Toppersnotes®
Unleash the topper in you

MPPKVVCL

लाइन परिचारक

मध्य प्रदेश पश्चिम क्षेत्र विद्युत वितरण कंपनी लिमिटेड

भाग - 4

इलेक्ट्रीशियन थ्योरी

SIERRA INNOVATIONS

विषयसूची

S No.	Chapter Title	Page No.
1	इंजीनियरिंग ड्रॉइंग (Engineering Drawing)	1
2	वर्कशॉप कैलकुलेशन एवं साइंस (Workshop Calculation & Science)	9
3	डी.सी. मशीनें (DC Machines)	18
4	अर्थिंग (Earthing–Grounding)	27
5	मापन एवं यंत्र (Measurement and Instrumentation)	33
6	विद्युत अवयव (Electrical Components)	41
7	इंडक्शन मोटर (Induction Motor)	51
8	केबल्स (Cables)	57
9	वितरण प्रणाली (Distribution Systems)	62
10	अर्थिंग एवं ग्राउंडिंग सिस्टम (Earthing and Grounding Systems)	69
11	वितरण लाइन के अवयव (Distribution Line Components)	76
12	ट्रांसफॉर्मर (Transformers)	80
13	सिंक्रोनस मशीनें (Synchronous Machines)	89
14	सुरक्षा एवं स्विचगियर (Protection and Switchgear)	95
15	विद्युत शक्ति प्रणाली एवं संचरण रेखाएँ ((Power Systems and Transmission Lines))	103
16	विद्युत आकलन, लागत निर्धारण एवं वितरण डिज़ाइन (Electrical Estimation, Costing & Distribution Design)	109

1 CHAPTER इंजीनियरिंग ड्रॉइंग (Engineering Drawing)

1.1 इंजीनियरिंग ड्रॉइंग का परिचय (Introduction to Engineering Drawing)

परिभाषा (Definition):

इंजीनियरिंग ड्रॉइंग (Engineering Drawing) इंजीनियरों की **ग्राफिकल भाषा (Graphical Language)** है, जिसके माध्यम से किसी **डिज़ाइन (Design)**, **लेआउट (Layout)**, या **यांत्रिक व विद्युत प्रणाली (Mechanical & Electrical Systems)** के कार्य व संरचना को रेखाचित्रों (Drawings) के रूप में प्रदर्शित किया जाता है।

विद्युत अभियंत्रण में महत्त्व (Importance in Electrical Engineering):

- विद्युत परिपथ (Electrical Circuit) और उपकरणों की व्यवस्था को समझने में सहायता करता है।
- स्थापना (Installation), वायरिंग (Wiring), रख-रखाव (Maintenance), तथा दोष पता लगाने (Fault Finding) के लिए आवश्यक है।
- यह अभियंताओं (Engineers) और तकनीशियनों (Technicians) के बीच एक **सार्वभौमिक संप्रेषण माध्यम (Universal Method of Communication)** प्रदान करता है।

1.2 विद्युत अभियंत्रण में प्रयुक्त ड्रॉइंग के प्रकार (Types of Drawings in Electrical Engineering)

प्रकार (Type)	विवरण (Description)	उदाहरण (Examples)
ब्लॉक डायग्राम (Block Diagram)	किसी प्रणाली की रूपरेखा को ब्लॉकों व तीरों द्वारा दर्शाता है।	उपकेंद्र लेआउट (Substation Layout), जनन केंद्र (Generation Layout)
सिंगल लाइन डायग्राम (Single Line Diagram – SLD)	तीन-फेज़ प्रणाली (3-Phase System) को एक रेखा द्वारा सरल रूप में दर्शाता है।	पावर वितरण प्रणाली (Power Distribution System), HT/LT पैनल
वायरिंग डायग्राम (Wiring Diagram)	उपकरणों की वास्तविक स्थिति और कनेक्शन दिखाता है।	घरेलू वायरिंग (House Wiring), मशीन वायरिंग (Machine Wiring)
स्कीमैटिक डायग्राम (Schematic Diagram)	परिपथ के तर्क (Logic) और विद्युत प्रवाह (Electrical Flow) को प्रदर्शित करता है।	नियंत्रण परिपथ (Control Circuits), रिले लॉजिक डायग्राम
पिक्टोरियल डायग्राम (Pictorial Diagram)	वास्तविक उपकरणों के समान रेखाचित्र।	प्रशिक्षण हेतु उपकरण लेआउट (Equipment Layout for Training)

1.3 मूल ड्रॉइंग अवधारणाएँ (Basic Drawing Concepts)

ड्रॉइंग उपकरण (Drawing Instruments):

- ड्रॉइंग बोर्ड (Drawing Board), टी-स्क्वायर (T-Square), सेट स्क्वायर (Set Squares), कम्पास (Compass), डिवाइडर (Divider), स्केल (Scale), पेंसिल (2H–HB), रबर (Eraser)
- आधुनिक उपकरण (Modern Tools): **AutoCAD, EPLAN, SolidWorks Electrical**

रेखाओं के प्रकार (Types of Lines):

प्रकार (Type of Line)	स्वरूप (Appearance)	उपयोग (Use)
निरंतर मोटी रेखा (Continuous Thick)	———	दृश्य सीमाएँ (Visible Outlines)
डैश रेखा (Dashed Thin)	– – – –	छिपे भाग (Hidden Parts)
चैन रेखा (Chain Thin)	—·—·—	केंद्र रेखा (Center Lines)
ज़िगज़ैग रेखा (Zigzag Line)	Z Z Z	लम्बे घटक में ब्रेक (Break in Long Component)
तीर रेखा (Arrow Line)	→	आयाम की दिशा (Dimension Direction)

