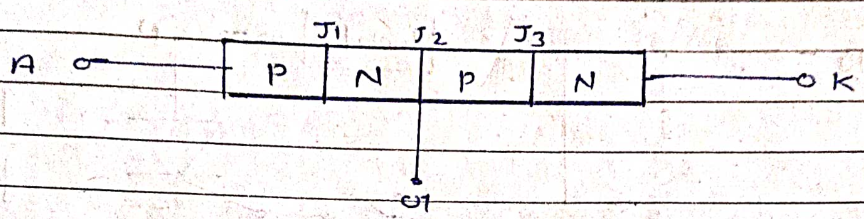
IMP*** SCR (silicon controlled rectifier) या thyristor

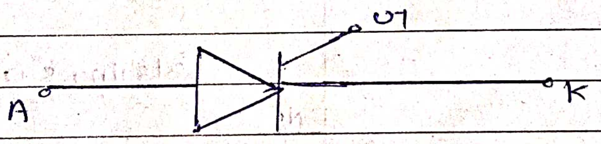


→ SCR एक semiconductor device है जिसमें तीन junction तथा चार layer एवं तीन terminal होते हैं।

→ यह दो P तथा N semiconductors PN, PN के क्रम में मिलाकर बनाया जाता है।

→ यह एक controlled device है जिसमें Forward bias condition में gate pulse की सहायता से control किया जाता है।

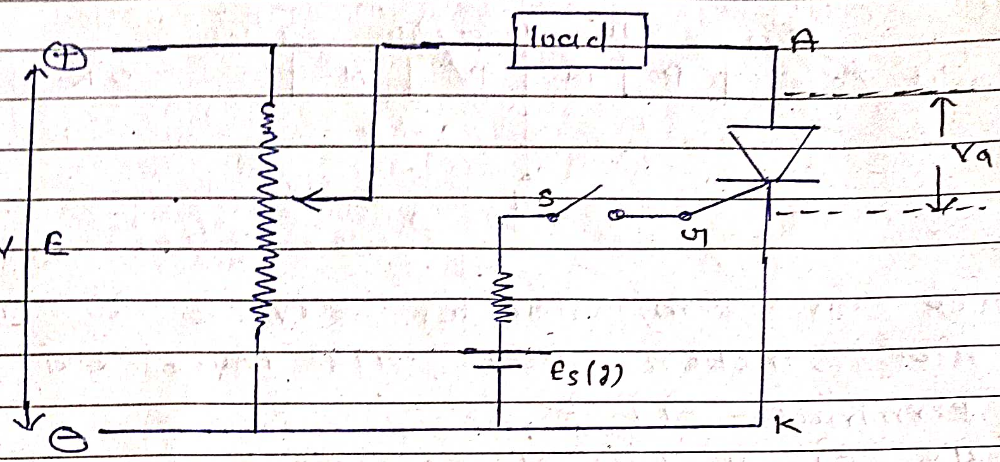
symbol

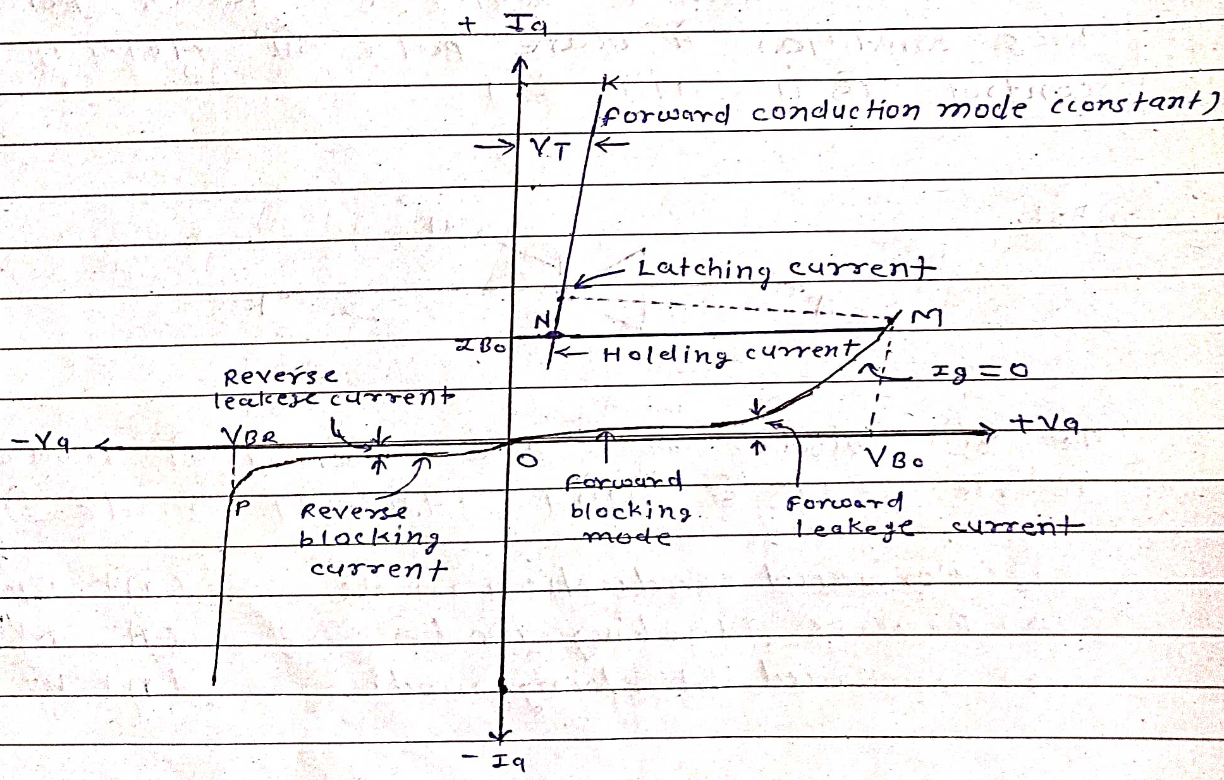


यह भी Diode की तरह Basically दो mode में work करता है लेकिन इसमें तीन mode होते हैं—

1) Forward conduction mode (A+, G+, K−)
2) Reverse blocking mode (A− K+)
3) Forward blocking mode (A+ K− G↓)

⊛ Static VI characterstics of SCR (Thyristor)





यहां V_{BO} = Forward breakover voltage
V_{Br} = Reverse breakdown voltage
I_g = Gate current

thyristor के लिए VI characterstics का circuit diagram तथा character stics curve को चित्र में दिखाया गया है।

→ इसमें Anode तथा cathode को main source से load के accross संयोजित किया गया है।

→ Gate तथा cathode के बीच Gate source voltage Es Provide किया गया है जिसके द्वारा possitive gate current, gate तथा cathod के बीच flow किया जा रहा है।

→ उपरोक्त प्रक्रिया Basically तीन mode में कार्य कर रहा है -

1) Reverse Blocking mode
2) Forward Blocking mode
3) Forward conduction mode.

(1) Reverse Blocking mode -

→ इसमें Anode को cathode की तुलना में possitive रखा जाता है
curve में reverse bias condition को बताया गया है.

→ इसमें junction j_1 और j_3 reverse bias में होता है तथा junction j_2 forward bias condition में होता है। इस अवस्था में small leakage current Few mA flow होता है तथा।

→ इस mode में thyristor off state mode में होता है।

→ चित्र में op line से reverse blocking mode को दिखाया गया है।

→ यदि reverse voltage को और बढ़ाया जाता है तब यह critical breakdown voltage V_{BR} प्राप्त होगा तथा junction J_1 तथा J_3 में short हो जायेगा, जिससे अत्यधिक Reverse current flow होता है। जो thyristor को खराब कर सकता है। अतः thyristor की rating decide करते समय यह ध्यान रखा जाता है कि अत्यधिक reverse voltage V_{BR} से अधिक नहीं होना चाहिए।

(2) Forward blocking mode. –

Anode – possitive
cathode – negetive
gate current(I_g) – 0 हो तब

इस mode में junction j_1 तथा j_3 forward bias में होता है किन्तु j_2 Reverse Bias में रहता है इस अवस्था में भी बहुत कम Forward leakage current few mA current flow होता है (जैसे curve में दिखाया गया है)।

curve में OM forward blocking mode को दिखाया है इस अवस्था में भी thyristor open switch (off state) में कार्य करता है।

(3) Forward conduction mode.

Anode - possitive (P type से connect)
cathode - Negetive (N type से connect)
I_g - possitive pulse

इस mode में j_1, j_2, j_3 तीनों forward bias में होता है तथा forward breakover voltage VBO प्राप्त होता है और thyristo turn on हो जाता है (switch closed)

curve में line M से N दिखाया गया है।

इस प्रकार thyristor को on (turn on) करने के लिए दो दो शर्तों का पालन होना आवश्यक है -

1) Anode को forward break over voltage तक पहुंचाना।

2) possitive gate pulse provide करना।

⊛ latching current (I_L)

Anode current का वह minimum मान होता है जिससे thyristor turn on process के दौरान प्राप्त करता है।

इसी current के बाद conduction start हो जाता है तथा gate signal को remove करने पर भी thyristor continously on रहता है।

⊛ Holding current (I_H) -

Holding current anode current का वह न्यूनतम मान है जहां पर thyristor turn off हो जाता है, anode current को Holding current (forward bloking state तक पहुंचाने) के लिए thyristor के accross एक अतिरिक्त commutation circuit की आवश्यकता होती है।

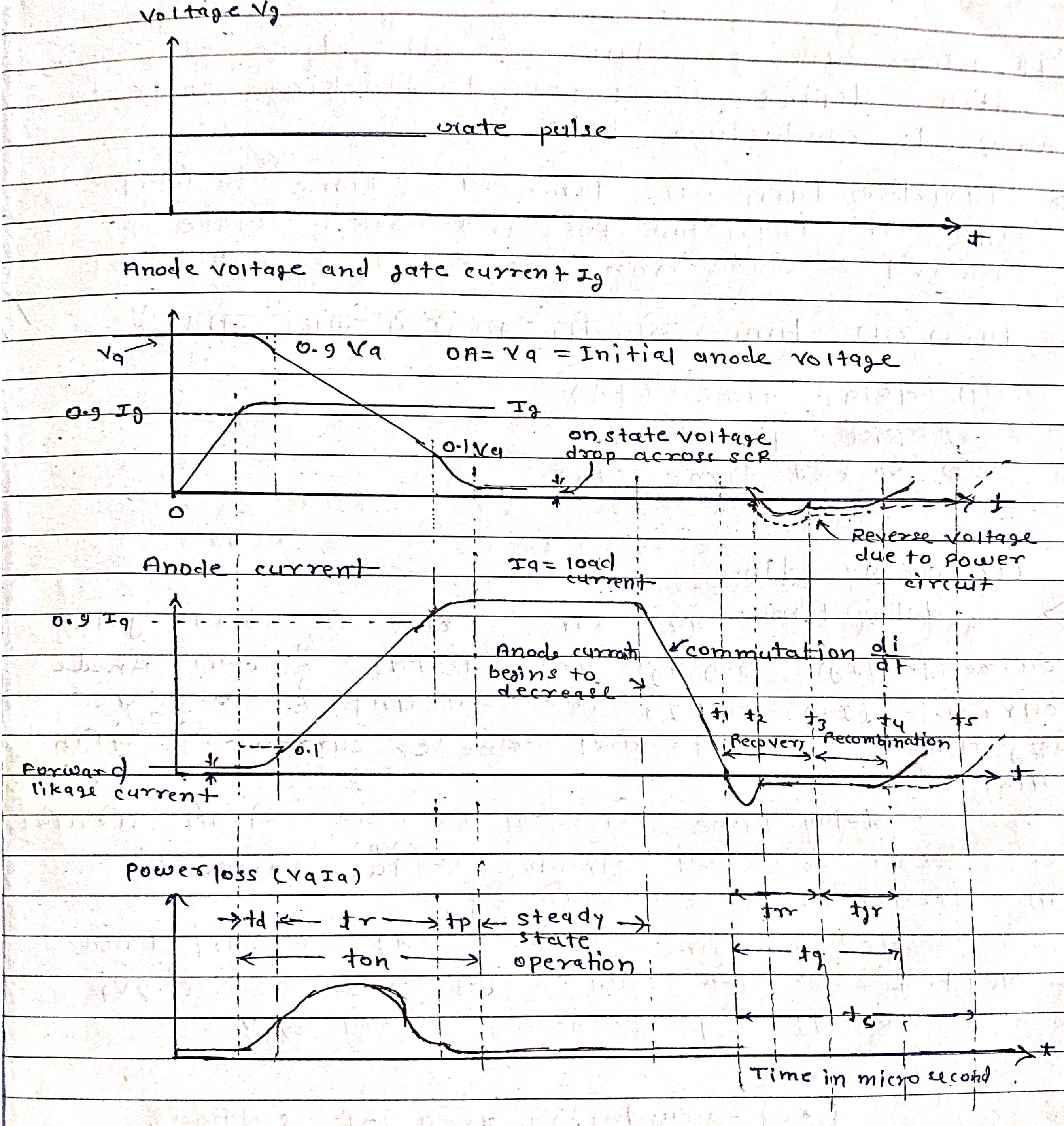
Conclusion -

latching current का मान Holding current के मान से अधिक होता है।

सामान्यतः latching current Holding current से 2-3 गुना अधिक होता है।

(*) Switching / Dynamic characteristics of SCR

imp



⊛ Thyristor turn on

Thyristor turn on time is the time ~~whi~~ during which define is forward blocking state to forward conduction state

⇒ tyristor turn on time वह time है जिस time में thyristor forward bocking state से forward conduction state में आ जाता है।

turn on time को तीन भागों में बाँटा जाता है -

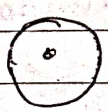
(1) delay time (t_d)
(2) Rise time (t_r)
(3) spread time (t_p)

(1) delay time

⇒ delay time वह time होता है जिसमें gate current (I_g) 0.9 I_g पर पहुंचता है तथा Anode current (I_a) 0.1 I_a पर पहुंचता है. यह पर I_g तथा I_a gate तथा Anode current के अंतिम (पूर्ण) मान है

delay time को अन्य प्रकार से भी परिभाषित कर सकते हैं इसे Anode voltage (V_a) के terms में भी परिभाषित कर सकते हैं।

⇒ " delay time वह होता है जहां Anode voltage अपने पूर्ण मान V_a से 0.9V_a पर तक पहुंचता है। (गिरावट हो रहा है) "

 → conducting area of cathode during time (t_d)

→ delay time को high gate current तथा अधिक forward voltage (Anode तथा cathode के मध्य) लगाकर या apply करके ~~कम~~ delay time को कम किया जा सकता है।

delay time microsecond के fraction में होता है।

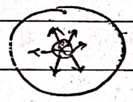
(2) Rise time –

Rise time वह time है जिसमें Anode current (I_a) $0.1 I_a$ से $0.9 I_a$ तक बढ़ता है

Rise time में Anode voltage $0.9 V_a$ से $0.1 V_a$ तक गिरता है।

Rise time gate current के मान के व्युत्क्रमानुपाती है।

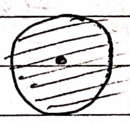
→ Rise time को कम करने के लिए gate में उच्च तथा steep (तीक्ष्ण) current pulse apply किया जाता है।



– during Rise time

(3) Spread time (Peak time) - वह time है जिसमें Anode current $0.9 I_a$ से अपने पूर्ण मान I_a तक पहुंचता है इस समय में Anode voltage $0.1 V_a$ से गिरकर अपने लगभग 0 या on state voltage drop (1-1.5V) तक पहुंचता है।

इस समय में conduction SCR के (thyristor) के cathode area में पूर्ण रूप से फैल जाता है।



→ during spread time (Peak time)

⊛ switching characteristics during turn off

thyristor turn off time में यह forward conduction state से पुनः blocking state में आ जाता है।

इस dynamic process को commutation process (turn-off process) कहा जाता है इसमें एक thyristor के across एक अतिरिक्त commutation circuit लगाकर thyristor को turn off करते है।

→ thyristor को turn off करने के लिए Anode current को holding current से भी कम किया जाता है।

turn of time (t_q) मे ACR के चारो layer का अतिरिक्त charge (carriers) हटा दिये जाते है। जिसमे बाहरी P layer से holes को बाहर किया जाता है तथा N layer से electron को बाहर कर लिया जाता है।

turn of time को दो भाग में विभाजित किया जाता है-

turn of = t_{rr} (reverse recovery time) + t_{gr} (gate recover time)

1) Reverse recovery time

2) gate recovery time

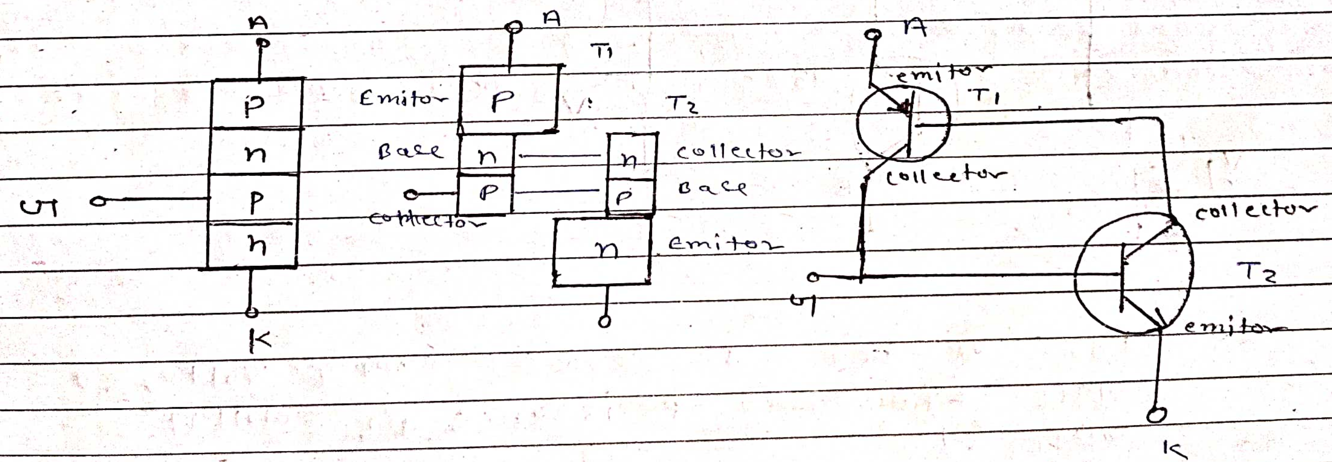
(1) Reverse recovery time (t_{rr}) — इस समय में reverse recovery current 0 तक घटता पहुंचता है तब junction J_1 तथा J_3 recover हो जाता है तथा यह reverse voltage को block कर देता है इसे ग्राफ में समय t_1 से t_3 के बीच दिखाया गया है।

(2) gate recovery time (t_{gr}) — इस समय में junction J_2 recover होता है तथा anode और cathode के बीच forward voltage पुनः से apply किया जा सकता है। इसे ग्राफ में t_3 से t_4 के बीच दिखाया गया है।

thyristor का turn off time (t_q) लगभग 3 से 100 µsec. (micro second) होता है।

1 MP*

(*) Two transistor Analogy of SCR (Model)



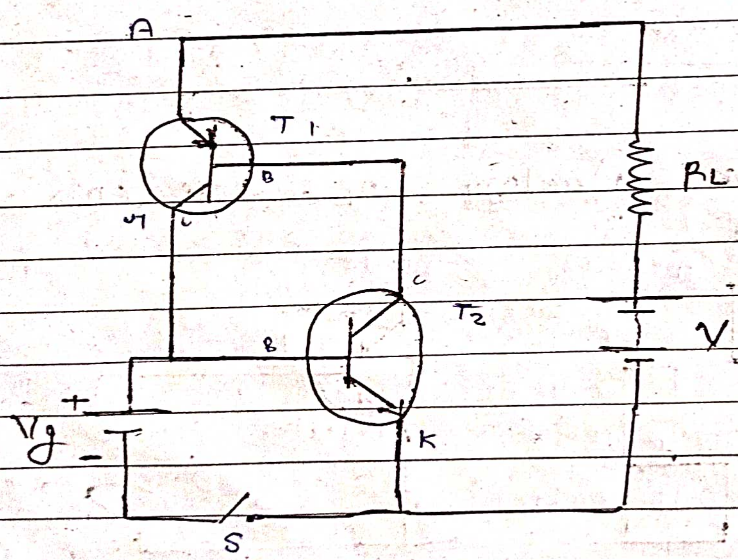
→ Two transistor analogy में SCR को दो Transistor के रूप में प्रदर्शित कर सकते है।

→ इसमे एक SCR को दो transistor PNP तथा npn से मिलकर बनाया जाता है।

→ चित्र में transistor T_1 का Base, transistor T_2 के लिए collector का काम करता है। तथा transistor T_1 का collector transitor T_2 के Base एमिटर की तरह कार्य करता है।

WORKING :-

SCR के working को Two transistor model से समझाया जा सकता है।



→ चित्र में SCR के across supply voltage V तथा ~~Flow~~ load Resistance R_L लगाया गया है।

यहां ~~हम~~ पहले हम supply voltage को Break over voltage से कम लेते है।

OFF ⇒ जब gate को open करते हैं (अर्थात switch S को open करते हैं।) तब Base current $I_L = 0$

T_2 का Base T_1 के collector से connect होता है अतः T_2 के collector में कोई current flow नहीं होता तथा T_1 से भी कोई current flow नहीं होता। इस condition में SCR OFF condition में होता है।

ON ⇒ जब switch S को close किया जाता है तब एक small gate current T_2 के Base में flow होता है अतः इसका collector current भी increase होता है।
transistor T_2 का collector, Transistor T_1 के Base से connect है अतः T_2 का collector current T_1 के Base से flow होता है इस प्रकार एक transistor में current increase होने से दूसरे Transistor में current flow होने लगता है। तथा load Resistance R_L से current flow होता है और SCR on हो जाता है।

✓ (*) Series Operation of Thyristor (SCR)

efficiency $= \frac{V}{V_1 - \text{No of SCR}}$

string efficiency $= \frac{\text{Actual (voltage/current) rating of the whole string}}{[\text{Individual voltage/current of 1}^{st}\text{ SCR}] \times \text{No. of SCR in the string}}$

★ DRF (De-rating factor) = 1 − string efficiency

(*) string efficiency शब्द का प्रयोग SCR के series connection के लिए किया जाता है जब एक से अधिक SCR को series में connect करते हैं (समान voltage तथा समान current rating) के तो उन संपूर्ण SCR के across voltage प्रत्येक thyristor को दिये गये voltage के बराबर नहीं होता है; इस असमान voltage तथा current वितरण को दर्शाने के लिए voltage / current distribution को समझाने दर्शाने के लिए string efficiency word का use किया जाता है।

⇒ string efficiency का मान series में connected No. of SCR तथा के across voltage में किसी एक SRS के across voltage तथा No of SCR के गुणनफल को विभाजित करके निकला जाता है।

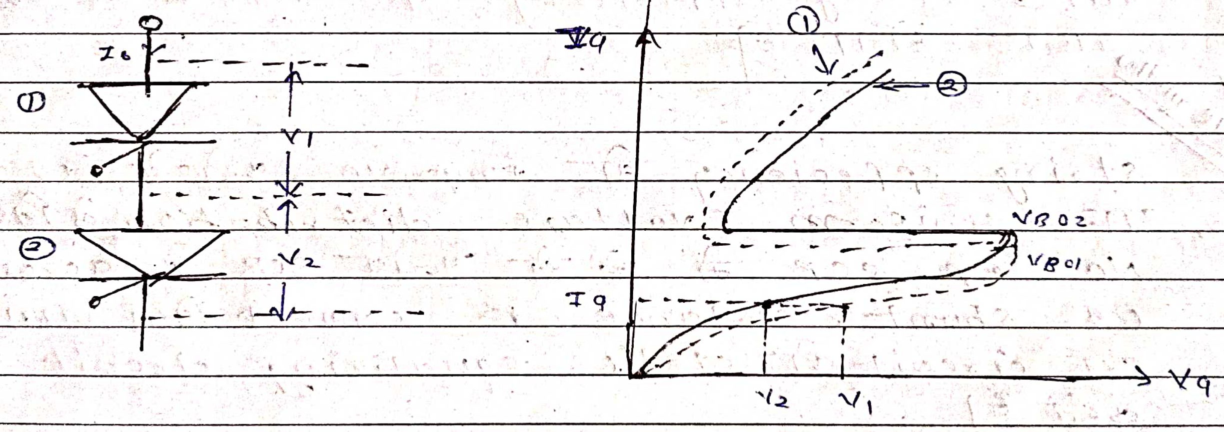
→ string efficiency define of the actual (voltage/current) rating of the whole string devided by Individual voltage/current of an SCR × No. of SCR in the string

⇒ **string effiecien < 1** होता है।

string की reliability को दिखाने के लिए एक अन्य पद DRF (De-rating factor) का प्रयोग करते हैं

De-rating factor = 1 − string efficiency

Ⓐ Series operation of Thyristor (SCR)



$$\text{String efficiency} = \frac{V_1 + V_2}{2V_t}$$

जब system voltage का मान एक thyristor के votage rating से अधिक होता है तब हम एक से अधिक SCR को series में connect करते हैं

इसमें सभी SCR समान rating के होते हैं (VI characteristics) जब हम इन्हें series में connect करते हैं तब इनका characteristics या गुण equal नहीं हो पाता इसमें कुछ असमान होती है जिन्हें graph में दिखाया गया है।

⇒ चित्र में दो SCR को series में connect किया गया है तथा ग्राफ में उनके VI characteristics को बताया गया है।

⇒ जिसमें दोनों thyristor के break over voltage V_{B01} तथा V_{B02} को दिखाया गया है।

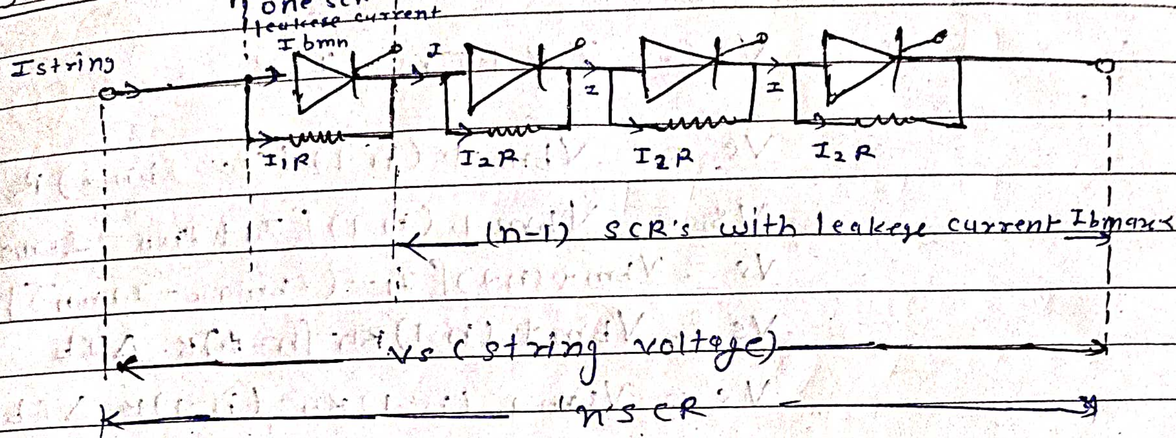
इस प्रकार ~~V_{B02}~~ $V_2 < V_1$
अतः string efficiency का मान 1 से कम प्राप्त होता है।

*** improve method

string effeciency को improve करने के लिए या uniform voltage distribution के लिए NO of SCR में से प्रत्येक SCR के across एक shunt resistance R connect किया जाता है इस circuit को static equalizing circuit कहते हैं।

IMP

static equalizing circuit



⇒ चित्र में n thyristors को series में connect किया गया है, ~~SCR~~

→ SCR ① का minimum likeage current I_{bmn} है तथा remaning se 1 - SCR का likeage current I_{bmax} है तथा $I_{bmax} > I_{bmn}$

जिस SCR का likege current कम होगा वह ज्यादा voltage को drop करता है SCR ① का likeage current कम है अतः यह अधिक voltage (V_{bm}) block करेगा। तथा बचे हुए (n-1) SCR V_{bm} से कम voltage block करेंगे।

चित्र से

$$I_1 = I - I_{bmn}$$

$$I_2 = I - I_{bmax}$$

जहां I = total string current

Voltage across SCR1

$$V_{bm} = I_1 R$$

remaining (बचा हुआ) (n-1) SCR के across

$$\text{voltage} = (n-1) I_2 R$$

total string voltage

$$V_s = I_1 R + (n-1) I_2 R$$

$$V_s = V_{bm} + (n-1)(I - I_{bma}) R$$

$$V_s = V_{bm} + (n-1)[I_1 + I_{bmn} - I_{bmax}] R$$

$$V_s = V_{bm} + (n-1)[I_1 - (I_{bmax} - I_{bmn})] R$$

$$V_s = V_{bm} + (n-1) R I_1 - (n-1) R \cdot \Delta I_b$$

$$V_s = V_{bm} + (n-1) R I_1 - (n-1) R \, \Delta I_b$$

यहाँ $\Delta I_b = (I_{bmax} - I_{bmn})$

$$V_s = V_{bm} + (n-1) V_{bm} - (n-1) R \cdot \Delta I_b$$

$$V_s = V_{bm} + n V_{bm} - V_{bm} - (n-1) R \cdot \Delta I_b$$

$$V_s = n V_{bm} - (n-1) R \cdot \Delta I_b$$

$$(n-1) R \cdot \Delta I_b = n V_{bm} - V_s$$

$$\boxed{R = \frac{n V_{bm} - V_s}{(n-1) \cdot \Delta I_b}}$$

(*) parallel operation of SCR

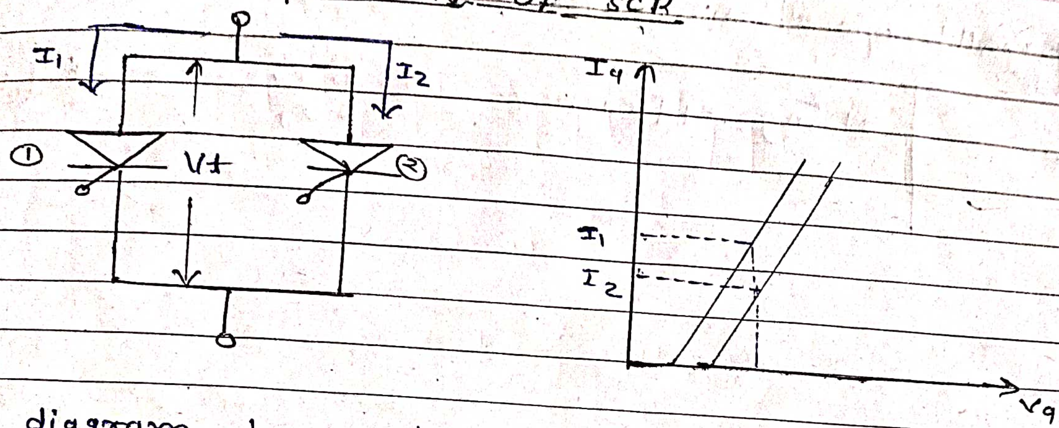


diagram :- parallel operation of two thyristor

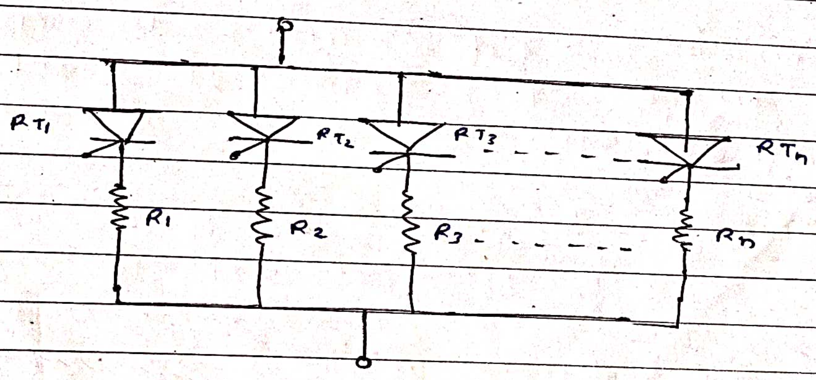
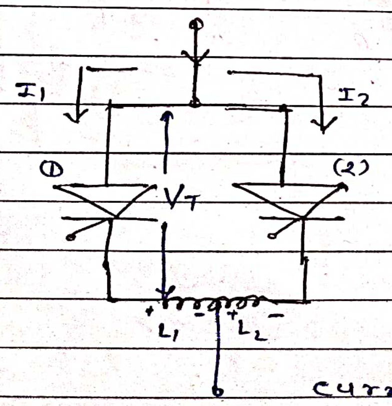
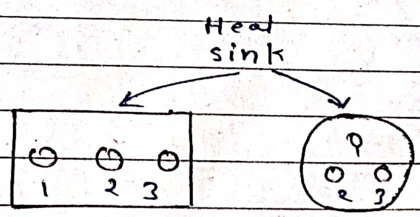


diagram :- equal distribution of current by series resistance.





current equalization by the use of mid point reactor (inductor)

चित्र –
चित्र का वर्णन
सूत्र string
problem
solution > diagram

~~Parallel~~ operation के लिए string efficiency,

$$\text{string efficiency} = \frac{I_1 + I_2}{2 I_1} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right)$$

1) delay time 1) घात 2) नंय use - inductor;
- 1) delay time heat sink, Resistance
2) heat use

Thyristor Protection

(1) $\frac{di}{dt}$ Protection

जब Thyristor को forward bias करते है और gate pulse देते है तब thyristor turn on होता है तथा Anode current, Anod और cathod के बीच flow होता है। यह current SCR के सभी junction area में शीघ्रता से फैल जाता है।

यदि इस current की बढ़ने की दर $\left(\frac{di}{dt}\right)$ अधिक हो तब gate junction के पास local Hotspot बनता है तथा current density का मान बदल जाता है इससे thyristor नष्ट (distroy) हो जाता है अतः इस anode current में अचानक हुए बढ़ोत्तरी (परिवर्तन) ($\frac{di}{dt}$) को रोकने के लिए turn on का समय एवं सुरक्षित value होना चाहिए।

$\frac{di}{dt}$ से protect करने के लिए small inductor का use किया जाता है इसे $\frac{di}{dt}$ inductor भी कहते है। इसे Anode circuit के साथ series में लगाया जाता है।

$\frac{di}{dt}$ की limit value of SCR 20 से 500A/μsec

IMP★★★.

