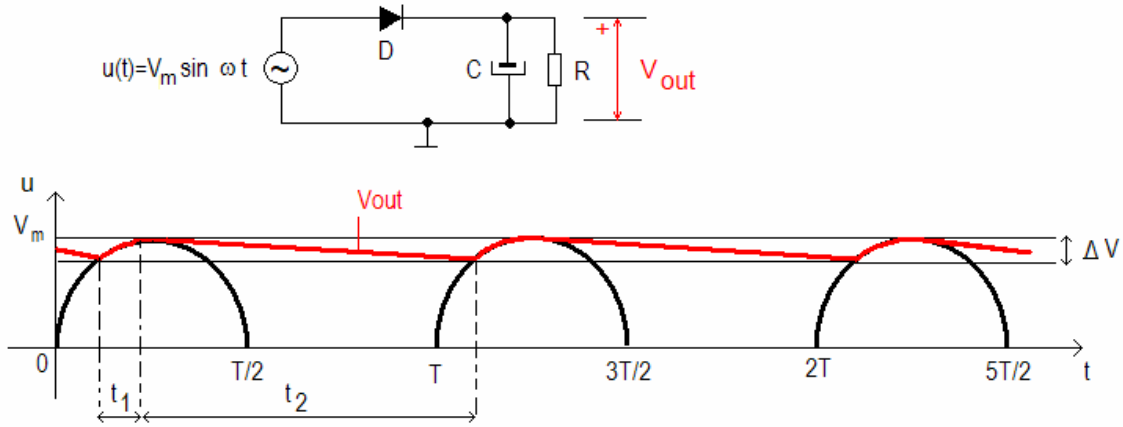


## PRORAČUN KAPACITIVNOG FILTRA U ISPRAVLJAČIMA

### I-Kapacitivni filter za polutalasni ispravljač



Slika 1-Monofazni polutalasni ispravljač i talasni oblik izlaznog napona

Pretpostavka da je vremenska konstanta RC filtra mnogo veća od periode  $T$  i vremenskih intervala  $t_1$  i  $t_2$ :  $\tau = RC \gg T > t_2 > t_1$ ; interval  $t_2 = T - t_1$  dok je  $T = 1/f$ ,  $f = 50\text{Hz}$

Pražnjenje kondenzatora  $C$  u intervalu  $t_2$  se ostvaruje eksponencijalnom vremenskom funkcijom:

$$u(t) = V_m e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Talasnost ("ripple") izlaznog napona  $\Delta V$  se dobija iz relacije:

$$\Delta V = V_m - V_m e^{-\frac{t_2}{\tau}} = V_m (1 - e^{-\frac{t_2}{\tau}}) = V_m (1 - e^{-\frac{T-t_1}{\tau}}) \quad (2)$$

Izraz dat jednačinom (2) se može uprostiti, obzirom na pretpostavku da je  $t_1 \ll \tau$ , odnosno da član  $e^{-\frac{t_1}{\tau}} \rightarrow 1$

$$\Delta V = V_m (1 - e^{-\frac{T}{\tau}} \cdot e^{-\frac{t_1}{\tau}}) \approx V_m (1 - e^{-\frac{T}{\tau}}) \quad (3)$$

Obzirom da je  $\tau = RC \gg T$ , možemo napisati da je  $T/\tau \ll 1$ , odnosno  $T/\tau = \varepsilon$ , pri čemu  $\varepsilon \rightarrow 0$

Za eksponencijalnu funkciju važe razvoji:  $e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \dots$ ,  $x \rightarrow 0$ ,  $e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2} + \dots$ ,  $x \rightarrow 0$ ,

stoga važe približne jednakosti:  $e^x \approx 1 + x$ , odnosno  $e^{-x} \approx 1 - x$ , stoga je izraz za talasnost dat jednačinom (3) moguće napisati u formi:

$$\Delta V \approx V_m (1 - (1 - \frac{T}{\tau})) = V_m \frac{T}{\tau} = V_m \frac{T}{RC} \quad (4)$$

Obzirom da je  $T = 1/f$  izraz za talasnost izlaznog napona postaje:

$$\Delta V \approx V_m \frac{1}{f \cdot R \cdot C} \quad (5)$$

Jednosmerna vrednost izlaznog napona  $V_{DC}$  se može izraziti kao:

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

Obzirom da je iz jednačine (5)  $V_m = f \cdot R \cdot C \cdot \Delta V$ , napon  $V_{DC}$  se može predstaviti kao:

$$V_{DC} = f \cdot R \cdot C \cdot \Delta V - \frac{\Delta V}{2} = (f \cdot R \cdot C - \frac{1}{2}) \cdot \Delta V \quad (7)$$

Relativna vrednost talasnosti napona se sada može predstaviti kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{1}{fRC - \frac{1}{2}} = \frac{2}{2fRC - 1} \quad (8)$$

Obzirom da je  $2fRC \gg 1$  izraz za relativnu vrednost talasnosti izlaznog napona se može približno predstaviti kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{fRC} \quad (9)$$

Ako se pretpostavi da je  $R = R_{opt} = \frac{V_{opt}}{I_{opt}} = \frac{V_{DC}}{I_{opt}}$  izraz za relativnu talasnost se može predstaviti kao:

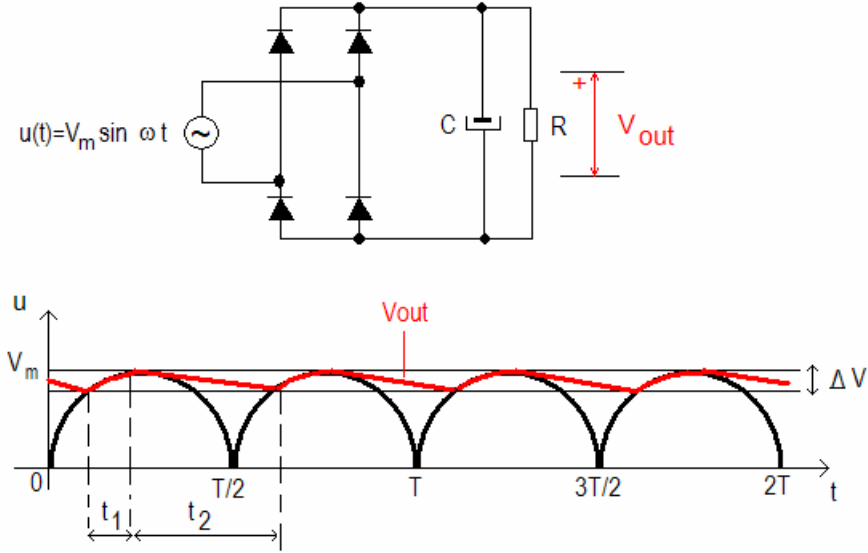
$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{f \cdot \frac{V_{DC}}{I_{opt}} \cdot C} = \frac{I_{opt}}{f \cdot V_{DC} \cdot C} \quad (10)$$

Apsolutna talasnost  $\Delta V$  se u ovom slučaju može predstaviti kao:

$$\Delta V \approx \frac{I_{opt}}{f \cdot C} \quad (11)$$

Za učestanost  $f = 50\text{Hz}$ , struju opterećenja  $I_{opt} = 1\text{A}$  i kapacitet  $C = 1000\mu\text{F}$  se dobija apsolutna vrednost talasnosti od  $\Delta V = 20\text{V}$  i relativna vrednost talasnosti  $\Delta V / V_{DC} = 20\text{V} / 310\text{V} = 0.0645$  odnosno 6.45% (Pretpostavljeno je da je ulazno mrežno napajanje 230V, 50Hz).

## II- kapacitivni filter za monofazni punotalasni ispravljač



Slika2-Monofazni punotalasni ispravljač i talasni oblik izlaznog napona

Talasnost napona u ovom slučaju se može prikazati kao:

$$\Delta V \approx V_m \left(1 - \left(1 - \frac{T}{2 \cdot \tau}\right)\right) = V_m \frac{T}{2\tau} = V_m \frac{T}{2RC} \quad , \quad (12)$$

Odnosno imajući u vidu da je  $T = 1/f$ :

$$\Delta V \approx V_m \frac{1}{2 \cdot f \cdot R \cdot C} \quad (13)$$

Jednosmerna komponenta izlaznog napona se može prikazati kao:

$$V_{DC} = 2 \cdot f \cdot R \cdot C \cdot \Delta V - \frac{\Delta V}{2} = \left(2 \cdot f \cdot R \cdot C - \frac{1}{2}\right) \cdot \Delta V \quad (14)$$

