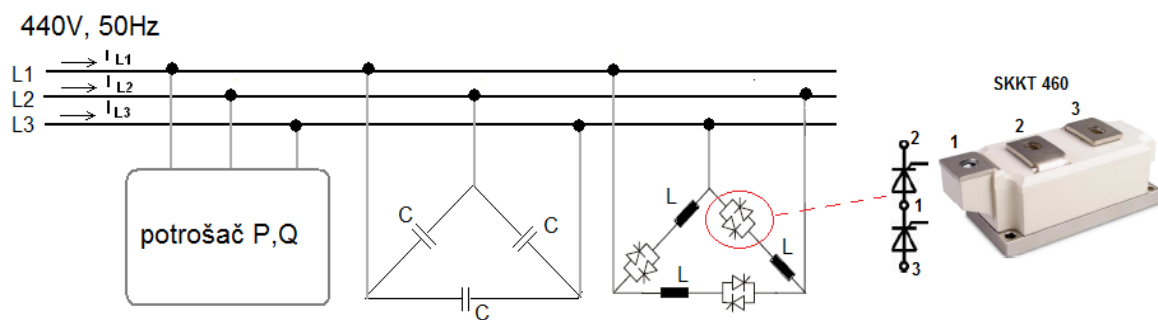
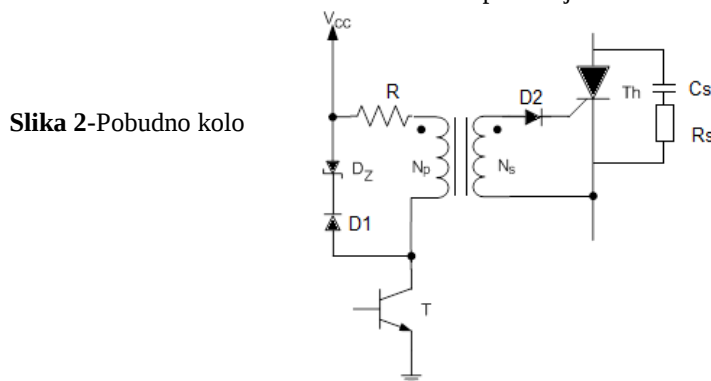


PEEP 2017_ ZADATAK 01

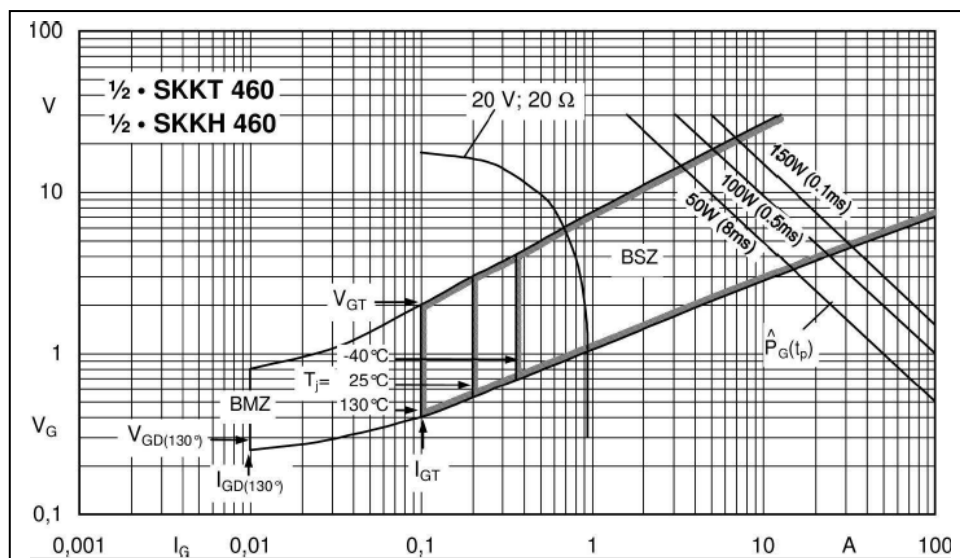
U postrojenju za kompenzaciju reaktivne snage se koristi tiristorski pretvarač kao što je prikazano na Slici 1. Tiristorski pretvarač radi u punom opsegu upravljanja faznog ugla. Maksimalna reaktivna snaga koju pretvarač treba da kompenzuje je $Q_{\max} = 600 \text{ kVAr}$. Porebno je projektovati sistem za hlađenje tiristora (usvojiti maksimalnu temperaturu na poluprovodničkom spoju od 125°C i temperaturu okoline 40°C). Takođe potrebno je projektovati njihovu prenaponsku RC zaštitu i pobudno tiristorsko kolo (R i Vz). Izračunati temperaturu na hladnjaku. Na raspolaganju su tiristorski moduli SKKT460 čiji su podaci dati u Tabeli 1. Dimenzije osnove tiristoskog modula su $50\text{mm} \times 124\text{mm}$. Svi tiristorski moduli se smeštaju na isti hladnjak. Za sistem hlađenja su raspoloživi hladnjaci P16 čiji su podaci dati u Tabeli 2 i na grafikonima na Slici 3. Za dimenzionisanje pobudnog kola na Slici 2 je na raspolaganju impulsni transformator čiji su podaci: prenosni odnos $N_p/N_s=2$, induktivnost magnećenja $L_m=45\text{mH}$, rasipna induktivnost je ≈ 0 ; napajanje $V_{cc}=+18\text{Vdc}$. Učestanost pobude tranzistora T je 10kHz .



