে। একটি পাওয়ার প্ল্যান্ট সাধারণত বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র, পাওয়ার স্টেশন, জেনারেটিং স্টেশন বা পাওয়ার হাউজ নামেও পরিচিত।

পাওয়ার প্ল্যান্টের কার্যপদ্ধতি

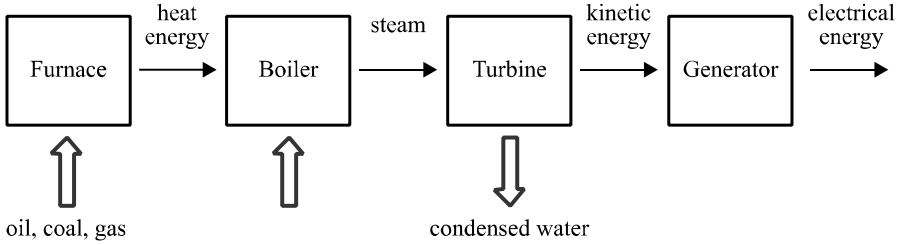
পাওয়ার প্ল্যান্টের মূল কেন্দ্রে একটি জেনারেটর থাকে যা পরিবাহক ও চৌম্বক ক্ষেত্রের মাঝে পারস্পরিক গতি সৃষ্টির মাধ্যমে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে। বেশিরভাগ পাওয়ার প্ল্যান্টে এক বা একাধিক জেনারেটর ব্যবহার করে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করা হয়। বিভিন্ন ধরনের বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতি নিম্নে বর্ণিত হলো:



তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র (Thermal Power Plant)

[প্রশ্ন: তাপবিদ্যুৎ কীভাবে উৎপাদিত হয়? (৩৫তম)]

তাপ শক্তিকে কাজে লাগিয়ে যে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হয় তাকে তাপ বিদ্যুৎ বলে। এক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রকার জ্বালানি ব্যবহার করে তাপশক্তি উৎপন্ন করা হয় যা তাপ বিদ্যুৎ উৎপাদনে কাজে লাগে। তাপীয় পাওয়ার স্টেশনে যান্ত্রিক শক্তি উৎপাদিত হয়। তাপ ইঞ্জিনের মাধ্যমে জ্বালানি জ্বালিয়ে তাপশক্তি সরবরাহ করা হয়। এই তাপশক্তির সাহায্যে পানিকে বাষ্পে পরিণত করে জেনারেটরের সাহায্যে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। তাপ বিদ্যুৎ উৎপাদনে বিভিন্ন ধরনের জ্বালানি ব্যবহার করা হয়। যেমন- কয়লাভিত্তিক পাওয়ার প্লান্টে কয়লা পুড়িয়ে তাপ উৎপাদন করে, গ্যাস ভিত্তিক পাওয়ার প্লান্টে গ্যাসকে পুড়িয়ে তাপ বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।



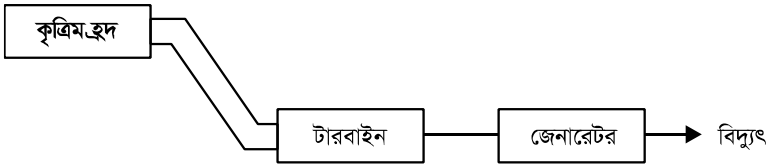
চিত্র: তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের অপারেশন ব্লক ডায়াগ্রাম

তাপ কেন্দ্রের জ্বালানিকে অধিক সক্রিয় করতে জ্বালানিতে আলাদা কোনো উপাদান ব্যবহার করা হয় না। ব্যবহৃত জ্বালানি খনি হতে সংগ্রহ করে পরিশোধন (refine) মাধ্যমে কার্যোপযোগী করা হয়। যে সকল দেশে খনিজ জ্বালানি নেই সেই সকল দেশে এই বিদ্যুৎ কেন্দ্র চালিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা অনেক ব্যয়সাধ্য ব্যাপার।

সুবিধা	অসুবিধা
১. অন্যান্য উৎপাদক স্টেশনগুলোর তুলনায় কম ব্যয়। ২. পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় এর জন্য কম জমি প্রয়োজন। ৩. জ্বালানি সস্তা। ৪. ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের তুলনায় উৎপাদন ব্যয় কম।	১. এটি প্রচুর পরিমাণে ধোঁয়া উৎপাদনের কারণে বায়ুমণ্ডলকে দূষিত করে। এটি বৈশ্বিক উষ্ণায়নের অন্যতম কারণ। ২. একটি তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সামগ্রিক দক্ষতা কম (30% এরও কম)।

পানিবিদ্যুৎ (Hydroelectric Power)

টারবাইন দ্বারা চালিত জেনারেটর থেকে উৎপাদিত বিদ্যুৎ যা পতিত বা দ্রুত প্রবাহিত পানিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে। পানির বিভবশক্তিকে কাজে লাগিয়ে যে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করা হয় তাকে Hydroelectric power বলে। বাংলাদেশে ব্যবহৃত বিদ্যুতের একটি অংশ জলবিদ্যুৎ। এই জলবিদ্যুৎ, আসে কাপ্তাই জলবিদ্যুৎ প্রকল্প থাকে। পার্বত্য চট্টগ্রামের কাপ্তাইতে অবস্থিত কাপ্তাই নদীতে বাঁধ নির্মাণের মাধ্যমে কৃত্রিম কাপ্তাই হ্রদ তৈরি করে ঐ জলবিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। বর্তমানে জলবিদ্যুৎ থেকে ২৩০MW উৎপাদন করা হয়।



চিত্র: ব্লক ডায়াগ্রাম (জলবিদ্যুৎ)

পানি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কার্যনীতি

[প্রশ্ন: পানিবিদ্যুৎ কীভাবে উৎপাদিত হয়? (৩৫তম)]

পানিকে বাঁধ দিয়ে আটকালে এর উচ্চতা বৃদ্ধি পায়। এর ফলে এর মধ্যে বিভবশক্তি জমা হয়। পানিপূর্ণ হ্রদ থেকে পানি একটি মোটা নলের ভেতর দিয়ে নিচে অবস্থিত একটি তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্রে প্রবাহিত করা হয়। পানি পতনের সময় এই বিভবশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ গতিশক্তি একটি টারবাইনকে ঘোরায়। টারবাইনটি একটি তড়িৎ জেনারেটরের সাথে সরাসরি যুক্ত থাকে। এ জেনারেটরে তড়িৎ উৎপন্ন হয়, যাকে Hydroelectric power বলে।

সুবিধা	অসুবিধা
▪ বৈদ্যুতিক শক্তি তৈরির জন্য পানি ব্যবহার হওয়ায় এটির কোনো জ্বালানির প্রয়োজন নেই। ▪ ধোঁয়া বা ছাই উৎপাদিত না হওয়ায় এটি বায়ু দূষিত করে না। ▪ এটিতে খরচ কম কারণ পানি শক্তির উৎস যা বিনা মূল্যে পাওয়া যায়। ▪ এটি নির্মাণে তুলনামূলকভাবে সহজ এবং কম রক্ষণাবেক্ষণের প্রয়োজন। ▪ বিদ্যুৎ উৎপাদন শুরু করতে স্টিম পাওয়ার প্লান্টের মতো দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয় না।	▪ বাঁধ নির্মাণের কারণে এটি ব্যয়বহুল। ▪ আবহাওয়ার অবস্থার উপর নির্ভরতার কারণে বিপুল পরিমাণে পানির প্রাপ্যতা সম্পর্কে অনিশ্চয়তা রয়েছে। ▪ প্লান্ট তৈরির জন্য দক্ষ এবং অভিজ্ঞ হাতের প্রয়োজন। ▪ প্লান্টটি উঁচুতে অবস্থিত হওয়ায় এর ট্রান্সমিশন লাইনগুলির জন্য উচ্চ ব্যয় প্রয়োজন।

পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র (Nuclear Power Plant)

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে (কোরে) অবস্থিত আবদ্ধ শক্তিকে পারমাণবিক শক্তি বলে। পরমাণুকে ভেঙে এ শক্তিকে মুক্ত করে সেই শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। আসলে শক্তিটি আসে তাপ শক্তি হিসেবে। এ তাপ শক্তি পানিকে বাষ্পে পরিণত করে। বাষ্প-চাপ টারবাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে থাকে। উৎপাদিত বিদ্যুৎ-ই হলো পারমাণবিক বিদ্যুৎ। প্রধানত নিউক্লিয়ার ফিউশন এবং নিউক্লিয়ার ফিশন এ দুটি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পরমাণুস্থিত নিউক্লিয়াস থেকে এ শক্তি নির্গত হয়ে থাকে।

