फँक्शन जनरेटर और कैथोड-रे आसिलोस्कोप (CRO) (Function generator and cathode ray oscilloscope (CRO))

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

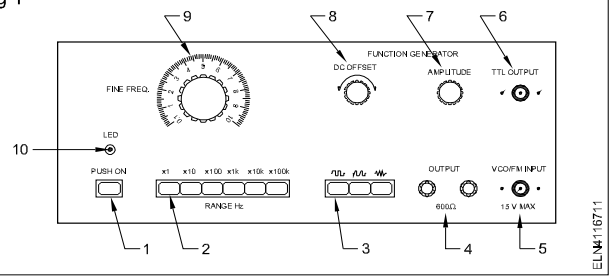
- **फँक्शन और आडियो फ्रीक्वेंसी जनरेटर के उपयोग एवं नियंत्रण का वर्णन करना**
- **CRO का कार्यप्रणाली रैखिक आरेखा के साथ वर्णन करना**
- **CRO में विभिन्न प्रकार के कार्य प्रचालन को बताना**
- **इलेक्ट्रानिक परिपथ में CRO का उपयोग बताना।**

परिचय (Introduction) : फँक्शन जरनेटर एक ऐसा उपकरण है जो भिन्न - भिन्न आवृत्ति और आयाम पर ज्या वर्ग और त्रिभुजाकार वेव आउटपुट प्रदान कर सकता है। इसका अधिकतम शिखर से शिखर आयाम 20v होता है। एक फंक्शन जनरेटर फ्रिक्वेंसी मॉड्यूल टोन कंट्रोल आडियो इलेक्ट्रानिक्स अन्य प्रयोगशाला और शोधकार्यों के लिए प्रयोग किया जाता है।

फंक्शन जरनेटर का पैनल कंट्रोल और अन्य सुविधाएँ (Panel controls and features of function generator)

(Fig 1) में फंक्शन जनरेटर के सामने का कंट्रोल पैनल है।

Fig 1



1 **पॉवर आन-आफ स्विच (Power ON-OFF switch):** फंक्शन जनरेटर को आन-आफ करने के लिए इस बटन को दबाया जाता है। बंद करने के लिए उसी बटन को फिर से दबाया जाता है।

2 **रेंज सेलेक्टर (Range selectors):** रेंज सेलेक्टर दशक 10 K फ्रिक्वेंसी प्रकार का होता है, आउटपुट फ्रिक्वेंसी चयन किये गये रेंज और डायल पर दर्शाये गये आवृत्ति के गुणनफल द्वारा दिया जाता है। उदाहरण के लिए यदि 2 पर है तब आउटपुट फ्रिक्वेंसी 20 KHz होगा।

3 **फंक्शन सेलेक्टर (Function selectors):** ये सेलेक्टर चाही गई आउटपुट वेवफार्म का चयन करते हैं। स्क्वायर साइन या त्रिभुजाकार)।

4 **आउटपुट जैक (Output jack):** फंक्शन स्विच के द्वारा चयन किये गये वेवफार्म इस जैक पर उपलब्ध होते हैं।

5 **VCO इनपुट जैक (VCO input jack):** एक बाहरी इनपुट वोल्टेज जो आउटपुट फ्रिक्वेंसी को परिवर्तित करता है, फ्रिक्वेंसी में परिवर्तन इनपुट वोल्टेज के सामनुपाती होता है।

6 **TTL जैक (TTL JACK):** एक TTL (ट्रांजिस्टर, ट्रांजिस्टर लॉजिक) पर स्क्वायर वेवफार्म उपलब्ध होता है यह आउटपुट आयाम से स्वतंत्र होता है।

7 **एम्पलीट्यूड नियंत्रण (Amplitude control):** यह आउटपुट सिग्नल के एम्पलीट्यूड को नियंत्रित करता है।

8 **आफसेट नियंत्रण (Offset control):** यह आउटपुट के डीसी आफसेट को नियंत्रित करता है।

9 **फाइन फ्रिक्वेंसी डायल (Fine frequency dial):** वेव फार्म के आउटपुट फ्रिक्वेंसी इस डायल के सेटिंग के और चयनित रेंज के गुणनफल के द्वारा दिया जाता है।

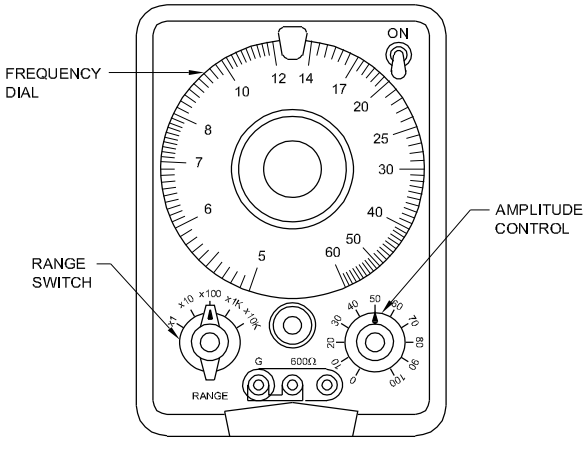
प्रचालन जानकारी (Operating information): फंक्शन जनरेटर को 240V, AC मुख्य सप्लाई से पॉवर दी जाती है जब पॉवर स्विच दबाया जाता है एक LED प्रकाशित होता है।

चाही गई फ्रिक्वेंसी को रेंज स्विच को दबाकर और फाइन फ्रिक्वेंसी डायल को सेट करके प्राप्त किया जाता है।

चयनित किये गये आउटपुट सिग्नल का एम्पलीट्यूड, एम्प्लीट्यूड नियंत्रण नॉब के द्वारा समायोजित किया जाता है। प्रदर्शित एम्पलीट्यूड में शून्य से 0-20 V शिखर तक परिवर्तन संभव है। TTL आउटपुट एम्प्लीट्यूड कंट्रोल द्वारा प्रभावित नहीं होता है।

ऑडियो फ्रिक्वेंसी (AF) जनरेटर (Audio Frequency (AF) Generator) (Fig 2): ऑडियो फ्रिक्वेंसी जनरेटर 20 Hz से 20 kHZ तक के साइन वेव सिग्नल उत्पन्न करते हैं। विशेष प्रकार के AF जरनेटर 100 kHZ तक साइन वेव उत्पन्न करते हैं। इसके अतिरिक्त स्क्वायर वेव उत्पन्न करने की सुविधा भी होती है।

Fig 2



AUDIO FREQUENCY GENERATOR

इस जनरेटर में एक परिवर्तनशील एम्पलीट्यूड कंट्रोल होता है। जो सिग्नल एम्पलीट्यूड को 10 mv से 20V तक बदलता है। इस जनरेटर के मदद से रेडियो, टी.वी., ऑडियो एम्पलीफायर आदि के ऑडियो एम्पलीफायर चरणों की जाँच की जाती है।

इन फ्रिक्वेंसी रेंज स्विच चाही गई फ्रिक्वेंसी रेंज स्विच का चयन करता है चाही गई फ्रिक्वेंसी रेंज फ्रिक्वेंसी डायल का उपयोग करके चाही गई रेंज की फ्रिक्वेंसी प्राप्त की जा सकती है।

कैथोड रे ऑसिलोस्कोप (CRO) (Cathode ray oscilloscope (CRO))

परिचय (Introduction): ऑसिलोस्कोप एक इलेक्ट्रानिक मापक यंत्र है जो सिरों पर लगाये गये इनपुट वेव फार्म का दृश्य प्रस्तुत करता है। जिस प्रकार टेलीविजन ट्यूब कैथोड रे ट्यूब (CRT) दृश्य प्रस्तुत करता है, उसी प्रकार स्क्रीन पर लगाया गया वेवफार्म प्रदर्शित होता है। एक इलेक्ट्रान बीम ट्यूब के मुख भाग पर विक्षेपित किया जाता है जो स्वीप (sweep) करता है जिससे इनपुट सिग्नल का प्रदर्शन प्राप्त होता है।

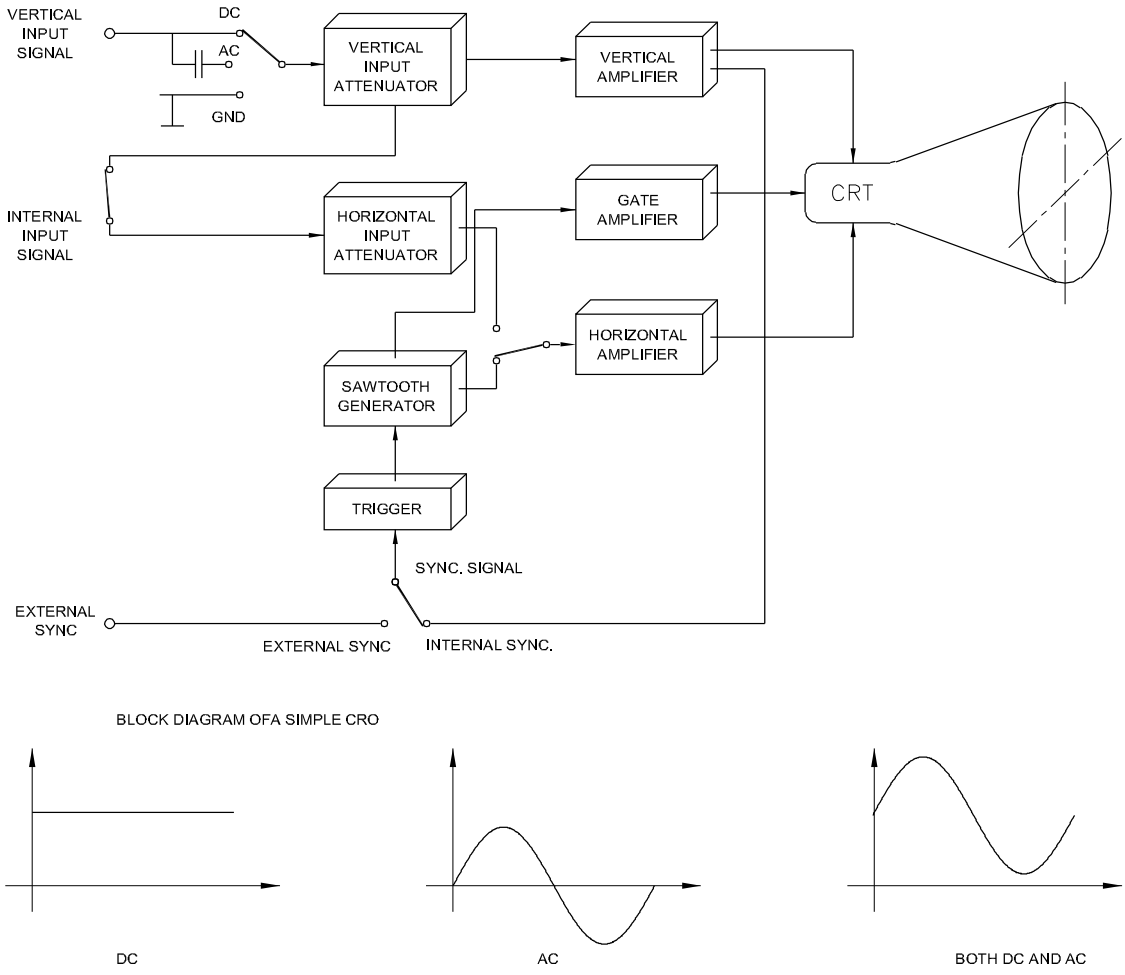
एक ऑसिलोस्कोप में सामान्यतः निम्न भाग होते हैं:

- एट्टेन्यूटर (Attenuator)
- एम्पीलीफायर्स (amplifiers)
- सा-टूथ जनरेटर (saw-tooth generator)
- गेट एम्पलीफायर्स या जेड-एम्पलीफायर (gate amplifiers or Z-amplifier)
- ट्रीगर (Trigger)
- सी आर टी (कैथोड रे ट्यूब) (CRT (cathode ray tube))
- पावर सप्लाई (power supply)

Fig 3 में एक सरल कैथोड रे ऑसिलोस्कोप का आरेख चित्र प्रदर्शित है,

अट्टेन्यूटर (Attenuator) : एम्प्लीफायर के सिरों पर इनपुट सिग्नल को दिये जाने से पहले उसे उचित परिमाण के सिग्नल में अट्टेन्यूटेड (क्षीण) किया जाना चाहिए। अट्टेन्यूटर वर्टिकल और हारिजेन्टल दोनों एम्पलीफायर के लिये लगाया जाता है।

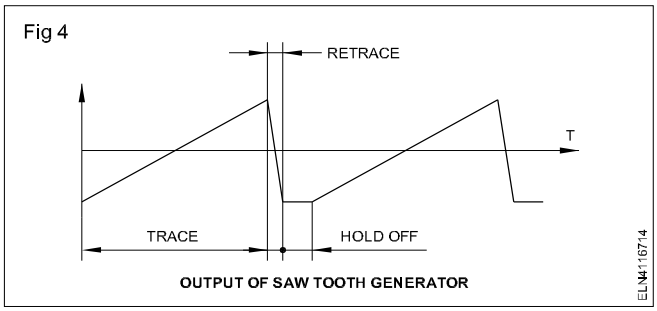
Fig 3



प्रवर्द्धक (Amplifier) : ऑसिलोस्कोप में वर्टिकल और हारिजेन्टल को Y-प्लेट पर आरोपित करने से पहले एम्पलीफाई करते हैं। हारिजेन्टल एम्पलीफायर सिग्नल को X-प्लेट से जोड़ने से पहले एम्पलीफाई करते हैं।

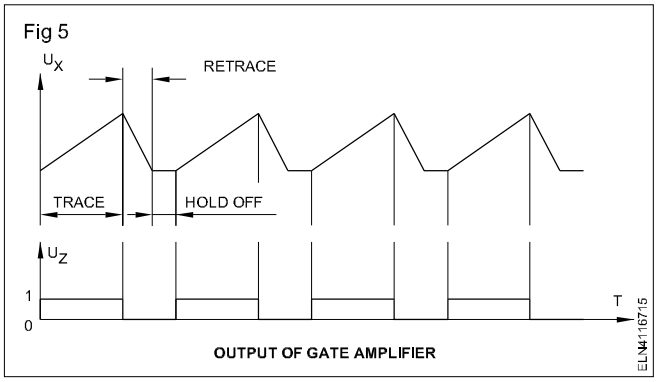
सा-टूथ जनरेटर (Saw-tooth generator): किसी भी आकार के मापक सिग्नल को Y-इनपुट प्लेट से जोड़ा जाता है तब यह स्क्रीन पर दिखाई देता है। X-प्लेट पर सिग्नल इस प्रकार होना चाहिए कि स्क्रीन पर प्राप्त छवि Y-प्लेट के समान होना चाहिए। अतः एक सा-टूथ सिग्नल X-प्लेट से जोड़ने की आवश्यकता होती है जो कि स्क्रीन पर बने दृश्य को वर्टिकल प्लेट से जुड़े सिग्नल की तरह बना सके। सा-टूथ सिग्नल को टाइम बेस सिग्नल कहा जाता है और यह सा-टूथ जनरेटर से उत्पन्न होता है। सा-टूथ सिग्नल की आकृति

Fig 4 में प्रदर्शित है। टाइम बेस सिग्नल ट्रेस, रिट्रेस और होल्ड ऑफ पीरियड से मिलकर बनता है।



गेट एम्लीफायर या Z-एम्लीफायर (Gate amplifier or Z-amplifier): यह वांछनीय है कि CRT के स्क्रीन पर प्रदर्शित होने वाला इमेज लगातार स्क्रीन पर दिखे। इसके लिए इलेक्ट्रान बीम को चाहिए कि वह टाइम बेस सिग्नल के केवल ट्रेस पीरियड स्क्रीन पर दखाई नहीं देना चाहिए। इसके लिए एक गेट एम्लीफायर की आवश्यकता होती है जो इलेक्ट्रान बीम को इस क्रम में नियंत्रित करता है कि केवल ट्रेस पीरियड ही स्क्रीन पर दिखाई देता है।

गेट एम्लीफायर पर एक स्क्वायर वेव सिग्नल प्राप्त होता है और यह टाइम बेस सिग्नल से जुड़ा होता है। Fig 5 में यह निर्दिष्ट है।



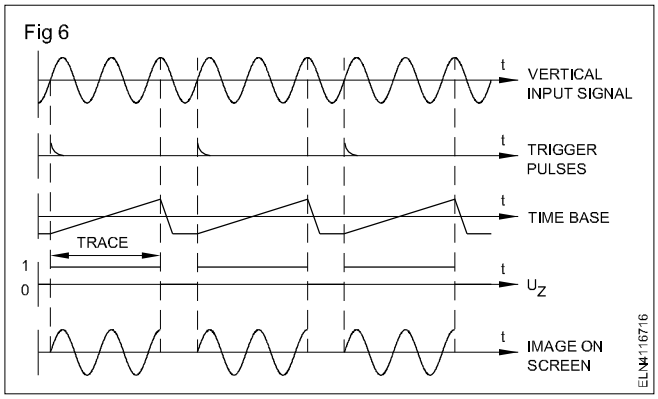
ट्रीगर (गेट एम्लीफायर आउटपुट) (Trigger (Gate amplifier output)) : जैसे कि पहले उल्लेख किया गया है कि मापा जाने वाला सिग्नल वेव फार्म Y-इनपुट से जोड़ा जाता है जो स्क्रीन पर दिखता है। इस वेव फार्म को स्क्रीन पर स्थिर बनाने के लिए यह आवश्यकत है कि टाइम बेस सिग्नल का प्रारंभिक बिंदु Y के इनुपुट सिग्नल से संबंधित तथा नियत बिंदु हो। यह सिंक्रोनाइजेशन के नाम से जाना जाता है। वे पर जो सिंक्रोनाइजेशन करते हैं, ट्रीगर हैं।

ट्रीगर टाइम बेस के ट्रिगरिंग के लिए पल्स या एम्पल्स उत्पन्न करेगा हमेशा टाइम बेस को ट्रीगर करके एक सॉ-टूथ वेव उत्पन्न किया जाता है।

यह ऑसिलोस्कोप में तीन प्रकार का ट्रिगरिंग किया जाता है।

आंतरिक ट्रिगरिंग (Internal triggering) : सिग्नल जो कि ट्रिगर को दिया जाता है CRO से उत्पन्न आंतरिक सिग्नल होता है जिसे वर्टिकल इनपुट सिग्नल से प्राप्त सिग्नल का उपयोग करके प्राप्त किया जाता है। सिग्नल के प्रक्रियाओं का क्रम Fig 6 में प्रदर्शित है।

बाह्य ट्रिगरिंग (External triggering) : सिग्नल जो कि ट्रीगर को दिया जाता है बाह्य सिग्नल होता है यह सिग्नल बाहरी सिग्नल का उपयोग करके उत्पन्न किया जाता है।



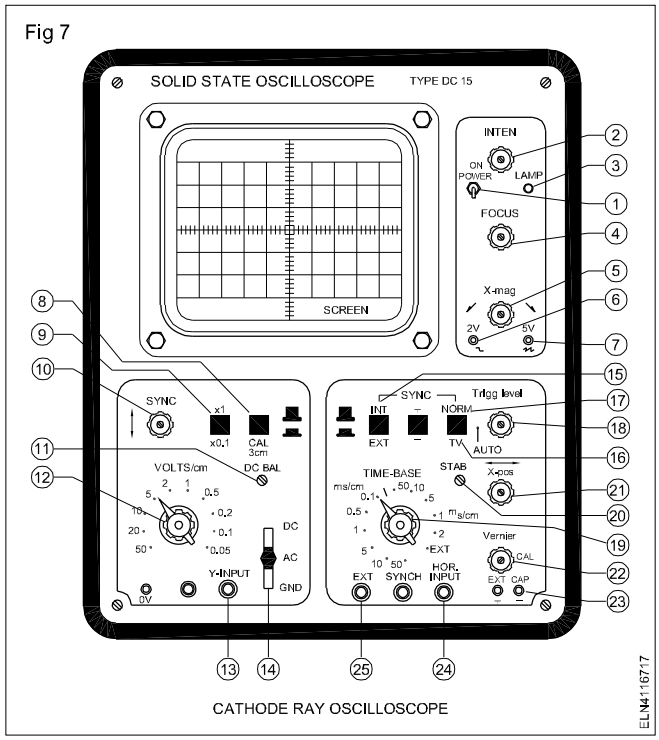
लाइन ट्रिगरिंग (Line triggering) : सिग्नल जो कि ट्रिगर को दिया जाता है CRO के पॉवर सप्लाई से प्राप्त सिग्नल होता है। (आरेख चित्र में प्रदर्शित नहीं है)

ट्रीगर का फार्म चयन करने के लिए आवश्यकतानुसार स्विच प्रदान किये जाते हैं। CRO में उचित समय भी चयन किया जा सकता है ताकि स्क्रीन पर बनने वाला इमेज स्थायी रहे।

CRO (कैथोड रे ट्यूब) (The Cathode ray tube): संरचनात्मक सुविधाओं को इस पाठ्यांश के बाद दिया गया है।

पॉवर सप्लाई (Power supply): निम्न वोल्टेज उच्च वोल्टेज जिस प्रकार के डीसी सप्लाई की आवश्यकता ऑसिलोस्कोप के लिए होती है रेक्टीफायर, फिल्टर और स्विच मोड पॉवर सप्लाई परिपथ द्वारा उत्पन्न किया जाता है।

CRO में नियंत्रण और उनकी कार्यप्रणालियाँ (Controls and their functions in a CRO): सामान्य ऑसिलोस्कोप के प्रचालन नियंत्रक जोकि सामने पैनल पर होते हैं। Fig 7 में प्रदर्शित है। नियंत्रक के नाम औश्र कार्य प्रणाली नीचे सूची में दी गई है।



सामान्य (General)

पावर-ऑन (Power-on) (1) : यह एक टॉगल कुंजी है, जो शक्ति को ऑन करने के लिए बनी है । ऑन स्थिति में, मापीयंत्र को शक्ति आपूर्ति की जाती है तथा नियान बल्ब जलता है ।

तीव्रता (Intensity) (2) : यह ट्रेस की तीव्रता को शून्य से अधिकतम तक नियंत्रित करता है ।

यह ट्रेस की तीक्षणता (Sharpness) को नियंत्रित करता है । ट्रेस की तीव्रता को बदलने के पश्चात इस नियंत्रण के पुनः समायोजन की आवश्यकता हो सकती है ।

X -आवर्धन (X-Magnification) (5) : यह समय-आधार की लम्बाई को 1 से 5 गुना तक लगातार बढ़ता है, तथा समय-आधार को अधिकतम 40 ns/cm तक बढ़ाता है ।

वर्गाकार तरंग (Square wave) (6): यह दोलनदर्शी के Y-अनुसंशोधन की जाँच करने के लिए दोलनदर्शी के उपयोगकर्ता का 2V(p-p) के आयाम की वर्गाकार तरंग उपलब्ध करता हैं।

आरी दन्त तरंग (Saw - tooth wave) (7) : यह 5V(p-p) के निर्गत के साथ प्रसर्प-गति कुंजी से समपाती, आरी-दंत तरंग-रूप निर्गत उपलब्ध करता हैं। भार के प्रतिरोध को 10k ओह्म से कम नही होना चाहिये।

उर्ध्वाधर सैक्शन (Vertical Section)

Y (10) : यह नियंत्रण, y-अक्ष के साथ प्रदर्शन को गति करने देता है।

Y (13) : यह AC-DC-GND कपलिंग कुंजी (14) के द्वारा उर्ध्वाधर प्रवर्तक से निवेशी सिग्नल को जोड़ता है।

AC-DC-GND कपलिंग कुंजी (Coupling switch) (14): यह उर्ध्वाधर प्रवर्धक को DC मोड में युग्मन का चयन करता हैं, यह सिग्नल को निवेशी में सीधे युग्मित करता है, AC मोड में यह सिग्नल को 0.1MF, 400-V संधारित्र के द्वारा निवेशी सिग्नल को युग्मित करता है। GND स्थिति में, क्षीणकारी (12) को Y-निवेशी, भूसम्पर्कित होता हैं, जब कि Y-निवेशी विलगित रहता है।

Volt/ cm (क्षीणकारी) (Attenuator) (12): यह 10-स्थिति की एक क्षीणकारी कुंजी है। यह उर्ध्वाधर प्रवर्धक की सुग्रहिता को 50m V/cm से 50 V/cm तक 1, 2, 5, 10 के अनुक्रम में समायोजन करता है। क्षीणकारी की यथार्थता $\pm$3% है।

x1 या 0.1 कुंजी (Switch)(9)

जब x 0.1 या स्थिति में कुंजी आन किया जाता हैं तो, यह मूल सुग्राहिता को 5 m V/cm से 50 m V/cm तक आवर्धित करता हैं।

CAL कुंजी (Switch) (8) : जब दबाया जायें तो, x1-x0.1 स्विच (9) की स्थिति पर निर्भर करते हुए, यह उर्ध्वाधर प्रवर्धन को, एक 15 mV या 150 mV का DC का सिग्नल (संकेत) दिया जाता हैं।

DC बॉल (DC bal) (11) : यह पैनल पर एक पूर्व में सेट किया हुआ नियंत्रण है। जब कोई भी x1 –x0.1 कुंजी (9) दबी हो, या AC-DC-GND युग्मन कुंजी (14) को परिवर्तित किया जायें, तब यह ट्रेस को गति न करने के लिए समायोजित किया जाता है।

X-स्थिति (Position) (21): इस नियंत्रण के द्वारा प्रदर्शन को X - अक्ष के साथ चलाया जा सकता है।

ट्रिगर स्तर (Trigger level) (18): यह ट्रिगिंग करने के मोड को चयन करता है। AUTO स्थिति में, निवेशी सिग्नल की अनुपस्थिती में, समय-आधर रेखा प्रदर्शित होती है। जब निवेशी सिग्नल उपस्थित हो तो, प्रदर्शन (डिस्पले) स्वचलित ट्रिगर हो जाता है। नियंत्रण का विस्तार, ट्रिगर बिन्दु को हस्त रूप से चयन करने के योग्य बनता है।

समय-आधार (Time base) (19) : यह सेक्टर कुंजी प्रसर्प गति को, 50 ms/cm से 0.2Ms/cm तक 11 पदों में चयन करती है। EXT अंकित स्थिति का उपयोग तब होता है जब, क्षेतिज निवेशी को बाहरी सिग्नल दिया जाता है।

