

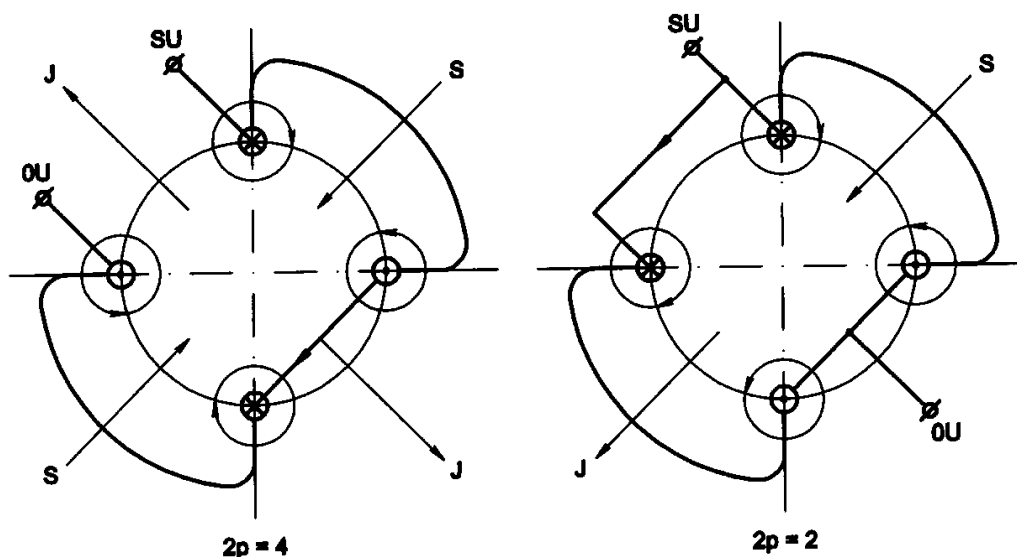
## Řízení otáček změnou počtu pólů

Tento způsob řízení otáček motorů umožňuje změnu otáček pouze po stupních. Počet stupňů však nebývá veliký, běžně se používá pouze dvou stupňů. Pro zvláštní účely lze použít i větší počet stupňů. To však již vede ke značně drahým strojům a komplikovaným přepínačům.

Stupně, po kterých měníme otáčky, odpovídají synchronním otáčkám při různém počtu pólů. Stator má buď několik samostatných vinutí s různým počtem pólů nebo jedno vinutí přepínatelné, nebo se kombinují oba způsoby. Takovéto řešení vede ke zvětšení rozměrů a váhy stroje, poskytuje však možnost libovolného poměru rychlostí např. 1 : 3, ale i 1 : 12.

Při přepínání počtu pólů musí vinutí vyhovovat mnoha požadavkům. Jde zejména o to, aby při všech otáčkách měl motor stejný smysl otáčení, pro každé otáčky musí být stanoven jmenovitý výkon motoru, atd.

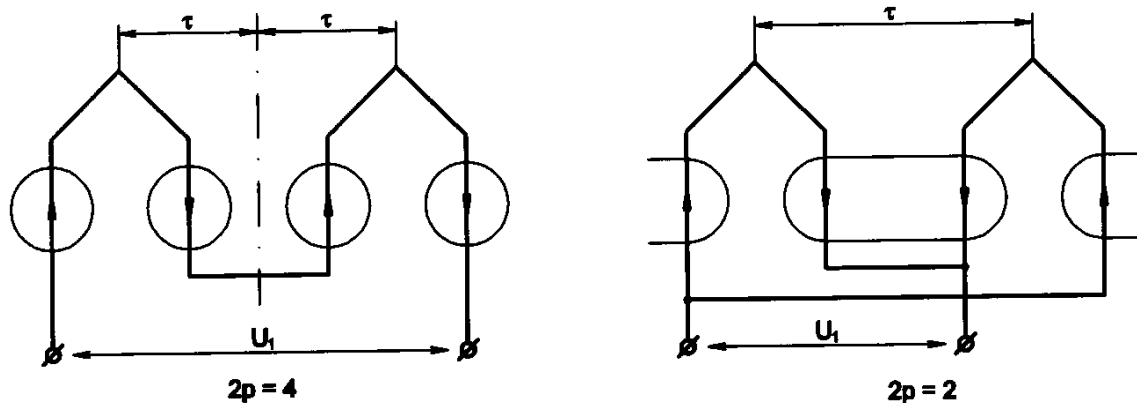
Vytvoření přepínatelného vinutí vyhovujícího všem požadavkům není jednoduché a řešení jsou obvykle patentována. Pro přepínání v poměru 1 : 2 motoru s jedním vinutím se nejčastěji používá tzv. Dahlanderova zapojení. Jeho princip je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1

