C.B. मे आर्क बनने की घटना -

जब Short-circuit होता है तब C.B. को Protective System के द्वारा खोले जाने से पहले उनके सम्पर्कों से बहुत heavy Current flow होती है।

जब दो धारवाही इलेक्ट्रोडो के मध्य सम्पर्क विच्छेदन प्रारम्भ होता है तब इलेक्ट्रोडो के मध्य सम्पर्क शीघ्रता से घटता है एव धारा घनत्व बढ़ने लगता है। इसके परिणामस्वरूप इलेक्ट्रोडो के मध्य तापमान बढ़ने लगता है।

यह heat जो इलेक्ट्रोडो के मध्य उत्पन्न होता है वह air को आयनीकृत करने या oil को वाष्पीकृत कर उसको आयनीकृत करने मे सक्षम होता है।

यह आयनीकृत वायु या वाष्प किसी चालक की तरह कार्य करते है एव इसके कारण सम्पर्कों के मध्य एक आर्क उत्पन्न होता है।

यह आर्क एक low Resistance का रास्ता उपलब्ध कराता है एव जब तक आर्क रहता है परिपथ मे Current निरंतर बहते रहता है।

अतः Current को रोकने के लिए इस आर्क को बुझाना आवश्यक हो जाता है।

Arcing के समय जो धारा बहती है वह arc Resistance पर निर्भर होती है। आर्क Resistance ज्यादा होगा तब Current का मान बहुत छोटा होगा।

Arc Resistance निम्न फैक्टर पर निर्भर होता है-

(i) Degree of ionisation - आयनीकृत Particle की संख्या कम होने से arc Resistance बढ़ जाता है।

(ii) Length of arc - arc resistance, arc की लम्बाई बढ़ाने से बढ़ जाता है

(iii) Cross-Section of Arc-

आर्क के area of cross-section घटने से arc resistance बढ़ जाता है।

Methods of Arc Extinction-

आर्क विलोपन की विधियाँ-

सर्किट ब्रेकर मे आर्क बुझाने की निम्न दो विधिया है-

(i) High Resistance method

उच्च प्रतिरोध विधि

(ii) Low Resistance Method

निम्न प्रतिरोध विधि

(i) उच्च प्रतिरोध विधि-

इस विधि मे आर्क विलोपन, आर्क पथ के प्रतिरोध को बढ़ाकर किया जाता है। आर्क पथ के प्रतिरोध के बढ़ जाने से धारा का मान इतना कम हो जाता है कि वह आर्क को बनाये रखने के लिए पर्याप्त नही होता और आर्क का शीघ्र शमन हो जाता है। इस विधि का मुख्य disadvantage यह है कि ~~इसे~~ इसमे आर्क मे बहुत विशाल मात्रा मे ऊर्जा नष्ट होती है अतः इस विधि का उपयोग d.c. circuit breaker एव low-Capacity a.c. Circuit Breaker मे होता है।

आर्क पथ का प्रतिरोध बढ़ाने की निम्नलिखित मुख्य विधियाँ है-

(a) आर्क की लम्बाई बढ़ाकर- परिपथ वियोजको के सम्पर्कों के मध्य की दूरी बढ़ा देने से आर्क पथ का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

(b) आर्क को ठण्डा करके –

आर्क को ठण्डा करने से Contacts के मध्य माध्यम का deionisation होता है जिससे arc resistance बढ़ने लगता है।

(c) Arc के अनुप्रस्थ काट को कम करके – (cross section)

अगर Arc के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल को कम किया जाता है तब Arc Path का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

(d) आर्क खंडन करके – एक बड़े आर्क को कई छोटे-छोटे (Splitting the arc)

आर्कों मे विखंडित किया जाता है जिससे छोटे आर्कों का प्रतिरोध बढ़ जाता है और सरलता से अन्त किया जा सकता है।