अक्षरांकन (Lettering):

- मानक आकार (Standard Sizes): 2.5 mm, 3.5 mm, 5 mm (IS:9609 अनुसार)
- स्पष्टता हेतु बड़े अक्षरों (Uppercase Letters) का उपयोग किया जाता है।

आयामीकरण (Dimensioning):

- प्रत्येक घटक (Component) को उचित माप (Size) और अनुपात (Scale) के साथ दर्शाया जाना चाहिए।
- इकाई (Unit): मिलीमीटर (mm) – BIS मानक के अनुसार।

1.4 ड्रॉइंग में प्रयुक्त स्केल (Scales Used in Drawing)

उद्देश्य (Purpose):

बड़े उपकरणों या लेआउट को कागज़ पर **अनुपातिक रूप में (Proportionally)** दर्शाने हेतु स्केल का प्रयोग किया जाता है।

प्रकार (Type)	उपयोग (Use)	उदाहरण (Example)
Plain Scale (साधारण स्केल)	रैखिक माप हेतु	1 cm = 1 m
Diagonal Scale (आड़ी स्केल)	दशमलव तक सटीक मापन हेतु	मशीन भागों में
Vernier Scale (वर्नियर स्केल)	अत्यंत सूक्ष्म माप हेतु	मशीन घटकों में

उदाहरण:

यदि किसी 33/11 kV उपकेंद्र (Substation) का लेआउट 30 m × 20 m है, तो ड्रॉइंग स्केल हो सकता है: **1 cm = 2 m**

1.5 मानक विद्युत प्रतीक (Standard Electrical Symbols – IS:2032)

(a) पावर सप्लाई और कंडक्टर (Power Supply & Conductors):

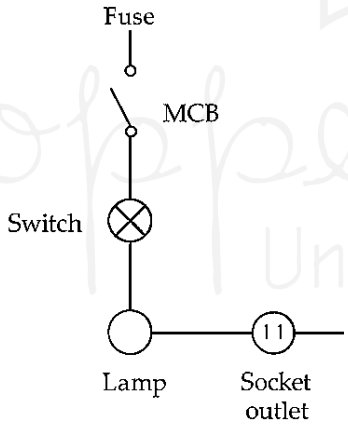
- ✓ लाइन (Line): ———
- ✓ अर्थ (Earth): ⏚
- ✓ न्यूट्रल (Neutral): ⏚⏚
- ✓ सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker): ⎍⎍
- ✓ बस बार (Bus Bar): = = =

(b) घटक (Components):

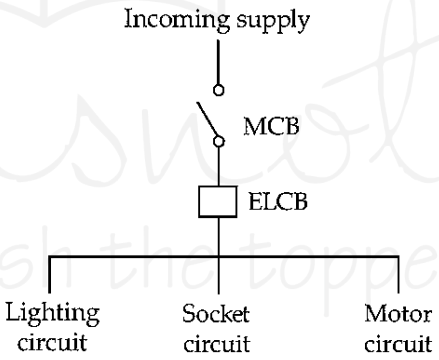
घटक (Component)	प्रतीक (Symbol)
रेसिस्टर (Resistor)	Zigzag Line
कैपेसिटर (Capacitor)	Two Parallel Lines
इंडक्टर (Inductor)	Coil Symbol
ट्रांसफार्मर (Transformer)	Two Coils with Core
लैम्प (Lamp)	Circle with Cross
मोटर (Motor)	M in Circle
एमीटर (Ammeter)	A in Circle
वोल्टमीटर (Voltmeter)	V in Circle
फ्यूज़ (Fuse)	Rectangle with Diagonal Line
स्विच (Switch)	Simple Break Line
प्लग सॉकेट (Plug Socket)	Two Parallel Lines
बैटरी (Battery)	Long and Short Lines

(c) अर्थिंग व सुरक्षा (Earthing & Protection):

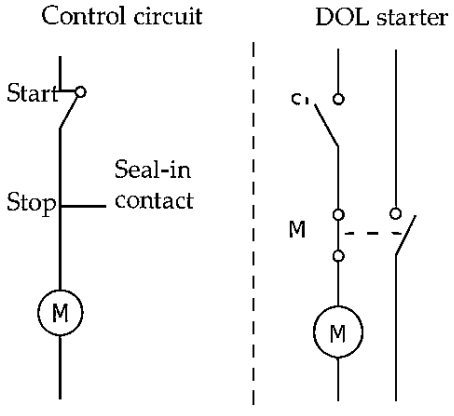
- ✓ अर्थ इलेक्ट्रोड (Earth Electrode): सीधी रेखा के नीचे तीन क्षैतिज रेखाएँ।
- ✓ लाइटनिंग अरेस्टर (Lightning Arrestor): नीचे की ओर तीर (Arrow Downward)।
- ✓ सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker): दो बिंदु और बीच में आर्क (Arc Symbol)।



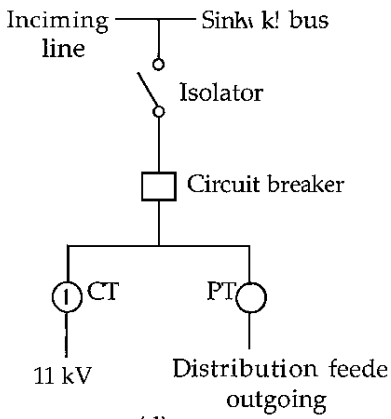
(a)



(b)



(c)



