



Pracoviště: Regionální inovační centrum elektrotechniky

Výzkumná zpráva č.: 22190 - 046 - 2011

SYNCHRONNÍ MOTOR, NAPÁJENÝ DO „DVOJITÉ HVĚZDY“ PRINCIPIÁLNÍ ÚVAHY

Druh úkolu: Vědecko- výzkumný
Řešitelé: K. Zeman
Vedoucí úkolu: doc. Ing. Z. Peroutka, Ph.D.
Počet stran: 11
Datum vydání: prosinec 2011
Revize: 1

Anotace

Motory velkého výkonu nelze napájet jedním měničem kmitočtu. Jednou z možností napájení motoru 2 měniči kmitočtu je tzv. „dvojitá hvězda“. V předkládané zprávě jsou uvedeny principiální výpočty a fyzikální úvahy.

Obsah

1 ÚVOD.....	3
2 NAPĚTÍ PULSNÍHO USMĚRŇOVAČE.....	3
3 NAPĚTÍ MEZI FÁZEMI „DVOJITÉ HVĚZDY“	5
3.1 Synchronní motor napájený ze střídavé sítě 6 kV	5
3.2 Předměstská jednotka Škoda 471 – napájení ss trolej 3 kV	8
4 NAPĚTÍ VINUTÍ MOTORU – ZEM	8
5 PŘIPOJENÍ PARALELNÍCH VĚTVÍ VINUTÍ MOTORU K ROZDÍLNÝM NAPĚTÍM	9

1 Úvod

U navrhovaného pohonu ČKD není možno synchronní motor napájet jedním měničem kmitočtu, který je k dispozici. .

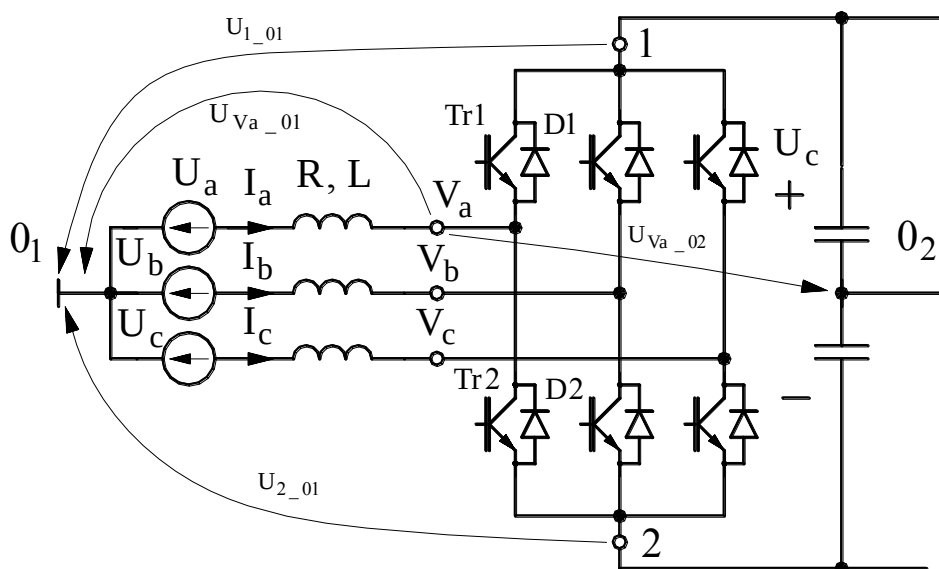
Jednou z možností je napájet rozpojené paralelní větve vinutí motoru dvěma měniči kmitočtu. Pro toto zapojení výkonového obvodu pohonu je používán název „dvojitá hvězda“.

Uvažované napájení motoru má řadu známých výhod (výkonový obvod není nutno doplňovat tlumivkami apod.), ale vinutí motoru může být namáháno vyšším napětím.