(II) $\frac{dv}{dt}$ protection :-

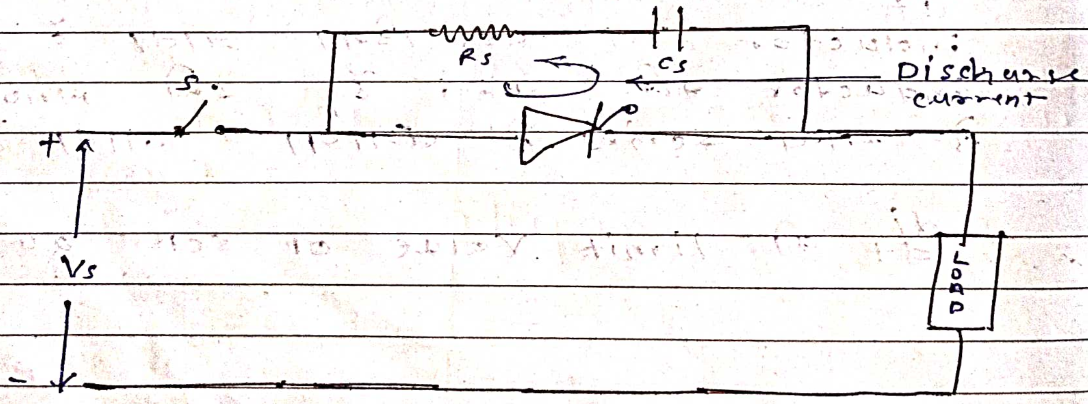
यदि thyristor के across applied voltage को suddenly change किया जाता है तब device turn on हो जाता है (False operation) इस घटना को $\frac{dv}{dt}$ कहते है।

$\frac{dv}{dt}$ protection के लिए Anode तथा cathode के बीच voltage के मान में परिवर्तन $\frac{dv}{dt}$ को save limit तक रखना आवश्यक होता है।

save value of $\frac{dv}{dt}$ = 20-500 v / µ second

इस False turn on से thyristor को बचाने के लिए snubber circuit का प्रयोग किया जाता है।

diagram - snubber circuit



construction -

snubber circuit में Resistance Rs तथा Cs के series connection को thyristor के across parallel में connect करते है।

इस ~~circuit~~ circuit में capacitor Cs मुख्य रूप से $\frac{dv}{dt}$ protection का कार्य करता है किन्तु capacitor के discharge current को नियंत्रित करने के लिए capacitor के साथ series Resistance Rs का भी प्रयोग करते हैं।

Working — जब switch S close होता है तब sudden voltage thyristor के across apply होता है इस समय capacitor Cs short circuit की तरह behave करता है और thyristor के across voltage 0 हो जाता है। कुछ समय पश्चात capacitor के across voltage buildup होता है तथा यह $\frac{dv}{dt}$ को save limit तक बढ़ाता है। अतः capacitor Cs thyristor (SCR) को इसके सुरक्षित $\frac{dv}{dt}$ rating तक maintain करता है।

इसके पश्चात जब capacitor Cs full voltage Vs से charge हो जाता है तब SCR को turn on करते हैं तथा capacitor SCR से होते हुए discharge होता है इस discharge current को maintain करने के लिए capacitor के साथ series में resistance Rs का use किया जाता है।

Date 13/10/23

IMP

★ Over voltage protection ★

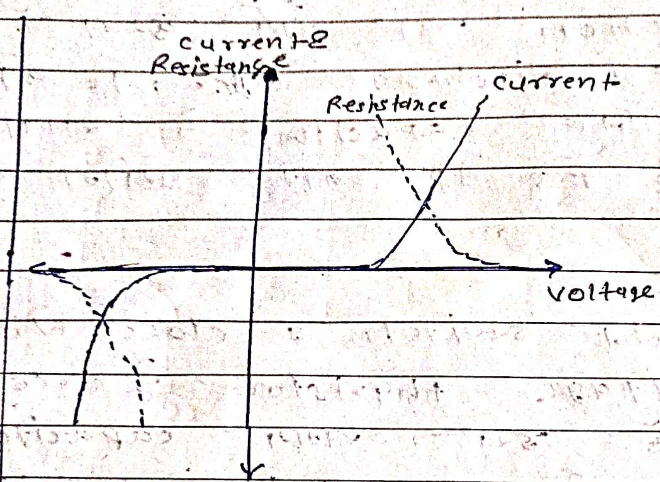


diagram – Voltage - Amp & Voltage - Resistance c/s of voltage clamping device

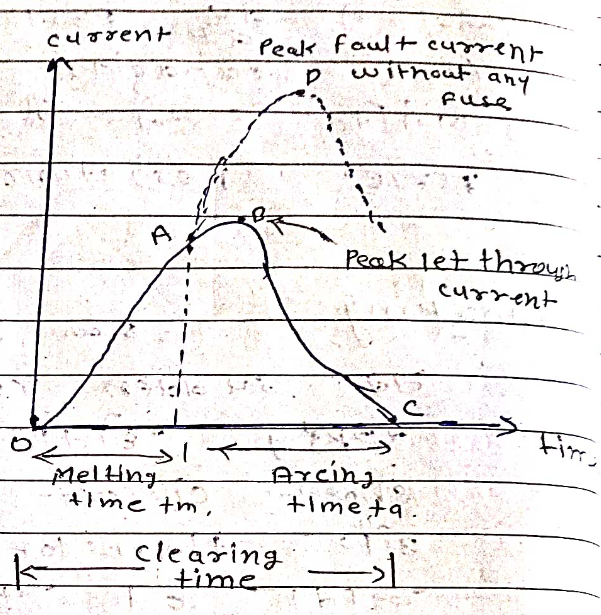


diagram – Action of current limiting fuse in AC circuit

1) reason –
1) Internal fault
2) external fault

2) diagram –

3) solution – voltage clamping device (Non linear Resistance) use करते
तो V↓ ∝ IR↑

Protection

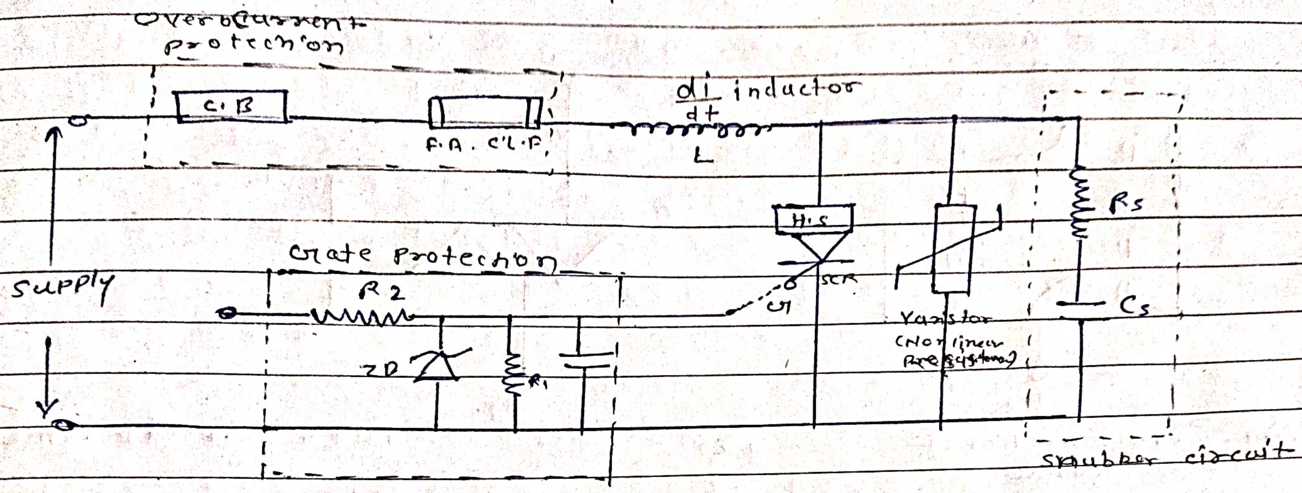
1) reason. 1) link to line fault
2) earth fault

2) diagram.

3) solution → current limiting fuse

Date
Page

Complete thyristor protection



जहाँ

1) C.B - circuit breaker.
→ over current protection के लिए use.

2) F.A.C.L.F - fast action current limiting fuse.
→ over current protection के लिए use ~~inductor~~ का use करते हैं।

3) $\frac{di}{dt}$ protection
→ current fraction protection के लिए inductor

4) H.S - Heat sink
→ heating से protection.

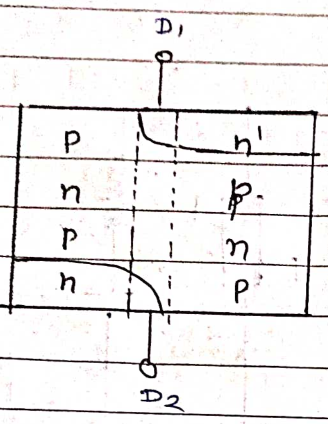
5) Varistor (Non linear Resistance)
over voltage से protection.

6) $\frac{dv}{dt}$ protection (snubber circuit use)

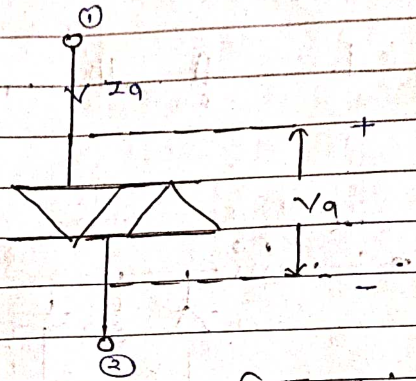
7) get protection - zener diode use

Short notes IMP **

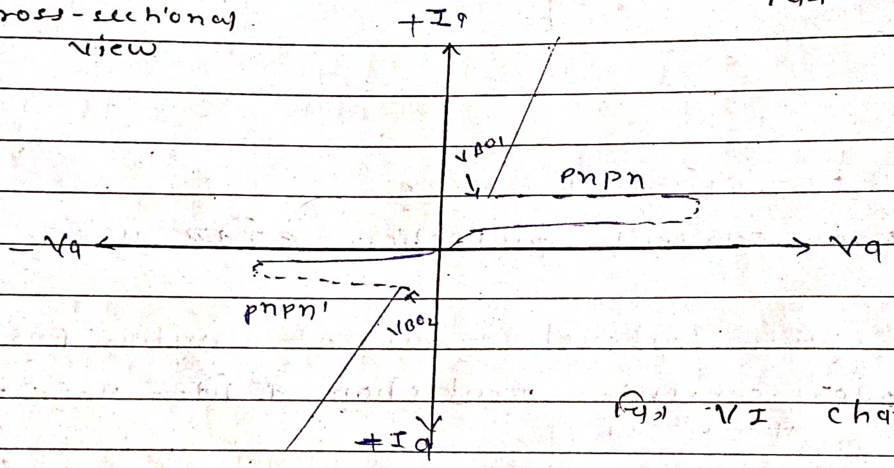
(i) DIAC (Bi-directional diode) (diode for A.C)



चित्र - cross-sectional view



चित्र - circuit symbol



चित्र VI characteristics

चित्र में diode का cross sectional view (layer) दिखाया गया है इसके दो Terminal D1 तथा D2 है इसके circuit symbol तथा VI characteristics को भी दिखाया गया है।

Working.

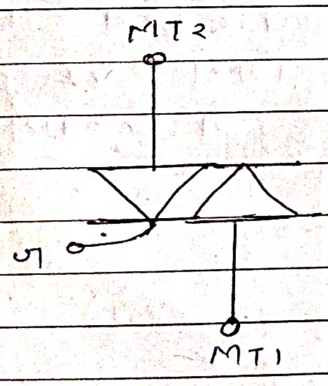
(1) जब Terminal D1 possitive तथा D2 negative होता है तब Breakover voltage VBO1 से अधिक होने पर layer pnpn conduct होता है

(2) जब Terminal D_2, D_1 के respect में possitive होता है तब Break over voltage V_{BO2} से अधिक voltage होने पर layer pnpn conduct करता है।

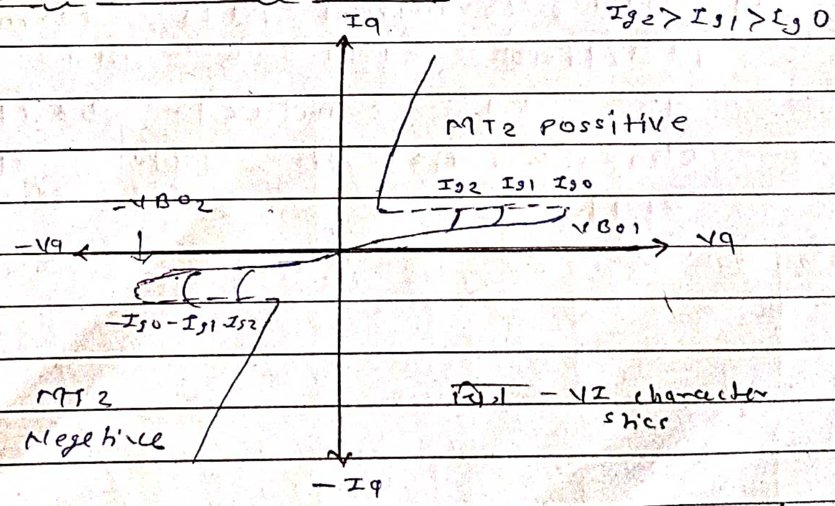
दोनों ही condition को VI character stics में दिखाया गया है इस प्रकार DIAC को हम AC में कार्य करने वाले Diode मान सकते हैं।

इसका Turn on voltage लगभग 30 volt होता है लेकिन जब यह conduct करता है तब इसके across 3 volt का drop होता है जब यह conduct नहीं होता तब यह open switch की तरह कार्य करता है।

ii) TRIAC (Thyristor for A.C)



चित्र circuit symbol



चित्र - VI character stics

→ SCR unidirectional device होता है यह gate pulse देने पर सिर्फ cathode Anode से cathode conduct होता है किन्तु cathode से Anode conduct नहीं होता। इसे दोनों direction

conduct करने के लिए TRAIC का use किया जाता।
इस प्रकार TRAIC भी एक Bidirectional thyristor होता है जिसमें तीन Terminal होता है (MT1, MT2,
⇒ इस का प्रयोग AC circuit power को control करने के लिए किया जाता है।
⇒ इसकी संरचना में दो thyristor को Antiparallel में connect किया गया है। इसका circuit symbol तथा VI characteristics को चित्र में दिखाया गया।

Working. —

1) जब Terminal MT1, Terminal MT2 की अपेक्षा possitive होता है तब gate pulse देने पर यह conduct करता है। (इसे First quadrant (चतुर्थांश में दिखाया गया है)

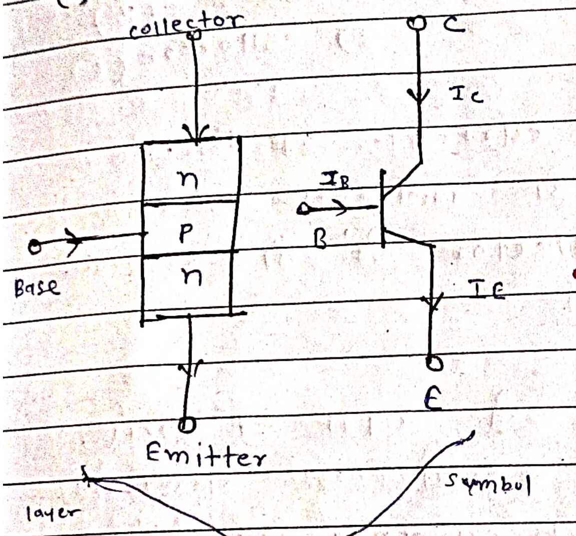
2) जब Terminal MT2, Terminal MT1 की अपेक्षा possitive होता है तब gate pulse देने पर यह पुनः conduct करता है जिसे VI characteristics में तृतीय चतुर्थांश में दिखाया गया है।

short notes **

Power transistor

types - 1) BJT
2) MOSFET
3) IGBT

(1) BJT (Bipolar junction Transistor)



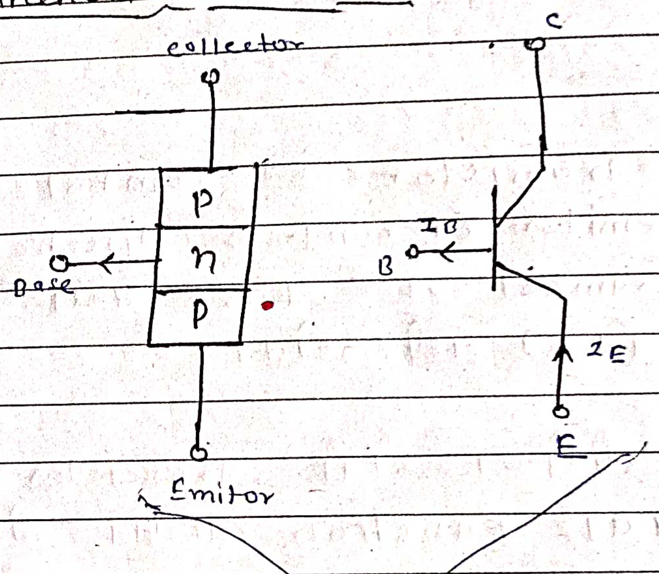


diagram - npn type transistor

diagram - pnp transistor

introduction (power transistor) - Transistor एक controlled device होता है जब इसके Base को signal दिया जाता है तब यह on हो जाता है तथा जब Base में control signal समाप्त हो जाता है तब यह off state में चला जाता है।

Power transistor मुख्यतः चार प्रकार के होते हैं

1) Bipoler junction
2) MOSFET
3) IGBT
4) SITs

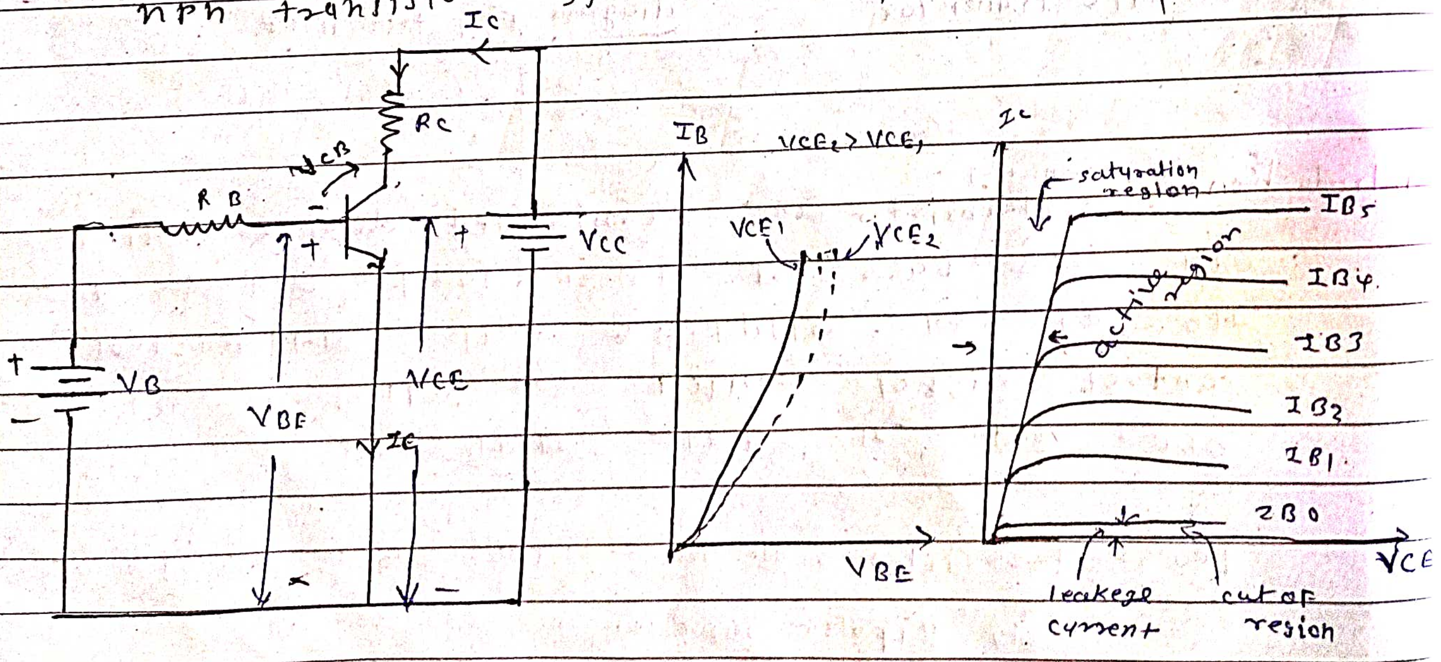
(A) BJT construction — इसमें 3 layer तथा 2 junction होता है यह npn तथा pnp दो प्रकार के होता। जिसे ऊपर चित्र में दिखाया गया है, चित्र में इसके symbol को भी दिखाया गया है।

→ BJT मे तीन Terminal होते है - 1) emitor (E)
2) Base (B)
3) collector (C)

→ Transistor के symbol में current का direction emitor current के direction को indicate करता है।

→ symbol में Base तथा collector में को arrow (तीर चिन्ह) नहीं होता।

→ उपरोक्त दोनो Transistor में से npn का निर्माण तथा function आसान होता है और यह सस्ता होता है अतः high voltage, तथा high current application में npn transistor का use किया जाता है।



(a) npn transistor circuit

(b) Input characteristics

(c) output characteristics

current gain $\boxed{\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}}$

current amplification factor $\boxed{\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}}$

चित्र में npn transistor को बनाया गया है. चित्र में transistor के steady stead character s'tics को दिखाया गया है।

inp steady state character s'tics

input character s'tics – चित्र में input characterstics दिखाया है. इसमें x axis में VBE तथा y axis में IB दिया गया है. यह PN diode के VI character s'tics की भाँति प्राप्त होता है।

output characterstics – output characterstics में x axis में VCE तथा Y axis में IC के बीच खींचा गया है इसमें IB = 0 की स्थिति में transistor में small leakage current flow होता है तथा जैसे-जैसे IB का मान बढ़ाते जाते है क्रमशः IC का मान भी बढ़ता जाता है. कुछ समय पश्चात IC का मान नियत हो जाता है इसे चित्र में (flat line (सिधी रेखा)) से दिखाया गया है। उपरोक्त characters'tics में npn transistor के लिए बनाया गया है।

च output charaiter s'tics में तीन region बताया गया है –
1) cutt of region
2) saturation region
3) active region

output voltage VC का बढ़ते मान ~~~ एवं निश्चित मान से अधिक बढ़ाने पर transistor Break down region में चले जाते है।

transistor के output में KVL लगाने पर

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

1) जब $V_{CE} = 0$ तब $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ (Point A on axis)

2) जब $I_C = 0$ तब $V_{CE} = V_{CC}$ (Point B on x axis)

इस प्रकार point A तथा point B को मिलाने से एक रेखा का निर्माण होता है जिसे load line कहते हैं।

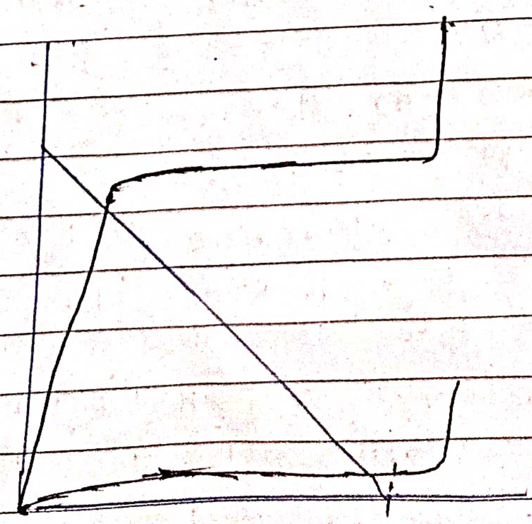
conclution — इस प्रकार Transistor मुख्यतः active region में Amlifier की तरह कार्य करता है।

NOTE — Transistor में current Amlification factor = $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

current gain factor = $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

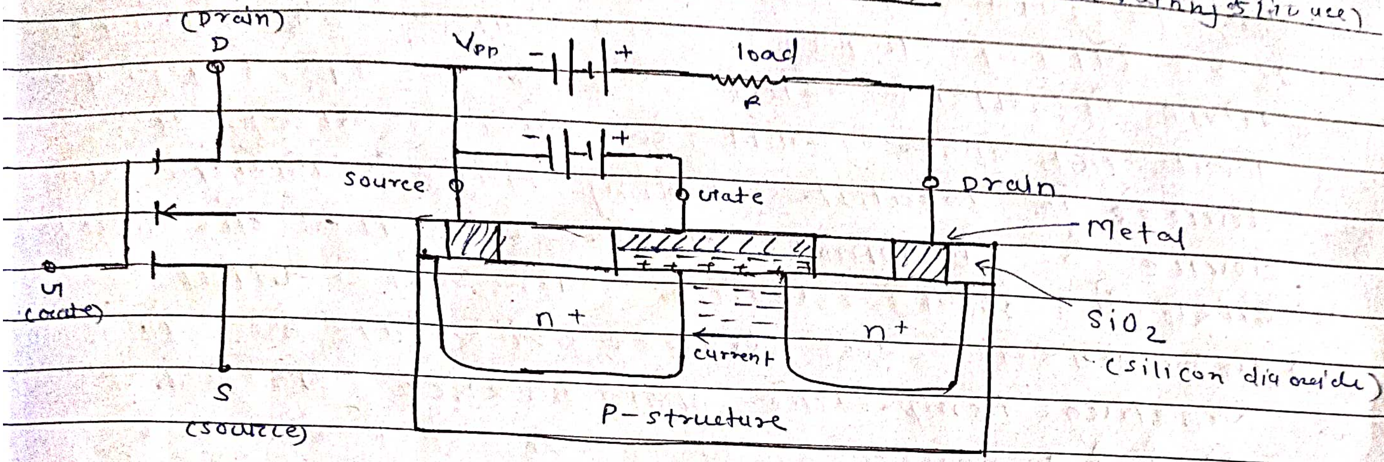
α तथा β में संबंध ⇒

$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$



Load line characteristics.

