UNIT-3

DC Motor

> **परिचय** (Introduction) :- मोटर वह मशीन होती है, जो विद्युत उर्जा को यांत्रिक उर्जा में बदलती है। दिष्ट धारा मोटर (DC motor) दिष्ट धारा जनित्र के जैसी ही संरचना वाली होती है। मोटर का प्रयोग प्राय: उन स्थानों पर किया जाता है, जहाँ धूल, नमी, धुँआ तथा यांत्रिक क्षति होने की संभावना बनी रहती है। अत: मोटरों में सुरक्षा घेरा (safety enclosures) की आवश्यकता होती है।

> **मोटर का सिद्धांत** (Motor Principle) :- जब एक धारा प्रवाहित चालक को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तब उसमें एक बल उत्पन्न होता है। इस बल की दिशा एवं गणना फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम (Fleming's Left Hand Rule) द्वारा ज्ञात की जाती है। यदि L चालक की लंबाई मीटर में, B क्षेत्र तीव्रता टेसला मीटर में, तथा I प्रवाहित धारा चालक में हो, तब चालक द्वारा अनुभव किये गये बल F के मान का सूत्र होगा,

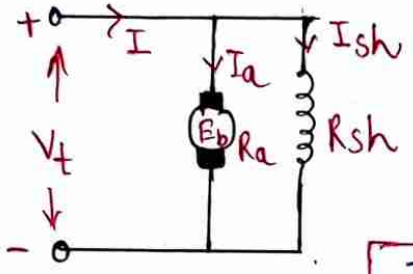
$$F = BIL \text{ (Newton)}$$

> **विपरीत विद्युत वाहक बल** (Back E.M.F.) :- जब D.C. मोटर को सप्लाई से जोड़ा जाता है तब मोटर का आर्मेचर उसमें उत्पन्न बल आघूर्ण के कारण चुम्बकीय क्षेत्र में घूमने लगता है। आर्मेचर के चालकों द्वारा चुम्बकीय फ्लक्स को काटा जाता है। इससे उनमें वि.वा.ब (emf) प्रेरित होता है। इसकी दिशा प्रयुक्त वोल्टता (applied voltage) से विपरीत होती है। इस विपरीत दिशा या स्वभाव के कारण इसे विरोधी वि.वा.ब (back emf) की संज्ञा दी जाती है। इसे E_b द्वारा दर्शाया जाता है। चूंकि back emf जनित्र क्रिया द्वारा प्रेरित होता है, तथापि उनका मान जनित्र emf के समान ही दिया जाता है। जो यह है :-

$$E_b = \frac{\phi Z N P}{60 A}$$

→ दिष्ट धारा मोटर के प्रकार (Types of DC Motor) :- डी-सी मोटर को क्षेत्र कुण्डलन के संयोजन के आधार पर नामित किया जाता है। इनके तीन प्रकार होते हैं :-

(i) शण्ट मोटर (Shunt Motor) :- इनमें क्षेत्र कुण्डलन आर्मेचर के साथ समानांतर में जुड़ा होता है।



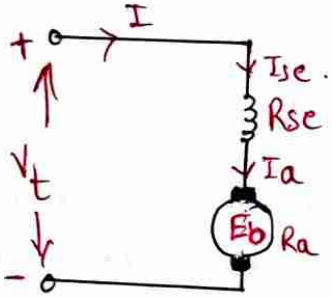
यहाँ, I = सप्लाई धारा, I_a = आर्मेचर धारा, I_{sh} = शण्ट क्षेत्र धारा, V_t = टर्मिनल वोल्टेज, E_b = बैक emf, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध, R_{sh} = शण्ट क्षेत्र प्रतिरोध,

$$I = I_a + I_{sh} \quad \cdot \quad I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} \cdot$$

$$V_t = E_b + I_a R_a + V_b$$

($\because V_b$ = ब्रुश ड्रॉप) .

(ii) श्रेणी मोटर (Series Motor) :- उन मोटरों में क्षेत्र कुण्डलन तथा आर्मेचर श्रेणी में जुड़ा हो, उन्हें श्रेणी मोटर कहते हैं।

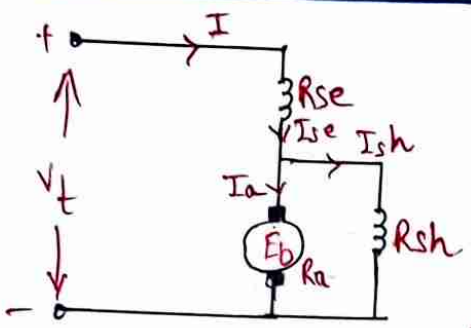


यहाँ, V_t = टर्मिनल वोल्टेज, E_b = बैक emf, $I = I_{se} = I_a$ = धारा, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध R_{se} = श्रेणी क्षेत्र प्रतिरोध, V_b = ब्रुश ड्रॉप;

$$V_t = E_b + I_a R_a + I_a R_{se} + V_b \cdot$$

(iii) मिश्रित मोटर (Compound Motor) :- मिश्रित मोटर में श्रेणी तथा शण्ट दोनों क्षेत्र कुण्डलन लगा होता है। इन्हें दो प्रकार से संयोजित किया जाता है :-

(अ) लघु शण्ट मिश्रित मोटर (Short Shunt Compound Motor) :- जब शण्ट क्षेत्र कुण्डलन को आर्मेचर के समानांतर जोड़ा जाता है, तब उन्हें लघु शण्ट मिश्रित मोटर कहते हैं।



