DC जनरेटर की अभिलाक्षणिक विशेषताएँ (Characteristics of DC generator)

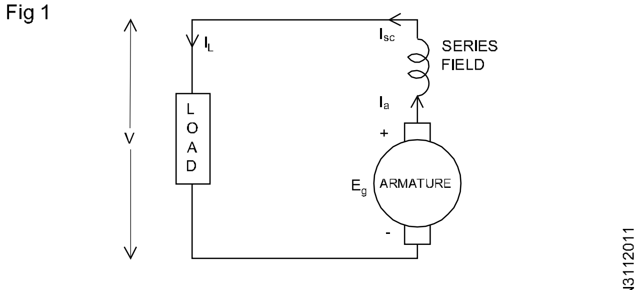
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **DC सीरीज जनरेटर के अभिलाक्षणिक विशेषताओं का वर्णन करने में**
- **DC शंट जनरेटर के विशेषताओं का वर्णन करनें में**
- **DC कम्पाउंड जनरेटर के अभिलाक्षणिक वशेषताओं को वर्णन करने में**
- **DC शंट जरनरेटरों अभिलाक्षणिक के समांतर प्रचालन का वर्णन करने में**
- **DC आर्मेचर रिएक्शन के प्रभाव तथा उनके निवारण का वर्णन करने में**
- **DC जनरेटरों के दक्षता तथा हानियों का वर्णन करने में**
- **DC जनरेटर के क्रमिक अनुरक्षण करने में।**

सीरीज जनरेटर की अभिलाक्षणिक विशेषताएँ (Characeteristics of series generator)

इस प्रकार के जनरेटर में फील्ड वाइंडिंग, आर्मेचर वाइंडिंग तथा बाहर की ओर लोड Fig 1 में दर्शाए अनुसार सिरिजक्रम में जुडे होते है।

Fig 1



SERIES WOUND GENERATOR

यहाँ आर्मेचर वाइंडिंग, फील्ड वाइंडिंग तथा लोड की ओर समान करंट प्रवाहित होती है। जहाँ I_a = आर्मेचर करंट , I_{sc} = सीरीज फील्ड करंट तथा I_L लोड करंट डी सी सीरीज जनरेटर में सामान्यतः तीन महत्त्वपूर्ण विशेषताएँ होती है। सीरीज फील्ड करंट या एक्साईटेशन करंट के विभिन्न मानों का संबंध उत्पन्न वोल्टेज, टर्मिनल वोल्टेज तथा लोड करंट के मध्य दिखाया गया है।

DC सीरीज जनरेटर का चुम्बकीय या खुला परिपध विशेषताएँ (Magentic or open circuit characteristic of series wound DC generator)

वह वक्र जो नो लोड वोल्टेज और फील्ड एक्साइटेशन करंट के मध्य संबंध बताता है। चुम्बकीय या खुला परिपथ विशेषता कर्व कहलाता है।

नो लोड की स्थिति में जब लोड के टर्मिनल खुले होते हैं तो फील्ड में करंट का प्रवाह नहीं होता है यदि आर्मेच फील्ड और लोड सीरीज में संयोजित है तब बंद परिपध का निर्माण होता है। इस वक्र को प्रयोगिक रूप से प्राप्त करने के लिए फील्ड वाइडिंग को अलग से एक बाहरी स्त्रोत के द्वारा उत्तेजित किया जाता हैं।

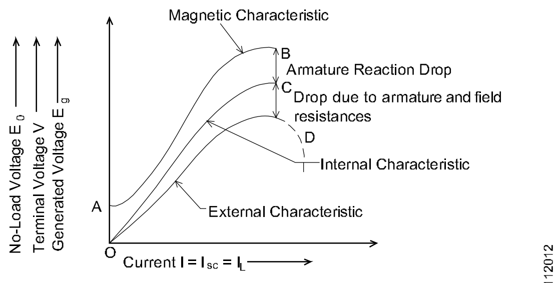
नीचे दिये गए डायग्राम DC सीरीज जनरेटर का चुम्बकीय विशेषता कर्व को दिखाता हैं। पोलो के संतृप्त होते तक वक्र निरंतर सीधा बढ़ता है।

इसके पश्चात् फील्ड करंट को बढ़ाने पर टर्मीनल वोल्टेज के मान में कोई परिवर्तन नहीं होता, अवशेषी चुम्बकत्व के कारण आर्मेचर में कम मात्रा में वोल्टेज उत्पन्न होता हैं। जिसके कारण वक्र O से शुरू न होकर कुछ ऊपर बिंदु A से प्रारंभ होता है।

DC सीरीज जनरेटर की आंतरिक विशेषताएँ (Internal characteristic of series wound DC generator)

DC सीरीज जनरेटर की आंतरिक विशेषतए कर्व आर्मेचर में उत्पन्न वोल्टेज और लोड करंट के मध्य संबंध दर्शाता है। यह वक्र नो लोड वोल्टेज में आर्मेचर रिएक्शन के डीमग्रनेटाइजिंग प्रभाव के कारण हुए वोल्टेज ड्राप को घटाकर प्राप्त किया जाता है। उत्पन्न वास्तविक वोल्टेज (E_g) नो लोड वोल्टेज (E_0) से कम होगा। यही कारण है कि यह वक्र खुले सर्किट विशेषता वक्र से थोड़ा झुका होता हैं। यहां OC वक्र D.C. जनरेटर की आंतरिक विशेषता या कुल विशेषता को दिखा रही हैं। (Fig 2)

Fig 2



Characteristic Curves of Series Wound DC generators

DC सीरीज जनरेटर की बाह्य विशेषताएँ (External characteristic of series wound DC generator)

बाह्य विशेषता वक्र विभिन्न टर्मीनल वोल्टेज (V_T)और लोड करंट (I_L) के मध्य परिवर्तन को दिखाता है, इस प्रकार के जनरेटर का टर्मीनल वोल्टेज वास्तविक उत्पन्न वोल्टेज (E_g) में सीरीज फील्ड और आर्मेचर फील्ड द्वारा हुए ओमिक ड्राप (R_{sc}) को घटाकर प्राप्त किया जाता है। टर्मीनल वोल्टेज $V = E_g - I(R_a + R_{sc})$ बाहरी विशेषता वक्र आंतरिक विशेषता वक्र के नीचे स्थित हैं क्योंकि टर्मीनल वोल्टेज का मान उत्पन्न वोल्टेज से कम होता हैं। यहाँ Fig 2 में OD वक्र D.C. सीरीज जनरेटर की बाह्य विशेषता को दर्शाती हैं।

DC सीरीज जनरेटर की विशेषता वक्र (Characteristic curves of series wound DC generators)

इस प्रकार के जनरेटर की विशेषता यह है कि लोड बढ़ने के साथ मशीन की टर्मिनल वोल्टेज बढ़ जाती हैं परंतु वोल्टेज अधीकतम मान तक पहुँचने

Copyright Free Under CC BY Licence

के बाद आर्मेचर रिएक्शन के V चुम्बंकन प्रभाव के कारण वोल्टेज का मान घटने लगता हैं। इस घटना को Fig में डाटेड लाइन से दिखाया गया हैं। विशेषता की डाटेड रेखाएं बाहरी प्रतिरोध से आपभावित विभाग स्थिर घास देता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि यदि लोड बढ़ता है, तो फील्ड करंट भी बढ़ जाता है क्योंकि फील्ड वाइडिंग लोड के सीरीज में लगा रहता है। इसी तरह यदि लोड बढ़ता है, तो आर्मेचर करंट भी बढ़ता है, क्योंकि आर्मेचर भी लोड की सीरीज में जुड़ा होता हैं। परंतु कुछ स्थितियों में प्रत्यावर्ती वोल्टेज में चुम्बकीय फील्ड से प्राप्त शाक्ति का प्रभाव नहीं बढ़ेगा, लेकिन बढ़ते आर्मेचर करंट के कारण आर्मेचर प्रतिक्रिया के प्रभाव में काफी वृद्धि होती है। जिसके कारण लोड वोल्टेज में प्रभावी गिरावट आती है। तब लोड वोल्टेज गिरता है, तो लोड करंट में भी आनुपातिक गिरावट आती हैं क्योंकि ओह्म् के नियमानुसार करंट , वोल्टेज के समानुपाती होता हैं। अतः लोड वोल्टेज बढ़ेगा तो लोड करंट भी बढ़ेगा एवं लोड वोल्टेज गिरेगा तो लोड करंट भी कम होगा। ये दोनों प्रभाव के कारण सीरीज वाउंड DC जनरेटर की विशेषता के बाहरी डाटेड लाइन (लोड करंट की लाइन) में कोई महत्त्वपूर्ण बदलाव नहीं होगा। इसी सीरीज जनरेटर को स्थिर करंट जनरेटर कहा जाता है।

एक शन्ट जनरेटर के वाह्य/लोडअभिलक्षणिक (The external characteristics of a shunt generator): वाह्य/लोडअभिलाक्षणिक किसी जनरेटर की एक विशेष प्रयोजन के लिये उपयुक्तता ज्ञात करने के लिये महत्वपूर्ण है जब DC शन्ट जनरेटर को लोड से जोड़ा जाता है तो ज्ञात होता है कि लोड करंट में वृद्धि के साथ टर्मिनल वोल्टता कभी (गिरावट) में वृद्धि होती है। एक शन्ट जनरेटर में फील्ड करंट स्थिर प्रतीत होती है और इसलिये V को स्थिर और लोड से स्वतन्त्र रहना चाहिये। लेकिन यह व्यवहार में नही होता टर्मिनल वोल्टता में कमी के लिये दो मुख्य कारण होते है।

- आर्मेचर प्रतिरोध कमी (प्रत्यक्ष)
- आर्मेचर प्रतिक्रिया कमी (परोक्ष)

ऊपर दिये गये दो कारणों से टर्मिनल वोल्टता कम हो जाती है इससे फील्ड करंट भी प्रभावित हाती है। घटा हुआ फील्ड करंट फील्ड फ्लक्स को कम करता है जो उत्पन्न emf को कम कर देता है।

ओर्मचर प्रतिरोध कमी (Armature resistance drop): सूत्र टर्मिनल वोल्टता = प्रेरित emf - आर्मेचर वोल्टता सूत्र के अनुसार

$V = E - I_a R_a$

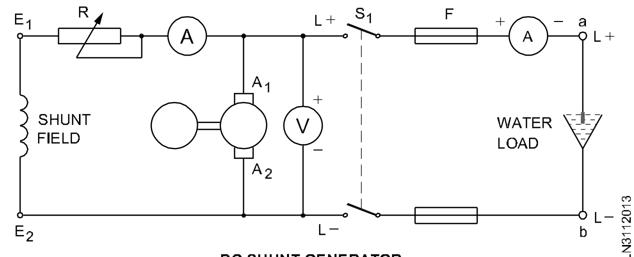
जहां I_a आर्मेचर करंट और R_a आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध है।

इस प्रकार जब लोड करंट में वृद्धि की जाती है आर्मेचर परिपथ में अधिक वोल्टता ड्राप होता है । इसलिये लोड परिस्थिति में टर्मिनल वोल्टता V न्यूनतम होती है।

आर्मेचर प्रतिक्रिया कमी (Armature reaction drop): आर्मेचर प्रतिक्रिया के अचुम्बकन प्रभाव के कारण मुख्य ध्रुव फ्लक्स कमजोर होता है और प्रेरित emf (E) परिमाण में कम हो जाती है।

वाह्य अभिलक्षणिक से टर्मिनल वोल्टता और लोडकरंट के बीच सम्बन्ध प्राप्त होता है। Fig 3 के अनुसार इस अभिलक्षणिक को ज्ञात करते है। जनरेटर पहले अपनी निर्धारित वोल्टता निर्मित करता है इसके पश्चात उपयुक्त पदों में पूर्ण लोड तक लोडेड किया जाता है। प्रत्येक पद के लिये टर्मिनल वोल्टता और संगत लोड धारायें ज्ञात की जाती है।

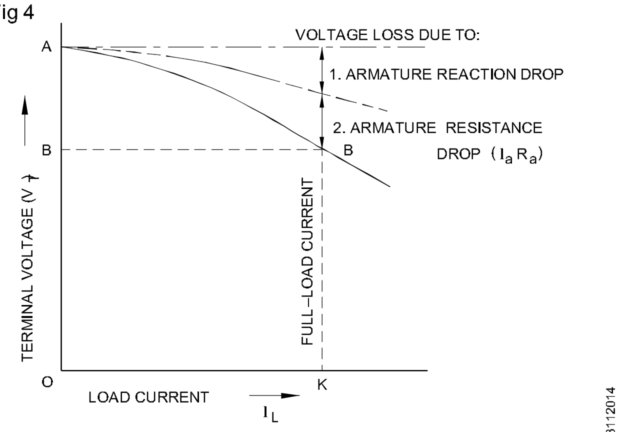
Fig 3



DC SHUNT GENERATOR

इस प्रयोग में फील्ड करंट को स्थिर रखना होता है। इसका कारण है कि जब टर्मिनल वोल्टेज कमजोर होता है तो आर्मेचर के सिरों से जुडे फील्ड में एक कमजोर करंट होती है। इस प्रभाव को यदि रहने दिया जाय तो फील्ड फलक्स कमजोर होता है जिससे प्रेरित वोल्टता कम होती है। यह प्रभाव संचयी रूप में और अधिक टर्मिनल वोल्टता और कम करता है। टर्मिनल वोल्टता V_T और लोड करंट I_L के प्राप्त मानों से V_T को Y वक्र पर और I_L का X अक्ष पर रखकर Fig 4 के अनुसार वाह्य अभिलक्षणिक अक्ष को आरेखित किया जाता है। इस वक्र से यह ज्ञात होता है कि लोड रहित वोल्टता O_A अधिकतम होती है । और लोडेड होने पर यह कम होकर O_B हो जाती है जिससे इंगित होता है कि पूर्ण लोड करंट मान OK है जैसा कि जनरेटर की नाम पटिटका में दिया गया है।

Fig 4



EXTERNAL CHARACTERISTIC CURVE OF DC SHUNT GENERATOR

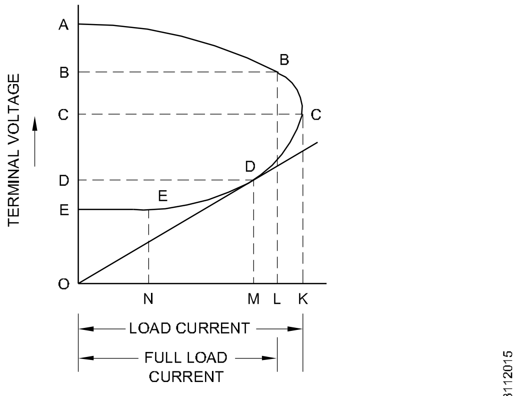
लोड रहित से पूर्ण लोड तक वोल्टता का पतन जो आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण होता है और आर्मेचर वोल्टता ड्राप पर्याप्त नही पाये जाते है। सामान्यतः जनरेटरों का प्रारूप पूर्ण लोडकरंट I_L प्रदान करने के लिये होता है और वोल्टता गिरावट लोडरहित वोल्टता का लगभग 5 से 8 प्रतिशत होगा जिसको नगण्य माना जा सकता है। यदि लोड प्रतिरोध को कम करके लोड करंट में और वृद्धि की जाय तो Fig 5 के अनुसार वक्र एक बिन्दु C पर पहुंच जाता है। इस बिन्दु पर टर्मिनल वोल्टता OC हो जाती है जो लोड रहित टर्मिनल वोल्टता की तुलना में यथेष्ट होती है। इस बिन्दु C पर यद्यपि लोड करंट अधिकतम (OK) होती है लेकिन लोड रहित वोल्टता की तुलना में यह बहुत कम होती है।

लेकिन जब लोड प्रतिरोध में और कमी की जाती है तो लोड करंट कम हो कर OM हो जाती है और V_T कम होकर OD हो जाता है। इसका अर्थ यह होता है कि लोड करंट में OK अधिक से वृद्धि नही हो सकती है और बिन्दु C भंजक बिन्दु कहलाता है। यह अधिकतम सम्भव करंट होती है जो एक जनरेटर आपूर्ति कर सकता है। बिन्दु C से परे लोड करंट में कमी के

Copyright Free Under CC BY Licence

साथ वक्र तीव्रता से गिरता है, जो यह दर्शाता है कि करंट में वृद्धि होने के स्थान पर कमी हो रही है। बिन्दु E पर जनरेटर लगभग लघु पथित हो जाता है और कुल प्रेरित वोल्टता I_a, R_a ड्राप और आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण लगभग शून्य हो जाती है। हम यह कह सकते है OE जनरेटर की अवशिष्ट वोल्टता है। व्यवहार में सभी जनरेटर वक्र के केवल AB भाग पर प्रचालित होते है जब जनरेटर की दक्षता अधिकतम होती है।

Fig 5



EXTERNAL CHARACTERISTIC CURVE (FULL CURVE)

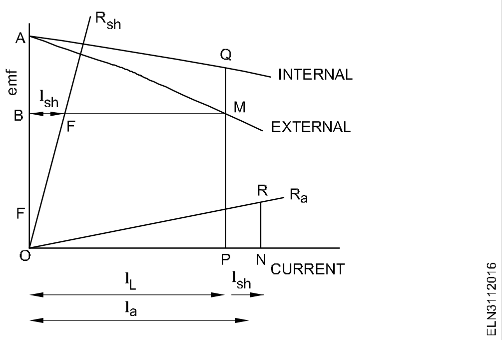
आन्तरिक अभिलक्षणिक (Internal Characteristic): आन्तरिक अभिलक्षणिक प्रेरित वोल्टता और आर्मेचर करंट के बीच सम्बन्ध प्रदर्शित करता है एक शन्ट जनरेटर में,

$I_A = I_L + I_{SH}$ $E = V_T + I_a R_a$

$I_{SH} = V_T / R_{SH}$

इसलिये वाहय अभिलक्षणिक से Fig 4 के अनुसार E/I_a वक्र को प्राप्त किया जा सकता है। I_{SH} को क्षैतिज दिशा में V के विरोध में आरेखित करके हमें R_{SH} रेखा प्राप्त होती है जो मूल से निकलती है लेकिन शन्ट फील्ड के उच्च प्रतिरोध के कारण Fig 6 के अनुसार इसका अति ढलान होता है। आर्मेचर प्रतिरोध R_a को भी एक रेखा से दर्शायें और आर्मेचर करंट को वोल्टता में ड्राप के विरोध में आरेखित करें जैसा कि Fig 4 में प्रदर्शित किया गया है। वाह्य अभिलक्षणिक (Fig 4) पर किसी बिन्दु M को लें और M पर अभिलम्ब खींचें, तो दिये गये टर्मिनल वोल्टता के लिये लोडकरंट ÕI_L = OP होती है। MB को क्षैतिज दिशा में आरेखित करें तो BF = I_{SH} और X अक्ष में PN = BF चिन्ह कीजिए ।

Fig 6



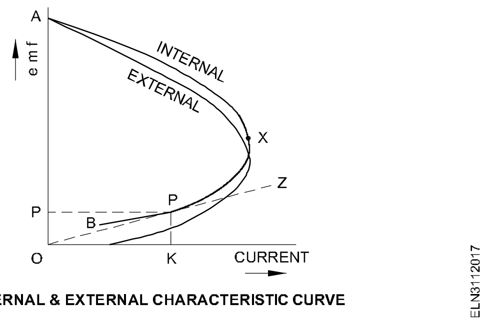
इस स्थिति में ON = OP + PN = ($I_L + I_{sh}$) = I_a.