② (*) Power MOSFET (PMOSFET) (high rating के लिए use)



(a) circuit symbol (b) Basic structure

1) Metal oxide semiconductor feild effect transistor

2) unidirection - diode, SCR

3) Bidirection - DIAC TRIAC (e और holes दोनों)

4) unipolar - e या holes एक direction (BJT)

5) Bipolar. -

6) high voltage control device है।

NOTE — 1) possitive temprature coefficient [R↑, I↑, T↑]

2) Negative temprature coefficient (R↑, I↓) T↑

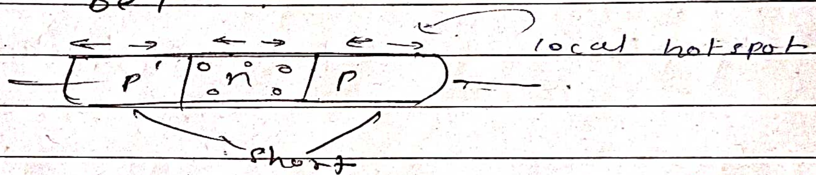
NOTE

Secondary Breakdown

जब किसी semiconductor device (BJT) में उसके विभिन्न (layers) की लंबाई एक निश्चित सीमा से अधिक होता है तब उन layers में local Hot spot बनता है जिसके कारण से devices में localist heating होता है जिससे उसके device के terminal short हो जाते और अत्यधिक धारा के कारण device खराब हो जाता है

→ यह समस्या उन devices में होता है जो Negative temperature characteristic प्रदर्शित करते हैं।

Ex- BJT



power MOSFET में secondary Breakdown नहीं होता क्योंकि यह possitive temprature characteristics दर्शाता है

---

(1) construction :- PMOSFT → चित्र में power MOSFT को दर्शाया गया है इसमें MOS (Metal oxide semiconductor) तथा FET (Field effect transistor) दोनों के गुण combine करके power mosfet का निर्माण किया गया है। इसके circuit symbol चित्र (a) तथा Basic structure चित्र (b) में दिखाया गया है।

→ इसमें तीन Terminal gate, source तथा Drain होता है।

→ symbol में arrow (चिन्ह की) का direction electron के flow direction को indicate करता है।

→ BJT एक current control device है जबकि MOSFET voltage control device है।

→ MOSFET में धारा flow का मुख्य कारण majority charge carrier होता है (electron) तथा अतः यह unipolar Device है

→ BJT की अपेक्षा MOSFET में control signal का मान कम होता है।

PMOSFET 2 types. 1) N channel PMOSFET
2) P channel PMOSFET

उपरोक्त में से अतः N-channel PMOSFET का प्रयोग किया जाता है क्योंकि इसमें electrons की अधिकता होती है
चित्र में
→ इसमें P substrate के ऊपर दो heavy dope N+ region को deffuse किया गया है
→ इसके ऊपर SiO_2 का insulating layer स्थापित किया गया है इस insulating layer में etching करके metallic source तथा Drain terminal निकाला गया है

→ दोनों n+ region Drain तथा source से connected हैं।

→ SiO_2 layer के ऊपर metal layer deposite करके उसमें से gate terminal निकाला गया है।

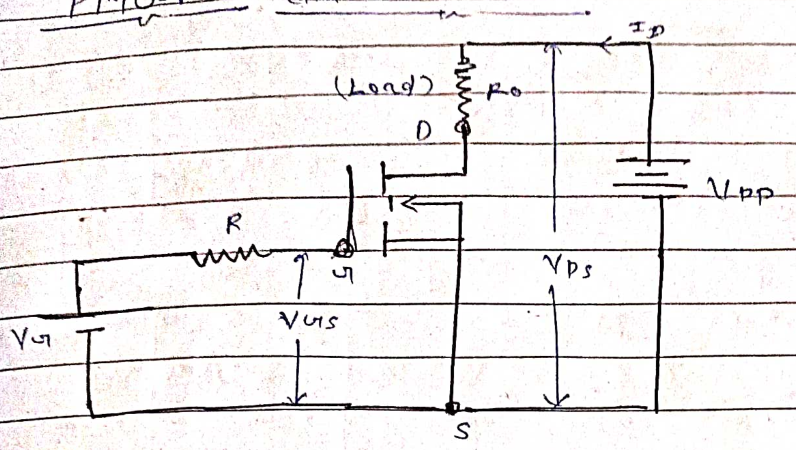
Working – ① जब gate circuit open होता है तब n+ region के बीच का Junction (Drain के नीचे वाला) तथा P substract के बीच का Junction reverse biase में होता है तथा input voltage (Vdd) आन. Drain तथा source के बीच कोई धारा Flow नहीं होता।

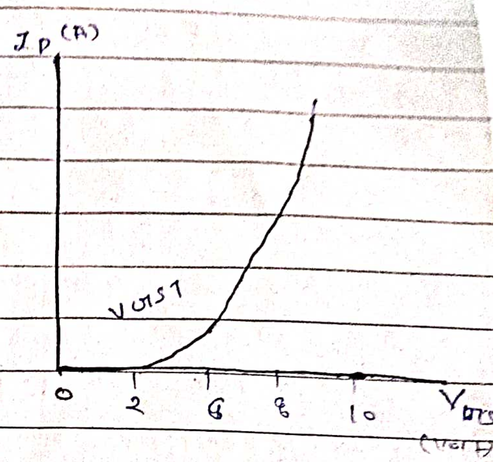
② जब gate को source की अपेक्षा possitive supply देते तब एक electric field का निर्माण होता है जो कि P-substract में negative charge induced करता है। यह negative charge electron होता जो दोनों n+ region के बीच फैल जाता है तथा Drain और source के बीच धारा Flow होने लगती है

जब V_{GS} को और अधिक बढ़ाया जाता है अर्थात अधिक धनात्मक किया जाता है तब n-channel का निर्माण और अधिक होता तथा drain और source के बीच current का मान बढ़ने लगता है।

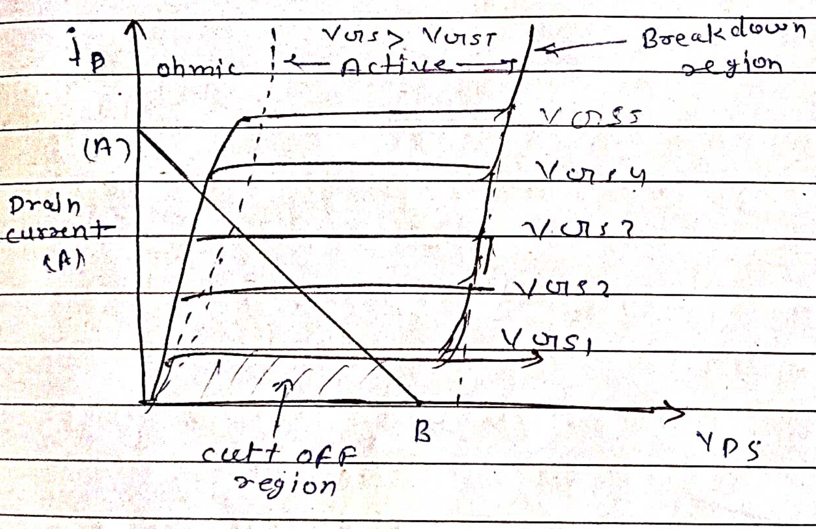
इस प्रकार Drain current को बढ़ाने के लिए [Enhance करने के लिए] gate voltage को बढ़ाया जाता है अतः इसे Enhancement MOSFET भी कहते हैं।

PMOSFT characteristics





Transfer characteristics



$V_{GS1} < V_{GS2} < V_{GS3}$ - - -

$V_{GS} < V_{GS.T}$

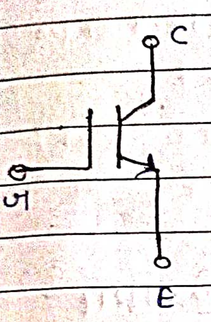
Drain-source voltage

Application - 1) PMOSFT का use high frequency switching characteristics में करते है।

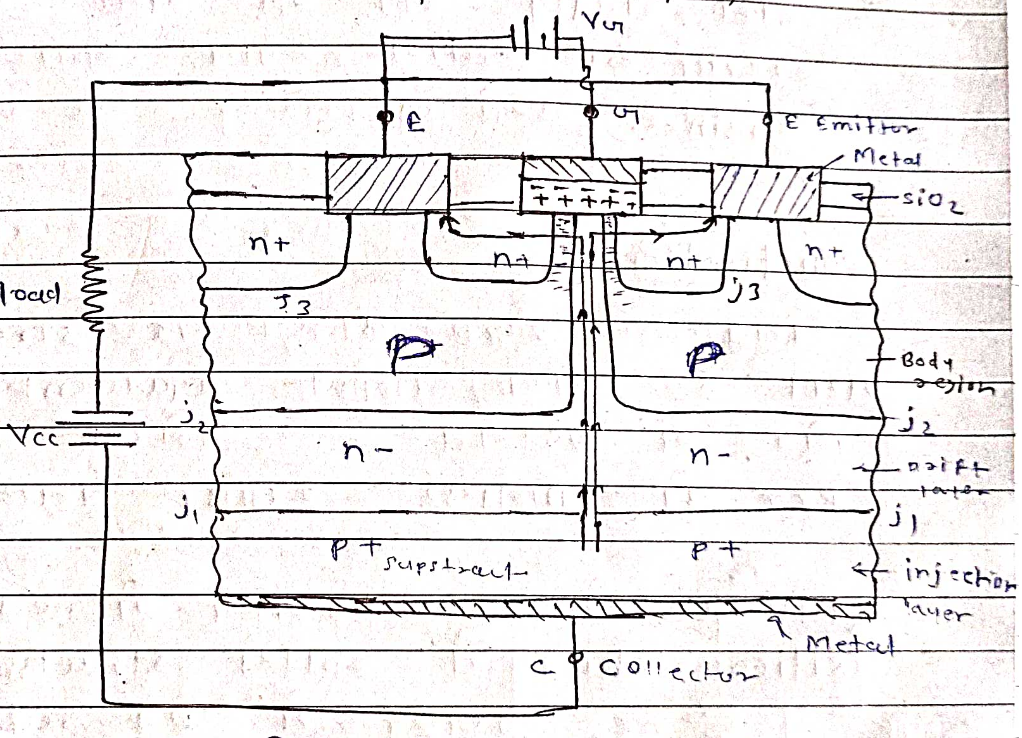
2) इसका प्रयोग SMPS (switch mode power supply) में use करते हैं।

3) इसका use inverter में भी करते हैं।

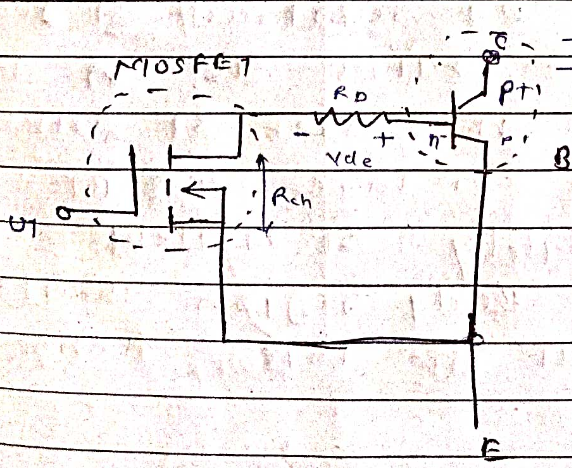
⊛ IGBT – (Insulated Gate Bipolar transistor)



circuit symbol



चित्र – Basic structure of IGBT



चित्र approximate equivalent circuit

⇒ IGBT का निर्माण BJT तथा MOSFET के Best quality को मिलाकर बनाया गया है। IGBT में MOSFET की तरह High input impedence होता है। तथा BJT की तरह low on state power loss होता है।

⇒ IGBT में secondary breakdown problem नहीं होता। अतः इन सभी गुणों के कारण IGBT का प्रयोग प्रायः सभी power electronics Engineer करते हैं।

construction

चित्र में IGBT का Basic structure दिखाया गया है इसका ~~input~~ equvelent symbol भी चित्र में प्रदर्शित है जिसमें PMOSFET तथा BJT को मिलाकर IGBT बनाया गया है।

MOSFET की तरह IGBT में एक ~~sigmle~~ single silicon chier में हजारों structures होते हैं, IGBT में P+ substract को ~~reaction~~ injection layer कहते हैं क्योंकि यह ~~n~~- layer में hole inject करता है. n- layer को drift region कहते हैं। यह n-layer IGBT के voltage blocking capability को निर्धारित करता है इसके ऊपर का P+layer Body region कहलाता है। P+ तथा ~~P~~ के नीचे का n- layer junction j2 का निर्माण करता है।

Date
Page

Working — 1) जब collector को emitor के respect में possitive बनाया जाता है तब IGBT forward Biase होता है,

जब gate तथा emitor के बीच कोई voltage नहीं होता तब J1 तथा J2 junction reverce bias में होता है। अतः collector और emitor के बीच कोई current Flow नहीं होता।

2) जब Gate को emittor के respect में possitive supply देते हैं जिसे चित्र में VG से दिखाया गया है। जब यह voltage (VG) (V_{GET}) thresold voltage से अधिक होता है, तब P region के ऊपरी हिस्से में MOSFET की तरह N channel का निर्माण होता है यह n channel n+ region तथा n− region को short करता है इस प्रकार electron emittor से n channel से होते हुए Drift layer तक पहुंचता है, चूँकि IGBT forward Bias है (collector possitive & emittor negetive) अतः P+ collector region drift region में hole inject करता है। इस प्रकार IGBT Turn on हो जाता है तथा collector से emitor की ओर forward current Ic flow होने लगता है।

इस प्रकार Current Ic or Ie दो current से मिलकर बनता है।

$$I_E = I_h + I_e$$

I_h — Injection layer में आता है

I_e — emitor से drift layer में

Application

1) IGBT का use middium power A.C तथा DC motor drives में किया जाता है।

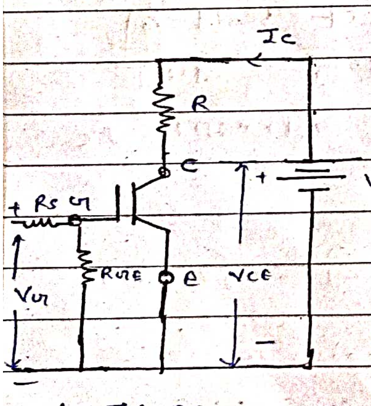
2) इसका प्रयोग UPS system, power supply, relay, तथा contactors में किया जाता है।

→ यह BJT से महंगा होता है लेकिन इसमें switching losses कम होता है।

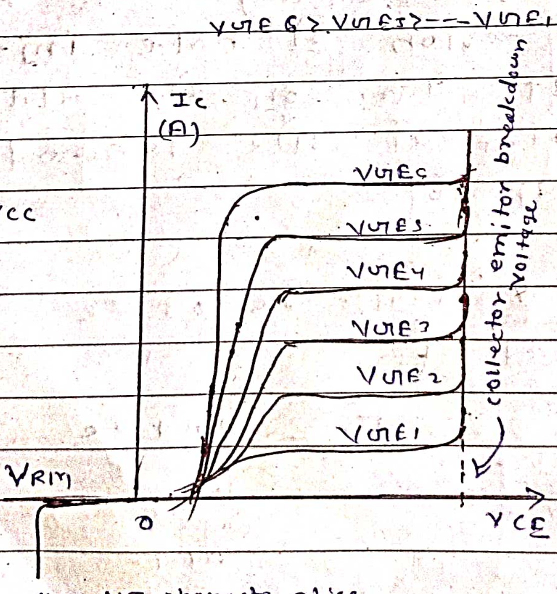
→ इसका size BJT की अपेक्षा छोटा होता है। अतः इसकी effiency अधिक होता है।

→ वर्तमान में induction motor drive 15-20khz switching frequency में IGBT inverter का प्रयोग करते हैं।

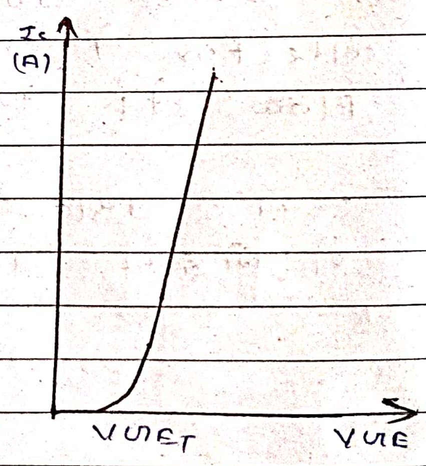
→ IGBT का rating 1200 V, 500 Am, opperating frequency 50 KHz तक उपलब्ध है।



(a) IGBT



(b) VI characterstics



(c) transfer characterstics

UNIT - 2

Date
Page

commutation

commutation – commutation is process of turn off the thyristor.

$$I_a \leq (\text{turn off})$$

⇒ commutation is define as the process of turning of the thyristor.

one's thyristor start conducting gate losses control over the device there for external circuit have to be adopted to commutate this circuit is called commutation circuit.

thyristor means latching turning of device form forward conduction state to forward blocking state.

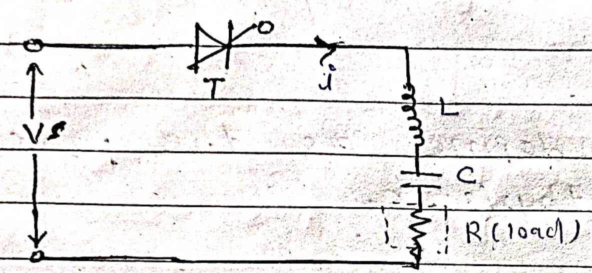
(*) the condition of turning off thyristor –

1) anode current should be less than holding current
2) A reverse voltag ($-V_a$) is applied across thyristor for suficient time.

(*) Type of commutation –
1) Load commutation (class A)
2) Line commutation

3) Forced commutation (class B, C, D)
4) External pulse commutation (class F)

① **Load commutation** (class A)



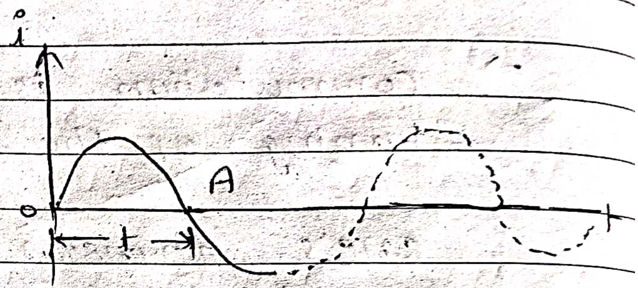
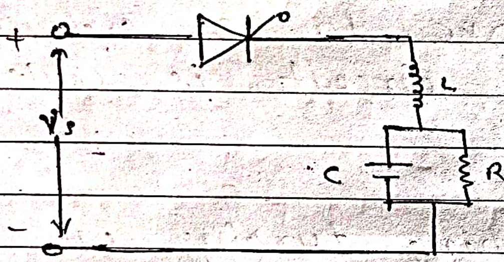


Figure (i)



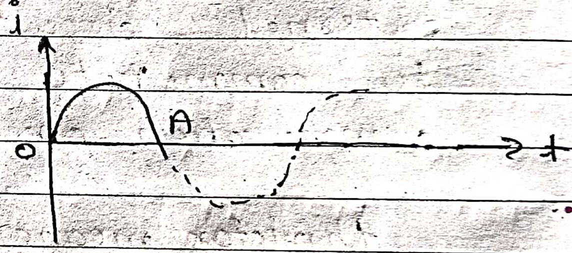


Figure (ii)

चित्र मे class A commutation या load commutation को दिखाया गया है, जहां

R = load Resistance

Figure (i) मे निम्न मान के R, L, C को series में connect किया गया है।

Figure (ii) मे उच्च मान Resistance R को C के साथ Parallel में connect किया गया है।

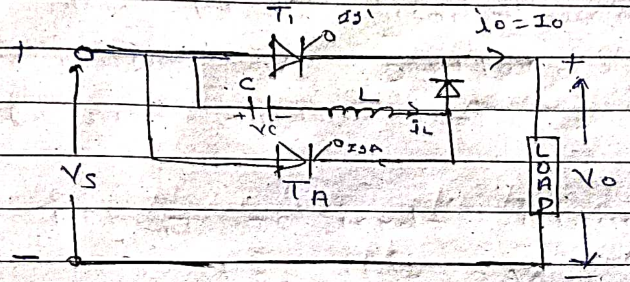
A condition of turning of thyristor in this time of commutation is that the overall circuit must be under dap.

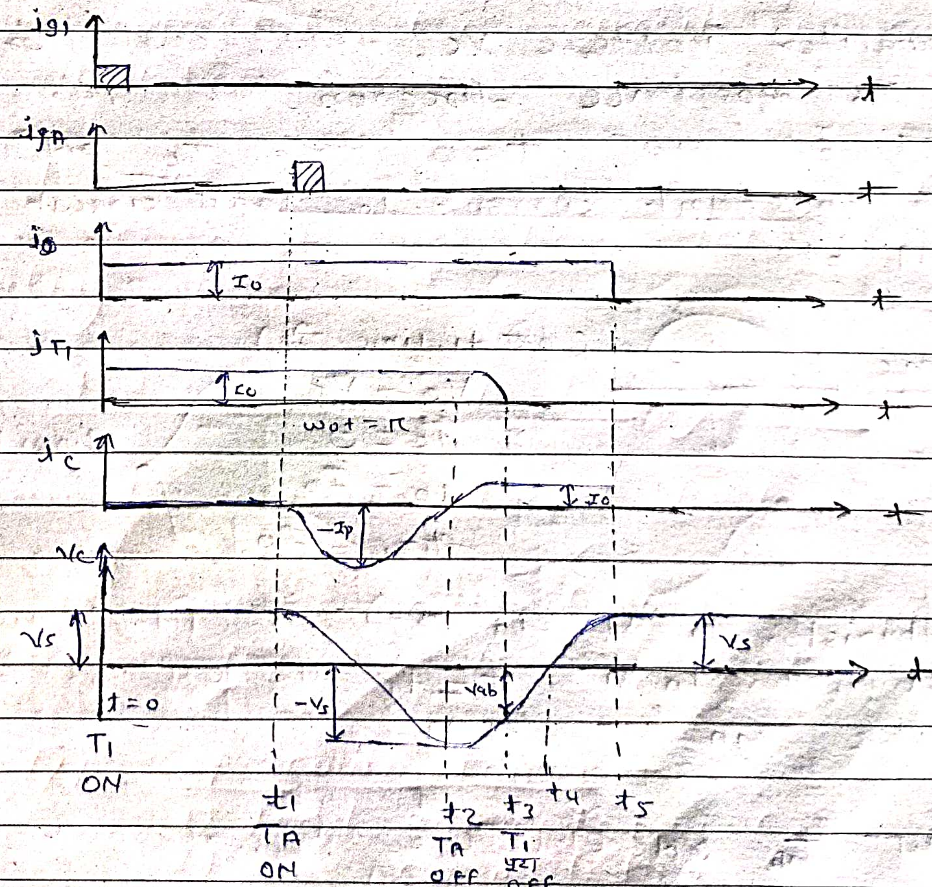
→ load commutation को Resistance commutation कहते हैं।

Figure (i) तथा (ii) में under damp को दिखाया गया है। इसमें current शुरुआत में बढ़ते हुए कुछ समय पश्चात डिगे (गिरावट) होते हुए दिख रहा है जब current शून्य हो जाता है तब thyristor off हो जाता है।

(2) Forced commutation :-

(i) Class B commutation (Resonant pulse commutation)





$$i_c = V_s\sqrt{\frac{C}{L}}\ \sin\omega_0 t$$

$$i_c = -I_P \sin\omega_0 t$$

$$V_c = \frac{1}{C}\int i_c\, dt$$

$$= V_s \cos\omega_0 t$$

WORKING :-

class B commutation को चित्र में दिखाया गया है इसमें source voltage V_s capacitor C को charge कर रहा है (with left hand get possitive)

इस समय main thyristor T_1 तथा auxiliary thyristor T_A OFF होता है।

capacitor voltage V_C, तथा capacitor current I_C के possitive direction को चित्र में दिखाया गया है जब $t=0$ पर T_1 ON होता है तब constant current i_o load circuit में flow होता है।

Time t_1 पर, (0 से t_1 time में)

$$\left.\begin{aligned} V_c &= V_s \\ i_c &= 0 \\ i_o &= I_o \\ i_{T_1} &= I_o \end{aligned}\right\}$$ show in waveform

thyristor T_1 को OFF करने के लिए auxiliary thyristor T_A को $t = t_1$ पर ON करते है (gate pulse I_{gA} के द्वारा)

जब T_A ON होता है तब resonant current i_c

निम्न दिशा में flow होता है।

$$C \rightarrow T_A \rightarrow L \rightarrow C$$

Formula $i_c = V_S \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \omega_0 t$

$i_c = -I_p \sin \omega_0 t$

Formula में − sign i_c के reverse direction को सूचित करता है

i_c के half cycle के पश्चात

$i_c = 0$

$V_C = -V_S$

$i_{T_1} = I_0$

Time t_2 के पश्चात i_c reverse होता है समय t_2 पर T_A off हो जाता है तथा

$V_C = -V_S$ (capacitor Right hand get possitive)

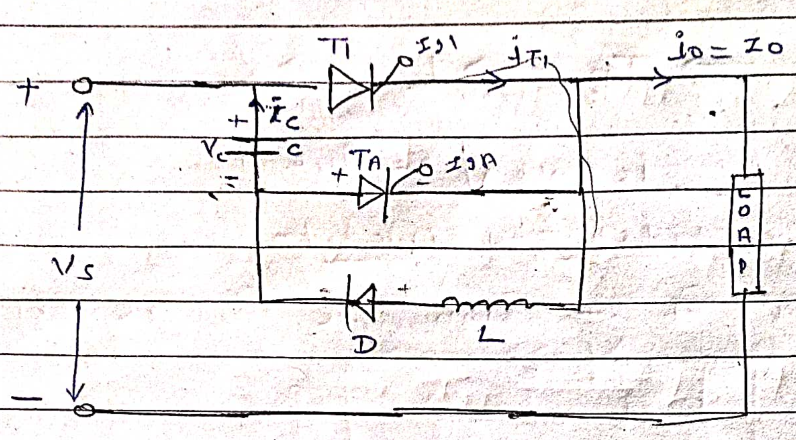
Now reverse current i_c निम्न direction में flow होता है -

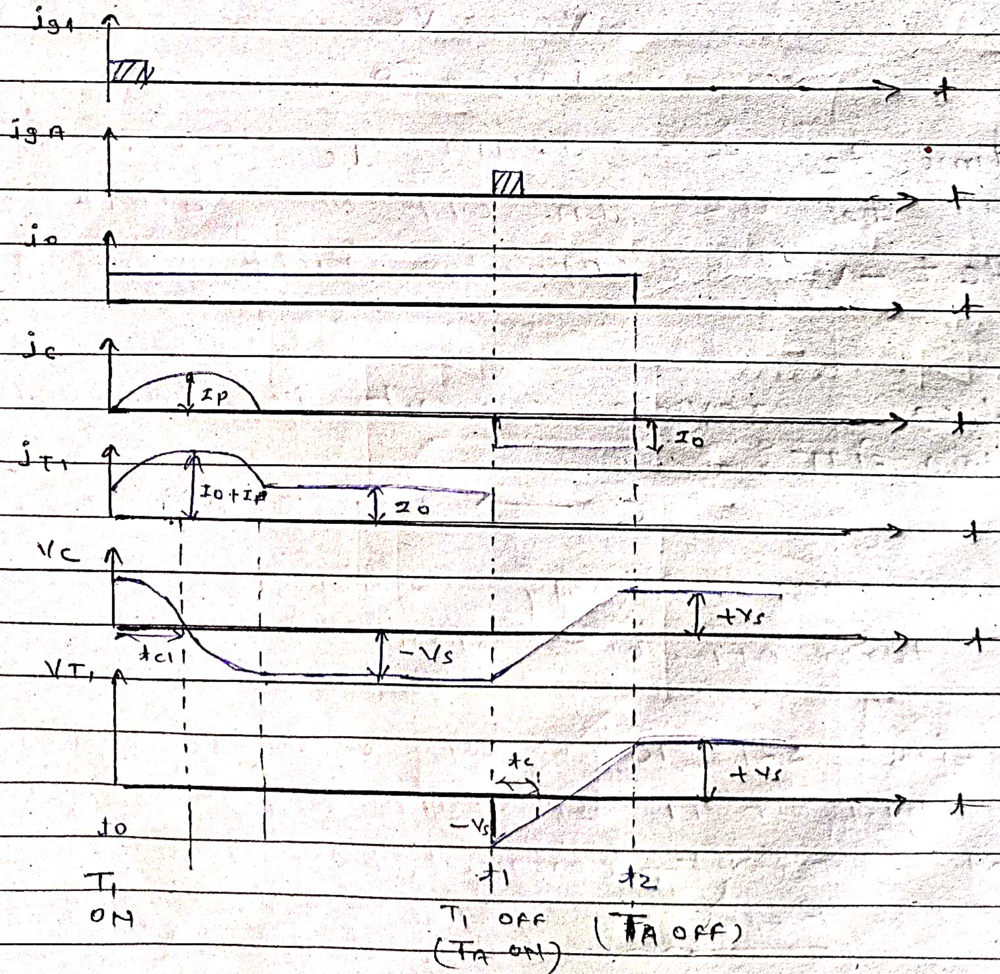
$$C \rightarrow L \rightarrow D \rightarrow T_1$$

इस प्रकार finaly समय t_3 पर thyristor turn off हो जाता है।

⇒ चूँकि इस विधि में reverse resonant current से thyristor T_1 को turn off किया गया है अतः इसे current commutation या class B commutation या **Resonant pulse commutation** भी कहते हैं।

(ii) class D commutation (Impulse commutation)





Working

प्र starting में main thyristor T_1 तथा auxiliary thyristor T_A OFF है तब capacitive voltage $= V_s$ (upper plate possitive) होता है।

At T_1 जब thyristor T_1 ON होता है व $t = 0$ surce voltage V_s applied across load at load current i_0 प्रवाहित है।

$t = 0$ पर T_1 ON होता है तथा capacitor current निम्न direction में flow होता है -

$$C \longrightarrow T_1 \longrightarrow L \longrightarrow D$$

formula
$$i_C = V_s \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \omega_0 t$$
$$i_0 = I_p \sin \omega_0 t$$

Beetween 0 to π/ω_0 →

$$\boxed{i_{T_1} = i_0 + I_p \sin \omega t}$$

$V_C = -V_s$ (lower plate possitive)

$$\boxed{V_C = -V_s \cos \omega_0 t}$$

At time t_1 पर T_A ON होता है इससे capacitor voltage V_S thyristor T_1 के

across reverse voltage applied करता है।

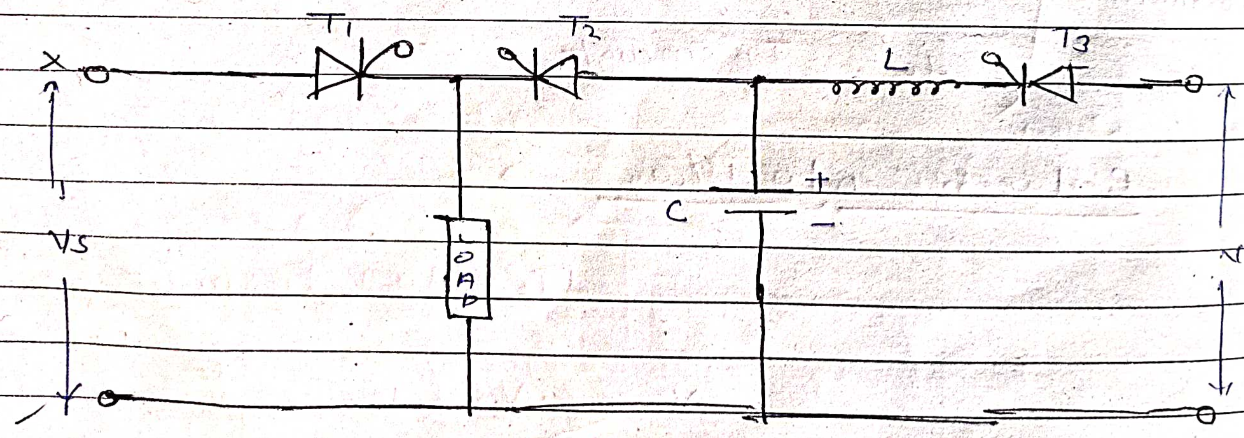
इस प्रकार इस समय thyristor T_1 Turn OFF हो जाता है।

इस समय load current का direction निम्न होता है –

C ⟶ T_A ⟶ Load

→ इस विधि में thyristor T_A को ON करके से reverse voltage Vs को thyristor T_1 को Turn OFF कर रहा है इस विधि को voltage commutation या auxilary commutation भी कहते हैं।

★ class E commutation :– (External pulse commutation)



इस प्रकार के commutation में SCR को turn off करने के लिए एक external voltage source से voltage pulse दिया जाता है। इस voltage pulse का अधिकतम मान main source voltage से अधिक होना चाहिए।

चित्र में Vs = voltage of main source

V1 = voltage of auxilary supply.

WORKING:-

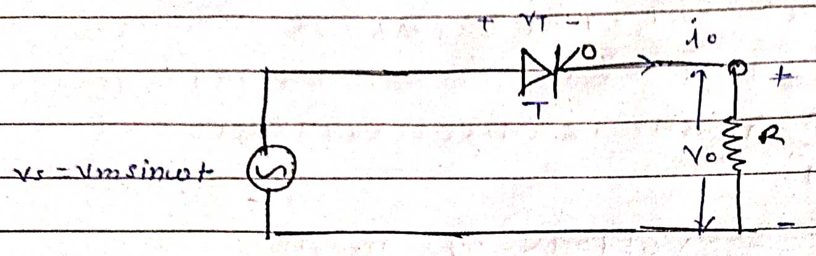
Main Thyristor T_1 is conducting. and load is connected to source voltage Vs.