वर्नियर (Vernier) (22): यह नियंत्रण, समय-आधारित प्रसर्प-चयनक कुंजी (19) से सम्बधित सूक्षम समायोजन है। यह प्रसर्प के परास को 5 के गुणक से बढ़ाता है। प्रसर्प गतियों को अनुसंधोशित करने के लिए इसे CAL स्थिति पर पूर्ण रूप से दक्षिणावर्त घूमना चाहिये।

तुल्यकालन चयनक (Sync selector) (15,16,17) : INT/EXT कुंजी (15), आंतरिक या बाहरी ट्रिगर सिग्नल का चयन करती है। धनात्मक या ऋणात्मक कुंजी (16), यह चयन करती है कि क्या ट्रिगर किया जाने वाला तरंग-रूप, धनात्मक या ऋणात्मक पद पर किया जाना है। NORM/ TV कुंजी (17), सामान्य या TV (रेखा आवृत्ती) फ्रेम में अनुमति देता है।

स्टेब (Stab) (20) : यह पैनल पर एक पूर्व में सेट किया हुआ नियंत्रण है। इसे, इसलिये समायोजित किया जाना चाहिये जिससे कि, आपको ट्रिगर लेवल नियंत्रण (18) की AUTO स्थिति में ीक आधार रेखा प्राप्त हो सकें। ट्रिगर लेवल नियंत्रण को किसी भी अन्य स्थिति में, आपको आधार रेखा प्राप्त नही होना चाहिए।

Ext कैप (Ext cap) (23) : सम्बंधको का यह युग्म, इन सम्बंधको पर संधारित्र को जोड़ते हुए समय आधार परास को 50ms/cm से आगे तक विस्तार करने के योग्य बनाता है।

क्षेतिज निवेशी (Hor input) (24) : यह बाहरी सिग्नल को क्षेजित प्रवर्धक से जोडता है।

बाहरी तुल्यकालक (Ext sync) (25) : यह तुल्यकालन के लिए बाहरी सिग्नल को ट्रिगर परिपथ के साथ जोडता है।

CRO का अनुप्रयोग (APPLICATION OF CRO)

AC वोल्टता का माप (AC voltage measurement): केथोड किरण दोलनदर्शी के पर्दे पर सेंटीमीटर विभाजन में अकिंत किया हुआ सामान्यतः, एक प्लास्टिक का आयाम अध्यास्तरण होता है। किसी भी तरंग रूप का लम्बवत आयाम (Amplitude), शीर्ष से शीर्ष (शिखर से शिखर) वोल्टता का दर्शाता है।

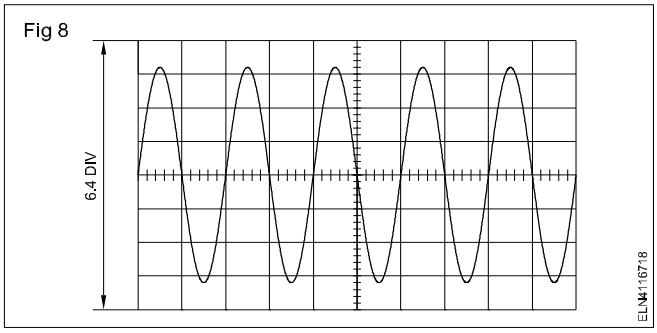
अज्ञात AC वोल्टता को मापने के लिए मुख्य आपूर्ति AC को विलगन ट्रांसफार्मर के द्वारा अलग कर देना चाहिए तथा क्षीणकारी को 50V/ डिवीजन पर सेट किया जाता है। AC-DC कुंजी को AC स्थिति (आउट) पर सेट किया जाता है। मापी जाने वाली वोल्टता को निवेशी (इनपुट)

तथा उभयनिष्ट (common) टार्मिनल से जोड़ा जाता है। समय-आधार कुंजी को तरंग रूप के अनेक सायकल (चक्र) का प्रदर्शित करने के लिये सेट करें। V/ विभाग कुंजी का सुविधाजनक ऊँचाई पर तरंग-रूप प्राप्त करने के लिय समायोजित करें जिससे कि धनात्मक तथा ऋणात्मक शीर्ष, पर्दे के अंदर दिखाई दें।

पर्दे पर वोल्टता के लम्बवत आयाम (शीर्ष से शीर्ष विभाग की संख्या) का मापे। अब शीर्ष से शीर्ष वोल्टता के मान को ज्ञात करने के लिये आयाम को वोल्ट / विभाजन सेटिंग से गुणा करें।

उदाहरण : Fig 8 में दर्शाये गये अनुसार 6.4 लम्बवत विचलन तथा वोल्ट / विभाजन की सेटिंग 5 वोल्ट को माने।

Fig 8



शीर्ष से शीर्ष वोल्टता = 6.4 x 5 = 32 V

अतः शीर्ष वोल्टता = 16 V

अतः RMS वोल्टता = 16 x 0.707 = 11.31V

शीर्ष से शीर्ष वोल्टता

या RMS वोल्टता

2.83

$$= \frac{VPP}{2 \times \sqrt{2}} = \frac{32}{2 \times \sqrt{2}} = 11.31v$$

DC वोल्टता की माप (DC voltage measurement): निवेशी चयनकारी कुंजी को DC स्थिति पर सेट करें। पर्दे के केन्द्र पर ट्रेस प्राप्त करने के लिए Y-विस्थापित स्थिति को समायोजित करें। यह रेखा शून्य DC वोल्ट को प्रदर्शित करती है। मापी जाने वाली DC वोल्टता के धनात्मक को निवेशी टर्मिनल तथा ऋणात्मक को उभयनिष्ट (common) टर्मिनल से जोड़े। अब क्षेतिज रेखा ऊपर की ओर उेगी (विपरीत ध्रुवता के लिए नीचे) वोल्ट / विभाजन कुंजी को आवश्यकता अनुसार सेट करें।

अब शून्य संदर्भ रेखा से विभाजन में लम्बवत दूरी को मापे। लम्बवत दूरी (विभाजन) से वोल्ट / विभाजन सेटिंग से गुणां करके DC वोल्टता को प्राप्त किया जा सकता है।

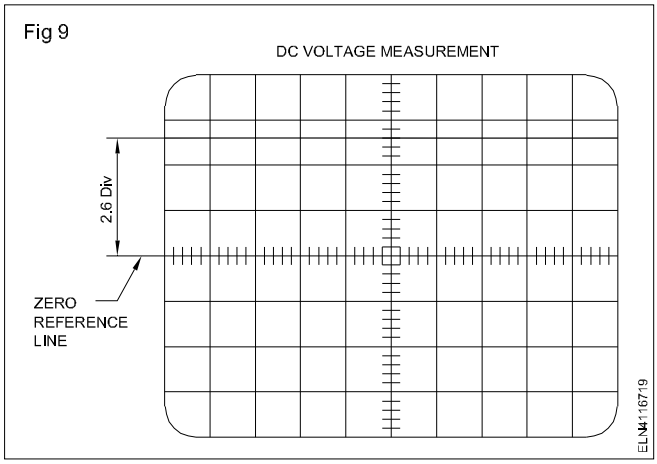
Fig 9 के संदर्भ में एक उदाहरण हल किया गया है।

माना कि लम्बवत विक्षेप 2.6 विभाजन तथा वोल्ट / विभाजन की सेटिंग 20 वोल्ट है।

DC वोल्टता = 2.6 x 20 = 52V.

समय तथा आवृत्ति का माप (Measurement of time and frequency): मापे जाने वाली तरंग रूप को V निवेशी से जोड़े। वोल्ट / विभाजन कुंजी को तरंग रूप के उचित लम्ब आयाम को प्रदर्शन करने के लिए सेट करें। मापे जाने वाले तरंग रूप से लगभग दो साइकल को

Fig 9



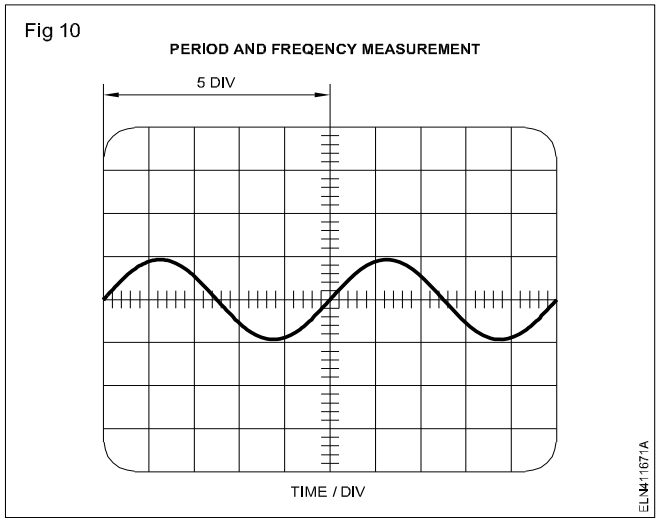
प्रदर्शन करने के लिये समय/ विभाजन कुंजी को सेट किया जाता है। ट्रेस को चलाने के लिए Y-विस्थापन नियंत्रण को समायोजित करें, जिससे कि मापने की बिंदु क्षेतिज केन्द्र रेखा पर हो। माप की बिंदु के प्रारंभ को सुविधाजनक संदर्भ रेखा पर हटाने के लिए X-विस्थापन को नियंत्रण किया जाता है।

एक साइक्ल (चक्र) के बिंदुओ के बीच की दूरी (विभाजन) को Fig 10 में दर्शाये गये अनुसार मापा जाता है।

एक साइकल के विभाजन तथा समय/ विभाजन कुंजी की सेटिंग का गुणनफल, एक चक्र की आवर्तकाल (Period) कहते है।

आवृत्ति को निम्न सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है। (Fig 10)

Fig 10



$$\text{आवृत्ति} = \frac{1}{\text{समयावधि}}$$

जहां आवृत्ति, हटर्ज में तथा समय, सेकेंड में है।

***उदाहरण* (Example):**

समय = विभाजन x समय आधार सेंटिग

= 5 x 0.2ms = 1 ms

इसलिये आवृत्ति $= \frac{1}{T} = \frac{1}{1x10^{-3}} = 1000Hz$

आवृत्ति = 1kHz

प्रिन्टेड सर्किट बोर्ड्स (PCB) (Printed circuit boards (PCB))

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

- **एचिंग के लिए प्रयुक्त एचेन्ट का प्रकार एवं एचेन्ट का प्रकार एवं एचेन्ट विलियन तैयार करना एवं बताना**
- **एचिंग करते समय एचेन्ट लियन को उत्तेलित करने वाले कारकों को बताना**
- **PCBs पर छिद्र करते समय महत्त्वपूर्ण बिंदुओं की सूची बनाना**
- **PCBs पर अवयवों (पुर्जों) की स्थिति चिह्न्ति करने के लाभ की सूची बनाना।**

परिचय (Introduction)

प्रिन्टेड सर्किट बोर्ड जिसमें ताँबें की कनेक्टिंग तारों को ताँबे की एक पतली चालन द्वारा बदल दिया जाता है जिसे इंसुलेटेड बोर्ड के एक तरफ ढाला गया होता है। इंसुलेटर बोर्ड प्रायः फोनेटिक पेपर या फाइबर ग्लास या एपॉक्सी का बना होता है। ढाला गया चालक परिपथ जिसे कि ट्रेक के रूप में जाना जाता है उसका आकार परिपथ के पॉवर पर निर्भर करता है। ट्रेक की चौड्राई कुछ मिमी से कुछ एक मिलीमीटर जो परिपथ पर निर्भर करती है।

एक पतली ट्रेक जो कि एक मिमी से कम हो चाँदी की बनी ट्रेक होती है जहाँ पर आईसी सर्किट और माइक्रो कंट्रोलर सर्किट बनाया जाता है वहाँ प्रयुक्त होता है। पीसीबी बनाने की कई विधियाँ है इसे नीचे वर्णन किया गया है।

एचिंग (Etching)

एक बार कापर के पलते पर्त के आवश्यक भाग को कॉपर साइड को लेमिनेट कर सुखाया जाता है अगले पद में लेमिनेशन के अनमास्क्ड भाग में उपस्थित भाग के कॉपर पर्त को हटाना होता है। यह प्रक्रिया एचिंग के रूप में जाना जाता है।

कॉपर की पर्त के अवांछित क्षेत्र के एचिंग के बाद ही लेमिनेशन का बचा हुआ द्यात्विक भाग परिपथ संयोजन के लिए आवश्यक आकृति प्राप्त करता है।

एचिंग निम्न में से किसी एक रसायन का प्रयोग करके किया जाता है;

– एल्केलाइन अमोनिया (Alkaline ammonia)

– सल्फ्यूरिक हाइड्रोजन परास्साइड (Sulpuric-hydrogen peroxide)

– फेरिक क्लोराइड (Ferric chloride)

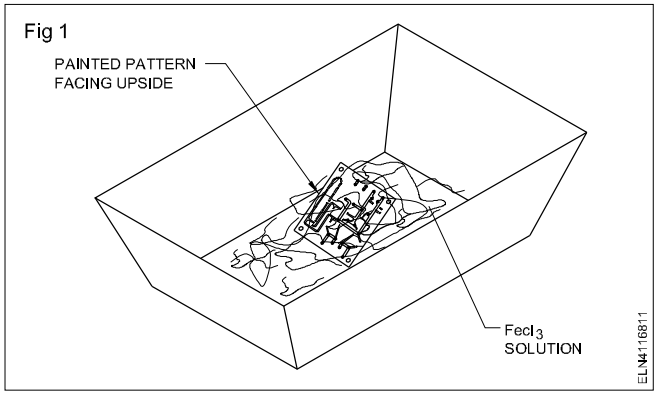
– क्यूप्रिक क्लोराइड (Cupric chloride)

शुरूआत करने वालों और किफायती तरीके से मेनुअल एचिंग प्रोसेस सबसे अधिक लोकप्रिय है, यह प्रायः फेरिक क्लोराइड के विलयन का उपयोग करके किया जाता है। फेरिक क्लोराइड द्रव, पावडर और क्रिस्टल रूप में उपलब्ध होता है।

जब एचिंग विलयन तैयार करते हैं तब सांद्र फेरिक क्लोराइड पावडर /क्लियन गुनगुना पानी (27°F) के साथ मिलाकर काँच की छड़ से अच्छी तरह हिलाया जाता है। यह तनु (dilute) एसिड ($FeCl_3$) विलयन तैयार करता है।

फेरिक क्लोराइड और जल का अनुपात एचिंग की दर को निर्धारित करता है। उदाहरण के लिए 100mg सांद्र फेरिक क्लोराइड पावडर/द्रव एक लीटर पानी के लिए प्रयोग किया जाता है। यह $Fecl_3$ प्लॉस्टिक के उचित साइज के ट्रे जिसमें कि पेंटेड लेमिनेट जिसमें एचिंग किया जाता है पूरी तरह से डूब जाये में तेयार किया जाता है। जैसा कि Fig 1 में प्रदर्शित है।

Fig 1



चूंकि फेरिक क्लोराइड एक acidic विलियन है, हांलाकि यह तनु होता है फिर भी त्वचा के लिए नुकसानदायक है इसलिए इस विलयन में कार्य करते समय रबर ग्लोब्स उपयोग करना चाहिए।

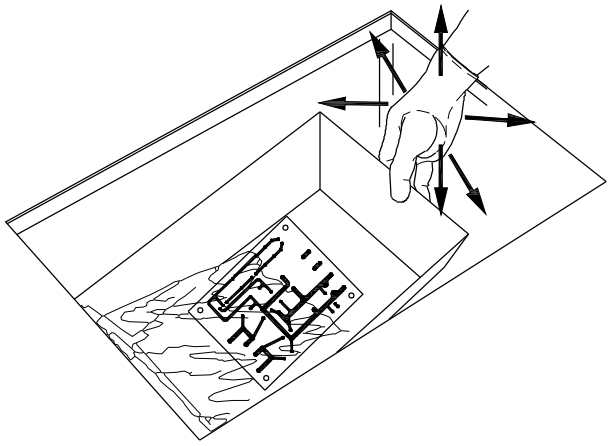
पेंटेड लेमिनेट जिसका एचिंग किया जाना है, उसके आवश्यक भाग को ही सरकाकर $Fecl_3$ विलयन में डालना चाहिए। साथ ही Fig 1 में प्रदर्शित किये अनुसार लेमिनेट का पेंटेड सतह ऊपर की तरफ होना चाहिए ताकि एचिंग प्रक्रिया की प्रगति एचिंग की सीमा दिखाई दे।

एक समान एवं तेजी से एचिंग के लिए एचेंट विलयन को हिलाकर तथा Fig 2 में प्रदर्शित अनुसार ट्रे को झुकाकर उत्तेजित (क्रियाशील) किया जाता है विलयन को बहुत अधिक उत्तेजना करने से बचना चाहिए क्योंकि इससे पैंट किये गये ट्रेक के अंतिम सिरे उखड़ सकते हैं और जिन भागों का एचिंग नहीं किया जाना है वो भी हट सकते हैं।

जैसे एचिंग में प्रगति होती है अनचाहे भाग से कॉपर धीरे-धीरे हटता जाता है जब एचिंग पूर्ण हो जाता है अनचाहे भागों से पूरा कॉपर अदृश्य हो जाता है और एचिंग किये गये भाग का रंग लेमिनेटेड बोर्ड के इंसुलेटर के रंग का हो जाता है।

एक बार कॉपर के अनचाहे भाग जब पूरी तरह एचिंग हो जाता है तो बोर्ड विलचन से बाहर निकाल किया जाता है और इसे साफ पानी से धोकर बचे हुए $Fecl_3$ विलयन को हटा दिया जाता है। यह आगे किसी प्रकार के एचिंग क्रिया को होने से रोकता है।

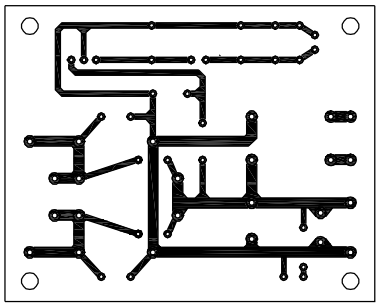
Fig 2



ELN4116812

पानी से बोर्ड को साफ करने के बाद सूखाकर एच प्रतिरोधी इंक/पेंट जो कि ले-आउट पैटर्न में होते हैं उसे साल्वेंट जैसे कि थीनर या पेट्रोल का उपयोग करके हटाया जाता है तब साफ किये गये बोर्ड पर चमकदार कॉपर पट्टी और पैड होता है। जोकि Fig 3 में दर्शाये अनुसार केवल आवश्यकता को प्रदर्शित करते हैं।

Fig 3



ELN4116813

PCBs पर छिद्र बनाना (Drilling holes on PCBs)

एचिंग और मास्क या पेंट हटाने के बाद पुर्जों को लगाने के लिए इनपुट, आउटपुट और V_{cc} तथा ग्राउण्ड कनेक्शन आदि के लिए आवश्यक व्यास का छिद्र पेड पर बनाना। अगला स्टेप होता है। होल करते समय अत्यधिक सावधानी रखना पड़ता है क्योंकि ड्रीलिंग करते समय असावधानी से कॉपर के सतही क्षेत्र उखड़ सकता है। पीसीबी पर छिद्र बनाने के लिए कुछ उपाय नीचे दिए गए हैं;

– ड्रिलिंग प्रारंभ करने के पूर्व यदि जिसे बिंदु पर ड्रिल किया जाना है स्पष्ट नहीं है तो उस बिंदु को पुनः पंच कर देना चाहिए ताकि ड्रिल बिट ठीक उसी पंच किये गये बिंदु पर बैठें।

– हाई स्पीड ड्रिल/मशीन उपयोग करें।

– आवश्यक आकार के ड्रिल बीट का उपयोग करें यदि उचित आकार का ड्रिल बीट उपलब्ध न हो तो एक साइज छोटे आकार का ड्रिल बिट उपयोग करें लेकिन कभी भी बड़े आकार का ड्रिल बिट उपयोग न करें।

– पीसीबी को लकड़ी के गुटकों के साथ वाइस पर अच्छी तरह फिक्स करें, ताकि ड्रिलिंग और पेड एरिया के कॉपर छिलने के दौरान पीसीबी ढीला न हो।

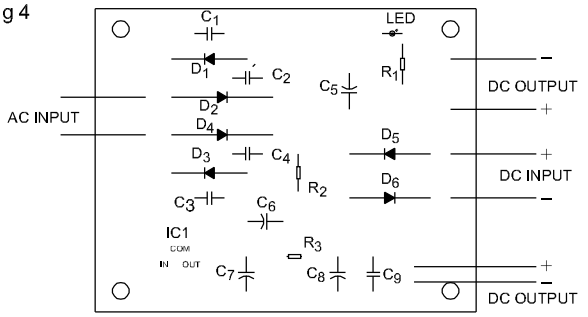
– सुनिश्चित करें कि सभी आवश्यक बिंदु ड्रिल किया जा चुका है क्योंकि एक बार पुर्जों को लगा दिया जाता है और पुनः ड्रिलिंग से कंपन्न के कारण लगाये गये पुर्जो को नुकसान होता है।

छिद्रों की ड्रिलिंग के बाद पीसीबी को साफ करें ताकि धूल ओर अवशिष्ट से मुक्त हो जाये। ले-आउट पैटर्न पर वार्निश लगाएँ ताकि कॉपर के पैटर्न को कोरोजन से बचाया जा सके।

अवयवों/पुर्जों का ले-आउट तैयार करना और चिन्हित करना (Preparing and marking component lay out)

पीसीबी के पुर्जे के स्थिति का चिन्हांकन करने के दो मुख्य लाभ हैं। (Fig 4)

Fig 4



COMPONENT SIDE LAYOUT

ELN4116814

पीसीबी के पुर्जे की तरफ पुर्जों के स्थिति का चिन्हांकन करने के दो मुख्य लाभ है,

– इससे पुर्जों को लगाने की गति बढ़ जाती है, जिससे कि पुर्जों को लगाने के लिए सही स्थान खोजने की जरूरत समाप्त हो जाती है।

– बोर्ड पर लगाये जाने वाले पुर्जों के ध्रुवता (polarity) को चिह्नित किया जा सकता है, ताकि बोर्ड तैयार करते समय ध्रुवता दोष समाप्त किया जा सके।

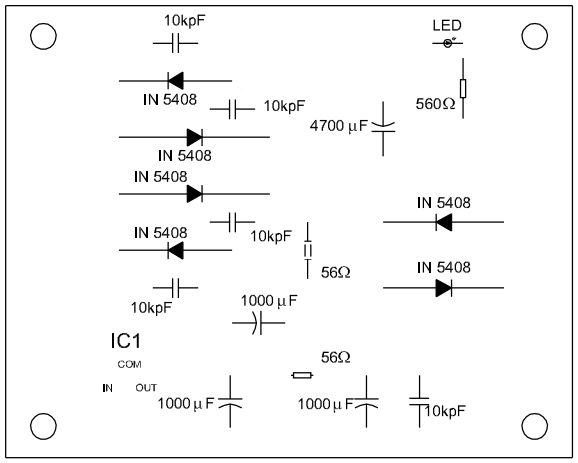
पुर्जों का चिन्हांकन की मानक प्रक्रिया के लिए या तो पुर्जे का सिम्बाल उसके कोड नम्बर के साथ या केवल पेड के सरों पर कोड नंबर चिह्नित किया जाता है जैसे कि Fig 4 में प्रदर्शित है।

पुर्जों को इक्ट्ठा करने और PCB तैयार करते समय एक अलग पुर्जो अनुसार जानकारी के लिए तैयार करना चाहिए।

पुर्जे	कोड	विवरण
प्रतिरोध	R1 R2,R3	1K Ohms,1W, 5% 680 Ohms,1/4W,10%
केपेसिरटर	C1 C2 to C7	1000uF, 50V, axial 0.01uF, 100V, ceramic disc
डायोड	D1,D2, D3,D4	1N4007

कम संख्या में पुर्जे वाले परिपथ के लिए अलग से पुर्जों की सूची बनाने की जगह प्रिंटेड सर्किट बोर्ड पर सीधे पुर्जों का मान चिह्नित कर दिया जाता है, जैसा कि Fig 5 में दिखाया गया है।

Fig 5



COMPONENT SIDE LAYOUT

मैनुअल रूप से तैयार करने के लिए पीसीबी के पुर्जों के ले-आउट को पेड के पीछे सोल्डर की स्थिति के ले-आउट को एक ग्राफ शीट पर खींचा जाता है और पुर्जों की स्थिति और ध्रुवता मानक संकेतों का उपयोग करके दर्शाया जाता है। पुर्जों को गिनकर पुर्जों की एक सूची तैयार की जाती है।

पुर्जों के तरफ ले-आउट को तब कार्बन शीट और पंसिल का उपयोग कर इंसुलेटर के पुर्जे की तरफ पीसी बोर्ड पर ट्रेस किया जाता है। ट्रेस किये गये भागों को बोर्ड पर परमानेंट मार्कर पेन या पेंट और पतले ब्रश का उपयोग करके पुनः खींचा जाता है या स्पर्श किया जाता है।

पावर इलेक्ट्रानिक उपकरण - UJT और FET (Power electronic devices - UJT and FET)

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

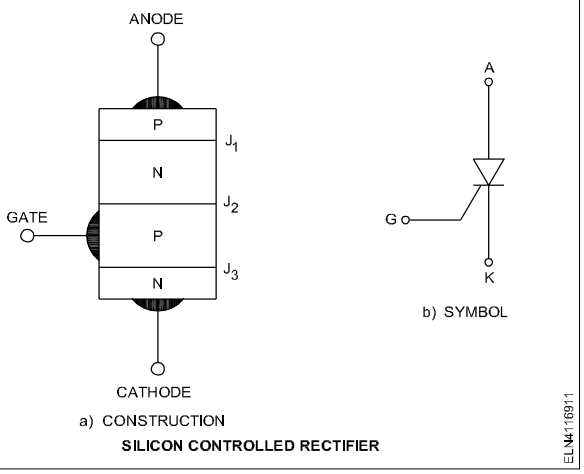
- **SCR की संरचना और कार्य अभिलाक्षणिकों तथा इसकी जाँच विधि स्पष्ट करना**
- **ट्रिगरिंग गेट सर्किट के लिए UJT का उपयोग बताना**
- **DIAC और TRIC की कार्य प्रणाली का वर्णन करना**
- **FET का सिद्धांत, कार्य, बायसिंग और अनुप्रयोग बताना**
- **JFET का सिद्धांत, बायसिंग और एम्प्लीफायर के रूप में उसको स्पष्ट करना।**