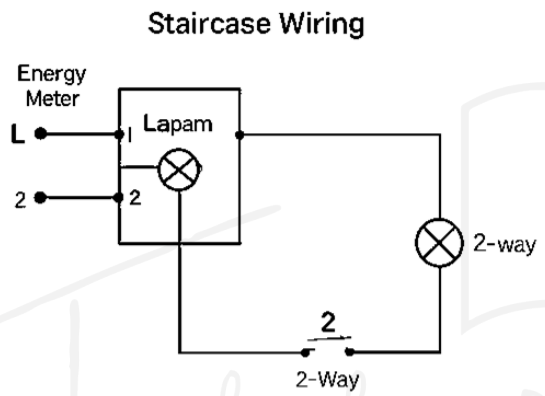
(d)

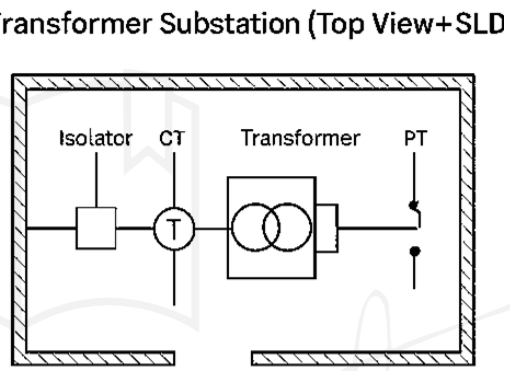
1.6 विद्युत आरेख (Electrical Diagrams – Practical)

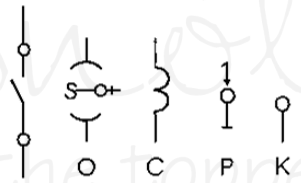
1. **घरेलू वायरिंग (Domestic Wiring Diagram):**
   घटक – स्विच (Switch), सॉकेट (Socket), लैम्प होल्डर (Lamp Holder), फ्यूज़ (Fuse), MCB, ऊर्जा मीटर (Energy Meter)

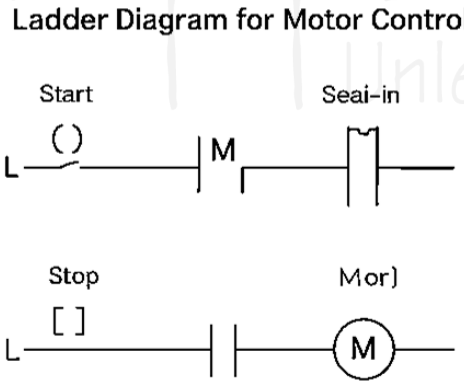
   सर्किट –
   - ✓ एक लैम्प एक स्विच से नियंत्रित
   - ✓ सीढ़ी वायरिंग (Staircase Wiring – Two-way Switch)
   - ✓ सॉकेट कनेक्शन (Socket Connection)

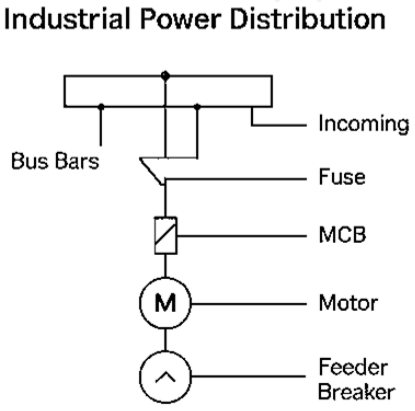
   कंडक्टर कलर कोड (Color Code):
   - ✓ फेज़ (Phase): लाल, पीला, नीला
   - ✓ न्यूट्रल (Neutral): काला
   - ✓ अर्थ (Earth): हरा











2. **डिस्ट्रिब्यूशन बोर्ड लेआउट (Distribution Board Layout):**
   - ✓ मुख्य बोर्ड में – इनकमिंग सप्लाई → MCB → ELCB → वितरण लाइनें
   - ✓ सब-सर्किट – लाइटिंग, सॉकेट, मोटर सर्किट
   - ✓ बस बार, न्यूट्रल लिंक, अर्थ लिंक का प्रयोग दर्शाया जाता है।

3. मोटर नियंत्रण परिपथ (Motor Control Circuit – DOL Starter):

- ✓ घटक – कॉन्टेक्टर (Contactor), रिले (Relay), ओवरलोड (Overload), स्टार्ट/स्टॉप बटन (Start/Stop Push Button)
- ✓ नियंत्रण परिपथ (Control Circuit):
  - Start PB → Contactor Coil → Overload Relay → Stop PB
  - समानांतर रूप में इंडिकेशन लैम्प (Indication Lamp) जोड़ा जाता है।
- ✓ पावर सर्किट (Power Circuit):
  - Supply → Contactor → Thermal Overload → Motor Terminals

4. उपकेंद्र लेआउट (Substation Layout – 33/11 kV):

- ✓ इनकमिंग लाइन (33 kV)
- ✓ आइसोलेटर (Isolator)
- ✓ सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker)
- ✓ CT, PT
- ✓ पावर ट्रांसफार्मर (Power Transformer)
- ✓ 11 kV बस (Bus)
- ✓ वितरण फीडर (Distribution Feeder Outgoing)

5. लैडर डायग्राम (Ladder Diagram for Motor Control):

प्रतीक (Symbol)	विवरण (Description)
[ ]	संपर्क (Contact – खुला/बंद)
( )	कॉइल या लोड (Coil or Load)

उदाहरण:

Start → Seal-in Contact → Coil M

Stop → Normally Closed Contact

1.7 ऑटो-कैड / डिजिटल ड्रॉइंग की मूल बातें (AutoCAD / Digital Drawing Basics)