নিউক্লিয়ার চেইন বিক্রিয়া (Nuclear Chain Reaction)

যে বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটে তাকে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া বলে। আর এই নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া প্রধানত দুই প্রকার।

১. নিউক্লিয়ার ফিশন (Nuclear Fission)
২. নিউক্লিয়ার ফিউশন (Nuclear Fusion)

১. **নিউক্লিয়ার ফিশন (Nuclear Fission):** যে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রায় সমান ভরের দুই বা তার অধিক সংখ্যক নিউক্লিয়াসে বিভক্ত বা বিভাজিত হয় এবং প্রচুর পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন (Nuclear Fission) বা নিউক্লিয়ার বিভাজন বলে।

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Energy$$

২. **নিউক্লিয়ার ফিউশন (Nuclear Fusion):** যে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় দুইটি হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত ভারী একটি নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং শক্তি নির্গত করে থাকে তাকে নিউক্লিয়ার ফিউশন (Nuclear Fusion) বলা হয়। ফিউশন বিক্রিয়া মূলত ফিশন বিক্রিয়ার ঠিক উলটো প্রক্রিয়া। ফিউশন বিক্রিয়া অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয় বলে এ বিক্রিয়াকে তাপ-নিউক্লিয়ার বিক্রিয়াও (Thermal-nuclear Reaction) বলা হয়।

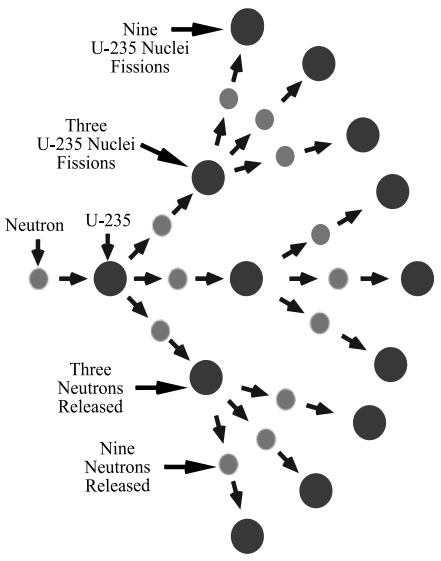
$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + Energy$$

চেইন বিক্রিয়ায় শক্তি রূপান্তর: যে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য অন্য কোনো অতিরিক্ত কোনো শক্তির প্রয়োজন হয় না তাকে শৃঙ্খল বিক্রিয়া বা চেইন বিক্রিয়া (Chain Reaction) বলে।

ব্যাখ্যা: ইউরেনিয়াম-২৩৫ (U-235) পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে উচ্চ গতিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে ফিশনের ফলে দুইটি নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হবে এবং সাথে সাথে তিনটি নিউট্রনও সৃষ্টি হবে। এই তিনটি নিউট্রন আরও তিনটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটাবে; ফলে পাওয়া যাবে নয়টি নিউট্রন। এই নয়টি নিউট্রন আরও নয়টি নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটিয়ে সৃষ্টি করবে সাতাশটি নিউট্রন।

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{প্রচুর শক্তি}$$

ইউরেনিয়াম শেষ না হওয়া পর্যন্ত এই প্রক্রিয়া এভাবে চলতে থাকবে। মূলত এই প্রক্রিয়াটিই হচ্ছে শৃঙ্খল বিক্রিয়া বা চেইন বিক্রিয়া।



চিত্র : U-235 এর চেইন বিক্রিয়া

বিজ্ঞানী অ্যালবার্ট আইনস্টাইনের ভর শক্তি নীতি অনুযায়ী, চেইন বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভর থেকে শক্তির রূপান্তর ঘটে।

আইনস্টাইনের ভর শক্তি নীতি
$E = mc^2$

এখানে,
E = উৎপন্ন শক্তি
m = শক্তি উৎপন্নকারী পদার্থের ভর এবং
c = শূন্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগ।

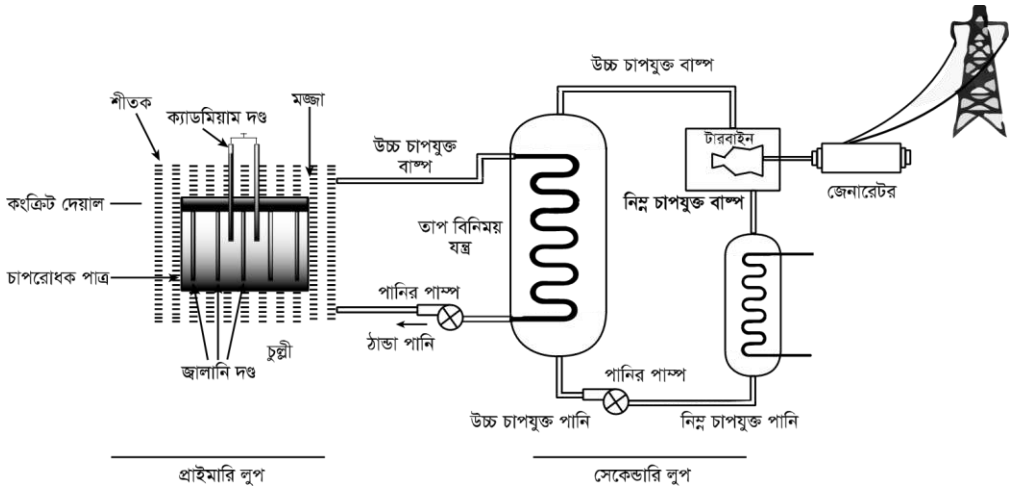
অর্থাৎ, বস্তু যখন শক্তিতে রূপান্তরিত হয় শক্তির পরিমাণ হয়ে দাঁড়ায় ভরের সঙ্গে আলোর গতিবেগের বর্গের গুণফলের সমান। পৃথিবীর বড় বড় বিজ্ঞানীদের মতে, একটি বিভাজিত ইউরেনিয়াম-২৩৫ নিউক্লিয়াস প্রায় ২০০ মেগা ইলেকট্রোনভোল্ট (MeV) শক্তি উৎপন্ন করে।

পারমাণবিক শক্তি থেকে ফিশন ও ফিউশন এই দুই উপায়েই বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা যায়। ফিউশন বিক্রিয়া প্রধানত সূর্যসহ অন্যান্য নক্ষত্রে ঘটে থাকে। এছাড়া ফিউশন বিক্রিয়ার মাধ্যমে শক্তি উৎপাদনের জন্য বিক্রিয়া শুরু হতে যে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় (প্রায় ১ কোটি কেলভিন) তা নক্ষত্রের কেন্দ্র ব্যতীত অন্য কোথাও তৈরি হওয়া সম্ভব নয়। তাই শুধু ফিশন বিক্রিয়া ও চেইন বিক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে নিউক্লিয়ার রিয়্যাক্টরে শক্তি উৎপাদন করা হয়।

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের কার্যনীতি

[প্রশ্ন: পারমাণবিক বিদ্যুৎ উৎপাদন প্রক্রিয়া একটি ব্লক ডায়গ্রামের মাধ্যমে প্রদর্শন করুন। (৪০তম)]

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র একটি পারমাণবিক চুল্লি নিয়ে গঠিত, যেখানে তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণুগুলো বিভক্ত করে তাপ উৎপন্ন হয়। উৎপাদিত তাপ শক্তি উচ্চ তাপমাত্রা এবং চাপে বাষ্প উৎপাদন করতে ব্যবহৃত হয়। এই বাষ্প চালিত করে বাষ্প টারবাইন, যা বাষ্প শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। টারবাইন অল্টারনেটারকে ঘোরায়, যা যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। এটি "পারমাণবিক পাওয়ার প্ল্যান্ট ওয়ার্কিং" নীতি। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সবচেয়ে আশ্চর্যজনক বৈশিষ্ট্যটি হলো স্বল্প পরিমাণে পারমাণবিক জ্বালানি থেকে বিপুল পরিমাণে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন করা যায়।



চিত্র: পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র অপারেশন ব্লক ডায়াগ্রাম

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের উপাদান

চুল্লি এবং জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের কাজগুলো নিম্নে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হয়েছে।

১. **ইউরেনিয়াম জ্বালানি রড:** নিউক্লিয়াসটি একটি নিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়ার মাধ্যমে নিউট্রন দ্বারা বিভক্ত হয় এবং বিপুল শক্তি নির্গত করে। এই শক্তি চুল্লির কোরের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় ঠান্ডা গ্যাসকে উত্তপ্ত করে।

