

## 5. Diodové usměrňovače

Usměrňovač je polovodičový prvek, který mění střídavé napětí a proud na stejnosměrný. Podle toho, zda je výstupní usměrněné napětí možno řídit či ne se dělí usměrňovače na *řízené* a *neřízené*. Užívají se zapojení *uzlová* a *můstková*. Dioda jako základní prvek usměrňovače je spínač.

### 5.1 Neřízené usměrňovače

Okamžitá hodnota usměrněného napětí je označována  $u_d$  (directed-usměrněný). Průběh  $u_d$  se vyznačuje střídavou složkou superponovanou na jeho střední hodnotu  $U_d$ . Střední hodnotu lze u řízených usměrňovačů měnit.

Usměrněné napětí má zvlnění, které závisí na kmitočtu vstupního napětí a na zapojení usměrňovače. Dalšími obvody (filtry) se dá zvlnění snížit. Pulzace určuje, kolik pulzů má stejnosměrné napětí během jedné periody vstupního napětí:

$$p = \frac{f\sigma_{(1)}}{f} \quad (5.1)$$

$f\sigma_{(1)}$  je kmitočet harmonické složky střídavého průběhu

$f$  je kmitočet napájecího napětí

Zvlnění napětí je dáno vztahem:

$$\sigma_u = \frac{U_{fh}}{U_{di0}} \cdot 100 \quad (5.2)$$

$U_{fh}$  je efektivní hodnota vyšších harmonických složek

$U_{di0}$  je ideální stejnosměrné napětí naprázdno (teoretická střední hodnota stejnosměrného napětí na výstupu nezátíženého usměrňovače)

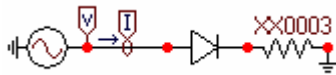
Tab. 1 Přehled neřízených usměrňovačů podle zapojení

Název zapojení	jednofázové jednopulsní	dvoufázové uzlové	jednofázové můstkové	trojfázové můstkové
Počet diod v obvodu	1	2	4	6
Počet pulsů v periodě	1	2	2	6
Zvlnění $\sigma_u$ (%)	121	48,2	48,2	4,2

## 5.2 Modely usměrňovačů v ATP

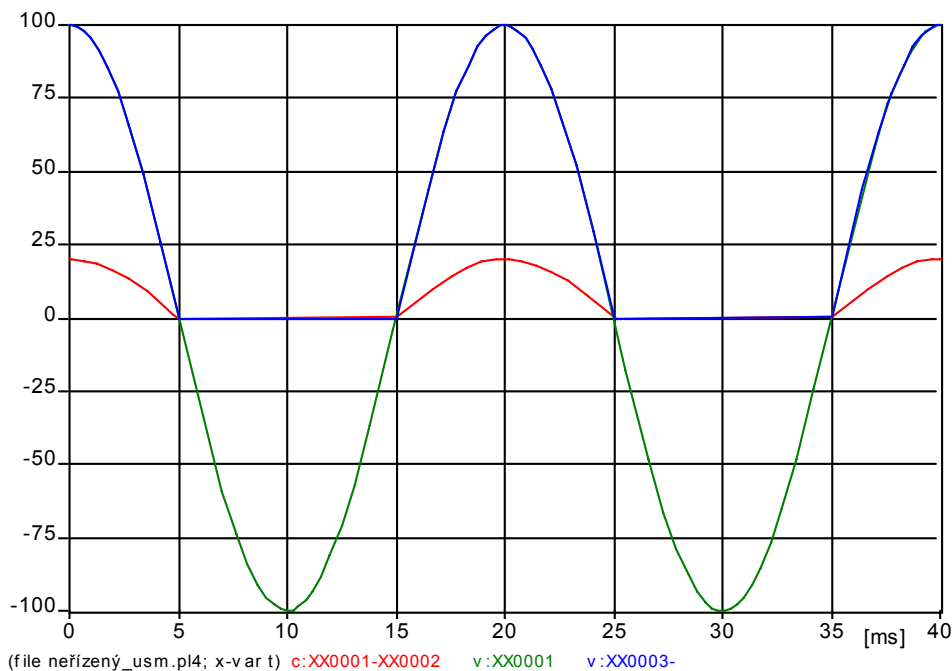
### 5.2.1 Jednocestný jednofázový usměrňovač (čistě ohmická zátěž)