Slika 1-Sistem za kompenzaciju reaktivne energije



Slika 2-Pobudno kolo



Slika 3 -Karakteristika gejta

Tabela 1

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	A²s
	$T_{vj} = 130$ °C; 8,3 ... 10 ms	1200000	A²s
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

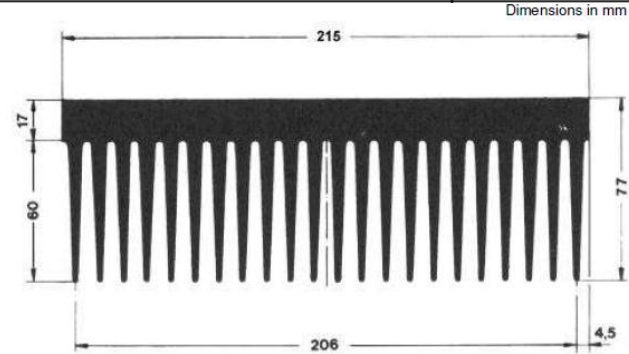
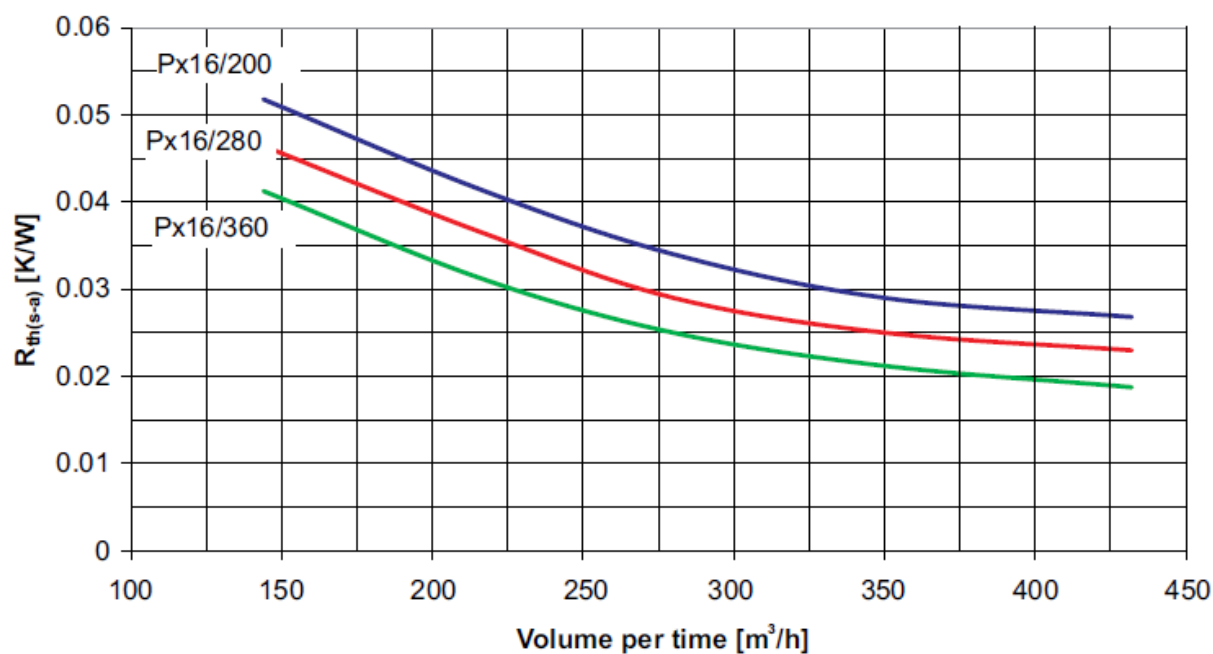