प्रमुख सॉफ्टवेयर (Common Software Tools):

- ➢ AutoCAD Electrical
- ➢ EPLAN Electric P8
- ➢ SolidWorks Electrical
- ➢ ETAP (Simulation हेतु)

सामान्य AutoCAD Commands:

Command	Function
LINE	सीधी रेखा बनाना
CIRCLE	वृत्त बनाना
COPY	वस्तु की प्रतिलिपि बनाना
MOVE	वस्तु को स्थानांतरित करना
TRIM	अतिरिक्त भाग हटाना
OFFSET	समानांतर रेखा बनाना
LAYER	परिपथ के लिए लेयर प्रबंधन
BLOCK	घटकों को समूहित करना

मानक शीट आकार (Standard Drawing Sheet Sizes – ISO):

शीट (Sheet)	आकार (mm)
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

1.8 विद्युत ड्रॉइंग में प्रचलित परंपराएँ (Common Conventions Used in Electrical Drawings)

परंपरा (Convention)	अर्थ (Meaning)
बिंदु रेखा (Dotted Line)	छिपी हुई वायरिंग (Hidden Wiring)
चौराहा पर क्रॉस (Cross at Intersection)	कंडक्टर आपस में जुड़े हैं (Conductors Joined)
जंप या ब्रिज (Jump or Bridge)	कंडक्टर आपस में जुड़े नहीं हैं (Conductors Not Connected)
तीर (Arrow)	धारा की दिशा (Direction of Current Flow)
आयताकार बॉक्स (Rectangular Box)	नियंत्रण उपकरण (Control Device)
वृत्त (Circle)	मापन या संकेतक उपकरण (Measuring or Indicating Device)

1.9 विद्युत ड्रॉइंग में सुरक्षा (Safety in Electrical Drawings)

- प्रत्येक परिपथ में अर्थ (Earth Connection) को स्पष्ट रूप से दिखाना चाहिए।
- हर सर्किट में फ्यूज़ (Fuse) या MCB का उल्लेख अनिवार्य है।
- फेज़ (Phase) और न्यूट्रल (Neutral) को अलग-अलग चिन्हित करें।
- वोल्टेज स्तर (Voltage Levels) जैसे 230V AC, 415V AC आदि को स्पष्ट रूप से अंकित करें।
- AutoCAD या अन्य सॉफ्टवेयर में कलर कोडिंग (Color Coding) का सही उपयोग करें।

1.10 संक्षिप्त टिप्पणियाँ / एक-पंक्ति उत्तर (Short Notes / One-Liners)

प्रश्न (Question)	उत्तर (Answer)
SLD क्या है?	तीन-फेज़ सर्किट का एक-रेखीय (Single Line) सरलीकृत चित्रण।
⏚ प्रतीक क्या दर्शाता है?	अर्थ या ग्राउंड कनेक्शन।
न्यूट्रल तार का रंग क्या होता है?	काला या नीला।
लैडर डायग्राम का उपयोग किस लिए होता है?	अनुक्रमिक नियंत्रण सर्किट (Sequential Control Circuits) दर्शाने हेतु।
विद्युत प्रतीकों का IS कोड क्या है?	IS:2032
विद्युत ड्रॉइंग के लिए कौन-सा सॉफ्टवेयर प्रयुक्त होता है?	AutoCAD Electrical, EPLAN आदि।

वस्तुनिष्ठ प्रश्न (Objective Questions)

1. विद्युत प्रतीकों का IS कोड क्या है?

(a) IS:732 (b) IS:3043 (c) IS:2032 (d) IS:1234

उत्तर: (c) IS:2032

2. वह परिपथ जो केवल लॉजिक प्रवाह व कनेक्शन दर्शाता है –

(a) Wiring Diagram (b) Block Diagram

(c) Schematic Diagram (d) Layout Diagram

उत्तर: (c)

3. अर्थ वायर (Earth Wire) का रंग है –

(a) लाल (b) हरा (c) पीला (d) नीला

उत्तर: (b)

4. स्केल 1 cm = 2 m का प्रकार है –

(a) Reduced Scale (b) Enlarged Scale (c) Full Scale (d) None

उत्तर: (a)

5. रेसिस्टर का प्रतीक क्या है?

(a) Circle with Cross (b) Zigzag Line

(c) Two Parallel Lines (d) Coil

उत्तर: (b)

Statement-Based Questions (सही / गलत प्रकार के प्रश्न)

1. इंजीनियरिंग ड्रॉइंग केवल मैकेनिकल इंजीनियरिंग में उपयोग होती है।

   गलत, यह सभी अभियंत्रण शाखाओं में प्रयुक्त होती है।

2. Zigzag रेखा ड्रॉइंग में किसी लंबी वस्तु में ब्रेक दर्शाने हेतु होती है।

   सही

3. Dashed रेखा का प्रयोग दृश्यमान भागों के लिए होता है।

   गलत, यह छिपे भागों के लिए होती है।

4. लैडर डायग्राम का उपयोग लेआउट दिखाने हेतु होता है।

   गलत, यह लॉजिक अनुक्रम दर्शाता है।

5. न्यूट्रल तार का रंग हरा होता है।

   गलत, न्यूट्रल का रंग काला या नीला होता है।

Toppersnotes Unleash the topper in you

सारांश पत्रक – त्वरित पुनरावृत्ति (Summary Sheet – Quick Revision)

