दिष्टकारी (Rectifiers)

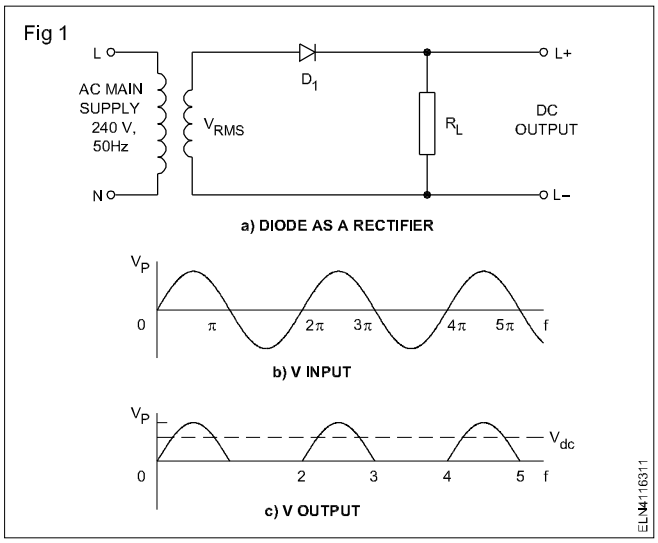
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **शक्ति आपूर्ति परिपथ में दिष्टकारी के प्रायोजन बताना**
- **अर्ध तरंग दिष्टकारी, पूर्ण तरंग दिष्टकारी के कार्य का वर्णन करना**
- **सर्किटों को ठीक करने के लिए फिल्टर सर्किट की आवश्यकता स्पष्ट करना**
- **फिल्टर सर्किट के लिए रेक्टिफायरों और उनकी कार्यविधि स्पष्ट करना।**

अधिकांश उपकरण मनोरंजन तथा व्यवसाय दोनो को ही कार्य करने के लिये DC वोल्टता की आवश्यकता होती है। शक्ति आपूर्ति, AC आपूर्ति वोल्टता को DC में बदलती है।

अर्धतरंग दिष्टकारी (Half wave rectifier): AC को DC में बदलने का सबसे सरलतम रूप, (Fig 1) में दर्शाय गए अनुसार एक डायोड के प्रयोग से हैं, AC को DC में ऐसे परिवर्तक को अर्धतरंग दिष्टकारी कहते है।

Fig 1



डायोड D_1 तथा भार प्रतिरोध R_L को अपचायक ट्रांसफार्मर के द्वितीयक के आरपार श्रेणी में जुड़ा जाता हैं। (Fig 1a) ट्रांसफार्मर आवश्यकतानुसार आपूर्ति वोल्टता को उच्चायित या अचवायित करता है। ट्रांसफार्मर, शक्ति लाइन को विलग करता हैं तथा विद्युत प्रघात के जोखिम को कम करता है। निवेश लाइन आवृत्ति के धनात्मक अर्ध-चक्र के समय (Fig 1b) कैथोड़ के सापेक्ष में डायोड एनोड को धनात्मक बनाया जाता है। डायोड D_1 संचालित होती हैं क्यों कि यह अग्र अभिनति का हैं। डायोड D_1 तथा R_L के द्वारा धारा आपूर्ति के धनात्मक सिरे से निवेश के ऋणात्मक सिरे की तरफ प्रवाहित है। इस समयावधि में R_L के आरपार वोल्टता विकसित होती है। वोल्टता की ध्रुवता (Fig 1c) में संकेत किये गये अनुसार होती है।

AC निवेशी लाईन आवृत्ति के ऋणात्मक अर्धचक्र के समय, डायोड विपरीत अभिनति का होता है। प्रायोगिक रूप से डायोड तथा लोड R_L में से कोई धारा नही प्रवाह होती तथा वोल्टता निर्गम नहीं होता है।

DC निर्गम (DC Output) : अग्र अभिनति डायोड के आरपार वोल्टता में पतन कम होता है, क्योकि अग्र-अभिनति डायोड का प्रतिरोध बहुत कम होता है। Ge डायोड में पतन 0.3V होता है तथा Si डायोड में पतन 0.7V होता है। डायोड के आरपार कम वोल्टता पतन को ध्यानहीन करते हुए, हम AC निवेशी तथा DC निर्गम वोल्टता के बीच सम्बंध का पता लगा सकते है।

AC निवेशी तरंग-रूप को (Fig 1b) में दर्शाया गया है।

$$V_{rms} = 0.707\ V_p$$

$$V_p = \frac{V_{rms}}{0.707}$$

(Fig 1c) में, DC निर्गम दर्शाया गया है। डयोड AC निवेश का केवल अर्धचक्र उत्पन्न करता है। इस अर्धतरंग का औसत मान DC निर्गत वोल्टता है।

$$V_{dc} = 0.318\ V_p$$

$$= 0.318\ x\ \frac{V_{rms}}{0.707}$$

$$= 0.45\ V_{rms}$$

उदाहरणार्थ यदि निवेशी AC वोल्टता 24 वोल्ट है तो अर्धतरंग दिष्टकारी का निर्गत DC होगा V_{dc} =0.45x24=10.8V. DC भार धारा हैं।

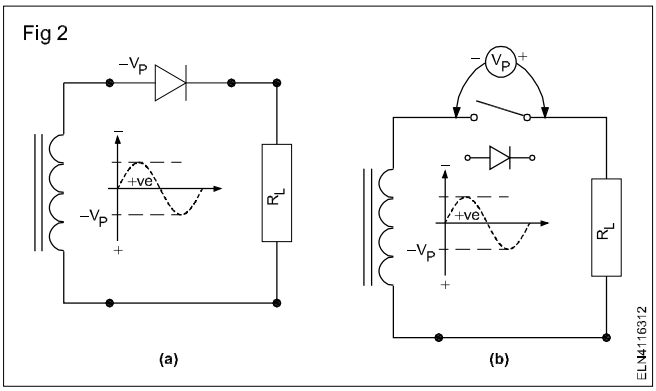
$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$$

ऊर्मिका आवृत्ति (Ripple frequency) : (Fig 1) से यह स्पष्ट है कि दिष्टकारी स्पंदमान DC की आवृत्ति वही है जो निवेश AC सिग्नल की आवृत्ति के समान ही है। यह सभी अर्ध तरंग दिष्टकारी के लिए सही है।

प्रतिलोम शिखर वोल्टता (Peak inverse voltage) : (Fig 1a) अर्ध तरंग दिष्टकारी को दर्शाता है, उसी क्षण द्वितीयक वोल्टता अपने अधिकतम ऋणात्मक शीर्ष पर होती हैं।

इस स्थिति में क्योंकि डायोड विपरीत अभिनति का है, यह (Fig 2b) में दर्शाये गये अनुसार एक खुली कुंजी की तरह कार्य करता है। क्योंकि डायोड विपरीत अभिनति का है इसलिये भार R_L के आरपार कोई वोल्टता नही है। इसलिये किरचाफ वोल्टता नियम से, (Fig 2b) में दर्शाये गये अनुसार सभी द्वितीयक वोल्टता, डायोड के आरपार प्रकट होती है।

यह अधिकतम प्रतीप वोल्टता है जो डायोड के आरपार प्रतीप अभिनति की स्थिति में प्रकट होती है। इस वोल्टता को प्रतीप शिखर वोल्टता या अधिक साधारणतः शिखर प्रतीप वोल्टता (PIV) कहते है। इसलिये अर्ध-तरंग दिष्टकारी में डायोड के आरपार अधिकतम प्रतीप वोल्टता द्वितीयक वोल्टता $V_{s(peak)}$ के ऋणात्मक शिखर मान के बराबर होता है। क्योंकि एक ज्यावक्रीय तरंग में एक अर्ध -तरंग में ऋणातम्क शिखर वोल्टता तथा धनात्मक शिखर वोल्टता, परिमाण में समान होती हैं, इसलिए एक अर्ध तरंग दिष्टकारी में डायोड के आरपार शिखर प्रतीप वोल्टता (PIV) को $V_{s(peak)}$ के रूप में लिया जा सकता है।



पूर्व में विचार किये गये उदाहरण में डायोड के आरपार PIV निम्न होगी।

$$V_{s(peak)} = \frac{V_{s(rms)}}{0.707} = \frac{24}{0.707} = 33.9 = 34 \text{ volts}$$

प्रयुक्त हुये डायोड को विभंग (Break down) रोकने के लिए अभिकल्पित (डिजाईन) किये गये HW दिष्टीकारी के डायोड के आरपार प्रकट PIV डायोड के PIV निर्धार से कम होना चाहिये। उदाहरणार्थ, उपयुक्त उदाहरण में डायोड के विभंग को रोकने के लिए डायोड की PIV निर्धार को 34 वोल्ट से अधिक होना चाहिए।

तथापि जब निर्गम DC परिपथ में एक फिल्टर संधारित्र उपयोग होता है तो यह स्थिति परिवर्तित हो जाती है।

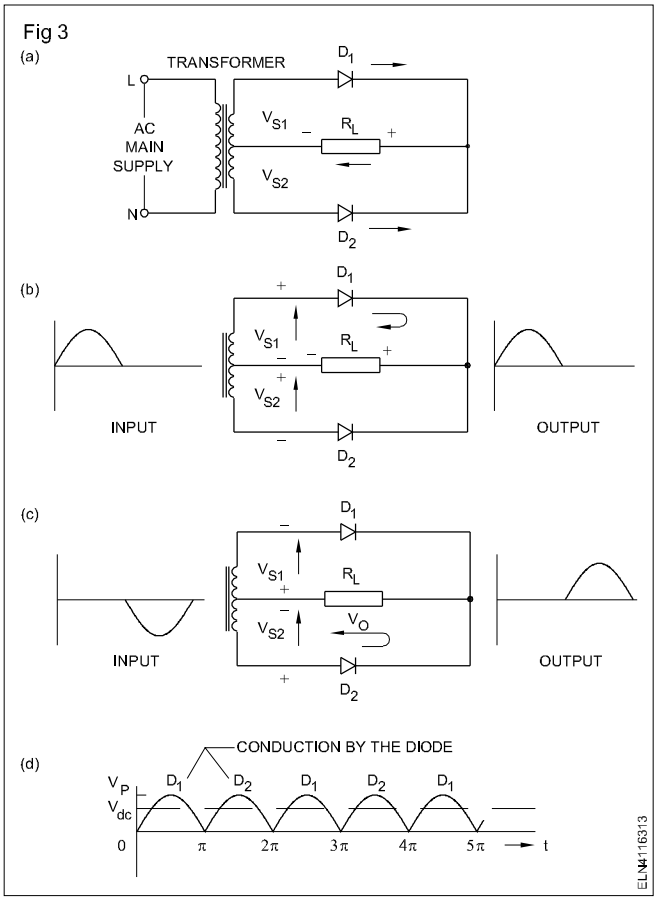
पूर्ण तरंग दिष्टकारी (FW) (Full-wave rectifier (FW)) : एक पूर्ण तरंग दिष्टकारी का परिपथ (Fig 3a) में दर्शाया गया है। ट्रांसफार्मर का द्वितीयक कुंडलन केन्द्र-टैप होती हैं। द्वितीयक वोल्टता को दो समान अर्धो में विभाजित किया जाता है। भार R_L का एक सिरा, केन्द्र टैप से तथा R_L का दूसरा सिरा, डायोडों से योजित रहता है।

यह देखा जाता है कि दो अर्ध तरंग दिष्टकारी निवेश AC के एकान्तर अर्ध चक्रों पर संचालित है।

द्वितीयक वोल्टता के धनात्मक अर्ध चक्र के समय डायोड D_1 अग्र अभिनति का होता है तथा डायोड D_2 विपरीत अभिनति का होता है।(Fig 3b) धारा, द्वितीयक लपेटन के ऊपरी आधी तथा डायोड D_1, भार प्रतिरोध R_L में से प्रवाह होता है।

द्वितीयक वोल्टता के ऋणात्मक अर्ध चक्र के समय डायोड D_2 अग्र अभिनति का होता है तथा डायोड D_1 विपरीत अभिनति का होता है। इसलिए धारा भार प्रतिरोधक RL, डायोड D_2 तथा द्वितीयक लपेटन के निचले आधे में से प्रवाह होता है। (Fig 3c)

भार की धारा, AC निवेशी के दोनो अर्ध चक्र के समय, सामान दिशा में होती है। पूर्ण तरंग दिष्टकारी का निर्गत (Fig 3d) में दर्शाया गया है।



DC निर्गत (DC output) : क्योकि पूर्ण तरंग दिष्टकारी कुछ नही बल्कि दो अर्ध तरंग दिष्टकारियों का संयोजन है, इसलिए पूर्ण तरंग दिष्टकारी का औसत या DC मान उसी द्वितीयक वोल्टता से चलने वाले अर्ध तरंग दिष्टकारी के निर्गत का प्राकृतिक रूप से दो गुना होता है।

(Fig 3) से यह स्पष्ट है कि पूर्ण तरंग दिष्टकारी निर्गत का DC मान का औसत है

$V_{dc}=0.318V_{s(peak)}+0.318V_{s(peak)}$

$V_{dc}=0.636V_{s(peak)}$

जहॉ $V_{s(peak)}$ ट्रांसफार्मर सेकेन्द्री के A तथा B किसी भी एक सिरे तथा केन्द्र टैप के बीच का अधिकतम वोल्टता के बराबर होता है।

पूर्ण तरंग दिष्टकारी के $V_{s(rms)}$ V_{dc} के रूप में हैं

$V_{s(rms)} = 0.707\ V_{s(peak)}$

इसलिए,

$$V_{dc} = 0.636 = \frac{V_{s(rms)}}{0.707} = 0.9\ V_{s(rms)}$$

***उदाहरण* (Example) :**

माना कि ट्रासफार्मर का द्वितीयक वोल्टता 24-0-24V(rms) है, इस ट्रासफार्मर का उपयोग करते हुए पूर्ण तरंग दिष्टकारी का DC निर्गत वोल्टता निम्न होगी,

दो डायोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी के लिए

V_{dc} =0.9 $V_{s(rms)}$

अतः दिये गये उदाहरण में

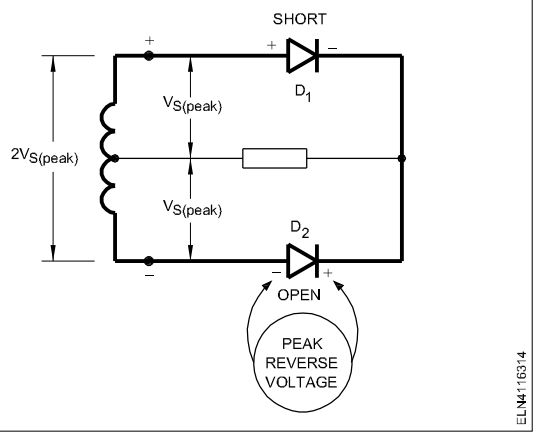
V_{dc} =0.9 x $V_{s(rms)}$ = 0.9 x 24 = 21.6V

पूर्ण तरंग दिष्टकारी में ऊर्मिका आवृत्ति (Ripple frequency in a full wave rectifier) : (Fig 3c) से यह देखा जा सकता है कि AC वोल्टता के प्रत्येक AC निवेशी चक्र के लिए निर्गत को दो चक्र हाते है। ऐसा इसलिए है क्योकि पूर्ण तरंग दिष्टकारी में निवेश वोल्टता के ऋणात्मक अर्धचक्र को विपरीत कर दिया है। इसके परिणाम से पूर्ण तरंग दिष्टकारी का निर्गम निवेश AC आवृत्ति से दो गुनी आवृत्ति रखता हैं। यदि पूर्ण तरंग दिष्टकारी के निवेश के रूप में मुख्य AC का प्रयोग किया जाता हैं, क्योंकि मुख्य आवृत्ति 50Hz है, इसलिए स्पन्दमान DC की निर्गम आवृत्ति 100Hz होगी।

टिप्पणी: जब स्पन्दमान DC मसृणित (smooth) की जाती हैं तो इस वर्धित ऊर्मिका आवृत्ति के अनेक लाभ होते हैं। इस पर अगले पाठ में चर्चा की जाएगी।

प्रतीप शिखर वोल्टता (Peak inverse voltage) : (Fig 4) पूर्ण तरंग दिष्टकारी को दर्शाता है, जिस क्षण द्वितीयक वोल्टता अपने अधिकतम धनात्मक मान पर पहुँचती हैं।

Fig 4



बाहरी लूप के आजुबाजु किर्शोफ नियम का अनुप्रयोग करने पर हम प्राप्त होगा $2V_{s(peak)}$ - प्रत्यावर्ती वोल्टेज (PIV)

बाहरी पाशग्आरपार अग्र वोल्टता D_1 = O

D_1 के आरपार छोटी अग्र वोल्टता की उपेक्षा करते हुए, हम पाते है, $2V_{s(peak)}$ = D_2 के आरपार PIV + 0 = 0

या D_2 के आरपार PIV=$2V_{s(peak)}$

उपर्युत्त से यह स्पष्ट है कि पूर्ण तरंग दिष्टकारी में प्रत्येक डायोड का PIV निर्धार पूर्ण द्वितीयक वोल्टता के शीर्षमान $2V_{s(peak)}$ से अधिक होना चाहिये।

पूर्व में विचार किये गए उदाहरण में डायोड के PIV को $2V_{s(peak)}$ होना चाहिये।

$$V_{s(peak)} = \frac{V_{s(rms)}}{0.707} \quad = \quad 2\,V_{s(peak)} = \frac{2 \text{ x } V_{s(rms)}}{0.707}$$

$$= \frac{2 \text{ x } 24}{0.707} = 68 \text{ volts (approx.)}$$

पूर्ण-तरंग दिष्टकारी में डायोडों की धारा का निर्धार (Current rating of diodes in a fullwave rectifier) : यदि पूर्ण तरंग दिष्टकारी में लगा हुआ R_L भार, माना 10Ω हो तो उसमें DC धारा

$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{10\,\Omega}$ होगी।

उपरोक्त में विचार किये गये उदाहरण में V_{dc}=21.6 volt इसलिए

$I_{dc} = \frac{21.6}{10} = 2.16$ amps. = 2.16 एम्पियर

यह नोट करना रूचिकर होगा कि यह धारा I_{dc}, दो डायोड D_1 तथा D_2 में बट जाती है। यह इसलिए है क्योकि प्रत्येक डायोड, केवल एक आर्ध चक्र को संचालन करता है। अतः प्रत्येक डायोड में से DC धारा, कुल DC भार धारा I_{dc} का आधा होता है। इसलिए 10Ω भार वाले प्रत्येक डायोड में से अधिकतम धारा 2.16/2 =1.08 एम्पियर होगी। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि प्रत्येक डायोड का धारा निर्धार अधिकतम / निर्धारित भार धारा का केवल आधा होनी चाहिए।

टिप्पणी : अर्ध-तरंग दिष्टकारी में क्योंकि केवल एक डायोड होता, इसलिए प्रयुक्त डायोड का धारा निर्धार भार में से अधिकतम धारा होना चाहिए, जो पूर्ण तरंग दिष्टकारी की तरह नहीं, जिसमें प्रयुक्त डायोडो का धारा निर्धार भार में अधिकतम धारा का केवल आधार होता है।

उदाहरण: 1.8 एम्पियर की भार धारा के आवश्यकता वाले एक द्वि डायोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी में, उपयोग डायोड का धारा निर्धार क्या होगा ?

चूंकि यह द्वि डायोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी है, इसलिए प्रत्येक डायोड का धारा निर्धार = 1/2 कुल भार धारा।

इसलिए डायोड का I_f (max)=1.8 एम्पियर/2 होना चाहिए।

यदि इस दिष्टकारी परिपथ के लिए 1 एम्पियर धारा निर्धार का एक डायोड का प्रयोग किया जाता है तो यह उत्तम होगा।

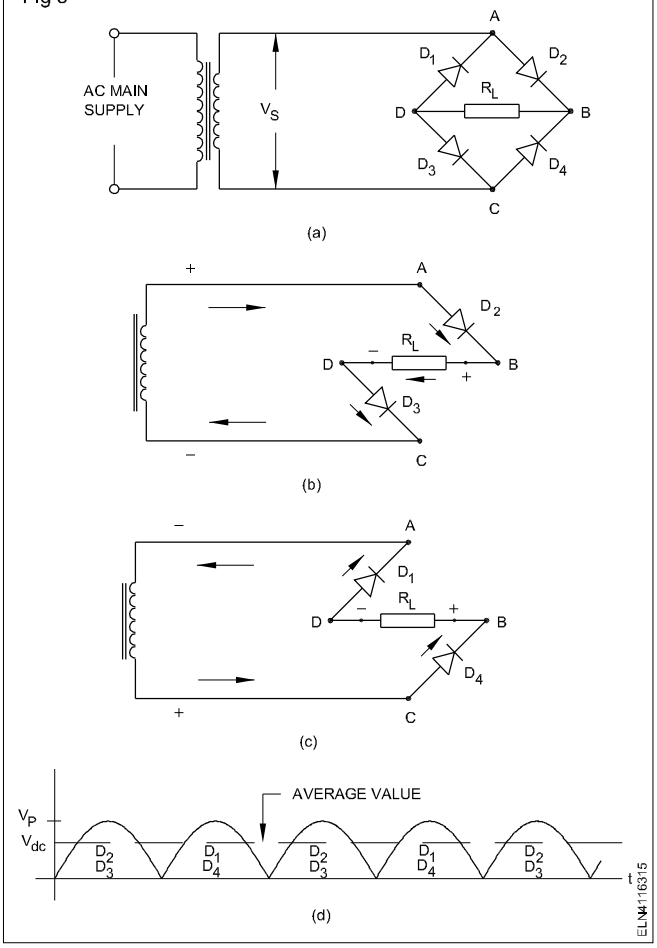
द्वि डायोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी की हाँनिया (Disadvantages of TWO DIODE fullwave rectifier) : दो डायोड तथा केन्द्र टैप ट्रांसफार्मर उपयोग होने वाले पूर्ण तरंग दिष्टकारी की हानियां निम्नलिखित है।

- एक केन्द्र टैप ट्रांसफार्मर जो प्रत्येक द्वितीयक कुण्डलन के प्रत्येक अर्ध पर समान वोल्टता उत्पन्न करें, को बनाना कनि तथा मंहगा होता है।
- सामान्य ट्रांसफार्मरों की अपेक्षा केन्द्र टैप ट्रांसफार्मर सामान्यतः भारी होते है तथा इसलिए अधिक स्थान घेरते है।

- एक द्वि डायोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी में एक समय पर केवल आधी द्वितीयक वोल्टता का प्रयोग किया जाता हैं, चाहे यह वह धनात्मक तथा ऋणात्मक दोनों अर्ध चक्रो में संचालित हो।

सेतु दिष्टकारी (Bridge rectifier) : यह पूर्ण तरंग दिष्टकारी है। परिपथ को (Fig 5) में दर्शाया गया। सेतू दिष्टकारी में चार डायोड उपयोग होते है। ट्रांसफार्मर के द्वितीयक पर कोई टैप नही होता हैं।

Fig 5



द्वितीयक वोल्टता के धनात्मक अर्ध भाग के समय, डायोड D_2 तथा D_3 अग्र अभिनत के होते है। अतः द्वितीयक के दूसरे सिरे तक धारा, डायोड D_2 भार प्रतिरोध RL तथा D_3 में से प्रवाहित होती है। इसे Fig 5b में दर्शाया गया है। द्वितीयक वोल्टता के ऋणात्मक अर्ध के दौरान, डायोड D_1 तथा D_4 संचालित होते हैं। द्वितीयक के दूसरे सिरे तक धारा डायोड D_4, प्रतिरोध R_L तथा D_1 में से प्रवाहित होती है। इसे (Fig 5c) में दर्शाया गया है।

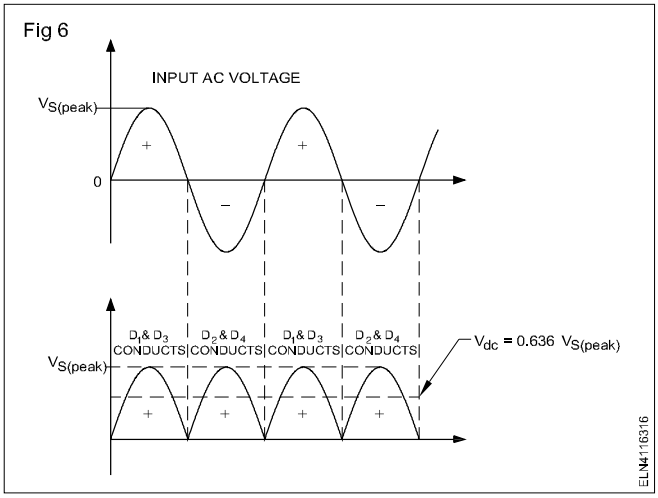
दोनों स्थितियों में धारा, भार प्रतिरोधक में से उसी दिशा में प्रवाहित होती है। अतः भार प्रतिरोधक RL के आरपार एक अस्थिर DC धारा विकसित होती हैं। इसे (Fig 5d) में दर्शाया गया है।

DC निर्गम (DC Output) : (Fig 6) में सेतु दिष्टकारी का निवेशी AC तथा निर्गत स्पन्दमान DC उत्पन्न तरंग-रूप दर्शाया गया है।

यह तरंग रूप, एक केन्द्र-टैप ट्रासफार्मर के उपयोग से पूर्ण तरंग दिष्टकारी के तरंग-रूप के सामान होती है। अतः, औसत DC मान का निर्गत हैं,

$V_{dc} = 0{,}636\ V_{s(peak)}$

Fig 6



या $V_{dc} = 0.9\ V_{s(rms)}$

जहां $V_{s(rms)}$ पूर्ण द्वितीयक AC rms वोल्टता है।

टिप्पणी : एक द्वि डायोड पूर्ण-तरंग दिष्टकारी में $V_{s(rms)}$, कुल द्वितीयक वोल्टता के आधे को निर्दिष्ट करता है, जबकि सेतु दिष्टकारी में $V_{s(rms)}$, वह पूर्ण द्वितीयक वोल्टता को निर्दिष्ट करता है।

उदाहरण : (Fig 5) में यदि ट्रासफार्मर द्वितीयक वोल्टता $V_{s(rms)}$ 24 वोल्ट है तो भार R_L के आरपार दिष्टकृत DC वोल्टता V_{dc} होगी।

समीकरण 2 से, सेतु दिष्टकारी के लिए V_{dc} को निम्न से दिया जाता है

$V_{dc} = 0.9\ V_{s(rms)}$

दिये गए उद्धाहरण में, $V_{s(rms)}$ = 24 वोल्ट।

अतः $V_{dc} = 0.9 \times 24 = 21.6$ वोल्ट

टिप्पणी : उसी ट्रांसफार्मर का प्रयोग करते हुये, एक द्वि-डायोड पूर्ण-तरंग दिष्टकारी ने केवल 10.8 volt दिये होगें, जो सेतु दिष्टकारी निर्गम का आधा है।

शिखा प्रतीप वोल्टता - सेतु दिष्टकारी (Peak Inverse voltage - Bridge rectifier) : (Fig 7) में एक सेतू दिष्टकारी दर्शाया गया है, जब द्वितीयक वोल्टता अपने अधिकतम मान पर पहुंचती हैं।

डायोड D_4 आदर्श रूप से लघुपथित (जैसे यह संचालित होती है) तथा D_1 आदर्श रूप से खुला होता है। बाहरी पाश (लूप) के चारो तरफ वोल्टताओं को जोडते तथा किरचाफ नियम को लागू करते हुए

$V_{s(peak)} - D_1$ के आरपार PIV + 0 = 0 या D_1 के आरपार PIV = $V_{s(peak)}$

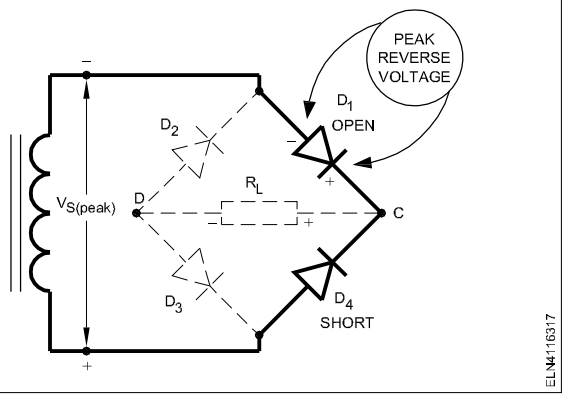
इसलिए D_1 के आरपार शिखर प्रतीप वोल्टता शिखर द्वितीयक वोल्टता $V_{s(peak)}$ बराबर होती हैं।

इस तरह से प्रत्येक डायोड के आरपार शिखर प्रतीप वोल्टता ट्रासफार्मर द्वितीयक की शिखर द्वितीयक वोल्टता $V_{s(peak)}$ के बराबर होगी। अतः प्रयुक्त डायोडों के PIV निर्धार $V_{s(peak)}$ से बडे होने चाहिये।

उदाहरण (Example)

Fig 7 में ट्रान्सफर्मर का सेकन्डरी वोल्टेज $V_{s(rms)}$, 24 है, प्रयुक्त डियोड का न्यूनतम PIV ज्ञात करें। ब्रिज रेक्टिफायर PIV पूरे डियोड में समान है और $V_{s(peak)}$ के बराबर है,

Fig 7



अतः दिए गए उदाहरण में,

$$PIV = V_{sd(peak)} = \frac{V_{s(rms)}}{0.707} = \frac{24}{0.707} = 34 \text{ volts}$$

(Fig 7) में यदि ट्रासफार्मर द्वितीयक वोल्टता $V_{s(rms)}$, 24 वोल्ट हैं तो प्रयुक्त डायोडों का न्यनतम PIV ज्ञात करें। एक सेतु दिष्टकारी में डायोडों के आरपार PIV समान तथा $V_{s(peak)}$ के बराबर होता हैं। अतः दिये गए उद्धाहरण में प्रयुक्त

$$PIV = V_{sd(peak)} = \frac{V_{s(rms)}}{0.707} = \frac{24}{0.707} = 34 \text{ volts}$$

सेतु दिष्टकारियों में डायोडों का धारा निर्धारण (Current rating of diodes in bridge rectifiers) : जैसे एक द्वि डयोड पूर्ण तरंग दिष्टकारी की स्थिति में है, (Fig 5) में दर्शाये गये सेतु दिष्टकारी में भी डायोड युग्म D_1, D_3 तथा D_2, D_4 में पूर्ण भार धारा का आधा वहन करते है। यह ऐसा है क्योकि प्रत्येक डायोड युग्म केवल AC निवेश चक्र के आधे के समय में ही संचालन करता है।

सेतु दिष्टकारी में भी D_1, D_3 तथा D_2, D_4 का केवल एक हानि यह है कि पूर्ण तरंग दिष्टकरण के लिए द्वि डायोड पूर्ण दिष्टकारी में दो के बदले चार डायोडों का प्रयोग करते हैं। लेकिन सेतु दिष्टकारी की सरल ट्रासफार्मर आवश्यकता तथा उच्चतर DC निर्गत तल द्वारा यह हानी क्षतिपूरित हो जाती है। अतः अधिकांश अनुप्रयोगो के लिए सेतु दिष्टकारी बहुत लोकप्रिय AC से DC दिष्टकारी है।

DC निर्गम के लिए तथा दो टर्मिनलो तथा AC निवेश के लिए दो टर्मिनलो के साथ एक ही पैके के रूप में प्रावरणित सेतु दिष्टकारी उपलब्ध है।

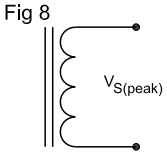
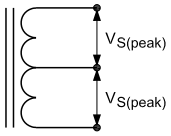
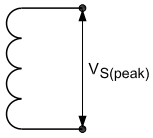
एक एम्पियर के धारा निर्धार वाले सामान्यः उपयोग होने वाले डायोड के लिए निम्नलिखित टेबल में आंकडें दिये गए है।

अधिकतम रेटिंग (MAXIMUM RATINGS)

रेटिंग	प्रतीक	नम्बर के प्रकार							यूनिट
		IN 4001	IN 4002	IN 4003	IN 4004	IN 4005	IN 4006	IN 4007	
अधिकतम पुनरावृत्ति रिवर्स वोल्टेज अधिकतम कार्य रिवर्स वोल्टेज DC ब्लाकिंग वोल्टेज	$V_{RM(rep)}$ $V_{RM(wkg)}$ V_R	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
गैर पुनरावृत्ति अधिकतम रिवर्स वोल्टेज (हाफ वेव 1-ϕ, 50 H2 पीक)	$V_{RM\ (nonrep)}$	75	150	300	600	900	1200	1500	Volts
RMS रिवर्स वोल्टेज	Vr	35	70	140	280	420	560	700	Volts
फारवर्ड धारा का रेक्टी फाइड़ औसत (1-ϕ रजिस्टिव लोड 50 H_2, T_A=75°C पीक)	Io			1.0					Amp
गैर पुनरावृत्ति (हाफ साइन वेव t = 10 msec)	IFM			30					
तापमान से एम्बियेंट का अधिकतम थर्मल प्रतिरोध (लीड लम्बाई 25 mm)	TJA			85					
अधिकतम आपरेटिंग तथा स्टोरेज जंक्शन तापमान रेंज	T_jT_{stg}			-65 to 175					