N से उर्ध्वाधर रेखा खींचे जो आर्मेचर प्रतिरोध रेखा R_a को R पर मिले इस स्थिति में उर्ध्वाधर रेखा RN आर्मेचर में ड्राप के बराबर है इसलिये यदि PM रेखा को बिन्दु Q तक बढाया जाय और MQ = RN कर दिया जाय तो कुल लम्बाई PQ टर्मिनल वोल्टता और कुल आर्मेचर ड्राप के योग के बराबर है जो जनित EMF के बराबर है। इस प्रकार आन्तरिक अभिलक्षणिक पर एक बिन्दु Q प्राप्त होता है और कुल (आन्तरिक) अभिलक्षणिक को बिन्दु A और Q को मिलाकर खींचा जा सकता है।

यदि लोड प्रतिरोध को कम किया जाय तो वक्र Fig 7 के अनुसार ण्ब्दःद्म मुड जाता है यदि लोडप्रतिरोध बहुत कम है तब जनरेटर लघु पथ परिपथ है और मुख्य ध्रुवों के भारी अचुम्बकन के कारण प्रेरित emf जनित नही होती है।

लोडक्रान्तिक प्रतिरोध (Load critical resistance): इसकी परिभाषा लोड प्रतिरोध के उस अल्पतम मान से की जाती है जिससे जनरेटर, वोल्टता निर्मित करता है और इस मान के ठीक नीचे लोड प्रतिरोध दिष्ट शन्ट जनरेटर में वोल्टता निर्मित करने में असफल रहता है, लोड के साथ शुरू किया जाता है। जब DC शन्ट जनरेटर को लोडसे शुरू करते है तो टर्मिनल वोल्टता 10V से अधिक नही बढायी जा सकती क्योंकि लोड प्रतिरोध इतना कम होता है जैसे कि जनरेटर लघु पथ पथित है। Fig 7 में आन्तरिक अभिलक्षणिक की स्पर्श रेखा OZ में APB खींची जाती है। इसका ढाल लोड क्रान्तिक प्रतिरोध का मान प्रदान करेंगा, चूंकि DC शन्ट जनरेटर emf निर्मित नही करेगा जब इसे इस मान के प्रतिरोध से कम लोड पर रखा जायेगा। इसको लोड क्रान्तिक प्रतिरोध कहते है।

Fig 7



INTERNAL & EXTERNAL CHARACTERISTIC CURVE

लोडक्रान्तिक प्रतिरोध ओम में =

$$\frac{\text{`P' बिन्दु पर वोल्टता}}{\text{`P' बिन्दु पर लोडकरंट (amp)}} = \frac{OP}{OK}$$

इस प्रकार एक शन्ट जनरेटर के लिये दो क्रान्तिक प्रतिरोध होते है एक फील्ड करंट के लिये और दूसरा लोडवाह्य परिपथ के लिये।

दिष्ट शन्ट जनरेटर के अनुप्रयोग (Applications of DC shunt generator) : दिष्ट शन्ट जनरेटर लोडअभिलक्षणिक के अनुसार नो लोड रहित से पूर्ण लोडहोने पर वोल्टता ड्राप लोडकरंट के निर्धारण मान तक यथेष्ट नही होता। इसलिये इसे स्थिर वोल्टता जनरेटर कह सकते है और इसे स्थायी लोड जैसे :

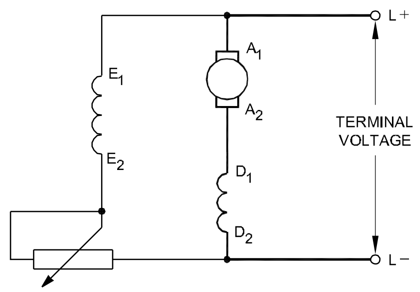
- अपकेन्द्रीय पम्प
- प्रदीप्ति भार
- पंखों बैटरी आवेशन और विद्युत लेपन में किया जा सकता है।
- बैटरी चार्जिंग और इलेक्ट्रोप्लेटिंग।

Copyright Free Under CC BY Licence

कंपाउण्ड जनरेटर (Compound generator): शन्ट और सिरिज फील्ड के एक जनरेटर में ऐसा संयोजन जिससे दो उत्तेजन स्रोत प्राप्त होते है को कंपाउन्ड जनरेटर कहते है।

लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर (Long shunt compound generator): जब आर्मेचर और सिरिज फील्ड के सयोजन के साथ शन्ट फील्ड समान्तर में होता है तो जनरेटर को एक लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर की भांति सम्बन्धित कहते है जिसे Fig 8 में प्रदर्शित किया गया है।

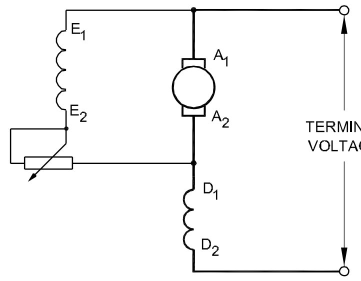
Fig 8



LONG SHUNT COMPOUND GENERATOR

लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर (Short shunt compound generator): जब शन्ट फील्ड समान्तर में केवल आर्मेचर से जोडा जाता है तो जनरेटर एक लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर की भांति सम्बन्धित कहा जाता है जैसा कि Fig 9 में प्रदर्शित किया गया है।

Fig 9



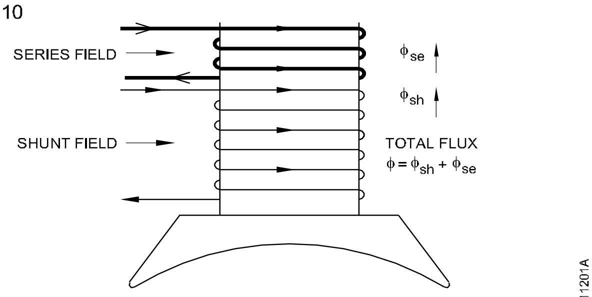
SHORT SHUNT COMPOUND GENERATOR

कम्प्यूलेटिव कंपाउन्ड जनरेटर (Cumulative compount generator): शन्ट फील्ड उत्तेजन फ्लक्स लगभग स्थिर रहता है और टर्मिनल वोल्टता में परिवर्तित होने पर कुछ प्रभावित होता है। सिरिज फील्ड का फ्लक्स अधिक परिवर्ती होता है क्योंकि इसका एम्पियर टर्न लोड करंट पर निर्भर करता है। जब लोड करंट शून्य होती है, यह कम फ्लक्स (लम्बा शन्ट) अथवा शून्य फ्लक्स (लघु शन्ट) उत्पन्न करता है और जब लोड करंट उच्च होती है यह अधिक फ्लक्स उत्पन्न करता है। कितना फ्लक्स इसे उत्पन्न करना चाहिये, यह इस बात पर निर्भर होता है कि किसी वोल्टता ड्राप के लिये किस सीमा तक क्षति पूर्ती करना चाहिये । एक कंपाउन्ड मशीन में शन्ट फील्ड के ठीक ऊपर सिरिज फील्ड उचित सपरेटर और इंसुलेशन के साथ वाइंडिंग किया होता है।

सिरिज फील्ड क्वाइल शन्ट फील्ड को सहायता देने के लिये Fig 10 के अनुसार सम्बन्धित हो सकते है। तब इस मशीन को कम्प्यूलेटिव (क्रमागत योगन द्वारा वृद्धित) कंपाउन्ड जनरेटर कहते है। सिरिज फील्ड का एम्पियर टर्न कम्पाउण्ड के परिमाण को निश्चित करता है।

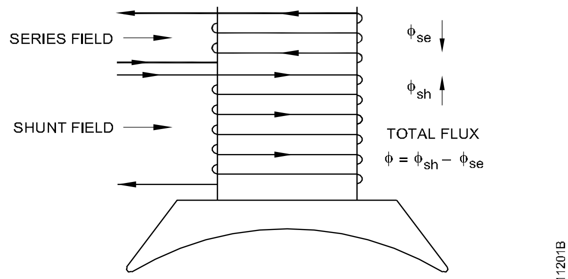
डिफरेंशियल कम्पाउंड जनरेटर (Differentially compounded generator): यदि सिरिज फील्ड द्वारा उत्पन्न फ्लक्स Fig 11 के अनुसार शन्ट फील्ड का विरोध करता है तो इस क्रिया को 'बकिंग' (bucking) कहते है और मशीन को विभेदीय (क्रमागत घटाकर कम करना) डिफरेंशियल काम्पाउंड जनरेटर कहा जाता है।

Fig 10



CUMULATIVE COMPOUNDING

Fig 11

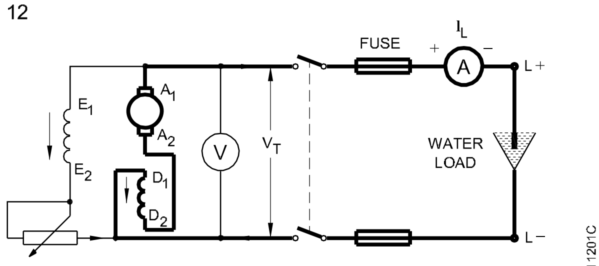


DIFFERENTIAL COMPOUNDING

दिष्ट कंपाउन्ड जनरेटर का वाह्य अभिलक्षणिक (External characteristics of DC compount generator):

संचयी कंपाउन्ड जनरेटर (Cumulative compound generator): Fig 12 में एक लम्बे शन्ट कम्प्यूलेटिव कम्पाउंड जनरेटर के लिये संयोजन आरेख दिखाया गया है। इस सम्बन्ध में सिरिज फील्ड शन्ट फील्ड में जुड़ता होता है और कुल फ्लक्स दोनों फ्लक्स के योग के बराबर होता

Fig 12



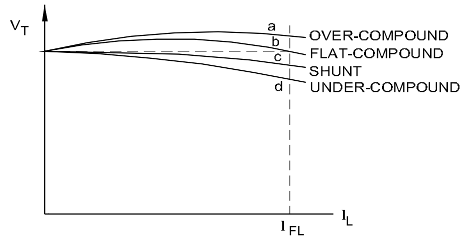
LONG SHUNT CUMULATIVE COMPOUND GENERATOR CONNECTION DIAGRAM

है। विभिन्न लोडधाराओं I_L के लिये प्रेक्षणों का एक समूह लेकर उनके संगत टर्मिनल वोल्टता V_T को लेकर हम V_T और I_L के बीच सम्बन्ध प्राप्त करने के लिये एक ग्राफ खींच सक्ते है। वक्र को वाह्य अभिलक्षणिक कहते है।

यदि Fig 13 के वक्र C में प्रदर्शित वक्र की आकृति है तो यह वही होगी जैसा कि शन्ट जनरेटर में होता है। और इस जनरेटर का उपयोग स्थायी वोल्टता लोड के लिये किया जा सकता है। यदि वक्र की आकृति Fig 13 की आकृति A की भांति है तो इससे ज्ञात होता है कि लोड करंट में वृद्धि से वोल्टता में वृद्धि होती जाती है। यह इस कारण होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न आर्मेचर प्रतिक्रिया और $I_a R_a$ ड्राप को नियंत्रित करने के लिये आवश्यक

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 13



EXTERNAL CHARACTERISTICS OF COMULATIVE COMPOUND DC GENERATORS

फ्लक्स से अधिक फ्लक्स उत्पन्न करता है। इस प्रकार की मशीन को एक अति योगित जनरेटर कहते है और इस जनरेटर का उपयोग अधिक दूरी वितरण लाइन्स के लिये आपूर्ती लोड को देने के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है इसलिये लाइन में वोल्टता ड्राप का क्षति वोल्टता में वृद्धि करके की जा सकती है।

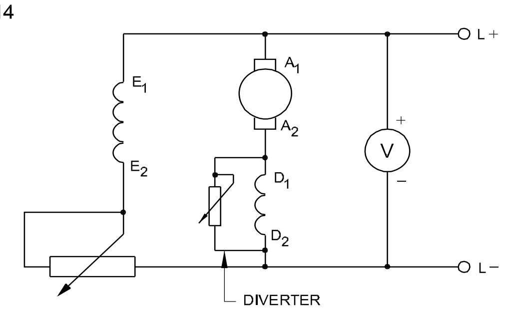
यदि Fig 13 की वक्र b में प्रदर्शित वक्र आकृति की भांति है इससे ज्ञात होता है कि कम लोड पर सिरिज एम्पियर टर्न अधिक फ्लक्स उत्पन्न करते है जो कि I_aR_a ड्राप को नियन्त्रित करने के लिये आवश्यक होता है। लेकिन पूर्ण लोड पर सिरिज फील्ड फ्लक्स I_aR_a ड्राप और आर्मेचर प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने के लिये उपयुक्त होता है। इस प्रकार की मशीन को फ्लैट (Level) कम्पाउण्ड जनरेटर कहते है और इस जनरेटर का उपयोग विशिष्ट टर्मिनल वोल्टता के लिये आवश्यक स्थिर भारों को शक्ति अपूर्ती के लिये किया जाता है। यदि वक्र की आकति वक्र D की भांति है तो इससे ज्ञात होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न I_aR_a ड्राप के कारण टर्मिनल वोल्टता में और आर्मेचर प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने के लिये उपयुक्त नही हैं लेकिन फिर भी वे शन्ट फील्ड को सहायता देते है इस प्रकार की मशीन को एक अंडर कंपाउण्ड जनरेटर कहते है। और यह जनरेटर विद्युत लेपन अथवा प्रदीप्ति के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है।

कमप्यूलेटीन कम्पाउण्ड जनरेटर में योगन का स्तर (Degree of compound-ings in a cumulative compound genera-tion) : एक जनरेटर में काम्पउण्ड स्तर को सिरिज फील्ड करंट के परिमाण से परिवर्तित किया जा सकता है इसलिये सिरिज फील्ड करंट के समायोजन के लिये Fig 14 के अनुसार एक प्रवर्तक (Diverter) जोडा जा सकता है।

डिफरेशिंयल कम्पाउण्ड जनरेटर (Differential compound generation): यदि Fig 15 के अनुसार सिरिज फील्ड की टर्मिनल परस्पर परिवर्तित किये जाते है तो प्राप्त वक्र Fig 16 के अनुसार हो सकता है इस प्रकार के सम्बन्ध में सिरिज फील्ड शन्ट फील्ड का विरोध करता और जनरेटर एक डिफरेशियल काम्पाउण्ड जनरेटर हो जाता है उत्पन्न कुल फ्लक्स शन्ट फील्ड फ्लक्स में सिरिज फील्ड फ्लक्स को घटाने से प्राप्त होता है वक्र से स्पष्ट है कि लोड करंट में वृद्धि के साथ टर्मिनल वोल्टता में अत्यधिक कमी आती है। यह इस कारण होता है कि सिरिज एम्पियर टर्न फ्लक्स उत्पन्न करते है जो शन्ट फील्ड फ्लक्स का विरोध अथवा बकिंग करते हैं। इस अभिलक्षणिक का प्रयोग वेल्डिंग कार्य में किया जा सकता है जहां आर्क बनने के पहले इलेक्ट्रोड और जॉब में विभवान्तर लगभग 100V के स्तर का होता है और जब आर्क बनता है तो इसका मान 40-50V तक गिर जाता है जिससे करंट प्रवाह बना रह सके।