২. **বোরন কন্ট্রোল রড:** বোরন কন্ট্রোল রডগুলো নিউট্রন শোষণ করে। যখন রডগুলো চুল্লিতে নামানো হয় কিছু নিউট্রন শোষণ করে। এর মাধ্যমে ফিশন বিক্রিয়ার হার হ্রাস করা হয়।

৩. **গ্রাফাইট কোর:** ফিশন বিক্রিয়া দ্বারা উৎপাদিত দ্রুত নিউট্রন ধীর করার জন্য এটি মডারেটর হিসেবে কাজ করে।

৪. **হিট এক্সচেঞ্জার:** খুব গরম গ্যাস এর তাপ শক্তি পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে ব্যবহৃত হয়। নিউক্লিয়ার রিঅ্যাক্টর হিট এক্সচেঞ্জার এর সাথে সংযুক্ত থাকে। এখানে, চুল্লিতে উৎপাদিত তাপ সঞ্চালন করে পানিকে বাষ্পে রূপান্তরিত করা হয়।

৫. **বাষ্প টারবাইন:** টারবাইনগুলো উচ্চচাপের মধ্যে বাষ্পের প্রবাহ দ্বারা ঘোরানো হয়। এক্সচেঞ্জারে উৎপন্ন বাষ্প টারবাইন চালাতে ব্যবহৃত হয়।

৬. **বৈদ্যুতিক জেনারেটর:** স্টিম টারবাইনের শ্যাফটটি বৈদ্যুতিক জেনারেটর (বা ডায়নামো) এর সাথে সংযুক্ত থাকে এবং বিদ্যুৎ ট্রান্সমিশন এর জন্য পাঠিয়ে দেওয়া হয়।

নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সুবিধাসমূহ:

(i) পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে অল্প পরিমাণ জ্বালানি থেকে বিপুল পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করা যায়। দেখা গেছে, এক কেজি নিউক্লিয়ার জ্বালানির সক্ষমতা ৬০টন জ্বালানি তেল এবং ১শ টন কয়লার সমান।
(ii) অন্য সকল বিদ্যুৎকেন্দ্রের তুলনায় এই বিদ্যুৎ কেন্দ্র হতে অনেক বেশি বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা সম্ভব হয়।
(iii) এটি কয়লা, তেল, গ্যাস এর উপর চাহিদা হ্রাস করেছে।
(iv) অন্যান্য বিদ্যুৎকেন্দ্রের তুলনায় কম জায়গার প্রয়োজন হয়।
(v) জ্বালানির প্রয়োজন কম বলে এর জ্বালানি পরিবহণ ও সংরক্ষণ খরচও অনেক কম।

নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎ কেন্দ্রের অসুবিধাসমূহ:

(i) এটি স্থাপনের প্রাথমিক খরচ বেশি।
(ii) এর জ্বালানির দাম অনেক বেশি এবং তার আহরণ প্রক্রিয়াটি কিছুটা জটিল।
(iii) ইরেকশন এবং কমিশনিং করার জন্য সুদক্ষ টেকনেশিয়ান এবং ইঞ্জিনিয়ারদের প্রয়োজন।
(iv) তেজস্ক্রিয় বর্জ্য নিষ্কাশন একটি বড় সমস্যা।
(v) উচ্চ মাত্রার নিরাপত্তা ব্যবস্থা প্রয়োজন।

রূপপুর পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র

রূপপুর পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র একক প্রকল্প হিসেবে বাংলাদেশের সবচেয়ে বড় অবকাঠামো প্রকল্প। পাবনায় পদ্মা নদীর পাড়ে রাশিয়ার রাষ্ট্রীয় পারমাণবিক শক্তি কর্পোরেশন (রোসাটম) এ বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণে নেতৃত্ব দিচ্ছে। দুই ইউনিটের এই বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে ২ হাজার ৪০০ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদিত হবে। বাণিজ্যিকভাবে এই কেন্দ্রের আয়ুষ্কাল ধরা হয়েছে ৬০ বছর। রংপুর পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র pressurized water reactor ব্যবহার হচ্ছে যার মডেল VVER-1200। যেখানে পানি একই সাথে coolant (কুলেন্ট) এবং মডারেটর এর কাজ করে।

রূপপুর পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জন্য নির্বাচিত পারমাণবিক চুল্লিতে পাঁচ স্তরের নিরাপত্তা বৈশিষ্ট্য রয়েছে। যথা:

১. **ফুয়েল প্যালেট:** অতি উচ্চ তাপমাত্রায় এটি টিকে থাকতে পারে।
২. **ফুয়েল ক্ল্যাডিং:** বিশেষ কোনো কারণে সামান্য পরিমাণ ফিশন প্রোডাক্ট ফুয়েল প্যালেট থেকে বের হয়ে আসলেও তা এই ক্ল্যাডিং ভেদ করতে পারবে না।
৩. **রিঅ্যাক্টর প্রেসার ভেসেল:** এটি পুরু ইস্পাতের তৈরি যা উচ্চ তেজস্ক্রিয় অবস্থাতেও দীর্ঘস্থায়ী হয়।
৪. **প্রথম কন্টেইনমেন্ট ভবন:** রেইনফোর্সড কনক্রিট দিয়ে তৈরি ১.২ মিটার পুরুত্বের প্রথম কন্টেইনমেন্ট ভবন তৈরি করা হয় যা যেকোনো পরিস্থিতিতে তেজস্ক্রিয়তা পরিবেশে ছড়িয়ে পড়া থেকে বিরত রাখে।
৫. **দ্বিতীয় কন্টেইনমেন্ট ভবন:** নিরাপত্তা ব্যবস্থা অধিকতর জোরদার করার জন্য প্রথম কন্টেইনমেন্ট ভবন এর বাইরে ০.৫ মিটার পুরুত্বের আরও একটি কন্টেইনমেন্ট ভবন যুক্ত করা হয় যা বিভিন্ন প্রাকৃতিক দুর্যোগ থেকে প্লান্টকে সুরক্ষা প্রদান করবে।

এই পাঁচ স্তরের নিরাপত্তা ব্যবস্থার বাইরেও কো-ক্যাচার নামে একটি বাড়তি জিনিস যুক্ত করা হয়েছে যা প্লান্টের দূষিত পদার্থকে ধারণ করবে এবং যেকোনো প্রতিকূল অবস্থায় তেজস্ক্রিয় পদার্থকে সিল করে তা বাইরে ছড়িয়ে পড়া থেকে রক্ষা করবে।

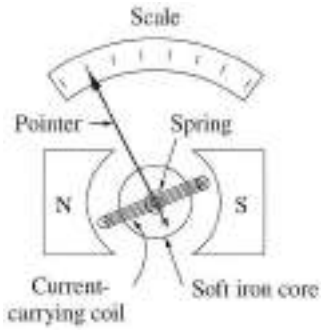
Electrical Instruments, Voltage Stabilizers & IPS and UPS

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি (Electrical Instruments)

গ্যালভানোমিটার

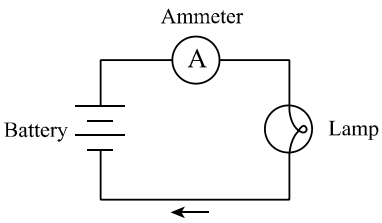
[প্রশ্ন: একটি Circuit- এ Electrical Parameter মাপতে পাঁচটি Basic Tool- এর নাম লিখুন। (৪০তম)]

যে যন্ত্রের সাহায্যে কোনো বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব ও পরিমাণ নির্ণয় করা হয় তাকে গ্যালভানোমিটার বলে। চুম্বকের উপর তড়িৎ প্রবাহের ক্রিয়া অথবা তড়িৎ প্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়ার উপর ভিত্তি করে এর কার্যনীতি প্রতিষ্ঠিত। গ্যালভানোমিটারের মধ্যে অনেক পাকবিশিষ্ট একটি কুণ্ডলী স্থায়ী চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে বসানো থাকে। কুণ্ডলীটি একটি শ্যাফট বা দণ্ডের সাথে সংযুক্ত থাকে যেন দণ্ডের সাপেক্ষে কুণ্ডলীটি বাধাহীনভাবে ঘুরতে পারে। দণ্ডের সাথে একটি নির্দেশক কাঁটা ও স্প্রিং যুক্ত থাকে। কুণ্ডলীতে যখন বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করা হয় তখন কুণ্ডলীতে সৃষ্ট টর্ক কুণ্ডলীতে ঘূর্ণনের সৃষ্টি করে। কুণ্ডলী ঘুরলে এর সাথে সংযুক্ত কাটাটিও স্কেলের উপর ঘুরে। স্প্রিং কাটাটিকে সাম্যাবস্থায় নিয়ে আসতে সাহায্য করে। বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ যত বাড়ে টর্কের পরিমাণও ততো বাড়ে, ফলে কুণ্ডলীটি অধিক পরিমাণে বিক্ষিপ্ত হয়। বিভিন্ন মানের প্রমাণ প্রবাহ মাত্রার জন্য স্কেলের ওপর কাঁটার বিক্ষেপণ ক্রমান্বিত করা থাকে। ফলে কোনো অজানা প্রবাহ মাত্রা পরিমাপ করা যায়।