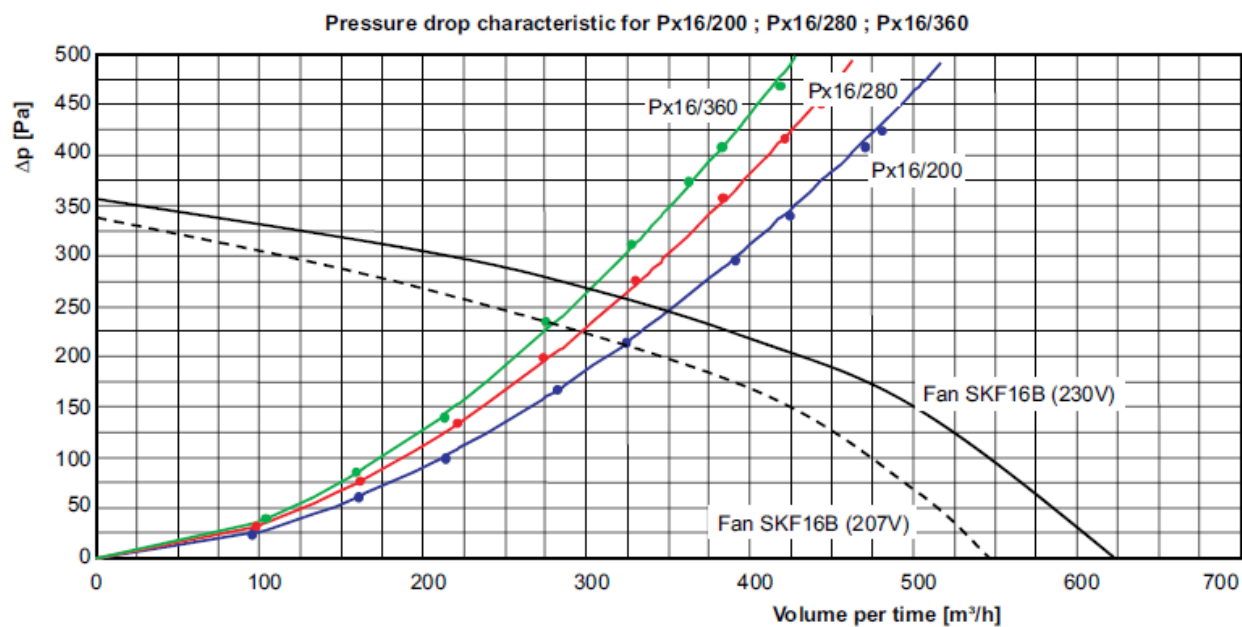


Tabela 2

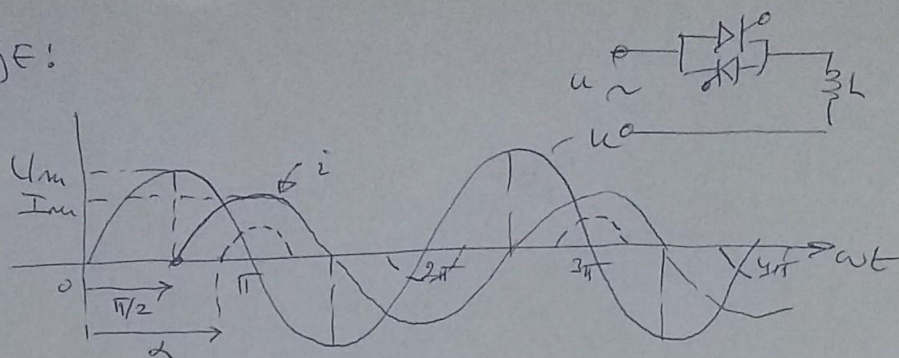
Standard lengths	n	b / d Ø	R_{thha}	R_{thha} with fan SKF 16B-230-01	w
		mm	K/W	K/W	kg
P 16/170	3	20		0,05	4
P 16/200	3	20		0,046	4,7
	6	20		0,039	
	3	34		0,038	
	2	50		0,04	
P 16/300	3	50		0,033	7
	6	34		0,036	
	6	50		0,024	