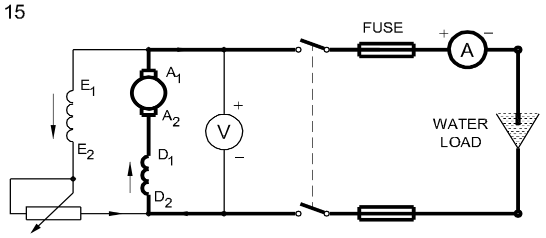
एक कंपाउन्ड जनरेटर के अनुप्रयोग (Application of a compound generator): सारणी 1 में विभिन्न प्रकार के कंपाउन्ड जनरेटर और उद्योगों में उनके अनुप्रयोग दिखाये गये हैं।

Fig 14



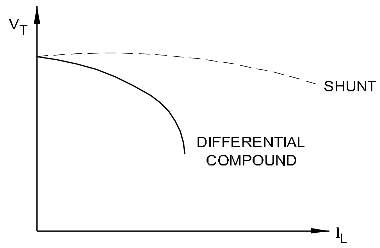
SERIES FIELD DIVERTER IN COMPOUND GENERATOR

Fig 15



CUMULATIVE COMPOUND GENERATOR CIRCUIT

Fig 16



EXTERNAL CHARACTERISTIC OF DIFFERENTIAL COMPOUND DC GENERATOR

सारणी 1

क्र. स.	कंपाउन्ड जनरेटर के प्रकार	उपयोग
1	कम्पाउण्ड जनरेटर a ओवर कम्पाउंड	जहां जनरेटर और लोडके बीच दूरी अधिक है जैसे रेलवे मार्ग, सडक की प्रकार व्यवस्था इत्यादि में प्रयुक्त होता है।
	b अण्डर या लेवल कम्पाउंड	इसका प्रयोग ऐसे स्थानों में होता है जहां लोड समीप है। जैसे प्रदीप्ति भार छोटे भवनों के शक्ति लोड अथवा लेथ जिसमें एक स्थिर वोल्टता आवश्यक होती है।
	c अंडर-कम्पाउंड	विद्युत लेपन प्रदीप्ति इत्यादि में प्रयोग में लाया जाता है।
2	डिफरेंशियल कम्पाउण्ड जनरेटर	इसका उपयोग आर्क वेल्डिंग जनरेटरों के लिये किया जाता है।

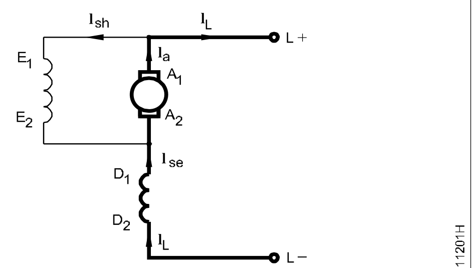
Copyright Free Under CC BY Licence

DC जनरेटर से सम्बन्धित गणितीय प्रश्न (Numerical problems pertaining to DC generator): जब जनरेटर को लोड किया जाता है तो आर्मेचर प्रतिरोध और सिरिज फील्ड प्रतिरोध में वोल्टता ड्राप होगा। प्राप्त आंकड़ो से प्रेरित emf की गणना करने के लिये निम्न पदों को अपनाना चाहिये।

$E_g = V + I_a R_a + I_{se} R_{se}$

एक लघु शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर के लिये $I_{SE} R_{SE} = I_L$ और $I_a = I_L + I_{SH}$ जैसा कि Fig 17 में प्रदर्शित किया गया है।

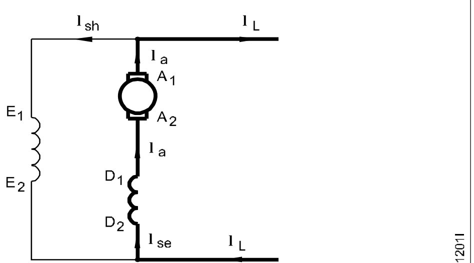
Fig 17



SHORT SHUNT COMPOUND GENERATOR

Fig 18 के अनुसार एक लम्बे शन्ट कंपाउन्ड जनरेटर के लिये $I_{SE} = I_a$ और $I_a = I_L + I_{sh} = I_{se}$

Fig 18



LONG SHUNT COMPOUND GENERATOR

जहां I_a = एम्पियर में आर्मेचर करंट

I_{sh} = एम्पियर में शन्ट फील्ड धारा

I_{se} = एम्पियर में सिरिज फील्ड धारा

I_L = एम्पियर में लोडधारा

उदाहरण (Example): एक लांग शन्ट काम्पउंड जनरेटर 400V पर 100A की लोडकरंट प्रदान करता है और इसका आर्मेचर सिरिज फील्ड और शन्ट फील्डों के प्रतिरोध क्रमशः 0.1 ohm, 0.03ohm और 200 ohm है। आर्मेचर करंट और जनित वोल्टता की गणना करे। सम्पर्क ड्राप के लिये 1V प्रतिब्रश मान लें।

हल (Solution):

Fig 19 में जनरेटर परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

$I_{sh} = 400/200 = 2A$

आर्मेचर और सिरिज वाइंडिंग में करंट समान है।

इसलिये $I_A = I_{SE} = 100+2 = 102A$

सिरिज फील्ड वाइंडिंग में वोल्टता ड्राप $= I_{SE} R_{SE} = 102 \times 0.03 = 3.06V$

आर्मेचर वोल्टता ड्राप $I_a R_a = 102 \times 0.1 = 10.2V$

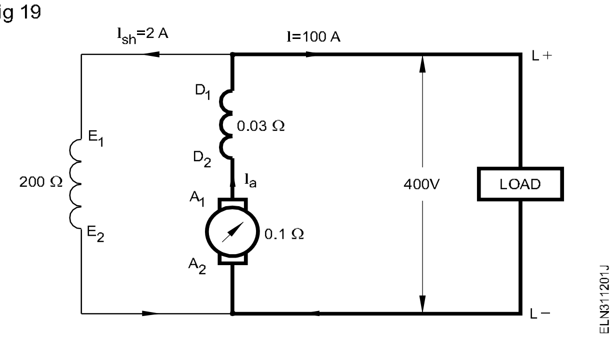
माना 2 ब्रशेज है।

ब्रशेज पर ड्राप = 2 x 1 = 2V

अब $E_g = V + I_a R_a$ + सिरिज ड्राप + ब्रश ड्राप

= 400 + 10.2 + 3.06 + 2 = 415.26 V

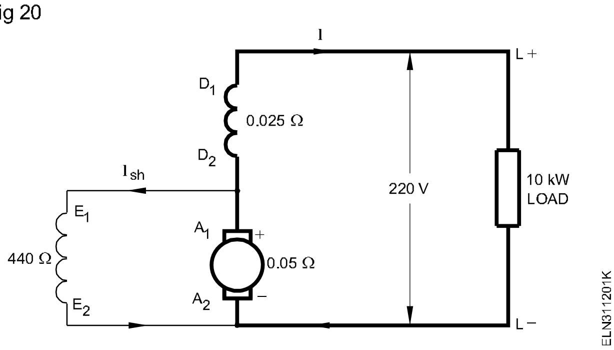
Fig 19



उदाहरण (Example): 220V की टर्मिनल वोल्टता से एक 10kW योगिक जनरेटर पूर्ण लोड पर कार्य करता है आर्मेचर सिरिज और शन्ट वाइंडिंगों का प्रतिरोध क्रमशः 0.05 ohm, 0.025ohm, 440 ohm है। जनरेटर का कुल emf आर्मेचर में ज्ञात करें जब मशीन एक शार्ट शन्ट से सम्बन्धित है।

हल Fig 20 में जनरेटर परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

Fig 20



$$\text{लोड करंट} = \frac{\text{वाट में भार}}{\text{टर्मिनल वोल्टता}} = \frac{10000}{220} = 45.45A$$

सिरिज वाइंडिंग में वोल्टता ड्राप = 45.45 x 0.025 = 1.14V

शन्ट वाइंडिंग के सिरों पर वोल्टता = 220+ 1.14 = 221.14V

I_{sh} = 221.14/440 = 0.503A

I_a = 45.45 + 0.503 = 45.953A

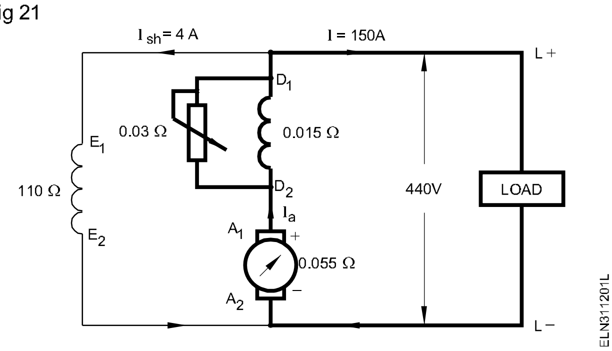
$I_a R_a$ = 45.953 x 0.05 = 2.297V

जनरेटर emf = टर्मिनल वोल्टता + आर्मेचर में वोल्टता ड्राप + सिरिज फील्ड में वोल्टता ड्राप = 220+2.297+1.14 = 223.44V

उदाहरण (Example): एक लागू शंट काम्पउण्ड जनरेटर में Fig 21 के अनुसार जब जनरेटर 150A प्रदत्त करता है टर्मिनल वोल्टता 440V है। ज्ञात करें (i) प्रेरित emf (ii) कुल जनित शक्ति और (iii) इस शक्ति का वितरण जब शन्ट फील्ड सिरिज फील्ड और आर्मेचर प्रतिरोध क्रमशः 110 ohm, 0.015ohm, 0.03ohm, 0.055ohm है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 21



हल:

I_{sh} = 440/110 = 4A

I_a = 150+4=154A

चूंकि सिरिज फील्ड प्रतिरोध और डाइवर्टर प्रतिरोध (Fig 14) समान्तर में है

उनका संयुक्त प्रतिरोध = 0.03 x 0.015/0.045 = 0.01ohm

कुल आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध = 0.055 + 0.01 = 0.065 ohm

सिरिज फील्ड और आर्मेचर के सिरों पर वोल्टता ड्राप

= 154 x 0.065 = 10.01V

i आर्मेचर द्वारा जनित वोल्टता E_G = 440 + 10.01 = 450.01V माना 450V

ii आर्मेचर द्वारा कुल जनित शक्ति $E_g I_A$ = 450 x 154 = 69300W

iii आर्मेचर में शक्ति ह्रास = $I_a^2 R_a$ = 154^2 x 0.055 = 1304.4W

सिरिज फील्ड और अपर्वतक में शक्ति ह्रास = 154^2 x 0.01 = 237.2W

शन्ट वाइंडिंग में शक्ति ह्रास = VI_{sh} = 440 x 4 = 1760W

लोड को दी गई शक्ति = 440 x 150 = 66000W

D.C. जनरेटर का पैरेलल आपरेशन (Parallel operation of DC generators)

DC पावर प्लान्ट में आमतौर पर पावर कई छोटे-छोटे जनरेटरों को पैरेलल में जोड़ कर लिया जाता है न कि एक बड़े जनरेटर से, निम्नलिखित कारणों से ऐसा किया जाता है ।

पैरेलल आपरेशन की आवश्यकता (The necessity of parallel operation)

1 **सर्विस की निरन्तरता (Continuity of service) :** यदि एक बड़ा जनरेटर पावर देता है तब ब्रेक डाउन की स्थिति में पूरा प्लाटं बंद हो जाएगा। पैरेलल यूनिट में सप्लाई के समय अगर एक यूनिट (इकाई) खराब हो जाती है तब ठीक (working) वाली यूनिट (इकाई) से सप्लाई मिल जाएगी ।

दक्षता (Efficiency) : जनरेटर अगर उनकी इलेक्ट्रिकल पावर क्षमता से काम करेंगे तब उनकी आयु लंबी होगी और प्रति यूनिट kwh पर लागत भी कम होगी इसके बाद अगर लोडकी माँग कम हो जाती तब एक या दो इकाईयों को बंद किया जा सकता है ।

3 **देखभाल और मरम्मत (Maintenance and repair) :** जनरेटर को लगातार देखभाल की जरुरत होती है यह तभी संभव है जब एक से अधिक जनरेटर लगाये जाये इसलिए सामान्य चैकिंग करते समय सप्लाई पैरेलल इकाई (यूनिट) से प्राप्त की जा सकती है ।

4 **प्लांट की क्षमता को बढ़ाना (Increasing plant capacity) :** जब जरूरत अनुसार क्षमता को बढ़ाते हैं तो नई इकाई (यूनिट) साधारणतया पुरानी इकाई (यूनिट) के साथ पैरेलल में प्लाटं क्षमता को बढ़ाता है ।

D.C. जनरेटर को समान्तर करने की शर्ते (Conditions for paralleling of D.C. Generators)

1 आउटपुट वोल्टेज समान होना चाहिए

2 ध्रुवता समान होनी चाहिए

शंट जनरेटर को पैरेलल (समानान्तर) जोड़ना (Connecting Shunt Generators in Parallel) : जनरेटर को बस-बार के समान्तर (पैरेलल) में लगाये जाने का मुख्य उद्देश्य अधिक लोड (भार) को सहन करना होता है अर्थात् जब एक जनरेटर पर लोड (भार) सीमा से अधिक हो जाये तब उस जनरेटर के पैरेलल (समानान्तर) में एक और जनरेटर लगाया जाता है । बस-बार भारी तथा मोटे ताँबे (ताम्र) बार के होते हैं। वे धनात्मक और ऋणात्मक सिरों की तरह काम करते हैं । जनरेटर का धनात्मक सिरा बस बार के धनात्मक सिरा (पोजेटिव टर्मिनल) से जुड़ने चाहिए और ऋणात्मक (निगेटिव) बस बार के ऋणात्मक के साथ लगाना होता है । Fig. 22 शंट जनरेटर (1) जुड़ा हुआ है बस बार से और सप्लाई लोड़ से जुड़ा है । जब पावर प्लांट पर लोड (भार) बढ़ाया जाता है तो जनरेटर की क्षमता के अनुसार ही होता है, दूसरा शंट जनरेटर (2) लोड (भार) डिमांड बढ़ने के साथ पैरेलल में प्रथम के साथ जुड़ा होता है ।

DC जनरेटर का समानान्तर आपरेशन (Operation of paralleling of D.C. Generator)

1 जनरेटर 2 को बाहरी स्त्रोत द्वारा उसकी रेटेड स्पीड तक घुमाया जाता है अब फील्ड सर्किट जनरेटर का S_4 स्विच द्वारा बंद कर दिया जाता है ।

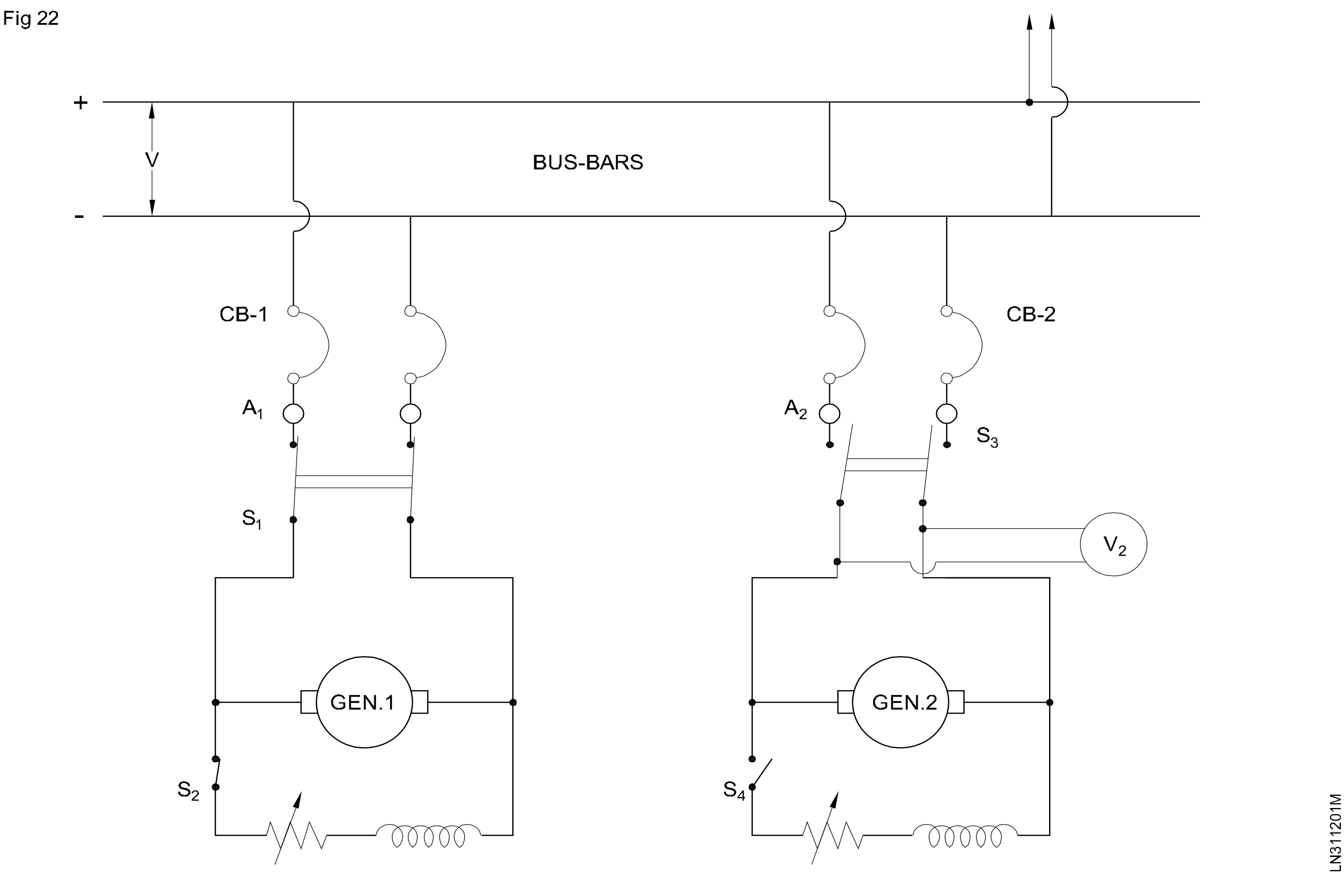
2 दूसरा सर्किट ब्रेकर CB_2 बंद करके जनरेटर 2 को उत्तेजित करके जितना जनरेट वोल्टेज होता है उसके बराबर बस-बार वोल्टेज को कर दिया जाता है । This is indicated by voltmeter V_2.

