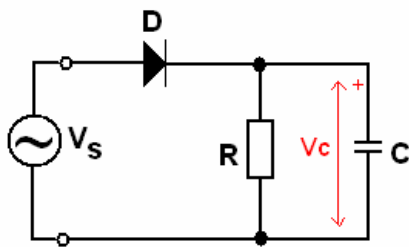


1.ZADATAK

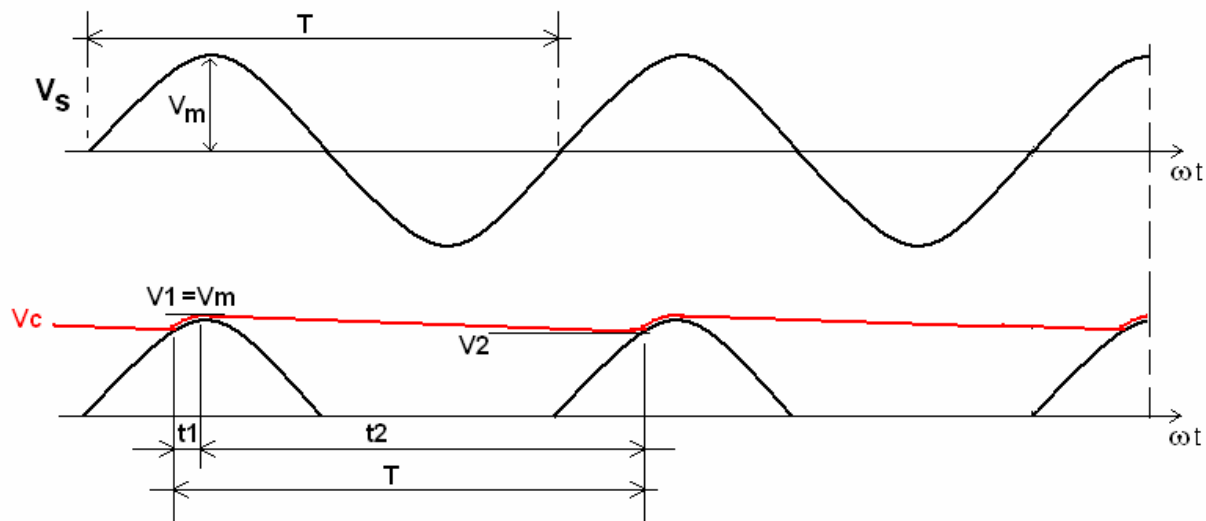
Za polutalasni ispravljač na Sl.1. proračunati vrednost kapacitivnosti filternog kondenzatora C tako da pri maksimalnom opterećenju na izlazu ispravljača, talasnost jednosmernog izlaznog napona bude manja od 20%. Za izračunatu vrednost kapacitivnosti odrediti jednosmernu (srednju vrednost) i talasnost izlaznog napona pri maksimalnom i minimalnom opterećenju. Mrežni napon napajanja je 220V, 50Hz. Opseg promene opterećenja, odnosno otpornosti na izlazu ispravljača $50\Omega \geq R \geq 10\Omega$. Smatrati da dioda D ima idealnu I-V karakteristiku.



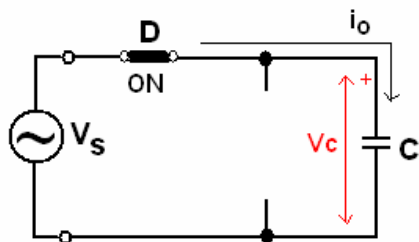
Sl.1. Polutalasni ispravljač sa kapacitivnim filtrom

REŠENJE:

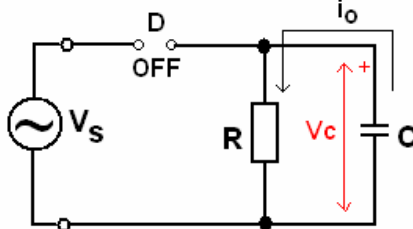
Posmatra se ustaljeni režim rada polutalasnog ispravljača. Karakteristični talasni oblici su dati na Sl.2.



