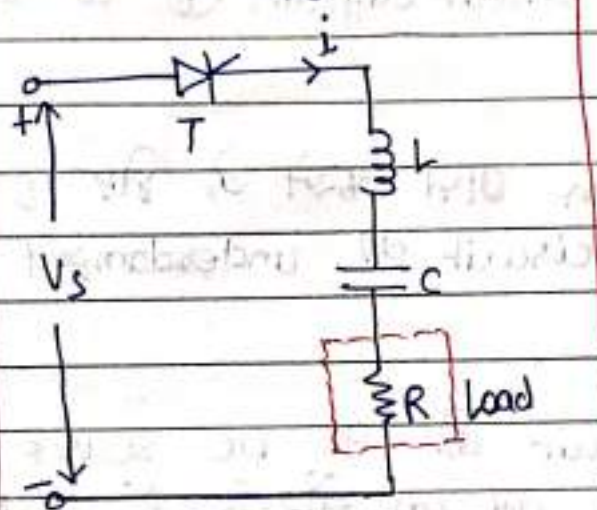
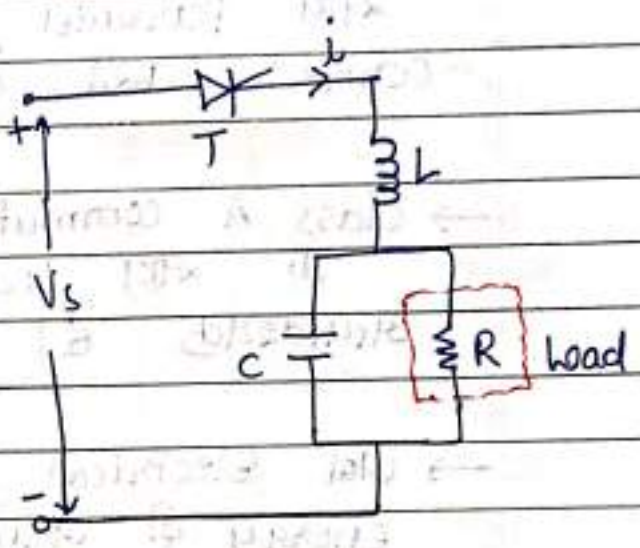
Thyristor Commutation Technique

Que Discuss with Relevant waveforms, class A type of commutation employed for thyristors.

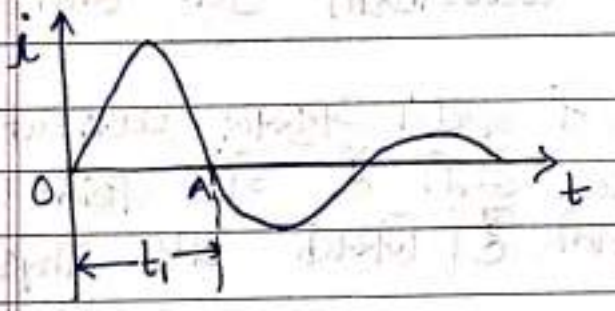
Ans-

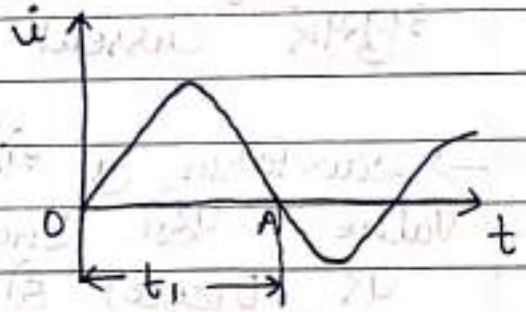
Circuit diagram- Class A type commutation





Waveforms-





(a) Series capacitor

(b) Shunt capacitor

Discussion-

→ Thyristor में Class A type commutation प्राप्त करने के लिए Load R के साथ Commutative element L और C को दिखाये गये Circuit diagram के अनुसार connect करते हैं।

→ High loads & Low value of R_L के लिए, L और C को circuit diagram (a) के अनुसार connect करते हैं।

→ Low loads & High value of R_L के लिए, C को R के साथ parallel में circuit diagram (b) के अनुसार connect करते हैं।

→ Class A commutation प्राप्त करने के लिए L और C के साथ load circuit का underdamped होना अत्यावश्यक है।

→ जब electrical circuit को एक DC source से energy दी जाती है, तब (a) और (b) में दिखाये अनुसार current का waveform प्राप्त होता है।

→ Waveform (a) और (b) में दिखाये अनुसार current की value पहले increase होती है और point A पर 0 (zero) हो जाती है। जिसके बाद thyristor बन्द हो जाता है।

→ Class A commutation प्राप्त करने के लिए circuit को DC source से energy देना बहुत जरूरी है।

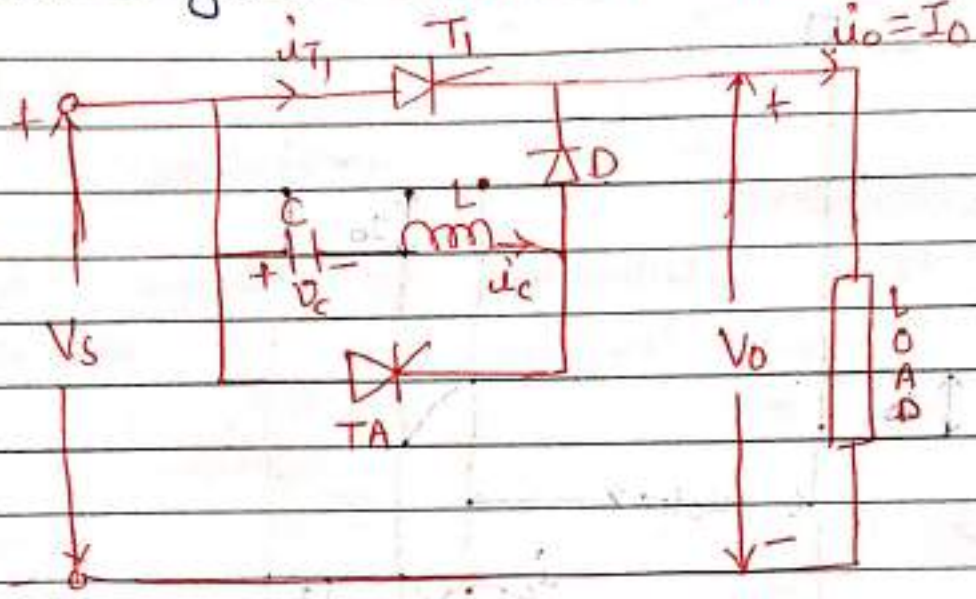
→ इसलिए class A commutation सिर्फ DC circuit में ही संभव है, AC circuit में नहीं।

→ इसे अन्य नामों से भी जाना जाता है—

(1) Load commutation
(2) Resonant commutation
(3) Self commutation

Que - Discuss with relevant waveforms Class B commutation employed for thyristor commutation.