অ্যামিটার

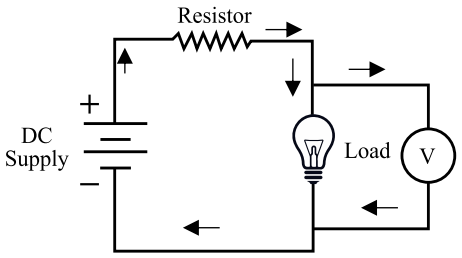
অ্যামিটার একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র। এর সাহায্যে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা যায়। অ্যামিটার সার্কিটের সাথে সিরিজ সংযোগ যুক্ত থাকে। অ্যামিটারের রোধ যাতে লোডের কারেন্টকে প্রভাবিত করতে না পারে এজন্য তার রোধকে যথাসম্ভব কম রাখা হয়। সে জন্য অ্যামিটারের কয়েল কম সংখ্যক প্যাঁচ এবং মোটা তার দ্বারা তৈরি করা হয়। অ্যামিটারের সঙ্গে সমান্তরালে একটি কম মানের রোধ যুক্ত থাকে; একে শান্ট বলে। শান্টের রোধ কম হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে অ্যামিটার গ্যালভানোমিটারের সঙ্গেও একটি রোধ যুক্ত থাকে সিরিজে, যা অ্যামিটারকে নষ্টের হাত থেকে রক্ষা করে।



বিদ্যুৎ কোষের মতো অ্যামিটারেও দুটি সংযোগ প্রান্ত থাকে, একটি ধনাত্মক ও একটি ঋণাত্মক প্রান্ত। সাধারণত ধনাত্মক প্রান্ত লাল এবং ঋণাত্মক প্রান্ত কালো রঙের হয়।

ভোল্টমিটার

ভোল্টমিটার একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র, যার সাহায্যে বর্তনীর যেকোনো দুই বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য সরাসরি ভোল্ট এককে পরিমাপ করা যায়। বর্তনীর যে দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য পরিমাপ করতে হবে ভোল্টমিটারকে সেই দুই বিন্দুর সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করতে হয়। লোডের সাথে ভোল্টমিটার সিরিজে সংযোগ করা হয় না। ভোল্টমিটারের রেজিস্টেন্স 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 রেজিস্টেন্স 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 প্যারালাল ভোল্টেজ পরিমাপ করা। এ কারণে ভোল্টমিটারকে লোডের দুই প্রান্তের সাথে অর্থাৎ লোডের প্যারালাল সংযোগ করতে হয়।



অ্যামিটার ও ভোল্ট মিটারের মধ্যে পার্থক্য

অ্যামিটার	ভোল্ট মিটার
১. কোনো বর্তনীর বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা সরাসরি অ্যাম্পিয়ারে পরিমাপ করার যন্ত্রকে অ্যামিটার বলে।	১. কোনো বর্তনীর দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সরাসরি ভোল্টে পরিমাপ করার যন্ত্রকে ভোল্টমিটার বলে।
২. অ্যামিটার বর্তনীর সাথে সিরিজ সমবায়ে যুক্ত থাকে।	২. ভোল্টমিটার বর্তনীর সাথে সমান্তরাল সংযোগে যুক্ত থাকে।
৩. অ্যাম্পিয়ার একটি কম রোধবিশিষ্ট চল কুণ্ডলী গ্যালভানোমিটার।	৩. ভোল্টমিটার একটি উচ্চ রোধবিশিষ্ট চলকুণ্ডলী গ্যালভানোমিটার।
৪. অ্যামিটার কুণ্ডলীর সাথে নিম্নমানের রোধ সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত থাকে।	৪. ভোল্টমিটার কুণ্ডলীর সাথে উচ্চমানের রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত থাকে।

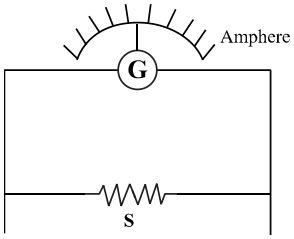
অ্যাভোমিটার (AVO meter)

অ্যাভোমিটার এক ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র যা দ্বারা বৈদ্যুতিক কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্টেন্স পরিমাপ করা যায় অ্যাভোমিটারকে মাল্টিমিটারও বলা হয়। কারণ এই মিটার দ্বারা একাধিক ধরনের পরিমাপ নির্ণয় করা যায়। AVO বলতে A তে অ্যাম্পিয়ার (Ampere); 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 রেজিস্টেন্স পরিমাপ করা যায়।

ব্যবহার: অ্যাভোমিটার এক বিশেষ ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র। যেখানে অল্প পরিমাণের বৈদ্যুতিক কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্টেন্স পরিমাপ করার প্রয়োজন হয়, সেখানে এই মিটার ব্যবহার করা হয়। যেমন- ওয়ার্কশপ বা কারখানায়; গবেষণাগারে, ইলেকট্রিক্যাল এবং ইলেকট্রনিক্স 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।

শান্ট (Shunt)

অধিক পরিমাণে প্রবাহ গিয়ে যেন গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে সংযোগে যে অল্প মানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তাকে শান্ট বলে।



- শান্টের রোধ কম হওয়ায় বেশি পরিমাণ প্রবাহ এর মধ্য দিয়ে যায় এবং অল্প পরিমাণ প্রবাহ গ্যালভানোমিটার দিয়ে যায়। ফলে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়।
- গ্যালভানোমিটার বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়। তাই এর রোধ বর্তনীতে কার্যকর হয়, ফলে বর্তনীর প্রবাহমান পরিবর্তন হতে পারে। এ জন্যই গ্যালভানোমিটারের কুণ্ডলীর সাথে সমান্তরালে অল্প মানের রোধ যুক্ত করা হয়। অর্থাৎ বর্তনীর তুল্য রোধ কমানোর জন্য বর্তনীতে অল্প মানের যে রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হয় তাকে শান্ট বলে।

বর্তনীতে লোডের সাথে Voltemeter parallel ও Ammeter Series এ সংযুক্ত করা হয় কেন?

উত্তর: [নমুনা অংশে দ্রষ্টব্য]

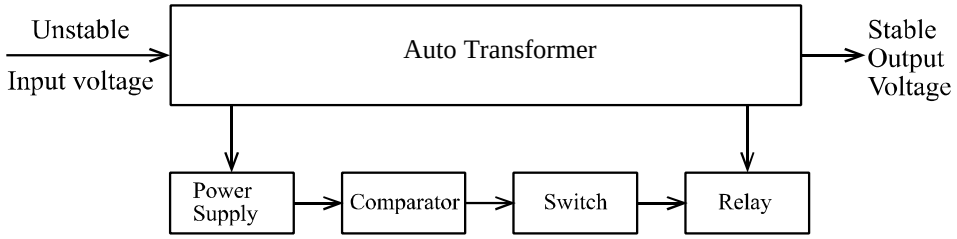
[প্রশ্ন: Voltage Stabilizer বলতে কী বোঝানো হয়? এটির মূল অংশ ব্লক ডায়াগ্রামে দেখান। (৪৪তম, ৪০তম)]

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার (Voltage Stabilizer)

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার একটি ইলেকট্রনিক ডিভাইস, যা বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ সরবরাহ স্থির রাখে। ইনপুট ভোল্টেজ উঠানামা করলেও এই যন্ত্র আউটপুট ভোল্টেজের মান স্থির রেখে ভোল্টেজ হ্রাস-বৃদ্ধি জনিত কারণে গুরুত্বপূর্ণ ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়া থেকে রক্ষা করে। তাই ধ্রুব বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহার করা হয়।

ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজারের কার্যপদ্ধতি

এই যন্ত্রের মূল অংশ হলো Auto transformer। এর মধ্যে দুই ধরনের ট্রান্সফর্মার থাকে (স্টেপ আপ ও স্টেপ ডাউন)। এই ট্রান্সফরমারের সাহায্যেই প্রয়োজনমতো ভোল্টেজ হ্রাসবৃদ্ধি করে নির্দিষ্ট মানে স্থির রাখা হয় এর সাথে comarator যুক্ত থাকে যার কাজ হলো ইনপুট এবং আউটপুট ভোল্টেজ তুলনা করে ভোল্টেজ কম বা বেশি হলো কিনা তা নির্ধারণ করা। যদি ইনপুট ভোল্টেজ আউটপুট ভোল্টেজের চেয়ে বেশি হয় তাহলে তা সুইচের মাধ্যমে রিলেকে সিগন্যাল পাঠানো হয়। রিলে তখন "Auto transformer" এর স্টেপআপ অক্ষে সচল করে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে। আবার আউটপুট ভোল্টেজ বেশি হলে একইভাবে স্টেপ ডাউন অক্ষে ভোল্টোজকে কমিয়ে নির্দিষ্ট মানে রাখে।



চিত্র: ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার এর ব্লক ডায়াগ্রাম

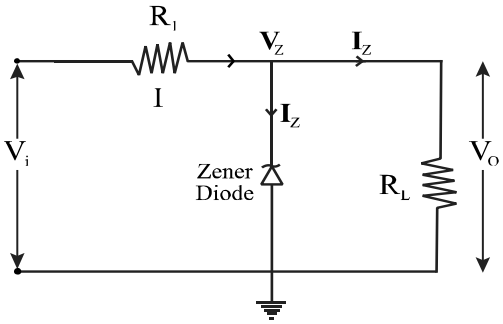
শর্ট সার্কিটের ফলে অত্যধিক তড়িৎ প্রবাহ, লোডশেডিং এর পর হঠাৎ বিদ্যুৎ আসলে এর ভোল্টেজের পরিবর্তন এবং লাইন ভোল্টেজের উঠানামা রোধ করে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে নির্ধারিত মানের ভোল্টেজ সরবরাহ করতে ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহার করা হয়। সাধারণত কম্পিউটার, টেলিভিশন, ফ্রিজ, পিএবিএক্স ইত্যাদিকে বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের হাত থেকে রক্ষা করার জন্য স্ট্যাবিলাইজার ব্যবহৃত হয়।

[প্রশ্ন: একটি ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার কীভাবে কাজ করে? (৪৪তম), Voltage Stabilizer- এর মূল কাজী কী? এটি কীভাবে কাজ করে? ব্যাখ্যা করুন। (৪৩তম)]

Voltage Stabilizer এ Zener Diode এর ভূমিকা

যে বিশেষ Diode তড়িৎ প্রবাহকে সম্মুখদিকে প্রবাহিত করা ছাড়াও বিপরীত দিকে প্রবাহিত করে তাকে Zener Diode বলে।

সাধারণ ডায়োড শুধু তড়িৎপ্রবাহকে সম্মুখ দিকে প্রবাহিত করে। এক্ষেত্রে নির্ধারিত মানের চেয়ে বেশি তড়িৎপ্রবাহ হলে ডায়োড কারেন্টকে সম্মুখদিকেই প্রবাহিত করে। এক্ষেত্রে দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে। এই সমস্যা সমাধানে জেনার ডায়োড ব্যবহৃত হয়। এ ডায়োডে নির্দিষ্ট মানের চেয়ে অতিরিক্ত ভোল্টেজ প্রবাহিত হলে বিমুখী বায়াসের মাধ্যমে তড়িৎপ্রবাহকে বিপরীতমুখী করে আউটপুট ভোল্টেজের মান স্থির রাখে। এই নির্দিষ্ট মানের ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজ বলে। এভাবেই জেনার ডায়োড ভোল্টেজ স্টাবিলাইজার হিসেবে কাজ করে।

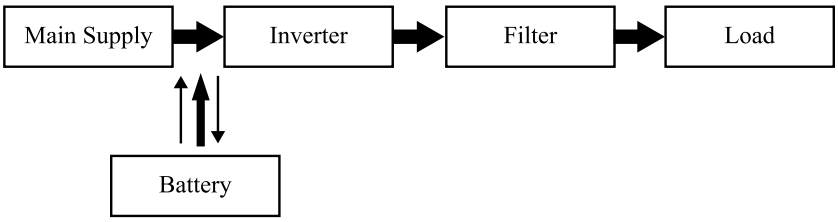


[প্রশ্ন: UPS এবং IPS- এর পূর্ণরূপ কী? এগুলোর মধ্যে পার্থক্য কী? (৪৪তম), আইপিএস এবং ইউপিএস এর মধ্যে পার্থক্য কী? (৪৩তম, ৩৮তম), UPS কী? (৩৫তম)]

ইউপিএস (Uninterrupted Power Supply)

ইউপিএস হলো এক ধরনের বিশেষ পাওয়ার সাপ্লাই যা কিছু সময়ের জন্য বিদ্যুৎ শক্তি সঞ্চয় করে রাখতে পারে। এই যন্ত্রে সরাসরি বৈদ্যুতিক লাইন এর সংযোগ দেওয়া থাকে এবং এর নির্গমন লাইনের সাথে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির সংযোগ দেয়া থাকে। ইউ পি এস এর ব্যাটারি বিদ্যুৎ শক্তি সঞ্চয় করে রাখে। ফলে হঠাৎ করে যখন বিদ্যুৎ চলে যায়, তখন ইউ পি এস কয়েক মিলি সেকেন্ডের মধ্যে সঞ্চিত বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করে। এর ফলে ব্যবহারকারী বিদ্যুৎ বিভ্রাটের তাৎক্ষণিক প্রভাব এড়াতে পারেন, যাতে মূল্যবান ডাটা ও সম্পদ রক্ষা করা সম্ভব হয়। প্রতিটি ইউ পি এস এর নির্দিষ্ট পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি ধারণ ক্ষমতা ও সমপরিমাণ শক্তি সরবরাহ ক্ষমতা রয়েছে।

যে-সব যন্ত্রপাতি বা যন্ত্রপাতির ব্যবহারিক প্রয়োগ বিদ্যুৎ প্রবাহের আকস্মিকতার কারণে ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে সেখানেই ইউ পি এস ব্যবহার করা হয়ে থাকে। ইউ পি এস ব্যবহারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ বিভ্রাটের কারণে কম্পিউটারের র‍্যামের ডাটার ক্ষতি থেকে রক্ষা পাওয়া যায়।



চিত্র: ইউ পি এস ব্লক ডায়াগ্রাম

UPS এর ব্যবহার

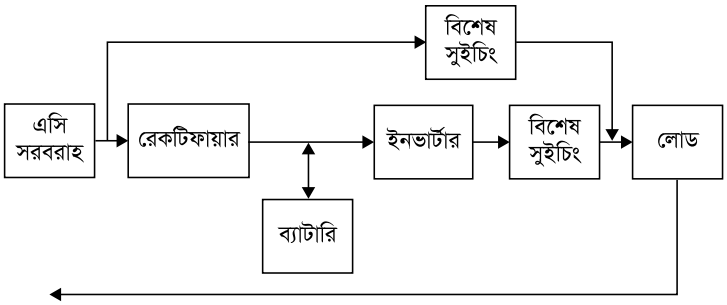
বিদ্যুৎ বিভ্রাটের কারণে কম্পিউটারে সেভ না করা ডাটা দ্রুত সেভ করার জন্য UPS ব্যবহার করা হয়। এছাড়া টেলিফোন এক্সচেঞ্জ কমিউনিকেশন নেটওয়ার্ক, ইলেকট্রনিক ক্যাশ রেজিস্টর, হাসপাতালের ইনটেনসিভ কেয়ার ইউনিটে ইউ পি এস ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

IPS (Instant Power Supply)

[প্রশ্ন: IPS কী? (৩৫তম)]

আই পি এস-এর পূর্ণরূপ হলো ইনস্ট্যান্ট পাওয়ার সাপ্লাই (Instant Power supply)। আই পি এস এমন একটি ইলেকট্রিকাল ডিভাইস যার মাধ্যমে ব্যাটারিতে সঞ্চিত ডিসি শক্তিকে এসি প্রবাহে রূপান্তরিত করে। যেমন- বাতি, পাখা ইত্যাদি।

