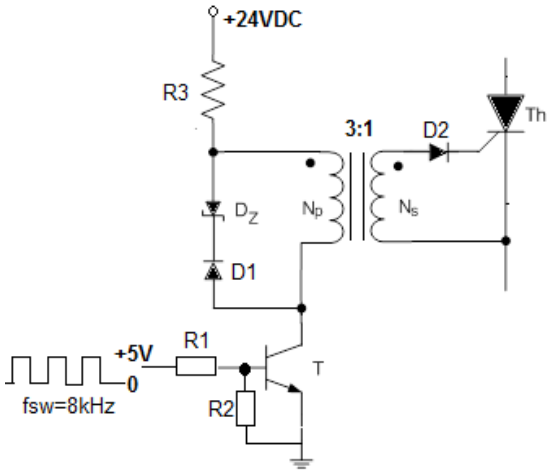
VISER- Master studije(elektrotehničko inženjerstvo) **ISPIT – FEB 2018**
predmet: Projektovanje El.En. Pretvarača -PEEP 2017/2018 **(ispit traje 3h)**

REŠENJE

1.ZADATAK: Monofazni AC/AC pretvarač sa anti-paralelnom spregom služi za regulaciju snage otpornog potrošača koji se napaja iz mreže 380V±15%, 50Hz. Na raspolaganju su: tiristorski moduli SKKT460 čiji su podaci dati u Tabeli 1 i hladnjaci serije P16 sa ventilatorom SKF16B čije su karakteristike date u prilogu.
(a) Zahtevana snaga opterećenja je 240kW, maksimalno dozvoljena temperatura silicijuma 110°C, a temperatura okoline se menja u opsegu -10°C...+40°C. Dimenzionisati sistem hlađenja pretvarača i za tako dimenzionisani sistem odrediti na kojoj maksimalnoj temperaturi se nalazi hladnjak.
(b) Dimenzionisati zaštitno kolo „du/dt“ za tiristore.



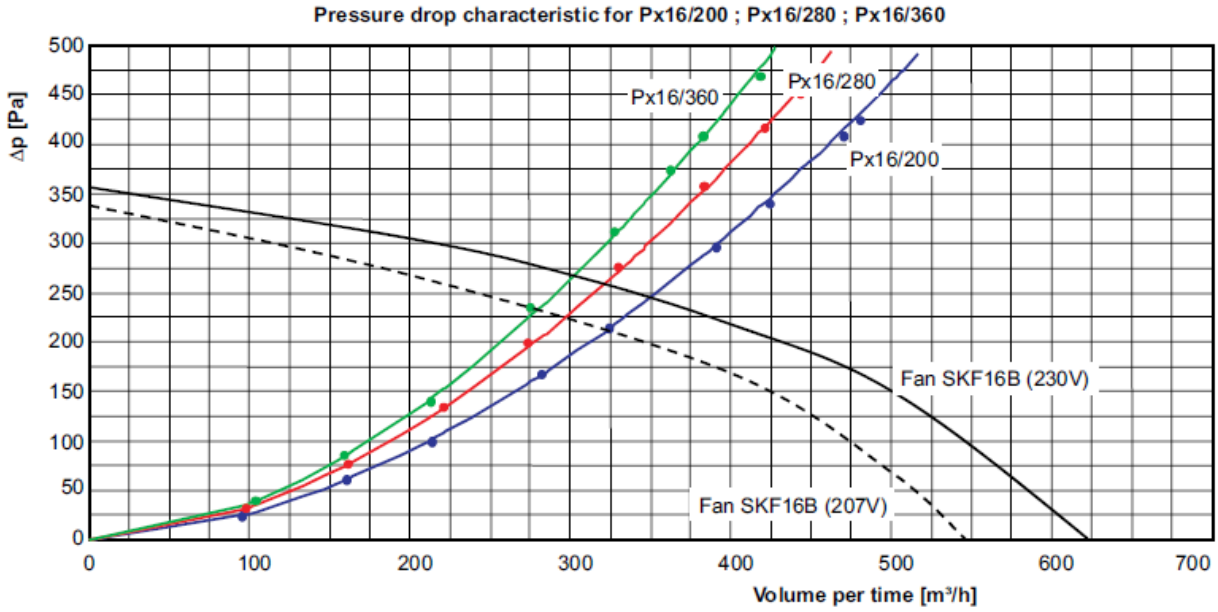
(c) Dimenzionisati pobudno kolo tiristora prikazano na slici (R1, R2, R3, Vz) , uz pretpostavku da je u kolu gejta tiristora potrebno ostvariti struju od 2A pri naponu gejt-katoda od 3V.
NAPOMENE:
Usvojiti da je pad napona na diodama 0.6V, napon V_{bes}=0.7V, napon V_{ces}=0.2V, pojačanje tranzistora h_{fe}=350. Induktivnost magnećenja impulsnog transformatora je 60mH, dok je njegova rasipna induktivnost zanemarljiva.