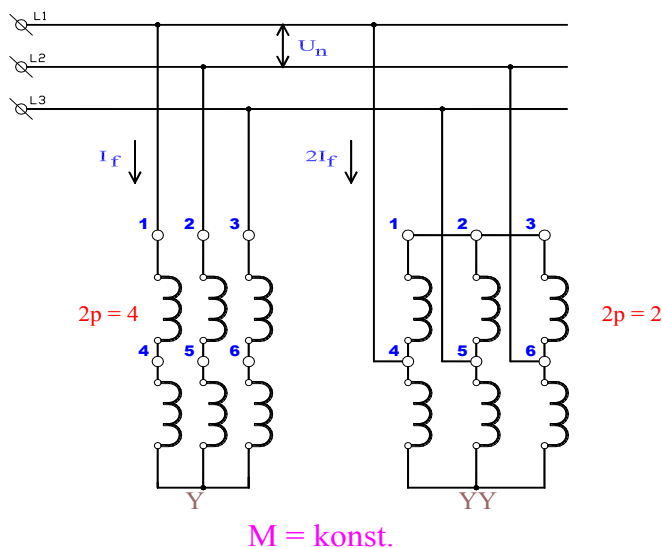
V jedné fázi jsou 2 cívky čtyřpólového vinutí spojeny za sebou s vyvedeným středem. Jsou-li obě cívky zapojeny v sérii, vytvářejí čtyřpólové magnetické pole. Spojí-li se paralelně, zruší se mg. pole mezi cívkami a vznikne pole dvoupólové. Pro dva póly je vinutí méně využito, neboť krok vinutí je zkrácen na  $1/2 \tau_p$ . Principiálně je toto vinutí nakresleno na

obr. 2.



Obr. 2

Asynchronní motory mají obvykle dva způsoby přepínání počtu pólů:



Obr. 3

a) přepínání hvězda – dvojitá hvězda (obr. 3)

Výkon motoru při zapojení Y je

$$P_y = 3 \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot I_f \cdot \eta_y \cdot \cos \varphi_y \quad (1)$$

při zapojení YY

$$P_{yy} = 3 \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 2 \cdot I_f \cdot \eta_{yy} \cdot \cos \varphi_{yy} \quad (2)$$

Za přibližného předpokladu, že účinnosti a účinnosti jsou stejné

( $\eta_y \cdot \cos \varphi_y = \eta_{yy} \cdot \cos \varphi_{yy}$ ) platí, že

$$P_{yy} = P_y \cdot 2 \quad (3)$$

Protože moment motoru  $M \approx \frac{P}{n}$  a dále

proto, že  $n_{yy} = 2n_y$ , bude v obou případech stejný moment, tedy  $M_{yy} = M_y$ .

b) přepínání trojúhelník – dvojitá hvězda (obr.4)

Fázové napětí při spojení v trojúhelníku bude  $U_{fd} = U_n$ ,

$$P_y = 3 \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot I_s \cdot \eta_y \cdot \cos \varphi_y \quad (4)$$