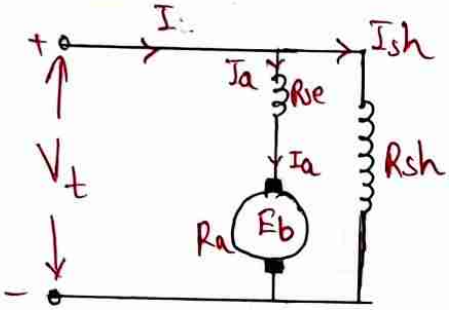
यहाँ, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध, R_{sh} = शण्ट क्षेत्र प्रतिरोध, R_{se} = श्रेणी क्षेत्र प्रतिरोध, I = सप्लाई धारा, I_a = आर्मेचर धारा, I_{sh} = शण्ट क्षेत्र धारा, V_t = टर्मिनल वोल्टेज, E_b = बैक वि.वा.ब, V_b = ब्रुश ड्रॉप.

$$I = I_a + I_{sh}$$

$$I_{sh} = \frac{E_b + I_a R_a + V_b}{R_{sh}}$$

$$V_t = E_b + I_a R_a + I R_{se} + V_b$$

(ब) दीर्घ शण्ट मिश्रित मोटर (Long Shunt Compound Motor):- इनमें क्षेत्र कुण्डलन को सप्लाई वोल्टता के समानांतर लगाया जाता है।



यहाँ, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध, R_{sh} = शण्ट प्रतिरोध, R_{se} = श्रेणी क्षेत्र प्रतिरोध, V_t = टर्मिनल वोल्टता, E_b = बैक emf, I_{sh} = शण्ट क्षेत्र धारा, I_a = आर्मेचर धारा, I = सप्लाई धारा

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}, \qquad I = I_a + I_{sh}.$$

$$V_t = E_b + I_a R_a + I_a R_{se} + V_b$$

→ दिष्ट धारा मोटर का बल आघूर्ण (Torque of DC Motor):-
दिष्ट धारा मोटर का वोल्टेज समीकरण,

$$V = E + I_a R_a$$

(∵ दोनों तरफ I_a से गुणा करनेपर)

$$\therefore V I_a = E I_a + I_a^2 R_a \quad \text{—— (i)}$$

लेकिन, $V I_a$ = आर्मेचर की विद्युत इनपुट शक्ति,
$I_a^2 R_a$ = आर्मेचर में ताम्र हानि,
हम जानते है, इनपुट = आऊटपुट + हानियाँ. —— (ii)

समीकरण (i) तथा (ii) को तुलना करने पर

EI_a = आर्मेचर द्वारा उत्पन्न कुल यांत्रिक शक्ति का विद्युत समतुल्य (equivalent)

मान लो, τ_{av} = आर्मेचर द्वारा उत्पन्न औसत विद्युत-चुम्बकीय बल आघूर्ण (electromagnetic torque) Newton में,

∴ आर्मेचर द्वारा उत्पन्न यांत्रिक शक्ति,

$$P_m = \omega \tau_{av} = 2\pi n \tau_{av}.$$

$$\therefore \quad P_m = EI_a = \omega \tau_{av} = 2\pi n \tau_{av} \quad \text{— (iii)}$$

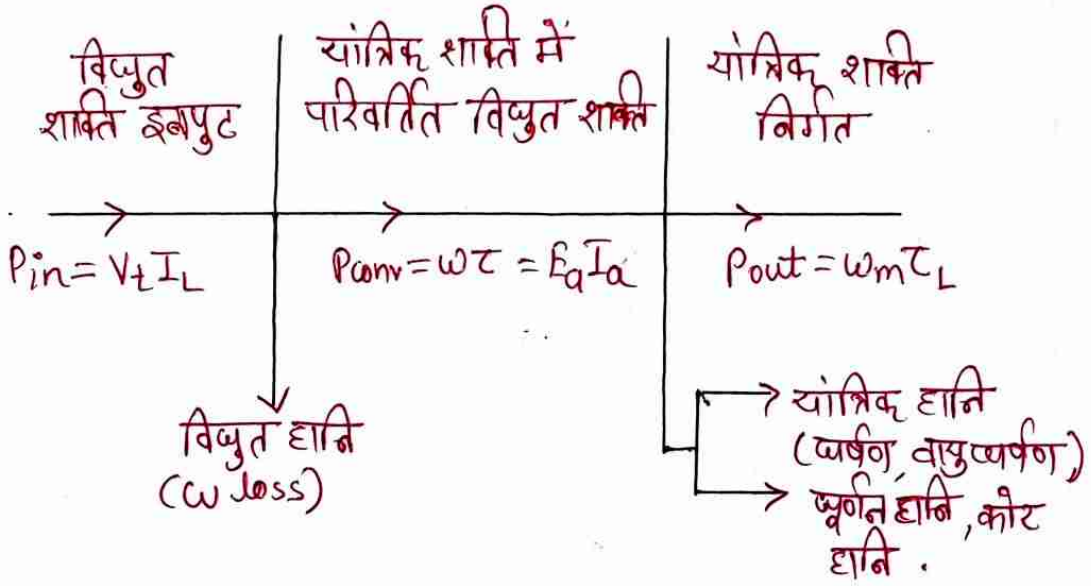
लेकिन, $E = \frac{nP\phi Z}{A}$ $\left(\because n = \frac{N}{60}\right)$.

$$\therefore \quad \frac{nP\phi Z}{A} I_a = 2\pi n \tau_{av}.$$

तथा,

$$\boxed{\tau_{av} = \frac{PZ}{2\pi A} \phi I_a}$$

→ शक्ति-प्रवाह चित्र (Power-Flow diagram) :-



→ दिष्ट धारा मोटर के अभिलक्षण (Characteristics of DC Motors):-

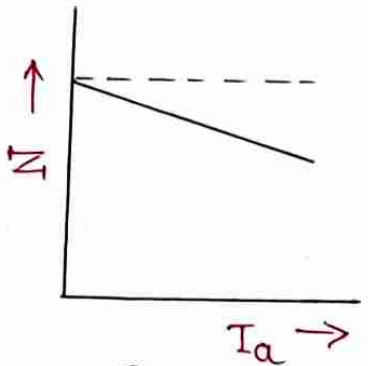
दिष्ट धारा शण्ट तथा पृथक-उत्तेजित मोटर में क्षेत्र एक स्थिर वोल्टेज द्वारा सप्लाई किया जाता है, अतः दोनों मोटरों के अभिलक्षण समान होते हैं।