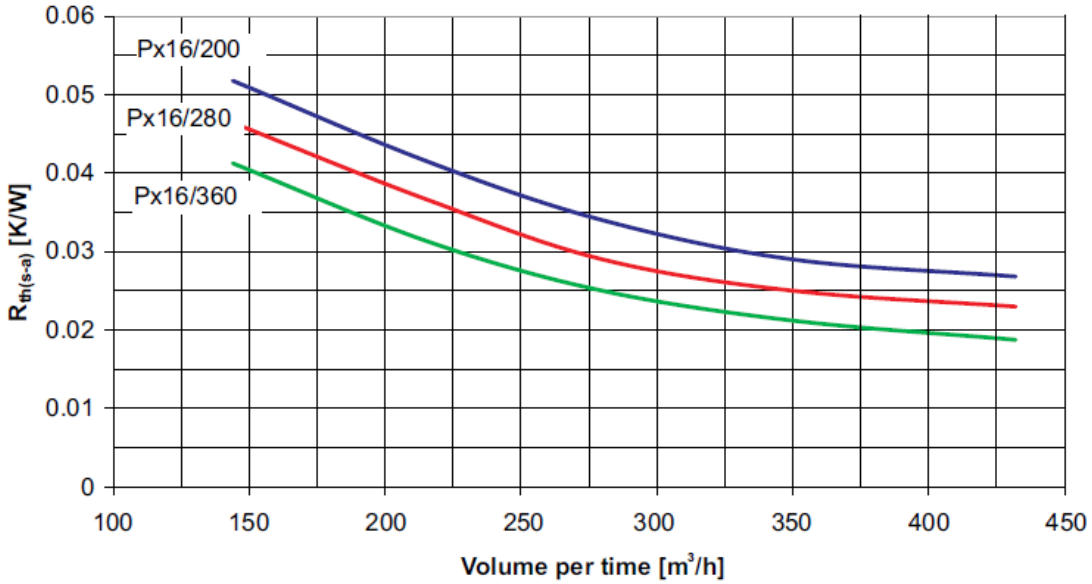
PRILOG ZA ZADATAK 01:

Tabela 1-Karakteristike tiristorskog modula SKKT460

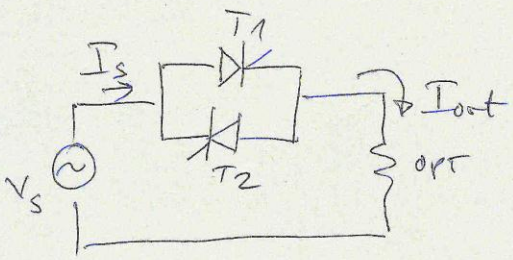
Symbol	Conditions	Values	Units
I_{TAV}	sin. 180; T_c = 85 (100) °C;	460 (335)	A
I_{TSM}	T_{vj} = 25 °C; 10 ms	18000	A
	T_{vj} = 130 °C; 10 ms	15500	A
i^2t	T_{vj} = 25 °C; 8,3 .. 10 ms	1620000	A^2s
	T_{vj} = 130 °C; 8,3 ... 10 ms	1200000	A^2s
V_T	T_{vj} = 25 °C; I_T = 1400 A	max. 1,6	V
$V_{T(TO)}$	T_{vj} = 130 °C	max. 0,88	V
r_T	T_{vj} = 130 °C	max. 0,45	mΩ
I_{DD}; I_{RD}	T_{vj} = 130 °C; V_{RD} = V_{RRM}; V_{DD} = V_{DRM}	max. 240	mA
t_{gd}	T_{vj} = 25 °C; I_G = 1 A; di_G/dt = 1 A/µs	1	µs
t_{gr}	V_D = 0,67 * V_{DRM}	2	µs
$(di/dt)_{cr}$	T_{vj} = 130 °C	max. 250	A/µs
$(dv/dt)_{cr}$	T_{vj} = 130 °C	max. 1000	V/µs
t_q	T_{vj} = 130 °C ,	100 .. 200	µs
I_H	T_{vj} = 25 °C; typ. / max.	150 / 500	mA
I_L	T_{vj} = 25 °C; R_G = 33 Ω; typ. / max.	300 / 2000	mA
V_{GT}	T_{vj} = 25 °C; d.c.	min. 3	V
I_{GT}	T_{vj} = 25 °C; d.c.	min. 200	mA
V_{GD}	T_{vj} = 130 °C; d.c.	max. 0,25	V
I_{GD}	T_{vj} = 130 °C; d.c.	max. 10	mA
$R_{th(j-c)}$	cont.; per thyristor / per module	0,072 / 0,035	K/W
$R_{th(j-c)}$	sin. 180°; per thyristor / per module	0,074 / 0,037	K/W
$R_{th(j-c)}$	rec. 120°; per thyristor / per module	0,078 / 0,039	K/W
$R_{th(c-s)}$	per thyristor / per module	0,02 / 0,01	K/W
T_{vj}		- 40 ... + 130	°C
T_{stg}		- 40 ... + 125	°C

Karakteristike hladnjaka i ventilatora





REŠENJE 1 ZADATKA (FEB 2018) PEEP (1)



$V_s = 380\,V \pm 15\%, 50Hz$

a) $P_{opt} = 240\,kW$

kritični slučaj je kad je napon mrežni najniži (jer je tada veća struja)

$V_s = 380 - 0{,}15 \cdot 380 = 323\,V$

$$I_{opt} = \frac{P}{V_{smin}} = \frac{240\,kW}{323\,V} = 743\,A \quad \text{(efektivna vrednost)}$$

$I_{opt} = I_{seff} = 743\,A$ maksim. vrednost $I_m = \sqrt{2} I_{seff}$

$I_m = 1047{,}63\,A$

Za svaki od tiristora važi:

$$I_{T1sr} = I_{T2sr} = \frac{I_m}{2} = 523{,}81\,A \quad \text{(sr. vrednost struje)}$$

$$I_{T1sr} = I_{T2sr} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{1047{,}63}{3{,}14} = 333{,}64\,A \quad \text{(sred. vred. struje)}$$

Iz tabele 1 usvajamo da je tiristora

$V_{T0} \simeq 0{,}9\,V$ (može i $\approx 1\,V$) i $r_d = 0{,}45\,m\Omega$

Disipacija snage na svakom od tiristora

$$P_{tot1}^{(1)} = V_{T0} \frac{I_m}{\pi} + r_d I_{eff}^2 = V_{T0} \frac{I_m}{\pi} + r_d \left(\frac{I_m}{2}\right)^2$$