परिचय (Introduction)

थायस्टिर एक चार लेयर युक्ति है जो मोटरों एवं अन्य इलेक्ट्रिकल उपकरणों के अत्यधिक मान की धारा को इलेक्ट्रानिकली स्विच आन 'ON' एवं ऑफ 'OFF' कर सकता है। सिलिकान कंट्राल रेक्टीफायर (SCR) और ट्रायक थायरिस्टर के उदाहरण हैं। आधुनिक उद्योगों में लगभग सभी इलेक्ट्रानिक नियंत्रण उपयोग किए जाते हैं जो थायरिस्टर के साथ इलेक्ट्रानिक परिपथ होते हैं।

SCR की संरचना (Construction of SCR): एक विशिष्ट SCR का क्रास सेक्शनल एरिया और सिम्बल Fig 1 में दिखाया गया है। मूलरूप से SCR में P और N टाइप अर्द्धचालक मटेरियल की चार-परत गोली होती है। सिलिकॉन का उपयोग आंतरिक सेमी कंडक्टर के रूप में किया जाता है जिसमें उचित अशुद्धियों को जोड़ा जाता है।

Fig 1



SCR कार्य प्रणाली (Working of SCR): SCR एक चार परत वाला उपकरण है जिसमें तीन टर्मिनल होते हैं, एनोड, कैथोड और गेट। जब एनोड को कैथोड के सापेक्ष में पॉजीटिव रखा जाता है तो (Fig 1 के अनुसार), तब J_2 रिवर्स बायस में होता है और जिसमें केवल लीकेज करंट डिवाइस से प्रवाहित होती है।

SCR तक ऑफ-स्टेट (off-state) या अग्र अवरूद्ध कहलाता है। जब एनोड से कैथोड वोल्टेज बढ़ जाता तब रिवर्स बायस्ड जंक्शन J_2 उच्च वोल्टेज वृद्धि के कारण बीच का पर्त टूट जाता है। यह अवेलेन्च पर्त का टूटना कहलाता है। चूंकि अन्य जंक्शन J_1 और J_3 फॉरवर्ड बायस है। इसलिए सभी तीनों जंक्शन पर फ्री कैरियर यूवमेंट में होगा जिसके परिणाम स्वरूप एक बड़ा एनोड-टू-कैथोड फारवर्ड करंट I_F होगा तब वोल्टेज ड्रॉप V_F डिवाइस के सिरों पर चार परतों में ओमिक ड्राप कहलाता है और फिर उपकरण चालन स्थिति या ऑन-स्टेट में कहा जाता है।

ऑन स्टेट में करंट को एक्सटर्नल इम्पीडेंस द्वारा सीमित किया जाता हैब यदि एनोड व कैथोड के बीच वोल्टेज को घटा दिया जाता है, क्योंकि अवक्षय पर्त (depletion layer) और रिवर्स बायस जक्शन J_2 का अस्तित्व कैरियर (वाहकों) के मुक्त प्रवाह के कारण नहीं रह जाता है। अतः डिवाइस लगातार ऑन अवस्था में रहेगा। जब फारवर्ड करंट का मान होल्डिंग करंट I_h, से कम हो जाता है, तो जंक्शन J_2 के अवक्षय क्षेत्र में वाहकों की कमी के कारण अवक्षय पर्त विकसित होने लगता है और डिवाइस अवरूद्ध स्थिति में चला जाता है। इसी प्रकार जब SCR स्विच आन किया जाता है, तब परिणामी फारवर्ड करंट को लैचिंग करंट I_L से अधिक होना चाहिए।

यह आवश्यक है कि जंक्शन के सिरों पर वाहकों की मात्रा को बनाकर रखा जाये, नहीं तो जैसे ही एनोड-टू-कैथोड वोल्टेज कम होगा डिवाइस ब्लाकिंग स्टेट में वापस चला जायेगा। होल्डिंग करंट सामान्यतया कम होता है लेकिन लैचिंग करंट के बहुत नजदीक होता है। इसका परिणाम कुछ के लिए एम्यिर में होता है। जब कथौड को एनोड के सापेक्ष धनात्मक रखा जाता है जंक्शन J_1 और J_3 रिवर्स बायस में होते हैं और SCR में से होकर बहुत कम लीकेज धारा प्रवाहित होती है। यह डिवाइस का रिवर्स ब्लॉकिंग अवस्था है।

जब SCR रिवर्स बायस में होता है जब वह ठीक उसी प्रकार व्यवहार करता है जैसे सीरीज में जुड़े दो डायोड के सिरों पर रिवर्स बायस वोल्टेज लगाने पर करता है। SCR के दो आंतरिक क्षेत्र बाहरी पर्त की अपेक्षा हल्का डोपिंग किया हुआ होता है।

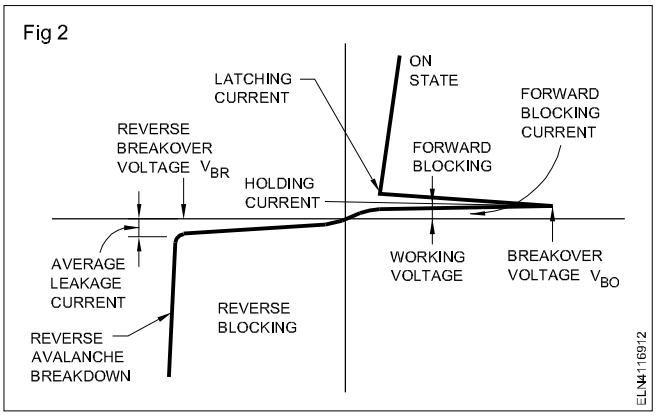
अतः फॉरवर्ड बायस की स्थिति में J_2 के डिप्लेशन लेयर (अवक्षय पर्त) की मोटाई J_1 और J_3 के रिवर्स बायस में अवक्षय पर्त की कुल मोटाई से अधिक होगा इसलिए फॉरवर्ड ब्रेक ओवर वोल्टेज V_{BO} रिवर्स ब्रेक ओवर वोल्टेज से सामान्यतया अधिक होगा।

SCR के दो स्थायी और उत्क्रमणीय प्रचालन स्थितियाँ है, ऑफ-स्टेट से ऑन-स्टेट में परिवर्तन को टर्न ऑन कहा जाता है, जो कि फॉरवर्ड वोल्टेज को V_{BO} को बढ़ाकर प्राप्त किया जाता है। इसके विपरित स्थिति टर्न ऑफ है जिसे फॉरवर्ड करंट का मान I_h से घटाकर बनाया जाता है। एक अधिक सुविधाजनक और उपयोगी विधि डिवाइस में गेट-ड्राइव लगाकर टर्न-ऑन करना है।

SCR के अभिलक्षण (Characteristics of SCR)

SCR का वोल्टेज करंट अभिलक्षण (SCR voltage current characteristic): Fig 2 एक SCR का वोल्टेज करंट अभिलाक्षणिक प्रदर्शित करता है। जिसका गेट संयोजित नहीं है (खुला)। जब एनोड-कैथोड सर्किट रिवर्स बायस में हैं तब बहुत अल्प करंट माइक्रो एम्पियर में SCR में प्रवाहित होता है। रिवर्स ब्लॉकिंग करंट कहलाता है। जब रिवर्स ब्रक ओवर वोल्टेज V_{BR}, पीक रिवर्स वोल्टेज के बराबर हो जाता है तब SCR रिवर्स एवेलेन्च ब्रेकडाउन के कारण चालन करने लगता है और करंट का मान तेजी से एम्पियर में बढ़ता है।

Fig 2



अधिकतर स्थितियों में इस मोड में SCR क्षतिग्रस्त हो जाता है। SCR का रिवर्स-बायस मोड में व्यवहार आभिलाक्षणिक वोल्टेज करंट VI द्वारा Fig 2 में प्रदर्शित है।

जब SCR फॉरवर्ड बायस में होता है तब अल्प फॉरवर्ड लीकेज करंट (जैसा कि Fig 2 में है) को फॉरवर्ड ब्लॉकिंग करंट कहते हैं। जो कि तब तक अल्प ही रहता है जब तक कि फॉरवर्ड ब्रेकडाउन वोल्टेज V_{BO} तक पहुँच जाता है। यह फॉरवर्ड एवेलेन्च क्षेत्र है।

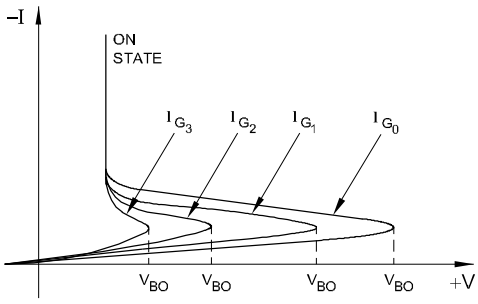
उस बिंदु पर करंट एकाएक उच्च चालन स्तर पर बढ़ता है। इस बिंदु पर SCR का एनोड-टू-कैथोड एजिस्टेंस बहुत अल्प होता है और SCR एक क्लोज स्विच की तरह कार्य करता है। SCR के सिरों पर वोल्टेज ड्रॉप लगभग 1.4V. होता है। अतः हम कह सकते हैं कि फॉरवर्ड-बायस मोड में आरोपित वोल्टेज B_{FO} से कम हो तब SCR ओपन स्विच की भांति व्यवहार करता है और जब आरोपित वोल्टेज का मान B_{FO} से अधिक हो तो क्लोज स्विच की भांति व्यवहार करता है। SCR में से प्रवाहित होने वाली धारा का मान बाहरी रजिस्टेंज के द्वारा सीमित किया जाता है।

होल्डिंग और लैचिंग करंट (Holding and latching currents): होल्डिंग करंट +I (फॉरवर्ड बायस करंट) का वह मान है जो SCR को ऑन अवस्था में बनाये रखने के लिए एनोड सर्किट के लिए आवश्यक है। लैचिंग करंट +I का वह मान है जो SCR को ऑफ अवस्था से ऑन अवस्था तक लाने के लिए एनोड सर्किट के लिए आवश्यक है। यह करंट विशिष्ट होता है जो होल्डिंग करंट से लगभग तीन गुना अधिक होता है। जब SCR को चालन में बदल दिया जाता है तब गेट वोल्टेज को एनोड करंट के लिए लंबे समय तक पर्याप्त मात्रा में होना चाहिए ताकि करंट लैचिंग के मान तक पहुँच सके।

SCR का ट्रिगरिंग (Triggering of SCR): SCR को चालन स्विच के रूप में फॉरवर्ड वोल्टेज को V_{BO} से बढ़ाकर या जब यह फॉरवर्ड बायस में हो तो गेट पर पॉजीटिव सिग्नल लगाकर प्राप्त किया जा सकता है। इन दो विधियों में दूसरी विधि गेट कंट्रोल विधि कहलाती है। जिसका उपयोग पॉवर कंट्रोल के लिए अधिक दक्षता एवं आसानी से किया जाता है।

गेट-करंट कंट्रोल (Gate-current control): SCR में गेट करंट लगाने पर ब्रेकओवर वोल्टेज घट जाता है जैसा कि Fig 3 में प्रदर्शित है। यहाँ I_{GO} के लिए गेट करंट शून्य है। यह अवस्था Fig 2 में प्रदर्शित अवस्था के समान ही है, लेकिन Fig 3 में गेट करंट वृद्धि के लिए अन्य उदाहरण हैं। ध्यान दें कि जैसे ही गेट करंट बढ़ता है ब्रेक ओवर वोल्टेज घट जाता है।

Fig 3



जब वहाँ पर पर्याप्त गेट करंट होता है तब प्रचालन वोल्टेज या SCR का फॉरवर्ड ब्लॉकिंग वोल्टेज से ब्रेकओवर वोल्टेज कम हो जाता है। इस प्रकार से SCR का उपयोग किया जाता है। गेट करंट निवेशित करने पर ब्रेक ओवर वोल्टेज से कम कर देता है जिससे SCR ऑन हो जाता है।

ध्यान दें कि Fig 3 में गेट करंट के सभी मानों के लिए ऑन अवस्था एक समान है। गेट करंट SCR को ट्रीगर करके ऑन करता है लेकिन जब SCR फॉरवर्ड करंट का चालन करता है उसका निर्धारण एनोड सर्किट के एम्पीडेंस द्वारा किया जाता है।

अनुप्रयोग (Applications): SCR के निम्नलिखित मुख्य अनुप्रयोग हैं:

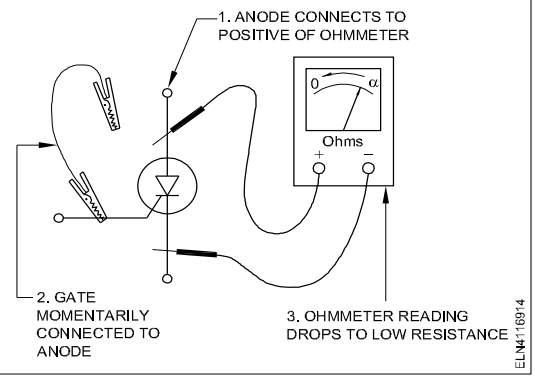
- पॉवर कंट्रोल (Power control)
- अधिक वोल्टेज सुरक्षा (Over voltage protection)
- टाइम डिले सर्किट (Time delay circuit)
- सॉफ्ट स्टार्ट सर्किट (Soft start circuit)
- लॉजिक एण्ड डिजिटल सर्किट (Logic and digital circuits)
- पल्स सर्किट रिफरेन्स (Pulse circuits references)
- ए.सी. पॉवर कंट्रोल में फेज कंट्रोल (Phase control in AC power control)
- फुल-वेव कंट्रोल सर्किट (full-wave control circuit)
- मोटर के स्पीड कंट्रोल (Speed control of motors)
- रेगुलेटेड डीसी पॉवर सप्लाई (Regulated DC power supplies)
- डीसी मोटर कंट्रोल (DC motor control)

मल्टीमीटर से SCR की जाँच करना (Testing of SCR by multimeter)

SCR की जाँच मल्टीमीटर से निम्न पदों में की जा सकती है।

मल्टीमीटर को निम्न रेंज में सेट करें समायोजक नॉब के द्वारा शून्य और अनंत को समंजित करें। SCR को प्रदर्शित Fig 4 की तरह संयोजित करें। मल्टीमीटर कोई रीडिंग नहीं देगा। यहाँ तक कि टेस्टिंग प्रोड बदलने पर भी जंक्शन के कारण रीडिंग नहीं देगा। मल्टीमीटर अनंत प्रतिरोध दर्शाता है। Fig 4 की तरह SCR को जोड़ें जब गेट को एनोड प्रोड के साथ क्षण भर के लिए स्पर्श कराया जाता है तब मीटर 30 से 40 ओह्म के बीच निम्न प्रतिरोध मान देता है। जब गेट को हटा दिया जाता है तब भी मीटर 30 से 40 ओह्म के बीच का प्रतिरोध लगातार मीटर पर स्थिर रहता है।

Fig 4



इसका अर्थ हे कि SCR अच्छी कार्य स्थिति में हैं। यदि मीटर कोई रीडिंग नहीं देता है तो SCR दोषयुक्त है। जब गेट को अल्प फारवर्ड बायस दिया जाता है तब गेट SCR की स्विचिंग करता है और जंक्शन का रेजिस्टेस कम हो जाता है। एक बार जब SCR चालन करने लगता है, तब यदि गेट का फारवर्ड बायस हटा दिये जाने पर भी SCR का एनोड टू कैथोड मीटर में से होकर प्रवाहित होता है और मल्टीमीटर लगातार 30 से 40 ओह्म का प्रतिरोध का रीडीम देता है।

डायक और ट्रायक (The DIAC and TRIAC)

UJT की तरह, थाइरेस्टर द्वारा परिपथ तथा ट्रायक के लिए ट्रिगर युक्ति की तरह अत्याधिक उपयोग होने वाला डायक भी एक अर्ध चालक युक्ति है। इसके सबसे प्रारंभिक रूप में डायक, बिना द्वार टर्मिनल के एक, तीन परत की युक्ति होती है। जैसा कि Fig 1 में दर्शाया गया है।

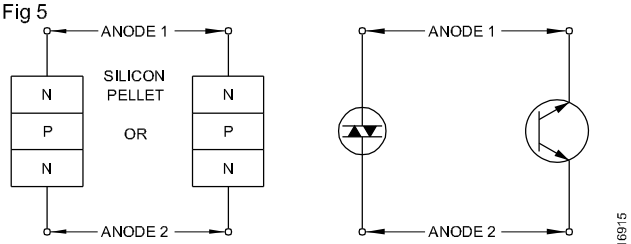
जैसा कि Fig 5 में देखा जा सकता है, डायक में तीन परत, दोनों दिशाओं में धारा को संवहन करने के योग्य दो टर्मिनल अर्ध चालक युक्ति होती है।

डायक, आधार कनेक्शन के बिना एक NPN या PNP द्वि ध्रुवीय ट्रॉंजिस्टर के अनुरूप होता है। द्वि ध्रुवीय ट्रॉंजिस्टर से भिन्न डायक की एक समान रचना होती है। इसका अर्थ है कि, दोनों संधियों पर N प्रकार तथा P का मादन (अपमिश्रण) (Doping) अनिवार्य रूप से समान होती है, जैसे कि Fig 5 में दर्शाया गया है। डायक या तो NPN या PNP संरचना की तरह बना हो सकता है।

Fig 6a में डायक के परीक्षण के लिए प्रयोगात्मक व्यवस्था (Stepup) दर्शायी गई है। परिपथ को मुख्य आपूर्ति से पृथक करने के लिए एक पृथककारी ट्रांसफार्मर उपयोग होता है। परीक्षण किये जाने वाले डायक को परिवर्ती वोल्टता देने के लिए एक परीवर्ती ट्रांसफार्मर उपयोग होता है। Fig 6b में विशिष्ट डायक का अभिलक्षण वक्र दर्शाया गया है।

Fig 6a में दर्शाये गये प्रयोगात्मक व्यवस्था (सेटअप) में, जब डायक के आरपार किसी भी ध्रुवता की कम वोल्टता को प्रयुक्त किया जाता है तो,

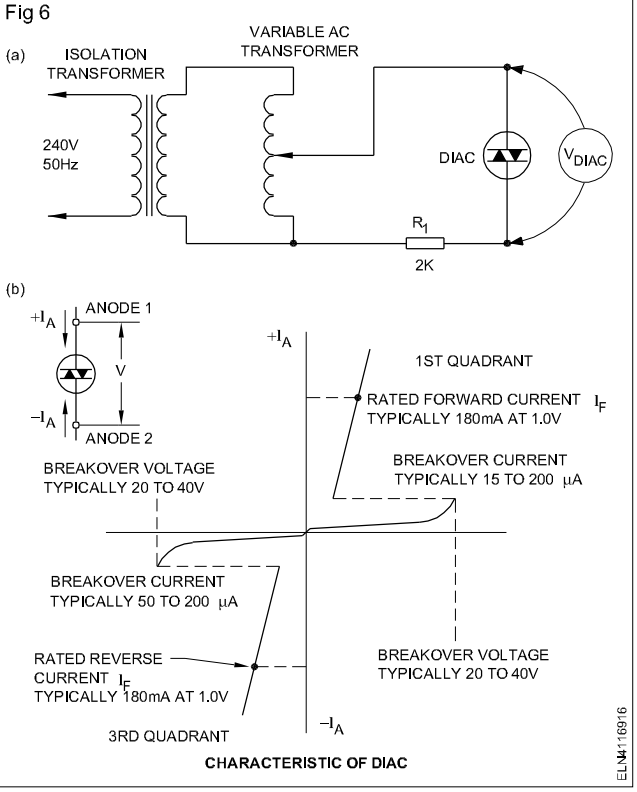
Fig 5



a) BASIC CONSTRUCTION OF DIAC b) COMMON SYMBOLS USED FOR DIAC

धारा प्रवाह बहुत कम होता है जैसे कि उसके अभिलक्षण में प्रथम तथा तृतीय चतुर्थांश में देखा जा सकता है। यदि प्रयुक्त वोल्टता को अपरिवर्तीत रूप से बढ़ाया जाय तो, धारा कम मान पर रहेगी। जब तब कि प्रयुक्त वोल्टता, Fig 6b में दर्शाये गये अनुसार डायक के विभंग वोल्टता कहलाये जाने वाले मान तक न पहँच जाए। एक बार इस बिंदु तक पहँचने पर डायक धारा तीव्रता से बढ़ती है, तथा डायक वोल्टता कम मान तक कम होती है। इस बिंदु पर डायक, ऋणात्मक प्रतिरोध अभिलक्षण प्रदर्शित करता है। (धारा संवहन में वृध्दि होती है जबकि युक्ति के आरपार वोल्टता में कमी होती है)।

Fig 6



डायक अब लगातार धारा संवहन करेगा जब तक कि धारा, दो डायोडों को समान तरह से कार्य करता है जो विपरीत समांतर मे जुड़े है, तथा इसलिए यह दोनों अर्ध चक्र के समय AC वोल्टता को दिष्टकारित करने के योग्य होती है। डायक के लिए उपयोग हुए चिन्ह को Fig 5b में दर्शाया गया है। डायोग के अभिलक्षण को ज्ञात करने की विधि, अभ्यास 840 में दी गई है।

डायक का अनुप्रयोग (Application of DIAC): डायक को निर्दिष्ट वोल्टता तल पर SCR या ट्रायक को ट्रिगर करने के लिए उपयोग किया जा सकता है।

डायक का परीक्षण (DIAC testing): डायक के पश्च से पश्च योजित दो डायोड के समान होता है, तथा किसी भी दिशा में विभंग होता है। एक बार प्रयुक्त वोल्टता, डायोड के विभंग वोल्टता तक पहँचने पर एवं प्रवाहित धारा के डायोड की विभंग वोल्टता पर पहँचती है, किसी भी दिशा में विभंग हो जाती है। ओह्म मापी के उपयोग से डायक का परीक्षण करते समय, उसे किसी भी दिशा में जाँच करते समय उच्च प्रतिरोध (अनन्त प्रतिरोध) दर्शाना चाहिए। शीघ्र परीक्षण केवल यह पुष्टि करता है कि डायक लघुपथित नहीं है। फिर भी, परिपथ में डायक का उपयोग करने से पूर्व यह शीघ्र परीक्षण करना उचित है।

ट्रायक (TRIAC): ट्रायक, किसी भी दिशा में AC को नियंत्रण करने के लिए एक, तीन टर्मिनल द्वार की अर्धचालक युक्ति हैं। शब्द ट्रायक का अर्थ ट्रायोड AC अर्ध-चालक है। ट्रायक, विपरीत समातंर में योजित दो SCR के बहुत समरूप होता है। ट्रायक एक दिशा में या उचित ध्रुवता के द्वार स्पंद से दूसरी दिशा में ट्रिगर ऑन होने से दोनों दिशाओं में अधिक धारा को संचालन करने के योग्य होता है।

UJT और उसका ट्रिगरिंग सर्किटिंग में अनुप्रयोग (UJT and its applications of triggering circuits)

UJT को वोल्टता या धारा संवेदी अनुप्रयोग तथा इलेक्ट्रानिक स्विचन को सम्मिलित करते हुए अनेक परिपथों में उपयोग किया जाता है। इनमें निम्नलिखित सम्मिलित होते है

- थाइरेस्टर के लिए ट्रिगर
- दोलित्र की तरह
- स्पंदी तथा आरादन्त जनित्र की तरह
- काल समंजक परिपथ
- नियामक शक्ति आपूर्ति
- द्वि स्थितिक परिपथ आदि

अब हम Fig 7 दर्शाये गये अनुसार विश्रांति दोलित्र के सापेक्ष R_1 तथा संधारित्र के आरपार उत्पन्न तरंगरूप का विश्लेषण करेंगे।

UJT अभिलक्षण ऋणात्मक- प्रतिरोध के भाग, विश्रांति दोलिन को उत्पन्न करने के लिए Fig 7 में दर्शाये गये परिपथ मे उपयोग होता है।

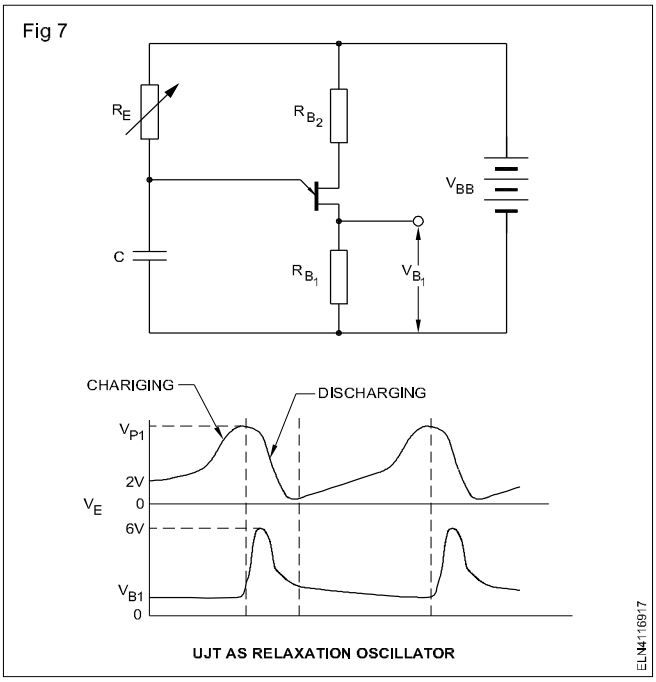
संधारित्र के आरपार उत्पन्न तरंग रूप का Fig 7 में V_E के जैसे दर्शाया गया है, जबकि R_{B1} प्रतिरोधक के आरपार उत्पन्न तरंग रूप को स्पंद V_{B1} की तरह दर्शाया गया है।

दोलन की आवृत्ति $f = \frac{1}{R_E C}$ है,

जहाँ R_E परिवर्तीय प्रतिरोध का मान ओह्म में है तथा C, संधारित्र का मान फैरड में है।