(i) गति- आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Speed-Armature current characteristics):-

$$N \propto \frac{E_b}{\phi} \quad \text{तथा} \quad \phi = \text{constant}.$$

$$\therefore \quad N \propto E_b \propto (V - I_a R_a).$$

यह संबंध एक सर्धी रेखा का समीकरण दर्शाता है, जिसका स्लोप ऋणात्मक होगा।



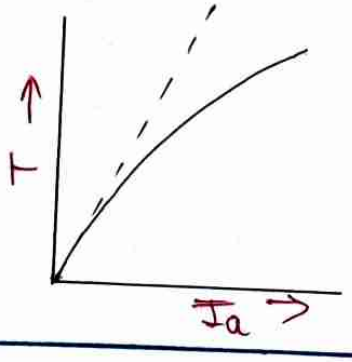
(गति- आर्मेचर धारा अभिलक्षण)

(ii) बल आघूर्ण- आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Torque-Armature Current c/s):-

$$T(\tau) \propto \phi \cdot I_a \quad \text{तथा} \quad \phi = \text{constant}.$$

$$\therefore \quad T \propto I_a.$$

यह एक सर्धी रेखा का समीकरण दर्शाता है, जो मूल (origin) से जाता है।



(बल-आघूर्ण- आर्मेचर धारा अभिलक्षण).

(2) श्रेणी मोटर अभिलक्षण (Characteristics of Series Motor) :-

(i) गति - आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Speed-Armature Current Characteristics) :-

$$N \propto \frac{E_b}{\phi} \quad \because E_b = \text{constant}.$$

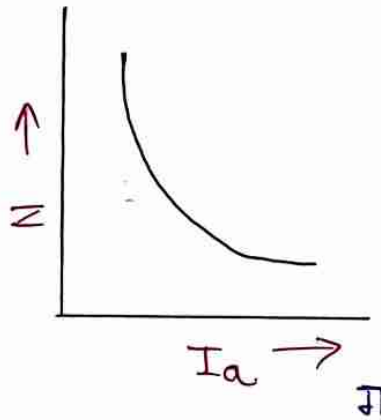
$$\therefore N \propto \frac{1}{\phi}.$$

श्रेणी मोटर में फ्लक्स (ϕ) आर्मेचर धारा के कारण उत्पन्न होता है।

$$\therefore \phi \propto I_a.$$

$$\therefore N \propto \frac{1}{I_a}.$$

यदि धारा (I_a) का मान कम है, तो उस समय मोटर की गति अति उच्च हो जाती है। इसी कारण, भार रहित या कम भार पर खतरनाक उच्च गति की संभावना बनी रहती है, जो मोटर को क्षति पहुँचा सकता है। चूंकि उच्च अपकेन्द्री बल (centrifugal force) मिलता है, तथापि मोटर संतुलन नष्ट करके परिचालन दोष देने लगती है। इसलिए श्रेणी मोटर को कभी भी भाररहित नहीं चलाना चाहिए।



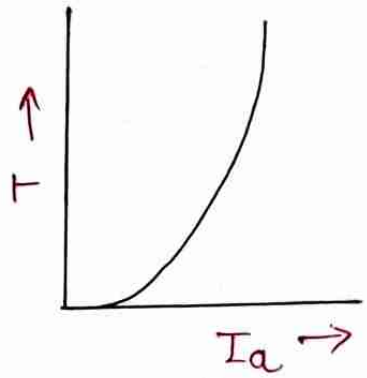
गति - आर्मेचर धारा अभिलक्षण.

(ii) बल-आघूर्ण - आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Torque-Armature Current characteristics) :-

$$T \propto \phi \cdot I_a \quad \because \phi \propto I_a.$$

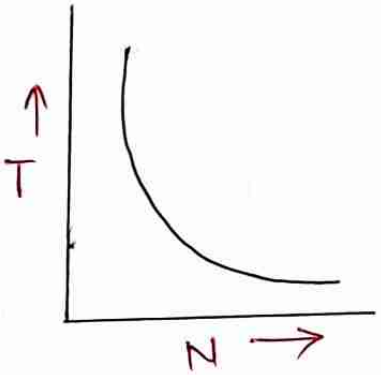
$T \propto I_a^2$.

यह समीकरण परवलय (parabola) का है।



(बल आघूर्ण - आर्मेचर धारा अभिलक्षण)

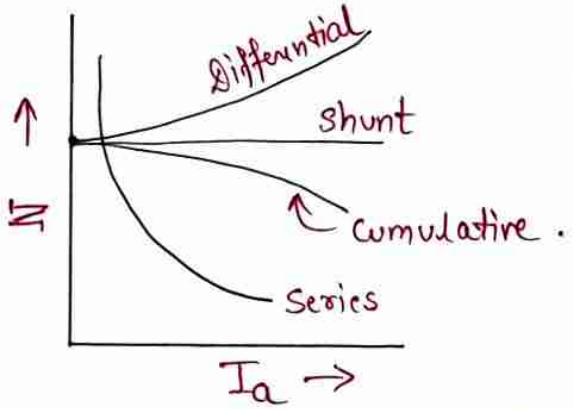
(iii) गति - बल आघूर्ण अभिलक्षण (Speed - Torque characteristics):- गति - आर्मेचर धारा तथा बल-आघूर्ण - आर्मेचर धारा अभिलक्षणों से गति - बलआघूर्ण अभिलक्षण प्राप्त किया जाता है। उक्त अभिलक्षणों से यह ज्ञात होता है कि दिष्ट धारा मोटर निम्न गति पर उच्च बल-आघूर्ण तथा उच्च गति पर निम्न बल आघूर्ण होता है।



(गति - बलआघूर्ण अभिलक्षण).