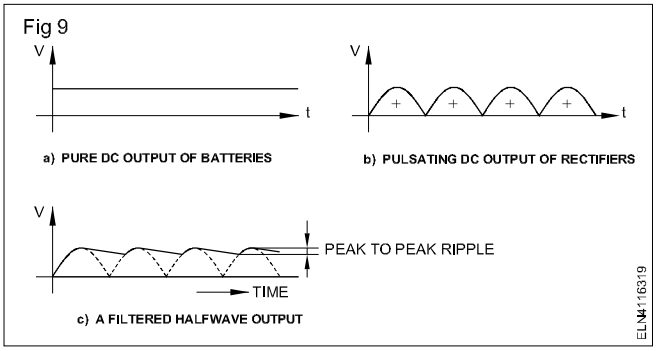
दूसरे डायोड के विनिर्देशन को आंकडा पुस्तक से प्राप्त कर सकते हैं ।

हाफ वेव, फुल वेव तथा ब्रिज रेक्टिफायर की तुलना टैबुलर फार्म में नीचे दी गयी है ।

	हाफ वेव	फुल वेव	ब्रिज
ड़ायोड की संख्या आवश्यक	1	2	4
ट्रान्सफार्मर पीक आउटपुट वोल्टेज	Fig 8 		
DC आउटपुट वोल्टेज V_s (peak)	$0.318 Y_{s(peak)}$	$0.636V V_{s(peak)}$	$0.636V V_{s(peak)}$
DC आउटपुट वोल्टेज V_s (rms)	$0.45 V_{s(rms)}$	$0.9 V_{s(rms)}$	$0.9V_{s(rms)}$
ड़ायोड धारा रेटिंग	$I_{L(max)}$	$0.5 I_{L(max)}$	$0.5I_{L(max)}$
पीक इंन्वर्स वोल्टेज	$V_{s(peak)}$	$2V_{s(peak)}$	$V_{s(peak)}$
रिपल फ्रिक्वेन्सी	f_{input}	$2f_{input}$	2_{finput}

फिल्टर सर्किट (Filter circuits) : जैसे (Fig 9a) में दर्शाया गया है कि बैटरी के निर्गत के समान स्थिर DC वोल्टता को उपलब्ध कराने के लिए प्रत्यावर्ती धारा को दिष्टकारित किया जाता है। लेकिन स्पन्दमान DC में दिष्टकारियों का निर्गत जैसे कि (Fig 9b) में दर्शाया गया है ।

Fig 9



अधिकांश इलेक्ट्रोनक परिपथो में स्पन्दी DC वोल्टता को उपयोग नही किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, यदि दिष्टकारी के निर्गत में से ये स्पन्दमान नही हटाये जाते है तो रेडियो से गुंजन की ध्वनि प्राप्त होगी। दिष्टकारी के DC निर्गत में से स्पन्दन को कम करने या शोधन (Filter) करने के लिए उपयोग हुए परिपथ को मसृणकारी (स्मूथिंग) परिपथ या प्रसिद्व रूप से ऊर्मिका (Ripple) फिल्टर कहते है।

ऊर्मिका (Ripple): (Fig 9c) में दर्शाये गये अनुसार फिल्टर के निर्गम में कम वोल्टता के उतार चढाव को ऊर्मिका कहते है।

फिल्टर (शोधन) **परिपथ घटक (Filter circuit components) :** फिल्टर परिपथ सामान्यतः संधारित्रों, प्रेरकों तथा प्रतिरोधों का संयोजन होते है।

फिल्टर (शोधन) **परिपथों के प्रकार (Types of filter circuits):** उपयोग होने वाले विभिन्न शोधन परिपथ निम्न है।

1 संधारित्र निवेश शोधन

2 RC शोधन

3 श्रेणी चालक शोधन

4 प्रतिबन्धक चोक निवेश LC शोधन

5 π शोधन

1 संधारित्र शोधक (Capacitor filter): संधारित्र शोधक सबसे सरल एवं सस्ता फिल्टर है। यहॉ पर एकबडा मान संधारित्र C भार प्रतिरोधक RL के आरपार जोडा जाता हैं, जैसा कि (Fig 10a) में दर्शाया गया हैं। धारा के AC घटकों को धारिता निम्न प्रतिकार्यता (Reactance) पथ देता है तथा DC को बहुत उच्च प्रतिरोध प्रस्तुत करता है। इसलिए पूरी DC धारा भार में से गुजरती है।

कार्यप्रणाली (Working): जब दिष्टकारित निर्गम वोल्टता बढ़ रही हो तो संधारित्र, शिखर वोल्टता Vm तक आवेशित होता है। धनात्मक शिखर पर पहुॅचने पर दिष्टकारी की निर्गत वोल्टता कम होने का प्रयास करती है। (Fig 10b) में तरंग रूप का अवलोकन करें। बिन्दु B पर संधारित्र के आरपार +Vm वोल्ट है, क्योंकि स्त्रोत वोल्टता Vm से कुछ कम हो जाती है इसलिए संधारित्र धारा को डायोड में से वापिस भेजने का प्रयास करेगा, जो डायोड को प्रतीप अभिनत बनाती है।

डायोड, भार से स्त्रोत को अलग करता है। संधारित्र भार के द्वारा निरावेशित होना प्रारम्भ होता है। अतः भार के आरपार वोल्टता शून्य

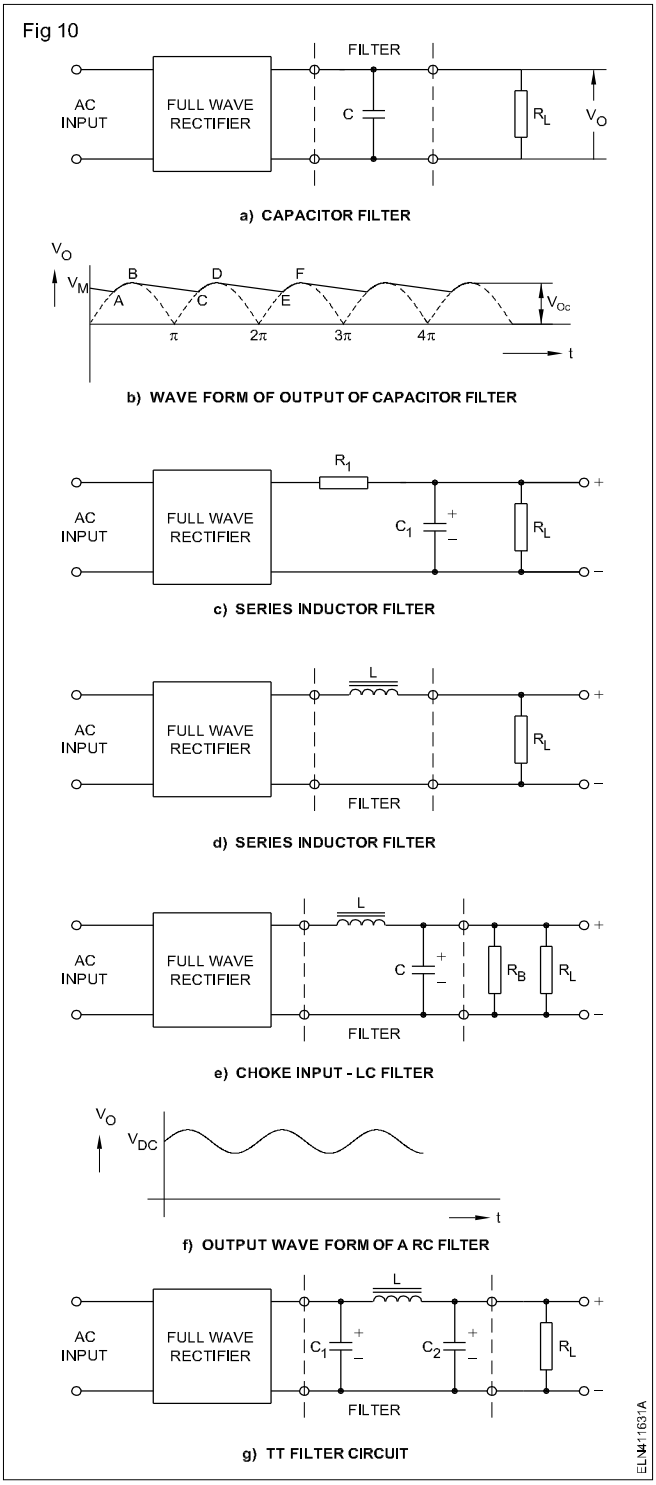


Fig 10

तक नही गिरेगी। संधारित्र लगातार निरावेशित होगा जब तक कि बिन्दु C पर स्त्रोत वोल्टता, संधारित्र वोल्टता से अधिक न हो जाये। डायोड पुन संचालन प्रारंभ करता है तथा संधारित्र शिखर मान V_m तक आवेशित होता है। संधारित्र के लिए आवेशित अवधि के समय दिष्टकारी संधारित्र के द्वारा आवेशित धारा I_c तथा भार धारा I_L के द्वारा आपूर्ति करती है।

(Fig 10b) में बिन्दु B तथा C के बीच संधारित्र जिस दर पर निरावेशित होती है, वह समय नियतांक R_LC पर निर्भर होता है। यह समय नियतांक जितना अधिक होगा, निर्गत वोल्टता उतनी ही स्थिर होगी।

ऊर्मि का परिकलन (Calculation of ripple): शोधन परिपथ को डिजाइन करते समय, शोधन परिपथ के निर्गम में ऊर्मिके वोल्टता, सैद्धान्तिक परिकलित करने के लिए निम्नलिखित विधियों का उपयोग किया जा सकता है।

विधि 1 (Method 1)

आवृत्ति f तथा धारिता C के दिये गये मान के लिए आपेक्षित भार धारा I_L जानते हुए, निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करते हुए शिखर से शिखर ऊर्मिका वोल्टता प्राप्त की जा सकता है।

$$V_{rip(p-p)} = \frac{I_L}{F_r C} \text{..........(2)}$$

जहॉ $V_{r(p-p)}$= शिखर से शिखर ऊर्मिका वोल्टता वोल्ट में हैं

I_L = आपेक्षित DC भार धारा एम्पियर में

F_r = ऊर्मिका आवृत्ति Hz में,

C = धारिता फैराडे में

अनुमेय $V_{r(p-p)}$ को नियत कर के तथा f तथा I_L को जानते हुए, इस सूत्र के उपयोग से C के लिए आपेक्षित मान को भी ज्ञात किया जा सकत है।

विधि 2 (Method 2)

निर्गम DC में ऊर्मिका को व्यक्त करने की दूसरी विधि है ऊर्मिका गुणक r से हैं जिसे निम्नानुसार परिभषित किया जाता है।

$$\text{ऊर्मिका गुणक,} \quad r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}} \quad \text{जहाँ}$$

r = ऊर्मिका गुणक (विमा रहित)

$V_{r(rms)}$ = ऊर्मिका वोल्टताओं के लिए rms मान

V_{dc} निर्गम पर मापी गई DC वोल्टता है

2 RC शोधन (RC filter): (Fig 10c) में एक सरल RC शोधन परिपथ दर्शाया गया है। इसमें एक प्रतिरोधक R_1 तथा संधारित्र C_1 होते हैं, जिन्हें दर्शाये गये अनुसार जोडा जाता है। प्रतिरोधक R_1 संधारित्र के निरावेशित समय को लम्बा करते हुए संधारित्र द्वारा उपलब्ध कराये शोधन में सहायता करता है।

3 श्रेणी प्रेरक शोधन (Series inductor filter): (Fig 10d) में एक श्रेणी प्रेरक शोधन परिपथ दर्शाया गया है। प्रेरक एक युक्ति है जो अपने में से प्रवाहित धारा में किसी भी परिवर्तन का विरोध करने की मूलभूत विशेषता रखता है। इस विशेषता का श्रेणी प्रेरण शोधन में उपयोग किया जाता है।

कार्यप्रणाली (Working): जब कभी प्रेरक में से धारा परिवर्तित होने का प्रयास करती है तो प्रेरक में एक पश्च विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है, जो धारा को अपना मान परिवर्तन होने से रोकता है। एक श्रेणी प्रेरक शोधन का प्रचालन उसमें से प्रवाहित धारा पर निर्भर करती है। इसलिए इस शोधन को एक पूर्ण-तरंग दिष्ट्कारी के साथ ही केवल प्रयोग किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त भार धारा में वृद्धि से ऊर्मिका कम होती है।

4 चोक-निवेश LC शोधन (Choke-input LC filter): एक चोक निवेश शोधक में श्रेणी में एक प्रेरक L तथा भार सहित शंट में एक संधारित्र C होता हैं, जैसा कि (Fig 10e) में दर्शाये गया हैं।

कार्यप्रणाली (Working): एक LC शोधन में, श्रेण प्रेरक शोधन तथा शन्ट संधारित्र शोधन दोनो के अभिलक्षण सम्मिलित होते है। चोक (लौह क्रोड प्रेरक) DC घटक को सरलता से गुजरने देता हैं क्यों कि यह DC के प्रति कोई प्रतिरोध प्रस्तुत नही होने देता है। संधारित्र AC ऊर्मिकाओं को गुजरने देता है। लेकिन DC को रोकता हैं। इसके फलस्वरूप, समस्त DC धारा भार प्रतिरोधक R_L में से गुजरती है। LC शोधन का निर्गम तरंग-रूप (Fig 10f) में दर्शाया गया हैं।

स्त्रावी प्रतिरोधक (Bleeder resistor): जब अधिक धारा प्रवाहित होती है तो प्रेरक अधिक अच्छा कार्य करता है क्योकि यह अपने प्रचालन के लिए धारा पर निर्भर करता है। इष्टतम (Optimum) कार्य के लिए परिपथ में एक स्त्रावी प्रतिरोध R_B सम्मिलित किया जाता हैं जैसे कि (Fig 10e) में दर्शाया गया है।

5 PI–शोधन (PI-filter): यह परिपथ (Fig 10g) में दर्शाया गया है। इसे संधारित्र निवेशी स्त्रावी भी कहते है। यह परिपथ एक प्रेरक तथा दो वैद्युत विशलेपी संधारित्रों का प्रयोग करता है। इसे संधारित्र निवेशी शोधन भी कहते हैं क्योकि C_1 प्रथम शोधन घटक है। इसे PI शोधन भी कहते है क्योंकि परिपथ π (यूनानी अक्षर) की तरह दिखता है।

कार्यप्रणाली (Working): दिष्टकारी निर्गत पहले C को जाता है जो संधारित्र शोधन की स्थिति के अनुसार एकान्तर रूप से आवेशित तथा निरावेशित होता है। संधारित्र C_2 भी समरूप शोधन क्रिया करता है। C_2 के निर्गम तथा भार द्वारा कर्पित धारा दोनों में प्रेरक परिवर्तनों का विरोध करता हैं। LC शोधन निवेश पर वोल्टता स्पाइक (Spikes) को हटाने के भी योग्य होता है।

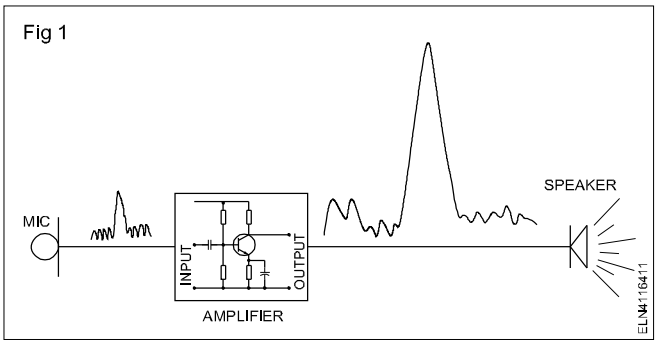
ट्रांजिस्टर (Transistors)

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

- **ट्रांजिस्टर का वर्णन करना**
- **PNP तथा NPN ट्रांजिस्टर की कार्यप्रणाली का वर्णन करना**
- **महत्वपूर्ण पैकेज तथा टाईप नम्बर प्रणालियों का वर्णन करना**
- **ट्रांजिस्टर के परीक्षण का वर्णन करना।**

परिचय (Introduction): ट्रांजिस्टर एक क्रियाशील युक्ति है जो आधुनिक इलेक्ट्रानिक्स का हृदय है। यह छोटे विद्युत संकेत को या तो निवेशी पर वोल्टता या धारा के रूप में स्वीकार करता है। फिर आवर्धित आयाम को बढ़ाता है, तथा Fig 1 में दर्शाये गये अनुसार निर्गत पर बड़े सिग्नल उपलब्ध कराता हैं । ट्रांजिस्टर लगभग सभी इलेक्ट्रनिक गजट जैसे रेडियो, टी. वी. टैपरिकार्डर, कम्प्यूटर, इत्यादी में उपयोग होता हैं ।

Fig 1



ट्रांजिस्टर के अविष्कार से पहले (1947) निर्वात नली या वाल्व थे जिनका प्रयोग प्रवर्धकों में किया जाता था ।

वर्तमान के ट्रांजिस्टरों की तुलना में निर्वात नली, आमाप (साइज) में बड़ी होती थी, अधिक शक्ति उपभोग करती थी, बहुत अवांछित ताप उत्पन्न करती थी तथा कमजोर थी । अतः जैसे ही ट्रांजिस्टर बाजार में आये तो निर्वात नली अप्रचलित हो गई ।

बैल टेलिफोन प्रयोगशाला के वाल्टर H ब्राजील तथा जान बॉरलो ने 23 दिसम्बर 1947 को ट्रांजिस्टर का अविष्कार किया था। निर्वात नली से तुलना में, ट्रांजिस्टर के कई लाभ है। कुछ महत्वपूर्ण लाभ नीचे दिये गये है ।

- आमाप (साइज) में बहुत छोटे
- भार में कम
- ऊष्मा के रूप न्यूनतम या कोई हानि नही
- निम्न प्रचालन वोल्टता।
- दृढ़ रचना

विभिन्न अनुप्रयोगो को पूरा करने के लिए विभिन्न प्रकार की ट्रांजिस्टर, विभिन्न पैकिंग में मिलते है। जैसा डायोडो में हैं, अभिलक्षण पर निर्भर करते हुए ट्रांजिस्टरों को टाइप नं. दिए जाते हैं, जैसे BC107, 2N6004 आदि। इन टाइप नम्बरों के अनुरूप अभिलक्षण आंकड़ा, आंकड़ा पुस्तकों में दिये गये हैं।

ट्रांजिस्टर द्वि ध्रुव, क्षेत्र प्रभाव तथा यूनिट जंक्शन (संधि) जैसे में मिलते है ।

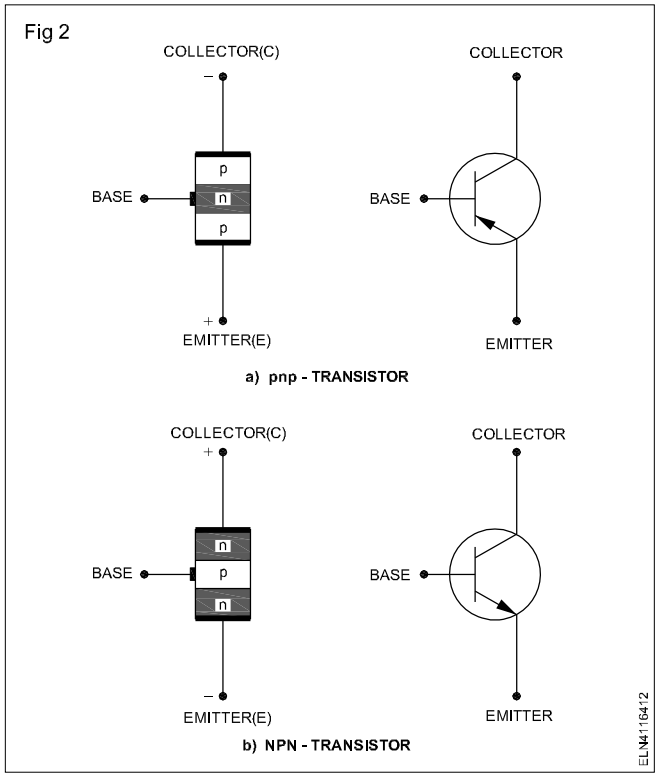
द्वि ध्रुवी (bi polar) संधि ट्रांजिस्टर, स्नेहक लेपित (doped) अर्ध चालक की दो विपरीत धुवता का उपयोग करते हैं, जैसे N टाइप तथा P टाइप ।

क्षेत्र प्रभाव (फील्ड इफेक्ट) ट्रांजिस्टर, अपनी कार्यप्रणाली के लिए आवेशित किये हुए वाहक की वैद्युत प्रतिकर्षण क्षेत्र (Electrostatic) का उपयोग करते है ।

एक संधि ट्रांजिस्टर, P तथा N प्रकार के अर्ध चालक के एकल संधि का उपयोग करते है ।

द्वि ध्रुवी संधि ट्रांजिस्ट की रचना (Construction of bipolar junction transistors): द्वि ध्रुवी संधि ट्रांजिस्टर बिन्दु सम्पर्क, संवृद्ध संधि (grown junction), अलाय संधि, विसरण संधि तथा एपीटेक्सीय (अधिरोही) जैसे विभिन्न विधियों से सिल्किन या जर्मेनियम पदार्थ के बने तीन-घटक युक्ति (उत्सर्जक, आधार, संग्राहक) से बने होते है। ट्रांजिस्टर की रचना तथा चिन्ह NPN तथा PNP को Fig 2 में दर्शाया गया है।

Fig 2



ट्रांजिस्टर को दर्शाये गये चिन्ह से प्रदर्शित किया जाता है। उत्सर्जक का तीर, ट्रांजिस्टर में से प्रवाह होने वाली धारा को दर्शाता हैं।

अधिकांश ट्रांजिस्टरो में संग्राहक क्षेत्र को उत्सर्जक क्षेत्र की अपेक्षा भौतिक रूप से कुछ बडा बनाया जाता है, क्योंकि उसे अधिक ऊष्मा क्षय करना होता है। आधार बहुत हल्के रूप से स्नेक लेपित (doped) होते है तथा बहुत पतले होते है। उत्सर्जक अत्याधिक रूप से स्नेहक लेपित होता है। संग्राहक का स्नेहक लेपन, आधार से अधिक होती है लेकिन उत्सर्जक से कम होता हैं।

ट्रांजिस्टरो का वर्गीकरण (Classification of transistors)

1 प्रयुक्त अर्धचालक के आधार पर। (Based on the semi-conductor used)

- जर्मेनियम ट्रांजिस्टर,
- सिलिकन ट्रांजिस्टर

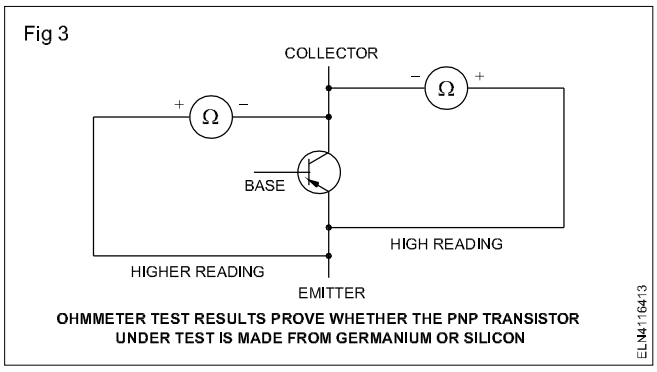
जैसा डायोड में है, उपयुक्त दो महत्वपूर्ण अर्ध चालकों में से किसी एक का उपयोग करके ट्रांजिस्टर बनाये जा सकते है। तथापि, अधिकांश ट्रांजिस्टर सिलिकन के उपयोग से बनते है। यह इसलिए है क्योकि सिलिकन ट्रांजिस्टर, एक व्यापक तापमान परास (उच्चतर ऊष्मीय स्थिरता) पर जर्मेनियम ट्रांजिस्टरो की अपेक्षा अधिक अच्छी तरह से कार्य करते है।

ट्रांजिस्टर में उपयोग हुए अर्धचालक को ज्ञात करने की विधि (Method of finding the semi conductor used in Transistor)

किसी विशेष ट्रांजिस्टर में प्रयुक्त अर्धचालक के बारे में सूचना ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तके देती है।

आंकड़े की अनुपस्थिति में फिर भी एक ओह्ममापी से यह शीघ्रता से जाँच किया जा सकता है कि ट्रांजिस्टर सिलिकॉन या जरमेनियम का बना है। Fig 3 में दर्शाये गये अनुसार PNP ट्रांजिस्टर के परीक्षण में पहले ओह्ममापी की ऋणात्मक लीड को संग्राहक से तथा धनात्मक लीड को उत्सर्जक से जोडे। इस संलग्नी (hook-up) से उत्सर्जक से संग्राहक को उच्च प्रतिरोध का पाचांक दर्शायेगा।

Fig 3



OHMMETER TEST RESULTS PROVE WHETHER THE PNP TRANSISTOR UNDER TEST IS MADE FROM GERMANIUM OR SILICON

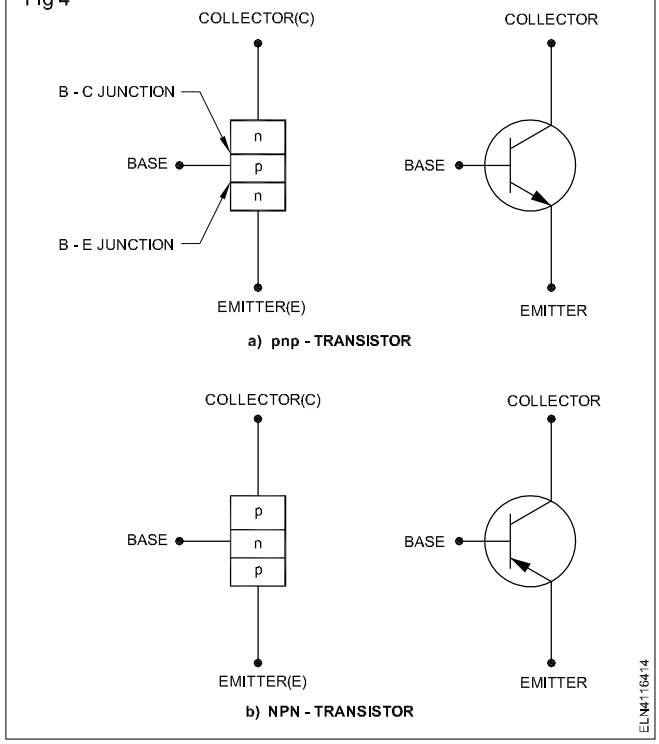
फिर ओह्ममापी के लीड के कनेक्शन को विपरीत करें तथा प्रतिरोध का पाचांक और उच्च होगा। यदि मीटर पैमाने पर ओह्म को पढ़ना सम्भव हो तो वह जरमेनियम ट्रांजिस्टर है। यदि पाचांक मेगा ओह्म से अनंत परास का हो तो वह सिलकान ट्रांजिस्टर है।

2 P तथा N संधि की व्यवस्था पर आधारित, जैसे Fig 4 में दर्शाया गया है।

- NPN तथा
- PNP ट्रांजिस्टर।

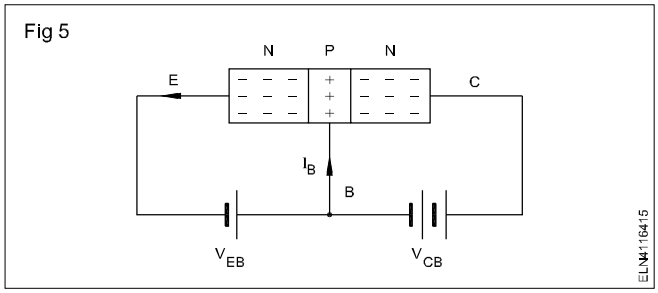
इलेक्ट्रानिक परिपथों में NPN तथा PNP दोनों ट्रांजिस्टर, सामान रूप से उपयोगी है। फिर भी NPN ट्रांजिस्टरो को प्राथमिकता दी जाती है क्योकि PNP की तुलना में NPN की स्विचन गति उच्च होती है।

Fig 4



NPN ट्रांजिस्टर का प्रचालन (Operation of NPN transistor): ट्रांजिस्टर के सामान्य प्रचालन के समय उत्सर्जक, आधार संधि को अग्र अभिनति का होना चाहिए तथा आधार, संग्राहक संधि को विपरीत अभिनति का होना चाहिए, जैसा कि Fig 5 में दर्शाया गया है।

Fig 5

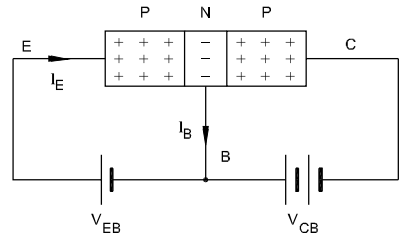


यदि V_{EB} रोधिका विभव (जर्मेनियम के लिए 0.3V तथा सिलिकन के लिए 0.7V) से अधिक हो तो V_{EB} की ऋणातमक ध्रुवता से उत्सर्जक में इलेक्टान प्रतिकर्षित होंगे तथा आधार को भेजे जायेंगे। आधार में कुछ होल्स (holes) को भरने के बाद ये इलेक्ट्रान किसी भी दो दिशा में प्रवाह हो सकते हैं। कुछ इलेक्ट्रान, V_{EB} के धनात्मक टर्मिनल की तरफ आकर्षित होंगे जिससे आधार, धारा I_B उत्पन्न होती है। आधार तथा संग्राहक के अनेक इलेक्ट्रान V_{CB} के उच्च स्थिति विभव से आकर्षित होते है। जिससे संग्राहक धारा I_C उत्पन्न होती है। उर्त्सजक धारा I_E , आधार तथा संग्राहक धारा के बराबर होती है।

$I_E = I_B + I_c$

PNP ट्रांजिस्टर की कार्यप्रणाली (Working of PNP transistor): PNP ट्रांजिस्टर के उचित प्रचालन के लिए आधार उत्सर्जक संधि को अग्र अभिनति तथा संग्राहक आधार संधि को विपरीत अभिनति का होना चाहिए, जैसा कि Fig 6 में दर्शाया गया है।

Fig 6



होल्स, जो मुख्य धारा वाहक है वे उत्सर्जक से आधार क्षेत्र में अंत:क्षिप्त (inject) किये जाते है। आधार संग्रहक संधि के विपरीत अभिनति से संग्राहक क्षेत्र, आधार के सापेक्ष ऋणात्मक बनता है तथा इसलिए होल्स (कोटर) जो धनात्मक आवेश ले जाते है, वे आधार में भेदन करते है तथा संग्राहक संधि के बीच प्रवाहित होते है तथा लगायी गई बाहरी वोल्टता में प्रवाहित होते है।

NPN तथा PNP ट्रांजिस्टर को पहचानने की विधि (Method of identify PNP and NPN transistors): ट्राजिस्टर NPN तथा PNP का है इसे ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तक से पता लगाया जा सकता है।

आंकड़े की अनुपस्थिति में, ट्रांजिस्टर के प्रकार को पहचानने के लिए निम्नलिखित विधि अपनाई जाती है, कि ट्रांजिस्टर NPN या PNP है।

PNP को पहचानना (PNP Identification): ट्रांजिस्टर के प्रकार को पहचानने के लिए, पहले ओह्ममापी से यह सुनिश्चित कर ले कि धनात्मक लीड तथा ऋणात्मक लीड कौन सी है। आवश्यकता हो तो अपकरण के लिए पिछले भाग को निकाले तथा लीड के जोड़ (धनात्मक से धनात्मक, ऋणात्मक से ऋणात्मक) के सापेक्ष बैटरी की ध्रुवता की जाँच करे।

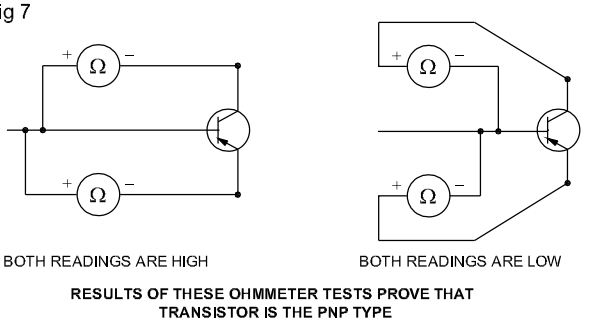
ट्रांजिस्टर को उसके प्रकार के लिए जाँच करना।

1 धनात्मक लीड़ को ओह्ममापी से ट्रांजिस्टर के आधार की तरफ हुक करें। (Fig 7)