(ii) निम्न प्रतिरोध विधि / Current Zero Method-

यह विधि सिर्फ प्रत्यावर्ती धारा परिपथ वियोजको मे प्रयोग की जाती है।

= इस विधि मे arc resistance का मान Current का मान्य शून्य होने तक कम रखा जाता है। Current का मान्य शून्य होने पर Arc स्वयं बुझ जाती है एव इसके बाद संम्पर्को के मध्य voltage rise होने के बावजूद पुनः Arc को restrike होने नही दिया जाता है।

= निम्न प्रतिरोध या धारा शून्य अवरोध विधि को उच्च पावर A.C circuit Breaker मे प्रयोग करते है।

= A.C System में प्रत्येक half cycle मे current का मान शून्य तक पहुचता है, प्रत्येक current zero पर Arc थोडी देर के लिए बुझ जाती है। यदि Current zero होने के तुरन्त बाद सम्पर्को के बीच के माध्यम का परावैद्युत सामर्थ्य तेजी से बढा दिया जाए तो Arc पुनः स्थापित नही होगा।

= अतः AC परिपथ वियोजक मे जब धारा शून्य मान प्राप्त करती है तो आर्क पथ के आयनो को शीघ्र विसरित (diffuse) करना चाहिए जिससे कि माध्यम का परावैद्युत सामर्थ्य बढ जाए।

= यह उद्देश्य आर्क को ठण्डा करके अथवा आर्क के अवयवो को हटा कर अथवा सम्पर्को के मध्य मे परावैद्युत माध्यम तेल अथवा आर्क के पास मे गैस दाब को बढाकर पुरा किया जा सकता जिससे आर्क पुनः प्रारम्भ होने से रुक जाता है।

Important Terms -

The following are the important terms much used in the circuit breaker analysis :-