R_E के मान को परिवर्तन करने से, दोलित्र की आवृत्ति को बदला जा सकता है, फिर भी, DC आपूर्ति वोल्टता का उपयोग करने वाले ऐसे दोलित्र को, SCR को ट्रिगरन करने के लिए उपयोग किया जा सकता है। प्रत्यावर्ती धारा के चक्र के साथ स्पंद को तुल्यकाल करने में दोष हो सकता

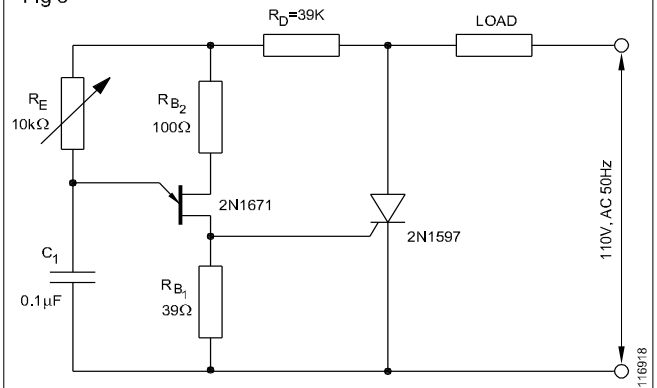
Fig 7



UJT AS RELAXATION OSCILLATOR

है। Fig 8 में, एक SCR के लिए स्थिर ट्रिगरिंग परिपथ दर्शाया गया है। जिसमें प्रहार कोण को 0° से 180° तक परिवर्तित किया जा सकता है।

Fig 8



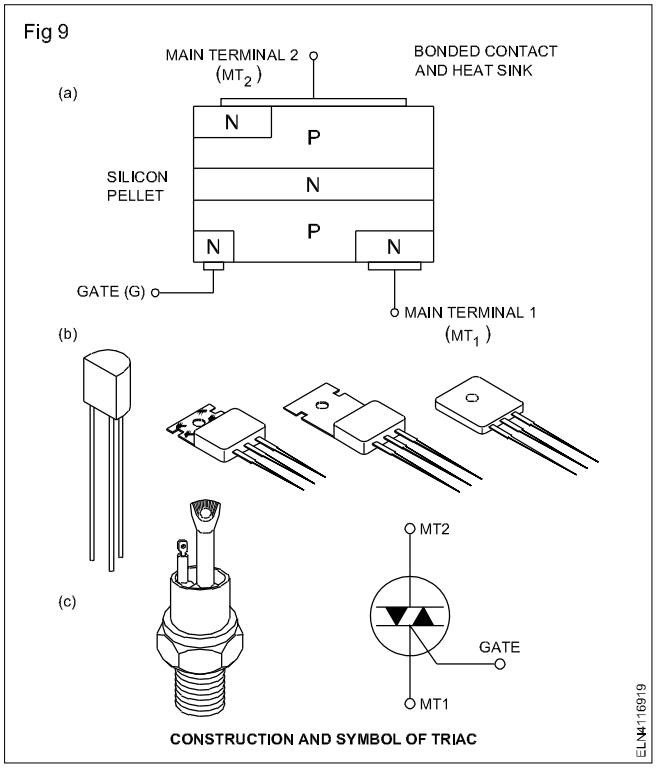
UJT RELAXATION OSCILLATOR USED FOR TRIGGERING THE SCR

UJT की कम निर्गत प्रतिबाधा (39 ओह्म), SCR को चलाने के लिए आदर्श होती है, जिसमें द्वार से कैथोड़ तक आपेक्षाकृत कम निवेशी प्रतिबाधा होती है।

प्रतिरोधक R_D को UJT के आरपार शिखर वोल्टता को उसके विनिर्देश के अंदर सीमित करने के लिए वोल्टतापाती (Dropping) प्रतिरोधक की तरह उपयोग किया जाता है।

परिवर्तीय प्रतिरोधक R_E को परिवर्तन करने से, दोलित्र की आवृत्ति को बदला जा सकता हैं, जिससे उसके द्वारा ट्रिगर स्पंद की आवृत्ति को परिवर्तित किया जा सकता है जो, SCR को ट्रिगरन करने के लिए उपयोग किया जाता है। SCR को स्विचन करने में विलंब के लिए उपयोग हुए समय को, कुंजी ऑन के समय से स्टॉप वाच के द्वारा मापा जा सकता है।

ट्रायक की मूल रचना, उसका चिन्ह तथा विशिष्ट ट्रायक को Fig 9a, 9b तथा 9c में दर्शाया गया है। Fig 9 में यह देखा जा सकता है कि, ट्रायक के इलेक्ट्रोडों को निम्नानुसार अंकित किया गया है।



- मुख्य टर्मिनल-1 (MT_1)
- मुख्य टर्मिनल-2 (MT_2) तथा
- द्वार (G)

टर्मिनलों को ऐसा इसलिए अंकित किया गया है क्योंकि, यह युक्ति दोनों दिशाओं में प्रचालित होती है तथा इसीलिए शब्द एनोड तथा कैथोड़ लागू नहीं होते है।

ट्रायक ट्रिगरिंग (TRIAC Triggering): ट्रायक को निम्नानुसार ट्रिगर किया/ ऑन किया जा सकता है।

1 द्वार धारा देकर

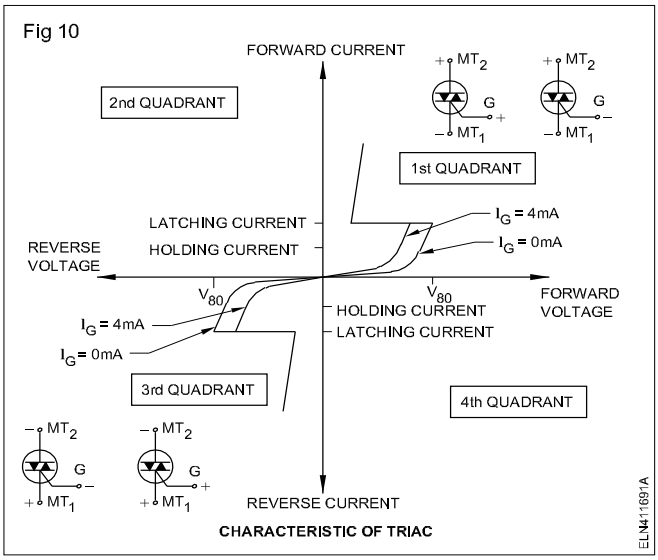
2 अवधान (ऐवलांशी) विभंग वोल्टता V_{BO} से अधिक वोल्टता देकर

3 MT_1-MT_2 प्रयुक्त वोल्टता को, अधिकतम dv/dt मान से अधिकता की दर पर वृद्धि होने दिया जावें।

विधि 2 तथा 3 को सामान्य ट्रायक प्रचालन में उपयोग नहीं किया जाता है, लेकिन उन्हे परिपथ डिजाइन में सीमित घटक के जैसे विचार किया जा सकता है। इसलिए सभी आगे की व्याख्या में ट्रायक को द्वार के मार्ग से ट्रिगर करने को प्रतिबंधित किया गया है। क्योंकि ट्रायक एक द्वि दिशी युक्ति है, इसलिए उसे ऋणात्मक या धनात्मक द्वार संकेत से संवहन में ट्रिगर किया जा सक्ता है। ट्रायक विभव को, मुख्य टर्मिनल - 1(MT_2) के सापेक्ष भी विचार किया जा सकता है। यह निम्नलिखित संभव प्रचालन की स्थितियाँ या मोड़ (Modes) देता है।

- MT_1 के सापेक्ष MT_2 धनात्मक - द्वार संकेत धनात्मक (प्रथम चतुर्थांश +)
- MT_1 के सापेक्ष MT_2 धनात्मक - द्वार संकेत ऋणात्मक (प्रथम चतुर्थांश -)
- MT_1 के सापेक्ष MT_2 ऋणात्मक - द्वार संकेत धनात्मक (तृतीय चतुर्थांश +)
- MT_1 के सापेक्ष MT_2 ऋणात्मक - द्वार संकेत ऋणात्मक (तृतीय चतुर्थांश -)

दुर्भाग्य से, ट्रायक उपरोक्त बताये गये सभी पद्धतियों में समान रूप से संवेदी नही होता है। यह तृतीय चतुर्थांश पद्धति में न्यूनतम संवेदी होता है। (MT_1 के सापेक्ष MT_2 ऋणात्मक तथा धनात्मक द्वार संकेत से ट्रिगर किया हुआ) इसलिये यह पद्धति अभ्यास में बहुत कम उपयोग होती है। जब ट्रायक ऑन हो तो, MT_1 तथा MT_2 के बीच धारा प्रवाह को मुख्य (Principal) धारा कहते है। ट्रायक, तब तक ऑन रहेगा जब तक कि उसमें धारा प्रवाह, Fig 10 में ट्रायक के स्थैतिक अभिलक्षण में दर्शाये गये अनुसार, धारक धारा से अधिक होगी।

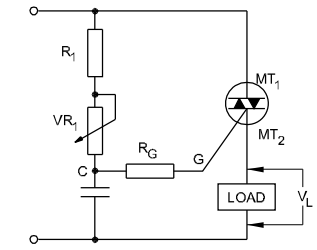


ट्रायक स्थैतिक अभिलक्षण से, जब MT_2, MT_1 के सापेक्ष धनात्मक होगी तो, ट्रायक (Fig 6), उसके स्थैतिक अभिलक्षण के प्रथम चतुर्थांश में प्रचालित होगा, यदि वह ट्रिगर नहीं होता है तो, वोल्टता में वृद्धि के साथ अल्प अग्र धारा धीरे-धीरे बढ़ेगी, जब तब कि विभंग वोल्टता V_{BO} न प्राप्त हो जायें, तथा फिर धारा में तीव्रता से वृद्धि होगी। उचित द्वार धारा के अन्तः क्षेपण से अल्प अग्रधारा पर सामान्यतः ऑन करके युक्ति को चालू किया जा सकता है तथा द्वार धारा को शून्य से 4mA तक वृद्धि के प्रभाव को अभिलक्षण वक्र मे दर्शाया गया है। द्वार धारा को तब तक बनाये रखे (maintained) जाना चाहिए, जब तक कि मुख्य धारा कम से कम सिटकनी धारा (latching) के बराबर न हो जायें। जब MT_2 के सापेक्ष टर्मिनल MT_1 धनात्मक हो तो, ट्रायक तृतीय चतुर्थांश में प्रचालित होता है तथा धारा विपरीत दिशा में प्रवाह होती है।

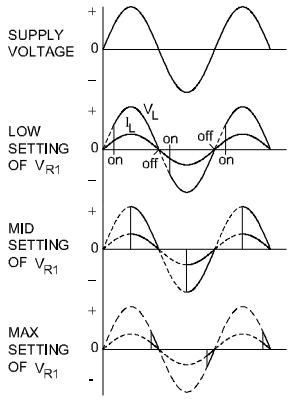
ट्रायक के उपयोग से पूर्ण तरंग नियत्रंण (Full wave control using a TRIAC): Fig 11a में AC परिपथ में धारा के प्रवाह को नियंत्रण करने के लिए उपयोग हुए ट्रायक को दर्शाया गया है। POT V_{R1} की विभिन्न सेटिंग के साथ तरंग रूप को Fig 11b में दर्शाया गया है।

नोटः ट्रायक में आगे और पीछे शब्द कोई माईने नहीं रखते हैं क्योकि यह द्वि दिशीय है।

Fig 11



a) SIMPLE TRIAC CONTROL CIRCUIT



b) TRIAC CONTROL WAVEFORMS

ELN411691B

TRIAC का त्विरित परीक्षण (Quick testing TRIAC): ट्रायक पर ओह्म मापी के उपयोग से शीघ्र परीक्षण किया जा सकता है। यदि लिया गया पाचांक नीचे सारणी में दर्शाये गये अनुसार तुल्यनीय हो तो, ट्रायक को संतोषजनक माना जा सकता है तथा परिपथ में उपयोग किया जा सकता है।

मीटर की ध्रुवता +	प्रतिरोध
MT_2	MT_1 > 1M
MT_1	MT_2 > 1M
MT_2	G > 1M
G	MT_2 > 1M
MT_1	G > 300Ω
G	MT_1 > 300Ω

फील्ड-इफेक्ट ट्रांजिस्टर (FET) (Field-effect transistor (FET))

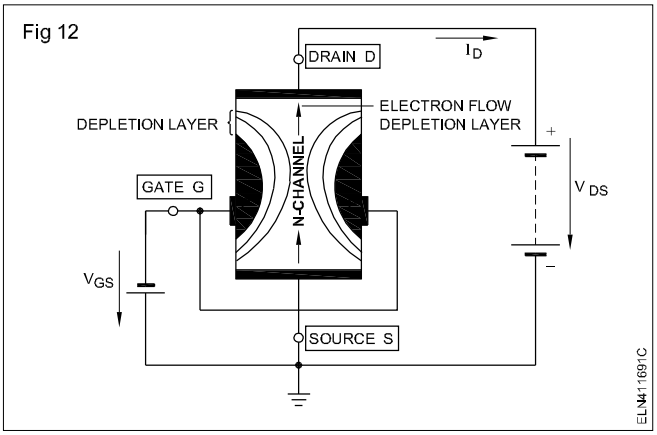
फील्ड इफेक्ट ट्रांजिस्टर सेमीकण्डक्टर पदार्थों से बना तीन टर्मिनल युक्ति है। जिसमें धारा का प्रवाह केवल एक प्रकार के कैरियर (होल्स या इलेक्ट्रान) के द्वारा ही होता है ।

बाई-पोलर ट्रांजिस्टर एक धारा द्वारा नियंत्रित युक्ति है (Bi-Polar transistor is a current controlled device) : साधारण शब्दों में इसका मतलब मुख्य धारा, बाइपोलर ट्रांजिस्टर की (कलेक्टर धारा) को बेस धारा के द्वारा कन्ट्रोल करते हैं ।

फील्ड-इफेक्ट ट्रांजिस्टर एक वोल्टेज द्वारा नियंत्रित युक्ति है (Field effect transistor is a voltage controlled device) : इसका मतलब यह है कि गेट पर वोल्टेज को मुख्य धारा के द्वारा कन्ट्रोल करते हैं । (एक बाई-पोलर ट्रांजिस्टर के आधार के समान)

उपरोक्त विवरण के अतिरिक्त बाई-पोलर ट्रान्जिस्टर (NPN और PNP), में मुख्य करन्ट हमेशा N-डोप्ड और P- डोप्ड सेमिकन्डटर पदार्थों से प्रवाहित होता है। जबकि फिल्ड एफेक्ट ट्रान्जिस्टर में मुख्य करन्ट यातो केवल N-डोप्ड सेमिकन्डर से प्रवाहित होता है जैसा कि Fig 12 में दर्शाया गया है।

Fig 12



यदि मुख्य करन्ट केवल N-डोप्ड पदार्थ से प्रवाहित होता है तो FET को N-चैनल अथवा N-प्रकार FET के रूप में संदर्भित किया जाता है। N-प्रकार के FET में N-डोप्ड पदार्थ केवल इलेक्ट्रोन्स हैं।

यदि मुख्य करन्ट केवल N-डोप्ड पदार्थ से प्रवाहित होता है तो FET को N-चैनल अथवा N-प्रकार FET के रूप में संदर्भित किया जाता है। P-डोप्ड पदार्थ में से करन्ट P-प्रकार के FET में केवल होल्स हैं।

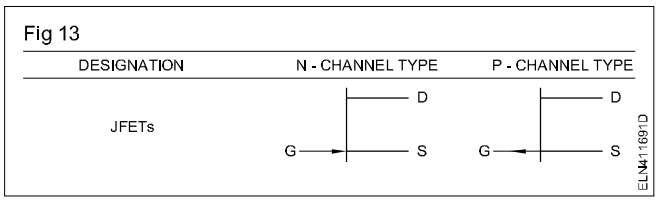
प्रमुख करन्ट इलेक्ट्रोन्स और छिद्रों से प्रवाहित होता है न कि बाइपोलार ट्रानिस्टरों के तरह । इसके विपरीत प्रकार (P अथवा N प्रकार) के आधार पर FET में इलेक्ट्रोन्स अथवा छिद्रों FETs को यूनिपोलार ट्रान्सिस्टर्स अथवा यूनिपोलार उपकरण को कहा जाता है।

अनेक प्रकार के FET होता हैं। इस पाठ में एक आधारभूत प्रकार जिसको जन्कशन फिल्ड एफेक्ट ट्रान्जिस्टर (JFET) कहते हैं उस पर चर्चा की गई है।

जंक्शन फील्ड इफेक्ट ट्रांजिस्टर (JFET) (Junction Field effect transistor (JFET))

यह एक तीन टर्मिनल्स युक्ति है और बाई-पोलर ट्रांजिस्टर के समान दिखाता है । N - चैनल तथा P - चैनल प्रकार के FET Fig - 13 में दिखाये गये हैं ।

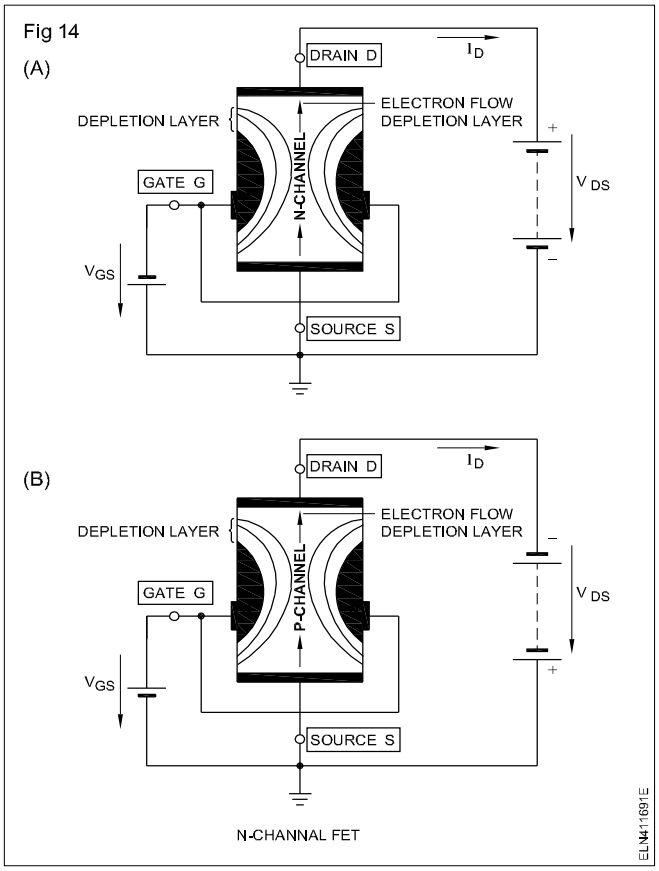
Fig 13



N - चैनल FET का Fig 14 में दिखाया गया है ।

FET के कुछ नोटिफिकेशन नीचे दिये गये हैं ।

1 **सोर्स टर्मिनल (Source terminal)** : वह टर्मिनल जिसके द्वारा मेज्योरिटी (Majority Carriors) कैरियर्स N - चैनल और होल्स (Holes) P - चैनल बार में प्रवेश करते हैं । सोर्स टर्मिनल (Source Terminal) कहलाते हैं ।



2 **ड्रेन टर्मिनल (Drain terminal) :** वह टर्मिनल जिसके द्वारा मैजोरिटी (majority) कैरीयर (carrier) बाहर निकलते हैं उसे ड्रेन टर्मिनल कहते हैं ।

3 **गेट टर्मिनल (Gate Terminal) :** N - प्रकार बार के दोनों ओर उच्चतम दर्जे की डोपिंग (dopping) से P - प्रकार क्षेत्र बनाया जाता है जिसे गेट (Gate) कहते हैं अक्सर दोनों तरफ के गेट को आपस में जोड़कर एक गेट रखा जाता है ।

4 **चैनल (Channel) :** स्त्रोत (Source) तथा ड्रेन (drain) के बीच के क्षेत्र अर्थात दोनों गेट के बीच के क्षेत्र को चैनल (channel) कहते हैं। इसका कार्य मैजोरिटी कैरियर (majority carrier) को पथ प्रदान करता है ।

FET की कार्यप्रणाली (Working of FET)

FETs में बाइपोलर ट्रान्जिस्टर के समान संयोजन के कार्यकारी बिंदु और स्टबलाइजेशन की आवश्यकता होती है।

FET का कार्य (Working of FET)

बाईपोलर ट्रांजिस्टर की तरह ही, FET के लिए जरूरी स्थापन तथा प्वाइंट के एडजस्टमेन्ट का कार्य करता है ।

JFET की बायसिंग (Biasing a JFET)

- गेट हमेशा रिवर्स बायस्ड होते हैं । गेट धारा जीरो होगी ।
- सोर्स टर्मिनल को हमेशा सप्लाई के आखिरी में जोड़ते हैं जोकि जरूरी या आवश्यक चार्ज कैरीयर उत्पन्न कराते हैं । N - चैनल JFET सोर्स टर्मिनल S से नकारात्मक DC पावर सप्लाई से जोड़ते हैं तथा JFET से धनात्मक DC पावर सप्लाई से ड्रेन टर्मिनल को जोड़ते हैं ।

जहाँ P - चैनल JFET, सोर्स पावर सप्लाई के धनात्मक टर्मिनल से जुड़ा है तथा ड्रेन पावर सप्लाई के नकारात्मक टर्मिनल से जुड़ा है । ड्रेन P - चैनल के द्वारा होल्स जहाँ होल्स चार्ज कैरियर्स हैं ।

माना अब - चैनल में वोल्टेज द्वारा ड्रेन धनात्मक सोर्स की तुलना में दिखाया गया है । जब गेट से सोर्स वोल्टेज जीरो है, वहाँ कंट्रोल वोल्टेज नहीं होता है तथा अधिकतम इलेक्ट्रान धारा सोर्स से चैनल - ड्रेन की ओर बहती है । यह इलेक्ट्रान धारा सोर्स से ड्रेन की ओर ड्रेन धारा I_D होती है ।

जब गेट रिवर्स बायस्ड होता है तब नकारात्मक वोल्टेज V_{GS} जैसा कि Fig 4b में दिखाया गया है ।

यदि V_{GS} नकारात्मक है तो चैनल की चौड़ाई कम होगी तब ड्रेन धारा कम हो जायेगी । जब नकारात्मक गेट वोल्टेज अधिक होता है तब दो डिप्लीजन लेयर मिलकर तथा Fig 4C में बहनेवाली ड्रेन धारा को कट-ऑफ करके चैनल को ब्लॉक करती है ।

यह वोल्टेज पिंच ऑफ वोल्टेज V_P होता है ।

गेट तथा सोर्स के बीच बायस्ड वोल्टेज रिवर्स बढ़ता है तो ड्रेन धारा, अधिकतम धारा तथा जीरो धारा ($-V_{GS}$ = पिन्च ऑफ वोल्टेज) के बीच बढ़ती है इसलिए JFET एक वोल्टेज कंट्रोल डिवाइस है ।

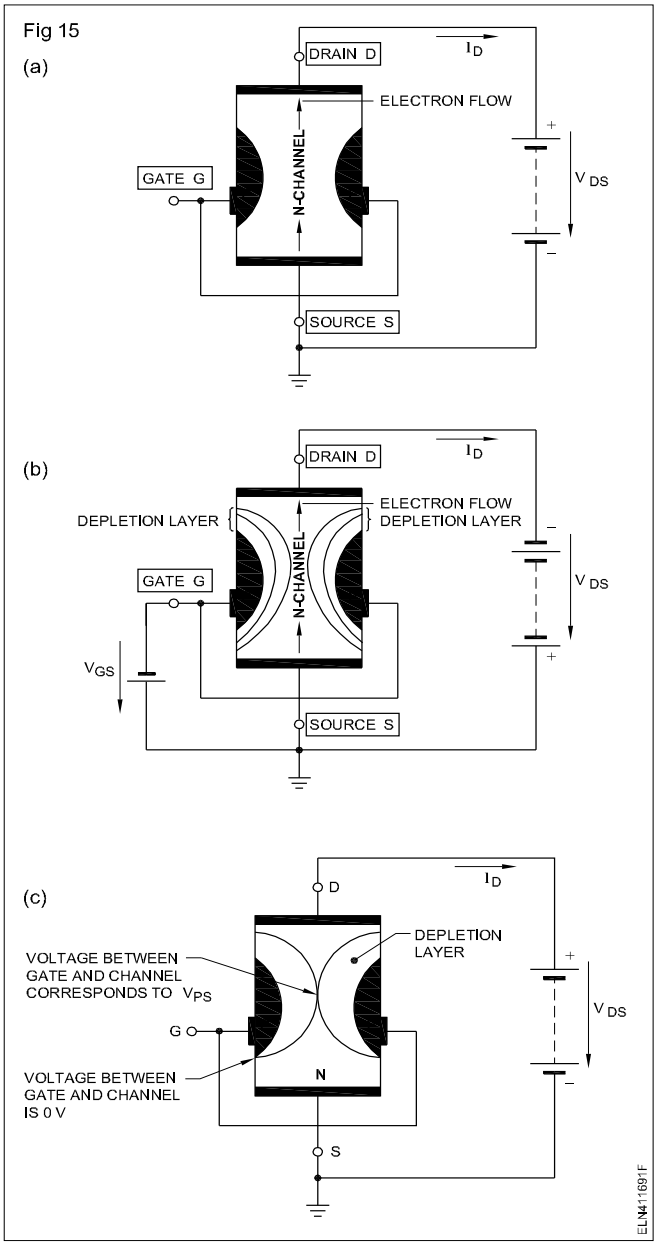
अतः गेट और सोर्स के बीच रिवर्स बायस वोल्टेज ($-V_{GS}$), बदलकर ड्रेन करंट का मान अधिकतम करंट ($-V_{GS}$=0 पर) और शून्य करंट (V_{GS}= पिंच आफ वोल्टेज पर) के बीच बदला जा सकता है। अतः JFET वोल्टेज कंट्रोल्स डिवाइस के रूप में संदर्भित किया जाता है।

P चैनल JFET का प्रचालन उपरोक्त वर्णित के समान ही होता है। केवल बायस वोल्टेज विपरीत होते हैं तथा चैनल के मुख्य वाहक होल्स होते हैं।

टिपिकल JFET के जरूरी विनिर्देशन (Important specifications of typical JFETs)