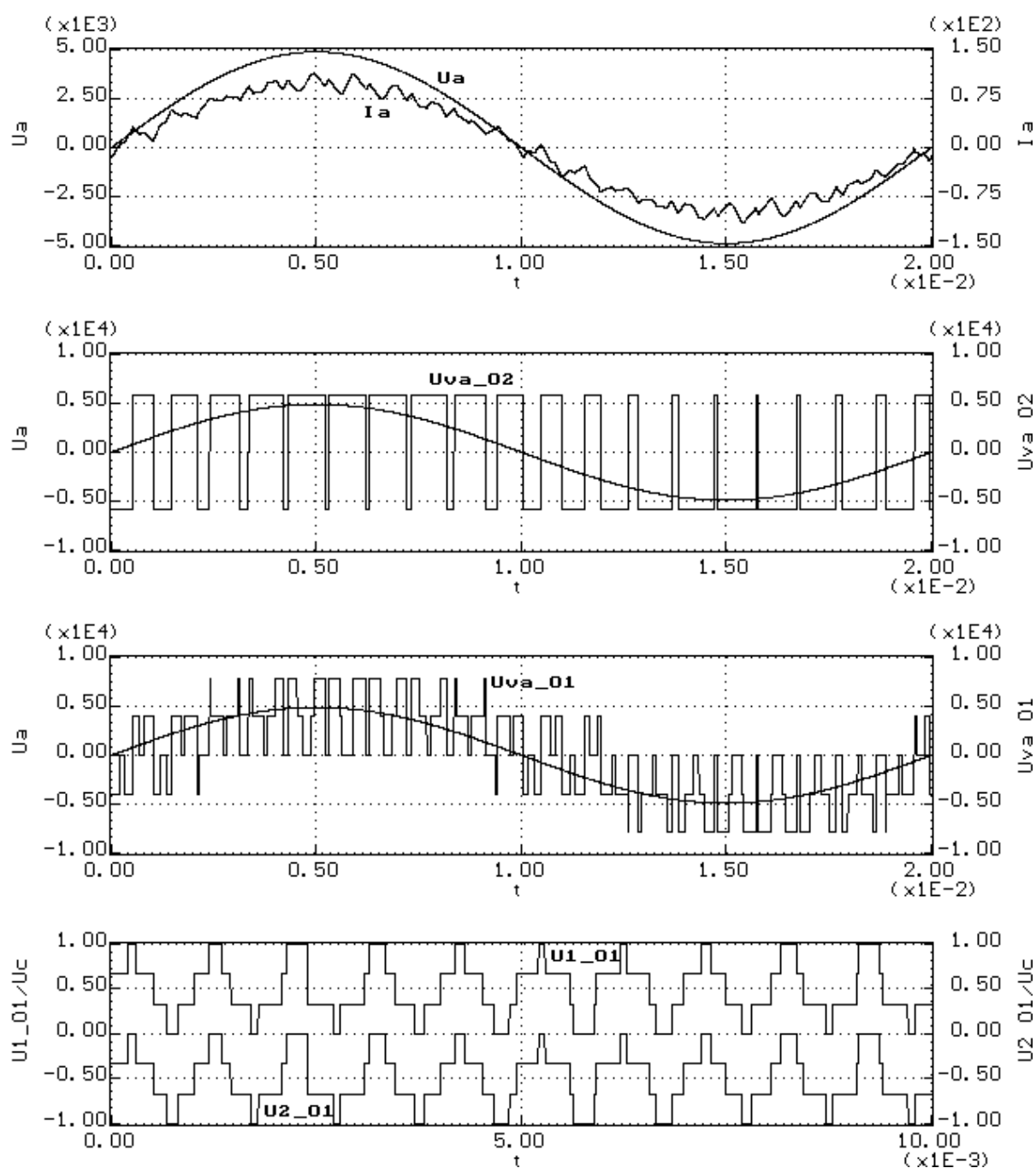
V předkládané zprávě je vypočítáváno napětí mezi paralelními větvemi vinutí a napětí vinutí proti „zemi“.