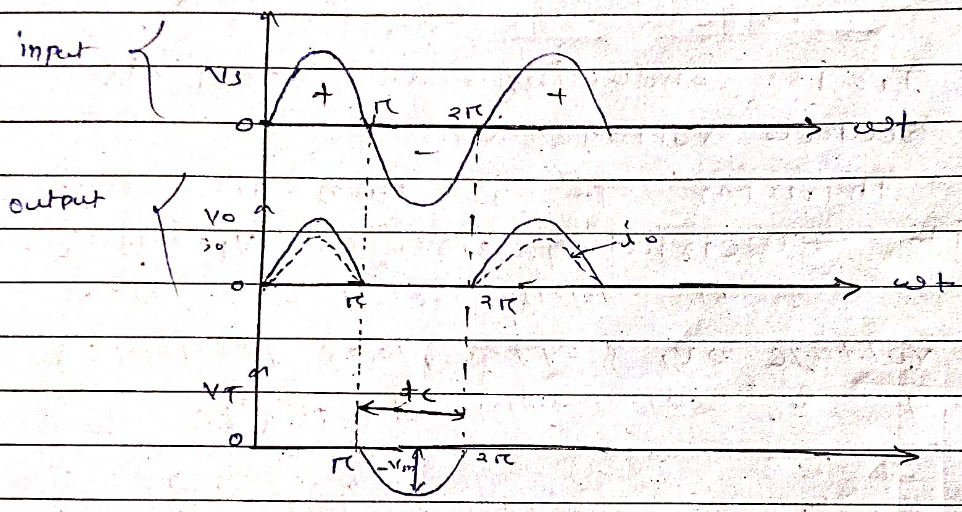
when thyristor T_3 is turn on at $t=0$ ~~auxilary circuit~~ oscillatory circuit $V_1 \rightarrow T_3 \rightarrow L \rightarrow C$ का निर्माण होता है। तथा capacitor C voltage $2V_1$ (upper plate possitive) तक charge होता है. इस समय $t = \pi\sqrt{LC}$

जब auxilary current 0 होता है तब thyristor T_3 turn off होता है, main thyristor T_1 को turn off करने के लिए thyristor T_2 turn on होता है,

T_2 के on होते ही T_1 के accross $(V_s - 2V_1)$ reverse voltage apply होता है यह reverse voltage thyristor T_1 को Turn off कर देता है T_1 के off होने पर capacitor load से Discharge हो जाता है।

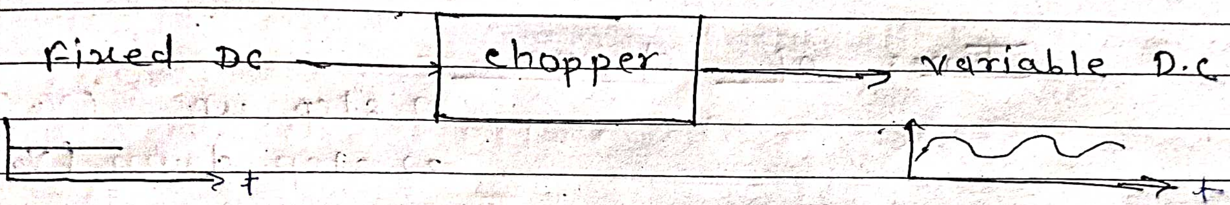
⊛ class F line commutation, Natural commutation





⊛ chopper

Definations:- A chopper is a static circuit that converts fixed dc input voltage to a variable dc output voltage directly.

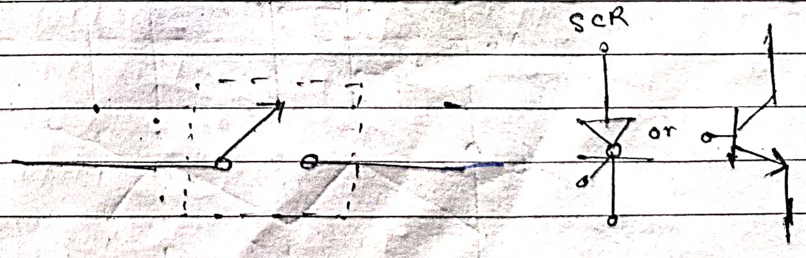


Applications – trolly cars, hoists, mine haylers Fork lift trucks

=> chopper system offers smoth control, high efficiency Fast responce & regeneration.

=> the power semiconductor devices thyristor, BJT, MOSFET, IGBT, ext are used for chopper circuit.

symbol :-



Date
Page

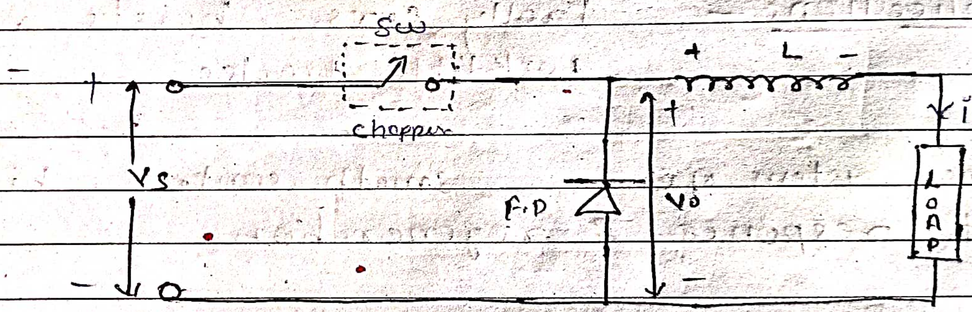
⇒ जब switch off होता तो current flow नहीं होता।

⇒ जब switch on होता है current flow direction of arrow

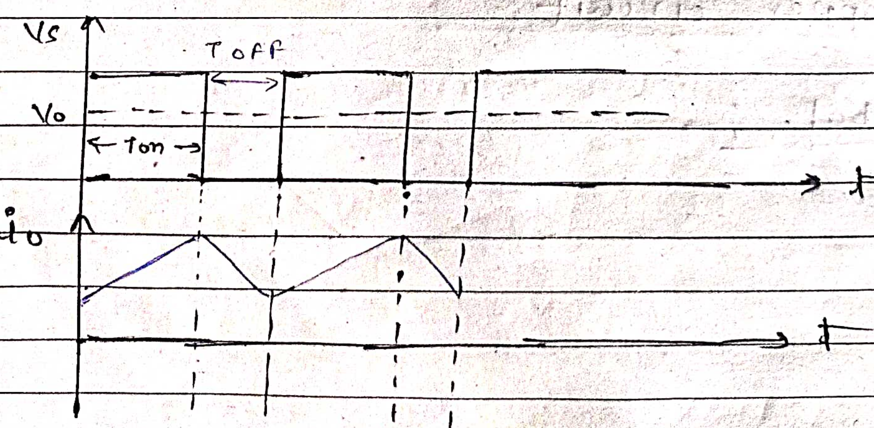
Types of chopper :-

1) step up ($V_o < V_{in}$
2) step down ($V_o > V_{in}$

① Step ~~up~~ down chopper -



F.D = free wheeling diode.



$$V_o = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}} V_s$$

$$V_o = \frac{T_{on}}{T} V_s$$

$$V_o = \alpha V_s$$

जहां T_{on} = on time

T_{off} = off time

T = chopping period = $T_{on}+T_{off}$

$$\alpha = \frac{T_{on}}{T} = \text{(duty cycle)}$$

यहां $V_o = T_{on} \frac{1}{T} V_s$ $\quad \because \frac{1}{T} = f$

$$V_o = T_{on} \times f \times V_s$$

⇒ चित्र में step down chopper का circuit diagram तथा wave form दिखाया गया है

chopper को switch SW के रूप में दिखाया गया है।

Working –

Turn on time → में chopper ON होता है load voltage source voltage से कम प्राप्त होता है।

Toff के Time → में chopper OFF होता इस समय free wheeling diode ON होता है। तथा conduct करता है।

तथा load current free wheeling diode load, तथा inductor से होते हुए current flow होता है।

इस प्रकार chopped dc voltage load terminal में प्राप्त होता load current को भी wave form में दिखाया गया है।

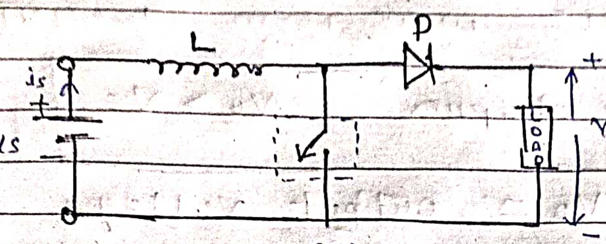
average load voltage का formula निम्न है

$$V_o = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times V_s$$

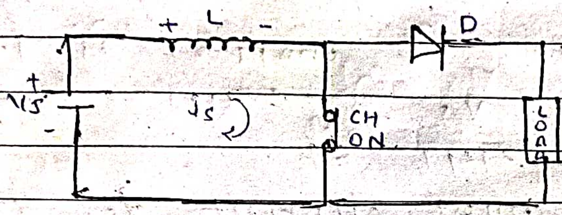
$$V_o = \frac{T_{on}}{T} \times V_s$$

$$V_o = \alpha V_s$$

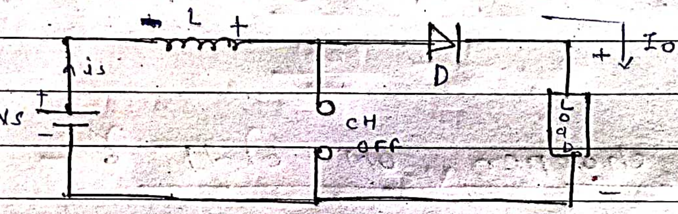
★ step up chopper.



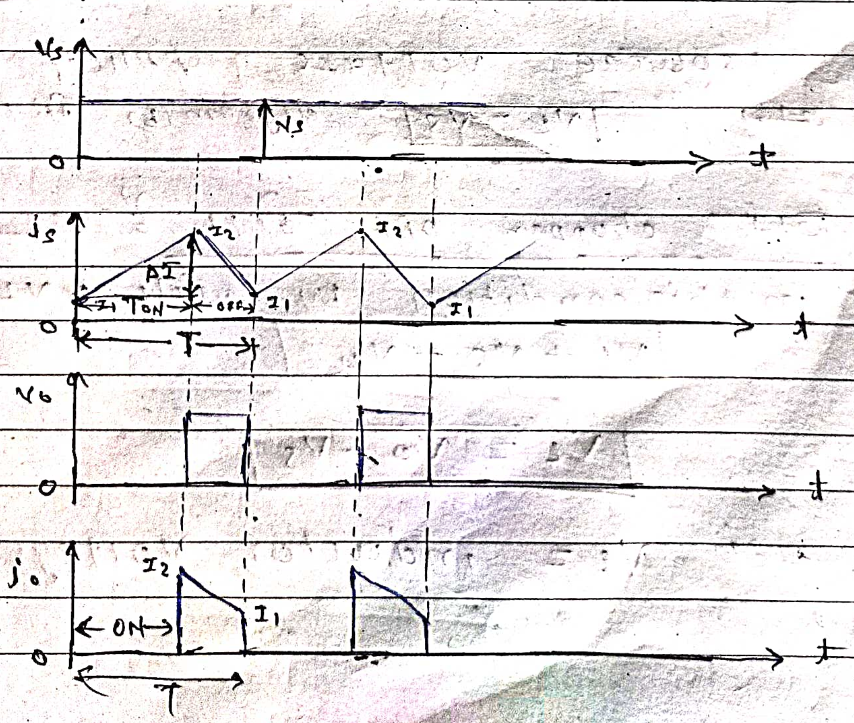
(a)



(b)



(c)



चित्र में step up chopper का circuit diagram तथा wave form दिखाया गया है।

| in step up chopper $V_o > V_s$ |

where V_o = output voltage
V_s = input voltage

इस प्रकार के chopper में large inductor L को voltage V_s के साथ series में connect किया गया है।

input current I_s तथा output current i_o को भी wave form में दिखाया गया है।

working:- जब chopper ON होता है —

1) → inductor L store energy &
2) → current rises for I_1 से I_2
3) → source voltage applied to L
जब $V_L = V_s$ diagram (b) में दिखाया गया है

4) जब chopper OFF होता है — diagram (c)
in this condition by apply KVL

+) $V_L + V_s = V_o$

$V_L = V_o - V_s$

यहां V_L = inductor voltage

According to rule of energy ~~conversion~~ conservation

→ inductor store energy durin T_{ON} = Energy released by inductor ~~to him~~ the load at time T_{OFF}

Formula:- output voltage -

V_S = inductor voltage

$\frac{I_1+I_2}{2}$ = inductor current

$$\Rightarrow W_{ON} = V_S \left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) \times T_{ON}$$

$$\Rightarrow W_{OFF} = (V_O - V_S) \times \left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) \cdot T_{OFF}$$

According to principle of energy conversion

$$\boxed{W_{ON} = W_{OFF}}$$

$$V_S\left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) \times T_{ON} = (V_O - V_S) \times \left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) T_{OFF}$$

$$V_S \times T_{ON} = (V_O - V_S) \times T_{OFF}$$

$$V_S \times T_{ON} = V_O T_{OFF} - V_S T_{OFF}$$

$$T_{ON} \times V_S = \frac{V_O T_{OFF} - V_S T_{OFF}}{1}$$

$$V_O \cdot T_{OFF} = V_S T_{ON} + V_S T_{OFF}$$

$$V_o T_{OFF} = V_s (T_{ON} + T_{OFF})$$

$$V_o T_{OFF} = V_s (T)$$

T = chopping period.

$$V_o = \frac{V_s (T)}{T_{OFF}} \qquad \left(\because T = T_{ON} + T_{OFF}, \; T_{OFF} = T - T_{ON} \right)$$

$$V_o = \frac{V_s (T)}{T - T_{ON}}$$

अंश हर मे T का भाग

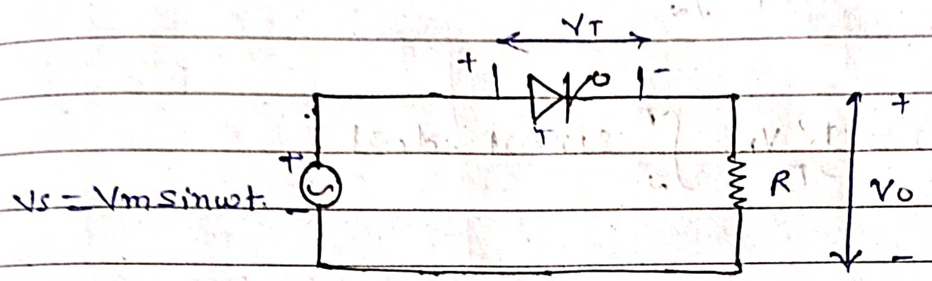
$$V_o = \frac{\frac{V_s (T)}{T}}{\frac{T}{T} - \frac{T_{ON}}{T}}$$

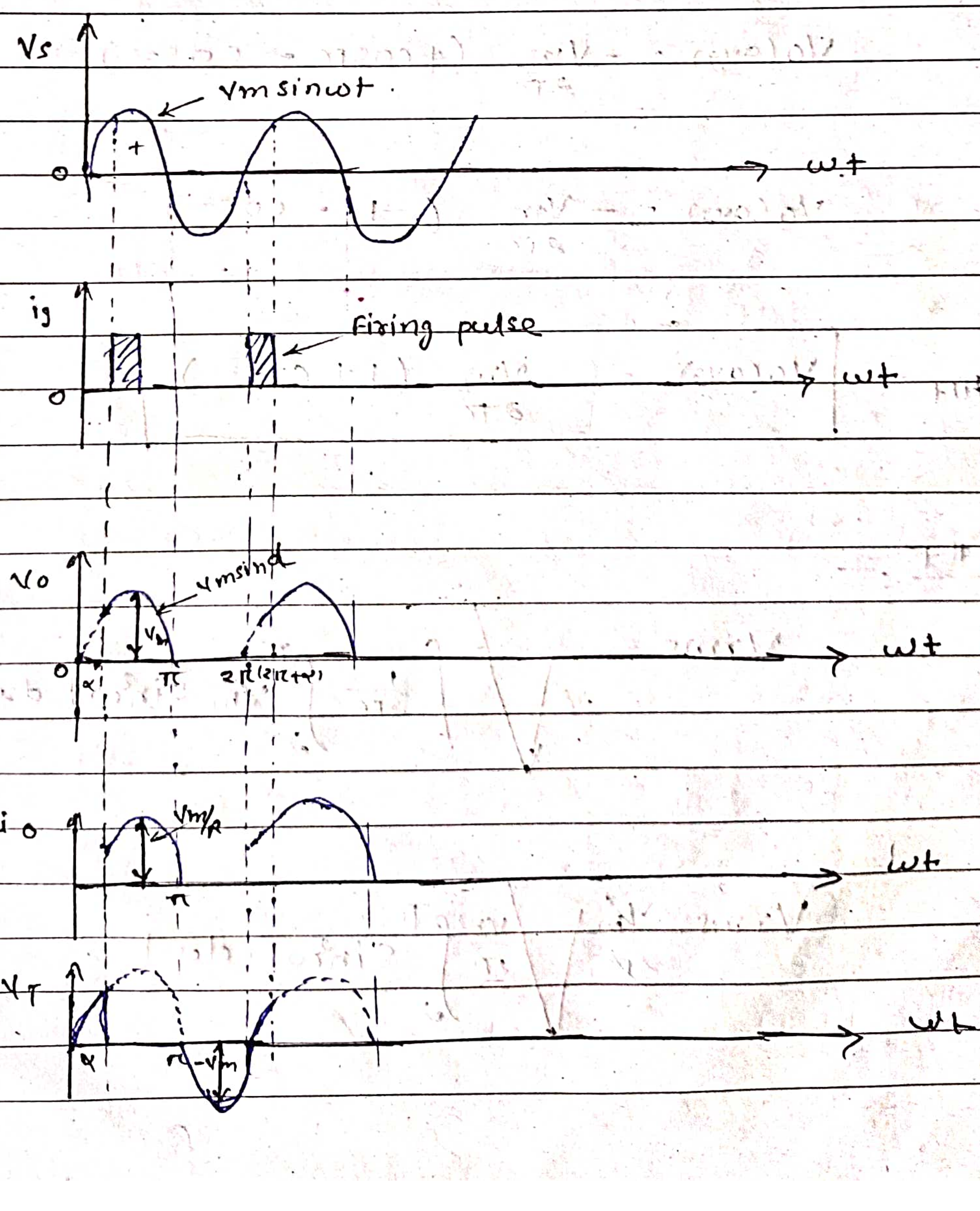
$$V_o = \frac{V_s}{1 - \frac{T_{ON}}{T}} \qquad \left(\because \frac{T_{ON}}{T} = \alpha \text{ (duty cycle)} \right)$$

$$\boxed{V_o = \frac{V_s}{1 - \alpha}}$$

UNIT-3

⊛ 1-ϕ Half wave rectifier with R load.





wave form से औसत मान

$$V_o(avg) = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin\omega t \, d\omega t$$

$$V_o(avg) = \frac{1}{2\pi} V_m \int_{\alpha}^{\pi} \sin\omega t \cdot d\omega t$$

$$V_o(avg) = \frac{V_m}{2\pi} \left[-\cos\omega t\right]_{\alpha}^{\pi}$$

$$V_o(avg) = -\frac{V_m}{2\pi} (+\cos\pi - \cos\alpha)$$

$$V_o(avg) = -\frac{V_m}{2\pi} (-1 - \cos\alpha)$$

औसत मान
$$\boxed{V_o(avg) = \frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha)}$$

RMS मान :-

$$V_{rms} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \sin^2\omega t \, d\omega t\right]}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2\pi}\sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} \sin^2\omega t \cdot d\omega t}$$

$$V_{rms} = \cancel{\frac{V_m^2}{2\pi}} \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi}\left(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}\right) d\omega t} \qquad \left\{\because \sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}\right\}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi}\left(\frac{1-\cos 2\omega t}{2}\right) d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \times \frac{1}{2}\left[\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2}\right]_{\alpha}^{\pi}}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi}\left(\pi - \frac{\sin 2\pi}{2}\right) - \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi}\left(\pi - 0\right) - \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)}$$

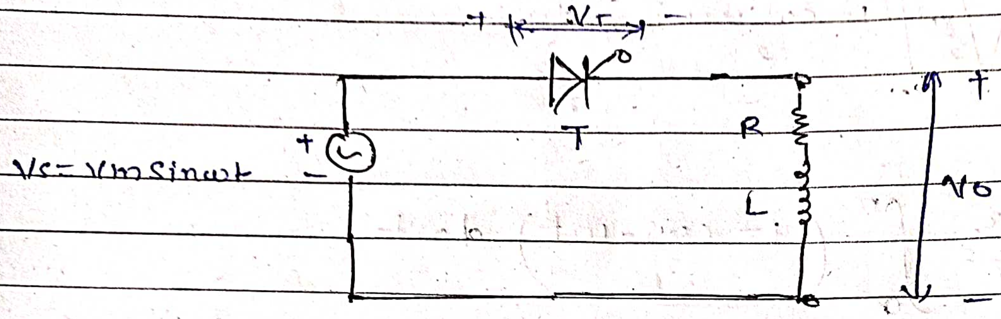
$$V_{rms} = \frac{V_m}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi}\left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)}$$

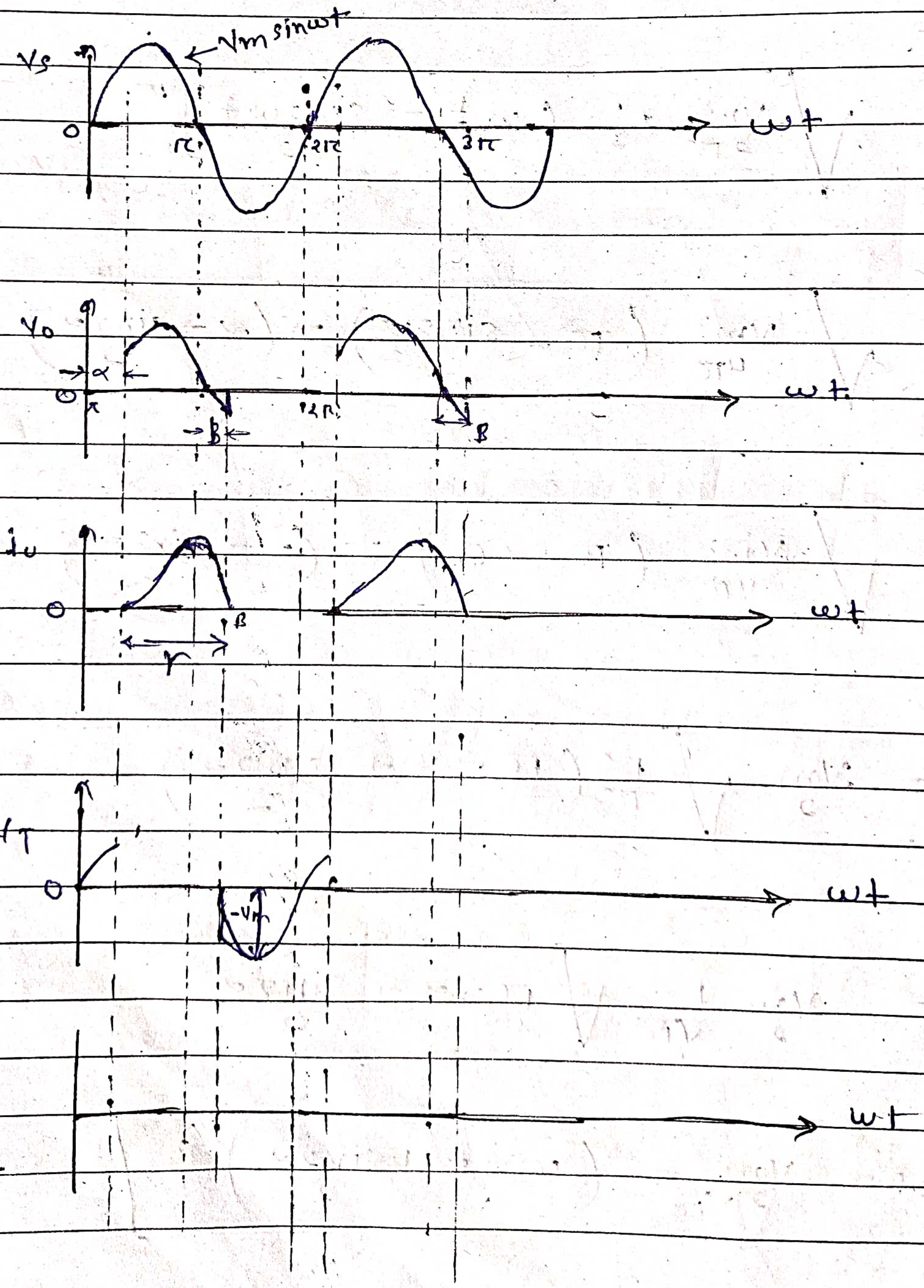
$$V_{rms} = \frac{V_m}{2}\frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}}$$

$$\boxed{V_{rms} = \frac{V_m}{2\sqrt{\pi}}\left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)^{1/2}} \quad \text{ans}$$

Date ______
Page ______

④ 1ϕ Half wave rectifier circuit with RL load.





जहां α = Firing angle
β = extinction angle.
λ = conduction angle

(i) औसत मान –

$$(ave)\ V_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} V_m \sin\omega t \, d\omega t$$

$$V_0 = \frac{V_m}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} \sin\omega t \cdot d\omega t$$

$$V_0 = \frac{V_m}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\alpha}^{\beta}$$

$$V_0 = -\frac{V_m}{2\pi}\left[\cos\beta - \cos\alpha\right]$$

$$\boxed{V_0(ave) = \frac{V_m}{2\pi}\left[\cos\alpha - \cos\beta\right]}$$

(ii) RMS मान –

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} V_m^2 \sin^2\omega t \, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} \sin^2\omega t \, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}\, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \cdot \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} 1 - \cos 2\omega t \, d\omega t}$$

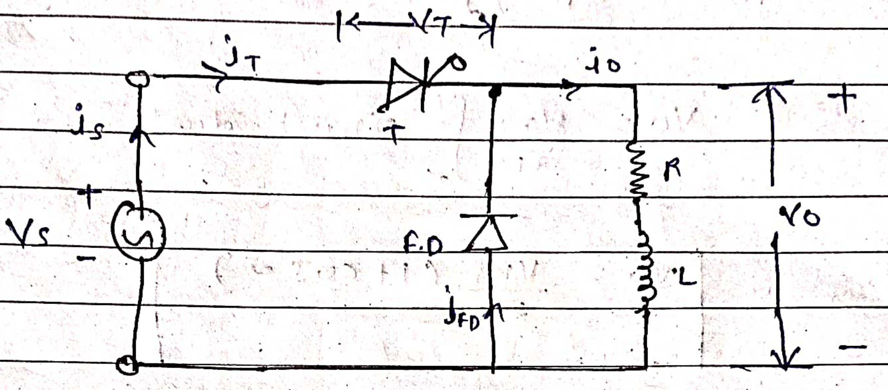
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi} \left[\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2} \right]_{\alpha}^{\beta}}$$

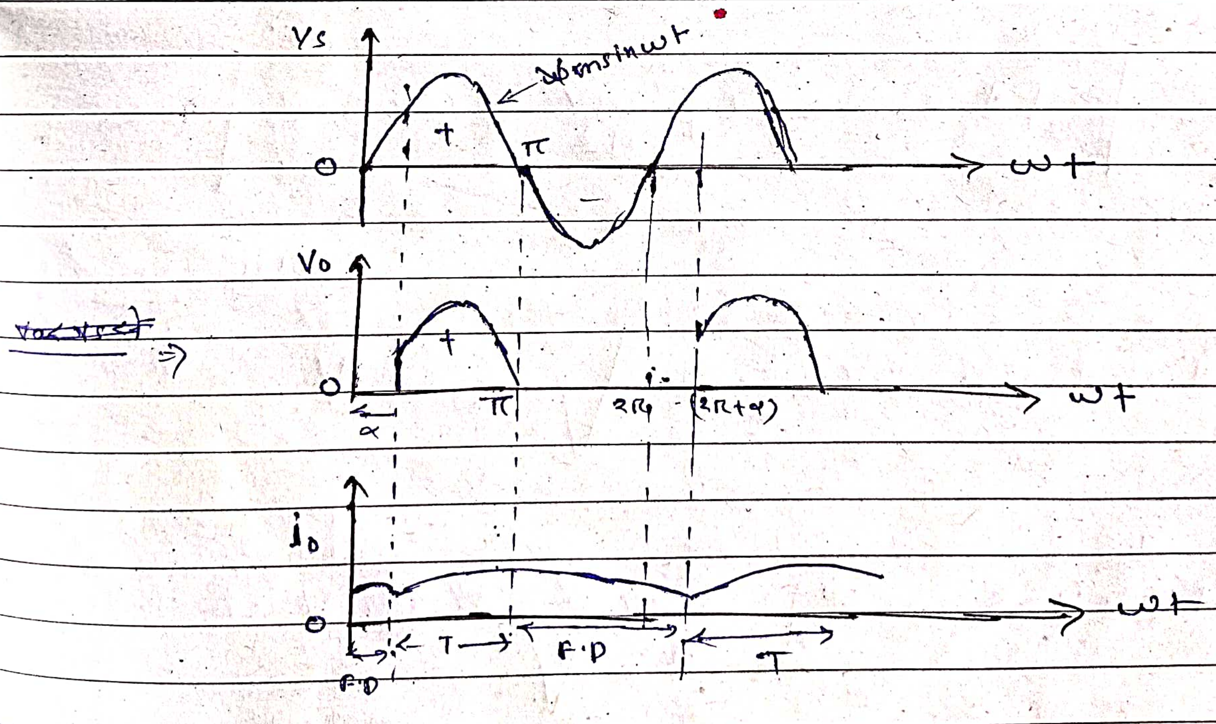
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi} \left[\beta - \frac{\sin 2\beta}{2} \right] - \left[\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2\sqrt{\pi}} \sqrt{\left(\beta - \frac{\sin 2\beta}{2}\right) - \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2\sqrt{\pi}} \left[(\beta - \alpha) - \left(\frac{\sin 2\beta}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{1/2}$$

Single phase half wave rectifier with RL and Freewheeling diode.





