אוניברסיטת בן גוריון בנגב

מדור בחינות

תאריך הבחינה 3/6/94

שם המורה פרופ' שמואל בן-יעקב

מבחן ב ממירי DC/DC ממותגים

מס' קורס 361.1.4561

מיועד לתלמידי הנדסת חשמל

שנה תשנ"ג סמ' א' מועד א'

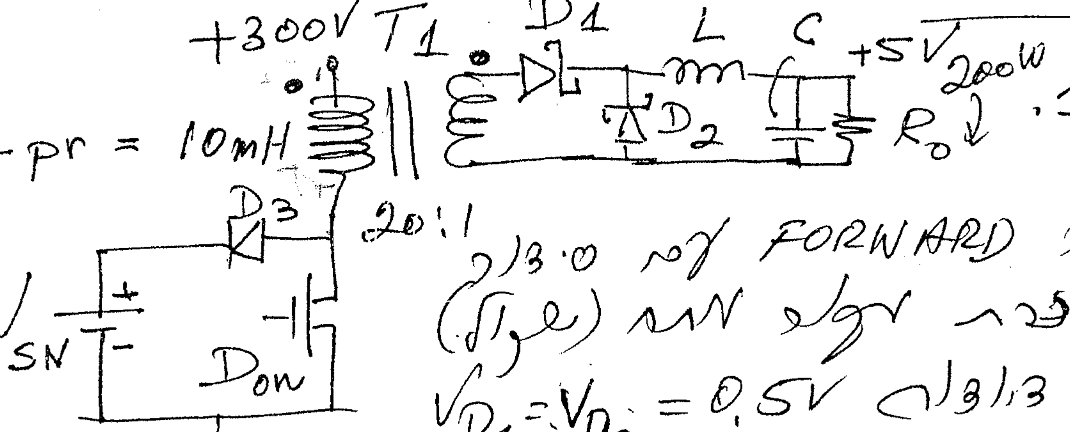
משך הבחינה 3 שעות

חומר עזר כל חומר עזר ומחשבים מותרים
אין להעביר כל חומר בין הנבחנים

מס' נבחן: ______

יש לענות על 3 שאלות
בהצלחה!

שאלה מס 1.



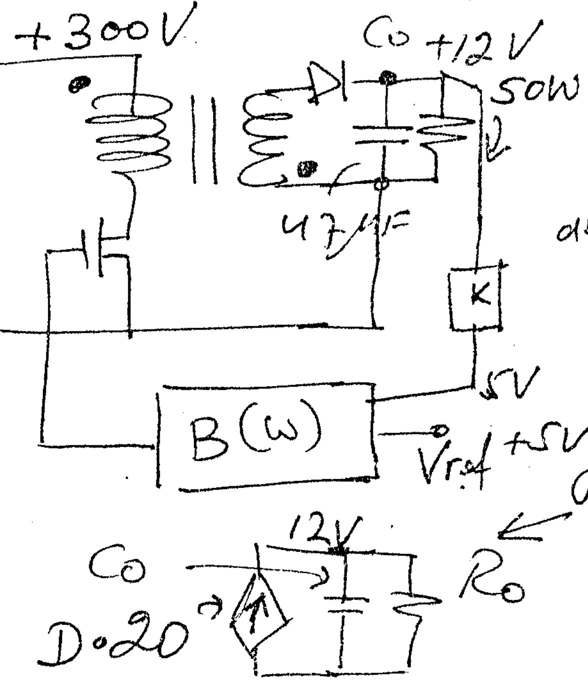
נתון ממיר FORWARD עם סליל Reset בעזרת סליל נוסף (שגלל). V_{SN}. מפלי דיודות $V_{D1} = V_{D2} = 0.5V$. $V_{D3} = 1V$. הספק מוצא 200W; $fs = 100KHz$

1.1 (35%) חשב L כך שהזרם יהיה רציף ב-50W

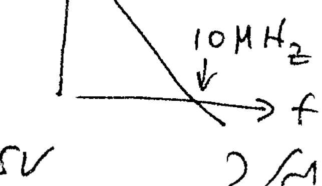
1.2 (35%) חשב Dow ו-C אם דרוש שהאדווה בהספק מקסימלי ו $L = 100\mu H$ תהיה קטנה מ $200mV_{pp}$