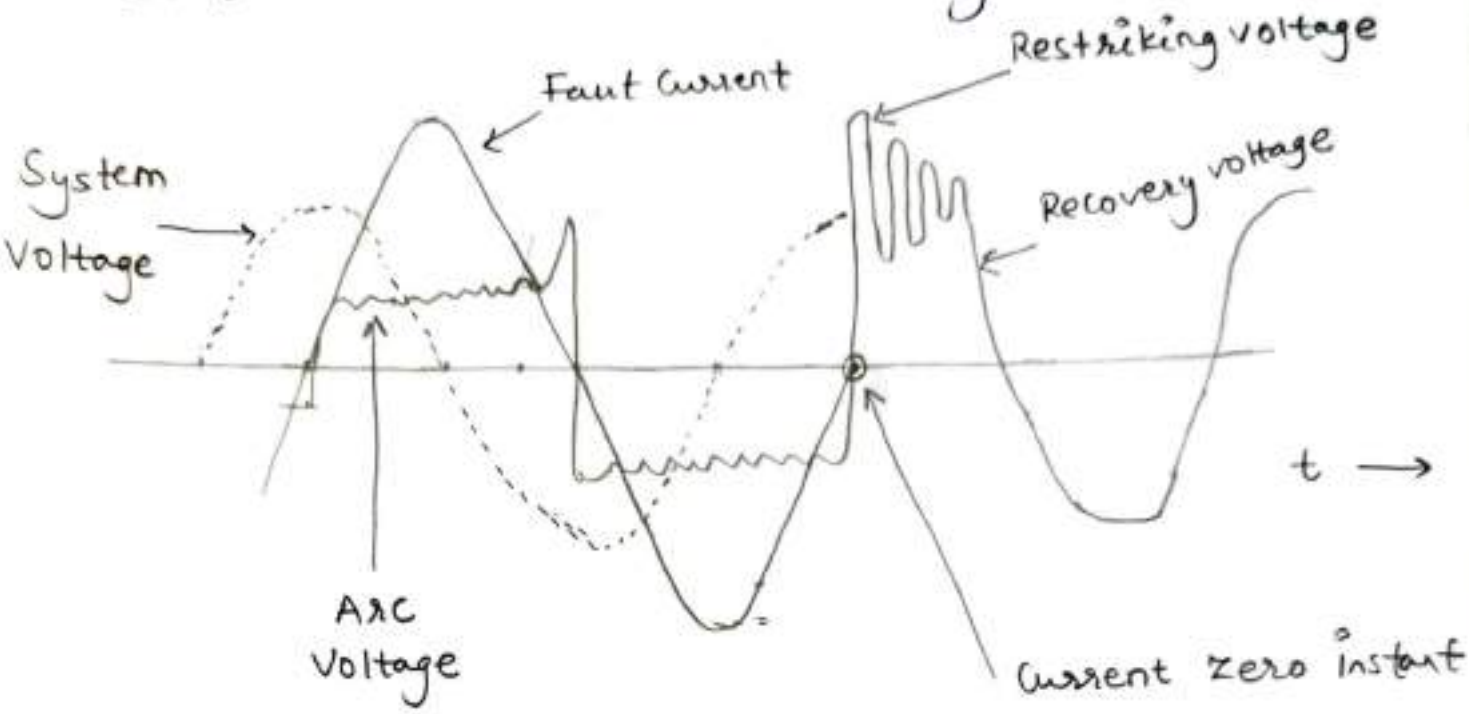

Fig. 1

(i) Arc voltage - दोष स्थिति से पूर्व जब परिपथ वियोजक के सम्पर्क परस्पर जुड़े रहते हैं तब उनके पार्श्व में वोल्टता शून्य होती है, परन्तु जैसे ही वे दोष उत्पन्न होने पर अलग होते हैं तो उनके आर्क प्रतिरोध के कारण वोल्टतापात होता है, यह वोल्टतापात आर्क voltage कहलाती है।

(ii) Restriking voltage - Arcing के दौरान current मान शून्य के समय अथवा ~~समीप~~ current मान शून्य के समीप परिपथ वियोजक के टर्मिनलो के पार्श्व मे प्राप्त होने वाली परिणामी अस्थिर वोल्टता को पुनः आघाती वोल्टता कहते हैं। इस पुनः आघाती वोल्टता का मान काफी उच्च होता है।

(iii) Recovery voltage : यह सामान्य Frequency (50Hz) r.m.s. voltage है जो हमे अंतिम Arc शमन के बाद वियोजक के टर्मिनलो के पार्श्व मे प्राप्त होता है।

= FUSES

- एक Fuse किसी परिपथ मे लगाया गया एक metal का टुकड़ा है जो कि अत्यधिक धारा के बहने पर गल जाता है तथा परिपथ को break कर देता है। यह निम्न गलनांक वाले पदार्थ का बनाया जाता है। फ्यूज का मुख्य कार्य सामान्य स्थिति मे सामान्य धारा को सुरक्षा एवं सफलतापूर्वक वहन करना है लघुपथन, अधिभार आदि असामान्य स्थितियो पर जब परिपथ मे पूर्व निश्चित मान से अधिक विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब निम्न गलनांक वाली धातु से निर्मित फ्यूज element स्वयं पिघलकर दोनो परिपथ को विद्युत प्रदाय स्त्रोत या मुख्य परिपथ से पृथक कर देता है। इस प्रकार परिपथ तथा इसमे संयोजित उपकरण उच्च विद्युत धारा के कारण होने वाली क्षति से बच जाते है।
फ्यूज के टूटने के लिए लिया गया समय धारा के मान पर निर्भर करता है जितनी ज्यादा धारा होगी फ्यूज को टूटने मे उतना ही कम समय लगेगा।

फ्यूज के लाभ-

1) यह सुरक्षा का सबसे सस्ता माध्यम है।
2) इसे अधिक रख रखाव की आवश्यकता नही होती है।
3) इसका प्रचालन स्वचालित होता है।
4) यह बिना किसी आवाज एव smoke के बडे मान की शार्ट-सर्किट धाराओ को अवरुद्ध करता है।
5) इसके इनवर्स-टाइम करेक्टर अभिलक्षण के कारण इसे overcurrent सुरक्षा हेतु प्रयुक्त किया जा सकता है।
6) सर्किट ब्रेकरो की तुलना मे फ्यूज मे न्यूनतम operating time कम किया जा सकता है।