IPS = Instant Power Supply (তাৎক্ষণিক বিদ্যুৎ সরবরাহ)। IPS সাধারণত বেশি লোডের জন্য ব্যবহার করা হয়। IPS এর সুইচিং টাইম ১ সেকেন্ড বা তার চেয়ে বেশি। এই কারণে কম্পিউটার বা ইলেকট্রনিক্স ডিভাইসের সাথে IPS সংযুক্ত করা হয় না। লোডের উপর নির্ভর করে IPS সংযুক্ত করা হয়। যখন বিদ্যুৎ সাপ্লাই থাকে তখন চার্জারের মাধ্যমে ব্যাটারি চার্জ করে বিদ্যুৎ শক্তি সঞ্চয় করা হয় আর যখন বিদ্যুৎ সাপ্লাই বন্ধ হয়ে যায় (লোডশেডিং) তখন উপযুক্ত যন্ত্রের মাধ্যমে ব্যাটারি থেকে সঞ্চিত শক্তিকে প্রয়োজনীয় রূপে পরিবর্তন করে বৈদ্যুতিক লোড চালানো হয়। এই যন্ত্র মূলত আই পি এস।



চিত্র: আই পি এস ব্লক ডায়াগ্রাম

IPS এর ব্যবহার

১. যে-সব ক্ষেত্রে বেশি সময়ের জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহের প্রয়োজন হয় সেখানেই IPS অধিক ব্যবহৃত হয়।
২. বিভিন্ন জায়গায় লোডশেডিং এর ফলে বাসা বাড়ির টিভি, ফ্যান, ফ্রিজ প্রভৃতি বেশি সময় চালানোর কাজে IPS বেশ জনপ্রিয়।
৩. UPS এবং IPS এর সমন্বয়ে কম্পিউটারে বড় রকমের কাজ করা যায়।

নমুনা লিখিত প্রশ্ন

০১. বৈদ্যুতিক ক্ষমতা কী? বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে লেখা 220V – 60W এর অর্থ কী?
০২. সার্কিট ব্রেকার ও ফিউজের মধ্যে পার্থক্য লিখুন।
০৩. Voltage Regulation বলতে কী বোঝায়? এটি কেন করা হয়?
০৪. সলিনয়েড কী? তড়িৎবাহী সলিনয়েড দণ্ড চুম্বকের ন্যায় আচরণ করে ব্যাখ্যা করুন।
০৫. দূরবর্তী স্থানে বিদ্যুৎ প্রেরণের ক্ষেত্রে D.C অপেক্ষা A.C ব্যবহার সুবিধাজনক কেন? ব্যাখ্যা করুন।
০৬. ও'হমের সূত্র কী? সূত্রটি সম্পর্কে আলোচনা করুন।
০৭. আদর্শ ট্রান্সফর্মারের ভোল্টেজ রেগুলেশন বর্ণনা করুন।
০৮. সিনক্রোনাস ও অ্যাসিনক্রোনাস মোটরের পার্থক্য লিখুন।
০৯. পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা করুন।
১০. সার্কিট ব্রেকার কী? সার্কিট ব্রেকারের প্রকারভেদ লিখুন।
১১. বৈদ্যুতিক ক্ষমতা কী? রোধের সূত্রগুলো লিখুন।
১২. তড়িচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্য এর মধ্যকার পার্থক্য তুলে ধরুন।
১৩. সিস্টেম লস কী? এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।
১৪. জেনারেটর এর প্রকারভেদ সম্পর্কে আলোচনা করুন।
১৫. সিরিজ এবং প্যারালাল সার্কিট এর পার্থক্য বর্ণনা করুন।
১৬. ফিউজের কার্যনীতি বর্ণনা করুন।
১৭. বৈদ্যুতিক মোটর ও জেনারেটর এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন।
১৮. ভোল্টেজ ড্রপ কী? ভোল্টেজ ড্রপ এর কারণ ব্যাখ্যা করুন।
১৯. পানি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সুবিধা ও অসুবিধা লিখুন।
২০. এসি ট্রান্সমিশন লাইন ও ডিসি ট্রান্সমিশন লাইন এর পার্থক্যসমূহ উল্লেখ করুন।

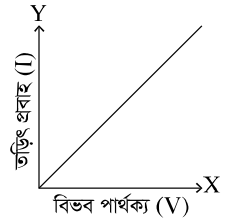
নমুনা লিখিত প্রশ্নোত্তর

০১. একটি রোধের মান 10Ω হলে এবং এর উপর 5V ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে কারেন্ট কত হবে? Ohm's Law অনুযায়ী ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্টেন্সের সম্পর্ক চিত্রে দেখান।(৪৭তম) ২.৫

উত্তর:

দেওয়া আছে, V = 5V
R = 10Ω
I = ?

আমরা জানি, V = IR
সুতরাং I = V ÷ R
= 5V ÷ 10Ω
= 0.5A



চিত্র: Ohm's Law অনুযায়ী ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্টেন্সের সম্পর্ক

০২. পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বর্জ্য নিষ্কাশন ঝুঁকিপূর্ণ এবং কষ্টসাধ্য কেন ব্যাখ্যা করুন। (৪৪তম) ২.৫

উত্তর:

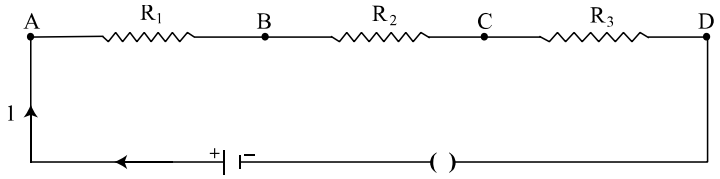
বর্তমানে সারা বিশ্বে পারমাণবিক চুল্লিতে নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় জ্বালানি হিসেবে তেজস্ক্রিয় পদার্থ (প্রধান ইউরেনিয়াম ২৩৫) ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে শক্তি উৎপাদনের জন্য ইউরেনিয়ামকে ছয় থেকে আট বছর পর্যন্ত ব্যবহার করে ফেলে দেয়া হয়। কিন্তু এর তেজস্ক্রিয়তা হাজার হাজার বছর পর্যন্ত অক্ষত থাকে যা মানবদেহ ও পরিবেশের জন্য অত্যন্ত ক্ষতিকর। অধিকাংশ পারমাণবিক বর্জ্য পানির পুলে সংরক্ষণ করা হয়। পানিতে পারমাণবিক বর্জ্য সংরক্ষণের ফলে বিকিরণ হয় না। তাই এটি তুলনামূলকভাবে সাশ্রয়ী ও সহজ। তবে এ ক্ষেত্রেও ঝুঁকি থেকে যায়। কেননা তেজস্ক্রিয় বর্জ্য পানিতে ফেলার পর সেখানে প্রচুর শক্তি উৎপন্ন হয়। ফলে পানি উত্তপ্ত হয়ে পড়ে। এ পানি যেন না ফুটে সেজন্য পারমাণবিক চুল্লিতে আলাদা ব্যবস্থা নেয়া হয়। এ জন্য ক্রমাগত আলাদা শক্তি সরবরাহের প্রয়োজন হয়। যদি কোনোভাবে শক্তি সরবরাহ বন্ধ হয়ে যায় তাহলে পানি শীতল রাখার পাম্প ও জেনারেটর বন্ধ হয়ে পানি উত্তপ্ত হতে থাকবে এবং পানিতে থাকা তেজস্ক্রিয় পদার্থসমূহ বিকিরিত হবে। এর ফলে বিষাক্ত পদার্থসমূহ পরিবেশে ছড়িয়ে পড়বে। এসকল কারণে পারমাণবিক কেন্দ্রে বর্জ্য নিষ্কাশন ঝুঁকিপূর্ণ এবং কষ্টসাধ্য।

০৩. তুল্য রোধ কী? সিরিজ ও প্যারালাল সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্রগুলো লিখুন। ২.৫

উত্তর:

তুল্য রোধ: রোধের কোনো সমবায়ের রোধগুলোর পরিবর্তে যে একটিমাত্র রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না তাকে ঐ সমবায়ের তুল্য রোধ বলে।

সিরিজ সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্র: শ্রেণি-সমবায়ে সজ্জিত সকল রোধের সমষ্টি তুল্য রোধের সমান।



চিত্র: শ্রেণি সমবায়ে তুল্য রোধ

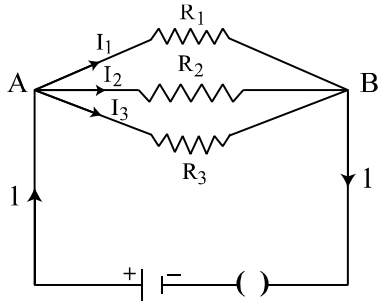
চিত্রে R_1, R_2, ও R_3 মানের রোধ তিনটিকে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়েছে।

