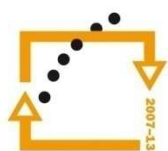




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

**Šablona:** Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**Název:** Střídavé motory

**Téma:** Vinutí trojfázových strojů

**Autor:** Ing. Radovan Hartmann

**Číslo:** VY\_32\_INOVACE\_41-19

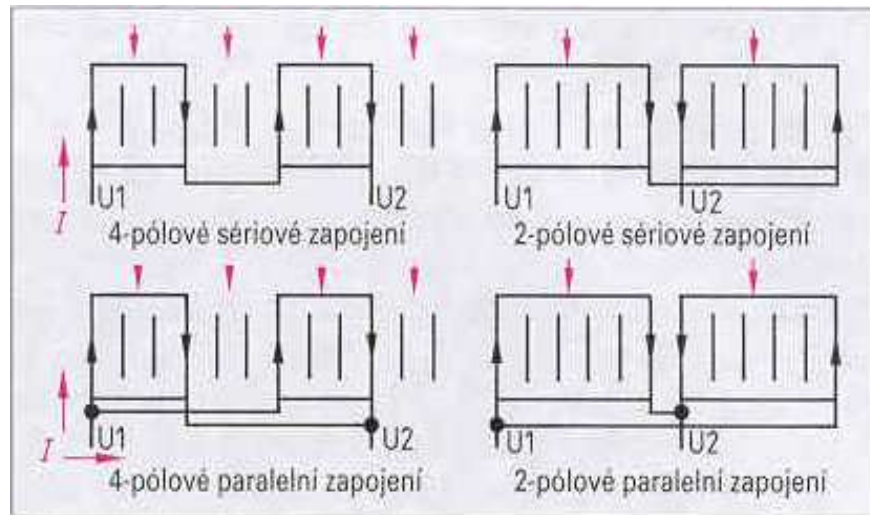
**Anotace:** Materiál je určen pro 2. ročníky SPŠ obor strojírenství. Jedná se o výkladovou prezentaci k problematice vinutí trojfázových strojů.

Březen 2013

# Vinutí trojfázových strojů

- Otáčky (frekvence otáčení) trojfázového motoru jsou udávány v otáčkách za minutu na štítku motoru.
- Otáčky motoru jsou závislé na počtu pólových párů a na kmitočtu napětí.

# Vinutí trojfázových strojů



Obr. 1. Princip trojfázového vinutí  
(nakreslená jen jedna fáze)

- Při dvoupólovém vinutí (jeden pólový pár) má motor při napájení s kmitočtem 50 Hz otáček za sekundu, tj. 3000 otáček za minutu, při 4 pólech pak 1500 otáček/min. Cívky vinutí přitom mohou být řazeny sériově nebo paralelně (obr. 1).

# Vinutí trojfázových strojů

- Vinutí je uloženo zpravidla v drážkách svazku statorových plechů na vnitřním obvodu statoru. Polohu vinutí v drážkách válcové plochy statoru zakreslujeme v rovině, ve které je válcová plocha rozvinuta (obr. 1). Drážky jsou zde pro jednoduchost představovány úsečkami.
- Póly stroje se vytvářejí mezi stranami cívek s různým (opačným) směrem proudu (obr. 1).

