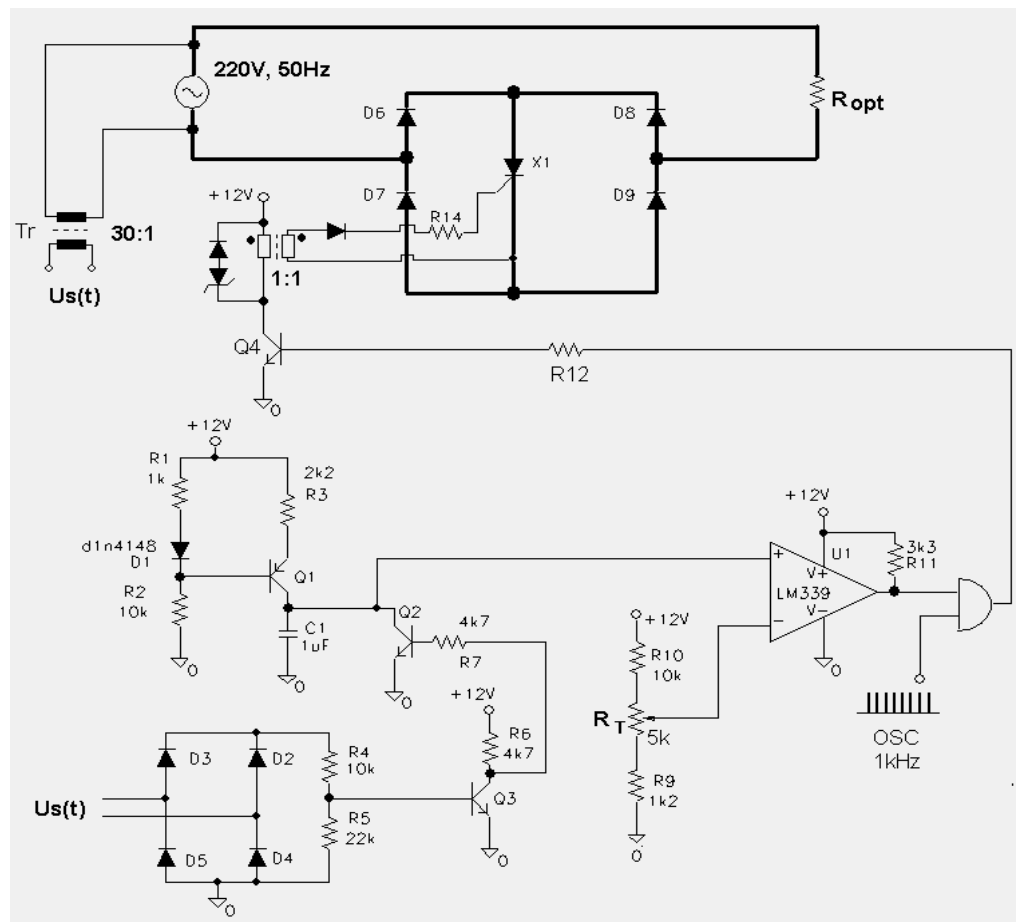


VISER-SNET

UPRAVLJANJE ELEKTROENERGETSKIM PRETVARAČIMA

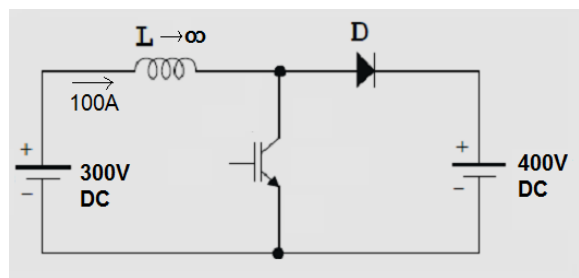
REŠENJA ZADATAKA - I KOLOKVIJUM

1.Zadatak



Za tiristorski pretvarač na slici je dato upravljačko kolo. Otpornost opterećenja je $R_{opt} = 20\Omega$. Odrediti opseg regulacije snage na opterećenju. Smatrati da je prag provođenja signalnih dioda $0.7V$. Svi signalni tranzistori imaju pojačanje $\beta=200$. Za sve signalne tranzistore usvojiti da je napon B-E u stanju zasićenja jednak $0.7V$, napon C-E jednak $0.2V$. U slučaju čisto induktivnog opterećenja projektovati razdelnik R10-RT-R9 da bi se postigao puni opseg regulacije.

2.Zadatak



U kolu na slici je potrebno meriti trenutnu vrednost struje IGBT tranzistora. Na raspolaganju su LEM strujni senzori prenosnog odnosa $1:10000$, napona napajanja $\pm 15V$ DC, ali različitih propusnih opsega $1MHz$, $50MHz$ i $200MHz$ i opsega struja $100A$, $150A$ i $300A$. Povraćeno naelektrisanje diode kod isključenja je $Q_{rr} = 1.5\mu C$. Vreme oporavka diode je $100ns$. Očekuje se strujno preopterećenje od 30% . Odabrati potreban LEM senzor, nacrtati šemu merenja struje i dimenzionisati merni otpornik tako da se na njemu obezbedi naponski signal za standardni industrijski merni opseg $0-10VDC$.