শ্রেণি সমবায়ে তুল্য রোধ R_S হলে, $R_S = R_1, + R_2, + R_3$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি R_1, R_2, R_3 ……, R_n প্রভৃতি n সংখ্যক রোধ শ্রেণি সমবায়ে সজ্জিত থাকে তাহলে তুল্যরোধ R_s হবে, $R_s = R_1, R_2, R_3 +$ …… $+ R_n$

অর্থাৎ শ্রেণি-সমবায়ে সজ্জিত সকল রোধের সমষ্টি তুল্য রোধের সমান।

প্যারালাল সংযোগে তুল্যরোধ নির্ণয়ের সূত্র: সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত প্রতিটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্য রোধের বিপরীত রাশির সমান।



চিত্র: সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য রোধ

চিত্রে R_1, R_2 ও R_3 মানের রোধ তিনটিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হয়েছে।

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য রোধ R_P হলে, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি R_1, R_2, R_3.....R_n প্রভৃতি n সংখ্যক রোধ সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত থাকে তাহলে তুল্য রোধ R_P নিম্নোক্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} +$……$+ \frac{1}{R_n}$

অর্থাৎ সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত প্রতিটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্য রোধের বিপরীত রাশির সমান।

০৪. GFCI কীভাবে কাজ করে? GFCI এর প্রকারভেদ লিখুন। ২.৫

উত্তর:

GFCI এর কার্যপ্রণালি:

GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) সার্কিটের মধ্যে দিয়ে কম্পোনেন্ট দ্বারা প্রবাহিত কারেন্ট এবং কম্পোনেন্ট থেকে ফিরে আসা কারেন্টের পার্থক্য পরিমাপ করতে পারে (প্রায় 5 mA পর্যন্ত)। যদি দুই প্রবাহের মধ্যে কোনো পার্থক্য নিরূপণ করতে পারে তাহলে ডিভাইসটি সাথে সাথে বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করে দিয়ে মারাত্মক দুর্ঘটনা থেকে সুরক্ষা প্রদান করে।

কার্যপ্রণালির উপর ভিত্তি করে GFCI সাধারণত তিন প্রকার।

১. Receptacle GFCI's

২. Temporary or Portable GFCI's

৩. Circuit Breaker GFCI's

০৫. Dynamo ও Alternator এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন। ২.৫

উত্তর:

Dynamo ও Alternator এর মধ্যে পার্থক্য

Dynamo	Alternator
১. যে যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাকে Dynamo বলে।	১. যে যন্ত্রের মাধ্যমে যান্ত্রিক শক্তিকে দিক পরিবর্তী AC বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করা হয় তাকে Alternator বলা হয়।
২. Dynamo তে কম্যুটেটর থাকে।	২. Alternator এ কম্যুটেটর থাকে না। তার পরিবর্তে স্লিপ রিং থাকে।
৩. প্রধানত DC কারেন্ট তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়।	৩. শুধু AC কারেন্ট তৈরি করতে পারে।
৪. Dynamo কে DC Generator বলা হয়।	৪. Alternation কে AC Generator বলা হয়।
৫. পাওয়ার প্লান্টে বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য Dynamo ব্যবহৃত হয়।	৫. গাড়িতে Alternator ব্যবহৃত হয় ব্যাটারি রিচার্জ ও অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি চালাতে।

০৬. নিউক্লিয়ার পাওয়ার কেন্দ্রে কীভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে? ২.৫

উত্তর:

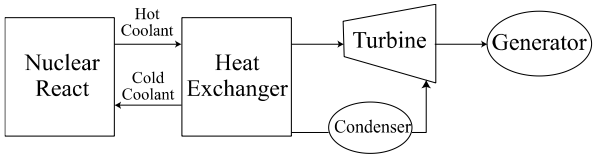
পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র (Nuclear Power Plant): পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত কণাসমূহের মধ্যে আবদ্ধ শক্তিকে পারমাণবিক শক্তি বলে। পরমাণুকে ভেঙে এ শক্তিকে মুক্ত করে সেই শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। আসলে শক্তিটি আসে তাপ শক্তি হিসেবে। এ তাপ শক্তি পানিকে বাষ্পে পরিণত করে। বাষ্প-চাপ টারবাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে থাকে। উৎপাদিত বিদ্যুৎ-ই হলো পারমাণবিক বিদ্যুৎ। প্রধানত নিউক্লিয়ার ফিউশন এবং নিউক্লিয়ার ফিশন এ দুটি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পরমাণুস্থিত নিউক্লিয়াস থেকে এ শক্তি নির্গত হয়ে থাকে।

কার্যনীতি:

ইউরেনিয়াম-২৩৫ (U-235) পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে উচ্চ গতিসম্পন্ন নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে ফিশনের ফলে দুইটি নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হবে এবং সাথে সাথে তিনটি নিউট্রনও সৃষ্টি হবে। এই তিনটি নিউট্রন আরও তিনটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটাবে; ফলে পাওয়া যাবে নয়টি নিউট্রন। এই নয়টি নিউট্রন আরও নয়টি নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটিয়ে সৃষ্টি করবে সাতাশটি নিউট্রন।

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{প্রচুর শক্তি}$$

পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্র একটি পারমাণবিক চুল্লি নিয়ে গঠিত, যেখানে তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণুগুলি বিভক্ত করে তাপ উৎপন্ন হয়। উৎপাদিত তাপ শক্তি উচ্চ তাপমাত্রা এবং চাপে বাষ্প উৎপাদন করতে ব্যবহৃত হয়। এই বাষ্প চালিত করে বাষ্প টারবাইনকে ঘোরায়, যা বাষ্পের গতি শক্তিকে ঘূর্ণন শক্তিতে রূপান্তরিত করে।



চিত্র: পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র অপারেশন ব্লক ডায়াগ্রাম

টারবাইন ঘূর্ণন করে অল্টারনেটারকে, যা যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যটি হলো স্বল্প পরিমাণে পারমাণবিক জ্বালানি থেকে বিপুল পরিমাণে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন করা যায়।

০৭. বর্তনীতে লোডের সাথে Voltemeter parallel ও Ammeter Series এ সংযুক্ত করা হয় কেন? ২.৫

উত্তর:

Voltemeter: Voltemeter দ্বারা দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য মাপা হয়। তাই Voltemeter কে সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়।
Voltemeter এর মোট রোধ খুব বেশি থাকে কারণ ভেতরে Series Connection এ উচ্চমানের রোধ সংযুক্ত থাকে। তাই Voltemeter সমান্তরালে যুক্ত করা হয় এবং এতে মূল বর্তনীর প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হয় না।

Ammeter: Ammeter দ্বারা বর্তনীর প্রবাহ মাপা হয়। তাই Ammeter কে Series এ সংযুক্ত করা হয়। Ammeter এর ভেতরে নিম্নমানের রোধ Shunt থাকে Parallel Connection এ যুক্ত। তাই বর্তনীর প্রবাহ মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।

০৮. AC ও DC Current এর মধ্যে কোনটি বেশি সুবিধাজনক? ২.৫

উত্তর:

AC Current বেশি সুবিধাজনক। কারণ-

- তুলনামূলকভাবে AC বেশি বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে।
- Transmission Line দ্বারা দূর-দূরান্তে প্রেরণ করা যায়।
- বহুমুখী ব্যবহার বিদ্যমান।
- Voltage কে ট্রান্সফর্মার দ্বারা কমবেশি করা যায়।
- অতি অল্প খরচে Current উৎপন্ন করা যায়।

০৯. দূরবর্তী স্থানে বিদ্যুৎ প্রেরণের ক্ষেত্রে D.C অপেক্ষা A.C ব্যবহার সুবিধা অনেক কেন? ২.৫

উত্তর:

সাধারণত বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে নিম্ন ভোল্টেজে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের সময় পরিবাহীর নির্দিষ্ট রোধের জন্য কিছু পরিমাণ বিদ্যুৎ শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। একে বিদ্যুতের সিস্টেম লস (I^2R) বলে। উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালন করলে এ সিস্টেম লস কম হয়। এজন্য বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে উৎপন্ন নিম্ন ভোল্টেজে বিদ্যুৎকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরের প্রয়োজন হয়। তাই স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে নিম্ন ভোল্টেজের কারেন্টকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করে পরিবাহীর মাধ্যমে পরিবহণ করা হয়। যেহেতু দূরবর্তী স্থানে কম সিস্টেম লসে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য ট্রান্সফর্মার প্রয়োজন, কিন্তু AC ব্যবস্থায় ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা গেলেও DC ব্যবস্থায় ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা যায় না। তাই দূরবর্তী স্থানে বিদ্যুৎ প্রেরণের ক্ষেত্রে ডি.সি. অপেক্ষা এ.সি. ব্যবহার সুবিধাজনক।

