इलेक्ट्रिसिटी का व्यावहारिक ज्ञान और घरेलू विद्युत उपकरण

Practical aspects of electricity & electrical home appliances

कैलाश चंद्र केशरे

BlueRose ONE.com
Stories Matter
NewDelhi • London

BLUEROSE PUBLISHERS
India | U.K.

Copyright © Kailash Chandra Keshare 2026

All rights reserved by author. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the author. Although every precaution has been taken to verify the accuracy of the information contained herein, the publisher assumes no responsibility for any errors or omissions. No liability is assumed for damages that may result from the use of information contained within.

BlueRose Publishers takes no responsibility for any damages, losses, or liabilities that may arise from the use or misuse of the information, products, or services provided in this publication.

BlueRose ONE.com
Stories Matter
NewDelhi • London

For permissions requests or inquiries regarding this publication,
please contact:

BLUEROSE PUBLISHERS
www.BlueRoseONE.com
info@bluerosepublishers.com
+91 8882 898 898
+4407342408967

ISBN: 978-93-7825-558-8

Cover design: Anuj
Typesetting: Simran

First Edition: August 2026

लेखक की कलम से

आज हमारे देश में इलेक्ट्रिसिटी का उपयोग इतना व्यापक हो गया है कि शायद ही कोई घर ऐसा बचा हो जहाँ बिजली का कनेक्शन न हो. आम लोगों को इलेक्ट्रिसिटी का गहन तकनीकी ज्ञान भले ही न हो किन्तु वे रोजमर्रा के कामों में इलेक्ट्रिसिटी के उपयोग व उसमें आने वाली समस्याओं से निबटने के लिए आरंभिक जानकारी अवश्य रखते ही हैं. आवश्यकता पड़ने पर निश्चित रूप से वे किसी इलेक्ट्रिशियन की मदद भी लेते हैं. इलेक्ट्रिसिटी के बारे में सभी को एक सहज जिज्ञासा होती है कि आखिर ये है क्या? इसके अलावा आमजन अपने आसपास स्थापित ट्रांसफार्मरों, हाई टेंशन लाइन, सब-स्टेशन (विद्युत उपकेन्द्र) व घरों में लगे स्विचबोर्ड, फ्यूज, एमसीबी आदि चीजों से परिचित तो हैं लेकिन सभी उपकरणों का क्या प्रयोजन या उपयोगिता है, इसकी सही जानकारी से वे अनभिज्ञ होते हैं. ऐसी जानकारियाँ यद्यपि तकनीकी पुस्तकों और पाठ्यक्रमों में तो होती हैं, लेकिन उनकी सरल व्याख्या मिल नहीं पाती. यह पुस्तक इसी उद्देश्य को ध्यान में रख कर लिखी गयी है. आशा है कि ऐसी सरल व्याख्याओं के द्वारा न केवल आमजन तकनीकी जानकारियों से अवगत होंगे बल्कि ये जानकारियाँ बिजली से होने वाली संभावित दुर्घटनाओं से बचने में सहायक भी हो सकती हैं. उपरोक्त तथ्यों को दृष्टिगत रखते हुए सरल और बोलचाल की भाषा में यह पुस्तक लिखी गयी है. आशा है कि यह पुस्तक न केवल आमजनों के लिए बल्कि तकनीकी क्षेत्र से जुड़े पाठकों के लिए भी उपयोगी सिद्ध होगी. यह पुस्तक उन इंजीनियर्स/प्रोफेशनल्स के लिए भी उपयोगी है जो मूलरूप से इलेक्ट्रिकल क्षेत्र में कार्य नहीं करते.

चूंकि आमतौर पर हम सब तकनीकी शब्दों के अंग्रेजी नामों से ही परिचित है, अतः इस पुस्तक में तकनीकी शब्दों के लिए यथासंभव अंग्रेजी के ही नामों का प्रयोग किया गया है, बस उन्हें देवनागरी लिपि में लिखा गया है. हाँ, जहाँ आवश्यक लगा वहाँ शब्दों और वाक्यों को कोष्ठक में अंग्रेजी भाषा में भी लिखा गया है.

पाठकों के सुझाव सादर आमंत्रित हैं.

-कैलाश चन्द्र केशरे

अस्वीकरण (Disclaimer)

इस पुस्तक के लिखने का प्रयोजन पाठकों को विद्युत की जटिल तकनीकी बातों को सरल भाषा में समझाना है तथा उन्हें बिजली से होने वाली संभावित दुर्घटनाओं से बचने हेतु जानकारी से परिचय कराना है.

इस पुस्तक की सामग्री पाठकों की आरंभिक जानकारी के लिए है. अतः सलाह दी जाती है कि किसी प्रणाली या उपकरण के विषय में विस्तृत व अद्यतन जानकारी के लिए पाठक गण विषय से सम्बंधित अधिकृत तकनीकी साहित्य और नियम, स्टैण्डर्ड आदि का भी अध्ययन करें अथवा विषय सम्बन्धी तकनीकी ज्ञान रखने वाले व्यक्ति से आवश्यक सलाह मशविरा लें.

आभार

सर्वप्रथम अपने स्वर्गीय माता-पिता श्री बद्रीनाथ व श्रीमती लक्ष्मी देवी का आभारी हूँ जिनका आशीर्वाद मेरे कार्यकाल के दौरान हमेशा मेरे साथ रहा. अपने कार्यकाल के समय मैंने अपने वरिष्ठ अधिकारियों, साथियों और कर्मचारियों से बहुत सीखा और उन्होंने मुझे कार्य निष्पादन में भरपूर सहयोग दिया. इसी कारण से मुझे अपने कार्यकाल के दौरान प्रशस्ति और प्रशंसा पत्र भी मिले.

पुस्तक के प्रारूप को पढ़ कर उसकी त्रुटियाँ सुधारने तथा उनमें स्थान स्थान पर तकनीकी जानकारियाँ जोड़ने व विषय को अधिक सरल और स्पष्ट बनाने के लिए मैं डॉ. शम्भू रतन अवस्थी, सेवानिवृत्त महाप्रबंधक, बी.एच.ई.एल., का विशेष रूप से आभारी हूँ. मैं श्री सुरेश सोनी, व्याख्याता शासकीय पॉलिटेक्निक कॉलेज, भोपाल, श्री देव कुमार जायसवाल, सीनियर प्रोफेशनल (सैमसंग सी & टी) का भी हृदय से आभारी हूँ जिन्होंने पुस्तक के लेखन में अतिमहत्वपूर्ण सुझाव दिए. इन सब महानुभावों के प्रति मैं कृतज्ञ हूँ.

अंत में मैं अपनी पत्नी सुधा का भी आभारी हूँ जिनके सहयोग से अपने अनुभवों और विचारों को पुस्तक के रूप में प्रस्तुत करने में सफल हो सका.

Acronyms

संक्षिप्त नाम (English)	**संक्षिप्त नाम (हिंदी)**	**विस्तृत नाम**
A.C.	ए.सी.	Alternating Current
A.I.S.	ए.आय.एस.	Air Insulated Switchgear
BHP	बीएचपी	British Horse Power
BTU	बी.टी.यू.	British Thermal Unit
CFL	सी.एफ.एल.	Compact Fluorescent Lamp
CT	सी.टी.	Current Transformer
D.C.	डी.सी.	Direct Current
DOL	डी.ओ.एल.	Direct Online
DP	डी.पी.	Double Pole
ELCB	इ.एल.सी.बी.	Electrical Leakage Circuit Breaker
E.M.F.	ई.एम.ऍफ़.	Electromotive Force
FRLS	एफ.आर.एल.एस.	Fire Resistant Low Smoke
GI	जी.आय.	Galvanized Iron
GIS	जी.आय.एस.	Gas Insulated Switchgear
h	एच	Hour
HDPE	एच.डी.पी.ई.	High Density Polyurethane
HP	एच.पी.	Horsepower
HV/HT	एच.वी./एच.टी.	High Voltage/ High Tension
IC	आय.सी.	Internal Combustion

संक्षिप्त नाम (English)	संक्षिप्त नाम (हिंदी)	विस्तृत नाम
IEEMA	आय.इ.इ.एम.ए.	Indian Electrical & Electronics Manufacturers' Association
kVA	के.वी.ए.	Kilo Volt Ampere
kW	के.डबल्यू.	Kilowatt
kWh	के.डबल्यू.एच.	Kilo Watt hour
LDPE	एल.डी.पी.ई.	Low Density Polyurethane
LED	एल.इ.डी.	Light Emitting Diode
LSZH	एल.एस.जेड.एच.	Low Smoke Zero Halogen
LV/LT	एल.वी./एल.टी.	Low Voltage/ Low Tension
mA	एम.ए.	milli Ampere
MCB	एम.सी.बी.	Miniature Circuit Breaker
MVA	एम.वी.ए.	Mega Volt Ampere
N, n	एन	Neutral
Ph	पी.एच.	Phase
PE	पी.ई.	Polyurethane
PPE	पी.पी.ई.	Personal Protective Equipment
PSH	पी.एस.एच.	Pumped Storage House/scheme
psi	पी.एस.आय.	Pounds per Square Inch
PT/VT	पी.टी./वी.टी.	Potential Transformer/Voltage Transformer
PVC	पी.वी.सी.	Polyvinyl Chloride
RCCB	आर.सी.सी.बी.	Residual Current Circuit Breaker
R.M.S./rms	आर.एम.एस.	Root Mean Square

संक्षिप्त नाम (English)	**संक्षिप्त नाम (हिंदी)**	**विस्तृत नाम**
RPM	आर.पी.एम.	Revolutions Per Minute
SF_6	एस.ऍफ़.6	Sulphur Hexa-Fluoride
SI	एस.आय.	Standard International
TP	टी.पी.	Triple Pole
TPN	टी.पी.एन.	Triple Pole and Neutral
TTI	टी.टी.आय.	Texas A&M Transportation Institute
VA	वी.ए .	Volt Ampere
VAR	वी.ए.आर.	Volt Ampere Reactive
XLPE	एक्स.एल.पी.ई.	Cross Linked Polyurethane

अनुक्रमाणिका

1. इलेक्ट्रिसिटी सम्बन्धी मौलिक जानकारी 1
2. घरेलू व व्यावसायिक विद्युत 9
3. विभिन्न घरेलू विद्युत उपकरण 15
4. आवासों की वायरिंग, सॉकेट और सुरक्षा 62
5. विद्युत सुरक्षा सम्बन्धी अतिरिक्त उपयोगी जानकारी 68
6. विद्युत उत्पादन से उपभोक्ता तक 70
7. विभिन्न प्रकार के विद्युत उत्पादन केंद्र 77
8. विभिन्न प्रकार के विद्युत उपकेन्द्र 98
9. मुख्य विद्युत उपकरणों के कार्य सिद्धांत 105
10. लोड डिस्पेच सिस्टम 124

परिशिष्ट 132

1.0 इकाइयों के प्रतीक चिन्ह 132
2.0 इकाइयों की अंतरराष्ट्रीय प्रणाली 134
3.0 प्रचलित गुणांक 135
4.0 विद्युत प्रणाली के कॉम्पोनेन्ट 136
5.0 विद्युत के मौलिक नियम 140
6.0 ए.सी. वोल्टेज व करंट का मापन 153
7.0 महत्वपूर्ण कन्वर्शन सूत्र 154

समाचार पत्रों में विद्युत दुर्घटना सम्बन्धी खबर 155

सन्दर्भ (references) 161

1.

इलेक्ट्रिसिटी सम्बन्धी मौलिक जानकारी

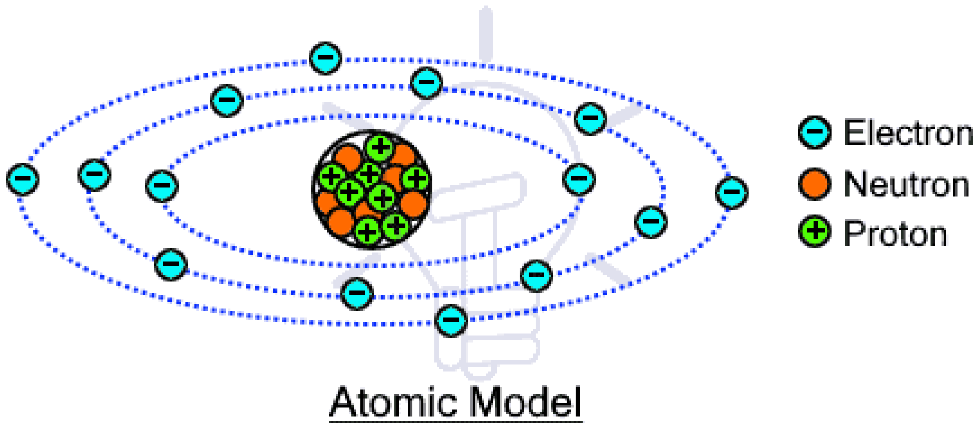
(*Fundamentals of electricity****)***

सामान्यतः विद्युत दो प्रकार की होती है, डायरेक्ट करंट व अल्टरनेटिंग करंट. प्रस्तुत अध्याय में विद्युत की उत्पत्ति व दोनों प्रकार की विद्युत के विषय में जानकारी दी गयी है.

1.1 परमाणु संरचना

प्रकृति के सारे पदार्थ परमाणुओं (atom) से बने होते हैं. ये परमाणु कण मुख्य रूप से तीन तरह के उपपरामाणु कणों (subatomic particles) से बने होते हैं जो इलेक्ट्रान (electron), प्रोटोन (proton) व न्यूट्रॉन (neutron) कहलाते हैं. विज्ञान ने इलेक्ट्रान कणों को "निगेटिव (ऋणात्मक)" व प्रोटोन कणों को "पॉजिटिव (धनात्मक) कण" की संज्ञा दी है. दोनों कणों में विद्युत चार्ज बराबर मात्रा का होता है किन्तु वह एक दूसरे के विपरीत होता है. अतः यदि एक इलेक्ट्रान और एक प्रोटोन आपस में मिल जाएं तो वे न्यूट्रल हो जाएंगे और "न्यूट्रॉन कण" कहलाएंगे. यदि भार की दृष्टि से देखा जाए तो इलेक्ट्रान का भार नगण्य होता है जबकि प्रोटोन एवं न्यूट्रॉन कणों में भार होता है.

आमतौर पर पदार्थ कण उदासीन (न्यूट्रल) अवस्था में रहते हैं क्योंकि उनमें उपस्थित इलेक्ट्रान व प्रोटोन की संख्या बराबर होती है. लेकिन किसी बाहरी शक्ति के द्वारा इलेक्ट्रान कणों को परमाणु से अलग कर उन्हें प्रवाहित करने के लिए प्रेरित किया जा सकता है. इसका सबसे बड़ा और प्रत्यक्ष उदाहरण सदियों से हम वर्षा ऋतु में आकाश में बिजली के कड़कने के रूप में देखते आये हैं. बिजली के चमकने अथवा कड़कने की घटना के बारे में आगे उल्लेख किया गया है.



चित्र-1.1 पारंपरिक (conventional) परमाणु संरचना

1.2 इलेक्ट्रिसिटी के प्रकार

इलेक्ट्रिसिटी दो प्रकार की होती है: स्थैतिक (static) एवं प्रवाहशील

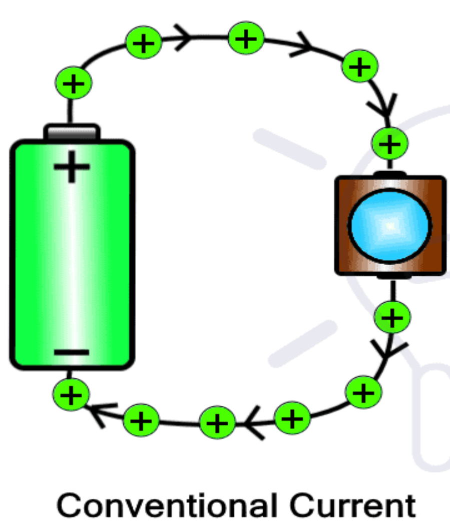
i. स्थैतिक (static) इलेक्ट्रिसिटी (विद्युत/बिजली)

दो वस्तुओं को आपस में रगड़ने के कारण चार्ज यानी इलेक्ट्रान व प्रोटोन का वस्तुओं की सतह पर संचय हो जाता है. जैसे गुब्बारे को बालों (केश) पर रगड़ा जाता है तो बाल इलेक्ट्रान कण छोड़ देते है और वे गुब्बारे की सतह पर जमा हो जाते हैं. दूसरा उदाहरण वर्षा ऋतु में बादलों का टकराना है. वहाँ यानी बादलों पर विद्युत चार्ज संग्रहीत हो जाता है. (जो बाद में बिजली की गड़गड़ाहट और चमक के साथ डिस्चार्ज हो जाता है.)

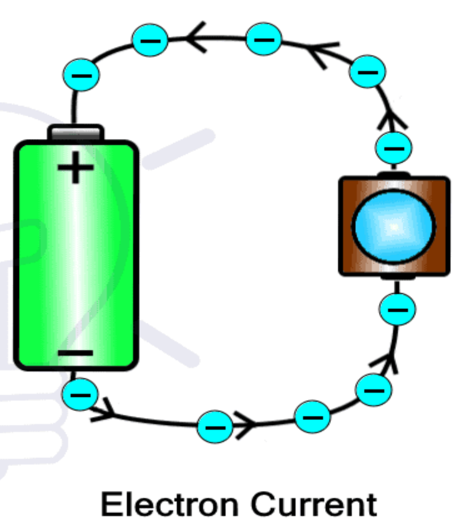
स्टेटिक विद्युत उसी तरह है जैसे जलाशय में एकत्रित जल होता है.

ii. प्रवाहशील इलेक्ट्रिसिटी (electric current)

विद्युत कणों के प्रवाह को "प्रवाहशील इलेक्ट्रिसिटी" कहते है. जहाँ एक ओर स्टेटिक विद्युत जलाशय की तरह होता है, वहाँ इलेक्ट्रिक करंट जलाशय की नहर से निकले जल के प्रवाह की तरह होता है. चित्र 1.2 से विद्युत प्रवाह को आसानी से समझा जा सकता है.



चित्र-1.2A पारंपरिक प्रवाह



चित्र-1.2B वास्तविक प्रवाह

iii. करंट की आरम्भिक अवधारणा

पहले जब बिजली की खोज की गई थी तब वैज्ञानिकों का मानना था कि बिजली उच्च वोल्टेज (विभव) अर्थात धनात्मक (positive) से निम्न वोल्टेज (विभव) अर्थात ऋणात्मक (negative) की ओर प्रवाहित होती है, जैसा कि ऊपर चित्र-1.2A (conventional current) में दर्शाया गया है. किन्तु वास्तव में विद्युत प्रवाह इलेक्ट्रान का ही होता है अर्थात चार्ज निगेटिव से पॉजिटिव की तरफ प्रवाहित होते हैं. इसका कारण यह है कि प्रोटोन की तुलना में इलेक्ट्रान बहुत हल्के होते हैं. इलेक्ट्रान का यह प्रवाह चित्र-1.2B (electron current) में दिखाया गया है.

इस सन्दर्भ में यह बात नोट की जानी चाहिए कि पॉजिटिव से निगेटिव की ओर प्रवाहित होने को ही विद्युत प्रवाह की अधिकृत मान्यता है.

1.3 आकाशीय विद्युत

स्टेटिक बिजली बादलों के अंदर उत्पन्न होती है. जब बादलों में स्थित जल के कण हवा के बहाव के फलस्वरूप एक दूसरे के विरुद्ध रगड़ते हैं तो वे निगेटिव रूप से चार्ज हो जाते हैं. जब चार्ज की मात्रा बहुत बढ़ जाती है तो पृथ्वी और बादलों के बीच के मार्ग से विद्युत प्रवाह होने लगता है जिससे उत्पन्न प्रकाश को हम बिजली चमकने के रूप में जानते हैं. कभी-कभी यह डिस्चार्ज आकाश के अन्दर ही

हो जाता है जो यदा कदा वायुयान के पायलट को दिखता है. बादलों और पृथ्वी के बीच होने वाला विद्युत प्रवाह नमी युक्त वायु के आयोनायीजेशन (ionization) के परिणामस्वरूप होता है जिससे वायु की डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ* कमजोर हो जाती है. आयोनायीजेशन वह प्रक्रिया है जिसमें परमाणु कण से इलेक्ट्रान अलग हो जाते हैं.

(*डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ के बारे में आगे जानकारी दी गयी है.)

1.4 प्रवाहशील (current) इलेक्ट्रिसिटी के प्रकार

i. विद्युत का प्रवाह दो तरह से होता है:

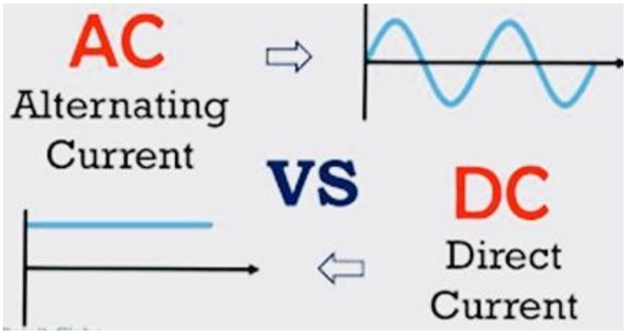
1) डी.सी. करंट (Direct Current)

डायरेक्ट करंट का उदाहरण बैटरी सेल, एडाप्टर आदि से मिलने वाला विद्युत करंट है. इस तरह के करंट में विद्युत प्रवाह की मात्रा स्थिर (constant) रहती है, यानी समय के साथ करंट की मात्रा में परिवर्तन नहीं होता है.

2) ए.सी. करंट (Alternating Current)

ए.सी. यानी अल्टरनेटिंग करंट (alternating current); जैसा कि नाम से स्पष्ट है, इस करंट की मात्रा स्थिर न रह कर निरंतर एक निश्चित आवृत्ति (frequency) से परिवर्तित होती रहती है. विद्युत प्रदाय कंपनी से मिलने वाली विद्युत, जो घरों, व्यावसायिक प्रतिष्ठानों व उद्योग धंधों आदि को मिलती है, वह विद्युत ए.सी. होती है.

3) डी.सी. व ए. सी. करंट प्रवाह चित्र-1.3 में दर्शाए गए हैं.



चित्र-1.3 ए.सी. व डी.सी. करंट के ग्राफ

ii. ए.सी. करंट (Alternating Current) क्या है?

जैसा कि चित्र-1.3 में दर्शाया गया है, ए.सी. करंट की मात्रा शून्य से आरंभ होती है और बढ़ने के बाद घट कर पुनः शून्य पर आ जाती है. इसके बाद यही प्रक्रिया उलटी दिशा में चलती है. इस पूरे चक्र को एक साइकिल (cycle) कहा जाता है. जो पाठक गण गणित में रुचि रखते हैं, उनके लिए यह जानना रुचिकर होगा कि तरंग का यह रूप त्रिकोणमिति (trigonometry) के sine अथवा sinusoidal pattern के अनुरूप होता है. इसे साइन वेव (sine wave) कहते हैं.

iii. करंट की इकाई

एम्पीयर (Ampere) को विद्युत प्रवाह (करंट) की इकाई के रूप में परिभाषित किया गया है. "एम्पीयर" का नाम फ्रांसीसी भौतिक विज्ञानी और गणितज्ञ आंद्रे-मैरी एम्पीयर (1775-1836) के नाम पर रखा गया है.

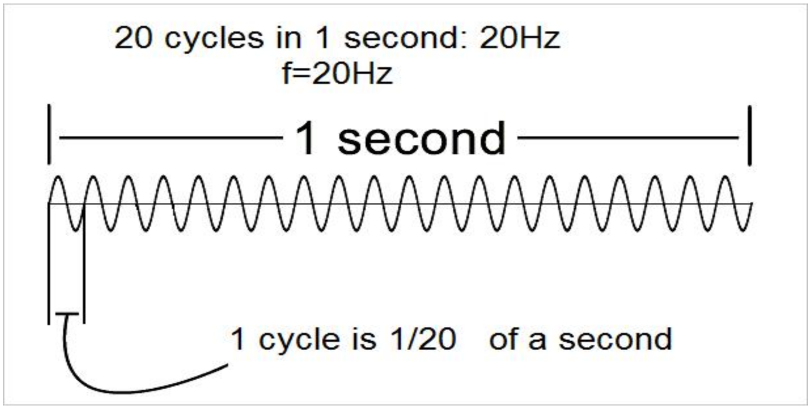
आपने अक्सर एडाप्टर, एमसीबी (MCB) आदि पर एम्पीयर (A) शब्द पढ़ा होगा. कुछ घरेलू उपकरणों जैसे एडाप्टर पर mA (milliampere) भी लिखा होता है. एक mA एक एम्पीयर के हजारवें हिस्से (1 A = 1000 mA) के बराबर होता है.

iv. ए. सी. करंट की आवृत्ति (फ्रीक्वेंसी-frequency)

1) ए. सी. करंट की फ्रीक्वेंसी के विषय में चर्चा करने से पहले यह जानना आवश्यक है कि फ्रीक्वेंसी है क्या?

   एक तरंग की प्रति सेकंड हो रही पुनरावृत्ति को फ्रीक्वेंसी कहा जाता है. जैसे एक सेकंड में यदि 20 तरंगें गुजरती हैं तो उसे हम 20 साइकिल प्रति सेकंड या 20 हर्ट्ज कहेंगे. फ्रीक्वेंसी की इकाई को "Hertz (हर्ट्ज)" नामक जर्मन भौतिकविद हेनरिच हर्ट्ज (Heinrich Hertz -1857-1894) के नाम पर दिया गया है. हर्ट्ज ने इलेक्ट्रोमेग्नेटिज्म (electromagnetism) क्षेत्र में बहुमूल्य योगदान दिया था.

   हर्ट्ज शब्द का प्रयोग रेडियो में भी होता है जब उद्घोषक बताते है कि अमुक कार्यक्रम किस मेगाहर्ट्ज़ फ्रीक्वेंसी पर प्रसारित हो रहा है. ऊपर चित्र-1.3 में ए. सी. विद्युत तरंग दर्शाई गयी है जबकि नीचे चित्र-1.4 में यह दर्शाया गया है कि एक सेकंड में कितनी तरंगें प्रवाहित होती हैं.



चित्र-1.4 साइन वेव का चित्रांकन

2) पूरे विश्व के सभी देशों में घरों तथा व्यावसायिक उपयोग के लिए "ए. सी." विद्युत का ही प्रदाय किया जाता है. ए.सी. विद्युत प्रदाय की फ्रीक्वेंसी सामान्यतः 50 हर्ट्ज (cycles per second) होती है. लेकिन कुछ देशों में 60 हर्ट्ज की फ्रीक्वेंसी पर विद्युत प्रदाय की जाती है.

3) कभी-कभी डी.सी. विद्युत की भी आवश्यकता होती है. इसके लिए ए. सी. विद्युत को रेक्टिफायर (rectifier) के द्वारा डी.सी. विद्युत में परिवर्तित कर दिया जाता है. रेक्टिफायर के विषय में आगे चर्चा की गयी है. वैसे रेक्टिफायर का उपयोग हम सब मोबाइल फोन, रेडियो, लैपटॉप आदि उपकरणों की चार्जिंग के लिए तथा आधुनिक टी.वी. में अक्सर करते हैं. इसे हम सब "एडाप्टर (adapter)" के नाम से जानते हैं.

v. वोल्टेज (Voltage) क्या है?

1) हमने ऊपर करंट के विषय में चर्चा की है. लेकिन इलेक्ट्रिक करंट का प्रवाह बिना वोल्टेज के संभव नहीं हो सकता. इसे इस तरह समझ सकते हैं कि पानी समतल स्थान पर प्रवाहित नहीं होता बल्कि वह ऊँचे स्थान से निचले स्थान की ओर ही प्रवाहित होता है. वोल्टेज को विद्युत विभव, विभवान्तर और विद्युत वाहक बल या इलेक्ट्रिक पोटेंशियल (electric potential) के नाम से भी जाना जाता है. विभवान्तर की इकाई (Volt) है और यह नाम इटली के भौतिक विज्ञानी अलसान्द्रों वोल्टा (1745-1827) के सम्मान में रखा गया है. वोल्टा ने वोल्टेइक पाइल का आविष्कार किया जिसे पहली रासायनिक बैटरी कह सकते हैं.

आम भाषा में वोल्टेज को विद्युत दाब भी कहा जाता है.

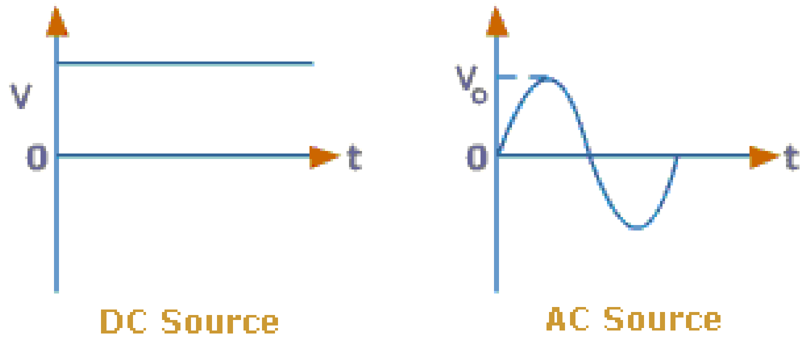
2) वोल्टेज एक प्रकार का बल (force) होता है जो किसी विद्युत सर्किट (परिपथ) में इलेक्ट्रान को गति देने का कार्य करता है. इसी बल या धक्के के कारण इलेक्ट्रान किसी विद्युत सर्किट में प्रवाहित होते हैं.

   वोल्टेज को हमें पुनः जलाशय अथवा बांध के उदाहरण द्वारा समझना होगा. बाँध में जल का स्तर ऊँचा किया जाता है जिससे नहर से पानी का प्रवाह हो और निचले स्तर पर पानी पहुँच सके. हम जानते हैं कि जल का प्रवाह समतल स्थान पर नहीं हो सकता. इसीलिए यदि किसी बाँध के गेट खोल दिए जाएँ तो जल ऊँचे स्तर से निचले स्थान की ओर प्रवाहित होने लगता है. इसका कारण यह है कि गुरुत्वाकर्षण बल के कारण जल हमेशा ऊपर से नीचे की ओर ही प्रवाहित होता है. गुरुत्वाकर्षण बल की तरह इलेक्ट्रिसिटी के प्रवाह के लिए वोल्टेज का होना आवश्यक होता है. यदि आप किसी विद्युत उपकरण, बैटरी सेल अथवा एडाप्टर पर पढ़ेंगे तो उसमें वोल्टेज अवश्य लिखा होता है.

3) वोल्टेज किस तरह उत्पन्न किया जाता है?

   जिस प्रकार से हम किसी बाह्य बल (शक्ति) से जल का संग्रह किसी ऊँचे स्थान पर करते हैं, उसी तरह वोल्टेज उत्पन्न करने के लिए निगेटिव विद्युत कणों को बाह्य शक्ति के द्वारा ऊर्जा प्रदान कर के उसका वोल्टेज बढ़ाते हैं. आकाशीय विद्युत इसका प्रैक्टिकल उदाहरण है.

4) जैसा कि नीचे चित्र में दर्शाया गया है, करंट की तरह वोल्टेज भी दो प्रकार का होता है, डी.सी. व ए.सी. वोल्टेज.



चित्र-1.5 डी.सी. व ए.सी. वोल्टेज के तुलनात्मक ग्राफ

i. वोल्टेज

यदि वोल्ट इकाई की बात की जाए तो 1 कूलम्ब चार्ज में यदि एक जूल (Joule) ऊर्जा हो तो वह 1 वोल्ट कहा जाता है.

(एक कूलम्ब = 6.24×10^{18} चार्ज वाहक)

तकनीकी शब्दावली में वोल्टेज के लिए “V” प्रतीक चिन्ह का प्रयोग किया जाता है.

ii. करंट

जब किसी सर्किट में एक सेकंड में एक कूलम्ब विद्युत चार्ज का प्रवाह होता है तो उसे एक एम्पीयर कहा जाता है. एम्पीयर के लिए संक्षिप्त रूप में “ A” प्रतीक चिन्ह का प्रयोग किया जाता है. (लेकिन तकनीकी गणना में चिन्ह “I” का प्रयोग किया जाता है.)

-----------x----------

2.
घरेलू व व्यावसायिक विद्युत

(Domestic & commercial electricity)

जब हमारी निगाह उच्च दाब की बिजली की लाइन पर पड़ती है तो हमें तीन तार दिखाई देते हैं जो तीन फेज़ ए.सी. सप्लाई को दर्शाते हैं. लेकिन हमारे घरों में वितरण ट्रांसफार्मर के द्वारा वोल्टेज कम करके चार तारों (फेज़ के 3 तथा न्यूट्रल का 1 वायर) के द्वारा विद्युत प्रदाय की जाती है. उपभोक्ता के लोड के अनुसार "सिंगल फेज़+न्यूट्रल" या "तीन फेज़+न्यूट्रल" सप्लाई दी जाती है.

प्रस्तुत अध्याय में इस बाबत विस्तृत चर्चा की गयी है.

2.1 ए.सी. सप्लाई

i. बिजली आपूर्ति प्रणाली को मुख्य रूप से दो प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है; अर्थात सिंगल फेज़ (phase) और तीन फेज़ प्रणाली. सिंगल फेज़ विद्युत का प्रदाय ऐसी जगह पर किया जाता है जहाँ विद्युत भार (load) कम होता है. तीन फेज़ विद्युत का प्रदाय वहां किया जाता है जहाँ विद्युत उपकरणों का भार (load) अधिक हो; जैसे बड़े घरों, वाणिज्यिक प्रतिष्ठानों, उद्योगों, कल-कारखानों और विनिर्माण इकाई आदि. इन स्थानों पर बड़ी मात्रा में बिजली की आवश्यकता होती है. जिन उद्योगों या कल-कारखानों आदि में विद्युत का भार (load) अत्यधिक हो तो उन्हें उच्च दाब पर विद्युत प्रदाय की जाती है. ऐसे बड़े उपभोक्ता आवश्यकतानुसार स्वयं अपने ट्रांसफार्मर के द्वारा उच्च वोल्टेज को निम्न वोल्टेज में परिवर्तित कर लेते हैं.

ii. सिंगल फेज़ और तीन फेज़ के बीच एक बड़ा अंतर यह है कि सिंगल फेज़ में दो तार होते हैं; पहला फेज़ और दूसरा न्यूट्रल (neutral) तार. तीन फेज़ सप्लाई (supply) में तीन फेज़ के अलावा एक चौथे न्यूट्रल (neutral) तार का उपयोग किया जाता है. व्यावसायिक प्रतिष्ठानों

और बड़े उपकरणों जैसे सिंचाई या जल प्रदाय के पम्पों की मोटर को तीन फेज़ सप्लाई दी जाती है.

iii. भारत में तीनों फेज़ की पहचान के लिए तीन रंगों का उपयोग किया जाता है. ये रंग है; Red (लाल), Yellow (पीला) व Blue (नीला). संक्षिप्त में ये R, Y, B से जाने जाते हैं. कई देशों में "R, S, T" या "A, B, C" का भी प्रयोग किया जाता है. बड़े ट्रांसफ़ॉर्मरों में "U, V, W" का उपयोग भी किया जाता है. न्यूट्रल के लिए Black (काला) व अर्थ (Earth) की पहचान के लिए Green (हरा) रंग का प्रयोग किया जाता है.

iv. तीन फेज़ सप्लाई जब घरों के लिए ली जाती है तो घर का विद्युत लोड तीनों फेज़ में यथासंभव सामान रूप से वितरित कर दिया जाता है. सुरक्षा की दृष्टि से यह भी सुनिश्चित किया जाता है कि उपकरणों को 240 V ही मिले जो एक फेज़ व न्यूट्रल के द्वारा प्राप्त होता है. चूंकि फेज़ टू फेज़ वोल्टेज 415 वोल्ट होता है जो अधिक होने से मनुष्य के लिए खतरनाक होता है, इसलिए सुरक्षा कारणों से घरों में किसी भी परिस्थिति में फेज़ टू फेज़ सप्लाई का प्रयोग किसी उपकरण के लिए नहीं किया जाता है. इन्हीं कारणों से घरेलू विद्युत उपकरण 240 वोल्ट के ही निर्मित किये जाते हैं.

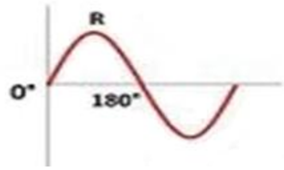
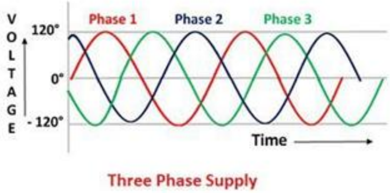
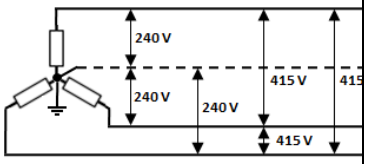
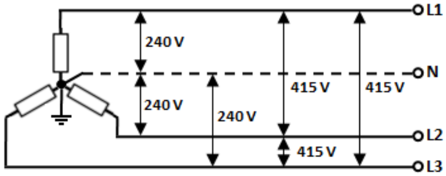
v. फेज़ टू फेज़ (P-P) व फेज़ टू न्यूट्रल(P-N) वोल्टेज में निम्न सम्बन्ध होता है:

$$\sqrt{3} x P\text{-} N = P\text{-} P$$

$$1.732x240 = 415 \text{ V}$$

vi. विद्युत प्रदाय के लिए एक फेज़ व तीन फेज़ सप्लाई के बीच कुछ अन्य अंतर नीचे दिए गए हैं.

टेबल-2.1

तुलना का आधार	सिंगल फेज़	तीन फेज़
परिभाषा	विद्युत प्रदाय दो तारों के द्वारा जिसमें एक फेज़ और दूसरा न्यूट्रल तार होता है	विद्युत प्रदाय चार तारों के द्वारा जिसमें तीन तार फेज़ के और चौथा न्यूट्रल तार होता है
तरंग के स्वरूप	 Single Phase Supply	 Three Phase Supply
तारों की संख्या	सर्किट पूरा करने के लिए दो तारों की आवश्यकता होती है.	तीन* अथवा चार तारों की आवश्यकता होती है. *जब उपकरण, जैसे 3-फेज़ मोटर हो तो तीन फेज़ से सप्लाई दी जाती है.
वोल्टेज	240 V	▪ फेज़ व न्यूट्रल के बीच :240 V (R-N, Y-N, B-N) ▪ किन्हीं दो फेज़ के बीच: 415V (R-Y,Y-B, B-R)
ट्रांसफार्मर से कनेक्शन L1,L2,L3 or R,Y,B	 R-N या Y-N या B-N	 R & Y & B & N
उपयोग	घरेलू उपकरणों (बल्ब, ट्यूब लाइट, पंखे, फ्रिज, मिक्सी, एसी आदि के लिए)	बड़े उपकरणों के लिए (जैसे उद्योगों व सिंचाई/कॉलोनी के पम्पों के मोटर के लिए)

2.2 डी.सी. सप्लाई

डी.सी. सप्लाई में केवल दो तार होते हैं और उनके लिए Red (+पॉजिटिव) व Black (-निगेटिव) रंगों का प्रयोग किया जाता है. सामान्यतः डी.सी. सप्लाई का उपयोग विद्युत उत्पादन केन्द्रों, उपकेंद्रों, उद्योगों आदि स्थानों पर कंट्रोल सर्किट के लिए किया जाता है. इन स्थानों पर बैटरी बैंक होता है जो डी.सी. सप्लाई प्रदान करता है. बैटरी बैंक को ए.सी. सप्लाई के द्वारा रेक्टिफायर के माध्यम से डी.सी. में परिवर्तित करने के उपरांत चार्ज किया जाता है.

2.3 विद्युत खपत सम्बन्धी प्रचलित इकाइयाँ

विद्युत की प्रचलित इकाइयों के बारे में नीचे उल्लेख किया गया है.

i. शक्ति और ऊर्जा (power & energy)

कभी-कभी शक्ति और ऊर्जा के बीच अंतर स्पष्ट नहीं होता. वास्तव में शक्ति कार्य करने की दर (rate) को कहते हैं और इस शक्ति का उपयोग कितने समय तक हुआ, वह ऊर्जा को इंगित करता है. उदाहरण के लिए जब हम वाहन चलाते है तो माइलोमीटर पर स्पीड पता चलती है, लेकिन वाहन ने कितनी दूरी तय की यह अलग से प्रदर्शित होता है. इनमें स्पीड तो शक्ति की तरह है जबकि तय की गयी दूरी ऊर्जा (energy) की तरह है.

ii. वाट व किलोवाट (watt & kilowatt)

वाट व किलोवाट शक्ति की इकाई है. विद्युत उपकरणों की क्षमता वाट व किलोवाट में दी जाती है. जैसे हम बाज़ार जाते है तो दुकानदार पूछता है कि कितने वाट का बल्ब चाहिए अथवा कितने वाट का हीटर चाहिए. वाट के लिए “W” और किलोवाट के लिए “kW” प्रतीक का प्रयोग किया जाता है. किलोवाट एक बड़ी इकाई है.

वाट, वोल्टेज व करंट में निम्न सम्बन्ध होता है:

वाट = वोल्टेजx करंट

1 किलोवाट = 1000 वाट (kilo=1000)

उदाहरण के तौर पर भारत में घरेलू विद्युत प्रदाय 240 वोल्ट पर की जाती है. अतः1 किलोवाट के उपकरण में कितना करंट प्रवाह होगा, इसे निम्न तरीके से निकाला जा सकता है:

चूंकि वाट = वोल्टेजx करंट

या करंट = वाट/वोल्ट

=1000/240

= 4. 167 एम्पियर

करंट के आधार पर किस साइज़ का तार का लगेगा व किस क्षमता (rating) का प्लग आदि लगेगा, का निर्णय लिया जाता है. इस विषय पर आगे विस्तृत चर्चा की जाएगी.

नोट:- उपरोक्त गणना में “पॉवर फैक्टर” के प्रभाव को शामिल नहीं किया गया है. “पॉवर फैक्टर” के बारे में आगे चर्चा की गयी है.

iii. हॉर्स पॉवर (horse power)

हमारे घर हो या खेत, वहाँ पानी ऊपर उठाने के लिए पंप का उपयोग किया जाता है. पंप की क्षमता हॉर्स पॉवर में दी जाती है. हॉर्स पॉवर को संक्षिप्त में एच.पी. (H.P.) भी कहा जाता है.

हॉर्स पॉवर की इकाई दो तरह की होती है जो क्रमशः ब्रिटिश व मीट्रिक हॉर्स पॉवर के नाम से जानी जाती है. लेकिन आजकल सिर्फ मीट्रिक हॉर्स पॉवर ही प्रचलन में है.

मीट्रिक इकाई में एक हॉर्स पॉवर लगभग 735.5 वाट या 0.735 किलोवाट के बराबर होता है जबकि ब्रिटिश हॉर्स पॉवर (BHP) 746 वाट अथवा 0.746 किलोवाट के बराबर होता है.

iv. ऊर्जा

1) जब हम किसी वस्तु या प्रणाली में शक्ति का प्रयोग करते हैं तो जितनी अवधि तक शक्ति का प्रयोग होगा उसी अनुपात में ऊर्जा की खपत होगी.

   अतः ऊर्जा =शक्ति x समय (kW x hour)
   जहाँ तक विद्युत ऊर्जा की बात है, तो यह यूनिट्स (units) में दर्शाई जाती है.
   1 यूनिट = 1किलोवाट ऑवर (kWh)

2) ऊर्जा खपत की गणना:

   a) यदि 1 किलोवाट का हीटर एक घंटे (h) तक ऑन रखा जाए तो 1.0 यूनिट बिजली की खपत होगी.

अर्थात् 1kWx1h

= 1 kWh

= 1 यूनिट

उपरोक्तानुसार 100 वाट के बल्ब को 10 घंटे ऑन रखने पर 1 यूनिट बिजली की खपत होगी.
100 x 10 = 1000 वाट ऑवर = 1 kWh

b) यदि एक घंटे तक 1 हॉर्स पॉवर का पंप चलाया जाए तो 0.735 (0.735x1) यूनिट बिजली की खपत होगी.

v. कैलोरी

कैलोरी ऊर्जा की इकाई है जो ऊष्मा के कैलोरी सिद्धांत से उत्पन्न हुई है. बड़ी कैलोरी, खाद्य कैलोरी, आहार कैलोरी या किलोग्राम कैलोरी को एक लीटर पानी के तापमान को एक डिग्री सेल्सियस (या एक डिग्री सेंटीग्रेड/केल्विन) तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा के रूप में परिभाषित किया गया है. 1 किलो कैलोरी 1,000 कैलोरी के बराबर है. एक कैलोरी को मोटे तौर पर एक ग्राम पानी के तापमान को1डिग्री सेल्सियस बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊर्जा की मात्रा के रूप में परिभाषित किया गया है.

अर्थात 1 खाद्य कैलोरी = 1 किलो कैलोरी

-----------x----------

3.

विभिन्न घरेलू विद्युत उपकरण

(Different electrical appliances)

प्रस्तुत अध्याय में विभिन्न प्रकार के विद्युत उपकरणों के बारे में जानकारी दी गयी है ताकि पाठक इन उपकरणों की कार्यप्रणाली और उनके सिद्धांतों से अवगत हो सके.

3.1 इलेक्ट्रिक बल्ब

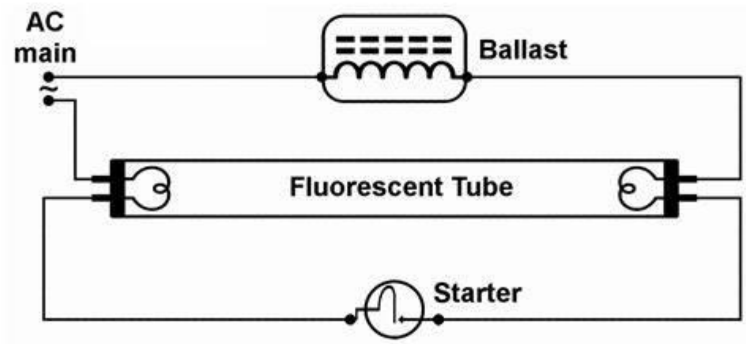
बल्ब का आविष्कार अमरीकी वैज्ञानिक थॉमस एडिसन ने सन 1879 किया था. बल्ब के अन्दर एक फिलामेंट होता है जिसमें से विद्युत करंट प्रवाहित होता है जिससे गर्म होने पर फिलामेंट प्रकाश उत्पन्न करने लगता है. फिलामेंट को जलने (oxidation) से बचाने के लिए बल्ब में से वायु निकालकर उसके अन्दर नाइट्रोजन के साथ निष्क्रिय (inert) गैस भरी जाती है. फिलामेंट बल्ब को इन्केंडेसेंट (incandescent) लाइट बल्ब भी कहा जाता है, जिसका अर्थ है, गर्म होने पर किसी पदार्थ का दीप्तिमान (glow) होना. फिलामेंट कई तरह के तत्वों से बन सकता है जिनमें निम्न प्रमुख है:

- कार्बन (Carbon)
- टेंटालम (Tantalum)
- टंगस्टेन (Tungsten)

अपने विशिष्ट गुणों के कारण बल्ब में टंगस्टेन धातु का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है. वैसे एडिसन ने कार्बन फिलामेंट का प्रयोग किया था.