(average) $V_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin\omega t \cdot d\omega t$

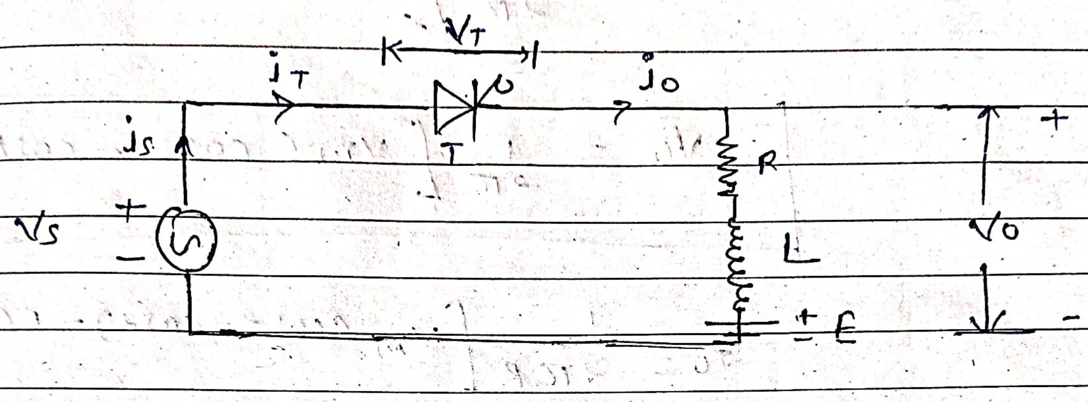
$$V_0 = \frac{V_m}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} \sin\omega t \cdot d\omega t$$

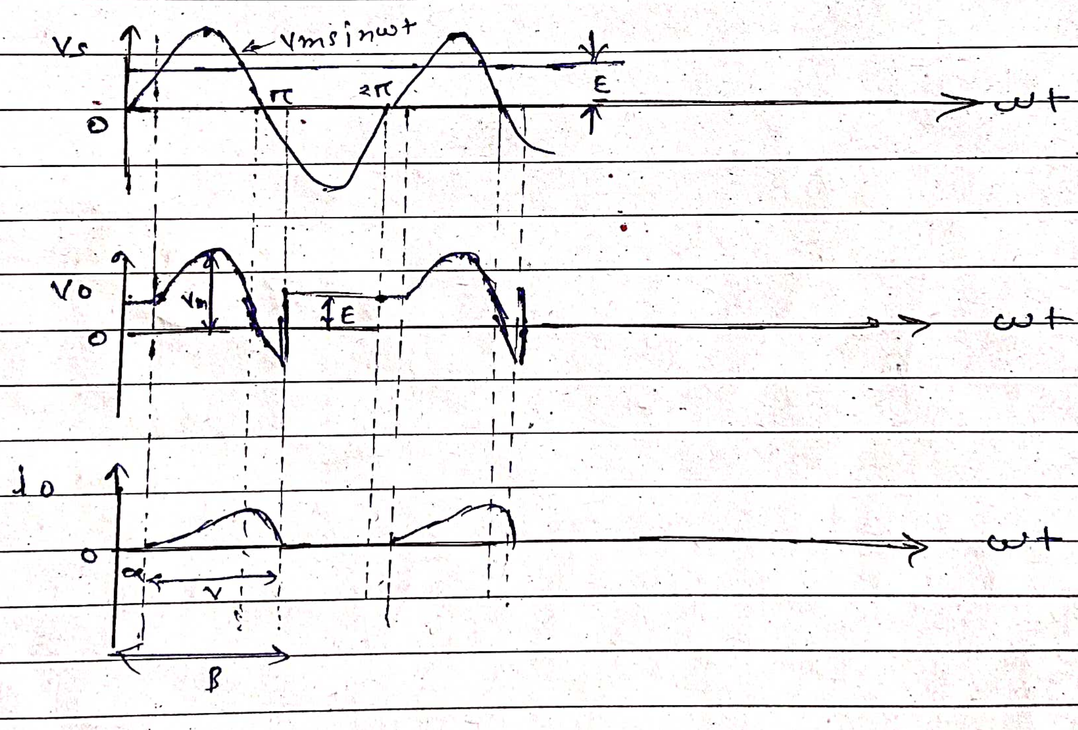
$$\boxed{V_0 = \frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha)}$$

$$I_0 = \frac{V_m}{2\pi f}(1+\cos\alpha)$$

RMS.

(A) 1-Φ half wave rectifier with RLE Load.





Working

① $V_s < E$ (T → Reverse Biase)
OFF रहेगा

② $V_s > E$ (T → Forward Biase)
Thyristor on होगा और
$V_T = (V_s - E)$ प्राप्त होगा।

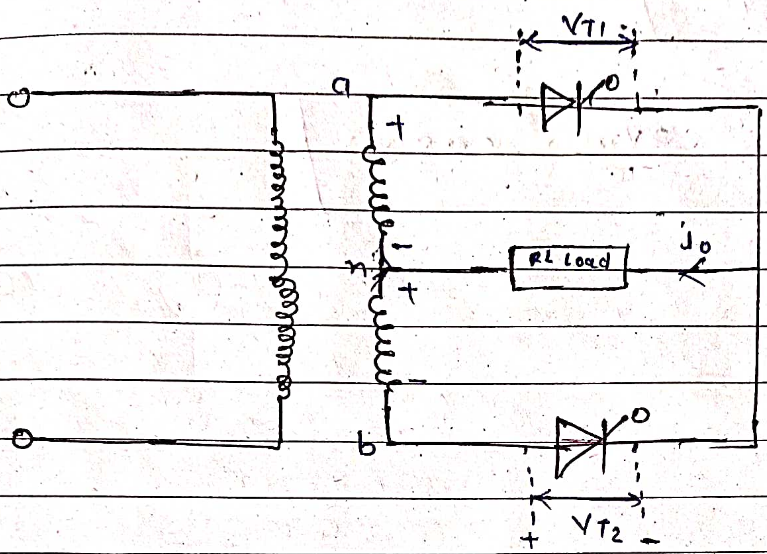
औसत मान

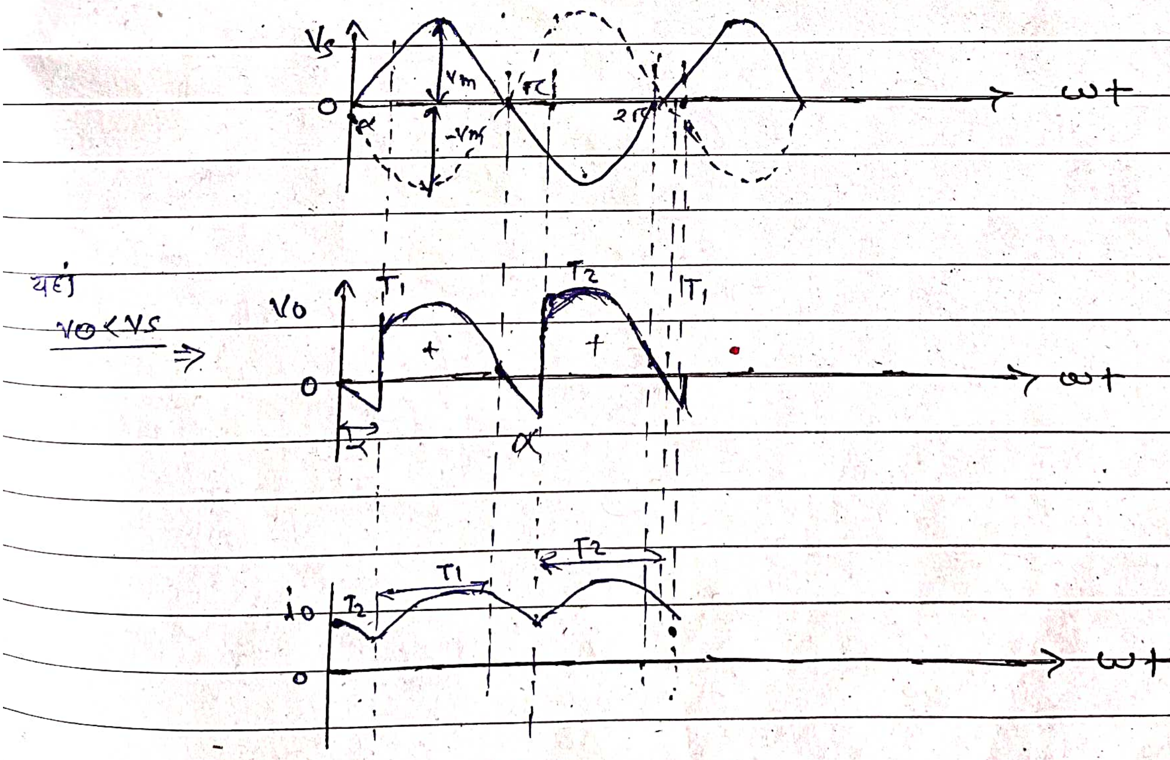
$$V_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} (V_m \sin\omega t - E)\, d\omega t$$

$$V_0 = \frac{1}{2\pi}\left[V_m(\cos\alpha - \cos\beta) - E(\beta-\alpha)\right]$$

$$I_0 = \frac{1}{2\pi R}\left[V_m(\cos\alpha - \cos\beta) - E(\beta-\alpha)\right]$$

(*) 1-φ Full wave mid-point (center tap) (M-2) connection





$\frac{1}{2}$

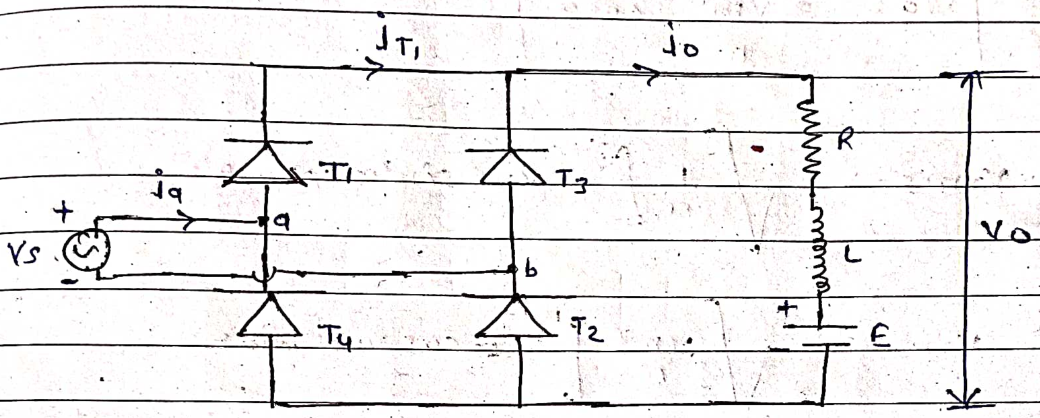
Date ______
Page ______

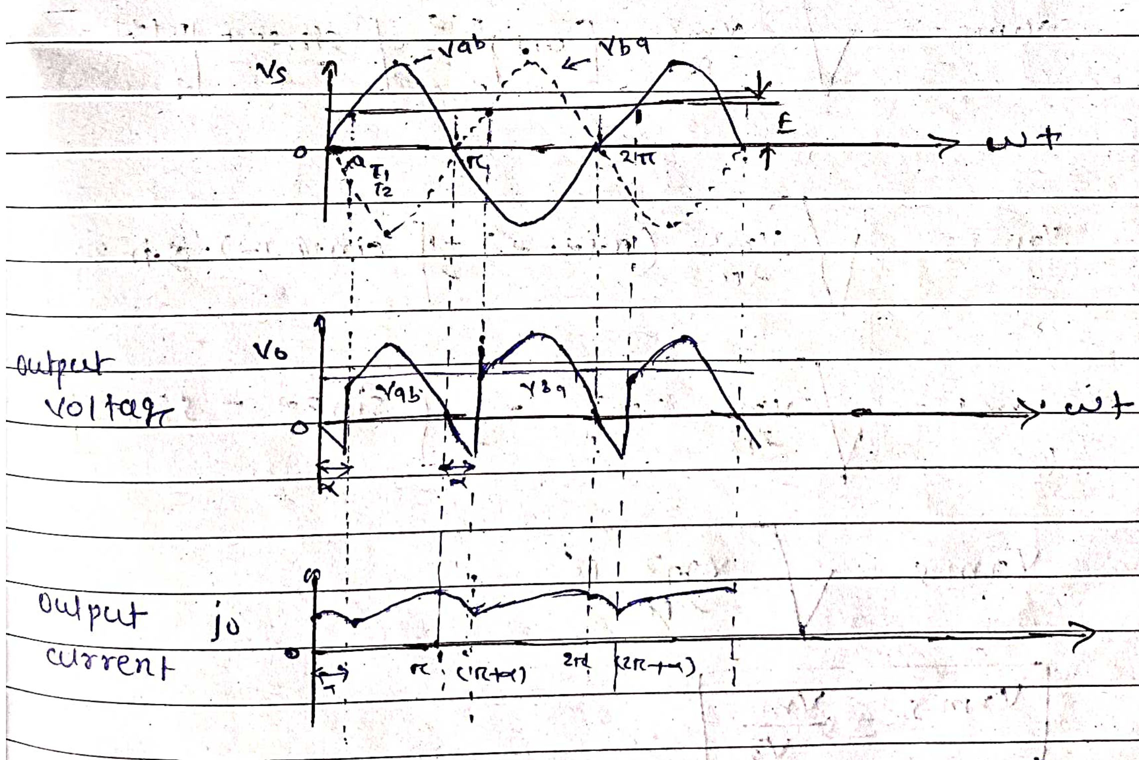
औसत मान $V_0 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_m \sin\omega t \cdot d\omega t$

$$\boxed{V_0 = \frac{2V_m}{\pi} \cos\alpha}$$

(*) 1 ϕ Full converter (B-2 connection) - Bridge connection

For RLE load.





$\sin(2\pi + \alpha) = \sin\alpha$

$$V_0 = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_m \sin\omega t \cdot d\omega t$$

औसत मान

$$\boxed{V_0 = \frac{2V_m}{\pi}\cos\alpha}$$

RMS

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_m^2 \sin^2\omega t \cdot d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \frac{1-\cos 2\omega t}{2} \, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} 1 \, d\omega t - \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \cos 2\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\left[\omega t\right]_{\alpha}^{\pi+\alpha} - \left[\frac{\sin 2\omega t}{2}\right]_{\alpha}^{\pi+\alpha}}$$

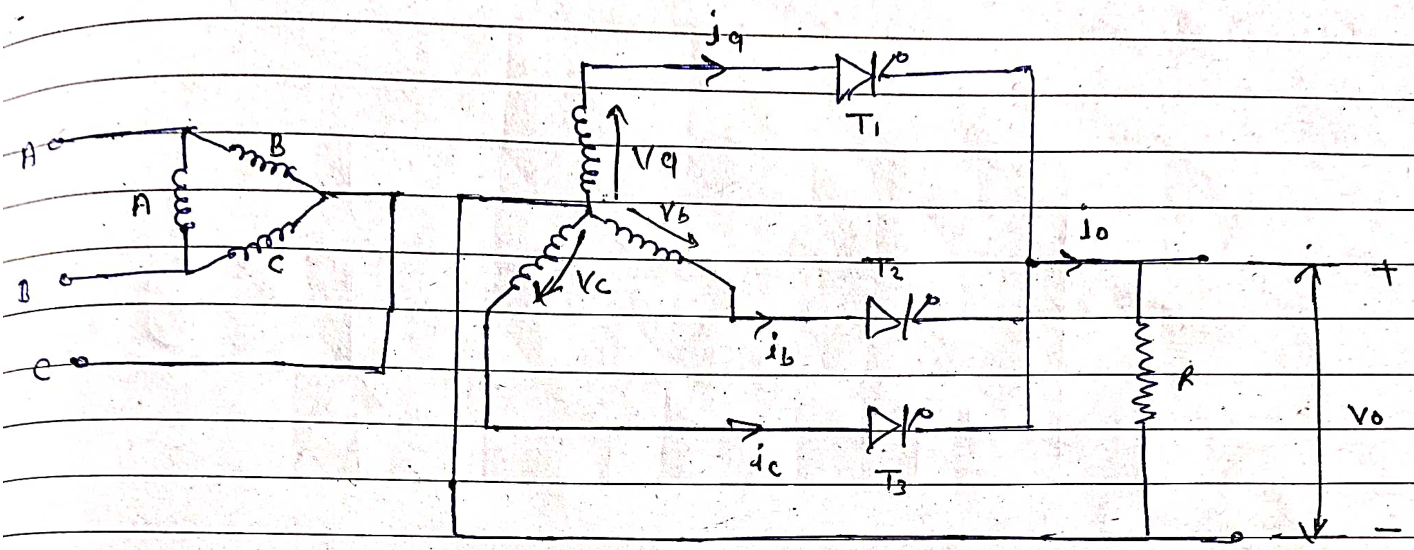
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}(\pi+\alpha-\alpha) - \frac{1}{2}\left[\sin 2(\pi+\alpha) - \sin 2\alpha\right]}$$

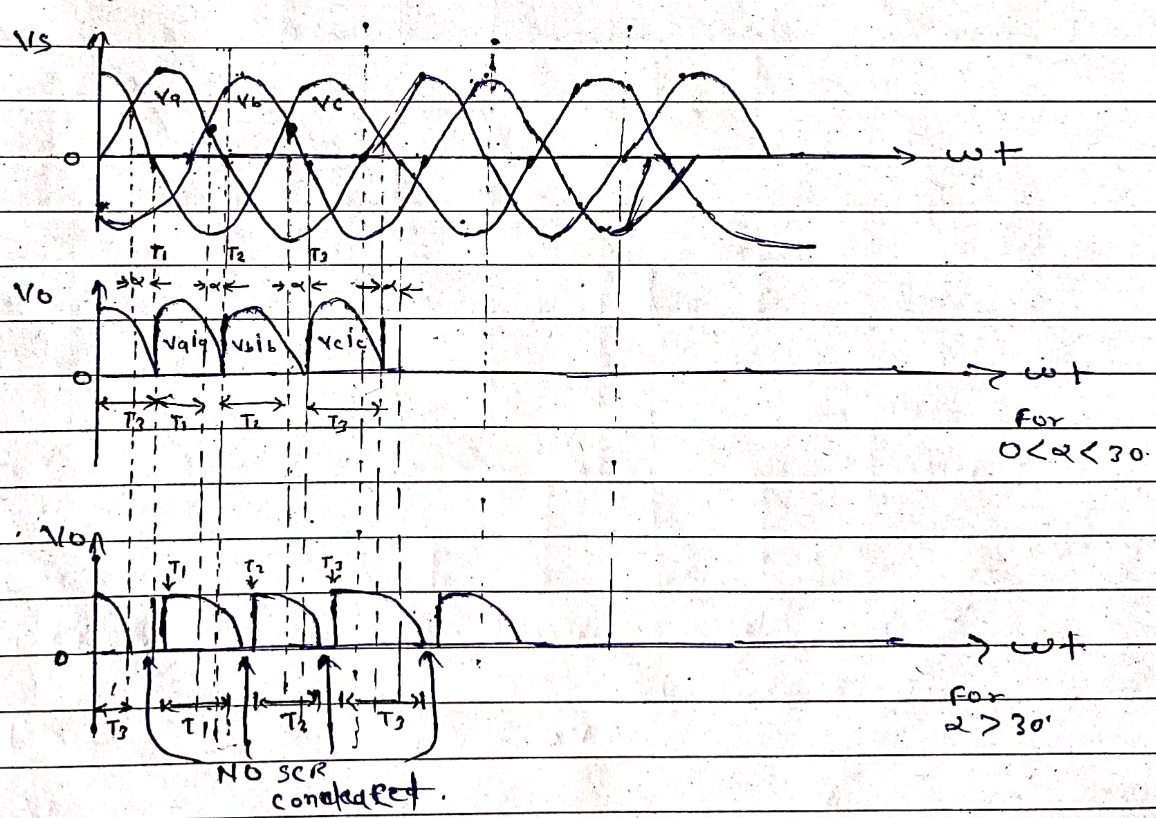
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}(\pi) - \frac{1}{2}\left[\sin 2\alpha - \sin 2\alpha\right]}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2 \pi}{2\pi}}$$

$$\boxed{V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}}$$

(*) 3ϕ Half wave controlled Rectifier (M-3 converter) with R load.





Date ______
Page ______

UNIT-4 Inverter.

Defination. — A circuit that convert d.c power in to a.c power at desired output voltage & frequency is called an inverter.

Application. — Adjust speed ac drives, induction heating, stand by air craft power Ups for computers, HV.DC transmission.

Types. — (A) According to commution: —

(i) line commutated inverter
(ii) Force commuted inverter
(iii) load commuted inverters

(B) According to input source invertor.
(1) voltage souce inverter (VSI)
(2) current source inverter (CSI)

(c) According to connection of thyristor. (semiconductor devices)

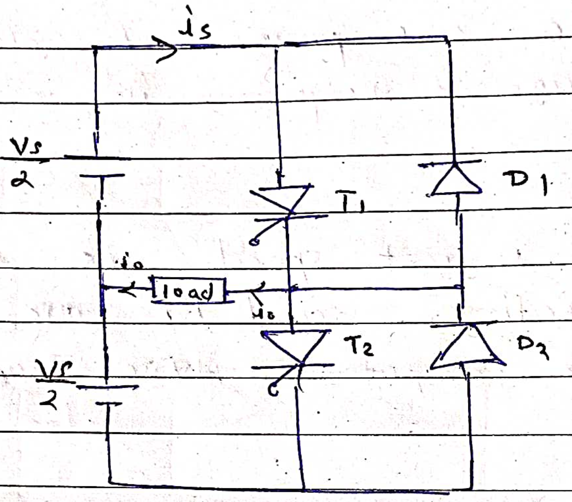
(i) Bridge inverter
(ii) Series inverter
(iii) parallel inverter.

impx

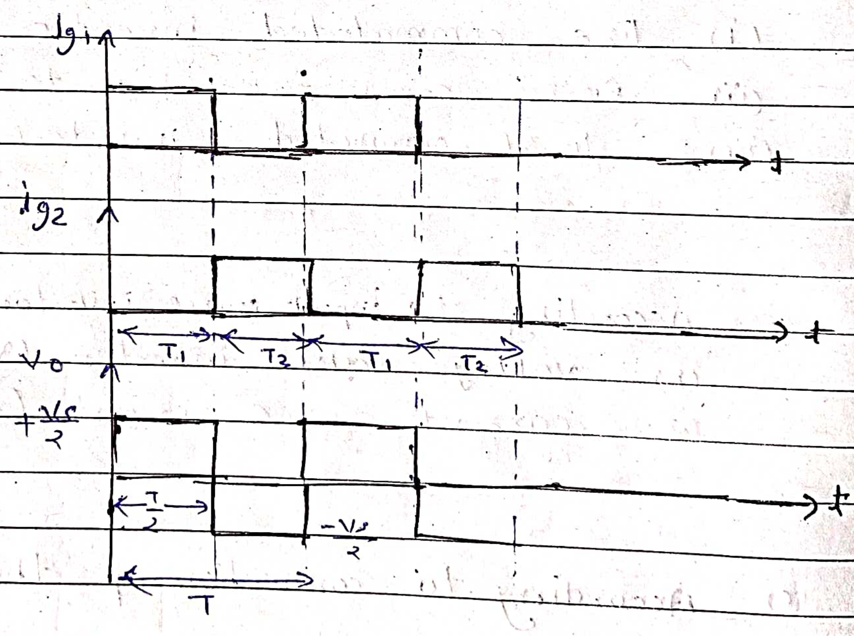
single phase voltage source inverter:

(1-ϕ Half Bridge VSI) -

circuit diagram:



wave form --



The load voltage (output voltage) is given by

$$V_o = +\frac{V_s}{2} \quad \text{--------} \quad 0 < t < \frac{T}{2}$$

$$= -\frac{V_s}{2} \quad \text{--------} \quad T/2 < t < T$$

Date ______
Page ______

operating principle :-

चित्र में 1-ϕ half Bridge inverter का circuit diagram तथा wave form दिखाया गया है.

चित्र में

I_{g1} = gate pulse for thyristor T_1

I_{g2} = gate pulse for thyristor T_2.

उपरोक्त inverter में दो thyristor तथा दो diode तथा 3 wire supply को दिखाया गया है।

(1) At time $0 < t < T/2$ — thyristor T_1 conduct रहता load voltage $v_0 = +\frac{V_s}{2}$ due to upper voltage source.

(2) At time $T/2 < t < T$ — thyristor T_2 conduct रहता T_1 is commutated at turn off load voltage $v_0 = -\frac{V_s}{2}$ due to lower voltage source

conclusion — hence output load v_0 is alternating ~~nature~~ voltage wave form of frequency

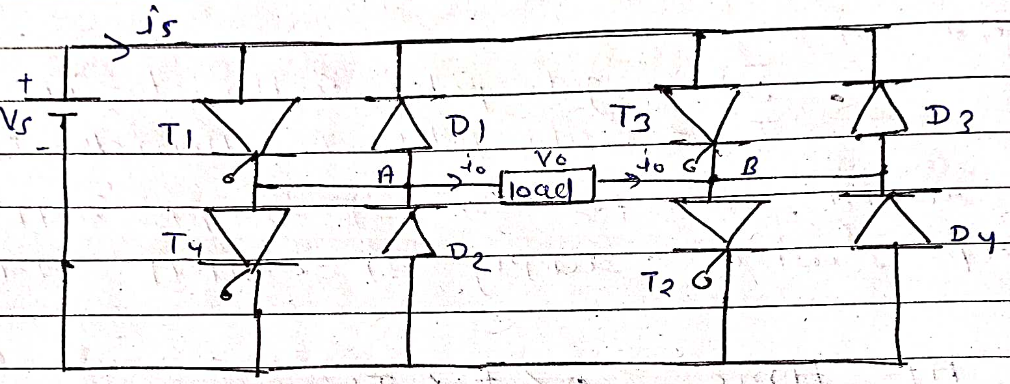
$$f = \frac{1}{T}\ Hz$$

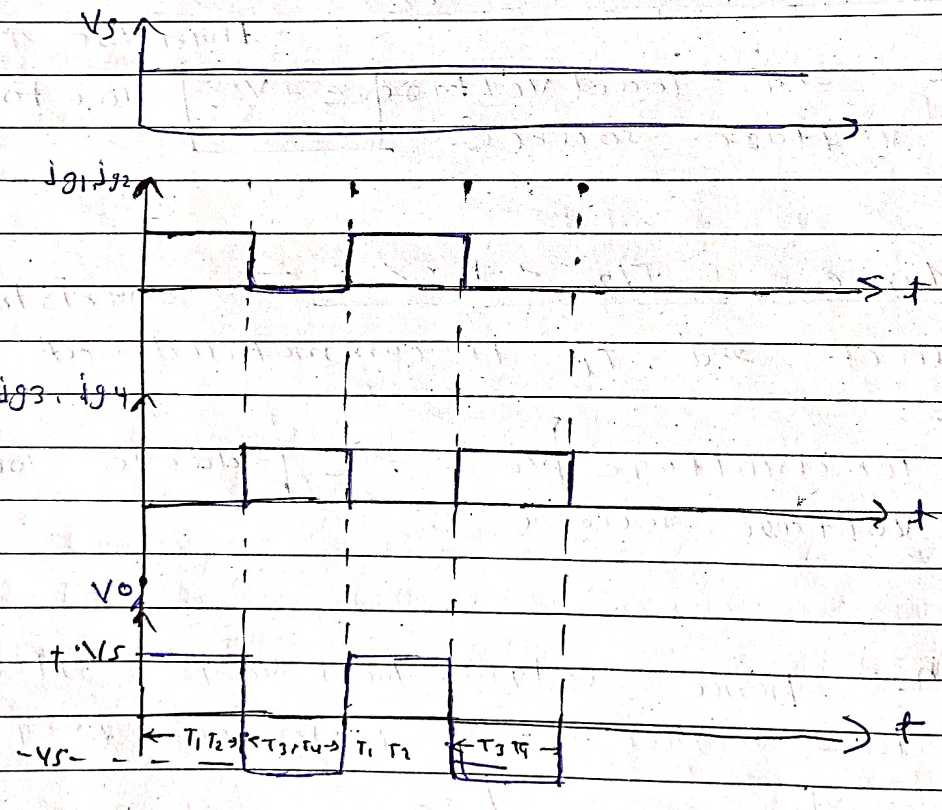
& ~~magnit~~ Amplitude $= \frac{V}{2}$

disadvantage. (1) इस circuit में 3 wire dc supply की आवश्यकता होती है अतः इस कठिनाई को दूर करने के लिए — 1-ϕ full Bridge inverter का use करते।

* IMP

Single phase full bridge inverter.





construction

चित्र में 1 φ full Bridge inverter का circuit diagram दिखाया गया है।

① इसमें चार thyristor T_1, T_2, T_3, T_4 एवं चार diode D_1, D_2, D_3, D_4 use किया गया है।

② इस inverter में half bridge inverter की अपेक्षा Double thyristor तथा Diode use होते हैं।

③ इस प्रकार के inverter में एक समय में एक Pair thyristor $T_1 T_2$ या T_3, T_4 को क्रमशः gate pulse दिया I_{g1}, I_{g2}, तथा I_{g3}, I_{g4} दिया जाता है।

Working ① जब input DC voltage Vs का ऊपरी terminal possitive होता है तब ~~thyri~~ ~~क्रमशः~~ thyristor pair T_1 और T_2 को gate pulse I_{g1} तथा I_{g2} दिया जाता है जिससे output +Vs प्राप्त होता है।

$$\boxed{V_0 = +V_s} \quad 0 < t < T/2$$

② after time ($t = T/2$) में T_1 तथा T_2 को ~~tur~~ Force commutation द्वारा Turn OFF किया जाता है तत्पश्चात Thyristor T_3, T_4, को gate pulse I_{g3}, I_{g4} देकर Turn on किया जाता है जिससे output voltage $\boxed{V_0 = -V_s}$ $T/2 < t < T$

इस प्रकार उपरोक्त प्रक्रिया क्रमशः दोहराई जाती है। output में हमें AC voltage प्राप्त होता है। इस प्रकार full Bridge inverter में हमें half Bridge inverter की अपेक्षा पूरा output voltage मिलता है। अतः इसकी efficiency half Bridge से अधिक होगा।

current i_0 के direction चित्र में दिखाया गया है -

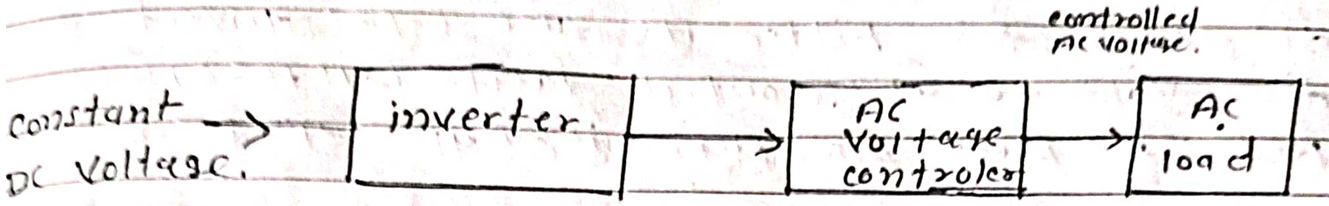
* Voltage control in 1-φ inverters :-

AC loads require constant or adjustable voltage at their input terminals. When such loads are by inverters; it is essensial that output voltage of inverters is so controlled as to fulfill the requirement of a.c loads.