Slika 4- Karakteristike hladnjaka

REŠENJE:

①



UPRAVLJANA OBLAST $\alpha \in [\pi/2, \pi)$

ZA $\alpha = \pi/2 (90^\circ)$ imamo Q_{Lmax} $Q_{Lmax} = \frac{3U^2}{X}$

$$X = \omega L \quad \omega = 2\pi f \quad f = 50 \text{ Hz}$$

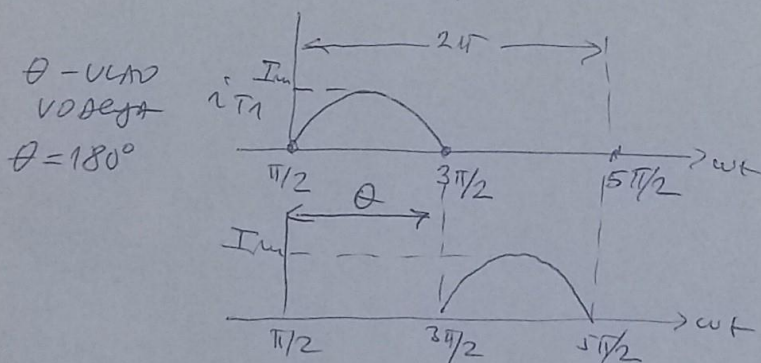
$$X = \frac{3U^2}{Q_{Lmax}} = \frac{3 \cdot 440^2}{600 \cdot 10^3} = 0,968 \Omega \Rightarrow L = \frac{X}{\omega} = \frac{0,968}{314}$$

$$L = 0,00308 \text{ H} \approx 3 \text{ mH}$$

EFFEKATNA VREDNOST STRUJE KROZ OPTEREĆENJE $X = \omega L$ JE

$$I = \frac{U}{X} = \frac{440}{0,968} = 454,55 \text{ A} \quad I_m = I\sqrt{2} = 641 \text{ A}$$

STRUJE TRISTRUK IMAJU DVAJNE OBYKE:



θ - UGLA
VOĐEŽA
 $\theta = 180^\circ$

SPREDNA VREDNOST
STRUJE TRISTRUK

$$I_{TSR} = \frac{I_m}{\pi} = 204,1 \text{ A}$$

EFFEKATNA VREDNOST
STRUJE TRISTRUK

$$I_{Teff} = \frac{I_m}{2} = \frac{641}{2} = 320,5 \text{ A}$$

DISIPACIJA SVAKOG POJEDINACNOG TRISTRUKA I PRENOSIČU:

$$P_{d1} = X_{TO} I_{TSR1} + r_d I_{Teff1}^2$$

IZ TABELE 1 USTANOVI DA JE $V_{TO} = 0,9 \text{ V}$ ($0,88 \text{ V}$ NA $130^\circ \text{C} \rightarrow$
 $\rightarrow$ NAJNEPOVOGNIJI SLUČAJ), A $r_d = 0,45 \text{ m}\Omega$