১০. IPS ও UPS এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন। (৪৪তম, ৩৮তম) ২.৫

উত্তর:

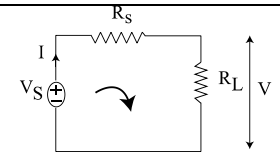
IPS ও UPS এর মধ্যে পার্থক্য

UPS	IPS
১. UPS বা Uninterruptible power Supply বৈদ্যুতিক উৎস বিচ্ছিন্ন হওয়ার ১০ মিলি সেকেন্ড এর মধ্যে ব্যাটারি থেকে ব্যাকঅ্যাপ পাওয়ার সরবরাহ করে।	১. IPS বা Instant Power Supply বৈদ্যুতিক উৎস বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর ১ সেকেন্ড এর মধ্যে ব্যাটারি থেকে ব্যাকাপ পাওয়ার সরবরাহ করে।
২. UPS সাধারণত ২KVA পর্যন্ত পাওয়ার সরবরাহ করে।	২. IPS ৩ ফেজ ব্যবহার করে ১৬ KVA পর্যন্ত পাওয়ার সরবরাহ করতে পারে।
৩. স্বল্প সময়ের জন্য (১৫-২০ মিনিট) ব্যাকআপ দেয়।	৩. অধিক সময়ের জন্য মেশিনের ক্ষমতা অনুসারে ব্যাকআপ দেয়।
৪. UPS সাধারণত ভোল্টেজ রেগুলেট করে এবং ২২০ ভোল্ট সাপ্লাই করে।	৪. IPS ভোল্টেজ সোর্সের সমান ভোল্টেজ সাপ্লাই করে।
৫. এটি দামে সস্তা।	৫. এটির দাম অনেক বেশি।

১১. আদর্শ ভোল্টেজ উৎস বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করুন। (৪৫তম) ২.৫

উত্তর:

যে ভোল্টেজ উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ বা ইম্পিডেন্স শূন্য তাকে আদর্শ ভোল্টেজ উৎস বলে। এই ধরনের ভোল্টেজ উৎস যেকোনো পরিমাণের বিদ্যুৎ সরবরাহ এবং শোষণ করতে পারে; লোড ভোল্টেজের কোনো প্রকার পরিবর্তন ছাড়াই। অর্থাৎ লোডের দুপ্রান্তে সবসময় একই ধরনের ভোল্টেজ বজায় থাকবে।



Where R_s = Internal Resistance/অভ্যন্তরীণ রোধ
R_L = Load/লোড
V = Voltage at the Load
= লোড এর দুপ্রান্তের ভোল্টেজ

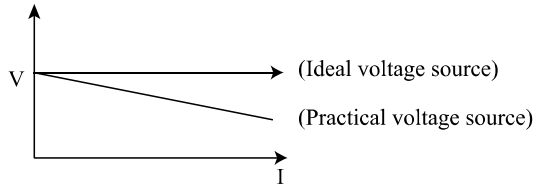
KVL প্রয়োগ করে বর্তনীতে

$V_s = IR_s + V$

$\therefore V = V_s - IR_s$

আদর্শ ভোল্টেজ উৎসের জন্য, $R_s = 0$ হলে, [অভ্যন্তরীণ রোধ $R_s = 0$]

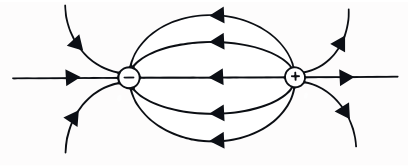
$V = V_s$



নিম্নোক্ত গ্রাফ থেকে দেখা যাচ্ছে, তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন হলেও লোড ভোল্টেজ (v) সবসমসয় একই থাকে। (বাস্তবিক ক্ষেত্রে আদর্শ ভোল্টেজ বলতে কিছু নেই কারণ অভ্যন্তরীণ রোধ কখনো শূন্য হয় না।)

১২. তড়িৎ বলরেখা কী? এর বৈশিষ্ট্যগুলো লিখুন। ২.৫

উত্তর:



তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি মুক্ত ধনাত্মক আধান রাখলে আধানটি যে পথে গতিশীল হয় সেই পথকে তড়িৎ বলরেখা বলে। আসলে কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের বিভিন্ন বিন্দু দিয়ে যদি এমন একটি রেখা কল্পনা করা যায় যে, ঐ রেখার যেকোনো বিন্দুতে স্পর্শক টানলে সেই স্পর্শক (Tangent) ঐ বিন্দুতে মোট প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে, তাহলে ঐ রেখাকে বলরেখা বলে।

এই কাল্পনিক তড়িৎ বলরেখাগুলির নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান। যথা-

১. তড়িৎ বলরেখা খোলা বক্র রেখা।
২. দুটি বলরেখা পরস্পরকে ছেদ করে না।
৩. বলরেখাগুলো পরস্পরের উপর পার্শ্ব চাপ প্রয়োগ করে।
৪. বলরেখাগুলো ধনাত্মক চার্জ হতে উৎপন্ন হয় এবং ঋণাত্মক চার্জে শেষ হয়।
৫. বলরেখাগুলোর যেকোনো বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক উক্ত বিন্দুতে প্রাবল্যের দিক নির্দেশ করে।

১৩. Alternator এবং generator এর মধ্যে পার্থক্য লিখুন। ২.৫

উত্তর:

অলটারনেটর এবং জেনারেটর দুটোই ইলেকট্রিক পাওয়ার তৈরি করলেও এদের মধ্যে বেশ কিছু পার্থক্য রয়েছে। নিচে সেগুলো তুলে ধরা হলো:

ক্রমিক নং	অলটারনেটর	জেনারেটর
০১	অলটারনেটর এমন একটি যন্ত্র যা Mechanical energy কে Electrical AC energy তে কনভার্ট বা রূপান্তর করে।	জেনারেটর এমন একটি যন্ত্র যা Mechanical energy কে Electrical AC or DC energy তে কনভার্ট বা রূপান্তর করে।
০২	এর আর্মেচার ঘূর্ণায়মান।	এর আর্মেচার স্থির থাকে।
০৩	এর চৌম্বকক্ষেত্র ঘূর্ণায়মান।	এর চৌম্বক ক্ষেত্র স্থির
০৪	এর থেকে বেশি পরিমাণ output পাওয়া যায়। বেশিরভাগ অলটারনেটরের সাইজ ছোট হয়।	এর থেকে কম পরিমাণ output পাওয়া যায়। এর সাইজ বড় হয়।
০৫	এটি শুধুমাত্র AC কারেন্ট তৈরি করতে পারে।	এটি DC ও AC দুই ধরনের কারেন্ট তৈরি করতে পারে।
০৬	এর Stator থেকে কারেন্ট নেয়া হয়।	এর Rotor থেকে কারেন্ট নেয়া হয়।
০৭	এটি প্রতি মিনিটে বেশি পরিমাণ ঘোরে।	এটি প্রতি মিনিটে কম পরিমাণ ঘোরে।

১৪. কোনো বাল্ব এর গায়ে 220V − 60W লেখার অর্থ কী? এক্ষেত্রে রোধ বা R এর মান কত? ০.৫+২ = ২.৫

উত্তর:

কোনো বাল্ব এর গায়ে 220V − 60W লেখার অর্থ হলো বাল্বটি যদি 220V বিভব পার্থক্যে সংযুক্ত করা হয় তবে বাল্বটি সবচেয়ে বেশি আলো বিকিরণ করবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 60 Jule হারে বৈদ্যুতিক শক্তি আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

আমরা জানি, $P = VI$

$= V \times \frac{V}{R} \quad \left[\because I = \frac{V}{R}\right]$

$\therefore \mathbf{P = \frac{V^2}{R}}$

অর্থাৎ $\mathbf{R = \frac{V^2}{P}}$

মান বসিয়ে, $\boldsymbol{R = \frac{220 \times 220}{60}\ \Omega}$ [যেখানে V = 220V, P=60W]

$\therefore \mathbf{R = 806.67\ \Omega}$ (প্রায়)

$\therefore$ নির্ণেয় রোধ, $\mathbf{R = 806.67\ \Omega}$ (প্রায়)