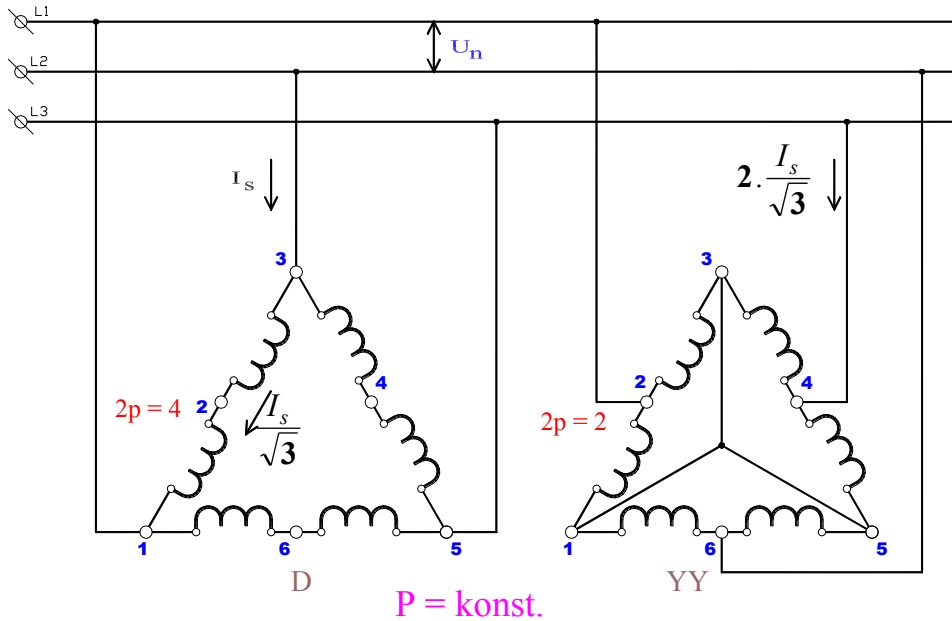
při zapojení YY

$$P_{yy} = 3 \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 2 \cdot \frac{I_s}{\sqrt{3}} \cdot \eta_{yy} \cdot \cos \varphi_{yy} \quad (5)$$

Opět za předpokladu stejných účinností a účinností je

$$P_{yy} = \frac{2}{\sqrt{3}} P_d = 1,16 P_d \quad (6)$$

Výkon je tedy konstantní (téměř) a pak moment  $M_d$  bude asi  $2M_{yy}$ .



Obr. 4

Výkon nebo moment motoru při určitých otázkách je daný zatěžovacím momentem poháněného stroje. Charakterizují proto výrazy „přepínání při konstantním výkonu nebo momentu“ tu okolnost, že motor může pracovat s příslušným výkonem nebo momentem bez nebezpečí tepelného přetížení.

Uvažujme nyní skutečné provedení přepínatelného vinutí ze 4 na 2 póly, počet drážek  $Q = 36$ .

Na obr. 5 je vinutí provedeno jako dvoupólové s cívkami zkrácenými na  $y = \frac{1}{2} \cdot \tau_p = \frac{9}{18} \cdot \tau_p$ .

V každé fázi jsou 4 trojčívky spojené do série (pro  $2p = 4$ ) nebo serioparalelně (pro  $2p = 2$ ).

Činitel vinutí při čtyřpólovém zapojení (D nebo Y) – drážkový úhel  $20^\circ$  el.:

$$k_{v4} = \frac{\cos 10^\circ + \cos 30^\circ + \cos 50^\circ}{3} = 0,831$$

Činitel vinutí při dvoupólovém zapojení (YY) – drážkový úhel  $10^\circ$  el.:

$$k_{v2} = \frac{\cos 20^\circ + \cos 30^\circ + \cos 40^\circ + \cos 50^\circ + \cos 60^\circ + \cos 70^\circ}{6} = 0,676$$

Uvažme dále, jaké budou poměry v magnetickém obvodu při přepínání:

Při spojení Y – YY je poměr magnetických toků

$$\frac{\Phi_{YY}}{\Phi_Y} = \frac{\frac{U_{1f}}{4,44 \cdot f_1 \cdot \frac{N}{2} \cdot k_{vYY}}}{\frac{U_{1f}}{4,44 \cdot f_1 \cdot N \cdot k_{vY}}} = \frac{2 \cdot 0,831}{0,676} = \frac{2,46}{1}$$

Protože při spojení YY je pólová rozteč dvojnásobná, je poměr magnetických indukcí ve vzduchové mezeře přibližně  $\frac{B_{\delta YY}}{B_{\delta Y}} = \frac{1,23}{1}$ . Indukce ve jhu jsou však v poměru magnetických toků.