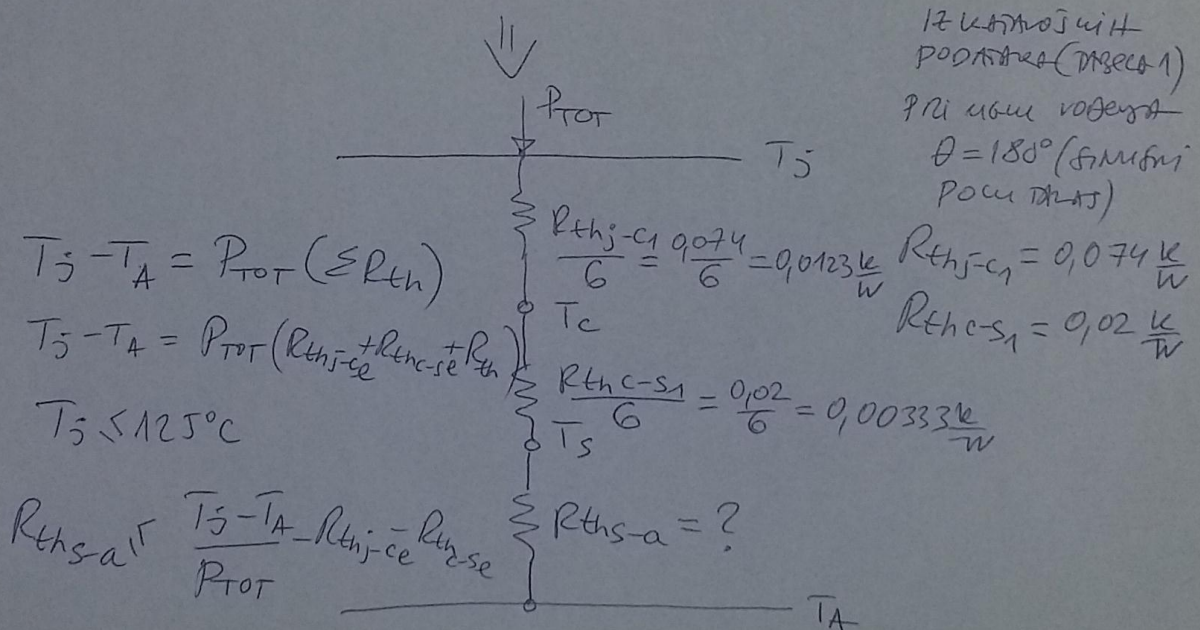
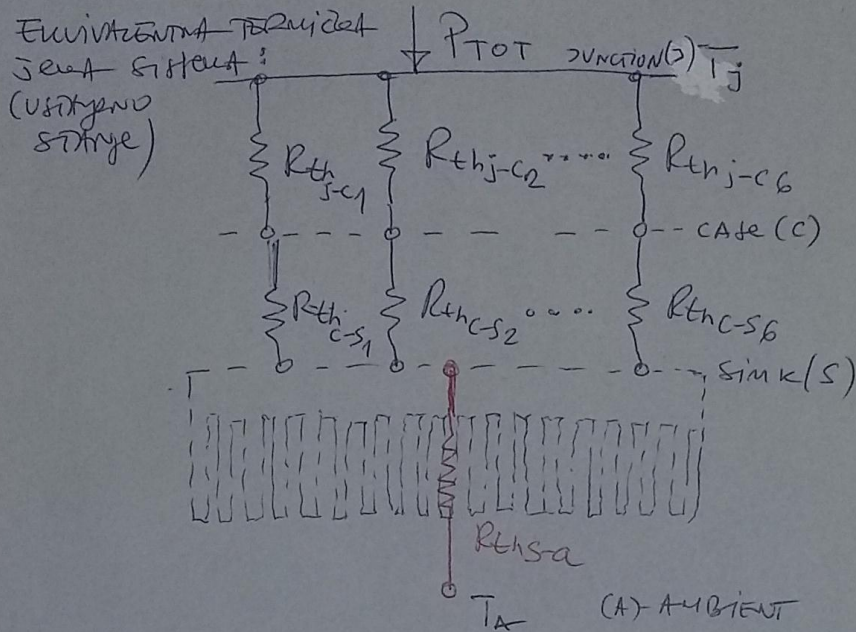
$$P_{d1} = 0,9 \cdot 204,1 + 0,45 \cdot 10^{-3} \cdot (320,5)^2 = 183,7 \text{ W} + 46,224 \text{ W}$$

$$P_{d1} = 230 \text{ W}$$

(2)