3 अब जनरेटर 2 जनरेटर 1 के साथ समान्तर तैयार हो जाता है । मुख्य स्विच S_3 बंद करके, जनरेटर 2 को जनरेटर 1 के समान्तर कर दिया, जनरेटर 2 पर कोई लोडसप्लाई नहीं हो रहा क्योंकि यह बस-बार वोल्टेज के बराबर emf पैदा कर रहा है । जनरेटर बस बार पर कोई लोडनहीं सप्लाई कर रहा है । (Fig 22).

4 यदि जनरेटर 2 कोई करंट डिलीवर कर रहा है तब जनरेट हुआ वोल्टेज बस-बार के वोल्टेज से ज्यादा होना चाहिए । उस स्थिति में करंट सप्लाई I = (E-V)/Ra आर्मेचर सर्किट का रजिस्टेन्स है । फील्ड करंट के बढ़ जाने से (पैदा होने वाला emf E), जनरेटर 2 भार के हिसाब से निरंतर सप्लाई दे सकता है ।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 22



5 लोडको यदि शंट जनरेटर से फील्ड एक्साइटेसन (उत्तेजित) के हिसाब से adjust किया जा सकता है, यदि जनरेटर 1 को बंद कर दें, तब पूरा लोडजनरेटर 2 पर चल जायेगा, बशर्ते इसमें जनरेटर 1 से zero हो सर्किट ब्रेकर CB_1 खोलें, तब मुख्य स्विच S_1 भी खुल जायेगा।

लोड का विभाजन (Load Sharing) : शायद फील्ड एक्साइटेशन को एडजस्ट करके लोडको एक जनरेटर से दूसरे जनरेटर में पहुँचा सकते हैं। दो जनरेटर का लोडविभाजन में असमान लोड वोल्टेज होता है । माना E_1, E_2 = दो जनरेटर का नो लोड वोल्टेज और रजिस्टेन्स R_1, R_2 = आर्मेचर प्रतिरोध है ।

जनरेटर के इस आउपुट करंट का मान E_1 व E_2 के मानों पर निर्भर करता है। इन मानों को फील्ड रिहोस्टेट द्वारा परिवर्तित किया जा सकता है। आमतौर पर टर्मिनल वोल्टेज (बस - बार वोल्टेज)- (i) जनरेटर के विभिन्न EMF मान (ii) कुल लोड करंट आपूर्ति पर निर्भर करता है। आमतौर पर यह बस बार वोल्टेज को स्थिर रखने के लिए वांछित है। यह समानान्तर में काम कर रहे जनरेटर के फील्ड एक्साइटेशन को समायोजित करके प्राप्त किया जा सकता है।

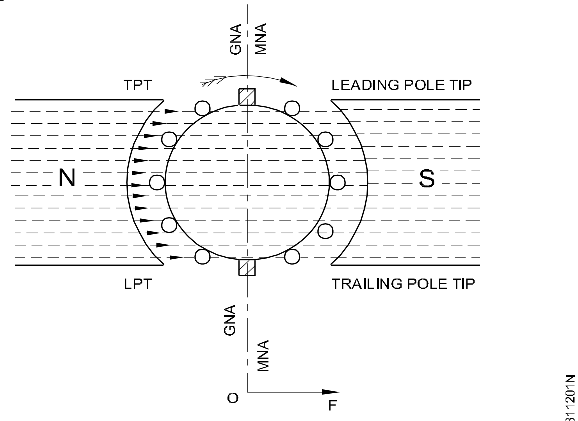
आर्मेचर प्रतिक्रिया (Armature reaction)

जब आर्मेचर चालकों में कम लोड करंट प्रवाहित होती है आर्मेचर चालकों द्वारा उत्पन्न mmf मुख्य फील्ड फ्लक्स के साथ इस प्रकार प्रतिक्रिया करता है कि मुख्य फील्ड फ्लक्स का फील्ड विरूपित (Distored) हो जाता है और इसे प्रतिचुम्बकन प्रभाव कहते है। लेकिन इस प्रभाव को जनरेटर की ब्रुश स्थिति को घूर्णन की दिशा में छोटे कोण से विस्थापित करके निरस्त किया जा सकता है।

जब जनरेटर को और अधिक लोडेड करते है तो ध्रुव सिरें संतृप्त हो जाते है और मुख्य फील्ड फ्लक्स को अचुम्बकित करते है जिससे प्रेरित emf कम होता है। इस प्रभाव को अचुम्बकन प्रभाव कहते है और इस भी आगे स्पष्ट किया गया है।

Fig 23 मे मुख्य फील्ड फ्लक्स से फ्लक्स वितरण प्रदर्शित किया गया है। चूंकि आर्मेचर चालकों में करंट नही है फ्लक्स समरूप है। GNA (ज्यामिती उदासीन अक्ष) और MNA (चुम्बकीय उदासीन अक्ष) एक दूसरे के साथ है।

Fig 23

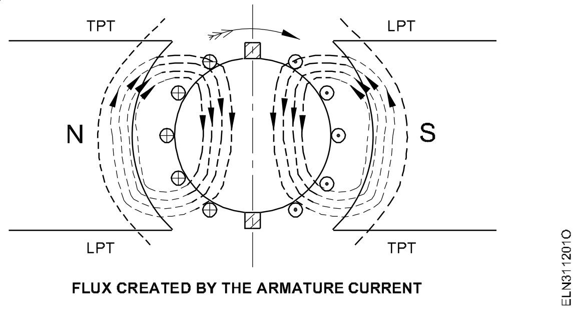


MAIN MAGNETIC FIELD OF A TWO - POLE DC MACHINE

Fig 24 में केवल आर्मेचर चालकों द्वारा नियोजित फ्लक्स प्रदर्शित किया गया है। N ध्रुव के अन्तर्गत करंट दिशा को + चिन्ह से और दक्षिणी ध्रुव के अन्तर्गत बिन्दु चिन्ह (.) के अनुसार प्रदर्शित किया गया है। इस आर्मेचर फील्ड की तीव्रता (mmf) आर्मेचर करंट पर निर्भर करती है, जो लोड करंट पर निर्भर होती है।

Copyright Free Under CC BY Licence

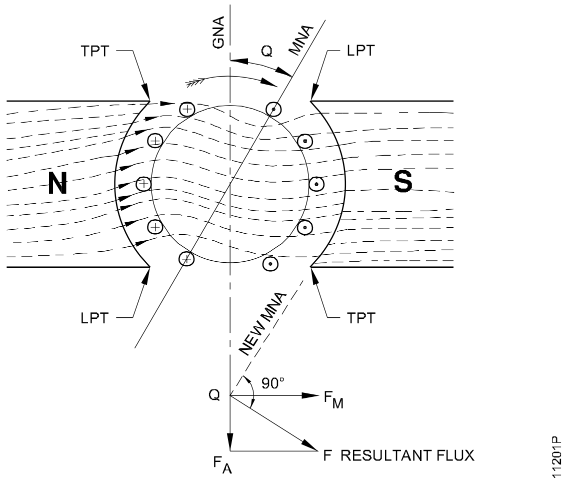
Fig 24



FLUX CREATED BY THE ARMATURE CURRENT

प्रतिचुम्बकन प्रभाव (Cross - magnetising effect): मुख्य फील्ड और आर्मेचर mmf के संयुक्त प्रभाव से प्राप्त फ्लक्स वितरण Fig 25 में प्रदर्शित किया गया है। पिछला ध्रुव (trailing pile) पर परिणाम फील्ड बढ़ा हुआ प्राप्त होता है। और ध्रुव सिरों पर निर्बल हो जाता है इस प्रतिचुम्बकन प्रभाव के कारण चुम्बकीय उदासीन अक्ष MNA ज्यामिति उदासीन अक्ष GNA से घूर्णन की दिशा में कोण Q द्वारा विस्थापित हो जाती है। Fig 25 में सदिशों द्वारा मुख्य फील्ड फ्लक्स (FF) और आर्मेचर फ्लक्स (F_A) का प्रभाव प्रदर्शित किया गया है। चुम्बकीय उदासीन अक्ष (MNA) परिणामी फ्लक्स (F) के लम्बवत् होना चाहिये।

Fig 25



CROSS - MAGNETISING EFFECT

निदान (Remedy): संदोलक (Rocker arm) भुजा की सहायता से ब्रशों को GNA से MNA तक विस्थापित करके प्रतिचुम्बकन प्रभाव को निरस्त किया जा सकता है। वास्तव में विस्थापन का माप आर्मेचर करंट के परिमाण पर निर्भर करता है ब्रुश की सही स्थिति पर प्रेरित emf अधिकतम होगा और ब्रशों के किनारों पर न्यूनतम चिंगारी होगी।

अचुम्बकन प्रभाव (Demagnetising effect): अधिक आर्मेचर करंट पर चुम्बकीय फ्लक्स का असमान वितरण अचुम्बकन प्रभाव में परिणामित होता है क्योंकि पिछला (Tip) ध्रुव सिरा पर तीव्रता सिरे के सतृप्त होने तक होती है। फ्लक्स के संतृप्त हो जाने के पश्चात पिछला सिरे में वृध्दि नही की जा सकती। इसी प्रकार फ्लक्स में अग्रगामी ध्रुव सिरों पर जिससे अचुम्बकन प्रभाव होता है और इसलिये अधिक लोड स्थिति में प्रेरित emf कम हो जाता है।

निदान (Remedy): न्यूनित प्रभाव के कारण प्रेरित emf में कमी के प्रभाव को दूर करने के लिए छोटी मशीन से मुख्य वाइंडिंग में फील्ड वाइंडिंग में एम्पियर टर्न बढ़ा दिया जाता है । लेकिन बड़ी मशीनों में अचुम्बकन प्रभाव को निरस्त करने के लिए Fig 26 के अनुसार अनुसार मुख्य ध्रुण के सामने के भाग पर कंपनसेटिंग वाइंडिंग लगाई जाती है अचुम्बकन प्रभाव का कम्पेनसेटिंग वाइंडिंग में परिवर्तन करके किया जाता है और इस कम्पेनसेटिंग वाइंडिंग को आर्मेचर से Fig 27 के अनुसार सिरिज क्रम में जोड दिया जाता है जो एक मिश्रित मशीन के लिये होता है।

Fig 26

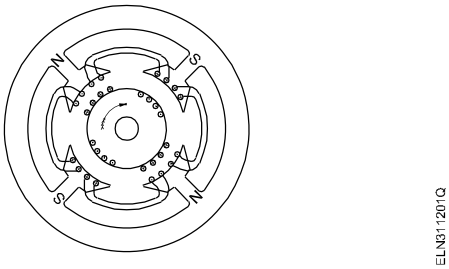
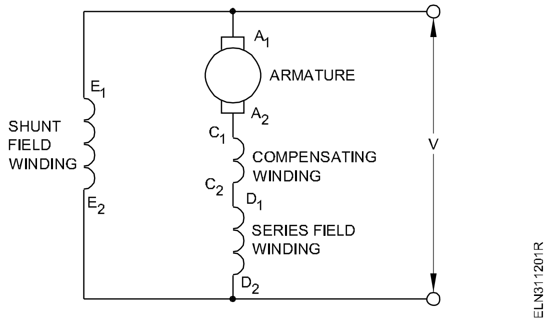


Fig 27



कम्पेनसेटिंग लपेट (Compensating winding): बडी मशीनों में जिनमें लोड का परिवर्तन होता है आर्मेचर प्रतिक्रिया के कारण अचुम्बकन प्रभाव को इस वाइंडिंग से कम किया जा सकता है।

इस वाइंडिंग में प्रवाहित होनेवाली करंट आर्मेचर चालकों में प्रवाहित करंट के बराबर व विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है । जिससे उनके द्वारा नियोजित फ्लक्स आर्मेचर फ्लक्स के समान परिमाण और विपरीत दिशा में होता है इसलिये वे परस्पर कम हो जाते है और किसी भी लोड यहां तक परिवर्तित लोडों पर भी अचुम्बकन प्रभाव निरस्त हो जाता है।

दिक परिवर्तन (Commutation)

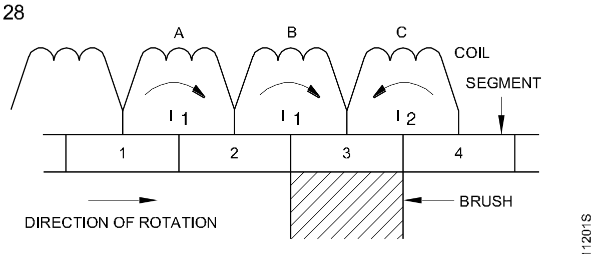
जब एक DC जनित को लोडेड किया जाता है आर्मेचर वाइंडिंग, कम्यूटेटर परिवर्तक और ब्रशेज से वाहय परिपथ को करंट प्रवाह होता है। इस प्रक्रिया में जब भी एक ब्रुश दो कम्यूटेटरखण्डों को स्पर्श करता है वाइंडिंग घटक उन कम्यूटेटर खण्डों से सम्बन्धित होकर लघु पथित होता है। करंट दिशा के परिवर्तन जो लघु पथित होने के पश्चात और पहले लपेट घटक में होते है उन्हें कम्यूटेशन कहा जाता है।

यदि करंट दिशा में परिवर्तन धीरे धीरे होता है तो कम्यूटेशन सरलता से होता है अन्यथा लपेट घटक में करंट एकाएक परिवर्तन होने पर रफ कम्यूटेशन कहलाता है जो ब्रशों के सिरों पर भारी चिनगारी उत्पन्न करता है यदि रफ कम्यूटेशन होने दिया जाय तो ब्रश और कम्यूटेशन चिन्गारी द्वारा उत्पन्न अति ऊष्मन के कारण अन्ततः नष्ट हो जाते है।

करंट में परिवर्तनो को नीचे के चित्रों द्वारा स्पष्ट किया गया है क्वायल B में प्रवाहित करंट की दिशा वामावर्त दिखायी गई और ब्रश I_1 करंट वाइंडिंग के बायें भाग से संग्रहित करते है और दाहिने भाग के वाइडिंग से I_2 करंट संग्रहित होती है। (Fig 28)

Copyright Free Under CC BY Licence

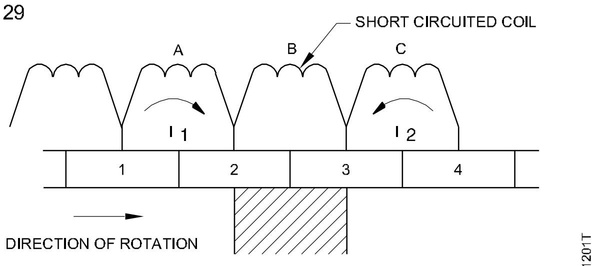
Fig 28



CURRENT COLLECTION - SEGMENT 3 IN CONTACT WITH THE BRUSH

Fig 29 में प्रदर्शित किया गया है कि ब्रश खण्डों दो और तीन को लघु पथित करतॱ जिससे क्वायल B लघु पथित होता है। वाइंडिंग के बायी ओर करंट I_1 क्वायल A से होकर ब्रश को जाती है और दाहिने ओर की वाइंडिंग करंट क्वायल C से होकर जाती है। क्वायल B में कोई करंट नही होती है और यह लघु परिपथ हो जाता है।

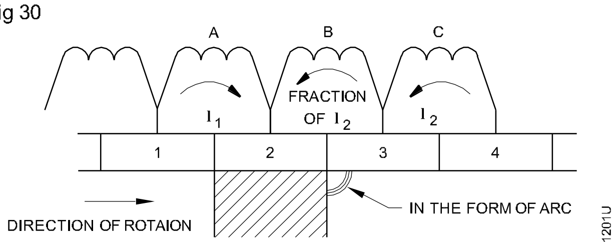
Fig 29



CURRENT COLLECTION-SEGMENTS 2 & 3 ARE IN CONTACT WITH THE BRUSH

Fig 30 में केवल खण्ड दो के ब्रश सम्पर्क दिखाये गये है। और बायी ओर वाइंडिंग में करंट 4 क्वायल A से होकर ब्रश में जाती है। दूसरी ओर दाहिने ओर की करंट I_2 अब क्वायल B में खण्ड दो से होकर ब्रश में जाना चाहिये।