	BF 245B	BFW10
युक्ति की ध्रुवता (-प्रकार/-प्रकार)	Nj	Nj
अधिकतम ड्रेन-सोर्सवोल्टेज, V_{DS}	30 V	30 V
अधिकतम गेट-सोर्स वोल्टेज, V_{GS}	30 V	30 V
अधिकतम ड्रेन धारा, I_D	25 mA	20 mA
अधिकतम फारवर्ड गेट धारा I_G	10 mA	10 mA
पिन्च ऑफ वोल्टेज (I_D = 0), V_P		8 V
अधिकतम पावर डिसिपेशन P_{max}	300 mW	300 mW
पैकेज प्रकार	TO92	TO72
पिन डायग्राम (6605 डाटा मैनुअल)	fig W141e	fig W158b

Nj विनिर्देशन यह दर्शाता है कि N प्रकार का JFET है ।



FET की आवश्यकता भी सही बायरिंग (biasing) व्यवस्था के कार्य के लिए होती है । जैसे ट्रान्जिस्टरों, FET विभिन्न प्रकार के कान्फीगरेशन (समाकृति) से जुड़ा है । Fig 16 में FET कान्फीगरेशन के सामान्य तुलना और विवरण दिया है ।

FET के लाभ (Advantages of FET)

1 ये वोल्टेज कन्ट्रोल एम्प्लीफायर होते हैं इनका इनपुट इम्पीडेन्स अधिक होता है ।

2 इनके आउटपुट में कम शोर होता है । यह उपयोगी प्रीएम्प्लीफायर बनाता है जहाँ शोर बहुत कम होना चाहिए क्योंकि दिये गये स्टेजों में लाभ अधिक होता है ।

3 इनमें अच्वी लीनियरिटी (रेखीय) होती है ।

4 इनमें इंटरइलेक्ट्रोड क्षमता कम होती है ।

JFET के अनुप्रयोग (Typical application of JFET)

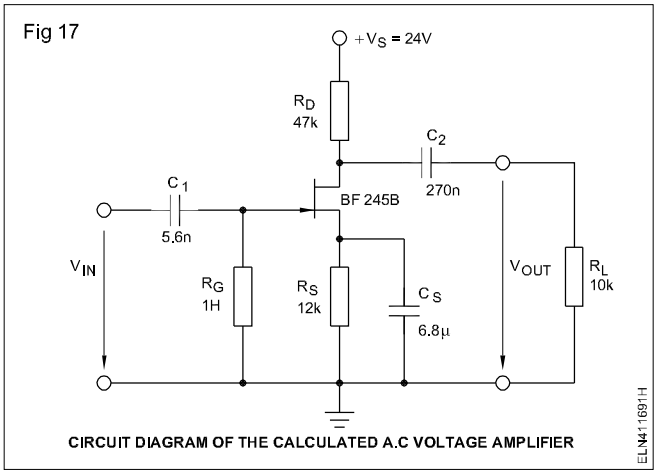
JFET की एक बहुत जरूरी अभिलक्षणिक (Characteristic) है । इसका इनपुट इम्पीडेन्स बहुत अधिक 10^9 ओम के आर्डर में होता है । यह FET की अभिलक्षणिक है, इसकी इनपुट स्टेज पर अधिकतम (majority) इलेक्ट्रानिक परिपथ बहुत पापुलर है ।

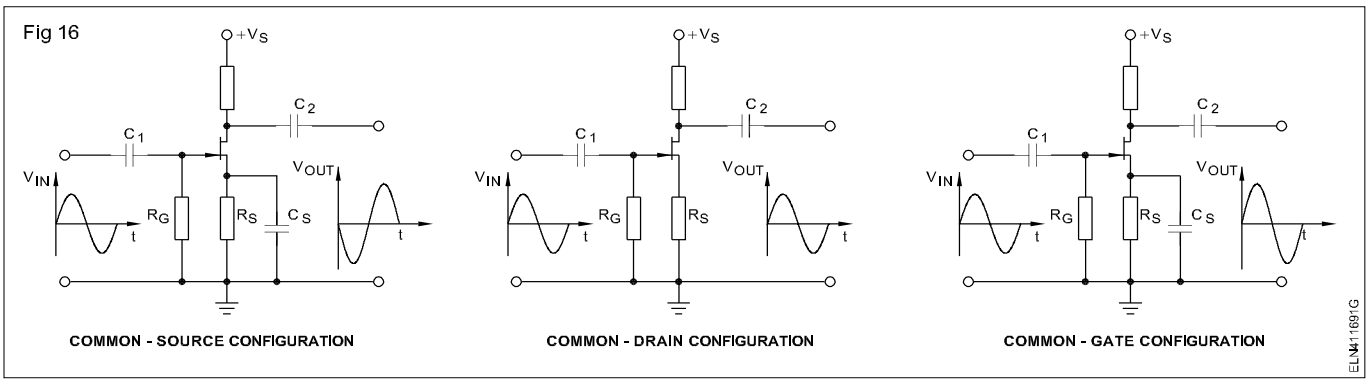
FET के डिस्क्रीट पुर्जों (discrete component) का मुख्य उपयोग,

- DC वोल्टेज एम्प्लीफायर
- AC वोल्टेज एम्प्लीफायर (इनपुट स्टेज एम्प्लीफायर HF और LF रेजों में)
- कान्सटैन्ट धारा स्त्रोत (Constant current source)
- एनालॉग और डिजिटल टेक्नोलॉजी दोनों इंटीग्रेटेड परिपथों में

FET AC वोल्टेज एम्प्लीफायर (FET AC voltage amplifier)

Fig 17 के परिपथ में, डिजाइन के द्वारा निर्धारित एम्प्लीफिकेशन है । इसको वैरिएबल बनाने के लिए ड्रेन प्रतिरोध और स्त्रोत प्रतिरोध की लिमिट को कम ज्यादा करके कर सकते हैं । इस कार्य के लिए को Pots श्रेणी क्रम में जोड़ सकते हैं ।





पावर आपूर्ति - समस्या समाधान (Power supplies-troubleshooting)

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

- **समस्या-समाधान से जुड़े प्रारंभिक गतिविधियों की सूची तैयार करना**
- **समस्या-समाधान से जुड़े तीन सामान्य चरणों को सूचीबद्ध करना**
- **समस्या-समाधान के दो मुख्य लोकप्रिय विधियों को सूचीबद्ध करना और वर्णन करना**
- **पावर सप्लाई में संभावित खराबियों की सुची तैयार करना**
- **समस्या-समस्या वृक्ष और सेवा प्रवाह आरेख का अर्थ एवं उपयोग बताना।**

परिचय (Introduction)

किसी उपकरण या सर्किट में समाधान से जुड़ी गतिविधियाँ निम्न हैं:

– समस्या के उचित प्रकार की पहचान करना।

– समस्या के कारण के भाग की पहचान करना।

– पृथक करना और सही कारण तक पहुँचना।

– आवश्यक जाँच के द्वारा कारण को सुनिश्चित करना।

– समस्या पैदा करने वाले भाग को परिवर्तित करना।

– पुनः जाँच कर संतोषजनक कार्य सुनिश्चित करना।

समाधान से जुड़े सामान्य पद निम्नलिखित है:

i भौतिक और संवेदी जाँच (Physical and sensory tests)

– सबसे सामान्य भौतिक दोषों की तलाश करना जैसे टूटे हुए तार फटा हुआ सर्किट बोर्ड, शुष्क सोल्डर और जले हुए पुर्जे आदि।

– गर्म या जले हुए पुर्जे की गंध के लिए।

– अवांछित रूप से गर्म पुर्जों को ऊँगली से स्पर्श कर पहचान करना।

ii लक्षण निदान (Symptom diagnosis)

ब्लॉक आरेख की सहायता से मरम्मत किये जाने वाले उपकरण के प्रचालन को समझना और इसके इनपुट और आउटपुट विवरण को जानना।

खराब सिस्टम के द्वारा उत्पन्न लक्षणों का प्रेक्षण करना और आकलन करना कि किस भाग या कार्यप्रणाली द्वारा लक्षण उत्पन्न हुआ होगा।

iii खराब पुर्जों को जाँचना और बदलना (Testing and replacing defective components)

जब संभावित खराब भाग का निदान किया जाता है तब सर्किट के उस भाग के उस पुर्जे की जाँच की जाती है जो कि दिये गये क्रम कें खराब हो जा सकता है। पुर्जों को नीचे दिए गए क्रम में जाँच किया जाना चाहिए क्योंकि यह वह क्रम है जिसमें ज्यादातर मामलों में आते हैं।

– **सक्रिय उच्च शक्ति पुर्जे (Active high power components):** उदाहरण के लिए पुर्जे जैसे कि ट्रांजिस्टर, आईसी एवं डायोड हाई पावर डिवाइस भौतिक रूप से आकार में बड़े होते हैं और हाईपावर सहन करने के लिए प्रायः आउटपुट सर्किट में बनाया जाता है।

– **सक्रिय निम्न पॉवर पुर्जे (Active low power components):** ये पूर्व में बताये अनुसार ही होते हैं लेकिन भौतिक रूप से छोटे और कम पावर सहन करने वाले होते हैं।

– **उच्च वोल्टेज/पावर निष्क्रिय पुर्जे (High voltage/power passive components):** पुर्जे जैसे कि रजिस्टर, कैपेसिटर, ट्रांफार्मर क्वायल्स आदि है जो अधिक मात्रा के वोल्टेज और पॉवर को सहन करते हैं। ये पावर सप्लाई और आउटपुट सर्किट में पाये जाते हैं।

– **निम्न पावर निष्क्रिय पुर्जे (Low power passive components):** ये सब हाई पावर निष्क्रिय पुर्जे की तरह होते हैं लेकिन भौतिक रूप से छोटे और तुलनात्मक रूप से कम पावर वाले तथा निम्न मान वाले होते हैं। (ओह्म, माइक्रोफैराड, माइक्रोहेनरी आदि)

> **नोटः यह प्रक्रिया हमेशा सही नहीं हो सकती इसलिए इसे ना बदलें सामान्य समझ से मीटर से मापन की प्रक्रिया करें।**

जब किसी इलेक्ट्रानिक सिस्टम का समाधान किया जाता है तो प्रायः दो मुख्य विधियाँ प्रयोग की जाती हैं। ये हैं:

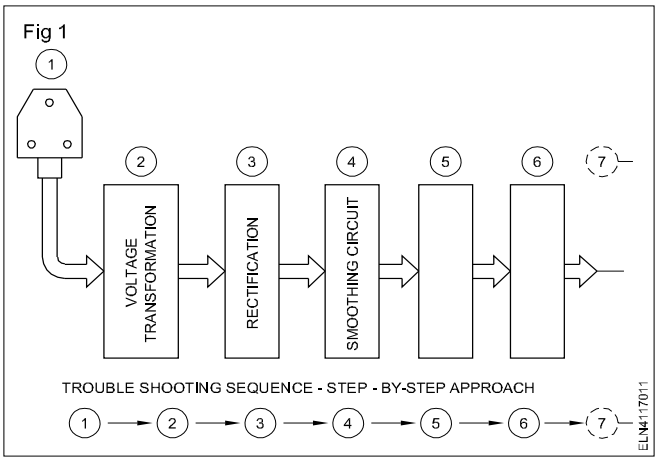
समाधान की चरणबद्ध विधि (Step-by-step method of troubleshooting): यह विधि को शुरूआती लोगों के लिए प्राथमिकता दी जाती है। इस विधि में समस्या के कारण के भाग का प्रभाग की पहचान उसके भागों या प्रभागों की जाँच Fig 1 में दर्शाये अनुसार प्रारंभ से अंत तक की जाती है।

यद्यपि इस विधि में अधिक समय लगता है फिर भी यह शुआती लोगों के लिए सबसे अधिक उचित होता है।

समाधान की शीघ्र या तार्किक पहुँच विधि (Shortcut or logical approach method of troubleshooting): यह विधि अनुभवी सर्विस प्रदाताओं द्वारा उपयोग किया जाता है। इस विधि में समस्या कारक भाग या प्रभाग की पहचान समस्या के लक्षणों से की जाती है। सही कारण तक पहुँचने के लिए विभाजित करना और जाँच करने की प्रक्रिया अपनाई जाती है। तुलनात्मक रूप से यह विधि कम समय लेती है।

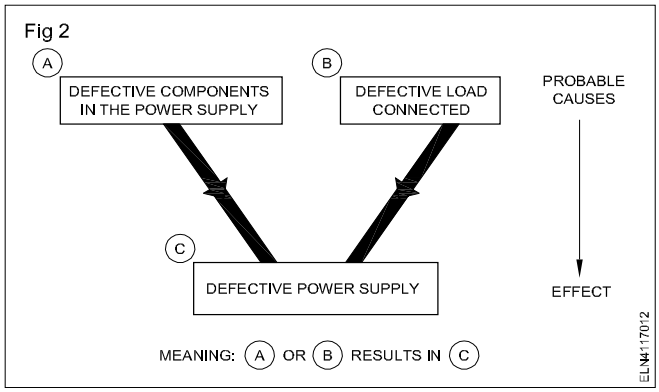
शक्ति आपूर्ति समस्या-समाधान (Troubleshooting power supplies): सभी इलेक्ट्रानिक सिस्टम को उनकी कार्यप्रणाली के आधार पर उनको ब्लाकों में विभक्त किया जा सकता है। Fig 1 सामान्य शक्ति आपूर्ति के विभिन्न ब्लाकों को प्रदर्शित करता है। प्रत्येक ब्लाक एक विशिष्ट कार्य के लिए होता है।

Fig 1



शक्ति आपूर्ति के समस्या समाधान करने के पूर्व पहला काम यह किया जाना चाहिए कि पावर सप्लाई से जुड़े हुए लोड को पृथक कर लिया जाए। ऐसा इसिलिए कि जुड़े हुए लोड में स्वयं में कुछ समस्या हो सकता है, जैसा कि Fig 2 में समस्या वृक्ष दिखाया गया है।

Fig 2



एक बार जब यह सुनिश्चित हो जाये कि लोड को हटा लेने पर भी शक्ति आपूर्ति में वही खराबी है तब आप शक्ति आपूर्ति समाधान के लिए चरणबद्ध विधि (step-by-step) या तार्किक विधि का अनुसरण कर सकते हैं।

शक्ति आपूर्ति के लिए समस्या-समाधान की चरणबद्ध पहुँच विधि (Step-by-step approach to troubleshoot power supply): समाधान के चरणबद्ध विधि में आने वाले शक्ति आपूर्ति के विभिन्न ब्लाकों को Fig 1 में दिखाया गया है और ब्लाक 1 के पुर्जों के साथ सभी ब्लाकों के पुर्जों को एक-एक करके नीचे दिए गए पदों में जाँच करते हैं।

पद 1 (Step 1): मुख्य आपूर्ति जो कि शक्ति आपूर्ति को शक्ति प्रदान करता है उसकी उपस्थिति और संतोषजनक स्तर की जाँच करें।

पद 2 (Step 2): शक्ति आपूर्ति स्विच को ऑन करें और समस्या के सही प्रकृति की जाँच करें और नोट करें। हालांकि प्रारंभ में ही समस्या की प्रकृति कही गई होती है लेकिन सही समस्या की प्रकृति सुनिश्चित करना आवश्यक है। ऐसा इसलिए कि वास्तविक जीवन में ग्राहक ऐसा तकनीकी व्यक्ति नहीं होता है, जो समस्या के सही प्रकृति की जानकारी दे सके।

पद 3 (Step 3): भौतिक और संवेदनात्मक परीक्षण करें।

पद 4 (Step 4): किसी भी गलत ध्रुवीय संयोजन की जाँच करने के लिए परिपथ की जाँच करें।

पद 5 (Step 5): शक्ति आपूर्ति के पावर कार्ड को मुख्य सप्लाई से हटाये और पावर कार्ड की जाँच करें।

पद 6 (Step 6): ट्रांसफार्मर का परीक्षण करें।

पद 7 (Step 7): रेक्टिफायर भाग के डायोड की जाँच करें।

पद 8 (Step 8): फिल्टर भाग के कैपेसिटर की जाँच करें।

पद 9 (Step 9): ब्लीडर प्रतिरोध, सर्ज प्रतिरोध एवं अन्य प्रतिरोधों की जाँच करें।

पद 10 (Step 10): आउटपुट इंडीकेटर लैंप/एलईडी का परीक्षण करें।

उपरोक्त पदों को पूर्ण करने के बाद पहचाने गये दोषपूर्ण पुर्जों से समस्या के मूल कारण का विश्लेषण करें और सुनिश्चित करें ताकि यदि पहचाने गये पुर्जे को बदल दिया जाये तो समस्या पुनः नहीं होगा।

पद 11 (Step 11): पहचाने गये खराब पुर्जों को बदल दें।

पद 12 (Step 12): पहले बिना लोड के पावर स्विच ऑन करें और जाँच करें तब लोड को इससे जोड़ें।

शक्ति आपूर्ति समस्या-समाधान की तार्किक पहुँच विधि (Logical approach to troubleshoot power supply): इस पहुँच विधि में 1 से 4 पद तक सभी पद चरणबद्ध पहुँच विधि के समान है। अगला पद पहचानी गई समस्या के लिए तार्किक सर्विस फ्लो डाइग्राम से संदर्भित करें और (SFD) में दिए गए निर्देशों के आधार पर समाधान के लिए आगे बढ़ें।

समाधान के लिए SFD एक बहुत अच्छा साधन है। यह इन्हें लेकर भागों में विभाजित करता है और जाँच करने की तकनीक है। अतः यह शक्ति आपूर्ति में खराबी के समाधान में लगने वाले कुछ समय को घटा देता है।

एक सामान्य शक्ति आपूर्ति में संभावित प्रकार के दोष जो कि ब्रिज रेक्टीफायर, कैपेसीटर इनपुट फिल्टर को लेकर बना है के लिए उनके SFD संख्या के साथ नीचे दिए गए हैं।

ब्रिज रेक्टीफायर और कैपेसीटर फिल्टर वाले शक्ति आपूर्ति में संभावित खराबियाँ (Possible defects in a power supply using bridge rectifier and filter capacitor)

i आउटपुट वोल्टेज नहीं है (No output voltage)

यह खराबी शक्ति आपूर्ति में परिपथ के एक या अधिक पुर्जों के कारण हो सकती है। इस पाठ के अंत में समस्या के कारण के लिए प्रॉब्लम ट्री 1 (PT-1) दिया गया है।

यह PT खराब पुर्जों का समस्या के साथ कारण प्रभाव संबंध को दिखाता है। कारण को सबसे ऊपर तथा प्रभाव को सबसे नीचे दिया गया है। इसका केवल यही कारण है कि प्रायः किसी पृष्ठ को ऊपर से नीचे की ओर पढ़ा जाता है।

PT-1 दो प्राब्लम ट्री को प्रदर्शित करता है। पहला सूची 1 में एक सामान्य वृक्ष है जिसका स्तर-1 समस्या के कारण को बताता है। स्तर-2 उसी समस्या का विस्तार है जो कि कारण के लिए एक और स्तर देता है जिसे सामान्य वृक्ष के स्तर-1 में दिया गया है।

अनुदेशक के लिए निर्देश : अनुदेशक PT-1 पर चर्चा करें और सुनिश्चित करें की प्रशिक्षणार्थी PT के आवश्यकता और अर्थ समझ गए हैं।

इस पाठ के अंत में सूची 2 खराब शक्ति आपूर्ति के लिए अपनाए जाने वाले क्रम को दर्शाता है। सेवा प्रवाह अनुक्रम - 1(SFS-1) सूची 2 में स्वव्याख्यात्मक है। इस प्रकार दिये गए उपाय SFS के माध्यम से जाने के लिए इसे आसान बनाते हैं।

- प्रवाह ऊपर से नीचे की ओर है।
- आयातकार ब्लाक किए जाने वाले कार्य काय होने वाले गतिविधि को दर्शाते हैं।
- तीर के चिन्ह पथ का अनुसरण करें।
- डायमण्ड ब्लाक लिए जाने वाले निर्णय को दर्शाता है जो कि किसी जाँच या माप के बाद लिया जाता है। यदि डायमण्ड ब्लाक में दिए गए प्रश्न का उत्तर हाँ (YES) हो तो हाँ, (YES) कि पथ अनुसरण करें। यदि उत्तर नहीं (NO) है तो नहीं (NO) के पथ का अनुसरण करें।
- गोल आयताकार ब्लाक कार्य के अंत को दर्शाते हैं।

ii कम आउटपुट या आउटपुट में रिपल की वृद्धि (Low output voltage/increased ripple in output)

ध्यान दें कि यहाँ दो खराबियों को जोड़ा गया है कारण यह है कि सामान्यतः दो खराबी एक साथ होते हैं। यदि आउटपुट वोल्टेज कम है तो इसके परिणाम स्वरूप रिपल में वृद्धि भी हो जाती है और इसके विपरित भी होता है। निश्चित रूप से कोई एक उपवाद को छोड़कर यदि मुख्य स्तर स्वयं कम है या ट्रांसफार्मर के वाइंडिंग में शार्ट होने के कारण इसका निम्न आउटपुट वोल्टेज के साथ रिपल में वृद्धि हो जाती है। इस खराबी के लिए कारण का प्रॉब्लम ट्री PT-2 सूची 3 में है। सूची 4 खराबी की मरम्मत के लिए सर्विस फ्लो डायग्राम (SFS-2) को दर्शाता है।

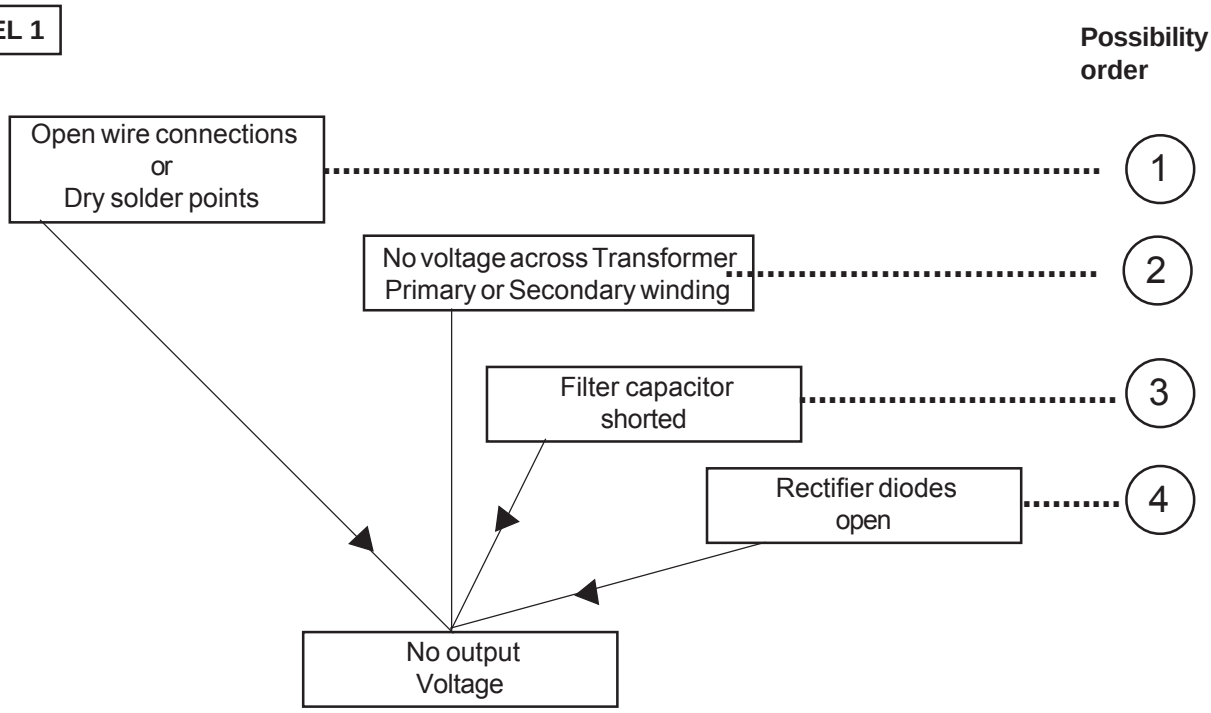
नोट: SFSs और PTs फुलवेव रेक्टिफायर फिल्टर केपेसिटर के साथ ब्रिज रेक्टिफायर के लिए लगभग एक समान ही होता है हालांकि प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे अपने अभ्यास और विधि की अच्छी समझ के लिए फुलवेव रेक्टिफायर शक्ति आपूर्ति का SFSs और PTs तैयार करें।

Problem Tree - PT1

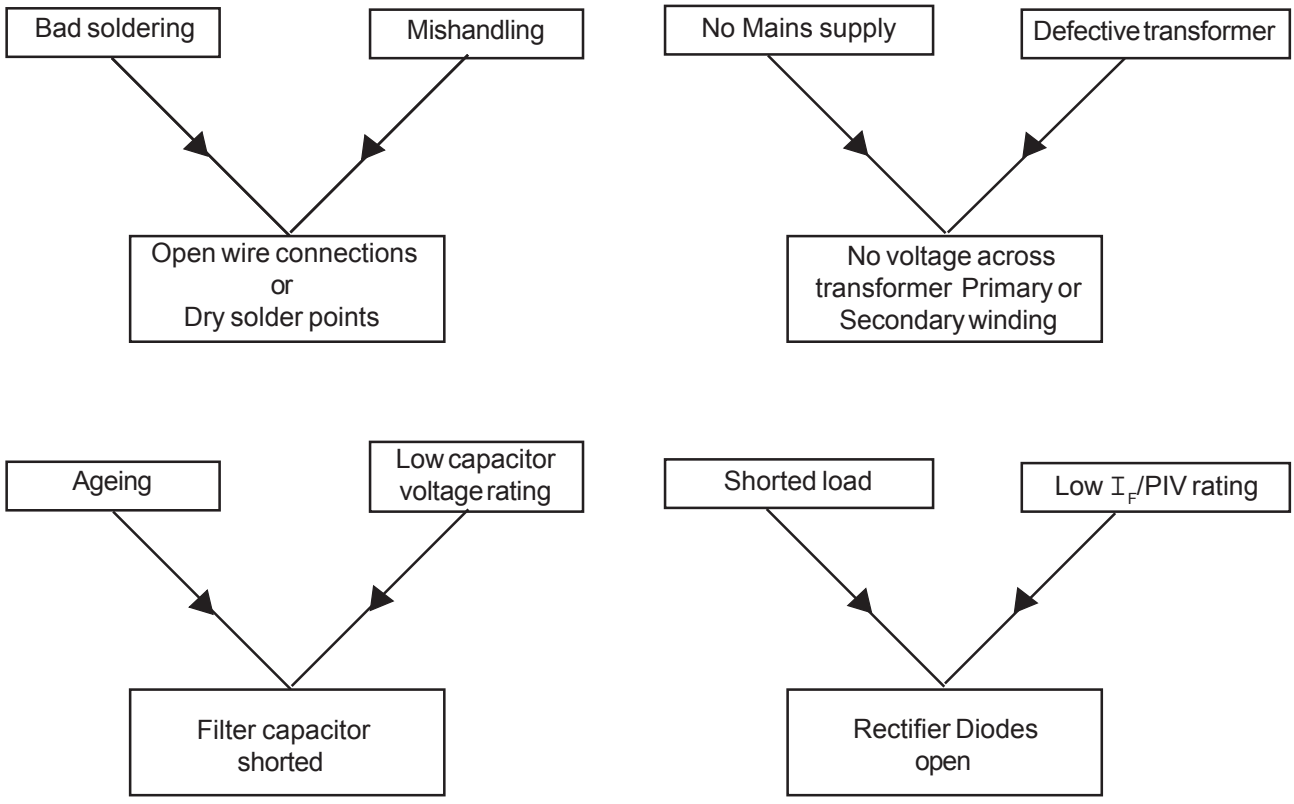
दोष की प्रवृति : **आउटपुट वोल्टाज का अभाव**