3.Zadatak

Tiristor se upotrebljava za uključenje grejača snage $5kW$ na izvor jednosmernog napona $110V$. Potrebno je odrediti minimalnu vrednost induktivnosti potrebnu da se prilikom uključanja tiristora ne prekorači maksimalna dozvoljena brzina porasta struje od $100A/\mu s$. Odrediti minimalno potrebno trajanje okidnog impulsa tiristora ukoliko se na red sa gejačem veže prigušnica $20mH$. Struja „hvatanja” (latchig current) tiristora je $100mA$.

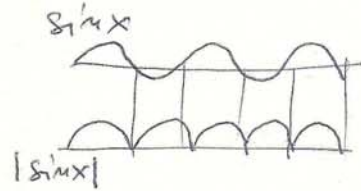
ZADATAK 1

1

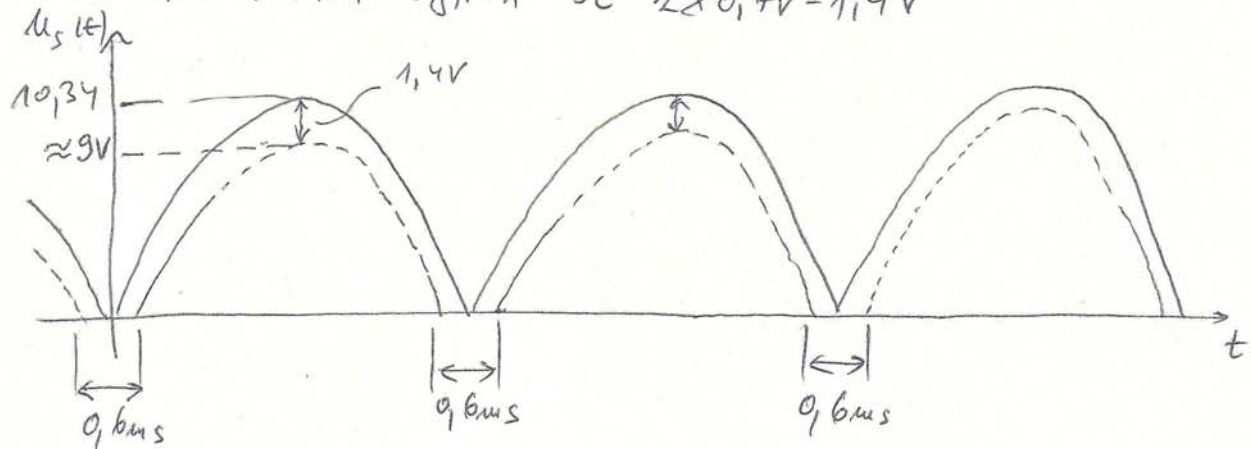
SINHRONIZACIONI NAPON $U_s(t) = \frac{220\sqrt{2}}{30} \sin \omega t = 10,34 \sin \omega t$ [V]

IZLAZNI NAPON GREC IPRAVLJACA JE :

$$U_g(t) = |U_s(t)| = 10,34 |\sin \omega t|$$



OBZIROM DA U ŽEONOJ POLUPERIODI
PROVODE PO DVE DIODE U GRECU
PAO NAPONA NA NJIMA JE $2 \times 0,7V = 1,4V$



TRANZISTOR Q_3 ODLAZI U ZAPICENJE KADA NAPON NA NJEGOVI
SPON B-E POSTANE ŽEONJE 0,7 V.