Fig 30



CURRENT COLLECTION - SEGMENT 2 IN CONTACT WITH THE BRUSH

इस क्षण क्वायल B में करंट की दिशा वामावर्ती से दक्षिणा वर्ती हो जाना चाहिये। लेकिन यदि यह परिवर्तित भी होती है तो इसका मान लघु परिपथ हो जाने के पश्चात भी अपने पूर्ण मान को प्राप्त नही करेगा। इसलिये करंट I_2 का एक बडा भाग दाहिनी ओर से खण्ड तीन में एक चाप द्वारा ब्रश को पहुंचेगा। इसका कारण यह होता है कि क्वायल B में करंट दिशा के एकाएक परिवर्तन होने से एक स्थैतिक प्रेरित emf (प्रतिघात) उत्पन्न होती है जो ϕ/t अथवा i/t होगी। जहां एम्पियर में करंट I के कारण उत्पन्न फ्लक्स ϕ है और लघु परिपथ का सेकेण्ड में समय t से व्यक्त होता है साथ ही प्रेरित emf की गणना कम्यूटेशन के अन्तर्गत रीएक्टेन्स के द्वारा भी की जा सकती है जो क्वायल के स्वप्रेरण और समीप क्वायलों के पारस्परिक प्रेरण पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिये A2 ध्रुव, दो ब्रश दिष्ट जनरेटर एक लोडको जब वह 1440 rpm पर प्रचालित हो रहा है 100 एम्पियर करंट देता है और इसके दिशा परिवर्तक में 24 खण्ड है। तो लघु पथन होने के तुरन्त बाद वाइंडिंग घटक में स्थैतिक प्रेरित emf को ज्ञात करने के लिये हमारे पास बायें से जाने वाली करंट 50 amp और दायी ओर से ब्रश को जाने वाली करंट 50 amps है। इसलिये करंट में परिवर्तन वामावर्ती में 50 amps से शून्य और इसके पश्चात दक्षिणावर्ती में 50 amps तक होती है जो 100 amps हो जाती है। एक चक्र द्वारा लिया गया समय

$$= \frac{60}{1440} = 0.04166 \text{ sec}$$

लघु परिपथ के लिये लिया गया समय

$$= \frac{0.04166 \text{ seconds}}{24 \text{ segments}} = 0.001736 \text{ sec}$$

जो एक खण्डके निकल जाने के लिये आवश्यक समय है।

इसलिये स्थैतिक प्रेरित emf $\frac{I}{t} = \frac{100}{0.001730} = 57{,}603V$

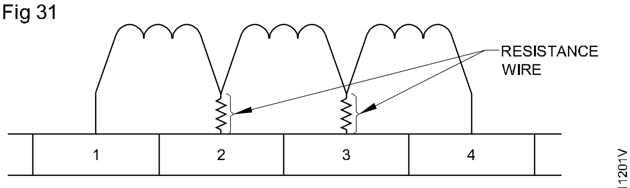
यह प्रेरित emf लेन्ज के नियम का पालन करेगा और करंट परिवर्तन का विरोध करेगा इसलिये Fig 30 के अनुसार दाहिने हाथ की ओर से करंट क्वायल B से जाने में असफल होगी। और यह एक चिंगली के रूप में ब्रश पर कूदेगी इसे रफ कम्यूटेशन कहते है।

रफ कम्यूटेशन के लिये निदान (Remedies for rough commutation by providing interpoles)

ब्रश स्थिति में चिन्गारियों को दूर के लिये निम्न विधियां प्रयोग में लायी जाती है जो रफ कम्यूटेशन को सरल कम्यूटेशन में प्रभावकारी ढंग से परिवर्तित करती है।

- Fig 31 के अनुसार दिशा परिवर्तक के क्वायलों के सिरों के बीच प्रतिरोध तार लगा दिये जाते है। यह बढी हुई प्रतिरोध करंट दिशा को परिवर्तित करने में सहायक होता है और समय में वृद्धि करता है जिससे स्थौतिक प्रेरित emf कम होता है।

Fig 31



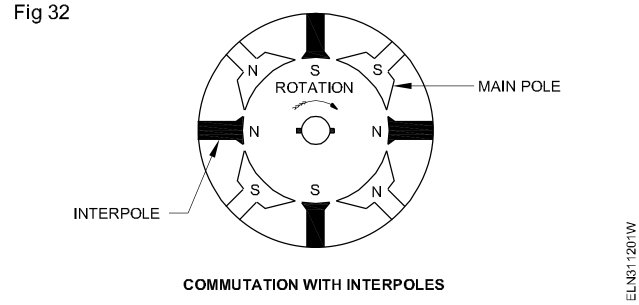
COMMUTATION WITH RESISTANCE WIRES

- उच्च प्रतिरोध ब्रश प्रयोग में लाये जाते है इसलिये सम्पर्क प्रतिरोध परिवर्तन करंट की दिशा को सुगमता से परिवर्तित होने देते है और स्थौतिक प्रेरित emf कम हो जाती है।

- Fig 32 के अनुसार मुख्य ध्रुवों के बीच लघु फील्ड ध्रुव जिन्हें इंटरपोल (interpole) कहते है प्रदत्त किये जाते है इन इंटरपोलों की ध्रुवता की दिशा जनरेटरों के घूर्णन दिशा के आगे दूसरे ध्रुव की ध्रुवता की भांति होती है। साथ ही इनके वाइंडिंग आर्मेचर से सिरिज में जोडे जाते है और यह आर्मेचर में प्रवाहित करंट के समान ही करंट लेते है।

Copyright Free Under CC BY Licence

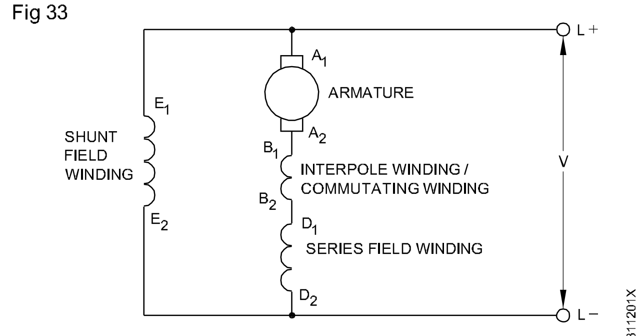
Fig 32



COMMUTATION WITH INTERPOLES

यह इंटरपोल स्थैतिक प्रेरित emf दिशा के विपरीत एक emf उत्पन्न करते है और इनका परिमाण करंट पर निर्भर होता है। इस प्रकार स्थैतिक प्रेरित emf का प्रभाव निरस्त हो जाता है इन इंटरपोल्स को चक्करों की कम संख्या से वाउंड किया जाता है जिनका गेज तार मोटा होता है। Fig 33 में एक दिष्ट मिश्रित मशीन में इंटरपोल वाइंडिंग का सम्बन्ध प्रदर्शित किया गया है।

Fig 33



CONNECTION OF INTERPOLE WINDING IN A DC MACHINE

DC मशीन की दक्षता और हानियाँ Losses and efficiency of DC machines

DC मशीनों में होने वाली हानियों को प्राप्त कर उनकी दक्षता को ज्ञात किया जा सकता है। इसके अलावा मध्यम और बड़े आकार क मशीनों के लिए वास्तविक लोडकी वयवस्था करना संभव नहीं है। अतः हानियों को पता लगाकर दी कई मशीनों की दक्षता ज्ञात कर सकते हैं।

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{output} + \text{losses}} (\text{For generators})$$

$$\eta = \frac{\text{input - losses}}{\text{input}} (\text{For motors})$$

घूमने वाले मशीनों में ऊर्जा रूपांतरण के समय करंट , फलक्स और घुर्णन के कारण, चालक, चुम्बकीय पदार्थ और यांत्रिक हानि के रूप में होता है। DC मशीन में होने वाली हानियों को Fig 34 में दिखाया गया है।

कुल हानियों को मुख्य दो प्रकार में बाँटा गया हैं, **(Total losses can be broadly divided into two types)**

1 स्थिर हानियाँ

2 परिवर्ती हानियाँ

इन हानियों को आगे बौर बाटा गया हैं। **(These losses can be further divided as)**

1 स्थिर हानियाँ - i) कोर हानि या आयरन हानि

a हिस्टेरिसिस हानि

b एडी करंट लास

ii यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical loss)

a वायु घर्षण हानियाँ

b घर्षण हानि :- ब्रश घर्षण हानि और बियरिंग घर्षण हानि

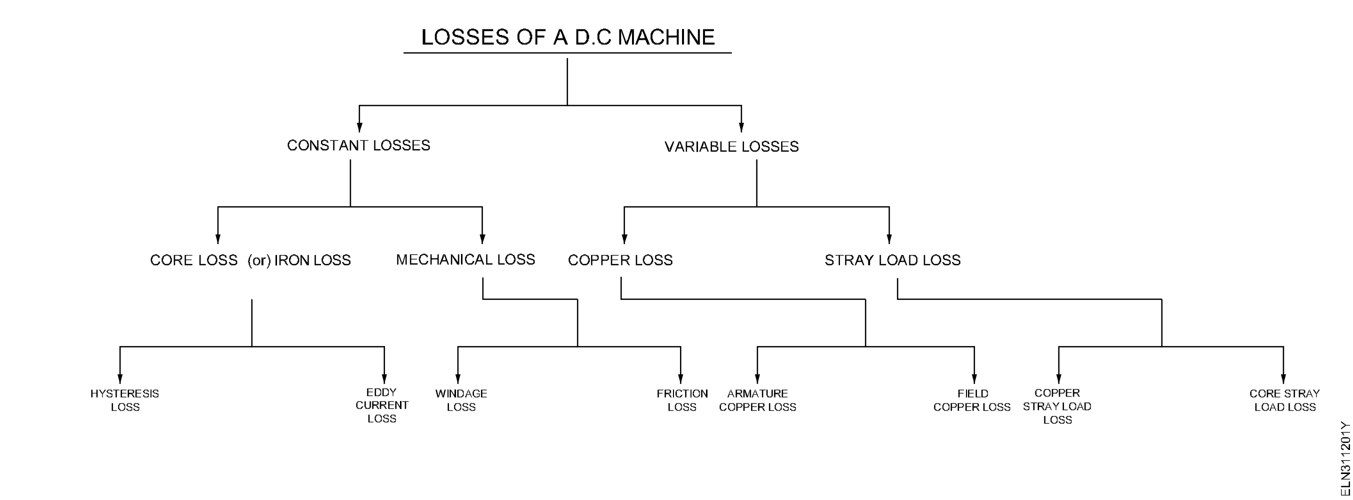
2 परिवर्ती हानियाँ (Variable losses) - i) कापर हानि (copper loss (I^2R))

a आर्मेचर तांम्र हानि

b फील्ड तांम्र हानि

c ब्रश संपर्क हानि

Fig 34



Copyright Free Under CC BY Licence

ii स्ट्रे लोड हानि (Stray load loss)

a कापर स्ट्रे लोड हानि

b कोर स्ट्रे लोड हानि

आर्मेचर कोर में कोर हानि या लौह हानि जब आर्मेचर फील्ड द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय फलक्स में घूमता हे, तब दो प्रकार के लौह हानियाँ होती हैं। (a) हिस्टेरिसिस हानि (b) एडी करंट हानि

a) **हिस्टेरिसिस हानि (Hysteresis loss):** जब आर्मेचर का कोर एक पोल से दूसरे पोल पर गुजरता है, तब विचुम्बकन बल के कारण हिस्टेरिसि हानि होती है। यह हानि लोहे के ग्रेड और आयरन पर निर्भर करता हैं और फलक्स घनत्व (BM) के अधिकतम मान तथा आवृत्ति (f) पर भी निर्भर करता है। हिस्टेरिसिस लॉस W_h के लिए निम्न सूत्र है-

$W_h = K_h B_m 1.6$ f v joule/sec. or watt

जहाँ K_h = स्विरॉंक, जो कि कोर के धातु पर निर्भर करता हैं।

B_m = अधिकतम फलक्स घनत्व wb/m^2

F = आवृत्ति Hz में

V = आर्मेचर कोर का आयतन m^3 में

b) एडी करंट हानि (Eddy Current loss): जब आर्मेचर कोर चुम्बकीय फलक्स को काटता है, तब कोर में उत्पन्न हुए emf के कारण करंट चलने लगती हैं। जिसे एडी करंट कहा जाता है। एडी करंट चलने से ही एडी करंट हानि होती है। इस हानि को कम करने के लिए कोर को लेमिनेटेड पॉलिस की कोटिंग की जाती हैं। लेमिनेटेड कोर के कटाक्ष फील्डफल में कमी होने के कारण करंट के लिए कम रास्ता मिल ड्रापा हैं। जिससे एडी करंट का मान कम होने से एडी करंट हानि भी कम होती हैं।

एडी करंट हानि W_e को निम्न सूत्र से दर्शाया जाता है-

$W_e = K_e B^2_m f^2 t^2 v$ Watt

जहाँ K_e = अनुड्राप स्धिरांक

B_m = अधिकतम फलक्स घनत्व Wb/m^2 में

f = आवृत्ति हट्र्ज Hz में

t = लेमीनेशन की मोटाई m में

v = आर्मेचर कोर का आयतन घन मी (m^3) में

ii) यांत्रिक हानि/क्षति **(Mechanical loss):** इस क्षति में वायु घर्षण हानि ब्रशों से घर्षण, बियरिंग में होने वाली घर्षण हानि आदि शामिल हैं।

2) परिवत्ती हानि/क्षति **(Variable losses):** (i) ताम्र हानि परिवर्तनशील होता है।

आर्मेचर ताम्र क्षति **(Armature copper loss ($I_a^2 r_a$) loss):** यह हानि आर्मेचर वाइंड्गि के प्रतिरोध के कारण होता है। जब वाइडिंग में करंट प्रवाहित होती है तब ताम्र क्षति होता है। $I_a^2 r_a$ यह क्षति लोड के परिवर्तन पर निर्भर करता है।

b) फील्ड क्षति (Field contact drop): ब्रश और कम्यूटेटर के संपर्क होने से प्रतिरोध बढ़ने से यह क्षति बढ़ती है। यह हानि लोडके साथ स्थिर होता है।

c) ब्रश संपर्क क्षति (Brush contact drop): ब्रश और कम्यूटेटर के संपर्क से यह क्षति होती है। यह हानि भी लोड़ के साथ स्थिर होता है।

ii) स्ट्रे लोड हानि (Stray load loss): यह एक अतिरिक्त हानि हैं जो लोड पर निर्भर करता हैं। स्ट्रे हानि के प्रकार निम्न हैं।

i) तांम्र स्ट्र लोड हानि (Copper stray load loss) : एडी करंट और कंडक्टर के ऊपरी सतह पर चलने वाली करंट के करण तांम्र स्ट्रे लोड हानि होती हैं।

ii) कोर स्ट्रे लोड हानि **(Core stray load loss):** जब आर्मेचर कोर में लोड करंट प्रवाहित होती है तब फलक्स घनत्व कोर और दांतों में विकृत हो जाती हैं। फलक्स घनत्व एक सिरे पर बढ़ता है और दूसरे सिरे पर कम होता हैं। जब कि कोर हानि फलक्स घनत्व के वर्ग के अनुड्राप में होता हैं। फलक्स घनत्व में वृद्धि की वजह से करंट के प्रवाह में कमी हो जाती हैं। दांतों और कोर में अत्यधिक संतृप्त स्वितियों के तहत यह लास कोर स्ट्रे लोड हानि होता है। यह हानि सटिक रूप गणना करना मुश्किल हैंफ यह DC मशीन के कुल आउटपुट का 1% लिया जाता है।

DC जनरेटर की दक्षता **(Efficiency of a DC generator)**

Fig 35 में DC जनरेटर की दक्षता दिखाया गया है-

$$= \frac{\text{output}}{\text{output} + \text{losses}} = \frac{VI}{VI + I_a^2 r_a + W_e}$$

जहाँ w_e स्थिर हानि है।

उच्चतम दक्षता की स्थिति **(Condition for maximum efficiency)**

जनरेटर आऊटपुट = VI

जनरेटर इनपुट = आऊट पुट +हानियाँ

$= VI + I^2 a R_a + W_e$

$= VI + (I + I_{sh})^2 R_a + W_e \quad \therefore I_a = (I + I_{sh})$

हालांकि यदि I_{sh} लोड करंट को तुलना में नगण्य है तो $I_a = I$ (लगभग)

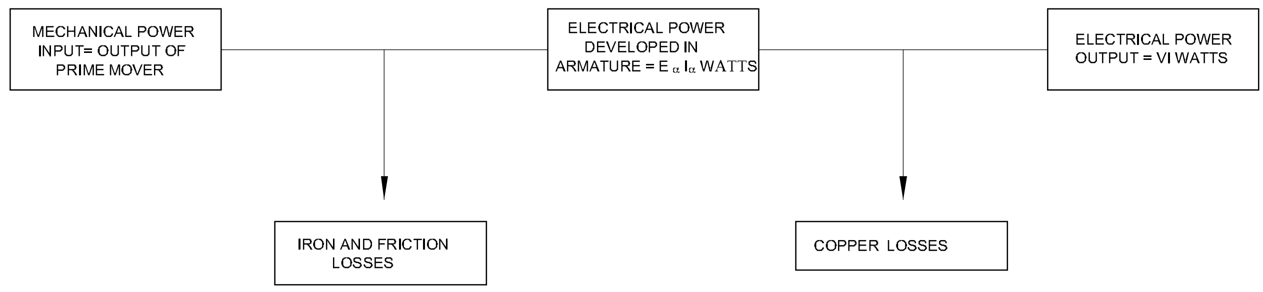
$$\because \eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{VI}{VI + I^2 a R_a + W_e} = \frac{VI}{VI + I^2 R_a + W_e}$$