सिस्टम का प्रकार : **केपेसिटर फिल्टर के साथ ब्रिड्ज रेक्टिफायर**

LEVEL 1

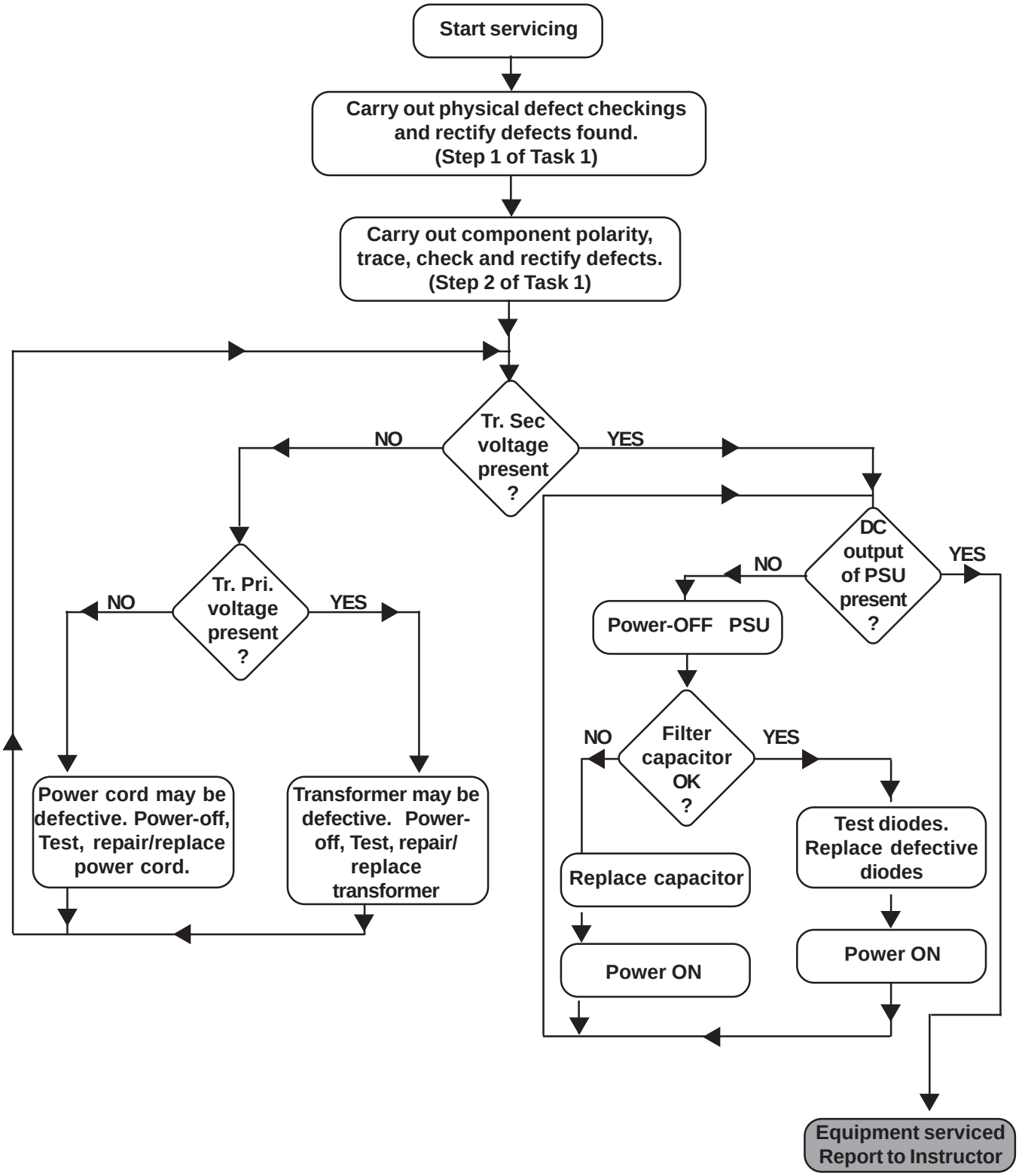


LEVEL 2



सेवा दोष की श्रृँखला (SFS-2)

दोष की प्रवृति : **नो आउटपुट वोल्टाज के साथ दोषपूर्ण पावर आपूर्ति**

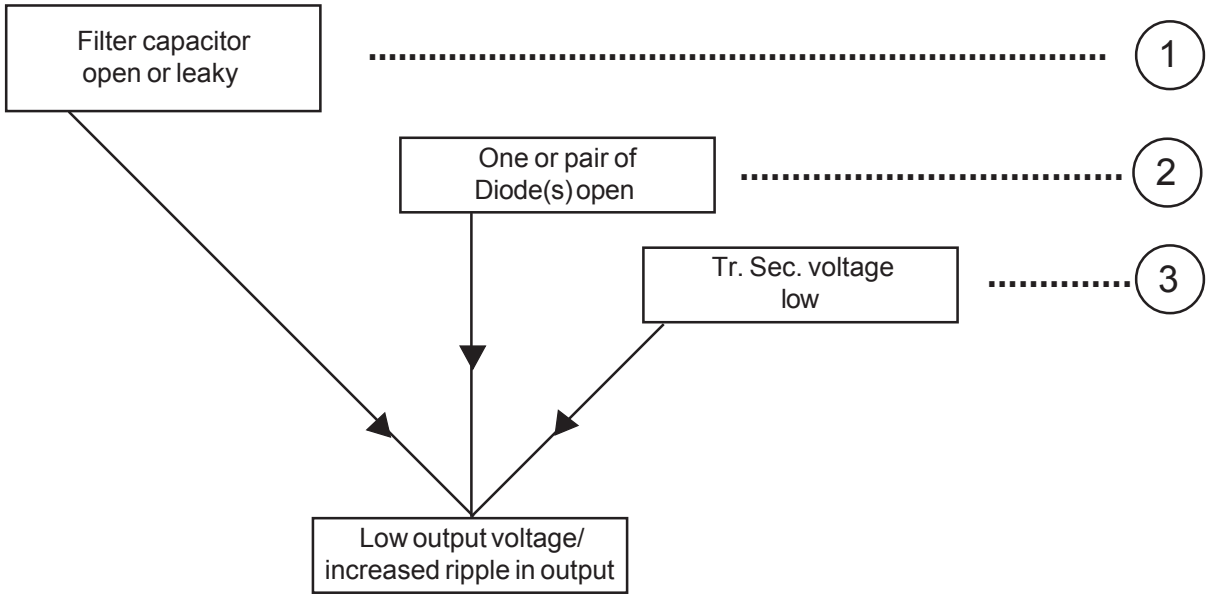


Problem Tree - PT2

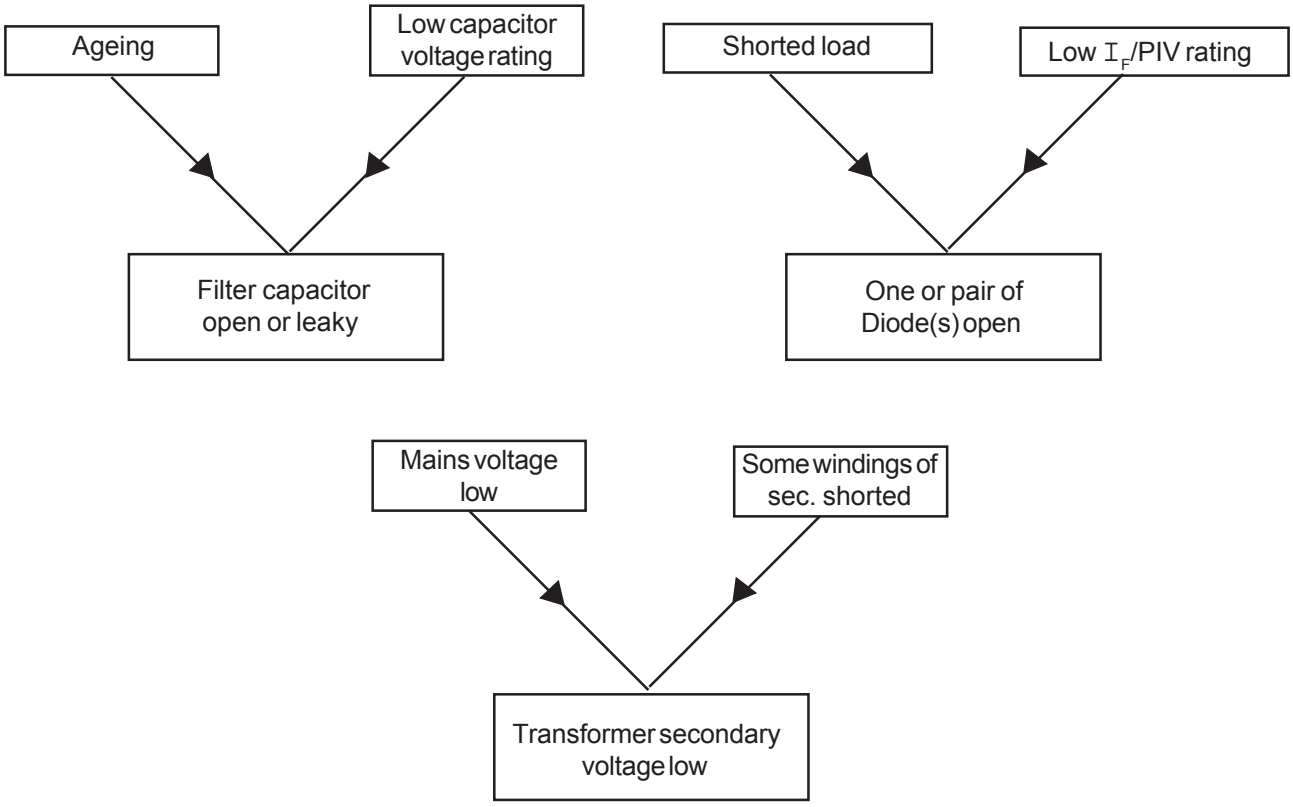
दोष की प्रवृति : **निम्न आउटपुट DC/अभिवृद्धि हुई तरंगे**

सिस्टम का प्रकार : **केपेसिटर फिल्टर के साथ रेक्टिफायर**

LEVEL 1



LEVEL 2



SCR, DIAC, TRIAC एवं IGBT का उपयोग करते हुए पावर कन्ट्रोल सर्किट (Power control circuit using SCR, DIAC, TRIAC & IGBT)

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

- **SCR,DIAC,TRIAC और IGBT की संरचना और कार्यप्रणाली स्पष्ट करना**
- **SCR का प्रयोग करते हुए पावर कन्ट्रोल सर्किट को स्पष्ट करना**
- **DIAC और TRIAC का प्रयोग करते हुए पावर कन्ट्रोल सर्किट को स्पष्ट करना**
- **IGBT की संरचना तथा उपयोग को स्पष्ट करना।**

पावर इलेक्ट्रोनिक्स उपकरणों का परिचय (Introduction to power electronics devices)

आद्योगिक इलेक्ट्रानिक्स के विषय में मुख्य रूप से इलेक्ट्रानिक्स को औद्योगिक उपकरणों, कन्ट्रोल करने और संसाधित करने में प्हरयोग किया गया है । एक जरूरी अनुप्रयोग इलेक्ट्रनिक्स का औद्योगिक में मशीनों को कन्ट्रोल करना है ।

कम्यूनिकेशन (संचार व्यवस्था) इलेक्ट्रानिक्स में घरेलू और मनोरंजन इलेक्ट्रानिक्स, साधारणतया इलेक्ट्रानिक युक्तियों को धारा के माइक्रोएम्पियर से मिलीएम्पियर के साथ आपरेट किया जाता है । औद्योगिक अनुप्रयोगों के लिए, अधिकतम प्रायः युक्तियों की जरूरत धारा की रेजों को एम्पियर से कई हजार एम्पियर तक संभालने की आवश्यकता होती है । इनको अधिक पावर इलेक्ट्रानिक युक्तियों के लिए पुकारते हैं । एक अधिक हाई पावर इलेक्ट्रानिक युक्ति का प्रायः प्रयोग सिलिकान कन्ट्रोल रेक्टिफायर का प्रयोग डीसी मोटर को चलाने, एक एसी पावर स्त्रोत से, पावर औजार की चाल को कन्ट्रोल करने, छोटे अनुप्रयोगों के मोटर की स्पीड को कन्ट्रोल करने जैसे, मिक्सर तथा ग्राइन्डर, इल्यूमिनेशन कन्ट्रोल, तापमान कन्ट्रोल आदि में भी किया जा सकता है ।

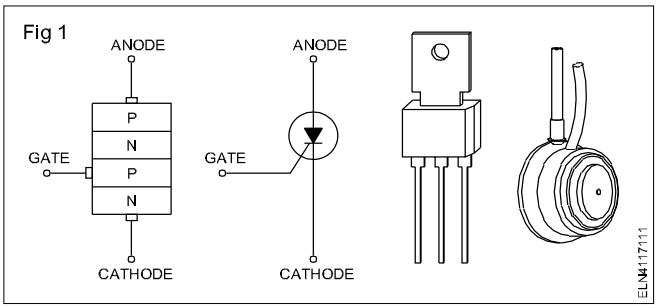
सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर (Silicon control rectifier (SCR))

सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर का आविष्कार (invented) 1956 से पूर्व हुआ था, एक कांच ट्यूब युक्ति थ्रेटान कहते हैं का प्रयोग अधिक पावर अनुप्रयोगों के लिए किया जाता है । सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर (SCR) थायरिस्टर फैमिली की पहली युक्ति है । थायरिस्टर थ्रेट्रान-ट्रांजिस्टर के अभिव्यक्ति के द्वारा बनाया गया है । सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर एक सेमीकंडक्टर (अर्ध्दचालक) युक्ति हैं । SCR कन्ट्रोल रेक्टिफिकेशन का कार्य करता है । एक रेक्टिफायर डायोड से असमान, सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर एक अतिरिक्त टर्मिनल गेट है जिसे रेक्टिफिकेशन से कन्ट्रोल करते हैं । (गेट सिलिकान रेक्टिफायर सिलिकॉन कन्ट्रोल डायोड से असमान, सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर एक अतिरिक्त टर्मिनल गेट है जिसे रेक्टिफिकेशन से कन्ट्रोल करते हैं । (गेट सिलिकान रेक्टिफायर) ।

सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर का सामान्य सिद्धान्त अनुप्रयोग पावर डिलिवर्ड से एक लोड (मोटर, लैम्प आदि) मात्रा को कन्ट्रोल करने में करते हैं ।

एक रेक्टिफायर डायोड एक PN जंक्शन होगा । सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर दूसरे शब्दों में दो PN जंक्शन (P-N-P-N परत) कहेंगे ।

Fig 1 में विद्युत आरेख, सामान्य संरचना तथा प्रतिकात्मक SCR पैकेजों को देखें ।



सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर का सामान्य आपरेशन (Basic Operational SCR)

जब एक गेट धारा गेट टर्मिनल से सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर में फारवर्ड धारा चालन (Conduction) शुरू कर (commences) अप्लाई करते हैं । (लैच्ड से चालन) (Latched into conduction) जब गेट धारा हट जाती है । फार्वड धारा सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर के द्वारा कट-ऑफ नहीं होता है । इसका मतलब एकबार सिलिकान कन्ट्रोल रेक्टिफायर लैच से चालन होता है, गेट लॉसेस को चालन से कन्ट्रोल करते हैं । के द्वारा धारा को टर्न ऑफ कर सकते हैं केवल धारा को कम करके (लोड धारा) एक क्रिटिकल (संकटपूर्ण) मान के नीचे या कम होल्डिंग धारा (holding current) कहलाती है ।

Fig 2 में SCR कैसे गेट से चालन (Conduction) अथवा टर्न ऑफ कर सकता है को Fig 2 में दिखाया गया है ।

Fig 2a में स्विच S_1 को खुला (Open) SCR को ऑफस्टेट और लोड द्वारा कोई धारा नहीं बहती है ।

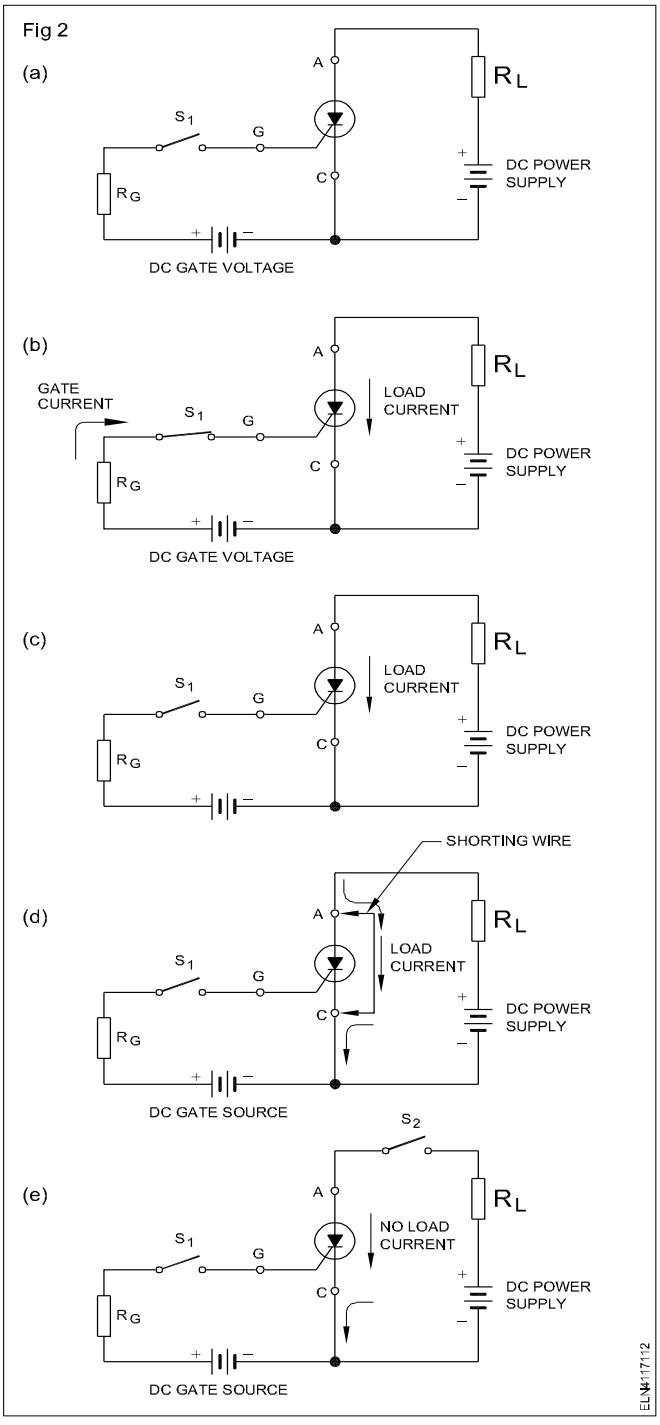
Fig 2b में, जब स्विच बन्द होता है, एक कम गेट धारा (लगभग 1/1000 अथवा इससे कम लोड धारा की तुलना मे) टर्न ऑन (फायर) SCR है । एक भारी लोड (भार) धारा SCR द्वारा बह रही है और लोड (भार) R_L है ।

Fig 2c में, जब स्विच S_1 खुला है, गेट धारा जीरो (zero) होती है । इसका धारा पर कोई प्रभाव नहीं होगा SCR और भारी लोड धारा लगातार SCR के द्वारा बहती है ।

Fig 2d में, यदि एक शर्टिंग तार (Shorting wire) को एनोड टर्मिनल और कैथोड टर्मिनल के एक्रास स्थान पर है, तो SCR द्वारा धारा बाइपास हो जाती है तथा सभी धारा शार्टेड तार से बहना शुरू कर देती है सिलिकान कन्ट्रोल रेक्टिफायर के स्थान पर शुरू करती है इसका मतलब धारा सिलिकान

कन्ट्रोल रेक्टिफायर के द्वारा धारा को रेटेड होल्डिंग धारा से कम करके (कम धारा SCR को लैच्ड में रखने के लिए) कता है । इससे SCR टर्न ऑफ होता है । जब शार्टिंग तार को हटा देते हैं तो SCR ऑफ स्टेट में आ जाता है ।

Fig 2e में एक अल्टरनेटिव तरीके को SCR के टर्निंग ऑफ को दिखाया गया है । इसके स्थान पर SCR के एनोड और कैथोड टर्मिनल्स शार्ट होते हैं, लोड धारा स्विच S_2 के खुला होने पर कट-ऑफ हो जाती है इस कम हुई धारा को SCR के द्वारा होल्डिंग धारा से कम करके और SCR टर्न ऑफ हो जाता है । एक बार SCR टर्न ऑफ हो गया तो SCR टर्न ऑन नहीं होता है यदि स्विच S_2 बन्द है । SCR फायर को पनः बनाने के लिए, स्विच S_2 को बन्द करें, स्विच S_1 को बन्द करने के द्वारा गेट धारा बननी चाहिए । Fig 2(a), b, c, d, e



सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर रिवर्स दिशा में चालन नहीं करता है, SCR का एनोड सदैव कैथोड चालन के लिए धनात्मक होना चाहिए ।

SCR के जरुरी लक्षण (Important features of SCR)

- बहुत कम गेट धारा, एक अधिक लोड धारा को स्विचिंग करके कन्ट्रोल करेंगे ।

AC आपूर्ति के साथ SCR आपरेशन (SCR operation with AC supply)

SCR का आपरेशन एसी परिपथ के साथ आपरेशन सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर के प्रथम वृत्तपाद और तीसरे वृत्तपाद के आपरेशन के समान उपर्युक्त अनुच्छेद में वर्णन किया गया है । में एसी कन्ट्रोल परिपथ के के कार्य का वर्णन किया गया है ।

SCR गेट परिपथ से बना हुआ रजिस्टर R_1 विभवमापी (Potentiometer) R_2 और सिलिकान डायोड D_1 है । रजिस्टरों R_1 और R_2 एक वैरीएबल वोल्टेज डिवाइडर (Variable voltage divider) की तरह कार्य करते हैं । R_2 के मान को व्यवस्थित करके (adjusting) गेट धारा I_G उपयुक्त रूप से (Suitably) संशोधक (modified) करते हैं । डायोड D_1 नकारात्मक वोल्टेज को रोककर गेट से अप्लाई करता है जब एसी सप्लाई नकारात्मक हॉफ साइकिल या चक्र (negative half cycle) में हो ।

[X] धनात्मक हॉफ चक्र के दौरान एसी पावर स्त्रोत होता है, जैसे धनात्मक हॉफ चक्र वोल्टेज बढ़ता है, तब गेट धारा I_G भी बढ़ती है । जब गेट धारा I_G ट्रिगर लेवल (Trigger level) में पहुँचती है तो SCR अग्निप्रज्जवल तथा लोड धारा I_L को लोड द्वारा बहने (flow) की सहमति (allow) देता है । इस प्वाइंट के द्वारा आगे बढ़ता हुआ (onwards) सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर (SCR) इम्पीडेन्स कम हो जाता है और भार धारा I_L लगातार धनात्मक हॉफ चक्र में बहने लगती है यहाँ तक की यद्यपि (though) गेट धारा ट्रिगर मान से कम हो जाती है । स्मरणः (recall) एक बार SCR सिलिकान कन्ट्रोल रेक्टिफायर अग्निप्रज्जवल हुआ इसे लगातार चालन में यहाँ तक कि यदि गेट ट्रिगर कम हो जाती है अथवा अलग हो जाती है ।

[Y] एसी सप्लाई स्त्रोत के धनात्मक हाफ चक्र के अन्त पर, धनात्मक वोल्टेज ड्राप जीरो (zero) और (SCR) सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर मार्गदर्शन बन्द करके (स्मरणः एक तरीका SCR सिलिकान कन्ट्रोल रेक्टिफायर के टर्निंग ऑफ से धारा को कम करके सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर के द्वारा होल्डिंग धारा (Holding current) को कम कर देता है । यह या तो लोड परिपथ के खुलने से या सप्लाई के कम होकर जीरो होने के द्वारा कर सकते हैं ।) अतः सिलिकान कन्ट्रोलर रेक्टिफायर ऑफ स्टेट द्वारा नकारात्मक आधा चक्र (Negative half cycle) होती है ।

चक्र [X] और चक्र [Y] दोहरायें और लोड धारा Fig 3d में दिखाये गये अनुसार पल्स में बहती है ।