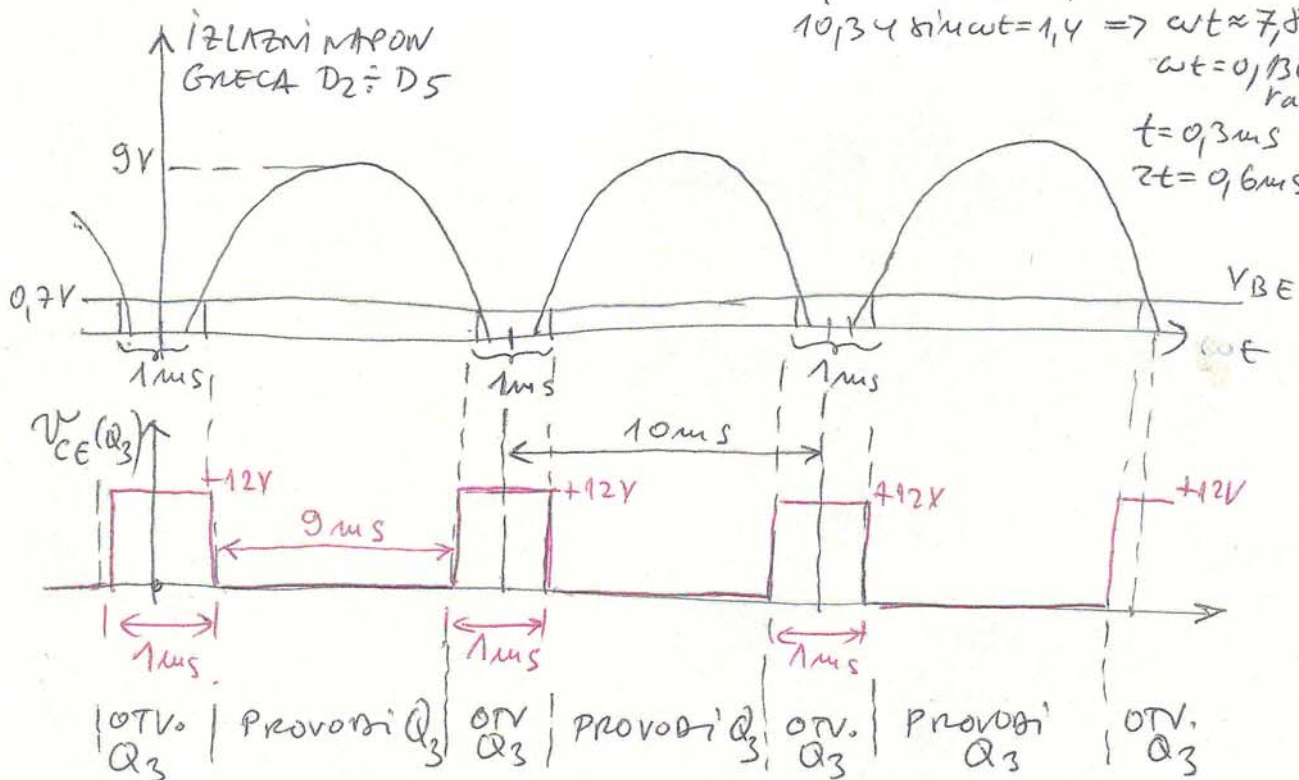
$$10,34 \sin \omega t - 1,4 = 0$$

$$10,34 \sin \omega t = 1,4 \Rightarrow \omega t \approx 7,8^\circ$$

$$\omega t = 0,136 \text{ rad}$$

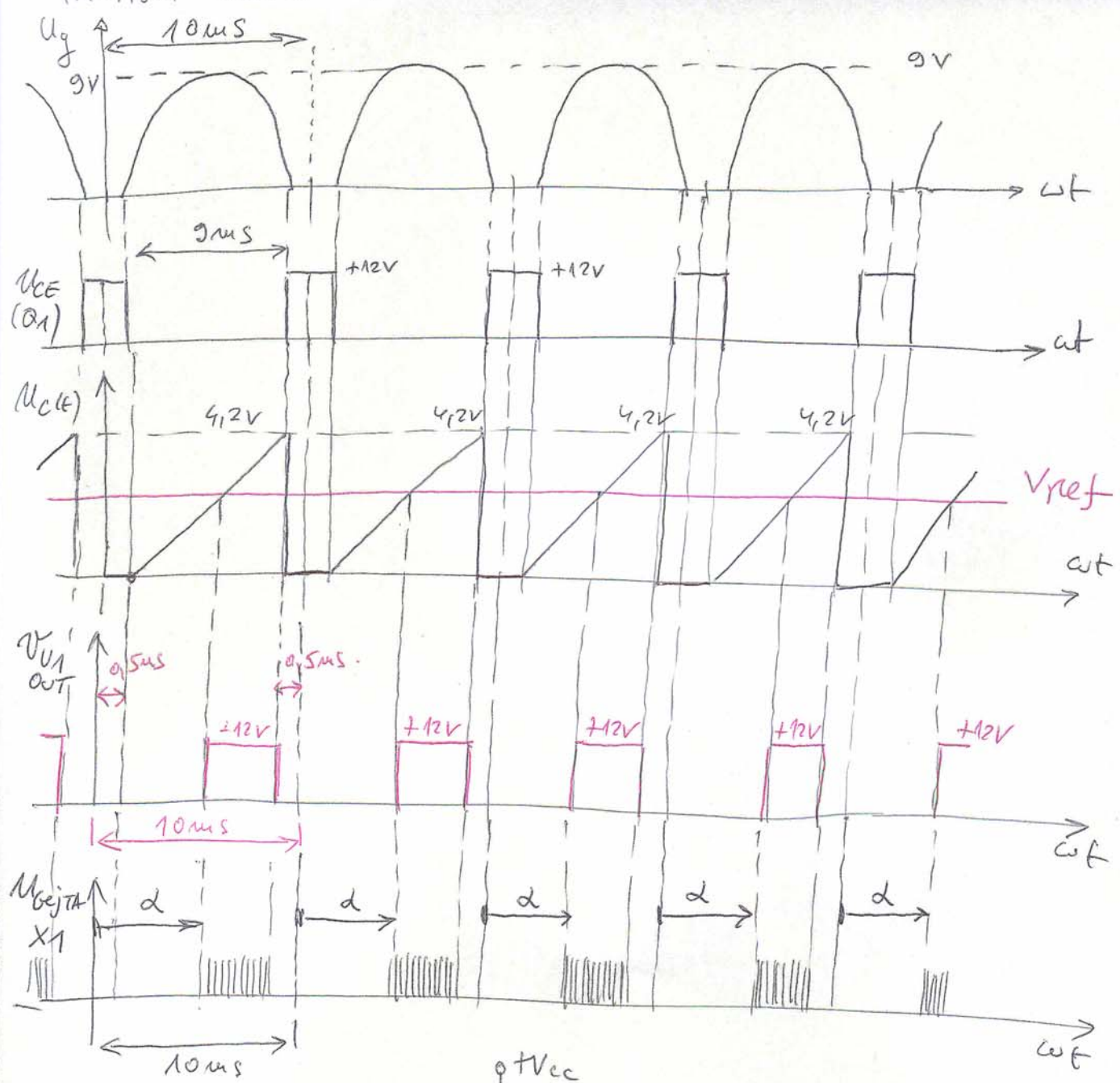
$$t = 0,3 \text{ ms}$$

$$2t = 0,6 \text{ ms}$$



TALASNI OBLICI KARAKTERIST. VEĆINA

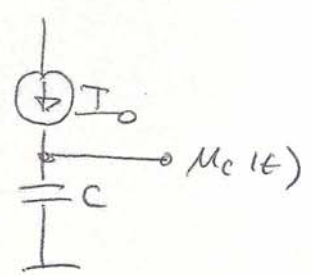
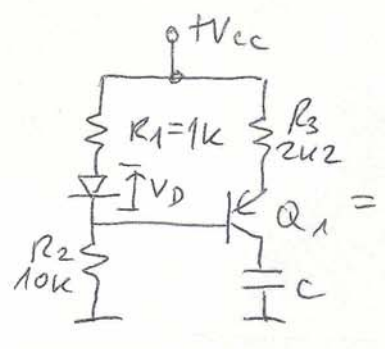
(2)



STRUKTURA IZVORA

$\beta_1: \beta = 200$

$i_b(Q_1) \ll i_{c1}(Q_1)$