Circuit diagram - Class B commutation



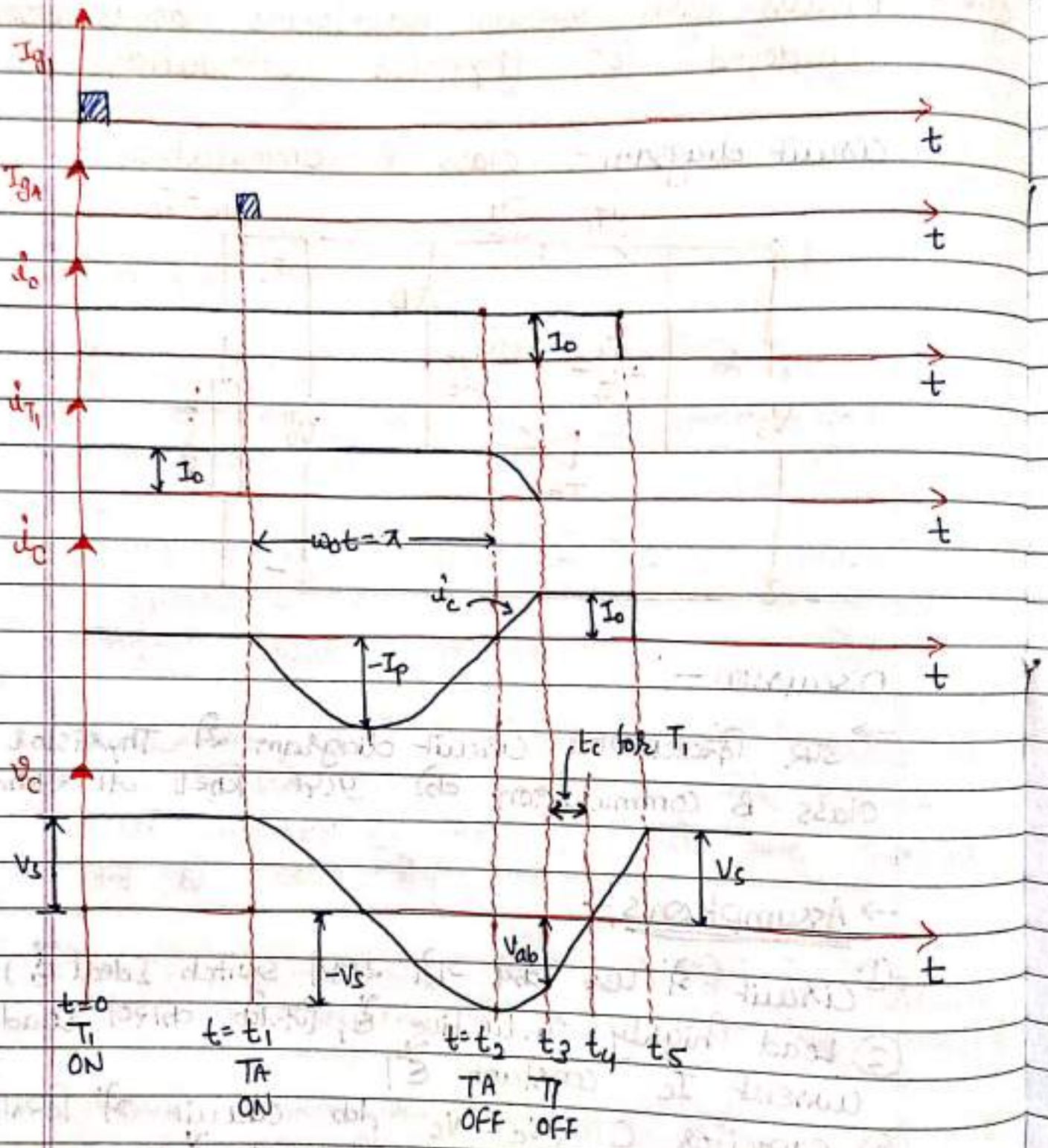
Discussion -

→ उपर दिखाया गया circuit diagram से Thyristor में Class B commutation को प्राप्त किया जा सकता है।

→ Assumptions :-

① Circuit में use किये गये सभी switch Ideal हैं।
② Load highly Inductive है, जिसके कारण Load current I_o constant है।
③ Capacitor C $V_c = V_s$ तक circuit में दिखाये गये चिन्ह के साथ charged है।
④ Capacitor C के लिए V_c और i_c का +ve direction mark किया गया है।
⑤ Thyristor T_1 और Auxilliary Thyristor TA Starting में OFF है।

Wave form :-



I_{g_1}
t
I_{gA}
t
i_o
I_o
t
i_{T_1}
I_o
t
i_C
$\omega_0 t = \pi$
i_c
I_o
$-I_p$
t
t_c for T_1
v_C
V_S
V_S
V_{ab}
$-V_S$
t
t=0
T_1
ON
$t = t_1$
TA
ON
$t = t_2$
TA
OFF
t_3
T1
OFF
t_4
t_5

→ $t=0$ पर main Thyristor T_1 को turn ON किया जाता है, और एक constant load current I_0 circuit में establish हो जाता है।

→ $t=t_1$ तक, $V_c = V_s$, $i_{T_1} = I_0$ होगा।
$i_c = 0$

→ main Thyristor का commutation start करने के लिए $t=t_1$ पर Auxiliary Thyristor TA_1 को gate pulse दिया जाता है।

→ TA के ON होते ही resonant current i_c, capacitor C से TA, TA से L और वापस C में बहता है।

→ $t=t_1$ पर Resonant current,

$$i_c = -V_s \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \omega_0 t = -I_p \sin \omega_0 t \quad \text{—(1)}$$

→ i_c की Value −ve इस तथ्य को दर्शाती है, कि i_c की दिशा, circuit में दिखाये गये दिशा के विपरीत है।

→ साथ ही ~~$t=t_1$~~ capacitor Voltage $V_c(t) = \frac{1}{C}\int i_c dt$

$$V_c(t) = V_s \cos \omega_0 t \quad \text{—(2)}$$

→ $t=t_1$ के आधे cycle के बाद, $i_c = 0$, $V_c = -V_s$ एवं $i_{T_1} = +I_0$

→ $t = t_2$, के पश्चात current i_c की दिशा पलटती है। एवं TA बंद हो जाता है। साथ ही $V_c = -V_s$ अर्थात Capacitor की Polarity circuit में दर्शाये गये Polarity से विपरीत है।

→ अब Capacitor current i_c, C, L, D एवं T_1 से होकर बहता है।

→ यह current i_c Thyristor में main Load current के opposite बहता है, जिसके कारण i_{T_1} कम होता है — $i_{T_1} = I_o - i_c$ — (3)

→ $t = t_3$ पर i_c की Value I_o के बराबर हो जाती है, जिसके कारण $i_{T_1} = 0$ हो जाता है। और device T_1 $t = t_3$ पर बंद हो जाता है।

→ Reliable commutation के लिए resonant/capacitor current की maxm Value I_p, load current I_o से ज्यादा होनी चाहिए।