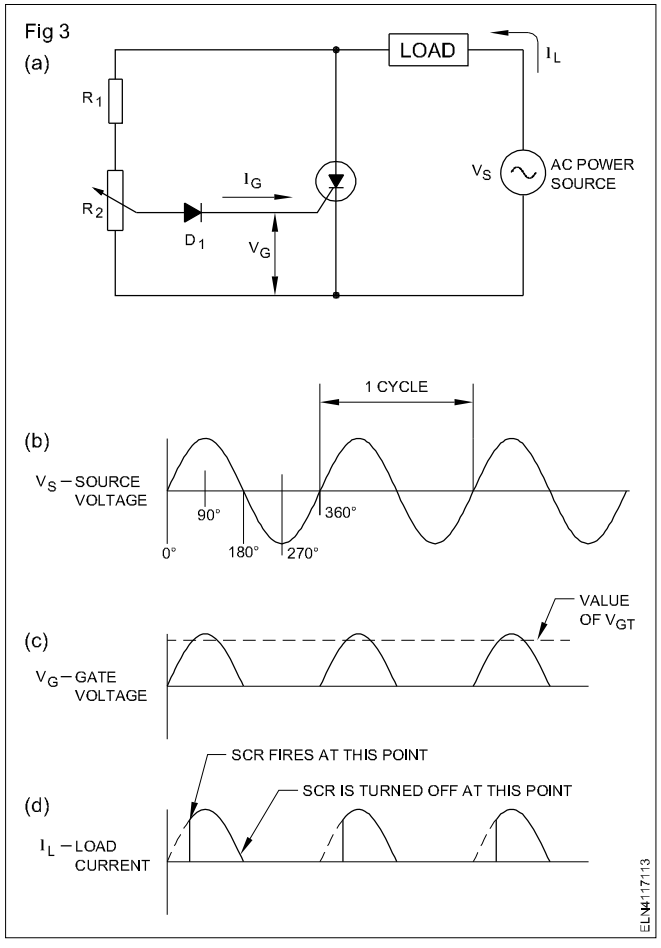
Fig 3b, 3C में वोल्टेज वेवफार्म के स्त्रोत और गेट वोल्टेज को दिखाया गया है ।

यदि R_2 का मान कम ज्यादा (varied) होता है जोकि प्वाइंट पर SCR ट्रिगर

भी अग्नि प्रज्जवलक प्वाइंट के बदलने पर घटता बढ़ता है Fig 6d में देखें । यह परिपथ Fig 3a में दिखाया गया है, SCR के अग्निप्रज्वलक को 180° (अधिकतम) से 90° (न्यूनतम) के बीच कहीं भी एडजस्ट (adjust) कर सकते हैं ।

यह साधारण एसी कन्ट्रोल परिपथ Fig 3a में दिखाया गया है । SCR का प्रयोग धारा को कन्ट्रोल करने में कर सकते हैं । एसी की धनात्मक आधा चक्र (Positive half cycle) लोड के दौरान धारा का कन्ट्रोल SCR के द्वारा कर सकते हैं । नकारात्मक आधे चक्र (Negative half cycle) के दौरान SCR टर्न ऑफ हो जाता है । अतः SCR का प्रयोग एक श्रेष्ठ या उच्च (excellent) स्विचिंग युक्ति (switching device) में एसी परिपथों को कन्ट्रोल करने में करते हैं ।

Fig 3 में परिपथ का प्रयोग केवल सीमित अनुप्रयोग (limited applications) जैसे सोल्डरिंग आयरन आदि का तापमान कन्ट्रोल करने में करते हैं ।



SCR का प्रयोग करते हुए पावर नियंत्रण (Power control using SCR)

- DC मोटर नियंत्रण
- AC मोटर नियंत्रण
- नियामक DC शक्ति आपूर्ति
- शक्ति नियत्रंण
- परिपथ विच्छेदक
- समय विलंब परिपथ
- मृदु प्रारंभ परिपथ
- स्पंद, तर्क तथा अंकीय परिपथ आदि

DC मोटर का गति नियंत्रण (Speed control of DC motors): इस सम्बंधित सिद्धांत की जानकारी में नियंत्रण परिपथ की केवल संक्षिप्त रूप रेखा का वर्णन किया गया है। आवश्यकता के अनुसार व्यहारिक परिपथ, लपेटन में प्रेरकत्व प्रभाव, मोटर भार धारा में उचित विविधता को रूपांतरित किया जाना चाहिए। DC मोटर में क्षेत्र लपेटन तथा आर्मेचर लपेटन होता है। DC मोटर की गति को दो विधियों से परिवर्तित किया जा सकता है। (1) क्षेत्रधारा को नियंत्रण करके (2) आर्मेचर वोल्टता को नियंत्रित करके

प्रथम विधि को मोटर की निर्धारण गति से उच्च मोटर की गति को नियंत्रण करने के लिए उपयोग किया जाता है। द्वितीय विधि को मोटर की निर्धारण गति से नीचे (निम्न) मोटर की गति को नियंत्रण करने के लिए उपयोग किया जाता है।

आर्मेचर वोल्टता को नियंत्रण करके DC शंट मोटर की गति का नियंत्रण (Speed control of DC shunt motor by controlling the armature voltage): यह DC शंट गति को नियंत्रण करने की सबसे प्रसिद्ध विधि है। Fig 4 में अलग-अलग क्षेत्र उत्तेजित के साथ DC शंट मोटर का गति नियंत्रण को दर्शाया गया है। क्षेत्र लपेटन को, पूर्ण तरंग सेतु दिष्टकारी से DC आपूर्ति दी जाती है। आर्मेचर को समरूप अर्ध नियंत्रण सेतु दिष्टकारी के उपयोग से दिष्टकारी DC आपूर्ति दी जाती है। SCR 1 तथा 2 को नियंत्रण करते हुए, आर्मेचर पर DC वोल्टता परिवर्तित तथा इसी प्रकार से मोटर की गति को परिवर्तित किया जा सकता है। Fig 4a पर परिपथ के प्रचालन के सिंद्धात को Fig 4b में दर्शाये गये धारा तथा वोल्टता तरंग रूप को परीक्षण करते हुए समझा जा सकता है। SCR-1 तथा 2 अर्ध चक्र में प्रहारित (fired) होती है। धनात्मक अर्द्ध चक्र के समय SCR-1 तथा D_1 संचालन करेगें। SCR प्रहार कोण को भी सेट किया जाता हैं। इसलिए कम हुई प्रयुक्त आर्मेचर वोल्टता को छाया से दर्शाया गया है। आर्मेचर को इस प्रयुक्त वोल्टता को, उचित कला नियंत्रण परिपथ के उपयोग से प्रहारित कोण को बदलते हुए परिवर्तित किया जा सकता है। जब SCR_2 तथा D_2 का संचालन हो रहा हो तब Fig 4b में दर्शाये गये अनुसार ऋणात्मक अर्द्ध चक्र के समरूप प्रचालन होगा।

नोटः प्रहार कोण को डिजाइन करते तथा सेट करते समय विशेषतः जानने के लिए कुछ और वर्णन हैं। वर्णन के लिए SCR पर निर्देश पुस्तक को पढ़े।

Fig 5a में DC मोटर की गति नियंत्रण के लिए एक और सरल परिपथ दर्शाया गया है। गति नियंत्रण, SCR के द्वारा आर्मेचर को नियंत्रित पूर्ण तरंग दिष्टकारी आपूर्ति पर आधारित है। यह नियंत्रण परिपथ केवल शंट या पृथक उत्तेजित मोटर के लिए उपयुक्त है। वोल्टता तथा धारा तरंग रूप Fig 5b में दी गयी है। कृपया नोट करे कि DC श्रेणी मोटर को इस परिपथ के द्वारा नियंत्रित नहीं किया जा सकता हैं। कारण के लिए मोटर नियंत्रण परिपथ पर पुस्तक को देखें।

Fig 4

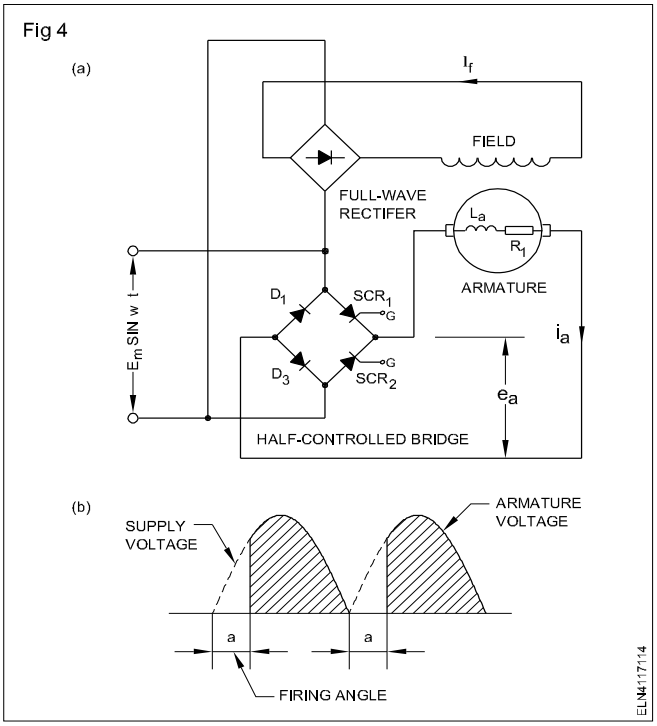
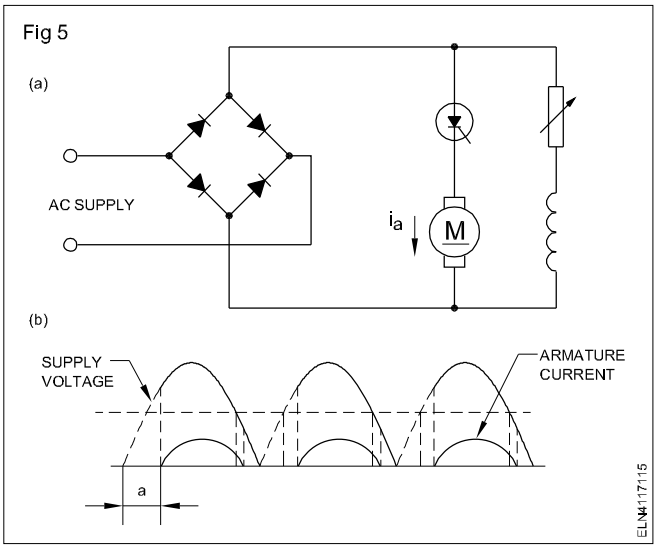
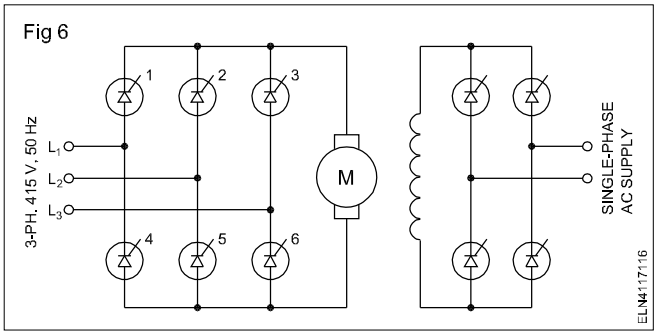


Fig 5



पृथक उत्तेजित 415 वोल्ट DC मोटर के लिए आर्मेचर नियंत्रण विधि से गति के नियंत्रण को Fig 6 में दर्शाया गया है।

Fig 6



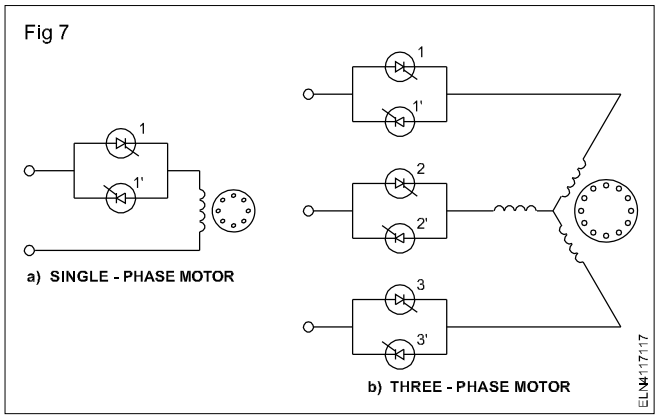
अन्य DC मोटरों के गति नियंत्रण परिपथों को, मोटर की गति नियंत्रण में SCR के साथ लगने वाले कुछ और पुर्जो के बारे पढ़ने के बाद आगे के पाों में वर्णन किया गया है।

AC मोटर का गति नियंत्रण (Speed control of AC motors): AC मोटर की गति नियंत्रण के लिए भी कला नियंत्रण को सुविधाजनक रूप से उपयोग किया जा सक्ता है। इसे मोटर को परिवर्तीय वोल्टता, जिसकी गति को नियंत्रण करना होगा, को देकर प्राप्त किया जाता है। जैसा कि निवेशी वोल्टता को परिवर्तित करने से तुल्यकालिक मोटरों की गति परिवर्तनीय नहीं होती है, इसलिए यह विधि केवल दिकपरिवर्तक या प्रेरण मोटर के लिए उपयोग होती है।

AC मोटरों के लिए पूर्ण तरंग कला नियंत्रण परिपथस की आवश्यकता होती है। Fig 7 में एकल कला तथा तीन कला प्रेरण मोटर के गति नियंत्रण के लिए योजनाबद्ध आरेख दर्शाया गया है।

उपरोक्त Fig 7 में SCR के प्रहार कोण को परिवर्तित करने मोटर को RMS निवेशी वोल्टता को परिवर्तित किया जा सकता है। इस तरह से मोटर की गति बदलती है।

Fig 7



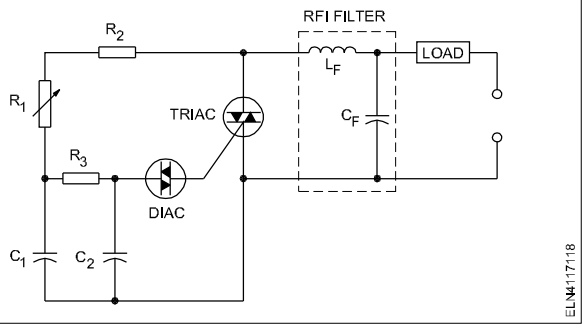
TRIAC और DIAC का प्रयोग करते हुए पावर सर्किट (Power circuit using TRIAC and DIAC)

AC मोटर को गति नियंत्रण के लिए ट्रायक या SCR(TRIAC or SCR for speed control of AC motors): SCR की तुलना में, Triac, सर्वात्रिक मोटर के गति नियंत्रण तथा दीप्ति मंदक परिपथ के लिये संतोषजनक कार्य करता है तथा सबसे प्रसिद्ध है। SCR तथा TRIAC दोनों को कला नियंत्रण तथा लैम्प या मोटर के द्वारा धारा परिवर्तन के लिए उपयोग किया जा सकता है। फिर भी ट्रायक पूर्ण तरंग युक्ति होते हुए भी प्रयुक्त AC की दोनों अर्धचक्र की कला को समरूपता से नियंत्रण करता है। परिणामी पूर्ण तरंग धारा, फिर मसृणित (स्मूय) लैम्प या मोटर प्रचालन करती है। परिणामी पूर्ण तरंग धारा, फिर स्मूथ लैम्प या मोटर प्रचालन करती हैं। जिससे SCR के उपयोग से अर्ध तरंग दिष्टकारी प्राप्त किया जा सकता है। इसे विशेषतः कम/ मंद प्रकाश की आवश्यकता या मोटरों की कम गति के समय, नोट किया जाता है।

Fig 8 पर परिपथ में सर्वात्रिक मोटर की गति या लैम्प की चमक को नियत्रंण करने के लिए TRIAC कला नियत्रंण परिपथ को दर्शाया गया है।

Fig 8 के परिपथ में दर्शाया गया भार, मोटर के चिन्ह की अपेक्षा एक सामान्य भार है क्योकि, इस परिपथ को ऊष्मक के नियंत्रण के लिए तथा दीप्तिमंदक के लिए भी उपयोग किया जा सकता है। इस परिपथ में दोहरे समय नियत कला विस्थापन जाल (नेटवर्क) का लक्षण होता है। यह ट्रायक के प्रहार में हिस्टेरिसेस को कम करता है जिससे दीप्तिमंदक प्रचालन के मानवीय समायोजन या ऑफ गति नियंत्रण को अधिक पुनरावृत्त बन जाये।

Fig 8



डायक को ट्रिगरन की युक्ति की तरह उपयोग करने से, परिपथ की विश्वासनीयता बढ़ जाती है। तात्विक निम्न-पास (Low-Pass) फिल्टर में L_F तथा C_F होता है जो बहुत सी रेडियो-आवृत्ति व्यक्तिकरण (RFI) को अविकृत करता है, जो उत्पन्न होती है तथा शक्ति रेखा में प्रवेश करने का प्रयास करती है। यह उच्च आवृत्ति (FR1) ऊर्जा, ट्रायक के तीव्र आरंभन समय से उत्पन्न होती है। जिसे दिष्टीकृत तरंग रूप के उच्च आवृत्ति अंश के कारण रेडियो के व्यक्तिकरण को रोकने के लिए विलोपित किया जाना चाहिए नहीं तो आवृत्ति कही भी मुख्य लाईन परिपथ में या निकट स्थानों पर अभिग्रहण (Reception) के साथ व्यतिकरण कर सकती है।

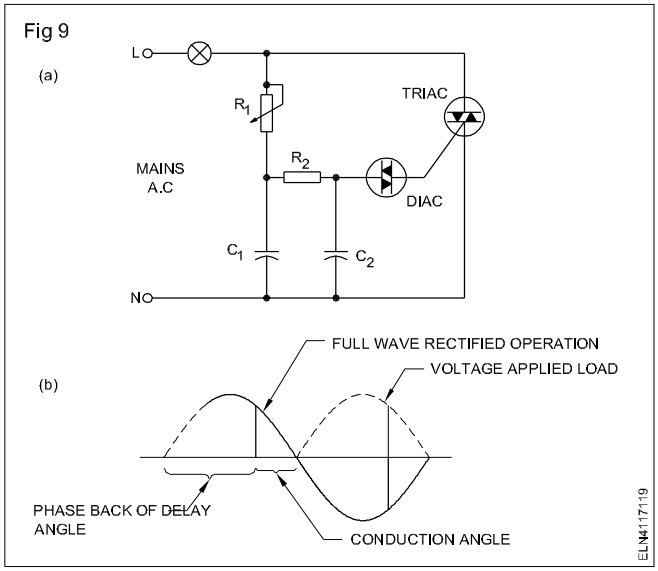
लैम्प दीप्तिमंदक (Lamp Dimmers): दीप्ति मंदक एक परिपथ है जो, जैसे ही उद्दीप्ति लैंप को AC शक्ति आपूर्ति दी जाती है तो लैम्प से उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता को लगभग शून्य से पूर्ण चमक तक नियंत्रित करती है।

उद्दीप्ति प्रकाश का पारम्परिक तथा मृदु प्रांरभ दीप्तिमंदक (Conventional and soft-start dimming of incandescent lights): स्वचल ट्रांसफार्मर से जुड़े दीप्ति मंदक की अपेक्षा अर्द्ध चालक आधारित दीप्तिमंदक के लाभ पुरानी तकनीक के प्रकाश दीप्तिमंदक, उच्च वोल्टता के रिहोस्टेट समायोजनीय स्वचल ट्रांसफार्मर या संतृप्य रिऐक्टर का उपयोग करते थे जो आकार में बड़े, खर्चीले, विचारणीय ऊष्मा उत्पन्न करते तथा शक्ति हानि देते थे। वर्तमान स्द्यामय के अर्द्ध चालक प्रकाश दीप्तिमंदक ने इन सब कनिाइयों को दूर किया है तथा इसीलिए अनेक उपसाधनों के लिए बहुत प्रसिद्ध हो गए हैं। आधुनिक अर्द्धचालक दीप्तिमंदक सस्ते, विश्वसनीय हैं, कम ऊर्जा उत्पन्न करते हैं, तथा सरल सक सुदूर (रिमोट) नियंत्रण किये जाते है। इन गुणों ने न केवल अर्द्ध चालक दीप्तिमंदक को नाट्यशाला तथा स्त्रोतकक्ष (Auditorium) में उत्तम परिणाम के साथ विस्थापित किया है बल्कि अन्त निर्मित प्रकाशीय, मेज तथा भूतल लैंप प्रक्षेपण (Projection) उपकरण तथा अन्य उपयोगों के लिए दीप्तिमंदक को व्यवहारिक बनाया है।

अर्द्ध चालक आधारित प्रकाश दीप्तिमंदक (Semi - conductor based light dimmers): उद्दीप्ति प्रकाश बल्ब के लिए दो प्रकाशीय दीप्तिमंदक की व्याख्या नीचे की गयी है। ये दानों दीप्तिमंदक परिपथ, बल्ब के साथ श्रेणी में जुड़े ट्रायक के संवहन कोण को समायोजित करते हुए प्रकाश की तीव्रता को नियंत्रित करते है। प्रथम दीप्तिमंदक बहुत सरल परिपथ का उपयोग करता है, जो न्यूनतम मूल्य की आवश्यकता के साथ उच्च सघन अनुप्रयोगों के लिए आदर्श है। दूसरा दीप्तिमंदक का लक्षण तीव्र (Rush) धारा में कम के लिए मृदु प्रांरभ करना है तथा इसके परिणाम से लैंप की दीर्घ जीवन मिलता है। मृदु प्रारंभ लैंप दीप्ति मंदक, प्रक्षेपण लैंप तथा फोटो ग्राफिक लैम्प के जैसे अल्पायु के साथ मंहगे प्रकाश के लिये विशेषतः उपयोगी होते है।

सरल प्रकाश दीप्ति मंदक (Simple light dimmer): Fig 9 में दर्शाया गया परिपथ, बहुत कम भागों को उपयोग करने वाला एक विस्तृत परास का प्रकाश दीप्तिमंदक है। परिपथ के पुर्जो के उचित मान का चयन करते हुए (240V,50Hz) किसी भी मुख्य आपूर्ति स्त्रोत का उपयोग करते हुए प्रचालन किया जा सकता है। परिपथ, उद्दीप्ति लैंप को, 1000 वॉट तक की शक्ति को नियंत्रित कर सकता है।

Fig 9



बल्ब को शक्ति, ट्रायक के संवहन कोण को नियंत्रित करते हए परिवर्तित की जाती है। कला नियंत्रण के लिए अनेक परिपथों का उपयोग किया जा सकता है। लेकिन उपयोग हुआ एकल ट्रायक परिपथ सरलतम हैं तथा इसलिए इसे विशिष्ट अनुप्रयोग के लिए चयन किया गया है।

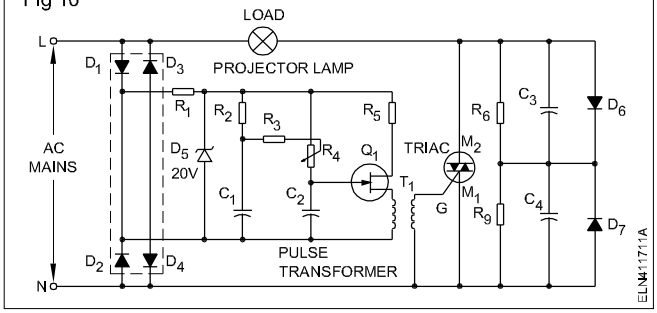
इस ट्रायक के लिए नियंत्रण परिपथ को Fig 9b में दर्शाये गये अनुसार कार्य करना चाहिए। नियत्रंण परिपथ को, समय जिसके लिए परिपथ को वाल्टता दी जा रही है तथा समय जिसके लिए भार लगाया जा रहा है के बीच विलम्ब उत्पन्न करना चाहिए। ट्रायक को प्रत्येक एकान्तरण के शेष भाग के लिए भार के द्वारा संवहन धारा तथा इस विलंब के बाद ट्रिगरन किया जाता है। यह परिपथ 0° से लगभग 170° तक के संवहन कोण को नियंत्रित कर सकता है, तथा पूर्ण शक्ति नियंत्रण की 97% से अधिक की व्यवस्था कर सकता है।

मृदु प्रारंभ विकल्प के साथ प्रकाश दीप्तिमंदक (Light dimmer with soft-start option): Fig 10 को परिपथ, मृदु आरंभ विकल्प के साथ प्रकाश दीप्तिमंदक का है। उसके गर्म प्रतिरोध की तुलना में शीत लैंप के तंतु के बहुत कम प्रतिरोध के कारण मृदु आरंभन अनिवार्य है। प्रारंभ में कुंजी को ऑन करते समय, लैंप के कम प्रतिरोध के कारण बहुत उच्च अन्तर्वाह धारा होती है। जिसके कारण तंतु लघु पथित लैंप की अल्पायु होती है। उच्च अन्तर्वाह धारा के कारण लैंप के विफल होने को, मृदु आरंभ लक्षण से विलोपित किया जाता है, जो उच्च सर्ज (क्षणिक) को विलोपित करने के लिए पर्याप्त मंद रूप से बल्ब को धारा देती है।

Fig 10 पर परिपथ का प्रचालन तब आरंभ होता है जब D_4 के द्वारा D_1 के डायोड सेतु को वोल्टता प्रयुक्त होती है। सेतु, निवेशी को दिष्टकारित