2 ऋणात्मक सिरे को ओह्ममापी से जोड़े, पहले एक ट्रांजिस्टर के सिरे को, फिर दूसरे को।

3 यदि दोनो पाचांक, उच्च प्रतिरोध दर्शाये तो ऋणात्मक ओह्ममापी लीड को ट्रांजिस्टर के आधार से हुक करें। (Fig 7)

Fig 7

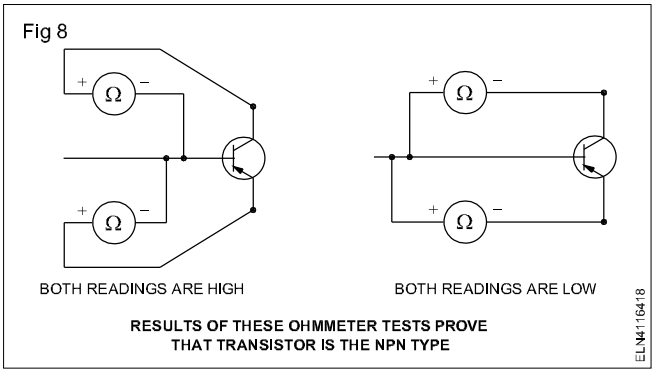


4 धनात्मक लीड को ओह्ममापी से पहले एक ट्रांजिस्टर के सिरे से, फिर दूसरे से जोडे।

5 यदि दोनो पाचांक कम प्रतिरोध दर्शाये तो वह PNP ट्रांजिस्टर है।

NPN को पहचानना (NPN identification): माना कि ओह्ममापी का परीक्षण, ट्रांजिस्टर के आधार से जुडे ऋणात्मक ओह्ममापी के सिरे तथा दूसरी लीड को ट्रांजिस्टर की लीड से ट्रांजिस्टर की लीड को स्विच किये हुए, के साथ उच्च प्रतिरोध दर्शाता है। संदर्भ के लिए Fig 8 देखें।

Fig 8



परीक्षण को निम्नानुसार लगातार करें।

1 ओह्ममापी के सिरो को विपरीत करें, विपरीत लीड को ट्रांजिस्टर के आधार से जोडें।

2 ओह्ममापी की ऋणात्मक लीड को पहले एक ट्रांजिस्टर की लीड से तथा फिर दूसरे से जोड़े।

3 यदि पाचांक कम प्रतिरोध दर्शाये तो वह NPN ट्रांजिस्टर है।

3 ट्रांजिस्टरों की शक्ति प्रहस्तन क्षमता के आधार पर, इन्हे निम्नानुसार वर्गीक्रृत किया जाता है। (Based on the power handline capacity of transistors, they are classified as)

1 कम शक्ति के ट्रांजिस्टर, 2 वाट से कम।

2 मध्यम शक्ति के ट्रांजिस्टर 2 से 10 वाट के बीच होते है।

3 उच्चतर शक्ति के ट्रांजिस्टर 10 वाट से अधिक।

कम शक्ति के ट्रांजिस्टरों को जिन्हे छोटे सिंग्नल प्रवर्धक भी कहते है, इनका प्रयोग सामान्यत: प्रवर्धक के प्रथम चरण में किया जाता है, जिसमें प्रवर्धित किए जाने वाले सिंग्नल (संकेत) का सामर्थ्य कम होता है। उदाहरणार्थ एक माइक्रोफोन, टैप हैड, परातरिंत्र (ट्रांस्ड्यूसर) (Transducer) इत्यादि।

मध्यम शक्ति तथा उच्च शक्ति के ट्रांजिस्टर जिन्हे बडे सिंग्नल प्रवर्धक भी कहते है, का प्रयोग मध्यम से उच्च शक्ति के प्रवर्धन को प्राप्त करने के लिए लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए लाउडस्पीकरों आदि को दिया जाने वाला सिंग्नल उच्च शक्ति ट्रांजिस्टर सामान्यत:, धातु की चेसिस या भौतिक रूप से धातु के बडे टुकड़े, जिसे ऊष्मा ग्राही (हीट सिंक) कहते है, पर आराहित किया जाता है। ऊष्मा ग्राही का कार्य ट्रांजिस्टर से ऊष्मा लेना तथा वायु में छोड़ना है।

विभिन्न ट्रांजिस्टरों की शक्ति प्रहस्तन क्षमता के बारे में सूचना ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तक में उपलब्ध है।

4 अनुप्रयोग की आवृत्ति पर आधारित (Based on the frequency of appication)

- निम्न आवृत्ति ट्रांजिस्टर (A/F ट्रांजिस्टर की श्रव्य आवृत्ति)
- उच्च आवृत्ति ट्रांजिस्टर (R/F ट्रांजिस्टर की रेडियो आवृत्ति)

टेपरिकार्डर, PA सिस्टम आदि में निम्न या श्रव्य परास आवृत्तियों के संकेतों के लिए आपेक्षित प्रवर्धन में A/F ट्रांजिस्टर का प्रयोग होता है। उच्च तथा बहुत उच्च आवृत्तियों जैसे रेडियो रिसीवर, टेलीविजन रिसिवर आदि जैसे के संकेत के लिए आवश्यक प्रवर्धन में R/F ट्रांजिस्टर उपयोग होते है।

ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तक किसी विशेष ट्रांजिस्टर के बारे में सूचना देता है कि वह A/F या R/F ट्रांजिस्टर है।

5 निर्माण की विधि के आधार पर (Based on the manufacturing method)

- वर्धित (grown) संधि
- मिश्रण संधि
- प्लेनर सम्पर्क
- अधिस्तर (Epitoxial)
- मेसा (Mesa)

प्रत्येक निर्माण प्रक्रम का उद्देश्य, एक विशेष प्रकार के अनुप्रयोग के लिए उपयुक्त ट्रांजिस्टर का उत्पादन करना है।

ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तकें, सामान्यतः ट्रांजिस्टर के निर्माण की अपनाई गई प्रक्रिया के बारे में जानकारी नही देती है। फिर भी, ट्रांजिस्टर के निर्माताओं से सम्बंधित वर्णन प्राप्त किया जा सकता है।

6 अन्तिम पैकिंग के प्रकार पर आधारित (Based on the final packaging)

- धातु
- प्लास्टिक
- सिरेमिक

सामान्यतः धातु से पैक किये गये ट्रांजिस्टरों का प्रयोग मध्यम तथा उच्च शक्ति के प्रवर्धनों में किया जाता है। निम्न शक्ति प्रवर्धन के लिए सामान्यतः प्लास्टिक पैकिंग को उपयोग किया जाता है। कुछ प्लास्टिक पैकिंग धातु ऊष्मा ग्राही के साथ मिलते है। ऐसे ट्रांजिस्टरों का प्रयोग, मध्यम शक्ति प्रवर्धन के लिये होता है। उच्च ताप स्थिरता, बहुत उच्च आवृत्ति अनुप्रयोग के लिए विशेष प्रयोजन के लिए सिरेमिक पेकिंग का प्रयोग किया जाता है।

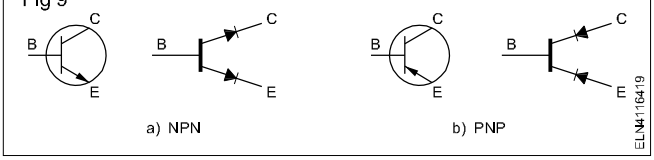
ट्रांजिस्टरों के साथ प्रयुक्त पैकेजिंग टाईप कोड के कुछ उदाहरण हैं TO-3,TO-92-SOT-25 इत्यादि।

ट्रांजिस्टर आंकड़ा पुस्तकों में पैकेजिंग के प्रकार तथा उसके केस की रूपरेखा के बारे में सूचना देता है। तीन लीड के उपकरण जैसे ट्रांजिस्टर, SCR, ट्रैक (Triacs) इत्यादि, TO (ट्रांजिस्टर रूपरेखा) या SOT (ट्राजिस्टर के लिये अर्ध चालक रूपरेखा) के बाद नम्बरों के जैसे पैकेज नम्बर में केस में होते है। अभिकल्पनाकार (डिजार्नस) के बाद पैकेज का नम्बर, परिपथ के अभिकल्पनाकार से विरल रूप से उपयोग किये जाते है तथा अप्रचलित हो गये है। तीन लीड युक्ति के लिये प्रायः उपयोग होने वाले कुछ महत्वपूर्ण रूपरेखा निम्ननुसार है।

ट्रांजिस्टर की परीक्षण (Testing of transistor): ट्रांजिस्टर को आंकड़ा पुस्तक में दर्शाये गये सभी विनिर्देशो के लिए परीक्षण किया जा सकता है, लेकिन कुछ के अतिरिक्त लगभग सभी विनिदेशो के सत्यापान के लिए विस्तृत सेप अप की आवश्यकता होती हैं तथा ट्रांजिस्टर को स्थायी रूप से क्षतिग्रस्त कर सकता हैं।

दो डायोडों को पश्च से पश्च जोडने पर ट्रांजिस्टर की स्थिति Fig 9(a) तथा (b) में दर्शाये गये अनुसार होगी। ओह्ममापी को संधि की जाँच करने के लिए उपयोग किया जा सकता है कि क्या वह खुला परिपथ या लघु परिपथ है। लघु को R से संकेत किया जा सकता है, प्रयोगिक रूप से शून्य ओह्म ।

Fig 9



अनन्त ओह्म की दिशा में बहुत अधिक मेगा ओह्म का बहुत उच्च R का अर्थ है, खुला परिपथ। ओह्ममापी के पाचांक के लिए परिपथ में शक्ति को बन्द कर देना चाहिए।

युक्ति को प्राथमिकता देते हुए परिपथ से बाहर रखा जाता है जिससे कि किसी भी सामान्तर पथ का विलोपन हो सकें, जो प्रतिरोध के पाचांक को ट्रांजिस्टर के लिए प्रभावित कर सकें। आधार से उत्सर्जक के लिए कम प्रतिरोध या आधार से संग्राहक अग्र अभिनति को दर्शायेगा, तथा जब ओह्ममापी / बहुमापी की लीड को स्थानान्तरित किया जाता है तो प्रतिरोध को विपरीत अभिनति को संकेत करते हुए बहुत उच्च होना चाहिए।

संभावित सम्भवनाएँ निम्न है (Probable possibilities are)

1 जब विपरीत से अग्र R का अनुपात बहुत उच्च हो तो संधि अच्छी है।

2 जब दोनों बहुत कम, शून्य के निकट हो तो संधि, लघुपथित है।

3 जब दोनो अग्र तथा विपरीत R बहुत उच्च हो, अनन्त के निकट तो, संधि खुला है।

4 जब दोनो संधि अच्छे हो तो ट्रांजिस्टर अच्छा है।

5 टर्मिनल विवरण के बिना वाले ट्रांजिस्टर के लिए, संग्राहक तथा उत्सर्जक टर्मिनल के बीच पहचानते हुए, आधार को सरलता से पहचाना जा सकता है।

सामान्यतः किसी भी शक्ति ट्रांजिस्टर के लिए, उत्पन्न अतिरिक्त ऊष्मा को क्षय करने के लिए सग्राहक को धातु के भाग / केस से जोड़ा जाता है।

6 उच्च वोल्टता बहुमापी से (9V सेल में Ω x 100 परास के साथ Motwane बहुमापी) जेनर क्रिया के कारण उत्सर्जक आधार संधि

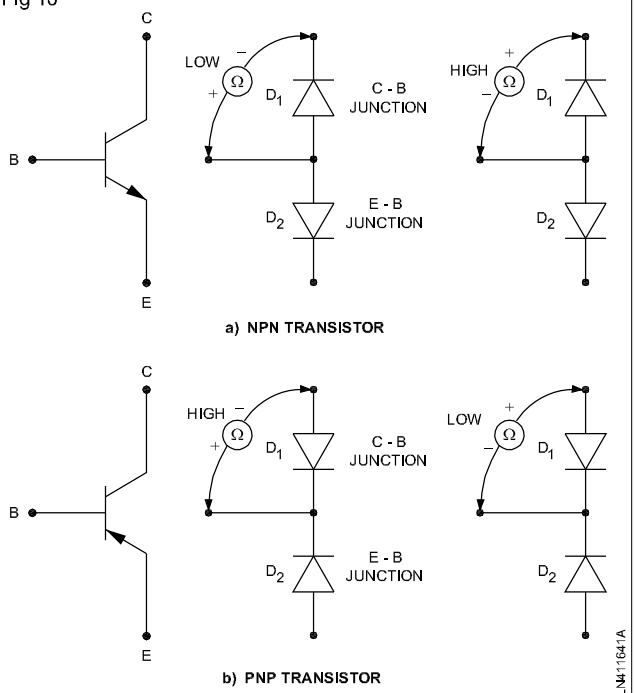
कुछ विपरीत प्रतिरोध दर्शाता है, जिसे सभी प्रयोजनो के लिए उच्च प्रतिरोध की तरह मानना चाहिए।

जर्मेनियम ट्राजिस्टर की प्रत्येक संधि के लिए अग्र प्रतिरोध बहुत कम होता है तथा विपरीत दिशा में उच्च प्रतिरोध होता है। जबकि सिलिकन ट्रांजिस्टर का साधारण अग्र प्रतिरोध तथा अनन्त विपरीत प्रतिरोध होता है।

Fig 10a में NPN ट्रांजिस्टर दर्शाया गया है तथा Fig 10b में PNP ट्रांजिस्टर दर्शाया गया है। काल्पनिक डायोड 1 तथा 2 को, किसी भी डायोड को परीक्षण करके परीक्षण किया जा सकता है। जब डायोड को परीक्षण किया जाता है तो यदि ओह्ममापी एक दिशा में उच्च प्रतिरोध तथा दूसरी दिशा में निम्न प्रतिरोध दर्शाता है तो उस डायोड संधि के संगत डायोड को अच्छा कहा जा सकता है। ट्रांजिस्टर में नोट किये जाने वाला एक महत्वपूर्ण बिन्दु यह है कि ट्रांजिस्टर को अच्छा घोषित करने के लिए ट्रांजिस्टर के दोनों डायोड़ों को अच्छ होना चाहिये।

ओह्ममापी के उपयोग से ट्रांजिस्टर का परीक्षण करते समय यह सलाह दी जाती है कि मध्य ओह्ममापी का परास (Rx 100) का उपयोग करें, क्योकि कम परास में ओह्ममापी अत्याधिक धारा उत्पन्न कर सकता है तथा उच्च परास में ओह्ममीाप अत्याधिक वोल्टता उत्पन्न कर सकता है, जो छोटे सिग्नल के ट्रांजिस्टर को क्षति पहुँचाने के लिए पर्याप्त है।

Fig 10



ट्राँजिस्टर बायसिंग और विशेषताएँ (Transistor biasing and characteristics)

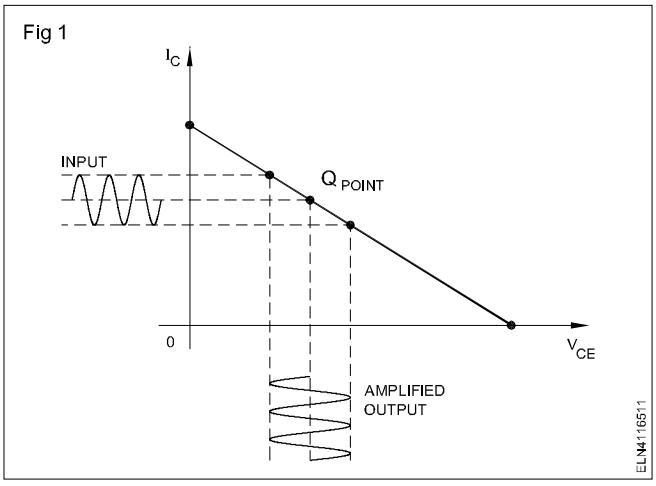
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **ट्रांजिस्टर के बायसिंग की आवश्यकता एवं प्रकार बताना**
- **ताप और β_{dc} परिवर्तन के कारण Q बिंदु बदलने का कारण बताना**
- **ट्रांजिस्टर की विशेषताएँ बताना**
- **DC लोड लाइन और Q बिंदु का ट्रांजिस्टर अभिलाक्षिणक के महत्त्व बताना।**

ट्राँजिस्टर बायसिंग की आवश्यकता (Need of biasing of transistor)

किसी को मोटर सायकल की सवारी करने या कार चलाने से पहले उसे इंजन को शुरू करना होता है और इंजन को चालू रखना पड़ता है। सामान्य पदों में ट्रांजिस्टर बायसिंग उसी प्रकार है कि इसका वास्तविक उपयोग से पहले इसे शुरू करके रखना। एक बार जब ट्रांजिस्टर कार इंजन की तरह शुरू हो जाता है तब इसे प्रवर्धित किया जा सकता है। जैसे कि कार को चलाकर दूरी तय किया जाता है।

ट्रांजिस्टर को AC सिग्नल दिया जाने से पूर्व यह आवश्यक है कि इसके लिए प्रचलन बिंदु या मौन बिंदु Q तैयार किया जाये। सामान्य रूप से यह Q पाइंट DC लोड लाइन के मध्य बिंदु पर सेट किया जाता है। एक बार जब Q पाइंट सेट किया जाता है तब इनकमिंग AC सिग्नल Q पाइंट के ऊपर और नीचे उतार चढ़ाव उत्पन्न कर सकता है जैसा कि (Fig 1) में



ट्रांजिस्टर प्रवर्धक परिपथ के सामान्य प्रचालन के लिए यह आवश्यक है कि वह

a) एमीटर-बेस (उत्सर्जक-आधार) संधि फॉरवर्ड बॉयस में हो और

b) कलेक्टर-बेस (संग्राहक-आधार) संधि रिवर्स बॉयस में है

इसके अतिरिक्त Q बिंदु के स्थापना के लिए बॉयसिंग की आवश्यकता महत्त्वपूर्ण है जिसे चाही गई प्रचालन मोड द्वारा निकाला जाता है।

यह ट्रांजिस्टर को सही बॉयसिंग नहीं किया गया है तब-

1) यह अकुशलता के साथ कार्य करता है

2) आउटपुट सिग्नल में विक्षोभ उत्पन्न करता है।

यह वांछित है कि एक बार चयनित किया गया Q बिंदु स्थिर रहे इसका मान ताप में वृद्धि के कारण β (V_{BE}) परिवर्तन या लीकेज करंट के कारण बदलना नहीं चाहिए।

इसके बाद इनपुट सिग्नल के धारा और वोल्टेज में आयाम परिवर्तन होने पर था तो संतृप्तता में कट ऑफ होने तक नहीं चलाना चाहिए।

स्थिर Q बिंदु (Stable Q point): एक प्रवर्धक ट्रांजिस्टर का सेट किया हुआ Q बिंदु तापमान में वृद्धि और ट्रांजिस्टर के β मान परिवर्तन के कारण बदल जाता है अतः एक अच्छे बायसिंग का यह उद्देश्य है कि Q बिंदु के बदलाव को रोका जा सके या एक स्थिर Q बिंदु प्राप्त किया जा सके।

Q बिंदु कुछ और नहीं बल्कि ट्रांजिस्टर के आउटपुट आभिलाक्षणिक का एक बिंदु है। यह बिंदु I_B, I_Cऔर V_{CE} के विशिष्ट मान के अनुरूप होता है। इसके बाद संग्राहक धारा I_C ट्रांजिस्टर के I_B और β दोनों पर निर्भर करता है। यदि I_B बदलता है तो I_c भी बदलता है और इसलिए Q बिंदु भी बदलता है यदि β बदलता है तो फिर से I_C भी बदलता है। इसलिए Q भी बदल जाता है।

ताप परिवर्तन के कारण Q बिंदु को बदलना (Shifting of Q point due to temperature): याद रखें कि ट्रांजिस्टर ताप संवेदी युक्ति है। संधि पर किसी प्रकार के ताप वृद्धि के परिणाम स्वरूप लीकेज करंट होता है। यह बढ़ा हुआ लीकेज धारा पुनः ताप में वृद्धि करता है इस प्रकार यह प्रभाव को बढ़ाता है। यह श्रृंखलाबद्ध क्रिया थर्मल रन अवे (thermal run away) कहलाता है। यदि थर्मल रन अवे को नहीं रोका जाता है तो ताप के अधिकता के कारण पूरा ट्रांजिस्टर नष्ट हो सकता है। ट्रांजिस्टर में बढ़े हुए लीकेज धारा के कारण बेस धारा बढ़ता है और इसलिए Q बिंदु बदल जाता है। Q बिंदु हा यह परिवर्तन एम्प्लीफायर कार्य को विक्षोभ के परिणाम स्वरूप प्रभावित करता है।

β_{dc} के कारण Q बिंदु को बदलना (Shifting of Q point due to β_{dc} changes): प्रायोगिक तौर पर दो समान प्रकार के ट्रांजिस्टर के β मान भिन्न-भिन्न हो सकता है। यह ट्रांजिस्टर के निर्माण प्रक्रिया के कारण होता है। इसलिए जब कोई ट्रांजिस्टर निकाला जाता है और लगाया जाता है तो भिन्न मान के ट्रांजिस्टर निकाला जाता है और लगाया जाता है तो भिन्न मान के ट्रांजिस्टर लगाये जाने पर Q बिंदु पुनः बदल जाता है।

अतः एक स्थिर बायसिंग वह है जिसमें Q बिंदु में बदलाव न हो जबकि ट्रांजिस्टर तापमान में परिवर्तर या β के मान में परिवर्तन किया जाए।

ट्रांजिस्टर बायसिंग की भिन्न विधियाँ (Different methods for transistor biasing): ट्रांजिस्टर के रैखिक प्रचालन की कई विधियाँ है अर्थात Q बिंदु की DC लोड लाइन के मध्य बिंदु पर सेट करने की कई विधियाँ हैं।

ट्रांजिस्टर को बायसिंग प्रदान करने की निम्न विधियाँ है

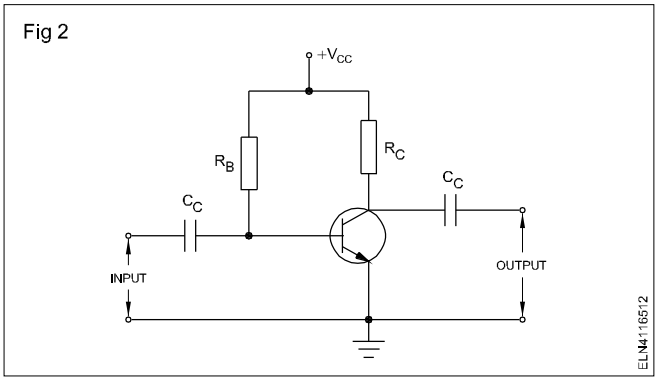
1 फिक्स्ड बॉयस या बेस बॉयस (fixed bias or base bias)

2 सेल्फ बॉयस या एमीटर बॉयस या एमीटर फीड बैक बॉयस (self-bias or emitter bias or emitter feed back bias)

3 वोल्टेज डिवाइडर बॉयस (voltage divider bias)

फिक्स्ड बॉयस या बेस बॉयस (Fixed bias or base bias): Fig 2 में एक फिक्स्ड बॉयस परिपथ दिखाया गया है जिसमें पॉवर स्रोत V_{cc} और प्रतिरोध R_B द्वारा फिक्स्ड बायसिंग है।

Fig 2



सेल्फ बॉयसिंग व्यवस्था कम मान के धारा के लिए प्रायेगिक नहीं है क्योंकि निम्न कारणों से DC Q बिंदु बदल जाता है

– खराब β संवेदनशीलता

– ट्रांजिस्टर प्रचालन के दौरान तापमान में परिवर्तन के बॉयस वोल्टेज और धारा एक समान नहीं रहता है।

बेस बॉयस ट्रांजिस्टर में स्थिर Q बिंदु सेट करना असंभव है। अतः रैखिक प्रवर्धक परिपथ में प्रायः ट्रांजिस्टर के बेस बॉयसिंग नहीं किया जाता है। हांलाकि बेस बॉयसिंग सामान्य रूप से डिजिटल सर्किट में (आगे के पाठ में किया गया है) जहाँ ट्रांजिस्टर का उपयोग एक स्विच की तरह किया जाता है न कि रैखिक प्रवर्धक के रूप में।

2 सेल्फ बॉयस या एमीटर बॉयस या एमीटर फीड बैक बॉयस (SELF BIAS or EMITTER BIAS or emitter feedback bias): Fig 3 में एमीटर बॉयस ट्रांजिस्टर दिखाया गया है। इस प्रकार के बॉयसिंग तापमान के उतार-चढ़ाव को यह सामंजित करता है और Q बिंदु को काफी हद तक स्थिर रखता है।

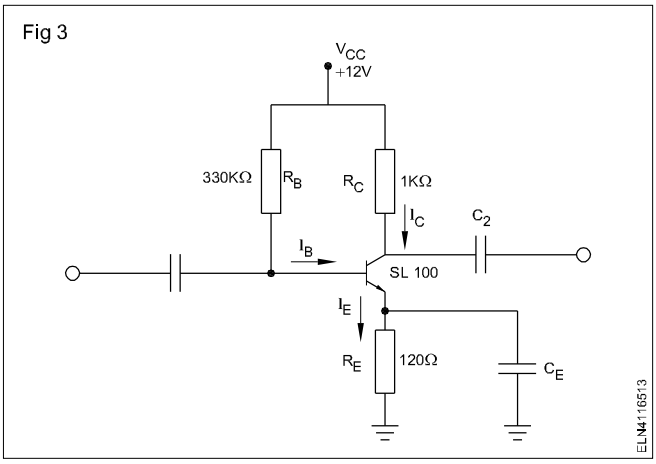
माना कि तापमान में वृद्धि से I_c में वृद्धि होती है जिससे I_c बढ़ जाता है तब R_E में धारा का मान बढ़ जाता है बढ़ा हुआ धारा R_E के सिरों पर DC वोल्टेज ड्राप को बढ़ाता है। जो बेस बायस के कुछ उत्सर्जन और बेस धारा को घटाता है और इसलिए संग्राहक धारा घट जाता है। अतः स्वयं बायसिंग प्रतिरोध R_E,I_c में वृद्धि को घटाता है। जिससे प्रचालन बिंदु स्थिर हो जाता है।

हालांकि यदि β_{dc} बढ़ता है तो क्लेक्टर धारा बढ़ता है यह एमीटर में पुनः वोल्टेज का मान बढ़ा देता है। यह एमीटर पर बढ़ा हुआ वोल्टेज बेस एमीटर संधि के वोल्टेज को घटा देता है। इसलिए बेस धारा घट जाता है। इस घटे हुए बेस धारा के कारण कम कलेक्टर धारा प्राप्त होता है जोकि β_{dc} वृद्धि के कारण बढ़े I_c धारा को संतुलित करता है।

एमीटर बॉयस की एमीटर फीड बैक बॉयस के रूप में भी माना जाता है ऐसा इसलिए कि एक आउटपुट राशि अर्थात कलेक्टर करंट एक इनपुट राशि जैसे आधर करंट में परिवर्तन उत्पन्न करती है। फीड बैक शब्द का मतलब आउटपुट का एक हिस्सा इनपुट में वापिस दिया जाता है। उत्सर्जक बायस में उत्सर्जक प्रतिरोध फीडबैक अवयव है क्योंकि यह आउटपुट और इनपुट दोनों सर्किट के लिए उभयनिष्ठ है।

Fig 3 को लेते हुए हम आगे विश्लेषण करते हैं तो हम पाते हैं कि यदि हम कलेक्टर लूप के चारों ओर वोल्टेज जोड़ते हैं तो हमें प्राप्त होता है,

Fig 3



$I_CR_C + V_{CE} + I_ER_E - V_{CC} = 0$ ..... (1)

चूंकि I_E , I_c के लगभग बराबर है (जबकि I_B का मान तुलनात्मक रूप से कम है), हम समीकरण..(1) को निम्न रूप में लिख सकते हैं,

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E} \quad .....(2)$$

यदि हम बेस लूप के चारों ओर के वोल्टेज को जोड़ते हैं तब हमें प्राप्त होता है,

$$I_BR_B + V_{BE} + I_ER_E - V_{CC} = 0 \quad ...(3)$$

चूंकि $I_E = I_c$ and $I_B = I_c/\beta_{dc}$, अतः समीकरण को हम इस प्रकार लिख सकते हैं,

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + R_D/\beta_{dc}} \quad .....(4)$$

समीकरण ..(4), से β की उपस्थिति यह दर्शाता है कि I_c का मान β पर निर्भर करता है एमीटर फीड बैक बॉयस का उद्देश्य β_{dc} के प्रभाव से निकल जाता है यह तब संभव है जब R_E का मान R_B/β_{dc} से बहुत अधिक हो। हालांकि प्रायोगिक परिपथ में R_E का मान बहुत अधिक नहीं लिया जाता है क्योंकि R_E का अधिक मान ट्रांजिस्टर को रैखिक प्रचालन क्षेत्र से बाहर

ले जाता है। इस समस्या के कारण एमीटर फीड बैक बॉयस β_{dc} के परिवर्तनों के लिए लगभग संवेदनशील है जैसे कि बेस बॉयस में है। अतः इसलिए एमीटर फीड बैक बॉयस को भी ट्रांजिस्टर बॉयस के रूप में प्राथमिकता नहीं दी जाती और इसे भी छोड़ दिया जाता है।

एमीटर बॉयस में संतृप्तता धारा का मान होगा,

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_E + R_C} \quad .....(1)$$

जब ट्रांजिस्टर संतृप्त हो जाता है तब V_{CE} का मान 0.2 से 0.3V हो जाता है अतः इसे सभी प्रायोगिक उद्देश्य के लिए उपेक्षित किया जा सकता है।

Fig 3 में संतृप्तता धारा,

$$I_{C(sat)} = \frac{12V}{1000\Omega + 120\Omega} = 10.71mA$$

नोट:

$V_{CE(sat)}$ of 0.2 v उपेक्षित किया गया है

जब β_{dc} = 100, equation...(4) gives,

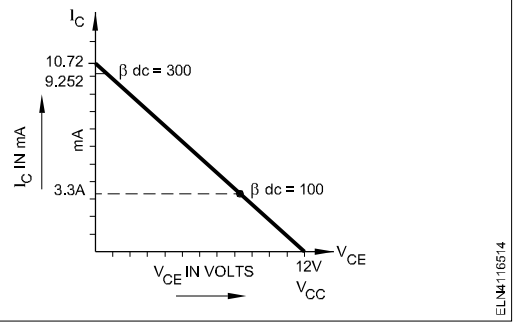
$$I_C = \frac{12V - 0.7V}{120\Omega + 330\,K\Omega/100} = 3.3mA$$

जब β_{dc} = 300, तब सभी...(4) से,

$$I_C = \frac{12V - 0.7V}{120\Omega + 330\,K\Omega/300} = 9.262mA$$

Fig 4 किए गए गणनाओं को संक्षेप में प्रस्तुत करता है। यह DC लोड लाइन और दो Q बिंदु को दर्शाता है। यह देखा जा सकता है कि β_{dc} में 3:1 में परिवर्तन होने पर संग्राहक धारा I_c में 3:1 में परिवर्तन उत्पन्न हो जाता है। यह परिवर्तन एक स्थायी बायसिंग के लिए स्वीकार योग्य नहीं है।

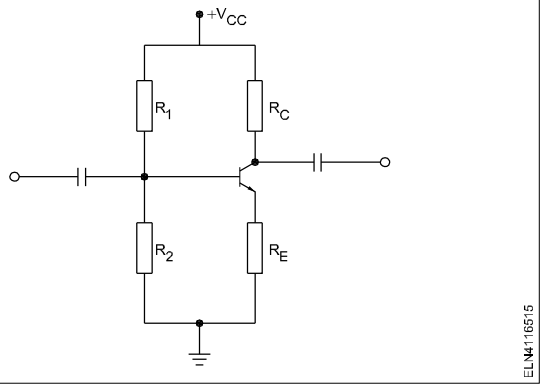
Fig 4



नोट : ट्रांजिस्टर के रैखिक प्रचालन के लिए बेस प्रतिरोध RB का मान βR_c के मान से अधिक होना चाहिए। एक $\beta_{dc}R_c$ से कम प्रतिरोध एमीटर फीड बैक बायस परिपथ में संतृप्तता पैदा करता है

3 वोल्टेज-डिवाइडर बॉयस या कलेक्टर टू बेस बॉयस (VOLTAGE-DIVIDER bias: Collector to base bias): Fig 5 एक प्रकार के वोल्टेज डिवाइडर बॉयस को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार का बॉयसिंग को यूनिवर्सल बॉयसिंग भी कहा जाता है क्योंकि रैखिक परिपथ में बायसिंग के लिए इसका उपयोग सर्वाधिक किया जाता है।