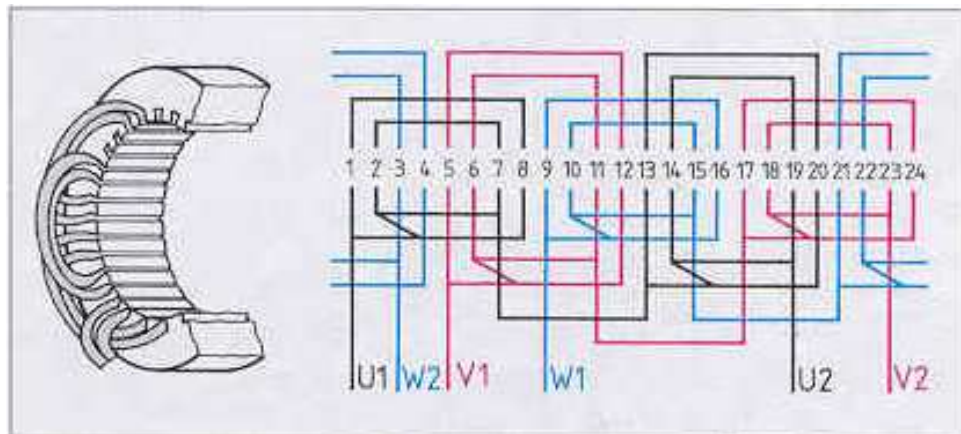
# Vinutí trojfázových strojů

- Na obrázku 1 vytvářejí 2 cívky jedné fáze buď 4 póly, nebo jen 2 póly
- Pro návrh je třeba znát počet drážek  $Q$  a počet pólů  $2p$  motoru. Podle toho je pak možno určit počet fází vinutí (pro trojfázové stroje  $m = 3$ ), počet drážek na jeden krok navíjení a polohy začátků vinutí.
- Počet drážek na jeden krok udává, o kolik drážek od sebe jsou uloženy začátky sousedních cívek, např. při drážkovém kroku  $y_Q = 6$  leží strany cívek v drážkách 1 a 7.

# Jednovrstvá vinutí

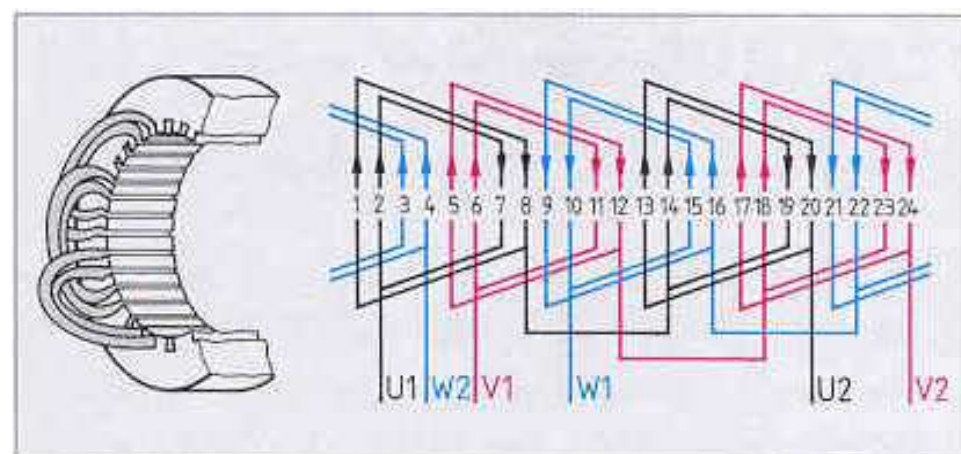
- Leží-li v každé drážce jen jedna strana jedné cívky, mluvíme o jednovrstvém vinutí. Jsou-li obě strany jedné cívky ukládány do drážek současně, vznikne dvoupatrové vinutí (obr. 2), kdy na čelech leží vinutí některých cívek dole a jiných nahoře. Leží-li na čelech statoru každé vinutí částečně na jednom sousedním vinutí (z druhé strany, vznikne košíkové vinutí (obr. 3). Při vinutí se zkráceným krokem pro drážkový krok platí  $y_Q = Q/(2 \cdot p) - n$ , kde  $n$  je zkrácení pro vnitřní závity cívky (na obrázku 2 je pro vnitřní závity  $n = 2$ ).
- Počet drážek na jeden pól (počet pramenů)  $q$  dostaneme, když celkový počet drážek  $Q$  podělíme součinem počtu pólů a počtu fází  $m$ .