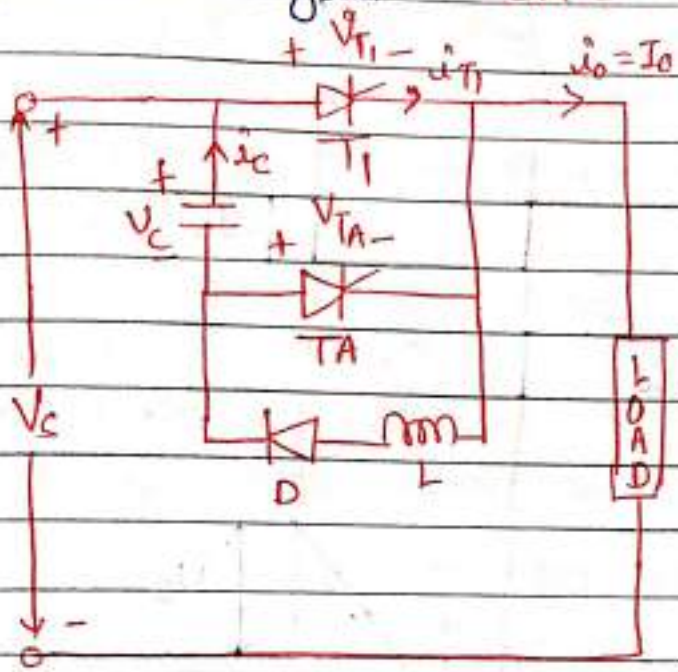
→ Resonant/capacitor current के धीरे धीरे बढ़ने की वजह से main Thyristor T_1 बंद होता है। इसलिए इसे current commutation भी कहा जाता है।

→ इस commutation का एक और नाम Resonant pulse commutation भी है।

→ waveform के अनुसार, t_c main Thyristor के लिए circuit turn off time है।

Que. Discuss with relevant waveform class D commutation employed for turning off thyristor.

Ans — Circuit diagram: class D commutation



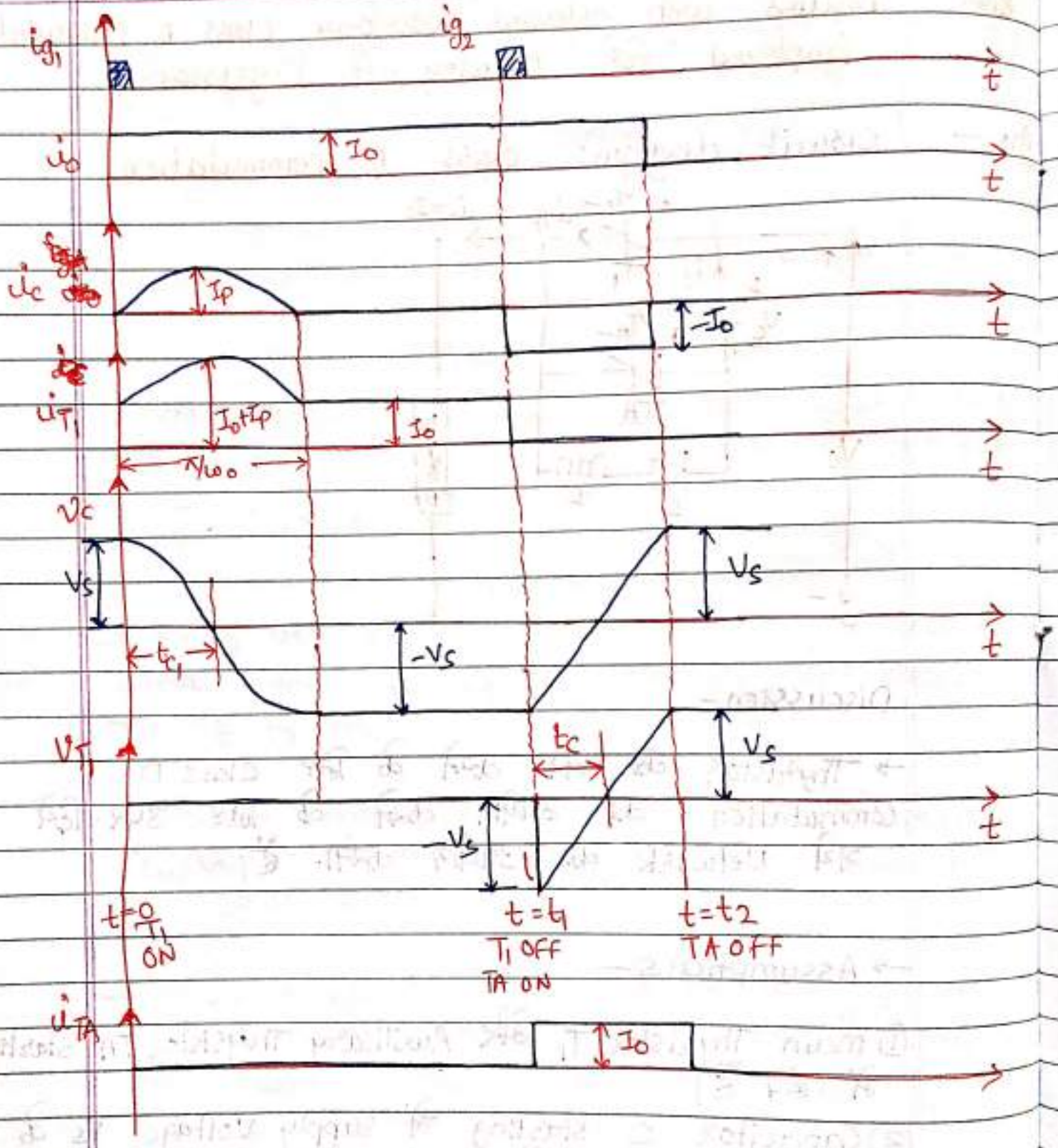
Discussion —

→ Thyristor को बंद करने के लिए Class D commutation का उपयोग करने के लिए उपर दिये गये Network का उपयोग करना है।

→ Assumptions —

① main Thyristor T_1 और Auxilliary Thyristor TA starting में बंद है।
② Capacitor C starting में Supply Voltage Vs के बराबर charged है।
③ Load current Io constant है अर्थात् load highly Inductive है।
④ सभी devices Ideal है।
⑤

Wave forms –



ig1
ig2
t
io
Io
t
ic
Ip
-Io
t
iT1
Io+Ip
Io
π/ω0
t
Vc
Vs
tc1
-Vs
Vs
t
VT1
tc
Vs
-Vs
t
t=0 T1 ON
t=t1 T1 OFF TA ON
t=t2 TA OFF
iTA
Io

⑤ circuit diagram में दिखाये गये सभी Voltage एवं current के चिन्हो को Positive माना जायेगा।

→ t=0, पर main thyristor T_1 को Turn on करने पर source Voltage V_s load पर apply होता है, जिसकी वजह से एक current I_0 flow होना start होता है।

→ t=0 पर C, T_1, L और D मिलकर एक oscillatory circuit बनाते हैं, जिससे capacitor current i_c बहना start हो जाता है—