1.3 (30%) חשב V_{SN} מינימלי לעבודה תקינה הנימוקים וחשב ההספק שמוחזר ל-V_{SN}

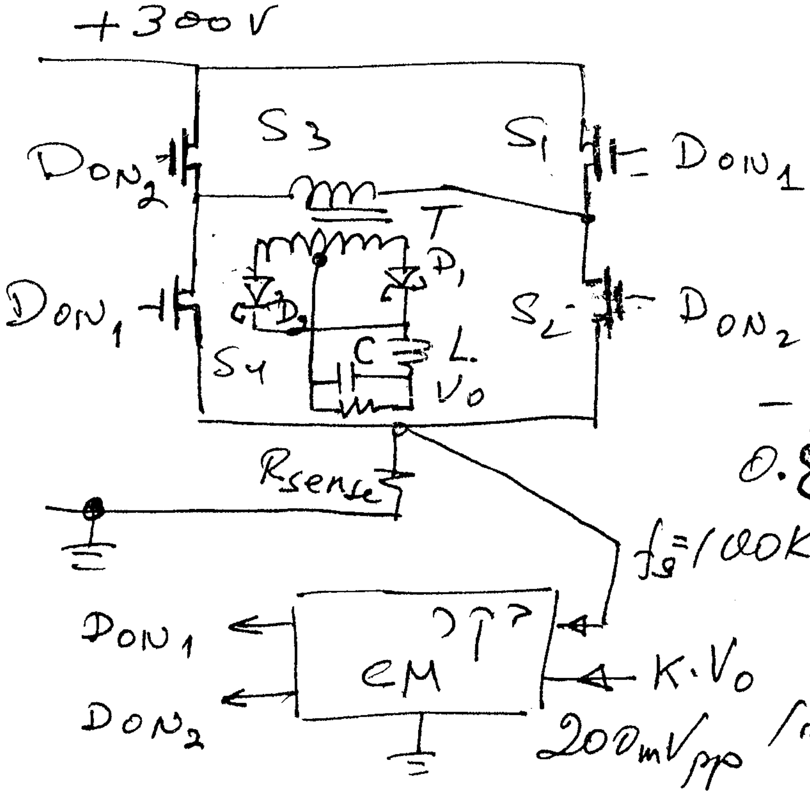
שאלה מס 2



נתון ממיר Flyback
מפל המתח על הדיודה מוזנח
כמו כן נתון מגבר
עם Aoc כמשורטט



וכן מניחים שבעבודה
העבודה (DM) ניתן להגדיר
הערכת התמורה המשורטט
את הבעיה עפ"י הנ"ל
הבעיה מסבים למגבר הנ"ל.



שאלה מס 3

נתון ממיר גשר

המבוא מתח +300V

ל +5V בהספק 500W.

מניחים יחס שנאי 1:2 ו-

Duty Cycle של כ- 0.8

במוצא. תדר העבודה $f_s = 100KHz$

L מחושב כך ש: $\Delta I \cong 0.1 I_{av}$

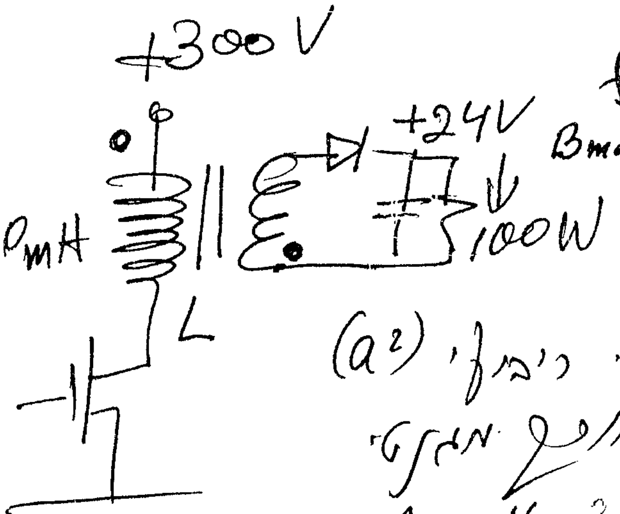
אדוות מקסימלית במוצא $200mV_{pp}$

3.1 (25%) חשב L ו-C

3.2 (25%) חשב מאמצים על D_1 D_2 ו-S_{1-4} (מתח וזרם מקסימליים)

3.3 (25%) תן הערכה לגודל סביר ל R_{sence}:

3.4 (25%) חשב הפסדי הולכה של S_{1-4} ו-$D_{1,2}$ אם $R_{dson} \cong 0.3\Omega$



$f_s = 50KHz$

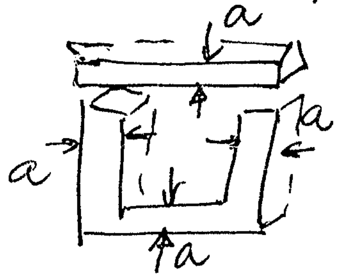
$B_{max} = 0.2T$

שאלה מס 4

נתון ממיר Flyback הפועל ב- D=0.5. הסליל L בנוי על ליבה ריבועית בעלת חתך מגנטי ריבועי (a^2)

נתון: חתך מגנטי $A_e = a^2$; אורך מגנטי $A_l = 16a$; שטח חלון ליפוף $A_w = 16a^2$

צפיפות זרם מקסימלי בחוט נחושת $4 A/mm^2$



4.1 חשב a ממדי L קטנים ככל האפשר

4.2 חשב μ_e אפקטיבי וגודל מרווח אויר בהנחה $\mu_r \to \infty$ (עבור הליבה)

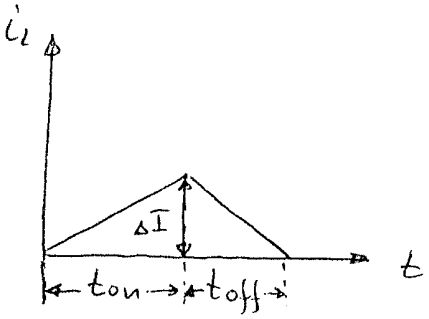
שאלה מס' 1.