चित्र-3.1 फिलामेंट बल्ब

3.2 फ्लूरोसेंट ट्यूब लाइट (fluorescent tube-light)



चित्र-3.2 फ्लूरोसेंट ट्यूब लाइट सर्किट डायग्राम

i. फ्लूरोसेंट ट्यूब लाइट के अन्दर मरकरी (mercury-पारा) गैस और अन्य निष्क्रिय गैस जैसे ऑर्गन (argon) का मिश्रण होता है. जब ट्यूब लाइट के दोनों सिरों पर वोल्टेज दिया जाता है तो उससे पारे के परमाणु आवेशित (ionize) होते हैं जिससे अल्ट्रा-वायलेट (ultraviolet) किरणें उत्पन्न होती हैं. ये किरणें जब ट्यूब लाइट की आंतरिक सतह पर की गयी फोस्फोर (phosphor) कोटिंग (coating) से टकराती है तो प्रकाश उत्पन्न होता है.

ii. स्टार्टर (starter) का उपयोग:

ऊपर (i) में वर्णित प्रक्रिया को आरम्भ करने के लिए ट्यूब लाइट में स्टार्टर का उपयोग किया जाता है. स्टार्टर के अन्दर निओन (Neon) गैस भरी जाती है. जैसा कि चित्र-3.2 में दिखाया गया है, स्टार्टर के कांटेक्ट आरम्भ में खुले होते हैं. इन खुले कांटेक्ट के बीच की निओन गैस जब वोल्टेज के कारण आवेशित (ionize) होती है और उसमें से विद्युत प्रवाह होने लगता है. इस विद्युत प्रवाह के कारण निम्न प्रक्रियाएं होती हैं:

1) ट्यूब लाइट के फिलामेंट के अन्दर से विद्युत प्रवाह बढ़ जाता है. इससे ट्यूब लाइट के फिलामेंट गर्म होते हैं और पारे के कण तीव्र गति से आवेशित होते हैं.
2) विद्युत प्रवाह से स्टार्टर के अन्दर की बाइमेटलिक पट्टी (bimetallic strip) गर्म होती है और खुले कांटेक्ट को बंद कर देती है

3) जब ट्यूब लाइट के अन्दर स्थित दोनों फिलामेंट के मध्य (यानी गैस मार्ग) से विद्युत प्रवाह होने लगता है तो स्टार्टर से विद्युत प्रवाह ख़त्म हो जाता है. इसके फलस्वरूप बाइमेटलिक पट्टी ठंडी हो जाती है और स्टार्टर के कांटेक्ट पुनः खुल जाते हैं.
4) स्टार्टर से विद्युत प्रवाह बंद होने से निओन गैस पुनः डिआयोनाइज़ (deionize) हो जाती है जिससे उसमें से विद्युत प्रवाह रुक जाता है. इस तरह स्टार्टर पूर्ववत स्थिति में आ जाता है और अगली बार ट्यूब लाइट के ऑन होने के लिए तैयार हो जाता है.
5) यहाँ गौर करने लायक बात यह है कि ट्यूब लाइट ऑन होने के बाद स्टार्टर का कोई उपयोग नहीं रहता.
6) स्टार्टर से हो रहे विद्युत प्रवाह के अवरुद्ध होने से ट्यूब लाइट के फिलामेंट से होने वाला विद्युत प्रवाह रुक जाता है, क्योंकि विद्युत प्रवाह ट्यूब लाइट के दोनों फिलामेंट के मध्य भरी गैस के माध्यम से होने लगता है. यदि फिलामेंट के अन्दर से निरंतर विद्युत प्रवाह होता रहेगा तो ट्यूब लाइट के फिलामेंट अत्यधिक गर्म होकर क्षतिग्रस्त हो सकते है.

iii. चोक (choke) का प्रयोजन

चोक का तकनीकी नाम बेलास्ट (ballast) भी है. इसके अन्दर लोहे की कोर होती है जिस पर तांबे के तार लपेटे होते हैं. चोक के दो कार्य होते हैं:

1) आरम्भ में कुछ क्षणों के लिए फिलामेंट के बीच वोल्टेज को बढ़ाना ताकि पारे के कण आवेशित होने की प्रक्रिया को गति मिले.
2) इसके पश्चात दोनों फिलामेंट के बीच हो रहे विद्युत प्रवाह की मात्रा को नियंत्रित अर्थात कम रखना.

3.3 सीएॅफ़एल (CFL) बल्ब

फिलामेंट बल्ब की समस्या यह थी कि एक तो उसकी दक्षता (efficiency) कम थी (लगभग 2-10 %) और दूसरी उसकी आयु भी कम होती थी. इन सब कमियों को दूर करने के लिए सीएफएल बल्ब विकसित किये गए.

सीएफएल का पूरा अर्थ है कॉम्पैक्ट फ्लोरोसेंट लैंप (compact fluorescent lamp**).** इस लैंप के अन्दर ऑर्गन (Argon) गैस के साथ पारे की भाप (mercury vapour) थोड़ी मात्रा में मिली होती

है. ट्यूब में भरे इस मिश्रण से जब विद्युत का प्रवाह (current) होता है तो अल्ट्रा-वायलेट (ultraviolet) किरणें उत्पन्न होती हैं जो ट्यूब की आंतरिक सतह पर फ्लोरोसेंट की कोट (coat) को सक्रिय (excite) करती है जिससे प्रकाश उत्पन्न होता है. सीएफएल आधारित प्रकाश स्रोत में फिलामेंट बल्ब के बनिस्बत लगभग एक तिहाई से पांचवें हिस्से के बराबर बिजली खर्च होती है. यद्यपि सीएॅफ़एल लैंप का विकास एक क्रमबद्ध प्रक्रिया है किन्तु आधुनिक स्पाइरल (spiral) सीएॅफ़एल लैंप का विकास जनरल इलेक्ट्रिक, अमेरिका के एडवर्ड इ. हैमर ने सन 1976 में किया था.

सीएफएल बल्ब के महँगे होने और इसमें उपस्थित घातक पारे के कारण तथा एलईडी बल्ब के बाज़ार में आने से इनका चलन अब समाप्त सा हो गया है.

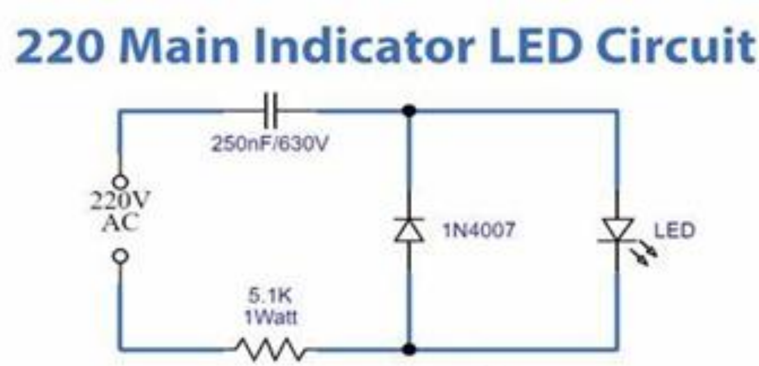
चित्र-3.3 सी.एफ.एल. लैंप

3.4 एलईडी (LED-Light Emitting Diode) लैंप

i. टेक्नोलॉजी के विकास से वर्तमान समय में एलईडी लैंप काफी लोकप्रिय हो रहे हैं. आज 9-12 वाट का एलईडी लैंप 40 वाट के फिलामेंट बल्ब से कहीं अधिक रोशनी देता है.

ii. वैसे तो एलईडी बल्ब आधी सदी से अस्तित्व में हैं किन्तु उनका उपयोग सिर्फ इंडिकेशन (जैसे आन/ऑफ) तक सीमित था. लेकिन पिछले 10-15 वर्षों से इनका उपयोग रोशनी के लिए होने लगा है. पहले ये महंगे होते थे लेकिन टेक्नोलॉजी के सतत विकास के कारण इनके मूल्यों में काफी कमी हुई है. कुछ योजनाओं के अंतर्गत सरकार इस पर सब्सिडी भी दे रही है.

iii. एलईडी एक प्रकार का सेमीकंडक्टर डिवाइस (डायोड-diode) होता है. इसमें से जब करंट प्रवाहित होता है तो डायोड से प्रकाश उत्पन्न होता है. चित्र 3.4 से स्पष्ट है कि डायोड के लिए D.C. सप्लाई की आवश्यकता होती है, जबकि हमारे घरों में A.C. विद्युत सप्लाई की जाती है. अतः एलईडी बल्ब में एक रेक्टिफायर (rectifier) होता है जो A.C. सप्लाई से आवश्यक D.C. विद्युत उत्पन्न करता है.



चित्र-3.4 एलईडी लैंप सर्किट

3.5 रिचार्जेबल LED बल्ब

i. पहले जब बार-बार बिजली प्रदाय अवरूद्ध हो जाती थी तब घरों में इन्वर्टर का उपयोग काफी किया जाता रहा था. किन्तु आजकल बिजली की उपलब्धता बेहतर होने से इन्वर्टर का उपयोग काफी कम हो गया है. लेकिन जब कभी, विशेषकर रात्रि में अल्प समय के लिए बिजली प्रदाय बाधित होती है तो कमरे में अंधकार हो जाता है. ऐसे में मोमबत्ती या टार्च ढूँढने में परेशानी होती है. इसी समस्या के समाधान के लिए इमरजेंसी एलईडी बल्ब विकसित किये गए हैं. बिजली जाने पर ये बल्ब (बिना इन्वर्टर के) लगभग 4 घंटे तक प्रकाश देते हैं. ऐसे बल्ब सीढ़ियों पर, बाथरूम अथवा किचन आदि स्थानों के लिए बहुत उपयोगी सिद्ध होते हैं. ध्यान रहे कि ये तभी प्रकाश देते हैं जब बल्ब का स्विच ऑन हो तथा उस फेज़ पर अन्य कोई लोड का स्विच भी ऑन हो.

इस तरह के बल्ब का लाभ यह है कि इनके लिए किसी अतिरिक्त होल्डर या विशेष डिवाइस की आवश्यकता नहीं होती.

ii. रिचार्जेबल LED बल्ब की कार्यप्रणाली

मूल रूप से, एक इन्वर्टर एलईडी बल्ब एक टू-इन-वन बल्ब है, यानी जब ए.सी. मेन (main) पावर उपलब्ध होती है तो यह नॉर्मल लाइट बल्ब की तरह काम करता है लेकिन जब पावर कट होता है तो यह इमरजेंसी लाइट बल्ब की तरह काम करता है. इन बल्बों में उपयोग की जाने वाली तकनीक उन्हें बिजली कटौती के दौरान स्वचालित रूप से एलईडी लाइट चालू करने में सक्षम बनाती है और ए.सी. मेन (A.C. Main supply) उपलब्ध होने पर आंतरिक बैटरी को स्वचालित रूप से चार्ज करती है.

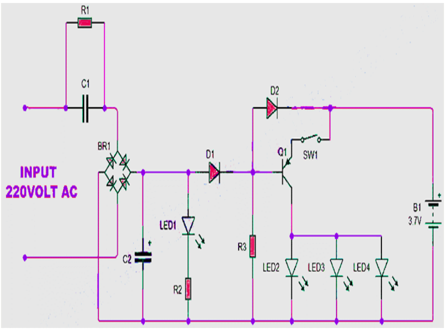
जब ए.सी. मेन की बिजली बंद हो जाती है, तो यह इन्वर्टर बल्ब स्वचालित रूप से डी.सी. आपातकालीन प्रकाश के रूप में कार्य करने के लिए चालू हो जाता है. आवश्यकता न होने पर इसे बंद (switch-off) किया जा सकता है.

अधिकांश इन्वर्टर एलईडी बल्बों में लिथियम-आयन बैटरी होती हैं जो तीन से चार घंटे का बैकअप प्रदान करती हैं. आंतरिक बैटरी तीन से चार घंटे में पूरी तरह से चार्ज होती है.

इसके बाद बैटरी को ओवर चार्ज होने से बचाने के लिए चार्जिंग वोल्टेज स्वचालित रूप से कट जाता है. बल्ब को सामान्य ऑपरेशन के दौरान भी आंतरिक बैटरी चार्ज करने के लिए डिज़ाइन किया गया है.

इन्वर्टर एलईडी बल्ब की विशेषताओं में पूरी तरह से स्वचालित नियंत्रण, कम बिजली की खपत और उच्च दक्षता शामिल हैं. चूंकि इसमें एक आंतरिक बैकअप पावर स्रोत और इलेक्ट्रॉनिक नियंत्रण सर्किट है, इसलिए यह बिजली कटौती के दौरान भी स्विच स्थिति का पता लगा सकता है.

चित्र-3.5A रिचार्जेबल एल.ई.डी. लैंप



चित्र-3.5B रिचार्जेबल लैंप एल.ई.डी. लैंप सर्किट

3.6 विभिन्न प्रकार के लैम्प्स का तुलनात्मक अध्ययन

टेबल-3.1

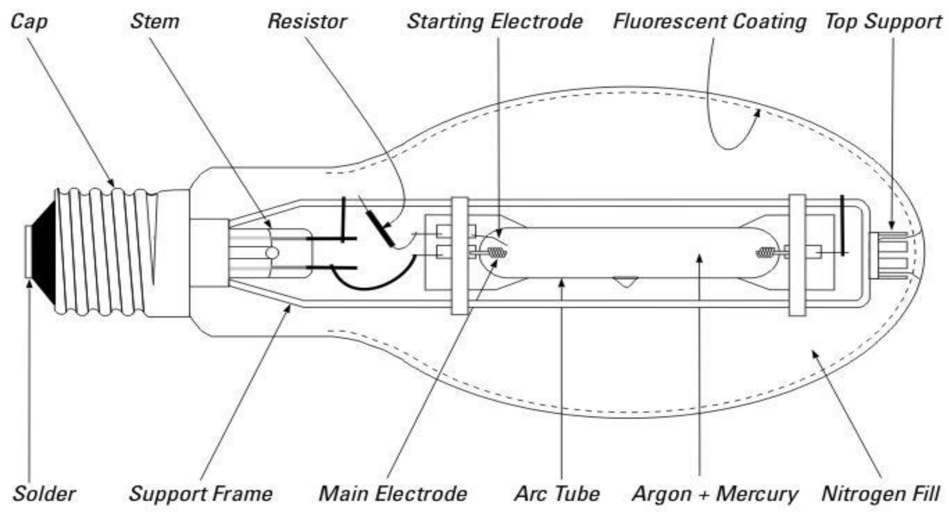
लैंप का प्रकार	Incandescent	CFL	LED
एक जैसे प्रकाश के लिए आवश्यक वाट	60	15	9
व्यर्थ हो रही ऊर्जा	75-95%	30%	5%
औसत आयु (घंटों में)	750-1200	8000	25000

3.7 मरकरी वेपर लैंप (mercury vapour lamp)

i. मरकरी वेपर लैंप एक गैस डिस्चार्ज लैंप होता है जिसमें प्रकाश उत्पन्न करने के लिए फ्यूस्ड क्वार्ट्ज़ (fused quartz) इलेक्ट्रिक आर्क (electric arc) ट्यूब का प्रयोग किया जाता है. यह आर्क छोटे ट्यूब के अन्दर ही उत्पन्न की जाती है जो कि एक बड़े सोडा लाइम (soda lime) अथवा बोरोसिलिकेट (borosilicate) शीशे के बल्ब के अन्दर स्थापित की जाती है. इसका बाहरी बल्ब या तो पारदर्शी होता है या फिर उस पर फोस्फोर (phosphor) कोटिंग (coating) की जाती है.

ii. मरकरी वेपर लैंप दो प्रकार के होते हैं जो लैंप के अंदर वाष्प दबाव पर निर्भर करते हैं; वे हैं,
   - उच्च दबाव वाले पारा वाष्प लैंप, और
   - निम्न दबाव वाले पारा वाष्प लैंप (फ्लोरोसेंट लैंप)

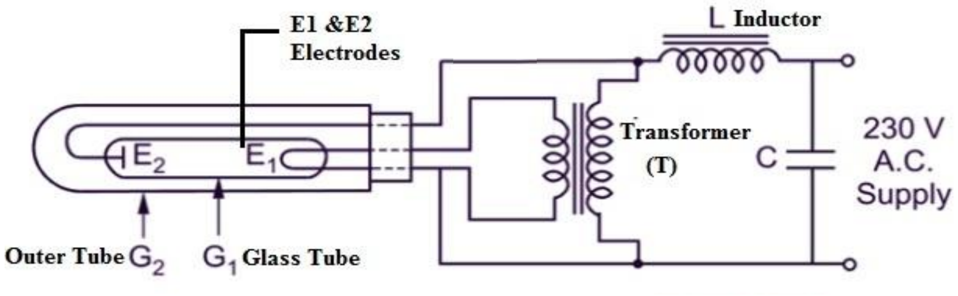
iii. मरकरी वेपर लैंप का ईजाद अमरीकी इंजीनियर पीटर कूपर हेविट (Peter Cooper Hewitt) ने सन में 1901 में किया था जिसमें सन 1903 में सुधार किया गया था. मरकरी वेपर लैंप की दक्षता (efficiency) फिलामेंट बल्ब से कहीं अधिक (2-4 गुना) होती है. इनका उपयोग प्रायः स्ट्रीट लाइट, खेल प्रांगणों आदि स्थानों पर किया जाता है.



चित्र-3.6 मरकरी वेपर लैंप

3.8 सोडियम वेपर लैंप (sodium vapour lamp)

i. सोडियम वेपर लैंप भी गैस डिस्चार्ज लैंप की तरह ही होते हैं, बस अंतर इतना होता है कि इसमें पारे के स्थान पर सोडियम (Sodium-Na) का उपयोग किया जाता है. सोडियम वेपर लैंप का ईजाद अमरीकी वैज्ञानिक आर्थर एच. कॉम्पटन (Arthur H. Compton) ने सन 1920 में किया था. इस लैंप में सुधार सन 1932 में हॉलैंड में फिलिप्स कंपनी ने किया था.



चित्र-3.7 सोडियम वेपर लैंप

ii. सोडियम वेपर लैंप दो तरह के होते हैं:

- लो प्रेशर (एल.पी.)

- हाई प्रेशर (एच.पी.)

दोनों किस्म के लैम्प्स की बनावट अलग अलग होती है. एचपी लैंप के प्रकाश की गुणवत्ता एल.पी. लैंप से बेहतर होती है लेकिन एच.पी. लैंप की दक्षता (efficiency) कम होती है. यदि आयु की बात की जाए तो एच.पी. लैंप की आयु तुलनात्मक रूप से ज्यादा होती है.

iii. सोडियम वेपर लैंप से उत्पन्न होने वाला प्रकाश कुछ पीले रंग का होता है. ये लैंप कोहरे (धुंध) व वर्षा ऋतु में बहुत प्रभावी होते हैं.

iv. सोडियम वेपर लैंप का प्रयोग ज्यादातर सुरंग में या उन स्थानों पर किया जाता हैं जहाँ धुंध या वर्षा अधिक होती है. आमतौर पर इनका उपयोग स्ट्रीट लाइट या खुले स्थानों पर किया जाता है.

3.9 हैलोजन लैंप (halogen lamp)

i. एक हैलोजन लैंप या टंगस्टन हैलोजन लैंप एक इन्केंडेसेंट (incandescent) लैंप होता है. हैलोजन लैंप में एक टंगस्टन फिलामेंट होता है जो ऑर्गन जैसी निष्क्रिय गैस के वातावरण में स्थापित होता है और इसमें ब्रोमीन या आयोडीन जैसे हैलोजन की थोड़ी मात्रा होती है. टंगस्टन फिलामेंट और हैलोजन के संयोजन के परिणामस्वरूप एक रासायनिक प्रतिक्रिया होती है जिससे रिजनरेटिव चक्र (regenerative cycle) या हैलोजन चक्र निर्मित होता है. इस चक्र के कारण हैलोजन लैंप की आयु बढ़ जाती है और यह लैंप के अन्दर होने वाले कालेपन को काफी कम कर देता है.

ii. पहला हैलोजन बल्ब 1959 में निर्मित किया गया था. इसका विकास एल्मर फ्रिडरिच और एम्मेंट विले (Elmer Fridrich and Emmet Wiley) ने किया जो जनरल इलेक्ट्रिक में कार्य करते थे. उसके आविष्कार के बाद से ये बल्ब प्रकाश उद्योग में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते आ रहे हैं. जनरल इलेक्ट्रिक कंपनी ने व्यावसायिक रूप से हैलोजन लैंप का पेटेंट कराया था. सन 1980 से हैलोजन लैंप में काफी सुधार किए गए और उन्हें हल्का बनाया गया.

iii. हैलोजन लैंप से उत्पन्न प्रकाश की गुणवत्ता बेहतर होती है. ये भार में हल्के होते हैं, लेकिन गर्म बहुत होते हैं. इसलिए इनसे सावधानी की जरूरत होती है. वैसे तो इनके कई तरह के उपयोग होते हैं पर सामान्यतः इनका उपयोग फ्लड लाइट (flood light) के लिए किया जाता है.

चित्र-3.8 हैलोजन लैंप

3.10 हाई मास्ट लाइट (high mast light)

i. हाई-मास्ट लाइटिंग में एक लंबा पोल (pole) होता है जिसके ऊपर जमीन की दिशा में रोशनी के लिए लाइटिंग लगी होती है. इनका उपयोग अक्सर हाईवे या मनोरंजक क्षेत्र को रोशन करने के लिए किया जाता है. इसके अलावा इनकी स्थापना उन साइटों पर भी की जाती है जहां बड़े क्षेत्र में रोशनी की आवश्यकता होती है. जिन खम्भों पर लाइटिंग लगाई जाती है वे आमतौर पर कम से कम 30 मीटर (98 फीट) लम्बे होते हैं. ध्यान रहे कि इससे कम ऊंचाई वाले खम्भों के उपयोग को पारंपरिक (conventional) प्रकाश व्यवस्था माना जाता है.

ii. हाई मास्ट लाइटिंग में खंभे के चारों ओर एक ल्यूमिनेयर (luminaire) रिंग होती है जिसके चारों ओर एक या कई स्वतंत्र प्रकाश स्रोत स्थापित होते हैं. अधिकांश इकाइयों में रिंग में चार, छह या आठ लाइट होती हैं. तीन, पांच, दस, बारह और सोलह लाइट का इस्तेमाल बहुत कम किया जाता है. अधिकांश हाई-मास्ट लाइट उच्च दबाव वाले सोडियम लैंप (high pressure sodium vapour lamp) होते हैं, किन्तु अन्य प्रकार के लैंप जैसे पारा वाष्प (mercury vapour), धातु हलाइड और एलईडी का भी उपयोग किया जाता है.

iii. इन प्रणालियों का रखरखाव ल्यूमिनेयर रिंग को मस्तूल के सिर से धरातल तक नीचे करके किया जाता है, जिसमें चरखी और मोटर का उपयोग करके जमीन पर या चेरी पिकर द्वारा सुलभ ऊंचाई पर रखा जाता है और यातायात को बाधित किए बिना आसान पहुंच की सुविधा वाले क्षेत्रों में स्थापित किया जाता है.

iv. 1960 के दशक से पहले, राजमार्ग प्रकाश व्यवस्था अक्सर छोटे (लगभग 30 फीट (9.1 मीटर)) प्रकाश खंभों द्वारा पारा वाष्प लैंप के साथ प्रदान की जाती थी. 1960 के दशक के मध्य में यूरोप और उत्तरी अमेरिका दोनों में उच्च मस्तूल रोशनी में प्रगति बड़े पैमाने पर हुई. 1966 में, टेक्सास परिवहन संस्थान (TTI) ने असाधारण परिणामों के साथ फोर्ट वर्थ, टेक्सास में एक राजमार्ग इंटरचेंज पर एक अस्थायी 120 फीट (37 मीटर) लंबा हाई-मास्ट टॉवर स्थापित किया.

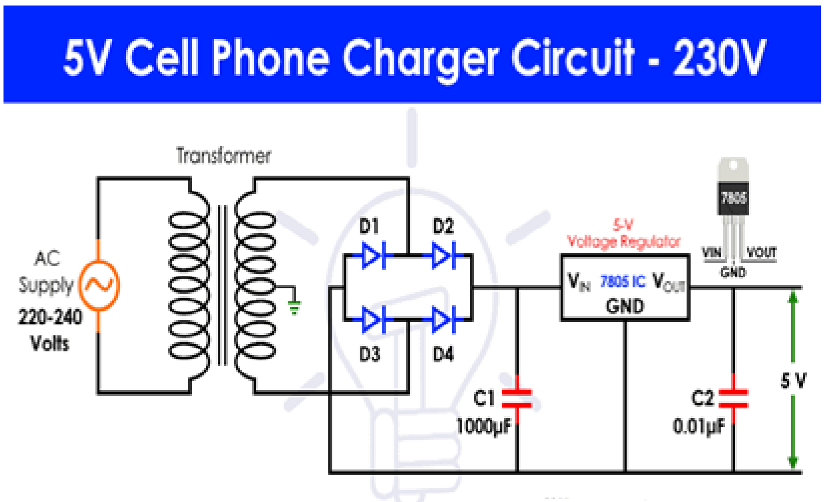
चित्र-3.9 हाई मास्ट लाइट

3.11 मोबाइल चार्जर/एडॉप्टर (adapter)

i. आज लगभग प्रत्येक व्यक्ति के पास मोबाइल फ़ोन होता है. मोबाइल के अन्दर एक बैटरी होती है जो मोबाइल को पॉवर देती है. यह बैटरी मोबाइल चार्जर से चार्ज होती है. अतः कोई व्यक्ति कहीं यात्रा पर जाता है तो वह अपना मोबाइल चार्जर साथ रखना नहीं भूलता.

ii. मोबाइल अथवा सेल फोन चार्जर एक ऐसा उपकरण है जो उसकी बैटरी में विद्युत ऊर्जा प्रदान करता है. अधिकांश मोबाइल फोन आमतौर पर 5V डी.सी. का उपयोग करते हैं, लेकिन हमारी विद्युत 240 वोल्ट ए.सी. (A.C.) होती है. मोबाइल चार्जर का काम 240 वोल्ट ए.सी. को 5 वोल्ट डी.सी. (D.C.) में परिवर्तित करना होता है. कुछ चार्जर 240 और 120 वोल्ट ए.सी. दोनों पर कार्य करते हैं. इनके अन्दर विशेष इलेक्ट्रॉनिक सर्किट होते हैं.

जब चार्जर को प्लग किया जाता है तो 240 वोल्ट का ए.सी. करंट चार्जर को प्राप्त होता है. चार्जर में स्थित ट्रांसफार्मर उच्च ए.सी. वोल्टेज को निम्न वोल्टेज में परिवर्तित कर देता है. इस निम्न वोल्टेज की विद्युत को चार्जर में स्थित रेक्टिफायर (rectifier) द्वारा डी.सी. में परिवर्तित किया जाता है.



चित्र-3.10 5V सेल फ़ोन चार्जर सर्किट -240 V

iii. भारत में ए.सी. विद्युत 230-240 वोल्ट और फ्रीक्वेंसी 50 हर्ट्ज होती है किन्तु अमेरिका में 120 वोल्ट और फ्रीक्वेंसी 60 हर्ट्ज होती है. अतः अमेरिका के चार्जर को भारत में उपयोग करते समय जाँच करना आवश्यक है कि वह 240 वोल्ट पर भी कार्य करने के लिए उपयुक्त हो. वोल्टेज सम्बन्धी ऐसी सावधानी न केवल चार्जर बल्कि अन्य उपकरण जैसे टीवी, मिक्सी आदि के उपयोग करते समय भी आवश्यक है.

3.12 तार रहित (wireless) मोबाइल चार्जर

वायरलेस चार्जिंग वास्तव में वायरलेस नहीं होता है. बस अंतर इतना है कि फोन, स्मार्ट वॉच, टैबलेट, वायरलेस हेडफ़ोन या अन्य डिवाइस को तार के साथ चार्जर में प्लग करने की आवश्यकता नहीं है. यह समझने के लिए कि वायरलेस चार्जर कैसे काम करता है, हमें यह देखने की जरूरत है कि चुंबकत्व और बिजली कैसे आपस में संबंधित हैं?

वास्तव में चुंबकत्व से इंडक्शन के द्वारा विद्युत उत्पन्न होती है. सरल शब्दों में बताया जाए तो इसी सिद्धांत के उपयोग से तार रहित चार्जर निर्मित किये जाते हैं. जब आप किसी डिवाइस (घड़ी या मोबाइल फ़ोन) को वायरलेस चार्जिंग पैड पर रखते हैं, तो डिवाइस में एक छोटा कॉइल (coil) चुंबकीय क्षेत्र से ऊर्जा प्राप्त करता है जो विद्युत का उत्पादन करता है, और बैटरी को ऊर्जा प्रदान करता है.

चित्र-3.11 तार रहित (wireless) मोबाइल चार्जर

3.13 रेफ्रिजरेटर (refrigerator)

i. रेफ्रिजरेटर की ईजाद स्कॉटिश प्रोफेसर विलियम कुलेन (William Cullen) ने सन 1755 में की थी. लेकिन जिन रेफ्रिजरेटरों का उपयोग हम कर रहे हैं वे 20 वीं शताब्दी में चलन में आये. जैसा कि सभी जानते हैं, फ्रिज का उपयोग वस्तुओं को ठंडा करने के लिए होता है. तकनीकी भाषा में फ्रिज का काम फ्रिज के अन्दर की ऊष्मा को निकाल कर बाहर वातावरण में फेंकना होता है.

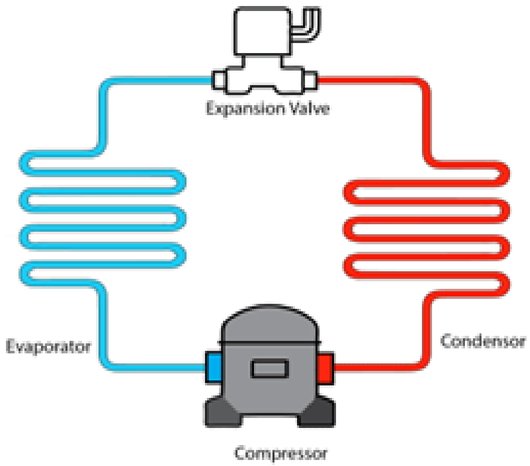
ii. प्रकृति का स्वभाव है कि ऊष्मा का प्रवाह उच्च ताप से निम्न ताप की ओर स्वाभाविक रूप से होता है. लेकिन यदि ऊष्मा का प्रवाह निम्न ताप से उच्च ताप की ओर करना हो तो इसके लिए अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता होती है. चूंकि फ्रिज के द्वारा ऊष्मा को निम्न ताप से उच्च ताप की ओर प्रवाहित किया जाता है, इसलिए फ्रिज को "हीट पंप" भी कहा जाता है. इस प्रक्रिया के द्वारा फ्रिज के अन्दर का तापक्रम कम किया जाता है.

iii. फ्रिज के ये मुख्य पार्ट होते हैं:

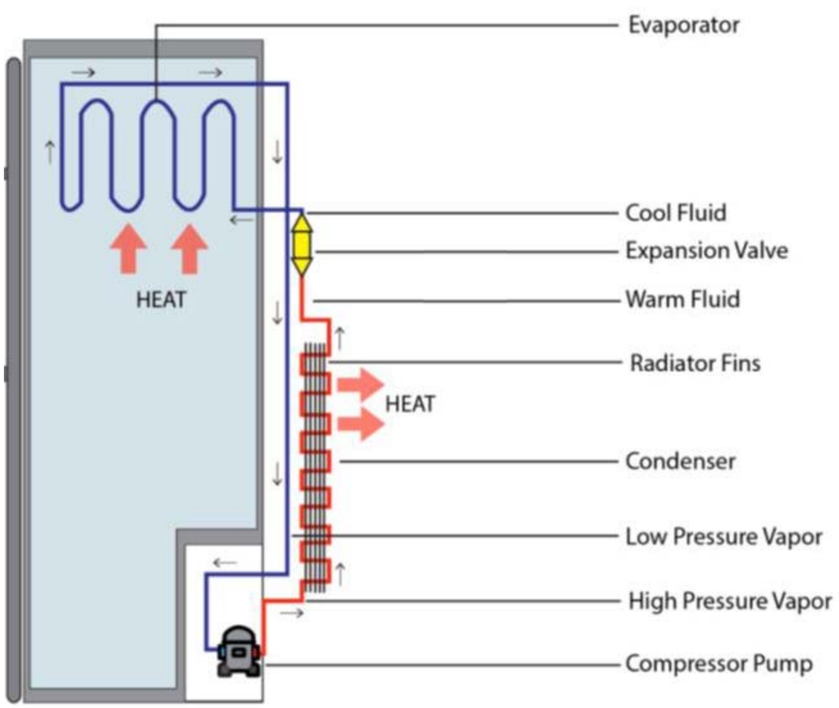
1) कंप्रेसर (compressor)
2) कंडेंसर (condenser)

3) एक्सपेंशन वाल्व (expansion valve)

4) इवेपोरेटर (evaporator)



चित्र-3.12A फ्रिज की कार्य प्रणाली



चित्र-3.12B फ्रिज की कार्य प्रणाली

उपरोक्त चित्रों के माध्यम से फ्रिज की संरचना दर्शाई गयी है. फ्रिज की शीतलन (cooling) प्रक्रिया रेफ्रिजरेंट से आरम्भ होती है. रेफ्रिजरेंट एक गैस होती है. यह एक बंद चक्र (closed cycle) में कार्य करती है. अर्थात कंप्रेसर के द्वारा गैस का प्रेशर बढ़ाया जाता है. प्रेशर बढ़ने की प्रक्रिया में गैस का तापक्रम बढ़ जाता है. गैस की यह ऊष्मा फ्रिज के पीछे लगे रेडियेटर से वातावरण में चली जाती है. यह गैस जब एक्सपेंशन वाल्व (expansion valve) में फैलती है तो गैस का प्रेशर कम होने से उसका तापक्रम काफी कम हो जाता है अर्थात गैस ठंडी हो जाती है. तापक्रम कम होने की प्रक्रिया थर्मोडायनामिक्स (thermodynamics) के एडियाबेटिक एक्सपेंशन (adiabatic expansion) के सिद्धांत पर कार्य करती है.

जब ठंडी गैस इवेपोराटर (फ्रिज के अन्दर स्थित) से गुजरती है तो फ्रिज की गर्मी सोख लेती है. कम दाब (pressure) की यह गैस पुनः कंप्रेसर में प्रवेश करती है जहाँ से गैस के प्रेशर बढ़ने की प्रक्रिया फिर से आरम्भ हो जाती है.

रेफ्रिजरेंट के रूप में प्रयुक्त होने वाली गैस पहले R12 (Dichlorodifluoromethane-Freon) व R22 (Chlorodifluoromethane-Freon) किस्म की होती थी लेकिन वे पर्यावरण के लिए घातक होती थी. आजकल भारत में R134a (Tetrafluoroethane), R-410A (Tetrafluoroethane and Difluoroethane mixture) आदि इस्तेमाल होती हैं.

i. कंप्रेसर की मोटर एक थर्मोस्टेट से बंद या चालू होती है. यह थर्मोस्टेट फ्रिज के अन्दर होता है. यानी जब फ्रिज के अन्दर का तापक्रम बढ़ जाता है तो थर्मोस्टेट के द्वारा कंप्रेसर स्टार्ट होता है और जब तापक्रम निर्धारित सेटिंग से कम होता है तो कंप्रेसर की मोटर बंद हो जाती है.
ii. फ्रॉस्ट (frost) फ्री फ्रिज
iii. पुराने फ्रिज में अक्सर देखा जाता था कि फ्रीजर के ऊपर बर्फ जमा हो जाती थी. यह फ्रिज के अन्दर मौजूद नमी के जमने के कारण होती थी. इस फ्रॉस्ट को पिघलाने के लिए फ्रिज के अन्दर एक डिफ्रॉस्ट बटन होता था. लेकिन आजकल फ्रॉस्ट फ्री (frost free) फ्रिज विकसित हो गए हैं.
iv. फ्रॉस्ट-फ्री रेफ्रिजरेटर मुख्य रूप से संवहन या अप्रत्यक्ष शीतलन विधि (convection or indirect cooling method) का उपयोग करते हैं. फ्रॉस्ट-फ्री रेफ्रिजरेटर में बाष्पीकरणीय कॉइल (coil) होते हैं (जिसे कूलिंग कॉइल भी कहा जाता है). रेफ्रिजरेटर के अंदर एक ब्लोअर

(blower) होता है जिसका उपयोग निर्धारित तापमान बनाए रखने के लिए प्रत्येक खंड (compartment) में ठंडी हवा खींचने के लिए किया जाता है. इससे खाद्य पदार्थ वाष्पीकरण कॉइल (or cooling coil) के सीधे संपर्क में नहीं आते.

v. आधुनिक फ्रिज में अधिकतर HFC-134a, गैस का रेफ्रिजरेंट के रूप में उपयोग किया जाता है. दूसरे रेफ्रिजरेंट जैसे R-438A (blend of hydrofuorocarbons), R-134a (Tetrafluoroethane), R600A (Butane-a hydrocarbon) का भी उपयोग किया जाता है.

vi. घरेलू फ्रिज की क्षमता

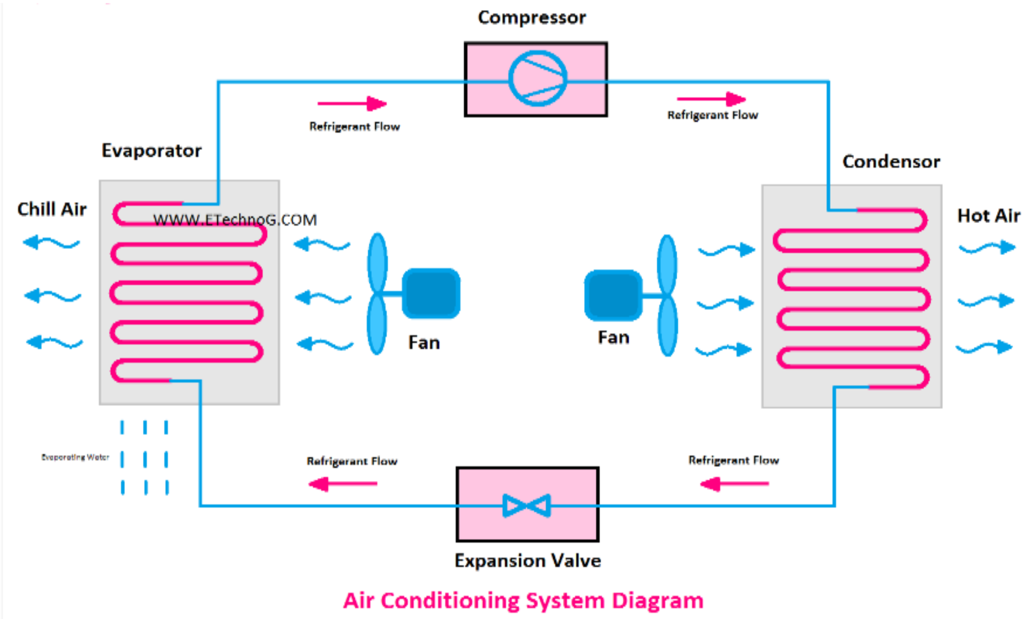
vii. फ्रिज की क्षमता लीटर में दर्शाई जाती है. दरअसल लीटर क्षमता, फ्रिज के अन्दर का स्थान या वॉल्यूम (volume) दर्शाता है. आजकल फ्रिज व फ्रीजर की क्षमता प्रथक-प्रथक दर्शाई जाती है.

viii. एक प्रतिष्ठित कम्पनी ने फ्रिज के फीचर इस प्रकार बताए हैं जिनसे फ्रिज के आकार व उसकी बिजली की खपत में सम्बन्ध का अनुमान लगता है.

- कुल क्षमता : 324 लीटर
- फ्रीजर क्षमता: 88 लीटर
- औसत विद्युत भार: 209 kW

3.14 एअर कंडीशनर (air conditioner) या एसी

i. एअर कंडीशनर भी उसी सिद्धांत पर कार्य करता है जिस सिद्धांत पर फ्रिज कार्य करता है. उन्नत एअर कंडीशनर में भी फ्रिज की तरह इन्वर्टर टेक्नोलॉजी का उपयोग किया जाता है. एअर कंडीशनर की कार्य प्रणाली चित्र-3.13 में दर्शाई गयी है.



चित्र-3.13 एसी की कार्यप्रणाली

एक आदर्श परिभाषा के अनुसार एअर कंडीशनिंग प्रणाली में वातावरण के तापक्रम के अलावा उसकी आर्द्रता (humidity) को भी नियंत्रित किया जाता है. लेकिन आम एअर कंडीशनर में सिर्फ तापक्रम ही नियंत्रित किया जाता है.

ii. घरेलू एअर कंडीशनर में "टन (ton)" की इकाई

एअर कंडीशनर (AC) की क्षमता (rating) हमेशा टन में ही दी जाती है. एअर कंडीशनिंग का "टन" माप की एक इकाई है जो एअर कंडीशनर की शीतलन क्षमता (cooling capacity) दर्शाती है. यह बताती है कि एक एअर कंडीशनर एक घंटे के भीतर किसी स्थान से कितनी गर्मी बाहर फेंक सकता है.

एक टन क्षमता का एसी का विद्युत भार लगभग 1-1.2 किलोवाट होता है. एक जानकारी के अनुसार 19 वीं शताब्दी में एक टन शीतलन क्षमता (cooling capacity) को 24 घंटे की अवधि में एक टन बर्फ को पिघलाने के लिए आवश्यक गर्मी की मात्रा के बराबर बताया गया था।

सामान्यतः एक टन का एअर कंडीशनर एक घंटे में 12000 बीटीयू (British Thermal Unit)* ऊष्मा को किसी स्थान से हटा सकता है.

*कैलोरी की तरह बीटीयू भी ऊष्मा की एक इकाई होती है. (एक कैलोरी =0.003966 बीटीयू)

3.15 इन्वर्टर टेक्नोलॉजी (Inverter technology)

i. आधुनिक फ्रिज व एअर कंडीशनर में इन्वर्टर टेक्नोलॉजी का उपयोग किया जाता है और निर्माताओं के द्वारा यह दावा किया जाता है कि इस उन्नत टेक्नोलॉजी से न केवल बिजली की खपत कम होगी बल्कि फ्रिज की मोटर की आयु भी बढ़ेगी. उनका यह दावा बिलकुल सही है. इन्वर्टर टेक्नोलॉजी का वर्णन नीचे किया गया है.

ii. जब हम ए.सी. विद्युत को डी.सी. में परिवर्तित करते हैं तो उस उपकरण (device) को कनवर्टर (converter) कहते हैं. लेकिन जब डी.सी. विद्युत को ए.सी. में परिवर्तित करते हैं तो उस उपकरण (device) को इन्वर्टर कहते हैं.

iii. इन्वर्टर टेक्नोलॉजी का उपयोग फ्रिज या एअर कंडीशनर की मोटर चलाने में किया जाता है. इस सम्बन्ध में यह उल्लेख करना उचित होगा कि ए.सी. मोटर के रोटेशन (rotation) की गति विद्युत प्रदाय की फ्रीक्वेंसी पर निर्भर करती है. अर्थात् फ्रीक्वेंसी अधिक होगी तो मोटर ज्यादा तेजी से और कम होगी तो कम तेजी से घूमेगी. रोटेशन के अनुसार मोटर का आउटपुट कम ज्यादा होता है.

पारंपरिक फ्रिज की मोटर को 240 वोल्ट ए.सी. सप्लाई दी जाती है जिसकी फ्रीक्वेंसी निश्चित अर्थात 50 ($\pm$ 3%) हर्ट्ज होती है. चूंकि मोटर की गति फ्रीक्वेंसी पर निर्भर होती है, इसलिए फ्रिज की मोटर एक निश्चित गति पर ही घूमती है (यद्यपि इसमें फ्रीक्वेंसी में मामूली परिवर्तन के फलस्वरूप बहुत अल्प मात्र में गति में परिवर्तन होता है). इस कारण मोटर का आउटपुट लगभग निश्चित (fix) रहता है जिसके फलस्वरूप फ्रिज की मोटर पूरी क्षमता से आउटपुट देने के कारण बार-बार चलती है और बंद होती रहती है. इस तरह बार-बार चलने और बंद होने से मोटर की आयु कम होती है. इसी दोष को दूर करने तथा उसका आरंभिक करंट (starting current) कम करने के लिए इन्वर्टर टेक्नोलॉजी का विकास किया गया है जिसमें मोटर का आउटपुट फ्रीक्वेंसी को कम ज्यादा करके नियंत्रित किया जाता है.

iv. इन्वर्टर टेक्नोलॉजी वाले फ्रिज में पहले कनवर्टर के द्वारा ए.सी. सप्लाई को डी.सी. सप्लाई में परिवर्तित किया जाता है फिर इन्वर्टर के द्वारा पुनः डी.सी. सप्लाई को ए.सी. में परिवर्तित करके उसकी फ्रीक्वेंसी नियंत्रित की जाती है, (यानी कम ज्यादा की जा सकती है). इसका लाभ यह होता है कि मोटर का आउटपुट आवश्यकता के अनुसार उसकी फ्रीक्वेंसी कम ज्यादा करके नियंत्रित किया जा सकता है.

उदाहरण के लिए यदि फ्रिज खाली है तो फ्रिज की शीतलता बनाए रखने के लिए कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है. ऐसी स्थिति में मोटर कम गति पर घूमेगी. इसके विपरीत यदि फ्रिज भरा हुआ होगा तो मोटर ज्यादा गति पर घूमेगी. इस तरह इन्वर्टर टेक्नोलॉजी में मोटर बार-बार बंद-चालू होने के बजाय निरंतर चलती रहती है.

3.16 इंडक्शन हीटर (induction heater)

i. आजकल घरों में इंडक्शन हीटर का उपयोग काफी होने लगा है, विशेषकर वहाँ, जहाँ सौर ऊर्जा संयंत्र लगे हों. इंडक्शन हीटिंग प्रक्रिया की एक महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि गर्मी वस्तु के अंदर ही उत्पन्न होती है न कि किसी बाहरी गर्मी स्रोत जैसे लकड़ी, गैस या इलेक्ट्रिक हीटर एलिमेंट (element) आदि द्वारा. इंडक्शन हीटिंग के द्वारा वस्तुओं को बहुत तेजी से गर्म किया जा सकता है.

ii. इंडक्शन हीटर का सिद्धांत

इंडक्शन हीटर में एक विद्युत चुंबक (electromagnet) और एक इलेक्ट्रॉनिक कम्पन यन्त्र (electronic oscillator) होता है जो एक उच्च्च आवृत्ति का एडी करंट (high frequency eddy current) उत्पन्न करता है. यह एडी करंट जब हीटर पर रखे स्टील अथवा लोहे के बर्तन (cookware) के पेंदे से टकराता है तो मैग्नेटिक इंडक्शन के प्रभाव से उसमें ऊष्मा पैदा करता है. यह क्रिया सिर्फ लोहे/स्टील के बर्तनों में ही संभव होती है, अतः ताम्बे या अन्य धातु के बर्तन तथा चीनी व कांच के बर्तन उपयुक्त नहीं होते.

3.17 डेजर्ट कूलर (desert cooler)

i. ग्रीष्म ऋतु की आहट होते ही लोगों के घरों की खिड़की में डेजर्ट कूलर लगना आरम्भ हो जाते हैं. जैसा कि सभी जानते हैं, इसमें एक पंप होता है जो पानी को ऊपर की ओर भेजता है जहाँ से

यह पानी खस के मार्ग से बूंदों में बिखर जाता है फिर नीचे एकत्रित होता है. यह चक्र चलता रहता है. कूलर में एक पंखा होता है जिसके दो कार्य होते है, पहला यह कि कमरे में हवा फेंकना और दूसरा यह कि खस से टपकते हुए पानी को आंशिक रूप से वाष्पीकृत (evaporate) करना. डेजर्ट कूलर यद्यपि कम बिजली के खर्च में हवा को ठंडा करता है किन्तु हवा में नमी को बढ़ाता भी है. यह नमी कभी-कभी असहनीय हो जाती है.

ii. डेजर्ट कूलर का सिद्धांत

डेजर्ट कूलर का सिद्धांत वैसा ही है जैसे मिट्टी के घड़े में पानी के ठंडे होने का. जब घड़े की सतह का पानी वाष्पीकृत (evaporate) होता है तो वह घड़े के अन्दर के पानी की ऊष्मा को गुप्त-ऊष्मा (latent heat) के रूप में अपने अन्दर सोख लेता है. इसी तरह कूलर से फेंकी जाने वाली गर्म हवा की ऊष्मा भी पानी में चली जाती है जिससे पानी वाष्प बन जाता है और हवा में नमी पैदा करता है. यहाँ यह बात गौर करने लायक है कि डेजर्ट कूलर ज्यादा नमी वाली हवा में काम नहीं करता क्योंकि हवा संतृप्त (saturate) होने के कारण एक निर्धारित मात्रा से अधिक नमी नहीं सोख सकती.

3.18 माइक्रोवेव ओवन (microwave oven)

i. किसी भी खाद्य या पेय पदार्थ को गर्म करने के लिए माइक्रोवेव ओवन का उपयोग किया जाता है. इसमें कोई ऊष्मा का स्रोत नहीं होता.

ii. माइक्रोवेव ओवन के कार्य करने का सिद्धांत

iii. जैसा कि हम जानते हैं, प्रकाश या एक्स-रे, ये सब इलेक्ट्रोमेग्नेटिक तरंगें (electromagnetic wave) कहलाती हैं. इन सबकी आवृति (frequency) व लम्बाई (wave length) अलग अलग होती है. माइक्रोवेव में भी एक मेगनेट्रोन (magnetron) होता है जो अति सूक्ष्म इलेक्ट्रोमेग्नेटिक तरंगें उत्पन्न करता है. एक सामान्य माइक्रोवेव ओवन में 2450 मेगाहर्ट्ज (1 मेगाहर्ट्ज =10 लाख हर्ट्ज) की फ्रीक्वेंसी वाली तरंगें उत्पन्न की जाती है. ये तरंगें जब खाद्य वस्तुओं के अणुओं से टकराती है तो वे अणु स्पंदन (vibrate) करने लगते हैं जिस कारण उनके आपस में घर्षण से ऊष्मा उत्पन्न होती है. इसी ऊष्मा से खाद्य पदार्थ गर्म होते हैं.

iv. माइक्रोवेव ओवन में उपयोग किये जाने वाले बर्तन शीशे, चीनी अथवा प्लास्टिक के होते हैं, लेकिन इनसे निर्मित सभी बर्तन नहीं, अपितु वे ही बर्तन उपयोग में लिए जाने चाहिए जो माइक्रोवेव से सुरक्षित (microwave safe) हों.

v. कुछ लोगों का मत है कि माइक्रोवेव ओवन से गर्म किया हुआ खाद्य पदार्थ सुरक्षित नहीं है. लेकिन अभी तक ऐसे कोई वैज्ञानिक साक्ष्य नहीं मिले हैं.

3.19 एअर फ्रायर (air fryer)

एअर फ्रायर के द्वारा खाद्य पदार्थ को पकाया जाता है. एअर फ्रायर वास्तव में खाद्य पदार्थ को तलते नहीं हैं, इसके बजाय, भोजन एक छिद्रित टोकरी में जाता है और मशीन चारों ओर गर्म हवा से भोजन पकाती है. हवा का बल एक संवहन (convection) प्रभाव पैदा करता है जो टोकरी में भोजन के बाहरी हिस्से को पकाता है. एअर फ्रायर में हवा का तापमान लगभग 320 डिग्री फोरेनहाईट (160 डिग्री सेंटीग्रेड- Celsius) तक किया जा सकता है.

3.20 मिक्सर ग्राइंडर या मिक्सी

i. मिक्सर ग्राइंडर का उपयोग हम रसोई में विभिन्न खाद्य सामग्री को पीसने और मिलाने के लिए करते हैं. हम इसका उपयोग जूस, शेक, मिल्कशेक बनाने के लिए या मांस, नट और सब्जियों जैसी सख्त खाद्य वस्तुओं को पीसने के लिए करते हैं. घरेलू मिक्सर 240 वोल्ट ए.सी. पर कार्य करता है.

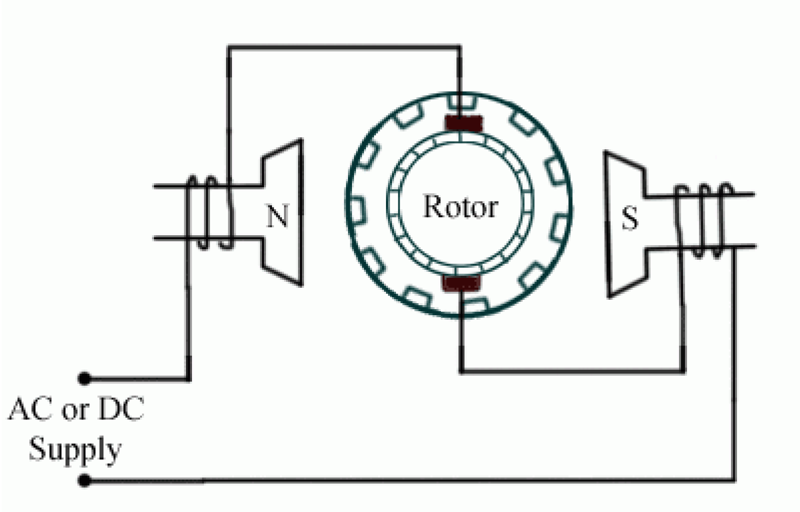
चित्र-3.14 मिक्सर ग्राइंडर

ii. मिक्सर ग्राइंडर (मिक्सी) का कार्य सिद्धांत

मिक्सर ग्राइंडर के अंदर एक यूनिवर्सल मोटर होती है जो विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करती है. जब करंट मोटर में प्रवेश करता है, तो मोटर के अंदर की कॉइल एक चुम्बकीय बल का अनुभव करती है जो टॉर्क (torque) उत्पन्न करती है और यह फ्लेमिंग के बाएं हाथ के नियम के अनुसार कॉइल को घुमाना शुरू कर देती है. (फ्लेमिंग के नियम के लिए परिशिष्ट देखें) ग्राइंडर की ब्लेड मोटर से जुड़ी होती है इसलिए ब्लेड भी मोटर के साथ घूमना शुरू कर देती है.

iii. यूनिवर्सल मोटर

यूनिवर्सल मोटर ए.सी. और डी.सी. दोनों करंट पर काम करती है, इसलिए इसे "यूनिवर्सल" कहा जाता है. इसमें एक स्टेटर होता है जिसमें फील्ड पोल लगे होते हैं. रोटर के रूप में आर्मेचर होता है जिसमें ब्रश के साथ कम्यूटेटर होता है. फील्ड और आर्मेचर वाइंडिंग सीरीज (series) में जुड़ी होती है. मोटर का इलेक्ट्रिकल सर्किट नीचे दर्शाया गया है.



चित्र-3.15 यूनिवर्सल मोटर का सर्किट डायग्राम

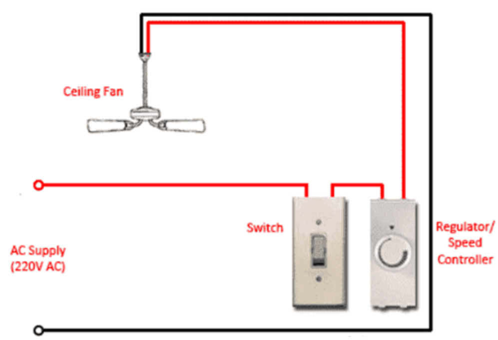
iv. उदाहरण के तौर पर एक घरेलू मिक्सर की रेटिंग (टेक्निकल डाटा) निम्न प्रकार की होती है:

1) सप्लाई-240 वोल्ट ए.सी.
2) मोटर पॉवर- 400 वाट
3) अवधि- 30 मिनट लगातार

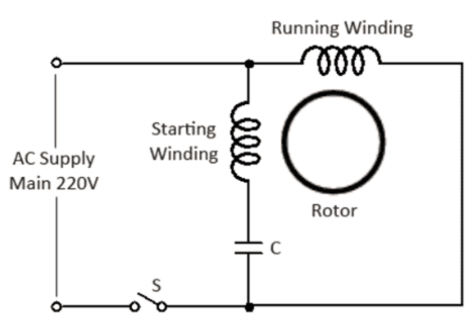
4) स्पीड- 18000 आरपीएम (RPM)
5) मोटर ओवरलोड प्रोटेक्शन-हाँ
6) स्पीड कण्ट्रोल- निम्न, मध्यम, उच्च

3.21 सीलिंग फेन

i. घरों में लगाए गए सारे पंखे 220-240 वोल्ट ए.सी. सिंगल फेज़ सप्लाई पर ही चलते हैं. इन पंखों में इंडक्शन मोटर होती है जो पंखे को घुमाने का कार्य करती है. इसके अलावा इसमें एक कंडेंसर (कैपेसिटर) लगा होता है. अक्सर इस कंडेंसर के ख़राब होने से पंखा नहीं चलता या धीरे चलता है. इसका कारण यह है कि पंखे या किसी भी सिंगल फेज़ मोटर को घुमाने के लिए एक फेज़ पर्याप्त नहीं है बल्कि कम से कम दो फेज़ आवश्यक होते हैं. किन्तु हमारे घरों में सुरक्षा की दृष्टि से उपकरणों के लिए केवल एक फेज़ ए.सी. सप्लाई का ही उपयोग होता है. अतः दूसरा फेज़ उत्पन्न करने के लिए मोटर में अतिरिक्त स्टार्टिंग वाइंडिंग लगाई जाती है. इसी वाइंडिंग में सीरीज़ में एक कैपेसिटर जोड़कर दूसरी फेज़ प्राप्त करते हैं. घरों के छोटे पम्पों में इसी तरह की मोटर लगी होती है जिसमें कंडेंसर का उपयोग किया जाता है. पंखे की गति को कम-ज्यादा करने के लिए रेगुलेटर का उपयोग किया जाता है जो पंखे को दिए जाने वाले वोल्टेज की मात्रा को घटाता या बढ़ाता है.



चित्र-3.16A पंखे की वायरिंग



चित्र-3.16B पंखे का आंतरिक सर्किट

चित्र-3.16C कैपेसिटर

सावधानी: चूंकि कंडेंसर में इलेक्ट्रिक चार्ज संग्रहीत हो सकता हैं, इस कारण से सप्लाई ऑफ करने या होने के बावजूद भी इसे छूना सुरक्षित नहीं है. अतः छूने से पूर्व कंडेंसर के चार्ज को पूरी तरह से डिस्चार्ज करना आवश्यक है.

3.22 बी.एल.डी.सी. अथवा ब्रशलेस डी.सी. (BLDC) पंखे

i. आजकल बाज़ार में उन्नत तकनीक के सीलिंग फेन आ गये हैं जो पारंपरिक ए.सी. सीलिंग फेन की तुलना में बेहतर पाए गए हैं. ऊपर बताया गया है कि सामान्य पंखे ए.सी. इंडक्शन मोटर द्वारा चलते हैं. इनमें विद्युत की खपत ज्यादा होने तथा अन्य समस्याओं के कारण बी.एल.डी.सी. यानी Brush Less Direct Current मोटर द्वारा चलने वाले पंखों का विकास हुआ है और वे बाज़ार में उपलब्ध हैं. बी.एल.डी.सी. फेन में ए.सी. सप्लाई को डी.सी. में परिवर्तित करके उससे मोटर चलाई जाती है.

   हमारे इंजीनियर और वैज्ञानिक उन्नत टेक्नोलॉजी के विकास में निरंतर कार्य करते रहते हैं ताकि मानव को उच्च दक्षता वाले व सुविधाजनक उपकरण उपलब्ध हो सकें. BLDC पंखे इसी का परिणाम है.

ii. परंपरागत ए.सी. पंखों की समस्याएँ

   - ये संचालन के दौरान अधिक बिजली खर्च करते हैं, विशेष रूप से उच्च गति पर
   - उच्च गति पर यांत्रिक घर्षण के कारण अधिक ध्वनि उत्पन्न होती है
   - स्मार्ट फीचर्स नहीं; अधिकांश केवल बुनियादी गति नियंत्रण प्रदान करते हैं

iii. BLDC आधारित पंखे आधुनिक मोटर टेक्नोलॉजी पर कार्य करते हैं. BLDC मोटर एक ऐसी मोटर है जिसमें:

- ब्रश (Brush) नहीं होते
- मोटर डी.सी. सप्लाई से चलती है
- मोटर का नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक सर्किट द्वारा होता है

iv. BLDC मोटर कैसे काम करती है?

- BLDC मोटर में रोटर स्थायी चुंबक (Permanent Magnet Rotor) होता है
- स्टेटर में कॉइल (Coil) होते हैं जिसे डी.सी. सप्लाई दी जाती है
- एक इलेक्ट्रॉनिक कंट्रोलर (Controller/Driver) डी.सी. को नियंत्रित करता है. यह कंट्रोलर तय करता है कि कौन-सी कॉइल कब चालू होगी.
- पंखे की मोटर बिना ब्रश के घूमती है

v. BLDC तकनीक के लाभ

1) मोटर ब्रश न होने से घर्षण एवं स्पार्क नहीं होता जिससे ऊर्जा की बर्बादी नहीं होती. परंपरागत रेगुलेटर न होने से भी बिजली की बर्बादी नहीं होती और बिजली बिल कम आता है.
2) वोल्टेज फ्लक्चुएशन में भी समान स्पीड
3) लंबी आयु
4) पर्यावरण के लिए अनुकूल

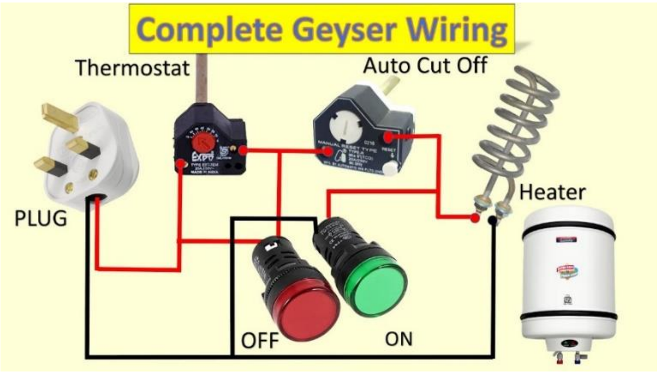
vi. BLDC फैन से बिजली और पैसे की बचत का उदाहरण (घरेलू उपयोग)

यदि फैन रोज़ 10 घंटे चले तो 80 वाट के सामान्य फैन से 24 यूनिट/महीना जबकि 30 वाट के BLDC फैन से 9 यूनिट/महीना खर्च करेगा. इस प्रकार 15 यूनिट/महीना की बचत होगी. यदि प्रति यूनिट मूल्य ₹ 5.0 हो तो प्रति माह ₹ 60.0 और प्रतिवर्ष ₹ 720 की बचत होगी.

vii. आजकल BLDC मोटर का उपयोग सीलिंग फेन, AC, फ्रिज, EV (Electric Vehicles). वॉशिंग मशीन में तेजी से बढ़ रहा है.

3.23 इलेक्ट्रिक गीज़र (electric geyser)

इलेक्ट्रिक गीज़र तो हम कई सालों से उपयोग में लेते आ रहे हैं. इनके अन्दर एक हीटिंग एलिमेंट होता है जिसमें करंट प्रवाहित होने से वह गरम हो जाता है. इससे उत्पन्न ऊष्मा से गीज़र में पानी गर्म होता है. ऐसे उपकरण यदि निरंतर ऑन रहेंगे तो वे अत्यधिक गर्म हो सकते हैं और न केवल क्षतिग्रस्त होगे अपितु दुर्घटना को भी जन्म दे सकते हैं. पानी का तापक्रम निर्धारित सीमा से अधिक न हो, इसके लिए थर्मोस्टेट का प्रावधान किया जाता है जिसका वायरिंग डायग्राम चित्र-3.17 में दिया गया है. गीज़र व आयरन के लिए 3 पिन प्लग और सॉकेट का प्रयोग किया जाता है जिसमें एक अर्थ वायर रहता है. सुरक्षा कि दृष्टि से इस अर्थ वायर को गीज़र व आयरन की बॉडी में दिए गए अर्थ पॉइंट से जोड़ना बहुत जरूरी है.



चित्र-3.17 गीजर का वायरिंग डायग्राम

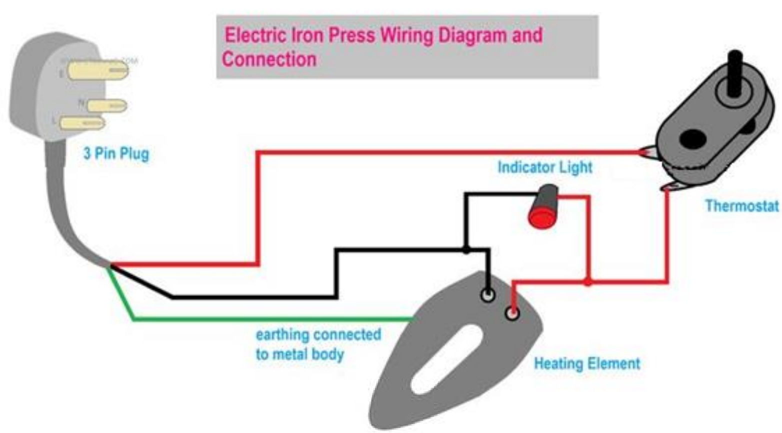
3.24 इलेक्ट्रिक आयरन

i. 6 जून, 1882 को, न्यूयॉर्क शहर के हेनरी डब्ल्यू सीली ने इलेक्ट्रिक आयरन का पेटेंट कराया, जिसे उस समय इलेक्ट्रिक फ्लैटिरॉन कहा जाता था.

ii. इलेक्ट्रिक गीज़र की ही तरह इलेक्ट्रिक आयरन के अन्दर एक हीटिंग एलिमेंट होता है जिसमें से करंट प्रवाहित होता है तो वह गरम हो जाता है. इससे उत्पन्न ऊष्मा से प्लेट गर्म होती है. प्लेट का तापक्रम निर्धारित सीमा से अधिक न हो, इसके लिए थर्मोस्टेट का प्रावधान किया जाता है.

iii. आयरन के लिए 3 पिन प्लग और सॉकेट का प्रयोग किया जाता है जिसमें एक अर्थ वायर रहता है. सुरक्षा की दृष्टि से इस अर्थ वायर को गीज़र व आयरन की बॉडी में दिए गए अर्थ पॉइंट से जोड़ना बहुत जरूरी है.

चित्र-3.18A बिजली की प्रेस

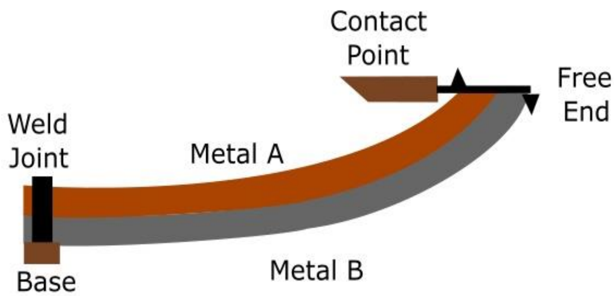


चित्र-3.18B बिजली की प्रेस का वायरिंग डायग्राम

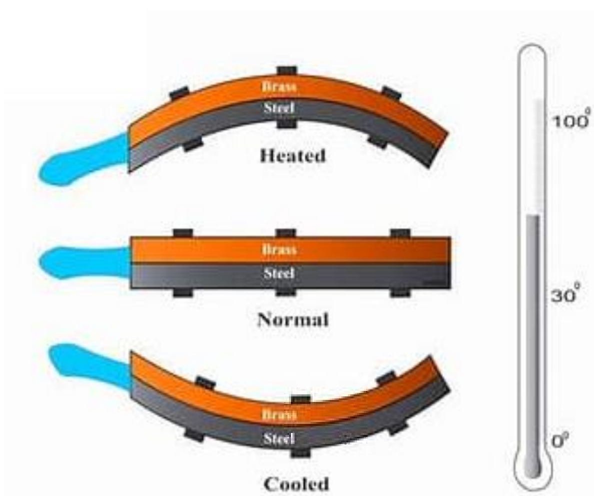
3.25 थर्मोस्टेट की बनावट और कार्यप्रणाली

जैसा कि ऊपर चित्र में दिखाया गया है, थर्मोस्टेट दो भिन्न-भिन्न पतली धातु की पट्टियों से बनी एक बायमेटैलिक पट्टी होती है. ये पत्तियां आमतौर पर पीतल, तांबा या स्टील होती हैं. पट्टियों को एक-दूसरे पर परतदार किया जाता है. इस पट्टी का एक छोर जुड़ा होता है और दूसरा स्वतंत्र होता है. जब पट्टी (स्ट्रिप) गर्म होती है तो दोनों धातुएँ विभिन्न दरों पर फैलती हैं. इस कारण स्वतंत्र छोर वाला हिस्सा

बिजली के सर्किट को काट देता है. इस तरह आयरन या गीज़र का तापक्रम निर्धारित मात्रा से ज्यादा नहीं बढ़ता है. थर्मोस्टेट की कार्यप्रणाली नीचे चित्र 3.19 A & B में दर्शाई गयी है.



चित्र-3.19A बाइमैटेलिक पट्टी



चित्र-3.19B बाइमैटेलिक पट्टी की अवस्था

3.26. वाशिंग मशीन:

i. घरेलू उपकरणों में आज वाशिंग मशीन घर घर उपयोग हो रही है. एक वाशिंग मशीन के निम्नलिखित मुख्य पार्ट होते हैं:

   1) पानी प्रदाय पंप एवं पाइप (water supply)

2) पानी का कण्ट्रोल वाल्व
3) ड्रम
4) एजीटेटर या पेडल
5) वाशिंग मशीन मोटर
6) प्रिंटेड सर्किट बोर्ड
7) टाइमर
8) पानी निकासी पाइप (drain pipe)

ii. पुरानी वाशिंग मशीनों में मुख्य मोटर को ड्रम से जोड़ने के लिए पुली व बेल्ट (pulley and belt) का उपयोग किया जाता था. आधुनिक मशीन में, विशेषकर इन्वर्टर तकनीक के कारण इनकी आवश्यकता नहीं रह गयी है. जहाँ तक पंप के मोटर की बात है, किसी किसी मशीन में पानी और ड्रेन के लिए अलग अलग पंप होते हैं और कहीं कहीं एक ही पंप होता है. मुख्य मोटर या तो इंडक्शन मोटर होती है या यूनिवर्सल मोटर होती है.

iii. वाशिंग मशीन दो तरह की होती हैं:
1) टॉप लोडिंग मशीन
2) फ्रंट लोडिंग मशीन

चित्र-3.20 वाशिंग मशीन

iv. टॉप-लोडिंग वॉशिंग मशीनों को सामान्यतः मानक (standard) वॉशिंग मशीन माना जाता है. टॉप-लोडिंग वाशिंग मशीनों में कपड़े ऊपर से डाले जाते हैं जिससे उपयोगकर्ता को झुकने की आवश्यकता नहीं पड़ती. कुछ टॉप-लोडिंग वाशिंग मशीनों में वॉश साइकल शुरू होने के बाद भी कुछ कपड़े डाले जाने की सुविधा होती है.

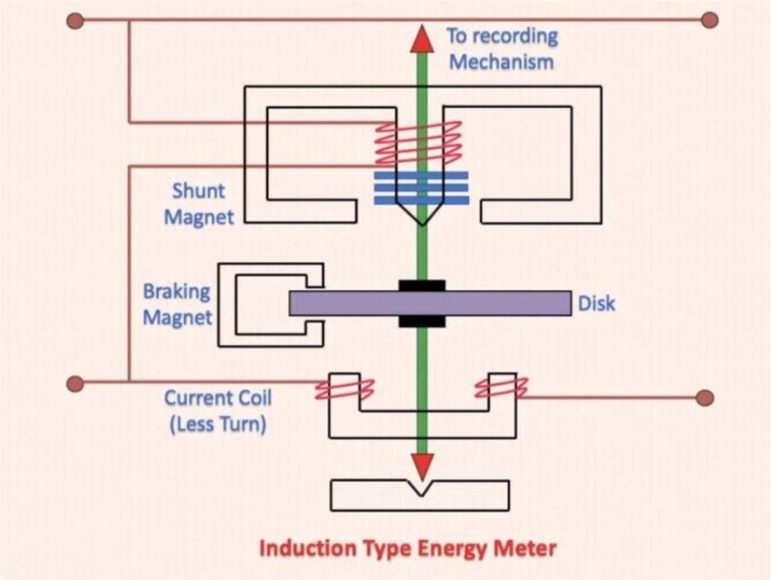
टॉप-लोडिंग वॉशिंग मशीनों को अन्य प्रकारों की तुलना में सफाई में दक्ष (efficient) नहीं माना जाता है. टॉप-लोडिंग मशीनें सामान्यतः अन्य प्रकारों की तुलना में अधिक शोर करने वाली होती हैं. स्पिन चक्र के बाद गीले लोड में अधिक पानी रह सकता है, जिससे सूखने का समय बढ़ सकता है.

v. फ्रंट-लोडिंग वॉशिंग मशीनें आमतौर पर टॉप-लोडिंग वॉशिंग मशीनों की तुलना में छोटी होती है. फ्रंट-लोडिंग वॉशिंग मशीनों को टॉप-लोडिंग वॉशिंग मशीनों की तुलना में साफ करने में अधिक दक्ष (efficient) माना जाता है. फ्रंट-लोडिंग वॉशिंग मशीनें कम ऊर्जा की खपत करती हैं क्योंकि इन्हें अन्य विकल्पों की तुलना में कम पानी की आवश्यकता होती है. फ्रंट-लोडिंग वॉशिंग मशीनों की उच्च स्पिन गति गीले कपड़ों से अधिक नमी निकालती हैं, अर्थात आप सूखने के समय को कम कर सकते हैं.

vi. टॉप लोडिंग मशीनें फ्रंट लोडिंग मशीन की तुलना में सस्ती होती है.

3.27 एनर्जी मीटर (energy meter)

i. बिजली की खपत को मापने का इतिहास उतना ही पुराना है जितना बिजली के वितरण का. सन 1883 में जब एडिसन ने बल्ब का आविष्कार किया तो विद्युत के व्यावसायिक उपयोग का प्रचलन बढ़ा और तब उन्होंने विद्युत की खपत मापने के उपाय भी ढूँढना आरम्भ कर दिए. जैसा कि पहले लिखा जा चुका है कि सर्वप्रथम न्यूयॉर्क में डी.सी. विद्युत का उत्पादन और वितरण आरम्भ किया गया. उस समय के मीटरों में एक शीशे की बोतल होती थी जिसके अन्दर पॉजिटिव और नेगेटिव एलेक्ट्रोड प्लेट्स को जिंक सल्फेट (zinc sulphate) के घोल में रखा जाता था. जब विद्युत करंट इन एलेक्ट्रोड (electrode) के बीच से गुजरता था तो प्लेट्स के ऊपर जिंक जमा हो जाता था. इस तरह प्लेट्स के बढ़े हुए भार से विद्युत खपत की माप की जाती थी.
जब ए.सी. विद्युत का उत्पादन और वितरण बढ़ा तो ऊर्जा खपत के माप के लिए रोटेटिंग डिस्क (rotating disc) टाइप के मीटर प्रचालन में आ गये. इस तरह के मीटर में दो तरह की कॉइल्स होती है जो प्रेशर (pressure या voltage) और करंट (current) कॉइल्स कहलाती हैं. (जैसा कि चित्र 3.21 में दिखाया गया है.)



चित्र-3.21 एनर्जी मीटर का वायरिंग डायग्राम

ii. इलेक्ट्रॉनिक मीटर

आजकल इलेक्ट्रॉनिक मीटर प्रचालन में हैं. इन मीटरों में वोल्टेज और करंट की मात्रा को डिजिटल रूप में बदल कर फिर डिजिटल तरीके से गुणन फल कर प्रदर्शित किया जाता है.

iii. अत्याधुनिक मीटर

अत्याधुनिक मीटरों के लिए मीटर रीडर नहीं आता बल्कि खपत के आंकड़े सीधे वितरण कंपनी तक पहुँच जाते है और बिल भी सीधा उपभोक्ता को ई-मेल या मोबाइल पर एस.एम.एस. द्वारा पहुँचा दिया जाता है. विकसित देशों में बिजली का बिल सीधे उपभोक्ता के खाते से भुगतान होने की सुविधा भी उपलब्ध है.

iv. प्रीपेड मीटर

जो मीटर सामान्यतः उपभोक्ताओं के यहाँ स्थापित होते हैं वे पोस्ट-पेड मीटर होते हैं. लेकिन आजकल प्रीपेड मीटर भी स्थापित होने लगे हैं जिसमें भुगतान पहले करना होता है. मोबाइल फ़ोन की तरह ही इनकी कार्यप्रणाली होती है.

v. नेट एनर्जी मीटर

इस तरह के मीटर वहाँ स्थापित किये जाते हैं जहाँ उपभोक्ता के पास सोलर ऊर्जा संयंत्र लगा हो. ऐसे मीटर दोनों दिशाओं (bi-directional) में कार्य करते हैं, यानी ये इम्पोर्ट और एक्सपोर्ट के अंतर की रीडिंग बताते हैं. स्थानीय विद्युत वितरण कंपनी उपभोक्ता द्वारा बिजली की खपत और उत्पादन के अनुसार बिल बनाती है.

3.28 घर का स्विच बोर्ड

स्विचबोर्ड व उसमें लगे पार्ट के विषय में चर्चा करने से पहले निम्न तकनीकी पहलुओं से परिचित होना आवश्यक है.

i. विद्युत उपकरण का नियत (rated) करंट

   विद्युत उपकरण के निर्माता अपने उत्पाद का रेटेड करंट, रेटेड वोल्टेज एवं उसकी वाटेज (watt) उपकरण पर लिखते हैं. वाट से करंट निकालने के सूत्र का उल्लेख पहले किया गया है.

ii. ओवरलोड

   जब किसी विद्युत उपकरण का करंट उसके नियत (rated) करंट से अधिक होता है तो यह ओवरलोड की स्थिति दर्शाती है. मान लें कि किसी उपकरण का निर्धारित करंट 5 एम्पियर है. यदि यह करंट 5 एम्पियर से अधिक बढ़ कर110% (5.5 A) से लगा कर 300% (15 A) तक हो जाता है तो इसे ओवरलोड कहेंगे. ओवरलोड के कारण न केवल उपकरण क्षतिग्रस्त हो सकता है बल्कि वायरिंग/सॉकेट आदि भी धीरे धीरे गर्म होकर आग पकड़ सकते हैं. ओवरलोड का प्रभाव उपकरण व सर्किट पर शनैः शनैः होता है.

iii. शार्ट सर्किट

   घरेलू उपकरण फेज़ और न्यूट्रल के बीच जोड़े जाते हैं. प्रत्येक उपकरण का अपना प्रतिरोध होता है जिसकी वजह से उसमें प्रवाहित होने वाले करंट की मात्रा सीमित होती है. लेकिन यदि यह प्रतिरोध किसी तकनीकी समस्या के कारण बहुत कम अथवा शून्य हो जाए तो करंट की मात्रा अत्यधिक हो जाती है जो 10000 एम्पियर (10 kilo amp.) तक भी हो सकती है. इसे शार्ट सर्किट की स्थिति कहते हैं.

   शार्ट सर्किट करंट तुरंत (मिलीसेकंड्स में) बढ़ता है जिसके परिणामस्वरूप उपकरण अथवा वायरिंग अत्यधिक गर्म हो जाते है उनमें उत्पन्न चिंगारी से आग तक लग सकती है.

(पैरा ii व iii के माध्यम से ओवरलोड तथा शार्ट सर्किट में अंतर बताने का भी प्रयास किया है.)

iv. घरों का स्विचबोर्ड

घरों में प्रदाय की जाने वाली विद्युत या तो सिंगल फेज़ होती है या तीन फेज़. जैसा कि पहले लिखा जा चुका है कि सिंगल फेज़ सप्लाई में दो तार होते हैं जो फेज़ व न्यूट्रल कहलाते हैं. तीन फेज़ सप्लाई में तीन फेज़ (R, Y व B) तथा एक न्यूट्रल, इस प्रकार चार तार बिजली के पोल से घर तक आते हैं. पहले ये तार एनर्जी मीटर में आते हैं व उसके पश्चात् स्विचबोर्ड में जाते हैं जहाँ से पूरे घर को विद्युत वितरित की जाती है. पुराने समय में स्विचबोर्ड में डीपी व टीपी/टीपीएन का उपयोग किया जाता था किन्तु अब एमसीबी का उपयोग किया जाता है.

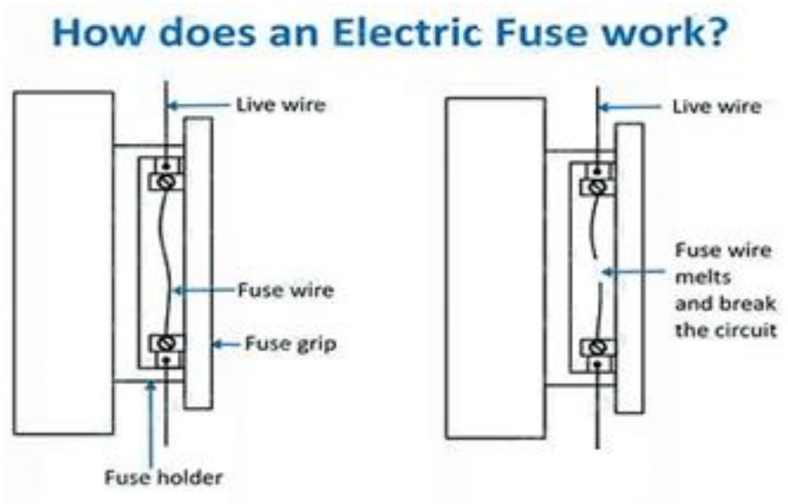
एमसीबी, डीपी, टीपी आदि के बारे में नीचे वर्णन किया गया है.

v. डीपी (double pole)

1) पहले घरेलू विद्युत का भार (load) कम होने से प्रायः सप्लाई सिंगल फेज़ ही होती थी. इसके लिए स्विचबोर्ड पर एक डीपी होती थी जिसके अन्दर दो फ्यूज होते थे. (चित्र-3.22A)

चित्र-3.22A डीपी

चित्र-3.22B किट-केट फ्यूज



चित्र-3.22C फ्यूज की कार्यप्रणाली

2) चित्र-3.22B में दर्शाए गए फ्यूज पोर्सिलीन (चीनी के बने होते थे जिन्हें किट-केट (Kit Kat) फ्यूज के नाम से जाना जाता है. किट-केट फ्यूज में एक बेस और एक फ्यूज यूनिट होती है जो बेस में फिट होती है. फ्यूज यूनिट में एक तार (फ्यूज वायर) लगा होता है. यह तार आगे किसी सर्किट या उपकरण में ओवरलोड या शार्ट सर्किट होने पर गर्म होकर पिघल जाता है और विद्युत प्रदाय को बाधित कर देता है ताकि उपकरण या वायरिंग क्षतिग्रस्त न हो या उससे आग उत्पन्न न हो. किट-केट फ्यूज के तार के गर्म होकर टूटने पर उसी क्षमता का नया तार लगा दिया जाता है. अतः इसे रिवायरेबल (rewireable) फ्यूज कहते हैं. फ्यूज वायर का मटेरियल (धातु) इस प्रकार का होता है कि वह कम तापक्रम पर पिघल जाए. इसके लिए टिन, सीसा अथवा जिंक धातु के फ्यूज वायर प्रयुक्त होते हैं. रिवायरेबल (rewireable) फ्यूज यद्यपि किफायती होते थे लेकिन उनमें कुछ तकनीकी समस्याएं भी होती थी; एक तो फ्यूज वायर को बदलने की झंझट, दूसरी फ्यूज वायर की उपलब्धता और उसका भी सही साइज़ का होना. क्योंकि यदि सही साइज़ का तार नहीं हुआ तो वह या तो बार बार उड़ेगा या कोई फाल्ट होने पर उड़ेगा ही नहीं.

3) जब घर में बिजली की वायरिंग (wiring) आदि पर कोई काम करना होता है तो डीपी के हैंडल को नीचे करके सप्लाई को डिस्कनेक्ट किया जा सकता है.

vi. टीपी (triple pole) व टीपीएन (TPN-triple pole and neutral)

चित्र-3.23A टीपी

चित्र-23B टीपीएन

1) जैसा कि चित्र 3.23A से स्पष्ट है, टीपी/ टीपीएन भी डीपी की तरह ही कार्य करते हैं. इनके अन्दर भी रिवायरेबल किट-केट फ्यूज होते हैं. टीपी 3 फेज़ सप्लाई के लिए प्रयुक्त होता है. इसलिए इसमें प्रत्येक फेज़ के लिए एक फ्यूज होता है. चूंकि घर का विद्युत लोड तीनों फेज़ में वितरित किया जाता है, अतः जिस फेज़ के सर्किट में फाल्ट होता है उसी फेज़ का फ्यूज उड़ता है. फ्यूज बदलने के लिए तीनों फेज़ की सप्लाई एक साथ हैंडल द्वारा ऑफ की जाती है. ऐसा करना जान-माल की सुरक्षा के लिए उचित एवं आवश्यक भी है.
2) टीपी और टीपीएन में अंतर इतना है कि जहाँ टीपी में तीनों फेज़ डिस्कनेक्ट (disconnect) होते हैं वहाँ टीपीएन में तीनों फेज़ के अलावा न्यूट्रल भी डिस्कनेक्ट होता है. सुरक्षा की दृष्टि से TPN बेहतर होते हैं.

vii. सिंगल फेज़ व तीन फेज़ एमसीबी (MCB)

1) ऊपर वर्णित फ्यूज की समस्या का तकनीकी हल है, एमसीबी या मिनिएचर सर्किट ब्रेकर (Miniature Circuit Breaker). किसी भी इलेक्ट्रिक सर्किट में ओवरलोड, शार्ट सर्किट या लीकेज के कारण जान-माल की संभावित हानि को रोकने के लिए एमसीबी बहुत कारगर सिद्ध हुए हैं. फ्यूज की तरह एमसीबी में फ्यूज वायर नहीं बदलना पड़ता और विभिन्न स्टैण्डर्ड

रेटिंग के एमसीबी बाज़ार में उपलब्ध होने से आवश्यकतानुसार चयन करना भी आसान होता है.

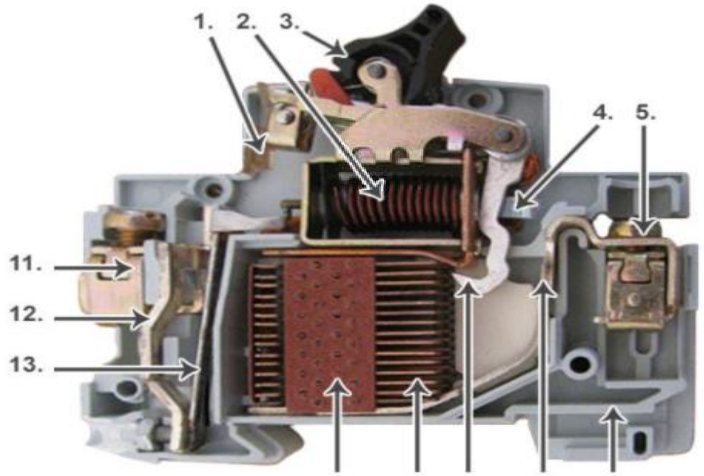
2) एमसीबी की आयु अधिक होती है और यह इस्तेमाल करने में भी बहुत सुविधाजनक होता है.

3) एमसीबी क्या है?

एमसीबी एक स्वचालित (automatic) स्विच होता है जो किसी सर्किट में दोष (fault) उत्पन्न होने अर्थात निर्धारित मात्रा से अधिक करंट (ओवरलोड/शार्ट सर्किट) के प्रवाहित होने पर अपने आप ऑफ (off) हो जाता है. सर्किट में आये दोष को ठीक करने के पश्चात एमसीबी को पुनः ऑन (on) किया जा सकता है. वैसे तो एमसीबी की आयु काफी होती है लेकिन इस बात का ध्यान रखा जाना चाहिए कि इसके बार बार किसी fault पर ट्रिप (ऑफ़) होने से यह ख़राब भी हो सकता है. अतः किसी भी सर्किट में यदि एमसीबी ऑन करने के तुरंत बाद पुनः ट्रिप हो जाता है तो उसे बार बार ऑन न करें क्योंकि यह इंगित करता है कि सर्किट का फाल्ट अभी भी दूर नहीं हुआ है.

4) एमसीबी की बनावट

एमसीबी की संरचना चित्र-3.24 में दर्शाई गयी है.



चित्र-3.24 एमसीबी की आंतरिक बनावट

चित्र 3.24 में दर्शाए गए एमसीबी के अंगों के नाम:

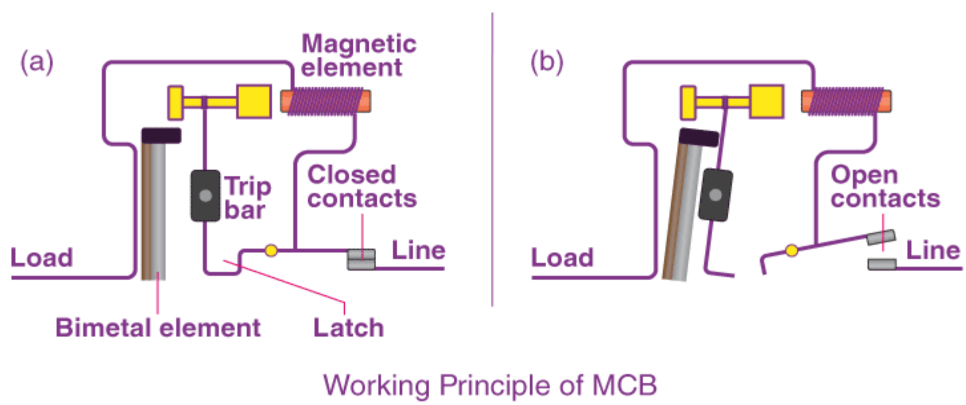
1. Latch	2. Solenoid	3. Switch	4. Plunger	5.Incoming Terminal
6.Arc Chutes Holder	7.Arc Chutes	8.Dynamic Contact	9.Fixed Contact	10.Din Rail Holder
11.Outgoing Terminal	12.Bimetallic Strip Carrier	13.Bimetallic Strip		

5) एमसीबी की कार्य प्रणाली

एमसीबी में ओवरलोड और शार्ट सर्किट के लिए दो अलग अलग पार्ट होते हैं.

- ओवरलोड के प्रभाव को पता (sense) करने के लिए एक बाई-मेटेलिक पट्टी (bimetallic strip/element) होती है. ज्यादा करंट से गर्म होकर यह पट्टी मुड़ (bend) जाती है और विद्युत सर्किट को काट देती है.
- शार्ट सर्किट के प्रभाव को पता (sense) करने के लिए एक मेग्नेटिक एलिमेंट (magnetic element) होता है जो अत्यधिक करंट के प्रभाव से प्लंजर (plunger) को आकर्षित करके विद्युत सर्किट को काट देता है.

एमसीबी की कार्य प्रणाली चित्र-3.25 में दिखाई गई है.



चित्र-3.25 एमसीबी की कार्यप्रणाली

6) सिंगल पोल, डबल पोल व ट्रिपल पोल एमसीबी के चित्र-3.26 से चित्र-3.30 में दर्शाए गए हैं.

चित्र-3.26 सिंगल पोल एमसीबी	चित्र-3.27 डबल पोल एमसीबी	चित्र-3.28 ट्रिपल पोल एमसीबी	चित्र-3.29 ट्रिपल पोल व न्यूट्रल एमसीबी

चित्र-3.30 लाइट इंडिकेशन के साथ डबल पोल एमसीबी

vii. इ.एल.सी.बी. व आर.सी.सी.बी. (ELCB & RCCB)

1) जब कभी भी फेज़ वायर का इंसुलेशन कट-पिट जाता है तो हो सकता है वह किसी वस्तु/ उपकरण अथवा भूमि या फिर मनुष्य के शरीर से सीधा छू जाए. ऐसी अवस्था में विद्युत सप्लाई का तत्काल ऑफ किया जाना आवश्यक होता है वरना किसी को इलेक्ट्रिक शॉक लग सकता है या फिर वहां शार्ट सर्किट से आग भी लग सकती है. बिजली के फेज़ वायर मनुष्य के छूने पर करंट का प्रवाह उसके शरीर से अर्थ (earth) की ओर प्रवाहित होने के कारण वह जल सकता है और शरीर का कोई अंग क्षतिग्रस्त हो सकता है, यहाँ तक कि उसकी जान तक जा सकती है. इसका सबसे बड़ा उदाहरण डेजर्ट कूलर से, सिंचाई पंप की

मोटर से अथवा घरों की बालकनी के निकट से गुजर रहे बिजली के तारों को छूने से अक्सर हो रही मानवीय दुर्घटनाएँ हैं. अतः इस बात का ध्यान रखना जरूरी है कि फेज़ का तार भूमि, दीवार या हमारे उपकरणों से संपर्क में न आ जाए.

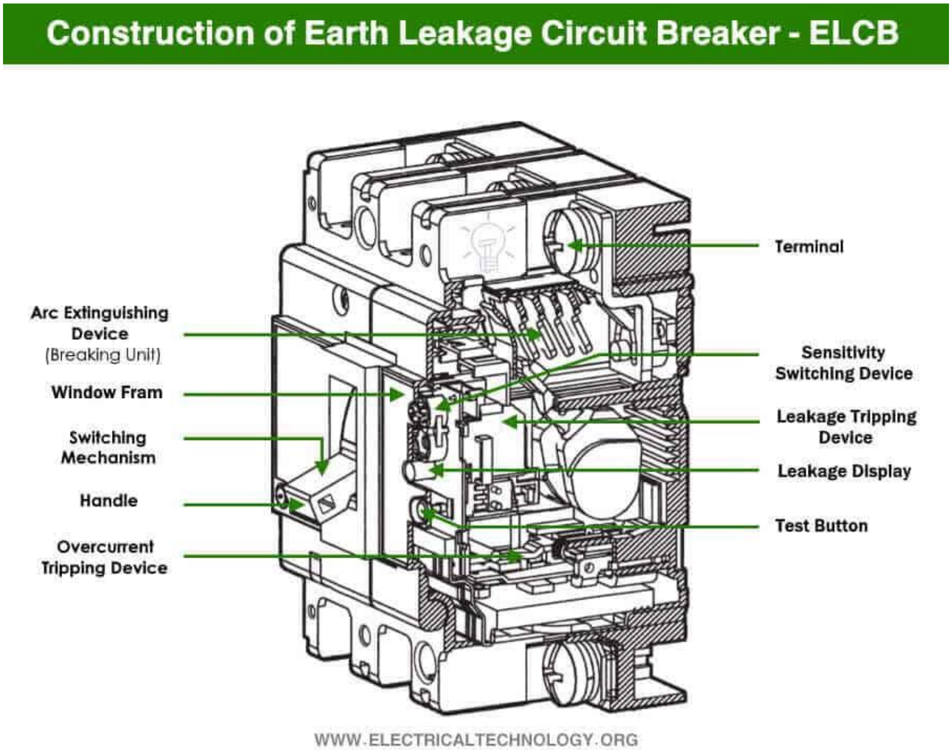
2) कूलर के पम्प की मोटर तो पानी में ही डूबी होती है. कूलर में भरा पानी कूलर की बॉडी के संपर्क में रहता है. कुएँ के मामले में मोटर और पानी पाइप के द्वारा जुड़े रहते है. दोनों मामलों में यदि मोटर का इंसुलेशन ख़राब हो जाए तो पानी में करंट आ जाता है लेकिन वह तब तक घातक नहीं होता जब तक कोई व्यक्ति इसको छू न ले. ऐसी अवस्था में विद्युत प्रवाह व्यक्ति के शरीर से अर्थ (earth) के बीच होने लगता है और इससे व्यक्ति की जान तक जा सकती है.

3) लीकेज करंट से होने वाली दुर्घटना से बचने के लिए कूलर व मोटर या उपकरण को अर्थ किया जाना बहुत जरूरी है. दूसरी सावधानी यह है कि उनको तब ही छुएं जब सप्लाई का स्विच ऑफ कर दिया हो.

4) ऐसी दुर्घटनाओं से सबसे बचने के लिए जरूरी है, कोई ऐसा उपकरण हो जो फेज़ के अर्थ (earth) से संपर्क में आने पर विद्युत प्रदाय को काट (disconnect) दे. इएलसीबी यानी इलेक्ट्रिकल लीकेज सर्किट ब्रेकर (electrical leakage circuit breaker) व रेसिड्यूअल करंट सर्किट ब्रेकर (residual current circuit breaker) ऐसे दो डिवाइस हैं जो यह काम बखूबी करते हैं. इनकी बनावट और कार्यप्रणाली नीचे दी गयी है.

5) इ.एल.सी.बी.

चित्र-3.31A इएलसीबी



चित्र-3.31B इएलसीबी एवं उसके भाग

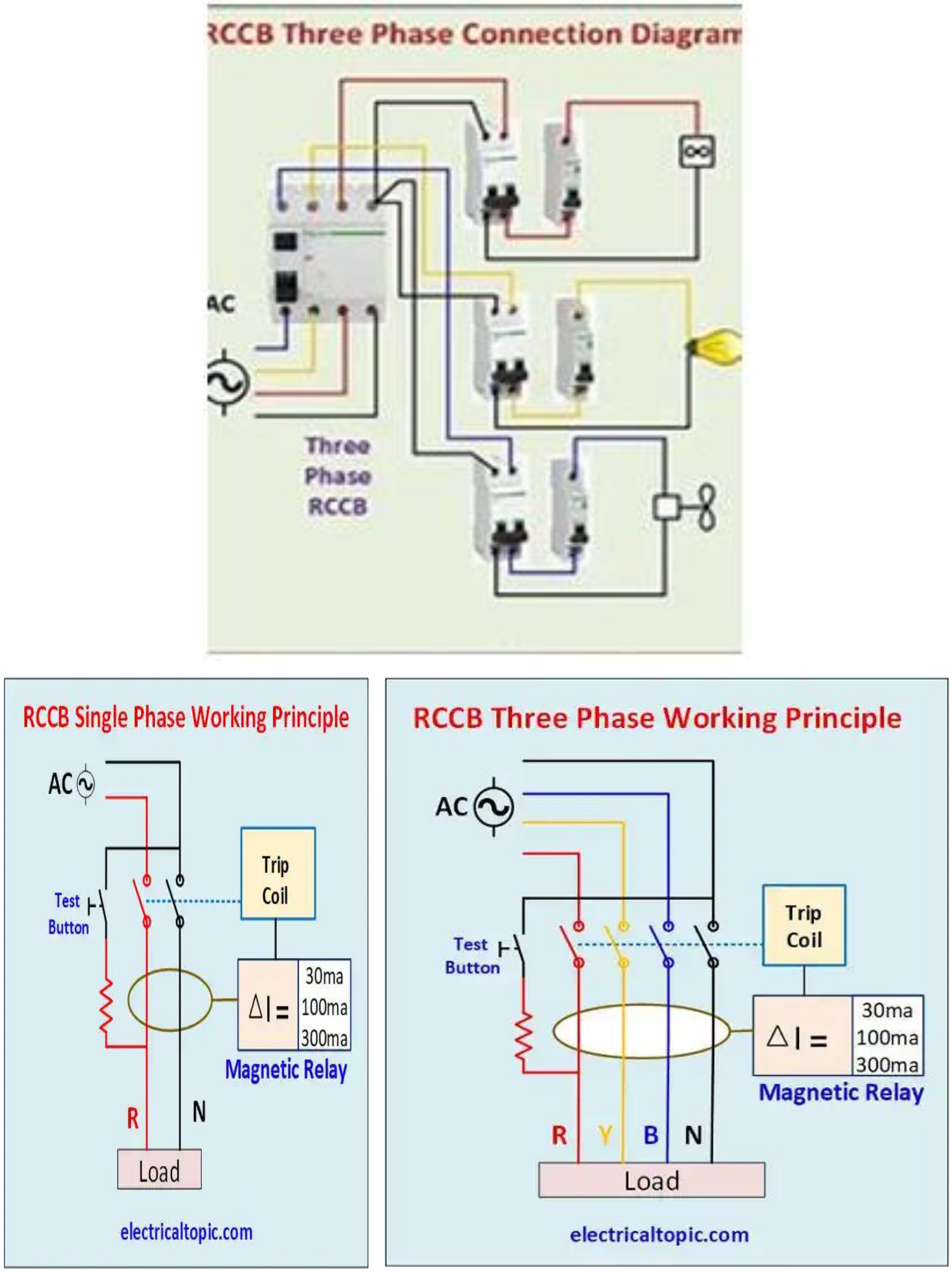
अर्थ-लीकेज सर्किट ब्रेकर (इएलसीबी) एक सुरक्षा उपकरण है जिसका उपयोग बिजली के झटके को रोकने के लिए, आवासीय और वाणिज्यिक दोनों स्थानों में किया जाता है.