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

या $$i_c = I_p \sin \omega_0 t \quad \text{——— (1)}$$

→ $t = \pi/\omega_0$ पर i_c की value waveform के अनुसार 0 हो जाती है।

→ $0 \le t \le \pi/\omega_0$ तक, $i_{T_1} = I_0 + i_c$

$$i_{T_1} = I_0 + I_p \sin \omega_0 t \quad \text{——— (2)}$$

→ इस समयांतराल में capacitor $+V_s$ से $-V_s$ तक charge हो जाता है, जिससे capacitor एक reverse Voltage $V_{T_1} = -V_s$ main Thyristor पर लगाता है।

→ $t = t_1$ पर Auxiliary Thyristor को turn on करते ही load current TA Thyristor पर shift हो जाता है और main Thyristor का current 0(zero) हो जाता है।

अर्थात्- $i_{T_1} = 0$ and $i_{T_A} = i_C = I_0$ —③

→ इस प्रकार से main thyristor बन्द हो जाता है।

→ Load current अब capacitor C और TA से बहता है, जिससे constant load current के कारण capacitor $-V_s$ से $+V_s$ तक charge होता है।

→ $t = t_2$ पर, $V_C = +V_s$ और $i_C = 0$ हो जाता है, जिससे Auxiliary Thyristor TA बन्द हो जाता है।

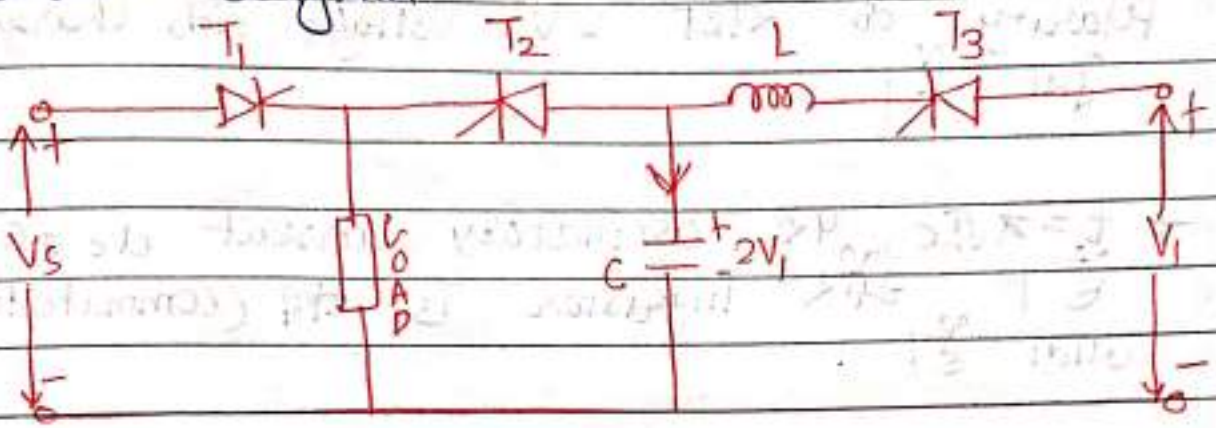
→ Main Thyristor TA के लिए circuit Turnoff time ~~t_{off}~~ (t_C) circuit में दिखाया गया है।

→ Auxiliary Thyristor TA के start होते ही suddenly एक Reverse voltage V_s main Thyristor T_1 पर apply होता है, जिससे main Thyristor T_1 बन्द हो जाता है। इसलिए इसे Voltage commutation भी कहते है।

→ Auxiliary Thyristor TA की turning off process में use करने के कारण इसे Auxiliary commutation भी कहते है।

ue. discuss with relevant wave form class E commutation of turning off Thyristor.

ns- Circuit diagram: class E commutation



Discussion –

→ Assumptions –

① सभी devices ideal हैं।

② Capacitor C पहले से ही $2V_1$ Voltage तक दिये गये Polarity के साथ charged है।

③ $V_s < 2V_1$

④ Load current I_o constant है।

→ इस commutation circuit को ऊपर दिये गये circuit diagram में दिखाया गया है।

→ इसमें V_s Main source voltage, V_1 Auxiliary supply Voltage एवं T_1 main thyristor होता है।

→ $t=0$, पर Thyristor T_1 conducting mode में होता है। और एक constant load current I_o, Voltage source, T_1 और load से बहता है।

→ जब thyristor T_3 को turn ON किया जाता है, तब V_1, T_3, L और C मिलकर एक Resonating circuit बनाते हैं जो capacitor C को दिये गये Polarity के साथ $2V_1$ voltage तक charge कर देता है।

→ $t_1 = \pi\sqrt{LC}$, पर oscillatory current $i_c = 0$ हो जाता है। और Thyristor T_3 बंद (Commutated) हो जाता है।

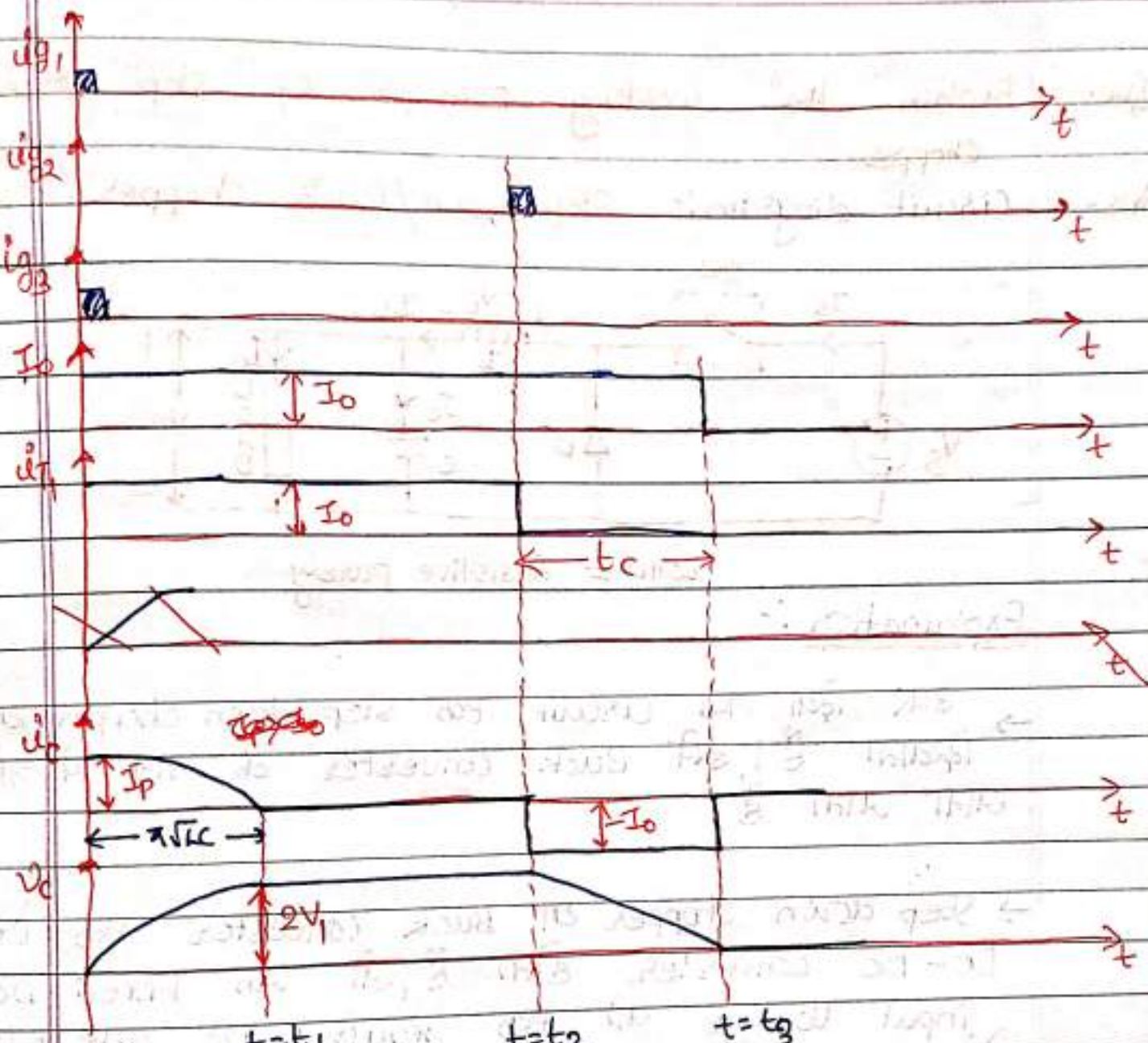
→ अब main thyristor T_1 को बंद करने के लिए, Thyristor T_2 को Turn ON कर दिया जाता है, जिससे एक Reverse voltage, $V_S - 2V_1$ main thyristor पर apply होता है, जिससे main thyristor बन्द हो जाता है।