1.1 נתון

$P_o = 200W$, $f_s = 100kHz$, $V_{D3} = 1V$, $V_{D1} = V_{D2} = 0.5V$

$n = \frac{1}{20}$, $L_{pr} = 10mH$, $V_{in} = 300V$, $V_o = 5V$

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{100 \cdot 10^3} = 10\mu s$$



$$L_{min} = \frac{(V_o + V_{D2})}{2 I_o} \cdot t_{off}$$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{50W}{5V} = 10A.$$

$$V_o = \left[(V_{in} - V_Q) \cdot n - V_{D1} \right] \cdot \frac{t_{on}}{T_s}$$

$V_Q = 0.$

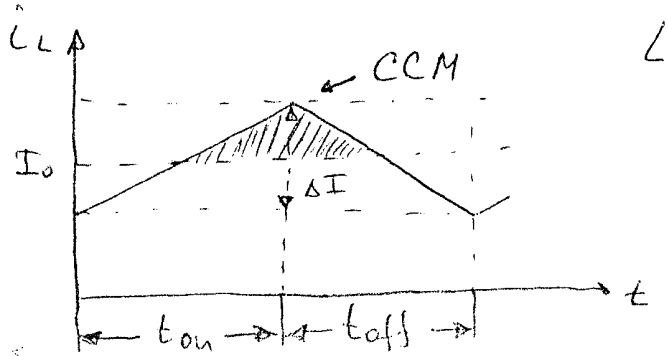
$$t_{on} = \frac{V_o \cdot T_s}{V_{in} \cdot n - V_{D1}} = \frac{5V \cdot 10 \cdot 10^{-6} s}{300V \cdot \frac{1}{20} - 0.5V} = 3.45\mu s$$

$$t_{off} = T_s - t_{on} = 10\mu s - 3.45\mu s = 6.55\mu s.$$

$$L_{min} = \frac{(5V + 0.5V) \cdot 6.55 \cdot 10^{-6} s}{2 \cdot 10A} = 1.8\mu H.$$

1.2 נתון $\Delta V = 200mV_{p-p}$, $L = 100\mu H$

$$D = \frac{t_{on}}{T_s} = \frac{3.45\mu s}{10\mu s} = 0.345$$



בדיקה: $L_{min} = \frac{(V_o + V_{D2}) \cdot t_{off}}{2 I_o}$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{200W}{5V} = 40A.$$

(2)

$$L_{min} = \frac{(5V + 0.5V) \cdot 6.55 \cdot 10^{-6} s}{2 \cdot 40A} = 0.45\mu H \ll 100\mu H.$$

כאשר $L = 100\mu H$ מתאים שנמצא ב-CCM.

$$\Delta Q = \Delta I \cdot \Delta t = \frac{\Delta I \cdot T_s}{8}$$

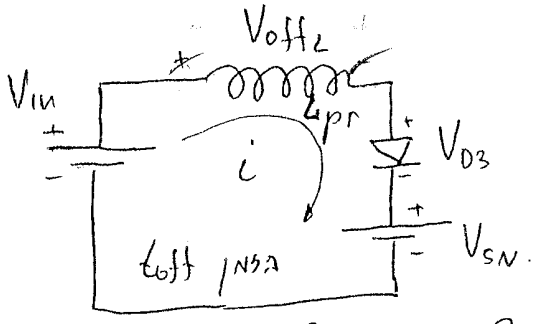
$$\Delta Q = C \cdot \Delta V$$

$$C = \frac{\Delta I \cdot T_s}{8 \Delta V}$$

$$\Delta I = \frac{(V_o + V_{D_2}) \cdot t_{off}}{L} = \frac{(V_o + V_{D_2}) \cdot T_s (1 - D_{on})}{L}$$

$$C = \frac{(V_o + V_{D_2}) \cdot T_s^2 (1 - D_{on})}{8 \cdot \Delta V \cdot L} = \frac{(5V + 0.5V) \cdot (10 \cdot 10^{-6} s)^2 \cdot (1 - 0.345)}{8 \cdot 200 \cdot 10^{-3} V \cdot 100 \cdot 10^{-6} H} =$$

$$= 2.25\mu F$$



$$V_{on_2} = N_p \frac{d\phi_{on}}{\Delta t_{on}} = V_{in}. \qquad 1.3$$

$$V_{off_2} = N_p \frac{d\phi_{off}}{\Delta t_{off}}.$$

אנחנו צריכים למצוא את הקשר המתאים שנמצא מהמעגל:

$$V_{on_2} \cdot t_{on} = V_{off_2} \cdot t_{off}. \Leftarrow N d\phi_{on} = N d\phi_{off}$$

$$V_{off_2} = -V_{in} + (V_{D_3} + V_{SN}) = 300V - 1V - V_{SN} = 299 - V_{SN}. \quad -299$$