जब कोई फेज़ के तार का इंसुलेशन कट जाता है अथवा किसी उपकरण जैसे मोटर का इंसुलेशन कमजोर हो जाता है तो जमीन (earth) में करंट प्रवाहित होने लगता है. इस लीकेज करंट से इएलसीबी का लैच (latch) सक्रिय होता है और वह फेज़ सप्लाई को डिस्कनेक्ट (disconnect) कर देता है.

6) आर.सी.सी.बी. (Residual Current Circuit Breaker)

7) अर्थ (earth) की ओर प्रवाहित होने वाले करंट का पता (detect) कर विद्युत की सप्लाई को तुरंत डिस्कनेक्ट/ऑफ़ करना आवश्यक होता है. यह इएलसीबी के द्वारा कैसे किया जाता है, ऊपर (5) में बताया गया है. इएलसीबी के अलावा एक अन्य उपकरण से भी यह कार्य किया जा सकता है जिसे "आरसीसीबी" कहते है.

8) आरसीसीबी की कार्यप्रणाली नीचे बताई गयी है.



चित्र-3.32 आरसीसीबी की कार्यप्रणाली व कनेक्शन डायग्राम

विज्ञान में किरचॉफ का करंट लॉ (law) नामक एक नियम है (परिशिष्ट देखें) जिसका उपयोग आरसीसीबी में किया जाता है. यह नियम बताता है कि किसी सर्किट में प्रवेश करने वाले करंट और सर्किट से निकलने वाले करंट के मान बराबर होते हैं. जैसे एक पाइप में प्रवाहित होने वाला पानी का प्रवाह हर स्थान पर एक समान ही होगा बशर्ते पाइप कहीं से लीक न कर रहा हो. आरसीसीबी भी इसी सिद्धांत के आधार पर यह पता करता है कि कहीं करंट लीक तो नहीं कर रहा? यदि करंट लीकेज होने लगेगा तो वह उसका पता कर सप्लाई को डिस्कनेक्ट (disconnect) कर देगा.

यद्यपि आरसीसीबी, इएलसीबी की अपेक्षा महँगा होता है लेकिन तुलनात्मक रूप से ज्यादा विश्वसनीय होता है.

3.29 डायरेक्ट ऑन लाइन स्टार्टर (DOL-Direct On Line Starter)

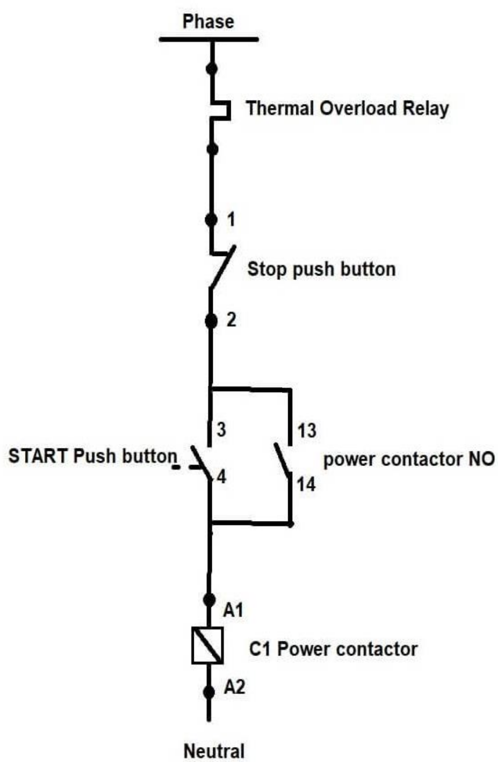
i. हम घरों व खेतों में पानी को ऊपर उठाने के लिए पम्प का उपयोग करते हैं. पम्प को चलाने के लिए मोटर होती है जो स्टार्टर के माध्यम से चालू या बंद की जाती है. छोटे पम्पों के लिए सिंगल फेज़ व बड़े पम्पों के लिए तीन फेज़ विद्युत सप्लाई का उपयोग किया जाता है.

ii. स्टार्टर के अन्दर थर्मल ओवरलोड रिले होती है जो मोटर या सर्किट में उत्पन्न किसी दोष की अवस्था में स्टार्टर को ट्रिप (off) कर देता है. ध्यान रहे कि मोटर को स्थिर अवस्था से गतिशील करने के लिए आरम्भिक बल ज्यादा लगता है. इस कारण मोटर द्वारा आरम्भ में कुछ सेकंड्स तक निर्धारित करंट (rated current) से छः से आठ गुना तक करंट (inrush current) लिया जाता है. ऐसी अवस्था में यदि मोटर या पम्प जाम हो तो करंट की मात्रा और बढ़ सकती है. इसके परिणामस्वरूप मोटर का थर्मल ओवरलोड रिले सप्लाई को कट कर देता है. अतः यदि यह रिले बार-बार ट्रिप हो रही हो तो इसका तात्पर्य यह है कि पंप जाम है या मोटर में कुछ फॉल्ट है. ऐसी दशा में मोटर व पम्प को चेक-अप करवा कर उसके फॉल्ट को ठीक कर लेना चाहिए.

iii. बड़ी क्षमता के पम्पों में तीन फेज़ मोटर का उपयोग किया जाता है. तीन फेज़ मोटरों को चालू करते समय यह बात सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि तीनों फेज़ उपलब्ध हों क्योंकि तीन में से एक भी फेज़ नहीं होने से मोटर पूरी गति से नहीं चलेगी और वह बहुत गर्म हो जाएगी. इसके अलावा दो फेज़ पर मोटर करंट ज्यादा लेगी जिसके परिणामस्वरूप स्टार्टर का थर्मल ओवरलोड रिले ट्रिप हो सकता है.

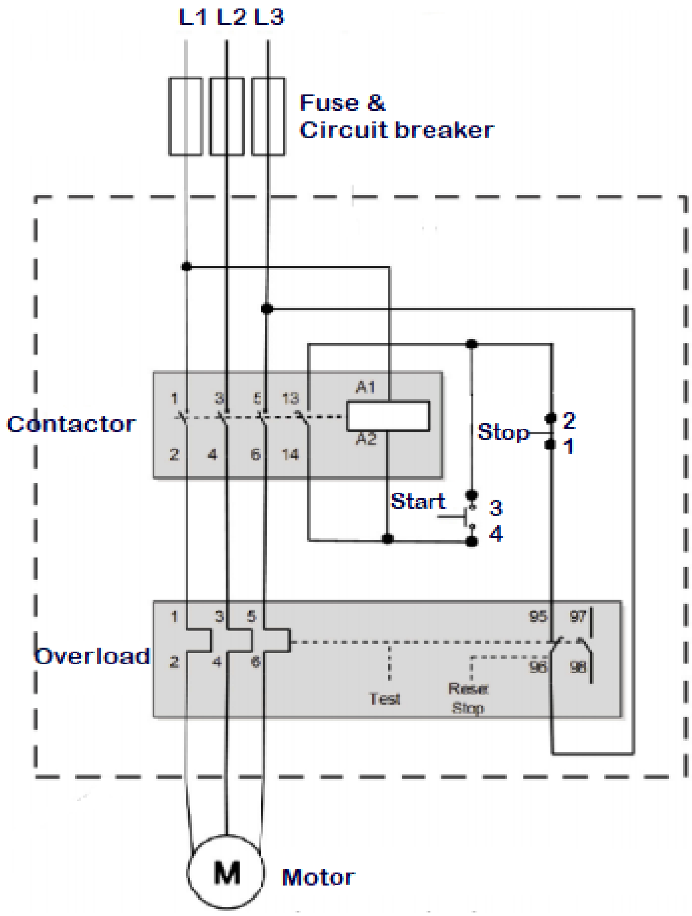
iv. सिंगल फेज़ स्टार्टर: वायरिंग डायग्राम

चित्र-3.33 डीओएल स्टार्टर



i. चित्र-3.34 सिंगल फेज़ स्टार्टर का वायरिंग डायग्राम

ii. तीन या थ्री फेज़ स्टार्टर: वायरिंग डायग्राम



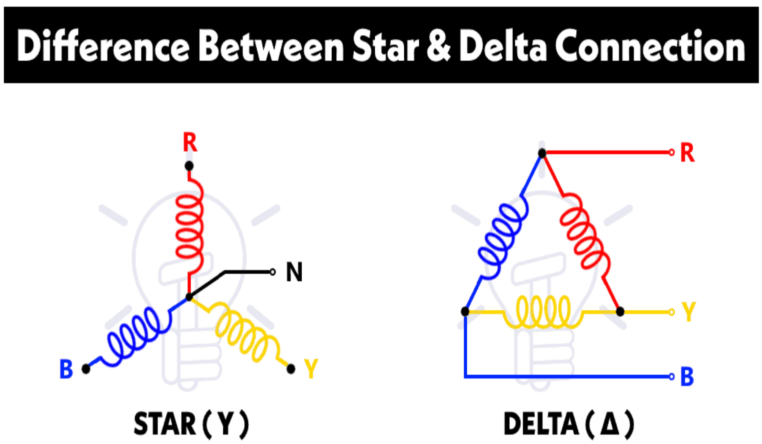
Direct Online Starter Circuit Diagram

चित्र-3.35 डीओएल स्टार्टर का वायरिंग डायग्राम

3.30 स्टार-डेल्टा स्टार्टर (star-delta starter)

ऊपर DOL स्टार्टर के विषय में चर्चा की गयी थी. वहां बताया गया था कि मोटर के चालू होने के कुछ क्षणों तक करंट की मात्रा बहुत अधिक रहती है जिसे स्टार्टिंग करंट (starting current) कहा जाता है. इस स्टार्टिंग करंट को कम करने के लिए एक तरीका यह है कि तीन फेज़ मोटर को स्टार-डेल्टा स्टार्टर के द्वारा चालू किया जाए.

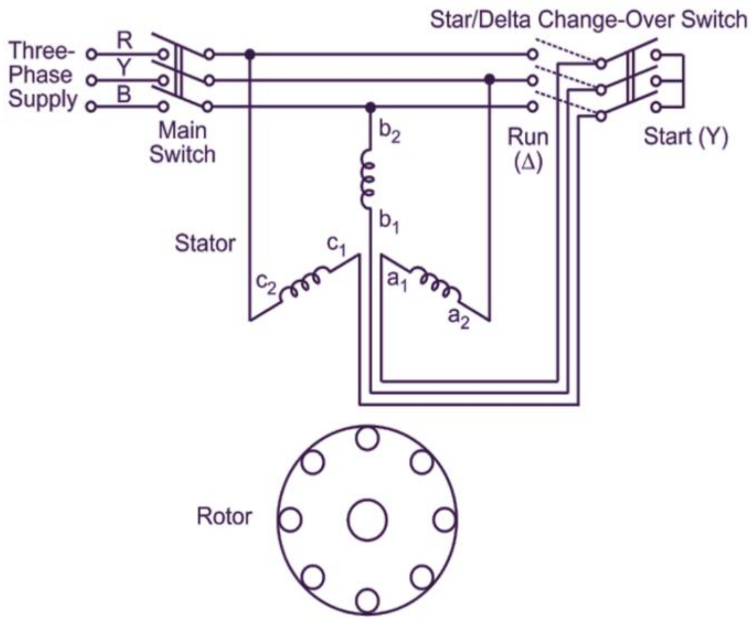
स्टार-डेल्टा स्टार्टर की कार्यप्रणाली को समझने के लिए सर्वप्रथम तीन फेज़ मोटर की वाइंडिंग के विषय में जानना आवश्यक है. इनकी वाइंडिंग के कनेक्शन दो तरह के होते है; पहला स्टार और दूसरा डेल्टा फार्मेशन (रचना) में. इन्हें चित्र-3.36 के माध्यम से दर्शाया गया है.



चित्र-3.36 स्टार और डेल्टा कनेक्शन में अंतर

स्टार और डेल्टा वाइंडिंग में अंतर इतना है कि स्टार वाइंडिंग में करंट की मात्रा कम होती है और डेल्टा वाइंडिंग में ज्यादा. अतः ऐसा विचार किया गया कि किसी मोटर को ठहरी हुई यानी बंद स्थिति से आरम्भ करते समय यदि वाइंडिंग स्टार कनेक्शन में हो और थोड़ा गति पकड़ने के बाद उसे डेल्टा कनेक्शन में कर दिया जाए तो स्टार्टिंग करंट को कम किया जा सकता है.

उपरोक्त तकनीक को दृष्टिगत रखते हुए स्टार-डेल्टा स्टार्टर प्रणाली विकसित हुई लेकिन इसकी जटिल कार्यप्रणाली के कारण यह विधि बहुत लोकप्रिय नहीं हो पाई.



चित्र-3.37 स्टार-डेल्टा स्टार्टर

3.31 विद्युत उपकरणों की स्टार रेटिंग

i. यह तो सभी जानते हैं कि विद्युत उपकरणों की दक्षता (efficiency) बढ़ा कर विद्युत की हानि को रोका जा सकता है. इस प्रयास से उपभोक्ता का बिजली का बिल तो कम होता है किन्तु साथ-साथ पर्यावरण को होने वाली क्षति को भी कम किया जा सकता है. इस कार्य हेतु भारत सरकार के ऊर्जा मंत्रालय ने ऊर्जा दक्षता ब्यूरो (Bureau of Energy Efficiency) अथवा बीईई की स्थापना की है जिसका लक्ष्य देश के सभी क्षेत्रों में ऊर्जा दक्षता के प्रति जागरूकता उत्पन्न करना है.

ii. ऊर्जा दक्षता बढ़ाने के लिए बीईई ने स्टार रेटिंग कार्यक्रम आरम्भ किया है. निर्माता जब भी कोई नया मॉडल का निर्माण करता है, वह यह जरूर चाहता है कि उसका उत्पाद अवश्य प्रमाणित हो जाए. वे बीईई द्वारा डिजाइन प्रक्रियाओं के अनुसार अपने उपकरणों का परीक्षण करने के उपरान्त, प्राप्त आंकड़ों के साथ स्टार प्रमाण पत्र के लिए आवेदन करते हैं. परीक्षण के आंकड़ों के आधार पर बीईई इन उपकरणों के लिए एक स्टार रेटिंग प्रदान करता है. बीईई समय-समय पर मानकों और प्रमाणीकरण प्रक्रियाओं में सुधार भी करता रहता है.

iii. किसी विद्युत उपकरण को 1 से लगा कर 5 स्टार रेटिंग दी जाती है और यह सिद्धांत निम्नानुसार है:

☆ (1 स्टार) → सबसे अधिक बिजली खपत

☆ ☆ ☆ ☆ ☆ (5 स्टार) → सबसे कम बिजली खपत

☞ स्टार जितने अधिक, बिजली की खपत उतनी कम

iv. बिजली का बिल कम करने के व्यावहारिक उपाय

1) 5-स्टार उपकरण खरीदें (विशेषकर AC, फ्रिज, फैन)
2) पुराने उपकरण बदलें
3) AC के तापमान की सैटिंग 25–27°C रखें
4) इन्वर्टर टेक्नोलॉजी वाले उपकरण चुनें
5) अनावश्यक स्टैंडबाय लोड (TV, Charger आदि) बंद रखें
6) LED लाइट का उपयोग करें

-----------x----------

4.
आवासों की वायरिंग, सॉकेट और सुरक्षा

(Residential wiring, socket, and safety)

अक्सर हम अपने घरों की वायरिंग साइज़ या उसकी लोड लेने की क्षमता पर कम ही ध्यान देते हैं. रेडीमेड घरों में तो हमारा कोई हस्तक्षेप ही नहीं रहता क्योंकि वह बिल्डर ही निर्धारित करता है. मकान/फ्लैट पुराने हो जाएँ या हम जब नए विद्युत उपकरण जैसे ए.सी., फ्रिज, पंप स्थापित करते हैं तो वायरिंग की क्षमता जांचना आवश्यक हो जाता है. प्रस्तुत अध्याय में इन्हीं बिन्दुओं पर चर्चा की गयी है.

4.1 आवासों की वायरिंग, सॉकेट आदि

i. आवासों में प्रत्येक स्थान पर विद्युत सप्लाई उपलब्ध कराने के लिए वायरिंग की जाती है और हर जगह स्विचबोर्ड लगाए जाते हैं जिनमें प्लग, और ऑन/ऑफ स्विच आदि होते हैं. यदि सिंगल फेज़ सप्लाई है तो सारा लोड (load) एक ही फेज़ पर होता है. किन्तु तीन फेज़ सप्लाई में सारा load तीनों फेज़ में इस तरह वितरित किया जाता है कि सब पर लगभग समान लोड हो.

ii. आवासीय वायरिंग की साइज़ का चुनाव लोड के अनुसार ही किया जाना चाहिए अन्यथा वे गर्म हो कर क्षतिग्रस्त भी हो सकते हैं और आग का कारण भी बन सकते हैं. इस बारे में कभी-कभी देखा गया है कि कई लोग अतिरिक्त उपकरण जैसे ए.सी. व गीज़र आदि भवन निर्माण के समय नहीं तो नहीं अपितु बाद में लगाते हैं किन्तु ऐसा करते समय न तो वायरिंग की क्षमता चेक करते हैं और न ही उपयुक्त क्षमता की वायरिंग से बदलते हैं. ऐसी स्थिति में वायरिंग गर्म होने से उसमें आग लग सकती है. इस तरह की घटनाएँ अक्सर समाचार पत्रों या टीवी पर पढ़ने व सुनने को मिलती हैं जो कि चिंतनीय है.

iii. घरों के अन्दर स्विचबोर्ड पर स्विच और सॉकेट लगाए जाते हैं जो 5 और 15 एम्पिअर के होते हैं. 15 एम्पिअर के सॉकेट हमेशा 3 पिन के होते हैं किन्तु 5 एम्पिअर वाले 2 और 3 पिन दोनों तरह के होते हैं. इनके उपयोग के समय निम्न सावधानियाँ रखनी चाहिए:

1) एम्पिअर के सॉकेट का उपयोग लगभग 1100 वाट (1.1 किलोवाट) से ज्यादा लोड (load) के लिए नहीं करना चाहिए. 15 एम्पिअर के सॉकेट का उपयोग 3.4 किलोवाट से ज्यादा लोड के लिए नहीं किया जाना चाहिए. इसमें यह भी ध्यान रहे कि घर की वायरिंग भी पर्याप्त साइज़ की हो.
2) बिजली के उपकरण जैसे डेजर्ट कूलर या गीज़र में 3 पिन वाले सॉकेट ही इस्तेमाल किये जाने चाहिए. इसमें यह ध्यान रहे कि वायरिंग के अंदर तीसरी पिन अर्थ (earth) वायर से जुड़ी (connect) होनी चाहिए. इसी तरह गीज़र व कूलर जैसे उपकरणों में भी तीन वायर होना चाहिए और उनकी बॉडी (body) अर्थ वायर से जुड़ी होनी चाहिए. अर्थ वायर की अनुपस्थिति में उपकरण से शॉक लगने का खतरा बना रहता है.
3) बाज़ार में कॉपर व एल्यूमीनियम दोनों तरह के वायर उपलब्ध है. घरों के लिए प्रायः कॉपर वायर ही प्रयुक्त किया जाता है. ये वायर भी दो तरह के होते हैं; मल्टीस्ट्रैंड (multistrand) व सिंगल स्ट्रैंड (single strand). सामान्यतः मल्टीस्ट्रैंड तार बेहतर माने जाते हैं क्योंकि एक तो वे लचीले होते है और दूसरा यह कि एकाध स्ट्रैंड टूट भी जाए तो तार खराब नहीं होता और तार का उपयोग जारी रखा जा सकता है.
4) पीवीसी इंसुलेशन टेप का प्रयोग: कई बार हमें नंगे तार या वायर का इंसुलेशन कटने पर उस पर इंसुलेशन टेप लगा कर काम चला लेते हैं. इंडोर वायरिंग (indoor wiring) में कुछ हद तक इसमें खतरा नहीं होता किन्तु खुले में अथवा पानी से संपर्क में रहने वाले तारों में टेप का उपयोग खतरनाक हो सकता है. क्योंकि टेप कितना भी मजबूती से लगाया गया हो, वह कटे हुए तार के हिस्से को पूरी तरह सील नहीं कर पाता, इसलिए अक्सर जिन्दा तारों (live wires) के पानी से संपर्क हो जाने की संभावना बनी रहती है.

अतः जहाँ तक संभव हो कटे पिटे तार का इस्तेमाल न करें, विशेष कर खुले स्थानों पर या जमीन पर बिछे तारों पर. अक्सर अस्थाई लाइटिंग जैसे झांकियों में, मकानों की लाइटिंग में और ऐसे अन्य स्थानों पर कटे पिटे तारों के उपयोग के परिणामस्वरूप आग व इलेक्ट्रिक शॉक की घटनाएं सुनने या पढ़ने को मिलती हैं. कभी-कभी निकट से गुजरने वाले बिजली के तारों पर कपड़े सुखाते समय भी दुर्घटना हो सकती है.

4.2 इलेक्ट्रिक शॉक

i. इलेक्ट्रिक शॉक की वजह से हर साल कई दुर्घटनाएं होती हैं जिसमें कई जानें भी चली जाती हैं. यदि उचित सावधानी बरती जाए तो ये दुर्घटनाएं पूरी तरह से टाली जा सकती हैं. इलेक्ट्रिक शॉक की निम्न वजहें हो सकती हैं:
   1) आकाशीय बिजली से
   2) पॉवर लाइन के संपर्क में आने से: जैसे घर के पास से गुजर रही बिजली की लाइनों से या फिर किसी डंडे या वस्तुओं के द्वारा ऊँची बिजली की लाइनों को छूने से
   3) सॉकेट या बिजली के कटे पिटे तारों को छूने से
   4) विद्युत उपकरणों या तारों को छूने से, जैसे पम्प, कूलर, पंखे आदि में (यदि मोटर या सर्किट के इंसुलेशन खराब होने से लीकेज के कारण उनमें करंट बह रहा हो तो)

ii. मनुष्य पर होने वाले इलेक्ट्रिक करंट का प्रभाव निम्न बातों पर निर्भर करता है:
   1) वोल्टेज
   2) शरीर में प्रवाहित होने वाले करंट की मात्रा व अवधि
   3) फ्रीक्वेंसी
   4) शरीर के किस अंग या मार्ग से करंट प्रवाहित हो रहा है
   5) व्यक्ति की प्रतिरोधक क्षमता जो व्यक्ति के रेजिस्टेंस (resistance) पर भी निर्भर करती है. ध्यान रहे कि गीले शरीर का प्रतिरोध कम होता है, इसलिए वह ज्यादा खतरनाक होता है.

iii. शरीर से गुजरने वाले करंट से मनुष्य के टिश्यू जल सकते हैं, मनुष्य के अंग निष्क्रिय हो सकते हैं और उसकी जान भी जा सकती है. मोटे तौर पर 100-200 मिली एम्पिअर (1A =1000 मिली एम्पिअर) करंट की मात्रा जानलेवा हो सकती है. भारतीय मानक (BIS-IS 8437 PART-I:1993) के अनुसार मनुष्य का प्रतिरोध भिन्न-भिन्न वोल्टेज पर नापा गया और 95% आबादी का प्रतिरोध 1500-6000 ओम की रेंज (range) में पाया गया.

iv. किसी व्यक्ति के बिजली से दुर्घटना ग्रस्त होने पर उसे तब तक न छूएं जब तक वह जिन्दा तारों के सम्पर्क में हो. इसलिए पहले तुरंत विद्युत सप्लाई को प्लग या मुख्य स्विच बोर्ड से ऑफ करें. घरेलू दुर्घटना में व्यक्ति सूखी लकड़ी या अच्छे रबर के दास्तानों आदि के उपयोग से उसे ज़िंदा

तारों से अलग कर सकते हैं. ये बहुत ही प्राथमिक या बेसिक हिदायतें हैं और परिस्थिति के अनुसार ही कदम उठाने चाहिए. किन्तु यदि कोई व्यक्ति उच्च दाब (वोल्टेज) के संपर्क में है तो सूखी लकड़ी या अच्छे रबर के दास्ताने जैसे उपाय कारगर सिद्ध नहीं होंगे.

4.3 डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ (Dielectric strength): एक सुरक्षा कवच

i. हम घरों में प्रयुक्त होने वाले बिजली के तारों को देखते हैं कि उन पर इंसुलेशन चढ़ा होता है. यह इंसुलेशन बिजली के शॉक से हमारी रक्षा करता है. यह इंसुलेशन में प्रयुक्त पदार्थ के एक गुण के कारण होता है, जिसे "डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ" कहा जाता है. इसे इस प्रकार समझा जा सकता है. जब हम किसी गर्म वस्तु को उठाते हैं तो एक कपड़े का या दास्ताने का इस्तेमाल करते है. कपड़े के कारण ऊष्मा का प्रवाह गर्म वस्तु से हमारे हाथों तक नहीं हो पाता. इसी तरह बिजली के तार और हमारे हाथों के बीच इंसुलेशन होने से विद्युत का प्रवाह हमारे शरीर से नहीं हो पाता.

ii. प्रत्येक पदार्थ की डाईइलेक्ट्रिक-स्ट्रेंथ भिन्न-भिन्न होती है. इसी के कारण इंसुलेशन कम या अधिक प्रभावी होता है. इसीलिए अधिक वोल्टेज पर अधिक डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ वाले इंसुलेशन की आवश्यकता होती है.

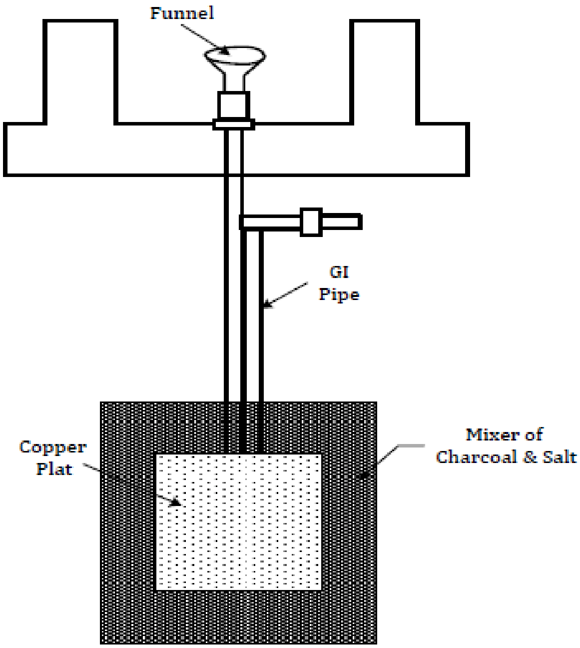
4.4 अर्थिंग सिस्टम (Earthing system)

अर्थिंग की आवश्यकता के विषय में पहले विस्तृत चर्चा की गयी है. घरों में विद्युत के झटके व आग लगने के खतरों से बचने के लिए उपयुक्त अर्थिंग अत्यंत आवश्यक है. अर्थिंग के विषय में इस धारणा को दूर करना आवश्यक है कि यह कोई जटिल व खर्चीला कार्य है.

सामान्यतः अर्थिंग तीन प्रकार से की जाती है जिसका संक्षिप्त विवरण निम्नानुसार है:

i. प्लेट अर्थिंग

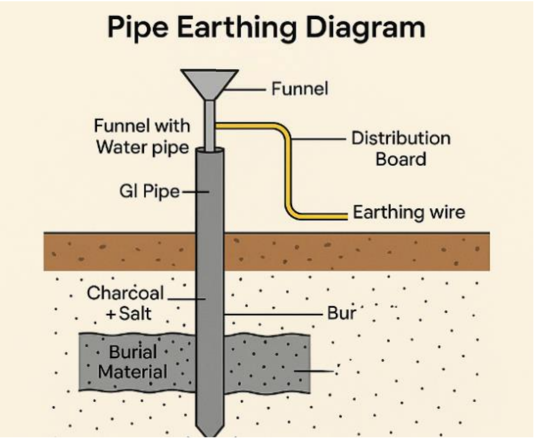
इस विधि में भूमि में लगभग 2-3 फीट के गड्ढे में (नमी आने तक) नमक और कोयले का मिश्रण भर कर उसमें एक ताम्बे की प्लेट स्थापित कर उससे नट-बोल्ट के द्वारा एक तार फिट कर दिया जाता है. इस तार को ऊपर सॉकेट में लाया जाता है जो अर्थिंग वायर से आगे जोड़ दिया जाता है.



चित्र-4.1 प्लेट अर्थिंग

नोट: आजकल बाज़ार में तैयार पैकेट आते हैं जो चारकोल व नमक के स्थान पर प्रयुक्त किये जा सकते हैं.

ii. पाइप अर्थिंग



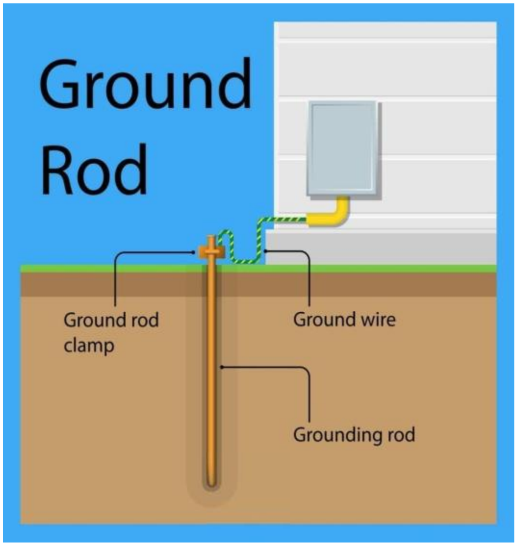
चित्र-4.2 पाइप अर्थिंग

इस विधि में प्लेट के स्थान पर एक जी.आय. (galvanized iron) पाइप ऊपर तक लाया जाता है. पाइप के चारों ओर ड्रिल से छेद कर दिए जाते हैं. पाइप को ऊपर लाकर उससे अर्थिंग वायर जोड़ दिया जाता है.

iii. रॉड अर्थिंग

इस विधि में नमक व कोयले का प्रयोग नहीं किया जाता है. इसके बदले एक 12-20 मिमी व्यास की एक जस्ते अथवा ताम्बे की 1-1.5 मीटर लम्बी छड़ जमीन में गाड़ दी जाती है. छड़ का जमीन वाला सिरा नुकीला रखा जाता है. छड़ जितनी गहरी होगी, अर्थिंग उतनी ही प्रभावी होगी.

यह विधि तुलनात्मक रूप से सस्ती होती है लेकिन पथरीली जमीन के लिए उपयुक्त नहीं है.



चित्र-4.3 रॉड अर्थिंग

-----------x----------

5.
विद्युत सुरक्षा सम्बन्धी अतिरिक्त उपयोगी जानकारी

(Additional useful information about electrical safety)

पिछले भाग में विद्युत के उपयोग करते समय सही क्षमता के तार व प्लग-सॉकेट तथा विद्युत से होने वाली दुर्घटनाओं आदि के सम्बन्ध में कई बिन्दुओं पर चर्चा की गयी है.

आम नागरिक को इस दिशा में जागरूक करने के लिए "केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण", भारत सरकार ने एक पहल की है. इस प्रयास के साझेदारों, क्रमशः ब्यूरो ऑफ़ इंडियन स्टैण्डर्ड, आयइइएमए (IEEMA- is the apex association of manufacturers of electrical, industrial electronics and allied equipment in India) के साथ मिलकर एक "सचेत-विद्युत सुरक्षा पुस्तिका" जारी की है. यह पुस्तिका इन्टरनेट पर हिंदी व अंग्रेजी दोनों भाषाओं में उपलब्ध है. इसी पुस्तिका को सन्दर्भ बना कर महत्वपूर्ण (चुनिन्दा) जानकारियाँ नीचे बिन्दुवार प्रस्तुत की गयी-हैं. (विस्तृत जानकारी के लिए पुस्तिका पढ़ें)

5.1 बिजली की दुर्घटनाओं के कारण और सावधानियाँ

i. घरों में बिजली से होने वाली लगभग एक तिहाई दुर्घटनाओं की शुरुआत तार या केबल के जलने से होती है.

ii. बिजली की दुर्घटना के प्रमुख कारण:

   1) बिजली सम्बन्धी कार्य करने के दौरान बिजली चालू रहना या अचानक चालू होना.
   2) स्केफहोल्डिंग या अन्य वस्तु का ओवरहेड तारों से टकराना
   3) डिस्ट्रीब्यूशन बोर्ड से अस्थाई (temporary) बिजली का कनेक्शन लेना
   4) स्विचबोर्ड आदि स्थानों पर नमी का होना
   5) सही क्षमता के उपकरणों, तारों आदि का उपयोग न करना या निम्न गुणवत्ता की सामग्री का इस्तेमाल करना
   6) ढीले कनेक्शन से चिंगारी (स्पार्क) उत्पन्न होना

iii. बिजली से सुरक्षा के लिए सावधानियाँ

1) रोशनी वाले उपकरण या बल्ब के पास कोई ज्वलनशील पदार्थ रखने पर बिजली से आग लगने का खतरा बढ़ जाता है.
2) स्विच ऐसी जगह लगाएं जहाँ आसानी से पहुँचा जा सके
3) वायर के कलर कोड अपनाएं
4) किसी बिजली उपकरण या तार को छूने से पहले यह सुनिश्चित करें कि वह विद्युत सप्लाई रहित यानी डेड या अर्थ (dead or earth) है
5) बिजली के उपकरणों में लगी आग पानी से न बुझाएं
6) बिजली सप्लाई ऑन करने से पहले चेक करलें कि उस समय कोई बिजली का काम तो नहीं कर रहा है
7) हमारे ऊपर से गुजरने वाले बिजली के वायर से कम से कम 10 फीट दूर रहें.
8) तारों में जोड़ डालने से बचें.
9) अर्थ वायर को न्यूट्रल की तरह इस्तेमाल न करें.
10) बिजली के घरेलू उपकरणों या वायर को गीले हाथों से न छूएं.
11) सुरक्षा उपकरणों (PPE) का प्रयोग करें

5.2 नया घर खरीदते समय निम्न बातों का विशेष ध्यान रखें

i. घर के लिए अर्थिंग सिस्टम स्थापित की गयी हो. (अर्थिंग के लिए पीछे क्लॉज़ 4.4 देखें)
ii. पूरे घर में अर्थिंग वायर स्थापित किया गया हो, विशेष कर थ्री पिन प्लग/सॉकेट में
iii. स्विचबोर्ड में सही क्षमता के एमसीबी लगे हों तथा ईएलसीबी/आरसीसीबी उपलब्ध हों
iv. एसी, फ्रिज, गीज़र, आयरन आदि के लिए सही साइज़ की वायरिंग का उपयोग किया गया हो
v. तीनों फेज़ में लोड यथासंभव बराबर-बराबर विभाजित किया गया हो
vi. बिजली का कनेक्शन कम से कम उतने लोड का लिया हो जितना लोड घर में एक साथ ऑन किया जाना अपेक्षित हो

-----------x----------

6.
विद्युत उत्पादन से उपभोक्ता तक

(From electricity generation to the consumer)

विद्युत का उपयोग तो हमारे जीवन का अभिन्न अंग हो गया है. विद्युत और विद्युत उपकरणों के बारे में पिछले अध्यायों में विस्तृत रूप से बताया गया है. लेकिन विद्युत उत्पादन केंद्र से विद्युत हम तक कैसे पहुँचती है, इस विषय में जानकारी नीचे प्रस्तुत की गयी है.

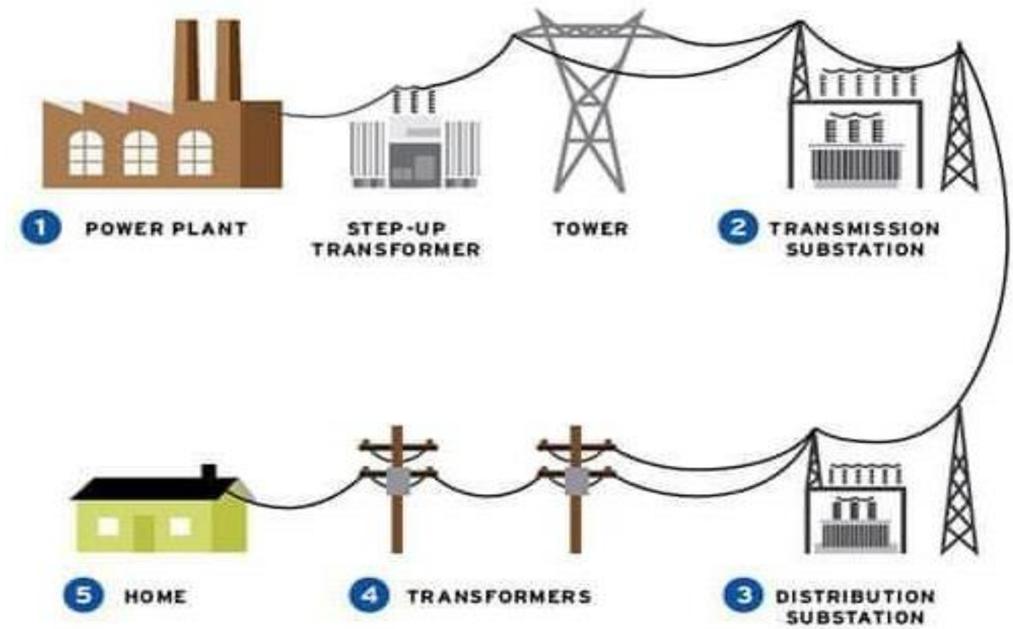
6.1 विद्युत उत्पादन और वितरण का इतिहास

सन 1882 में एडिसन ने विश्व का पहला स्थायी पॉवर स्टेशन और विद्युत वितरण प्रणाली को स्थापित किया. पहली स्ट्रीट लाइट की स्थापना एडिसन ने मेनहटन, न्यूयॉर्क की पर्ल स्ट्रीट में की थी. यह डी.सी. करंट पर आधारित थी. बाद में इसे वाल स्ट्रीट और अन्य क्षेत्रों में फैलाया गया. डी.सी. विद्युत वितरण प्रणाली 1 वर्ग मील के क्षेत्र में बिना किसी समस्या के व्यवस्थित हो रही थी.

धीरे धीरे एडिसन के अलावा अन्य कंपनियों ने भी विद्युत उत्पादन और वितरण का कार्य आरम्भ किया. सन 1892 में एडिसन की कंपनी के साथ अन्य कंपनियाँ भी मिल गयी और एक नयी कंपनी बनाई गयी जिसे जनरल इलेक्ट्रिक कंपनी नाम दिया गया. डी.सी. विद्युत वितरण बड़े क्षेत्र के लिए उपयुक्त नहीं थी. किन्तु बाद में ए.सी. विद्युत उत्पादित होने और ट्रांसफार्मर आदि विकसित होने से एडिसन द्वारा पहली ए.सी. (alternating current) विद्युत प्रणाली विकसित की गयी. इस प्रणाली के द्वारा उच्च दाब (high voltage) पर विद्युत पारेषित (transmit) की जाने लगी.

6.2 विद्युत उत्पादन और वितरण

i. हमारे घरों या अन्य औद्योगिक/व्यावसायिक प्रतिष्ठानों तक बिजली निम्न चरणों से गुजरती है, जैसा कि चित्र 6.1 में दिखाया गया है:



चित्र-6.1 विद्युत उत्पादन से घर तक

चित्र 6.1 का विवरण निम्नानुसार है:

1) विद्युत उत्पादन केंद्र व पारेषण लाइन (power plant, step-up transformer & transmission line)
2) विद्युत पारेषण उपकेन्द्र व पारेषण लाइन (transmission substation & transmission line)
3) विद्युत वितरण उपकेन्द्र व वितरण लाइन (distribution substation & distribution Lines)
4) वितरण ट्रांसफार्मर व एल.वी. डिस्ट्रीब्यूशन लाइन (distribution transformer & low voltage distribution line)
5) उपभोक्ता (consumer)

ii. उपरोक्त हिस्सों की बिन्दुवार विस्तृत चर्चा नीचे की गई है:

1) विद्युत उत्पादन केंद्र व पारेषण लाइन (power plant, step-up transformer & transmission line)

विद्युत उत्पादन केंद्र में विद्युत उत्पादन किया जाता है. यहाँ मुख्य अंग जनरेटर होता है. जनरेटर से वैसे सभी परिचित होंगे जो अक्सर किसी जुलूस में रोशनी के लिए उपयोग किया जाता है और ये कम उत्पादन क्षमता के जनरेटर डीजल इंजन द्वारा चलित होते हैं.

आम उपभोक्ताओं और व्यावसायिक उपयोग के लिए विशाल उत्पादन क्षमता के विद्युत उत्पादन केंद्र होते हैं जहाँ बड़ी मात्रा में बिजली का उत्पादन होता है. ये उत्पादन केंद्र (power plants) आबादी से दूर उपयुक्त स्थानों पर स्थापित किए जाते हैं. वैसे विद्युत उत्पादन केन्द्रों के स्थान निर्धारित करने के पीछे कई तकनीकी कारण होते हैं.

इन केन्द्रों से उत्पादित विद्युत को स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मरों द्वारा उच्च दाब (high voltage) में परिवर्तित करके पारेषण लाइनों (transmission lines) द्वारा पारेषित (transmit) किया जाता है.

2) विद्युत पारेषण उपकेन्द्र व पारेषण लाइन (transmission substation & transmission line)

सर्वप्रथम पारेषण लाइन और उसके पश्चात् उपकेन्द्र की चर्चा की जायेगी.

a) विद्युत पारेषण लाइन (transmission line व transmission tower)

सभी ने शहरों में व यात्रा के दौरान बड़े और ऊँचे टावर देखे होंगे जिन पर से ट्रांसमिशन लाइनें गुजरती हैं. इन टॉवरों पर 3 तार वाली (सिंगल सर्किट) अथवा 6 तार वाली (डबल सर्किट) लाइनों को इंसुलेटर पर स्थापित किया हुआ देखा होगा. इन उच्च दाब (high voltage) की लाइनों के द्वारा बिजली को पॉवर स्टेशन से विद्युत उपकेन्द्र (सब स्टेशन) तक पारेषित (transmit) किया जाता है.

b) उच्च दाब की आवश्यकता क्यों?

इलेक्ट्रिक पॉवर (P) दो कॉम्पोनेन्ट (component) क्रमशः वोल्टेज (V) और करंट (I) का गुणन फल होता है.

$P = V * I$

चूंकि ज्यादा करंट के लिए ज्यादा मोटे तार की आवश्यकता होती है तथा ज्यादा करंट से विद्युत की हानि (I^2R के अनुसार) भी ज्यादा होती है, इसलिये किसी निर्धारित पॉवर को पारेषित करने के लिए ट्रांसफार्मर द्वारा वोल्टेज बढ़ा दिया जाता है ताकि करंट की मात्रा कम हो जाए जिससे मोटे तार की आवश्यकता न पड़े. लेकिन जब वोल्टेज अधिक हो जाता है तो उससे सुरक्षा के लिए बिजली के तारों को बहुत ऊँचा रखा जाता है तथा टावर पर भी इन तारों को स्थापित करने के लिए उन्हें इंसुलेटर द्वारा लटकाया जाता है. वोल्टेज जितना अधिक होगा उतना ही इंसुलेटर बड़ा होगा.

चित्र-6.2 पारेषण लाइन

c) पारेषण उपकेन्द्र (transmission substation)

सब-स्टेशन के मुख्य कार्य है, विभिन्न स्रोतों, जैसे विद्युत उत्पादन केंद्र या अन्य सब-स्टेशनों से प्राप्त विद्युत को विभिन्न दाब (वोल्टेज) में परिवर्तित करके बड़े उपभोक्ताओं को सीधे भेजना व छोटे घरेलू या व्यावसायिक प्रतिष्ठानों को आगे वितरित करने के लिए वितरण सब-स्टेशनों (distribution substation) को पारेषित करना. सब-स्टेशन की आवश्यकता इसलिए होती है ताकि बिजली पूरे देश/राज्य/ज़ोन(zone) में वितरित की जा सके.

पारेषण विद्युत उपकेंद्रों पर बड़ी क्षमता के ट्रांसफार्मर्स व सर्किट ब्रेकर आदि रहते हैं जिनके द्वारा अति उच्च दाब की विद्युत को कम दाब या कम दाब की विद्युत को उच्च दाब की विद्युत में परिवर्तित किया जाता है. इन उपकेंद्रों को अन्य उपकेंद्रों से भी जोड़े जाने का प्रावधान रहता है.

चित्र-6.3 पारेषण उपकेन्द्र

d) ग्रिड

किसी राज्य या क्षेत्र की इस सम्पूर्ण प्रणाली को, जिसमें विभिन्न सब-स्टेशन आपस में एक दूसरे से पारेषण लाइनों के द्वारा जुड़े रहते हैं, को ग्रिड (grid) कहते हैं.

3) विद्युत वितरण उपकेन्द्र व वितरण लाइन (distribution substation & distribution Lines)

पारेषण उपकेन्द्र, उच्च वोल्टेज और उच्च क्षमता के होते हैं. इन उपकेंद्रों पर उच्च दाब (जैसे 132,220 या 400 kV) की विद्युत को ट्रांसफार्मर के द्वारा 33 केवी स्तर तक एक या अधिक चरणों में स्टेप-डाउन(step-down) किया जाता है. यहाँ से 33 केवी लाइन के द्वारा आबादी क्षेत्र के वितरण उपकेंद्रों पर लाया जाता है, जहाँ पर विद्युत को पुनः 33/11 केवी ट्रांसफार्मरों के द्वारा वोल्टेज को स्टेप-डाउन(step-down) किया जाता है. इन उपकेंद्रों से 11 केवी लाइनों के द्वारा

कॉलोनी अथवा मोहल्लों में लगे ट्रांसफार्मरों तक पहुँचाया जाता है. डिस्ट्रीब्यूशन उपकेंद्रों की संख्या बहुत अधिक होती है और यह संख्या उपभोक्ताओं के घनत्व और उनकी संख्या पर निर्भर करती है.

4) **वितरण ट्रांसफार्मर व एल.वी. डिस्ट्रीब्यूशन लाइन (distribution transformer & L.V. distribution line)**

डिस्ट्रीब्यूशन उपकेंद्रों से सामान्यतः 11 kV (किलो-वोल्ट) की लाइनों का जाल आबादी क्षेत्र में बिछाया जाता है. फिर स्थान स्थान पर, आवश्यकता अनुसार ट्रांसफार्मर स्थापित किये जाते हैं जिनके द्वारा 11 kV को 415 वोल्ट में परिवर्तित कर विद्युत को घरों तक पहुँचाया जाता है. इन वितरण ट्रांसफार्मर की क्षमता 100-1000 kVA के बीच की होती है. वितरण ट्रांसफार्मर से 415 वोल्ट की सप्लाई पहले फ्यूज बॉक्स में जाती है. वहाँ से फिर एलटी (low voltage/tension) डिस्ट्रीब्यूशन लाइन को जोड़ दिया जाता है.

चित्र-6.4 वितरण ट्रांसफार्मर

5) उपभोक्ता (consumer)

ऊपर दर्शाए गए वितरण ट्रांसफार्मर से एक छोटे क्षेत्र में 3 फेज़, 415 वोल्ट की लाइन का जाल बिछाया जाता है. इन लाइनों से घरेलू उपभोक्ता को केबल के द्वारा विद्युत प्रदाय की जाती है. केबल को सबसे पहले घरों के बिजली के मीटर से जोड़ा जाता है. मीटर के आउटपुट टर्मिनल से तारों के द्वारा उपभोक्ता के स्विचबोर्ड को जोड़ा जाता है जहाँ से घर के अन्दर विभिन्न एमसीबी/फ्यूज के द्वारा विद्युत का वितरण किया जाता है.

घरेलू उपयोग के उपकरण 230-240 वोल्ट पर कार्य करते हैं. यहाँ यह पुनः बताना आवश्यक है कि फेज़ व न्यूट्रल के बीच 240 वोल्ट और दो फेज़ के बीच 415 वोल्ट होता है. इसलिए सुरक्षा की दृष्टि से घरों में उपकरणों को फेज़ व न्यूट्रल के द्वारा ही सप्लाई दी जाती है. घर का सारा लोड तीनों फेज़ में लगभग समान रूप से बाँट दिया जाता है.

-----------x----------

7.

विभिन्न प्रकार के विद्युत उत्पादन केंद्र

(Different types of power plants)

विद्युत का उत्पादन कई तरीकों से किया जाता है. इन सब तरीकों के विषय में जानकारियाँ नीचे दी गयी हैं.