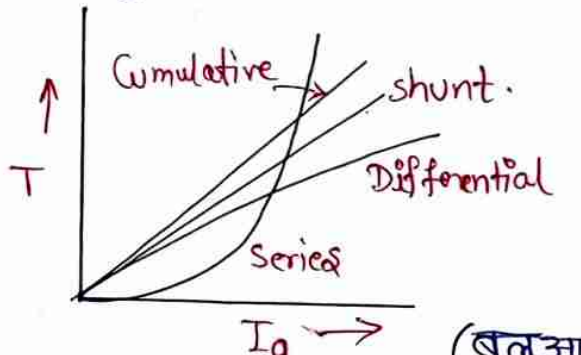
(3) मिश्रित मोटर अभिलक्षण (Characteristics of Compound Motors):-

(i) गति - आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Speed - Armature Current c/s):- मिश्रित - मोटर में शण्ट तथा श्रेणी दोनों क्षेत्र कुण्डलन होते हैं। अतः उनका अभिलक्षण शण्ट तथा श्रेणी मोटरों के मध्यवर्ती होता है।



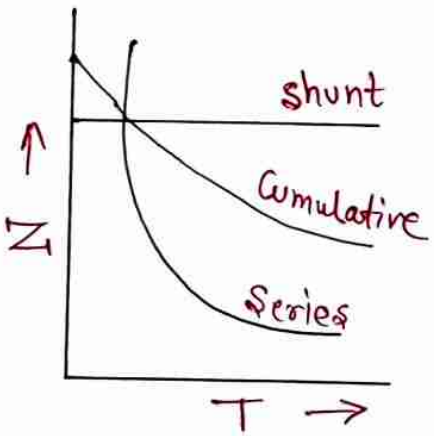
(गति- आर्मेचर धारा अभिलक्षण)

(ii) बल आघूर्ण - आर्मेचर धारा अभिलक्षण (Torque-Armature current c/s) :- मिश्रित मोटर सुरक्षित भाररहित गति पर उच्च प्रारंभन बल आघूर्ण (High starting torque) प्रदान करता है।



(बल आघूर्ण - आर्मेचर धारा अभिलक्षण)

(iii) गति-बल आघूर्ण अभिलक्षण (Speed-Torque characteristics) :-



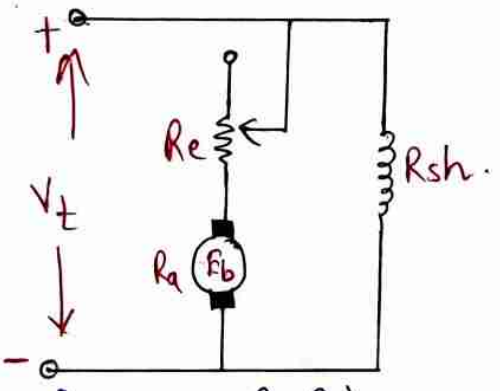
(गति-बल आघूर्ण अभिलक्षण)

→ दिष्ट धारा मोटरों में गति नियंत्रण (Speed Control of D.C. Motors) :-
दिष्ट धारा मोटर के गति का संबंध निम्न होता है,

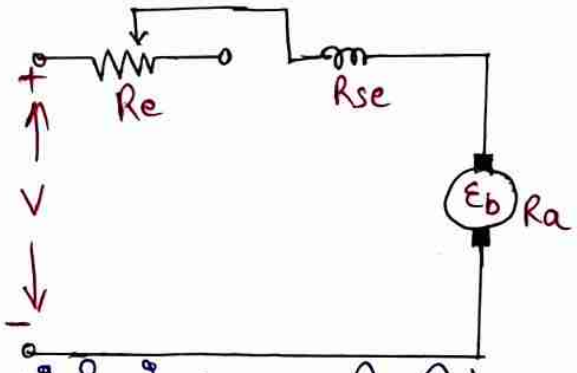
$$N = \frac{V - I_a R_a}{K\phi}$$

उक्त समीकरण से गति तीन चीजों/अवयवों पर निर्भर होती है- आर्मेचर प्रतिरोध, सप्लाई वोल्टेज तथा क्षेत्र फ्लक्स। अतः गति नियंत्रण को तीन प्रकार से संपादित किया जाता है :-

(i) आर्मेचर प्रतिरोध नियंत्रण (Armature Resistance Control) :- इसे हम Rheostatic control भी कहते हैं। इस विधि में एक परिवर्तनीय श्रेणी प्रतिरोध R_e को आर्मेचर परिपथ पर लगाया जाता है। R_e के मान में बढ़ोतरी करके I_a का मान कम किया जाता है। I_a कम होने पर $I_a R_a$ ड्रॉप बढ़ेगा क्योंकि अब $R=(R_a+R_e)$ हो जाता है। V में कमी आएगी, तथापि गति में भी कमी आएगी। अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि R_e के उच्च मान के लिए मोटर की गति कम होगी, एवं R_e के निम्न मान के लिए गति उच्च होगी।



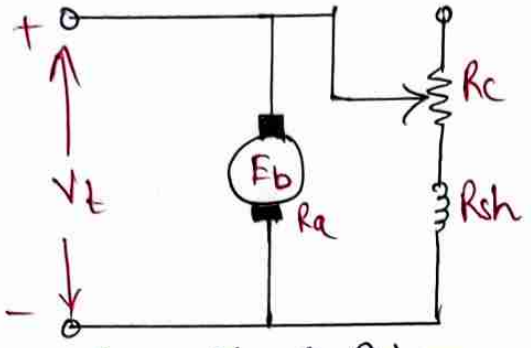
शण्ट मोटर का गति नियंत्रण



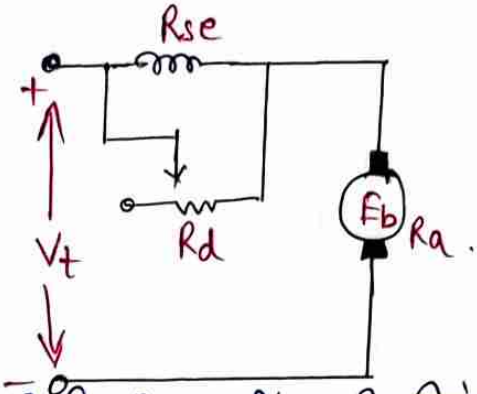
श्रेणी मोटर का गति नियंत्रण.