संकल्पना (Concept)	प्रमुख बिंदु / मानक (Key Points / Standard)
परिभाषा	इंजीनियरिंग ड्रॉइंग अभियंत्रण की सार्वभौमिक ग्राफिकल भाषा है।
महत्त्व	डिजाइन, इंस्टॉलेशन, वायरिंग और रखरखाव में प्रयोग।
मुख्य प्रकार	Block, Single Line Diagram (SLD), Wiring, Schematic, Pictorial.
प्रतीकों का मानक	IS:2032 (Electrical Symbols)
वायरिंग इंस्टॉलेशन मानक	IS:732
रेखाओं के प्रकार	Continuous – दृश्यमान, Dashed – छिपे भाग, Chain – केंद्र रेखा
अक्षरांकन	Uppercase अक्षर, 2.5 mm / 3.5 mm / 5 mm (IS:9609)
स्केल	Plain, Diagonal, Vernier
सामान्य आरेख	Domestic Wiring, Distribution Board, DOL Starter, Substation Layout, Ladder Diagram
रंग कोड (Color Code)	Phase – लाल/पीला/नीला, Neutral – काला/नीला, Earth – हरा
प्रमुख घटक	Switch, Fuse, MCB, ELCB, Socket, Lamp, Contactor, Relay, Transformer, CT, PT
कंट्रोल सर्किट	Start/Stop बटन, Contactor Coil, Overload Relay
लैडर डायग्राम	Logic क्रम; ( ) Coil, [ ] Contact
Substation SLD	Isolator, CB, CT, PT, Transformer, Bus Bar, Feeder
AutoCAD Commands	LINE, TRIM, OFFSET, LAYER, MOVE, COPY, CIRCLE, BLOCK
ड्रॉइंग शीट आकार	A0 – 841×1189 mm, A1 – 594×841 mm, A2 – 420×594 mm, A3 – 297×420 mm, A4 – 210×297 mm
सुरक्षा नियम	Fuse/MCB, Neutral, Earth व Voltage Levels को स्पष्ट दर्शाएँ।
सामान्य त्रुटियाँ	लेबल का अभाव, गलत प्रतीक, गलत स्केल, अर्थिंग का अभाव
डिजिटल टूल्स	AutoCAD Electrical, EPLAN, SolidWorks Electrical, ETAP
SLD का उद्देश्य	तीन-फेज़ प्रणाली का सरलीकृत एक-रेखीय चित्रण

2 CHAPTER वर्कशॉप कैलकुलेशन एवं साइंस (Workshop Calculation & Science)

2.1 परिचय (Introduction)

वर्कशॉप कैलकुलेशन एवं साइंस (Workshop Calculation & Science) एक ऐसा विषय है जो **गणित (Mathematics)**, **भौतिक विज्ञान (Physics)** तथा **व्यावहारिक विद्युत अनुप्रयोगों (Practical Electrical Applications)** को एकीकृत करता है। यह प्रत्येक विद्युत इंजीनियर के लिए क्षेत्र कार्य (Field Work) जैसे **डिज़ाइन, कॉस्टिंग, टेस्टिंग, इंस्टॉलेशन** आदि में आवश्यक ज्ञान प्रदान करता है।

महत्त्व:

- केबल की लंबाई (Length) और आकार (Size) का निर्धारण।
- पावर लॉस (Power Loss) का अनुमान।
- अर्थिंग (Earthing) और रेज़िस्टेंस (Resistance) की गणना।
- पैनल डिज़ाइन, लोड संतुलन (Load Balancing) और मोटर चयन।
- वायरिंग सिस्टम (Wiring System) का डिज़ाइन।
- ऊर्जा (Energy), लागत (Cost) और हानियों (Losses) की गणना।
- फिल्ड सेट-अप (Field Setup) का परीक्षण और अनुमान (Testing & Estimation)।

2.2 विद्युत विज्ञान के मूलभूत सिद्धांत (Fundamentals of Electrical Science)

मूल राशियाँ (Basic Quantities):

मात्रा (Quantity)	प्रतीक (Symbol)	इकाई (Unit)	सूत्र (Formula)
वोल्टेज (Voltage)	V	वोल्ट (V)	—
धारा (Current)	I	एम्पीयर (A)	—
रोध (Resistance)	R	ओम (Ω)	—
शक्ति (Power)	P	वाट (W)	—
ऊर्जा (Energy)	E	किलोवाट-घंटा (kWh)	—

(1) ओम का नियम (Ohm's Law):

$$V = IR$$

जहाँ V = वोल्टेज (Volt), I = धारा (Ampere), R = रोध (Ohm, Ω)

स्पष्टीकरण:

जब किसी चालक (Conductor) के पार वोल्टेज बढ़ाया जाता है तो धारा भी उसी अनुपात में बढ़ती है (यदि तापमान स्थिर रहे)। इसका उपयोग रेसिस्टर डिज़ाइन, सर्किट करंट और फ्यूज़ चयन में किया जाता है।

उदाहरण:

12 V बैटरी को 6 Ω रेसिस्टर से जोड़ा गया है ⇒

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{6} = 2A$$

(2) शक्ति के समीकरण (Power Equations):

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

जहाँ P = शक्ति (W), V = वोल्टेज, I = धारा, R = रोध

स्पष्टीकरण:

विद्युत शक्ति इस बात का माप है कि प्रति सेकंड कितनी ऊर्जा परिवर्तित हो रही है। यह मोटर चयन, ऊर्जा बिलिंग और हानि विश्लेषण में महत्वपूर्ण है।

उदाहरण:

230 V का बल्ब 0.5 A धारा खींचता है → P = 230×0.5 = 115 W

(3) ऊर्जा का समीकरण (Energy Formula):

$$E = P \times t$$

जहाँ E = ऊर्जा (J या kWh), P = शक्ति (W या kW), t = समय (sec या hr)