Fig 5



एक प्रकार का बॉयसिंग वोल्टेज डिवाइडर बॉयस के नाम से जाना जाता है क्योंकि प्रतिरोध R_1 और R_2 के बीच वोल्टेज का विभाजन हो जाता है। प्रतिरोध R_2 के सिरों पर वोल्टेज ड्राप इस प्रकार होना चाहिए कि एमीटर डायोड फॉरवर्ड बॉयस में हो।

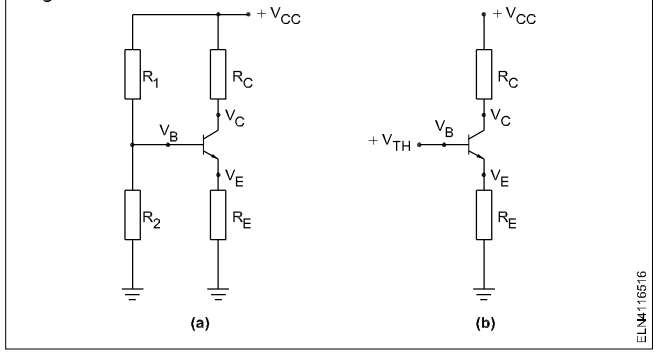
वोल्टेज डिवाइडर बॉयस में एमीटर धारा (Emitter current in voltage divider bias) : मान लो कि Fig 6b की तरह बेस लीड खुला है पुनः अन लोडेड वोल्टेज डिवाइडर को देखें,

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_{CC}.$$

नोट : V_{TH} थेविनिन वोल्टेज के रूप में जाना जाता है, थेविनिन प्रमेय से संबंधित पुस्तक का संदर्भ लें।

मान लें कि बेस लीड Fig 6a के अनुसार वापस वोल्टेज डिवाइडर से जुड़ा है तब वोल्टेज V_{TH} ट्रांजिस्टर के बेस को चलाता है। दूसरे शब्दों में परिपथ Fig 6a में सरलीकृत होता है और ट्रांजिस्टर धारा नियंत्रित स्त्रोत की तरह कार्य करता है।

Fig 6



क्योंकि एमीटर बेस पर स्ट्रेप है,

$$I_E = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E}$$

क्लेक्टर धारा I_c एमीटर धारा I_E के लगभग बराबर होगा।

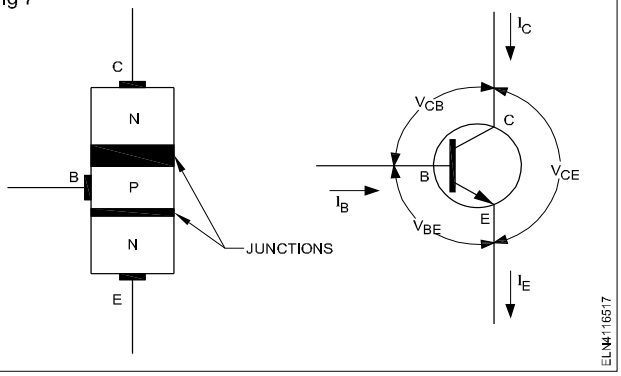
ध्यान दें कि β_{dc} सूत्र में दिखाई नहीं दे रहा है। इसका अर्थ है कि यह परिपथ β_{dc} के परिवर्तन पर निर्भर नहीं करता है। इसका अर्थ यह है कि वोल्टेज डिवाइडर बॉयस में स्थिर Q बिंदु होता है।

स्थिर Q बिंदु होने के कारण ट्रांजिस्टर के रैखिक परिपथ में वोल्टेज डिवाइडर बॉयस को सर्वाधिक प्राथमिकता दिया जाता है। अतः वोल्टेज डिवाइडर बॉयस लगभग सभी जगह प्रयोग किया जाता है।

ट्रांजिस्टर की विशेषताएँ (Transistor characteristics)

एक ट्रांजिस्टर में दो PN संधि होते हैं उसके बाद तीन वोल्टेज कारक V_{BE}, V_{BC}, V_{CE} और तीन धारा कारक I_B, I_C, I_E Fig 7 में है।

Fig 7



किसी एक कारण में परिवर्तन के कारण अन्य सभी कारकों में परिवर्तन हो जाता है। अतः एक कारक में परिवर्तन के साथ दूसरे कारक के परिवर्तन को संबंधित करना बहुत आसान नहीं है। इनके संबंधों को स्पष्ट रूप से समझने के लिए किसी ट्रांजिस्टर के लिए कम से कम दो अभिलाक्षणिक ग्राफ पर तैयार किया जाना चाहिए। ये निम्न हैं,

- इनपुट अभिलाक्षणिक (Input characteristics)
- आउटपुट अभिलाक्षणिक (Output characteristics)

समझने में सरलता के लिए (Fig 8) में कामन एमीटर एम्पलीफायर परिपथ लिया गया है। दो अभिलाक्षणिक ग्राफ Fig 9 और Fig 10 में प्रदर्शित किया गया है।

Fig 8

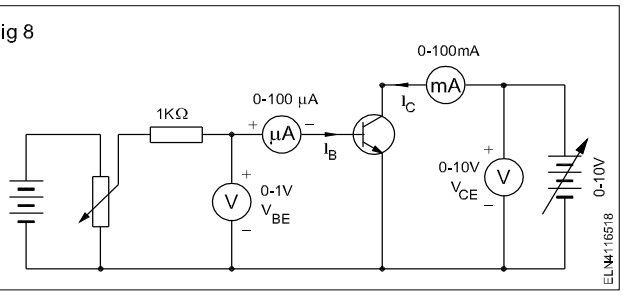
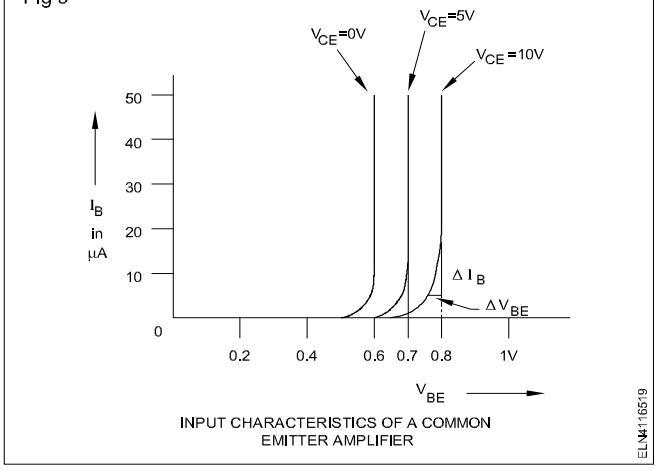


Fig 9 में प्रदर्शित ग्राफ इनपुट वोल्टेज V_{BE} और इनपुट धारा I_B की बीच V_{CE} के अलग-अलग मानों के लिए संबंध प्रदर्शित करता है।

Fig 8 से इनपुट अभिलाक्षणिक प्राप्त करने के लिए परिपथ में V_{CE} = 0 नियत रखें, V_{BE} का मान क्रमशः 0.1V बढ़ाये जायें और प्रत्येक पद के लिए

Fig 9



I_B का मान नोट करे उपरोक्त प्रक्रिया को V_{CE} के अन्य मान V_{CE} = 5V और 10V के लिए दोहरायें।

इनपुट अभिलाक्षिण वक्र V_{BE} को X अक्ष पर तथा I_B को Y अक्ष पर रखकर खींचा जा सकता है। एक प्रकार का इनपुट अभिलाक्षिणक Fig 9 में है।

V_{CE}, के 5V और 10V पर V_{CE} के शून्य वोल्ट के अभिलाक्षिणक वक्र से बदलाव का कारण यह है कि V_{CE} के अधिक मान पर कलेक्टर में एमीटर से कुछ अधिक इलेक्ट्रान इकट्ठे हो जाते हैं जिससे बेस धारा I_B कम हो जाता है। इसलिए V_{CE} के अधिक मान पर दिए गए बेस वोल्टेज V_{BE} पर बेस धारा I_B का मान थोड़ा घट जाता है, यह घटना को शीघ्र प्रभाव (early effect) के रूप में जाना जाता है।

हालांकि प्रायोगिक उद्देश्य के लिए हाँ यह अंतर इतना कम होता है कि इसे नगण्य माना जा सकता है।

कामन एमीटर इनपुट अभिलाक्षणिक PN डायोड के फॉरवर्ड बॉयस अभिलाक्षणिक से मिलते जुलते हैं। इनपुट प्रतिराध की गणना दिये गये सूत्र के प्रयोग से किया जा सकता है।

$$R_{in} = \frac{V_{BE}}{I_B} = \frac{0.72 - 0.7}{20\,\mu A - 10\mu A} = \frac{0.02}{10\mu A} = 2k\Omega$$
$$(\mu = \text{micro})$$

वोल्टेज लाभ की गणना सूत्र का उपयोग करके किया जा सकता है:

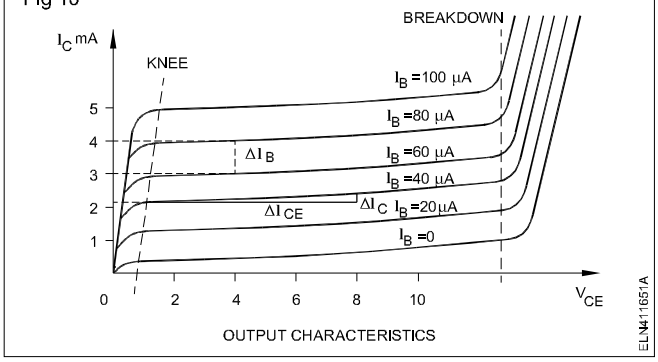
$$V_{gain} = \frac{V_{CE}}{I_{BE}} = \frac{10\ V - 5\ V}{0.15\,\mu A - 0.65\mu A} = \frac{5\ V}{0.1\mu A} = 50$$

कामन एमीटर आउटपुट अभिलाक्षणिक (Output CE characteristics): आउटपुट अभिलाक्षणिक प्राप्त करने के लिए I_B=0 μA पर नियत रखें, V_{CE} का मान 1V चरणबद्ध बढ़ायें और प्रत्येक पद के लिए संग्राहक धारा I_C का मान वोट करें। उपर्युक्त प्रक्रिया को $_B$ = 20 μA, 40 μA और 60 μA के लिए दोहराएँ।

आउटपुट अभिलाक्षिणक वक्र V_{CE} को X अक्ष पर तथा I_c को Y अक्ष पर रखकर खींचा जा सकता है, एक प्रकार का आउटपुट अभिलाक्षिण वक्र Fig 10 में प्रदर्शित है।

यह देखा गया है कि V_{CE} का मान 0 से बढ़ने पर I_c का मान तेजी से बढ़ता है जब तक कि यह I_B के नियत मान के संतृप्तता स्तर तक नहीं पहुँच जाता।

Fig 10



जैसे कि दिखाया गया है कि जब I_B= 0 है तब कलेक्टर धारा I_c का एक अल्प मात्रा प्रवाहित होता है लीकेज धारा I_{CEO} कहा जाता है क्योंकि मुख्य कलेक्टर धारा शून्य हो तो ट्रांजिस्टर को कट-ऑफ कहा जाता है।

समझने में सरलता के लिए आउटपुट अभिलाक्षिण वक्र पर विचार करें जहाँ, I_B = 40 µA है।

आउटपुट प्रतिरोध की गणना सूत्र से की जा सकती है,

$$R_0 = \frac{V_{CE}}{I_C} = \frac{8 - 2}{2.15\,mA - 2\,mA} = \frac{6}{0.15\,mA} = 40\,k\,ohms.$$

करंट लाभ की गणना दिये गये सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है

$$\text{Beta } \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4mA - 3\,mA}{80\,\mu A - 60\,\mu A} = \frac{1mA}{20\,\mu A} = 50$$

कामन बेस संरचना के लिए धारा लाभा की गणना निम्न सूत्र से की जा सकती है,

$$\text{Alpha } \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{50}{1+50} = 0.98$$

कामन एमीटर आउटपुट विशेषताओं का विश्लेषण (Analysis of common emitter output characteristics)

सक्रिय क्षेत्र (Active region) : सक्रिय क्षेत्र में कलेक्टर संधि रिवर्स बॉयस तथा एमीटर संधि फारवर्ड बॉयस में होता है। सक्रिय क्षेत्र में कलेक्टर धारा I_c बेस धारा I_B से बीटा गुना अधिक होता है। अतः अल्प बेस धारा I_B का इनपुट अधिक आउटपुट धारा I_c उत्पन्न करता है।

संतृप्तता (Saturation regions) : संतृप्तता क्षेत्र में एमीटर और कलेक्टर दोनों संधि फारवर्ड बायस में होते हैं। जब ट्रांजिस्टर संतृप्तता क्षेत्र में प्रचालित किया जाता है यह एक बंद अवस्था स्विच की भांति कार्य करता है जहाँ V_{CE} = 0 तथा I_c अधिकतम होता है।

V_{CE} के अलग-अलग मानों पर Ic का व्यवहार नीचे वर्णन किया गया है:

- जबV_{CE} शून्य है तब कलेक्टर-बेस डायोड रिवर्स बॉयस में नहीं है अतः कलेक्टर धारा अत्यंत कम है और परिवर्तन बिंदु तक इसी प्रकार रहता है।
- V_{CE} का मान 0.7V और 1V, के बीच के लिए परिवर्तन बिंदु वोल्टेज तक कलेक्टर डायोड रिवर्स बॉयस प्राप्त करता है। एक बार रिवर्स बॉयस होने पर कलेक्टर अवक्षय पर्त को पार करने वाले सभी इलेक्ट्रान को इकट्ठा कर लेता है अतः कलेक्टर धारा तेजी से बढ़ता है और लगभग नियत हो जाता है।
- परिवर्तन वोल्टेज के ऊपर और भंजन वोल्टेज (break down voltage), के नीचे कलेक्टर धारा तेजी से नहीं बढ़ता है या V_{CE} का मान बढ़ाने पर भी धारा का मान लगभग स्थिर हो जाता है अतः इस क्षेत्र में ट्रांजिस्टर नियंत्रित स्थिर करंट स्रोत की तरह कार्य करता है।
- मानलो कि ट्रांजिस्टर के लिए $ß_{dc}$ लगभग 50 कलेक्टर धारा लगभग बेस करंट का 100 गुना है, जैसा कि Fig 4 (1mA,20 µA का 50 गुना है)।
- यदि V_{CE} का मान भंजन स्थर से और अधिक बढ़ाया जाता है तब कलेक्टर बेस डायोड का भंजन हो जाता है और सामान्य ट्रांजिस्टर का कार्य विधि समाप्त हो जाता है। तब ट्रांजिस्टर आगे धारा स्रोत की तरह कार्य नहीं करता है जैसे ही कलेक्टर-बेस टूट जाता है संधि शार्ट हो जाता है और भंजन बिंदु के ऊपर धारा का मान तेजी से बढ़ता है। जैसा कि Fig 10 में है।

कटा हुआ क्षेत्र (Cut off region) : कटे हुए क्षेत्र में एमीटर और कलेक्टर संधि रिवर्स बॉयस में होते हैं जब ट्रांजिस्टर को कटे हुए क्षेत्र के अंतर्गत प्रचालित किया जाता है तो यह खुले स्विच की तरह कार्य करता है जहाँ $V_{CE} = V_{cc}$ और I_c = 0

भंजन क्षेत्र (Break down region) : जब कलेक्टर वोल्टेज बहुत अधिक हो जाता है तब कलेक्टर डायोड कलेक्टर धारा में तेजी से वृद्धि के कारण टूट जाता है। सामान्यतया निर्माता भंजन क्षेत्र में ट्रांजिस्टर के प्रचालन को वर्जित करते हैं क्योंकि अधिक मात्रा में शक्ति अपव्यय से ट्रांजिस्टर नष्ट हो सकता है। जैसे कि एक 2N3904 का कलेक्टर भंजन वोल्टेज 40V से कम होना चाहिए।

अधिकतम शक्ति अपव्यय क्षेत्र (Maximum power dissipation region) : अधिकतम शक्ति अपव्यय ($P_{o\,max}$), अधिकतम कलेक्टर धारा $I_{c\,max}$ और अधिकतम कलेक्टर एमीटर वोल्टेज $V_{CE\,max}$ के गुणनफल के रूप में परिभाषित किया जाता है। जिसमें कि आउटपुट अभिलाक्षणिक के परवलय (hyperbola) से घिरे क्षेत्र में प्रचालन निषिद्ध है।

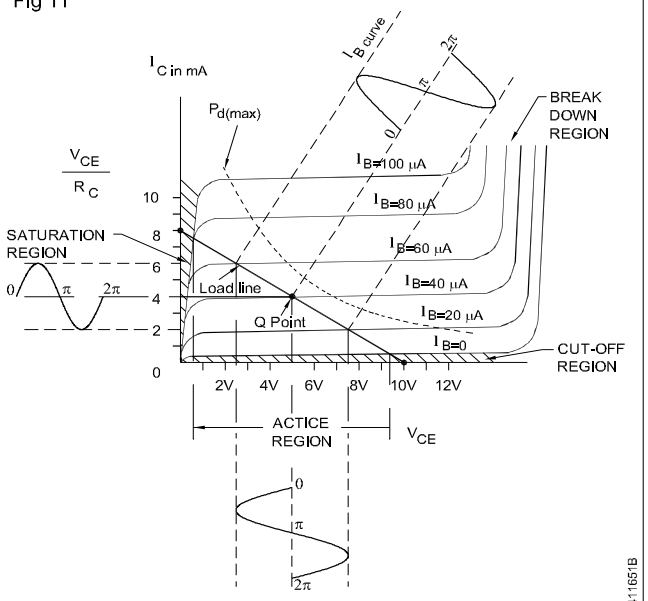
सक्रिय अवस्था में ट्रांजिस्टर के कार्य को समझने के लिए संतृप्तता क्षेत्र और भंजन क्षेत्र को काट दिया जाता है Fig 11 को देखें।

कलेक्टर वक्र अत्यधिक महत्त्पूर्ण है क्योंकि जब किसी प्रवर्द्धक परिपथ का प्रारूप तैयार करने के लिए किसी विशिष्ट ट्रांजिस्टर के चयन के लिए इस वक्र से महत्त्वपूर्ण आवश्यक जानकारियाँ प्राप्त की जा सकती है;

- ट्रांजिस्टर के DC धारा लाभ का मान I_B और V_{CE} के सेट किये गये मानों पर
- I_B और I_c के सेट किये गये मान पर आरोपित किये जाने वोल्टेज V_{CE} का अधिकतम मान।
- I_B के सेट किये गये मान पर प्रवाहित होने वाले धारा I_c का अधिकतम मान।

प्रचालन बिंदु (Operation point) : DC लोड लाइन पर प्रचालन बिंदु की स्थिति क्लिपिंग होने से पहले प्राप्त किये जा सकने वाले अधिकतम संकेत

Fig 11



OUTPUT CHARACTERISTIC WITH LOAD LINE SUPERIMPOSED

को निर्धारित करता है। प्रचालन बिंदु या मौन बिंदु वह बिंदु है जो DC लोड लाइन पर I_c और V_{CE} के मान को दर्शाता है जो कि ट्रांजिस्टर सर्किट में रहता है जब कोई इनपुट सिग्नल नहीं दिया जाता है। इस बिंदु के लिए सबसे अच्छी स्थिति कट-ऑफ और संतृप्तता बिंदु के बीच का मार्ग है जहाँ $V_{CE} = 1/2\ V_{cc}$.

ट्रांजिस्टर की डी सी लोड लाइनें (DC load lines of transistors): ट्रांजिस्टर किस तरह कार्य करता है इसकी आंतरिक जानकारी और कलेक्टर अभिलाक्षणिक के किस क्षेत्र में यह अधिक अच्छा कार्य करता है उसे DC लोड लाइन का उपयोग करके देखा जा सकता है।

Fig 12a. के अनुसार एक फॉरवर्ड बॉयस पर विचार करें। Fig 12b उपयोग किये गये ट्रांजिस्टर का कलेक्टर अभिलाक्षणिक प्रदर्शित करता है।

Fig 12a में दिए गए परिपथ में निम्न स्थितियों पर विचार करें,

– अधिकतम कलेक्टर धारा, $I_{c(max)}$

– न्यूनतम कलेक्टर धारा, I_c

प्रथम स्थिति के लिए माना कि V_{CE} शून्य है या कलेक्टर शार्ट किया है। इस स्थिति में कलेक्टर धारा केवल कलेक्टर प्रतिरोध R_c के द्वारा सीमित किया जा सकता है।

इसलिए

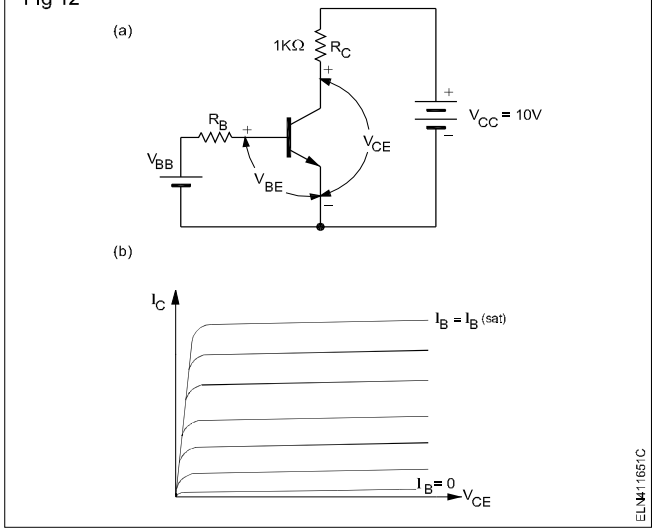
$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \text{ at } I_{CE} = 0$$

इस प्रकार की स्थिति के लिए Fig 12a परिपथ में कलेक्टर I_c = 10V/kΩ = 10mA

जैसा कि Fig 13 में दिखाया गया है ट्रांजिस्टर के कलेक्टर अभिलाक्षणिकों में V_{CE}=0 के साथ I_c=10mA को बिंदु A से चिह्नित किया गया है।

द्वितीय स्थिति के लिए माना कि V_{CE} का मान अधिकतम हे या कलेक्टर एमीटर खुला है, इस स्थिति में कलेक्टर धारा शून्य है।

Fig 12



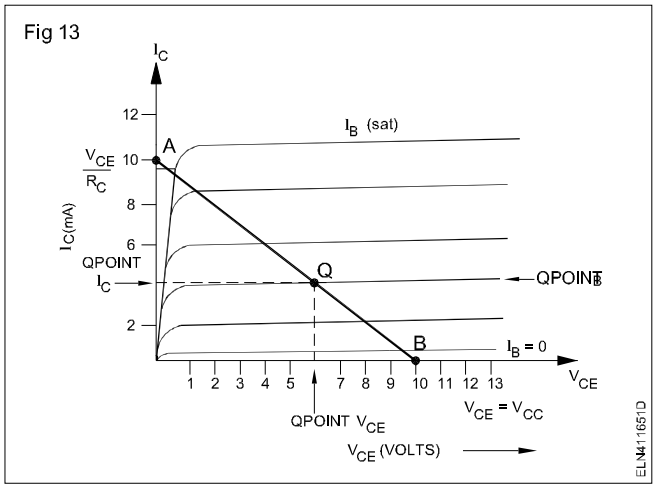
इसलिए,

$V_{CE} = V_{cc}$ परिपथ 6a, में $V_{CE} = V_{CC} = 10V$

Fig 13 के अनुसार ट्रांजिस्टर के कलेक्टर अभिलाक्षणिकों में $I_C = 0$ और V_{CE} = 10 V पर बिंदु B चिह्नित किया गया है।

Fig 13 में दर्शाये अनुसार चिह्नित बिंदु A और B को सीधी रेखा के द्वारा जोड़ो। यह लाइन लोड लाइन कहलाती है।

Fig 13



जिस बिंदु पर लोड लाइन $I_B = 0$ को प्रतिच्छेद करती है। कट-ऑफ बिंदु के रूप में जाना जाता है। कट-ऑफ बिंदु पर $I_B = 0$ है अतः एमीटर डायोड फॉरवर्ड बॉयस में नहीं है और ट्रांजिस्टर कार्य नहीं करता है।

वह बिंदु जिस पर लोड लाइन $I_B = I_B(sat)$ को प्रतिच्छेद करता है। संतृप्तता बिंदु (saturation point) कहलाता है। इस बिंदु पर बेस धारा अधिकतम होती है और कलेक्टर डायोड रिवर्स बॉयस से बाहर हो जाता है इसलिए ट्रांजिस्टर का सामान्य कार्य बंद हो जाता है।

ट्रांजिस्टर के सामान्य कार्य करने के लिए जैसे कि नियंत्रित धारा स्रोत के रूप में इस कट-ऑफ या संतृप्तता में कार्य करने के लिए नहीं बनाना चाहिए। इसलिए आदर्श बिंदु लोड लाइन पर इन चरम बिंदुओं के बीच कहीं होगा। यह मध्य बिंदु मौन बिंदु या Q बिंदु के रूप में जाना जाता है। Fig 13 में Q बिंदु को जानकर हम प्रतिरोध RC और RB का मान परिपथ के लिए ज्ञात कर सकते हैं।

स्विच, सीरीज़ वोल्टेज रेक्यूलेटर और एम्लिीफायर के रूप में ट्रांजिस्टर (Transistor as a switch, series voltage regulator and amplifiers)

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

- **विच्छेद तथा संतृप्त स्थिति में ट्रांजिस्टर के प्रचालन का वर्णन करना**
- **स्विच के रूप में ट्रांजिस्टर के प्रचालन का वर्णन करना**
- **ट्रांजिस्टर स्विच परिपथ के प्रचालन का वर्णन करना**
- **ट्रांजिस्टर स्विच का प्रयोग करते हुए सीरीज वोल्टेज ऐयूलर का अनुप्रयोग बताना**
- **एम्पिलफायर का वर्गीकरण स्पष्ट करना।**

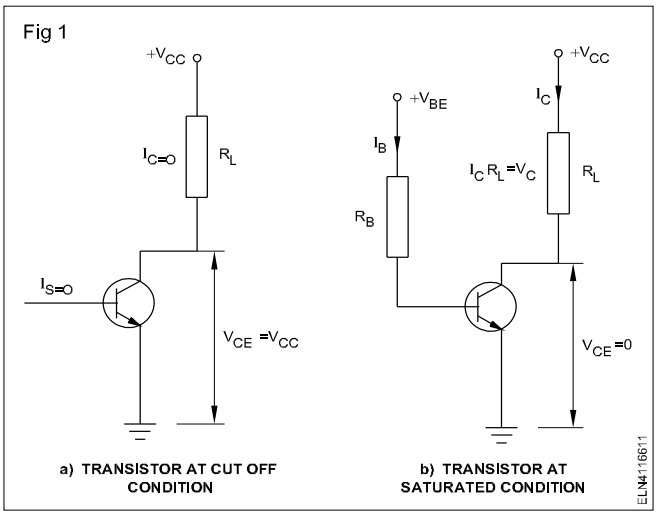
विच्छेद स्थिति पर ट्रांजिस्टर का प्रकार्य (The function of a transistor at cut-off condition): जब उत्सर्जक तथा संग्राहक संधि, दोनों प्रतीप अभिनत हो तो ट्रांजिस्टर विच्छेद स्थिति पर तब प्रचालित होता है। Fig 1 में परिपथ पर विचार करें।

$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \times R_L)$ .....(1)

क्योकि $I_B = 0$ तथा $I_C = 0$ $V_{CE} = V_{CC}$

ट्रांजिस्टर को सरल कारण से विच्छेद माना जाता है कि यह कोई भी धारा को चालिन नही करता है जैसे कि Fig 1a में दर्शाया गया हैं। यह खुली स्थिति में एक कुंजी के सदृश होता है। अतः विच्छेद पर ट्रांजिस्टर को खुली अवस्था पर कहते हैं।

Fig 1



संतृप्ति स्थिति पर ट्रांजिस्टर का प्रकार्य (The function of a transistor at saturated condition): जब उत्सर्जक तथा संग्राहक संधि दोनों अग्र अभिनति के हो तो ट्रांजिस्टर संतृप्ति स्थिति पर प्रचालन होता है।

Fig 1b में यदि R_B तथा R_L के मान ऐसे हैं कि V_{CE} शून्य बनता है तो ट्रांजिस्टर को संतृप्ति कहा जाता हैं। समीकरण (1) में $V_{CE} = 0$ रखने पर हमें प्राप्त होता है

$V_{CE} = 0 = V_{CC} - I_C R_L$ या $I_C = V_{CC} - R_L$

यह नोट किया जाना चाहिए कि संतृप्त होने पर ट्रांजिस्टर नगण्य प्रतिरोध के बन्द कुंजी की तरह कार्य करता है। यह स्पष्ट है कि संतृप्त स्थितियों में,

- समस्त V_{CC} का पात होता है R_L के आरपार
- संग्राहक धारा अधिकतम संभव मान रखती हैं जिसे $I_{C(SAT)}$ कहते है।

कुंजी के रूप में ट्रांजिस्टर का प्रचालन (The operation of transistor as switch): Fig 2 में Q_1 के लिए कुंजी की क्रिया दर्शाती है कि निवेश पर निर्गम धारा को कैसे नियंत्रित किया जा सकता हैं। निम्नलिखित महत्वपूर्ण प्रचालन अभिलक्षणो को नोट करें

- जब तक अग्र वोल्टता आधार उत्सर्जक परिपथ पर प्रयुक्त नहीं की जाती, किसी धारा के बिना ट्रांजिस्टर सामान्यतः बन्द रहता है।
- आधार धारा को नियंत्रित करने वाली अग्र वोल्टता निर्गम धारा की मात्रा को ज्ञात करता है।

Fig 2 में निवेश का नियंत्रण परिपथ आधार धारा को निर्धारित करता है। शक्ति परिपथ के लिए निगम संग्राहक धारा होती हैं। Q_1 के लिए NPN ट्रांजिस्टर उपयोग होता है, इस प्रकार का धनात्मक V_{BE} अग्रवोल्टता अपेक्षित होती है। उत्सर्जक दोनों के लिए उभयनिष्ट होती हैं, (a) निवेश पर नियंत्रण परिपथ तथा (b) शक्ति निर्गत परिपथ।

Fig 2

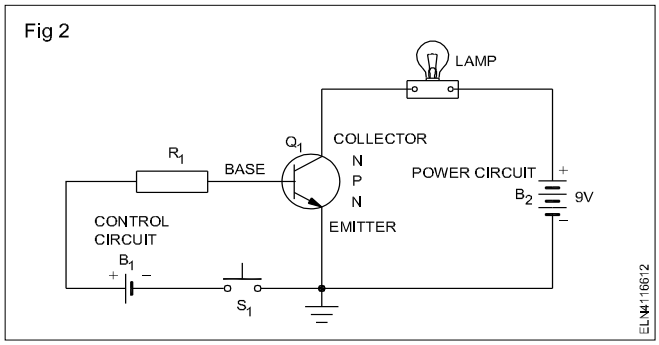


Fig 2 में Q_1 का आधार उत्सर्जक संधि बैटरी B_1 से अग्र अभिनत किया जाता है। अग्र वोल्टता प्रयुक्त करने के लिए कुंजी S_1 को बंद होना चाहिए। B_2 द्वारा Q_1 के संग्राहक के लिए प्रतीप वोल्टता प्रदाय की जाती है। प्रतीप ध्रुवता का अर्थ है कि आधार तुलना में N संग्राहक की अपेक्षा अधिक धनात्मक होता है। कुंजी S_1 को खुला होते हुए आधार उत्सर्जक (या नियंत्रण) परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नही होती है।

कारण यह है कि अग्र वोल्टता प्रयुक्त नही होती है। अतः उत्सर्जक से ट्रांजिस्टर से संग्राहक तक प्रतिरोध बहुत उच्च होता है। शक्ति परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नही होती है तथा लैम्प प्रदीप्त नही होता है।

आगे माने कि कुंजी S_1 बन्द है। इससे कारण नियंत्रण परिपथ में एक छोटी धारा प्रवाहित होती हैं। आधार परिपथ के लिए R_1 एक धारा सीमित प्रतिरोधक है। अतः ट्रांजिस्टर के संग्राहक के प्रति उत्सर्जक का प्रतिरोध कम होता है, जिसके फलस्वरूप शक्ति परिपथ में एक बड़ी धारा प्रवाहित होती है, जिसके कारण बल्ब जलने लगता है।