फ्यूज की हानियाँ —

i) किसी भी ~~ऑपरेशन~~ operation के बाद फ्यूज को प्रतिस्थापित करना होता है। इसमें समय की बर्बादी होती है।

ii) भारी शोर्ट सर्किट की दशा मे series मे जुड़े फ्यूजो के बीच मे भेद प्राप्त नही होता है, जब तक कि उनके बीच मे आकार का बड़ा अंतर न हो।

iii) फ्यूज के धारा - समय अभिलक्षणो को हमेशा सुरक्षा उपकरणो के साथ सम्बंधित नही किया जा सकता।

iv) इनकी विश्वनीयता कम है।

— " —

फ्यूज की वाँछित विशेषताएँ —

किसी फ्यूज मे निम्नलिखित वाँछित विशेषताएँ होनी चाहिए -

i) कम गलनांक होना चाहिए (ex - tin, lead)

ii) high Conductivity (ex. Silver, Copper)

iii) Oxidation के कारण क्षय होने से मुक्त (ex. Silver)

iv) low cost (ex lead, tin, Copper)

Difference / Comparision between fuse & circuit Breaker.

Fuse	Circuit Breaks
1) यह दोष का पता करने एव उसे रोकने का कार्य करता है	यह सिर्फ दोष को रोकने का कार्य करता है। दोष का पता Relay System के द्वारा लगाया जाता है।
2) यह स्वाभाविक रूप से automatic होती है	इसे automatic बनाने के लिए अलग से equipment की आवश्यकता होती है।
3) इसकी Current Breaking Capacity कम होती है	इसकी Current Breaking Capacity अधिक होती है।
4) इसका operating time बहुत कम होता है (0,002 Sec के आस-पास)	तुलनात्मक रूप से इसकी operating time अधिक होती है (0.1 Sec से 0.2 Sec)
5) प्रत्येक operation के बाद इसे बदलना पड़ता है।	प्रत्येक operation के बाद बदलने की आवश्यकता नही होती।
6) इसकी प्रारंभिक तथा प्रचालन व्यय कम होती है	इसकी प्रारंभिक तथा प्रचालन लागत अधिक होती है।
7) यह आकार मे छोटा होता है	यह आकार मे बड़ा होता है।

Fuse के प्रकार —

सामान्य रूप से Fuse को निम्नलिखित रूप वर्गीकृत किया जा सकता है —

I) Low voltage fuse II) High voltage Fuse

I) Low voltage Fuse
- a) semi-enclosed rewirable Fuse (Kit-Kat Type)
- b) High Rupturing Capacity (H.R.C.) Cartridge Fuse.
- c) H.R.C. Fuse with tripping device

2) High voltage Fuses
- a) Cartridge Type – upto 33 KV
- b) Liquid Type – upto 132 KV
- c) Metal Clad fuses –

Protection Schemes

अल्टरनेटर या प्रत्यावर्तक मे उत्पन्न होने वाले महत्वपूर्ण दोष अथवा असामान्य स्थितियाँ निम्नलिखित होती है_

1) External Fault (बाह्य दोष)- वे दोष जो अल्टरनेटर के बाहर उत्पन्न होते है, बाह्य दोष कहलाते है। ये निम्नलिखित होते है_

a) Failure of Prime-Mover (प्रथम चालक का विफल होना)
जब Prime-mover में input विफल हो जाता है तो यह बस-बार से बहुत कम धारा लेकर एक Synchronous motor के रूप मे चलता है।
Turbo-alternator set एव hydro-generator set के मामले में Prime-mover के विफल होने पर Alternator को रक्षण प्रदान करने की कोई आवश्यकता नही होती।
Diesel engine के द्वारा चलित generator sets के मामले मे यह Prime-mover fail होने की स्थिति मे Supply System से काफी मात्रा में विद्युत खीचती है अत: इस स्थिति मे सुरक्षा हेतु विपरीत शक्ति रिले (reverse power relay) का उपयोग किया जाता है।