(ii) क्षेत्र फ्लक्स में परिवर्तन (Variation of field flux) :- क्षेत्र कुण्डली द्वारा फ्लक्स निर्मित होता है अतः इसमें परिवर्तन करके गति नियंत्रण किया जा सकता है। क्षेत्र में परिवर्तनीय प्रतिरोध (R_c) श्रेणी में लगाया जाता है। शण्ट मोटर में इसे शण्ट क्षेत्र रेगुलेटर (shunt field regulator) कहते हैं। धारा में परिवर्तन होने से फ्लक्स बदलाया जाता है, तथापि गति में परिवर्तन होता है।

श्रेणी मोटर में एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R_d को श्रेणी क्षेत्र के साथ समानांतर में लगाया जाता है। यह समानांतर प्रतिरोध यहाँ डाईवर्टर (diverter) कहलाता है। यह डाईवर्टर क्षेत्र कुण्डलन की धारा को कम करता है, जिससे फ्लक्स कम हो जाता है। अतः गति बढ़ जाती है।

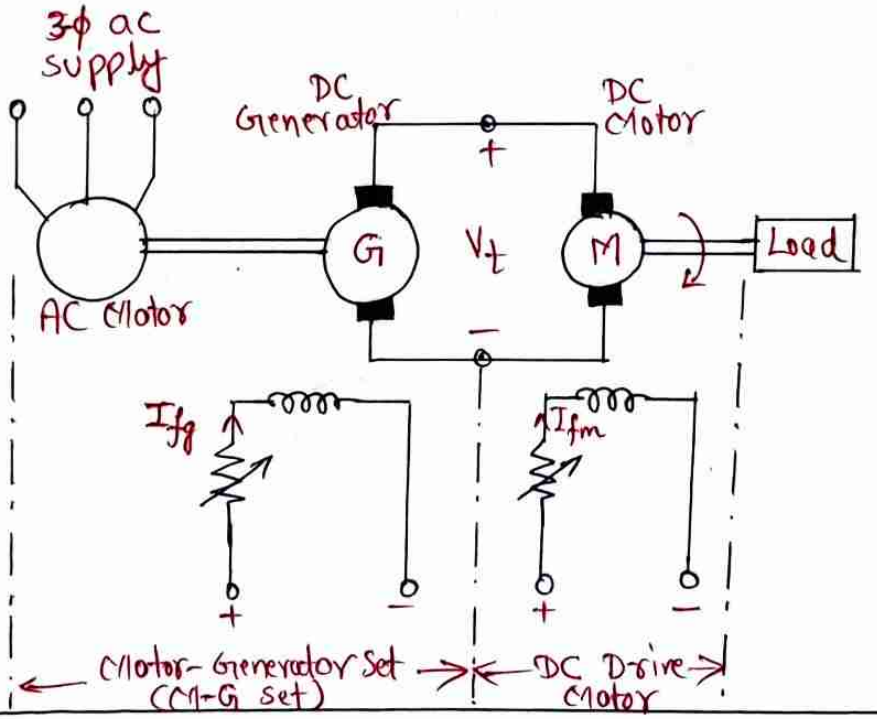


शण्ट मोटर में गति नियंत्रण

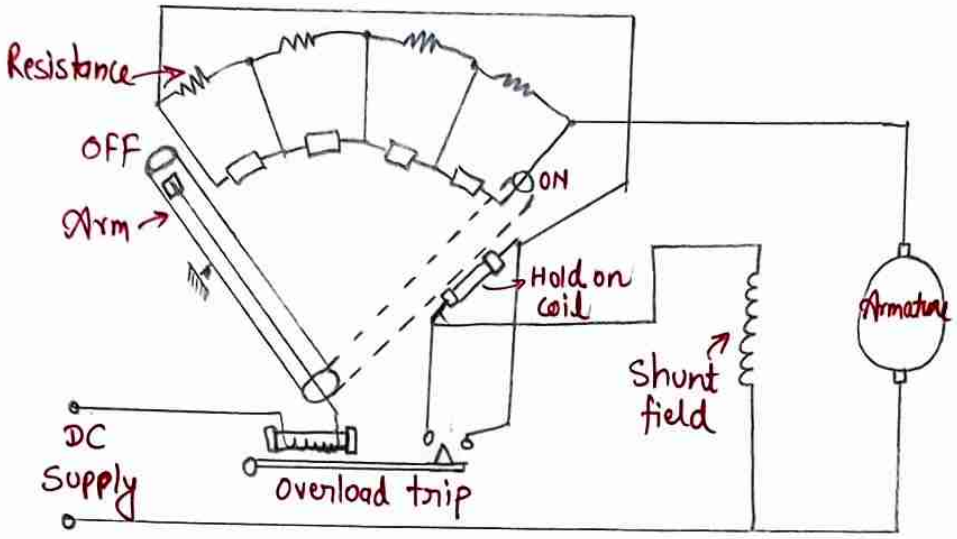


श्रेणी मोटर में गति नियंत्रण.