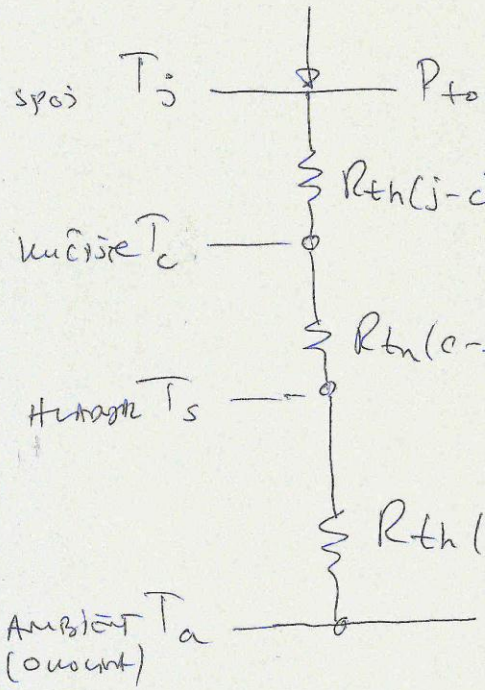
$$P_{tot1}^{(1)} = 1 \cdot \frac{1047{,}63}{\pi} + 0{,}45 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1047{,}63}{2}\right)^2$$

$$P_{tot1}^{(1)} = 333{,}64\,W + 123{,}47\,W = 457{,}1\,W$$

Ukupna snaga disipacije (pošto imamo dva tiristora na transformatoru)

$$P_{tot}^{\Sigma} = 2 P_{tot1}^{(1)} = 2 \cdot 457{,}1 = 914{,}22\,W$$

ELEKTRIČNA TERMIČKA ŠEMA



$$P_{tot} = \frac{T_j - T_a}{\Sigma R_{th}} = \frac{T_j - T_a}{R_{th(j-c)e} + R_{th(c-s)e} + \underbrace{R_{th(s-a)e}}_{\text{NEPOZNATO}}}$$

$$R_{th(s-a)e} = \frac{T_j - T_a}{P_{tot}} - R_{th(j-c)e} - R_{th(c-s)e}$$

$$R_{th(s-a)e} = \frac{110°C - 40°C}{914,22\,W} - 0,037 \frac{K}{W} - 0,01 \frac{K}{W}$$

$$R_{th(s-a)e} = 0,07657 - 0,037 - 0,01 = 0,0296 \frac{K}{W}$$

odnosno standard $R_{th(s-a)e} \leq 0,0296 \frac{K}{W}$

Sa karakteristika hladnjaka i ventilatora se uzima da je hladnjak P16/280 pri 300 m³/h pri čemu je $R^*_{th(s-a)e} = 0,028 \frac{K}{W}$ (očitano sa dva grafa odjednom)

temperatura radiatora je:

$$T_s = T_a + P_{tot} \cdot R^{*}_{th(s-a)e}$$

$$T_S = 40°C + 914{,}22W \cdot 0{,}028 \frac{K}{W} = 65{,}6°C$$

Temperatura kućišta je:

$$T_C = T_S + R_{th(c-s)e} \cdot P_{tot} = 65{,}6°C + 0{,}01 \cdot 914{,}22 \frac{K}{W} \cdot W$$

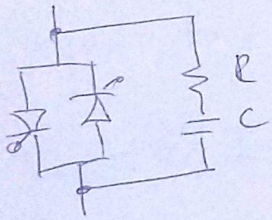
$$T_C = 65{,}6°C + 9{,}14°C = 74{,}74°C$$