7.1 भिन्न प्रकार के विद्युत उत्पादन केंद्र

हम जिस विद्युत का उपभोग करते हैं वह विभिन्न तरीकों से उत्पादित होती है, प्रमुख स्रोतों को नीचे सूचीबद्ध किया है.

i. ताप विद्युत (प्रयुक्त ईंधन के आधार पर)
   a. कोयले पर आधारित
   b. गैस पर आधारित
   c. परमाणु ऊर्जा पर आधारित
   d. डीजल/पेट्रोल पर आधारित
   e. बायो-मॉस पर आधारित

ii. नवीकरणीय विद्युत/ऊर्जा
   नवीकरणीय ऊर्जा वह ऊर्जा है जो प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त होती है. ये स्रोत कभी समाप्त नहीं होते. इसलिए इन्हें अक्षय या नवीकरणीय ऊर्जा कहा जाता है उदाहरण के लिए, सूर्य का प्रकाश और हवा ऐसे स्रोत हैं जो लगातार प्राप्त होते रहते हैं. हमारी पृथ्वी पर नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत प्रचुर मात्रा में हैं और हमारे चारों ओर मौजूद हैं.
   a. जल विद्युत
   b. सौर ऊर्जा
   c. पवन ऊर्जा

iii. अन्य गैरपरंपरागत/नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत

उपरोक्त स्रोतों के अलावा कुछ अन्य गैरपरंपरागत (nonconventional)/नवीकरणीय तरीकों से भी विद्युत उत्पादन की जा सकती है. इनके बारे में नीचे वर्णन किया गया है. लेकिन ऐसे स्रोतों से ऊर्जा प्राप्त करना या तो अभी आरंभिक अवस्था में है या उनसे अभी प्रचुर मात्रा में विद्युत उत्पादन नहीं हो रहा है.

a. टाइडल पॉवर (tidal power)

चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से समुद्र में ज्वार भाटे (high tide & low tide) आते हैं. इसके फलस्वरूप समुद्र का पानी तट के ऊपर जाता है और फिर नीचे. यदि आप समुद्र के निकट रहते हैं या कभी समुद्र के निकट किसी स्थान की यात्रा करते हैं तो देखिये कि दिन में समुद्र का स्तर किस प्रकार बदलता है. समुद्र के स्तर में अंतर ज्वारीय ऊर्जा का स्रोत है. इसी उतार चढ़ाव का लाभ लेकर टाइडल ऊर्जा उत्पन्न की जाती है. जब ज्वार के कारण समुद्र का जल ऊपर जाता है तो उसे रोक लिया जाता है. फिर इस ऊँचे स्तर के जल से टरबाइन चलाई जाती है और जल को पुनः समुद्र में भेज दिया जाता है.

समुद्र के लिए एक संकीर्ण क्रीक (creek) पर एक बांध का निर्माण करके ज्वारीय ऊर्जा का दोहन किया जाता है. बांध पर स्थापित टरबाइन ज्वारीय ऊर्जा को बिजली में परिवर्तित करता है. लेकिन जिन स्थानों पर ऐसे बांध बनाए जा सकते हैं, वे सीमित हैं.

b. तरंग ऊर्जा (Wave Energy)

समुद्र की लहरों में गतिज ऊर्जा (kinetic energy) होती है. इन तेज लहरों से टरबाइन को घुमाया जाता है और विद्युत उत्पन्न की जाती है. लहरों के वेग में उपलब्ध ऊर्जा को कई विधियों से विद्युत में परिवर्तित किया जा सकता है. इसे किफायती बनाने के लिए शोध कार्य किए जा रहे हैं.

c. जियोथर्मल ऊर्जा (geothermal energy)

पृथ्वी के गर्भ में उपलब्ध ऊष्मा से भी विद्युत उत्पन्न की जा सकती है. इस तरह के संयंत्रों की कार्य प्रणाली ताप विद्युत गृहों जैसी ही होती है.

चित्र-7.1 जियोथर्मल विद्युत-गृह

7.2 विद्युत उत्पादन की कार्यप्रणाली

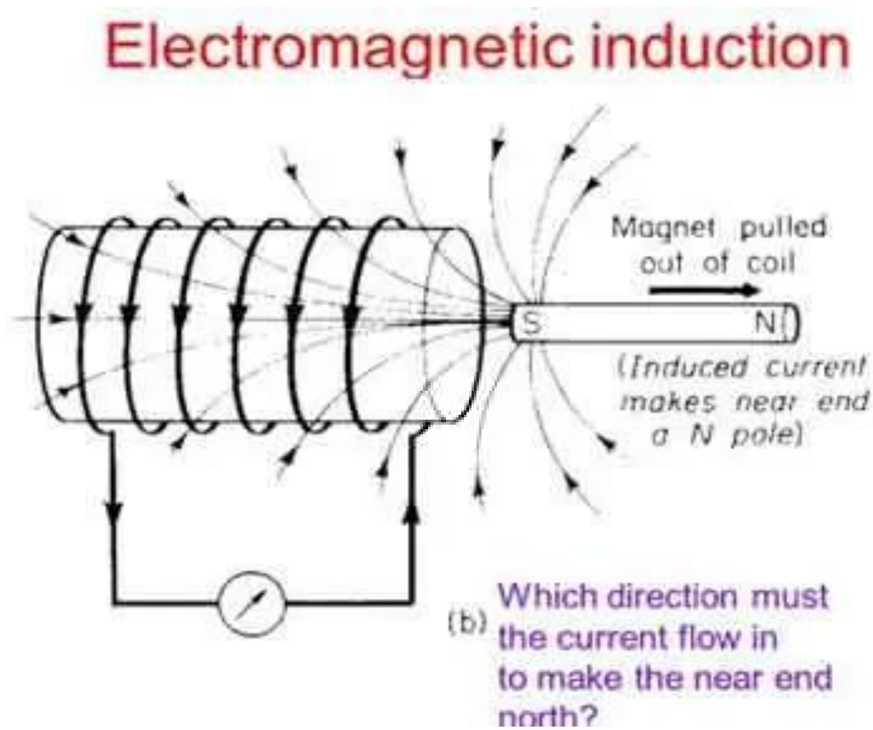
i. किसी भी विद्युत उत्पादन केंद्र में प्रमुख रूप से एक जनरेटर होता है जहाँ विद्युत उत्पादन होता है. वास्तव में किसी भी
उत्पादन केंद्र में सिर्फ विभिन्न स्रोतों से उपलब्ध ऊर्जा को जनरेटर के द्वारा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है. इस सन्दर्भ में आइंस्टीन के सिद्धांत का उल्लेख करना आवश्यक है, जो इस प्रकार है:
"ऊर्जा को न तो उत्पादित किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है. ऊर्जा को सिर्फ एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जा सकता है."
अर्थात उपरोक्त सिद्धांत के अनुसार विद्युत उत्पादन के लिए ऊर्जा का स्रोत होना आवश्यक है. जैसे कोयले में ताप ऊर्जा होती है. भंडारित जल में स्थितिज ऊर्जा (static energy) और बहते पानी में गतिज ऊर्जा (kinetic energy) होती है. सूर्य में प्रकाश एवं तापीय ऊर्जा होती है आदि. नाभिकीय संयंत्र (nuclear plant) में परमाणु के विखंडन से ताप ऊर्जा उत्पन्न की जाती है.
अतः इन सभी स्रोतों से उपलब्ध ऊर्जा से विद्युत उत्पन्न की जाती है.

ii. जनरेटर का सिद्धांत

1) समस्त जनरेटर फैराडे के एलेक्ट्रोम्नेटिक इंडक्शन (electromagnetic induction) के सिद्धांत पर कार्य करते हैं जो निम्नानुसार है. (इस सिद्धांत की अधिक जानकारी परिशिष्ट के क्लॉज़ 5.2 में दी गई है.)

"जब किसी तार (चालक-conductor) और चुम्बकीय क्षेत्र (flux) के बीच सापेक्ष गति होती है तो चालक में विद्युत उत्पन्न होती है." (यानी या तो किसी स्थिर चालक के सामने किसी चुम्बक को गतिमान किया जाए अथवा स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र में किसी चालक को गतिमान किया जाए)

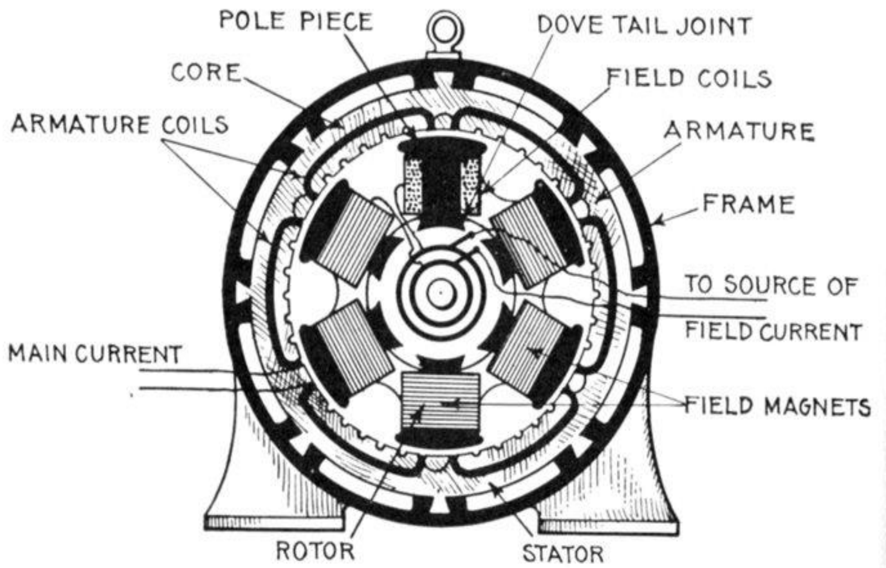
चालक में जो विद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है वह वास्तव में चालक और चुम्बकीय क्षेत्र के बीच सापेक्ष गति उत्पन्न करने के लिए खर्च की गयी ऊर्जा ही होती है.



चित्र-7.2 एलेक्ट्रोम्नेटिक इंडक्शन

2) जनरेटर की बनावट:

जनरेटर में विद्युत उत्पादन उपर्युक्त सिद्धांत के अनुसार होता है. चित्र 7.3 में दिखाया गया है कि जनरेटर के दो अंग (part) होते हैं; स्टेटर(stator) व रोटर (rotor).



चित्र-7.3 जनरेटर की संरचना

चित्र 7.3 में चुम्बक (magnet) को रोटर में और चालक (conductor) को स्टेटर में दर्शाया गया है. सामान्य तौर पर यही प्रणाली काम करती है किन्तु कभी-कभी चालक रोटर में और चुम्बक को स्टेटर में भी स्थापित किए जाते हैं.

3) ऊर्जा के बारे में वर्णित आइंस्टीन के सिद्धांत से यह स्पष्ट है कि विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए ऊर्जा स्रोत का होना आवश्यक है. अर्थात रोटर को किसी बाह्य ऊर्जा स्रोत यानी किसी मशीन के द्वारा घुमाया जाए. यह बाह्य मशीन और कुछ नहीं टरबाइन होती है, जिसके बारे में नीचे वर्णन किया गया है.

iii. टरबाइन का सिद्धांत:

मुख्यतः टरबाइन तीन प्रकार की होती हैं;

- वाष्प टरबाइन (steam turbine)

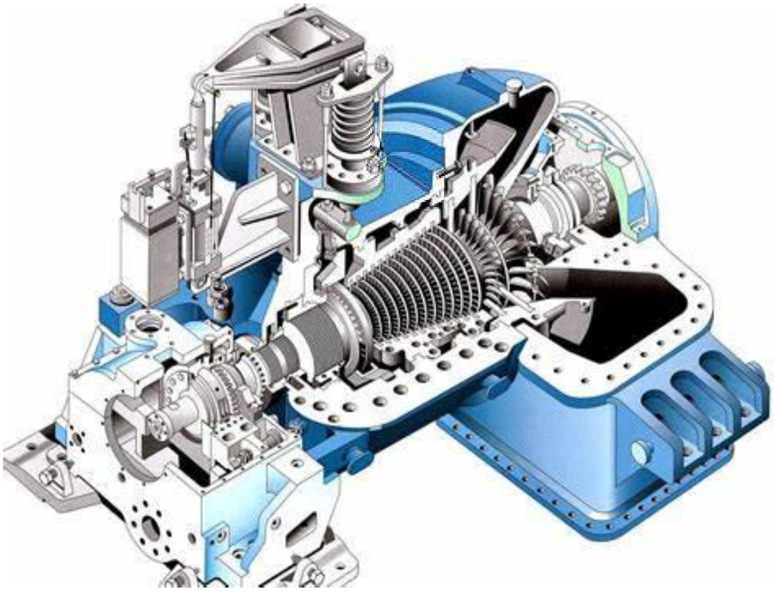
- जल टरबाइन (water turbine); और
- गैस टरबाइन (gas turbine)

1) वाष्प टरबाइन :

इस प्रकार की टरबाइन उच्च ताप और उच्च दाब की वाष्प से कार्य करती है. वाष्प टरबाइन को चित्र 7.4 में दिखाया गया है.

हम जानते हैं कि जब पानी को गर्म किया जाता है तो उससे वाष्प बनने लगती है. इस तरह ईंधन की ताप ऊर्जा वाष्प में परिवर्तित हो जाती है. (पुराने रेल इंजन में कोयला जला कर वाष्प उत्पन्न की जाती थी. इसी वाष्प से इंजन चलता था जो पूरी रेलगाड़ी को खींचता था.) प्रेशर कुकर से भी सभी ने तेज गति से भाप निकलते हुए देखी ही होगी, जिससे वाष्प ऊर्जा का पता लगता है.

ताप विद्युत गृह में इसी वाष्प ऊर्जा को टरबाइन के माध्यम से यांत्रिक कार्य (mechanical work) में परिवर्तित किया जाता है. टरबाइन के अन्दर ब्लेड की श्रृंखला होती है. इन ब्लेड्स पर अधिक तापक्रम और अधिक दबाव की वाष्प के टकराने के कारण टरबाइन घूमने लगती है. जब टरबाइन घूमती है तो उससे जुड़ा हुआ जनरेटर भी घूमता है. इसके परिणामस्वरूप जनरेटर के स्टेटर में स्थित चालकों में विद्युत उत्पन्न होती है.



चित्र-7.4 वाष्प टरबाइन

2) जल टरबाइन:

जल टरबाइन में भी ब्लेड्स होती हैं जिन्हें रनर (runner) कहा जाता है. इन ब्लेड्स का आकार प्रकार वाष्प टरबाइन से भिन्न होता है. जलाशय में संग्रहीत पानी जब दबाव और तीव्र वेग से इन ब्लेड्स पर पड़ता है तो टरबाइन घूमने लगती है, जिससे जुड़ा जनरेटर भी घूमता है जिसके फलस्वरूप जनरेटर के स्टेटर में स्थित चालकों में विद्युत उत्पन्न होती है.

जल टरबाइन मुख्यतः निम्न प्रकार की होती हैं.

a) पेल्टन टरबाइन (Pelton Turbine)

इनका उपयोग वहाँ किया जाता हैं जहाँ बहुत उच्च हेड (very high Head) का जल स्तर हो.

b) फ्रांसिस टरबाइन (Francis Turbine)

इनका उपयोग वहाँ किया जाता हैं जहाँ उच्च या मध्यम हेड (high or medium Head) का जल स्तर हो.

c) केप्लन टरबाइन (Kaplan turbine)

इनका उपयोग वहाँ किया जाता हैं जहाँ निम्न हेड (low Head) का जल स्तर हो.

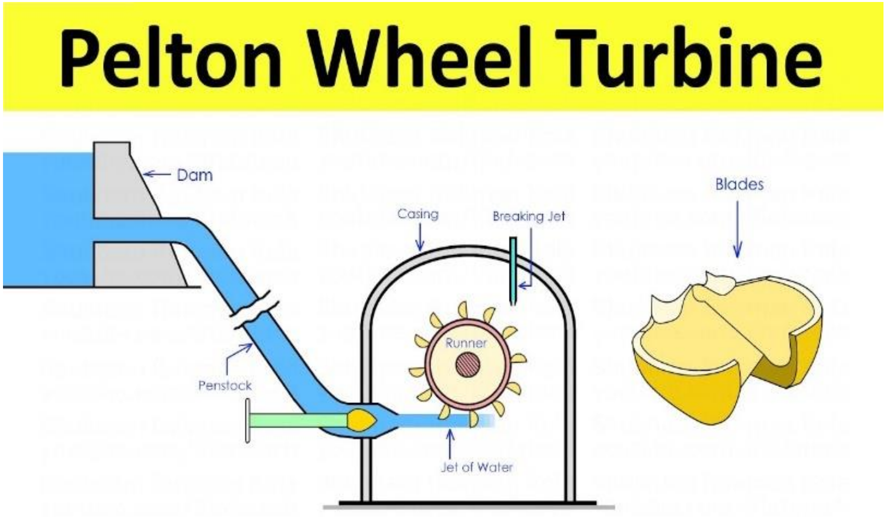
d) एस (S) टाइप टरबाइन

इनका उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ अति निम्न हेड (low Head) का जल स्तर हो. इनकी विशेषता यह है कि प्रवेश (इनलेट) से निर्गम (आउटलेट) तक पानी का प्रवाह एक्सियल (axial) होता है जो "एस (S)" अक्षर जैसा दिखता है.

एस-प्रकार की ट्यूबुलर (tubular) टरबाइन कई किस्मों में उपलब्ध हैं; जैसे:

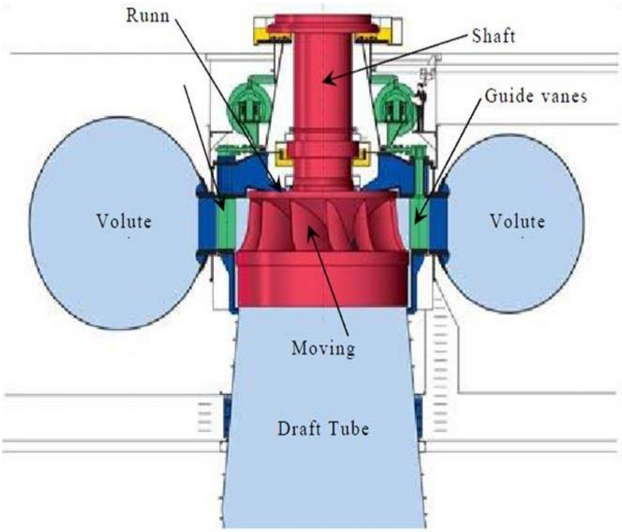
- हॉरिजॉन्टल (horizontal) केप्लन टरबाइन
- सेमी-केप्लन टरबाइन (semi-Kaplan turbine)
- प्रपेलर (propeller) टरबाइन

विभिन्न प्रकार की जल टरबाइन नीचे चित्रों के माध्यम से दर्शाई गई हैं.

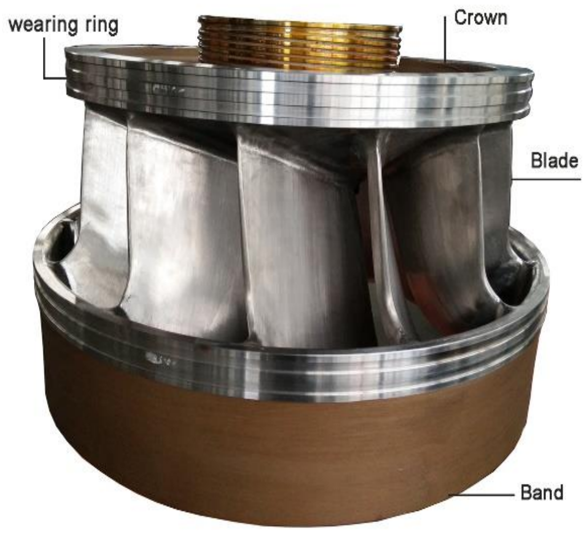


चित्र-7.5A पेल्टन टरबाइन

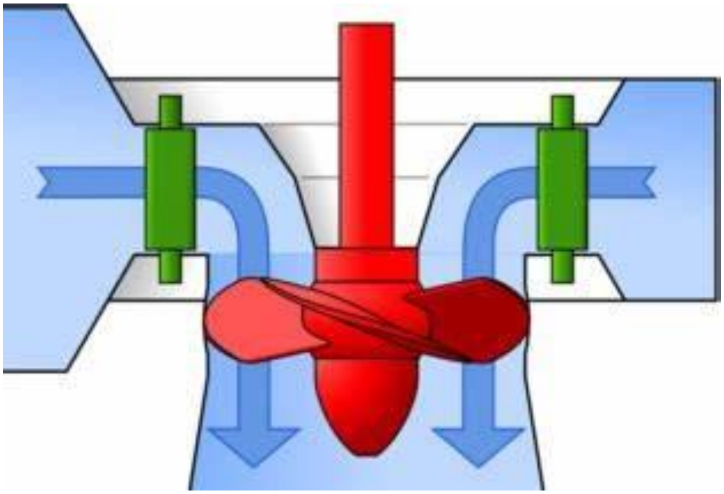
चित्र-7.5B पेल्टन टरबाइन रनर (बकेट/ब्लेड के साथ)



चित्र-7.6A फ्रांसिस टरबाइन

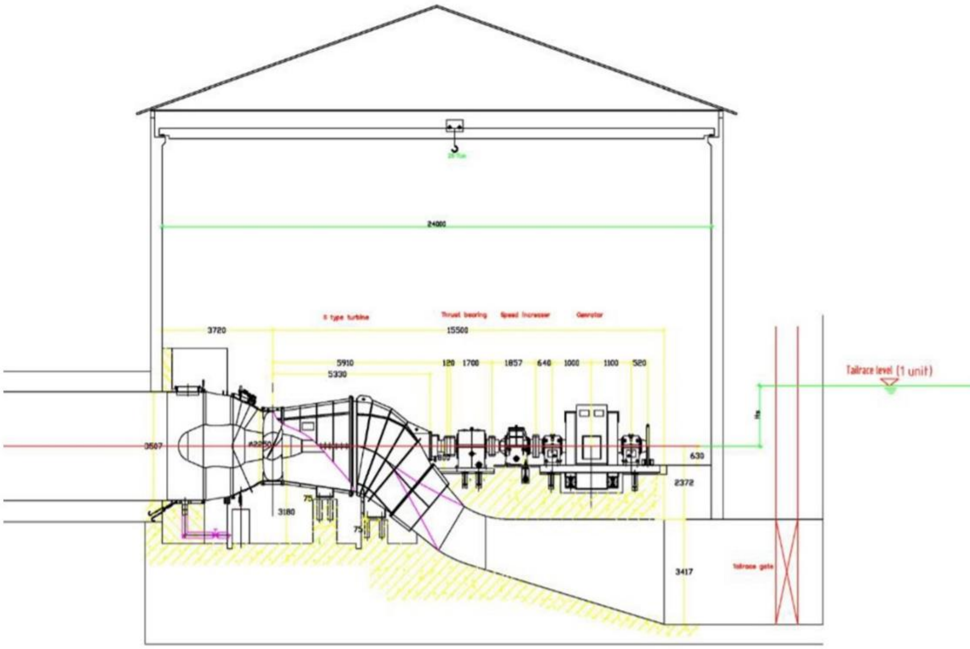


चित्र-7.6B फ्रांसिस टरबाइन रनर



चित्र-7.7A कप्लान टरबाइन

चित्र-7.7B कप्लान टरबाइन रनर



चित्र-7.8 S-टाइप टरबाइन

नोट: जल टरबाइन अन्य कई प्रकार की भी होती है (जैसे हॉरिजॉन्टल-horizontal, वर्टीकल-vertical आदि) लेकिन पाठकों को सरलता से समझाने हेतु चार किस्म के टरबाइन के रनर्स (runners) के चित्र ही ऊपर दर्शाए गए हैं.

3) गैस टरबाइन:

गैस टरबाइन क्या है?

गैस टरबाइन एक प्रकार का आंतरिक दहन इंजन (IC or Internal Combustion engine) है जो यांत्रिक शक्ति (mechanical power) उत्पन्न करने के लिए संकुचित गैस (compressed gas) का उपयोग करता है.

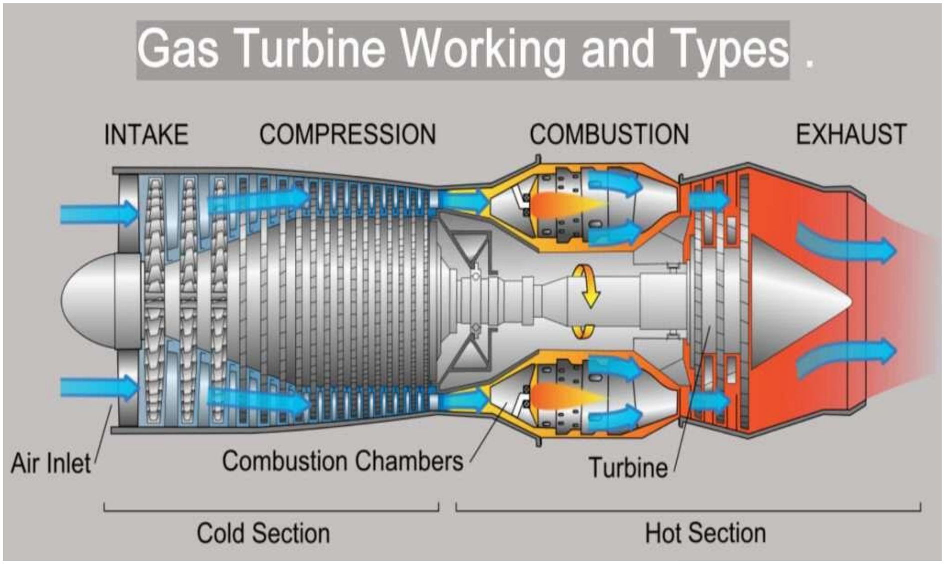
गैस टरबाइन ब्रेटन चक्र (Brayton or Joule cycle) के आधार पर काम करता है. इस चक्र के दौरान, वायु-ईंधन मिश्रण को:

- ➢ दबाव में लाया जाता है (compression) फिर,
- ➢ जलाया जाता है (combustion) फिर,

- ➢ गैस टरबाइन के ब्लेडों में से गुजारा जाता है (expansion) फिर,
- ➢ बाहर (exhaust) निकाला जाता है (discharged)

वास्तव में, इस टरबाइन को एक ऊर्जा परिवर्तक के रूप में माना जा सकता है जो गैस में उपलब्ध ऊर्जा को घुमाने वाली शक्ति (rotational power) में परिवर्तित कर सकता है. यह घुमाने वाली शक्ति एक जनरेटर को चलाती है जो बिजली उत्पन्न करता है.

गैस टरबाइन सामान्यतः पावर प्लांट्स में उपयोग की जाती हैं, जहां जैव ईंधन (fossil fuel), डीजल और प्राकृतिक गैस जैसे विभिन्न किस्म के ईंधनों से बिजली उत्पन्न की जाती हैं. इन टरबाइनों का उपयोग विमानन अनुप्रयोगों (aviation applications) में भी किया जा सकता है, जो जेट (jet) इंजन के लिए प्रोपल्शन (propulsion) का प्राथमिक स्रोत होता है. ये सामान्यतः अन्य प्रकार के इंजनों की तुलना में अधिक दक्ष (more efficient) होती हैं, कम प्रदूषण उत्पन्न करती हैं और प्रति ऊर्जा इकाई कम ईंधन का उपयोग करती हैं. गैस टरबाइन के कार्य चक्र में, हवा कार्य के माध्यम के रूप में उपयोग होती है.



चित्र-7.9 गैस टरबाइन

iv. ताप विद्युत गृह के प्रमुख अन्य उपकरण या पार्ट्स:

जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है कि जल से वाष्प बनाने के लिए ऊष्मा की आवश्यकता होती है. इस ऊष्मा के विभिन्न स्रोत हो सकते हैं; जैसे कोयला, गैस या परमाणु ऊर्जा आदि.

1) कोयला आधारित ताप विद्युत गृह (coal based thermal power plant/station)

   इस तरह के विद्युत ग्रहों में एक बायलर (boiler) होता है जहाँ कोयले को जलाया जाता है. बायलर में कोयला अच्छी तरह से जले, इसके लिए कोयले को पहले पाउडर के रूप में परिवर्तित कर लिया जता है. बायलर के अन्दर एक चैम्बर होता है जिसकी चारों और दीवारों पर ट्यूब्स (tubes) होती हैं. इन ट्यूब्स के अन्दर डिमिनरलाईज्ड (demineralized) पानी भरा होता है. यही पानी वाष्प बनने पर टरबाइन में से प्रवाहित किया जाता है. टरबाइन में उपयोग होने पर वाष्प पुनः पानी में परिवर्तित हो जाती है जिसे बायलर में पंप के द्वारा भेजा जाता है.

2) परमाणु ऊर्जा संयंत्र

   इन संयंत्रों में वाष्प पैदा करने की प्रक्रिया भिन्न होती है. वहाँ बायलर के स्थान पर रिएक्टर (reactor) होता है जहाँ परमाणुओं के विखंडन से जो ऊष्मा पैदा होती है, वह हीट एक्सचेंजर (heat exchanger) के द्वारा वाष्प उत्पादक (steam generator) में अवशोषित (absorb) कर ली जाती है. तात्पर्य यह कि रेडिएशन के खतरों से बचने के लिए रिएक्टर से उत्पन्न ऊष्मा से सर्वप्रथम प्राइमरी कूलैंट (primary coolant) गर्म किया जाता है. फिर इस कूलैंट से हीट एक्सचेंजर (heat exchanger) के माध्यम से वाष्प टरबाइन में प्रयुक्त किया जाने वाला पानी गर्म होता है.

3) आयल आधारित ताप विद्युत गृह में बायलर में कोयले के स्थान पर कच्चा तेल, भारी तेल (heavy oil) अथवा डीजल का उपयोग किया जाता है. शेष प्रक्रिया वैसी ही रहती है.

4) गैस आधारित विद्युत संयंत्र दो तरह के होते हैं; सिम्पल साइकिल (simple cycle) व कंबाइंड साइकिल (combined cycle).

   a. सिम्पल साइकिल प्रणाली में गैस टरबाइन में हवा और गैस का मिश्रण जब जलता है तो मिश्रण में उच्च दबाव उत्पन्न होता है जो गैस टरबाइन के शाफ़्ट (shaft) को घुमाता है. इसी शाफ़्ट से जनरेटर का शाफ्ट जुड़ा होता है. जनरेटर के शाफ़्ट के घूमने से स्टेटर में

विद्युत का उत्पादन होता है. टरबाइन से निकलने के बाद हवा और गैस के मिश्रण को वातावरण में छोड़ (exhaust) दिया जाता है.

b. कंबाइंड साइकिल विद्युत संयंत्र में विद्युत का उत्पादन दो स्तर पर होता है. पहले चरण में सिम्पल साइकिल की तरह गैस टरबाइन से जुड़े जनरेटर से विद्युत उत्पन्न होती है (जैसा ऊपर वर्णन किया गया है). चूंकि इस स्टेज में टरबाइन से निकले एग्जॉस्ट (exhaust) में काफी ताप ऊर्जा (heat energy) शेष रहती है जो वातावरण में छोड़े जाने से अनुपयोगी हो जाती है, अतः दूसरे चरण में इस अनुपयोगी ताप ऊर्जा से स्टीम जनरेटर (steam generator) में वाष्प उत्पन्न की जाती है. इसी से वाष्प टरबाइन चलाई जाती है जिससे जुड़े जनरेटर से विद्युत प्राप्त की जाती है.

c. उपर्युक्त विवरण से स्पष्ट है कि कंबाइंड साइकिल प्रणाली की दक्षता (efficiency), सिंपल साइकिल प्रणाली से कहीं बेहतर होती है.

5) बायो-मॉस (bio-mass) पर आधारित विद्युत संयंत्र

पौधों और जानवरों से प्राप्त नवीकरणीय कार्बनिक पदार्थ को बायो-मॉस कहते है. बायो-मॉस में जो रासायनिक ऊर्जा होती है. वह सूर्य के प्रकाश संश्लेषण (photosynthesis) से आती है. बायो-मॉस की ऊर्जा को जला कर या विभिन्न प्रक्रियाओं के माध्यम से तरल (liquid) और गैसीय ईंधन में परिवर्तित किया जा सकता है.

बायो-मॉस के निम्न स्रोत है:

a) लकड़ी
b) फसल से प्राप्त अनुपयोगी वनस्पति
c) शक्कर कारखाने में गन्ने के अवशेषित पदार्थ (बगास-bagasse)
d) नगर पालिका द्वारा एकत्रित सॉलिड वेस्ट (solid waste)
e) मानव व पशुओं से प्राप्त मलमूत्र

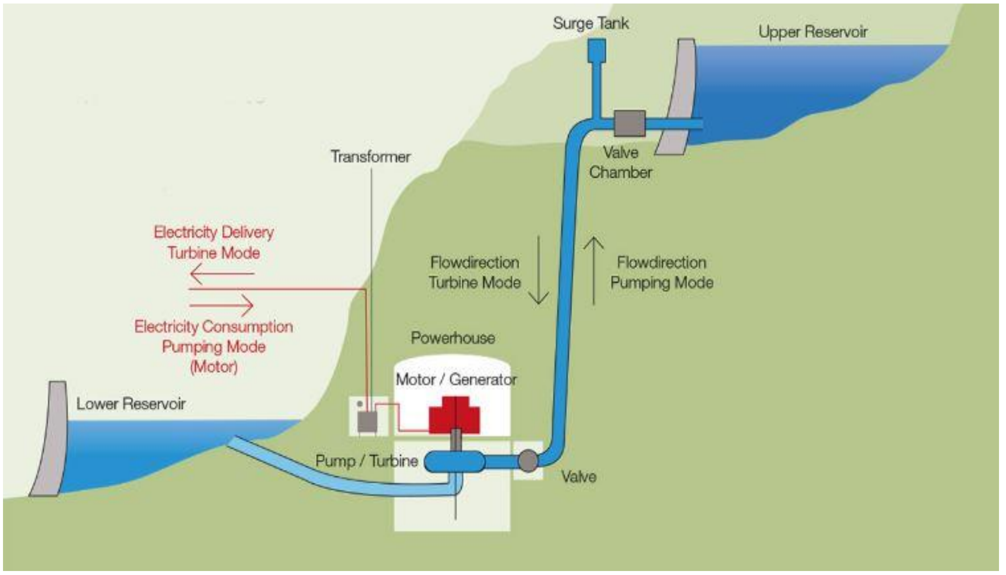
बायो-मॉस से ऊर्जा प्राप्त करने के कई तरीके हैं; जैसे सीधे जलाकर, रासायनिक प्रक्रिया द्वारा गैस अथवा तरल पदार्थ में परिवर्तित कर आदि. बायो-मॉस आधारित विद्युत संयंत्र में उसे जला कर बायलर के द्वारा वाष्प पैदा कर टरबाइन चलाई जाती है.

v. पम्प्ड स्टोरेज स्कीम (pumped storage hydropower scheme)

1) किसी भी विद्युत प्रणाली/ग्रिड में विद्युत की मांग कम ज्यादा होती रहती है. इस कारण विद्युत की मांग 24 घंटों में से कुछ घंटों तक (लगभग 5-7 घंटे) अत्यधिक रहती है, जिसे पीक आवर्स (peak hours) कहते हैं. इसी प्रकार किसी अवधि में मांग कम या अत्यंत कम (off-peak hours) रहती है जिसके कारण स्थापित क्षमता (installed capacity) का भरपूर उपयोग नहीं हो पाता. स्वाभाविक है, इससे विद्युत की उत्पादन लागत बढ़ जाती है. इस कम-ज्यादा होती विद्युत की मांग की समस्या के कुछ हद तक निराकरण के लिए पम्प्ड स्टोरेज स्कीम अस्तित्व में आये. ये जल विद्युत संयंत्र की तरह ही होते हैं. जब विद्युत की मांग अधिक होती है तो पम्प्ड स्टोरेज संयंत्र बिजली का उत्पादन करते हैं. विद्युत उत्पादन के लिए उच्च स्तर के जलाशय के पानी से जल टरबाइन व जनरेटर चलाया जाता है. इस पानी को बहाने के बजाय एक निचले जलाशय में संचित कर लिया जाता है. किन्तु जब बिजली की मांग कम (off-peak hours) होती है तो ग्रिड में उपलब्ध अतिरिक्त (surplus) उत्पादन क्षमता से उसी टरबाइन-जनरेटर को पम्प-मोटर की तरह चला कर निचले जलाशय का पानी पुनः ऊँचे जलाशय में लिफ्ट कर दिया जाता है ताकि विद्युत की मांग बढ़ने पर उसी पानी से पुनः विद्युत उत्पन्न की जा सके.

2) वास्तव में पम्प्ड स्टोरेज स्कीम एक विशाल बैटरी के समान कार्य करता है, क्योंकि यह अप्रत्यक्ष तरीके से बिजली संग्रहीत कर सकता है और फिर जरूरत पड़ने पर पुनः उत्पादित सकता है. पम्प्ड स्टोरेज स्कीम का लाभ यह है कि पीक आवर्स (peak hours) के दौरान बढ़ी हुई मांग के लिए अतिरिक्त विद्युत संयत्र लगाने का खर्च बचाया जा सकता है. इस तरह स्थापित विद्युत उत्पादन केन्द्रों का अधिकतम उपयोग किया जाता है जो आर्थिक रूप से लाभकारी सिद्ध होती है.

3) पम्प्ड स्टोरेज स्कीम (PSH) के प्रारंभिक ज्ञात उपयोग के मामले 1890 के दशक में इटली और स्विट्ज़रलैंड में पाए गए थे. संयुक्त राज्य अमेरिका में PSH का उपयोग पहली बार 1930 में किया गया था. अब, PSH सुविधाएं दुनिया के कई देशों में पाई जाती हैं.



चित्र-7.10 पम्प्ड स्टोरेज पॉवर हाउस कार्य प्रणाली

vi. सौर ऊर्जा संयंत्र:

1) जैसा कि सभी जानते हैं, आजकल सौर ऊर्जा संयंत्र (roof top solar power plant) घर घर स्थापित होने लगे हैं. इन संयंत्रों से न केवल उपभोक्ताओं का बिजली का बिल कम हुआ है बल्कि ये पर्यावरण के लिए भी सहायक हुए हैं.
ईश्वर ने पृथ्वी वासियों को सूर्य ऊर्जा का एक विशाल स्रोत प्रदान किया है. इसका अंदाज इसी बात से लगाया जा सकता है कि डेढ़ घंटे में पृथ्वी की सतह पर पहुँचने वाली सूर्य की ऊर्जा एक साल के लिए पूरी दुनिया की ऊर्जा खपत को पूरा करने के लिए पर्याप्त है.

2) सौर ऊर्जा की टेक्नोलॉजी से सूर्य के प्रकाश को फोटो वोल्टिक सेल (photovoltaic cell) के द्वारा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता हैं. इस ऊर्जा का उपयोग बिजली उत्पन्न करने या बैटरी या थर्मल स्टोरेज में संग्रहीत करने के लिए किया जा सकता है.
सोलर सेल वास्तव में एक डायोड होता है. सूर्य के प्रकाश में फोटोन कण होते हैं जिनमें ऊर्जा होती है. जब ये फोटोन कण सोलर सेल से टकराते है तो उनसे ऊर्जा प्राप्त कर इलेक्ट्रान गतिमान होते हैं जिससे विद्युत प्रवाह (current) उत्पन्न होता है. इस तरह अनेकों सोलर सेल को जोड़ने से करंट या/और वोल्टेज का मान बढ़ाया जाता है.

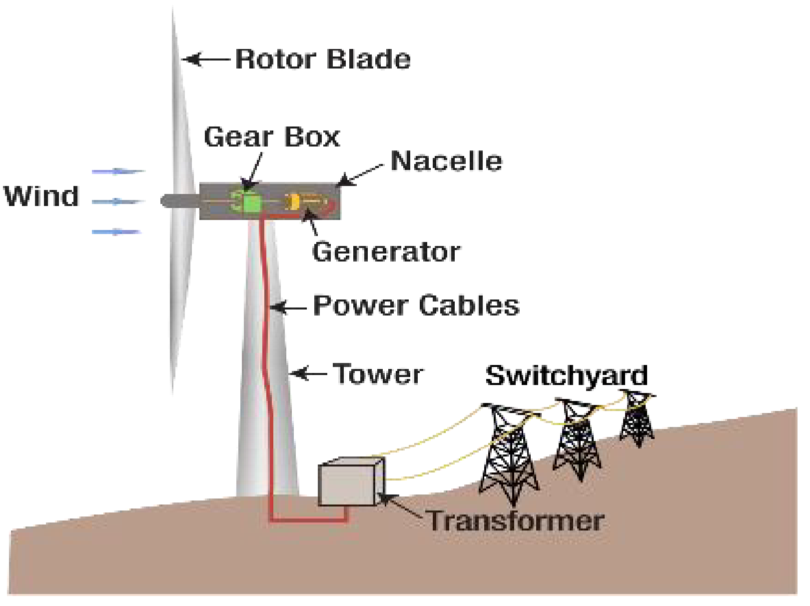
3) चूंकि सोलर सेल से उत्पन्न विद्युत डी.सी. होती है, अतः उसे ए.सी. में परिवर्तित करने के लिए इन्वर्टर का उपयोग किया जाता है. ऐसा इसलिए कि घरों और अन्य स्थानों पर ए.सी. विद्युत ही उपयोग में आती है.

चित्र-7.11 सोलर पैनल

vii. पवन ऊर्जा संयंत्र:

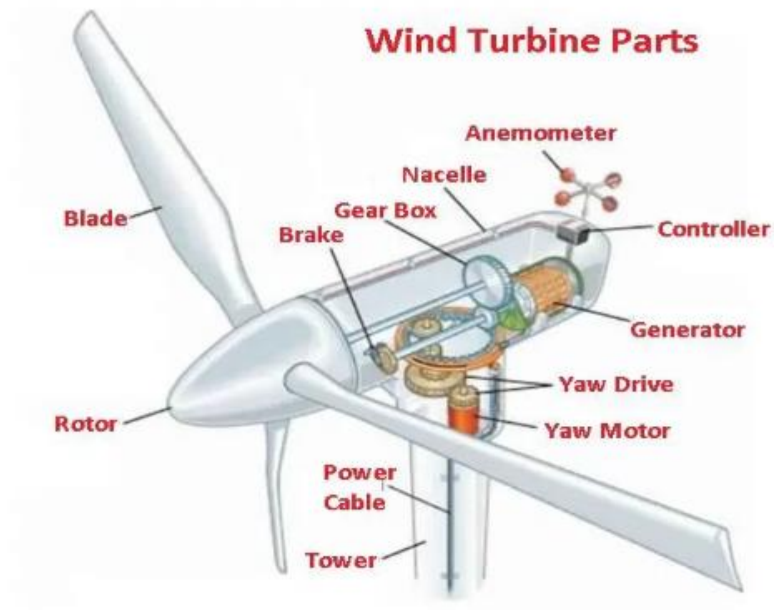
वायु का प्रवाह पृथ्वी की सतह के असमान गर्म और ठंडा होने और पृथ्वी के घूमने के कारण होता है. अतः जिन क्षेत्रों में वायु का प्रवाह अच्छा होता है वहाँ पवन ऊर्जा संयंत्र लगाये जाते हैं.

विंड टरबाइन (wind turbine) में ब्लेड्स होती हैं जो हवा के वेग के कारण घूमती हैं. विंड टरबाइन के रोटर से जनरेटर का रोटर जुड़ा होता है. इस तरह विंड टरबाइन से विद्युत उत्पन्न की जाती है.



चित्र-7.12A पवन ऊर्जा संयंत्र स्कीम

चित्र-7.12B पवन ऊर्जा संयंत्र



चित्र-7.12C पवन टरबाइन के भाग अथवा अंग

viii. परमाणु ऊर्जा संयंत्र का रिएक्टर :

1) जैसा कि ऊपर बताया गया है, परमाणु ऊर्जा संयंत्र में बायलर की जगह रिएक्टर होता है जहाँ ताप ऊर्जा पैदा होती है. इस ताप ऊर्जा से जल को वाष्प में परिवर्तित किया जाता है जिससे स्टीम टरबाइन घूमती है. रिएक्टर की कार्यप्रणाली व सिद्धांत नीचे बताये गए हैं.

2) जब किसी परमाणु का विखंडन किया जाता है तो पदार्थ (mass) ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है. मुख्यतः यह ताप ऊर्जा होती है. जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है कि प्रसिद्ध वैज्ञानिक आइंस्टीन ने एक सूत्र की खोज की थी जिसमें ऊर्जा और पदार्थ के बीच सम्बन्ध बताया गया था:

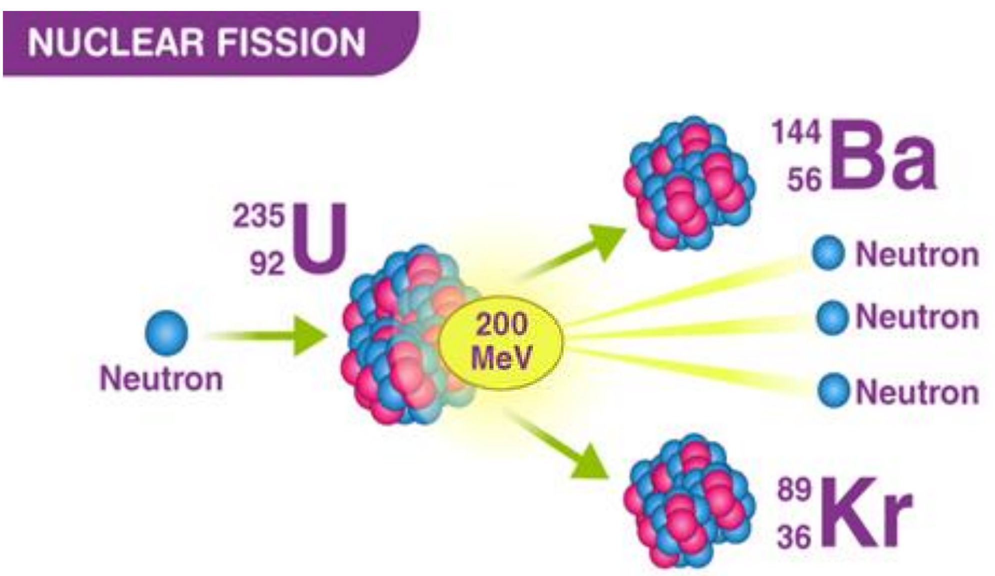
$$E = mc^2$$

यहाँ E =ऊर्जा ; m = मास (mass) या पदार्थ; c =प्रकाश का वेग

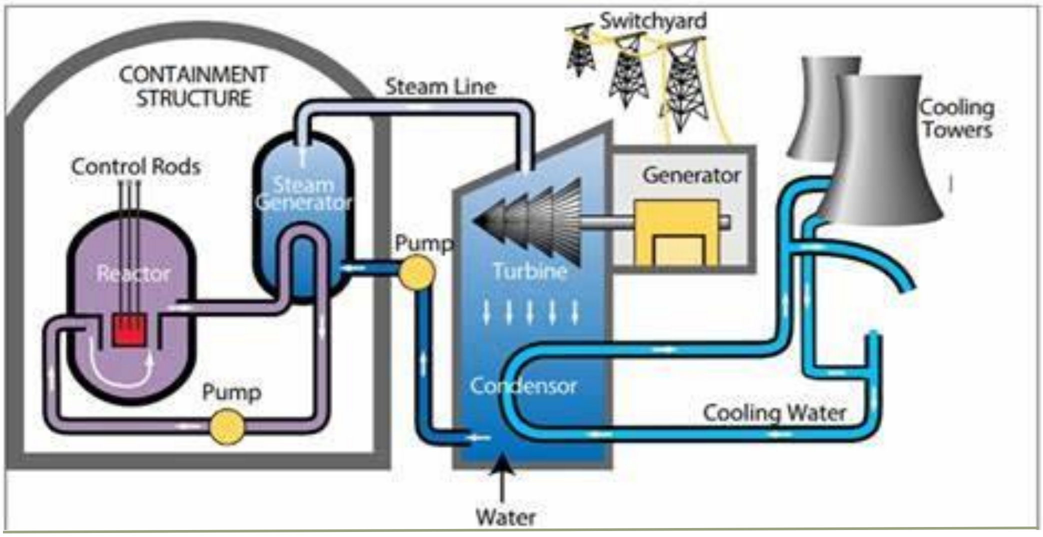
उपरोक्त फार्मूला के आधार पर ही परमाणु रिएक्टर कार्य करता है. रिएक्टर में युरेनियम (uranium) धातु की छड़ों पर नियंत्रित तरीके से युरेनियम के परमाणुओं का विखंडन यानी न्युक्लीअर फिज़न (nuclear fission) किया जाता है. इस प्रक्रिया में युरेनियम का एक

अंश (mass) ऊष्मा में परिवर्तित हो जाता है. इस ऊष्मा से पानी को गर्म कर वाष्प बनाई जाती है. इसी वाष्प से स्टीम टरबाइन कार्य करती है जिससे जुड़ा हुआ जनरेटर घूमता है.