(iii) आर्मेचर वोल्टेज नियंत्रण (Armature Voltage Control)+ आर्मेचर वोल्टेज को बदलकर भी गति नियंत्रण किया जा सकता है, यह सिद्धांत वार्ड-लियोनार्ड प्रक्रिया (Ward-Leonard system) द्वारा उपयोग किया जाता है।



→ (i) दो-बिन्दु प्रारंभक (Two Point Starter) →



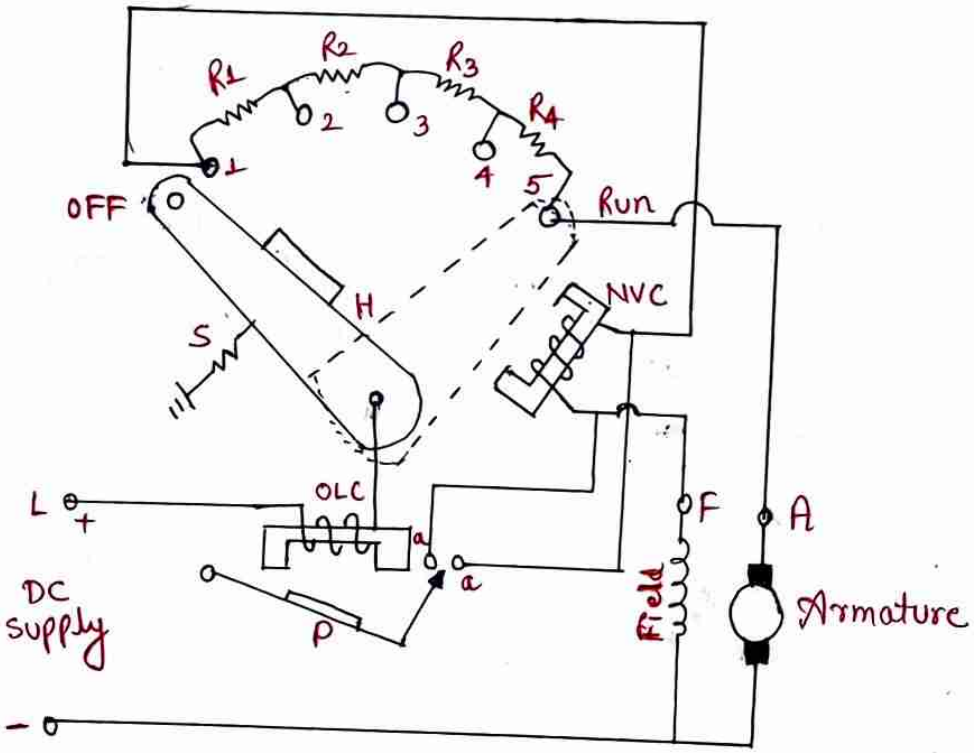
एक दो-बिन्दु प्रारंभक का उपयोग डी.सी. मोटर में किया जाता है। यहाँ प्रारंभक का कार्य मोटर को प्रारंभ करना नहीं होता, अपितु मोटर की सुरक्षा करना होता है। प्रारंभिक धारा (starting current) का मान अधिक होने के कारण प्रारंभक का उपयोग कर धारा को कम किया जाता है, जिससे मोटर सुरक्षित रहती है।

डी.सी. सप्लाई को ON करके आर्म को पकड़ी की दिशा में सरकाया जाता है। आर्म द्वारा धारा को प्रतिरोध प्रदान किया जाता है। जैसे-जैसे आर्म आगे बढ़ता है प्रतिरोध का मान कम होता जाता है। ON स्थिति पर आर्म जाकर होल्ड कुण्डली के द्वारा चुम्बकीय प्रभाव से जुड़ जाता है। आर्मेचर तथा क्षेत्र (field) दोनों में धारा प्रवाहित होती है और मोटर गति करने लगता है। यदि शाफ्ट द्वारा अतिभारन (overload) की स्थिति होती है, तो अतिभार ट्रिप कुण्डली द्वारा लघु-पथ किया जाता है। होल्ड कुण्डली का उत्तेजन हट जाता है एवं आर्म ON से, स्प्रिंग की सहायता से, OFF स्थिति में आ जाता है। इस तरह मोटर सुरक्षित हो जाती है।

संयोजन (Connection) :- इस विधि में शण्ट मोटर का गति नियंत्रण का आरेख दर्शाया गया है। M मुख्य मोटर (DC) है जिसका गति नियंत्रण करना है, G एक पृथक-उत्तेजित DC जनित्र है। यह जनित्र G एक तीन फेजी प्रेरण मोटर द्वारा चलाया जाता है। इस तरह के संयोजन को मोटर-जनित्र सेट (M-G सेट) कहा जाता है।

कार्यविधि (Working) :- जनित्र के क्षेत्र धारा में परिवर्तन करके जनित वोल्टेज में परिवर्तन किया जाता है। यह परिवर्तित वोल्टेज मुख्य बिंदु द्वारा मोटर M में दिया जाता है। V में परिवर्तन होने के कारण मोटर M की गति में भी परिवर्तन होता है। इस प्रकार वोल्टेज को बढ़ाने पर गति बढ़ती है तथा घटाने पर गति घटती है।

→ बिंदु द्वारा मोटर प्रारंभक (DC Motor Starters) :-
(i) तीन-बिन्दु प्रारंभक (3-point starter) :-



तीन बिन्दु प्रारंभक.

तीन-बिंदु प्रारंभक DC शण्ट मोटर के लिए दर्शाया गया है। चालू करने से पूर्व हैंडल H, OFF स्थिति में स्प्रिंग द्वारा रखा जाता है। मोटर प्रारंभ करने हेतु हैंडल H को हाथ से चलाया जाता है तथा वह जब प्रतिरोध स्टड 1 के संपर्क में आता है तब START की स्थिति हो जाती है। इस स्थिति में क्षेत्र कुण्डलन पर तो पूर्ण सप्लाईवोल्टेज मिलता है किंतु आर्मेचर द्वारा सीमित की जाती है, प्रतिरोध के सहयोग से। स्टार्टर के हैंडल को अब अलग-अलग स्टड से गुजारा जाता है। RUN स्थिति में पहुँचने पर मोटर गति में आ जाता है। हैंडल H को NVC (no volt trip coil) द्वारा RUN स्थिति में विद्युत-चुम्बकीय प्रभाव से रखा जाता है।