2 Napětí pulsního usměrňovače

Napětí zvolených svorek jsou vyznačena na následujícím obrázku



Výsledky simulací:



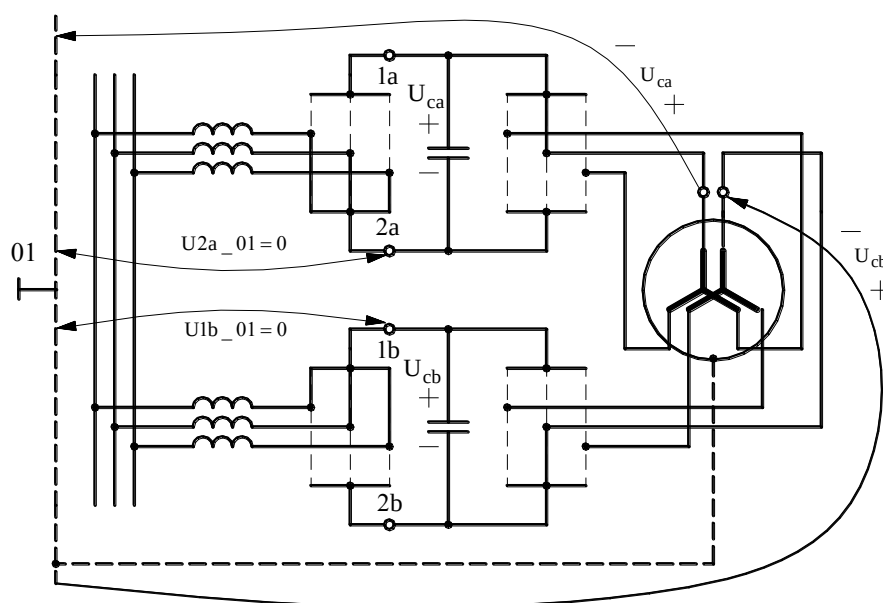
Závěry:

- Maximální napětí svorky 1 proti nule napájecí sítě ... $+U_c$
- Maximální napětí svorky 2 proti nule napájecí sítě ... $-U_c$

3 Napětí mezi fázemi „dvojité hvězdy“

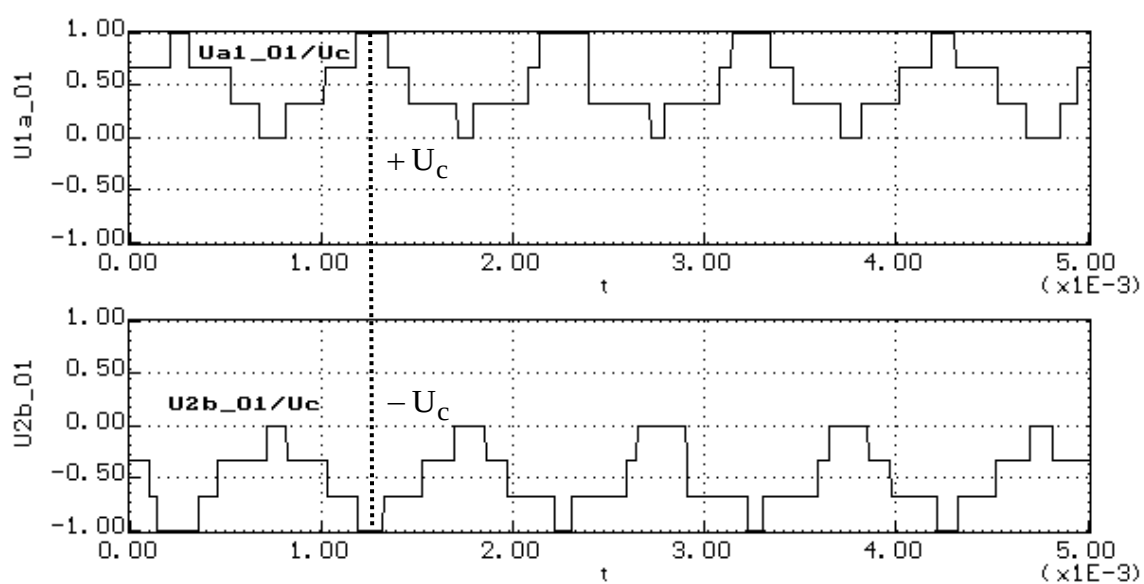
3.1 Synchronní motor napájený ze střídavé sítě 6 kV