* Methods for control of output voltage of inverter are —

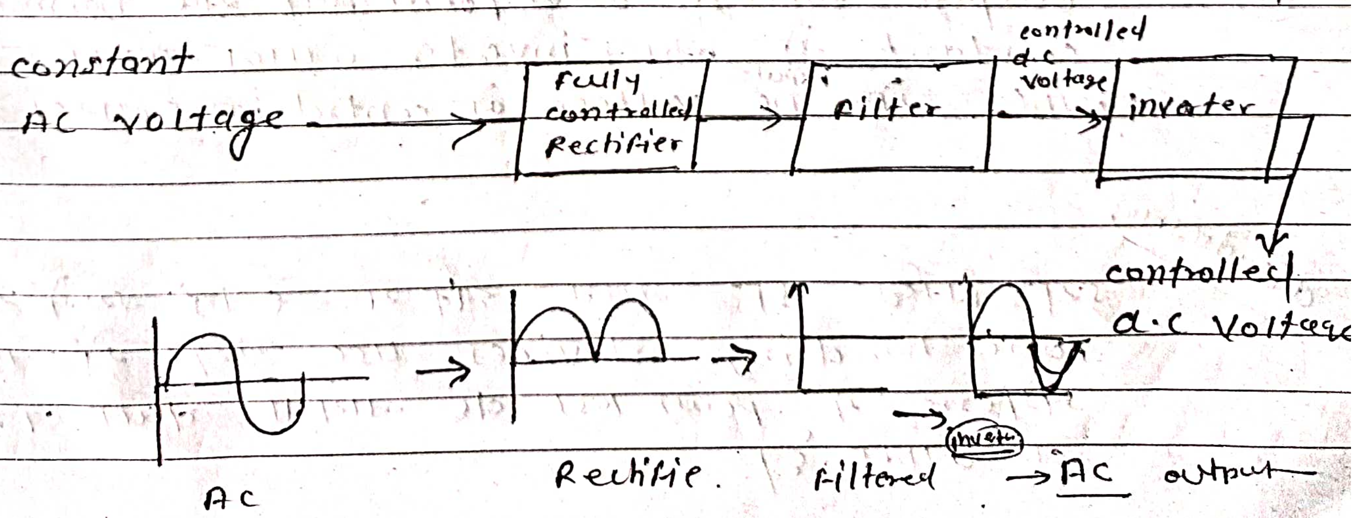
(a) External control of a.c output voltage.
(b) External control of d.c. input voltage.
(c) Internal control of inverter (PWM)

① External control of A.C output voltage. - AC Voltage control.



in this method inverter के output terminal तथा AC load के बीच में AC Voltage controler का use किया जाता है जैसे चित्र में दिखाया गया है। AC load को मिलने वाला AC supply को Votage controller के सहायता से Firing angle को परिवर्तित कर controlled AC voltage provide करते हैं। यह विधि output voltage में अत्यधिक (hormonic) unwanted signal करता है अतः यह method कुछ low power application के लिए ही उपयुक्त है।

② External control of DC input voltage - AC voltage control



uncontrolled

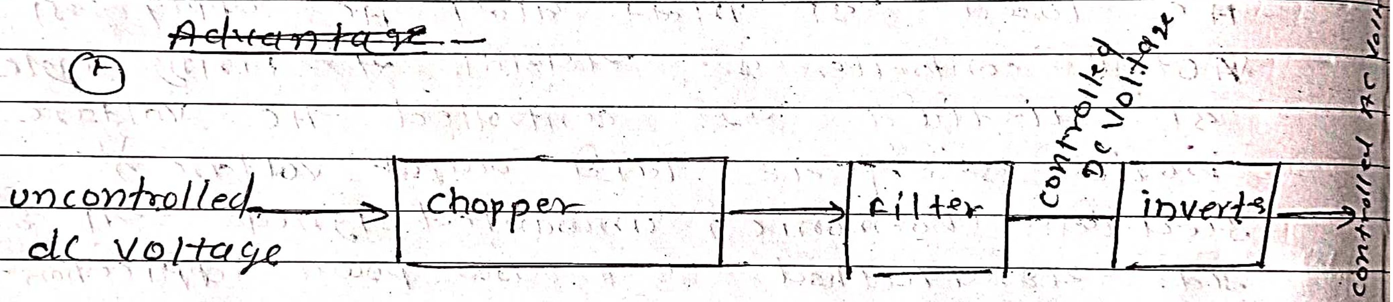
इस Methode में यदि हमारे पास AC voltage source उपलब्ध होने पर fully controlled rectifier की help से filter का use कर inverter के dc voltage को control किया जाता है। चित्र में Block diagram दिखाया गया है

(A) (b) यदि हमारे पास available voltage source dc हो तो chopper का use करके inverter के dc voltage को control किया जा सकता है।

उपरोक्त दोनों विधि के निम्न लाभ है -

~~Advantage~~ -

(A)



Advantage

(1) output voltage wave form तथा इसके harmonic contant से ज्यादा inverter ज्यादा प्रभावित नहीं होता क्योंकि इसमें input DC voltage को control किया जा रहा है)

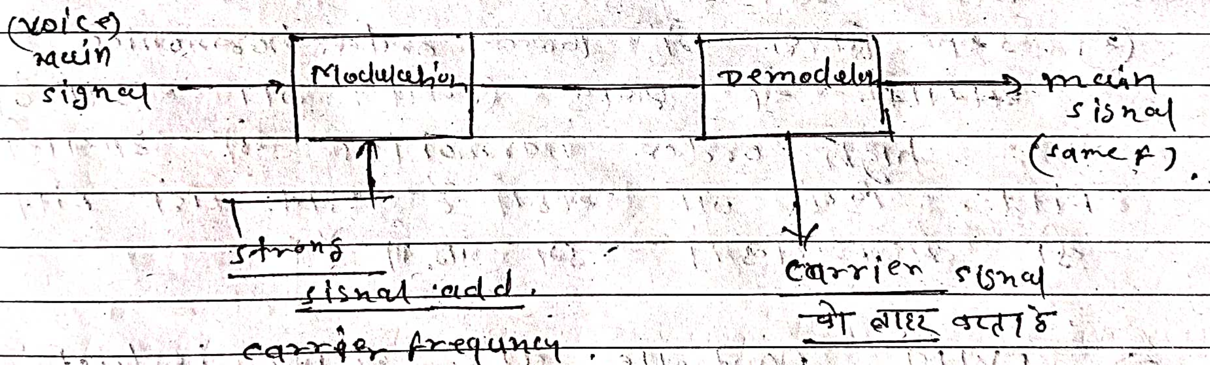
disadvantage

इस विधि का मुख्य हानि यह है कि इसमें अतिरिक्त power handling devices use करने से संपूर्ण system में power loss बढ़ जायेगा तथा efficiency घट जाता है।

(3) Internal control of inverter :- (P.W.M)

inverter के output voltage को inverter के अंदर ही control किया जा सकता है। इसके pulse width modulation technic का use किया जाता है।

Modulation — modulation वह प्रक्रिया है जिसमें किसी कमजोर signal को strong signal के साथ (अध्यारोपित) मिलाकर उसके strength को बढ़ाया जाता है ताकि उस मुख्य signal को दूर तक भेजा जा सके। reciving end पर demodulator का प्रयोग कर पुनः मुख्य signal को इसी आवृत्ति से प्राप्त कर लिया जाता है।



Date ________
Page ________

IMP **

(A) ~~PAM~~ PWM (pulse width modulation)

इस विधि में inverter को एक fixed dc input दिया जाता है तथा inverter के Ac output voltage को TON तथा TOFF time को परिवर्तित (adjust) कर control किया जाता है।

⇒ यह सबसे popular method है इसे pulse width modulation control कहा जाता है।

Advantage of PWM

① इस विधि में output voltage को बिना किसी अतिरिक्त device के control किया जा सकता है।

② इस विधि में lower order harmonics को ~~आसानी~~ से पृथक् (हटाया) जा सकता है।
∴ high order harmonics को आसानी से filter किया जा सकता है अतः यहां filter की आवश्यकता कम पड़ती है।

⇒ PWM controller का प्रयोग industrial ~~use~~ Application के लिए किया जाता है।

④ PWM Inverters

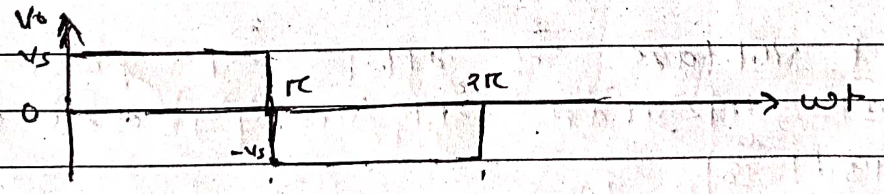
⇒ PWM Method में constant Amplitude pulse का use किया जाता है इस pulse का प्रयोग किया जाता है इस pulse की चौड़ाई को Modulation technic की सहायता से modulate कर output voltage को control किया जा सकता है तथा harmonics को भी reduce किया जाता है।

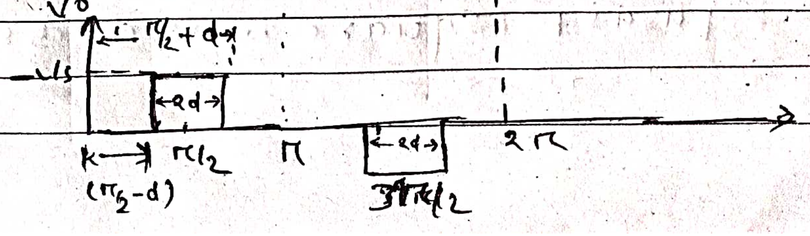
विभिन्न प्रकार के (Differen PWM techniques —

1. single pulse modulation
2. Multiple pulse modulation
3. sinusoidal pulse modulation

⇒ PWM Inverter में force commutation का use किया जाता है
⇒ industrial Application में diode cum bridge rectifier तथा AC Filter की सहायता से supply दिया जाता

① single pulse modulation





$$b_n = \frac{2}{\pi}\int_{\pi/2-d}^{\pi/2+d} V_s \sin\omega t \, d(\omega t) = \frac{4V_s}{n\pi}\left[\sin\frac{n\pi}{2}\sin nd\right]$$

$$V_o = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi}\sin nd \cdot \sin n\omega t$$

Fundamental component

$$\boxed{V_{01m} = \frac{4V_s}{\pi}} \quad \text{——— (1)}$$

(peak value) $V_{1m} = \frac{4V_s}{\pi}\sin d$

⇒ single phase full bridg inverter के wave fo output voltage को wave form में दिखाया गया है। जब इस wave form को modulate किया जाता है तब इसको चित्र b में दिखाया गया है इस wave form में 2d width 2d चौड़ाई का pulse दिखाया गया यह pulse क्रमशः $\pi/2$ तथा $3\pi/2$ दोनों स्थानों पर symitrically located किया गया है।

output voltage के मान को pulse width 2d को परिवर्तित या (vary) करके किया जा सकता है।

⇒ चित्र मे (ख) दिखाया गया wave form को quasi square wave कहा जाता

The peak value of nth harmonic

$$V_{onm} = \frac{4V_s}{n\pi} \sin n\alpha \quad \text{———} (2)$$

~~अभी (2) ÷ (1) करने पर~~

Hense,

$$\frac{V_{omn}}{V_{o1m}} = \frac{\sin n\alpha}{n}$$

The rms value of output voltage :-

$$V_{or} = \left[\frac{V_s^2 \cdot 2\alpha}{\pi}\right]^{1/2}$$

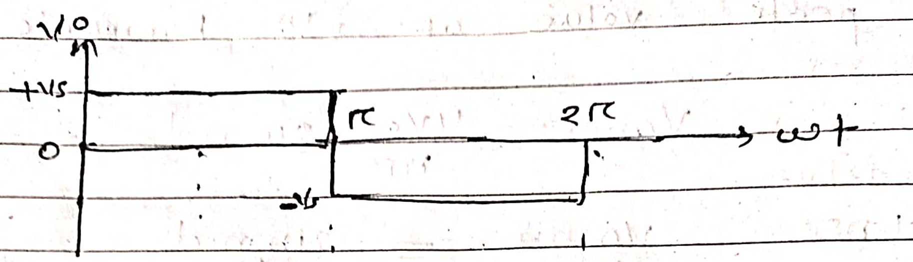
$$V_{or} = V_s \left[\frac{2\alpha}{\pi}\right]^{1/2}$$

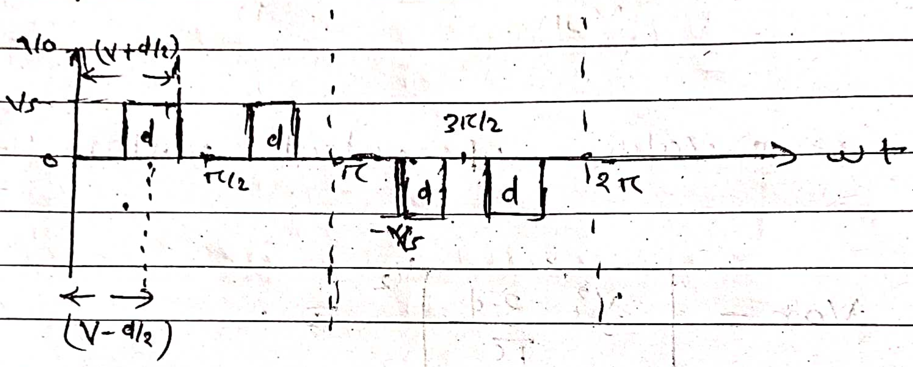
---

(2) <u>Multiple pulse modulation</u> —

⇒ Multiple pulse modulation यह single pulse modulation का updated रूप है।

⇒ इसमें बहुत सारे pulse प्रति half cycle में किया किया जाता है। चित्र में प्रति half cycle को symmetrical pelse दिखाया गया है।





$$b_n = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} V_o \sin n\omega t \, d\omega t$$

$$= \frac{2}{\pi}\int_{\alpha-d/2}^{\alpha+d/2} V_s \sin \omega t \, d\omega t \times 2$$

$$b_n = \frac{8V_s}{n\pi} \sin n\alpha \sin \frac{nd}{2}$$

$$V_o = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{8V_s}{n\pi} \sin n\alpha \, \sin \frac{nd}{2} \sin n\omega t$$

The amplitude of nth harmonic of the two pulse wave form.

$$V_n = \frac{8V_s}{n\pi} \sin n\gamma \sin \frac{nd}{2}$$

when, $\gamma = \frac{\pi}{n}$ or $d = \frac{2\pi}{n}$, nth harmonic can be elemented from output voltage

example – $2d = 72°$ $d = \frac{72}{2} = 36°$

① for single pulse modulation (fundamental) component maximum मान

$$V_{1m} = \frac{4}{\pi} V_s \sin 36°$$

$$V_{1m} = 0.7484 V_s$$

② for multipule pulse (2-pulse) modulation के लिए – fundamental component

$$V_{1m} = \frac{8V_s}{\pi} \sin\gamma \sin\frac{d}{2}$$

जहाँ N = no of pulse half cycle. (N=2)

$$\gamma = \frac{\pi - 2d}{N+1} + \frac{2d}{2N}$$

$$\gamma = \frac{\pi - 2d}{N+1} + \frac{d}{2}$$

$$\gamma = \frac{180 - 2(36)}{2+1} + \frac{36}{2}$$

$$\gamma = \frac{180 - 72}{3} + 18$$

$$Y = \frac{408}{3} + 18$$

$$Y = 36 + 18$$

$$Y = 54°$$

तब $V_{1m} = \frac{8V_s}{\pi} \sin Y \sin \frac{d}{2}$

$$V_{1m} = \frac{8V_s}{\pi} \sin 54° \sin \frac{36}{2}$$

$$V_{1m} = \frac{8V_s \sin 54° \sin \frac{36}{2}}{\pi}$$

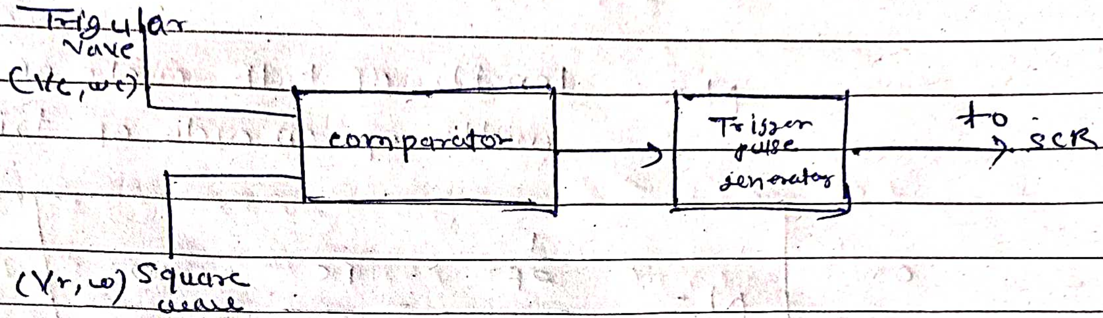
$$\boxed{V_{1m} = 0.637 V_s}$$

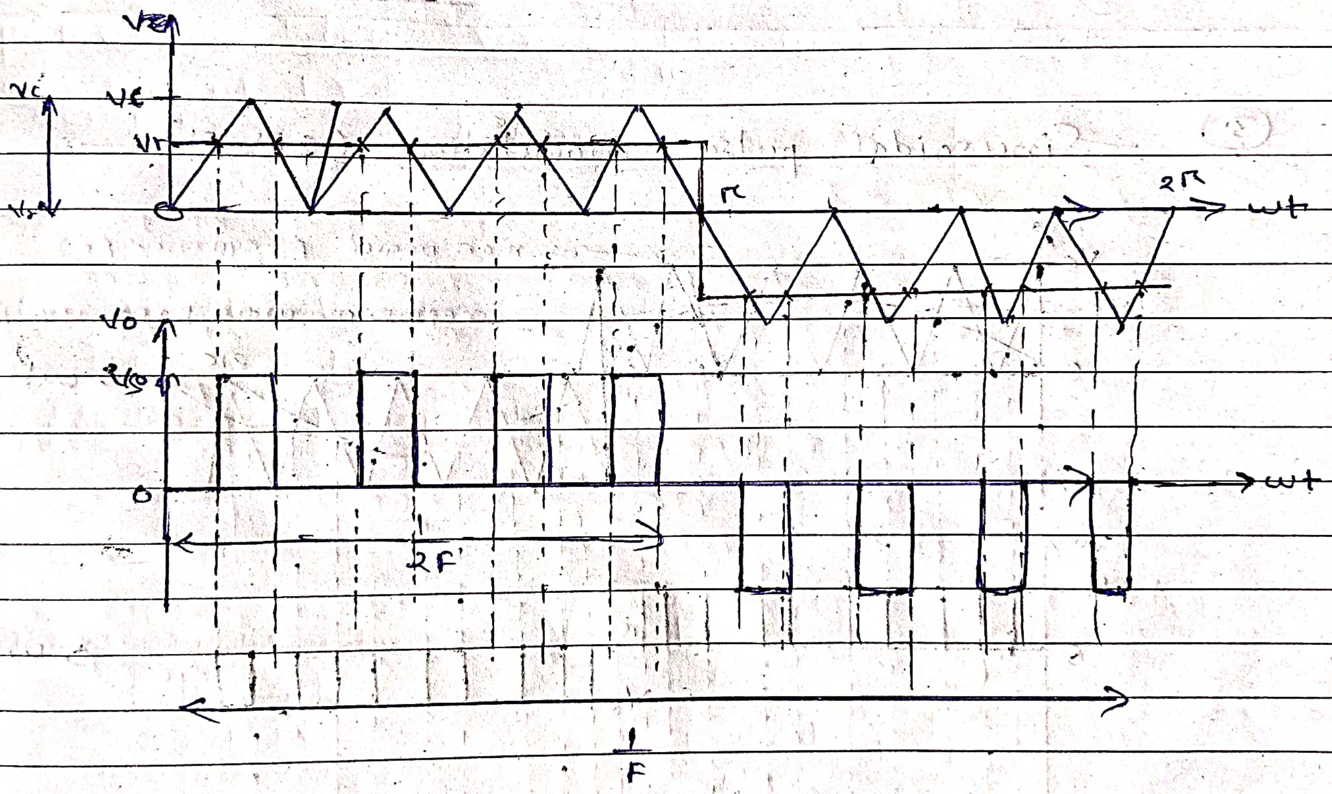
इस प्रकार output voltage V_0 के Fundamental component का मान 2 pulse modulation स्किम में single pulse modulation की अपेक्षा कम प्राप्त होता है।

इस प्रकार no. of pulses प्रति half cycle अधिक होने पर lower order harmonics का amplitude घटता है तथा higher order harmonics का Amplitude बढ़ जाता है। जिसे आसानी से filter किया जा सकता है।

एक symmetrical multiple pulse प्राप्त करने के लिए एक Adjustable square wave V_r of frequency ω को एक triangular carrier wave V_c जिसका frequency ω_c ~~of frequency ω_c~~ के साथ modulate किया जाता है।

यह प्रक्रिया comparator में किया जाता है।





pulse width of trignsular carrier wave $= \frac{1}{F_c}$

pulse width of square reference wave $= \frac{1}{2F}$

~~The~~

No. of pulses per half cycle

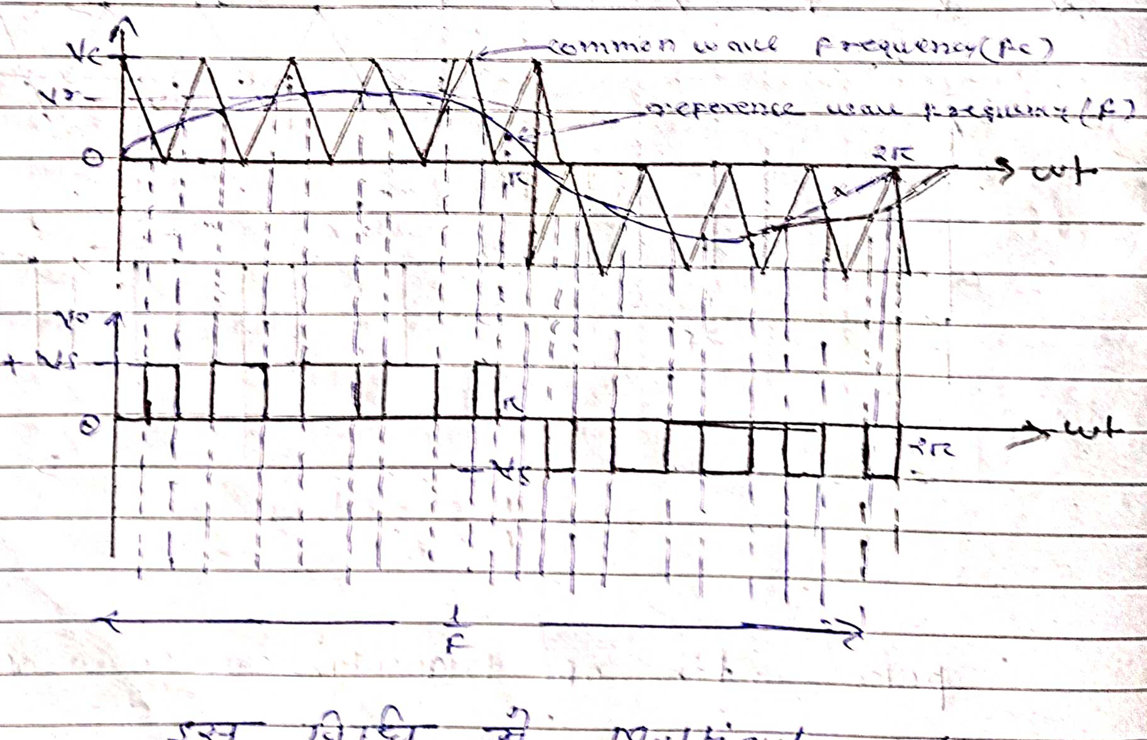
$$N = \frac{\text{length of half cycle of square reference wave}}{\text{width of one cycle of triangular carrier wave}}$$

or

$$N = \frac{\frac{1}{2f}}{\frac{1}{f_c}} = \frac{f_c}{2f} = \frac{\omega_c}{2\omega}$$

---

③ **Sinusoidal pulse modulation :- (SPWM) —**



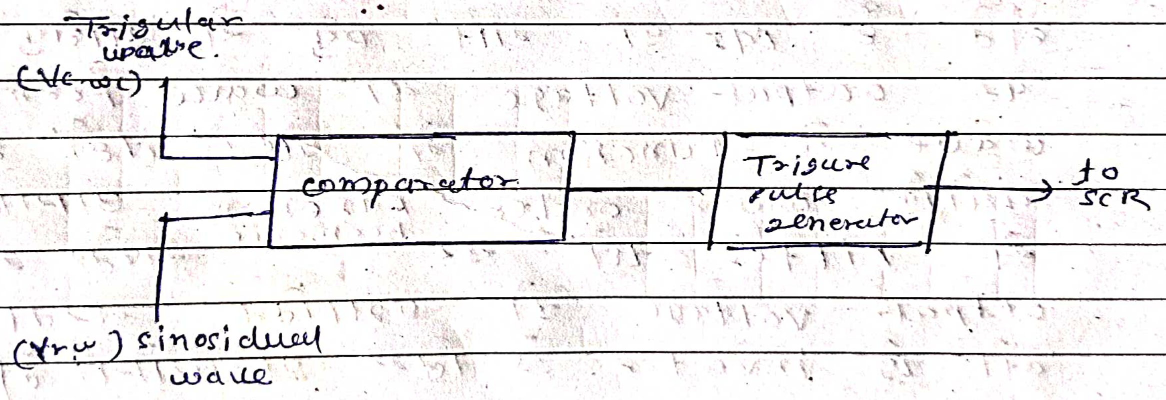
इस विधि में Multiple pulse modulation की तरह ही multiple

pulse प्राप्त होते हैं किन्तु PPM में pulse width बराबर होती है जब SPWM में pulse width की चौड़ाई sinosoidal function में होती है।

SPWM में high frequency trangular carrier wave Vc को sinosiduel refrence में Vr के साथ modulate किया जाता है।

Vc तथा Vr wave के intersection point से modulated pulse के width ज्ञात की जाती है जिसे wave form में दिखाया गया है।

दोनों signals को comparator में mix किया जाता है।



$$\frac{V_r}{V_c} = M_I \text{ (modulation index)}$$

the ratio of Vr & Vc is called Modulation index

fudamental component of output voltage का मान इस Modulation index के proposional होता है किन्तु M_I का मान 1 से अधिक नहीं होना चाहिए।

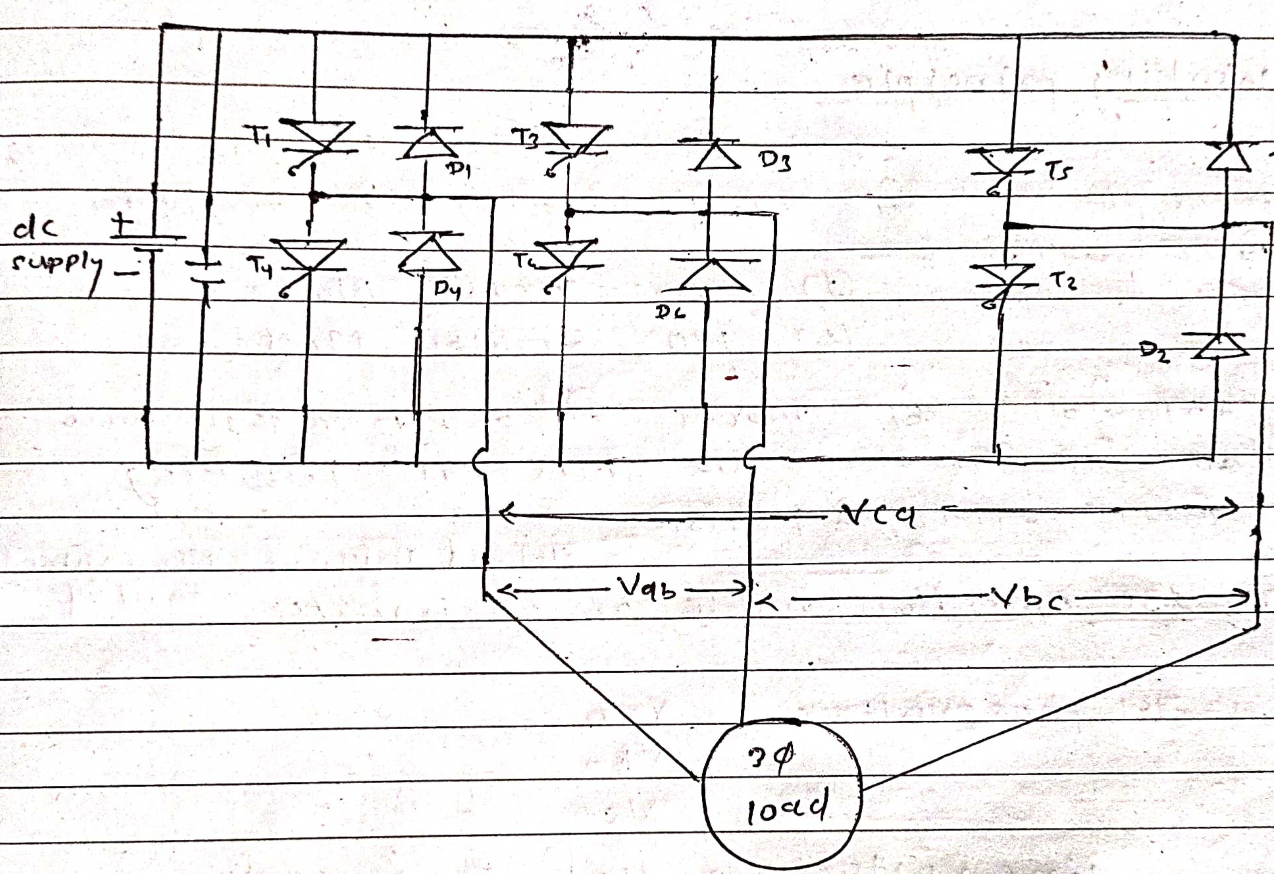
इस प्रकार Modulation Index (MI) को परिवर्तित कर output voltage को control किया जा सकता है।

For MI < 1 तब output voltage में harmonic component के amplitude का मान Maximum होता है No. of pulses बढ़ाने पर order of harmonics बढ़ जाता है जिससे filter करना आसान होता है।

For MI > 1 इस स्थिति में output voltage में lower order harmonic उत्पन्न होते हैं MI का मान एक से अधिक होने पर output voltage का wave form sine wave के function में प्राप्त नहीं होता। क्योंकि lower order ~~function~~ harmonic आसानी से filter नहीं कर सकते अतः यह output voltage को प्रभावित करता है जो कि inverter के लिए अनुपयोगी है।

IMP

(A) 3φ Bridge inverter (VSI)



चित्र में 3φ inverter का circuit diagram दिखाया गया है उपरोक्त thyristor में 6 thyristor और 6 diode का use करके 3φ Bridge inverter का निर्माण किया गया है।

यह circuit तीन half bridge inverter को मिलाकर बनाया गया है। inverter के output terminal a, b, c में से load (3φ) को connect किया गया है।

Vab, Vbc, तथा Vca क्रमशः line voltage को दर्शाता है।

✱ Working principle

इस प्रकार के inverter के working principle को दो भागों (mode) में संचालित किया जाता है —
(1) 180° संचालन Mode
(2) 120° संचालन Mode

इन दोनों ही mode में output voltage wave 60° के अन्तराल पर fire या triggering किया जाता है। (NOTE) — यहां 3ϕ Balance star connected load है।

(1) 180° operation mode of 3ϕ inverter

यहां phase voltage → V_{ao}, V_{bo}, V_{co}

line voltage →
$V_{ab} = V_{ao} - V_{bo}$
$V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$
$V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$

(1) step ① $0-60°$ — T_5, T_6, T_1 (ON) $V_{ao} = V_{co} = V_s/3$, $V_{bo} = -2V_s/3$

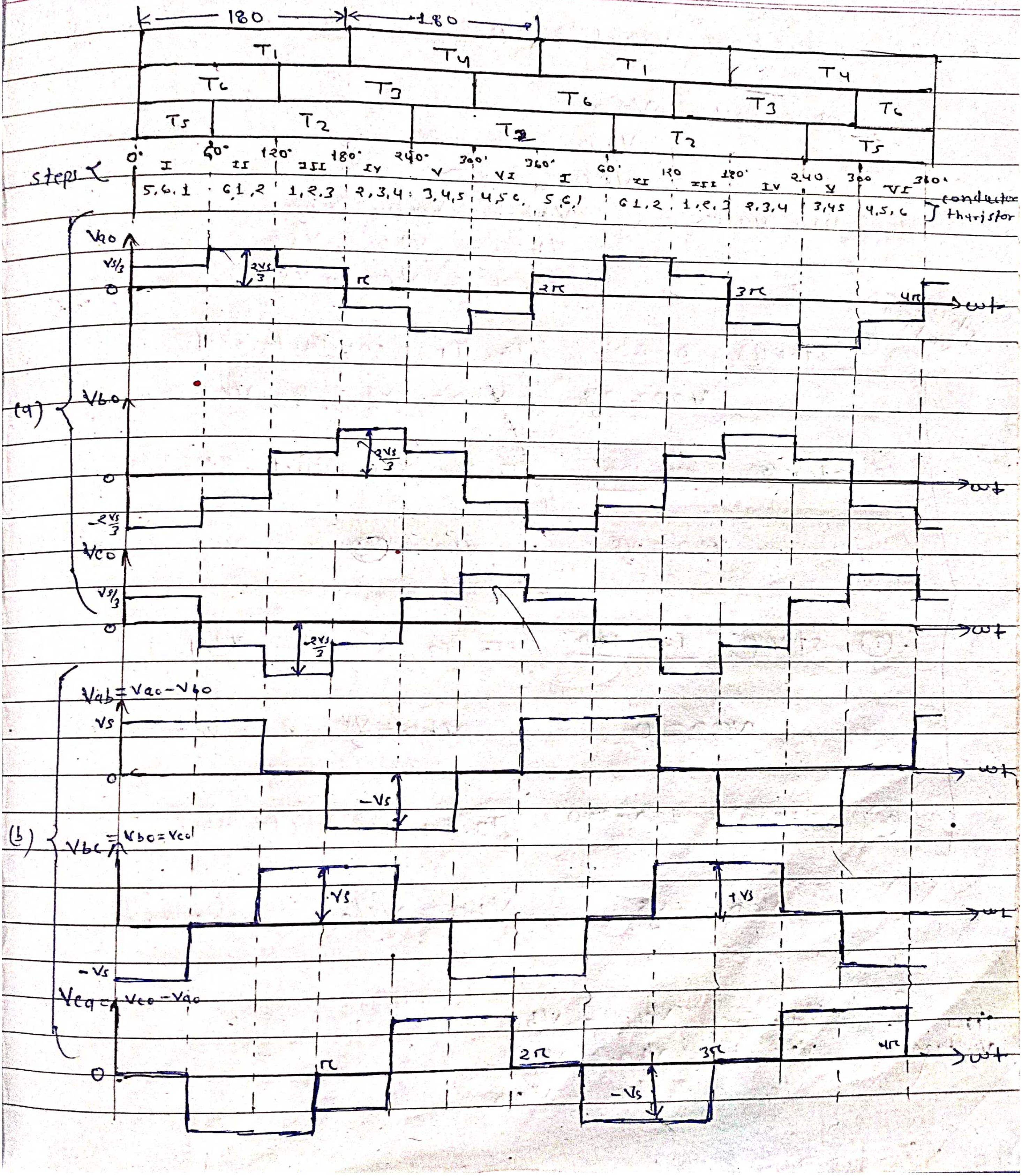
step ② $60-120°$ — T_6, T_1, T_2 (ON) $V_{ao} = \frac{2V_s}{3}$, $V_{bo} = V_{co} = -V_s/3$

step ③ $120-180°$ — T_1, T_2, T_3 (ON) $V_{ao} = V_{bo} = V_s/3$, $V_{co} = -2V_s/3$

step ④ $180-240$ — T_2, T_3, T_4 (ON) $V_{bo} = 2V_s/3$, $V_{ao} = V_{co} = -V_s/3$

step ⑤ $240-300$ — T_3, T_4, T_5 (ON)

step ⑥ $300-360$ — T_4, T_5, T_6 (ON)


180
180
T1
T4
T1
T4
T6
T3
T6
T3
T6
T5
T2
T5
T2
T5
0°
60°
120°
180°
240°
300°
360°
60°
120
180°
240
300
360°
steps
I
II
III
IV
V
VI
I
II
III
IV
V
VI
5,6,1
6,1,2
1,2,3
2,3,4
3,4,5
4,5,6
5,6,1
6,1,2
1,2,3
2,3,4
3,4,5
4,5,6
conducting thyristor
(a)
Vao
Vs/3
2Vs/3
0
π
2π
3π
4π
ωt
Vbo
2Vs/3
0
-2Vs/3
ωt
Vco
Vs/3
0
-2Vs/3
ωt
Vab = Vao - Vbo
Vs
0
-Vs
ωt
(b)
Vbc = Vbo - Vco
Vs
-Vs
+Vs
ωt
Vca = Vco - Vao
0
π
2π
3π
4π
-Vs
ωt

④ 120° operation mode of 3φ inverter.