3) न्युक्लीअर फिज़न (nuclear fission) क्या है?
एक भारी तत्व के दो हल्के तत्व में टूटने या विखंडित होने की घटना को फ़िज़न (fission) कहा जाता है. युरेनियम प्रकृति में पाया जाने वाला एक स्थिर (stable) भारी तत्व है. इस धातु के नाभिक (nucleus) के विखंडन के दौरान ऊष्मा के अलावा कई रेडिओ-धर्मी (radio active) किरणें भी उत्पन्न होती हैं. अतः न्युक्लीअर फिज़न की क्रिया को बहुत ही सावधानीपूर्वक किया जाता है. इसके अलावा न्युक्लीअर फिज़न क्रिया में एक चैन (chain) प्रक्रिया आरंभ होने की सम्भावना भी होती है जिसके परिणामस्वरूप न्युक्लीअर फिज़न प्रक्रिया अनियंत्रित हो सकती है. अतः रिएक्टर में न्युक्लीअर फिज़न को नियंत्रित तरीके से अंजाम दिया जाता है.



चित्र-7.13A नाभिकीय विखंडन



चित्र-7.13B परमाणु ऊर्जा संयंत्र कार्यविधि

-----------x----------

8.
विभिन्न प्रकार के विद्युत उपकेन्द्र

(Different types of electric sub-stations)

पिछले अध्याय में विभिन्न प्रकार के विद्युत उत्पादन केन्द्रों के विषय में चर्चा की गयी थी. इन उत्पादन केन्द्रों के स्थान के चयन के लिए कई बातों का ध्यान रखा जाता है. उदाहरण के लिए कोयले पर आधारित ताप विद्युत गृह वहीं स्थापित किये जा सकते हैं जहां कोयले के भण्डार निकट हों या उन क्षेत्रों के पास जहाँ विद्युत की माँग अधिक हो जैसे औद्योगिक क्षेत्र या बड़े शहरों के निकट. इसी तरह जल विद्युत गृहों की स्थापना के लिए न केवल जल के स्रोत चाहिए बल्कि इन स्रोतों में पर्याप्त हेड (Head- अर्थात पानी ऊँचे स्थान से नीचे की ओर बह रहा हो.) भी उपलब्ध हो.

सामान्यतः विद्युत की क्षति कम करने के लिए उत्पादित विद्युत का पारेषण (ट्रांसमिशन) उच्च दाब (high voltage) पर किया जाता है, जिसे बाद में पुनः उच्च या निम्न दाब में परिवर्तित (कम या अधिक) किये जाने की आवश्यकता होती है. इसके अलावा विभिन्न उत्पादन केन्द्रों को आपस में जोड़ा जाना भी आवश्यक होता है. इन सब उद्देश्यों की पूर्ति के लिए उचित स्थानों पर विद्युत उपकेन्द्र (sub-station) स्थापित किये जाते हैं. एक विद्युत उपकेन्द्र में कई तरह के उपकरण होते हैं; जैसे सर्किट ब्रेकर, ट्रांसफार्मर, सी.टी. (C.T.), पी.टी. (P.T.), आइसोलेटर, अर्थ स्विच, आदि.

आउटडोर (outdoor) उपकेन्द्र में मुख्यतः विभिन्न उपकरणों का जो समूह होता है उसे स्विचयार्ड (switchyard) भी कहा जाता है. स्विचयार्ड का शाब्दिक अर्थ हुआ किसी प्रांगण (yard) में स्थापित स्विच (सर्किट ब्रेकर) के समूह.

विद्युत उपकेन्द्र विभिन्न प्रकार के होते हैं जिनके बारे में जानकारी नीचे दी गई है.

1.1 एअर इंसुलेटेड विद्युत उपकेन्द्र (AIS -Air Insulated substation)

i. जो विद्युत सब-स्टेशन हम प्रायः देखते हैं वे पारम्परिक (conventional) रूप से AIS अथवा एअर इंसुलेटेड सब-स्टेशन कहलाते हैं. जैसा कि ऊपर कहीं चर्चा की गयी थी कि यदि जीवित

विद्युत तार (live wire) व किसी वस्तु अथवा पृथ्वी की सतह के बीच अंतर कम हो और वोल्टेज भी अधिक हो तो वायु का इंसुलेशन अपर्याप्त पड़ जाता है. इसके फलस्वरूप तार और वस्तु/पृथ्वी के बीच करंट का प्रवाह होने लगता है. इसीलिए उच्च दाब वाली लाइनों व ट्रांसफार्मर आदि के टर्मिनल को पृथ्वी की सतह से काफी ऊंचाई पर रखा जाता है. इसके अलावा दो फेज़ के बीच दूरी भी अधिक रखनी पड़ती है. ऐसे उपकेंद्रों व लाइनों को एअर इंसुलेटेड कहा जाता है.

ii. यहाँ इस विषय पर पुनः बताना आवश्यक है कि किसी भी पदार्थ के इंसुलेशन के गुण को डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ (dielectric strength) कहा जाता है. वायु, पोर्सलीन (सिरेमिक या चीनी), रबर, पीवीसी, गैस आदि की ड़ाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ भिन्न-भिन्न होती है.

चित्र-8.1A एअर इंसुलेटेड विद्युत उपकेन्द्र

चित्र-8.1B एअर इंसुलेटेड विद्युत उपकेन्द्र

1.2 गैस इंसुलेटेड विद्युत सबस्टेशन (Gas Insulated Electric Substation)/स्विच गियर (switchgear)

i. ऊपर 8.1 में AIS उपकेन्द्र की चर्चा की गयी है जिसमें बताया गया है कि वायु की डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ कम होने से उच्च दाब के चालकों (तारों) और उपकरणों को जमीन से दूरी पर स्थापित किया जाता है. इसी कारण से AIS सबस्टेशन को ज्यादा स्थान की आवश्यकता होती है तथा खुले में रहने के कारण उन पर आकाशीय बिजली (lightning) अथवा अन्य बाहरी कारणों से क्षतिग्रस्त होने की सम्भावना भी बढ़ जाती है. AIS सबस्टेशन हवा, तूफ़ान, बर्फ़बारी से प्रभावित होते हैं. AIS सबस्टेशन की उपरोक्त वर्णित समस्याओं के समाधान के लिए गैस इंसुलेटेड सबस्टेशन का विकास हुआ. महानगरों या पहाड़ी क्षेत्रों पर जहाँ स्थान की कमी होती है, वहाँ गैस इंसुलेटेड उपकेन्द्र बहुत उपयोगी सिद्ध हुए है. इनमें प्रयुक्त की जाने वाली गैस सल्फर हेक्साफ्लोराइड (Sulfur hexa Fluoride) होती है जिसका रासायनिक फार्मूला SF_6 है. SF_6 की डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ, वायु की तुलना में बहुत अधिक होती है. सामान्य वायुमंडल दाब पर SF_6 गैस की डाईइलेक्ट्रिक स्ट्रेंथ वायु से लगभग तीन गुना होती है.

ii. गैस इंसुलेटेड उपकेन्द्र का विवरण
गैस-इंसुलेटेड स्विच गियर (जी.आई.एस.-GIS) एक प्रकार का विद्युत उपकरण है जिसमें बिजली प्रणाली के विभिन्न घटकों (parts) को इन्सुलेट (insulate) और संरक्षित (protection) करने के लिए सल्फर हेक्साफ्लोराइड (SF_6) गैस का उपयोग किया जाता है। इसमें धातु के खोल (metal enclosure) होते हैं जिनमें गैस भरी होती है. इन्हीं के अन्दर सर्किट ब्रेकर, डिस्कनेक्टर, बस-बार, इंस्ट्रूमेंट ट्रांसफार्मर, अर्थ-स्विच, सर्जअरेस्टर (surge arrestor) और अन्य उपकरण स्थापित (install) किये जाते हैं. जी.आई.एस. मुख्य रूप से मध्यम और उच्च वोल्टेज प्रणालियों के लिए उपयोग किये जाते हैं, जहां स्थान सीमित होता है.

iii. एआयएस (AIS) स्विचगियर की तुलना में जी.आय.एस. स्विचगियर बहुत विश्वसनीय और सुरक्षित होते हैं. जी.आय.एस. स्विचगियर काफी कम स्थान घेरते हैं और इनमें मेंटेनेंस लगभग नहीं के बराबर होता है. जहां तक लागत की बात है, ये AIS उपकेन्द्र/स्विचगियर की तुलना में तीन से चार गुना तक महँगे होते हैं. जैसा ऊपर उल्लेखित किया गया है, जी.आई.एस. स्विचगियर

महानगरों में, पहाड़ी क्षेत्रों में, बर्फीले और रेतीले स्थानों अथवा जहाँ स्थान की कमी होती है, आदर्श सिद्ध होते हैं.

चित्र-8.2 गैस इंसुलेटेड स्विचगियर

1.3 हाइब्रिड उपकेन्द्र (Hybrid substation/switchgear)

i. हाइब्रिड स्विच गियर वह है जो पारंपरिक एअर-इंसुलेटेड स्विच गियर (AIS) और SF_6 गैस-इंसुलेटेड स्विच गियर (GIS) टेक्नोलॉजी का मिश्रण होता है. सब-स्टेशनों के निर्माण के लिए हाइब्रिड मॉड्यूलर डिजाइन बहुत लचीली (flexible) होती है और आवश्यकतानुसार तैयार की जा सकती है. हाइब्रिड मॉड्यूल का उपयोग किसी भी पारंपरिक सबस्टेशन में विस्तार या प्रति-स्थापन (substitute) के लिए भी किया जा सकता है. इस प्रणाली में बस-बार एअर-इंसुलेटेड होती है जबकि अन्य उपकरण गैस इंसुलेटेड. इस प्रणाली के मॉड्यूल में दोनों टेक्नोलॉजी का समावेश किया जा सकता है.

ii. जी.आय.एस. स्विचगियर व हाइब्रिड स्विच गियर का तुलनात्मक अध्ययन

टेबल-3

क्र.	कॉम्पोनेन्ट	जी.आय.एस.	हाइब्रिड स्विच गियर
1.	बस-बार	गैस कम्पार्टमेंट	खुले में (एअर कम्पार्टमेंट)
2.	सर्किट ब्रेकर मॉड्यूल	गैस कम्पार्टमेंट	गैस कम्पार्टमेंट
3.	केबल टर्मिनेशन	खुले में (एअर कम्पार्टमेंट)	खुले में (एअर कम्पार्टमेंट)
4.	लो (low) वोल्टेज कम्पार्टमेंट	खुले में (एअर कम्पार्टमेंट)	खुले में (एअर कम्पार्टमेंट)

चित्र-8.3 हाइब्रिड उपकेन्द्र

1.4 कॉम्पैक्ट सब-स्टेशन (compact substation)

i. आधुनिक बिजली वितरण प्रणालियों में कुशलता (efficient) और स्थान की बचत जैसी आवश्यकताओं की पूर्ति ने कॉम्पैक्ट सब-स्टेशनों को जन्म दिया है. एक कॉम्पैक्ट सब स्टेशन एक स्व-निहित (self-contained) इकाई है जो एक पारंपरिक सब-स्टेशन के सभी आवश्यक घटकों (components) को एक छोटे स्थान में स्थापित करने की सुविधा प्रदान करती है. ये सब-स्टेशन ट्रांसमिशन ग्रिड से उच्च-वोल्टेज बिजली को वितरण (distribution) के लिए कम वोल्टेज पर परिवर्तित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं.

ii. एक कॉम्पैक्ट सबस्टेशन में आमतौर पर निम्नलिखित मुख्य घटक (component) होते हैं

1) इनकमिंग (incoming) हाई-वोल्टेज सेक्शन: यह सेक्शन ट्रांसमिशन ग्रिड से हाई-वोल्टेज बिजली प्राप्त करता है. इसमें एक हाई-वोल्टेज सर्किट ब्रेकर, डिस्कनेक्ट स्विच और लाइटनिंग अरेस्टर शामिल हैं. सर्किट ब्रेकर एक सुरक्षात्मक उपकरण के रूप में कार्य करता है जो फॉल्ट (fault) की स्थिति के दौरान करंट के प्रवाह को बाधित कर सकता है, जबकि डिस्कनेक्ट स्विच रखरखाव या आपात स्थिति के दौरान सब-स्टेशन को सुरक्षित रूप से विद्युत सप्लाई से अलग करता है.

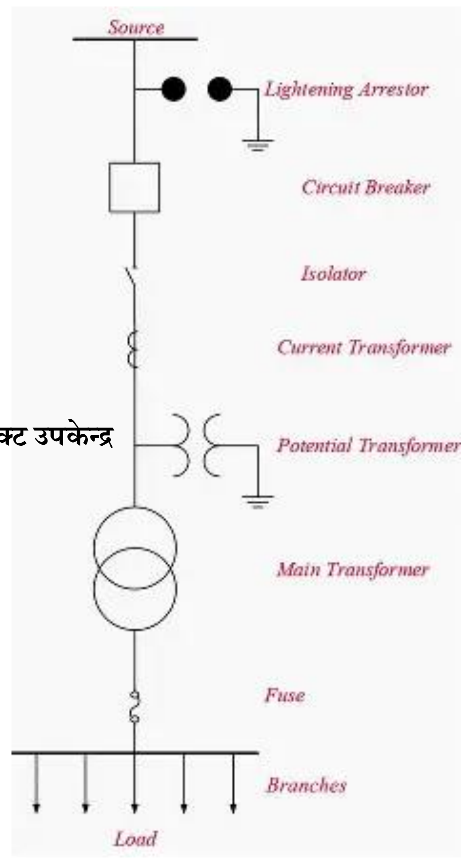
2) पावर ट्रांसफॉर्मर: पावर ट्रांसफॉर्मर कॉम्पैक्ट सबस्टेशन में प्रमुख घटकों (components) में से एक है. वे ग्रिड से प्राप्त उच्च-वोल्टेज बिजली को वितरण के लिए निम्न वोल्टेज पर परिवर्तित करते हैं. ट्रांसफार्मर में प्राथमिक और द्वितीयक वाइंडिंग (primary and secondary winding) होती है.
3) निम्न वोल्टेज (low voltage) सेक्शन: कॉम्पैक्ट सबस्टेशन के इस भाग में निम्न वोल्टेज स्विचगियर शामिल है, जो विभिन्न फीडरों और उपभोक्ताओं को बिजली वितरित करता है. इसमें निम्न वोल्टेज वाले सर्किट ब्रेकर, फ़्यूज़ और अन्य सुरक्षा उपकरण शामिल हैं जो वितरण नेटवर्क को ओवरलोड और शॉर्ट सर्किट से बचाते हैं.
4) निम्न वोल्टेज (low voltage) यानी LV और उच्च वोल्टेज (high voltage) यानी HV बस-बार: बस-बार धातु की वे सुचालक पट्टियाँ हैं जो सब-स्टेशन के भीतर विद्युत को ले जाती हैं. निम्न वोल्टेज (LV) बस-बार सब-स्टेशन के भीतर बिजली वितरित करते हैं, जबकि उच्च वोल्टेज (HV) बस-बार ट्रांसफॉर्मर को जोड़ते हैं.
5) नियंत्रण और सुरक्षा प्रणाली: नियंत्रण और सुरक्षा प्रणाली कॉम्पैक्ट सबस्टेशन का मस्तिष्क है. इसमें विभिन्न रिले, सेंसर और निगरानी उपकरण शामिल हैं जो सब-स्टेशन की निरंतर निगरानी करते हैं और सिस्टम दोषों, असामान्य स्थितियों का पता लगते है. ये सब-स्टेशन की सुरक्षा और विश्वसनीयता सुनिश्चित करते हैं.

iii. कॉम्पैक्ट सब-स्टेशन का कार्य सिद्धांत

1) जब बिजली ट्रांसमिशन ग्रिड से कॉम्पैक्ट सब-स्टेशन में प्रवेश करती है, तो आने वाला हाई-वोल्टेज (HV) सेक्शन यह सुनिश्चित करता है कि यह HV बस-बार से सुरक्षित रूप से जुड़ा हुआ है. पावर ट्रांसफॉर्मर के द्वारा उच्च वोल्टेज को निम्न वोल्टेज में परिवर्तित किया जाता है.
2) कंट्रोल और सुरक्षा प्रणाली वोल्टेज, करंट, आवृत्ति (frequency) और तापमान जैसे पैरामीटर (parameter) की लगातार निगरानी करती है. यदि कोई असामान्य स्थिति, जैसे कि कोई खराबी या ओवरलोड आदि का पता चलता है तो सिस्टम उचित सुरक्षा तंत्र को सक्रिय कर देता है. उदाहरण के लिए, किसी खराबी के दौरान, सर्किट ब्रेकर दोषपूर्ण हिस्से को बाकी नेटवर्क से अलग करने के लिए खुल जाते हैं, जिससे आगे कोई नुकसान नहीं होता.

3) पॉवर ट्रांसफार्मर से प्राप्त निम्न दाब की विद्युत एल.वी. (LV) सेक्शन में जाती है. एल.वी. सेक्शन बिजली को अलग-अलग फीडरों में वितरित करता है जो आवासीय, वाणिज्यिक और औद्योगिक क्षेत्रों को बिजली की आपूर्ति करते हैं. कॉम्पैक्ट सब-स्टेशनों ने जगह बचाने वाले और कुशल समाधान पेश करके बिजली वितरण उद्योग में क्रांति ला दी है. उनके एकीकृत (integrated) डिजाइन और उन्नत नियंत्रण प्रणाली विश्वसनीय और रखरखाव को आसान बनाती हैं. जैसे-जैसे तकनीक उन्नत होती जा रही है, वितरण क्षेत्र में कॉम्पैक्ट सब-स्टेशन निस्संदेह भविष्य की बढ़ती ऊर्जा मांगों को पूरा करते हुए और भी विकसित होते जाएंगे.

चित्र-8.4A कॉम्पैक्ट उपकेन्द्र



चित्र-8.4B कॉम्पैक्ट उपकेन्द्र का सर्किट

-----------x----------

9.

मुख्य विद्युत उपकरणों के कार्य सिद्धांत

(Working principle of important electrical equipment)

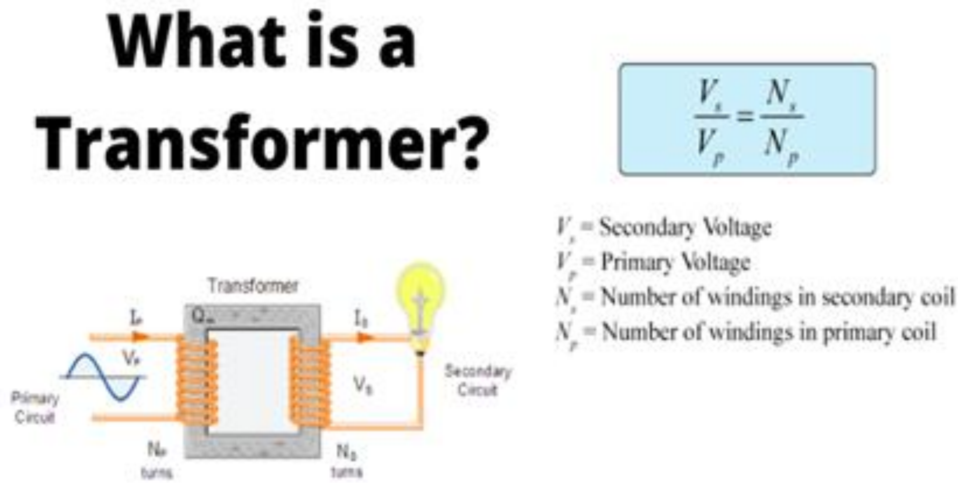
किसी भी विद्युत प्रणाली में भिन्न-भिन्न प्रकार के उपकरणों (equipment/device) की आवश्यकता होती है. ये उपकरण किस तरह काम करते हैं और इनका उपयोग क्या है, इस सम्बन्ध में विवरण नीचे दिए गए हैं.

9.1 ट्रांसफार्मर (Transformer)

i. विद्युत उत्पादन, पारेषण और वितरण में ट्रांसफार्मर एक अतिमहत्वपूर्ण उपकरण होता है. वोल्टेज कम करने अथवा ज्यादा करने के लिए ट्रांसफार्मर प्रयुक्त किया जाता है. अधिकतर ट्रांसफार्मरों में दो वाइंडिंग होती है जिन्हें क्रमशः उच्च दाब (high voltage) और निम्न दाब (low voltage) वाइंडिंग कहा जाता है. इन्हें प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग भी कहा जाता है. विद्युत के स्रोत के तरफ की वाइंडिंग को प्राइमरी व भार (load) तरफ की वाइंडिंग को सेकेंडरी वाइंडिंग कहा जाता है. विशेष आवश्यकता पड़ने पर तीन वाइंडिंग ट्रांसफार्मर भी उपयोग में आते हैं. इन ट्रांसफार्मरों की तीसरी वाइंडिंग को टर्शरी (tertiary) वाइंडिंग कहा जाता है.

ii. ट्रांसफार्मर दो किस्म के होते हैं; आयल फिल्ड (oil filled) व ड्राई टाइप (dry type). ड्राई टाइप के ट्रांसफार्मर ज्यादा क्षमता के नहीं होते. सामान्यतः आयल फिल्ड ट्रांसफार्मर ही उपयोग में लिए जाते हैं.

iii. ट्रांसफार्मर कैसे काम करता है?

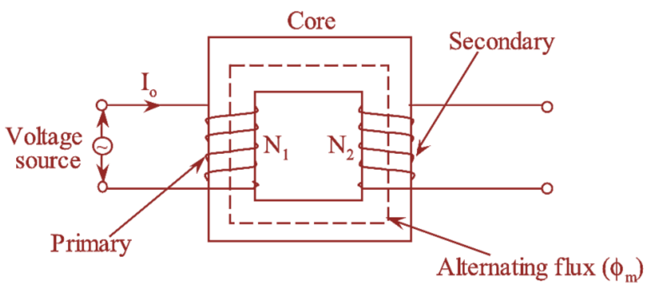


चित्र-9.1

1) जैसा कि ऊपर बताया गया है, ट्रांसफार्मर का मुख्य कार्य ए.सी. (A.C.) विद्युत के वोल्टेज को कम या ज्यादा करना होता है. लेकिन कहीं कहीं अन्य उपयोग के लिए भी प्रयुक्त किया जाता है. ट्रांसफार्मर विद्युत ऊर्जा को सिर्फ एक सर्किट से दूसरे में स्थानांतरित करता है. इसमें विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (electromagnetic induction) के सिद्धांत का उपयोग किया जाता है.

   ट्रांसफार्मर दो तरह के होते हैं; कोर (core) टाइप और शेल (shell) टाइप और केवल ए.सी. विद्युत में ही प्रयुक्त होते हैं. कोर टाइप ट्रांसफार्मर ही ज्यादा प्रचलन में होते हैं. कोर टाइप ट्रांसफार्मर के अन्दर एक लौह कोर (iron core) होती है जिस पर प्राइमरी व सेकेंडरी वाइंडिंग लपेटी होती है. ट्रांसफार्मर की लौह कोर को लैमिनेट किया जाता है ताकि एडी और हिस्टेरेसिस के कारण होने वाली ऊर्जा की क्षति को कम किया जा सके.

   कोर के अन्दर प्राइमरी वाइंडिंग के द्वारा चुम्बकीय तरंगें (flux) उत्पन्न होती हैं जो सेकेंडरी वाइंडिंग में वोल्टेज पैदा करती है. वाइंडिंग के लपेटों (turns) की संख्या के अनुपात में वोल्टेज कम या ज्यादा होता है, जैसा कि चित्र-9.1 में दर्शाया गया है.

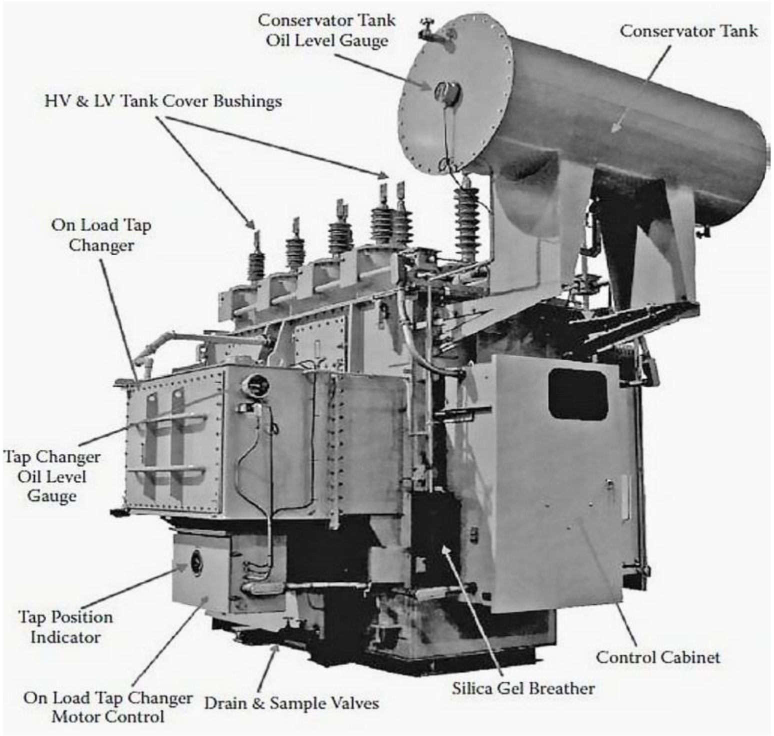


चित्र-9.2 ट्रांसफार्मर की कार्य प्रणाली

iv. ट्रांसफार्मर सिंगल फेज़ या तीन फेज़ किस्म के होते हैं.

v. जो ट्रांसफार्मर वोल्टेज को बढ़ाने के लिए प्रयुक्त होता है उसे स्टेप-अप (step-up) और जो वोल्टेज को कम करने के लिए प्रयुक्त होता है उसे स्टेप-डाउन (step-down) ट्रांसफार्मर कहा जाता है.

vi. आयल फिल्ड (oil filled) ट्रांसफार्मर की बनावट:

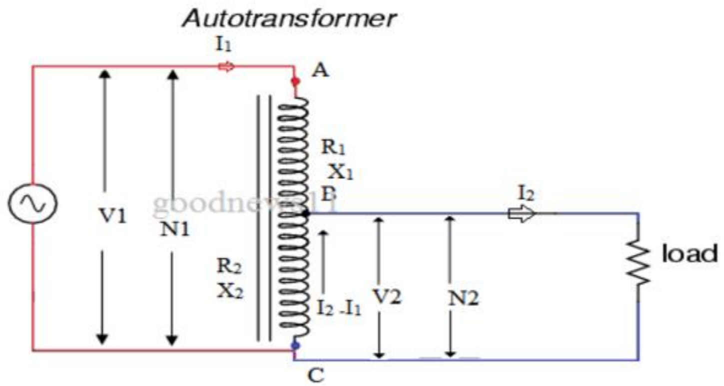


चित्र-9.3 ट्रांसफार्मर के मुख्य अंग

1) इसमें मैग्नेटिक कोर (magnetic core) होती है जिस पर प्राइमरी, सेकेंडरी और टर्शरी (तीसरी-tertiary) वाइंडिंग (यदि हो तो) लपेटी होती है. ये वाइंडिंग अक्सर तांबे के तार से बनी होती हैं. इनको एक टैंक के अन्दर स्थापित किया जाता है. आयल फिल्ड ट्रांसफार्मर में टैंक को एक विशेष प्रकार का आयल, जिसमें इन्सुलेटिंग (insulating) प्रॉपर्टी (गुण) होती है, भरा जाता है. इंसुलेशन के अलावा ट्रांसफार्मर को ठंडा रखने में भी आयल सहायक होता है.
2) बड़े ट्रांसफॉर्मरों में कन्ज़र्वेटर टैंक (conservator tank) होता है जो ट्रांसफार्मर टैंक में आयल को भरा रखने में सहायक होता है तथा ट्रांसफार्मर में भरे तेल को वातावरण की हवा के संपर्क में आने से रोकता है. क्योंकि यदि तेल हवा के संपर्क में रहता है तो उससे नमी सोख सकता है. तेल में नमी की उपस्थिति से उसकी इन्सुलेटिंग प्रॉपर्टी कमजोर हो जाती है.
3) 3-फेज़ ट्रांसफार्मरों में तीन टर्मिनल के सेट प्राइमरी और दूसरे तीन टर्मिनल के सेट सेकेंडरी कनेक्शन के लिए होते हैं. इसके अलावा यदि वाइंडिंग के कनेक्शन स्टार फार्मेशन में हो तो एक अतिरिक्त न्यूट्रल टर्मिनल भी होता है जो ट्रांसफार्मर की डिजाइन पर निर्भर करता है. इन टर्मिनल्स पर इंसुलेटर होते हैं जो सुरक्षा की दृष्टि से तारों को ट्रांसफार्मर के टैंक से दूर रखते हैं.
4) ट्रांसफार्मर उच्च दाब साइड टेप चेंजर भी आवश्यकतानुसार होते हैं. टेप चेंजर के द्वारा वोल्टेज की मात्रा $\pm 5\%$ की रेंज में कम-ज्यादा की जा सकती है..
5) ट्रांसफार्मर पर आयल लेवल तथा टेम्परेचर इंडिकेटर, बुखोल्ज़ रिले आदि स्थापित होते हैं.

vii. ऑटो-ट्रांसफार्मर

1) ऑटो ट्रांसफार्मर पारंपरिक ट्रांसफार्मर से थोड़ा भिन्न होते हैं क्योंकि जैसा नीचे चित्र में दर्शाया गया है, इसमें प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग अलग अलग नहीं होती बल्कि एक ही होती है. इनका उपयोग विशेष मकसद से ही किया जाता है. वैसे ऑटो ट्रांसफार्मर का उपयोग कहीं-कहीं विद्युत पारेषण में भी किया जाता है.



चित्र-9.4 ऑटो ट्रांसफार्मर

2) ऑटो ट्रांसफार्मर के उपयोग
   a) वोल्टेज के नियंत्रण (regulation) के लिए
   b) मोटर की गति को नियंत्रित (control) करने के लिए
   c) टेस्टिंग लेबोरेटरी में आदि

viii. ड्राई टाइप ट्रांसफार्मर

इनमें और आयल फिल्ड ट्रांसफार्मर में इतना अंतर होता है कि ड्राई टाइप ट्रांसफार्मर में आयल के स्थान पर ठोस इपोक्सी इंसुलेशन होता है. जान माल की सुरक्षा की दृष्टि से इनका उपयोग इंडोर (indoor) स्थानों में किया जाता है क्योंकि आयल से भरे ट्रांसफार्मर में आग लगाने पर वह भभक सकती है. इसलिए ड्राई टाइप ट्रांसफार्मर के उपयोग के द्वारा इंडोर स्थलों पर आग के भभकने और फ़ैलने जैसी दुर्घटना को टाला जा सकता है. आयल फिल्ड ट्रांसफार्मर के मुकाबले ड्राई टाइप ट्रांसफार्मर महँगे होते हैं.

ix. विभिन्न स्थानों पर ट्रांसफार्मर का उपयोग इस तरह होता है.

1) विद्युत गृह में:

वैसे तो विद्युत ग्रहों में अनेक ट्रांसफार्मर होते हैं लेकिन मुख्य ट्रांसफार्मर को “जनरेटर ट्रांसफार्मर” या “जनरेटर स्टेप-अप ट्रांसफार्मर” कहा जाता है. इस ट्रांसफार्मर का कनेक्शन सीधा जनरेटर से होता है. जनरेटर ट्रांसफार्मर के द्वारा जनरेटर से उत्पादित विद्युत को उच्च दाब (high voltage) में स्टेप-अप किया जाता हैं ताकि विद्युत को दूर तक प्रेषित

(transmit) किया जा सके. उच्च दाब का लाभ यह होता है कि करंट की मात्रा कम हो जाती है जिससे कम साइज़ (cross sectional area) के पारेषण के तारों की आवश्यकता होती है और इससे पारेषण (transmission) में विद्युत ऊर्जा की हानि (loss) भी कम होती है.

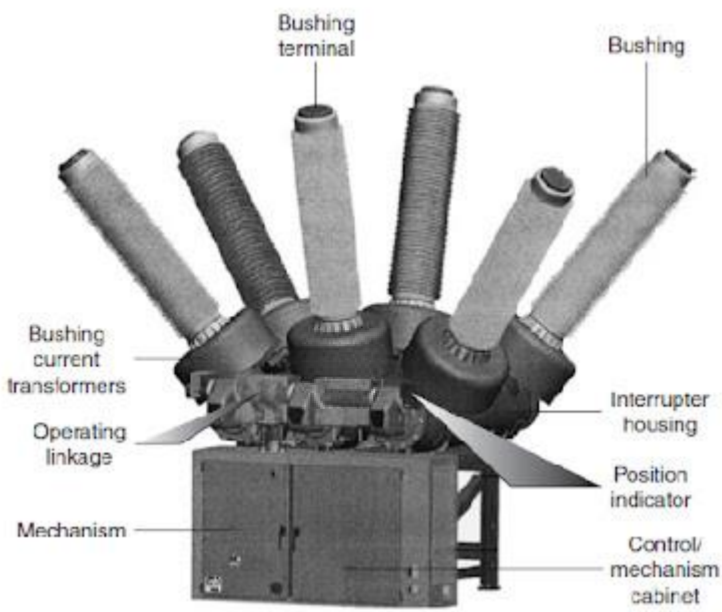
2) विद्युत उपकेन्द्र (substation) में:
विद्युत उपकेन्द्र में विभिन्न विद्युत ग्रहों अथवा उपकेंद्रों से आ रही पारेषण लाइनों को जोड़ा जाता है. यदि इन लाइनों का वोल्टेज भिन्न-भिन्न होता है तो ट्रांसफॉर्मरों के द्वारा स्टेप अप या स्टेप डाउन करके उन्हें जोड़ने के लिए वोल्टेज को एक समान किया जाता है. (यहाँ यह बात बताना आवश्यक है कि विभिन्न स्रोतों से आयी लाइनों को समान वोल्टेज स्तर पर ही जोड़ा जाता है.) इसके अलावा उपकेंद्रों से उपभोक्ताओं को वितरण के लिए प्रेषित की जाने वाली विद्युत का वोल्टेज भी ट्रांसफॉर्मरों की सहायता से कम किया जाता है. मान लें 400 केवी की लाइन से नगरीय क्षेत्रों अथवा किसी फैक्ट्री में विद्युत वितरण के लिए 132 केवी की लाइन जा रही होती है तो विद्युत उपकेन्द्र पर ट्रांसफार्मर की सहायता से आवश्यकतानुसार वोल्टेज 400 केवी से 132 केवी के स्तर पर कम किया जाता है.
सामान्यतः नगरीय उपभोक्ताओं के लिए 11 केवी का जाल बिछाया जाता है. फिर 11 केवी से डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मरों के द्वारा घरों तक 415/240 वोल्ट पर (वोल्टेज निम्न करके) विद्युत प्रदाय की जाती है. नगरीय क्षेत्रों व रहवासी कॉलोनियों में ऐसे ट्रांसफार्मर सभी ने देखे होंगे.

चित्र-9.5 डिस्ट्रीब्यूशन या वितरण ट्रांसफार्मर

9.2 सर्किट ब्रेकर (circuit breaker)

i. हम सबने देखा होगा कि घरों में बल्ब/ट्यूब लाइट या अन्य विद्युत् उपकरणों के लिए स्विच दिए जाते हैं. कम load के लिए छोटे और ज्यादा लोड/करंट के लिए बड़े स्विच होते हैं. लेकिन जब करंट व वोल्टेज की मात्रा बहुत अधिक होती है तो कुछ विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है. इसीलिए विद्युत उपकेंद्रों अथवा विद्युत गृहों आदि स्थानों में अति उच्च दाब पर सैकड़ों मेगावाट लोड को स्विच ऑन या ऑफ करने के लिए सर्किट ब्रेकर का उपयोग किया जाता है. इन ब्रेकर्स की निम्न प्रमुख विशेषताएँ होती हैं;

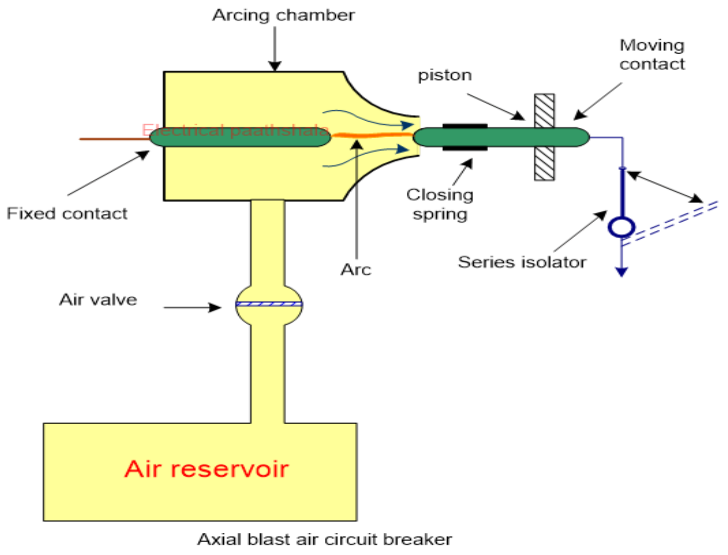
- ऑन/ऑफ करने का समय बहुत अल्प होता है (30-100 मिली सेकंड),
- ऑन/ऑफ के समय जो चिंगारी और ऊष्मा पैदा होती है उसे शांत करना,
- फॉल्ट की दशा में ब्रेकर का कंट्रोल प्रणाली द्वारा स्वतः ऑफ होना



चित्र-9.6 उच्च दाब (H.V.) सर्किट ब्रेकर

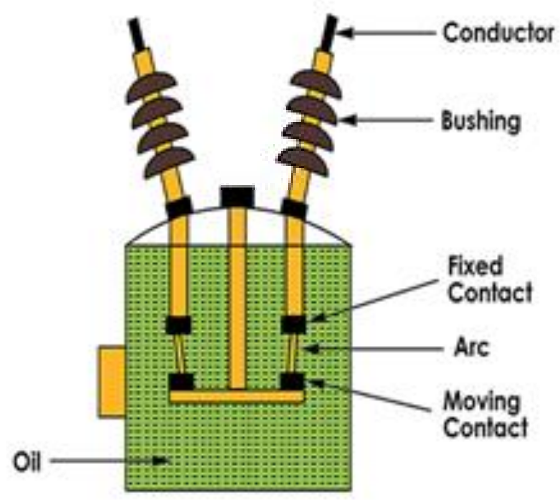
ii. सर्किट ब्रेकर कई तरह के होते हैं. जैसे:

1) एअर सर्किट ब्रेकर



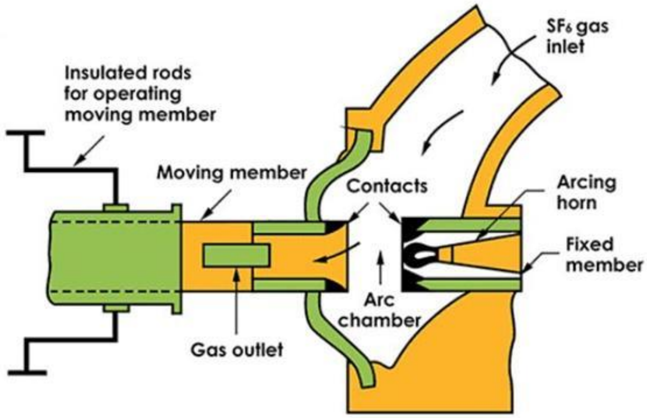
चित्र-9.7 एयर सर्किट ब्रेकर

2) आयल सर्किट ब्रेकर



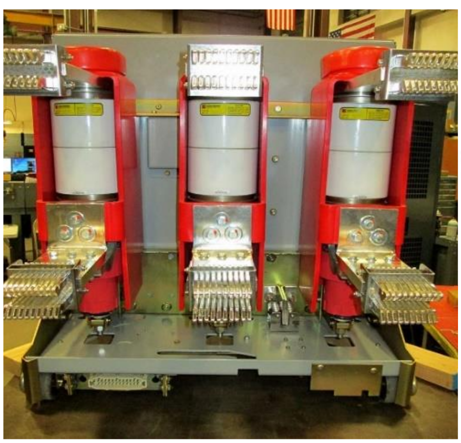
चित्र-9.8 आयल सर्किट ब्रेकर

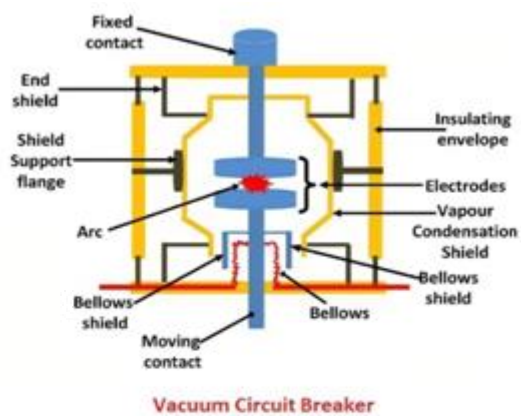
3) SF_6 गैस सर्किट ब्रेकर



चित्र-9.9 SF_6 गैस सर्किट ब्रेकर

4) वैक्यूम सर्किट ब्रेकर





चित्र-9.10A_वैक्यूम सर्किट ब्रेकर

चित्र-9.10B वैक्यूम सर्किट ब्रेकर-आंतरिक

9.3 आइसोलेटर/डिस्कनेक्टर (Isolator/disconnector)

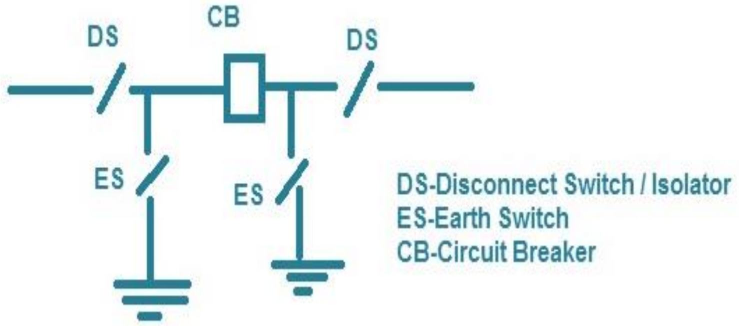
आइसोलेटर किसी सर्किट में ऑफलोड (offload-यानी जब किसी तरह का करंट प्रवाह न हो) की स्थिति में कार्य करते हैं. इसके द्वारा किसी उपकरण का मेंटेनेंस करने के लिए उसे उच्च दाब सर्किट से अलग कर देते हैं. अतः किसी भी उच्च दाब सर्किट ब्रेकर के दोनों तरफ एक एक आइसोलेटर स्विच स्थापित किया जाता है.

चित्र-9.11 आइसोलेटर/ डिस्कनेक्टर

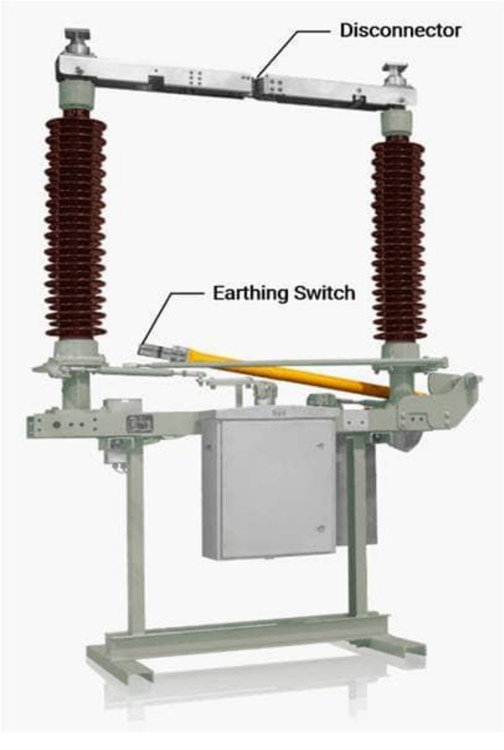
9.4 अर्थिंग स्विच (earthing switch)

उच्च वोल्टेज के उपकरणों जैसे ट्रांसफार्मर, बस-बार, सीटी, पीटी, ब्रेकर आदि उपकरणों के रखरखाव या रिपेयर आदि के लिए केवल उनकी विद्युत प्रदाय काटना या ऑफ करना पर्याप्त नहीं होता. क्योंकि सर्किट ब्रेकर और आइसोलेटर द्वारा काटे या खोले जाने के बाद भी उनमें में हमेशा एक अवशेष चार्ज (residual charge) बना रहता है. इस चार्ज से विद्युत कर्मी को इलेक्ट्रिक शॉक लग सकता है. उपकरण में उपस्थित इस अवशेष चार्ज को डिस्चार्ज करने के लिए काम करने से पूर्व उसे अर्थ (earth) किया जाता है. यह कार्य अर्थिंग/ग्राउंडिंग स्विच के द्वारा किया जाता है.

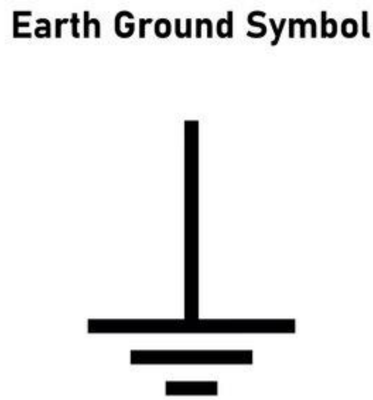
अर्थिंग स्विच लगाने के पूर्व यह निश्चित कर लिया जाता है कि उपकरण से विद्युत प्रदाय ऑफ कर दी गयी है और उसके दोनों ओर के आइसोलेटर खोल दिए गए हैं. आमतौर पर ऐसे अर्थिंग स्विच में एक इंटरलॉकिंग सिस्टम होता है जो बिना आइसोलेटर खोले अर्थिंग स्विच को ऑन होने नहीं देता.



चित्र-9.12A अर्थिंग स्विच कनेक्शन



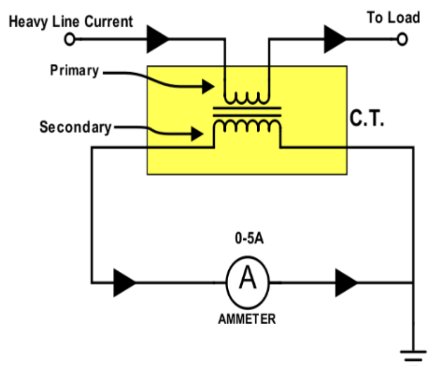
चित्र-9.12B अर्थिंग स्विच



चित्र-9.12C अर्थिंग कनेक्शन का प्रतीक चिन्ह

9.5 करंट ट्रांसफार्मर (C.T.)

जैसा कि नाम से स्पष्ट है, यह एक तरह का ट्रांसफार्मर ही होता है जो मीटरिंग व प्रोटेक्शन रिले (metering & protection) की आवश्यकता की पूर्ति के लिए उच्च करंट की मात्रा को घटाकर एक (1) अथवा पाँच (5) एम्पिअर कर देता है. करंट ट्रांसफार्मर की आवश्यकता इसलिए पड़ती है क्योंकि 415 या 230 वोल्ट पर तो किसी सर्किट में प्रवाहित होने वाले करंट की मात्रा जानने के लिए एम्पिअर मीटर (ammeter) सीधे सर्किट में स्थापित कर देते हैं किन्तु उच्च दाब व उच्च करंट की स्थिति में ऐसा संभव नहीं है. क्योंकि पहली बात यह कि उच्च वोल्टेज के तारों को कंट्रोल पेनल (control panel) में लगे एम्पिअर मीटर तक ले जाना संभव नहीं; दूसरी बात यह कि करंट की मात्रा 100 से लगा कर 1000 एम्पिअर या उससे अधिक तक होती है जिसके लिए बहुत ही मोटे तारों की आवश्यकता होती है. निम्न वोल्टेज प्रणाली यानी 415 वोल्ट के उपकरणों की क्षमता (rating) यदि ज्यादा हो अर्थात उनकी करंट की मात्रा अधिक हो तो वहां भी करंट ट्रांसफार्मर का उपयोग किया जाता है. चित्र 9.13 A & B में करंट ट्रांसफार्मर दिखाया गया है

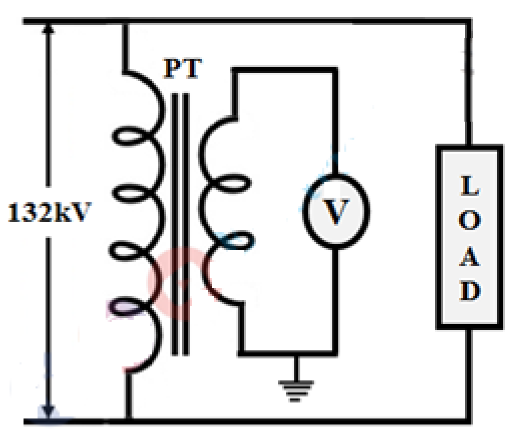


चित्र-9.13A करंट ट्रांसफार्मर सर्किट

चित्र-9.13B करंट ट्रांसफार्मर

9.6 पोटेंशियल/वोल्टेज ट्रांसफार्मर (PT/VT)

पोटेंशियल ट्रांसफार्मर भी एक तरह का ट्रांसफार्मर होता है जो मीटरिंग व प्रोटेक्शन रिले (metering & protection) की आवश्यकता की पूर्ति के लिए उच्च दाब (high voltage जैसे 3.3-400 kV) को 110 वोल्ट में बदल देता है. इसके द्वारा कम वोल्टेज के तारों को पेनल में स्थापित वोल्ट मीटर या रिले तक ले जाना आसान हो जाता है. चित्र 9.14 A & B में वोल्टेज ट्रांसफार्मर दिखाया गया है.