→ Load current I_o, अब C, T_2 और load से बहता है, जब तक capacitor discharge ना हो जाये।

→ capacitor के discharge होने पर T_2 भी बन्द हो जाता है।

→ Seperate voltage source की help से main thyristor को बन्द करने के लिए current का एक pulse obtain किया जाता है, इसलिए इसे External pulse commutation भी कहते हैं।

→ main thyristor के लिए circuit turn off time t_c होगा।



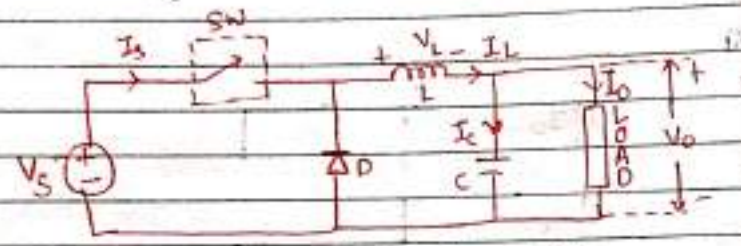
Date ______
Page ______

Wave Form

DC-DC CONVERTER/CHOPPER

Que: Explain the working principle of step down chopper.

Ans:- Circuit diagram:- Step down/Buck chopper (converter)



LOAD = Resistive purely

Explaination :-

→ उपर दिया गया Circuit एक Step down chopper को दिखाता है। इसे Buck converter के नाम से भी जाना जाता है।

→ Step down chopper या Buck converter एक ऐसा DC-DC converter होता है, जो एक fixed DC input voltage को एक required DC output voltage में convert करता है।

→ यहां Analysis की simplicity के लिए यह माना गया है, कि सभी switch एवं device ideal है।

→ Fixed input DC voltage की value V_s है, जिसे एक Power electronics switch से connect किया गया है।

→ 2nd switch के लिए एक Diode का उपयोग किया गया है, जो एक Low pass LC filter से connected है।

→ Low pass LC filter का design voltage एवं current ripples को output में Reduce करने के लिए किया गया है।

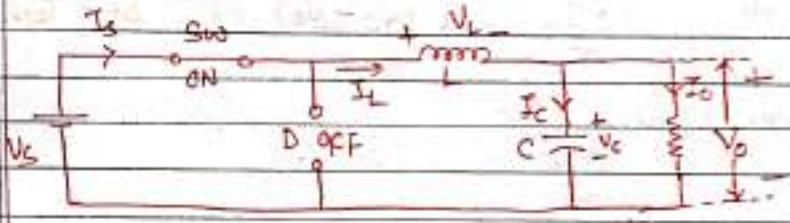
→ ~~DC circuit होने के कारण~~

→ Purely Resistive load एवं Constant load current Analysis की simplicity के लिए माना गया है।

Working And Analysis :-

→ Buck converter के operation में total 2 modes है

Mode 1:- Switch is ON, Diode is OFF



→ Sw के closed होने पर i/p DC voltage load के across appear होता है।

→ यदि switch का ON time T_{ON} और OFF time T_{OFF}, तब Total Time period

$$T = T_{ON} + T_{OFF} \quad \text{—①}$$

और तब Switching frequency $f = \frac{1}{T}$ —②

→ By the definition,

Duty cycle $\alpha = \frac{T_{ON}}{T}$ ——— (2)

→ अब Steady state operation के लिए Buck converter में KVL लगाने पर, mode I में,

$V_{in} = V_L + V_o$

और $V_L = L\frac{dI_L}{dt} = V_S - V_o$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{1}{L}(V_S - V_o)$

या $\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{1}{L}(V_S - V_o)$

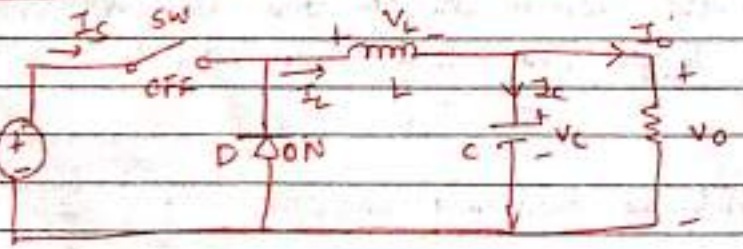
या $\frac{\Delta I_L}{T_{ON}} = \frac{1}{L}(V_S - V_o)$ {∵ For mode 1) $\Delta t = T_{ON}$}

From equation (3)-

$\frac{\Delta I_L}{\alpha T} = \frac{1}{L}(V_S - V_o)$

∴ $\boxed{(\Delta I_L)_{closed} = \alpha T\left(\frac{V_S - V_o}{L}\right)}$ ——— (4)

Mode II:- Switch is OFF, Diode is ON.