b) Overcurrent -
यह मुख्य रूप से winding insulation (विद्युतरोधन) के आंशिक टूटने (Partial Breakdown) या आपूर्ति प्रणाली पर अधिभार (overload) के कारण होता है।
प्राय: अल्टरनेटरो को सम्पूर्ण लघु परिपथ को सहन करने हेतु अभिकल्पित (designed) किया जाता है अत: Alternator को अधिभारण अथवा अभिधार से रक्षण प्रदान करने की कोई आवश्यकता नही होती

c) Overspeed –

ओवर स्पीड का मुख्य कारण अल्टरनेटर पर सभी लोड अथवा लोड के मुख्य हिस्से का अचानक से हट जाना (loss) है।
आमतौर पर आधुनिक Alternator के ड्राइविंग शाफ्ट पर mechanical centrifugal device लगा होता है जो कि dangerous overspeed की स्थिति मे main valve को trip कर देता है।

d) Over-voltage –

Alternator में ओवरवोल्टेज तब होता है जब Alternator के लोड की अचानक हानि के कारण Prime-mover की गति बढ़ जाती है।
Turbo-alternator के सामने मे overvoltage रक्षण की आवश्यकता नही होती है किन्तु hydro-generators मे overvoltage रक्षण प्रदाय कि जाती है।

2) Internal Fault (आन्तरिक दोष) — वे दोष जो Alternator के अन्दर उत्पन्न होते हैं, आन्तरिक दोष कहलाते हैं। ये निम्नलिखित होते हैं –

a) Failure of Magnetic field (चुम्बकीय क्षेत्र का विफल होना)-

Alternator उत्तेजक के द्वारा वोल्टता जनन बन्द हो जाने के अनेक कारण हो सकते हैं, जैसे- क्षेत्र द्वारा प्रदायक का वियोजित हो जाना, प्रदायक तार टूट जाना, अति अक्षमन के कारण क्षेत्र कुंडलो मे लघु परिपथन हो जाना आदि।
साधारणतया Alternator के magnetic field विफल होने की कोई सम्भावना नही होती, किन्तु ऐसा हो जाने पर Alternator द्वारा विद्युत तंत्र के बस-बार से धारा प्राप्त करते रहने के कारण Alternator के

स्थैतिक कुंडलन (Stator winding) ऊष्मित होकर अतिग्रस्त हो सकते हैं। अतः उक्त दोष से Alternator के रक्षण हेतु Alternator के field winding के परिपथ मे overcurrent relay या field- failure relay का उपयोग किया जा सकता है।

b) Unbalanced Loading –

Alternator के भारण मे असंतुलन का अर्थ है कि Alternator मे अलग-अलग Phase Currents है। यह बाह्य परिपथ मे भू-दोष अथवा अन्तर कलीय दोष (inter phase fault) की उत्पत्ति के कारण होता है। असंतुलित भारण के कारण Alternator धारा धारा भार, Alternator के निर्धारित धारा भार से कम रहने पर भी Alternator Rotor मे बहुत अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है, जिसके प्रभाव से रोटर winding का विद्युतरोधन (insulation) विफल हो सकता है।

c) Stator Winding faults –

यह दोष मुख्य रूप से stator winding के विद्युतरोधन (insulation) विफल होने के कारण होता है। Stator winding दोष के मुख्य प्रकार निम्नलिखित है –

i) Fault between phase and ground (भू-दोष)

ii) Fault between phases (अन्तर कलीय दोष)

iii) inter-turn fault involving turns of the same phase winding

Stator winding दोष सबसे खतरनाक होता है और इससे महंगी मशीनरी को काफी नुकसान होने की संभावना है। इसलिए, स्वचालित सुरक्षा अत्यन्त आवश्यक है