TEMPERATURA SPOJA

$$T_j = T_C + R_{th(j-c)e} \cdot P_{tot} = 74{,}74°C + 0{,}037 \cdot 914{,}22$$

$$T_j = 108{,}56°C \leq 110°C \quad \text{ok}$$

b) du/dt zaštita (RC zaštitno kolo)



$$C \approx 700 \cdot \frac{I_V}{V_V^2} \; [\mu F] \; * \text{ preuzmi}$$

$$V_V = V_{Seff} + 15\% = 380 \cdot 1{,}15 = 440V$$

$$I_V = I_{TRMS} = I_{Teff} = 523A$$

$$C \approx 700 \cdot \frac{523}{440^2} = 1{,}89\mu F \rightarrow 2\mu F$$

$$R \approx \frac{9000}{C \cdot V_{Vmax}} = \frac{9000}{2 \cdot 440} \approx 10{,}22\Omega$$

↑ * preuzmi

Disipacija na R

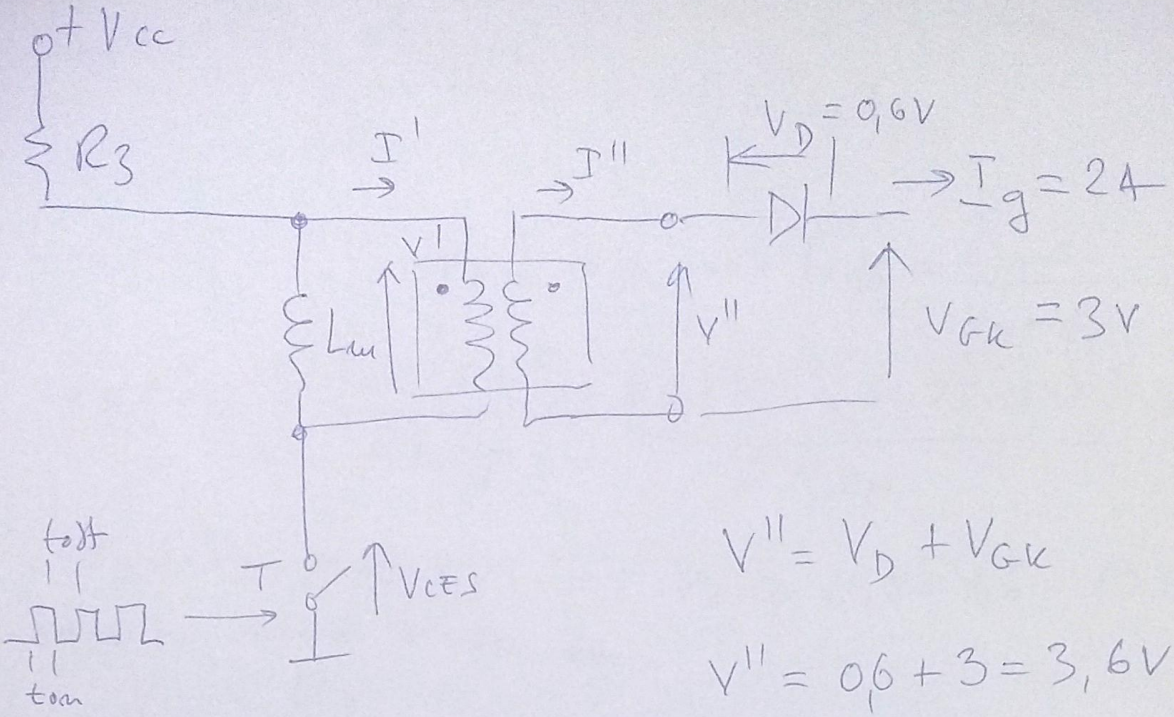
$$P_D \approx 3 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot V_V^2 \cdot f \; [W] \; * \text{ preuzmi} \quad f = 50Hz$$

$$P_D = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 440^2 \cdot 50 = 58W$$

RC člani definitivno

$R = 10\Omega / 50W$
$C = 2\mu F / 1000V$

$T_{SW} = \frac{1}{f} = \frac{1}{8\,kHz} = 125\,\mu s$



$V'' = V_D + V_{GK}$

$V'' = 0,6 + 3 = 3,6V$

$V' = \left(\frac{N'}{N''}\right) \cdot V'' = 3 \cdot 3,6V = 10,8V$ $\quad I'' = I_g = 2A$