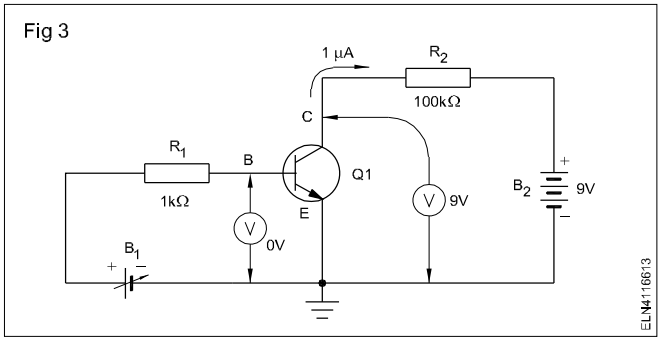
अन्ततः नियत्रंण परिपथ में कुंजी S_1 के खुलने से, शक्ति परिपथ में बल्ब बुझ जायेगा। यह ऐसा इसलिए होता है क्योकि उत्सर्जक (E) से Q_1 के संग्राहक (C) तक का प्रतिरोध पुनः लगभग अनंत तक बढ़ गया है।

संक्षेप में नियंत्रित परिपथ में छोटी धारा के कारण शक्ति परिपथ में अधिक धारा प्रवाह कराती है। नियंत्रण परिपथ में कोई धारा न होने के साथ ट्रांजिस्टर, खुली कुंजी की तरह कार्य करता है। नियंत्रण परिपथ में कुछ धारा होने पर, ट्रांजिस्टर बन्द कुंजी की तरह कार्य करता है।

ट्रॉंजिस्टर स्विचन परिपथ का प्रचालन (Operation of transistor switching circuit): Fig 3 में कार्यप्रदर्शी परिपथ "ट्रांजिस्टर ऑफ परिपथ" में मापी गयी वोल्टता तथा संग्राहक धारा I_C को दर्शाता है। यह नोट करें कि उत्सर्जक से संग्राहक को एक माइक्रो एम्पियर की बहुत कम क्षरण (लीकेज) धारा प्रवाहित होती है। E से C तक, प्रतिरोध को निम्नानुसार ज्ञात किया जाता है।

$$R = \frac{V}{I} = \frac{9\ V}{0.000001\ A} = 9\ \text{megohm}$$ (मेगओह्म)

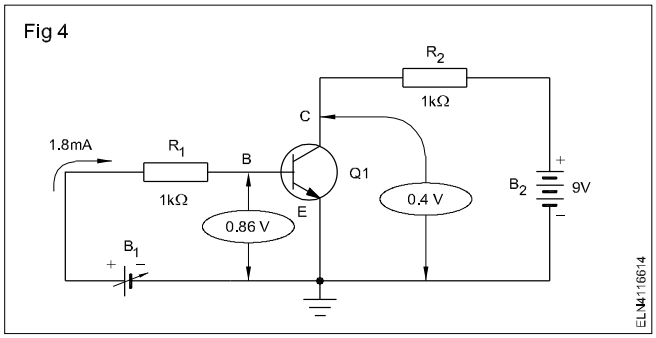
Fig 3



ट्रॉंजिस्टर का प्रतिरोध 9 मेगा ओह्म है, जो स्विचन खुली या ऑफ स्थिति के जैसा है।

Fig 4 में कार्यप्रदर्शी चित्र "ट्रांजिस्टर ऑन" परिपथ में मापी गयी वोल्टता तथा धारा को दर्शाता है। पहले B_1 को समायोजित करते हुए उत्सर्जक से आधार को वोल्टता बढ़ायी जाती हैं। ट्रांजिस्टर के उत्सर्जक-आधार संधारित्र स्थल पर 0.86 V के अग्र अभिनति वोल्टता के कारण, नियंत्रण परिपथ में 1.8 mA प्रवाह होती है। इस धारा के कारण ट्रॉंजिस्टर के प्रतिरोध में E से C तक कमी होती है। इसका प्रभाव यह है कि 85mA की

Fig 4



अधिक धारा, ट्रॉंजिस्टर के संग्राहक से प्रवाहित होती है। Fig 5 में E से C तक के प्रतिरोध को निम्नानुसार ज्ञात किया गया है।

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.4\ V}{0.085A} = 4.7\ \text{ohm}$$

ट्रॉंजिस्टर के प्रतिरोध का E से C तक 9 मेगा ओह्म के, उसके पूर्व के उच्च मान से 4.7 ओह्म के निम्न मान पर पतन हुआ है। इसके परिणाम से, ट्रांजिस्टर एक बन्द कुंजी की तरह कार्य करता है।

Fig 3 में ट्रांजिस्टर को विच्छेद स्थिति में पर कहा जाता है। वह अपने अधिकतम प्रतिरोध E से C तक पहँच गया है तथा धारा को विच्छेद कर दिया है। अब भी, बहुत कम धारा प्रवाह होने के कारण, ट्रॉंजिस्टर में, अल्पसंख्यक धारा वाहक का होना है, जो क्षरण धारा है।

ट्रांजिस्टर को Fig 4 में संतृप्त (Saturation) कहा जाता है। वह न्यूनतम प्रतिरोध E से C तक पहँच गया है, जो अधिकतम को संग्राहक धारा उत्पन्न करता है। जब कुंजी की तरह उपयोग किया जाये तो उत्सर्जक आधार वोल्टता के कारण आधार धारा से ट्रांजिस्टर संतृप्ती या विच्छेद तक चलता है।

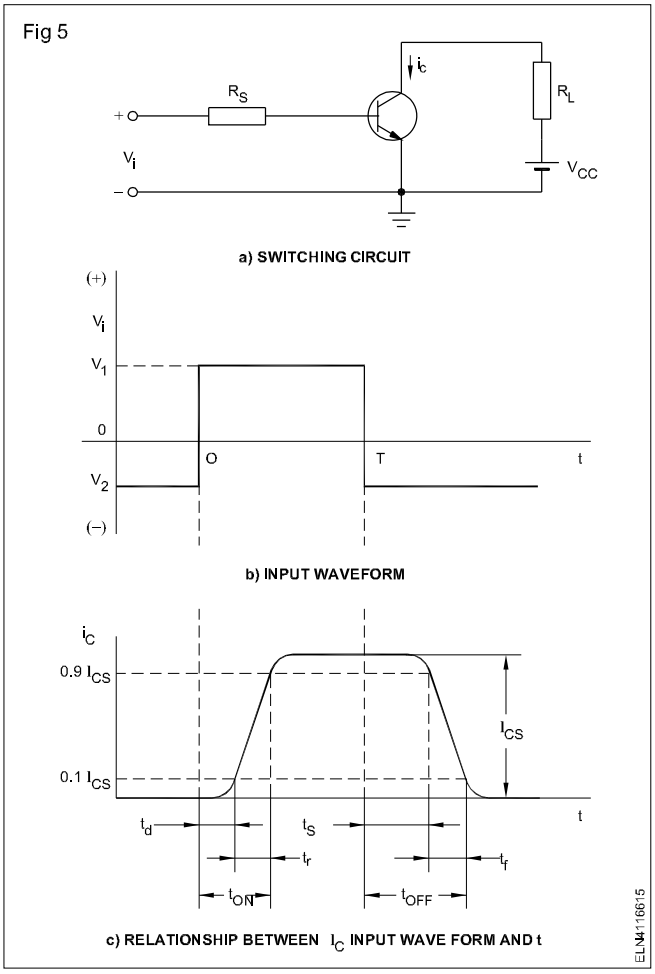
ट्रांजिस्टर का स्विचन समय (Transistor switching times): अब हम ट्रांजिस्टर के व्यवहार पर ध्यान देंगे जैसे कि वह एक स्थिति से दूसरे स्थिति में संक्रमण बनाता है। Fig 5b में दर्शाये गये तरंग रूप से चलने वाले, Fig 5a में दर्शाये गये अनुसार ट्रांजिस्टर परिपथ पर विचार करें। यह तरंग रूप से वोल्टता तल V_2 तथा V_1 के बीच संक्रमण बनाता है। V_2 पर ट्रांजिस्टर विच्छेद पर होता है तथा आधार तथा उत्सर्जक के बीच प्रतिरोध R_2 के माध्यम से विभव V_1 प्रभावित किया जाता है जो कि स्पष्टः परिपथ में सम्मिलित किया जा सकता है, या स्त्रोत के निर्गत प्रतिबाधा को तरंग के रूप में प्रकट करता है। (Fig 5b)

निवेशी तरंगरूप को संग्राहक धारा I_C की अनुक्रिया, उस तरंग रूप से सम्बंधित उसके समय के साथ Fig 5c में दर्शाया गया है। धारा, निवेशी संकेत की तुरंत प्रतिक्रिया (respond) नही करती है। इसके बदले कुछ विलंब होता है, तथा इस विलंब की समय अवधि में व्यतीत समय, धारा को उसके अधिकतम (संतृप्ति) के मान $I_{cs} = V_{cc} / R_L$ के 10 प्रतिशत तक बढ़ने के लिए आवश्यक समय के साथ $I_{cs} = V_{cc} / R_L$ को डिले (विलम्ब) समय t_d कहते है। धारा तरंगरूप का उान समय (rise time) tr, शून्य नहीं होता है, जो धारा को I_{cs} के 10 से 90 प्रतिशत उाव के लिए आवश्यक समय होता है। कुल (turn-on time) टर्न ऑन समय, विलंब तथा चढ़ाव के समय का योग होता है।

$$t_{ON} = t_d + t_r$$

जब निवेशी संकेत, अपनी प्रारंभिक अवस्था, t = T (Fig 5b) पर वापिस पहँचता है तो, धारा पुनः तुरंत अनुकिया करने में विफल होती है। अंतराल जो निर्गत तरंग रूप तथा समय के संक्रमण के बीच व्यतीत हुआ है। जब $I_{C,}$ का I_{CS} के 90 प्रतिशत तक पतन हुआ है, उसे संग्रह समय I_C (storage time) t_s कहते है। संग्रह अंतराल, पतन समय (fall time) tt, के बाद होता है जो, I_C के लिये I_{CS} के 90 से 10 प्रतिशत के पतन होने के लिये आवश्यक समय होता है। t_{off} को टर्न आफ (turn-off time) समय को संग्रह तथा पतन समय के योग से परिभाषित किया जाता है।

Fig 5



$t_{off} = t_s + t_f$

ट्रांजिस्टर कुंजी का अनुप्रयोग (The application of transistor switch): ट्रांजिस्टर कुंजी का प्रयोग किया जाता हैं।

- इलेक्ट्रानिक ऑन तथा ऑफ के रूप में।
- स्थिर, एक-स्थिर तथा द्वि-स्थिर या थप थप बहु-कम्पारित्र परिपथ में।
- काउंटर तथा स्पन्द जनित्र परिपथ में।
- क्लिपिंग परिपथों में।
- केथोड किरण दोलनदर्शी उपस्कर में प्रसर्प प्रवर्तन कुंजी के रूप में।
- रिले के में, लेकिन यांत्रिक रिले के रूप में नही क्यों कि ट्रांजिस्टर का कोई चल पुर्जा नहीं होता हैं।

स्विचन ट्रांजिस्टर का वर्गीकरण (Classification of the switching transistor): ट्रांजिस्टर कुंजियों का प्रायः उपयोग किया जाता है क्यों कि वे छोटे, हल्के तथा कम शक्ति खपत करते है। एक स्विचन ट्रांजिस्टर के महत्वपूर्ण विनिर्देश है। विलम्ब समय, वृद्धि समय, भंडारन समय तथा पात समय के आंकीय मान। टेक्सास मापीयंत्रों के लिए विशिष्ट स्थितियों में n-p-n सिलिकन ट्रांजिस्टर 2N3830, t_d =10nsec, t_r = 50nsec, t_s = 40nsec तथा t_f = 30nsec तक कम हो सकता है।

श्रेणी वोल्टेज रेगुलेटर (Series voltage regulator)

वोल्टेज रेगूलेटर पावर सप्लाई के लिए जेनर डायोड का प्रयोग वोल्टेज रेगुलेटर के रूप में सामान्य रूप से किया जाता है लेकिन जेनर वोल्टेज रेगुलेटर के मुख्य दो हानियाँ हैं:

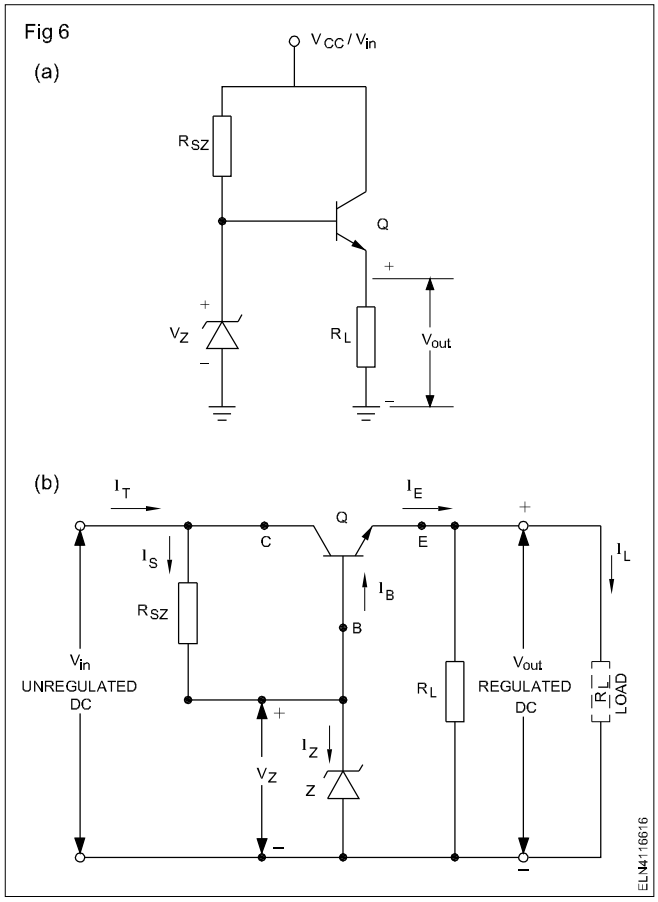
1 जब अधिक लोड धारा की आवश्यकता होतीस है तो कुछ एम्पियर के मान के अनुसार जेनर रेगुलेटर को बहुत ज्यादा वॉटेज वाले जेनर डायोड की आवश्यकता होती है जो अधिक करंट में प्रचालित हो सके।

2 जेनर रेगुलेटर में लोड प्रतिरोध एक आउटपुट इम्पीडेंस देता है जो जेनर इम्पीडेंस R_Z के बराबर होता है इसकी सीमा लगभग कुछ ओह्म से लेकर 100 ओह्म के अंदर (जैसे कि 5Ω से 25Ω) होता है। यह उच्च आउटपुट इम्पीडेंस विचारणीय है क्योंकि आदर्श पॉवर सप्लाई के लिए उसका आउटपुट एम्पीडेंस शून्य होना चाहिए।

जेनर रेगुलेटर की ये दो हानियों को सामान्य सीरीज रेगुलेटर में दूर किया गया है जो Fig 6 में प्रदर्शित है।

Fig 6a में एक सरल सीरीज रेगुलेटर है। Fig 6b में कुछ और नहीं बल्कि एक जेनर रेगुलेटर है जो एमीटर फालोअर का अनुसरण करता है। इस प्रकार का परिपथ लोड वोल्टेज को लगभग स्थिर बनाये रखता है अतः एक वोल्टेज रेगुलेटर की तरह कार्य करता है।

Fig 6



इस परिपथ के लाभ नीचे दिये गये हैं;

1 जेनर डायोड पर कम लोड (Less load on the zener diode)

प्रतिरोध R_Z में से प्रवाहित धारा जेनर फायर्ड रखने के लिए आवश्यक धारा और अल्प बेस धारा I_B के योम के बराबर होता है।

$$I_B = \frac{\text{emitter curent}}{\beta_{dc} \text{ of transistor}} = \frac{I_E}{\beta_{dc}} = \frac{I_L}{\beta_{dc}}$$

चूंकि बेस धारा एमीटर धारा या लोड धारा की अपेक्षा बहुत कम होती है इसलिए बहुत कम वाट का जेनर डायोड इसके लिए उपयुक्त होता है।

उदाहरण के लिए एक लोड 1 एम्पियर का है, यदि ट्रांजिस्टर का β_{dc} का मान 100 है तब जेनर डायोड का केवल जरूरत होगी,

$$I_Z = I_{Z(min)} + \frac{I_L}{\beta_{dc}} = I_{Z(min)} + \frac{1Amp}{100}$$

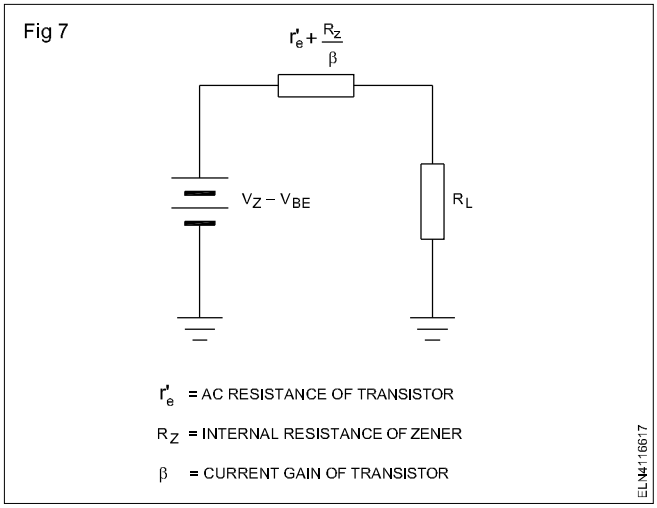
चूंकि $I_{Z(min)}$ का मान सामान्यतः 5 से 10mA की सीमा में होता है इसलिए I_Z = 10mA + 10mA = 20mA.

2 निम्न आउटपुट इम्पीडेंस (Lower output impedance)

यदि जेनर प्रतिरोध R_Z का मान 7Ω, हो तब जेनर रेगुलेटर के अध्याय 9 में बताए अनुसार पॉवर सप्लाई का आउटपुट इम्पीडेंस लगभग जेनर प्रतिरोध R_Z = 7Ω होगा।

Fig 7 Fig 6 पर सीरीज रेगुलेटर का समतुल्य आउटपुट सर्किट प्रदर्शित करता है। Fig 7, के अनुसार पॉवर सप्लाई का आउटपुट एम्पीडेंस होगा,

Fig 7



$$Z_{out} = r'e + \frac{R_Z}{\beta}$$

चूंकि लोड धारा $I_E = I_L$ का मान बहुत अधिक होता है इसकी तुलना में r'_e बहुत कम होता है अतः r'_e पद को अपेक्षित किया जा सकता है। इसलिए Fig 6 में आउटपुट इम्पीडेंस होगा,

$$Z_{out} \cong \frac{R_Z}{\beta} = \frac{7}{100} = 0.07\Omega$$

यह आउटपुट इम्पीडेंस का निम्नमान 0.07Ω आदर्श पॉवर सप्लाई के लिए आवश्यक शून्य इम्पीडेंस के बहुत नजदीक है।

सरल सीरीज रेगुलेटर की कार्य प्रणाली (Working of a simple series regulator)

Fig 6b, में प्रतिरोध R_{SZ} में से प्रवाहित धारा का मान ट्रांजिस्टर के Q मान के लिए कम से कम जेनर भंजन धारा और बेस धारा के योग के बराबर होना चाहिए।

जेनर डायोड के सिरों पर वोल्टेज V_Z बेस के एमीटर फालोअर को चलाता है इसलिए डीसी आउटपुट वोल्टेज जेनर वोल्टेज के एक वोल्टेज ड्राप V_{BE} में बूट स्ट्रेप किया जाता है। रेगुलेटेड आउटपुट वोल्टेज होगा,

$$V_{out} = V_Z - V_{BE} \quad .....[1]$$

ट्रांजिस्टर पर कलेक्टर-एमीटर सिरों पर वोल्टेज इनपुट और आउटपुट वोल्टेज के अंतर के बराबर होगा।

$$V_{CE} = V_{in} - V_{out}$$

यदि इनपुट वोल्टेज V_{in} बढ़ाया जाता है तो बूट स्ट्रैप्ड जेनर वोल्टेज के कारण आउटपुट वोल्टेज V_{out} नियत रहता है। इसलिए कलेक्टर एमीटर के सिरों पर वोल्टेज ड्राप V_{CE} बढ़ता है जो इनपुट वोल्टेज V_i की वृद्धि को समायोजित करता है।

उदाहरण के लिए Fig 6 में सीरीज रेगुलेटर दिखाया गया है यदि V_{in} =15V और V_{out} = 12 हो तो V_{CE} होगा

$$V_{CE} = V_{in} - V_{out} = 15\text{-}12 = 3 \text{ V}.$$

यदि V_{in} 20 V तक बढ़ता है जब V_{CE} का मान 20-12=8 V, तक बढ़ता है अतः यह आउटपुट वोल्टेज 12v अपरिवर्तित रखता है। चूंकि ट्रांजिस्टर का कलेक्टर और एमीटर Fig 6 में इनपुट और आउटपुट टर्मिनल के सीरीज में है इस प्रकार का रेगुलेटर सीरीज वोल्टेज रेगुलेटर के रूप में जाने जाते हैं।

चुंकि ट्रांजिस्टर सीरीज में है और पूरा लोड धारा ट्रांजिस्टर में से होकर प्रवाहित होती है इसलिए ट्रांजिस्टर को पास ट्रांजिस्टर (pass transistor) संदर्भित किया जाता है।

इस तथ्य के कारण कि पूरे लोड धारा को पास ट्रांजिस्टर से होकर प्रवाहित होना होता है और जब V_{in} में वृद्धि होती है तो V_{CE} का मान बढ़ता है। अतः पास ट्रांजिस्टर का वाल्टेज निर्धारण उच्च होना चहिए ताकि यह पॉवर खपत को सहन कर प्रचालित कर सके।

उदाहरण के लिए जब 300 mA, का लोड धारा प्रवाहित होता है जब V_{in} 20 V पर और V_{out} पर तब V_{CE} 8V होगा इसलिए ट्रांजिस्टर या पॉवर खपत होगा,

$P_D = V_{CE} \times I_L$ = 8 x 300 mA = 2400 mw = 2.4watts

इसको समायोजित करने के लिए चयन किए जाने वाले पास ट्रांजिस्टर का वाल्टेज निर्धारण 2.4 वाट से अधिक होना चाहिए।

नोटः कम से कम 20% अधिक का निर्धारण करना चाहिए उदाहरण के लिए उपरोक्त ट्रांजिस्टर के लिए निर्धारण 2.4 + 2.4 का 20% = 2.4+0.48 = 3 w (लगभग)

क्योंकि यहाँ पर लोड धारा की आवश्यकतानुसार बहुत अत्यधिक पॉवर खपत हो सकती है। अतः माध्यमिक ट्रांजिस्टर हाई पॉवर पास ट्रांजिस्टर उपयोग किया जाता है।

आउटपुट वोल्टेज पर तापमान का प्रभाव (Temperature effect on output voltage)

जब तापमान बढ़ता है V_{BE} घटता है इसलिए V_{BE} में धारा में परिवर्तन से V_{out} भी घट जाता है।

ट्रांजिस्टर की आँकड़ा सूची से सामान्यतया इस संबंध में यह जानकारी देती है कि तापमान में परिवर्तन के साथ V_{BE} कितना बदलता है।

सभी व्यवहारिक उद्देश्यों के लिए प्रति डिग्री ताप वृद्धि में लगभग 2 mV, V_{BE} का मान घट जाता है। उदाहरण के लिए ट्रांजिस्टर का तापमान 25°C (कमरे का ताप) से 75°C (पॉवर खपत के कारण तापमान में वृद्धि), V_{BE} लगभग100mV घट जाता है। अतः इसे उपेक्षित किया जा सकता है।

ताप का एक और प्रभाव जेनर डायोड के सिरों पर आरोपित वोल्टेज पर पड़ता है। जेनर डायोड के सिरों पर वोल्टेज में किसी भी कमी या वृद्धि आउटपुट को परिवर्तित करती है। अतः जब जेनर डायोड का चयन किया जाता है तो यह जानना उतना ही महत्त्वपूर्ण है कि इसका ताप गुणांक क्या है। खासतौर पर जब पॉवर सप्लाई कुछ अधिक एम्पियर धारा के उच्च लोड से जुड़ा हुआ होता है।

प्रवर्धक का प्रयोजन (The purpose of an amplifier): प्रवर्धक एक इलेक्ट्रानिक परिपथ है जिसका उपयोग निर्बल निवेशी संकेतो को बहुत उच्च निर्गत संकेत में बढ़ाने या प्रवर्धित करने के लिए उपयोग किया जाता है। अधिकांश परिपथो में ट्रांजिस्टर को प्रवर्धक की तरह उपयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त प्रवर्धक परिपथो को पूर्ण बनने के लिए प्रतिरोधक, संधारित्र तथा अभिनति बैटरी की आवश्यकता होती है।

प्रायः सभी इलेक्ट्रोनिक प्रणाली, प्रवर्धक के साथ कार्य करते है। हम अपने रेडियो पर समाचार तथा अन्य कार्यक्रम को इसलिए सुन सकते है क्योंकि रेडिया में लगे प्रवर्धक, उसके ऐंटीना से प्राप्त निर्बल सिग्नलो को प्रवर्धित करता है।

प्रवर्धक का वर्गीकरण (Classification of amplifiers): रेखीय प्रवर्धको को उनके प्रचालन के ढ़ंग के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है। अर्थात पूर्व में ज्ञात मान के सेट के अनुसार प्रचालन करने की उनकी विधि, विभिन्न प्रवर्धको का वर्णन निम्नलिखित घटको पर आधारित है।

1 ट्रांजिस्टर के विन्यास पर आधारित
   - a उभयनिष्ट उत्सर्जक (CE) प्रवर्धक
   - b उभयनिष्ट संग्राहक (CC) प्रवर्धक
   - c उभयनिष्ट संग्राहक (CC) प्रवर्धक

2 निर्गम पर आधारित
   - a वोल्टता प्रवर्धक
   - b धारा प्रवर्धक
   - c शक्ति प्रवर्धक

3 निवेशी पर आधारित
   - a छोटे सिग्नल के प्रवर्धक
   - b बडे सिग्नल के प्रवर्धक

4 युग्म (कप्लिंग) पर आधारित
   - a RC युग्मित प्रवर्धक
   - b ट्रांसफार्मर युग्मित प्रवर्धक
   - c प्रतिबाधा युग्मित प्रवर्धक
   - d सीधे युग्मित प्रवर्धक

5 आवृत्ति की अनुक्रिया पर आधारित
   - a श्रव्य आवृत्ति (AF) प्रवर्धक
   - b इंटरमीडियेट आवृत्ति (IF) प्रवर्धक
   - c रेडियो आवृत्ति (RF) प्रवर्धक
   - d VHF तथा UHF प्रवर्धक

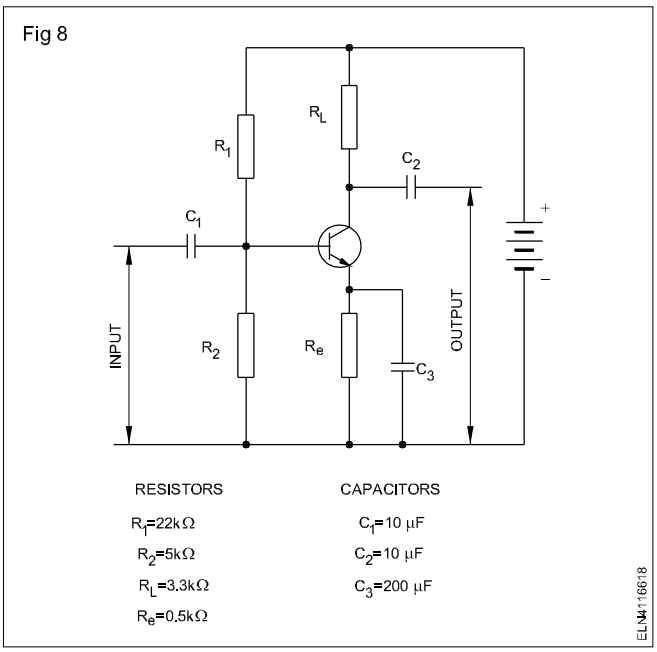
6 फीड बैक (प्रतिसंभरण) पर आधारित
   - a धारा श्रेणी प्रतिसंभरण प्रवर्धक
   - b धारा सामान्तर प्रतिसम्भरण प्रवर्धक
   - c वोल्टता श्रेणी प्रवर्धक
   - d वोल्टता समान्तर श्रेणी प्रवर्धक

7 अभिनति की स्थिति पर आधारित
   - a क्लास A शक्ति प्रवर्धक
   - b क्लास B शक्ति प्रवर्धक
   - c क्लास AB शक्ति प्रवर्धक
   - d क्लास C शक्ति प्रबर्धक

ऊपर वर्णित मे से क्रमांक एक तथा दो का, इस स्तर पर वर्णन किया गया है। इस पुस्तक में वर्णित कुछ प्रवर्धकों के विस्तृत अध्ययन के लिए छात्र, उनकी विशेष रूचि पर निर्भर करते हुए शेष भागों के लिए किसी भी मानकीय पुस्तको को देख सकते है।

कॉमन - एमिटर एम्प्लिफायर (Common-emitter amplifier) : जहाँ तक हो सके इस प्रकार के सर्किट को प्रयोग अधिकतर किया जाता है। इसमें सर्वाधिक ऊर्जा प्राप्ति, पर्याप्त करन्ट और वोल्टेज प्राप्ति होती है और बहुस्तरीय प्रचालन में जब उच्च प्राप्ति की आवश्यकता हो तो यह विशेष लाभकारी है। एक कॉमन-एमिटर एम्प्लिफायर स्टेज जिसमें सिंगल D.C सप्लाई बैटरी बियासिंग लगी हो वह Fig 8 में दर्शाया गया है।

Fig 8



A.C. सिग्नल को बेस और एमीटर के बीच से लगाया जाएगा और आऊटपुट कलेक्टर के द्वारा लिया जाता है। ट्रान्जिस्टर चले उसके लिए एमीटर बेस जन्कशन को फोरवर्ड-बयास होना चाहिए। रेसिस्टर R_1 और R_2 को बेस सेटिंग पे होना चाहिए जिससे एमीटर फारवर्ड वियाम होगा। कलेक्टर करन्ट लोड रसिस्टर R_L और R_e पारित होता है और कलेक्टर पर R_L से विकसित वोल्टेज आऊटपुट है।

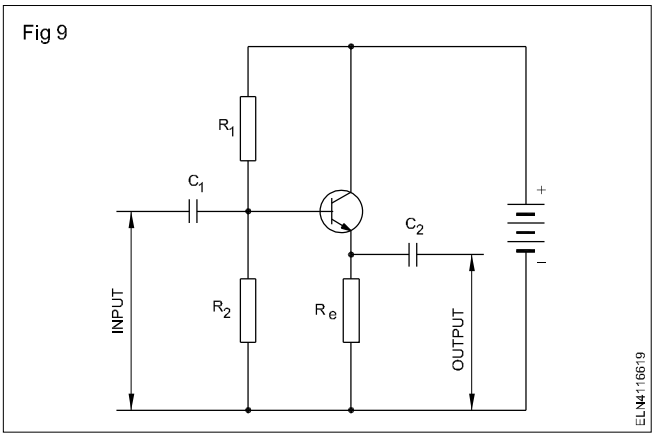
ट्रांजिस्टर की वोल्टता लब्धि (gain), इस विशिष्टि प्रतिरधेक के मान से बहुधा ज्ञात की जाती है क्योकि इसके बीच उत्पन्न वोल्टता, संग्राहक धारा में परिवर्तन के कारण निवेश सिंगनल से आधार प्रतिरोधक के बीच उत्पन्न से बहुत अधिक होती है।

संग्राहक धारा में ताप के परिवर्तन के प्रभाव को न्यूनतम करने के लिए प्रतिरोधक R_e को सम्मिलित किया जाता है। R_e को धारा प्रतिसंभरण से सिग्नल लब्धि को कम होने से रोकने के लिए R_e के साथ सामान्तर में एक संधारित्र C_3 को सम्मिलित किया जा सकता है।

संधारित्र C_1 तथा C_2 को दिष्ट धारा के प्रवाह को रोकने के लिए प्रयुक्त किया जाता है, जिससे कि DC अभिनति की स्थिति किसी भी तरह से सिग्नल परिपथ से प्रभावित न हो। इस तरह से, एक स्तर पर DC की स्थिति को अगले स्तर को प्रभावित होने से रोकती है, जिससे कि केवल DC सिग्नल, एक स्तर से दूसरे पर जा सकें।

उभयनिष्ट संग्रहक प्रवर्धक (Common collector amplifier): इस विन्यास में संग्राहक, निवेशी तथा निर्गत परिपथ के लिए उभयनिष्ट बिन्दु होती है, आधार तथा संग्राहक के बीच निवेश सिग्नल लगाया, तथा उत्सर्जक तथा संग्राहक के बीच हटाया जाता है। Fig 9 नोट किये जाने वाला लक्षण विशाल निवेशी प्रतिबाधा है जो R_1 तथा R_2 के समांतर परिपथ के वस्तुतः बराबर है। निर्गत प्रतिरोध फिर भी कम होता है तथा इसलिये वह अनुसरण करता है कि वोल्टता लब्धि कम है, लेकिन उच्च धारा प्रवर्धन प्राप्त प्राप्त किया जा सकता है।

