

## 7. VÝKONOVÁ ELEKTRONIKA

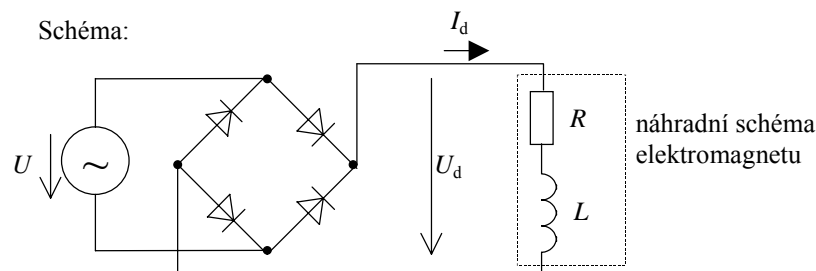
### Příklad 7.1:

Elektromagnet s odporem  $R$  a indukčností  $L$  je napájen z dvoupulsního jednofázového diodového usměrňovače. Úbytky napětí zanedbejte.

Zadané hodnoty:  $U = 230 \text{ V}$ ,  
 $R = 40 \text{ } \Omega$ ,  
 $L = 0,6 \text{ H}$ .

Určete střední hodnotu proudu elektromagnetem  $I_d$ .

Řešení:



Protože obvod je napájen stejnosměrným (i když zvlněným) napětím a pracuje v ustáleném stavu, indukčnost elektromagnetu se nám neuplatní.

Pro střední hodnotu napětí na výstupu dvoupulsního usměrňovače platí:

$$U_d = U \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi/2} = 0,9 \cdot U = 0,9 \cdot 230 = 207,2 \text{ V}$$

Pro střední hodnotu proudu potom platí:

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{207,2}{40} = 5,18 \text{ A}$$

### Příklad 7.2:

Jednofázový dvoupulsní řízený usměrňovač napájený ze sítě s napětím  $U_1$  napájí stejnosměrný motor. Pracuje v režimu spojitých proudů.

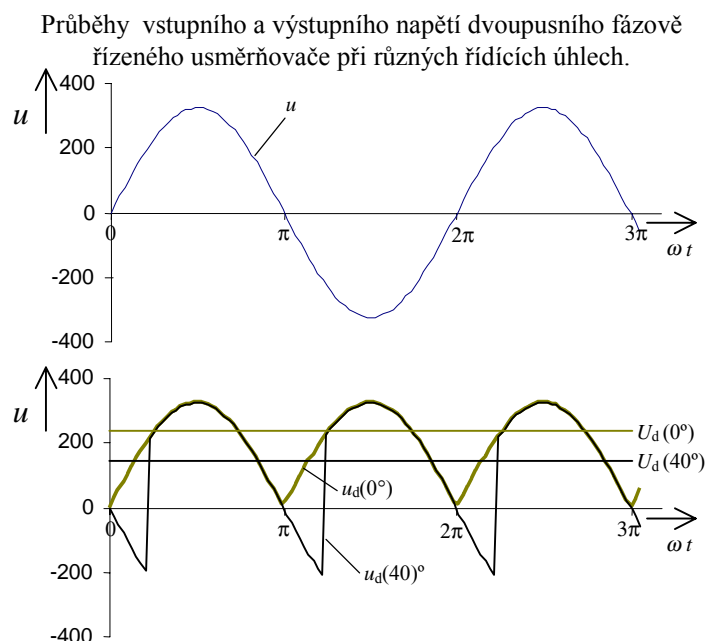
Vypočítejte napětí na motoru  $U_d$  při různých řídicích úhlech.

Zadané hodnoty:  
 $U = 230 \text{ V}$ ,  $\alpha_1 = 0^\circ$ ,  
 $\alpha_2 = 20^\circ$ ,  $\alpha_3 = 40^\circ$ .