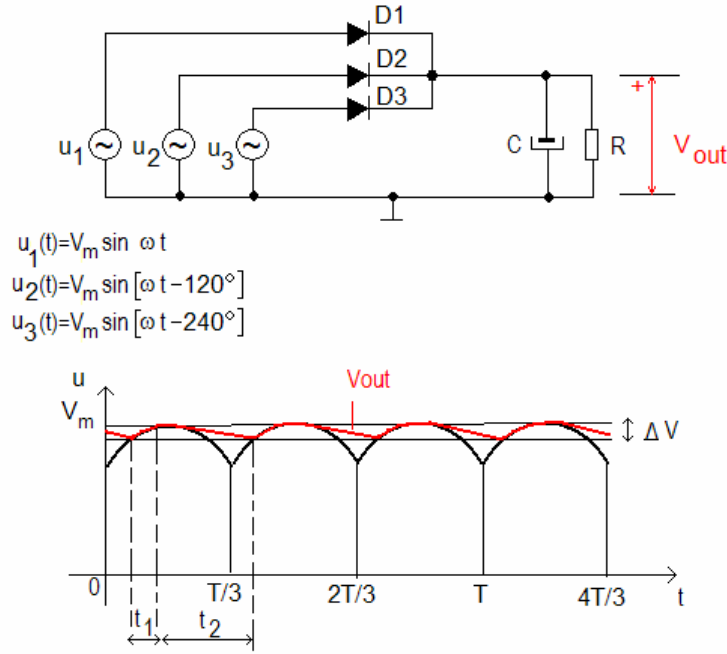
Relativna vrednost talasnosti izlaznog napona je data relacijom:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{1}{2fRC - \frac{1}{2}} = \frac{2}{4fRC - 1} \quad (15)$$

Obzirom da je ispunjen uslov  $4fRC \gg 1$ , relativna talasnost se može prikazati kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{2fRC} \quad (16)$$

### III-Kapacitivni filter za trofazni (tro-pulsni) polutalasni ispravljač



Slika 3-Trofazni polutalasni ispravljač i talasni oblik izlaznog napona

Talasnost napona u ovom slučaju se može prikazati kao:

$$\Delta V \approx V_m \left(1 - \left(1 - \frac{T}{3 \cdot \tau}\right)\right) = V_m \frac{T}{3\tau} = V_m \frac{T}{3RC} \quad (17)$$

Odnosno imajući u vidu da je  $T = 1/f$ :

$$\Delta V \approx V_m \frac{1}{3 \cdot f \cdot R \cdot C} \quad (18)$$

Jednosmerna komponenta izlaznog napona se može prikazati kao:

$$V_{DC} = 3 \cdot f \cdot R \cdot C \cdot \Delta V - \frac{\Delta V}{2} = \left(3 \cdot f \cdot R \cdot C - \frac{1}{2}\right) \cdot \Delta V \quad (19)$$

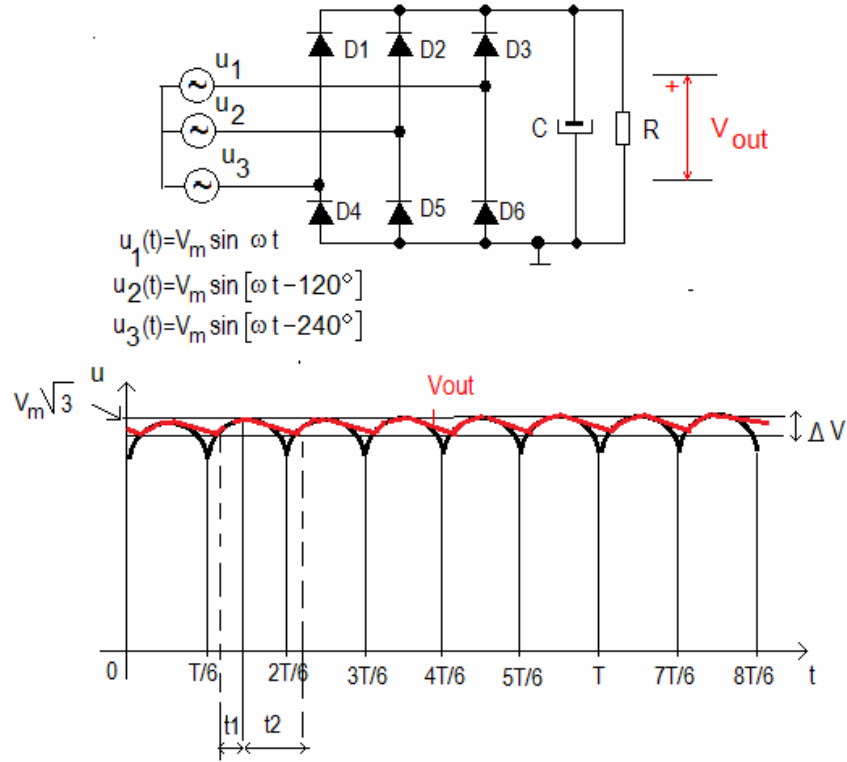
Relativna vrednost talasnosti izlaznog napona je data relacijom:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{1}{3fRC - \frac{1}{2}} = \frac{2}{6fRC - 1} \quad (20)$$