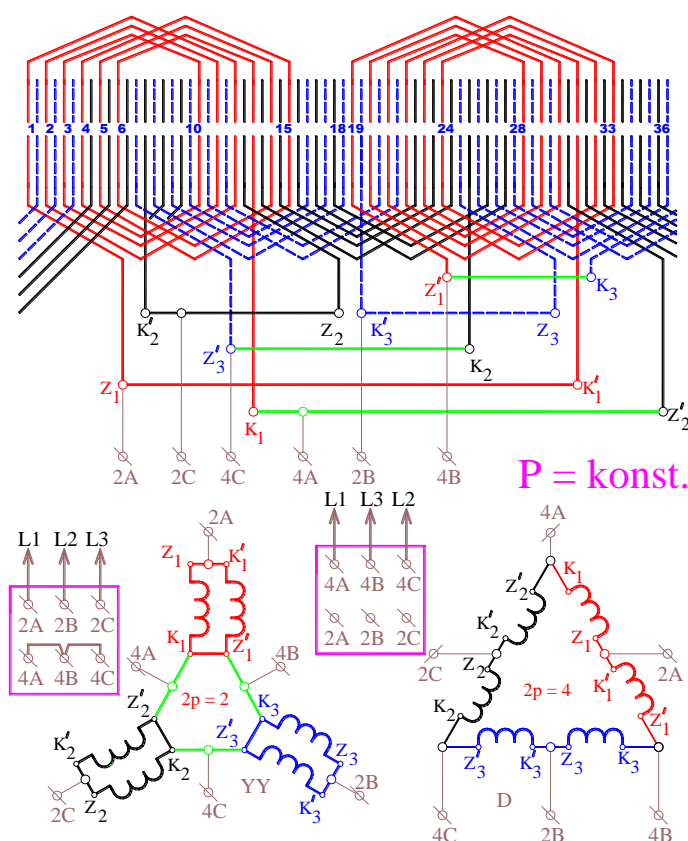
Při spojení D – YY je poměr magnetických toků

$$\frac{\Phi_{YY}}{\Phi_D} = \frac{\frac{U_{1f}}{4,44 \cdot f_1 \cdot \frac{N}{2} \cdot k_{vYY}}}{\frac{U_{1f}}{4,44 \cdot f_1 \cdot N \cdot k_{vD}}} = \frac{2,0,831}{\sqrt{3} \cdot 0,676} = \frac{1,424}{1}$$

A pro poměr magnetických indukcí ve vzduchové mezeře platí  $\frac{B_{jYY}}{B_{jD}} = \frac{0,712}{1}$ . Indukce ve jhu

jsou však opět v poměru magnetických toků. U obou způsobů přepínání je při větší rychlosti jho více syceno.

Při současném využívání magnetického obvodu asynchronních motorů dosahuje indukce jha statoru při menším počtu pólů hodnot  $1,7 \div 2T$ . U motorů se spojením D – YY, kde je odlehčená mezeře a zuby, se měřením zjistilo, že tyto přepínatelné motory mají při menším počtu pólů mnohem menší proud naprázdno, než byl vypočtený. Tento rozdíl se zdůvodňuje tím, že magnetický tok, jdoucí státorem, zasahuje s největší pravděpodobností mnohem hlouběji do zubů statoru, než je uvažováno při výpočtu. Umožňuje to nízké sycení statorových zubů. Vzhledem k nelineární magnetizační charakteristice nastává při uvedených syceních ve jhu i při malé změně sycení vlivem vytlačení toku velká změna magnetického napětí pro jho statoru. Jelikož toto napětí představuje při spojení YY podstatnou část celkového

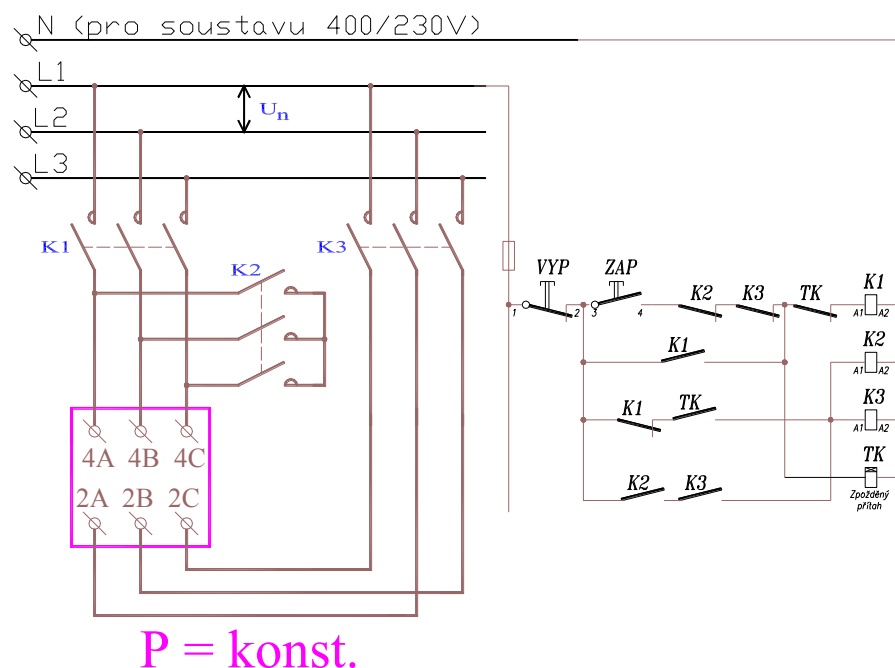


Obr.5

magnetického napětí ve stroji, je tím vysvětlen i vliv na proud naprázdno.