जिससे दोष को जितना त्वरित हो सके हटाया जा सके
व एन क्षति की सीमा को कम किया जा सके।
इस तरह के दोषो से सुरक्षा हेतु अमतौर पर
differential method of protection (Merz-price System)
का उपयोग ज्यादा किया जाता है।

Differential Protection of Alternators

(Merz - price circulating Current Scheme.) —

स्टेटर winding दोषों के संरक्षण के लिए उपयोग की जाने वाली सबसे आम - प्रणाली मे circulating - current सिद्धांत का उपयोग होता है। संरक्षण की इस योजना मे, संरक्षित खंड के दो सिरों पर धाराओं की तुलना की जाती है।

चित्र मे 3-Phase alternator के लिए current differential Protection की व्यवस्था को दिखाया गया है।

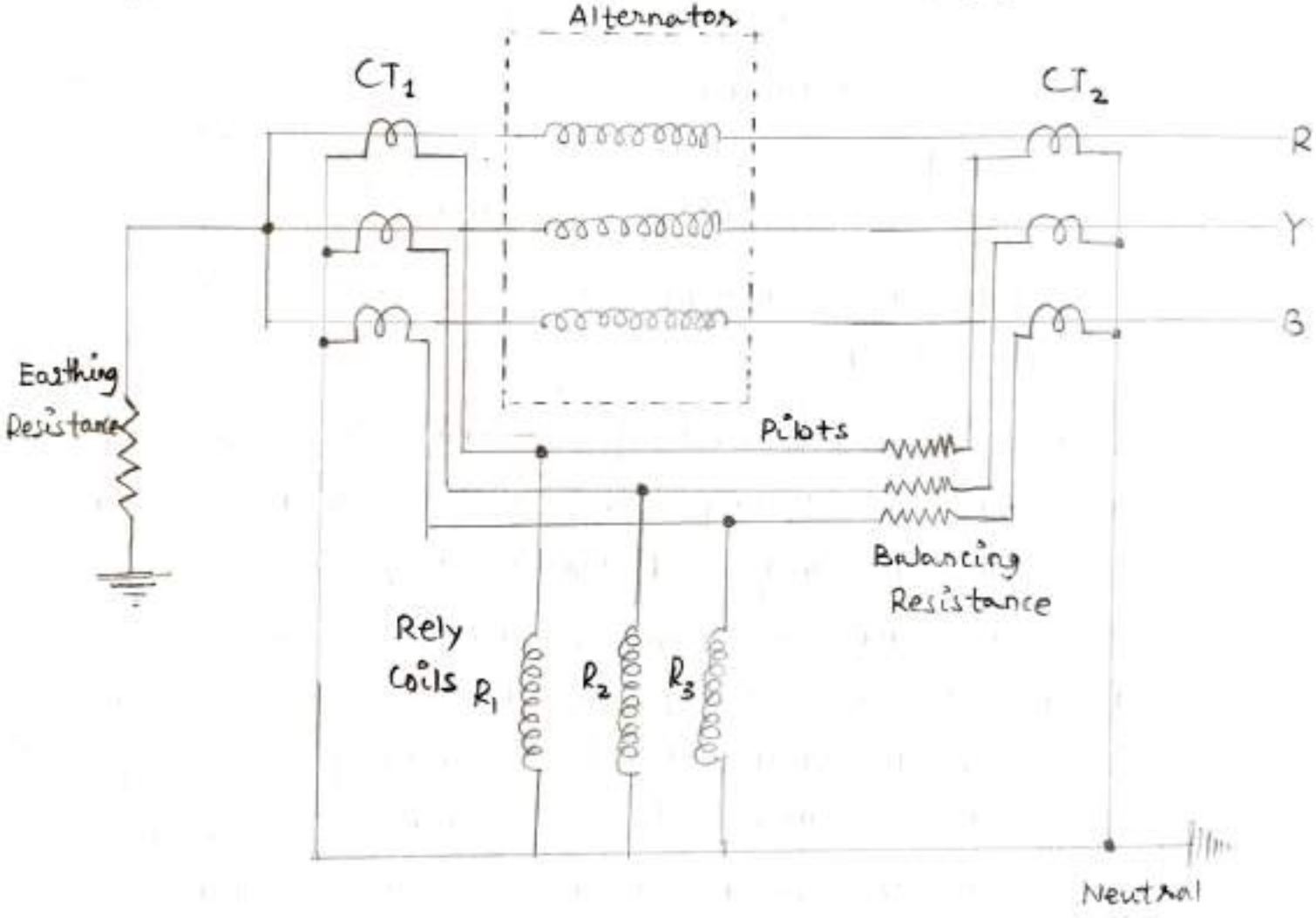

Fig Differential Protection of Alternator.

यहाँ दो समान अभिलक्षणों एवं एक समान धारा वाले Star connected धारा परिणामित्रों CT_1 एवं CT_2 को Stator winding के दोनों ओर सूचक तारों (pilot wires) के द्वारा अन्तरात्मक संयोजन विधि जो मर्ज-प्राइस प्रणाली के नाम से भी प्रचलित है, से संयोजित किया जाता है।

इस प्रकार निर्मित परिसंचारी धारा परिपथ (circulating Current Circuit) में धारा परिणामित्रों के Secondary winding में Balancing Resistance संयोजित किये जाते है, जिनके समायोजन के द्वारा परिसंचारी धारा पथ (circulating Current Path) का प्रतिरोध परिवर्तित कर electromagnetic type Relay के योजन हेतु परिसंचारी धारा परिपथ में सम्विभव बिन्दु (equipotential points) प्राप्त किये जाते है।