Пошто су на хладњачу монтирана сва три модула SKT 460 (поједино са 6 транзистора) добијено је збирну снагу дисипације на хладњачу:

$$P_{TOT} = \sum_{i=1}^6 P_{di} = 6 \cdot 230W = 1380W = 1,38kW$$



$$R_{thsa} \leq \frac{125^\circ C - 40^\circ C}{1380W} - 0,0123 \frac{K}{W} - 0,0033 \frac{K}{W}$$

$$R_{thsa} \leq 0,0616 - 0,0123 - 0,0033 = 0,046 \frac{K}{W}$$

$R_{thsa} \leq 0,046 \frac{K}{W}$

③

IZBOR HLADNOSTI:
 OBRIRAN DA NA HLADNOSTI IMAMO $n=3$ MODULA I OBRIRAN
 DA JE DOKOLI MODUL $b=50\text{mm}$ (60mm) ISTRANIO HLADNOST
 P16/200 SA VENTILACION SKF 16B-230-01. ($R_{th\text{-}s-a} = 0,033 \frac{\text{K}}{\text{W}}$)
 OBRIRAN DA SU DOKOLI MODUL $b=60\text{mm}$, OSTRANIO MODULA
 ISTRANIO 180mm, JO JE BILIO 200mm. ZBOG MEDIOBNOG
 KIZMENJA ISTRANIO P16/280 (SLIKAH - KRAJNOSTIHLA
 HLADNOST) PRI $320 \text{ m}^3/\text{h}$, OSTRANIO DOBRANIO

$$R_{th\text{-}s-a}^* = 0,025 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

PRI ISTRANIOGOSTI SUCIOM KAN JE ISTRANIO 207V,
 I PRI PRIORIM $300 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$, $R_{th\text{-}s-a}^*$ CE BITI $0,028 \frac{\text{K}}{\text{W}}$.

DAKLE KONČAN IZBOR HLADNOSTI SA POROKANIM
 (PRIORIM HLADNOST) JE:

P16/280 (OSTRANIO 280mm) SA VENTILACION SKF 16B-230-01
 MODULI JE $R_{th\text{-}s-a}^* = 0,025 \frac{\text{K}}{\text{W}}$

ISTRANIOGOSTI TEMPERATUR HLADNOSTI

$$T_s = T_A + R_{th\text{-}s-a}^* \cdot P_{\text{TOT}} = 40^\circ\text{C} + 0,025 \cdot 1380\text{W} = 74,5^\circ\text{C}$$

ISTRANIOGOSTI TEMPERATUR NA KUCIFIM SUCIOM OD ISTRANIOGOSTI

$$T_c = T_s + R_{th\text{-}c-s-e} \cdot P_{\text{TOT}} = 74,5^\circ\text{C} + 0,0033 \cdot 1380 = 79^\circ\text{C}$$

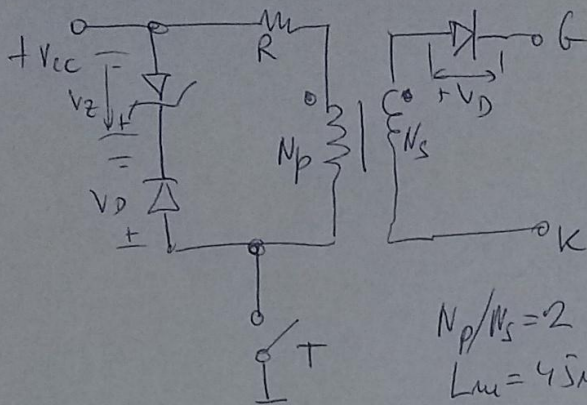
ISTRANIO TEMPERATUR NA SI. POUKANO. SUCIOM JE

$$T_j = T_c + P_{\text{TOT}} \cdot R_{th\text{-}j-c-e} = 79^\circ\text{C} + 1380 \cdot 0,0123 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 96^\circ\text{C}$$

$$T_j = 96^\circ\text{C} \leq 125^\circ\text{C} \text{ OK}$$

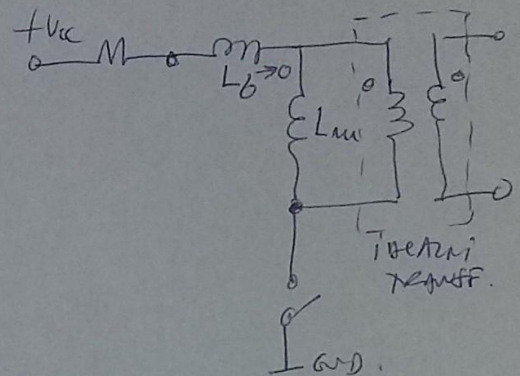
ZAKLJUCAK: HLADNOST JE DIMENSIONIRANO PO ZAHTEVU.