Určit:  $U_d(\alpha_1)$ ,  $U_d(\alpha_2)$ ,  $U_d(\alpha_3)$

Řešení:

Na obrázku jsou pro názornost uvedeny průběhy vstupního a výstupního napětí usměrňovače.



Při nulovém řídicím úhlu bude mít výstupní napětí stejný průběh (tím i střední hodnotu) jako u neřízeného usměrňovače.

pro  $\alpha_1 = 0^\circ$  :

$$U_d(0) = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U = 0,9 \cdot 230 = 207 \text{ V}$$

Bude-li řídicí úhel větší než nula, bude platí v režimu spjitých proudů pro všechny fázově řízené usměrňovače:

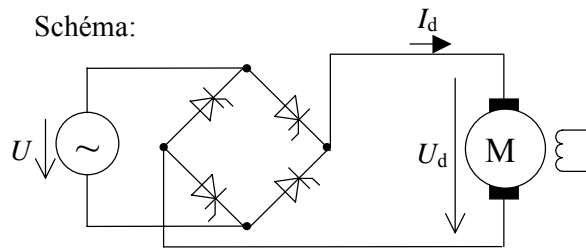
$$U_d(\alpha) = U_d(0) \cdot \cos(\alpha)$$

pro  $\alpha_2 = 20^\circ$  :

$$U_d(20^\circ) = U_d(0) \cdot \cos(20^\circ) = 194,5 \text{ V}$$

pro  $\alpha_3 = 40^\circ$  :

$$U_d(40^\circ) = U_d(0) \cdot \cos(40^\circ) = 158,6 \text{ V}$$



### Příklad 7.3:

Trojfázový fázově řízený šestipulsní usměrňovač napájený ze sítě se sdruženým napětím  $U_s$  napájí stejnosměrný motor. Usměrňovač pracuje v režimu spjitých proudů, úbytky napětí zanedbáme. Vypočítejte napětí na motoru,  $U_d$  při různých řídicích úhlech  $\alpha$ .

Zadané hodnoty:  $U_s = 400 \text{ V}$

$\alpha_1 = 0^\circ$ ,

$\alpha_2 = 30^\circ$

Určit:  $U_{2AV}(0^\circ)$

$U_{2AV}(30^\circ)$

Řešení:

Pro názornost jsou průběhy napájecích napětí usměrňovače a výstupních napětí pro obě hodnoty řídicího úhlu jsou zobrazeny na obrázku.

Pro hodnotu řídicího úhlu  $\alpha_1 = 0^\circ$  je výstupní napětí usměrňovače stejné jako u neřízeného usměrňovače.

Pro neřízený trojfázový můstkový (tedy šestipulsní) usměrňovač platí:

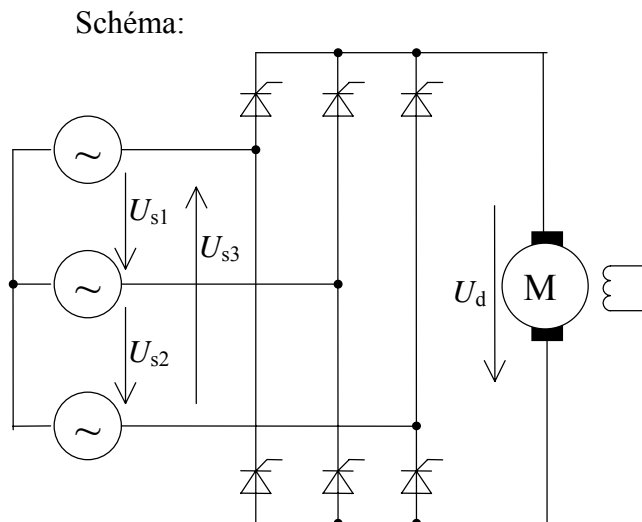
$$U_d(0^\circ) = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot U_s = 1,35 \cdot U_s$$