# Jednovrstvá vinutí



- Obr. 2. 4-pólové trojfázové dvoupatrové vinutí

- Obr. 3. 4-pólové trojfázové košíkové vinutí



# Jednovrstvá vinutí

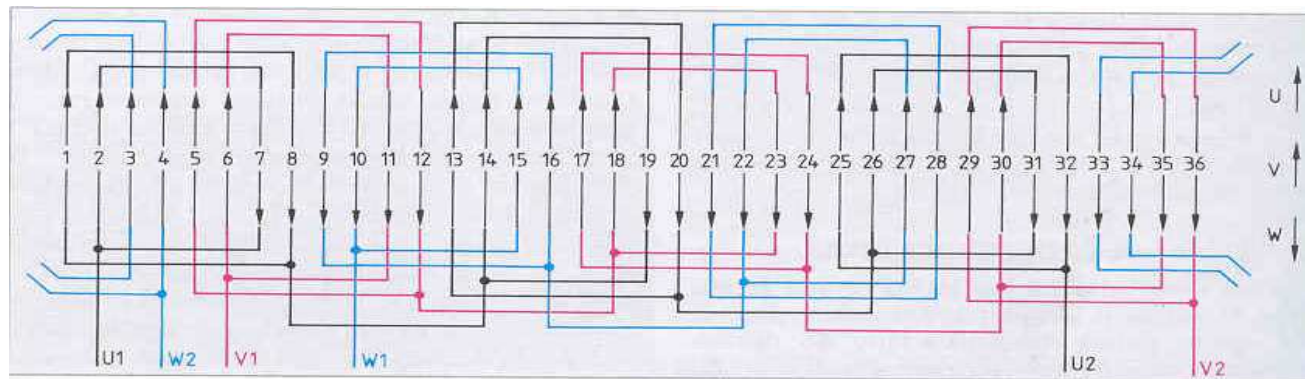
- Pro vinutí na obrázcích 2 nebo 3 můžeme údaje vypočítat následovně:
- Krok vinutí (drážkový krok):  $y_Q = Q/2p = 24/4 = 6$ , tedy začátek vinutí v drážce 1, konec vinutí cívky by byl při průměrné délce kroku 6 v drážce 7. Při nestejně délce kroku (zkrácené a prodloužené) je krok vinutí 6/8.
- Počet drážek na pól a fází je  $q = Q/(2 \cdot p \cdot m) = 24/(4 \cdot 3) = 2$ , tedy vinutí bude dvoupramenné. Rozteč začátků vinutí 3 fází ( $120^\circ$  elektricky) jednotlivých 6 cívek bude  $60^\circ$ , tedy 4 drážky (z celkových 24). Začátky fázových vinutí (dvojice protilehlých cívek) V1, U1 jsou 4 drážky. 3 dvojice protilehlých cívek tvoří 3 cívkové a 3 mezicívkové dvojice pólů (6 takových dvojic), tj. 12pólů. Nakreslíme-li plán tohoto dvoupramenného vinutí pro všechny 3 fáze a začneme-li fází U v drážce 1 a 2, pak drážky 3, 4 a 5, 6 patří vinutí dalších fází W, V. Drážky 7, 8 pak náleží opět vinutí fáze U (obr. 2). Tím je určen krok vinutí (průměrná délka kroku 6). Ke kontrole správného zapojení bývá plán vinutí opatřen šipkami. U 4-pólového vinutí se musí směr proudu (šipek) změnit 4-krát (viz obr. 1). Přitom je třeba dát pozor, aby šipky odpovídající jedné fázi měly opačné směry, např.  $U \uparrow$ ,  $V \uparrow$ ,  $W \downarrow$ , aby byl součet okamžitých hodnot tří fázových proudů vždy nulový, což je podmínkou pro vznik točivého pole.