यहाँ
phase voltage ⇒ V_{ao}
V_{bo}
V_{co}

line voltage ⇒ $V_{ab} = V_{ao} - V_{bo}$
$V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$
$V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$

phase voltage

① step ① 0–60° T_6, T_1 = conduct करेंगे

$V_{ao} = \frac{V_s}{2}$ $V_{bo} = -\frac{V_s}{2}$ & $V_c = 0$

② step ② 60–120° T_1, T_2 = conduct करेंगे।

$V_{ao} = \frac{V_s}{2}$ $V_{bo} = 0$ & $V_{co} = -\frac{V_s}{2}$.

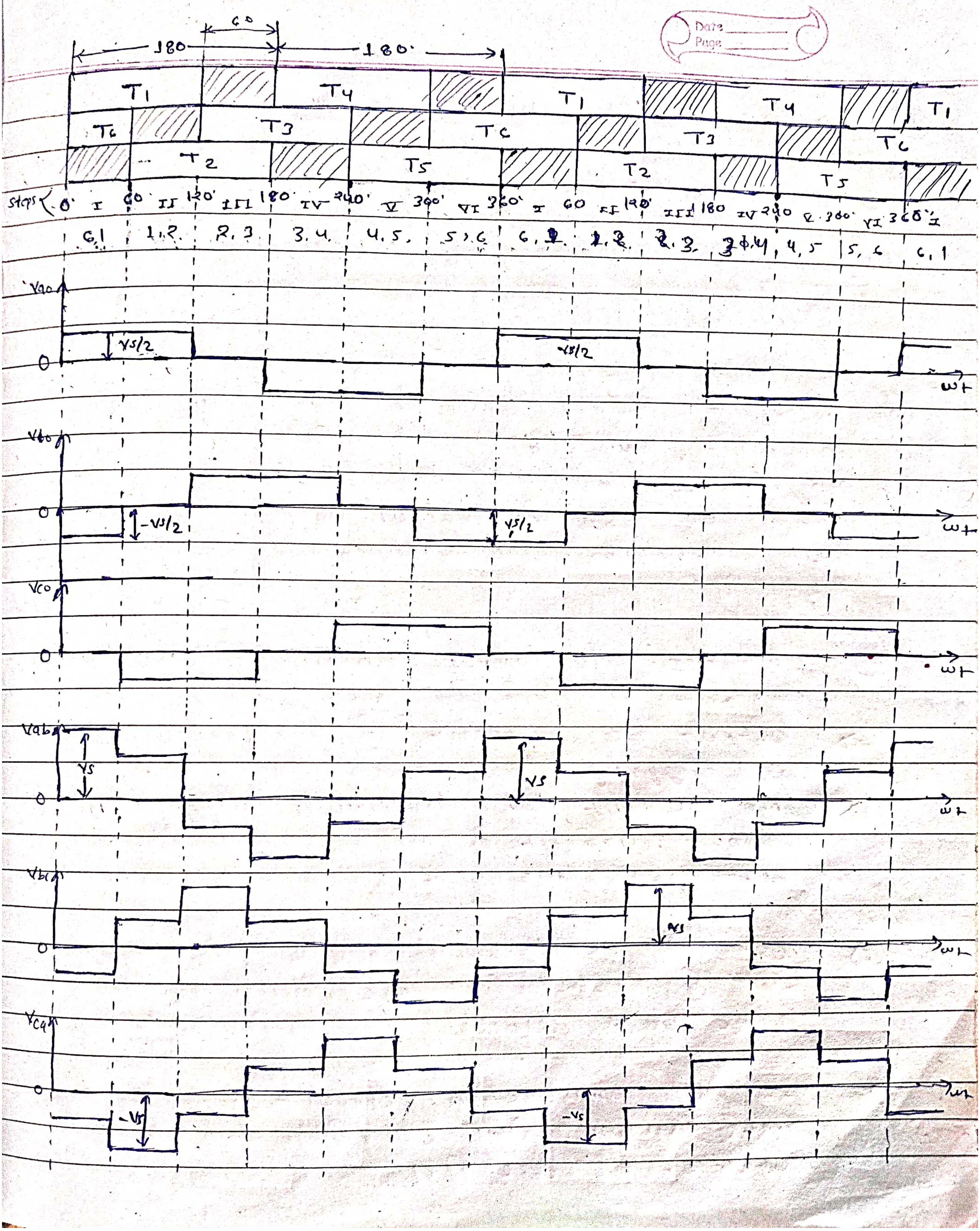
③ step ③. 120–180. T_2, T_3 conduct करेंगे।

$V_{ao} = 0$ $V_{bo} = \frac{V_s}{2}$ & $V_{co} = -\frac{V_s}{2}$

④ step ④. 180–240° T_3, T_4 conduct करेंगे

$V_{ao} = -\frac{V_s}{2}$ $V_{bo} = V_s/2$ $V_{co} = 0$

line volts
$V_{ab} = V_{ao} - V_{bo}$
$V_{bc} = V_{bo} - V_{co}$
$V_{ca} = V_{co} - V_{ao}$



60
180
180
Date
Page
T1
T4
T1
T4
T1
T6
T3
T6
T3
T6
T2
T5
T2
T5
steps
0°
60
120°
180
240°
300°
360°
6,1
1,2
2,3
3,4
4,5
5,6
Vao
Vs/2
0
ωt
Vbo
-Vs/2
Vs/2
Vco
Vab
Vs
Vbc
Vca
-Vs

current source inverter (CSI).

(1) voltage source inverter में input voltage constant था तथा output voltage का परिमाण load पर निर्भर नही करता था। किन्तु load current का wave form तथा परिमाण load impedence (R, RL, RLC). पर निर्भर करता था।

(2) current source inverter में input current constant होता है तथा output current का magnitude load पर depend नहीं करता था किन्तु अब CSI में output voltage का magnitude तथा waveform load impedence पर निर्भर करता है।

- एक CSI dc input current को AC output current में परिवर्तन करता है।

⇒ output AC current की frequency SCR के triggering पर निर्भर करता है।

⇒ o/p AC current की implitude का मान DC input current के मान को परिवर्तित करके बदला जा सकता है

⇒ CSI में feed back diode की आवश्यकता नहीं होती. जब कि voltage source inverter में feed back diode का प्रयोग होता है।

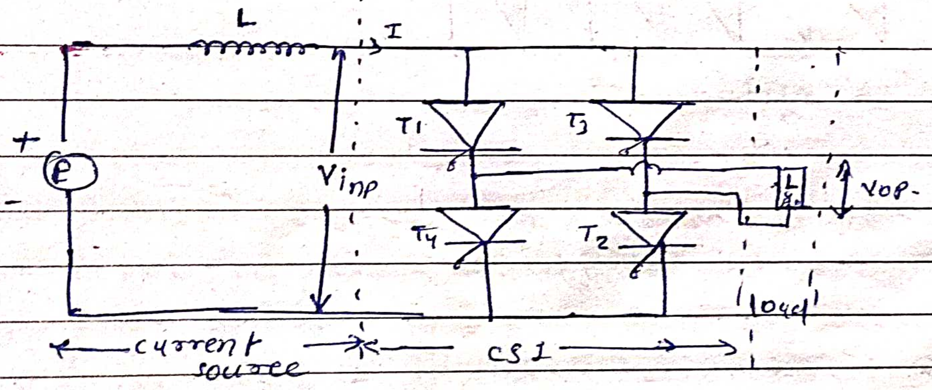
⇒ CSI का commutation circuit VSI की अपेक्षा आसान (simple) होता है क्योंकि इसमें (CSI) सिर्फ capacitor का use होता है

=> CSI मे power transistor. power mosfet तथा GTO इत्यादि devices का प्रयोग नहीं किया जा सकता।

Application of CSI (inverter)

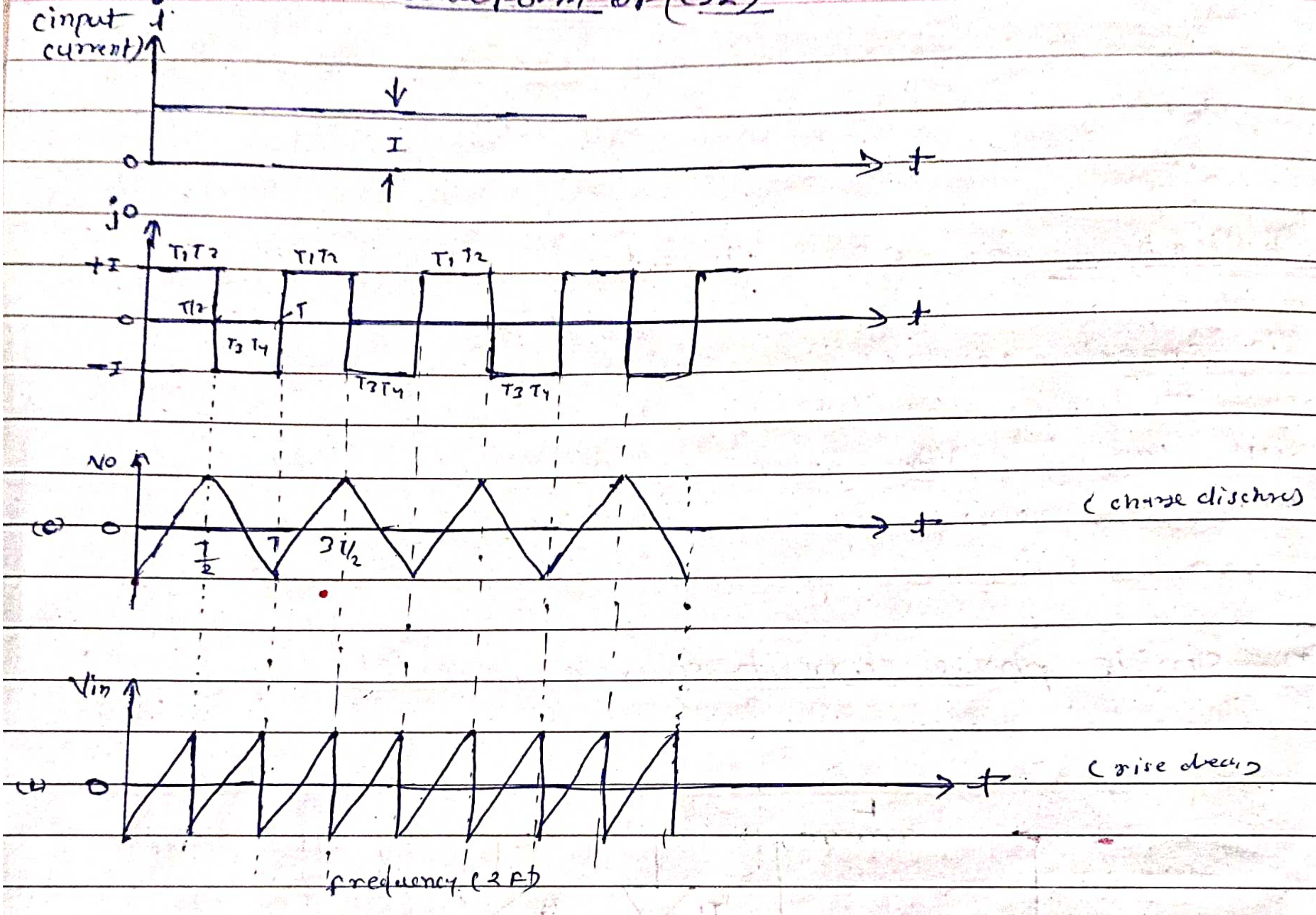
(i) speed control of ac. motor.
(ii) Induction heating.
(iii) lagging VAr (power) compensation
(iv) synchronous motor starting.

(*) single phase current source inverter



single phase CSI का circuit diagram दिखाया गया है इसमें चार thyristor का प्रयोग किया गया है load voltage V_0 तथा load current के I_0 के positive direction को चित्र में दिखाया गया है।

waveform of (CSI)



→ voltage source E large inductor L के series combination से current source प्राप्त हो रहा है। wave form में input dc current (constant dc current) को wave form में दिखाया गया है।

Working ① जब thyristor T_1 और T_2 ON होता है तब load current i_o possitive होता है। (जिसका मान +I है।)

② तथा जब thyristor T_3 और T_4 ON होता है load current i_o negetive होता है जिसका मान −I प्राप्त होता है।

output current i_0 के frequency को thyristor T_1, T_2, T_3, T_4, के triggering को परिवर्तित करके परिवर्तित किया जा सकता है।

इस प्रकार प्राप्त output AC current (I.) square wave के रूप में प्राप्त होता है।

यहां load को capacitive (c) load माना गया है अतः output current i_0 का मान होगा

$$i_0 = C\frac{dV_0}{dt}$$

उपरोक्त wave form में दिखाये गये wave form के अनुसार V input की frequency Vo output की frequency से दोगुनी होती है।

$$(in) V_P = 2V(V_0)f$$

CSI में load या force commutation का प्रयोग किया जाता है।
चित्र में force commutation का प्रयोग किया गया है।

(A) Cycloconverter.

Cycloconverter एक semiconductor device है जिसकी सहायता से input power की frequency को परिवर्तित कर output में different frequency प्राप्त की जा सकती है।

इस प्रकार cycloconverter one stage frequency changer होता है।

Cycloconverter दो प्रकार के होते हैं—

① step down cycloconverter $F_o < F_i$
② step up cyclo converter. $F_o > F_i$

यहां F_o = output frequency
तथा F_i = input frequency

History. step down cycloconverter को सबसे पहले 1930. में इसके सिद्धांत को समझाया गया था उस समय Mercury arc rectifier का प्रयोग करके three phase 50 Hz supply को 1 Φ $16\frac{2}{3}$ Hz पर परिवर्तित किया गया था जिसका प्रयोग जर्मनी में AC traction (railway) system में किया गया था।

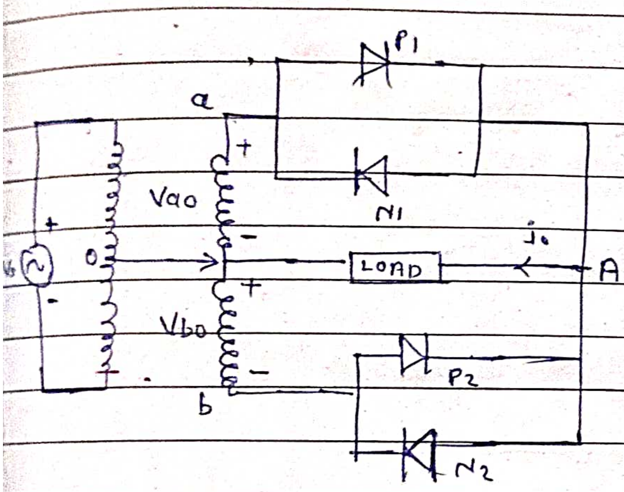
⇒ यदि 1 Φ series motor को low frequency में operate कराने पर यह batter operating characteristics दिखाता है।

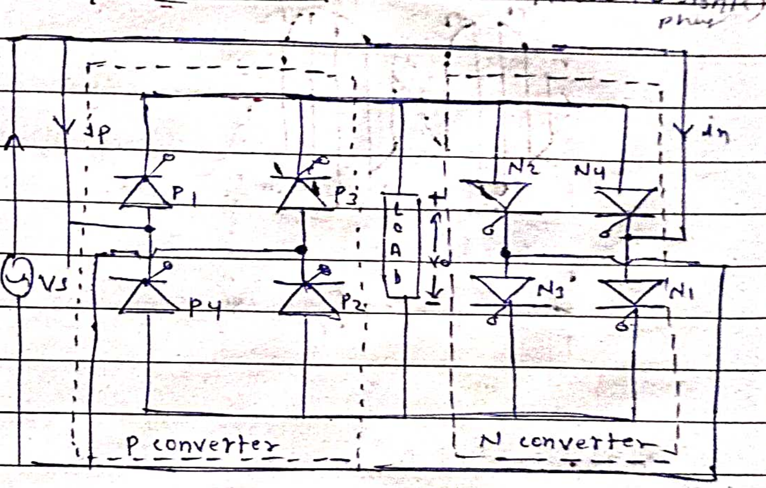
(A) Application of cycloconverter

① Speed control of high power of AC device
② Induction heating.

(3) static VAr compensation.
(4) For converting variable speed alternator voltage to constant frequency output voltage for use as power supply in air craft and ship boards.

(*) Working principle of cycloconverter (single phase to single phase)





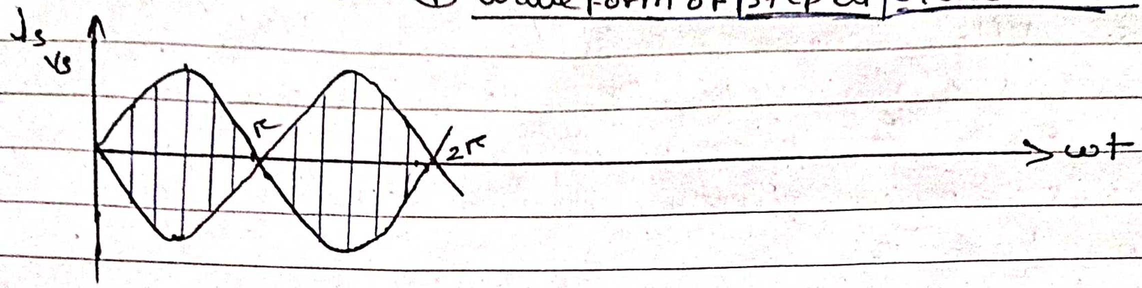
(a) Mid-point type (b) Bridge type

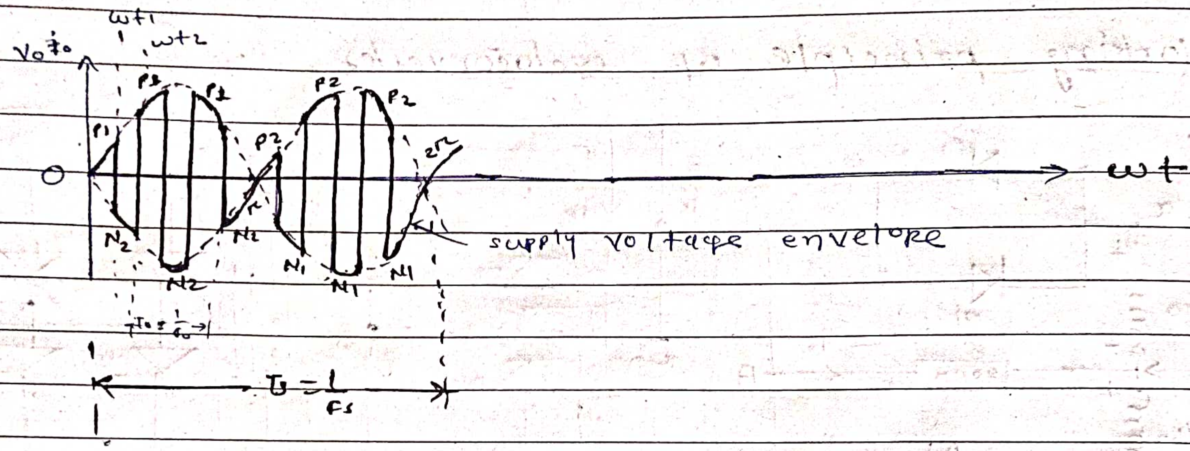
Working (Mid point type)

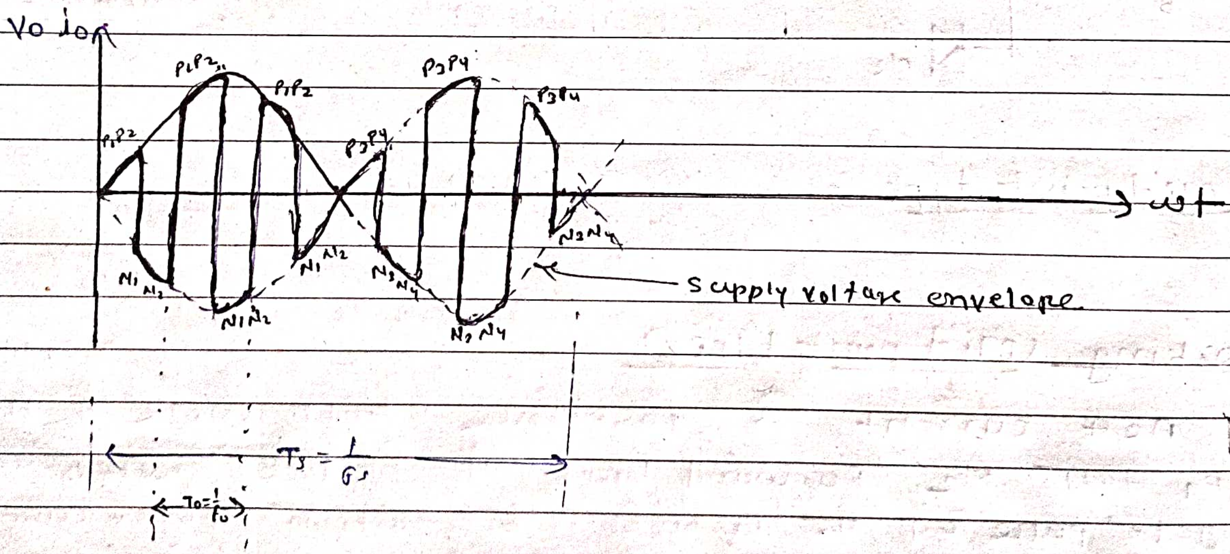
(1) AC current के possitive half cycle में thyristor P_1 तथा N_2 forward bias में होता है, $\omega t = 0$ पर gate pulse देने पर P_1 on होता है, $\omega t = \pi$ पर force commutation द्वारा off करते है उसी समय N_2 को gate pulse देकर on करते है।

(2) AC current के Negative half cycle में thyristor P_2 तथा N_1 forward bias में होता है।
π पर P_2 को gate pulse देकर on करते है तथा P_2 को off करते है उसी समय N_1 को gate pulse देकर on करते यही प्रक्रिया बारी-बारी से चलते रहते।

① waveform of step up cycloconverter

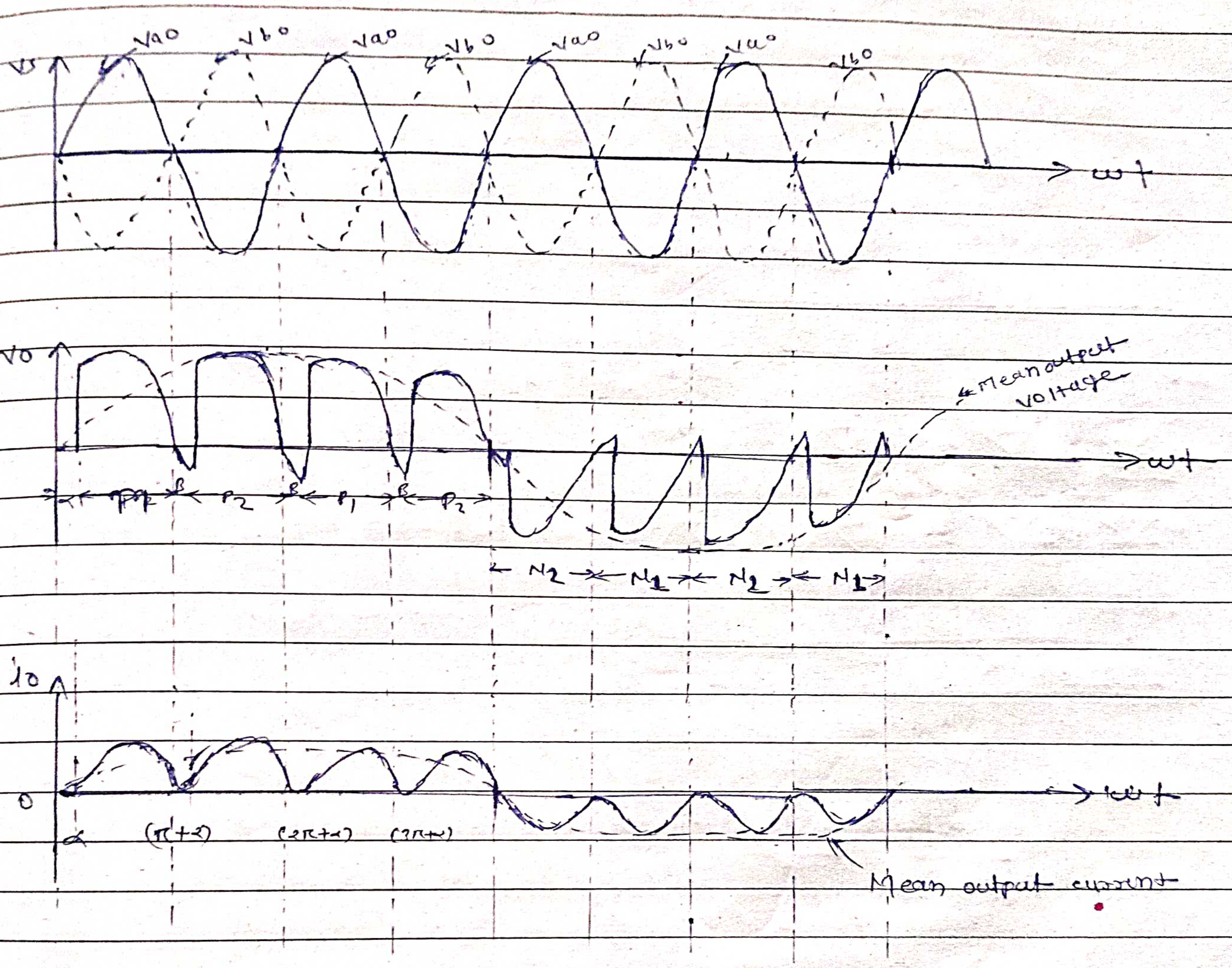






② Step down cycloconverter

Waveform



UNIT- 5

AC voltag controller-

Defination - AC voltage controller एक semiconductor आधारित circuit है जो fixed Alternating voltage को directly variable alternating voltage में convert करता है

इस प्रक्रिया में frequency में कोई परिवर्तन नहीं होता।

Application - ① Transformer tap changing
② lighting control
③ speed control of 1-ф & 3-ф AC motor.
④ starting of induction motor.

वर्तमान में thyristor तथा triac का प्रयोग करके AC voltage controller का निर्माण किया जाता है इसके निम्न लिखित Advantage है -

① high efficiency
② flexibility control
③ compect size
④ less maintenance.