अतः अक्षता तभी अधिकतम होगती जब परिवर्ती हानियाँ = स्थिर हानियाँ होगी।

अधिकतम दक्षता लोड करंट के अनुसार होता है या लोड करंट के समरूप होता है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 35



$I^2R_a = We$

$I = \sqrt{\frac{W_e}{R_a}}$

DC मोटर की दक्षता (Efficiency of DC motor)

Fig 36 में DC मोटर के power flow चार्ट दिया गया है-

$$\text{DC मोटर की दक्षता} = \frac{\text{इनपुट - हानि}}{\text{इनपुट}}$$

$$= \frac{VI - I_a^2 r_a - w_c}{VI}$$

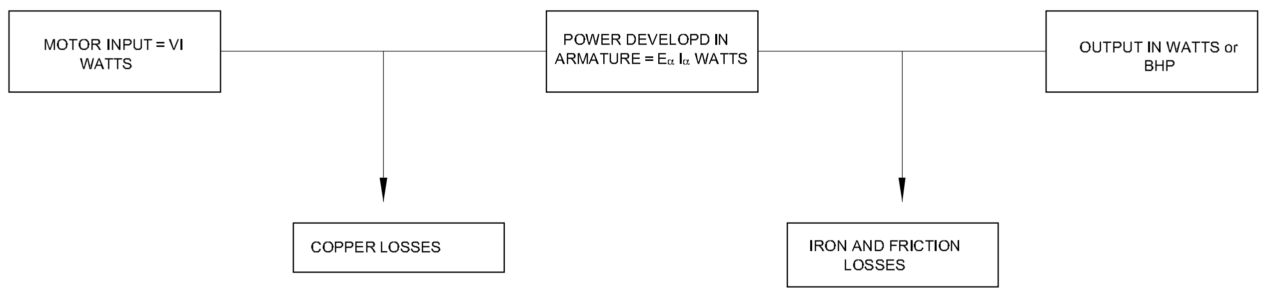
अधिकतम शक्ति उत्पन्न करने हेतु शर्तेंग $E_b = \frac{V}{2} = I_a r_a$

यह समीकरण में दर्शाया गया है।

अधिकतम दक्षता हेतु स्थिति :- परिवर्ती हानियाँ = स्थिर हानियाँ

$I^2 r_a = w_e$

Fig 36



DC जनरेटर और मोटर में हानियाँ (Losses in a DC generator and DC motor)

DC जनरेटर यांत्रिक शक्ति को विद्युत शक्ति में रूपांतरित करता है और DC मोटर विद्युत शक्ति को यांत्रिक शक्ति में रूपांतरित करता हैं। इस प्रकार DC जनरेटर के लिए इनपुट यांत्रिक शक्ति होती और आउटपुट विद्युत शक्ति होती है। मोटर के लिए यह घटना बिलकुल विपरीत होती है।

प्रयोगिक मशीन दिए गए कुल इनपुट शक्ति के पूरे भाग को आउटपुट में रूपांतरित नहीं कर सकता इसलिए मशीन की दक्षता कम हो जाती हे। मशीन की दक्षता उनके आउटपुट और इनपुट का अनुड्राप होता हैं। इस प्रकार कोई भी घूमने वाली मशीनों की डिजाइन इस प्रकार की जाती है कि उनकी दक्षता अधिकतम हो। दक्षता निकालने हेतु विभिन्न हानियों को भी अध्ययन करना आवश्यक हैं।

घूर्णन करने वाले मशीनों एवं जनरेटरों में होने वाली हानियों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है-

घूमनें वाली DC मशीन में हानियाँ (Losses in a rotating DC machine)

- ताम्र हानियाँ **(Copper losses)**
  - आर्मेचर ताम्र हानि
  - फील्ड ताम्र हानि
  - ब्रश सम्पर्क प्रतिरोध से हानि

Copyright Free Under CC BY Licence

- **लौह क्षतियाँ (Iron losses)**
  - हिस्टेरीसिस हानि
  - एडी करंट हानि
- **यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical losses)**
  - घर्षण हानि
  - वायु घर्षण हानि

DC जनरेटर या मोटर में उपर्युक्त तीन प्रकार के हानियाँ होती है। प्रत्येक का विवरण नीचे दिया गया है-

कापर क्षतियाँ (Copper Losses)

आर्मेचर एवं फील्ड वाइडिंग में कापर हानि उत्पन्न होती है। कापर हानि, आर्मेचर कापर हानि, फील्ड कापर हानि तथा ब्रश संपर्क कापर हानि प्रकार के होते है।

आर्मेचर कापर हानि (Armature copper loss) = $I_a{}^2R_a$ (where, $I_a{}^2R_a$ (जहाँ I_a = आर्मेचर कापर हानि, R_a = आर्मेचर प्रतिरोध)

यह हानि पूर्ण लोड हानि का 30% से 40% होती है। आर्मेचर कापर हानि परिवर्तनीय होती है, जो कि मशीन पर आरोपित लोड पर निर्भर करती है।

फील्ड कापर क्षतियाँ = $I_f{}^2R_f$ (Field copper loss = $I_f{}^2R_f$) (जहाँ I_f = फील्ड करंट , R_f = फील्ड प्रतिरोध है) शण्ट फील्ड की स्थिति में कापर हानि प्रायोगिक रूप से स्थिर होता है। यह कुल हानि का 20% से 30% होता है।

ब्रश संपर्क प्रतिरोध की कापर हानि का कारण है, जिसे आर्मेचर कापर हानि के साथ शामिल कर लिया जाता है।

आयरन क्षतियाँ (कोर हानि) (Iron losses (Core losses))

यदि आर्मेचर आयरन से बना है और यह चुम्बकीय फील्ड के घूमता है, तो इसके कोर में कम मात्रा में करंट अपने आप उत्पन्न हो जाता है। इस करंट के कारण आर्मेचर आयरन कोर में एडी करंट हानि तथा हिस्टरिसिस हानि उत्पन्न होता है। आयरन हानि को कोर हानि या मैग्नेटिक हानि भी का जाता है।

आर्मेचर कोर में चुम्बकत्व का पीछे रह जाना। हिस्टेसिसिस हानि कहताला है। जब कोर दो चुम्बकीय ध्रवों के बीच घुमता है। तब चुम्बकीय उत्क्रमषोयता के एक पूर्ण चक्र से गुजरता है। विचुम्बकीय उत्क्रमकीयता का आवृत्ति दिया गया है f = P.N/120 (जहाँ P = पोलों की संख्या, N = स्पीड)

यह हानि आयरन के आयतन और ग्रेड पर निर्भर करता है, फ्लक्स घनत्व की मात्रा तथा विचुम्बकन वल के आवृत्ति पर भी निर्भर करना है।हिस्टेरिसिस हानि $W_h = \eta B_{max}{}^{1.6} fV$ (watts), जहाँ η = हिस्टेरिसिस नियतांक, η = कोर का आयतन घन m^3 में

एडी करंट क्षतियाँ (Eddy Current Losses): जब चुम्बकीय फील्ड में आर्मेचर कोर घुमता है, तो कोर में emf प्रेरित होती है। (फैराडे के विकृत चुम्बकीय प्रेरण के अनुसार) इस प्रेरित emf से कोर का प्रतिरोध निम्न होने के कारण बॉडी में अधिक करंट प्रवाहित होता है, जिसे Eddy current कहते हैं। इस करंट के कारण होने वाली हानि को एडी करंट हानि कहा जाता है।

यांत्रिक क्षतियाँ (Mechanical Losses)

बियरिंग और कम्यूटेटर में घर्षण के कारण यांत्रिक हानि उत्पन्न होती है। आर्मेचर के घूमने से वायु घर्षण के कारण भी यह हानि होती है। यह हानि पूर्ण लोड हानि का 10% से 20% होता है।

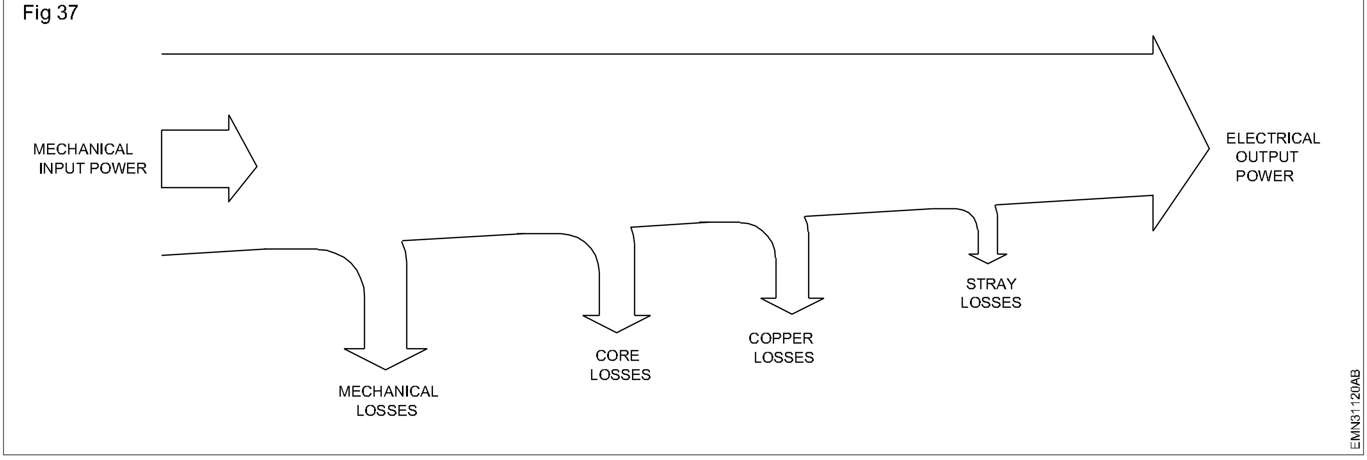
स्ट्रे क्षतियाँ (Stray Losses)

उपर्युक्त के अलावा और हानि होती है, यह बहुत कम मात्रा में होती है, जो स्ट्रे हानि कहलाता है। इस हानि की गणना कठिन है। यह साधारणतः मशीन के सही बनावट नहीं के कारण उत्पन्न होती है। प्रायः यह पूर्ण लोड हानि का 1% होता है।

पॉवर फ्लो डायग्राम (Power flow diagram)

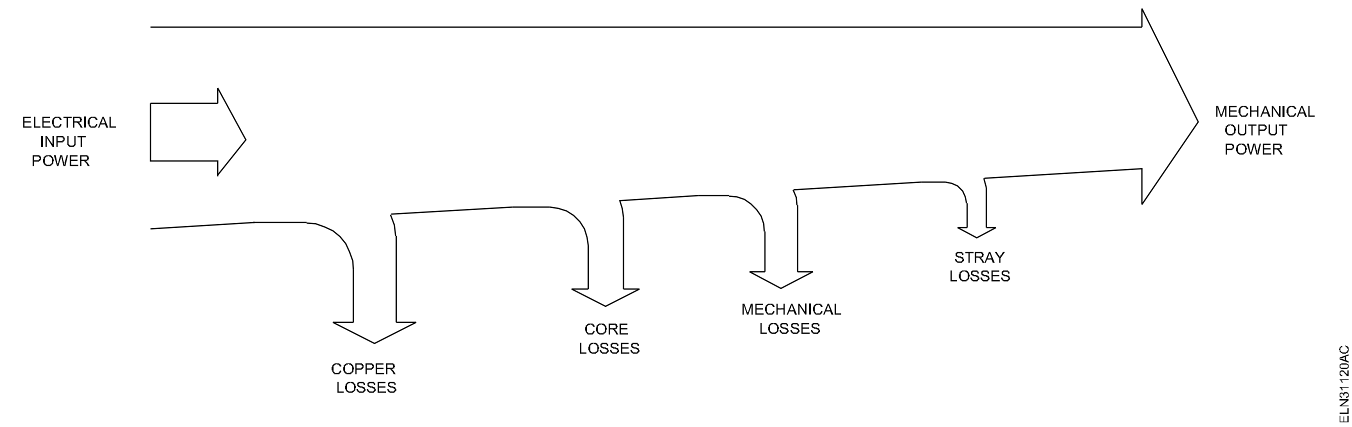
पावर फ्लो डायग्राम DC जनरेटर या मोटर के हानियों को समझने का सबसे अच्छा तरीका है। Fig 37 & 38 में DC जनरेटर और DC मोटर का विशिष्ट फ्लो डायग्राम नीचे दिया गया है, जिसके द्वारा विभिन्न हानियों के प्रकारों को दिखाया गया है और उस पावर को दिखाया गया है, जो इनपुट से आउटपुट में परिवर्तित हुआ है।

Fig 37



Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 38



DC जनरेटर की दक्षता Efficiency of DC generator

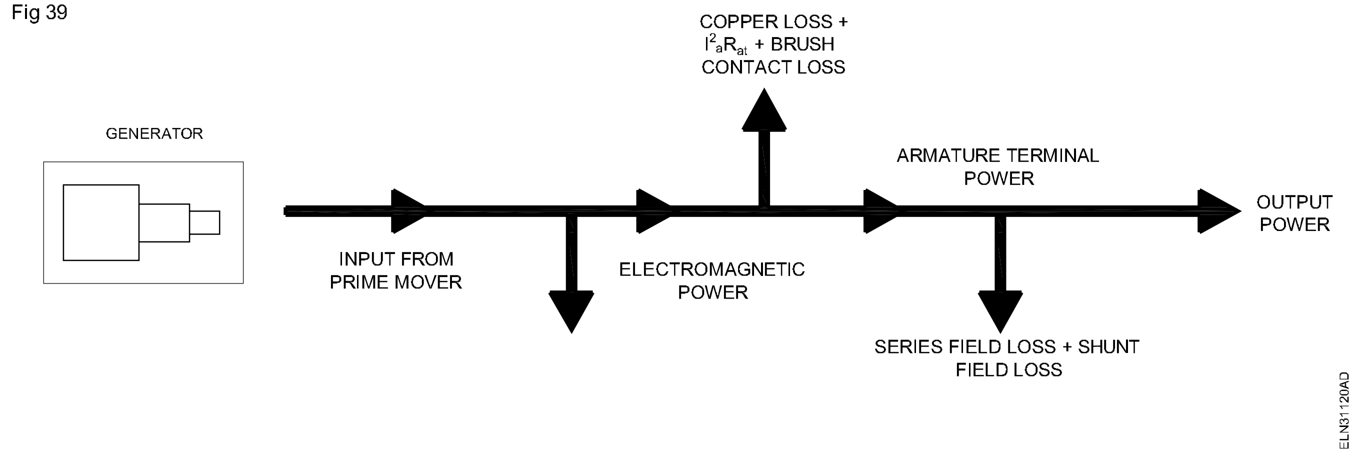
DC जनरेटर में आउटपुट पावर और इनपुट पावर के अनुद्राप को DC जनरेटर की दक्षता कहते हैं। जहाँ R = आर्मेचर परिपथ का कुल प्रतिरोध (ब्रश कांटेक्ट प्रतिरोध सिरिज वाइडिंग प्रतिरोध इंटरपोल वाइडिंग प्रतिरोध और कम्पनसेटिंग वाइडिंग प्रतिरोध सहित) DC जनरेटर की दक्षता का वर्णन Fig 39 में दिया गया है।

I आउटपुट करंट

I_{sh} शंट फील्ड में बहने वाली करंट

I_a आर्मेचर करंट $= I + I_{sh}$

Fig 39



V टर्मीनल वोल्टेज

$I_a{}^2R_a$ = आर्मेचर सर्किट का पूर्ण तांबा हानि

शन्ट सर्किट में शक्ति हानि $=V_{Ish}$ (यहाँ पर शंट रैगुलेटिंग हानि भी जुड़ा हुआ है)=

यांत्रिक हानि = बिरिंग का घर्षण लास + कम्यूटेटर का घर्षण लास + विडेंस लास

स्ट्रे लास = यांत्रिक लास + कोर लास

शंट फील्ट कापर लास और स्ट्रे लास का योग एक ऐसा संयुक्त स्थिर लास है, जिसकी लोड करंट में गणना नहीं की जाती ।

इस प्रकार स्थिर हानियां (शंट और कम्पाउंड जनरेटर में) = स्ट्रे हानि + शंट फील्ड में तांम्र हानि

जनरेटर की दक्षता को निम्न ससमीकरण में दिखाया गया है।

$$\eta_G = \frac{\text{जनरेटर आउटपुट}}{\text{जनरेटर आउटपुट + हानि}}$$

$$\eta_G = \frac{VI}{VI + I_a^2 R_{at} + V_{BD} I_a + P_k}$$

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

Copyright Free Under CC BY Licence

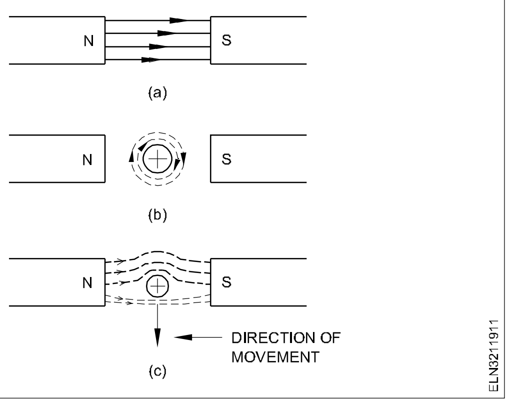
DC मोटर- सिद्धान्त और प्रकार (DC Motor - principle and types)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **एक DC मोटर के कार्यान्वन सिद्धान्त को स्पष्ट करने में**
- **विभिन्न प्रकार के DC मोटर को बताने में ।**