$$\frac{V_{cc} - V_D}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = V_{R3} = R_3 I_{R3} \Rightarrow$$

$$I_{R3} = I_0 = \frac{V_{cc} - V_D}{R_1 + R_2} \cdot \frac{R_1}{R_3}$$

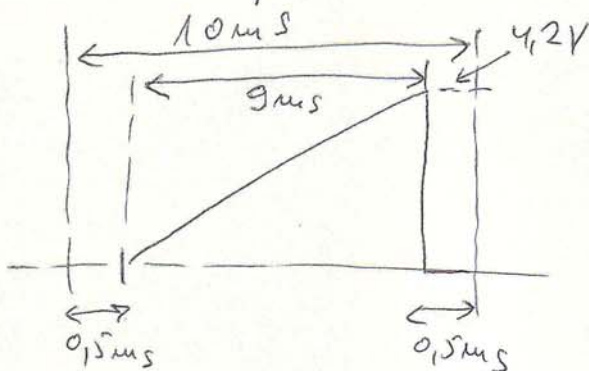
STRUKTURA STIMANOG
IZVORA I_0

$$I_0 = \frac{12 - 0,7}{10k + 1k} \cdot \frac{1k}{2k2} = 0,466 \text{ mA}$$

(3)

$$M_c(t) = \frac{I_0}{C} \cdot t \quad (\text{LINEARNA FUNKCIJA VREMENA})$$

$$M_c(t) = \frac{0,466 \text{ mA}}{1 \text{ pF}} \cdot t = 0,466 \left[\frac{\text{V}}{\text{ms}} \right] \cdot t [\text{ms}]$$