NVC को क्षेत्र कुण्डलन से श्रेणी में लगाया गया है। यदि स्विच बंद किया गया हो या सप्लाई वोल्टेज एक पूर्वनिर्धारित मान से कम हो, तो NVC ऊर्जा रहित हो जाएगा। इसी वजह से हैंडल वापस OFF स्थिति में स्प्रिंग के क्रिया के कारण आ जाएगा। NVC खुला परिपथ सुरक्षा भी प्रदान करता है। NVC को NO-volt या undervoltage protection (मोटर का) की संज्ञा दी जाती है।

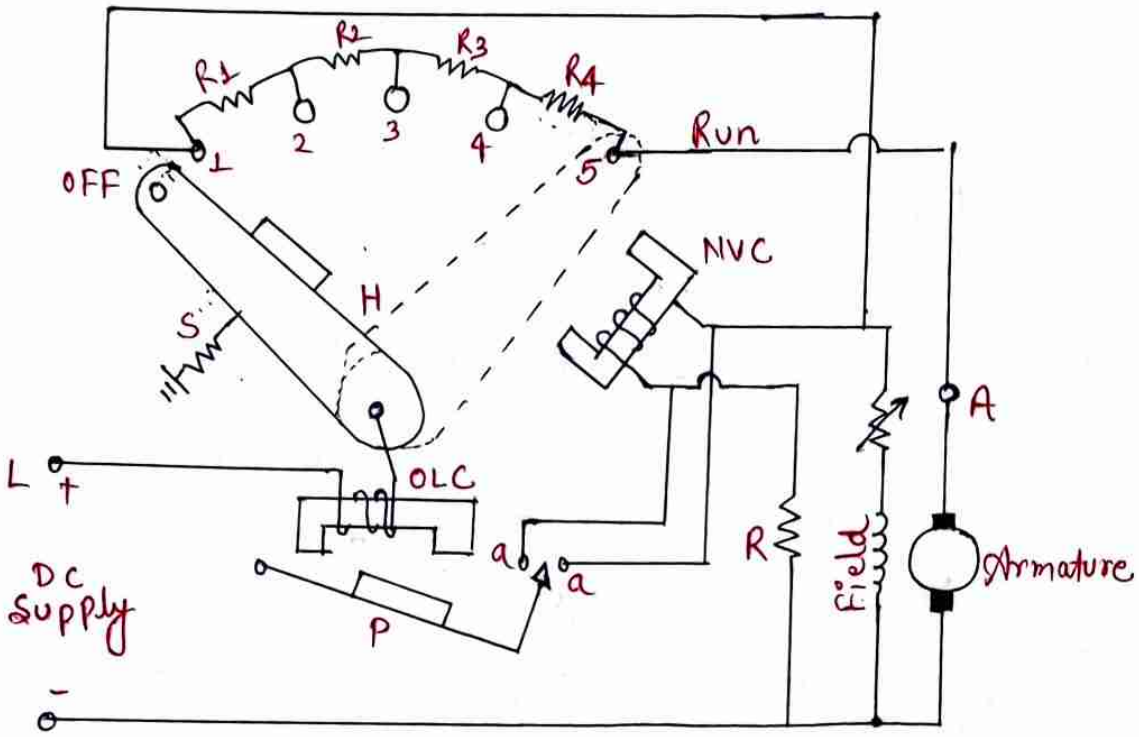
दूसरा जो सुरक्षा उपकरण लगाया गया है वह है- overload protection coil (OLC)। OLC एक लघु विद्युतचुम्बक है। यह आर्मेचर धारा को वहन करता है। सामान्य धारा के लिए OLC का चुम्बकीय खींचाव इतना नहीं होता की स्ट्रीप P को अपनी ओर आकर्षित करें। जब आर्मेचर धारा रेटेड से अधिक होगा (overloading), P विद्युत-चुम्बक OLC द्वारा आकर्षित होगा तथा संपर्क aa बंद हो जाएगा। अतः, NVC लघु पथ हो जाता है। इस प्रकार फिर से हैंडल H, OFF स्थिति पर चला जाता है तथा मोटर से सप्लाई कट जाती है।

(ii) चार बिंदु प्रारंभक (Four Point Starter) :- चार बिंदु प्रारंभक तथा तीन बिंदु प्रारंभक में मूल रूप से यह अंतर है कि होल्डिंग कुण्डली को शण्ट क्षेत्र परिपथ से हटाकर उसे सीधे उसे लाइन पर जोड़ा जाता है, एक प्रतिरोध R भी धारा सीमित करने हेतु लगाया जाता है। इस प्रकार का संयोजन 3 समानांतर परिपथ बनाता है :-

(i) आर्मेचर, प्रारंभक प्रतिरोध तथा अतिभार रिलिज।

(ii) शन्ट क्षेत्र कुण्डलन तथा परिवर्तनीय प्रतिरोध।
(iii) होल्डिंग कुण्डली तथा धारा सीमित प्रतिरोध।

मोटर की गति बदलने हेतु, इस संयोजन में, क्षेत्र धारा में परिवर्तन होल्डिंग कुण्डली के धारा को प्रभावित नहीं करता क्योंकि दोनों परिपथ एक दूसरे से स्वतंत्र होते हैं।



चार बिंदु प्रारंभक.

Q. A dc motor takes an armature current of 110 A at 480 V. The armature circuit resistance is 0.2 Ω. The machine has 6 poles and the armature is lap connected with 864 conductors. The flux/pole is 0.05 wb. Calculate: Speed and the gross torque developed by armature?.

हल→ दिया गया है,

$V_t = 480V$, $I_a = 110A$, $R_a = 0.2\Omega$, $P = 6$, $A = P$, $Z = 864$,

$\phi = 0.05$ wb.

$E_b = V_t - I_a R_a$.

$= 480 - 110 \times 0.2$

$E_b = 458\ V$.