चित्र-9.14A पोटेंशियल/वोल्टेज ट्रांसफार्मर

चित्र-9.14B पोटेंशियल/वोल्टेज ट्रांसफार्मर

9.7 तड़ित चालक (Lightning/surge arrester)

i. आकाशीय बिजली के गिरने से कभी-कभी विद्युत उपकरण क्षतिग्रस्त हो जाते हैं. आकाशीय बिजली बहुत ही उच्च वोल्टेज की शक्तिशाली किन्तु अल्पावधि की तरंग होती है. तड़ित चालक का उपयोग महँगे उपकरणों को आकाशीय बिजली गिरने से होने वाली हानि से सुरक्षित रखता है. जब आकाशीय बिजली गिरती है तो वह तड़ित चालक में विक्षेपित (divert-डाइवर्ट) हो जाती है. इन तड़ित चालकों में एक काउंटर भी होता है जो बिजली गिरने की घटनाओं की संख्याओं को प्रदर्शित करता है.

असाधारण स्थितियों में तड़ित चालक स्थापित होने के बावजूद भी आकाशीय विद्युत के कारण उपकरण क्षतिग्रस्त हो जाते हैं जिससे विद्युत प्रदाय में व्यवधान उत्पन्न हो जाता है.

चित्र 9.15 में विद्युत उपकरण के साथ जो एक पतला इंसुलेटर लगा है, उसे तड़ित चालक कहते हैं.

चित्र-9.15 लाइटनिंग अरेस्टर (पतला इंसुलेटर)

ii. यद्यपि आमतौर पर सर्ज अरेस्टर (surge arrester) और तड़ित चालक (lightning arrester) दोनों पर्यायवाची या सामान अर्थी है किन्तु इनमें कुछ तकनीकी अंतर भी है.

- सर्ज अरेस्टर एक उपकरण है जिसका उपयोग विद्युत के फाल्ट (Faults), स्विचिंग, शॉर्ट सर्किट, चिंगारी और बिजली के तूफान आदि के कारण होने वाले विद्युत सर्ज (surge) और

अस्थायी वोल्टेज से विद्युत उपकरणों की रक्षा करने के लिए किया जाता है. सर्ज अरेस्टर पैनलों के अंदर स्थापित किए जाते हैं ताकि सर्ज को समाप्त किया जा सके.

- तड़ित चालक एक उपकरण है जिसका उपयोग उच्च वोल्टेज क्षणिक सर्ज (transient surge) से बिजली के सर्किट और जुड़े उपकरणों की रक्षा के लिए किया जाता है. बिजली गिरने से बचाने वाले उपकरणों को बाहर स्थापित किया जाता है ताकि बिजली के स्पाइक (स्पाइक) के हानिकारक प्रभावों को ग्राउंड किया जा सके.

iii. सर्ज अरेस्टर को लाइटनिंग अरेस्टर के रूप में उपयोग किया जा सकता है जबकि लाइटनिंग अरेस्टर को सर्ज अरेस्टर के रूप में उपयोग नहीं किया जा सकता. पुराने दिनों में, " लाइटनिंग अरेस्टर " शब्द पावर सिस्टम में उपयोग किया जाता था जिसे नए शब्द "सर्ज अरेस्टर" से बदल दिया गया है.

9.8 विभिन्न प्रकार के इंसुलेशन

i. हम प्रायः पीवीसी (PVC) वायर से ही परिचित होते हैं जो घरों की वायरिंग में प्रयुक्त होता है या जब हम लाइटिंग व अन्य कार्य के लिए पीवीसी तार का उपयोग करते हैं. घरेलू वायरिंग में तो 415/240 वोल्ट की विद्युत का उपयोग होता है किन्तु उच्च दाब व उच्च लोड पर विद्युत् प्रदाय में विभिन्न किस्मों के इंसुलेटेड केबल का उपयोग करते हैं. इनके बारे में नीचे चर्चा की गयी है.

ii. पीवीसी (PVC) इंसुलेशन दरअसल में पोलीविनाइल क्लोराइड (polyvinyl chloride) पदार्थ होता है जो न केवल अच्छा इंसुलेशन होता है बल्कि लचीला भी होता है. इसके अतिरिक्त किसी इंसुलेशन मटेरियल से यह भी अपेक्षा की जाती है कि वह गर्म होने पर पिघले या आग न पकड़े. पीवीसी इंसुलेशन आमतौर पर 75 डिग्री सेल्सियस तक का तापक्रम सहन कर लेता है. पीवीसी सस्ता होने से घरेलू व अव्यावसायिक कार्यों में प्रयुक्त होता है.

iii. एक्सएलपीई (XLPE) केबल का अर्थ है; Cross-linked polyethylene केबल. PE एक थर्मोप्लास्टिक है जो ईथीलीन को पोलीमराईज करके तैयार किया जाता है. ये केबल व्यावसायिक और औद्योगिक प्रतिष्ठानों में प्रयुक्त लिए जाते है. उच्च और अति उच्च वोल्टेज के लिए XLPE केबल ही प्रयुक्त किये जाते हैं.

iv. एचडीपीई & एलडीपीई (HDPE & LDPE) केबल के क्रमशः अर्थ हैं, "High Density Polyethylene" व "Low Density Polyethylene".
एचडीपीई केबल सूर्य की रोशनी से ज्यादा प्रभावित नहीं होती और टिकाऊ होती हैं, ये तुलनात्मक रूप से ज्यादा लचीली होती हैं इसलिए इनके बण्डल बनाना आसान होता है. दोनों की रासायनिक संरचना भिन्न-भिन्न होती है परंतु इनमें से एचडीपीई केबल ज्यादा मजबूत होती हैं.

v. FRLS केबल का अर्थ है; flame resistant low smoke (लौ प्रतिरोधी व अल्प धुआँजनक) केबल. ये केबल महँगी होती हैं और इनका उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ केबल के आग लगने पर धुएं से किसी के दम घुटने की सम्भावना हो.

vi. LSZH केबल का अर्थ है; Low Smoke Zero Halogen (अल्प धुआँजनक, शून्य हेलोजन). ये केबल वहां प्रयुक्त होते हैं जहाँ आग लगने पर किसी के दम घुटने की संभावना अधिक हो.

vii. सिलिकॉन रबर इंसुलेटेड वायर (Silicon rubber insulated wire)
सिलिकॉन रबर इंसुलेटेड केबलों की थर्मल रेंज बहुत व्यापक होती है, जो -90 डिग्री सेल्सियस से +300 डिग्री सेल्सियस तक होती है. अधिक गर्मी प्रतिरोध के अलावा, सिलिकॉन इंसुलेटेड तार, पीवीसी इंसुलेटेड तारों की तुलना में तंग जगहों में बेहतर लचीलापन और स्थापना (installation) के दौरान उपयोग में आसान भी होते हैं.

9.9 विद्युत प्रणाली में अर्थिंग (earthing) का महत्व

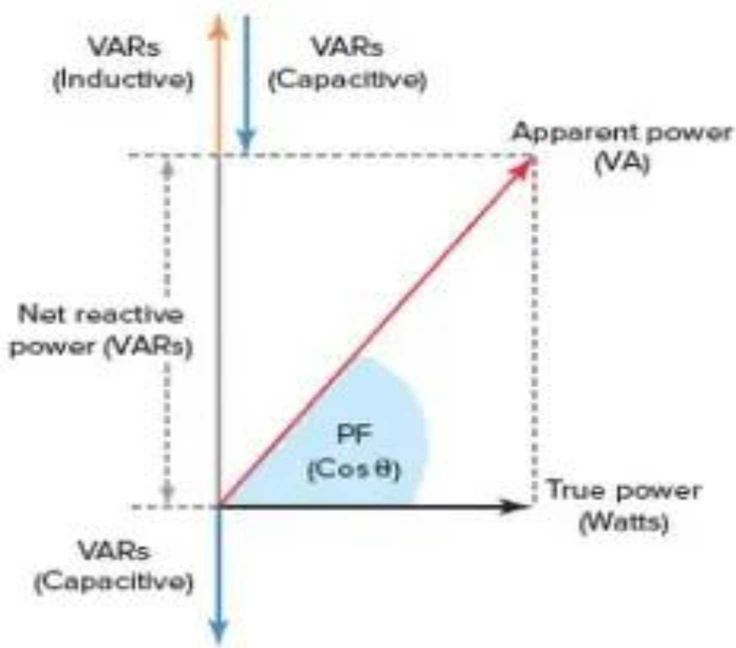
विद्युत प्रणाली में सुरक्षा की दृष्टि से अर्थिंग बहुत महत्वपूर्ण है. जब कोई फेज़ का तार किसी उपकरण/वस्तु जैसे कूलर, फ्रिज, बिजली के पोल, गेट, फेंसिंग आदि से छू जाता है तो उनमें करंट दौड़ने लगता है. लेकिन इनको यदि सही तरीके से पृथ्वी (earth) से जोड़ दिया जाए तो एमसीबी ट्रिप हो जाता है या फ्यूज उड़ जाता है. किन्तु अर्थिंग नहीं हुई हो तो किसी प्राणी के छूने पर करंट प्राणी के शरीर से गुजरने लगता है और उसकी मृत्यु तक हो सकती है. पृथ्वी के मार्ग से विद्युत प्रवाह अपने स्रोत तक पहुँच जाता है. अतः भवन में अर्थ पिट (earth pit) होना आवश्यक है ताकि अर्थ करंट के प्रवाह में न्यूनतम प्रतिरोध (लगभग 0.5-1.0 ओम) रहे. (कृपया आगे अध्याय 4.0 देखें)

9.10 ए.सी. विद्युत उपकरणों की क्षमता (rating) और पॉवर फैक्टर (power factor)

उपकरणों की शक्ति और उसकी इकाई वाट तथा हॉर्स पॉवर के बारे में अध्याय 2.3 में उल्लेख किया जा चुका है. लेकिन ए.सी. प्रणाली में कुछ और शब्दावली (terminology) भी होती है जिसका विवरण नीचे दिया गया है.

i. वोल्ट एम्पिअर (Volt Ampere या VA) व वोल्ट एम्पिअर रिएक्टिव (Volt Ampere Reactive या VAR)

1) डी.सी. विद्युत में सिर्फ प्रतिरोध (resistance) का लोड होता है और इसे वाट कहा जाता है. ए.सी. विद्युत में प्रतिरोध (resistance) के अलावा इंडक्टिव (inductive) व केपेसिटिव (capacitive) लोड भी होते हैं. ए.सी. विद्युत में प्रतिरोधात्मक लोड (resistive load) को एक्टिव पॉवर (watt) कहा जाता है तथा इंडक्टिव (inductive) व केपेसिटिव (capacitive) लोड को रिएक्टिव पॉवर कहा जाता है और इसके लिए VAR का प्रयोग किया जाता है. कुल ए.सी. लोड (एक्टिव+रिएक्टिव) के वेक्टर योग (vector sum) को वोल्ट एम्पिअर या VA कहा जाता है.
   - इंडकटीव/ केपेसिटिव लोड = रिएक्टिव (reactive) पॉवर (VAR)
   - प्रतिरोधात्मक लोड = एक्टिव (active) पॉवर (W)
   - रिएक्टिव+एक्टिव लोड = एपेरेंट (apparent) पॉवर (VA)
2) इंडक्टिव (inductive) व केपेसिटिव (capacitive) लोड के कारण करंट तो बढ़ता है किन्तु ये दोनों लोड किसी तरह की ऊर्जा की खपत नहीं करते.
3) वाट की तरह VA एक छोटी इकाई है. बड़ी इकाइयाँ किलो वोल्ट एम्पिअर (kVA= 1000 VA) और मेगावोल्ट एम्पिअर (MVA=1000 kVA) होती हैं. अतः ट्रांसफार्मर आदि की क्षमता VA/kVA /MVA में दर्शाई जाती है.
4) ध्यान रहे कि इंडक्टिव (inductive) व केपेसिटिव (capacitive) लोड एक दूसरे के विपरीत गुण वाले होते हैं. अतः किसी सर्किट में ये दोनों लोड हों तो उनका अंतर कुल रिएक्टिव लोड होता है.



चित्र-9.16 एक्टिव व रिएक्टिव पॉवर का वेक्टर डायग्राम

ii. पॉवर फैक्टर (Power factor)

1) डी.सी. विद्युत में वोल्टेज और करंट के गुणनफल से सीधे सीधे वाट में पॉवर निकाला जा सकता है. लेकिन ए.सी. विद्युत में वोल्टेज और करंट दोनों वेक्टर क्वान्टिटी (vector quantity) होने से उनमें फेज़ एंगल होता है, इस एंगल (कोण) ø के "Cos ø" को "पॉवर फैक्टर" कहा जाता है. अतः वाट में पॉवर का मान निकालने के लिए वोल्टेज और करंट का सीधा गुणनफल नहीं किया जा सकता. इस विधि को नीचे स्पष्ट किया गया है.
2) चूंकि रिएक्टिव पॉवर (लोड) किसी तरह की ऊर्जा की खपत नहीं करता, अतः किसी सर्किट में यदि दोनों तरह के लोड हों तो ऊर्जा की वास्तविक खपत या एक्टिव पॉवर का मान निकालने के लिए "पॉवर फैक्टर" का उपयोग किया जाता है. पॉवर फैक्टर (Cos ø) का मान हमेशा 1.0 या 1.0 से कम होता है. कोण जितना बड़ा होगा, पॉवर फैक्टर उतना कम होगा.

इसे निम्न तरीके से समझाया जा सकता है.

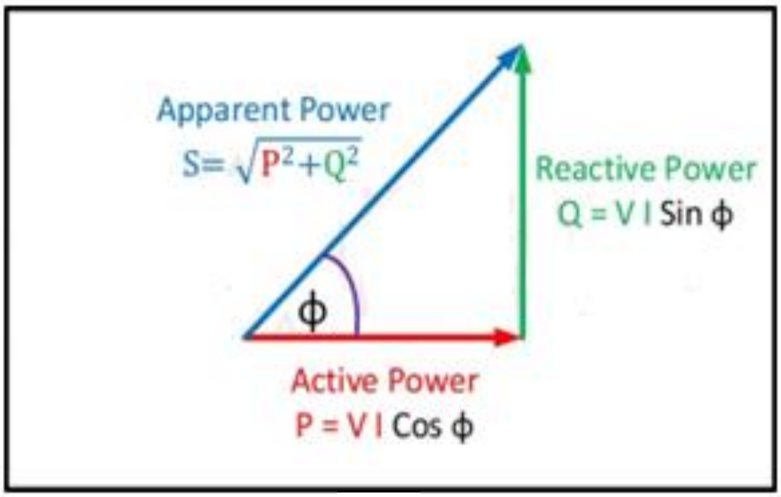
$$\text{Active power (P)} = \cos \phi \times \text{Apparent power (S)}$$

अथवा W = पॉवर फैक्टर × VA

$$\text{Reactive power (Q)} = \sin\phi \times \text{Apparent power (S)}$$

$$\text{VAR} = \sin \phi \times \text{VA}$$

उपरोक्त सम्बन्ध वेक्टर डायग्राम (vector diagram) के द्वारा चित्र-9.17 में दर्शाए गए हैं. (S=VA =VI)



चित्र-9.17 पॉवर का वेक्टर डायग्राम

iii. ध्यान रहे कि ए.सी. विद्युत उपकरणों या विद्युत के तारों की क्षमता का निर्धारण VA से किया जाता है न कि वाट से.

-----------x----------

10.
लोड डिस्पेच सिस्टम

(Load Dispatch system)

किसी भी व्यवस्था में उत्पादन और खपत/मांग दोनों में सामंजस्य स्थापित करने के लिए उसकी निगरानी और नियंत्रण रखने की कुशल प्रणाली का होना आवश्यक है. विद्युत के लिए भी यह सिद्धांत लागू होता है. विद्युत प्रणाली में इसका महत्व इसलिए और भी अधिक है क्योंकि विद्युत का बड़ी मात्रा में संग्रह नहीं किया जा सकता. इसलिए हर क्षण विद्युत का उत्पादन उतना ही होना चाहिए जितनी कि खपत हो. उदाहरण के लिए जब हम बल्ब का स्विच ऑन करते हैं तब ही उसके लिए आवश्यक विद्युत का उत्पादन होता है, अन्यथा नहीं. अतः यदि उत्पादन मांग से अधिक होगा तो किसी भी ग्रिड में विद्युत की फ्रीक्वेंसी और वोल्टेज दोनों बढ़ेंगे. ठीक इसके विपरीत उत्पादन मांग से कम होगा तो विद्युत की फ्रीक्वेंसी और वोल्टेज दोनों कम हो जाएंगे. इस तरह उत्पादन और खपत के असंतुलन की दोनों अवस्थाओं में उपभोक्ता को वांछित गुणवत्ता की विद्युत नहीं मिलेगी.

इन्हीं आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए “लोड डिस्पेच सेंटर (load dispatch center)” की अवधारणा अस्तित्व में आयी.

10.1 लोड डिस्पेच सेंटर की कार्यप्रणाली

i. लोड डिस्पेच सेंटर की स्थापना राज्य, क्षेत्र (zone) और राष्ट्रीय दोनों स्तरों पर की जाती है. एक आधुनिक पावर सिस्टम का संचालन बहुत जटिल होता है. इस सिस्टम के परिचालन में विद्युत की अच्छी गुणवत्ता के लिए निर्बाध (uninterrupted) विद्युत प्रदाय के साथ साथ उसकी आवृत्ति (frequency) और वोल्टेज (voltage) को सीमाओं के भीतर बनाए रखना सरल नहीं होता है. इस उद्देश्य की पूर्ति के लिए एक्टिव (active) और रिएक्टिव (reactive) पावर का उत्पादन को मांग के अनुरूप मेल किया जाना आवश्यक होता है.

ii. पावर सप्लाई की विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए, किसी जनरेटिंग उपकरण (generator) के बंद (outage) होने या मांग में वृद्धि/कमी होने की स्थिति में:

1) तदनुसार तत्काल उत्पादन क्षमता बढ़ाना या कम करना आवश्यक होता है.
2) चूंकि विभिन्न विद्युत उत्पादन केन्द्रों की उत्पादन लागत भिन्न-भिन्न होती है इसलिए विद्युत उत्पादन बढ़ाने/ कम करते समय इस बात के प्रयास किये जाते हैं उत्पादन की लागत यथासंभव कम से कम हो. (cost optimization)

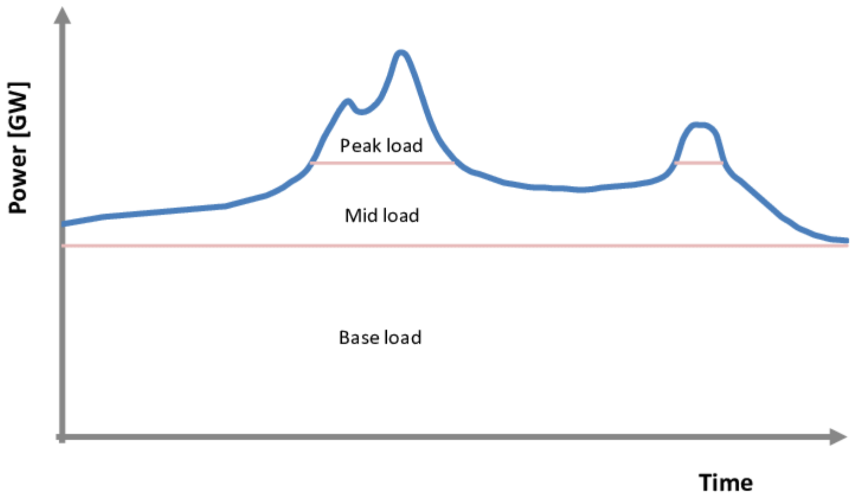
उपरोक्त बिंदु (2) में लिखे उद्देश्य की पूर्ति के लिए जरूरी है कि जिस विद्युत उत्पादन इकाई से सबसे कम लागत की विद्युत उत्पन्न हो रही हो उसे पहले आरम्भ किया जाए. इसी तरह मांग घटने पर जिस इकाई से सबसे महँगी विद्युत उत्पन्न हो रही हो, उसका उत्पादन सबसे पहले कम किया जाए. यहाँ यह उल्लेख करना आवश्यक होगा कि अब निजी क्षेत्रों में भी कई विद्युत गृह स्थापित होते जा रहे हैं और प्रत्येक की उत्पादन लागत भिन्न-भिन्न होती है. अतः लोड डिस्पेच केंद्र को उनसे किये अनुबंध के अनुसार ही उनके संयंत्रों के उत्पादन/लोड का निर्धारण करना होता है.

iii. सभी राज्यों की ग्रिड अपने पड़ोसी राज्यों से टाई लाइनों (tie lines) के द्वारा आपस में जुड़ी (interconnected) होती है. इस इंटरकनेक्टेड नेटवर्क, जिसे राष्ट्रीय ग्रिड कहा जाता है, को राष्ट्रीय लोड डिस्पेच केंद्र से नियंत्रित किया जाता है.

iv. किसी भी पॉवर सिस्टम में विभिन्न किस्म की उत्पादन इकाइयाँ होती हैं, जैसे जल विद्युत, ताप विद्युत, गैस विद्युत आदि. चूंकि विद्युत की मांग निरंतर कम ज्यादा होती रहती है, अतः ऐसी दशा में विद्युत की फ्रीक्वेंसी व वोल्टेज सही रखने के लिए जल विद्युत इकाइयों के द्वारा उत्पादन कम या ज्यादा करना आसान होता है. ऐसा इसलिए कि जल विद्युत इकाइयों का संचालन जटिल नहीं होता है. जल विद्युत इकाइयों को ताप विद्युत इकाइयों की तुलना में अपेक्षाकृत काफी कम समय में बंद व आरम्भ किया जा सकता है या उस पर लोड कम-ज्यादा किया जा सकता है.

v. किसी भी विद्युत प्रणाली में 24 घंटे एक सामान विद्युत की मांग नहीं रहती बल्कि परिवर्तित होती रहती है. उदाहरण के लिए सुबह और शाम को दो तीन घंटे मांग बहुत अधिक (peak) रहती है. इन्हें peak hours कहते हैं. इसी तरह देर रात के समय विद्युत की मांग कम हो जाती है. इन्हें off-peak hours कहते हैं. अतः जो विद्युत संयंत्र निरंतर चलने के लिए उपयुक्त होते हैं उन्हें “base

load power plant” कहते हैं और जो संयंत्र peak demand के लिए उपयुक्त होते हैं उन्हें “peak load power plant” कहते हैं.



चित्र-10.1 विद्युत मांग का सामान्य ग्राफ

vi. लोड शेडिंग

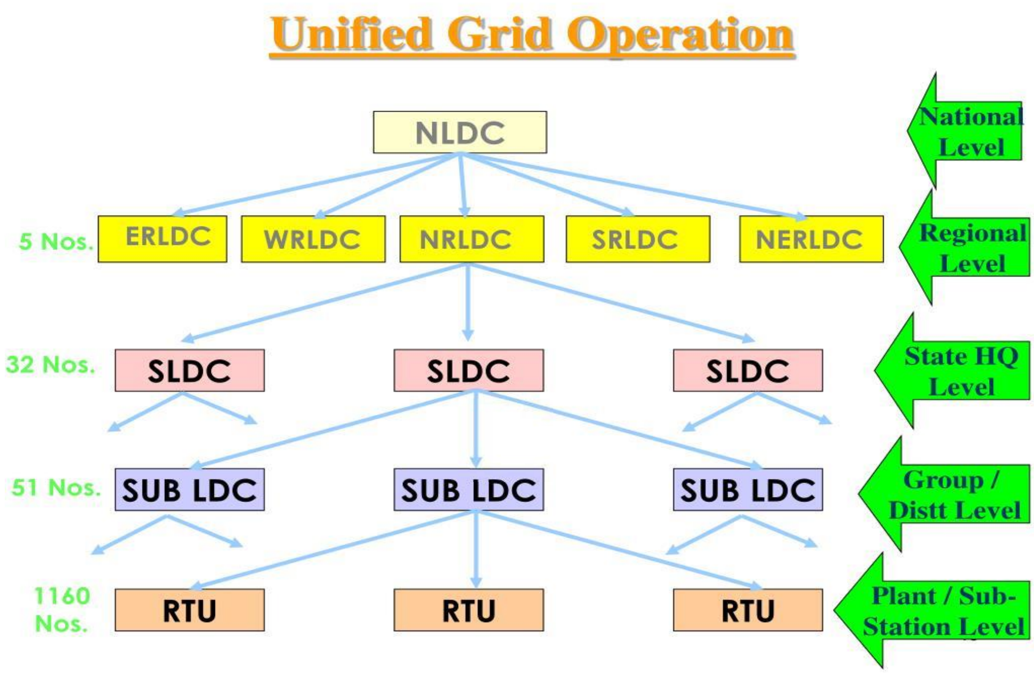
1. लोड शेडिंग क्या है?

   जब किसी विद्युत प्रणाली में विद्युत की मांग उत्पादन से अधिक हो जाती है तो आपातकालीन स्थिति में ग्रिड के संतुलन के लिए कुछ लोड को डिस्कनेक्ट अथवा काटना पड़ता है ताकि मांग और उत्पादन में संतुलन बना रहे. यदि विद्युत मांग की तुलना में उत्पादन लम्बे समय तक कम रहती है तो बारी-बारी से क्षेत्रों का विद्युत प्रदाय काटा जाता है. सरल शब्दों में, लोड शेडिंग का अर्थ है ऊर्जा संतुलन बनाए रखने और व्यापक ब्लैकआउट को रोकने के लिए बिजली को काटना.
2. लोड शेडिंग के द्वारा विद्युत लाइनों और विद्युत ग्रहों को ओवरलोडिंग से बचाया जा सकता है. ओवरलोडिंग के कारण ग्रिड की आवृत्ति या वोल्टेज सुरक्षित स्तर से नीचे गिर जाती है, जिससे बचने के लिए लोड शेडिंग अपरिहार्य हो जाता है.
3. लोड शेडिंग स्वचालित या पूर्व-निर्धारित हो सकती है और इसे चरणों में कार्यान्वित किया जाता है.

4. लोड शेडिंग करते समय आवश्यक सेवाओं को प्राथमिकता देने, सीमित संसाधनों का प्रबंधन करने और सुरक्षित रूप से रखरखाव करने की नीति का पालन किया जाता है

vii. आधुनिक लोड डिस्पेच प्रणाली में ऑनलाइन कंप्यूटिंग तकनीकों का उपयोग करना आवश्यक हो गया है. लोड डिस्पैचिंग के लिए ऑनलाइन कंप्यूटरों का उपयोग दिन-ब-दिन बढ़ रहा है. इन लोड डिस्पेच केन्द्रों पर भिन्न-भिन्न विद्युत गृहों, टाई लाइनों और ग्रिड के अन्य कई डाटा जैसे विद्युत् उत्पादन, लाइनों के लोड, वोल्टेज, फ्रीक्वेंसी, पॉवर फैक्टर, रिएक्टिव पॉवर, प्रमुख सर्किट ब्रेकरों की ऑन/ऑफ स्थिति इत्यादि बोर्ड पर डिस्प्ले होते हैं. इन डाटा के आधार पर ड्यूटी पर उपस्थित इंजीनियर को सही निर्णय लेने में सहायता मिलती है.

viii. चित्र 10.1 में लोड डिस्पेच की जनरल (typical) संरचना (hierarchy) दिखाई गयी है.



चित्र-10.2 लोड डिस्पेच मैट्रिक्स

इनके विस्तृत नाम इस प्रकार है:

NLDC National load dispatch center	**ERLDC** East region load dispatch center	**WRLDC** Western region load dispatch center	**NRLDC** North region load dispatch center	**SRLDC** Southern region load dispatch center
NELDC North East load dispatch center	**SLDC** State load dispatch center	**Sub-LDC** Sub load dispatch center	**RTU** Remote tele-metering unit	

लोड डिस्पेच केंद्र का नियंत्रण कक्ष चित्र 10.3 में दिखाया गया है.

चित्र-10.3 लोड डिस्पेच केंद्र का नियंत्रण कक्ष

10.2 सिन्क्रोनाइज़िंग (synchronizing)

किसी भी विद्युत प्रणाली में दो स्रोतों से आयी विद्युत प्रदाय को आपस में जोड़ने के पूर्व कुछ मापदंडों (parameters) को चेक करना जरूरी होता है. उदाहरण लिए किसी जनरेटर के आरम्भ होने के पश्चात् ग्रिड से जोड़ना या फिर दो ग्रिडों को आपस में जोड़ना आदि शामिल है. जोड़ने की इस प्रक्रिया को सिन्क्रोनाइज़िंग (synchronizing) कहा जाता है.

i. जनरेटर या ग्रिड सिन्क्रोनाइज़िंग

किसी भी विद्युत उत्पादन, पारेषण और वितरण प्रणाली में एक से ज्यादा जनरेटर होते हैं. एक या भिन्न-भिन्न स्थानों पर स्थापित सभी जनरेटर ग्रिड से जुड़े रहते हैं. ये जनरेटर जब भी ग्रिड के साथ कनेक्ट किया जाना हो अथवा जब एक ग्रिड को दूसरी ग्रिड से जोड़ा जाना हो तो उसके लिए सिन्क्रोनाइज़िंग प्रक्रिया का पालन करना होता है.

सिन्क्रोनाइज़िंग प्रक्रिया की निम्न शर्तें होती है:

- ✓ दो ग्रिड अथवा ग्रिड और जनरेटर का वोल्टेज समान हो
- ✓ दोनों ग्रिड अथवा ग्रिड और जनरेटर की फ्रीक्वेंसी समान हो
- ✓ दोनों ग्रिड अथवा ग्रिड और जनरेटर के फेज़ रोटेशन की दिशा समान हो
- ✓ दोनों ग्रिड अथवा ग्रिड और जनरेटर के फेज़ एंगल में अंतर लगभग शून्य हो
- ✓ दोनों ग्रिड अथवा ग्रिड और जनरेटर के समान फेज़ ही जुड़ना अनिवार्य है, अर्थात्:

"R" फेज़	**को**	"R" से,
"Y" फेज़	**को**	"Y" से,
"B" फेज़	**को**	"B" से

ii. उपर्युक्त शर्तों की पूर्ति करने में निम्न बातों को जानना आवश्यक है

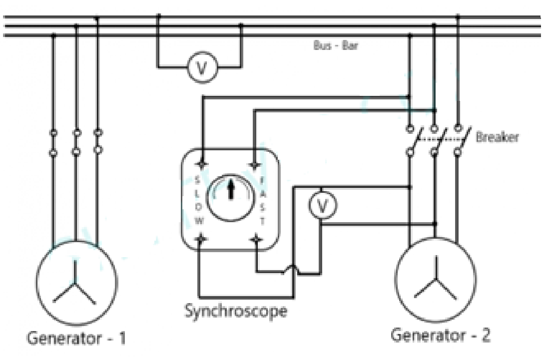
1) जब एक ग्रिड को दूसरी ग्रिड से जोड़ना हो तो कभी-कभी वोल्टेज और फ्रीक्वेंसी का 100 % मिलान करना संभव नहीं होता. इसलिए उनके मान में परिस्थितियों के अनुसार ± 5 % तक के अंतर तक की छूट स्वीकार्य हो सकती है. लेकिन इसमें अंतर जितना अधिक होगा उतना ही झटका/लोड-जर्क (load jerk) अधिक आ सकता है. इसका कारण यह है कि इस अंतर के परिणामस्वरूप एक ग्रिड से दूसरी ग्रिड में विद्युत के प्रवाह की मात्रा अत्यधिक हो

सकती है. (अधिक फ्रीक्वेंसी/वोल्टेज वाली ग्रिड से कम फ्रीक्वेंसी/वोल्टेज की ग्रिड की ओर विद्युत प्रवाह होने से) अतः दो प्रणालियों को जोड़ते समय वोल्टेज और फ्रीक्वेंसी दोनों के बराबर होने या अति न्यून रखने का प्रयास करना जरूरी हो जाता है. ध्यान रहे कि जितना अंतर अधिक होगा, विद्युत का प्रवाह एक प्रणाली से दूसरी प्रणाली की ओर उतना अधिक होगा. यदि विद्युत का प्रवाह बहुत अधिक होगा तो ओवरलोड पर सर्किट ब्रेकर ट्रिप हो सकता है.

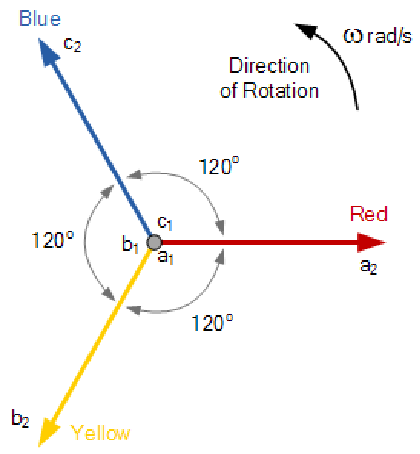
2) जब जनरेटर की ग्रिड के साथ सिन्क्रोनाइज़िंग की जाती है तो जनरेटर की फ्रीक्वेंसी और वोल्टेज का नियंत्रण सरल होता है. अतः जनरेटर को जर्क/झटका न लगे इसके लिए वोल्टेज और फ्रीक्वेंसी के 100 % मिलान का प्रयत्न करना चाहिए. वैसे दो ग्रिड को जोड़ते समय यह कार्य जटिल हो जाता है.

iii. ऊपर (ii) में उल्लेखित शर्तों को चेक करने के लिए विद्युत ग्रहों में अथवा सब-स्टेशन पर सिंक्रोस्कोप और सिंक्रोनस चेक रिले का उपयोग किया जाता है.

चित्र 10.4A एवं 10.4B में दर्शाया गया है कि ए.सी. 3 फेज़ सप्लाई के फेज़ किस प्रकार से 50 हर्ट्ज की गति से घूमते हैं. इन चित्रों से यह भी स्पष्ट है कि फेज़ के घूमने की दिशा एंटी क्लॉक वाइज (anti-clock wise) यानी घड़ी की सुइयों की उलटी दिशा में होती है.



चित्र-10.4A सिन्क्रोनाइज़िंग



चित्र-10.4B फेज़र डायग्राम

चित्र-10.4C सिन्क्रोस्कोप

-----------x----------

परिशिष्ट

1.0 इकाइयों के प्रतीक चिन्ह

(Symbols of units)

अक्सर किसी भी इकाई जैसे दूरी, माप, भार आदि के लिए संक्षिप्त प्रतीक चिन्हों का प्रयोग किया जाता है. उदाहरण के लिए मीटर के लिए m या ग्राम के लिए g. परन्तु देखने में आता है कि कहीं कहीं इन प्रतीकों के लिए सही प्रतीक अक्षर का उपयोग नहीं किया जाता है; जैसे मीटर के लिए कैपिटल M का प्रयोग किया जाता है जो तकनीकी रूप से ठीक नहीं है क्योंकि SI (Standard International) प्रणाली के द्वारा प्रत्येक इकाई के लिए एक निश्चित प्रतीक निर्धारित किया गया है. SI द्वारा 7 मूल इकाइयों के लिए प्रतीक निर्धारित किये है. इसके अलावा कुछ और जो दिन प्रतिदिन काम में आते हैं, नीचे तालिका में दर्शाए गए हैं:

इकाइयों के प्रतीक चिन्ह

Base quantity	**Name**	**Symbol**	**Remarks**
Length	Metre	m	SI base unit
Mass	kilogram	kg	SI base unit
Time	Second	s	SI base unit
Amount of substance	Mole	mol	SI base unit
Luminous intensity	Candela	cd	SI base unit
Electrical current	Ampere	A	SI base unit
Thermodynamic temperature	Kelvin	K	SI base unit
Electrical Potential	Volt	V	SI derived unit
Power	Watt	W	SI derived unit
Frequency	Hertz	Hz	SI derived unit
Resistance	Ohm	Ω	SI derived unit

Base quantity	Name	Symbol	Remarks
Electric charge	Coulomb	C	SI derived unit
Force	Newton	N	SI derived unit
Temperature	Celsius Fahrenheit	°C °F	SI derived unit
Horsepower	Power	hp	SI derived unit
Capacitance	Farad	F	SI derived unit
Inductance	Henry	H	SI derived unit

2.0 इकाइयों की अंतरराष्ट्रीय प्रणाली

(International system of SI units)

एक समय था जब व्यापार क्षेत्रीय स्तर पर ही होता था. तब नापतौल के क्षेत्रीय मापदंड होते थे और हर क्षेत्र के भिन्न-भिन्न मापतौल हो सकते थे. तब मापतौल की इकाइयाँ भी सीमित हुआ करती थी. लेकिन टेक्नोलॉजी के विकास के कारण कई नए मान जैसे करंट, वोल्टेज, वाट, समय आदि भी अस्तित्व में आये जो क्षेत्रीय न हो कर वैश्विक हो गए. अतः अंतरराष्ट्रीय स्तर पर एकरूपता लाने के लिए इकाइयों की अंतरराष्ट्रीय प्रणालियों का विकास करना आवश्यक हो गया.

उपरोक्त तथ्यों को दृष्टिगत रखते हुए एक इंटरनेशनल सिस्टम ऑफ यूनिट्स (International System of Units-SI) और उनके प्रतीक चिन्हों का विकास किया गया जिन्हें निम्न टेबल के द्वारा दर्शाया गया है.

एस. आय. से निष्पादित मात्राएँ (SI derived quantity)

Derived quantity	Name	Symbol	Equivalent SI unit
Frequency	Hertz	Hz	s^{-1}
Force	Newton	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
Pressure	Pascal	Pa	N/m^2
Energy	Joule	J	N•m
Power	Watt	W	J/s
Electric charge	Coulomb	C	s•A
Electric potential	Volt	V	W/A
Electric resistance	Ohm	Ω	V/A
Celsius temperature	^{O}C	C	K
Inductance	Henry	H	$kg\ m^2\ s^{-2}\ A^{-2}$
Capacitance	Farad	F	$kg^{-1}\ m^{-2}\ s^4\ A^2$

3.0 प्रचलित गुणांक

(Popular multiplication factors)

Factor	Name	Symbol	Numerical value
$(10)^{18}$	Exa	E	10,00,000,000,000,000,000
$(10)^{15}$	Peta	P	1000,000,000,000,000
$(10)^{12}$	Tera	T	1000,000,000,000
$(10)^{9}$	Giga	G	1000,000,000
$(10)^{6}$	Mega	M	1000,000
$(10)^{3}$	kilo	K	1000,000
$(10)^{2}$	Hecto	h	100
$(10)^{1}$	Deka	da	10
$(10)^{-1}$	Deci	d	0.1
$(10)^{-2}$	Centi	c	0.01
$(10)^{-3}$	Milli	m	0.001
$(10)^{-6}$	Micro	μ	0.000001
$(10)^{-9}$	Nano	n	0.000000001
$(10)^{-12}$	pico	p	0.000000000001
$(10)^{-15}$	Femto	f	0.000000000000001
$(10)^{-18}$	Atto	a	0.000000000000000001

4.0 विद्युत प्रणाली के कॉम्पोनेन्ट

(components of electrical system)

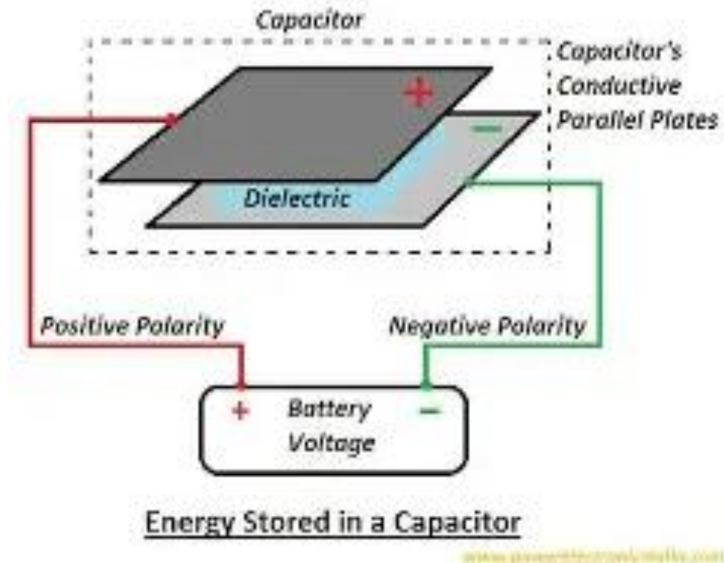
विद्युत प्रणाली के तीन मुख्य इलेक्ट्रिकल कम्पोनेन्ट (अवयव) होते हैं:

i. प्रतिरोध (resistance) व संवहन (conductance)

1) जिस तरह जल के प्रवाह के लिए पाइप अथवा ट्यूब जैसे साधन की आवश्यकता होती है, उसी तरह विद्युत प्रवाह के लिए चालक (conductor) की आवश्यकता होती है. ये चालक दो प्रकार के होते हैं; पहला वह जिसमें विद्युत प्रवाह सरलता से हो जाता है. यह "सुचालक" कहलाता है, दूसरा वह जिसमें विद्युत प्रवाह में अवरोध होता है. यह कुचालक कहलाता है.
2) किसी चालक में विद्युत प्रवाह में होने वाले अवरोध/ प्रतिरोध के गुण को "रेजिस्टेंस" कहते हैं. रेजिस्टेंस किसी भी चालक में से प्रवाहित होने वाले करंट की मात्रा को कम कर देता है. यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि कोई पदार्थ कितना भी अच्छा सुचालक क्यों न हो, उसमें कुछ न कुछ रेजिस्टेंस अवश्य होता है.
3) प्रतिरोध (resistance) को ओम (Ohm) में नापा जाता है. प्रतिरोध का प्रतीक "R" व इकाई ग्रीक अक्षर Ω (ओमेगा) है.
4) प्रतिरोध का उल्टा (reciprocal) संवहन (conductance) होता है. संवहन को 'G' अक्षर द्वारा दर्शाया जाता है और इसे सिमेंस या म्हो (Siemens or Mhos) की इकाइयों में मापा जाता है. लेकिन ये इकाइयाँ व्यवहार में अधिक प्रचलित नहीं हैं. ($R = 1/G$)

ii. केपेसिटेंस (capacitance)

1) इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में कंडेंसर (condenser) अथवा कैपेसिटर (capacitor) वह उपकरण (device) होता है जो विद्युत ऊर्जा को संग्रहित (store) कर लेता है. इसी गुण को केपेसिटेंस कहते हैं. इसके अन्दर दो सतहें (surface) होती हैं और वे इंसुलेशन (insulation) से अलग की हुई रहती है जिसे डाईइलेक्ट्रिक (dielectric) कहते हैं. इन सतहों या प्लेटों के बीच में विद्युत ऊर्जा का संचय होता है. पहले यह कंडेंसर के नाम से भी जाना जाता था और यह नाम अभी भी प्रयुक्त किया जाता है. कैपेसिटर की एक प्लेट को पॉजिटिव व दूसरी प्लेट को निगेटिव विद्युत स्रोत से जोड़ा जाता है.



कैपेसिटर

2) ए.सी. व डी.सी. कैपेसिटर

ए.सी. व डी.सी. कैपेसिटर दो अलग अलग तरह के होते हैं. डी.सी. कैपेसिटर में एक प्लेट पर पॉजिटिव व दूसरी प्लेट पर निगेटिव चार्ज स्थायी रूप से होता है. किन्तु ए.सी. कैपेसिटर में अल्टरनेटिंग करंट (ए.सी.) के कारण हर साइकिल में प्लेट चार्ज व डिस्चार्ज होती रहती है.

3) केपेसिटेंस (capacitance) की इकाई

किसी भी कैपेसिटर की विद्युत चार्ज (आवेश) संग्रह की क्षमता को केपेसिटेंस कहा जाता है. इसकी इकाई "फैराड (Farad)" है जिसे "F" प्रतीक द्वारा दर्शाया जाता है. इकाई का नाम अंग्रेजी भौतिक विज्ञानी माइकल फैराडे (1791-1867) के नाम पर रखा गया है.

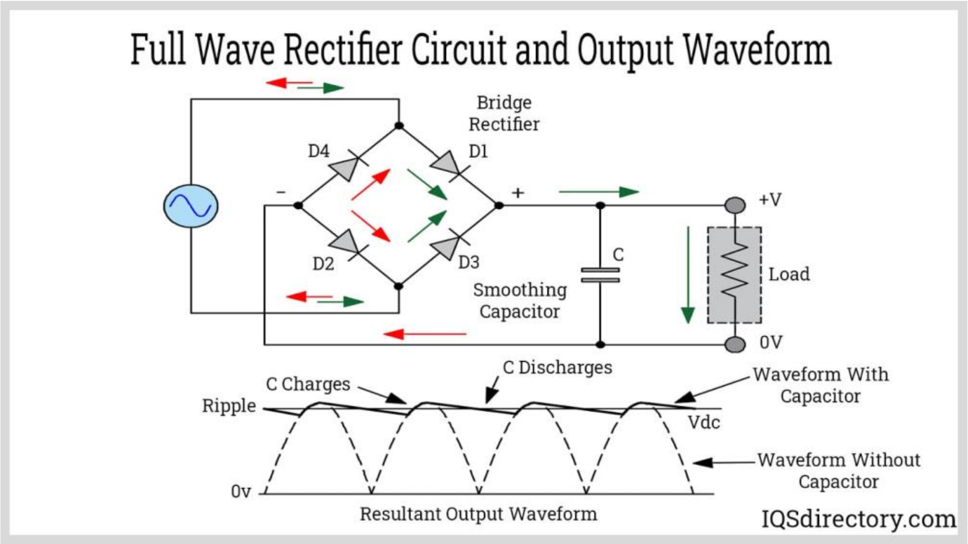
चूंकि सामान्य प्रयोग में फैराड एक बहुत बड़ी इकाई होती है, अतः आमतौर से प्रयुक्त होने वाले कैपेसिटर की क्षमता माइक्रो फैराड (microfarad) व पीको फैराड (picofarad) में दी जाती है.

1 फैराड = 1000000 माइक्रो फैराड (μF)

1 माइक्रो फैराड = 1000000 पीको फैराड (pF)

4) कैपेसिटर का उपयोग

- सभी जानते हैं कि घरेलू पंखे सिंगल फेज़ सप्लाई (240 वोल्ट) पर चलते हैं. बिजली के इन पंखों में कैपेसिटर (या कंडेंसर) का उपयोग किया जाता है क्योंकि इनके बिना पंखे की मोटर नहीं घूम सकती. इसके पीछे कारण यह है कि सिंगल फेज़ सप्लाई से घुमाने वाला बल (rotational torque) पैदा नहीं हो सकता. इसलिए कैपेसिटर के द्वारा सप्लाई के वोल्टेज को 90 डिग्री आगे करके दूसरा फेज़ उत्पन्न किया जाता है. इस फेज़ शिफ्ट में कैपेसिटर के उस गुण का लाभ लिया जाता है जिससे वोल्टेज 90 डिग्री शिफ्ट हो जाता है.
- इलेक्ट्रॉनिक सर्किट में कैपेसिटर का व्यापक उपयोग होता है.
- रेक्टिफायर (rectifier) में भी डी.सी. सप्लाई उत्पन्न करने के लिए कैपेसिटर का उपयोग किया जाता है. इसका सिद्धांत यह है कि डायोड ए.सी. को डी.सी. में परिवर्तित करता है. लोड के समानांतर (parallel) में जुड़ा कैपेसिटर डी.सी. वोल्टेज में रिपल (ripple) को कम करता है. इसके अलावा आवश्यकतानुसार लोड के साथ श्रृंखला (series) में जुड़ा इंडक्टर भी जोड़ा जाता है जो डीसी करंट को और सुचारु (smooth) बनाने में सहायक होता है.



रेक्टिफायर सर्किट

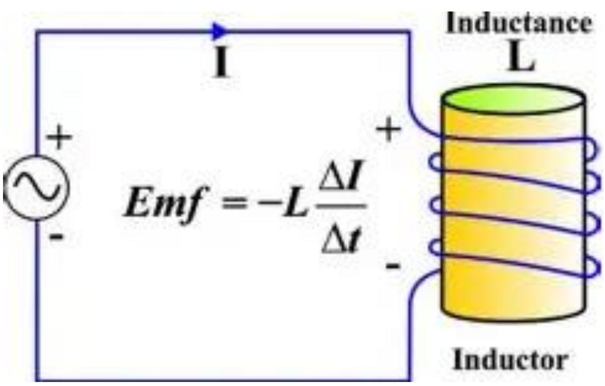
iii. इन्डक्टर व इंडक्टेन्स (inductor & inductance)

1) सर्वप्रथम यह बताना उचित होगा कि इंडक्टेन्स वहीं पर होता है जहाँ करंट की मात्रा निरंतर घटती बढ़ती रहती है जैसे कि A.C. सप्लाई में.

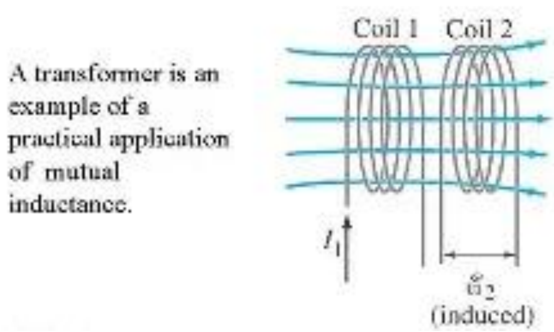
"इंडक्शन" विद्युत कंडक्टर का एक गुण (property) है जो इसके माध्यम से बहने वाले विद्युत प्रवाह में परिवर्तन का विरोध करता है.