Pro názorný příklad využití ATP je zde uvažován jednoduchý jednofázový usměrňovač, který je napájen střídavým napětím o amplitudě  $U = 100 \text{ V}$  a frekvenci  $f = 50 \text{ Hz}$ . Je zde uvažována ideální dioda, zátěž má čistě ohmický charakter  $R = 5 \Omega$ .



Obr. 5.1 Schéma zapojení jednocestného jednofázového neřízeného usměrňovače

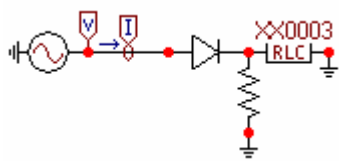
Výsledný průběh napětí  $u_d$  je zobrazován na odporu  $R$  (XX0003-zem, v nabídce **Output** je označeno **Voltage**), střídavé napětí zdroje je snímáno napěťovou sondou v uzlu XX0001, proud  $i_d$  je měřen pomocí proudové sondy (XX0001-XX0002).



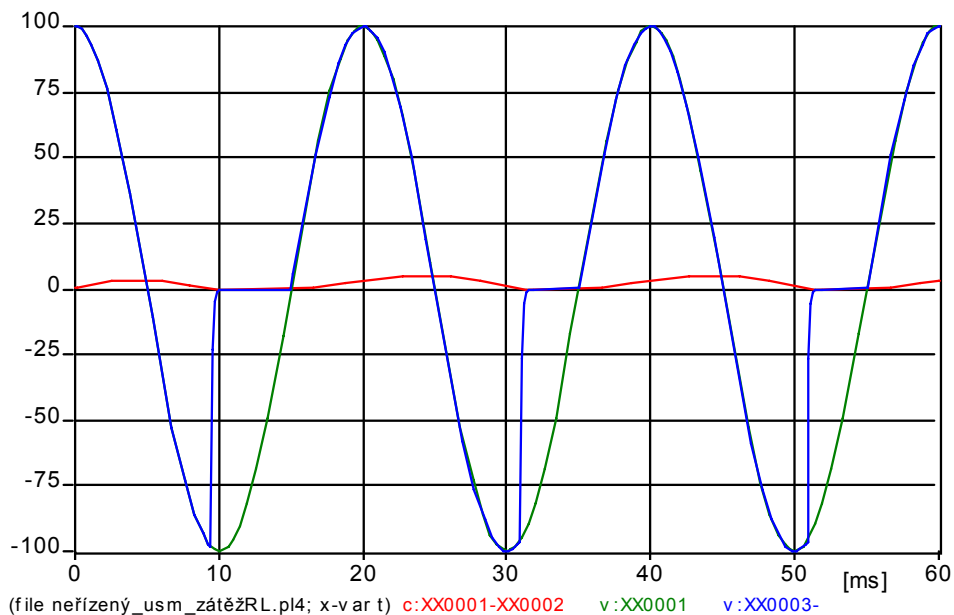
Obr. 5.2 Průběhy napětí a proudu na jednocestném jednofázovém neřízeném usměrňovači, ohmická zátěž

### Zátěž $RL$

Nastavení jednotlivých parametrů obvodu je stejné jako v předchozím případě. Sériové spojení  $RL$  se realizuje použitím sériového prvku  $RLC$  s hodnotou rezistoru  $5 \Omega$  a induktoru  $100 \text{ mH}$ , paralelní rezistor má hodnotu  $1 \text{ k}\Omega$  a slouží k zamezení matematických oscilací v obvodu. V Obr. 5.4 je patrný vliv indukčnosti, která posune průběh usměrněného napětí do záporných hodnot.