# Jednovrstvá vinutí

- Při návrhu motoru je třeba použít statorové plechy s vhodným počtem zářezů, vytvářející drážky ve svazku tvořícím stator. Číslo  $q = Q/(2 \cdot m)$  by mělo být přirozené a taková vinutí označujeme jako vinutí s celým počtem pramenů. Je-li hodnota  $q$  zlomek, např.  $Q = 2,5$  vznikne vinutí se zlomkovým počtem pramenů, např. pro 4 pólové vinutí ve 30 drážkách, kdy  $q = 30/(3 \cdot 4) = 2,5$ . Takovým vinutím je lépe se vyhnout, protože motory s takovým vinutím se více zahřívají, jsou hlučnější a mají nepříznivý rozběh. V případě generátorů je však vinutí se zlomkovým počtem pramenů (části pramenů sousedních vinutí leží v téže drážce) často úmyslně používáno, neboť průběh generovaného napětí je bližší čisté sinusovce bez vyšších harmonických kmitočtů.
- Počet drážek musí být pro každou fázi stejný, proto i v případě zlomkového počtu pramenů musí být celkový počet drážek číslo dělitelné třemi.

# Jednovrstvá vinutí

- **Příklad:** Navrhněte pro tří fázový motor s 36 drážkami 6-pólové jednovrstvé dvoupatrové vinutí s cívkami různé šířky. Vypočtete jmenovitá data a sestavte plán vinutí.
- $Y_Q = Q/2p = 36/6 = 6$ , drážkový krok je 1:6/8;  $q = Q/2 \cdot p \cdot m = 36/(6 \cdot 3) = 2$  drážky na pól a fází. Rozteč začátků vinutí pro fáze U, V, W:  $Q/(p \cdot m) = 36/(3 \cdot 3) = 4$  drážky. Plán zapojení je na obrázku.



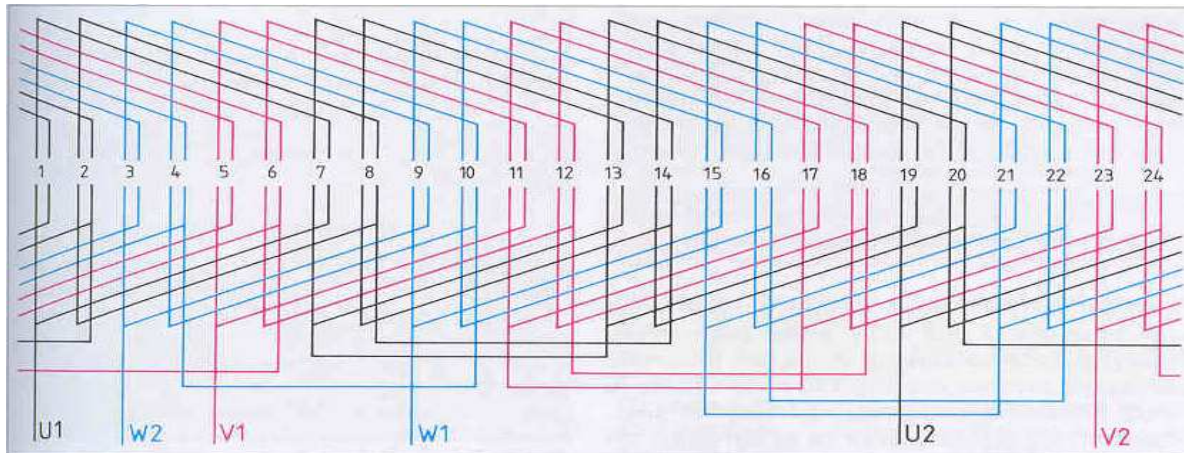
Obrázek 6-pólového dvoupatrového jednovrstvého vinutí s nestejnou šířkou cívek pro 36 drážek (řešení příkladu)

# Dvouvrstvá vinutí

- Dvouvrstvé vinutí má tolik drážek, kolik má stator drážek. V každé drážce leží dvě strany cívek, jedna spodní a jedna horní. U dvouvrstvého vinutí musí být počet drážek vždy dělitelný počtem pólů, aby vyšlo  $q$  celé číslo.
- U vinutí s průměrným počtem drážek na jeden krok je tento počet je roven pólovému dělení  $\tau_p$ . U těchto vinutí patří horní i dolní cívka v jedné drážce k jednomu pólu a fázi. Cívky jsou zapojeny tak, že proudy v polovinách cívek uložených v téže drážce mají stejný směr.