2) इंडक्टेन्स का प्रतीक चिन्ह "L" और इकाई हेनरी (H) है. इस इकाई का नाम अमेरिकी वैज्ञानिक जोसेफ हेनरी (1797-1878) के नाम पर रखा गया है, जिन्होंने विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (electromagnetic induction) की खोज की थी.

3) इंडक्शन दो प्रकार का होता है जिन्हें सेल्फ इंडक्शन (self-induction) व म्यूचुअल इंडक्शन (mutual induction) कहते हैं. इन्हें निम्न चित्रों के माध्यम से दर्शाया गया है.



सेल्फ इंडक्टेन्स



म्यूचुअल इंडक्टेन्स

5.0 विद्युत के मौलिक नियम

(fundamental laws of electricity)

विद्युत के उत्पादन, वितरण तथा उपभोग के लिए जिन उपकरणों का उपयोग हम कर रहे हैं उनके पीछे कई मौलिक सिद्धांत अथवा नियम कार्य कर रहे हैं. इनमें से मुख्य मौलिक नियमों की खोज व सिद्धांत निम्नानुसार है.

5.1 ओम का नियम (Ohm's law)

i. जार्ज साइमन ओहम (George Simon Ohm:1789-1854) एक प्रसिद्ध जर्मन साइंटिस्ट थे. उनका भौतिकी में महत्वपूर्ण योगदान रहा है. उनके द्वारा प्रतिपादित नियम ने इलेक्ट्रिकल व इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग को नयी दिशा दी थी.

ii. ओम का नियम भौतिकी और विद्युत इंजीनियरिंग में एक मौलिक सिद्धांत है. यह एक विद्युत सर्किट में विद्युत वोल्टेज (voltage), करंट (current) और प्रतिरोध (resistance) के बीच के संबंध को दर्शाता है.

ओम का नियम इस प्रकार है:

$$V = I \times R$$ (V=वोल्टेज; I=करंट; R= प्रतिरोध)

iii. ओम के नियम का सर्वप्रथम प्रैक्टिकल उपयोग एडिसन ने अपने फिलामेंट बल्ब के आविष्कार में किया था. फिलामेंट से करंट प्रवाहित होने से उसके प्रतिरोध के कारण वह गर्म होता है. इसके परिणामस्वरूप फिलामेंट से प्रकाश उत्पन्न होने लगता है. हमारे इलेक्ट्रिक हीटर, गीज़र व बिजली की प्रेस में भी इसी सिद्धांत पर कार्य करते हैं, इन सब में हीटिंग इलेमेंट होता है जो प्रतिरोध/रेजिस्टेंस के कारण गर्म होता है.

5.2 फैराडे के विद्युत-चुंबकीय प्रेरण के सिद्धांत (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction)

i. माइकल फैराडे (1791- 1867) इंग्लिश वैज्ञानिक थे जिन्होंने चुम्बक और विद्युत में सम्बन्ध स्थापित किया था. इसी सिद्धांत के आधार पर इलेक्ट्रिक मोटर व जनरेटर का विकास हुआ था.

फैराडे का विद्युत-चुंबकीय प्रेरण (electromagnetic induction) का नियम, जिसे फैराडे का नियम भी कहा जाता है, विद्युत प्रेरक बल- ईएमएफ (electromotive force-emf) के सिद्धांत को प्रतिपादित करता है.

ii. फैराडे के नियमों को समझने के लिए सर्वप्रथम ईएमएफ (electromotive force-emf) की परिभाषा से परिचित होना होगा जो निम्नानुसार है.
ईएमएफ (electromotive force-emf): इलेक्ट्रोमोटिव बल, या ईएमएफ वह बल है जो किसी विद्युत आवेश को गतिशील करने का कार्य करता है. सरल भाषा में इसे वोल्टेज के समान समझा जा सकता है.

iii. फैराडे के विद्युत-चुंबकीय प्रेरण के दो नियम हैं:

1) फैराडे का विद्युतचुंबकीय प्रेरण का पहला नियम
फैराडे ने प्रयोगों के बाद निष्कर्ष निकाला कि जब किसी कॉइल (coil) के चारों ओर चुंबकीय प्रवाह (magnetic flux) समय के साथ परिवर्तित किया जाता है, तो उस कॉइल में एक ईएमएफ उत्पन्न या प्रेरित (induce) होता है. यदि कॉइल के दोनों टर्मिनलों के बीच कुछ लोड (load) जोड़ दिया जाए तो उसमें से विद्युत प्रवाह (current) होने लगेगा जो प्रेरित प्रवाह (induced current) कहलाता है.

2) फैराडे का विद्युतचुंबकीय प्रेरण का दूसरा नियम:
फैराडे के प्रथम नियम के अनुसार किसी कॉइल/चालक के सापेक्ष चुम्बकीय फ्लक्स (flux) को निरंतर परिवर्तित किया जाए तो उस कॉइल में ईएमएफ उत्पन्न होता है. लेकिन दूसरा नियम यह कहता है कि इस ईएमएफ का मान फ्लक्स के परिवर्तन की दर के अनुपात में होगा; यानि फ्लक्स जितनी गति से परिवर्तित होगा, ईएमएफ का मान उतना अधिक होगा.
दूसरे नियम के अनुसार ईएमएफ का मान कॉइल से सम्बद्ध फ्लक्स लिंकेज (linkage) व कॉइल में मोड़ों की संख्या (number of turns of coil) का गुणनफल होता है. फैराडे के नियम का सूत्र नीचे दिया गया है:

$\varepsilon = -N\Delta\phi/\Delta t$ (ε=emf; N=coil turns; ϕ=flux; t= time)

(Electromotive Force = change in magnetic flux / change in time)

5.3 किर्चहॉफ का नियम (Kirchoff's Law)

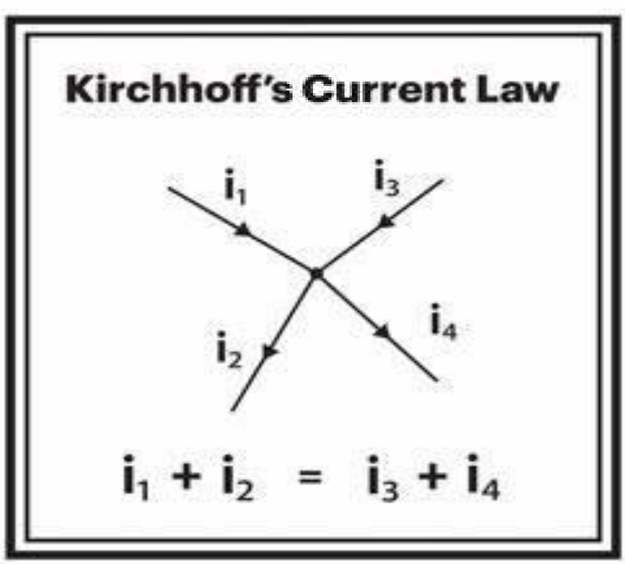
गुस्ताव रॉबर्ट किर्चहॉफ (Gustav Robert Kirchhoff:1824-1887) एक जर्मन भौतिक विज्ञानी थे. उनके 1845 के एक शोध ने विद्युत सर्किट के नियमों को तैयार करने के लिए प्रेरित किया. अब इन्हें किर्चहॉफ के वोल्टेज और करंट के नियमों के रूप में जाना जाता है. चूंकि ये नियम सभी विद्युत सर्किट पर लागू होते हैं, इसलिए उनके मूलभूत सिद्धांतों को समझना इलेक्ट्रॉनिक सर्किट के कार्य करने के तरीके को समझने में महत्वपूर्ण है. हालांकि इन नियमों ने किर्चहॉफ को विद्युत इंजीनियरिंग में अमर बना दिया है, लेकिन उनके पास अन्य खोजें भी हैं. वह पहले व्यक्ति थे जिन्होंने सत्यापित किया कि एक विद्युत आवेश (electric charge) प्रकाश की गति से यात्रा करता है. इसके अलावा, किर्चहॉफ ने स्पेक्ट्रोस्कोपी (spectroscopy) के अध्ययन में एक महत्वपूर्ण योगदान दिया था.

किर्चहॉफ के करंट और वोल्टेज के दो महत्वपूर्ण नियम है:

i. किर्चहॉफ का करंट (current) का नियम

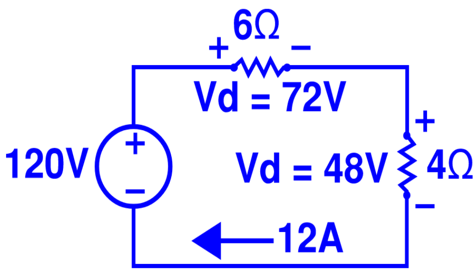
   यह नियम मूल रूप से यह बताता है कि एक नोड (node या बिंदु) में प्रवेश करने वाले कुल करंट नोड से निकलने वाले कुल करंट के बराबर होते हैं. दूसरे शब्दों में, एक नोड में कुल प्रवाह (current) का बीजगणितीय (algebraic) या वेक्टर (vector) योग शून्य होता है.

   या I(in) – I(out) =0



ii. किर्चहॉफ का वोल्टेज (voltage) का नियम

किसी भी बंद लूप (loop) नेटवर्क में, लूप के कुल सप्लाई वोल्टेज उस सर्किट में लगे कम्पोनेंट्स में सभी वोल्टेज ड्रॉप्स (voltage drops) के योग के बराबर होता है. दूसरे शब्दों में, लूप के भीतर सभी वोल्टेज का बीजगणितीय (algebraic) या वेक्टर (vector) योग शून्य के बराबर होता है, जैसा नीचे चित्र में डी.सी. सर्किट के द्वारा दिखाया गया है.



120 V= 72V+48V

5.4 लेंझ का नियम (Lenz's Law)

हेनरिच फ्रेडरिक लेंझ (Heinrich Friedrich Emil Lenz:1804-1865) का जन्म एस्टोनिया (Estonia, a break away nation from USSR) में हुआ था. वे गणितज्ञ व भौतिकविद थे. उन्हें इलेक्ट्रोमेग्नेटिस्म (electromagnetism) के विषय में गहन अध्ययन के लिए जाना जाता है. लेंझ के नियम की व्याख्या निम्नानुसार है:

"जैसा कि फैराडे के नियम के अंतर्गत बताया गया था किस तरह एक कॉइल में चुम्बकीय फ्लक्स (magnetic flux) के परिवर्तन से विद्युत करंट उत्पन्न होता है. लेंझ का नियम यह कहता है कि इस करंट से चुम्बकीय फ्लक्स उत्पन्न होगा जो चुम्बकीय परिवर्तन का विरोध करेगा. लेंझ का नियम कुछ ऐसा ही है जैसे हर क्रिया की प्रतिक्रिया होती है."

5.5 कूलम्ब का नियम (Coulomb's law)

चार्ल्स अगस्टिन दे कूलम्ब (Charles-Augustin de Coulomb:1736-1806) एक फ्रांसीसी भौतिकविद थे. उन्होंने विद्युत आवेश कणों पर गहन अध्ययन किया था. उन्हीं के नाम पर कूलम्ब का नियम कहलाता है जो इस प्रकार है:

दो विद्युत आवेश (electrical charges) कणों के बीच इलेक्ट्रोस्टैटिक आकर्षण या प्रतिकर्षण (attraction or repulsion) बल उनके आवेश की तीव्रता के अनुपात (directly proportion) में होता है किन्तु उनके बीच की दूरी के वर्ग (square of distance) के विपरीत समानुपात (inversely proportion) में होता है. अर्थात दोनों कणों के बीच दूरी जितनी अधिक होगी, आकर्षण या प्रतिकर्षण बल उतना कम होगा. यदि दोनों कणों का आवेश विपरीत (+ and -) है तो आकर्षण होगा और यदि आवेश एक जैसा (+ &+ or -&-) है तो प्रतिकर्षण (repulsion) होगा.

F_{elect} or F	=	$k \times q1 \times q2 / r^2$	दोनों आवेशों के बीच उत्पन्न बल (N-Neutan)
q1 and q2	=	1	दोनों आवेशों की मात्रा(C-Coulombs)
r	=	1	दोनों आवेशों के बीच की दूरी m- meters
k	=	8.99×10^9 N•m^2/C^2	एक कांस्टेंट (constant)

इसलिए $F_{elect} = 8.99 \times 10^9$ N

5.6 गॉस का नियम (Gauss's Law)

कार्ल फ्रेडरिक गॉस (Carl Friedrich Gauss:1777- 1855) एक जर्मन गणितज्ञ थे. गणित के अलावा खगोलशास्त्र व इलेक्ट्रोमेग्नेटिस्म आदि में भी असाधारण योगदान दिया था. उनके द्वारा प्रतिपादित सिद्धान्त संक्षिप्त में इस प्रकार है:

"किसी परिभाषित क्षेत्र (closed area) में कुल इलेक्ट्रिक फ्लक्स की मात्रा उसके अन्दर के आवेश (charge) की मात्रा को उस क्षेत्र की परमिटीविटी (permittivity) के भाग देने पर आए मान के बराबर होती है. (The total of the electric flux out of a closed surface is equal to the charge enclosed divided by the permittivity.)"

इसी तरह किसी क्षेत्र का विद्युत फ्लक्स उसके इलेक्ट्रिक फील्ड और उसके लम्बवत् सतह के क्षेत्रफल के गुणनफल के बराबर होता है.(The electric flux through an area is defined as the electric field multiplied by the area of the surface projected in a plane perpendicular to the field.)

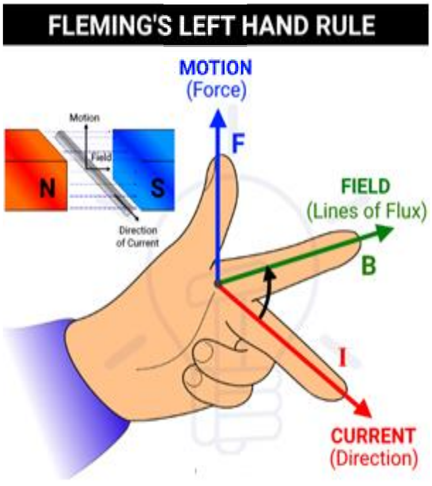
5.7 फ्लेमिंग के नियम (Fleming's rules)

सर जॉन एम्बोर्स फ्लेमिंग (Sir John Ambrose Fleming:1849-1945), एक इंग्लिश इंजीनियर थे जिन्होंने इलेक्ट्रिकल के अलावा इलेक्ट्रॉनिक्स, इलेक्ट्रिक मेज़रमेंट आदि में महत्वपूर्ण योगदान दिया था.

जब किसी मोटर में विद्युत प्रवाह होता है तो यह जानना आवश्यक है कि मोटर किस दिशा में अर्थात क्लॉक वाइज या एंटी क्लॉक वाइज दिशा में घूमेगी. इसी तरह किसी जनरेटर के लिए यह जानना जरूरी है कि उसके रोटर को किसी बाह्य साधन से किस दिशा में घुमाने पर करंट किस दिशा में उत्पन्न होगा.

उपरोक्त कठिनाई को दूर करने के लिए फ्लेमिंग ने दो नियम प्रतिपादित किये थे जो निम्नानुसार हैं:

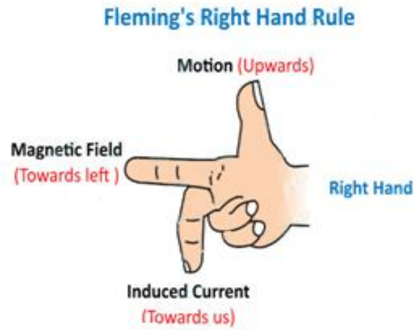
i. फ्लेमिंग के बाएँ हाथ का नियम (Fleming's Left-Hand Rule)
   इस नियम के द्वारा यह निर्धारित किया जाता है कि किसी विद्युत मोटर के रोटर के घूमने की दिशा क्या होगी?
   वस्तुतः मोटर में चुम्बकीय क्षेत्र पैदा किया जाता है और उसके चालक (conductor) में विद्युत प्रवाहित की जाती है. इस स्थिति के कारण मोटर के रोटर को घुमाने के लिए रोटेशनल टार्क (rotational torque) उत्पन्न होता है. रोटर के घूमने की दिशा फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम से तय की जाती है. इस नियम को निम्न चित्र के माध्यम से दर्शाया गया है:



ii. फ्लेमिंग के दायें हाथ का नियम (Fleming's right-Hand Rule)

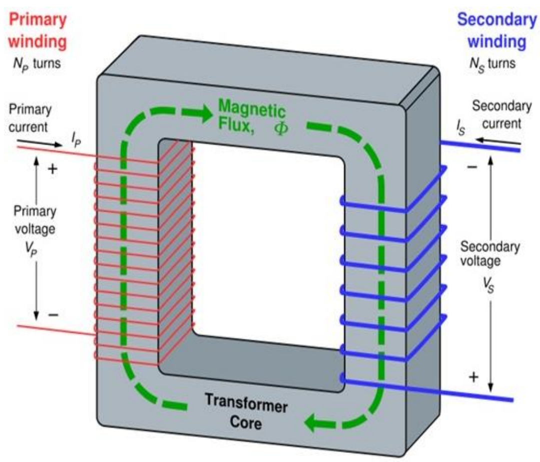
इस नियम के द्वारा यह निर्धारित किया जाता है कि किसी जनरेटर में उत्पादित करंट की दिशा क्या होगी?

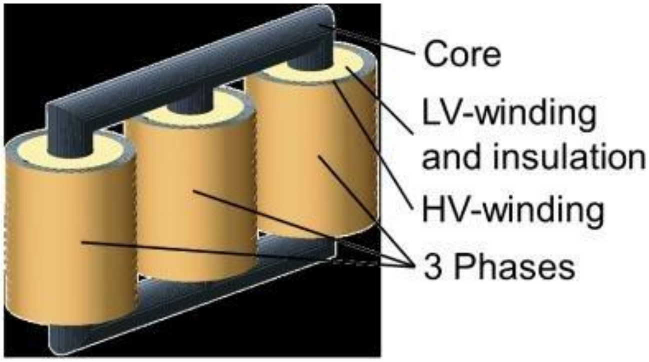
हम जानते हैं कि किसी चुम्बकीय क्षेत्र में जब किसी चालक को घुमाया जाता है तो उसमें विद्युत् का प्रवाह (electric current) उत्पन्न (induce) होता है. फ्लेमिंग के दायें हाथ का नियम जनरेटर की वाइंडिंग में करंट की दिशा को इंगित करता है जिसे निम्न चित्र के माध्यम से दर्शाया गया है:



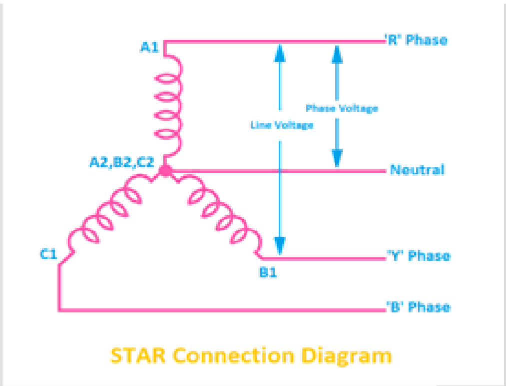
5.8 ट्रांसफार्मर और वेक्टर ग्रुप (Transformer And Vector group)

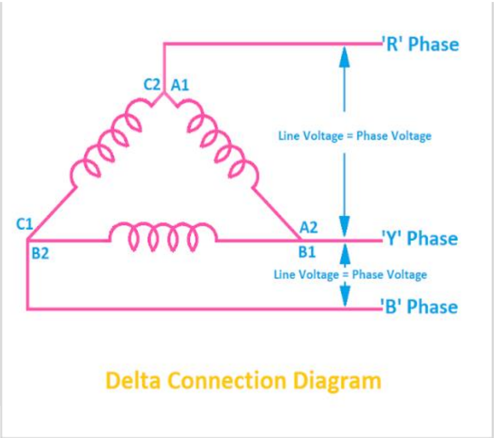
i. ट्रांसफार्मर में प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग होती है. ये दोनों वाइंडिंग एक मैग्नेटिक कोर के द्वारा चुम्बकीय फ्लक्स से जुड़ी होती हैं जिसे नीचे चित्र (सिंगल फेज़ वाइंडिंग) में दर्शाया गया है.





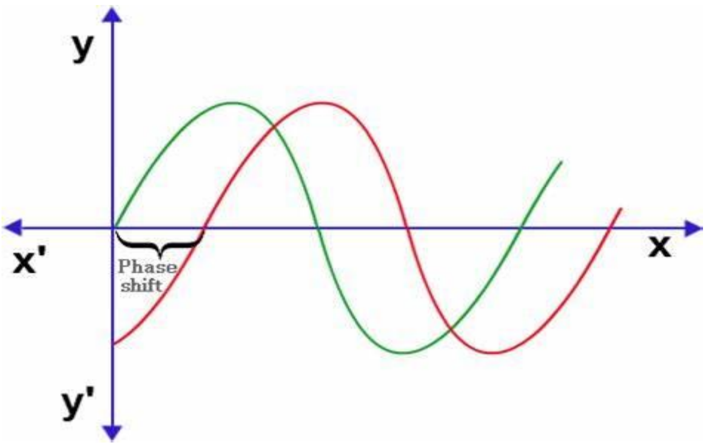
ii. सामान्य उपयोग में आने वाले 3 फेज़ ट्रांसफार्मर में 3 प्राइमरी और 3 सेकेंडरी वाइंडिंग होती हैं. इन 3 फेजों को स्टार या डेल्टा फॉर्मेट में जोड़ा जाता है.





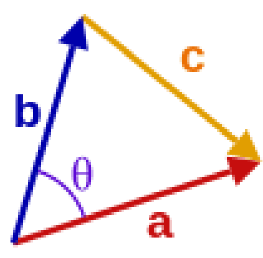
जब ट्रांसफार्मर की प्राइमरी वाइंडिंग में करंट प्रवाहित होता है तो उसकी सेकेंडरी वाइंडिंग में म्यूचुअल इंडक्टेन्स से विद्युत प्रवाह उत्पन्न (induce) होता है. ट्रांसफार्मर के द्वारा वैसे तो वोल्टेज को कम या अधिक किया जाता है किन्तु इस प्रक्रिया में प्राइमरी और सेकेंडरी वोल्टेज/करंट के बीच फेज़ एंगल में अंतर आ सकता है जिसे फेज़ शिफ्ट कहा जाता है. इसका कारण यह है कि वोल्टेज और करंट दोनों वेक्टर क्वांटिटी होते हैं. यह शिफ्ट तब होता है जब एक तरफ की वाइंडिंग स्टार और दूसरी तरफ की वाइंडिंग डेल्टा फार्मेशन (Y/Δ) में हों. लेकिन जब दोनों तरफ की वाइंडिंग स्टार/स्टार (Y/ Y)या डेल्टा/डेल्टा (Δ/Δ)फार्मेशन में हों तो फेज़ शिफ्ट या तो शून्य होगा या 180^{o}.

इस फेज़ शिफ्ट को नीचे ग्राफ के द्वारा दर्शाया गया है, जिसमें प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग की तरंग को भिन्न-भिन्न रंगों में दर्शाया गया है:



iii. फेज़ शिफ्ट का महत्व वहां अधिक होता है जब दो भिन्न स्रोतों की विद्युत प्रदाय को किसी एक बस पर जोड़ना होता है. इसका कारण यह है कि यदि दोनों स्रोतों के वोल्टेज बराबर भी हुए तो भी फेज़ शिफ्ट की वजह से उनमें वोल्टेज का अंतर आ जाता है जबकि विद्युत के दो भिन्न स्रोतों को तभी जोड़ा जा सकता है जब न केवल उनका वोल्टेज बराबर हो बल्कि उनके बीच फेज़ एंगल में अंतर भी न हो, यानी फेज़ एंगल का अंतर लगभग शून्य हो.

नीचे चित्र में प्रतीकात्मक तरीके से दो वोल्टेज वेक्टर a और b के बीच का अंतर जो कि "c" है, दर्शाया गया है. यह अंतर वेक्टर अलजेबरा (vector algebra) के अनुसार आसानी से निकाला जाता है.



$c = a - b$

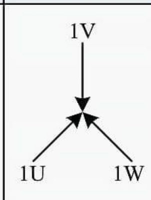
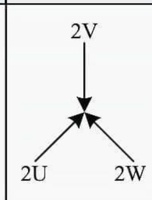
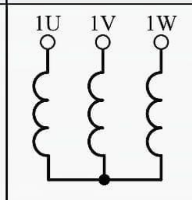
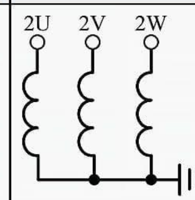
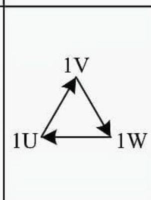
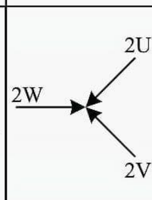
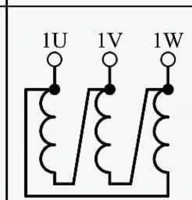
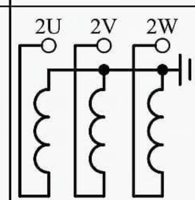
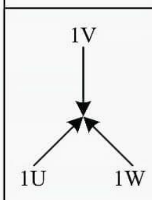
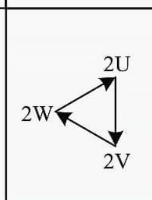
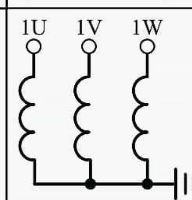
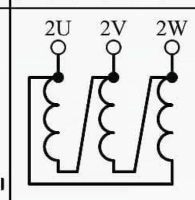
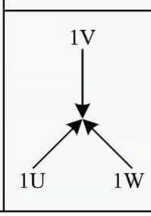
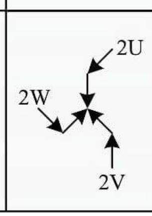
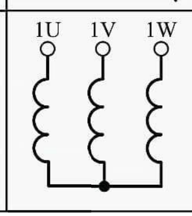
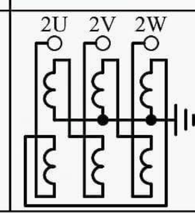
iv. तकनीकी आवश्यकता के अनुसार ट्रांसफार्मर की प्राइमरी और सेकेंडरी वाइंडिंग के कनेक्शन भिन्न-भिन्न प्रकार के हो सकते हैं. उदाहरण के लिए प्राइमरी वाइंडिंग स्टार हो और सेकेंडरी वाइंडिंग डेल्टा कनेक्शन में हो. तब इस ट्रांसफार्मर का वेक्टर ग्रुप होगा स्टार/डेल्टा (Y/Δ).

v. नीचे टेबल में संभावित विभिन्न किस्म के ट्रांसफार्मर की प्राइमरी व सेकेंडरी वाइंडिंग के कनेक्शन दर्शाए गए हैं. वेक्टर ग्रुप (टेबल का प्रथम कॉलम) में बताए प्रतीक के अर्थ निम्नानुसार है

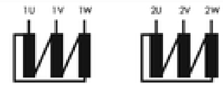
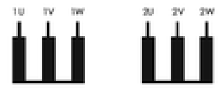
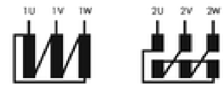
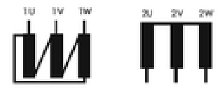
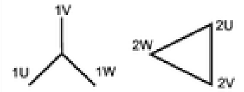
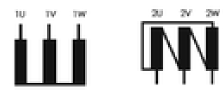
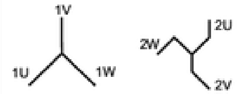
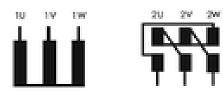
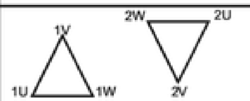
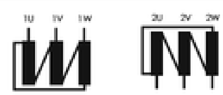
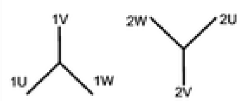
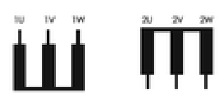
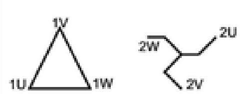
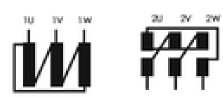
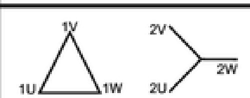
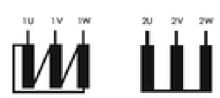
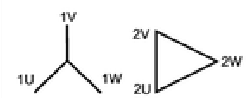
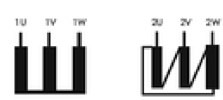
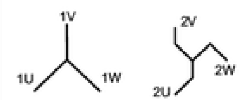
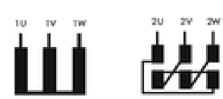
1) इस टेबल में पहले कॉलम में वेक्टर ग्रुप दर्शाया गया है.
2) पहला चिन्ह प्राइमरी वाइंडिंग व दूसरा चिन्ह सेकेंडरी वाइंडिंग के लिए है,
3) स्टार कनेक्शन के लिए अंग्रेजी के “Y” और डेल्टा कनेक्शन के लिए “D” प्रतीक का प्रयोग किया जाता है.
4) प्राइमरी वाइंडिंग यदि स्टार हो तो कैपिटल “Y” और सेकेंडरी वाइंडिंग स्टार हो तो “y” प्रतीक चिन्ह का प्रयोग किया जाता है.
5) प्राइमरी वाइंडिंग यदि डेल्टा हो तो कैपिटल “D” और सेकेंडरी वाइंडिंग डेल्टा हो तो “d ” प्रतीक चिन्ह का प्रयोग किया जाता है.
6) नीचे टेबल में झिग-झेग (zig-zag) वाइंडिंग के लिए “Z” प्रतीक का प्रयोग किया गया है. लेकिन इस तरह की वाइंडिंग अत्यंत ही विशेष आवश्यकता होने पर प्रयोग की जाती है. अतः इसके बारे में विस्तृत विवरण नहीं दिया जा रहा है.
7) स्टार कनेक्शन में यदि न्यूट्रल अर्थ (earth) किया गया हो तो “YN” या “yn” लिखा जाता है.
8) वेक्टर ग्रुप का अंतिम अंक फेज़ शिफ्ट को दर्शाता है. फेज़ शिफ्ट समझाने के लिए घड़ी की सुइयों को प्रतीक के रूप में प्रयोग किया गया है. किसी भी घड़ी के 12 अंक होते है जो एक दूसरे से 30 अंश की दूरी पर होते है. यहाँ 12 बजे को 0 डिग्री माना गया है. तदनुसार : 1 बजे = 30 अंश; 5 बजे = 150 अंश; 6 बजे = 180 अंश; 11 बजे = (-)30 अंश आदि.

   उदाहरण के लिए YNd5 यह दर्शाता है कि इस ट्रांसफार्मर की प्राइमरी वाइंडिंग स्टार है जिसका न्यूट्रल अर्थ किया है तथा सेकेंडरी वाइंडिंग का डेल्टा कनेक्शन है. 5 का अर्थ है कि सेकेंडरी वोल्टेज प्राइमरी वोल्टेज से 150 (5x30) डिग्री शिफ्ट हो गया है.
9) ट्रांसफार्मर की वाइंडिंग के विभिन्न वेक्टर ग्रुप नीचे टेबल A & B में दिए गए हैं.

टेबल-A

Designation		Vector diagram		Circuit diagram		Continuous neutral loading capacity
Vector group	Phase angle number	primary-side	secondary-side	primary-side	secondary-side	
Yyn0 [1)]	0					10% of the rated current ($0.10 \cdot I_{rT}$)
Dyn5 [2)]	5					Rated current ($1.0 \cdot I_{rT}$)
YNd5 [3)]						Rated current ($1.0 \cdot I_{rT}$)
Yzn5 [4)]						Rated current ($1.0 \cdot I_{rT}$)

टेबल-B

Bezeichnung / Kennzahl / Code	Designation Schaltgruppe / Connection group	Zeigerbild / Complexor Diagram	Schaltungsbild / Connection Drawing	Sekundär Sternpunkt Secondary star point
0	Dd0			nicht vorhanden / not available
	Yy0			10 % belastbar / 10 % load capacity
	Dz0			voll belastbar / full load capacity
5	Dy5			voll belastbar / full load capacity
	Yd5			nicht vorhanden / not available
	Yz5			voll belastbar / full load capacity
6	Dd6			nicht vorhanden / not available
	Yy6			10 % belastbar / 10 % load capacity
	Dz6			voll belastbar / full load capacity
11	Dy11			voll belastbar / full load capacity
	Yd11			nicht vorhanden / not available
	Yz11			voll belastbar / full load capacity

5.9 लाइन व फेज़ वोल्टेज (Line and Phase voltages)

किसी भी घरेलू या छोटे व्यावसायिक विद्युत प्रदाय व्यवस्था में 3 फेज़ प्रणाली में दो तरह से हो सकती है:

i. लाइन टू लाइन (L-L) वोल्टेज

   इस प्रणाली में किसी उपकरण को चलाने के लिए दो फेज़ से प्रदाय ली जाती है; जैसे R-Y, Y-B या B-R. ध्यान रहे कि दो फेज़ के बीच वोल्टेज 415 वोल्ट होता है. अतः जिस उपकरण को ऐसी सप्लाई दी जाती है तो वह 415 वोल्ट के लिए उपयुक्त होना चाहिए अन्यथा उपकरण क्षतिग्रस्त हो सकता है. इसके अलावा ऐसे उपकरण पर कार्य करते समय विशेष सतर्कता की आवश्यकता होती है क्योंकि 415 वोल्ट पर जान का खतरा भी अधिक होता है.

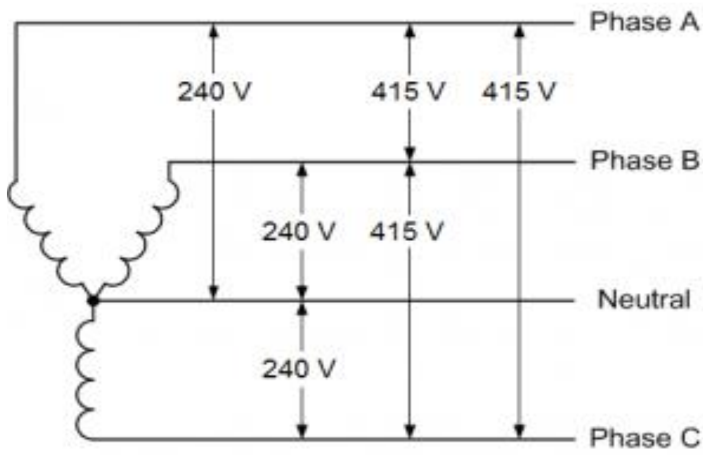
ii. लाइन टू न्यूट्रल (L-N) या सिंगल फेज़ वोल्टेज

   इस प्रणाली में सप्लाई फेज़ टू न्यूट्रल के बीच ली जाती है. लेकिन इसके लिए न्यूट्रल का होना आवश्यक है. डेल्टा ट्रांसफार्मर व और ऐसे स्टार ट्रांसफार्मर जिसमें न्यूट्रल कनेक्शन न हो, से "लाइन टू न्यूट्रल" सप्लाई मिलाना संभव नहीं.

iii. लाइन टू लाइन (L-L) व लाइन टू न्यूट्रल (L-N) वोल्टेज के बीच सम्बन्ध

   $\sqrt{3}$x (L-N) = L-L voltage (यहाँ $\sqrt{3}$ =1.732)

   नीचे चित्र के माध्यम से ट्रांसफार्मर के टर्मिनल पर L-L व L-N वोल्टेज दर्शाया गया है. (फेज़ A, B, C= R, Y, B)

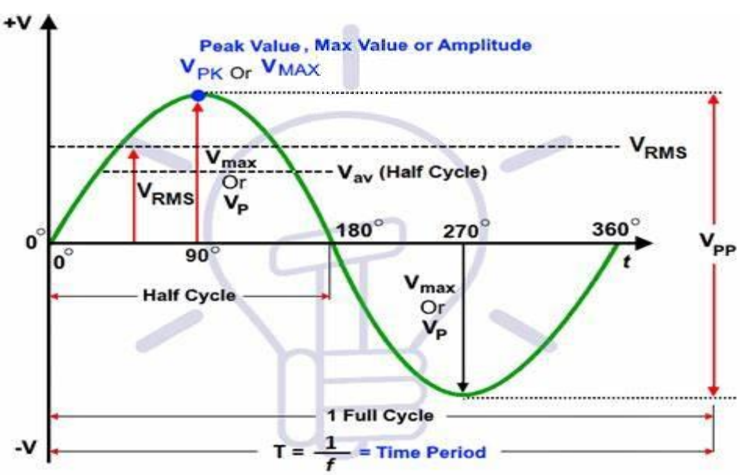


6.0 ए.सी. वोल्टेज व करंट का मापन

(measurement of AC voltage and current)

i. जैसा कि हम जानते है, डी.सी. विद्युत में वोल्टेज या करंट की मात्रा स्थिर रहती है यानी समय के साथ परिवर्तित नहीं होती है. किन्तु ए.सी. विद्युत एक तरंग के रूप में रहती है जिसका मान निरंतर परिवर्तित होता रहता है. इसके अलावा ए.सी. सिस्टम में आधा साइकिल पॉजिटिव और दूसरा आधा साइकिल नेगेटिव होता है. अतः यदि इनका औसत लिया जाए तो शून्य होगा.
इसी कारण ए.सी. प्रणाली में सबसे जटिल कार्य उनके पैरामीटर का मापन है.
इसलिए ए.सी. प्रणाली में आर.एम.एस. (RMS: Root Mean Square) की अवधारणा का विकास हुआ. इस तरह ए.सी. विद्युत में दो मान होते हैं; पहला क्षणिक (instantaneous) व दूसरा आर.एम.एस. कहलाता है.

ii. आर.एम.एस. (R.M.S.) की परिभाषा:
रूट मीन स्क्वायर (R.M.S.) वोल्टेज/करंट किसी ए.सी. वेवफॉर्म (waveform) का प्रभावी (effective) माप होता है. अर्थात जो ए.सी. वोल्टेज एक वोल्ट डी.सी. के समतुल्य प्रभाव देगा, वह एक वोल्ट ए.सी. होगा.
ए.सी. वोल्ट की गणना से पता चला है कि आर.एम.एस. मान किसी तरंग (wave) के शिखर (pk or peak) का 0.707 ($1/\sqrt{2}$) के तुल्य होता है. इसे निम्न चित्र के द्वारा दर्शाया गया है.



$$V_{RMS} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_{pk}$$

7.0 महत्वपूर्ण कन्वर्शन सूत्र

(important conversion formulae)

i. तापक्रम की तीन इकाइयाँ है; केल्विन (Kelvin), सेल्सियस (Celsius) व फाहरेंहाइट (Fahrenheit).

इनको एक इकाई से दूसरी इकाई में निम्न सूत्रों से परिवर्तित किया जाता है.

1) Kelvin to Celsius: C = K – 273 (or 273.15)
2) Kelvin to Fahrenheit: F = 9/5 (K - 273) + 32
   or F = 1.8 (K - 273) + 32
3) Celsius to Fahrenheit: F = 9/5 (C) + 32
   or F = 1.80 (C) + 32

ii. दबाव यानी pressure की प्रचलित इकाइयों में निम्न सम्बन्ध है:

1) पाउंड्स पर स्क्वायर इंच या psi और kg/cm^2
   $1 kg/cm^2$ =14.223 psi (Pounds per square inch)
2) पास्कल (Pa) और kg/cm^2
   $1 kg/cm^2$ = 98,066.5 Pa
3) बार (bar) और kg/cm^2
   $1 kg/cm^2$ = 0.980665 bar
4) बार (bar) और पास्कल
   1 बार = 100,000 Pa
5) Atmospheric pressure (Atm)* और bar
   1Atm = 1.01325 bars.

*औसत समुद्र सतह (mean sea level) पर हवा द्वारा डाले गए दबाव को 1 Atm कहा जाता है.

-------------X------------

समाचार पत्रों में विद्युत दुर्घटना सम्बन्धी खबर

1.	शार्ट सर्किट से होटल में भीषण आग
2.	अप्रशिक्षित कर्मचारी की दुर्घटना में जान गयी
3.	खेत में इलेक्ट्रिक शॉक से जान गयी
4.	अवैध कनेक्शन लेते समय इलेक्ट्रिक शॉक से जान गयी
5.	मैदान में पड़े खुले तार से युवक की जान गयी
6.	ट्रांसफार्मर में धमाका
7.	तालाब में करंट फैलाया-इलेक्ट्रिक शॉक से खुद की जान गयी
8.	हाई टेंशन लाइन के नीचे बनाए अवैध मकान तोड़े

1. शार्ट सर्किट से होटल में भीषण आग

कोलकाता: होटल में भीषण आग, दो बच्चों समेत 14 जिंदा जले, जान बचाने के लिए कई लोग कूदे

कोलकाता | पश्चिम बंगाल की राजधानी कोलकाता की बेहद घनी आबादी वाले बुर्राबाजार के एक होटल में भीषण आग लगने से 14 लोगों की मौत हो गई, जबकि 13 घायल हैं। मृतकों में 11 पुरुष, एक महिला और दो बच्चे हैं। आग मंगलवार शाम 7:30 बजे मेछुआपट्टी इलाके में बने होटल की दूसरी मंजिल पर शॉर्ट सर्किट के चलते लगी। उस वक्त होटल के 42 कमरों में 88 लोग ठहरे हुए थे। धुआं इतनी तेजी से फैला कि लोगों को कमरे से बाहर निकलने का भी मौका नहीं मिला। देखते ही देखते आग ने 4 और मंजिलों को चपेट में ले लिया। कुछ लोग जान बचाने के लिए होटल से कूदे। देर रात करीब 3 बजे आग पर काबू पाया जा सका। इसके बाद फायरकर्मियों ने होटल से 14 शव बरामद किए। घटना की जांच के लिए सीएम ममता बनर्जी ने एसआईटी का गठन किया है।

सीएनजी वाहन पर रोड

सरकार पर आरोप: वित्त विभाग ने नियम बनाकर दी छूट

2. अशिक्षित कर्मचारी की दुर्घटना में जान गयी

10वीं की प्री-बोर्ड परीक्षा प्रारंभ हुई पेपर उपलब्ध करवाए

अप्रशिक्षित कर्मचारी से करवाया बिजली का काम, करंट से मौत

खरगोन| शहर के गुलशन नगर स्थित जूते-चप्पल की दुकान पर काम करने वाला 18 वर्षीय युवक मो. साद करंट की चपेट में आ गया, इससे उसकी मौत हो गई। परिजन का आरोप है कि युवक को बिजली का काम नहीं आता था। अप्रशिक्षित होने के बावजूद दुकान संचालक ने उससे बिजली का काम करवाया, इससे यह दुर्घटना हुई। करंट से साद के पैर में और सिर में गहरा घाव हुआ और उसकी मौत हो गई। फिलहाल पुलिस ने मर्ग कायम कर जांच शुरू की है।

मो. साद

3. खेत में इलेक्ट्रिक शॉक से जान गयी

खेत में पानी दे रहे 15 साल के नाबालिग की करंट से मौत

भोपाल | नजीराबाद में 15 साल के नाबालिग अभिषेक अहिरवार (15) की करंट लगने से मौत हो गई। घटना के समय अभिषेक खेत में पानी दे रहा था। उसे करंट कैसे लगा, यह स्पष्ट नहीं हो सका है। थाना प्रभारी कृष्णा सिंह ने बताया कि यह खेत मृतक अभिषेक के पिता का है। मामले की जांच की जा रही है। जांच में सामने आए तथ्यों के आधार पर कार्रवाई की जाएगी।

4. अवैध कनेक्शन लेते समय इलेक्ट्रिक शॉक से जान गयी

जोबट: बिजली के खंभे पर तार टांगने चढ़े किसान की करंट लगने से मौत

बिजली के खंभे पर चढ़े एक किसान की करंट लगने से मौत हो गई। घटना क्षेत्र के ग्राम कंदा कचोलिया फलिया में मंगलवार दोपहर करीब 3 बजे हुई। किसान दशम उर्फ नानकिया ने खेत में सिंचाई के लिए बोरिंग कराया था। सोमवार को वह इंदौर से मोटर और तार लेकर आया था। मंगलवार दोपहर को वह 11 केवी लाइन के बिजली के खंभे पर चढ़कर तार टांग रहा था तभी करंट लगने से उसकी मौत हो गई।

5. मैदान में पड़े खुले तार से युवक की जान गयी

बैरसिया • ट्रांसफॉर्मर से घर तक डला था तार

क्रिकेट खेलते समय बॉल उठाने गए छात्र को लगा करंट, मौत

क्रिकेट खेलते समय 16 साल के छात्र की करंट लगने से मौत हो गई। फील्डिंग करते समय वह बॉल उठाने गया था। जमीन पर पड़े बिजली के तार की चपेट में आ गया। परिजन उसे अस्पताल लेकर पहुंचे। डॉक्टर ने उसे मृत घोषित कर दिया। छात्र जिस तार की चपेट में आया, वह ट्रांसफार्मर से घर तक डाला गया था। शुरुआती जांच में पुलिस मान रही है तार अवैध रूप से डाला गया था।

बैरसिया थाना प्रभारी अरुण शर्मा ने बताया नीरज गुर्जर (16) घर के पास खेत में बने मैदान पर दोस्तों के साथ क्रिकेट खेल रहा था। फील्डिंग करते समय वह बॉल के पीछे दौड़ा। वह बॉल उठाता, तभी उसका पैर जमीन पर खुले पड़े बिजली के तार पर पड़ा। करंट लगते ही वह जमीन पर गिर पड़ा। परिजन बेसुध नीरज को अस्पताल ले गए। यहां उसकी मौत हो गई।

अवैध रूप से डाला तार

ट्रांसफॉर्मर से घर तक तार डालने वाले की लापरवाही पुलिस मान रही है। बिजली का खुला तार जमीन पर छोड़ना एक परिवार पर भारी पड़ा है। बताया जा रहा है तार अवैध रूप से डाला गया था। पुलिस इसकी जांच कर रही है। तार किसके घर तक गया है। यह भी पता लगाया जा चुका है।

सीसीटीवी कैमरा लगा रहे युवक को करंट लगा, मौत

भोपाल | छोला मंदिर इलाके में करंट से 32 साल के संजय शर्मा की मौत हो गई। बताया जा रहा है घटना के समय संजय एक घर में सीसीटीवी कैमरा लगा रहा था। थाना प्रभारी सुरेश नागर ने बताया शुरुआती जांच में इस बात की पुष्टि हुई है। युवक को किसकी लापरवाही से करंट लगा, इसकी जांच की जा रही है।

6. ट्रांसफार्मर में धमाका

शाहजहांनाबाद के संजय नगर में हादसा... मीटर, फ्रिज, कूलर और पंखे भी जल गए

ट्रांसफॉर्मर में धमाका, 17 घरों में करंट, 1 की मौत

बिजली कंपनी का दावा - बिजली चोरी के दौरान फैला करंट

जिसकी शादी की तैयारी, अब उसकी मौत का मातम

इस ट्रांसफॉर्मर में हुआ था धमाका।

7. तालाब में करंट फैलाया-इलेक्ट्रिक शॉक से खुद की जान गयी

शिवपुरी : मछलियां मारने तालाब में करंट फैलाया, खुद ही चपेट में आया

शिवपुरी | मछलियां मारने के लिए व्यक्ति ने तालाब में तार डालकर करंट फैला दिया। उसी करंट की चपेट में आकर व्यक्ति की मौत हो गई है। जानकारी के मुताबिक ग्राम भरतपुरा निवासी मिट्ठू (48) पुत्र भगोरन जाटव शनिवार की शाम 5 बजे मछलियां पकड़ने गांव के तालाब पर गया था। मछलियां मारने के लिए तालाब में करंट फैला दिया, लेकिन उसी करंट की चपेट में आने से मिट्ठू की मौत हो गई। सूचना पर पुलिस मौके पर पहुंची। पुलिस ने रविवार को मर्ग कायम कर घटना की जांच शुरू कर दी है।

8. हाई टेंशन लाइन के नीचे बनाए अवैध मकान तोड़े

भोपाल

जोखिम में जान • नारियल खेड़ा में कार्रवाई, लाइन से सिर्फ 6 फीट की दूरी पर थे

132 केवी की एक्स्ट्रा हाई टेंशन लाइन के नीचे बना लिए थे 3 अवैध मकान, सभी तोड़े

मकान की छत पर सीमेंट की चादर बिछा रहे 2 युवक झुलसे थे

ऐसे 275 मकानों में रहने वालों की जान का जोखिम

दो इलाके अति संवेदनशील, 900 नोटिस थमाए

एमडी के केबिन में घुसे कर्मचारी, नारा - IAS लाओ, निगम बचाओ

सन्दर्भ (references)

1. ABB हैण्डबुक
2. सचेत विद्युत सुरक्षा पुस्तिका, केन्द्रीय विद्युत प्राधिकरण, भारत सरकार
3. भारतीय मानक संस्थान (BIS) के विभिन्न स्टैण्डर्ड
4. इलेक्ट्रिशियन थ्योरी- आय.टी.आय. के प्रथम और द्वितीय वर्ष के लिए
5. इन्टरनेट पर उपलब्ध जानकारी