→ इस mode में switch के open होने से i/p DC voltage load से disconnect हो जाता है।

→ Inductor L loss less element होने के कारण ON period की अपनी stored energy से o/p current को continuous maintain रखता है।

→ mode II में steady state operation के लिए KVL लगाने पर,

$0 = V_L + V_o$ {∵ D → SC}.

and $V_L = -V_o$

या $L\frac{dI_L}{dt} = -V_o$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{-V_o}{L}$

या $\frac{\Delta I_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{T_{OFF}} = \frac{\Delta I_L}{(1-\alpha)T} = \frac{-V_o}{L}$

∴ $\boxed{(\Delta I_L)_{open} = \left(\frac{-V_o}{L}\right)(1-\alpha)T}$ ——— (5)

∵ एक complete cycle में Inductor में net current change zero है। इसलिए

$(\Delta I_L)_{closed} + (\Delta I_L)_{open} = 0$

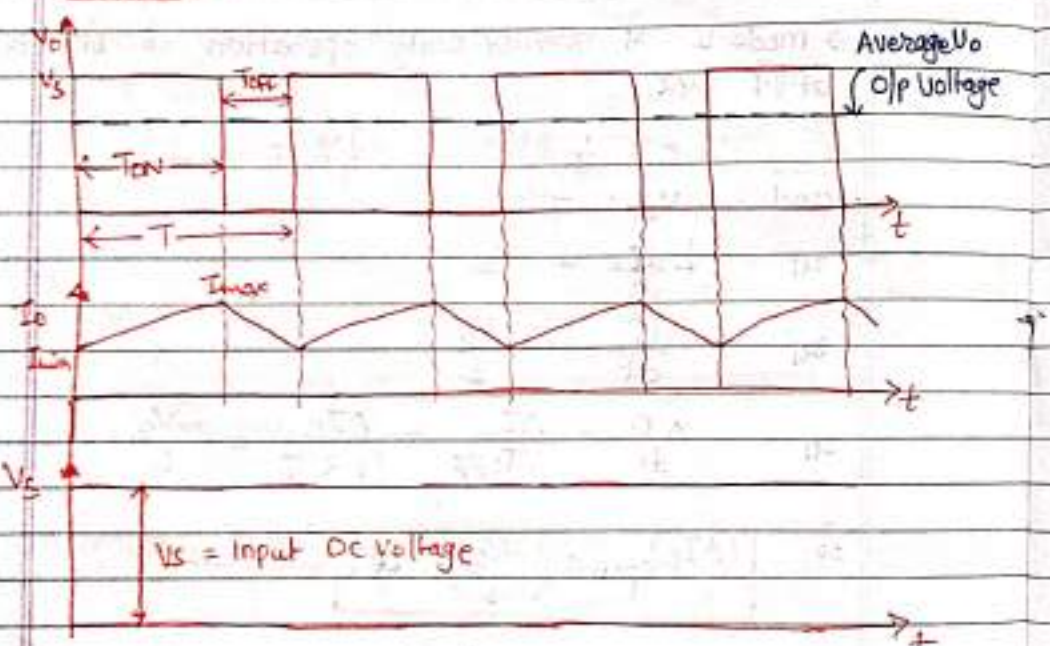
$\left(\frac{V_{in} - V_o}{L}\right)\alpha T + \left(\frac{-V_o}{L}\right)(1-\alpha)T = 0$

या $\alpha = \frac{V_o}{V_S}$ या $\boxed{V_o = \alpha V_S}$

Assumptions -

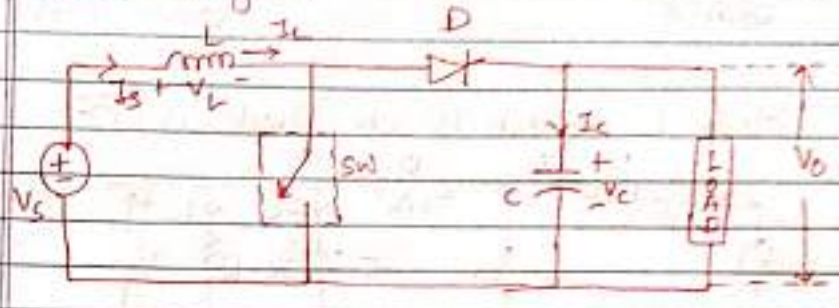
① Inductor L की Suitable value लेकर Inductor current I_L को continuous रखा गया है
② किसी complete cycle के लिए Inductor का net current change 0 है।

Waveform:



Que. Explain the working principle of step up chopper.

Ans. Circuit diagram:



Step up chopper / Boost converter

Explaination and working:-

→ ऊपर Circuit में एक step up chopper दिखाया गया है, जिसे Boost converter भी कहते हैं।

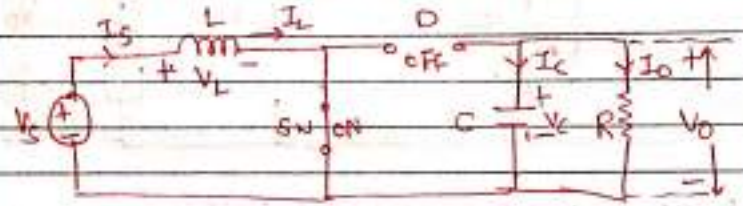
→ Boost converter या step up chopper एक DC-DC converter होता है, जो fixed i/p DC voltage को Required DC o/p voltage में convert कर देता है।

→ Circuit में i/p DC voltage source को एक ~~Power electroni~~ एक Inductor के साथ connect किया जाता है, series में एवं Switch को source के साथ across में connect करते हैं।

→ इसके बाद 2nd switch diode को capacitor और Load के साथ circuit के अनुसार connect कर देते हैं।

→ i/p source के साथ Inductor के series connection के कारण i/p current constant रहता है।

→ Mode I : Switch is ON, Diode is OFF



→ Switch के ON होने पर source और Inductor के साथ मिलकर एक close circuit बन जाता है।

→ इससे एक current I_s flow होगा और o/p side में V_0 शून्य होगा।

→ माना switch T_{ON} period के लिए ON एवं T_{OFF} period के लिए OFF है, तब Time Period $T = T_{ON} + T_{OFF}$ —① and $f = \frac{1}{T}$ switching frequency

→ By defination − $\alpha = \frac{T_{ON}}{T}$ —②

→ Steady state operation पर i/p में KVL लगाने पर, mode I में,

$$V_{s} = V_L \quad —③$$

या

$$V_L = L\frac{dI_L}{dt} = V_s$$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{T_{ON}} = \frac{V_s}{L}$

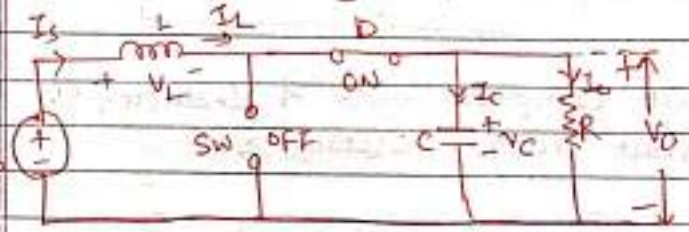
$\because T_{ON} = \alpha T$

$\therefore$ $\frac{\Delta I_L}{\alpha T} = \frac{V_s}{L}$

$\Delta I_L = \frac{V_s}{L} \times \alpha T$

या $\boxed{(\Delta I_L)_{closed} = \frac{V_s}{L} \times \alpha T}$ —④

Mode II : Switch is OFF, Diode is ON



→ इस mode में Inductor की Polarity Reverse हो जाती है एवं Ideal device होने के कारण वह अपनी ~~energy~~ ON Period में stored energy को Load Resistance के माध्यम से release करता है।