INTERVAL t_1 -punjenje C :



INTERVAL t_2 -praznjenje C :



Sl.2. Karakteristični talasni oblici i kola za analizu rada polutalasnog ispravljača

Razlikujemo dva vremenska intervala:

Interval t_1 u kojem se vrši punjenje kapacitivnosti C sa vrednosti napona V_1 na vrednost napona $V_2 = V_m$. U ovom intervalu je dioda D direktno polarisana i provodi struju punjenja kondenzatora $i_o(+)$.

Interval t_2 u kojem se vrši pražnjenje kapacitivnosti C kroz otpornost opterećenja R sa vrednosti napona $V_2 = V_m$ na vrednost napona V_1 . U ovom intervalu je dioda D inverzno polarisana i predstavlja otvorenu vezu u klou. Kondenzator se prazni strujom $i_o(-)$ kroz opterećenje R .

Napon V_2 se dobija iz relacije:

$$V_2 = V_1 \cdot e^{-\frac{t_2}{RC}} = V_m \cdot e^{-\frac{t_2}{RC}} \quad (1)$$

Talasnost izlaznog napona se dobija iz relacije:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_m - V_m \cdot e^{-\frac{t_2}{RC}} = V_m (1 - e^{-\frac{t_2}{RC}}) \quad (2)$$

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona V_{DC} je data relacijom:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} \quad (3)$$

U praktičnom slučajevima je $t_2 \ll RC$, tako da je jednačinu (2) moguće napisati u obliku:

$$\Delta V = V_m (1 - 1 + \frac{t_2}{RC}) = V_m \cdot \frac{t_2}{RC} \quad (4)$$

Obzirom da za male vrednosti x važi da je $e^{-x} \approx 1 - x$ (u okolini $x=0$ eksponencijalna funkcija se može linearizovati).

Pošto je vreme t_1 mnogo kraće od vremena t_2 , odnosno: $t_1 \ll t_2$, može se napisati da je

$t_2 \approx T$, tako da je relaciju (4) moguće napisati u formi

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{t_2}{RC} \approx V_m \cdot \frac{T}{RC} = V_m \cdot \frac{1}{fRC} \quad (5)$$

Gde je perioda mrežnog napona $T = t_1 + t_2$, odnosno $T = 1/f$. Gde je sa f obeležena učestanost mrežnog napona. U ovom slučaju ona iznosi 50Hz.

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona može predstaviti relacijom:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{2fRC} = V_m \cdot \frac{2fRC - 1}{2fRC} \quad (6)$$

Obzirom da se talasnost računa u odnosu na jednosmernu vrednost, možemo napisati odnos ove dve vrednosti kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{\frac{V_m}{fRC}}{V_m \cdot \frac{2fRC-1}{2fRC}} = 2 \cdot \frac{1}{2fRC-1} \quad (7)$$

Obzirom da je u zadatku zahtevano da je $\frac{\Delta V}{V_{DC}} \leq \frac{20}{100} = 0.2$ dobijamo da je :

$$2 \cdot \frac{1}{2fRC-1} \leq 0.2 \quad (8)$$

Iz relacije (8) se dobija da je :

$$2fRC \geq 11$$

Odnosno

$$C \geq \frac{11}{2fR} \quad (9)$$

Ovaj uslov mora da bude zadovoljen pri maksimalnom opterećenju, odnosno za $R = R_{\min} = 10\Omega$. . Za $f = 50\text{Hz}$, relacija (9) postaje

$$C \geq 0.011 = 11000\mu F$$

Usvaja se vrednost kondenzatora $C_U = 11000\mu F$.

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona je sada:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{2fRC_U} = 310 - \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 11000 \cdot 10^{-6}} = 282V$$

Talasnost izlaznog napona je

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{fRC_U} = \frac{310}{50 \cdot 10 \cdot 11000 \cdot 10^{-6}} = 56.36V$$

Za usvojenu vrednost $C_U = 11000\mu F$ i za minimalno opterećenje ($R=50\Omega$) dobijamo da je srednja vrednost izlaznog napona

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{2fR_{\min}C_U} = 310 - \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 11000 \cdot 10^{-6}} = 304.36V$$

dok je talasnost izlaznog napona u ovom slučaju:

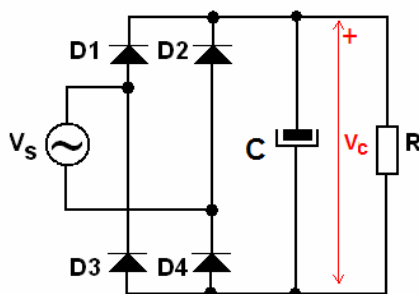
$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{fRC_U} = \frac{310}{50 \cdot 50 \cdot 11000 \cdot 10^{-6}} = 11.272V < 5\% \text{ od } V_{DC}$$

2.ZADATAK

Za punotalasni ispravljač na Sl.3. proračunati vrednost kapacitivnosti filteraskog kondenzatora C tako da pri maksimalnom opterećenju na izlazu ispravljača, talasnost jednosmernog izlaznog napona bude manja od

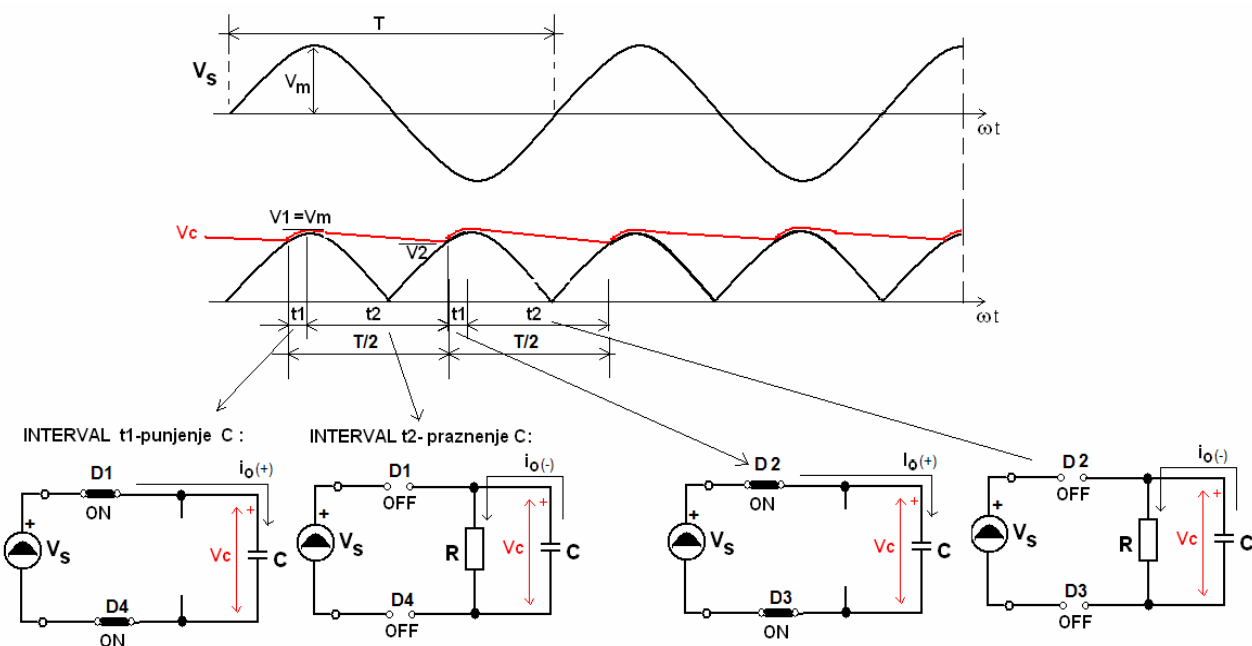
A) 20%, B) 5%

Za ovako izračunate vrednosti kapacitivnosti odrediti jednosmernu (srednju vrednost) i talasnost izlaznog napona pri maksimalnom i minimalnom opterećenju. Mrežni napon napajanja je 220V, 50Hz. Opseg promene opterećenja, odnosno otpornosti na izlazu ispravljača $50\Omega \geq R \geq 10\Omega$. Smatrati da su diode u diodnom ispravljaču idealne.



Sl.3. Punotalasni ispravljač sa kapacitivnim filtrom

Posmatra se ustaljeni režim rada polutalasnog ispravljača. Karakteristični talasni oblici su dati na Sl.4.