प्रस्तावना (Introduction): DC मोटर एक ऐसी मशीन है जो DC वैद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करती है इसलिये DC मशीन को एक जनरेटर अथवा एक मोटर की भांति प्रयुक्त किया ज सकता है। DC मोटर आज भी अपने अति उत्तम आघूर्ण, स्पीड और लोड अभिलक्षणिक के कारण प्रयुक्त यथार्थ मशीनों जैस ता र निर्माण उद्योग और ट्रेक्शन में 90% प्रयुक्त होता है। DC मशीन को कु शल योग्य विद्युतकर्मियों द्वारा अधिक देखभाल और अनुरक्षण की आवश्यकता होती है।

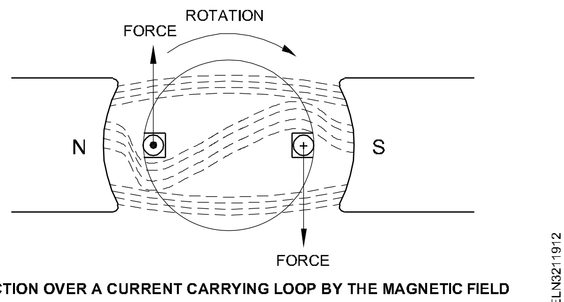
एक DC मोटर का सिद्धान्त (Principles of a DC motor): यह इस सिद्धान्त पर कार्य करती है कि जब भी एक घारावाही चालक को समरूप चुम्बकीय फील्ड में रखा जाता है तो चालक पर एक बल आरोपित होता है जो इसे चुम्बकीय फील्ड के लम्बवत चालित करता है इसको निम्न प्रकार से स्पष्ट किया जा सकता है। Fig 1 में एक चुम्बक द्वारा उत्पन्न समरूप चुम्बकीय फील्ड प्रर्दिशत किया गया है। जबकि Fig 1b में करंट वाही चालक के चारों आर उत्पन्न चुम्क्बीय फील्ड दिखाया गया है। Fig 1a & 1b के प्रभावों को एक चित्र में संयोजन करके Fig 1c मैगनेट द्वारा उत्पन्न फ्लक्स और धारावाही चालक द्वारा उत्पन्न फलक्स का परिणाम दिखाया गया है। इन दोनों फील्डों की अर्न्तक्रिया के कारण चालक के ऊपर फ्लक्स में वृध्दि होगी और चालक के नीचे कमी होगी जैसा Fig 1c में दिखाया गया है। चालक के ऊपर वृध्दित फ्लक्स एक वक्र पथ बनाता है जो चालक पर नीचे की ओर चलने के लिये एक बल उत्पन्न करता है।

Fig 1



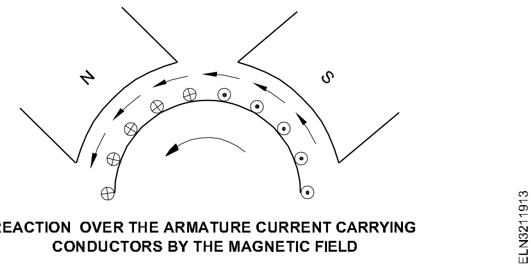
यदि Fig 1 में चालक को एक तार के पाश से Fig 2 के अनुसार प्रतिस्थापित कर दिया जाय तो परिणामित फील्ड चालक की एक भुजा को ऊपर और दूसरे को नीचे ले जाता है यह चालकों के ऊपर एक ऐठन आघूर्ण उत्पन्न करता है और वे घूमने को तैयार होते है यदि घूर्णन के लिये स्वतन्त्र है। लेकिन व्यवहारिक मोटर में इस प्रकार के अनेक चालक/क्वायल होते है Fig 3 में मोटर का एक भाग दिखाया गया है। जब आर्मेचर और फील्ड को एक करंट से आपूर्तित किया जाता है तो आर्मेचर Fig 3 के अनुसार एक बल अनुभव करता है जो इसे वामावर्ती दिशा में घूर्णन करने का प्रयत्न करता है

Fig 2



REACTION OVER A CURRENT CARRYING LOOP BY THE MAGNETIC FIELD

Fig 3



REACTION OVER THE ARMATURE CURRENT CARRYING CONDUCTORS BY THE MAGNETIC FIELD

घूर्णन अथवा गति की दिशा फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है। इस प्रकार आर्मेचर की घूर्णन की दिशा आर्मेचर में करंट की दिशा अथवा फील्ड में ध्रुवता की दिशा परिवर्तित करके परिवर्तित की जा सकती है।

फ्लेमिंग के बायें हाथ का नियम (Fleming's Left Hand rule): चुम्बकीय फील्ड में रखे एक करंट वाहक चालक पर उत्पन्न बल की दिशा इस नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है। जैसा कि Fig 4 दिखाया गया है अंगूठा तर्जनी और मध्य अंगुली को परस्पर इस प्रकार लम्बवत रखें की तर्जनी फ्लक्स की दिशा में मध्य अंगुली चालक में करंट प्रवाह की दिशा में है तो अँगूठे द्वारा चालक की गति की दिशा का संकेत मिलता है।

उदाहरण के लिये Fig 4b के अनुसार एक धारावाही क्वायल का लूप उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों के बीच रखा जाता है तो यह वामावर्ती दिशा में घूर्णित होता है।

DC मोटर के प्रकार (Types of DC motors): चूंकि DC मोटर्स रचना में DC जनरेटरों के समरूप होते है उनका भी वर्गीकरण सिरिज शन्ट और यौगिक मोटर की भांति किया जाता है, जो आर्मेचर और आपूर्ति के साथ फील्ड वाइंडिंग के सम्बन्ध पर निर्भर होता है।

जब आर्मेचर और फील्ड Fig 5 के अनुसार सिरिज में सम्बन्धित होते है यह सिरिज मोटर कही जाती है।

जब आर्मेचर और फील्ड आपूर्ति के सिरों पर Fig 6 के अनुसार समान्तर में होते है इसे शन्ट मोटर कहते है।

Copyright Free Under CC BY Licence

Fig 4

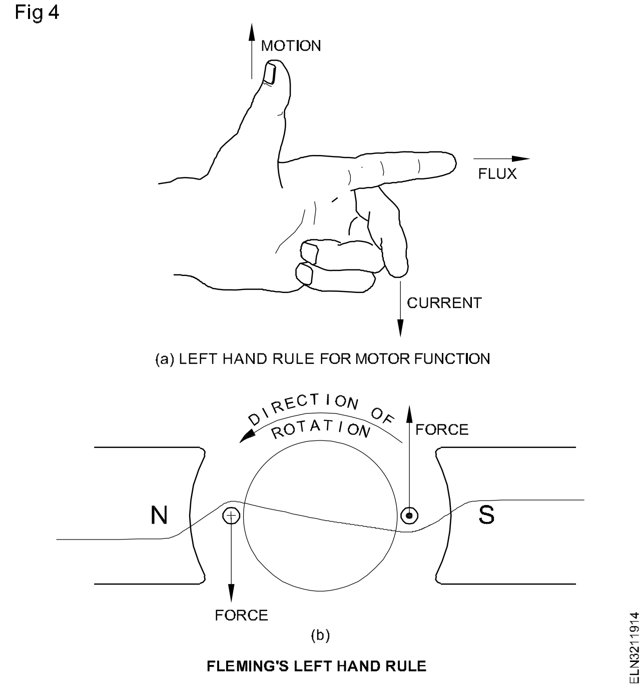


Fig 5

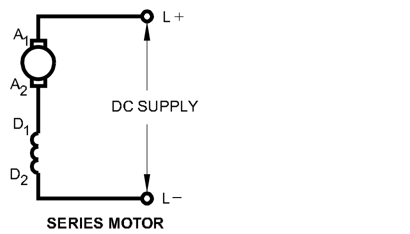
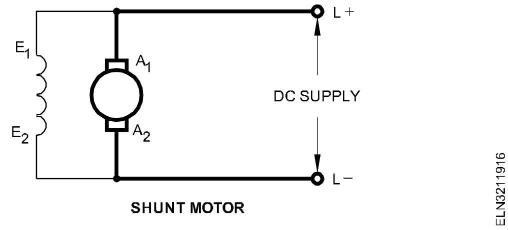
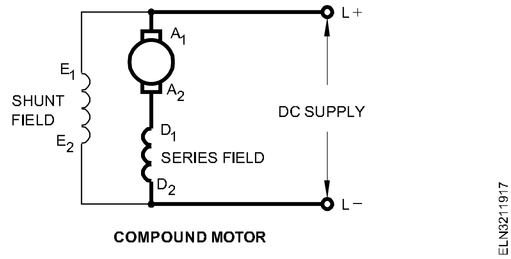


Fig 6



जब मोटर में फील्ड क्वायल होते है एक आर्मेचर के साथ सिरिज में और दूसरा समान्तर में जैसा कि Fig 7 में प्रदर्शित किया गया है इसे एक यौगिक मोटर कहते है।

Fig 7



आरोपित वोल्टता बैंकी emf आर्मेचर वोल्टता ड्राप स्पीड और DC मोटर के फ्लक्स के बीच सम्बन्ध और दिशा परिवर्तन की विधि।

DC आरोपित वोल्टता बैक emf आर्मेचर वोल्टता ड्राप, चाल और DC मोटर के फ्लक्स के बीच सम्बन्ध घूर्णन की दिशा परिवर्तन की विधि (The relation between applied voltage, back emf, armature voltage drop, speed and flux of DC motor - method of changing direction of rotation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **आरोपित वोल्टता, बैक emf, आर्मेचर वोल्टता ड्राप-स्पीड-फ्लक्स के बीच सम्बन्ध को स्पष्ट करने में**
- **एक DC मोटर की घूर्णन की दिशा परिवर्तित करने की विधि का वर्णन करने में ।**

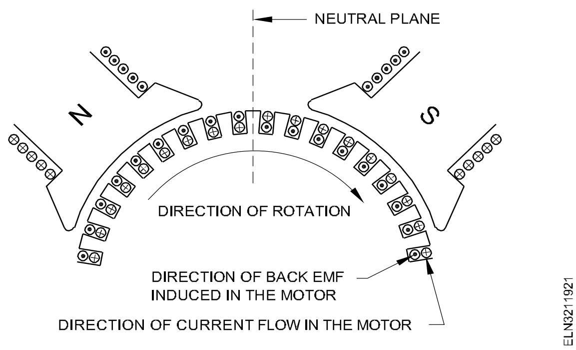
बैंकी emf (Back emf): DC मोटर के आर्मेचर घूर्णन प्रारम्भ होने पर आर्मेचर चालक फील्ड ध्रुवों द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय फ्लक्स को काटता है। इस क्रिया के कारण इन चालकों में emf उत्पन्न होगी। प्रेरित emf ऐसी दिशा में होगी जिससे Fig.1 में प्रदर्शित आर्मेचर चालक में करंट प्रवाह का विरोध हो। चूंकि यह आपूर्ति वोल्टता का विरोध करती है इसे बैंकी emf कहते है। और E_B से व्यक्त की जाती है। इसका मान जनरेटर में प्राप्त मान के समान होगा। इसे निम्न की भांति लिख सकते है।

$$E_b = \frac{\varnothing ZNP}{60A} \text{ volts}$$

प्रेरित (बैक emf की दिशा) फलमिंग के दाहिने हाथ के नियम के अनुसार ज्ञात कर सकते है।

आरोपित वोल्टता (Applied voltage): मोटर टर्मिनल के सिरों पर आरोपित वोल्टता V से व्यक्त की जाती है।

Fig 1



आर्मेचर वोल्टता ड्राप (Armature voltage drop): चूंकि आर्मेचर चालकों का कुछ प्रतिरोध होता है इसलिये तो जब भी वे करंट वहन करते है उनमें एक वोल्टता ड्राप होता है। इसे I_aR_a ड्राप कहते है। क्योंकि यह आर्मेचर करंट I_a और आर्मेचर प्रतिरोध R_a के गुणनफल का समानुड्रापी होता है।

Copyright Free Under CC BY Licence

इसका आरोपित वोल्टता और बैक emf से एक निश्चित सम्बन्ध होता है, जैसा कि सूत्र $V = E_b + I_A R_A$

अथवा $I_a R_a = V - E_b$

साथ ही बैक अथवा प्रति emf E_b प्रतिध्रुव फ्लक्स ϕ और स्पीड N पर निर्भर करता है इसलिये अरोपित वोल्टता बैक emf आर्मेचर ड्राप फ्लक्स और स्पीड एक दूसरे से निम्न की भांति सम्बन्धित होते है।

$$E_b = V - I_a R_a$$

$$\frac{\phi ZNP}{60A} = V - I_a R_a$$

$$\therefore N = \frac{(V - I_a R_a) \times 60A}{\phi ZP} \text{ rpm}$$

एक दी गई मोटर के लिय ZPA और 60 स्थिरांक है और एकल अक्षर K से व्यक्त किये जा सकते है

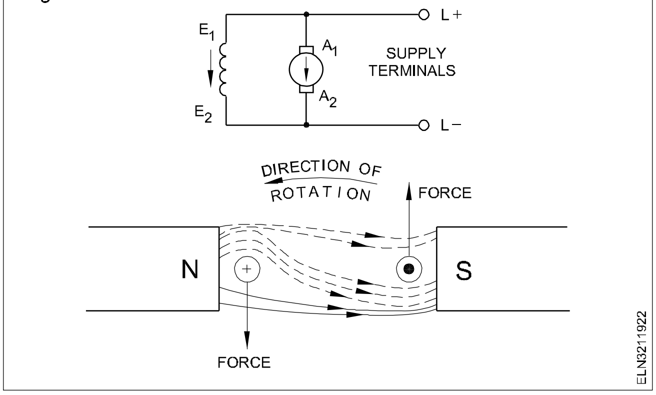
जहाँ $K = \frac{60A}{\phi ZP}$

इसलिय $N = KE_b/\phi$

इससे ज्ञात होता है कि एक DC मोटर की स्पीड E_b के समानुड्रापी और फ्लक्स ϕ का व्युतक्रमानुपाती होता है।

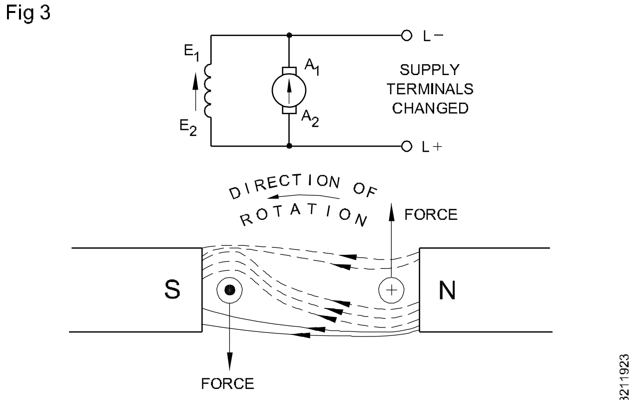
DC मोटर की घूर्णन दिशा का उत्क्रमण (Reversing the direction of rotation of DC motors): एक DC मोटर की घूर्णन दिशा में परिवर्तन आर्मेचर धारा दिशा परिवर्तन अथवा फील्ड करंट परिवर्तन द्वारा की जा सकती है। DC मोटर की घूर्णन दिशा को आपूर्ति सम्बन्धों को आपस में बदलने के (Interchanging) द्वारा नही की जा सकती है क्योंकि यह परिवर्तन, फील्ड और आर्मेचर करंट दोनों को परिवर्तित करता है। इसका प्रभाव Fig 2 & 3 की भांति होता है।

Fig 2



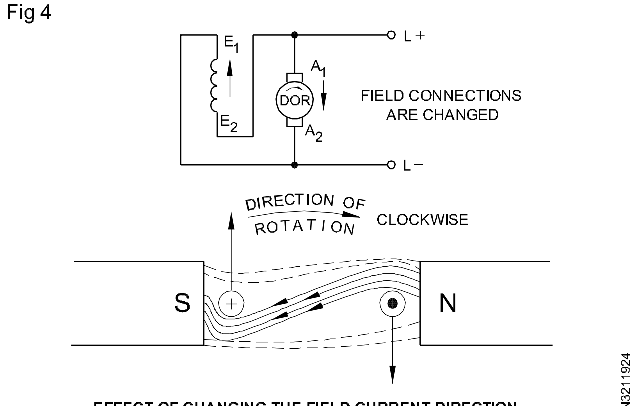
लेकिन जब केवल फील्ड करंट दिशा ही परिवर्तित की जाती है तो Fig 4 के अनुसार घूर्णन दिशा भी परिवर्तित होती है। जब केवल अर्मेचर करंट दिशा परिवर्तित की जाती है तो घूर्णन परिवर्तन की दिशा Fig 5 के अनुसार परिवर्तित होती है।