1 kWh = 3.6×10^6 J

उदाहरण:

2 kW हीटर 3 घंटे तक चलता है → E = 2×3 = 6 kWh

यदि दर ₹6 प्रति यूनिट है → कुल लागत = ₹36

(4) किर्कहॉफ के नियम (Kirchhoff's Laws):

(a) धारा नियम (KCL):

किसी नोड (Node) में प्रवेश करने वाली धाराओं का योग = निकलने वाली धाराओं का योग।

(b) वोल्टेज नियम (KVL):

किसी बंद लूप (Closed Loop) में सभी वोल्टेजों का बीजीय योग = 0।

उपयोग: मल्टी-लूप सर्किट के विश्लेषण (Analysis of Complex Circuits) में।

(5) दक्षता का समीकरण (Efficiency Equation):

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

उदाहरण:

यदि मोटर को 1000 W इनपुट मिलता है और आउटपुट 850 W है →

$$\eta = \frac{850}{1000} \times 100 = 85\%$$

(6) पावर फैक्टर (Power Factor – pf):

$$pf = \cos\phi$$

जहाँ φ = वोल्टेज और धारा के बीच फेज़ कोण

अर्थ:

pf = 1 → शुद्ध प्रतिरोधी लोड (Resistive Load)

pf < 1 → इंडक्टिव या कैपेसिटिव लोड

कम pf → अधिक हानि और कम दक्षता, अतः कैपेसिटर से सुधार किया जाता है।

उदाहरण:

1000 W मोटर 5 घंटे चलती है → कुल ऊर्जा = 1000×5 = 5 kWh

2.3 विद्युत अनुप्रयोगों हेतु मूलभूत गणित (Basic Mathematics for Electrical Applications)

गणितीय अवधारणाएँ (Mathematical Concepts) विद्युत परिपथों के डिज़ाइन, गणना, तथा व्यावहारिक अनुप्रयोगों के लिए अत्यंत आवश्यक हैं। नीचे दी गई गणनाएँ MPPSC परीक्षा के लिए प्रमुख हैं।

(A) अनुपात एवं समानुपात (Ratio & Proportion)

उपयोग:

ट्रांसफॉर्मर (Transformer) और ऑटो-ट्रांसफॉर्मर (Auto-Transformer) के वोल्टेज अनुपात तथा टर्न अनुपात निकालने में।

समीकरण:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

जहाँ

V_1, V_2 = प्राइमरी और सेकेंडरी वोल्टेज

N_1, N_2 = टर्न्स की संख्या

उदाहरण:

यदि 230/115 V ट्रांसफॉर्मर के सेकेंडरी में 200 टर्न हैं, तो

$$N_1 = \frac{230 \times 200}{115} = 400 \text{ टर्न}$$

(B) प्रतिशत एवं लाभ (Percentage & Profit)

उपयोग:

सामग्री लागत (Material Costing) व ऊर्जा बचत (Energy Saving) की गणना में।

उदाहरण:

1000 W हीटर की दक्षता (Efficiency) 85% है।

हानि = (100 – 85)% = **15%**

अर्थात 150 W ऊर्जा गर्मी के रूप में नष्ट हो रही है।

(C) साधारण ब्याज (Simple Interest)

सूत्र:

$$I = \frac{P \times R \times T}{100}$$

जहाँ

P = मूलधन (Principal), R = ब्याज दर (%), T = समय (वर्ष)

उदाहरण:

₹10,000 पर 10% ब्याज दर से 2 वर्षों में ब्याज =

$$I = \frac{10000 \times 10 \times 2}{100} = ₹2000$$

(D) क्षेत्रफल व आयतन (Mensuration)

आकृति (Shape)	क्षेत्रफल (Area)	आयतन (Volume)
आयत (Rectangle)	L × B	–
त्रिभुज (Triangle)	½ × Base × Height	–
वृत्त (Circle)	πr^2	–
बेलन (Cylinder)	–	$\pi r^2 h$

उदाहरण:

स्टील की छड़ (Steel Rod) लंबाई 2 m, व्यास 2 cm →

$$r = 1\ cm\ = 0.01m$$

$$V = \pi r^2 h = 3.14 \times (0.01)^2 \times 2 = 6.28 \times 10^{-4} m^3$$

(E) त्रिकोणमिति (Trigonometry)

विद्युत पोल (Pole) या वायरिंग इंस्टॉलेशन में ऊँचाई या दूरी निकालने हेतु।

सूत्र:

$$\tan\theta = \frac{\text{ऊँचाई (Height)}}{\text{छाया (Shadow)}}$$

उदाहरण:

10 m ऊँचे पोल की छाया 5.8 m है।

$$\tan\theta = \frac{10}{5.8} = 1.724 \Rightarrow \theta = 60°$$

2.4 विद्युत सामग्री विज्ञान (Electrical Material Science)

गुण (Property)	अर्थ (Meaning)	सूत्र / इकाई (Formula / Unit)	उदाहरण (Example)
चालकता (Conductivity, σ)	धारा को प्रवाहित करने की क्षमता	S/m	Cu: 5.8×10^7 S/m
रोधकता (Resistivity, ρ)	प्रति लंबाई व क्षेत्रफल पर रोध	Ω·m	—
ताप गुणांक (Temperature Coefficient, α)	प्रति °C R का परिवर्तन	1/°C	Cu: 0.00428/°C
पारगम्यता (Permittivity, ε)	विद्युत क्षेत्र में ऊर्जा भंडारण	F/m	Air = 8.85×10^{-12}
चुंबकीय पारगम्यता (Permeability, μ)	चुंबकीय क्षेत्र वहन करने की क्षमता	—	Iron = High μ
डाइलेक्ट्रिक शक्ति (Dielectric Strength)	टूटने से पहले वोल्टेज सहन क्षमता	kV/mm	Mica > Rubber
इन्सुलेशन रोध (Insulation Resistance)	कंडक्टर व अर्थ के बीच उच्च रोध	MΩ	—