* Dimensioniranje posrednog kola



$$\begin{aligned} N_p/N_s &= 2 \\ L_m &= 4 \text{ mH} \\ R &= ? \\ V_z &= ? \end{aligned}$$

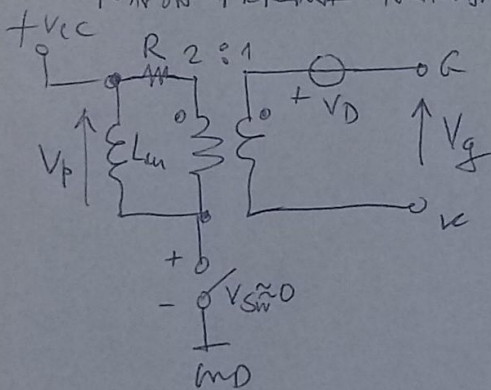
MODEL TRANSFORMATORA ZA POBUDU



Šta bitnozna na slici 3 (karakteristika bota) uvidimo da se pri naponsuognuim uslovima napon bota uoi tierno mignuete tRitor, jednme $V_g = 6 \text{ V}$, a strua bota $I_g = 1,5 \text{ A}$

Strua prika transformera je $I_p = I_g/2 = 0,75 \text{ A}$

NAPON PRIMA TRANSFORMATORA je:



$$V_p = \frac{V_g + V_d}{\frac{1}{2}} = (6 + 0,7) \cdot 2 = 13,4 \text{ V}$$

Strua prika $I_p = 0,75 \text{ A}$

$$V_{cc} = R \cdot I_p + V_p + V_{sw}^0$$

$$R = \frac{V_{cc} - V_p}{I_p} = \frac{18 - 13,4}{0,75} = 6,12$$

Uvidimo $R^* = 6 \Omega$

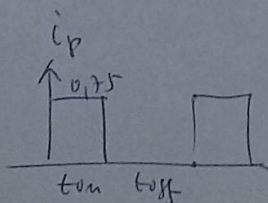
Efekt usnet tise priika

$$I_{effp} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = \frac{0,75}{1,41} = 0,53 \text{ A}$$

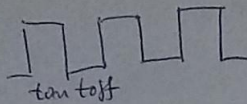
usici na R^* su $P_{ge} = R^* \cdot I_{effp}^2$

$$P_{ge} = (0,53)^2 \cdot 6 = 1,6 \text{ W}$$

Uvidimo $R^* = 6 \Omega / 2 \text{ W}$



$f_{sw} = 10 \text{ kHz}$

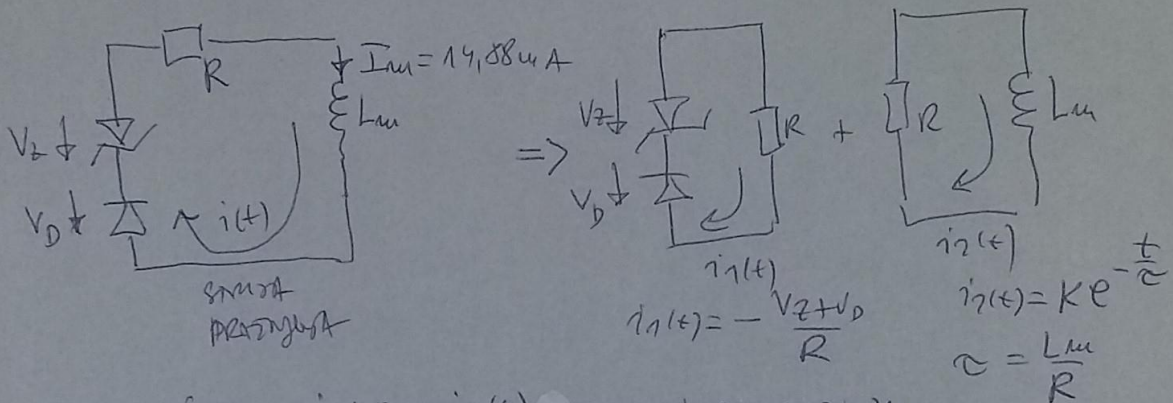


$t_{on} = \frac{1}{2} T \quad T = \frac{1}{f_{sw}} = \frac{1}{10 \cdot 10^3} = 100 \mu\text{s}$