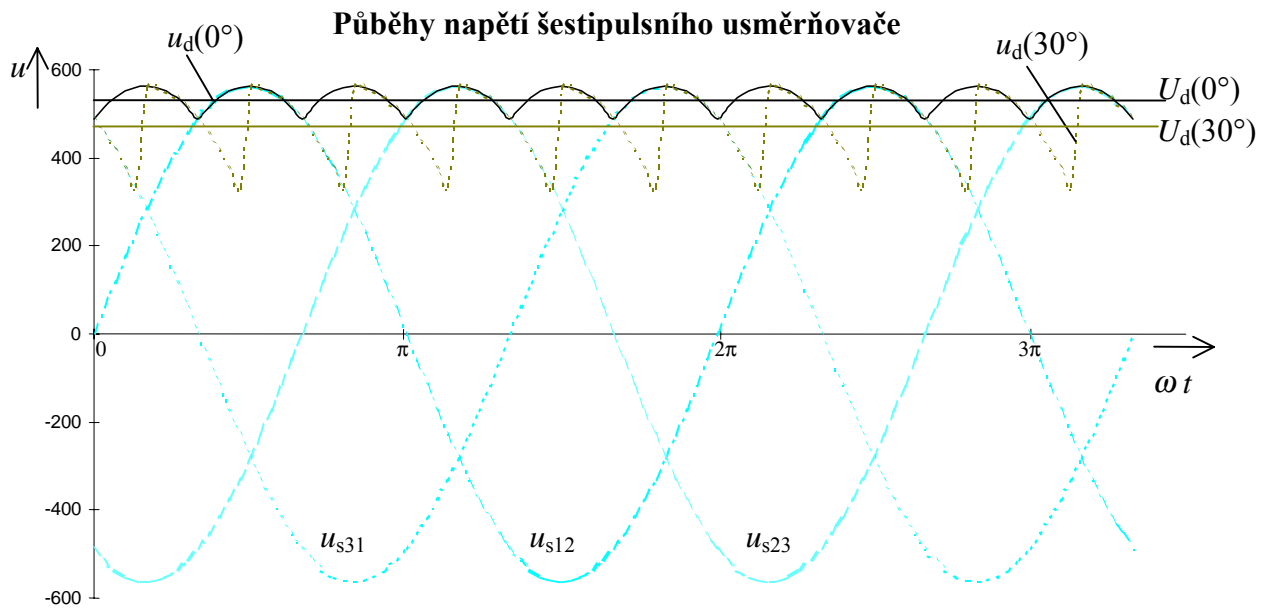
Kde  $U$  je efektivní hodnota fázového napájecího napětí. Střední hodnota usměrňovaného napětí při  $\alpha_1 = 0^\circ$  tedy bude:

$$U_d(0) = 1,35 \cdot 400 = 540 \text{ V}$$

Při nenulovém řídicím úhlu, v režimu spjitých proudů platí:

$$U_d(30^\circ) = U_d(0) \cdot \cos(30^\circ) = 540 \cdot \cos(30^\circ) = 467,7 \text{ V}$$





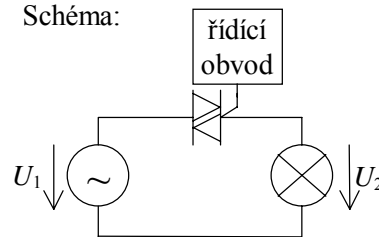
**Příklad 7.4:**

Žárovka je napájena ze sítě s napětím  $U_1$  přes fázově řízený stmívač. Vypočítejte efektivní hodnotu napětí na žárovce při různých řídicích úhlech  $\alpha$ .

Zadané hodnoty:  $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $\alpha_1 = 0^\circ$   
 $\alpha_2 = 50^\circ$ ,  $\alpha_3 = 100^\circ$

Určit:  $U_2(\alpha_1)$ ,  $U_2(\alpha_2)$ ,  $U_2(\alpha_3)$

Schéma:



**Řešení:**

Pro výpočet převedeme řídicí úhly na radiány,  $\alpha_1 = 0$  rad,  $\alpha_2 = 0,8727$  rad,  $\alpha_3 = 1,7453$  rad.