Sl.2. Karakteristični talasni oblici i kola za analizu rada punotalasnog ispravljača

Talasnost ispravljača je po analogiji u prethodnom zadatku data kao:

$$\Delta V = V_m(1 - 1 + \frac{t_2}{RC}) = V_m \cdot \frac{t_2}{RC} \approx V_m \cdot \frac{T}{2RC} = V_m \cdot \frac{1}{2fRC} \quad (1)$$

Razlika se odnosi na vremenski interval t_2 , koji je u ovom slučaju jednak $t_2 = \frac{T}{2}$

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona može predstaviti relacijom:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fRC} = V_m \cdot \frac{4fRC - 1}{4fRC} \quad (2)$$

Obzirom da se talasnost računa u odnosu na jednosmernu vrednost, možemo napisati za ovaj slučaj odnos ove dve vrednosti kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{\frac{V_m}{2fRC}}{V_m \cdot \frac{4fRC - 1}{4fRC}} = 2 \cdot \frac{1}{4fRC - 1} \quad (3)$$

Obzirom da je u zadatku pod stavkama A) i B) zahtevano :

A) Da je $\frac{\Delta V}{V_{DC}} \leq \frac{20}{100} = 0.2$, dobijamo da je :

$$2 \cdot \frac{1}{4fRC - 1} \leq 0.2 \quad (4)$$

Odnosno :

$$\begin{aligned} 4fRC &\geq 11 \\ C &\geq \frac{11}{4fR} \end{aligned} \quad (5)$$

B) Da je $\frac{\Delta V}{V_{DC}} \leq \frac{5}{100} = 0.05$, dobijamo da je :

$$2 \cdot \frac{1}{4fRC - 1} \leq 0.05 \quad (6)$$

Odnosno :

$$\begin{aligned} 4fRC &\geq 41 \\ C &\geq \frac{41}{4fR} \end{aligned} \quad (7)$$

Rešenje A)

Iz relacije (5) se dobija da je potrebna minimalna vrednost kondenzatora

$$C \geq \frac{11}{4 \cdot 50 \cdot 10} = 5500 \mu F$$

Usvaja se vrednost kondenzatora $C_U = 5700 \mu F$.

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona je sada:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fRC_U} = 310 - \frac{310}{4 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 5700 \cdot 10^{-6}} = 282.8V$$

Talasnost izlaznog napona je

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{2fRC_U} = \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 5700 \cdot 10^{-6}} = 54.38V$$

Za usvojenu vrednost $C_U = 5700 \mu F$ i za minimalno opterećenje ($R=50 \Omega$) dobijamo da je srednja vrednost izlaznog napona

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fR_{\min}C_U} = 310 - \frac{310}{4 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 5700 \cdot 10^{-6}} = 304.56V$$

dok je talasnost izlaznog napona u ovom slučaju:

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{2fRC_U} = \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 5700 \cdot 10^{-6}} = 10.87V < 5\% \text{ od } V_{DC}$$

Zaključak: Za filtriranje izlaznog napona (za približno istu vrednost izlaznog napona i opterećenje, kao i za istu zadatu talasnost izlaznog napona) kod puntotalsnog ispravljača se zahteva manji kondenzator (odnosno tzv. "banka" paralelno vezanih kondenzatora) u odnosu na slučaj polutalasnog ispravljača.

Rešenje B)

Iz relacije (5) se dobija da je potrebna minimalna vrednost kondenzatora

$$C \geq \frac{41}{4 \cdot 50 \cdot 10} = 20500 \mu F$$

Usvaja se vrednost kondenzatora $C_U = 21000 \mu F$.

Jednosmerna (srednja) vrednost izlaznog napona je sada:

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fRC_U} = 310 - \frac{310}{4 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 21000 \cdot 10^{-6}} = 302.62V$$

Talasnost izlaznog napona je

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{2fRC_U} = \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 21000 \cdot 10^{-6}} = 14.76V$$

Za usvojenu vrednost $C_U = 21000 \mu F$ i za minimalno opterećenje ($R=50 \Omega$) dobijamo da je srednja vrednost izlaznog napona

$$V_{DC} = V_m - \frac{\Delta V}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fR_{\min}C_U} = 310 - \frac{310}{4 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 21000 \cdot 10^{-6}} = 308.52V$$

dok je talasnost izlaznog napona u ovom slučaju:

$$\Delta V = V_m \cdot \frac{1}{2fRC_U} = \frac{310}{2 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 21000 \cdot 10^{-6}} = 3V \angle 5\% \text{ od } V_{DC}$$