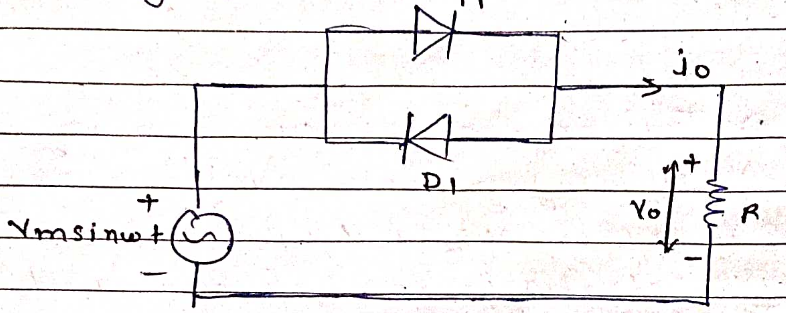
Disadvantage -

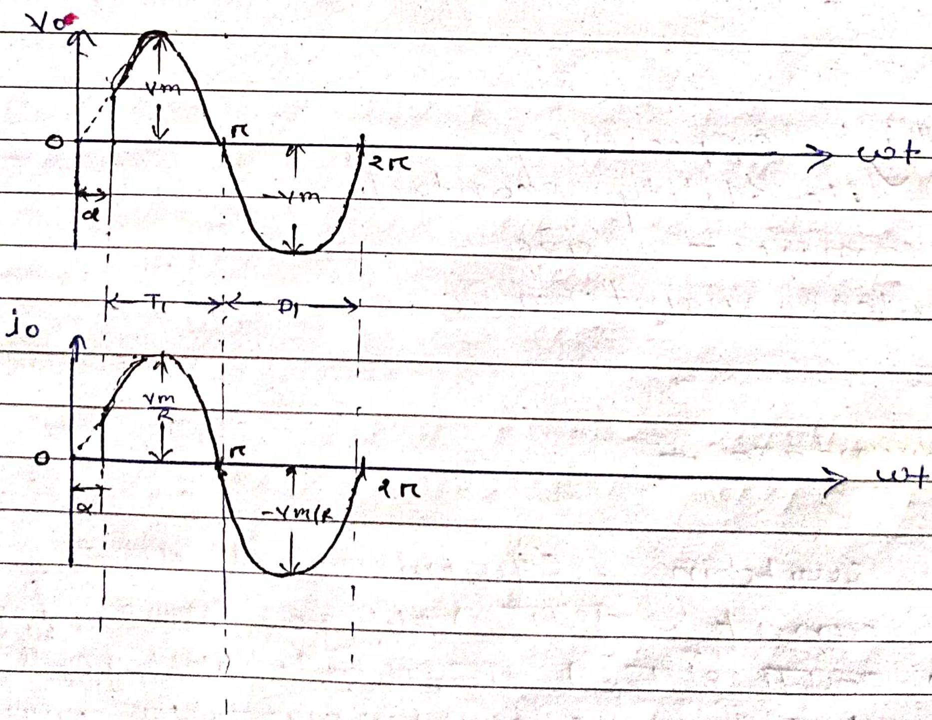
① switching equipment के कारण supply current तथा voltage wave form में harmonic (unwanted wave form) उत्पन्न होता है। यह output voltage के level को disturbed करता है जिससे इसके द्वारा connected load प्रभावित होता है।

* Types of AC voltage controller.
    1. single phase half wave AC voltage controller
    2. single phase full wave AC voltage controller

(1) single phase half wave AC voltage controller:-

⇒ circuit diagram





=> Average value of output is given

$$V_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{2\pi} V_m \sin\omega t \, d(\omega t)$$

$$(Avg)\ V_0 = \frac{V_m}{2\pi}(\cos\alpha - 1)$$

=> R.M.S value of output voltage is given.

$$V_0 = \left[\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{2\pi} V_m^2 \sin\omega t \, d(\omega t)\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}\int_{\alpha}^{2\pi} 1 - (\cos 2\omega t) \, d(\omega t)\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}\int_{\alpha}^{2\pi} 1 - \int \cos 2\omega t \, d(\omega t)\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}(\omega t)_{\alpha}^{2\pi} - \left[\frac{\sin 2\omega t}{2}\right]_{\alpha}^{2\pi}\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}(2\pi - \alpha) - \left[\frac{\sin 2\pi}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right]\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}(2\pi - \alpha) - \left[0 - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)\right]^{1/2}$$

$$V_0 = \left[\frac{V_m^2}{4\pi}(2\pi - \alpha) + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right]^{1/2}$$

$$(rms)\ V_0 = \frac{V_m}{2\pi}\sqrt{(2\pi - \alpha) + \frac{1}{2}\sin 2\alpha}$$

construction. —

चित्र में 1-ϕ half wave AC voltage controller का power circuit diagram [Fig(1)] तथा voltage और current wave form Fig(2) दिखाया गया है power circuit diagram में एक thyristor एक diode Antiparallel connect किया गया है अतः इस प्रकार के circuit configuration को single phase half wave voltage controller कहा जाता है।

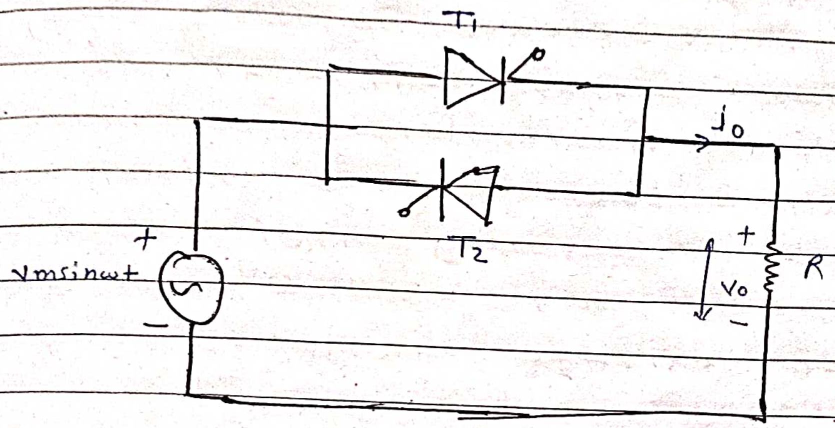
Working ⇒

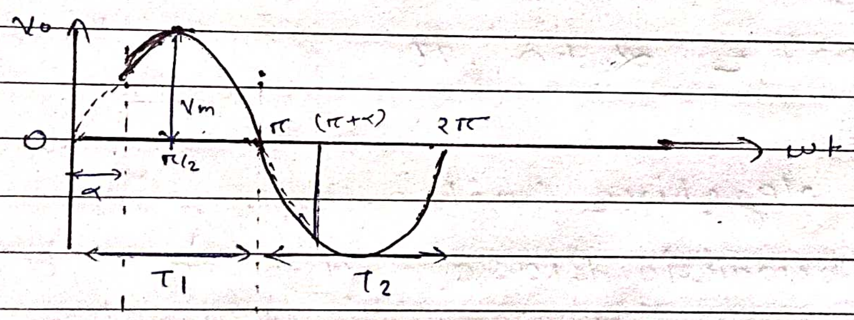
input AC supply के possitive half cycle में thyristor T_1 forward bias में होता है अतः इसे firing angle (α) के द्वारा on किया जाता है। load voltage का मान $V_0 = V_m \sin\alpha$ तथा load current का मान $\frac{V_m \sin\alpha}{R}$ होता है।

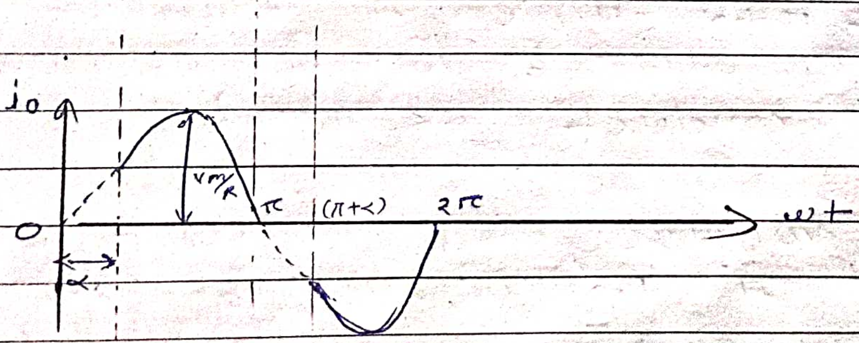
Resistance R load के लिए thyristor $\omega t = \pi$ में turn on हो जाता है। $\omega t = \pi$ के पश्चात Diode D1 Negative half cycle में Diode D_1 forward Bias होता है अतः D_1 conduct करता है तब $\omega t = \pi$ to 2π

अतः इसे single phase unidirectional voltage controller कहा जाता है।

(*) single phase full wave a.c voltage controller







Construction. —

चित्र में AC का Power circuit diagram तथा voltage एवं current wave form दिखाया गया है। इसमें दो thyristor T_1 तथा T_2 को Antiparallel में connect किया गया है। इसमें output voltage तथा current को दोनों cycle में firing angle α के द्वारा control किया जा रहा है अतः इसे full wave AC voltage controller कहा जाता है।

Working — possitive half cycle में Thyristor T_1 forward Bias में होता है इसे firing angle α के द्वारा on किया जाता है। जिससे यह $\omega t = \alpha$ to π conduct होता है।

Negetive half cycle में thyristor T_2 forward Biase में होता है अतः $\omega t = \pi + \alpha$ angle में thyristor T_2 को on किया जाता है जिससे यह $\omega t = \pi + \alpha$ to 2π तक conduct करता है।

voltage तथा current wave form को चित्र में दिखाया गया है। इसे single phase Bi directional voltage controller भी कहा जाता है।

इसका Average मान 0 होता है।

$$(\text{Aver})\ V_0 = 0$$

→ RMS Value of output voltage.

$$V_o = \left[\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \sin^2 d\omega t\right]^{1/2}$$

$$(RMS)\, V_o = \left[\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \frac{(1-\cos 2\omega t)}{2} .d\omega t\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{V_m^2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} \left(1-\frac{\cos 2\omega t}{2}\right) .d\omega t\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{V_m^2}{2\pi}\left(\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2}\right)_{\alpha}^{\pi}\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{V_m^2}{2\pi}\left(\pi - 0 - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{V_m^2}{2\pi}\left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)\right]^{1/2}$$

$$V_{o(rms)} = \left[\frac{V_m^2}{2\pi}\left((\pi-\alpha) + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right)\right]^{1/2}$$

Imp***

(*) UPS (Uninteraptiable power supplies)

यह एक electronic device है जिसका use Temparary power failure में किया जाता है।

बहुत सारे Application जैसे computers, process control in chemical plant, General communication system, hospital intensive care unit (ICU), Banking इत्यादि हेतु के लिए निरन्तर विद्युत सप्लाई के लिए UPS का use करते हैं

इन स्थानों पर electric supply में रुकावट होने पर आर्थिक तथा भौतिक क्षति होता है। इस प्रकार UPS power outage के condition में continous supply को temparaly maintane करता है।

वर्तमान power electronic devices (SCR, MOSFET, IGBT, BJT) के प्रयोग होने से UPS कुछ (कम) KVA Ratting में ही उपलब्ध है

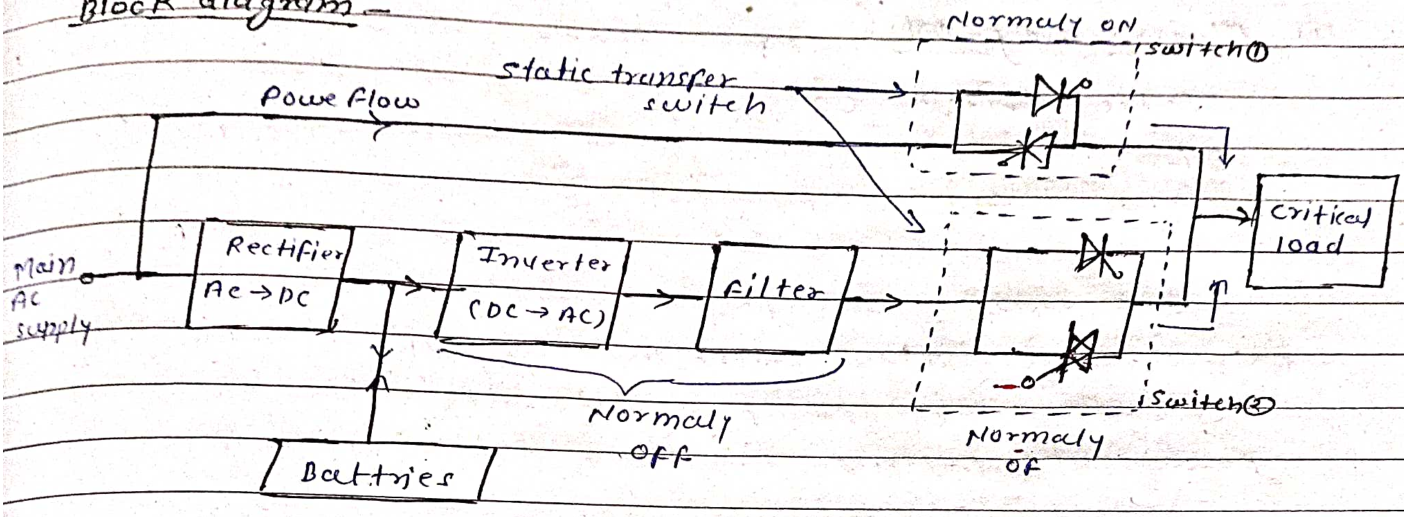
static UPS का प्रयोग करने से बिजली की खपत कम तथा efficiency अधिक होती है।

Types of Ups –

1. Short Break UPS (Off line UPS)
2. NO Break Ups (on-line UPS)

(1) Short Break UPS : (4-5 मिली second) operating time

Block diagram –



Construction –

(i) Main supply → load को चलाने के लिए दिये जाता वाला supply main AC supply होता है।

(ii) Rectifier: यह ऐसा electronic device है जो AC को DC में convert करता है।

(iii) Inverter: – यह ऐसा electronic device होता है जो Battery से प्राप्त D को AC में convert करता है।

(iv) Filter – यह ऐसा electronic device है जो pulsating AC को sinosiduel AC में convert करता है।
यह

(v) Static transfer switch – यह एक power electronic में use होने वाला static transfer switch है।

Working. short Break Ups के working को दो भागों में बांटा जा सकता है

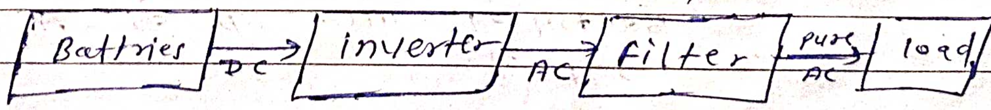
① **Main supply ON** :(Main supply जब ON होता है तब static switch ON होता है तथा Static switch OFF होता है। तथा इस time inverter एवं Filter भी OFF होता है।

इस समय AC power supply static switch ① ON होने के कारण direct ही load में जाता है। इस time Rectifier द्वारा AC को DC कर supply power को Battries में store कर लिया जाता है।

② **Main supply OFF (power outage condition)**

जब Main supply OFF होता है अर्थात् Power outage की condition में static switch ① OFF होता है तथा switch② एवं inverter और Filter on होता है।

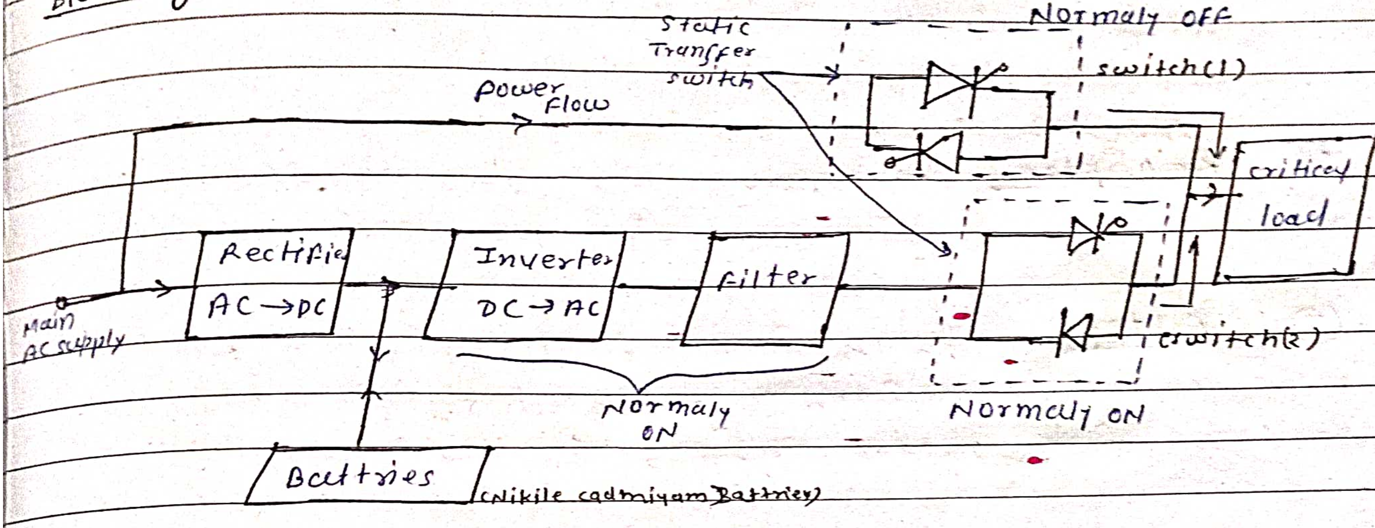
इस समय Battries में store dc supply को inverter द्वारा AC में बदला जाता है तथा Filter द्वारा sinoud rudal AC प्राप्त कर उसे load में भेज दिया जाता है।



इस प्रकार outage condition में load को पुन: supply देने में 4-5 mili second का समय लगता है इसलिए इसे short Break UPS कहा जाता है।

② NO Break UPS (online ups)

Block diagram.



construction.

① Main supply — load को चलाने के लिए जाने वाला supply है।

② Rectifier:- Rectifier ऐसा power electronic device है जो AC को DC में convert करने का काम करता है।

③ Battries. :- UPS में प्रयोग होने वाला Battry Nikil caddmiyam (Ni-cd) Battri या lead acid type Battries use करते हैं।

(Ni-cd) के फायदे हैं - ① इसका electrolight Non corrosion होता है। (जंग रोधक)
② जब इसे charge किया जाता है तब जल्दी (विस्फोटक) गैस का निर्माण नहीं होता

(3) इस प्रकार के Battry over charging या discharging से damage (खराब) नहीं होता अतः इसकी life अधिक होती है।

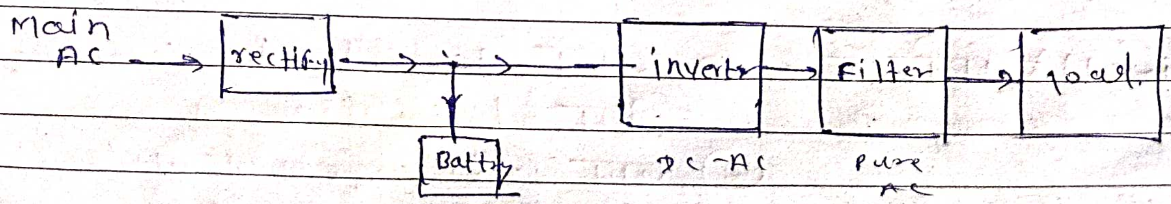
(4) ~~Rectifier~~ Inverter: rectifier ऐसा power electronic device है जो DC को AC करने का कार्य करता है

(5) Filter: Filter ऐसा device है जो AC supply में उपस्थित unwated signal (harmonics) को filter करने का काम करता है।

Working ⇒ NO Break Ups के working को तीन भागों में बांटा जा सकता है -

① Main supply ON → जब main supply ON होता है तो static switch(1) OFF होता है तथा static switch(2) एवं inverter filter arregement भी ON होता है

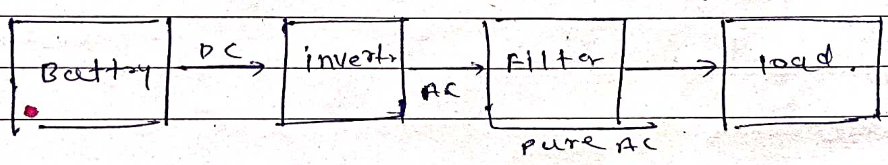
तब Main supply AC पहले Rectify होता है AC → DC फिर इसे Battry द्वारा store कर लिया जाता है उसके पश्चात इस DC supply को फिर से inverter द्वारा AC में बदला जाता है और Filtration के पश्चात Pure AC load में चला जाता है।



(2) Main supply off (power outage condition)

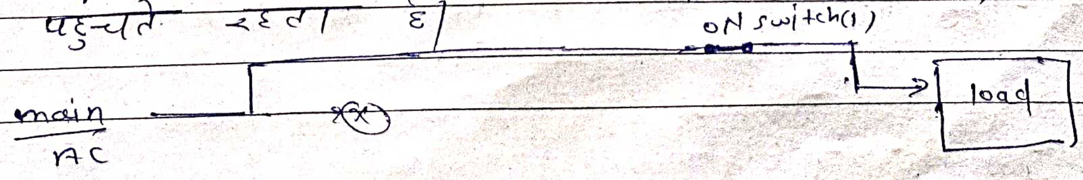
जब Main supply off हो जाता है तब भी static switch (1) off होता है तथा static switch (2) ON होता है एवं inverter तथा filter भी ON होता है।

इस समय main supply न आने पर भी Battery द्वारा store dc supply को पहले inverter द्वारा dc से AC में बदला जाता है एवं filter कर pure AC को load में भेज दिया जाता है। इस प्रकार supply off होने के बावजूद भी Battery द्वारा continously supply दिया जाता है इसलिए इसे No Break UPS कहा जाता है।



(3) inverter तथा Filter Arregment के damage अर्थात् खराब होने की स्थिति में

जब Main supply ON हो तथा inverter एवं Filter ~~Battry~~ भी कार्य न करे तो इस समय static switch (1) ON होता है इसलिए AC supply static switch से ON होने के कारण direct load से चला जाता है।
और load में continously AC supply पहुंचते रहता है।



Date
Page

(A) **SMPS** – एक switch mode power supply या SMPS एक power supply circuit है जो switching equipment को प्रयोग करके मुख्य power को परिवर्तित करता है जो high frequency पर ON तथा OFF होता है। और load के लिए कुशलता पूर्वक power supply करने के लिए inductance या capacitor जैसे storage component का उपयोग करते है।

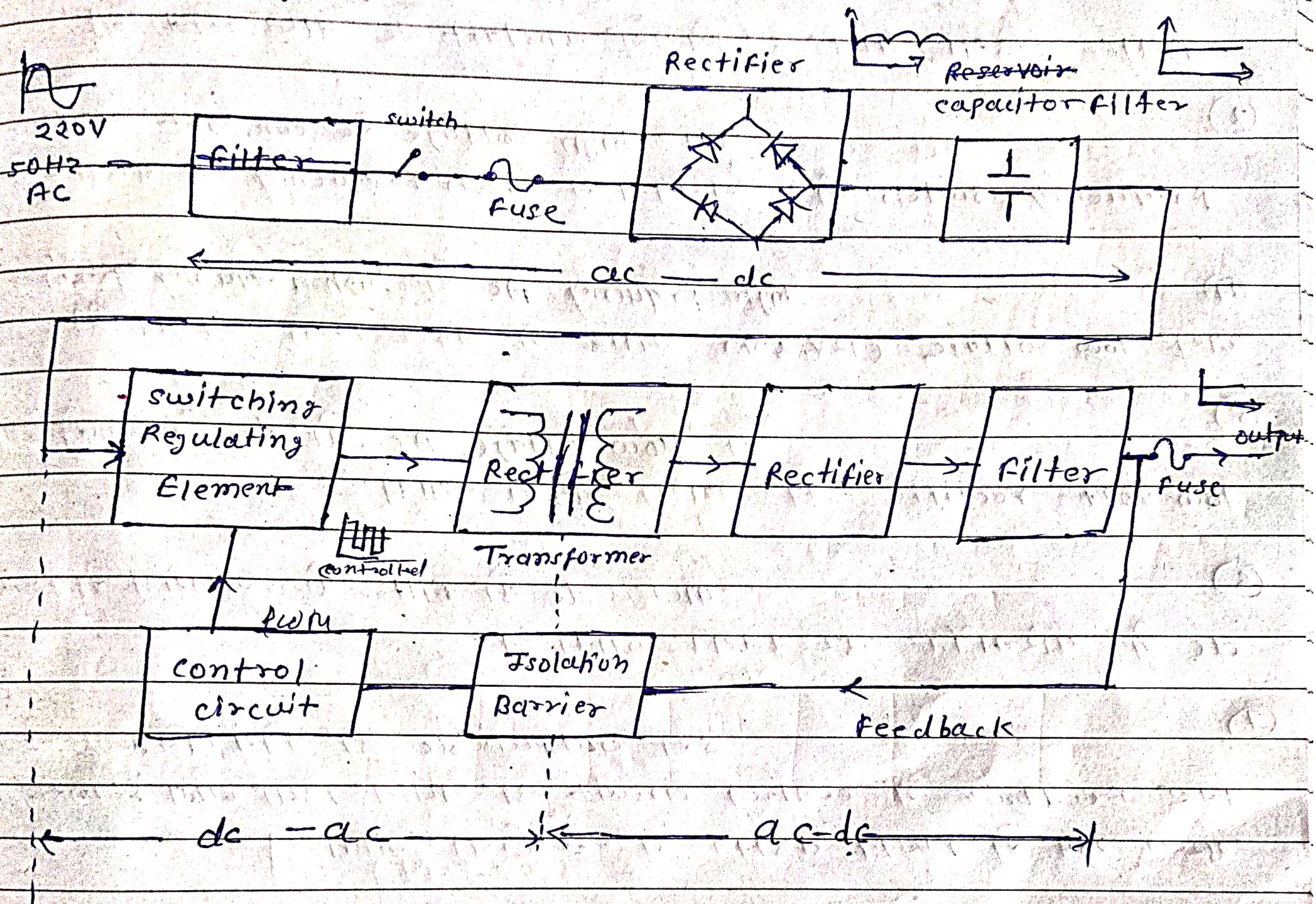
SMPS का उपयोग क्यों किया जाता है –

(1) पहले के linear regulator circuit में constant voltage को Resistance को परिवर्तित करके किया जाता था यह बहुत कठिन होता था तथा fast operating नहीं था इसकी overall efficiency कम होने के कारण आधुनिक fast equipment जैसे computer तथा अन्य electronic devices में इनका प्रयोग नहीं किया जा सकता अतः इन regulators के स्थान पर SMPS का प्रयोग किया जाता है जिसमें high frequency switch (Transistor, SCR) की सहायता से duty cycle को परिवर्तित करके output voltage को नियंत्रित किया जाता है।

Advantage of SMPS –
(1) low weight & smaller size
(compact size)
(2) highier efficiency
(3) wider AC input voltage range
(4) reduced cost

Disadvantage –
(1) circuit complexity.
(2) regulation

Block diagram:



WORKING:— उपरोक्त Block diagram SMPS के नि. लि. भाग है:-

1. input rectifier circuit (High voltage rectifier)
2. DC Filiter circuit (High voltage कैपिसिटर)
3. High Frequency power semiconductor switch
4. step down transformer
5. low voltage rectifier circuit
6. low voltage DC filter circuit
7. control circuit

(9) Isolation circuit

(1) पहला Block input high (230) voltage ac को rectifier की सहायता से high v dc में बदल लिया जाता है।

(2) इस unfilter dc को filter की सहायता से filter किया जाता है जिससे constant dc प्राप्त होता है।

(3) इस high voltage dc constant को high frequency switch की सहायता से high frequency में परिवर्तित किया

(4) high frequency Ac को high frequency stepdown Transfor के द्वारा low voltage (12V, 5V) आदि में बदल दिया जाता है।

(5) इस low voltage Ac को dc में बदलने के लिए low volt rectifier का प्रयोग किया जाता है

(6) प्राप्त dc को filter की सहायता से pure dc में परिवर्तित कर लिया जाता है।

(7) इस output dc को नियंत्रित करने के लिए feedback में control circuit का प्रयोग किया जाता है जिसमें मुख्य रूप से PWM तकनीक का use किया जाता है।

<u>Application</u> - SMPS को तीन mode में use किया जाता है -

(1) stepdown mode (2) step up mode (3) inverter mode

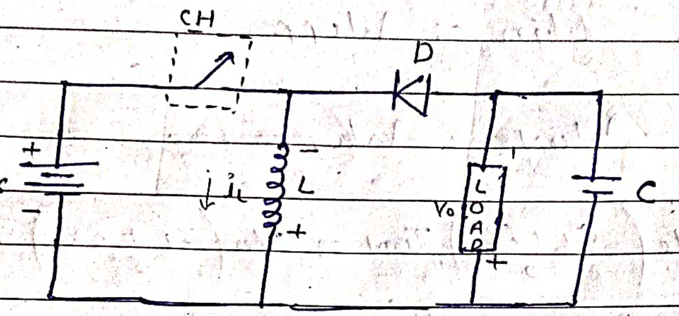
(1) <u>stepdown mode</u> - generation of high volt supply from 12V Batt.

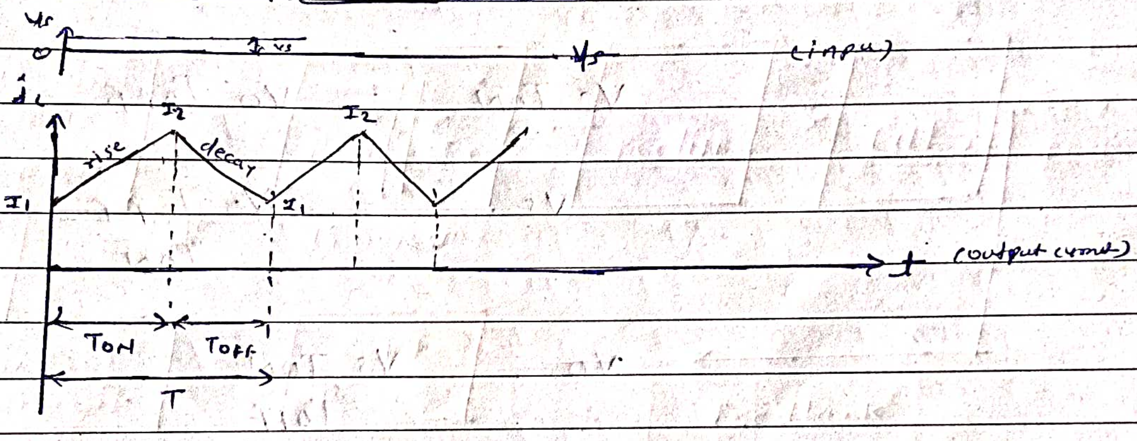
(2) <u>step up mode</u>. - generation of 25 volt from 5V supply in EPROM supply

(3) <u>inverted mode</u> - generation of double inded supply from single ended supply for operational amplifier

(A) Step up/step down chopper. [Buck Boost converter]

→ circuit diagram





→ current wave form

Energy stored in inductor during Ton.

$$W_{ON} = V_s\left(\frac{I_1+I_2}{2}\right)T_{ON}$$

Energy stored by inductor during Toff

$$W_{OFF} = V_0\left(\frac{I_1+I_2}{2}\right)T_{OFF}$$

$T_{ON} + T_{OFF} = T$

$T_{OFF} = T - T_{ON}$

according to energy conversion conservation if system is loss less then,

$$W_{in} = W_{OFF}$$

या

$$W_{ON} = W_{OFF}$$

$$V_s\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) T_{ON} = V_o\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) T_{OFF}$$

$$V_s T_{ON} = V_o T_{OFF}$$

$$V_s = \frac{V_o T_{OFF}}{T_{ON}}$$

$$V_o = \frac{V_s T_{ON}}{T_{OFF}}$$

$$V_o = \frac{V_s T_{ON}}{(T - T_{ON})}$$

$$V_o = \frac{\frac{V_s T_{ON}}{T}}{\frac{T}{T} - \frac{T_{ON}}{T}}$$

(अंश हर में दोनों पक्षों T का भाग)

$$\boxed{V_o = \frac{V_s \alpha}{1 - \alpha}}$$

① जब $\alpha = 0.5$ तब

$$V_0 = 1 V_s$$

② जब $\alpha = 0.4$

$$V_0 = 0.66 V_s$$ (step down) condition

③ जब $\alpha = 0.6$

$$V_0 = 1.5 V_s$$ (step up) condition.

construction -

~~working~~ :- चित्र में step up step down chopper का circuit diagram तथा inductor current का wave form बनाया गया है। इसमें

V_s = input dc voltage source
CH = chopper switch
L = inductor
D = diode
C = capacitor
तथा V_0 = output voltage across load.

working. ① इस प्रकार के chopper में inductor L energy को क्रमशः store तथा release करता है तथा capacitor C load voltage को constant रखता है। चित्र में load voltage की polarity को source voltage की polarity से विपरित दिखाया गया है जब chopper CH on होता है तब current का direction

$V_s \longrightarrow CH \longrightarrow L \longrightarrow V_s$ होती है।

इस T_{ON} Periode में inductor current I_1 से I_2 तक राइज होता है। तथा condition T_1 Periode में inductor द्वारा store energy

$$W_{ON} = V_s \left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) T_{ON}$$

(2) जब chopper CH Turn off होता है तो inductor current I_2 से I_1 decress होता तथा inductor voltage की Polarity change हो जाता है जिससे Diode D Forward Bias हो जाता है तथा प्रारंभ inductor द्वारा store energy load तथा Diode से होते हुए Discharge (release) हो जाता है अतः T_{OFF} समय में inductor द्वारा release energy

$$W_{OFF} = V_0 \left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) T_{OFF}$$