$m = 3:1 = 3$ $\quad I' = \frac{I''}{m} = \frac{I''}{3} =$

$t_{on} = t_{off}$ $\quad t_{on} + t_{off} = 125\,\mu s \Rightarrow t_{on} = t_{off} = 62,5$

$V_{cc} = R_3 I' + V' + V_{CES} \Rightarrow R_3 = \frac{V_{cc} - V' - V_{CES}}{I'}$

$R_3 = \frac{24 - 10,8 - 0,2}{0,66} = 19,7\Omega \rightarrow 20\Omega$

$I_{eff}' = \frac{I'}{\sqrt{2}} = \frac{0,66}{\sqrt{2}} = 0,47A$

$P_{R_3} = R_3 I_{eff}'^2 = 20 \cdot 0,47^2 = 4,418W \rightarrow 5W$

$R_3 = 20\Omega / 5W$

(5)

$L_m \cdot \Delta i = V' \cdot t_{on} \quad \Delta i = I_m \quad I_m = \frac{V' t_{on}}{L_m}$

$I_m = \frac{10,8 \cdot 62,5\mu s}{60 \cdot 10^{-3}} = 11,25 mA$

$L_m \cdot \Delta i = (V_D + V_Z) \cdot t_{off} \Rightarrow t_{off} = \frac{L_m \Delta i}{V_D + V_Z} \leq 62,5\mu s$

$V_D + V_Z \geq \frac{L_m \cdot \Delta i}{62,5\mu} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 11,25 \cdot 10^{-3}}{62,5\mu} = \frac{60 \cdot 11,25 \cdot 10^{-6}}{62,5 \cdot 10^{-6}}$

$V_D + V_Z \geq 10,8V \Rightarrow V_Z \geq 10,8 - 0,6 = 10,2V$

Vom alege dioda Zener cu

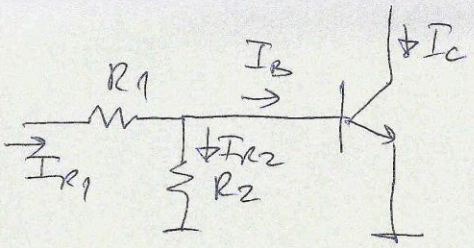
$V_Z = 11V$

Din catalog zener diode

$P_{DZ} = \frac{V_Z \cdot I_Z}{2} = \frac{V_Z \cdot I_m}{2} = \frac{11 \cdot 11,25mA}{2} = 61,87mW$

Vom alege $P_{DZ} = 100mW$

Zener aleasa: $V_Z^* = 11V / 100mW$



$$I_{R_2} = \frac{V_{BES}}{R_2} = \frac{0,7}{10k} = 0,07mA$$

Valoarea de $R_2 = 10k$

$I_C = 0,664$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{0,664}{350} = 0,001885 = 1,885mA$$

$$I_{R_1} = I_B + I_{R_2} = 1,885mA + 0,07mA = 1,955mA$$

$$V_{CC}^{POS} = R_1 I_{R_1} + V_{BES} \Rightarrow R_1 = \frac{V_{CC}^{POS} - V_{BES}}{I_{R_1}} = \frac{5 - 0,7}{2mA}$$

$R_1 = 2,15 k\Omega \rightarrow$ valoarea de $R_1^* = 2k2$

$$P_{R_1} = R_1 I_{R_1}^2 = 2,2 \cdot 10^3 \cdot (2mA)^2 = 8,8mW$$

$$P_{R_2} = R_2 I_{R_2}^2 = 10 \cdot 10^3 \cdot (0,07mA)^2 = 0,049mW$$

Rezistoare:

$R_1^* = 2k2 / 10mW$

$R_2^* = 10k / 1mW$

$R_3^* = 20\Omega / 5W$