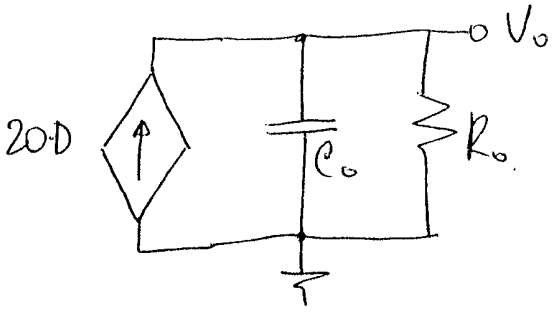
$$300V \cdot t_{on} = (299V - V_{SN}) \cdot t_{off}$$

$$V_{SN} = 299 + 300 \cdot \frac{t_{on}}{t_{off}} = 299 + 300 \frac{3.45\mu s}{6.55\mu s} = 140.98V$$

(1)

2 ON אלקב

$V_{ref}=5V$, $P_o=50W$, $V_o=12V$, $C_o=47\mu F$ נתון



$$k=\frac{5V}{12V}=0.416.$$

$$V_o = D\cdot 20\cdot X_c \| R_o = \frac{20\cdot D\cdot R_o}{1+SC_oR_o}$$

$$X_c=\frac{1}{SC_o}$$

$$\frac{\hat{V}_o}{\hat{a}}=\frac{20\cdot R_o}{1+SC_oR_o}$$

$$R_o=\frac{V_o^2}{P_o}=\frac{(12V)^2}{50W}=2.88\,\Omega.$$

$$=\frac{20\cdot 2.88}{1+\frac{S}{\omega_p}}$$

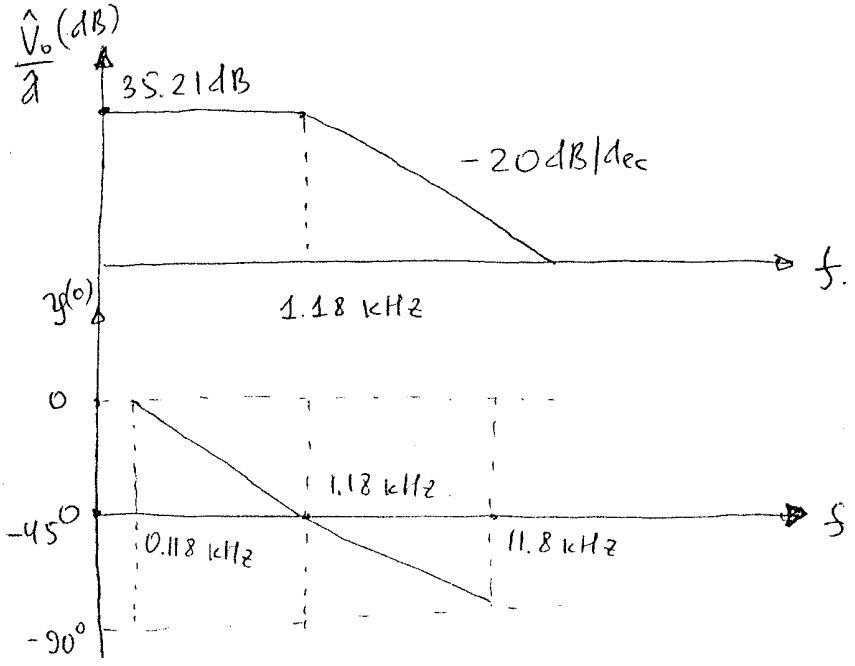
$$\omega_p=\frac{1}{C_oR_o}$$

$$f_p=\frac{\omega_p}{2\pi}=\frac{1}{2\pi C_oR_o}=\frac{1}{2\pi\cdot 47\cdot 10^{-6}F\cdot 2.88\Omega}=$$