# Dvouvrstvá vinutí

- Příklad: Navrhněte 4-pólové dvouvrstvé vinutí s cívkami stejné šířky pro trojfázový motor s 24 drážkami. Cívky mají být zapojeny sériově.
- $y_q = \frac{Q}{2p} = \frac{24}{2} = 6$  , drážkový krok 1:7; drážky na pól a fázi (zapojení na obr. 1)

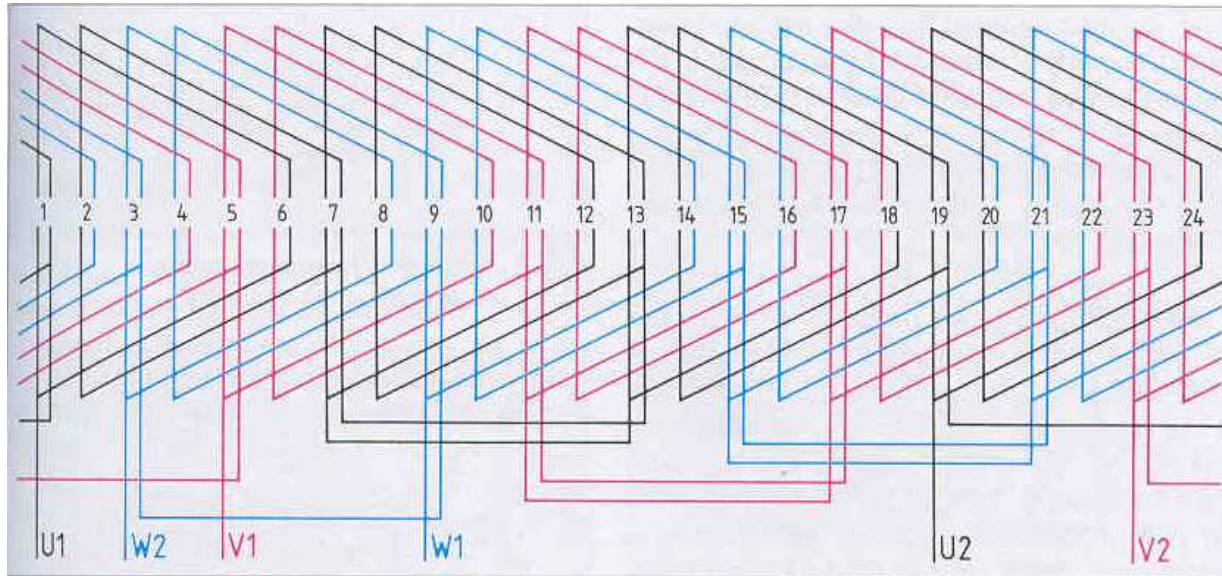


4-pólové dvouvrstvé  
vinutí s cívkami  
stejně šířky pro 24  
drážek (řešení  
příkladu)

# Dvouvrstvá vinutí

- Dvouvrstvé vinutí se zkráceným krokem
- Dvouvrstvé vinutí má tolik drážek, kolik má stator drážek.
- Vinutí se zkráceným krokem zlepšují účinnosti a vlastnosti při rozběhu motoru a snižují hluk.
- Je-li např. krok dvouvrstvého vinutí zkrácen z 6 drážek na 5 drážek (**obr. 2**), je činitel  $k_p = 5/6$ . Při zkrácení o 2 drážky je  $k_p = 4/6$ .
- Při návrhu vinutí se zkráceným krokem je třeba mít na zřeteli, že v části drážek jsou uložena vinutí patřící různým fázím a mezi oběma různými cívkami jsou napětí rozdílných hodnot.

# Dvouvrstvá vinutí



4-pólové dvouvrstvé vinutí se zkráceným krokem  
s činitelem zkrácení  $k_p = 5/6$

## ZDROJE:

- TKOTZ, Klaus. *Příručka pro elektrotechnika*. Vyd. 1. Praha, 2002. ISBN 80-867-0600-1.