चालक (Conductors):

धातु (Metal)	रोधकता (Ω·m $\times10^{-8}$)	टिप्पणी (Comments)
सिल्वर (Silver)	1.59	सर्वश्रेष्ठ चालक, महंगा
कॉपर (Copper)	1.68	मानक चालक
एल्यूमिनियम (Aluminum)	2.82	हल्का, सस्ता
आयरन (Iron)	9.71	उच्च रोधकता

सामान्य उपयोग:

- **Copper:** आंतरिक वायरिंग में
- **Aluminum:** वितरण लाइनों में
- **Silver:** परिशुद्ध यंत्रों (Precision Instruments) में

इन्सुलेटिंग सामग्री (Insulating Materials):

प्रकार (Type)	उदाहरण (Examples)	उपयोग (Application)
ठोस (Solid)	PVC, मिका (Mica), रबर	वायरिंग, ट्रांसफार्मर
द्रव (Liquid)	ट्रांसफार्मर ऑयल	ठंडक व इन्सुलेशन
गैसीय (Gaseous)	SF_6, हवा (Air)	सर्किट ब्रेकर

2.5 विद्युतचुंबकीय सिद्धांत (Electromagnetic Principles)

(1) कूलॉम का नियम (Coulomb's Law):

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

जहाँ F = बल (N), q_1, q_2 = आवेश (C), r = दूरी (m), $k = 9\times10^9\ N\cdot m^2/C^2$

निष्कर्ष:

बल आवेशों के गुणनफल के समानुपाती तथा दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

(2) चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता (Magnetic Field Intensity):

$$H = \frac{NI}{L}$$

जहाँ H = Magnetizing Force (A/m), N = टर्न्स, I = धारा, L = चुंबकीय पथ की लंबाई

फ्लक्स घनत्व (Flux Density):

$$B = \mu H$$

(3) फैराडे का विद्युतचुंबकीय प्रेरण नियम (Faraday's Law of Electromagnetic Induction):

$$e = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

जहाँ e = प्रेरित ईएमएफ (Induced EMF), N = टर्न्स, Φ = चुंबकीय फ्लक्स (Weber), t = समय

उदाहरण:

100 टर्न्स की कॉइल में 0.02 Wb फ्लक्स 0.1 सेकंड में परिवर्तित होता है →

$$e = -\frac{100\times0.02}{0.1} = -20V$$

(ऋण चिन्ह दर्शाता है कि प्रेरित धारा मूल कारण का विरोध करती है – Lenz's Law)

(4) लेन्ज़ का नियम (Lenz's Law):

प्रेरित ईएमएफ (Induced EMF) की दिशा सदैव उस परिवर्तन का विरोध करती है जिससे वह उत्पन्न हुई हो।

उपयोग: ब्रेकिंग सिस्टम, इंडक्शन मोटर।

2.6 विद्युत धारा का ऊष्मीय प्रभाव (Heating Effect of Electric Current)

जूल का नियम (Joule's Law):

$$H = I^2Rt$$

जहाँ H = ऊष्मा ऊर्जा (J), I = धारा (A), R = रोध (Ω), t = समय (s)

अवधारणा:

जब धारा किसी रोधक से गुजरती है तो विद्युत ऊर्जा ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है।

उपयोग: इलेक्ट्रिक आयरन, हीटर, टोस्टर, बल्ब, सोल्डरिंग आयरन आदि।

उदाहरण:

यदि 2 A धारा 5 Ω रेसिस्टर से 10 सेकंड प्रवाहित होती है →

$$H = I^2Rt = 2^2 \times 5 \times 10 = 200J$$

2.7 वर्कशॉप गणनाएँ (Workshop Mathematics)

1. अनुपात एवं समानुपात (Ratio & Proportion)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

2. साधारण ब्याज (Simple Interest)

$$I = \frac{PRT}{100}$$

3. मापन (Mensuration)

वृत्त का क्षेत्रफल = πr^2

बेलन का आयतन = $\pi r^2 h$

उदाहरण:

10 cm व्यास वाले वृत्ताकार तांबे के प्लेट का क्षेत्रफल

$$r = 5cm \Rightarrow A = 3.14 \times 25 = 78.5cm^2$$

4. त्रिकोणमिति (Trigonometry)

$$\tan\theta = \frac{\text{Height}}{\text{Shadow}}$$

उदाहरण:

8 m ऊँचे पोल की छाया 4.6 m →

$$\tan\theta = \frac{8}{4.6} = 1.739 \Rightarrow \theta = 60°$$

2.8 सुरक्षा एवं अर्थिंग गणनाएँ (Safety & Earthing Calculations)

अर्थ इलेक्ट्रोड का रोध (Resistance of Earth Electrode):

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\frac{4L}{d}$$

जहाँ

R = अर्थ रोध (Ω), ρ = मृदा रोधकता (Ω·m), L = लंबाई, d = व्यास

मानक मान (Standard Values):

- उपकेंद्र अर्थिंग: ≤ 0.5 Ω
- घरेलू अर्थिंग: ≤ 1 Ω

इन्सुलेशन रोध (Insulation Resistance):