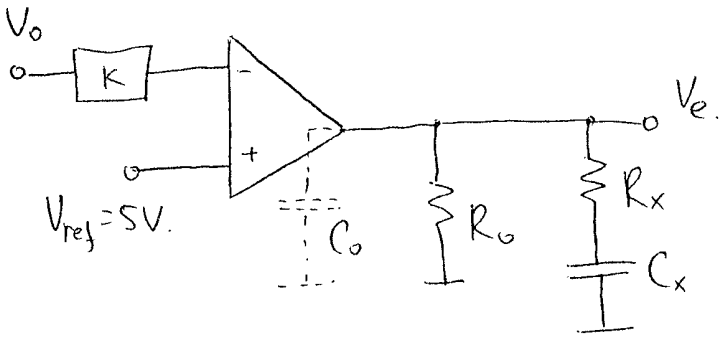
$$G=20\cdot 2.88=57.6=$$

$$=35.21\,dB.$$

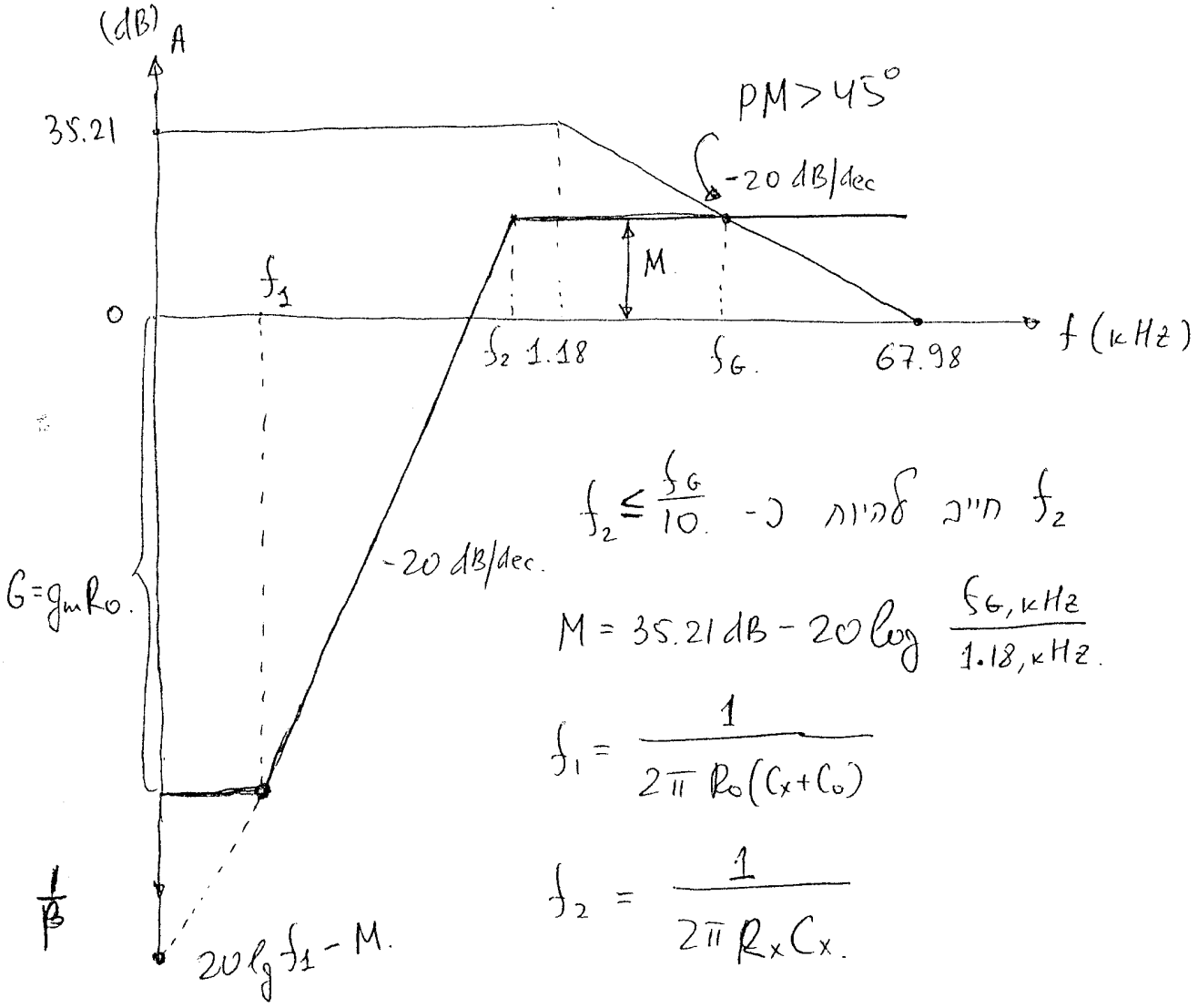
$$=1.18\,kHz$$



② Transconductance Error Amplifier. -ב ENDB



תדר סביבת מחוב נבחר כ- $f_G = \frac{f_S}{4 \div 5}$



f_2 חייב שלילות כ- $f_2 \leq \frac{f_G}{10}$.

$$M = 35.21\,dB - 20 \log \frac{f_{G,kHz}}{1.18,kHz}.$$

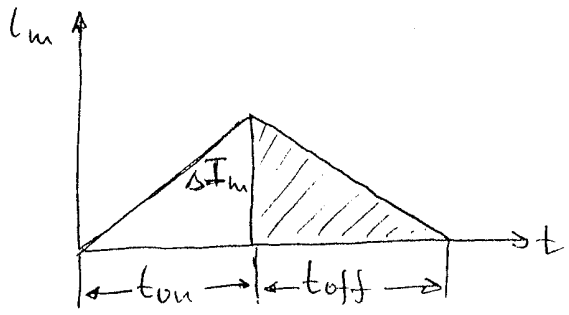
$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_o (C_x + C_o)}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_x C_x}.$$

$$\varphi(f_G) = \tan^{-1}\left(\frac{f_{G(kHz)}}{1.18(kHz)}\right)$$

$$PM = 180 - \varphi(f_G) > 45°.$$

③ $P_{SN} = V_{SN} \cdot I_{om}$



$$\Delta I_m = \frac{V_{in} \cdot t_{on}}{L_{pr}} = \frac{300\,V \cdot 3.45 \cdot 10^{-6}\,s}{10 \cdot 10^{-3}\,H} =$$

$$= 0.103\,A.$$

$$I_{om} = \frac{\Delta I_m \cdot t_{off}}{2} \cdot \frac{1}{T_s} = \frac{0.103\,A \cdot 6.55 \cdot 10^{-6}\,s}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}\,s} = 33.7 \cdot 10^{-3}\,A$$

$$P_{SN} = V_{SN} \cdot I_{om} = 140.98\,V \cdot 33.7 \cdot 10^{-3}\,A = 4.75\,W$$

①

3 'ON שאלה

$f_s = 100kHz$, $D = 0.8$, $V_o = 5V$, $P_o = 500W$, $V_{in} = 300V$ נתון

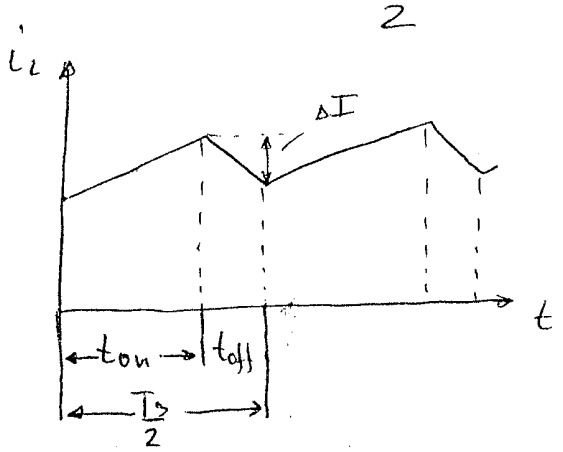
. $\Delta V = 200mV_{p-p}$, $\Delta I = 0.1 I_o$

3.1

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{100 \cdot 10^3} = 10\mu S.$$

$$D = \frac{2t_{on}}{T_s} = \frac{2 \cdot t_{on}}{10\mu s}$$

$$t_{on} = \frac{D \cdot 10\mu S}{2} = \frac{0.8 \cdot 10\mu s}{2} = 4\mu S$$

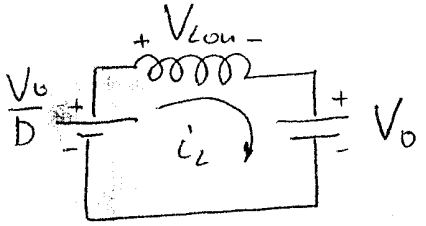


$$L = \frac{V_{L_{on}} t_{on}}{\Delta I}$$

$$\Delta I = 0.1 I_o = 0.1 \frac{P_o}{V_o} = 0.1 \cdot \frac{500W}{5V} =$$

$$= 10A.$$

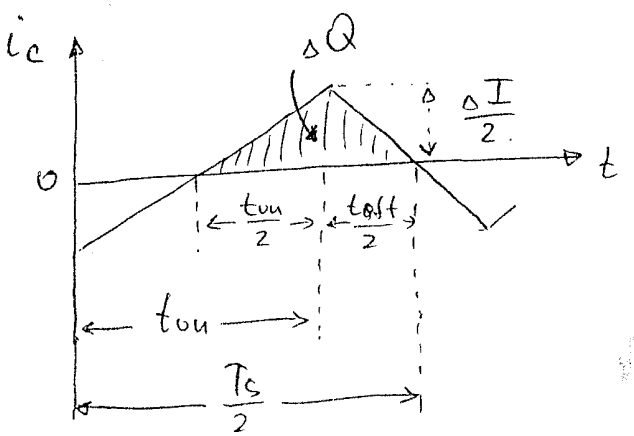
$$V_{L_{on}} = \frac{V_o}{D} - V_o = V_o\left(\frac{1}{D} - 1\right) = 5V\left(\frac{1}{0.8} - 1\right) = 1.25V.$$



$$L = \frac{V_{L_{on}} \cdot t_{on}}{\Delta I} = \frac{1.25V \cdot 4 \cdot 10^{-6}S}{10A} = 0.5\mu H$$

$I_o = 100A > \Delta I = 10A$, אז מצב הפעולה

. CCM - הוא



$$\Delta Q = \Delta I \cdot \Delta t = \frac{\Delta I}{2}\left(\frac{1}{2}t_{on} + \frac{1}{2}t_{off}\right) \cdot \frac{1}{2} =$$

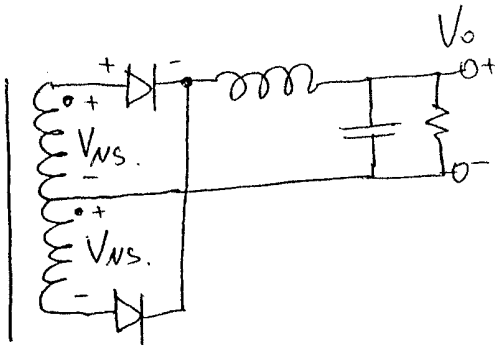
$$= \frac{\Delta I \cdot T_s}{16}$$

$$\Delta Q = C \Delta V.$$

$$C = \frac{\Delta I}{\Delta V} \cdot \frac{T_s}{16} = \frac{10A \cdot 10 \cdot 10^{-6}S}{200 \cdot 10^{-3}V \cdot 16} = 3.125\mu F$$

② $I_{D_{1,2}\,max} = I_o + \frac{\Delta I}{2} = 100 + \frac{10}{2} = 105\,A$

3.



$V_{D_{1,2}\,max} = 2V_{NS} - V_{D_{1,2}}.$

$V_{NS} = \frac{V_o}{D} + V_{D_{1,2}}$

$V_{D_{1,2}\,max} = \frac{2V_o}{D} + V_{D_{1,2}} = \frac{2 \cdot 5V}{0.8} + 0.4V = 12.9\,V$

$V_{D_{1,2}} \simeq 0.4V$

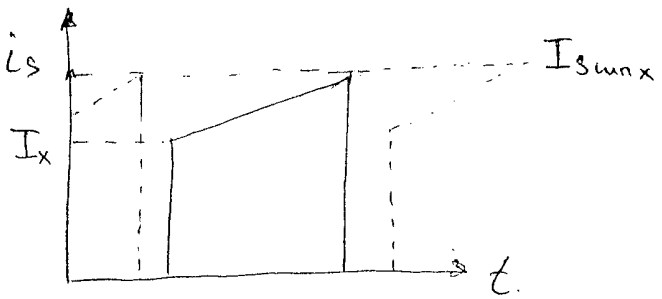
$I_{S\,max} = \frac{N_S}{N_P} \cdot I_{D_{1,2}\,max}$

$V_{NS} = V_{in} \cdot \frac{N_S}{N_P}$ $\qquad \frac{N_S}{N_P} = \frac{V_{NS}}{V_{in}} = \frac{\frac{V_o}{D} + V_{D_{1,2}}}{V_{in}} =$

$V_{NS} = \frac{V_o}{D} + V_{D_{1,2}}. \qquad = \frac{\frac{5V}{0.8} + 0.4}{300} = 22.17 \cdot 10^{-3}$

$I_{S\,max} = 22.17 \cdot 10^{-3} \cdot 105A = 2.33A.$

$V_{S\,max} = V_{in} = 300V.$



3.3.

$V_{R_S} = R_S \cdot I_{S\,max}.$

$V_{R_S} = K V_o.$

$R_S \cdot I_{S\,max} = K V_o.$

$R_S = K \frac{V_o}{I_{S\,max}} = K \cdot \frac{5V}{2.33A} =$

$R_S = 2.15K\,(\Omega).$

(3)

$R_{ds_{on}} \cong 0.3\,\Omega$ /1N3 3.

$$P_{D_{1,2}} = V_{D_{1,2}} \cdot I_o = 0.4V \cdot 100A = 40W$$

$$P_S = I^2_{S_{r.m.s}} \cdot R_{ds_{on}}$$

$$I^2_{S_{r.m.s}} = \frac{1}{T_S} \int_0^{t_{on}} i_S^2(t)\,dt.$$

$$i_S(t) = I_{x_S} + k \cdot t.$$

$$I_{x_S} = \frac{N_S}{N_P} \cdot I_{x_D} = \frac{N_S}{N_P}\left(I_o - \frac{\Delta I}{2}\right) = 22.17 \cdot 10^{-3} \cdot \left(100A - \frac{10A}{2}\right) =$$

$$= 2.11A.$$

$$K = \frac{N_S}{N_P} \cdot \frac{V_{L_{on}}}{L} = 22.17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1.25V}{0.5\mu H} = 55.43 \cdot 10^3 \frac{V}{H}$$

$$i_S(t) = 2.11 + 55.43 \cdot 10^3 t$$

$t_{on} = 4\mu S.$

$$\int_0^{t_{on}} (I_{x_S} + kt)^2 dt = \frac{1}{3k}(I_{x_S} + kt)^3 \Big|_0^{t_{on}} =$$

$$= \frac{1}{3k}\left[(I_{x_S} + kt)^3 - I_{x_S}^3\right] = \frac{1}{3 \cdot 55.43 \cdot 10^3}\left[(2.33)^3 - (2.11)^3\right] = 19.58 \cdot 10^{-6}.$$

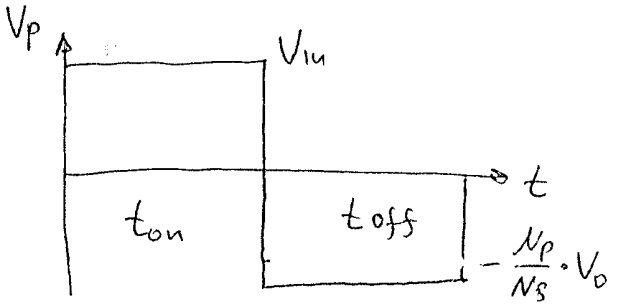
$$I^2_{S_{r.m.s}} = \frac{19.58 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6}} = 1.958\ A^2$$

$$P_S = 1.958 \cdot A^2 \cdot 0.3\,\Omega = 0.587\,W.$$

(1) 4. ON → 6kΩ

$A_w = 16a^2$, $A_e = 16a$, $A_e = a^2$, $B_{max} = 0.2\,T$, $f_s = 50\,kHz$ /10

$V_{in} = 300V$, $V_o = 24V$, $P_o = 100W$, $L_p = 10mH$, $D = 0.5$, $J_{max} = 4\,\frac{A}{mm^2}$



4.1.

$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{50\cdot10^3\,Hz} = 20\mu s.$

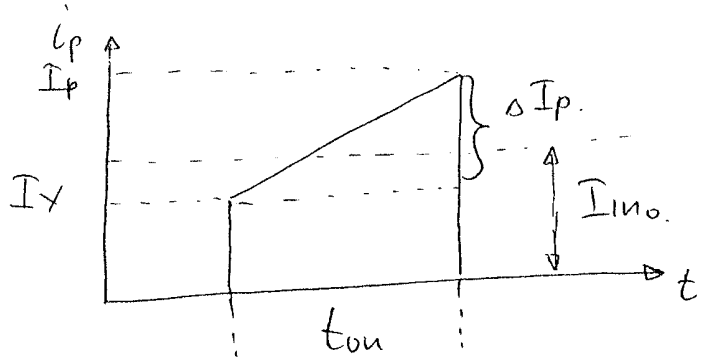
$D = 0.5 \Rightarrow t_{on} = t_{off} = 10\mu s$

$$V_p = N_p \frac{d\Phi}{dt} = N_p \frac{A_e\, dB}{dt} = N_p \frac{A_e \Delta B}{t_{on}} = V_{in}$$

$$N_p = \frac{V_{in}\cdot t_{on}}{A_e\cdot\Delta B} = \frac{2\,V_{in}\,t_{on}}{A_e\cdot B_{max}} = \frac{2\cdot300V\cdot10\cdot10^{-6}s}{a^2\cdot0.2} = \frac{0.03}{a^2}\ turns.$$

$$\Delta B = \frac{B_{max}}{2}$$

$$A_{cu} = \frac{I_{p\,max}}{J_{max}}$$



$$I_{ino} = \frac{P_{in}}{V_{in}} = \frac{100W}{300V} = 0.333A$$

$$I_{ino} = \left(I_x + \frac{\Delta I_p}{2}\right)\cdot\frac{t_{on}}{T_s} \Rightarrow I_x = I_{ino}\frac{T_s}{t_{on}} - \frac{\Delta I_p}{2}$$

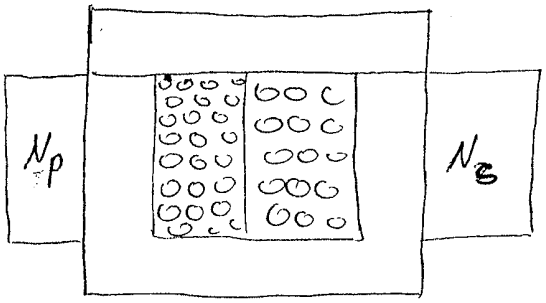
$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{N_s}{N_p}\cdot\frac{D}{1-D} = \frac{N_s}{N_p}\cdot\frac{0.5}{0.5} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{24V}{300V} = 0.08.$$

$$\Delta I_p = \frac{V_{in}\cdot t_{on}}{L_p} = \frac{300V\cdot10\cdot10^{-6}}{10\cdot10^{-3}\,H} = 0.3A.$$

$$I_x = 0.333A\cdot\frac{20\cdot10^{-6}s}{10\cdot10^{-6}s} - \frac{0.3A}{2} = 0.516\,A.$$

② $I_{p\,max} = I_x + \Delta I_p = 0.516 + 0.3 = 0.816\ A.$

$$A_{cu} = \frac{I_{p\,max}}{J_{max}} = \frac{0.816\ A}{4\ \frac{A}{mm^2}} = 0.204\ mm^2$$



$$A_w \cdot K = \underline{\underline{2}} \cdot N_p \cdot A_{cu}.$$

$K = 0.4.$

$$16a^2 \cdot 0.4 = 2 \cdot \frac{0.03}{a^2} \cdot 0.204\ mm^2$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 0.03 \cdot 0.204 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 0.4}} = 6.61 \cdot 10^{-3}\ m = 6.61\ mm$$

4.2.

$$L_p = \frac{\mu_0 \mu_e \cdot N_p^2 \cdot A_e}{A_e}$$

$$\mu_e = \left.\frac{1}{\frac{1}{\mu_r} + \frac{l_g}{A_e}}\right|_{\mu_r \to \infty} = \frac{A_e}{l_g}.$$

$$L_p = \frac{\mu_0 \cdot \frac{A_e}{l_g} \cdot N_p^2 \cdot A_e}{A_e} = \frac{\mu_0 N_p^2 \cdot A_e}{l_g}.$$

$$l_g = \frac{\mu_0 N_p^2 \cdot A_e}{L_p} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{0.03}{(6.61 \cdot 10^{-3})^2}\right)^2 \cdot (6.61 \cdot 10^{-3})^2}{10 \cdot 10^{-3}\ H} =$$

$$= 2.59 \cdot 10^{-3}\ m = 2.59\ mm.$$

$$\mu_e = \frac{A_e}{l_g} = \frac{16 \cdot 6.61\ mm}{2.59\ mm} = 40.83.$$