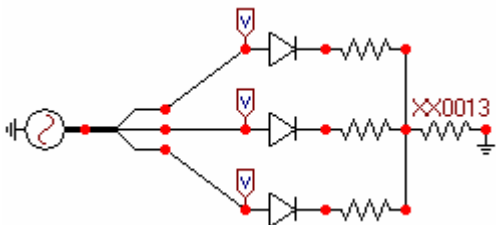
Obr. 5.3 Schéma zapojení jednocestného jednofázového neřízeného usměrňovače



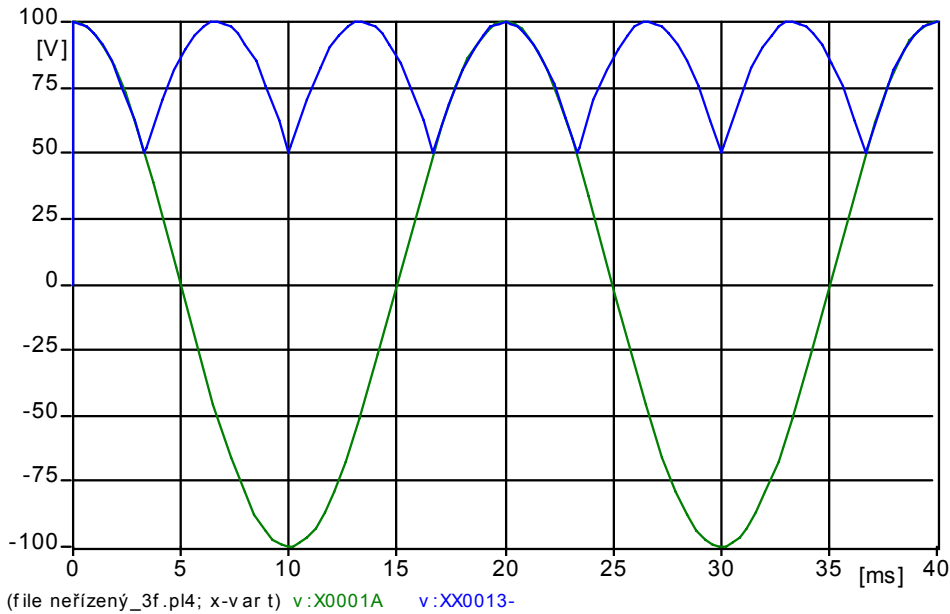
Obr. 5.4 Průběhy napětí a proudu na jednocestném jednofázovém neřízeném usměrňovači, zátěž  $RL$

### 5.2.2 Třífázový usměrňovač v uzlovém zapojení

Jde v podstatě o spojení tří jednocestných jednocestných usměrňovačů a třífázového zdroje napětí o amplitudě  $U = 100 \text{ V}$  a frekvenci  $f = 50 \text{ Hz}$ . Průběh usměrněného napětí je zobrazen na rezistoru  $1 \cdot 10^{11} \Omega$  (XX00013 – zem). V obvodu každé diody je uvažována čistě ohmická zátěž  $10 \Omega$ .



Obr. 5.5 Schéma zapojení třífázového neřízeného usměrňovače v uzlovém zapojení



Obr. 5.6 Průběhy napětí na třífázovém neřizeném usměrňovači v uzlovém zapojení

## Výstupní filtry

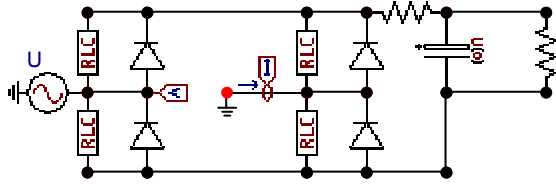
Výstupní filtry stejnosměrných měničů slouží k vyhlazení výstupního proudu měniče tak, aby zvlnění napětí na zátěži bylo nižší. Pro činnou zátěž  $R$  je možno zapojit vyhlazovací tlumivku na výstup usměrňovače do série se zátěží a pro její indukčnost a výstupní kapacitu platí ( $\sigma_i$  je požadované zvlnění výstupního proudu):