→ इससे current का flow same direction में maintain रखने में help मिलती है।

→ Input DC source के साथ ही Inductor के source की तरह Behave करने पर o/p voltage Increase हो जाता है, जिसे step up कहते हैं।

→ Steady state Analysis के लिए Mode II में i/p पर KVL लगाने पर,

$V_s = V_L + V_0$ — (5)

या $V_L = L\frac{dI_L}{dt} = V_s - V_0$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{(1-\alpha)T} = \frac{V_s - V_0}{L}$

$$\therefore (\Delta I_L)_{open} = \left(\frac{V_s - V_0}{L}\right)(1-\alpha)T \quad — (6)$$

→ ∵ एक Complete cycle में Inductor का net current change 0(zero) है।

$$\therefore (\Delta I_L)_{open} + (\Delta I_L)_{closed} = 0$$

$$\left(\frac{V_s - V_0}{L}\right)(1-\alpha)T + \left(\frac{-V_s}{L}\right)\alpha T = 0$$

$$\frac{V_0}{V_s} = \frac{1}{1-\alpha}$$

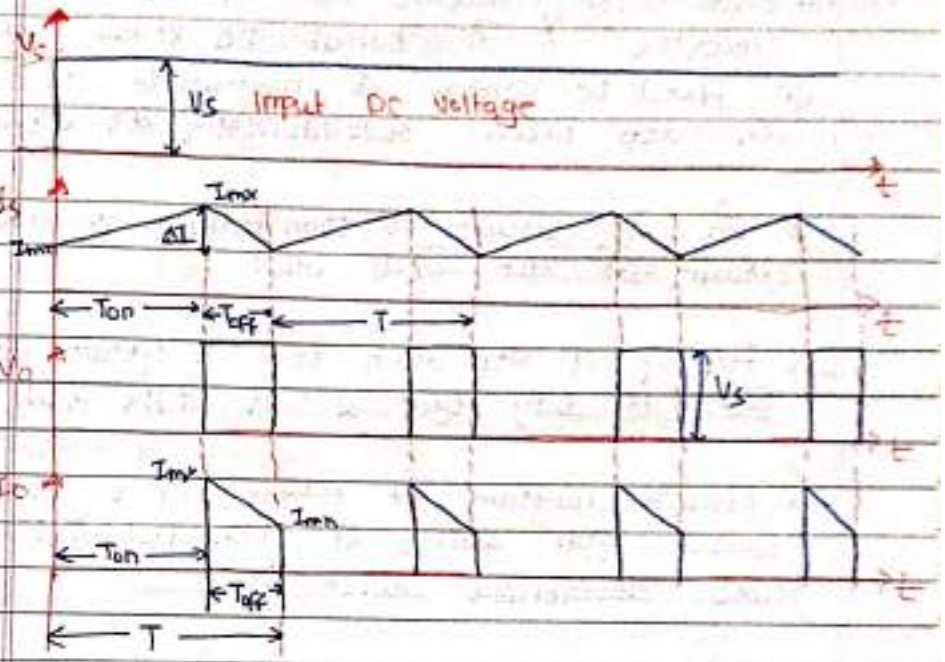
या $$V_0 = \frac{1}{1-\alpha} V_s \quad — (7)$$

→ For $\alpha = 1$, o/p voltage, $V_0 = \infty$, जो कि Practically possible नहीं है। और यह circuit की Instability को दिखाता है।

→ इसलिए α की Value को Practical operation में 0.7 से कम रखते हैं।

★ **Assumptions** – write same As written in step down chopper.

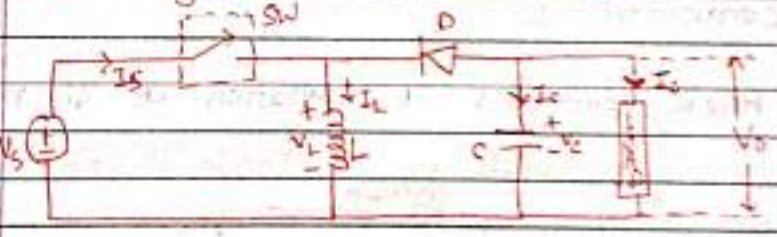
Waveforms:-



Que. Explain the working principle of Buck-Boost converter?

Ans-

Circuit diagram: Buck Boost converter



→ ऊपर circuit में एक Buck-Boost type converter को दिखाया गया है।

→ Steady state Analysis के लिए Mode II में i/p पर KVL लगाने पर,

$V_s = V_L + V_0$ —(5)

या $V_L = L\frac{dI_L}{dt} = V_s - V_0$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{(1-\alpha)T} = \frac{V_s - V_0}{L}$

$\therefore \boxed{(\Delta I_L)_{open} = \left(\frac{V_s - V_0}{L}\right)(1-\alpha)T}$ —(6)

→ ∵ एक complete cycle में Inductor की net current change 0 (zero) है।

$\therefore (\Delta I_L)_{open} + (\Delta I_L)_{closed} = 0$

$\left(\frac{V_s - V_0}{L}\right)(1-\alpha)T + \left(\frac{-V_s}{L}\right)\alpha T = 0$

$\frac{V_0}{V_s} = \frac{1}{1-\alpha}$

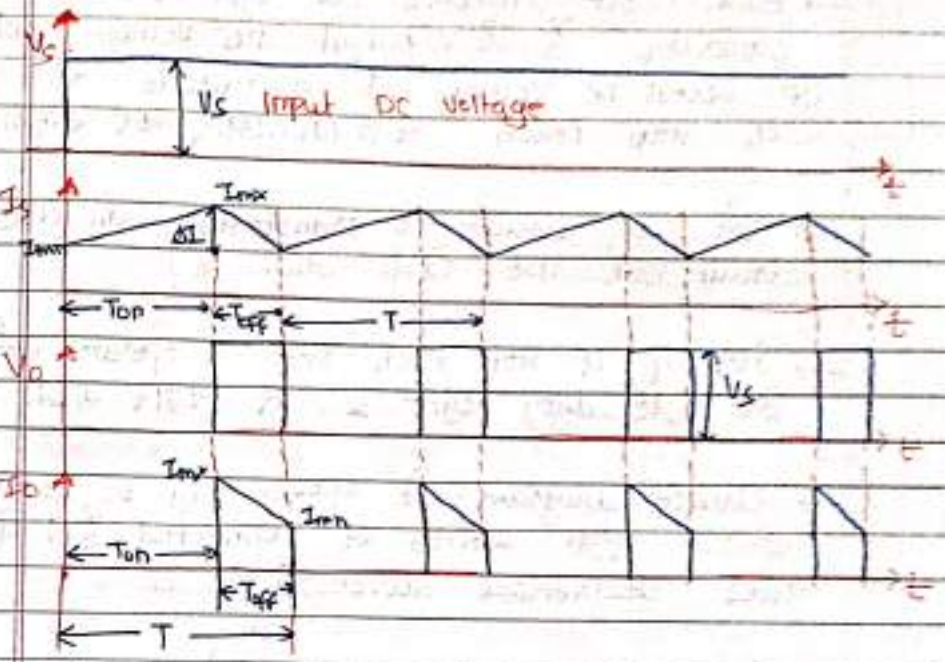
या $\boxed{V_0 = \frac{1}{1-\alpha} V_s}$ —(7)

→ For $\alpha = 1$, o/p voltage, $V_0 = \infty$, जो कि Practically possible नहीं है। और यह circuit की Instability को दिखाता है।

→ इसलिए α की value को Practical operation में 0.7 से कम रखते हैं।

★ **Assumptions** – write same As written in step down chopper.