Alternator के stator winding के दोनों ओर धारा मान समान रहने पर Relay coils में धारा का मान शून्य रहता है। किन्तु stator winding में भू-दोष या अन्तर-कला दोष के विकसित होने पर दोष धारा के प्रभाव से stator winding के दोनों ओर धारा समान नहीं होती है एवं दोनों CTs के secondary winding में भी Current एक समान नहीं होती जिसके ~~फलस्वरूप~~ Relay ~~coils में~~ कारण परिसंचारी धारा परिपथ में रिले संयोजन बिन्दु, सम्विभव बिन्दु नहीं रहते है, जिसके फलस्वरूप Relay coils में धारा प्रवाहित होने से Relay, परिपथ वियोजक (Circuit Breaker) को ट्रिप कर देता है।

Balanced Earth-Fault Protection —

छोटे आकार के अल्टरनेटरो मे, 3-phase winding के Neutral छोर अक्सर एक ही टर्मिनल से आंतरिक रूप से जुडे होते है इसलिए merz-Price circulating current सिद्धांत का उपयोग करना संभव नही होता।

इन परिस्थितियो मे, केवल Balanced Earth-Fault संरक्षण योजना के उपयोग से भू-दोष से सुरक्षा प्रदान करना पर्याप्त माना जाता है।

चित्र 1 मे 3-Phase अल्टरनेटर के लिए Balanced Earth fault Protection की व्यवस्था को दिखाया गया है।