(i) $N = \dfrac{E_b \times 60 \times A}{\phi \times Z \times P}$

$= \dfrac{458 \times 60 \times 6}{0.05 \times 864 \times 6}$

$\boxed{N = 636\ rpm.}$ Ans.

(ii) $T_a = 0.159 \times \phi Z I_a \times \left(\dfrac{P}{A}\right)$ (N-m).

$= 0.159 \times 0.05 \times 864 \times 110 \times \left(\dfrac{6}{6}\right)$

$\boxed{T_a = 755.5\ N\text{-}m.}$ Ans.

Q. A 230V dc shunt motor has an armature resistance of 0.5Ω and field resistance of 115Ω. At no load, the speed is 1200 rpm and armature current 2.5A. On application of rated load, the speed drops to 1120 rpm. Determine line current?.

हल → दिया गया है, $N_1 = 1200 rpm$, $E_{b1} = 230 - (0.5 \times 2.5) = 228.75V$.

$N_2 = 1120\ rpm$, $E_{b2} = 230 - 0.5 I_{a2}$.

अब, $\dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{E_{b2}}{E_{b1}} \Rightarrow \dfrac{1120}{1200} = \dfrac{230 - 0.5 I_{a2}}{228.75}$

$\therefore I_{a2} = 33A$.

$\therefore$ लाइन धारा $= I_{a2} + I_{sh} = 33 + \dfrac{230}{115} = 33 + 2 = 35A$.

$\boxed{I_L = 35A}$ Ans.

Q. A 6 pole, 500V wave connected shunt motor has 1200 armature conductors and useful flux/pole of 20mwb. The armature and field resistance are 0.5Ω & 250Ω resp. What will be speed, back emf and torque developed by motor when it draws 20A from supply mains. Neglect armature reaction?.

हल→ यहाँ, $I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} = \frac{500}{250} = 2A$, $I_a = 20 - 2 = 18A$.

(i) $\therefore \boxed{E_b = 500 - (18 \times 0.5) = 491V.}$ Ans.

(ii) अब, $E_b = \frac{\phi Z N P}{60A}$

$\Rightarrow 491 = \frac{20 \times 10^{-3} \times 1200 \times N}{60} \times \left(\frac{6}{2}\right)$

$\Rightarrow N = \frac{491 \times 60 \times 2}{20 \times 10^{-3} \times 1200 \times 6} = 409$ rpm.

$\boxed{N = 409 \text{ rpm (appox)}}$ Ans.

(iii) $T_a = 9.55 \frac{E_b I_a}{N}$

$= 9.55 \times \frac{491 \times 18}{409}$

$\boxed{T_a = 206 \text{ N-m}.}$ Ans.

Q. A 4 pole lap wound DC shunt motor run at 1000rpm. The number of armature conductors is 600 and the flux per pole is 0.05 wb. Calculate the terminal voltage. The armature current is 20A & armature resistance is 1Ω?.

हल→ दिया गया है,

$P=4$, $A=P$, $N=1000$ rpm, $Z=600$, $\phi=0.05$ wb, $I_a=20$ A, $R_a=1\Omega$.

$$E_b = \frac{\phi Z N P}{60A}.$$

$$= \frac{0.05 \times 600 \times 1000 \times 4}{60 \times 4}$$

$$E_b = 500\text{ V}.$$

$$V_t = E_b + I_a R_a.$$

$$= 500 + 20 \times 1 = 520$$

$$\therefore \boxed{V_t = 520\text{ V}.}$$ Ans.

Q. A 4 pole, 500 V DC shunt motor has 700 wave connected conductors in its armature. The full load armature current is 60 A and flux per pole is 30 mwb. Calculate the full load speed if the motor armature resistance is 0.2Ω and brush drop is 1 V per brush?.

हल→ दिया गया है,

$P=4$, $V=500$ V, $Z=700$, $I_a=60$ A, $\phi=30$ mWb, $R_a=0.2\Omega$, $V_b=2$ V, $A=2$,

$$E_b = V_t - I_a R_a.$$

$$\therefore E_b = 500 - 60 \times 0.2 = 488\text{ V}.$$

$$E_b = \frac{\phi Z N P}{60A}$$

$$\Rightarrow N = \frac{488 \times 60 \times 2}{30 \times 10^{-3} \times 700 \times 4} \Rightarrow \boxed{N = 697\text{ rpm}.}$$ Ans.

Q. A 200V, shunt motor has $R_a = 0.1\Omega$, $R_f = 240\Omega$ and rotational loss 230W on full load. The line current is 9.8A with motor running at 1450 rpm. Determine:-

(i) Machine power developed?

(ii) Power output?

(iii) Load torque?

(iv) Full load efficiency?

हल → दिया गया है,

$V_t = 200V$, $R_a = 0.1\Omega$, $R_f = 240\Omega$, $P_r = 230W$,

$I_L = 9.8A$, $N = 1450$ rpm,

(i) Armature input $= V I_a$

$$I_a = I_L - I_{sh} = 9.8 - \frac{200}{240} = 9.8 - 0.8.$$

$$I_a = 9A.$$

∴ आर्मेचर इनपुट $= V \cdot I_a = 200 \times 9 = 1800W$.

पावर, $P_{developed} = V I_a - I_a^2 R_a - V_b I_a$

$$= 1800 - 9^2 \times 0.1 - 0$$

$$\boxed{P_{developed} = 1791.9\,W.}$$ Ans.

(ii) पावर आउटपुट $= P_{developed}$ − Rotational loss

$$= 1791.9 - 230$$

$$\boxed{P_{out} = 1561.9\,W.}$$ Ans.

(iii) $T_L = T_{sh} = 9.55 \times \frac{P_{out}}{N} = 9.55 \times \frac{1561.9}{1450}$

$$\boxed{T_L = 10.28\,N\text{-}m.}$$ Ans.

(iv) $\%\eta = \frac{output}{input} \times 100 = \frac{1561.9}{1800} \times 100$ ∴ $\boxed{\%\eta = 86.77\%.}$ Ans