- Při zcela shodné činnosti pulsních usměrňovačů a střídačů je na svorkách paralelních větví stejné napětí.
- Shodnou činnost střídačů a pulsních usměrňovačů nelze zajistit. Může nastat toto sepnutí tranzistorů (nejnepříznivější případ):



Pozn.: Sepnutí nesledovaných větví střídačů není zakresleno ... může být libovolné

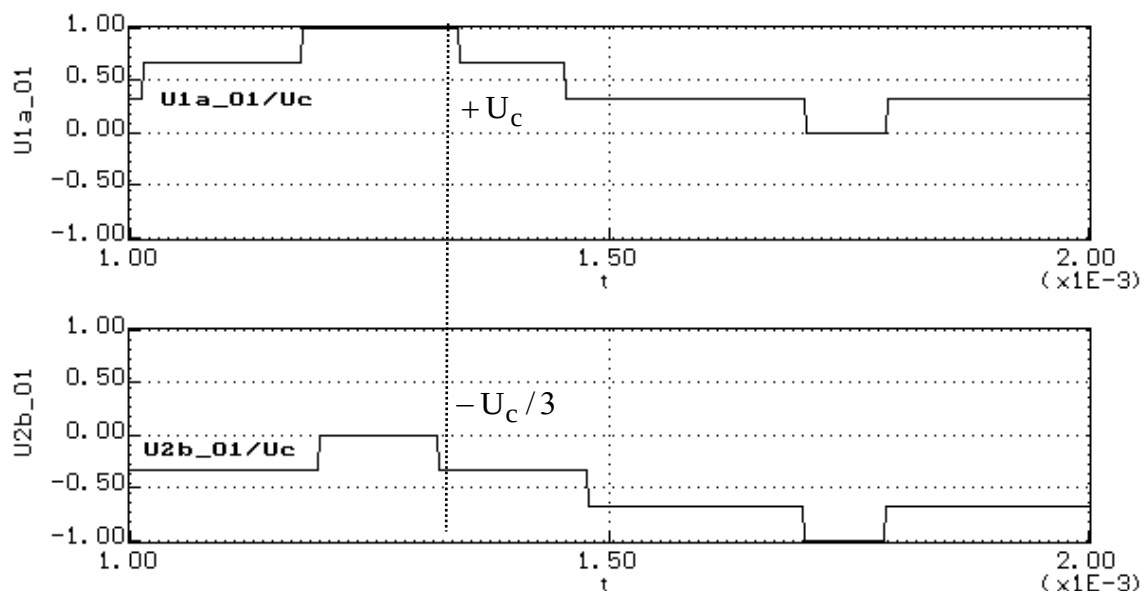
Vyznačené sepnutí tranzistorů odpovídá stavu pohonu v čárkovaně vyznačeném čase.



Mezi paralelními větvemi vinutí je napětí ... $2 \cdot U_c$

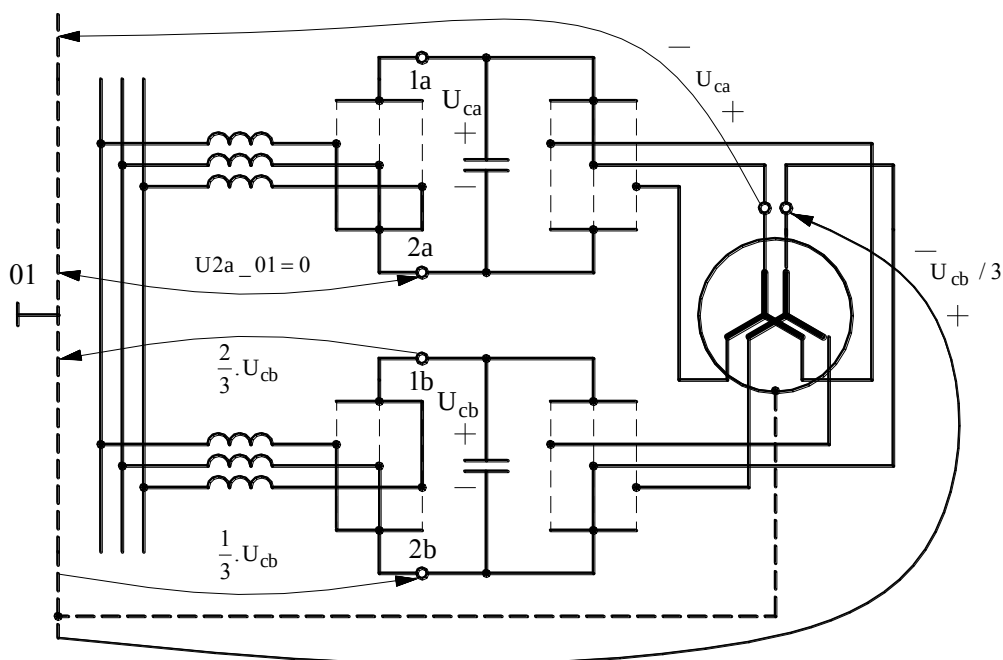
- Sepnutí „horní“ větve střídače „a“ a „spodní“ větve střídače „b“ nelze zabránit, také nelze zajistit zcela shodnou činnost PU.