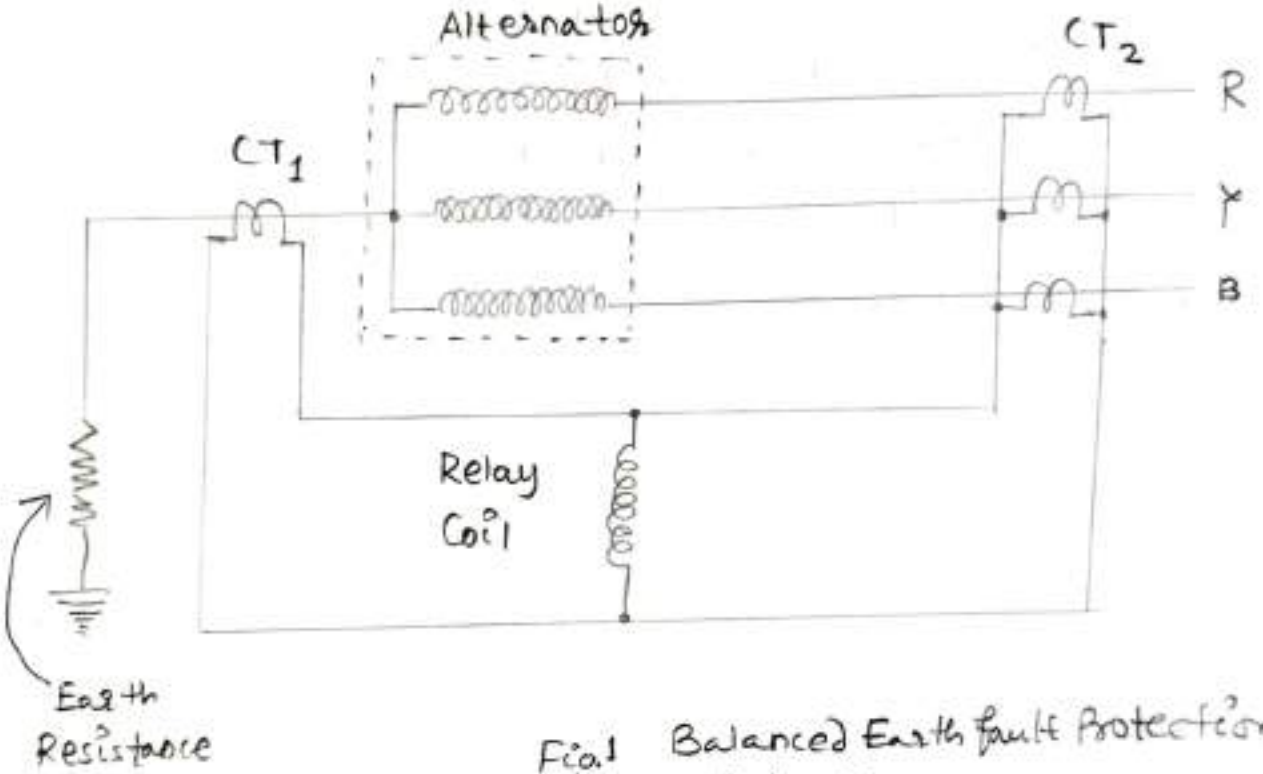

Fig. 1 Balanced Earth fault Protection Scheme

इसमे द्वारा परिणामित्र CT_1 की व्यवस्था प्रत्यावर्तक तार संयोजन बिन्दु (star point) और प्रत्यावर्तक भू-सम्पर्कन प्रतिरोध के मध्य तथा प्रत्येक कला तार (phase wise) हेतु एक CT की व्यवस्था कर उन्हे CT_1 से संयोजित सूचक तारो के द्वारा पार्श्व (Parallel) मे संयोजित किया जाता है। सूचक तारो के Parallel मे ही Relay Coil को connect किया जाता है।

प्रत्यावर्तक के सामान्य स्थिति मे stator winding के star point पर धारा मान्य शून्य होने के कारण CT_1 के Primary winding मे भी Current शून्य होता है जिससे CT_1 के secondary मे भी कोई धारा नही होगी तथा धारा परिणामित्रो के समुच्चय (set) CT_2 के secondary windings से प्राप्त धाराओ का सदीश योग (Phasor sum) भी शून्य होने के कारण सूचक तारो मे कोई धारा प्रवाह नही होगी।

भू-दोष की स्थिति मे ये धाराएँ अब समान नही होती है एव रिले के operating coil के माध्यम से अंतर धारा (differential current) प्रवाहित होने लगती है जिससे Relay प्रचालित होकर परिपथ वियोजको को प्रवृत्त कर देता है।