Pro přepínání D/YY (analogie i pro Y/YY) je na svorkovnici vyvedeno šest vývodů z vinutí, které je nutno stykači vhodně přepínat. Pro správnou funkci budeme potřebovat v silovém zapojení tři stykače. První stykač **K1** připne stroj k síti na svorkovnici k **1, 3 a 5** a motor se rozbíhá s vyšším nomentem na nižší otáčky ( $n_s = 1500 \text{ ot/min}$ ). Pokud bychom neprovedli žádné další doplnění obvodu, motor by ukončil rozběh pro  $2p = 4$ .

Pro provedení přepnutí motoru z  $2p = 4$  na  $2p = 2$  můžeme použít několik způsobů : proudové čidlo, otáčkové čidlo nebo nejjednodušší přepnutí pomocí časového relé. Pro toto přepnutí



použijeme silově stykač **K2**, který provede spojení vinutí ozn. **1, 3 a 5** do uzlu a zároveň připojí motor k síti na svorky ozn. **2, 6 a 4** (pozor, důležitá změna fází) stykačem **K3**. Samozřejmě toto přepnutí má za podmínku krátký beznapětový stav, jinak bychom vyzkratovali síť.

Pro ovládací obvod (220V) potřebujeme tedy

Obr.6

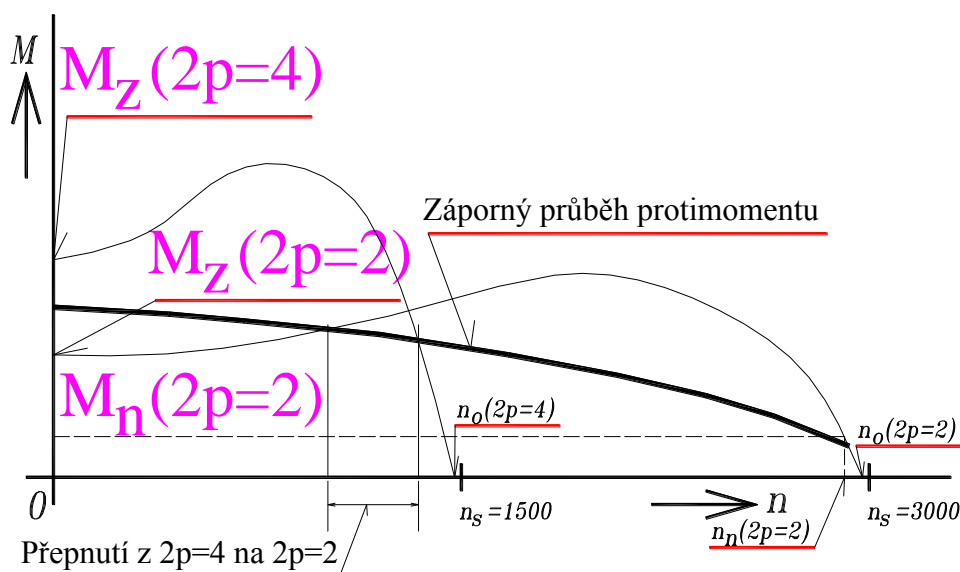
kromě čidla (časové relé) tlačítko **ZAP**, tlačítko **VYP**, jistič nebo pojistku pro jištění tohoto obvodu a časové relé **TK** (viz obr.6).

Nutno ještě vysvětlit, k čemu se dvourychlostní asynchronní motory používají. Pokud pomineme dříve vyráběné pračky, kdy pomalé otáčky sloužily k praní a vysoké ke ždímání, je v drtivé většině jejich použití pro obtížný rozběh.

Příklad: je nutné rozběhnout soustrojí, které má velký rozběhový protimoment. Použije se tedy pro rozběh s nižšími otáčkami zapojení D a po uvedení  $GD^2$  soustrojí do chodu se

soustrojí „dotočí“ na vyšší pracovní otáčky.

Možné momentové charakteristiky jsou na obr.7



Obr.7