Existuje však možnost „sladit“ činnost pulsních měničů tak, aby kmity znázorněných napětí byly přibližně „ve fázi“.



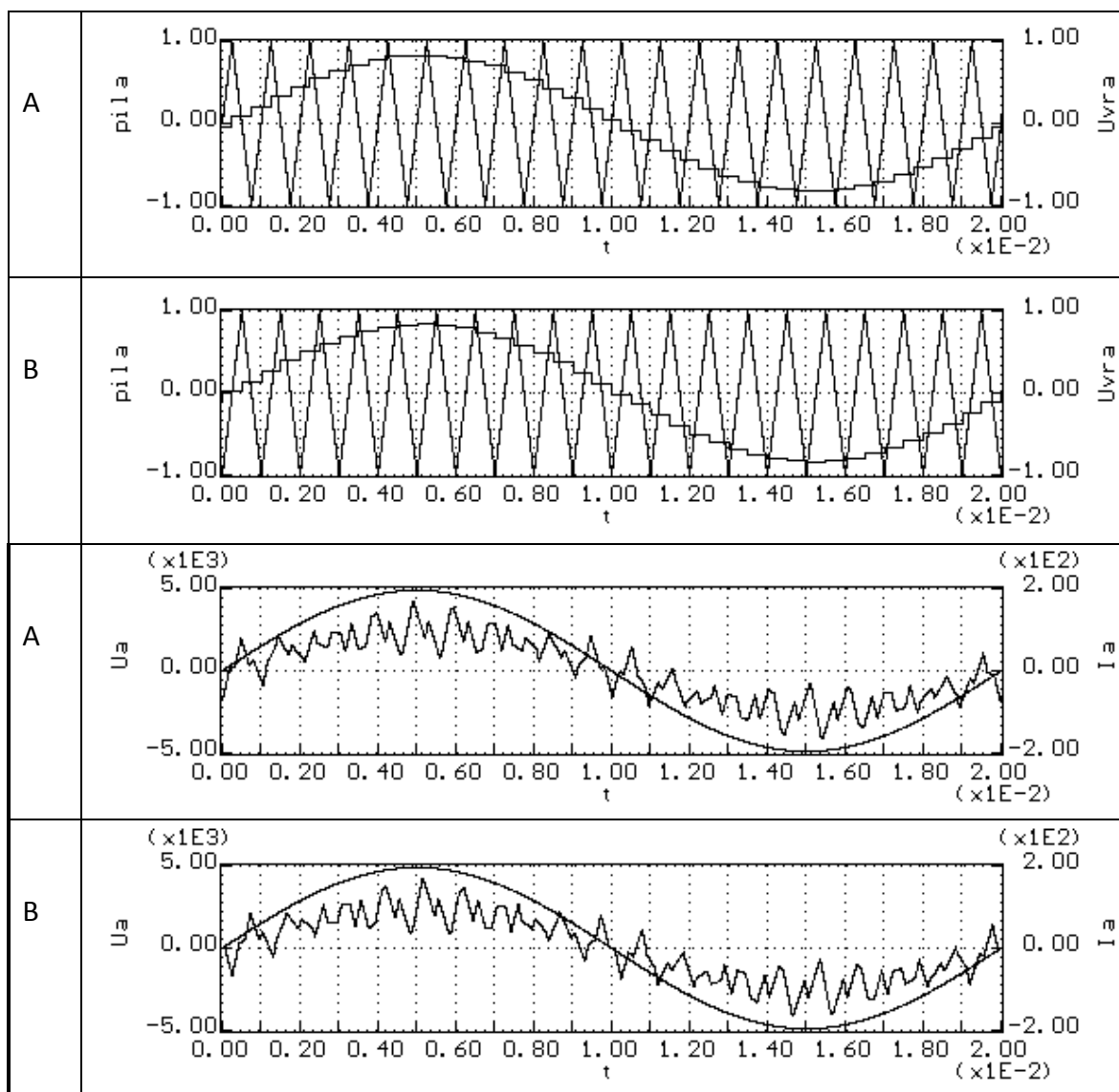
Mezi paralelními větvemi vinutí je napětí ... $1,3 \cdot U_c$