करती है तथा जेनर डायोड D_5 तथा प्रतिरोधक ट्रांजिस्टर R_1 को DC वोल्टता प्रयुक्त होती है। जेनर एकल संधि ट्रांजिस्टर Q_1 को 20 वोल्ट की नियत वोल्टता उपलब्ध करता है, अतिरिक्त इसके कि प्रत्येक एकान्तरण के अंत पर, जब लाइन वोल्टता का पतन शून्य तक होता है। प्रारंभ में संधारित्र C_1 के आरपार वोल्टता शून्य होती है तथा संधारित्र C_2, Q_1 को ट्रिगर करने के लिए आवेशित नहीं कर सकता है। C_1, आवेशित होना प्रारंभ होता है, लेकिन वोल्टता कम होने के कारण केवल अर्ध चक्र के अंत के निकट Q_1 को ट्रिगरन करने के लिए C_2 पर पर्याप्त वोल्टता होगी। इस समय लैंप का प्रतिरोध कम होने के बाद भी, लैंप की प्रयुक्त वोल्टता कम होती है तथा अन्तर्वाह (Inrush) धारा कम होती है। चक्र में Q_1 को C_2 के द्वारा शीघ्र ट्रिगरन होने देते हुए फिर C_1 पर वोल्टता में वृद्धि होती है। उसी समय प्रयुक्त वोल्टता में धीरे - धीरे वृद्धि होने से लैंप गर्म होता है तथा जब तक लैंप को प्रयुक्त शिखर वोल्टता अपने उच्चतम मान पर होती है तब तक बल्ब पर्याप्त रूप से गर्म हो चुका होता है, जिससे कि शिखर अन्तर्वाह (Inrush) धारा को उचित मान पर रखा जाता है। प्रतिरोधक R_4, C_2 के आवेशित दर को नियंत्रित करता है तथा बल्ब को मंद करने के साधन की व्यवस्था करता है। R_4 के प्रतिरोध को परिवर्तित करके भार को शक्ति, मानवीय रूप से समायोजित की जा सकती है। T_1 एक स्पन्द ट्रांसफार्मर हैं, ट्रायक को ट्रिगर की आपूर्ति करने के अतिरिक्म, यह ट्रांस्फार्मर कम शक्ति ट्रिगरन परिपथ से उच्च धारा भार परिपथ को पृथक करता है।(ट्रायक के लिए द्वार पृथक विधि का वर्णन आगे के अनुछेदों में किया गया है)

Fig 10



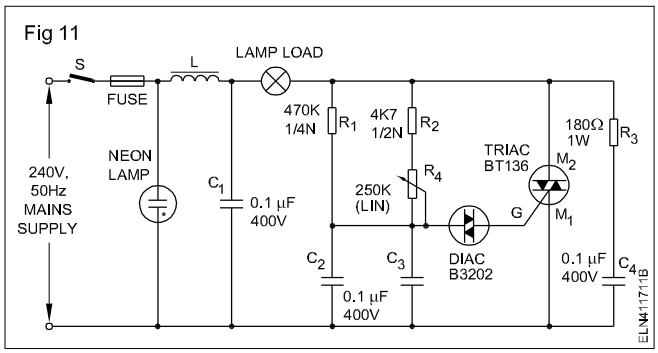
सरल दीप्तिमंदक कम (Cum), सर्वात्रिक मोटरगति नियंत्रक (A simple lamp dimmer cum Universal motor speed controller): Fig 11 में दर्शाये गये लैंप दीप्तिर्मेदक कम सर्वात्रिक गति नियंत्रक परिपथ में ट्रायक को नियत्रंण युक्ति की तरह उपयोग किया गया है। ट्रायक के संवहन कोण को नियंत्रण करने के लिए कला नियत्रंण का उपयोग किया गया हैं, जो लैम्प को पालित शक्ति को नियंत्रित करता है।

ट्रायक को AC मुख्य आपूर्ति के साथ श्रेणी में एक लैंप L जोड़ा होता है। डायक के द्वारा ट्रायक के द्वार को ट्रिगरन स्पंद दी जाती है। दोनों धनात्मक तथा ऋणात्मक अर्द्ध चक्र के समय समान ब्रेक ओवर (Breakover) वोल्टता स्तर (Level) 30V पर डायक को ट्रिगर किया जाता है। सर्वात्रिक मोटर की गति या प्रकाश की तीवृता को बदलने की सुविधा का प्रबंध विभवमापी R_4 करता है।

प्रघाती ऊर्जा अवशोषक परिपथ (Snubber Circuit): ट्रायक नियंत्रण के साथ एक समस्या यह है कि उसके संवहन के रूकने के तुरंत बाद, ट्रायक के आरपार विपरीत वोल्टता का अचानक अनुप्रयोग। यह गंभीर समस्या है जब भार, मोटर की तरह उच्च प्रेरणिक हो। dv/dt से व्यक्त इस पुनः प्रयुक्त वोल्टता कला नियंत्रण को हानि के साथ युक्ति को ट्रिगर आन कर कर सकती है (अन्वाच्छित या गलत ट्रिगरिंग) इस गलत ट्रिगरिंग को रोकन के लिए परिपथ (Fig 11 में दर्शाये गये अनुसार R4 तथा C_4) के आरपार एक R तथा C श्रेणी जाल को स्थित किया जाता है। यह RC जाल ट्रायक के आरपार प्रयुक्त वोल्टता की वृद्धि को कम करता है। ट्रायक परिपथ के आरपार जुड़े इस परिपथ को प्रघाती ऊर्जा अवशोषक (Snubber) परिपथ कहते है। ट्रायक के शीघ्र आन तथा आफ करने से उत्पन्न रेडियो आवृत्ति व्यतिकरण (RF) को वास्तविक रूप से कम करने के लिए प्रेरकत्व L तथा संधारित्र C_1 एक निम्न पास फिल्टर (Low Pass) बनाता है।

पंखे का गति नियंत्रक (Fan speed regulator) Fig 11 पर लैंप दीप्तिमंदक परिपथ को पंखे की गति नियंत्रक की तरह समान रूप से उपयोग किया जा सकता है। किया जाने वाले केवल परिवर्तन यह है कि Fig 11 पर परिपथ में दर्शाये गये लैप को स्थान में पंखे को जोड़ना है। POT R_3 को केवल घुमाते हुए ही गति को लगभग शून्य से पूर्णगति तक परिवर्तित किया जा सकता है।

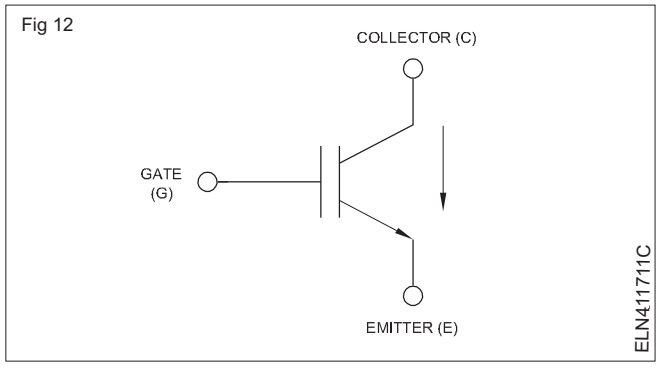
Fig 11



आई जी बी टी (इन्सुलेटेड गेट बाइपोलर ट्रांजिस्टर) (IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

इन्सेलेटेड गेट वाइपोलर ट्रांजिस्टर (आई जीबीटी) पावर इलेक्ट्रानिक्स की आधुनिक युक्ति है । बी जे टी और मास्केट की प्रापर्टीज को संयुक्त की करके इस (obtained) करते हैं । हम जानते हैं बी जे टी कलेक्टर धारा के अधिकमान के लिए स्टेट लॉसेस कम पर होता है । लेकिन ड्राइव की जरूरत बी जे टी थोड़ा कठिन है । मास्केट ड्राइव बहुत साधारण (गेट और स्त्रोत के बीच केवल वोल्टेज अप्लाई) है । लेकिन मास्फेट में स्टेट लॉसेस हाई- ऑन होते हैं । मास्फेट का गेट परिपथ और बीजेटी का कलेक्टर एमीटर परिपथ एक साथ संयुक्त रूप से एक नयी युक्ति (new device) द्वारा होते हैं । इस युक्ति को आईजीबीटी (IGBT) कहते हैं । अतः आई जी बी टी का लाभ दोनों बी जे टी और मास्फेट हैं । Fig 12 में IGBT के चित्र को देखें । आब्जर्व करें कि चित्र मास्फेट और बी जे टी के संयुक्त रूप को दर्शाता है ।

Fig 12

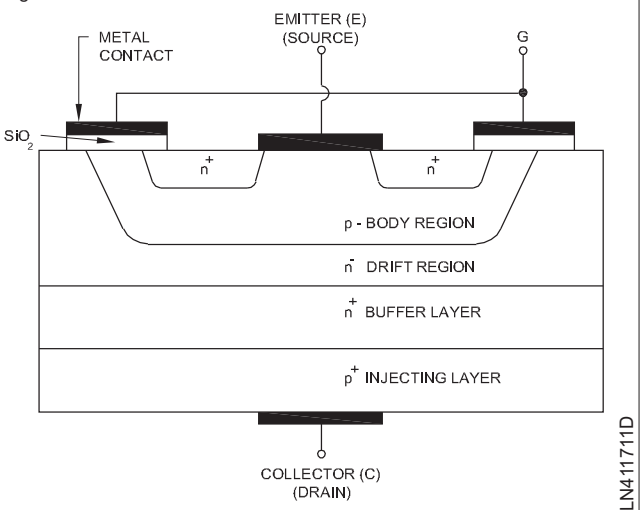


IGBT के तीन टर्मिनल होते हैं - गेट (G), कलैक्टर (C) और एमीटर (E) धारा कलैक्टर से एमीटर की ओर बहती है जब एक वोल्टेज गेट और एमीटर के बीच अप्लाई होता है । IGBT टर्न आन हो जाता है । जब गेट एमीटर वोल्टेज हट जाता है । IGBT टर्न-ऑफ हो जाता है । जब गेट से एमीटर वोल्टेज को अप्लाई करते हैं तो बहुत कम (ना के बराबर) धारा बहती है इसके समान मास्फेट के गेट परिपथ में होता है । ऑन स्टेट कलैक्टर से एमीटर ड्राप बहुत कम जैसे BJT होती है ।

आईजीबीटी की संरचना (Structure of IGBT)

आईजीबीटी का चित्र मास्फेट के समान ही होता है में आईजीबीटी का लम्बवत क्रास-सेक्शन को दिखाया गया है इस चित्र में एडिशनल P+ परत को आब्जर्व करते हैं यह परत कलैक्टर (ड्रेन) IGBT की होती है । (Fig 13)

Fig 13



यह P+ इंजेक्शन परत भारी डॉटड (heavily doped) है । इसकी डोपिंग (intensity) 10^{19} आद्रता प्रति घन सेंमी है । दूसरी परत की डोपिंग मास्फेट के समान है । n+ परत 10^{19} प्रतिघन सेंमी है । P-प्रकार बॉडी रीजन का डोपिंग लेवल 10^{16} प्रति घन सेंमी है । n - ड्रिप्ट (drift) रीजन हल्का डाप्ड होता है । (10^{14} प्रति घन सेंमी)

आई जीबीटी के द्वारा पंच (Punch through IGBT) :

IGBT के आपरेशन के लिए n+ बफर की आवश्यकता नहीं होती है । जिस IGBT में n+ बफर परत होती है उसे आईजीबीटी का पंच कहते हैं । इन आईजीबीटी की वोल्टेज ब्लाकिंग क्षमता असममित (asymmetric) होती है । पंच के द्वारा आईजीबटी (IGBT) में फास्टर टर्न ऑफ समय होता है। अतः इनका प्रयोग इन्वर्टर के लिए और चॉपर परिपथों में किया जाता है।

आईजीबीटी के द्वारा नॉन पंच (Non-punch through IGBT)

आईजीबीटी n+ बफर परत के बिना को आईजीबीटी के द्वारा नॉन पंच कहते हैं । इन IGBT के पास एक सा अथवा सममितीय वोल्टेज ब्लाकिंग क्षमता होती है । इन IGBT का प्रयोग रेक्टिफायर टाइप के अनुप्रयोगों के लिए किया जाता है ।

आईजीबीटी का ऑपरेशन (Operation of IGBT)

जब V_{GS} बड़ा होता है V_{GS} (थ्रेसहोल्ड) से ($V_{GS} > V_{GS}$ threshold), तब चेनल के इलेक्ट्रान गेट के नीचे की ओर सम्मत होते हैं जैसा कि Fig 14 में दिखाया गया है । ये इलेक्ट्रान P^+ परत से होल्स की ओर आकर्षित होते हैं । अतः होल्स के भीतर से P^+ परत से n^- - ड्रिफ्ट भाग (drift region) होता है । अतः होल्स/इलेक्ट्रान धारा कलैक्टर से एमीटर की ओर बहना शुरू हो जाती है । जब होल्स P - टाइप बॉडी रीजन में प्रवेश करते हैं, तब वे बहुत से इलेक्ट्रानों के द्वारा n^+ परत में आकर्षित हो जाते हैं यह क्रिया पूरी तरह से मास्फेट की तरह ही है ।

Fig 14

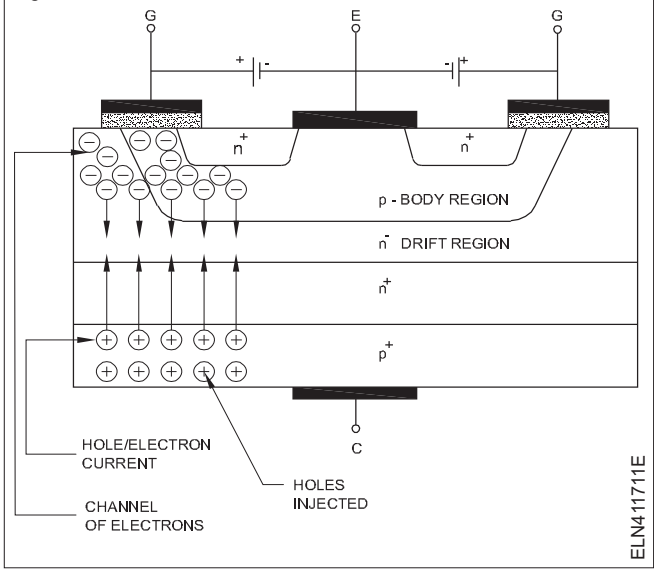
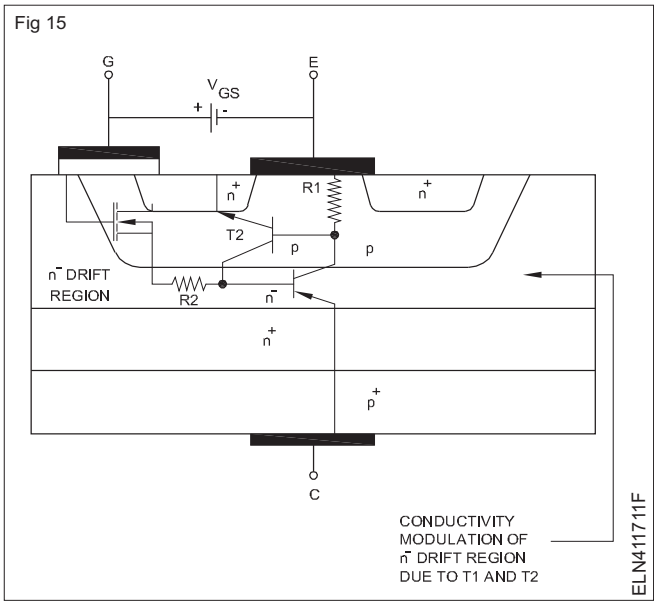


Fig 15 में आई जी बी टी का चित्र दिखाया गया है कि कैसे इन्टर्नल मास्फेट और ट्रांजिस्टर सम्मत होते हैं । मास्फेट इनपुट गेट, एमीटर स्त्रोत की तरह, और n - ड्रिफ्ट रीजन ड्रेन की तरह सम्मत होते हैं । दो ट्रांजिस्टर T_1 और T_2 को Fig 15 में देखें ।

Fig 15

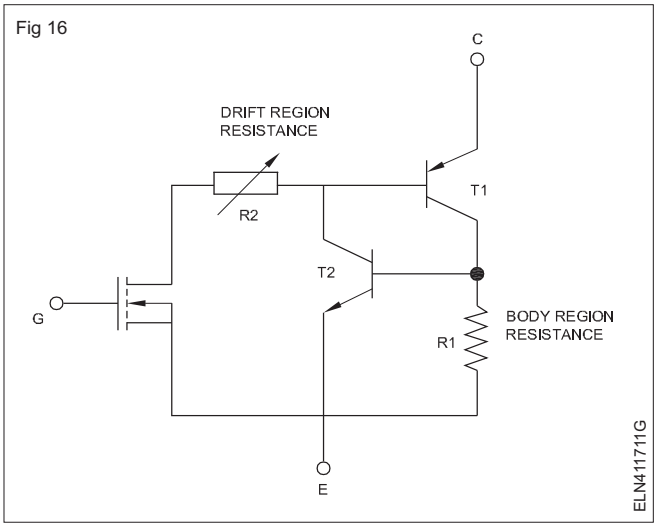


होल्स P+ इंजेक्टिंग परत द्वारा n - ड्रिफ्ट रीजन के भीतर जाते हैं । यह n+ ड्रिफ्ट रीजन ट्रांजिस्टर T_1 का आधार और ट्रांजिस्टर T_2 का क्लैक्टर होता है । होल्स n ड्रिफ्ट रीजन में फिर से P - टाइप बॉडी रीजन में जाते हैं, जिसे एमीटर से जोड़ा जाता है । इलेक्ट्रान n+ रीजन (जिसे एमीटर कहते हैं) के द्वारा ट्रांजिस्टर T_2 में पास होते हैं और फिर से n - ड्रिफ्ट रीजन में पास होते हैं । अतः होल्स और इलेक्ट्रान बड़ी संख्या में - ड्रिफ्टीरीजन में जाते हैं । ये प्रतिरोध को कम करके - ड्रिफ्ट रीजन (drift region) को

कम करते हैं इसको चालकता (conductivity) n- ड्रिफ्ट रीजन की चालकता माडुलेशन कहते हैं । अतः चालकता माडलेशन (conductivity modulation) मास्फेट में प्रवेश नहीं करता है । ट्रांजिस्टर T_1 और T_2 का कनेक्शन होल्स/इलेक्ट्रान ड्रिफ्ट रीजन के भीतर अधिक संख्या में होते हैं । ट्रांजिस्टर T_1 और T_2 ट्रांजिस्टर सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर की तरह ही होते हैं । जोकि रिजनरेटिव (regenerative) होते हैं । ट्रांजिस्टर T_1 के द्वारा गेट ट्रिगर सर्व के द्वारा अंदरूनी मास्फेट की तरह सम्मत होता है Fig 15 में इसका इक्वीवैलेन्ट (के समान या बराबर) परिपथ दिखाया गया है । इस चित्र में जब गेट अप्लाई $V_{GS} > V_{GS}$ (th) को आब्जर्व करें, इन्टरर्नल इक्वीवैलेन्ट मास्फेट टर्न आन हो जाता है । यह बेस आधार ड्राइव से ट्रांजिस्टर T_1 को देता है अतः ट्रांजिस्टर T_1 कन्डक्टिंग होना शुरू कर देता है । ट्रांजिस्टर T_1 का कलैक्टर, ट्रांजिस्टर T_2 का आधार होता है तब ट्रांजिस्टर T_2 भी टर्न ऑन हो जाता है । ट्रांजिस्टर T_2 का आधार ट्रांजिस्टर T_1 है अतः रिजनरेटिव लूप शुरू होता है और अधिक संख्या में कैरियर्स (carriors) n- ड्रिफ्ट रीजन में भीतर की ओर होते हैं । यह आईजीबीटी के स्टेट लॉस को कम करता है जैसे BJT यह n - ड्रिफ्ट रीजन की चालकता माडुलेशन होती है ।

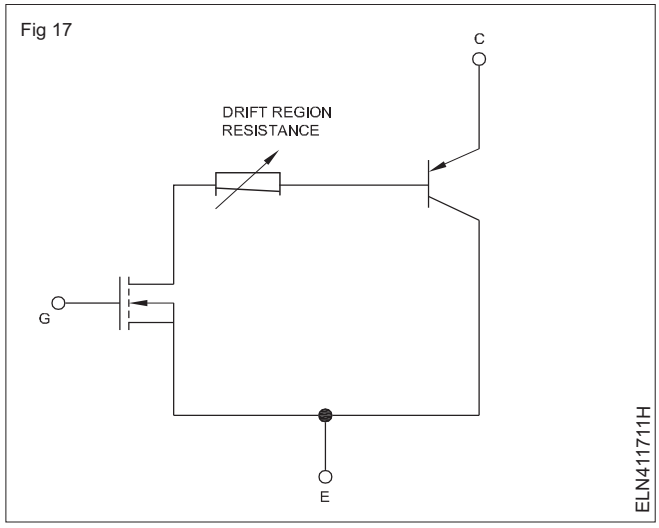
जब गेट ड्राइव को हटा दिया जाता है, IGBT टर्न ऑफ हो जाता है, जब गेट को हटा दिया जाता है तब उत्पन्न चैनल लुप्त (vanished) होगा और अंदरूनी समतुल्य (equivalent) मास्फेट टर्न-ऑफ हो जायेगा अतः ट्रांजिस्टर T_1 टर्न ऑफ होगा यदि ट्रांजिस्टर T_2 टर्न ऑफ होगा यदि P टाइप बाडी रीजन का प्रतिरोध R_1 बहुत कम है इस स्थिति के अन्दर, अतः (Virtually) आधार और एमीटर लगभग शार्ट हैं अतः ट्रांजिस्टर T_2 टर्न ऑफ है । ट्रांजिस्टर भी टर्न ऑफ होगा । ट्रांजिस्टर भी टर्न ऑफ होगा । अतः आईजीबीटी (IGBT) की संरचना बाडी रीजन के प्रतिरोध (R_1) को बहुत क्रम आयोजित करता है । (Fig 16)

Fig 16



यदि प्रतिरोध R_1 बहुत कम है, तब ट्रांजिस्टर T_2 कभी नहीं कंडक्ट (conduct) करेगा और आईजीबीटी का समतुल्य परिपथ को में दिखाया गया है । आईजीबी (IGBT) से अलग मास्फेट क्योंकि धारा का चालन कलैक्टर से समीटर की ओर होता है । मास्फेट के लिए, ऑन स्टेट लॉसेस अधिक, प्रतिरोध ड्रिफ्ट रीजन का समान है लेकिन आईजीबीटी, प्रतिरोध के ड्रिफ्टरीजन को कम करता है जब गेट ड्राइव को अप्लाई करते हैं । यह प्रतिरोध कम होता है क्योंकि इंजेक्टिंग रीजन होता है । अतः ऑन स्टेट लॉस आईजीबीटी बहुत कम होता है । (Fig 17)

Fig 17



IGBT के लाभ, हानि तथा अनुप्रयोग (Merits, Demerits and Application)

IGBT के लाभ (Merits of IGBT)

1 वोल्टेज कन्ट्रोल युक्ति है अतः ड्राइव परिपथ बहुत साधारण होता है ।

2 ऑन-स्टेट लॉसेस को कम करता है ।

3 स्विचिंग फ्रीक्वेंशी थायरिस्टर से अधिक होती है ।

4 कम्यूटेशन परिपथों की आवश्यकता नहीं होती है ।

5 गेट पूरी तरह से कन्ट्रोल IGBT के आपरेशन में होता है ।

6 IGBT लगभग फ्लैट तापमान गुणांक होता है ।

IGBT की हानियाँ (Demerits of IGBT)

1 IGBT में स्टैटिक चार्ज समस्या होती है ।

2 IGBT, BJT तथा मास्फेट से महंगा होता है ।

IGBT के अनुप्रयोग (Application of IGBT)

1 एसी मोटर ड्राइव जैसे इन्वर्टर

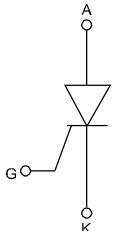
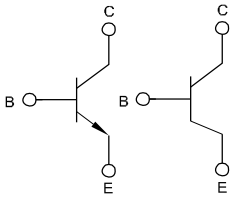
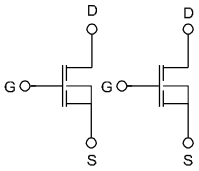
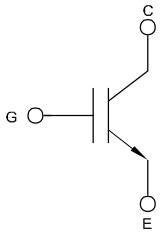
2 डीसी से डीसी पावर सप्लाई जैसे - चॉपर

3 यूपीएस सिस्टम

4 हारमोनिक कम्पनसेंटर

पावर युक्तियों की तुलना (Comparison of Power Devices)

पावर युक्तियों की तुलना स्विचिंग फ्रीक्वेंशी, गेट ड्राइव परिपथ, पावर हैण्डिलिंग क्षमता आदि के आधार पर करते हैं सारणी 1 में SCR, BJT मास्फेट तथा IGBT में तुलना को देखें ।

संख्या	मापदण्ड	SCR	BJT	MOSFET	IGBT
1	प्रतीक				
2	ट्रिगर जैसे-लैचिंग अथवा लीनियर	ट्रिगर आथवा लैचिंग युक्ति	लीनियर ट्रिगर	लीनियर ट्रिगर	लीनियर ट्रिगर
3	युक्ति में कैरियर के प्रकार	बहुमत कैरियर युक्ति	बाईपोलर युक्ति	बहुमत कैरियर युक्ति	बहुमत कैरियर युक्ति
4	गेट अथवा आधार का कन्ट्रोल	एक बार टर्न आन करके गेट के कन्ट्रोल ना करना	आधार पूरी तरह से कन्ट्रोल	गेट पूरी तरह से कन्ट्रोल	गेट पूरी तरह से कन्ट्रोल
5	ऑन-स्टेट ड्राप	< 2 वोल्ट	< 2 वोल्ट	4 से 6 वोल्ट	3.3 वोल्ट
6	स्विचिंग फ्रीक्वेंशी	500 हट्र्स	10 किलो हट्र्स	100 तक किलो हट्र्स	20 किलो हट्र्स
7	गेट ड्राइव	धारा	धारा	वोल्टेज	वोल्टेज
8	स्नबर	अनपोलराइज्ड	पोलराइज्ड	जरुरी नहीं	जरुरी नहीं
9	तापमान गुणांक	नकारात्मक	नकारात्मक	धनात्मक	लगभग फ्लैट लेकिन धनात्मक अधिक धारा पर
10	वोल्टेज तथा धारा रेटिंग	10 kV/4kA	2 kV/4kA	1 kV/4kA	1.5 kV/4kA
11	वोल्टेज ब्लाकिंग क्षमता क्षमता	सममितता तथा असममितता (दोनों)	असममिता	असमितता	असममिता
12	अनुप्रयोग	एसी से डीसी कन्वर्टर एसी वोल्टेज कन्ट्रोलर, इलेक्ट्रानिक सर्किट ब्रेकर	डीसी से एसी कन्वर्टर इंडक्शन मोटर ड्राइव, यूपीएस एसएमएमपीएस चापर	डीसी चापर, कम पावर, यूपी एसएमपीएस, ब्रशलेश डीसी मोटर ड्राइव	डीसी से एसी कन्वर्टर, एसी मोटर ड्राइव, UPS चापर, SMPS आदि में