Fig 3



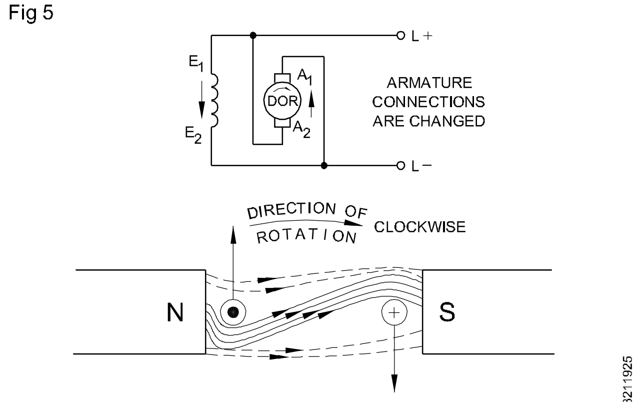
EFFECT OF CHANGING SUPPLY TERMINALS

Fig 4



EFFECT OF CHANGING THE FIELD CURRENT DIRECTION

Fig 5



EFFECT OF CHANGING THE ARMATURE CURRENT DIRECTION

एक कंपाउण्ड मोटर की घूर्णन दिशा को बिना इसके अभिलक्षाणिक को परिवर्तित किये उत्क्रमित (Reverse) करने के लिये आर्मेचर करंट दिशा को परिवर्तित करना सर्वोत्तम विधि है। यदि फील्ड टर्मिनल के परिवर्तित द्वारा घूर्णन दिशा परविर्तित करना आवश्यक होता है तो यह आवश्यक है कि शन्ट और सिरिज दोनों वाइंडिंगों में करंट दिशा परिवर्तित की जाय। अन्यथा मशीन जो कम्यूलेटिव कंपाउण्ड की भांति कार्य कर रही थी उसका अभिलक्षणिक परिवर्तित होकर डिफरेंशियल कंपाउण्ड अथवा इसके विपरीत की भांति होगा।

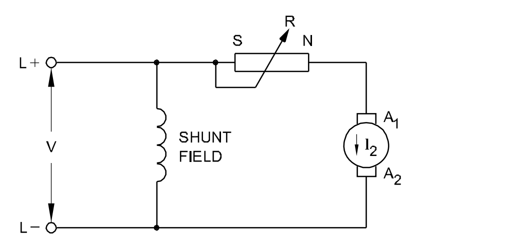
Copyright Free Under CC BY Licence

DC मोटर स्टार्टर्स (DC motor starters)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :
- **एक DC मोटर के लिये स्टार्टर की आवश्यकता बताने में**
- **विभिन्न प्रकार के स्टार्टर उनकी रचना और दो बिन्दु तीन बिन्दु और चार बिन्दु स्टार्टरोंके कार्यान्वन सिद्धान्त को बताने में।**

स्टार्टरों की आवश्यकता (Necessity of starters): चूंकि स्टार्टिंग (Starting) के पूर्व आर्मेचर स्थिर रहता है बैकी emf शून्य होता है क्योंकि यह स्पीड का समानुड़ापी होता है। चूंकि आर्मेचर प्रतिरोध न्युनतम होता है, इसलिये निर्धारित वोल्टता को यदि आर्मेचर पर आरोपित किया जाय यह पूर्ण लोड करंट का कई गुना अधिक करंट लेगी। जिससे अधिक स्टार्टिंग करंट के कारण आर्मेचर के नष्ट हो जाने की हमेशा सम्भावना होती है। इसलिये स्टार्टिंग करंट एक सुरक्षित मान तक सीमित रखना चाहिये। इसलिये इसको 5-10 sec तक स्टार्टिंग के समय आर्मेचर के साथ सिरिज में एक प्रतिरोध सम्मिलित कर दिया जाता है। मोटर को स्पीड प्राप्त हो जाने के बाद बैक emf निर्मित हो जाता है और इसके बंकीात स्टार्टिंग प्रतिरोध को क्रमशः अलग किया जा सकता है। Fig 1 में इस प्रकार की व्यवस्था दिखाई गई है स्टार्टिंग के समय चल भुजा (Moving arm) को स्थिति S में रख कर प्रतिरोध R को पूर्णरूप से आर्मेचर परिपथ में सम्मिलित किया जाता है। इसके बंकीात जब मोटर ने स्पीड ग्रहण कर ली है इसको स्थिति N की तरफअलग कर देते है लेकिन इस प्रकार की व्यवस्था पूर्ण रूप से हस्त चालित होती है और इसका निरन्तर देखरेख आवश्यक होता है। उदाहरण के लिये यदि मोटर चल रही है प्रतिरोध R अलग हो जाता है और चल भुजा की स्थिति N होगी। यदि आपूर्ति रूक जाती है मोटर रूक जायेगी लेकिन चल भुजा अब भी स्थिति N में रहेगी। जब आपूर्ति पुनः प्रारम्भ होती है तो आर्मेचर परिपथ में R द्वारा कोई प्रतिरोध सम्मिलित नही होगा। आर्मेचर अधिक करंट ले सकता है और नष्ट हो सकता है इस घटना को रोकने के लिये मोटर परिपथों में एक युक्ति जिसे स्टार्टर कहते है का प्रयोग किया जाता है।

Fig 1



साथ ही स्टार्टिंग समय प्रतिरोध के अपने आप हो जाने से स्टार्टर मोटर को ओवरलोड से रक्षित कर सकते है और मोटर की कुंजी (Switch) को आपूर्ति रूकने पर बन्द कर देगें। यह स्टार्टर कनेक्टिंग टर्मिनल की संख्या के अनुसार कहे जाते है जो इसके बाद बताये जायेंगें।

स्टार्टरों के प्रकार (Types of starters): DC मोटर को प्रवर्धित (Start) करने के लिये स्टार्टर (Starter) तीन प्रकार के होते है।

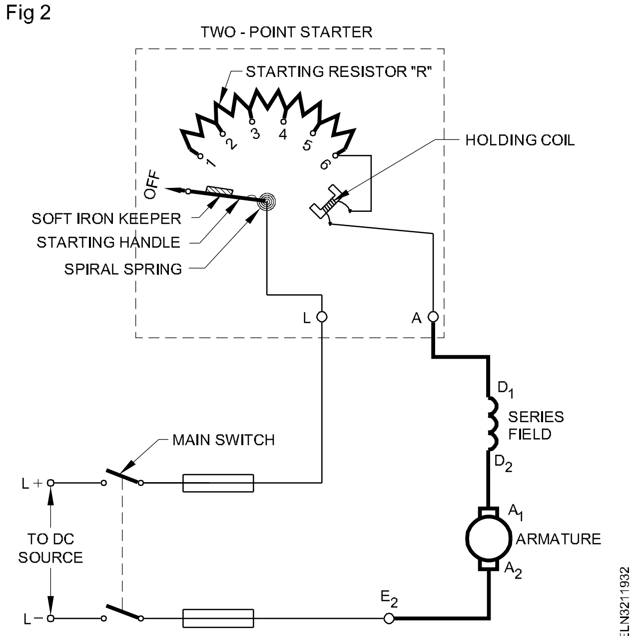
- दो बिदुं स्टार्टर
- तीन बिन्दु स्टार्टर
- चार बिन्दु स्टार्टर

दो बिन्दु स्टार्टर (Two - point starters): इसमें निम्न घटक होते है

- मोटर स्टार्टिंग के लिये आवश्यक सिरिज प्रतिरोध
- सम्पर्क (पीतल स्टड) और संपर्क भुजा जो आर्मेचर परिपथ में प्रतिरोध को सम्मिलित करने अथवा अलग करने के लिये आवश्यक होती है।
- हैण्डिल पर एक स्प्रिंग जो आपूर्ति न होने पर हैण्डिल को बन्द स्थिति में लाती है।
- एक वैद्युत चुम्बक जो हैण्डिल को रनिंग स्थिति में रखने के लिये होता है।

एक DC सिरिज मोटर के साथ हमेशा दो बिन्दु स्टार्टर प्रयोग में लाया जाता है। स्टार्टिंग प्रतिरोध वैद्युत चुम्बक आर्मेचर और सिरिज फील्ड सभी Fig 2 के अनुसार सिरिज में सम्बन्धित होते है। जैसा कि Fig 2 में दिखाया गया है।

Fig 2



जब भुजा को प्रथम सम्पर्क बिन्दु में लाते है परिपथ पूरा होता है और आर्मेचर घूर्णित होना प्रारम्भ कर देता है। आर्मेचर स्पीड में वृद्धि होने पर भुजा के धीरे से वैद्युत चुम्बक के दाहिनी ओर ले जाते है जिससे स्टार्टर प्रतिरोध कम हो जाता है। जब भुजा वैद्युत चुम्बक के विपरीत होती है तो कुल स्टार्टर प्रतिरोध परिपथ से अलग हो जाता है।

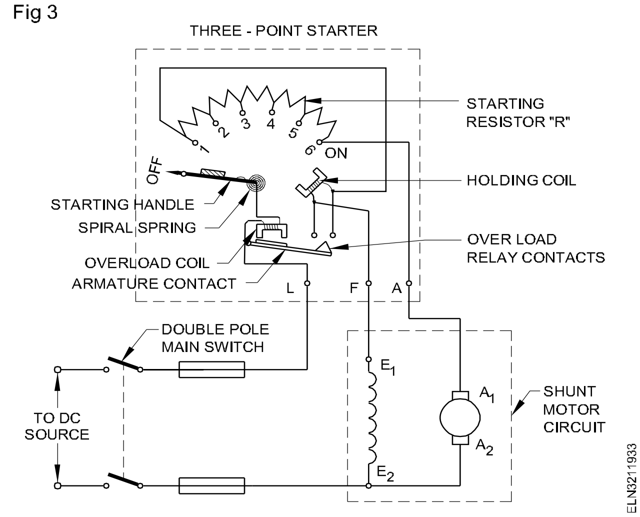
मोटर की निर्धारित आर्मेचर करंट को ले जाने के लिये वैद्युत चुम्बक को मोटे गेज के तार से वाउंड करते है। इससे जब मोटर कार्य करता है, हैण्डिल स्पीडू स्थिति में रहता है । हैण्डिल पुनः बन्द स्थिति में स्प्रिंग क्रिया के कारण आ जाता है जब वैद्युत चुम्बक आपूर्ति रूकने पर अचुम्बकित हो जाती है यह स्टार्टर सामान्यतः ओवरलोड के लिये सुरक्षित नही होगा।

तीन बिन्दु स्टार्टिंग (Three - point starter): Fig 3 में एक तीन (टर्मिनल बिन्दु) स्टार्टर का आन्तरिक आरेख दिखाया गया है। जो एक दिष्ट शन्ट मोटर से सम्बन्धित है दिष्ट करंट अपूर्ति को स्टार्टर से जोडा जाता है और मोटर परिपथ को एक द्विध्रुव (Double pole) कुंजी और उपयुक्त

Copyright Free Under CC BY Licence

फ्यूज के साथ सम्बन्धित किया जाता है। स्टार्टर में एक इंसुलेटर हैण्डिल अथवा हैंडल प्रचालक के उपयोग के लिये होती है। स्टार्टर के हैंडल को आफ स्थिति से पहले पीतल के कांटेक्ट तक लाने पर आर्मेचर स्टार्टिंग रेजिस्टेंस से होकर लाइन से संयोजित होता है। ध्यान दें कि आर्मेचर कुल स्टार्टिंग प्रतिरोध के साथ सिरिज में है। रोक (Holding) क्वायल के साथ सिरिज में शन्ट फील्ड भी लाइन के सिरों पर जोडा जाता है इस प्रचालन स्थिति में प्रतिरोध द्वारा आर्मेचर में प्रारम्भिक करंट की अधिकता को सीमित कर दिया जाता है साथ ही फील्ड करंट अच्छे स्टार्टिंग आघूर्ण को देने के लिये

Fig 3



अधिकतम मान पर होती है।

जब हैण्डिल भुजा को दाहिनी ओर ले जाते है स्टार्टिंग प्रतिरोध कम होता है और मोटर क्रमशः गतिमान होती है अन्तिम सम्पर्क पहुंच जाने पर आर्मेचर सीधा आपूर्ति सिरों से सम्बन्धित हो जाता है और मोटर की स्पीड पूर्ण हो जाती है।

रोक क्वायल का सम्बन्ध सिरिज एक शन्ट फील्ड के साथ होता है जिससे फील्ड मोचन (Release) न हो। यदि फील्ड परिपथ दुघटर्ना वश खुल जाता है और यदि आर्मेचर लाइन के सिरों पर जुडा रह जाता है मोटर की स्पीड अत्यधिक हो जाती है। इस स्पीड में वृद्धि को रोकने के लिये रोक क्वायल को फील्ड के साथ सिरिज में सम्बन्धित कर देते है। फील्ड में एक खुले परिपथ के होने पर रोक क्वायल में कोई करंट नही होगी जिससे यह अचुम्बकित होगा और स्प्रिंग क्रिया भुजा को बन्द स्थिति में ले जायेगी।

एक ओवरलोड क्वायल मोटर के ओवरलोडिंग से क्षति को रोकने के लिये होता है लोड की सामान्य स्थिति के अर्न्तगत O/L क्वायल द्वारा उत्पन्न फ्लक्स आर्मेचर सम्पर्क को आकर्षित करने की स्थिति में नही होगा। जब लोड करंट एक निश्चित निर्धारित मान से परे हो जाती है तो O/L क्वायल का फ्लक्स ओवरलोड रिले कांटेक्ट को आकर्षित करेगा। रिले कांटेक्ट के सम्पर्क बिन्दु रोक क्वायल को लघु पथित कर अचुम्बकित करेंगे। इससे हैण्डिल सर्पिल स्प्रिंग तनाव के कारण बन्द स्थिति में ले आने के योग्य होता है।

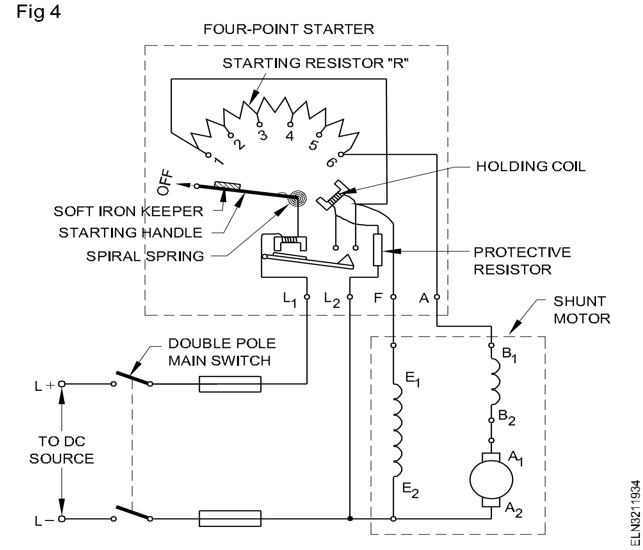
इस प्रकार के स्टार्टर का उपयोग शन्ट और यौगिक दोनों प्रकार की मोटर को स्टार्टर करने के लिये प्रयोग में लाया जा सकता है। लेकिन तीन बिन्दु स्टार्टर मोटर स्पीड को फील्ड नियामक द्वारा नियन्त्रित करने पर ड्रिप हो जायेगा। इसका कारण नीचे की भांति स्पष्ट किया जा सकता है।

जब शन्ट अथवा कंपाउण्ड मोटर की स्पीड को निर्धारित स्पीड से अधिक करना होता है तो फील्ड नियंत्रणी में प्रतिरोध, फील्ड करंट को कम करने के लिये बढाया जाता है। जिससे फील्ड फ्लक्स भी बढता है। ऐसा करने पर रोक क्वायल जो फील्ड के साथ सिरिज में है अति लघु करंट प्राप्त करता है, जिससे होल्डिंग क्वाइल हैण्डिल पर कम रोक बल उत्पन्न करता है।

यही बल सर्पिल स्प्रिंग के तनाव के साथ होता है जब करंट का मान एक विशेष मान से कम हो जाता है हैण्डिल खुल स्थिति में बाहर आकर बन्द स्थिति पर पहुंच जाता है। यह एक अवांछित प्रभाव होता है । इसको दूर करने के लिये तीन बिन्दु स्टार्टर परिपथ में संशोधन किया जाता है और रोक क्वायल परिपथ फील्ड परिपथ से स्वतन्त्र रखा जाता है। इस प्रकार के स्टार्टर को चार बिन्दु स्टार्टर कहते है।

चार बिन्दु स्टार्टर (Four - point starter): अनुप्रयोगों में जहां मोटर को निर्धारित स्पीड से अधिक कई स्पीडों तक बढ़ाना होता है एक चार टर्मिनल मुख पटटी स्टार्टर मोटर के साथ प्रयुक्त किया जाता है। चार (टर्मिनल) बिन्दु स्टार्टर Fig.4 के अनुसार तीन बिन्दु स्टार्टर से इसलिये भिन्न होता है कि रोक क्वायल शन्ट फील्ड के साथ सिरिज में सम्बन्धित नही किया जाता है इसे एक प्रतिरोध के साथ आपूर्ति के सिरों पर सिरिज में जोडा जाता है। यह प्रतिरोध रोक क्वायल में करंट को वांछित मान तक सीमित कर देता है। रोक क्वायल एक फील्ड रहित संरोकने के स्थान पर वोल्टता रहित संरोकने का काम करता है। यदि लाइन वोल्टता को एक वाछित मान से कम हो जाती है, तो रोक क्वायल का चुम्बकीय आकर्षण कम हो जाता है और तब स्प्रिंग स्टार्टर हैण्डिल को बन्द स्थिति में खींच लाती है।

Fig 4



एक DC मोटर में आघूर्ण फ्लक्स और आर्मेचर करंट का सम्बन्ध (Relation between torque, flux and armature current in a DC motor)

उद्‌देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **आघूर्ण फ्लक्स और आर्मेचर करंट के बीच सम्बन्ध को स्पष्ट करने में**
- **मिट्रिक एचपी, लोड धारा, निर्धारित वोल्टता, आघूर्ण और दिष्ट मोटर की स्पीड से सम्बन्धित प्रश्नों को हल करने में ।**

Copyright Free Under CC BY Licence