$t_{on} = \frac{1}{2} \cdot 100 \mu\text{s} = 50 \mu\text{s}$

$V_p \cdot t_{on} = L_m \cdot \Delta i \Rightarrow \Delta i = \frac{V_p \cdot t_{on}}{L_m} = \frac{13,4 \cdot 50 \mu\text{s}}{45 \text{ mH}}$

$\Delta i = I_m = 14,88 \mu\text{A}$ (smallest value)



$i(t) = i_1(t) + i_2(t) \rightarrow$ principe de superposition

$i(t) = -\frac{V_2 + V_D}{R} + K \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

$i(0) = I_m = -\frac{V_2 + V_D}{R} + K \cdot e^0 = I_m$

$K = I_m + \frac{V_2 + V_D}{R}$

$i(t) = -\frac{V_2 + V_D}{R} + \left(I_m + \frac{V_2 + V_D}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}}$

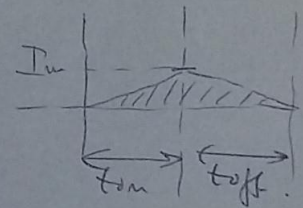
$i(45 \mu\text{s}) = 0$

$t_{off}^* = 45 \mu\text{s} < t_{off}$

$-\frac{V_2 + V_D}{R} + \left(I_m + \frac{V_2 + V_D}{R} \right) e^{-\frac{45 \mu\text{s}}{\tau}} = 0$

ou encore

$V_2 + V_D = R \cdot I_m \cdot \frac{e^{-\frac{t_{off}^*}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{t_{off}^*}{\tau}}}$



$\tau = \frac{L_m}{R} = \frac{45 \text{ mH}}{6}$

$\tau = 7,5 \text{ ms}$

$$V_Z + V_D = 6 \cdot 14,88 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{e^{-\frac{45 \mu s}{7500 \mu s}}}{1 - e^{-\frac{45 \mu s}{7500 \mu s}}} \quad (6)$$

$$V_Z + V_D = 89,78 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,994}{1 - 0,994} = 89,78 \cdot 165,66 \cdot 10^{-3}$$

$$V_Z + V_D = 14,79V$$

$$V_Z = 14,79 - V_D = 14,79 - 0,7 = 14,09V$$

Usporedbe ZENER DIODA 14V za struju 15mA

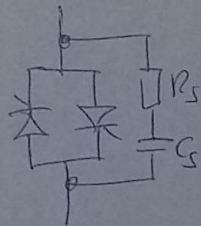
DISIPACIJA $14V \cdot 15mA = 0,21W$

Usporedbe :

ZENER DIODA za 14V/0,25W

* DIMENSIONIRANJE RC SNABEŽIVAČA (PREMAMENJE ZASTIG) ZA ANTIPARALELNU VRTNUTU

ZA ANTIPARALELNU VRTNUTU



$$C_S \approx 700 \cdot \frac{I_{eff}}{V_{RRM}^2}$$

$$V_{RRM} = 1600V$$

ZA OASI

THREH

(WATROG)

$$C_S \approx 700 \cdot \frac{455}{1600^2} = 0,124 \mu F$$

$$Usporedbe C_S^* = 0,15 \mu F$$

$$R_S \approx \frac{9000}{C_S \cdot V_{RRM}} = \frac{9000}{0,15 \cdot 1600} = 37,5 \Omega \xrightarrow{Usporedbe} R_S^* = 38 \Omega$$

DISIPACIJA NA R_S je:

$$P_R \approx 3 \cdot 10^{-3} \cdot C_S \cdot V_{RRM}^2 \cdot f [W] \quad f = 50Hz$$

$$P_R \approx 3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 \cdot 1600^2 \cdot 50 = 57W$$

$$R_S^* = 38 \Omega / 50W$$

$$C_S^* = 150mF / 1600V$$