मापन उपकरण: मेगर (Megger)

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

जहाँ V = टेस्ट वोल्टेज (V), I = लीकेज करंट (A)

स्वीकृत सीमा: ≥ 1 MΩ (सुरक्षित संचालन के लिए)

व्यावहारिक गणनाएँ (Practical Calculations):

1. **धारा (Current) की गणना (3-Phase):**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\phi}$$

उदाहरण: 10 kW, 415 V, pf = 0.8

$$I = \frac{10000}{1.732 \times 415 \times 0.8} = 17.4A$$

2. **वोल्टेज ड्रॉप (Voltage Drop):**

$$V_d = I \times R \times L$$

3. **पावर लॉस (Power Loss):**

$$P_L = I^2R$$

हानियाँ धारा के वर्ग के समानुपाती होती हैं; अतः मोटी केबल का चयन आवश्यक है।

4. **यूनिट परिवर्तन (Unit Conversion):**

मात्रा (Quantity)	**रूपांतरण (Conversion)**
Power	1 W = 1 J/s
Energy	1 kWh = 3.6×10^6 J
Time	1 hr = 3600 s
Current	1 A = 1000 mA
Resistance	1 kΩ = 1000 Ω
Power	1 HP = 746 W = 0.746 kW
Length	1 m = 1000 mm

2.9 व्यावहारिक वर्कशॉप गणनाएँ (Practical Workshop Calculations)

1. **केबल आकार चयन (Cable Size Selection):**
   - ✓ 10 kW, 3-Phase, 415 V, pf = 0.8 → I = 17.4 A
   - ✓ उपयुक्त केबल: 2.5 mm^2 Cu
2. **वोल्टेज ड्रॉप:**
   - ✓ 20 A, 100 m लंबी केबल, R = 0.018 Ω/m →

$$V_d = IRL = 20 \times 0.018 \times 100 = 36V$$

3. **पावर लॉस:**

$$P = I^2R = 20^2 \times 1.8 = 720W$$

2.10 संक्षिप्त सूत्र सारणी (Short Notes / Formulae Summary)

अवधारणा (Concept)	**सूत्र (Formula)**	**इकाई (Unit)**
ओम का नियम	V = IR	V
शक्ति	P = VI	W
ऊर्जा	E = P × t	J या kWh
दक्षता	η = (Output/Input)×100	%

अवधारणा (Concept)	सूत्र (Formula)	इकाई (Unit)
ऊष्मीय प्रभाव	$H = I^2Rt$	J
फ्लक्स	$\Phi = B \times A$	Wb
ट्रांसफॉर्मर EMF	$E = 4.44\ f\ N\ \Phi_m$	V

महत्त्वपूर्ण संबंध (Key Relations):

अवधारणा (Concept)	समीकरण (Equation)	विस्तारित रूप (Expanded Form)
Power Factor	$\cos\varphi = kW/kVA$	—
Magnetic Flux	$\Phi = B \times A$	Flux = Flux Density × Area
EMF	$e = -N\ d\Phi/dt$	EMF = दर परिवर्तन × टर्न्स

वस्तुनिष्ठ प्रश्न (Objective Questions)

1. ओम का नियम किस पर लागू होता है?
   (a) Non-linear circuit (b) Magnetic circuit
   (c) Linear circuit (d) Capacitor circuit

उत्तर: (c)

2. रोधकता (Resistivity) की SI इकाई क्या है?
   (a) Ω (b) Ω·m (c) Ω/cm (d) mho

उत्तर: (b)

3. एक किलोवाट-घंटा = ?
   (a) 360 J (b) 3600 J (c) 3.6×10^6 J (d) 36×10^6 J

उत्तर: (c)

4. प्रेरित EMF परिवर्तन के विरोध में कार्य करता है – यह किस नियम से ज्ञात होता है?
   (a) Faraday (b) Coulomb (c) Lenz (d) Fleming

उत्तर: (c)

5. पावर फैक्टर की इकाई –
   (a) kVA (b) kW (c) None (d) kVAR

उत्तर: (c)

6. कॉपर की रोधकता एल्यूमिनियम से –
   (a) अधिक (b) कम (c) समान (d) असमान

उत्तर: (b)

7. आदर्श मशीन की दक्षता –
   (a) 0 (b) 1 (c) 100% (d) <1

उत्तर: (c)

8. DC की आवृत्ति (Frequency) –
   (a) 0 (b) 50 (c) 60 (d) 100

उत्तर: (a)

9. अर्थ रोध (Earth Resistance) होना चाहिए –

(a) उच्च (b) मध्यम (c) निम्न (d) बहुत उच्च

उत्तर: (c)

10. 1 HP = ? kW

(a) 0.746 (b) 1 (c) 1000 (d) 0.5

उत्तर: (a)

Statement-Based Questions (सही / गलत प्रकार के प्रश्न)

1. ओम का नियम केवल चुंबकीय परिपथों पर लागू होता है। – **गलत**
2. Lenz का नियम EMF की दिशा बताता है। – **सही**
3. ऊर्जा = शक्ति × समय होता है। – **सही**
4. पावर फैक्टर की इकाई kVA है। – **गलत**
5. 1 kWh = 3.6×10^6 J होता है। – **सही**
6. आदर्श मशीन की दक्षता 100% होती है। – **सही**
7. तापमान बढ़ने पर तांबे का रोध बढ़ता है। – **सही**
8. अर्थिंग का रोध जितना अधिक हो उतना अच्छा होता है। – **गलत**

Toppersnotes
Unleash the topper in you