$$\Delta t = 9 \text{ ms}$$

$$\Delta V_c = 0,466 \cdot 9 = 4,2 \text{ V}$$

POSTAVIMO RZDLENIK $R_{10} - R_T - R_g$. ODRADIĆEMO GRANIČNE VREDNOSTI V_{REF}

V_{REF}^H (GORNJA GRANIČNA VREDNOST) H - High

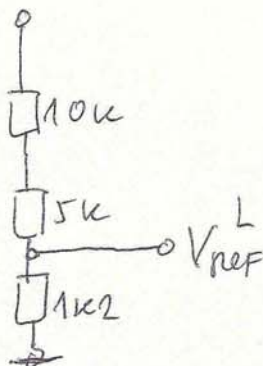
$$+V_{CC} = 12 \text{ V}$$



$$V_{REF}^H = \frac{5k + 1k2}{10k + 5k + 1k2} \cdot V_{CC}$$

$$= \frac{6,2}{16,2} \cdot 12 = 4,6 \text{ V}$$

V_{REF}^L (DONJA GRANIČNA VREDNOST) L - Low

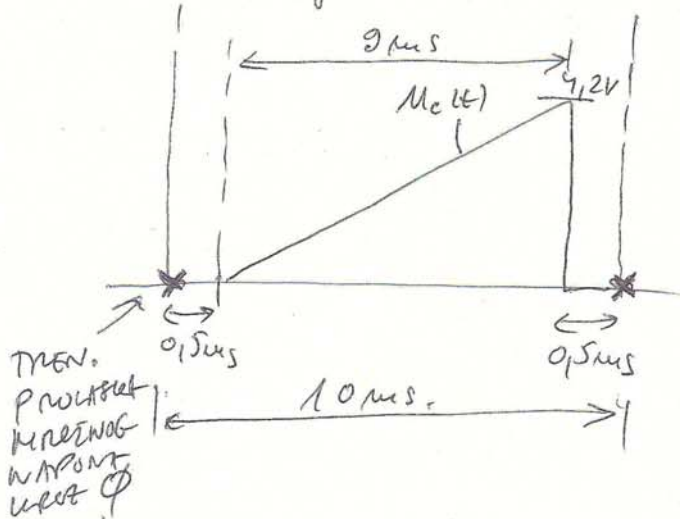


$$V_{REF}^L = \frac{1k2}{10k + 5k + 1k2} \cdot V_{CC}$$

$$= \frac{1,2}{16,2} \cdot 12 = 0,88 \text{ V}$$

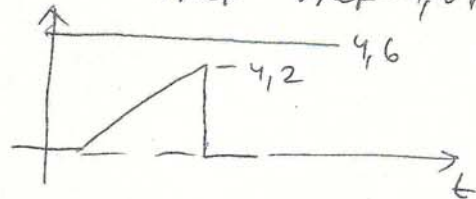
ODNEŠENJE OPRECA UGLOVA α

(4)



$$u_c(t) = 0.466 \left[\frac{V}{ms} \right] \cdot t[ms]$$

UKADA JE $V_{ref} = V_{ref}^H = 4.6V$



IZLIZ KONPARACIJA JE "0"
TAKO DA JE GLAVNI DIRIGENT
 X_1 - BLOKIRAN

UKADA JE $V_{ref} \approx 4.2V$

TAKO DA JE $\alpha_2 \approx 180^\circ$

TAKO DA JE I TAKO
PRIMERNO X_1 BLOKIRAN.

UKADA JE $V_{ref} = V_{ref}^L = 0.88V$ TAKO DA JE :

$$0.88 = 0.466 \left[\frac{V}{ms} \right] \cdot t[ms]$$

$$t[ms] = 1.88ms$$

$$\text{UKUPNO TRAJANJE KONTROLNE JE } t_f = 0.5ms + 1.88ms = 2.38ms.$$

$$\text{ZA } t_f = 2.38ms$$

$$\alpha_1 = \omega t_f = 314 \cdot 2.38 \cdot 10^{-3} = 0.747 \text{ rad}$$

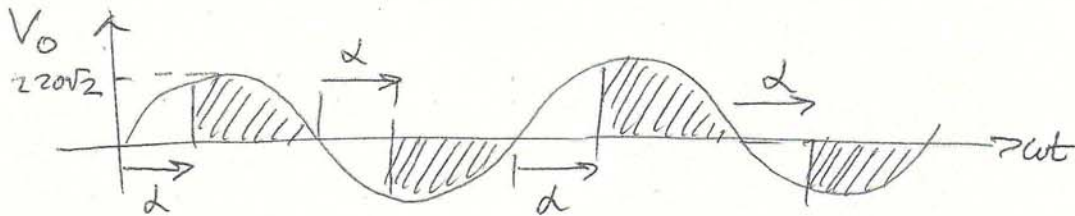
OPREK PROJEKTOVANJE UGLOVA α JE

$$0.747 \leq \alpha \leq 3.14 \text{ (rad)} \quad |4|$$

$$42.82^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ [^\circ]$$

(5)

Изрази мачон на оптерећење је



$$V_o = V_s \sqrt{1 - \frac{\alpha(\text{rad})}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (\text{Ефективна вредност})$$

Снага мача је изразит на оптерећење је

$$P = \frac{V_s^2}{R} \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^2 \quad \begin{cases} \alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2 \\ 0,747 \leq \alpha \leq \pi \\ 42,82^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ \end{cases}$$

о релативне
мача α

$$P(\alpha_1) = P(42,82^\circ) = \frac{220^2}{20} \left(1 - \frac{0,747}{\pi} + 0,158 \right)$$

$$P(\alpha_1) = 2,42 \text{ kW} (1 - 0,238 + 0,158) = 2,22 \text{ kW}$$

$$P(\alpha_2) = P(180^\circ) = 0 \text{ kW}$$

О релативне снаге и ову снагу је од

0 ... 2,22 kW тј.