Obzirom da je ispunjen uslov  $6fRC \gg 1$ , relativna talasnost se može prikazati kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{3fRC} \quad (21)$$

#### IV-kapacitivni filter za trofazni (šesto-pulsni) punotalasni ispravljač



Slika 4-Trofazni punotalasni (šesto-pulsni) ispravljač i talasni oblik izlaznog napona

Talasnost napona u ovom slučaju se može prikazati kao:

$$\Delta V \approx V_m \left(1 - \left(1 - \frac{T}{6 \cdot \tau}\right)\right) = V_m \frac{T}{6\tau} = V_m \frac{T}{6RC}, \quad (22)$$

odnosno imajući u vidu da je  $T = 1/f$ :

$$\Delta V \approx V_m \frac{1}{6 \cdot f \cdot R \cdot C} \quad (23)$$

Jednosmerna komponenta izlaznog napona se može prikazati kao:

$$V_{DC} = 6 \cdot f \cdot R \cdot C \cdot \Delta V - \frac{\Delta V}{2} = \left(6 \cdot f \cdot R \cdot C - \frac{1}{2}\right) \cdot \Delta V \quad (24)$$

Relativna vrednost talasnosti izlaznog napona je data relacijom:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} = \frac{1}{6fRC - \frac{1}{2}} = \frac{2}{12fRC - 1} \quad (25)$$

Obzirom da je ispunjen uslov  $12fRC \gg 1$ , relativna talasnost se može prikazati kao:

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{6fRC} \quad (26)$$

### V- Uslov za izbor i dimenzionisanje kondenzatora C

Za sve slučajeve se obično zadaje maksimalna talasnost izlaznog napona  $\delta_{\max} = \frac{\Delta V_{\max}}{V_{DC}}$ , pri čemu mora biti ispunjen uslov da je :

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \leq \delta_{\max} \quad (27)$$

Ovo je osnovni kriterijum za izbor i dimenzionisanje kondenzatora za svaki od prethodno prikazanih slučajeva.

#### a) Monofazni polutalasni ispravljač

$$\frac{\Delta V}{V_{DC}} \approx \frac{1}{fRC} \leq \delta_{\max} \quad (28)$$

Iz ove relacije se dobija uslov za izbor kondenzatora C:

$$C \geq \frac{1}{fR\delta_{\max}} = \frac{I_{opt}}{f \cdot V_{DC} \cdot \delta_{\max}} \quad (29)$$

#### b) Monofazni punotalasni ispravljač

Uslov za izbor kondenzatora C:

$$C \geq \frac{1}{2fR\delta_{\max}} = \frac{I_{opt}}{2f \cdot V_{DC} \cdot \delta_{\max}} \quad (30)$$

#### c) Trofazni polutalasni ispravljač:

Uslov za izbor kondenzatora C:

$$C \geq \frac{1}{3fR\delta_{\max}} = \frac{I_{opt}}{3f \cdot V_{DC} \cdot \delta_{\max}} \quad (31)$$

d) Trofazni punotalasni ispravljač:

Uslov za izbor kondenzatora C:

$$C \geq \frac{1}{6fR\delta_{\max}} = \frac{I_{opt}}{6f \cdot V_{DC} \cdot \delta_{\max}} \quad (32)$$