Fig 9

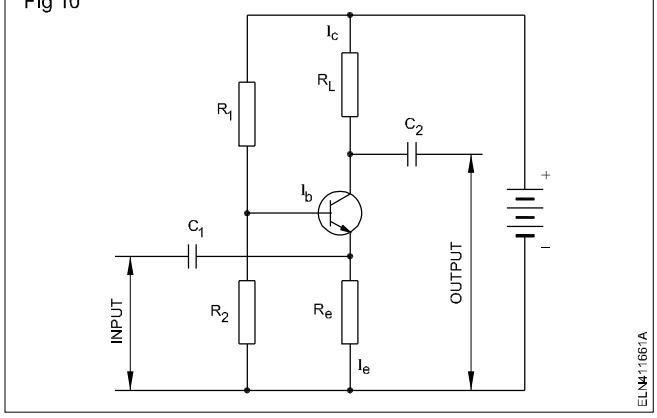


संधारित्र C_1 तथा C_2 का कार्य, उभयनिष्ट-उत्सर्जन के जैसी ही समान है। क्योंकि विभांतर तंत्र R_1 तथा R_2 जो उत्सर्जक - आधार संधि के लिये अग्र अभिनति की व्यवस्था करता है। उभयनिष्ट सग्रांहक परिपथ का मुख्य लाभ उसकी तैयारी है जिससे उसे वोल्टता के ध्यानहीन करते हुये परिपथ में किसी भी बिंदु पर सीधे जोड़ा जा सकता है। परिपथ को प्रायः उत्सर्जक अनुचर क्हा जाता है, क्योकि उत्सर्जक वोल्टता, निवेशी वोल्टता को अनुसरण करने की ओर प्रवृत्ति होती हैं, दोनों के बीच का अन्तर ट्रांजिस्टर के आधार उत्सर्जक संधि के बीच AC वोल्टता है, जो बहुत कम है। इसलिये निर्गत लब्धि एक से कम होती है। धारा लब्धि 50 से 500 होती है, फिर भी उच्च, जो उभयनिष्ट उत्सर्जक परिपथ के लगभग बराबर है, निर्गत प्रतिरोध बहुत कम (100 ओह्म से कम) है। इसलिये उत्सर्जक से संग्राहक का प्रतिरोध कम है तथा संग्राहक के परिपथ में कोई प्रतिरोध नही है।

संग्राहक परिपथ का बाहरी प्रतिरोध, ट्रांजिस्टर से भार को दी गई प्रतिबाधा फिर भी बहुत उच्च (300KΩ) है तथा इसलिए उत्सर्जक अनुचर परिपथ, बहुत उच्च निवेशी प्रतिबाधा को निम्न निर्गत प्रतिबाधा में रूपांतरण करता है। यह वास्तव में प्रतिबाधा ट्रांसफार्मर है, इसलिये इसका मुख्य अनुप्रयोग प्रतिरोधक (buffer) के जैसे है अर्थात प्रतिबाधा को मिलान करने वाली युक्ति, जिसमें उसे मिलान न करना या अनुपयुक्त के कारण बिना अतिरिक्त शक्ति की हानि के साथ उच्च प्रतिबाधा स्त्रोत तथा निम्न प्रतिबाधा भार के बीच जोड़ा जा सकता है।

उभयनिष्ट-आधार प्रवर्धक (Common-base amplifier): इस परिपथ में आधार उत्सर्जक सिरे तथा संग्राहक सिरे के बीच उभयनिष्ट सिरा होता है। उत्सर्जक धारा I_e, निवेशी धारा तथा संग्राहक धारा I_C, निर्गत धारा है। (Fig 10) क्योकि $I_e = I_b + I_C$ तथा क्योंकि इस परिपथ में I_C से I_e, I_B के मान से बडा है, इसलिये धारा लब्धि I_C / I_e सदैव एक से कुछ कम होगी। इसलिए उभयनिष्ट आधार परिपथ में धारा लब्धि नही हो सकती हैं। फिर भी अग्र अभिनति उत्सर्जक आधार संधि की कम प्रतिबाधा तथा पश्च अभिनति संग्राहक-आधार संधि की उच्च प्रतिबाधा के कारण अच्छे आमाप (साइज) की वोल्टता लब्धि प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए, यदि हम माने कि निवेश प्रतिरोध 200Ω, भार प्रतिरोध 50K तथा धारा लब्धि 0.98 हो तो, वोल्टता लब्धि 0.98 x 50k/200 = 245 होगी।

Fig 10



बहुस्तरीय प्रवर्धक के लिए उभयनिष्ट - आधार परिपथ उपयुक्त नही है क्योकि उभयनिष्ट-उत्सर्जक के साथ तुलना करने पर, उसकी धारा तथा शक्ति लब्धि कम होती है। उसका कम निवेशी प्रतिबाधा भी किसी भी पिछले स्तर के भार के प्रतिरोध को शंट करती है, जिसके कारण उस स्तर से निर्गत वोल्टता कम हो जाती है जिसके कारण कुल लब्धि से संगत कमी होती है। फिर भी उच्च आवृत्ति पर उसके प्रचालन की योग्यता, उसे v.h.f प्रवर्धक में उपयोगी बनाता है। बहुत कम प्रतिबाधा निवेशी तथा निर्गत परिपथ को लिंक करने वाले बहुत कम प्रतिबाधा (उत्सर्जक-

संग्राहक प्रतिबाधा) के कारण ऐसी आवृत्ति पर, उभयनिष्ट-उत्सर्जक प्रर्वधक की अपेक्षा यह परिपथ अधिक स्थायी होता है।

वोल्टता प्रवर्धक (Voltage amplifier): प्रवर्धक एक परिपथ है जिसमें एक या अधिक ट्रांजिस्टर होते है तथा निवेशी टर्मिनल को लगाये प्रत्यावर्ती सिग्नल को बढ़ाने के लिए डिजाइन किये होते है। इसे वोल्टता प्रवर्धन कहते है। यदि निर्गत वोल्टता का आमाप (साइज) या परिमाण, निवेश वोल्टता से विचारणीय अधिक हो तो, उसे प्रवर्धक की वोल्टता लब्धि कहते है। वोल्टता प्रवर्धक का मुख्य कार्य, न्यूनतम विकृति के साथ दिये गये लब्धि को उत्पन्न करना है। अर्थात निर्गत वोल्टता को वही तरंग रूप में होना चाहिए जो निवेशी तरंग का रूप है। लेकिन परिमाण में निश्चित रूप से पर्याप्त अधिक होना चाहिए। वोल्टता प्रवर्धक के उदाहरण, उभयनिष्ट आधार तथा उभयनिष्ट उत्सर्जक प्रवर्धक है।

धारा प्रवर्धक (Current amplifier): धारा प्रवर्धक का कार्य यह है कि जब आधार में धारा दी जाती है तो उत्सर्जक-संग्राहक परिपथ में, भार बहुत अधिक धारा को प्रवाह होने के लिए प्रभावित कर सकता है।

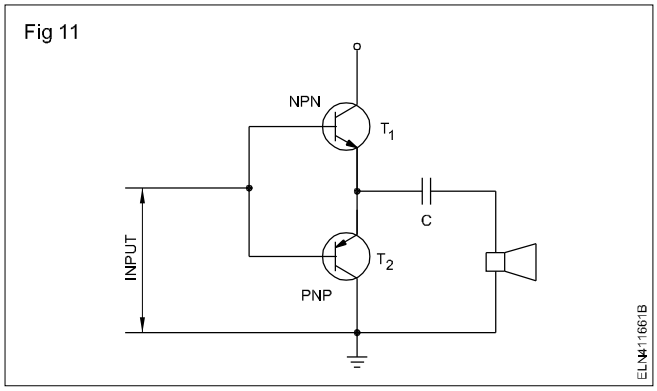
ध्यान देने योग्य परिणाम यह है कि यदि आधार-धारा को निश्चित अनुपात से बढ़ाया जाता है तो, संग्राहक धारा में आधार धारा को तदानुसार बढ़ायेगी, लेकिन संग्राहक धारा में बहुत अधिक परिवर्तन होगा। हमने धारा को प्रवर्धित करने की प्राप्ति कर ली है। निर्गत धारा से निवेशी धारा के अनुपात को प्रवर्धक का धारा लब्धि कहते है।

धारा प्रवर्धक का उदाहरण, उभयनिष्ट उत्सर्जक, उभयनिष्ट संग्राहक प्रवर्धक है। उभयनिष्ट उत्सर्जक प्रवर्धक की धारा लब्धि 50 से 300 होती है जबकि उभयनिष्ट संग्राहक प्रवर्धक को 50 से 500 होती है।

शक्ति प्रबर्धक (Power amplifier): शक्ति प्रवर्धक का उपयोग निर्गत यंत्ररचना (मैकेनिज्म) को चलाने के लिए किया जाता है। उदाहरण- लाउडस्पीकर, एक जोड़ा इयर फोन, चल कुण्डल मापी या कछ अन्य प्रकार की संकेतक युक्ति। शक्ति प्रवर्धक का मुख्य कार्य निर्गत युक्ति या भार परिपथ में अविकृत शक्ति का अच्छा परिमाण देना हैं। जैसे प्रवर्धक प्रायः उत्पन्न करता हैं। शक्ति प्रवर्धक के लिए उद्धाहरण - क्लास A, क्लास B, क्लास AB तथा क्लास C हैं।

Fig 11 में पूरक समिति क्लास B कर्षाकर्षी (push pull) शक्ति प्रवर्धक परिपथ दर्शाया गया हैं। शक्ति प्रवर्धक पूरक जोड़े में, उनमें से एक NPN (टाइप) प्रकार तथा दूसरा PNP प्रकार हैं। बिना निवेशी संकेत के कोई भी ट्रांजिस्टर संचालन नही करता हैं, तथा निर्गत शून्य होता हैं। जब निवेशी संकेत धनात्मक दिया जा रहा हो, तो NPN ट्रांजिस्टर संचालन करता हैं तथा PNP ट्रांजिस्टर विच्छेद होता हैं। जब ऋणात्मक संकेत दिया जाता है तो T_1 को ट्यून आफ जबकि T_2 संचालन करता हैं। इस परिपथ की अधिकतम दक्षता लगभग 78% होती हैं।

Fig 11



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 :

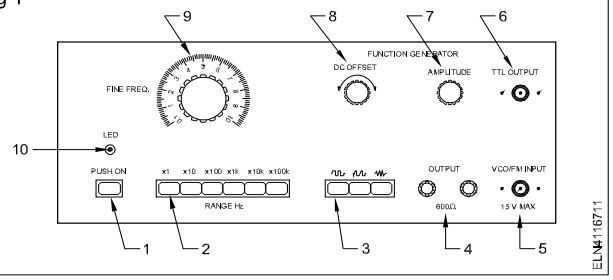
- **फँक्शन और आडियो फ्रीक्वेंसी जनरेटर के उपयोग एवं नियंत्रण का वर्णन करना**
- **CRO का कार्यप्रणाली रैखिक आरेखा के साथ वर्णन करना**
- **CRO में विभिन्न प्रकार के कार्य प्रचालन को बताना**
- **इलेक्ट्रानिक परिपथ में CRO का उपयोग बताना।**

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।

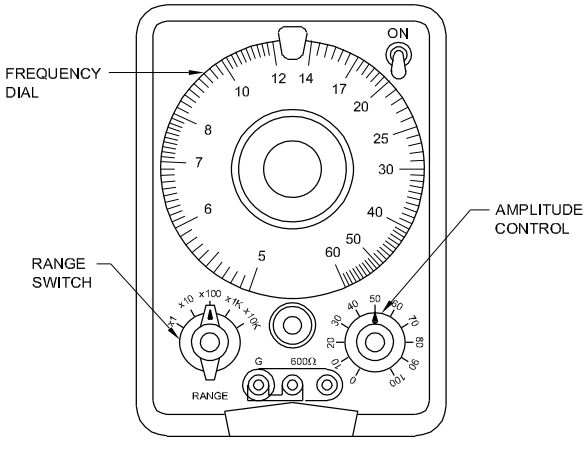
प्रचालन जानकारी (Operating information): फंक्शन जनरेटर को 240V, AC मुख्य सप्लाई से पॉवर दी जाती है जब पॉवर स्विच दबाया जाता है एक LED प्रकाशित होता है।

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।

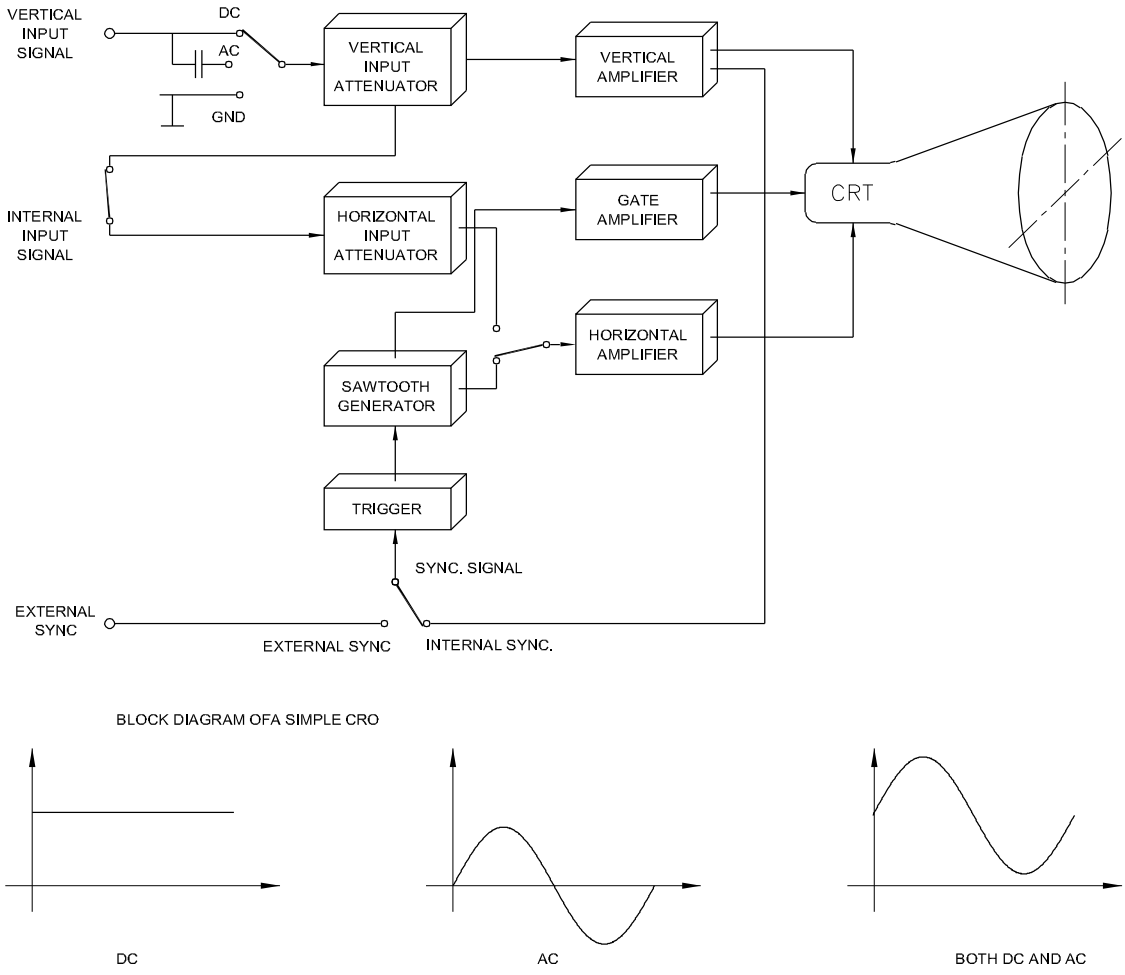
एक ऑसिलोस्कोप में सामान्यतः निम्न भाग होते हैं:

- 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।

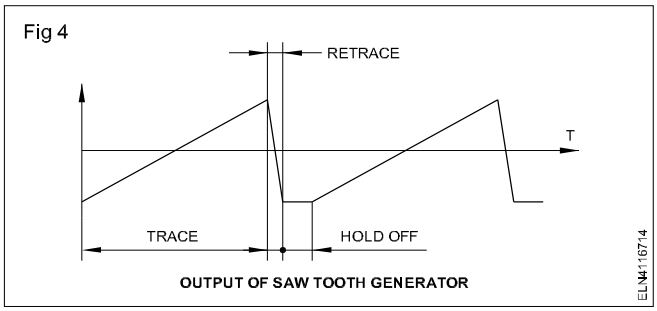
Fig 3



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।

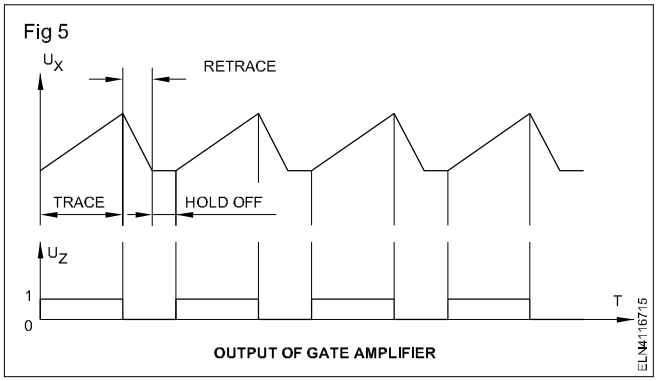
सा-टूथ जनरेटर (Saw-tooth generator): किसी भी आकार के मापक सिग्नल को Y-इनपुट प्लेट से जोड़ा जाता है तब यह स्क्रीन पर दिखाई देता है। X-प्लेट पर सिग्नल इस प्रकार होना चाहिए कि स्क्रीन पर प्राप्त छवि Y-प्लेट के समान होना चाहिए। अतः एक सा-टूथ सिग्नल X-प्लेट से जोड़ने की आवश्यकता होती है जो कि स्क्रीन पर बने 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 एम्प्लीफायर या Z-एम्प्लीफायर (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 एम्प्लीफायर 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 एम्प्लीफायर पर एक स्क्वायर वेव सिग्नल प्राप्त होता है और यह टाइम बेस सिग्नल से जुड़ा होता है। Fig 5 में यह निर्दिष्ट है।



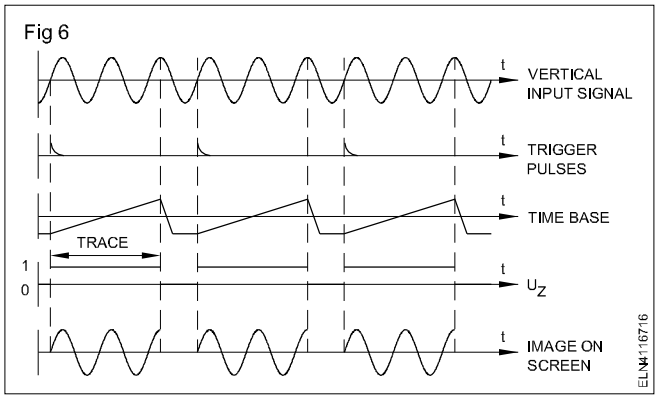
ट्रीगर (गेट एम्प्लीफायर आउटपुट) (Trigger (Gate amplifier output)) : जैसे कि पहले उल्लेख किया गया है कि मापा जाने वाला सिग्नल वेव फार्म Y-इनपुट से जोड़ा जाता है जो स्क्रीन पर दिखता है। इस वेव फार्म को स्क्रीन पर स्थिर बनाने के लिए यह आवश्यकत है कि टाइम बेस सिग्नल का प्रारंभिक बिंदु Y के इनुपुट सिग्नल 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।



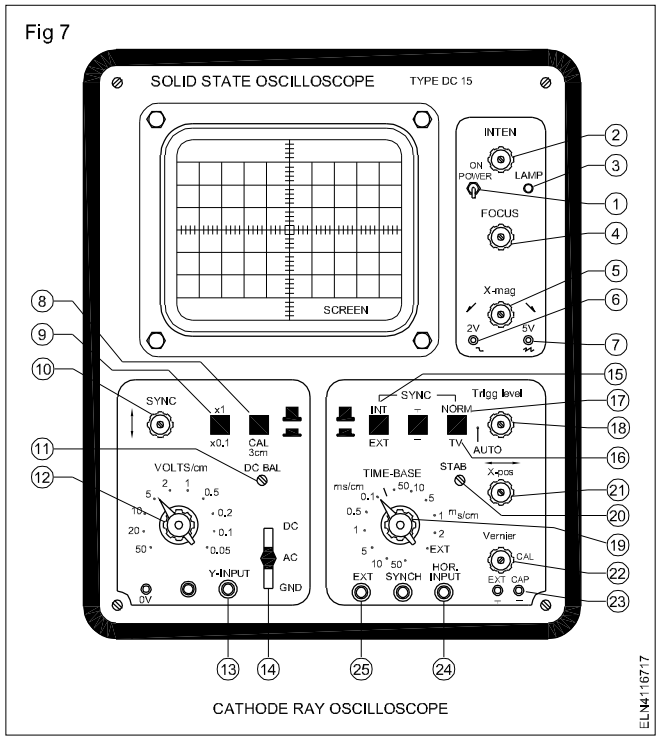
लाइन ट्रिगरिंग (Line triggering) : सिग्नल जो कि ट्रिगर को दिया जाता है CRO के पॉवर सप्लाई से प्राप्त सिग्नल होता है। (आरेख चित्र में प्रदर्शित नहीं है)

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।

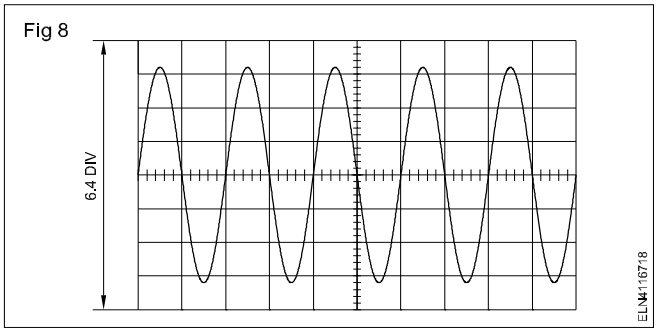
अज्ञात AC वोल्टता को मापने के लिए मुख्य आपूर्ति AC को विलगन ट्रांसफार्मर के द्वारा अलग कर देना चाहिए तथा क्षीणकारी को 50V/ डिवीजन पर सेट किया जाता है। AC-DC कुंजी को AC स्थिति (आउट) पर सेट किया जाता है। मापी जाने वाली वोल्टता को निवेशी (इनपुट)

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।

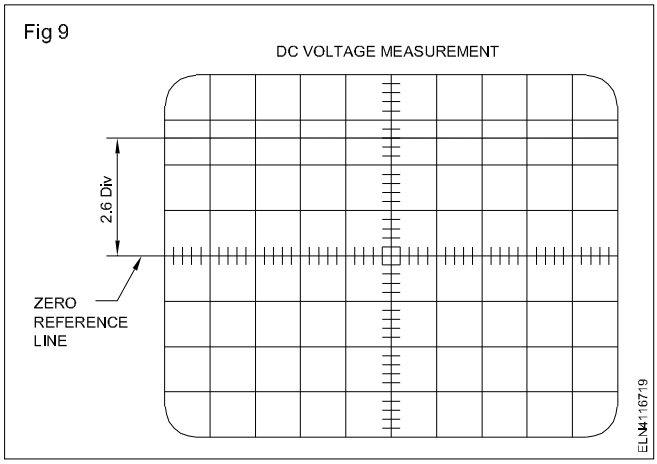
Fig 9 के संदर्भ में एक उदाहरण हल किया गया है।

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



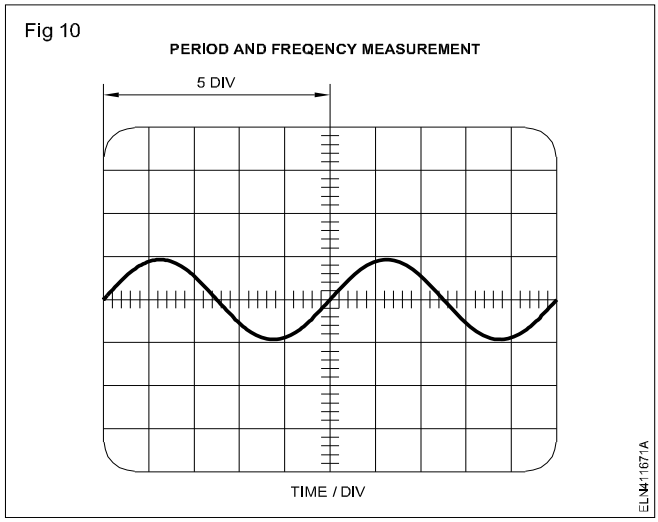
प्रदर्शन करने के लिये समय/ विभाजन कुंजी को सेट किया जाता है। ट्रेस को चलाने के लिए Y-विस्थापन नियंत्रण को समायोजित करें, जिससे कि मापने की बिंदु क्षेतिज केन्द्र रेखा पर हो। माप की बिंदु के प्रारंभ को सुविधाजनक संदर्भ रेखा पर हटाने के लिए X-विस्थापन को नियंत्रण किया जाता है।

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)

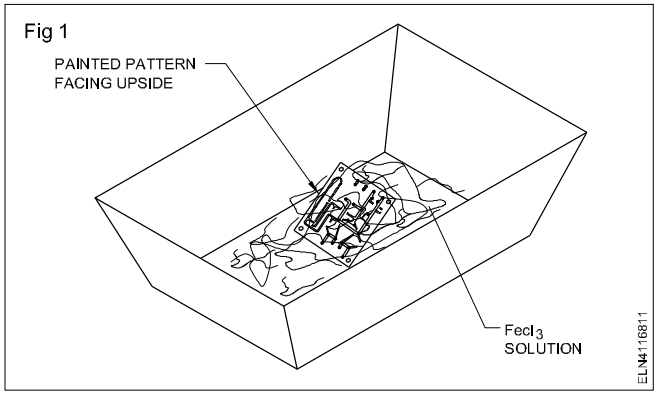
– क्यूप्रिक क्लोराइड (Cupric chloride)

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।

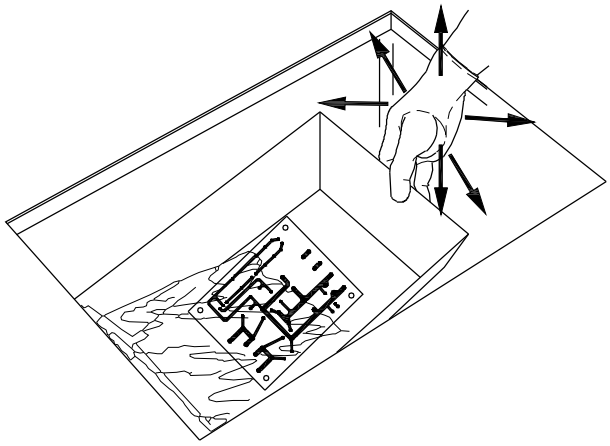
पेंटेड लेमिनेट जिसका एचिंग किया जाना है, उसके आवश्यक भाग को ही सरकाकर $Fecl_3$ विलयन में डालना चाहिए। साथ ही Fig 1 में प्रदर्शित किये अनुसार लेमिनेट का पेंटेड सतह ऊपर की तरफ होना चाहिए ताकि एचिंग प्रक्रिया की प्रगति एचिंग की सीमा दिखाई दे।

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।

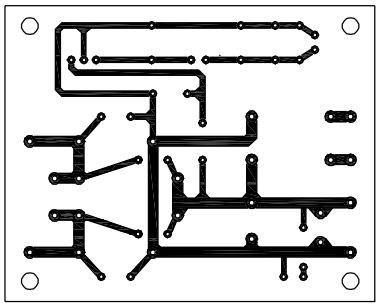
Fig 2



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।

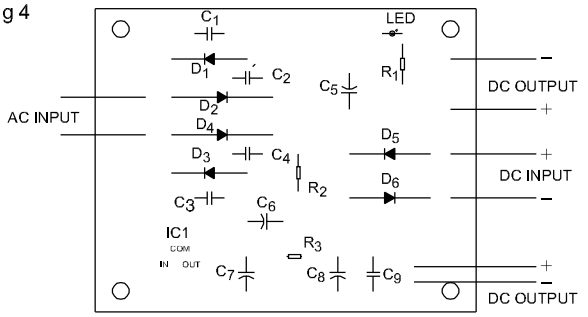
– सुनिश्चित करें कि सभी आवश्यक बिंदु ड्रिल किया जा चुका है क्योंकि एक बार पुर्जों को लगा दिया जाता है और पुनः ड्रिलिंग से कंपन्न के कारण लगाये गये पुर्जो को नुकसान होता है।

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।

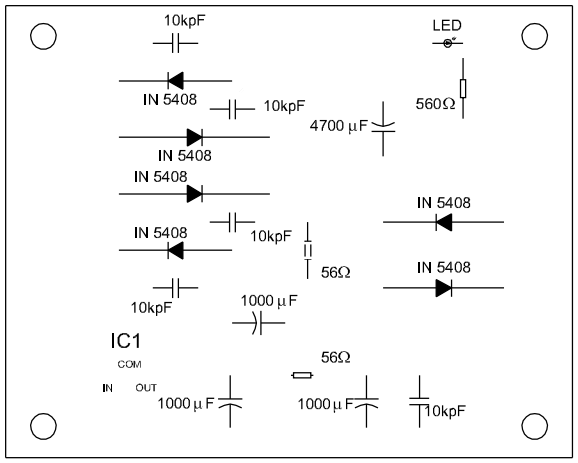
पुर्जों का चिन्हांकन की मानक प्रक्रिया के लिए या तो पुर्जे का सिम्बाल उसके कोड नम्बर के साथ या केवल पेड के सरों पर कोड नंबर चिह्नित किया जाता है जैसे कि Fig 4 में प्रदर्शित है।

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 :

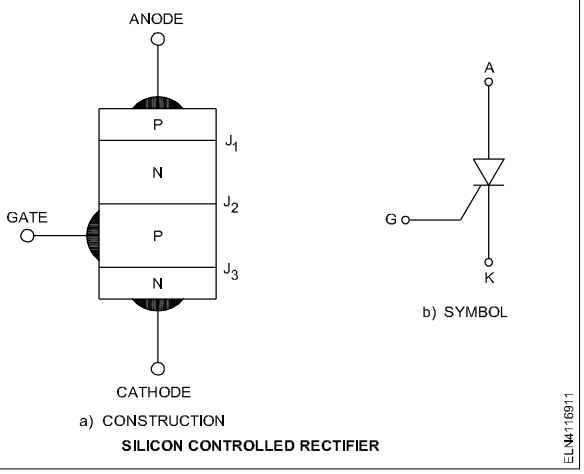
- **SCR की संरचना और कार्य अभिलाक्षणिकों तथा इसकी जाँच विधि स्पष्ट करना**
- **ट्रिगरिंग गेट सर्किट के लिए UJT का उपयोग बताना**
- **DIAC और TRIC की कार्य प्रणाली का वर्णन करना**
- **FET का सिद्धांत, कार्य, बायसिंग और अनुप्रयोग बताना**
- **JFET का सिद्धांत, बायसिंग और एम्प्लीफायर के रूप में उसको स्पष्ट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

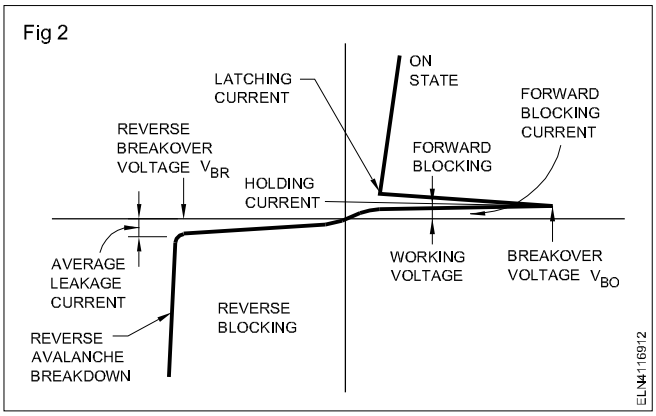
अतः फॉरवर्ड बायस की स्थिति में J_2 के डिप्लेशन लेयर (अवक्षय पर्त) की मोटाई J_1 और J_3 के रिवर्स बायस में अवक्षय पर्त की कुल मोटाई से अधिक होगा इसलिए फॉरवर्ड ब्रेक ओवर वोल्टेज V_{BO} रिवर्स ब्रेक ओवर वोल्टेज से सामान्यतया अधिक होगा।