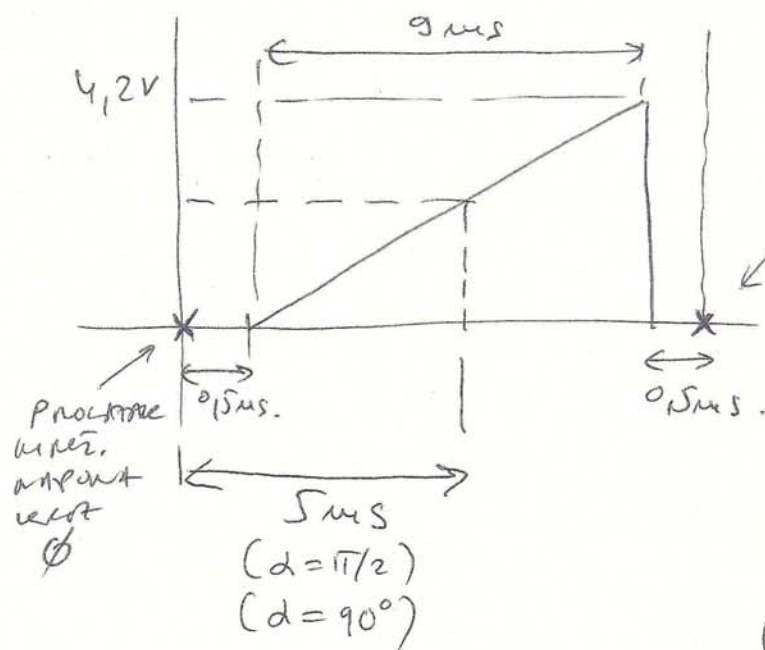
$$0 \leq P \leq 2,22 \text{ kW}$$

Уколико имамо инверзно оптерећење
о релативне мача мача мача мача

$$\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi$$

$$90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$$

6



$$5 - 0,5 = 4,5 \text{ ms.}$$

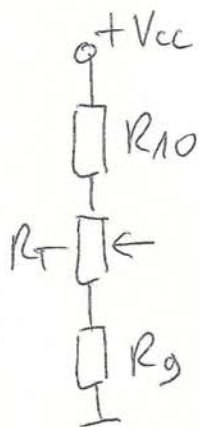
$$U_c(t) = 0,466 \left[\frac{V}{ms} \right] \cdot t [ms]$$

$$U_{c1} = 0,466 \cdot 4,5 = 2,1V$$

$$U_{c2} = 4,2 \rightarrow \lambda = 9,5 \text{ ms} \cdot 314 = 2,983 \text{ rad.}$$

OPRĘG PRÓWENIE NAPIĘCIA V_{ref} W OWAJ SUCYON 2E

$$V_{ref}^L (= 2,1V) < V_{ref} < V_{ref}^H (= 4,2V)$$



$$\frac{V_{cc}}{R_g + R_{10} + R_T} (R_T + R_g) = 4,2V = V_{ref}^H$$

$$\frac{V_{cc}}{R_g + R_{10} + R_T} \cdot R_g = 2,1V = V_{ref}^L$$

$$\frac{R_T + R_g}{R_g} = 2 \quad (\text{podeci'li' sumo GORZEDRE DEJATEWE})$$

$$\frac{R_T}{R_g} = 2 - 1 = 1$$

$$\frac{R_T}{R_g} = 1 \Rightarrow R_T = R_g$$

7

$$\frac{2 R_T}{2 R_T + R_{10}} = 4,2V/12V = 0,35 \Rightarrow 1 + \frac{R_{10}}{2 R_T} = 2,857$$