Čárkovaně vyznačenému času odpovídá toto sepnutí tranzistorů:



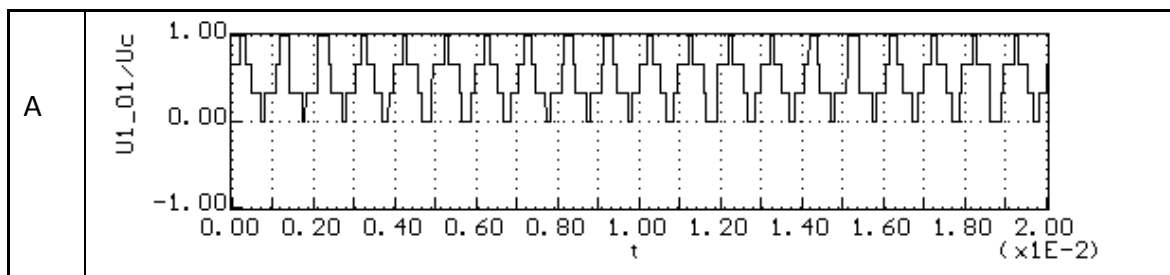
Pozn.: Sepnutí nesledovaných větví střídačů není zakresleno ... může být libovolné

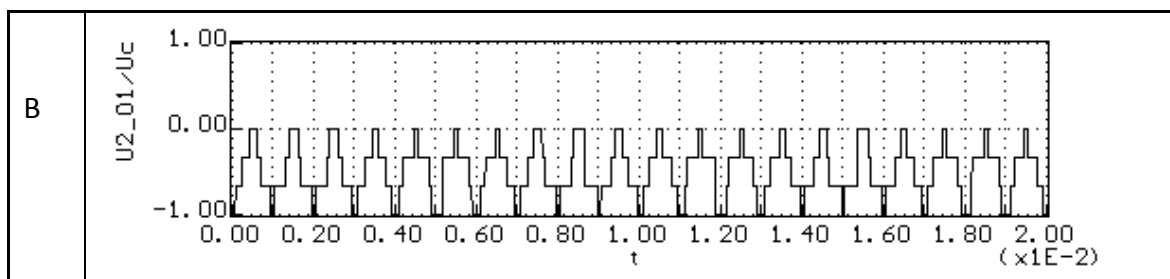
- Výsledný proud, odebíraný ze sítě má mít co nejmenší střídavou složku. Toho lze dosáhnout tzv. „přesazeným řízením“ pulsních usměrňovačů.



Následující grafy dokazují, že při „přesazeném“ řízení nelze dosáhnout výše popisované „sladěné“ činnosti pulsních usměrňovačů.