Pro výpočet efektivní hodnoty vyjdeme z definice efektivní hodnoty, obecný vztah pro

periodickou veličinu  $v(t)$  je:  $V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v^2(t) dt}$  kde  $T$  je doba periody.

V našem případě nám stačí počítat integrál za dobu jedné půlperiody, pro úhel  $0 < \omega t < \alpha$  je hodnota napětí 0, pro  $\alpha < \omega t < \pi$  je hodnota napětí  $u(t) = U_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$ .

Potom pro efektivní hodnotu napětí  $U_2$  bude platit:

$$U_2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} (U_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(x))^2 dx} = \frac{U_1}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{\pi - \alpha + \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}$$

(Řešení integrálu zde neuvádíme)

Pro  $\alpha_1 = 0$  rad bude

$$U_2(\alpha_1) = U_1 = 230 \text{ V}$$

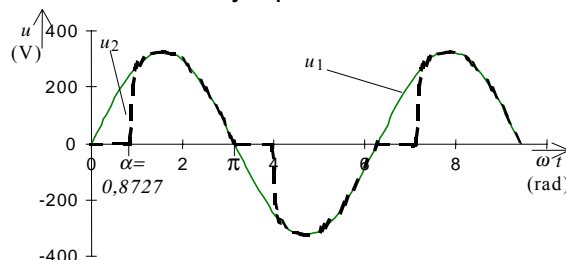
pro  $\alpha_2 = 0,8727$  rad bude

$$U_2(\alpha_2) = 215,6 \text{ V}$$

Pro  $\alpha_3 = 1,7453$  rad bude

$$U_2(\alpha_3) = 143,6 \text{ V}$$

**Průběhy napětí ve stmívači**



### Příklad 7.5:

Neřízený šestipulsní můstkový usměrňovač napájený z trojfázové sítě s fázovým napětím  $U_1$  napájí elektromagnet, který má činný odpor  $R$ .

Vypočítejte střední hodnotu proudu elektromagnetem  $I_{2AV}$ .

Zadané hodnoty:  $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  
 $R = 300 \Omega$ .

Určit:  $I_{2AV}$ .

Řešení:

Pro neřízený šestipulsní usměrňovač platí:

$$U_{2AV} = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot U_1 = 538 \text{ V}$$

$$I_{2AV} = \frac{U_{2AV}}{R} = 1,79 \text{ A}$$

---

### Příklad 7.6:

Neřízený jednofázový dvoupulsní (můstkový) usměrňovač je napájen z transformátoru napětím efektivní hodnoty  $U$ .

Zanedbejte úbytky napětí a předpokládejte, že usměrňovač není zatížený (není z něj odebrán žádná proud).

Zadané hodnoty:  $U=24 \text{ V}$ .

Určete střední hodnotu výstupní napětí  $U_d$  ve dvou případech:

- je-li usměrňovač bez filtračního kondenzátoru,
- má-li usměrňovač filtrační kondenzátor  $C_f = 1000 \mu\text{F}$ .

Určit: a)  $U_d$  bez filtračního kondenzátoru  
b)  $U_d$  s filtračním kondenzátorem.

Řešení:

a) Pro tento případ platí již několikrát uvedený vztah pro dvoupulsní usměrňovač:

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U = 0,9 \cdot 24 = 21,6 \text{ V}$$

b) V tomto případě se, při zanedbání úbytků na diodách, filtrační kondenzátor nabije na maximální hodnotu usměrňovaného napětí a protože není zatížený žádným odběrem, bude tuto hodnotu udržovat stále (nezáleží ani na hodnotě kapacity tohoto kondenzátoru). Střední hodnota výstupního napětí bude tedy rovna maximální hodnotě vstupního napětí:

$$U_d = \sqrt{2} \cdot U = \sqrt{2} \cdot 24 = 33,9 \text{ V}$$