$$\frac{R_{10}}{R_T} = 3,71$$

$$\frac{R_T}{2 R_T + R_{10}} = 2,1/12 = 0,175$$

$$R_{10} = 3,71 R_T$$

$$\frac{R_T}{2 R_T + 3,71 R_T} = 0,175 \Rightarrow \frac{5,71 R_T}{R_5} = 5,71$$

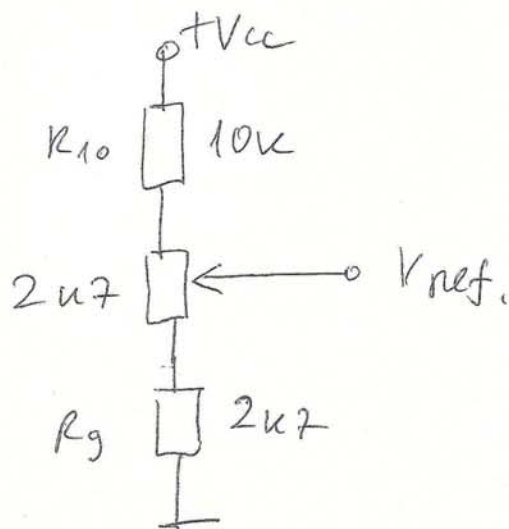
$$R_g = R_T$$

$$R_{10} = 3,71 R_T$$

uzimanje:
 $R_{10} = 10k$

$$R_g = 2,7k$$

$$R_T = \frac{10k}{3,71} = 2,7k$$



$$\frac{2 \cdot 2,7}{10 + 2,7 + 2,7} \cdot V_{cc} = 4,2V \quad \checkmark$$

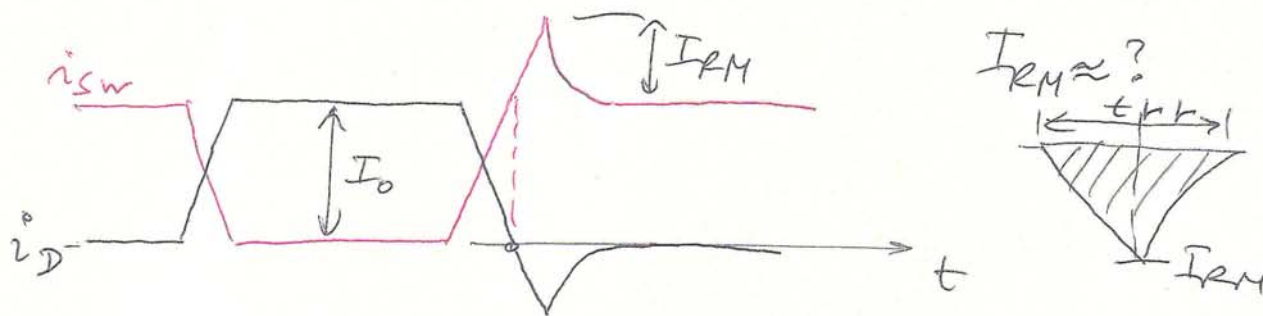
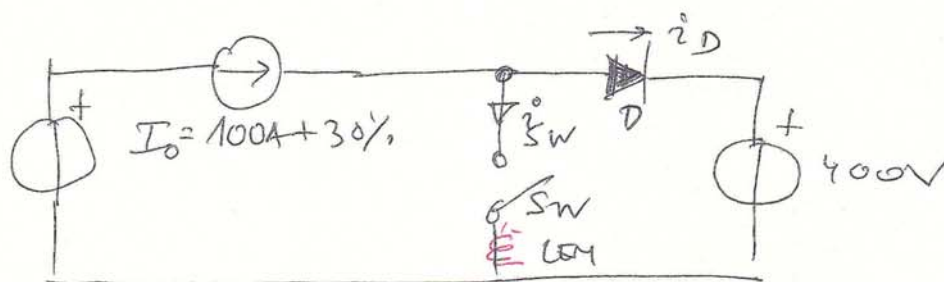
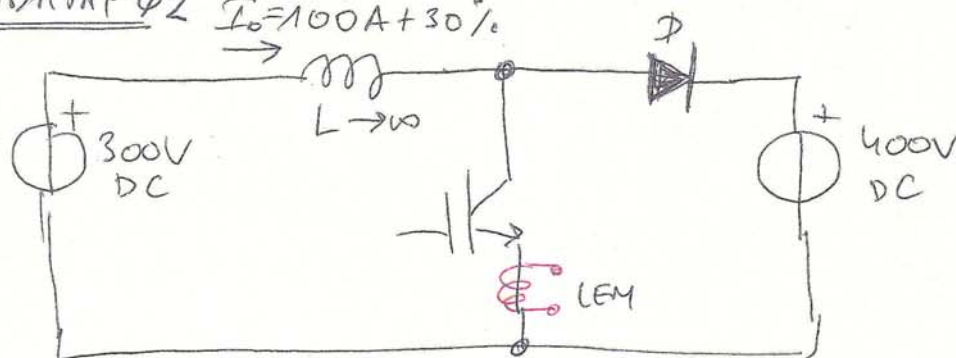
$$\frac{2,7}{10 + 2,7 + 2,7} \cdot V_{cc} = 2,1V \quad \checkmark$$

NOVI KIRKOVIC ZA SUMAR CIRKOV IHDUVANOG
 OPTREDEGA

ZADATAK 2

$$I_0 = 100A + 30\%$$

(1)



$$\frac{I_{RM} \cdot t_{rr}}{2} = Q_{rr} \Rightarrow I_{RM} \approx \frac{2Q_{rr}}{t_{rr}}$$

$$I_{RM} \approx 2 \cdot \frac{1,5 \mu}{100n} = 2 \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-9}} \approx 30A$$

$$\text{Očekivana snaga je } 1,3 \cdot 100A + 30A = 160A$$

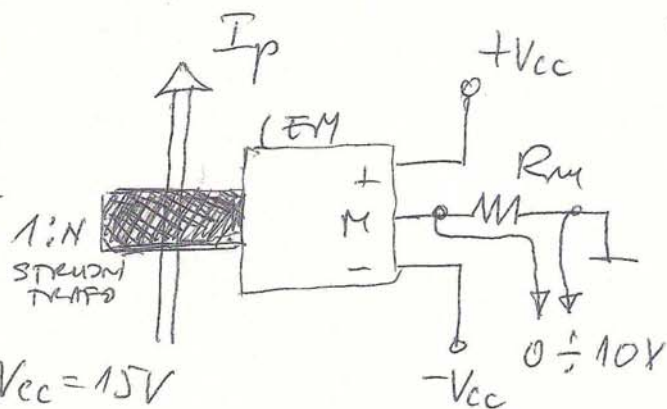
$$\text{Obratno da se vrijeme izlaska} \approx 2 \cdot 100ns = 200ns$$

$$\text{Propusni opseg mora biti veći od } \frac{1}{200ns} = 5 \text{ MHz}$$

Iz ova dva uslova biramo LEM sa snagom 7A
snagu priključa $I_p = 300A$, propusnog opsega 50MHz.

$$I_p = 160A$$

$$\frac{I_p}{N} = \frac{160A}{10000} = 16mA$$



$$R_m \cdot \frac{I_p}{N} = 10V < V_{cc} = 15V$$

$$R_m = \frac{10V}{16mA} = 625\Omega \rightarrow \text{nearest value}$$

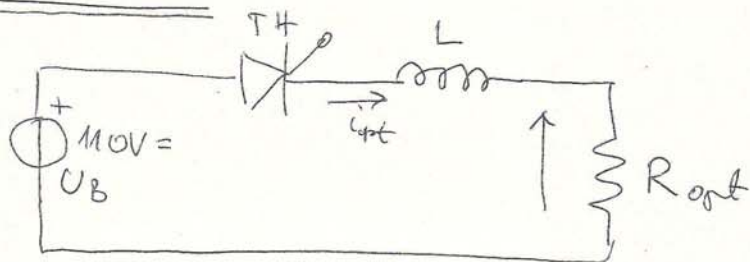
$$R_m = 620\Omega. \quad 620\Omega \cdot 16mA = 9,92V < 10V$$

$$P_D = R_m I_s^2 = 620 \cdot 16^2 \cdot (10^{-3})^2 = 0,158W \rightarrow \text{maximum}$$

$$R_m: \quad 620\Omega / 0,5W, \quad \text{TAZNOCT} < 1\%$$

$$= 0,1\%$$

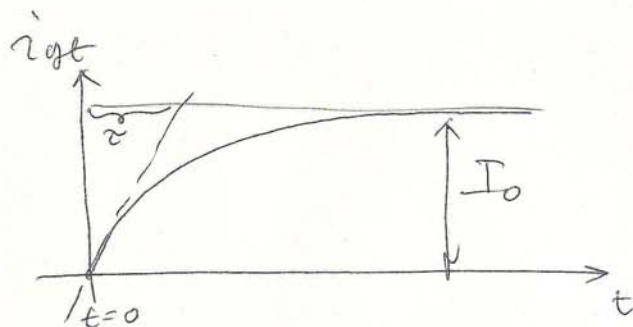
ZADATKE 3



$$P_{opt} = 5 \text{ kW}$$

$$P_{opt} = \frac{U_{opt}^2}{R_{opt}}$$

$$R_{opt} = \frac{110^2}{5000 \text{ W}} = 2,42 \Omega$$



$$i_{opt} = i_L(t) = \frac{U_B}{R_{opt}} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$\tau = \frac{L}{R_{opt}}$$

$$\left(\frac{di}{dt} \right)_{\max} = -\frac{U_B}{R_{opt}} \left(-\frac{1}{\tau} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{U_B}{R_{opt}} \cdot \frac{1}{\frac{L}{R_{opt}}} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\left(\frac{di}{dt} \right)_{\max} \Big|_{t \rightarrow 0} = \frac{U_B}{L} \leq 100 \text{ A}/\mu\text{s}$$

$$L \geq \frac{110 \text{ V}}{\frac{100 \text{ A}}{\mu\text{s}}} = 1,1 \mu\text{H} \quad L_{\min} = 1,1 \mu\text{H}$$

$$\boxed{L_{\min} = 1,1 \mu\text{H}}$$

$$I_0 = \frac{U_B}{R_{opt}} = \frac{110 \text{ V}}{2,42 \Omega} = 45,45 \text{ A}$$

$$i(t) = I_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad L_d = 20 \mu\text{H}$$

$$I_L = I_0 (1 - e^{-\frac{t_{\min}}{\tau}}) \rightarrow t_{\min} = -\frac{L_d}{R_{opt}} \ln\left(1 - \frac{I_L}{I_0}\right)$$

"LATCHING CURRENT"

$$L_d = 20 \mu\text{H} \quad I_L = 9,1 \text{ A}$$

$$R_{opt} = 2,42 \quad I_0 = 45,45 \text{ A}$$

$$t_{\min} = 18,2 \mu\text{s} \quad t_{\text{cejsa}} \geq 18,2 \mu\text{s}$$

$$\text{USM5A se } t_c \approx 40 \mu\text{s}$$