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।

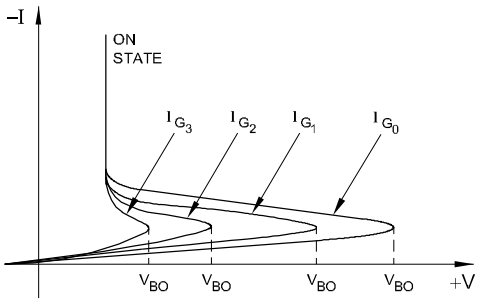
उस बिंदु पर करंट एकाएक उच्च चालन स्तर पर बढ़ता है। इस बिंदु पर SCR का एनोड-टू-कैथोड एजिस्टेंस बहुत अल्प होता है और SCR एक क्लोज स्विच की तरह कार्य करता है। SCR के सिरों पर वोल्टेज ड्रॉप लगभग 1.4V. होता है। अतः हम कह सकते हैं कि फॉरवर्ड-बायस मोड में आरोपित वोल्टेज B_{FO} से कम हो तब SCR ओपन स्विच की भांति 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:

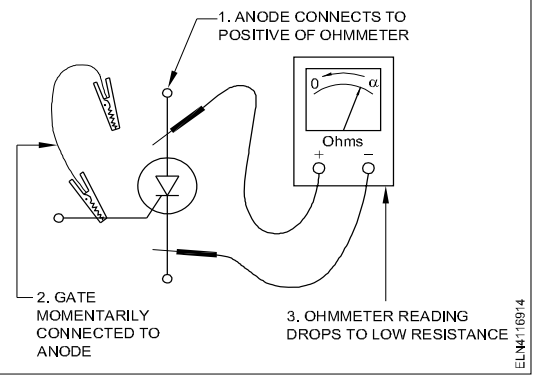
- पॉवर कंट्रोल (Power control)
- अधिक वोल्टेज सुरक्षा (Over voltage protection)
- टाइम डिले सर्किट (Time delay circuit)
- सॉफ्ट स्टार्ट सर्किट (Soft start circuit)
- लॉजिक एण्ड डिजिटल सर्किट (Logic and digital circuits)
- पल्स सर्किट रिफरेन्स (Pulse circuits references)
- ए.सी. पॉवर कंट्रोल में फेज कंट्रोल (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।

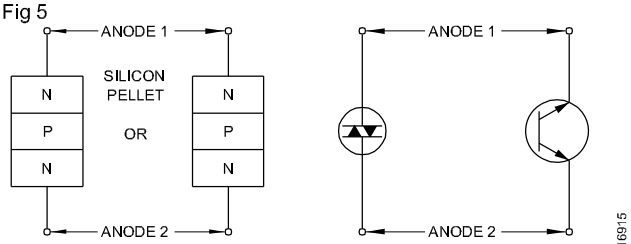
जैसा कि Fig 5 में देखा जा सकता है, डायक में तीन परत, दोनों दिशाओं में धारा को संवहन करने के योग्य दो टर्मिनल अर्ध चालक युक्ति होती है।

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,

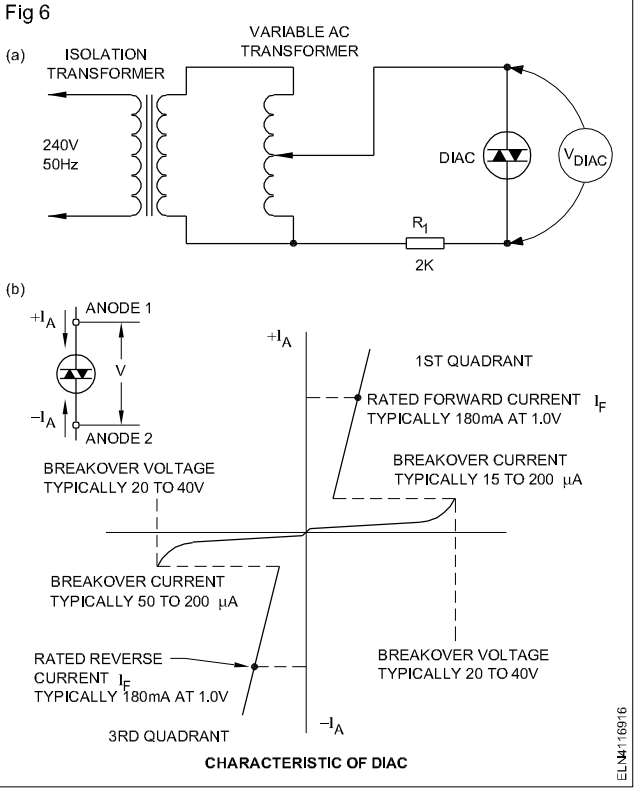
Fig 5



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।

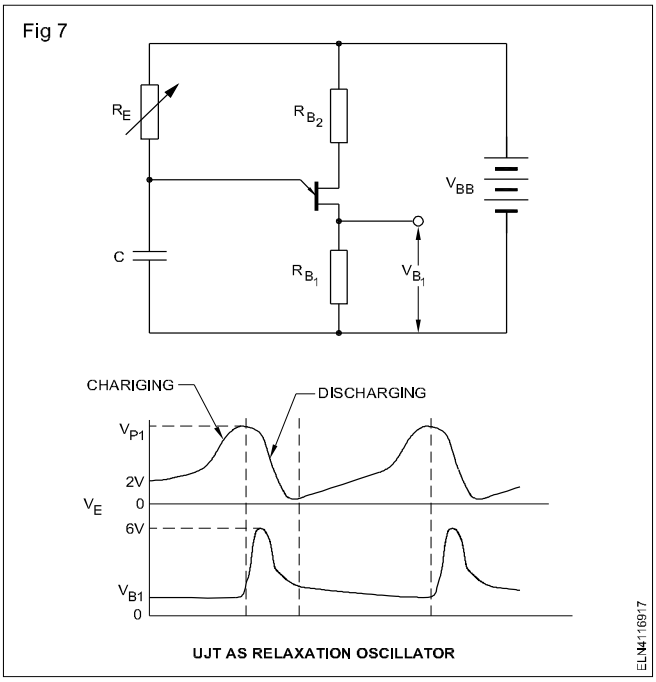
संधारित्र के आरपार उत्पन्न तरंग रूप का Fig 7 में V_E के जैसे दर्शाया गया है, जबकि R_{B1} प्रतिरोधक के आरपार उत्पन्न तरंग रूप को स्पंद V_{B1} की तरह दर्शाया गया है।

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

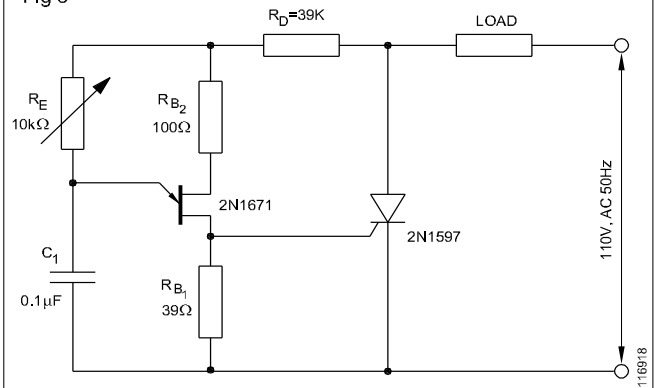
Fig 7



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



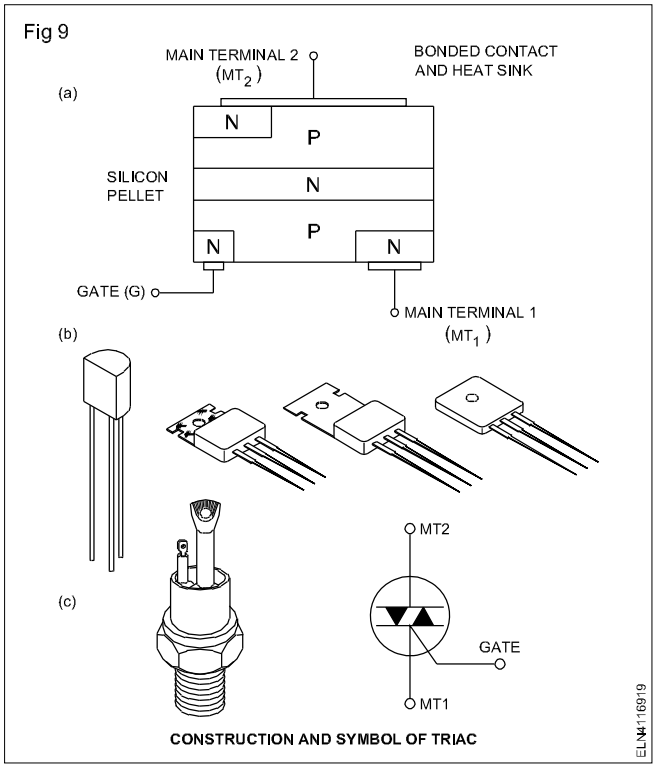
UJT RELAXATION OSCILLATOR USED FOR TRIGGERING THE SCR

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

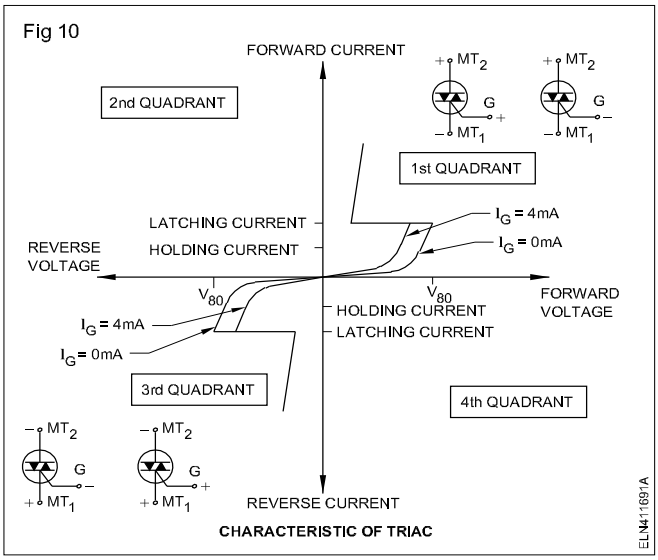
2 अवधान (ऐवलांशी) विभंग वोल्टता V_{BO} से अधिक वोल्टता देकर

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।

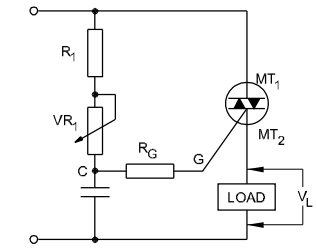


ट्रायक स्थैतिक अभिलक्षण से, जब MT_2, MT_1 के सापेक्ष धनात्मक होगी तो, ट्रायक (Fig 6), उसके स्थैतिक अभिलक्षण के प्रथम चतुर्थांश में प्रचालित होगा, यदि वह ट्रिगर नहीं होता है तो, वोल्टता में वृद्धि के साथ अल्प अग्र धारा धीरे-धीरे बढ़ेगी, जब तब कि विभंग वोल्टता V_{BO} न प्राप्त हो जायें, तथा फिर धारा में 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।

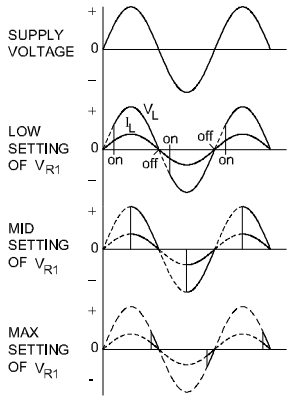
ट्रायक के उपयोग से पूर्ण तरंग नियत्रंण (Full wave control using a TRIAC): Fig 11a में AC परिपथ में धारा के प्रवाह को नियंत्रण करने के लिए उपयोग हुए ट्रायक को दर्शाया गया है। POT V_{R1} की विभिन्न सेटिंग के साथ तरंग रूप को Fig 11b में दर्शाया गया है।

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))

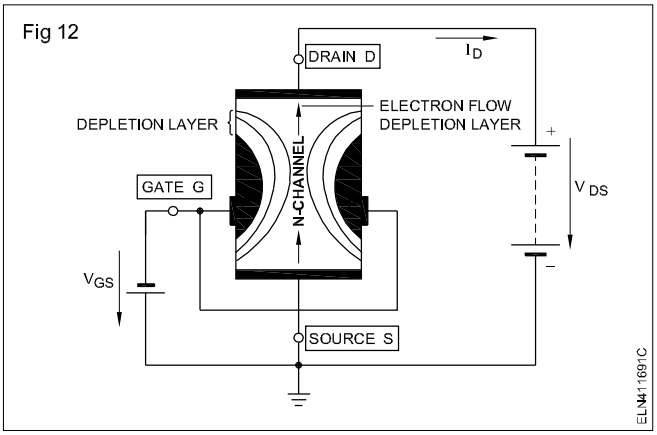
फील्ड इफेक्ट ट्रांजिस्टर सेमीकण्डक्टर पदार्थों से बना तीन टर्मिनल युक्ति है। जिसमें धारा का प्रवाह केवल एक प्रकार के कैरियर (होल्स या इलेक्ट्रान) के द्वारा ही होता है ।

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।

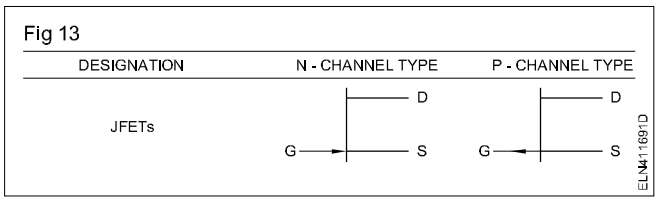
प्रमुख करन्ट इलेक्ट्रोन्स और छिद्रों से प्रवाहित होता है न कि बाइपोलार ट्रानिस्टरों के तरह । इसके विपरीत प्रकार (P अथवा N प्रकार) के आधार पर FET में इलेक्ट्रोन्स अथवा छिद्रों FETs को यूनिपोलार ट्रान्सिस्टर्स अथवा यूनिपोलार उपकरण को कहा जाता है।

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 ।

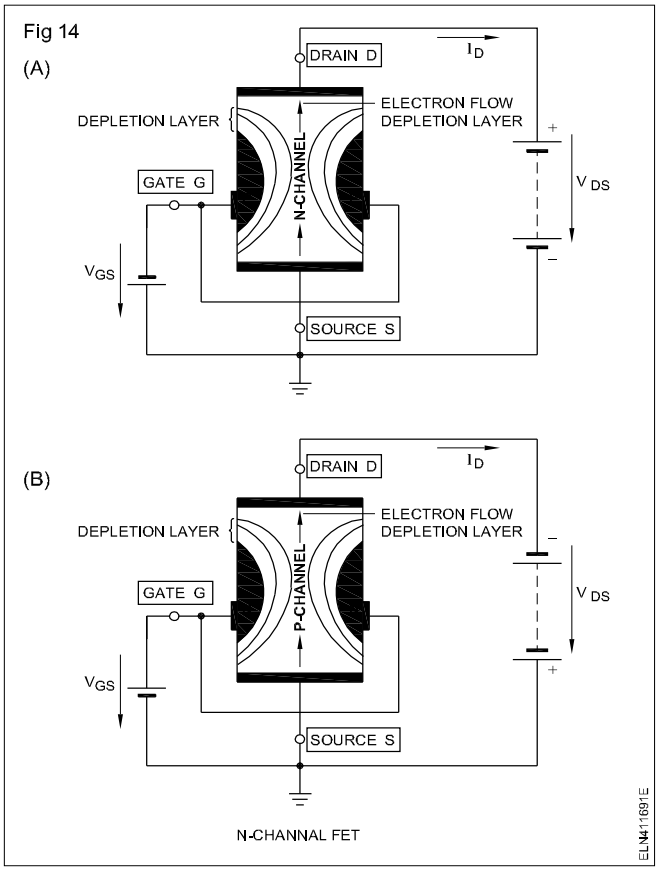
Fig 13



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 ।

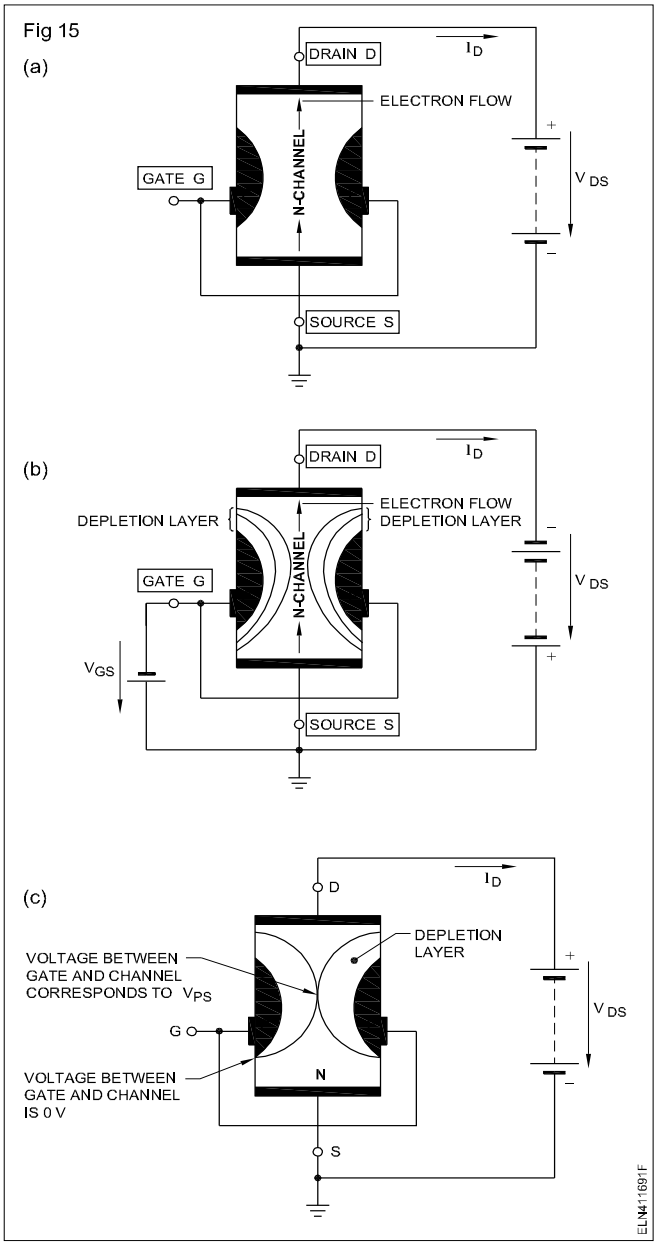
अतः गेट और सोर्स के बीच रिवर्स बायस वोल्टेज ($-V_{GS}$), बदलकर ड्रेन करंट का मान अधिकतम करंट ($-V_{GS}$=0 पर) और शून्य करंट (V_{GS}= पिंच आफ वोल्टेज पर) के बीच बदला जा सकता है। अतः JFET वोल्टेज कंट्रोल्स डिवाइस के रूप में संदर्भित किया जाता है।

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)

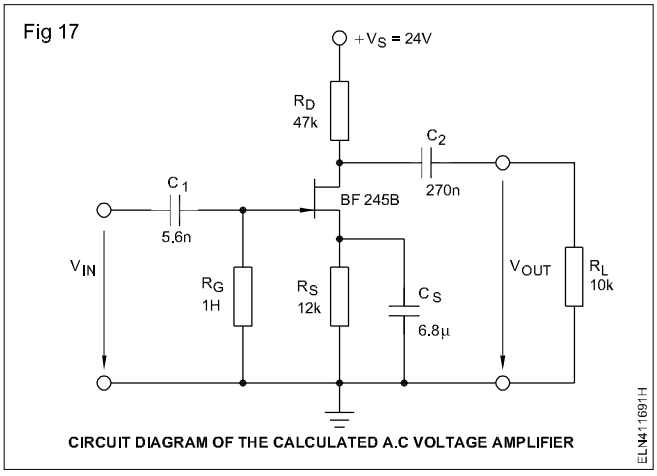
JFET की एक बहुत जरूरी अभिलक्षणिक (Characteristic) है । इसका इनपुट इम्पीडेन्स बहुत अधिक 10^9 ओम के आर्डर में होता है । यह FET की अभिलक्षणिक है, इसकी इनपुट स्टेज पर अधिकतम (majority) इलेक्ट्रानिक परिपथ बहुत पापुलर है ।

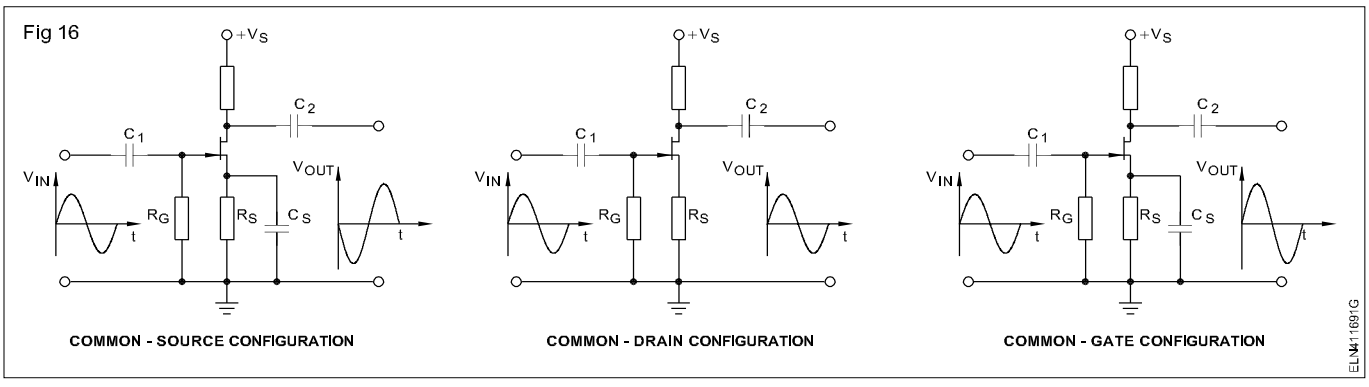
FET के डिस्क्रीट पुर्जों (discrete component) का मुख्य उपयोग,

- 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:

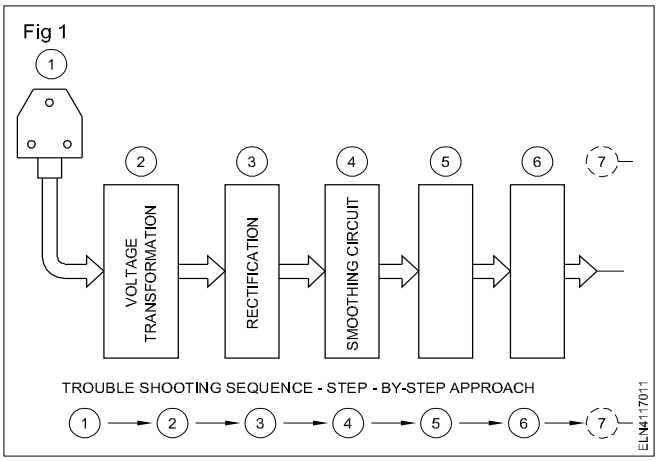
समाधान की चरणबद्ध विधि (Step-by-step method of troubleshooting): यह विधि को शुरूआती लोगों के लिए प्राथमिकता दी जाती है। इस विधि में समस्या के कारण के भाग का प्रभाग की पहचान उसके भागों या प्रभागों की जाँच Fig 1 में दर्शाये अनुसार प्रारंभ से अंत तक की जाती है।

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।

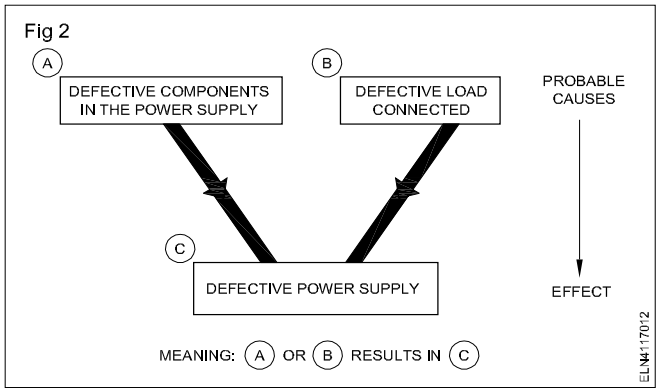
शक्ति आपूर्ति समस्या-समाधान (Troubleshooting power supplies): सभी इलेक्ट्रानिक सिस्टम को उनकी कार्यप्रणाली के आधार पर उनको ब्लाकों में विभक्त किया जा सकता है। Fig 1 सामान्य शक्ति आपूर्ति के विभिन्न ब्लाकों को प्रदर्शित करता है। प्रत्येक ब्लाक एक विशिष्ट कार्य के लिए होता है।

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।

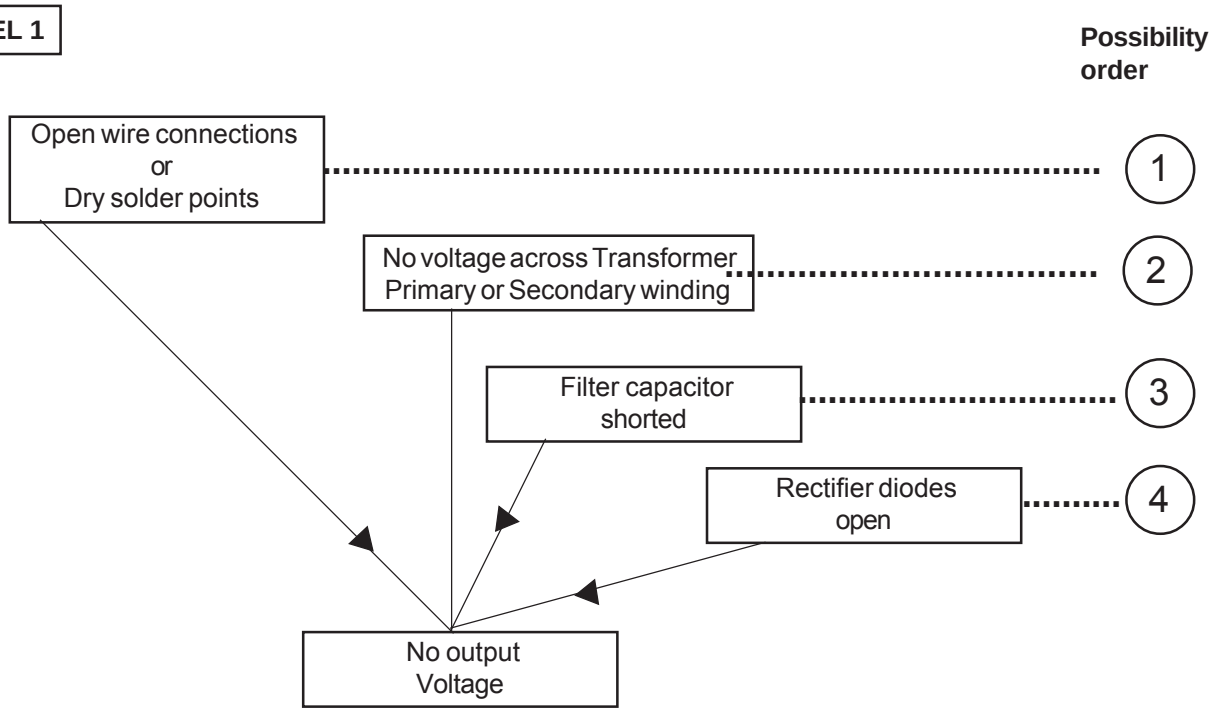
नोट: SFSs और PTs फुलवेव रेक्टिफायर फिल्टर केपेसिटर के साथ ब्रिज रेक्टिफायर के लिए लगभग एक समान ही होता है हालांकि प्रशिक्षणार्थियों को सलाह दी जाती है कि वे अपने अभ्यास और विधि की अच्छी समझ के लिए फुलवेव रेक्टिफायर शक्ति आपूर्ति का SFSs और PTs तैयार करें।

Problem Tree - PT1

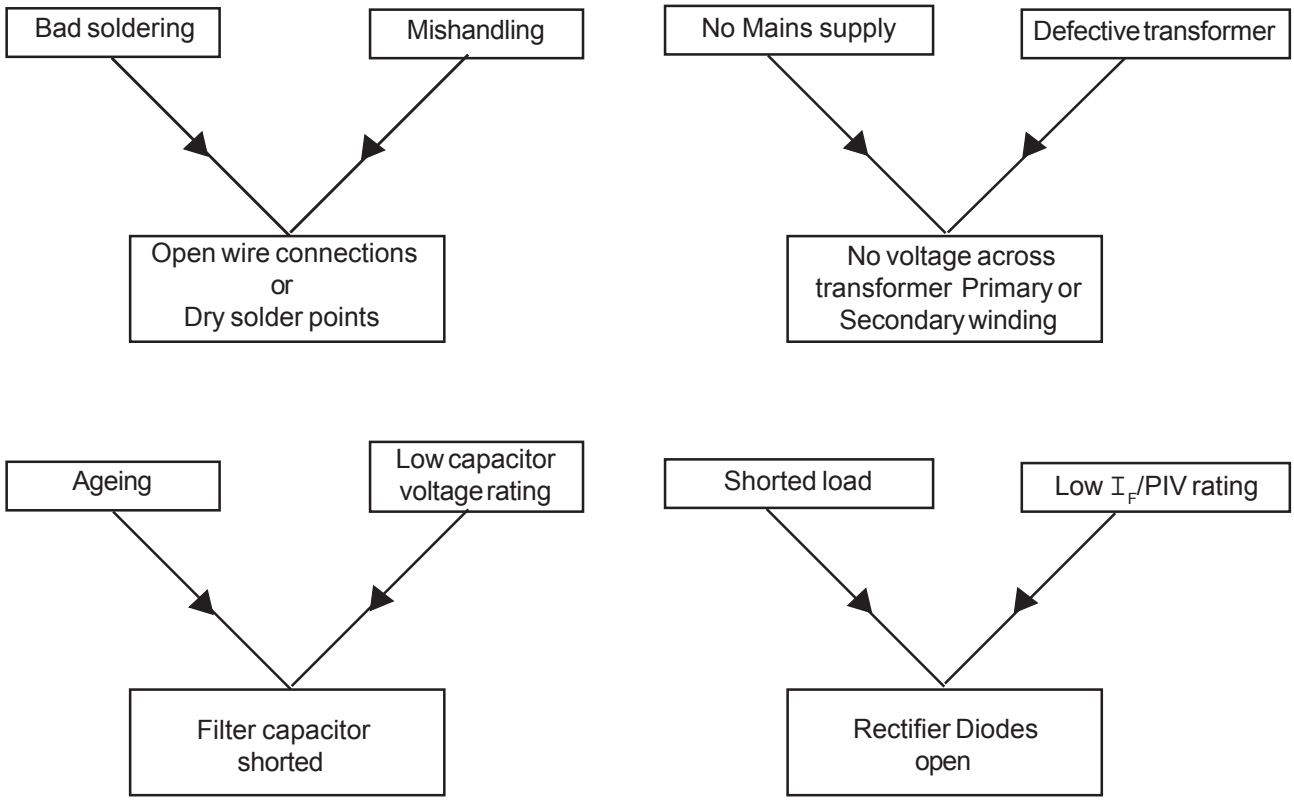
दोष की प्रवृति : **आउटपुट वोल्टाज का अभाव**

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

LEVEL 1

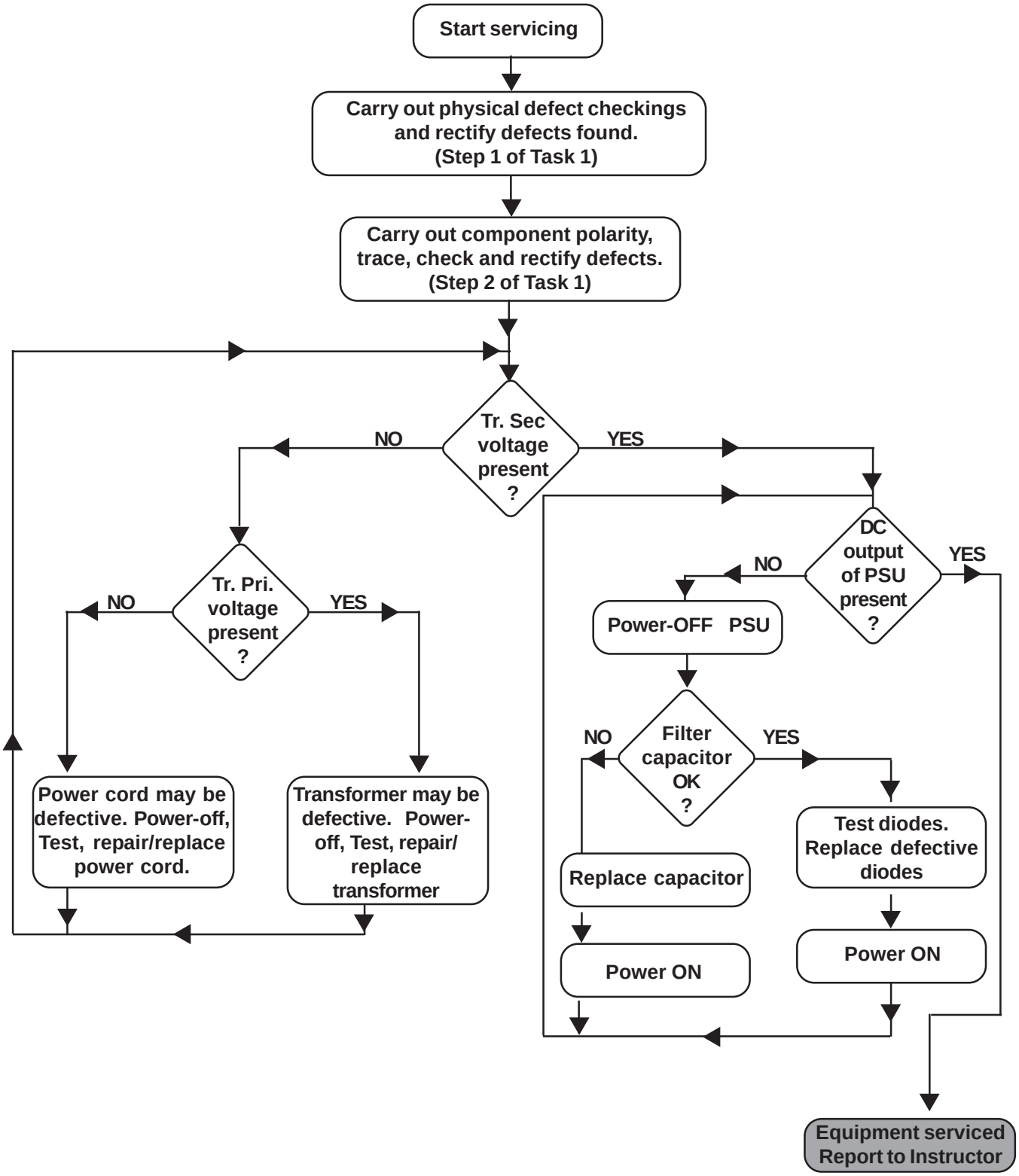


LEVEL 2



सेवा दोष की श्रृँखला (SFS-2)

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

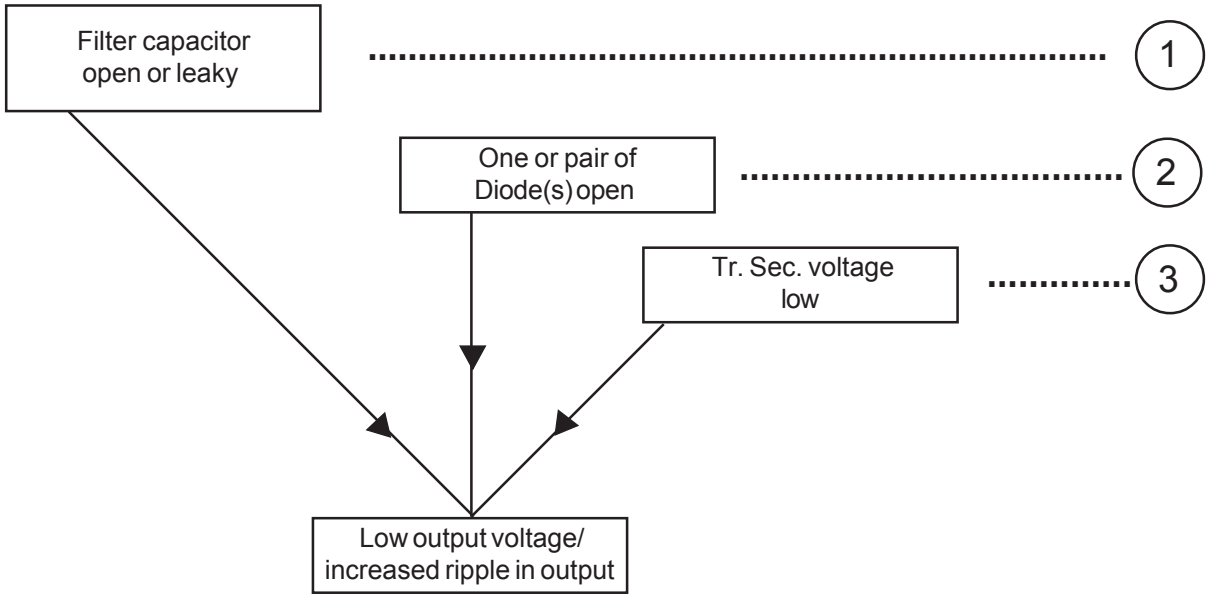


Problem Tree - PT2

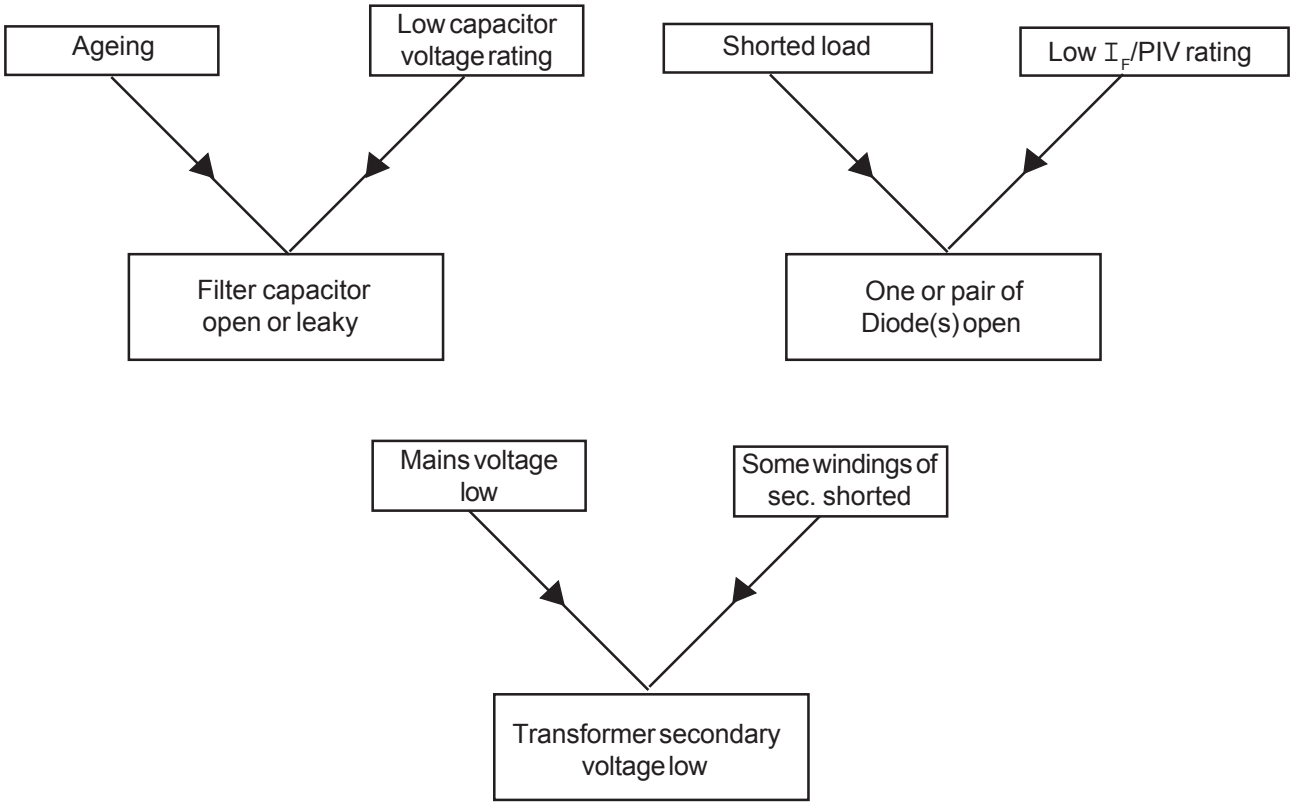
दोष की प्रवृति : **निम्न आउटपुट DC/अभिवृद्धि हुई तरंगे**

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 ।

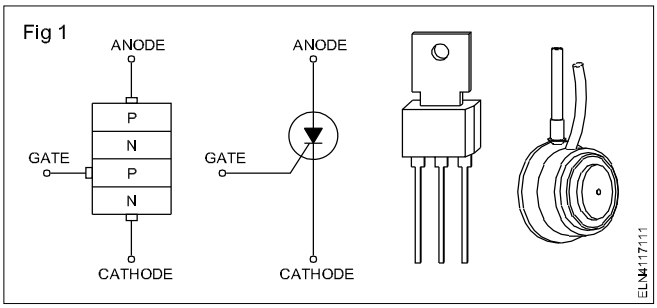
सिलिकॉन कन्ट्रोल रेक्टिफायर (Silicon control rectifier (SCR))

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 ।

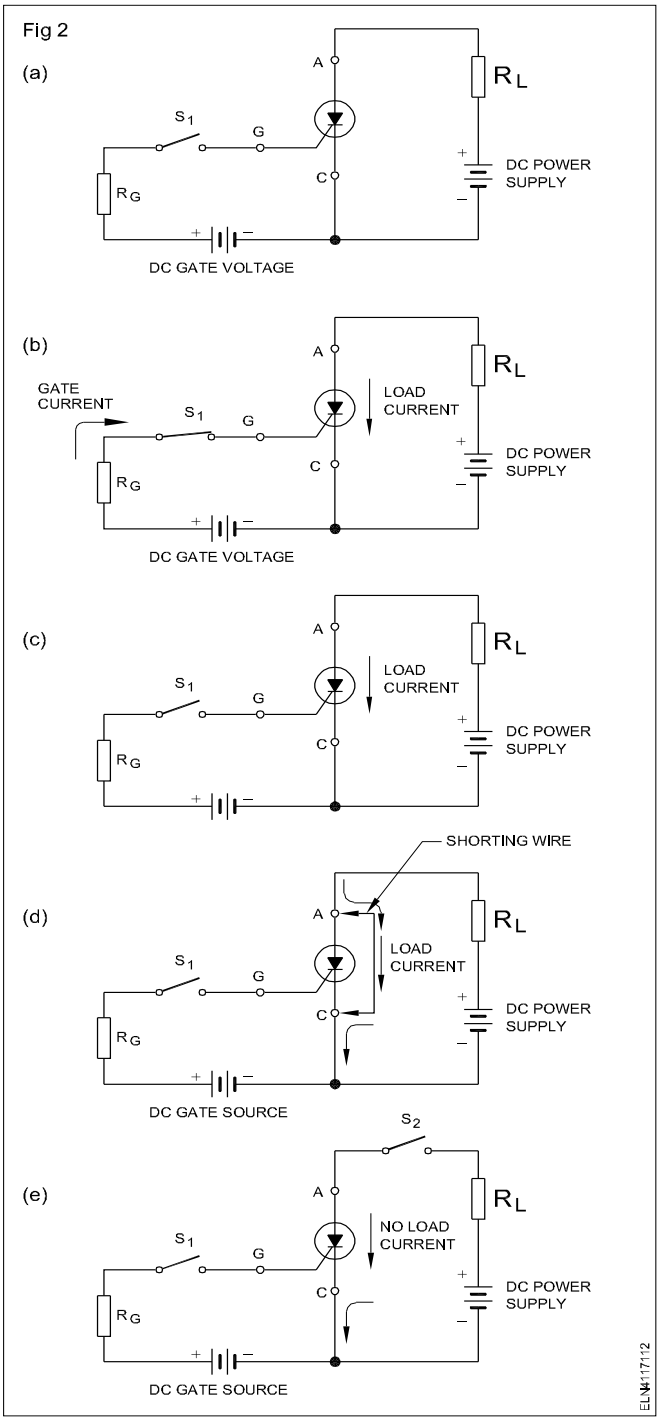
Fig 2b में, जब स्विच बन्द होता है, एक कम गेट धारा (लगभग 1/1000 अथवा इससे कम लोड धारा की तुलना मे) टर्न ऑन (फायर) SCR है । एक भारी लोड (भार) धारा SCR द्वारा बह रही है और लोड (भार) R_L है ।

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 ।

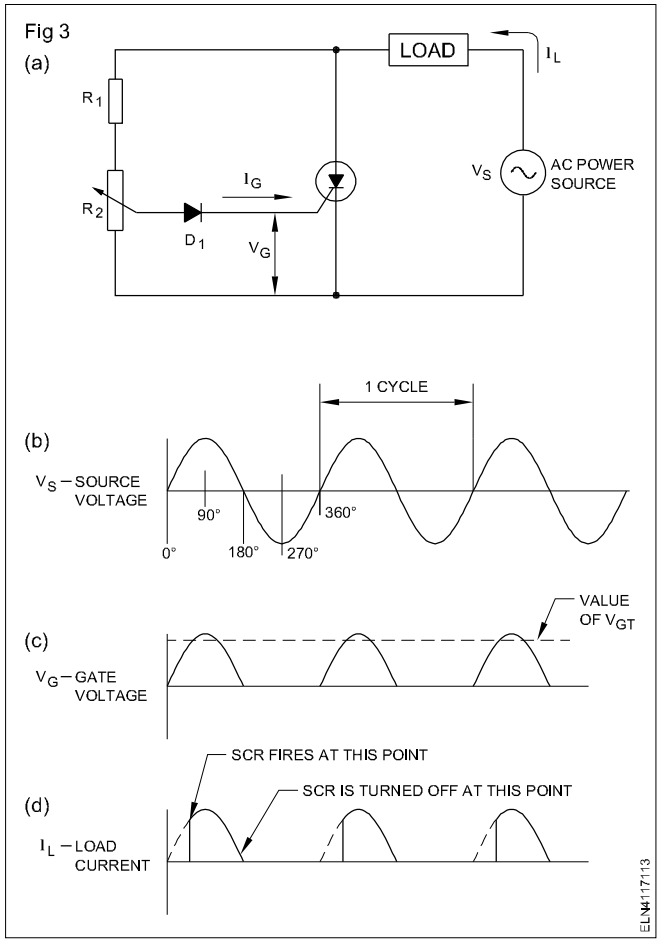
Fig 3b, 3C में वोल्टेज वेवफार्म के स्त्रोत और गेट वोल्टेज को दिखाया गया है ।

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

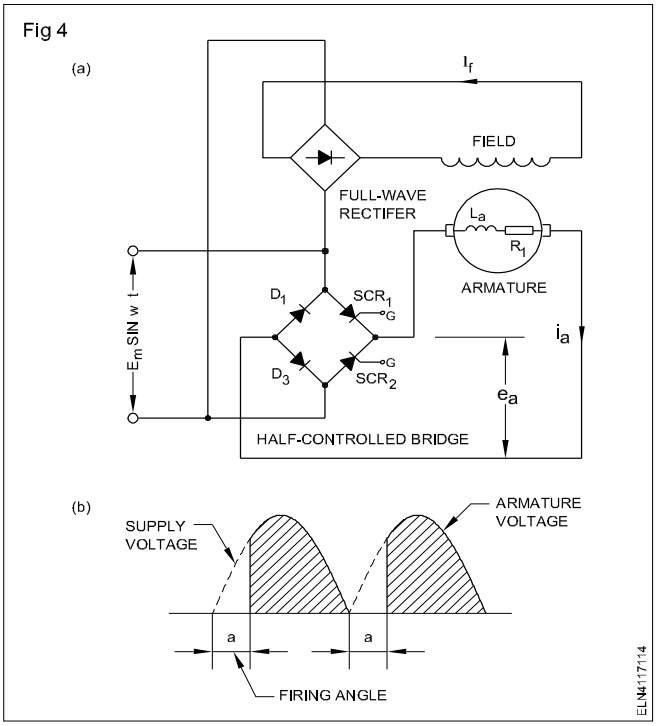
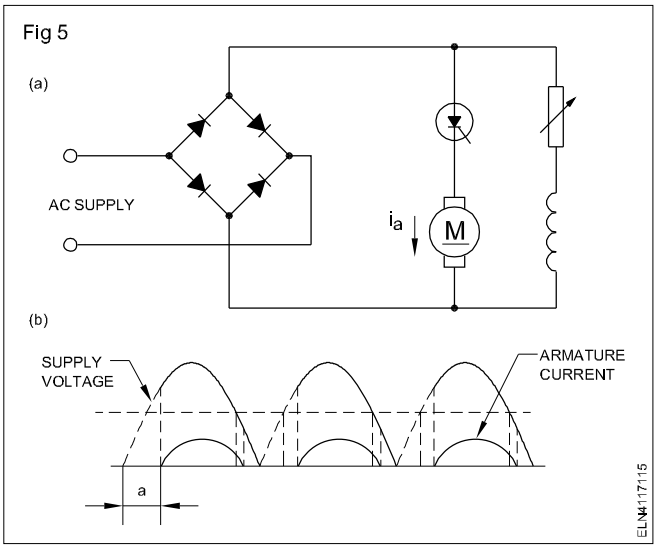
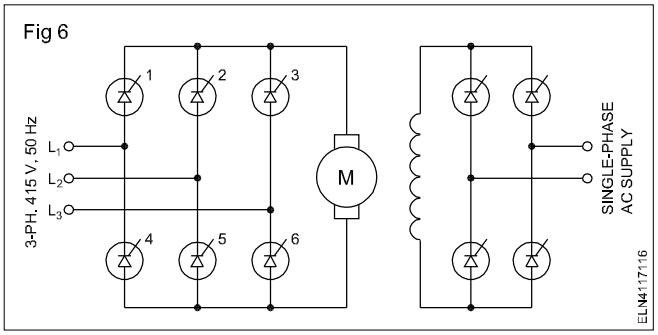


Fig 5



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

Fig 6



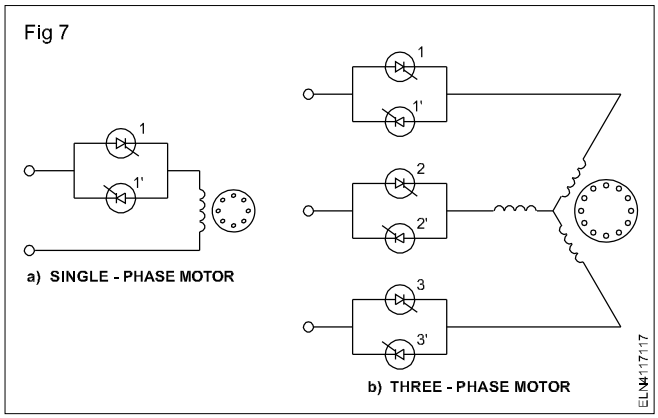
अन्य DC मोटरों के गति नियंत्रण परिपथों को, मोटर की गति नियंत्रण में SCR के साथ लगने वाले कुछ और पुर्जो के बारे पढ़ने के बाद आगे के पाों में वर्णन किया गया है।

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



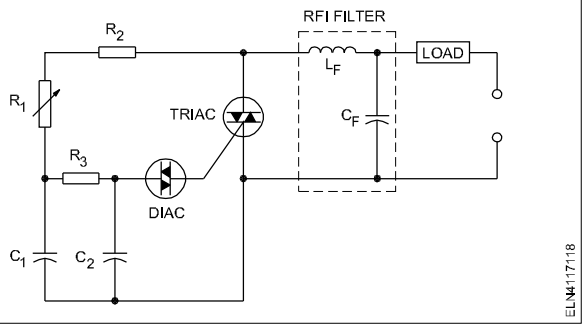
TRIAC और DIAC का प्रयोग करते हुए पावर सर्किट (Power circuit using TRIAC and DIAC)

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।

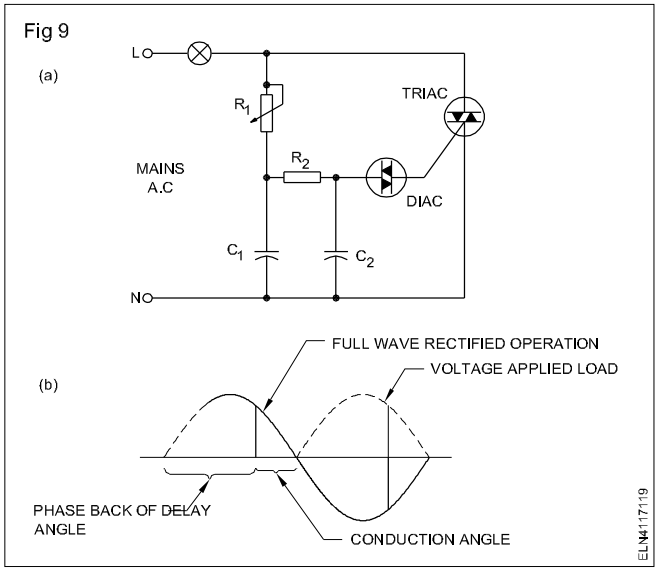
लैम्प दीप्तिमंदक (Lamp Dimmers): दीप्ति मंदक एक परिपथ है जो, जैसे ही उद्दीप्ति लैंप को AC शक्ति आपूर्ति दी जाती है तो लैम्प से उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता को लगभग शून्य से पूर्ण चमक तक नियंत्रित करती है।

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।

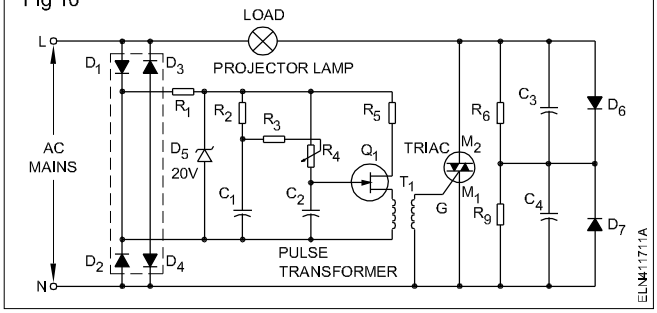
इस ट्रायक के लिए नियंत्रण परिपथ को Fig 9b में दर्शाये गये अनुसार कार्य करना चाहिए। नियत्रंण परिपथ को, समय जिसके लिए परिपथ को वाल्टता दी जा रही है तथा समय जिसके लिए भार लगाया जा रहा है के बीच विलम्ब उत्पन्न करना चाहिए। ट्रायक को प्रत्येक एकान्तरण के शेष भाग के लिए भार के द्वारा संवहन धारा तथा इस विलंब 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



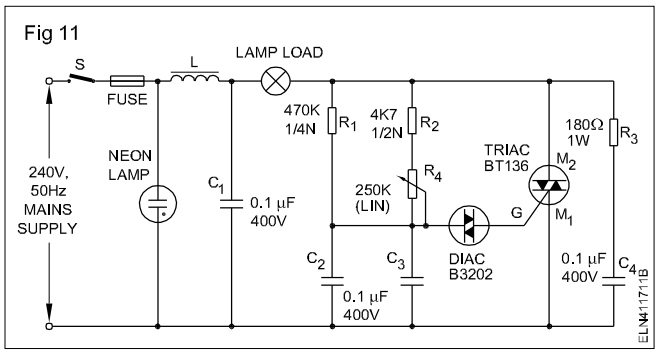
सरल दीप्तिमंदक कम (Cum), सर्वात्रिक मोटरगति नियंत्रक (A simple lamp dimmer cum Universal motor speed controller): Fig 11 में दर्शाये गये लैंप दीप्तिर्मेदक कम सर्वात्रिक गति नियंत्रक परिपथ में ट्रायक को नियत्रंण युक्ति की तरह उपयोग किया गया है। ट्रायक के संवहन कोण को नियंत्रण करने के लिए कला नियत्रंण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

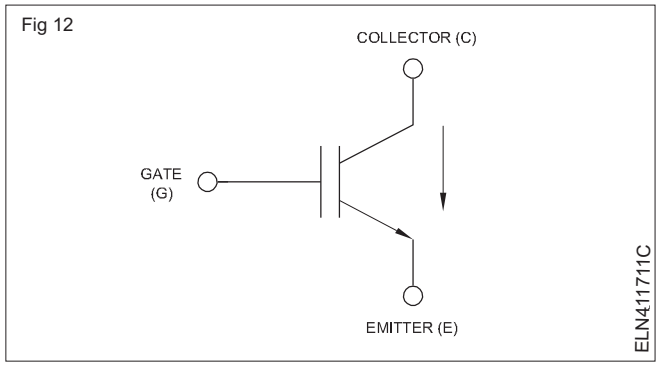
Fig 11



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

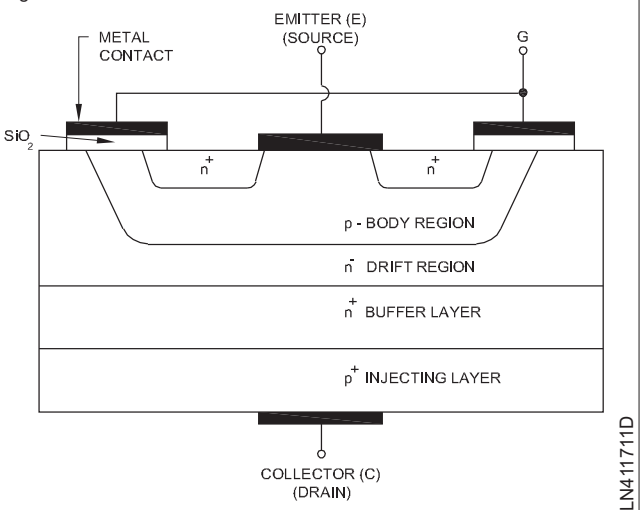


IGBT के तीन टर्मिनल होते हैं - गेट (G), कलैक्टर (C) और एमीटर (E) धारा कलैक्टर से एमीटर की ओर बहती है जब एक वोल्टेज गेट और एमीटर के बीच अप्लाई होता है । IGBT टर्न आन हो जाता है । जब गेट एमीटर वोल्टेज हट जाता है । IGBT टर्न-ऑफ हो जाता है । जब गेट से एमीटर वोल्टेज को अप्लाई करते हैं तो बहुत कम (ना के बराबर) 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

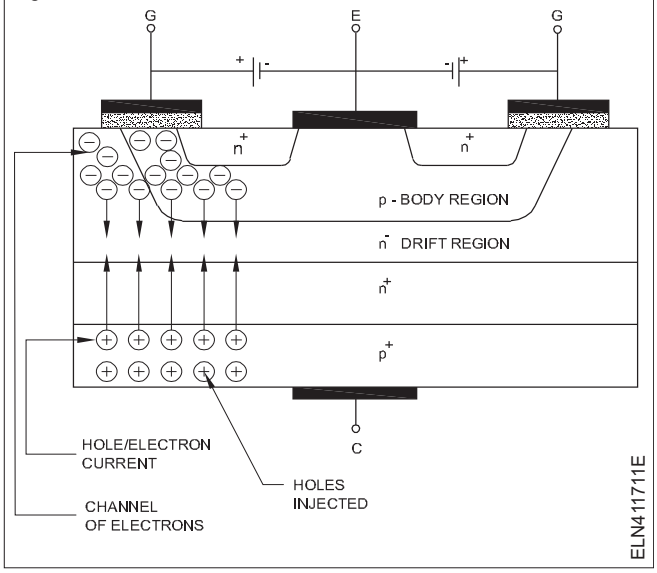
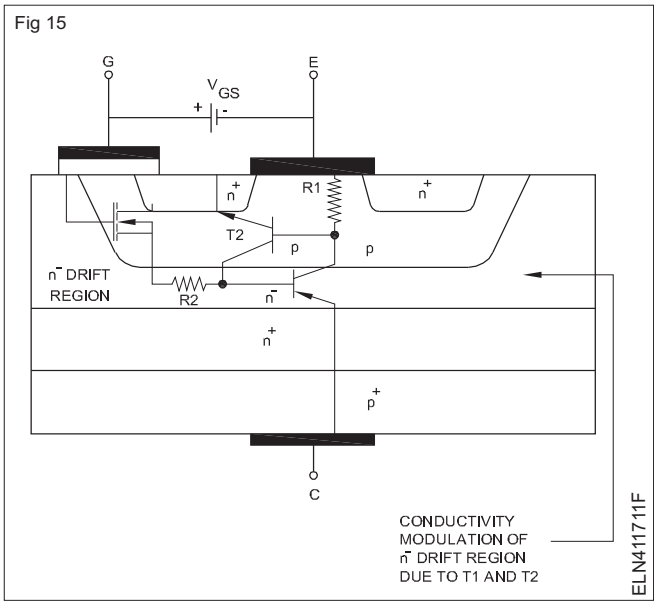


Fig 15 में आई जी बी टी का चित्र दिखाया गया है कि कैसे इन्टर्नल मास्फेट और ट्रांजिस्टर सम्मत होते हैं । मास्फेट इनपुट गेट, एमीटर स्त्रोत की तरह, और n - ड्रिफ्ट रीजन ड्रेन की तरह सम्मत होते हैं । दो ट्रांजिस्टर T_1 और T_2 को Fig 15 में देखें ।

Fig 15

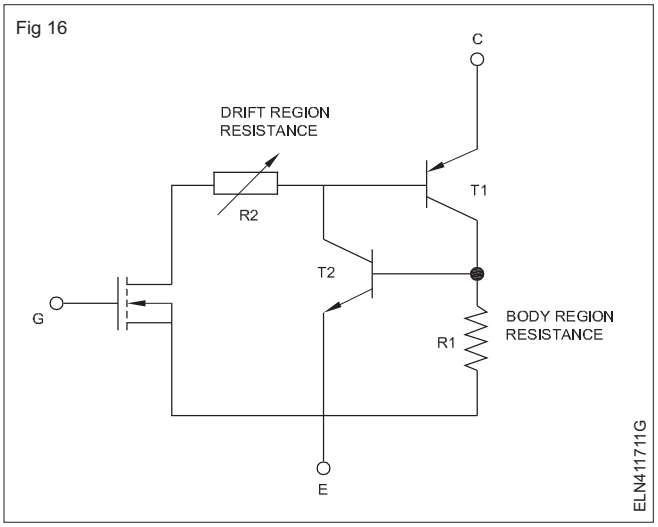


होल्स P+ इंजेक्टिंग परत द्वारा n - ड्रिफ्ट रीजन के भीतर जाते हैं । यह n+ ड्रिफ्ट रीजन ट्रांजिस्टर T_1 का आधार और ट्रांजिस्टर T_2 का क्लैक्टर होता है । होल्स n ड्रिफ्ट रीजन में फिर से P - टाइप बॉडी रीजन में जाते हैं, जिसे एमीटर से जोड़ा जाता है । इलेक्ट्रान n+ रीजन (जिसे एमीटर कहते हैं) के द्वारा ट्रांजिस्टर 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 ।

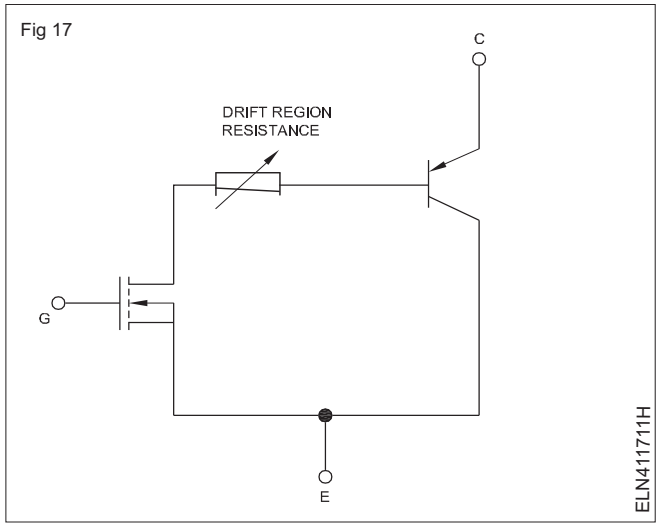
जब गेट ड्राइव को हटा दिया जाता है, IGBT टर्न ऑफ हो जाता है, जब गेट को हटा दिया जाता है तब उत्पन्न चैनल लुप्त (vanished) होगा और अंदरूनी समतुल्य (equivalent) मास्फेट टर्न-ऑफ हो जायेगा अतः ट्रांजिस्टर T_1 टर्न ऑफ होगा यदि ट्रांजिस्टर T_2 टर्न ऑफ होगा यदि P टाइप बाडी रीजन का प्रतिरोध R_1 बहुत कम है इस स्थिति 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

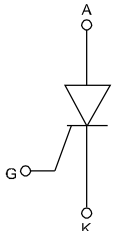
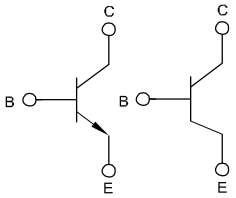
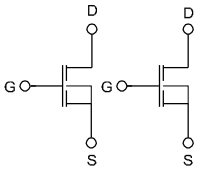
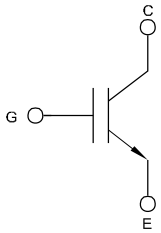
2 डीसी से डीसी पावर सप्लाई जैसे - चॉपर

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