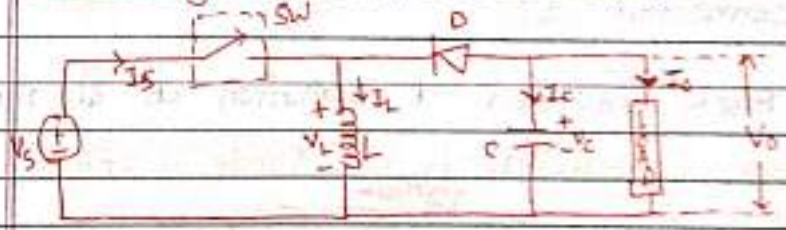
Waveforms :-



Que: Explain the working Principle of Buck-Boost converter?

Ans –

Circuit diagram: Buck Boost converter



→ ऊपर circuit में एक Buck-Boost type converter को दिखाया गया है।

→ Buck-Boost converter एक type का DC-DC converter है जो output DC voltage को i/p fixed DC voltage के magnitude से step up या step-down आवश्यकतानुसार कर सकता है।

→ इसे AC circuit के transformer की तरह DC circuit में use किया जाता है।

→ Step up या step down mode में operate करने के लिए यह duty cycle α पर निर्भर करता है।

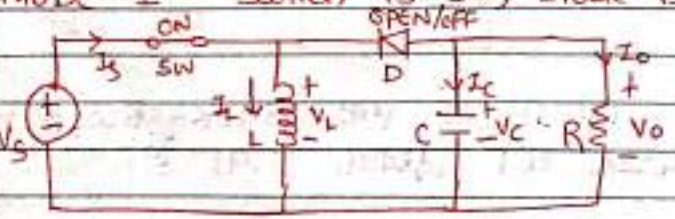
→ Circuit diagram के अनुसार i/p DC voltage source एक switch से connected है, जो कि Power electronics device है।

→ 2nd switch diode source से capacitor और Load में होने वाले Power flow के Reverse direction में connected है।

→ Load और capacitor आपस में Parallel में connected है।

→ Buck Boost converter के operation के दो modes है-

MODE - I Switch is ON, Diode is OFF



→ Switch ON होने पर ideally ये एक short circuit की तरह Behave करता है।

→ इसलिए इस mode में current I_s sw, Inductor से होता हुआ वापस source में चला जाता है।

→ Switch के ON होने पर Inductor, magnetic form में energy store करता है।

→ Switch के OFF होने पर Inductor Polarity Reverse करके अपनी stored energy Load के माध्यम से Release करता है।

→ Switch OFF होने पर current Load और diode से होता हुआ वापस Inductor में चला जाता है।

→ इस तरह दोनो ही mode में Inductor में current की direction same रहता है।

→ माना switch का ON time T_{ON} और OFF time T_{OFF} है, तब Total Time period $T = T_{ON} + T_{OFF}$ और Switching frequency $f = \frac{1}{T}$ —①

→ By the definition, $\alpha = \frac{T_{ON}}{T}$ —②

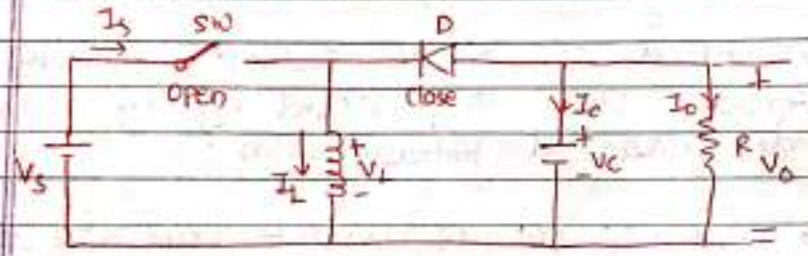
→ Steady state operation में mode I में KVL लगाने पर, $V_{in} = V_L$ —③

या $V_L = \frac{L dI_L}{dt} = V_{in}$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{\alpha T} = \frac{V_{in}}{L}$

या $\boxed{(\Delta I_L)_{closed} = \frac{V_{in}}{L} \times \alpha T}$ — (4)

MODE II - Switch is OFF, Diode is ON



→ इस mode में जैसे Switch OFF होने पर Inductor अपनी polarity Revese करता है।

→ एवं ON period में stored energy को Load Resistance के माध्यम से Release करता है।

→ जिसकी वजह से current का direction पहले की तरह maintain रहता है।

→ Steady state operation में Mode II में KVL लगाने पर –

$V_L = V_0$ — (5)

या $V_L = \frac{L dI_L}{dt} = V_0$

या $\frac{dI_L}{dt} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{\Delta I_L}{(1-\alpha)T} = \frac{V_0}{L}$

i.e. $\boxed{(\Delta I_L)_{open} = \frac{V_0}{L}(1-\alpha)T}$ — (6)

→ ∵ एक complete cycle में inductor का net current 0 है।

i.e. $(\Delta I_L)_{open} + (\Delta I_L)_{closed} = 0$

$\left(\frac{V_0}{L}\right)(1-\alpha)T + \left(\frac{V_s}{L}\right)\alpha T = 0$

$\frac{V_0}{V_s} = \frac{-\alpha}{1-\alpha}$

$\boxed{V_0 = \frac{-\alpha}{1-\alpha} \times V_s}$ — (7)

→ Case 1 – when $\alpha > 0.5$, तब $V_0 > V_s$,
∴ यह एक Boost converter की तरह काम करेगा।

→ Case 2 – when $\alpha < 0.5$ तब $V_0 < V_s$,
∴ यह एक Buck converter की तरह काम करेगा।

→ Case 3 – when $\alpha = 0.5$ तब $V_0 = V_s$
तब output voltage और i/p voltage समान हो जायेंगे।

→ Assumptions –

(1) सभी device एवं element Ideal है।
(2) Load current continuous है, जिसके लिए L की suitable value select की गई है।
(3) एक complete cycle में Inductor का net change in current 0 है।
(4) Capacitor C filter की तरह काम करता है, जो ripple को elemenate करता है।