Náhodně musí nastat: $U1_{01} = +U_c$, $U2_{01} = -U_c$





Závěr:

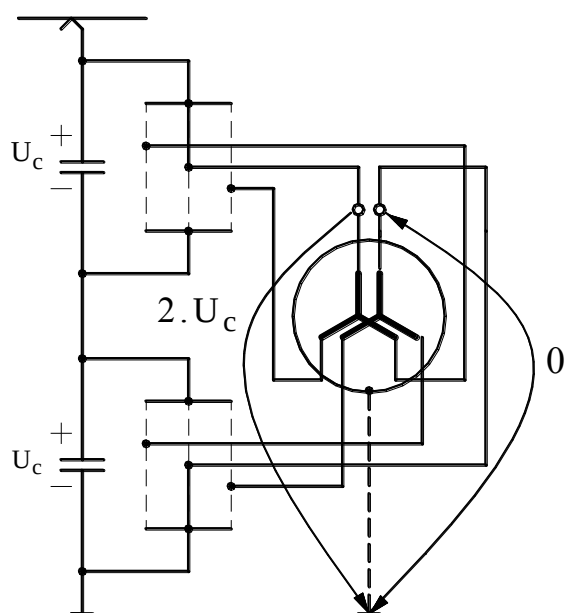
- Nejhorší možnost: Mezi svorkami paralelních větví je maximální napětí $2 \cdot U_c$
- Reálná možnost: Mezi svorkami paralelních větví je maximální napětí $4/3 \cdot U_c$
- „Přesazené řízení“ PU ... mezi svorkami paralelních větví je maximální napětí $2 \cdot U_c$

3.2 Předměstská jednotka Škoda 471 – napájení ss trolej 3 kV

„Dvojitá hvězda“ byla použita u předměstské jednotky Škoda 471, kde úspěšně pracuje.

Důvod zapojení „dvojité hvězdy“:

- Škoda 471... snížení napěťového namáhání tranzistorů.
- Synchronní pohon ČKD ... snížení proudového zatížení tranzistorů



Závěr:

Mezi svorkami paralelních větví je maximální napětí $2 \cdot U_c$

4 Napětí vinutí motoru – zem

Maximální napětí vinutí proti zemi

Synchronní pohon ČKD	Škoda 471
$\pm U_c$	$+ 2 \cdot U_c$

5 Připojení paralelních větví vinutí motoru k rozdílným napětím

Předměstská jednotka Škoda 471

Stejné řízení střídačů - magnetická vazba mezi paralelními větvemi statorového vinutí zajišťuje stejné napětí sériově spojených kondenzátorů (magnetická vazba odstranila hlavní problém pohonu)

Rozdílné řízení střídačů - magnetická vazba zajistí stejné napětí na svorkách paralelních větví (napětí sériově spojených kondenzátorů je pak rozdílné).

U navrhovaného pohonu je napětí kondenzátorů udržováno regulačními obvody pulsních usměrňovačů na stejné hodnotě, málo závislé na odebíraném proudu. Při nesterélním řízení střídačů se tedy na svorky paralelních větví statorového vinutí motoru připojí rozdílné napětí.

$\bar{U}_{s_a} = R_s \cdot \bar{I}_{s_a} + L_{s\sigma} \cdot \frac{d\bar{I}_{s_a}}{dt} + \frac{d\bar{\Psi}_h}{dt}$	$L_{s\sigma}$... rozptylová indukčnost paralelní větve Ψ_h ... magnetický tok svázaný s oběma paral. větvemi vinutí
$\bar{U}_{s_b} = R_s \cdot \bar{I}_{s_b} + L_{s\sigma} \cdot \frac{d\bar{I}_{s_b}}{dt} + \frac{d\bar{\Psi}_h}{dt}$	

Rozptylová indukčnost paralelní větve vinutí je pravděpodobně malá. Při rozdílném napětí střídačů U_{s_a} , U_{s_b} mohou proto vzniknout velké proudy.

„Přesazené“ řízení střídačů

- První harmonické napětí U_{s_a} , U_{s_b} jsou při správném řízení pulsních usměrňovačů stejné
 $\Rightarrow$ přesazené řízení nevyvolává principiální problémy.
- Důkladný rozbor vlivu přesazeného řízení střídačů na činnost pohonu nebyl zatím proveden.

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum Jméno / Odd.
1		Publikování dokumnetu	10.12. 2011 K. Zeman