$$L = \frac{160}{f} \cdot \frac{U_{di0}}{I_d} \sqrt{\left(\frac{\sigma_u}{\sigma_i}\right)^2 - 1} \quad (\text{mH; Hz, V, A}) \quad \text{platí pro } \sigma_u < 0,16 \% \quad (5.3)$$

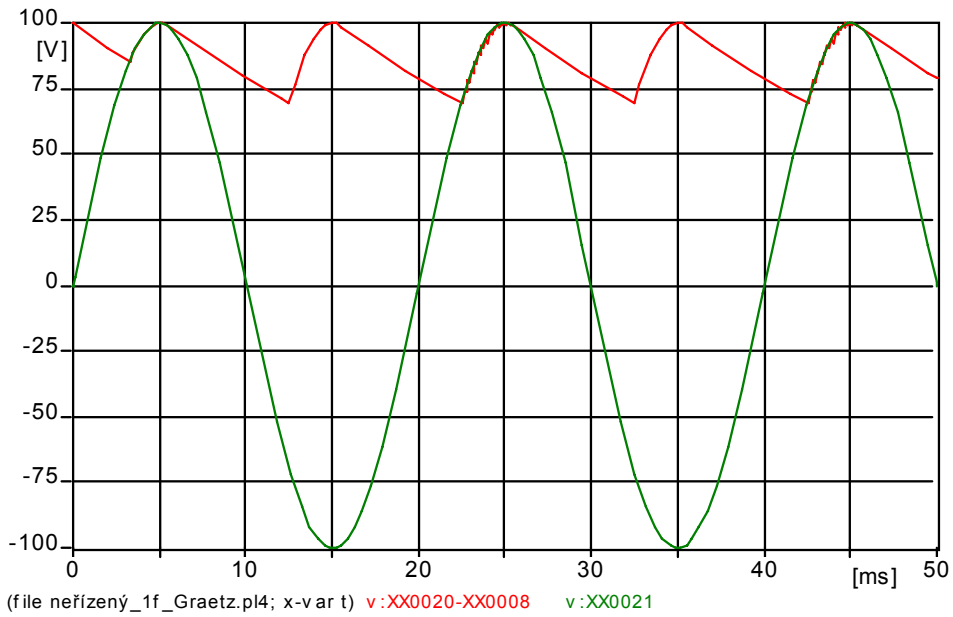
$$C = \frac{15}{fR\sigma_u} \cdot 10^{-6} \quad (\mu\text{F; Hz, } \Omega) \quad (5.4)$$

### 5.2.3 Jednofázový neřizený usměrňovač v můstkovém zapojení

Obvod je napájen střídavým napětím o amplitudě  $U = 100 \text{ V}$  s frekvencí  $f = 50 \text{ Hz}$ . Ke každé diodě je paralelně připojen sériový  $RC$  člen ( $33 \Omega$  a  $1 \mu\text{F}$ ), který zlepšuje komutaci diod. Za dvojcestným usměrňovačem je filtr, který obsahuje sériový odpor  $0,01 \Omega$  kondenzátor  $1 \text{ mF}$ . Odpor zátěže má hodnotu  $20 \Omega$ . Schéma zapojení ukazuje Obr. 5.7 a na Obr. 5.8 je průběh napětí zdroje porovnán s napětím na zátěži.



Obr. 5.7 Schéma zapojení jednofázového neřízeného můstkového usměrňovače



Obr. 5.8 Průběh usměrněného napětí na jednofázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení