



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

225 904

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 29 06 78
(21) PV 4273-78

(51) Int. Cl.³
H 02 M 7/48

(40) Zveřejněno 29 07 83
(45) Vydáno 01 07 85

(75)
Autor vynálezu WINKLER JIŘÍ ing., PRAHA

(54) Frekvenční měnič pro asynchronní motory s napájecí frekvencí vyšší než 50 Hz

1

Vynález se týká frekvenčního měniče pro asynchronní motory s vyšší napájecí frekvencí než 50 Hz.

Frekvenční měniče pro pohony asynchronních motorů doznaly širokého uplatnění v praxi, neboť způsob frekvenčního řízení asynchronních motorů je pro tento typ stroje nejvýhodnější. Má ve srovnání se stejnosměrnými stroji podobné účinky jako cize buzený stejnosměrný motor řízený kotevním napětím. Pro řízení motoru nakrátko se používají frekvenční měniče s vyjádřeným meziobvodem nebo bez vyjádřeného meziobvodu. Měniče s vyjádřeným meziobvodem používají pro asynchronní motor nakrátko výhradně vlastní komutaci střídače, neboť vnější komutaci nelze z principiálních důvodů použít. Frekvenční měniče bez vyjádřeného meziobvodu mohou být komutovány sítí, ovšem pouze pro nízké vstupní frekvence, asi do 20 Hz. Široce rozvinutá výrobní škála asynchronních motorů a různé aplikační použití si vyžádaly vývoj různých typů frekvenčních měničů, zejména měničů s vyjádřeným meziobvodem s vlastní komutací. Důležité místo mezi pohony asynchronních motorů nakrátko zaujímají rychloběžné asynchronní motory pro vyšší frekvence, většinou ve vícemotorových pohonech menších a středních výkonů. Speci-
fické požadavky zde spočívají zejména ve schopnosti plynulé regulace frekvence řádově stovky Hz se současnou změnou napětí.

Rezběhy jsou lehké, střední i těžké s různými nároky na požadovaný regulační rozsah otáček motorů, a tedy i regulační rozsah frekvence z měniče. Tento druh pohonů se ukazuje v praxi tak významným, že se v zahraničí projektují speciální frekvenční měniče, určené pro

rychloběžné pohony s asynchronními motory nakrátko. Jsou to většinou střídače napětí s vyjádřeným meziobvodem a amplitudovým, nebo pulsně-šifrovým řízením a se zvláště řešenými komutačními obvody, které jsou přizpůsobovány vysoké výstupní frekvenci měniče. Je známo, že zejména pro vyšší výkony mají frekvenční měniče s vlastní komutací pro vyšší výstupní frekvence řadu nevýhod. Je to zejména:

- Vysoké nároky na dynamické parametry tyristorů, zejména vypínací dobu
- Značné namáhání komutačních obvodů komutačním proudem a s tím spojená menší využitelnost střídače
- Vysoké nároky na komutační kondenzátory ochrany a další součástky střídače

Tyto okolnosti způsobují, že pro rychloběžné motory byly vyvíjeny speciální komutační obvody, upravené pro zvýšené namáhání při vyšších frekvencích. Naštěstí se ve většině případů požadované výkony pohonů pohybují řádově v hranicích desítek kW, zřídka jsou do stovek kW.

Te co bylo řečeno o současném stavu frekvenčních měničů pro rychloběžné pohony platí o motorech nízkého napětí do 500 V. Pro motory vysokého napětí tj. 3KV a 6KV je realizace takového střídače velmi obtížná, zejména pro podstatně nižší využitelné napětí rychlých tyristorů. Přitom rychloběžné pohony asynchronních motorů nakrátko vyšších výkonů na napětí 3 a 6 KV jsou východiskem z problémů, které mají při vysokých otáčkách stejnosměrné a synchronní stroje.

Uvedené nevýhody, které způsobuje nasazení měničů s vlastní komutací na požadované vysoké frekvence rychloběžných motorů odstraňuje zapojení frekvenčního měniče podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že ke každé fázi statoru alespoň jednoho asynchronního motoru je paralelně připojen jednak kondenzátor, jednak odpovídající fáze střídavé strany střídače proudu a měniče impedance, k jehož výstupu je připojena indukčnost, přičemž výsledný charakter impedance kondenzátorů, asynchronních motorů a proměnné indukčnosti, tvořené měničem impedance je kapacitní.

Vyšší účinek vynálezu spočívá v tom, že odstraní vlastní příčinu výše uvedených problémů - nutnost vlastní komutace měniče. Vnější komutace napětím zátěže - tak jak je známa např. u ventilového synchronního motoru, nebo u ventilových kaskád s kroužkovým asynchronním motorem není bez zásadních úprav měniče možná. U asynchronního motoru, který je na statoru spotřebičem jalového výkonu - má induktivní charakter - se proud zpožďuje za napětím. Napětí zátěže není schopno komutovat proudy měniče, neboť jeho fáze je ve všech provozních stavech v takové fázové poloze, že vnější komutaci znemožňuje. To je všeobecně známo a proto se frekvenční měniče komutují buď vlastními komutačními obvody, nebo sítí. Existuje však jedna cesta, která umožňuje i u asynchronního motoru komutaci vnější - komutaci statorovým napětím. Při zapojení kondenzátorů paralelně ke statoru motoru a napájecímu měniči o takové velikosti, že výsledný proud z měniče předbíhá napětí, je umožněna komutace zátěží, ke které řadíme paralelní kombinaci motoru a připojených kondenzátorů. Výsledná kombinace motoru a kondenzátorů se chová jako zátěž s kapacitním charakterem. Tato zátěž může dodat potřebný jalový výkon pro uskutečnění vnější komutace měniče. Tento způsob je znám a dlouho využíván u měničů při indukčním ohřevu s paralelním zapojením kondenzátorů k zátěži. Frekvence měničů dosahují hodnot až do 10 kHz. Vlastní frekvence zátěže - kondenzátorů, indukčností a odporů je v blízkosti výstupní frekvence měniče. Potom je napětí na zátěži téměř sinusevé. Použít tento princip na řízení asynchronního motoru není možné, neboť při změně frekvence při řízení otáček se v širokých mezích odchyliujeme od vlastní frekvence zátěže.

Hlavní myšlenkou vynálezu, který odstraňuje tuto překážku, je použití dalšího měniče, který je zapojen paralelně k motoru a kondenzátorům. Tento měnič nepřenáší činný výkon motoru, ale slouží jako měnič impedance, v podstatě jako plynule říditelná indukčnost. Při změně frekvence měniče se řídí tato indukčnost pomocí uzavřených regulačních smyček tak, aby výsledná indukčnost zátěže, daná paralelním spojením přídavné indukčnosti L_p a vlastní indukčnosti motoru L_m měla s kondenzátorem vlastní frekvenci, odpovídající požadované statorové frekvenci motoru.

Na přiloženém výkresu je na obr. 1 znázorněno principiální schéma frekvenčního měniče pro asynchronní motory v jednofázovém zapojení, na obr. 2 je obdobné schéma v trojfázovém provedení a na obr. 3 je blokové schéma těchto zapojení v obecné formě.

Měnič podle obr. 1 je tvořen střídačem proudu I s vnější komutací v můstkovém zapojení, v jehož kladném přívodu je zapojena filtrační indukčnost L_d . Paralelně k jeho střídavým výstupům je zapojen jednak kondenzátor C , jednak přídavný měnič M , tvořený fázově řízeným spínačem do indukčnosti L_{po} a jednak asynchronní motor, nahrazený pro jednoduchost paralelní kombinací činného odporu R a indukčnosti motoru L_m .

V obr. 2 je znázorněno shodné zapojení jako na obr. 1, avšak v trojfázovém provedení, kde kondenzátory C jsou v zapojení do trojúhelníka a střídač proudu I je napájen v první variantě řízeným usměrňovačem a ve druhé variantě pulzním měničem.

V blokovém schéma na obr. 3 je ke statorům asynchronních motorů paralelně připojen kondenzátor, resp. kondenzátory 2, střídavý výstup střídače proudu I a měnič impedance 3, k jehož výstupu je připojena indukčnost 4, přičemž výsledný charakter impedance kondenzátorů C , asynchronních motorů 5 a proměnné indukčnosti, tvořené měničem impedance 3 je kapacitní.

Regulační meze frekvence, při kterých může pracovat hlavní napájecí měnič s vnější komutací, odpovídá možnému rozsahu regulace přídavné indukčnosti L_p , tvořené měničem. Na obr. 1 je znázorněn principiálně uvedený způsob na jednofázovém spojení, kde asynchronní motor je pro jednoduchost nahrazen paralelní R - L_m kombinací. Ve skutečnosti se motor nedá znázornit tak jednoduchým R - L_m ekvivalentem, ale pro úvahy tohoto typu to není podstatné. Pro $R=0$ je rezonanční frekvence dána známým vztahem:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{C \left(\frac{L_m \cdot L_p}{L_m + L_p} \right)}}$$

Pro $L_p \rightarrow \infty$, kdy jsou tyristory fázově řízeného spínače zablokovány, dostaneme spodní hranici rezonanční kruhové frekvence, která je dána resonancí pouze indukčnosti L_m a kondenzátoru C . Pro $L_p = L_{po}$, kdy tyristorový spínač je plně otevřen, bude rezonanční frekvence maximální. Vlastní frekvence se od rezonanční liší o hodnotu, ovlivněnou odporem R . Se zatížením motoru se odpor R jako člen vyjadřující činný odpor motoru v náhradním schématu mění a mění se i vlastní frekvence. Z teorie plyne, že se to děje v poměrně malé oblasti kolem rezonanční frekvence a lze to respektovat zavedením dalších zpětnovazebních smyček. Je to problém stejný jako u měničů pro indukční ohřevy.

Provedení měniče M , který představuje plynule regulovatelnou indukčnost, může být různé. Jedná se obecně o typ měniče, který pracuje jako měnič impedance. V praxi přichází v úvahu střídavý měnič - tyristorový spínač s fázovým řízením, nebo řízený usměrňovač s fázovým řízením s vnější komutací, zatížený do indukčnosti.

Vnější komutaci provádí střídavé napětí stejným způsobem, jako dochází ke komutaci hlavního měniče. Kondenzátory zajišťují vzhledem ke svým malým vnitřním impedancím velmi rychlou komutaci. Podobně jako u měničů pro indukční ohřevy není problém realizovat frekvence řádově stovek až tisíce Hz.

Na obr. 2 je možná varianta třífázového spojení se střídačem proudu, který je napájen řízeným usměrňovačem. Vlastní střídač I, který je komutován napětím kondenzátorů C na straně motoru AM, může pro frekvence řádově stovek Hz použít tzv. pomalé tyristory, určené pro vnější komutaci, neboť vypínací doba se určuje fází impulsů a napětí zátěže. Děje v hlavním měniči se značně podobají dějům v řízeném usměrňovači na síti s fázovým řízením. Vzhledem ke střídavé straně je pomocí elektronických jednotek fázového řízení na proměnnou frekvenci nastaven takový posuv mezi impulzy a fází střídavého napětí, aby komutace a vypínací doba byla v ustálených i přechodných dějích spolehlivá. Možnost použití pomalých tyristorů s vysokou proudovou a zejména napěťovou zatížitelností, běžně 3000 V, je výhodné i pro rychloběžné motory na vysoké napětí, 3 a 6 kV, neboť problémy při sériovém chodu u pomalých tyristorů s vnější komutací jsou zvládnuty a jsou značně menší než problémy seriového chodu u rychlých tyristorů s vlastní komutací.

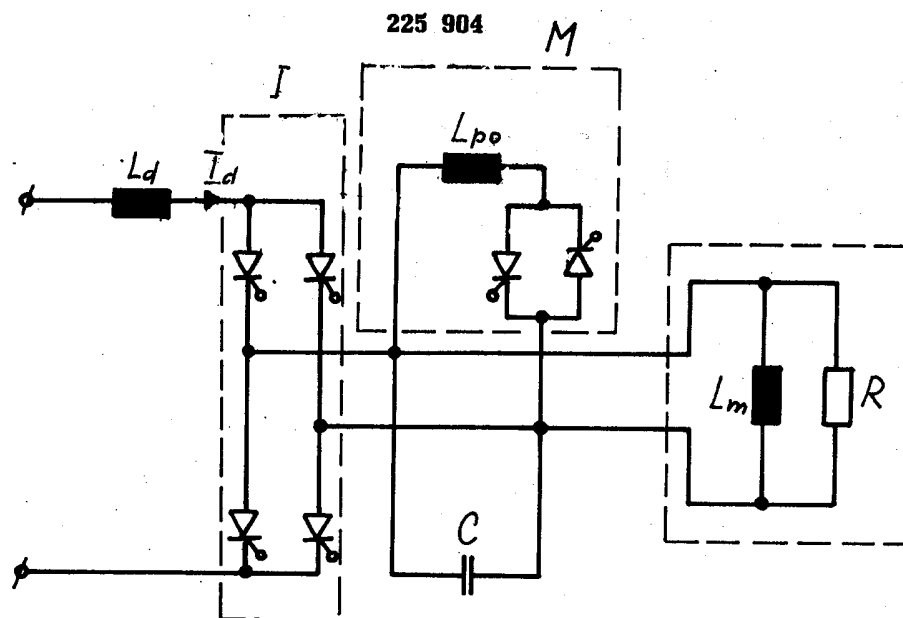
Značnou potíží u tohoto způsobu řízení otáček je rozběh motoru na frekvenci odpovídající minimální frekvenci, při které platí vysvětlené zásady o vnější komutaci hlavního měniče. Jak plyne ze známých revnie, kapacita pro nízké frekvence při daných indukčnostech silně narůstá. Proto je tento způsob vhodný zejména pro frekvence na 50 Hz, kde se u motorů řádově desítek kW pohybuje celková kapacita kolem stovek mikrefaradů, lze použít normální kompenzační kondenzátory, popř. u vyšších frekvencí speciální kondenzátory. Nejjednodušším způsobem rozběhu je připojení motoru na síť a nafázování měniče na frekvenci 50 Hz. Tato frekvence může odpovídat spodní hranici regulované frekvence. Obecně lze uskutečnit i jiné způsoby rozběhu, např. i s využitím vlastní komutace, tyto ale značně komplikují poměrně jednoduché a spolehlivé základní řešení pohonu.

Celý pohon může být napájen i ze zdroje stejnosměrného napětí, např. troleje, neboť proudový zdroj pro napájení vlastního střídače lze s výhodou uskutečnit pulzním měničem.

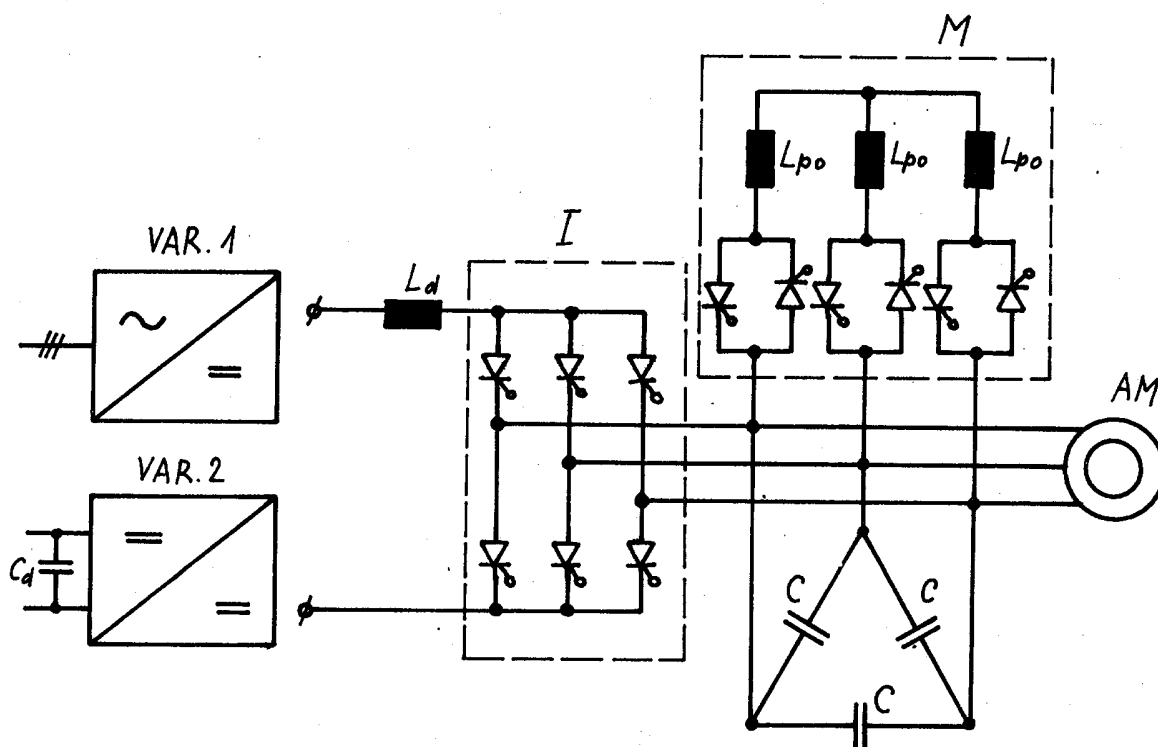
Na obr. 3 je pak zobrazen v obecné formě princip vynálezu výše popisovaný, přičemž je zde označen počet fází n, m, k v jednotlivých částech zapojení.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

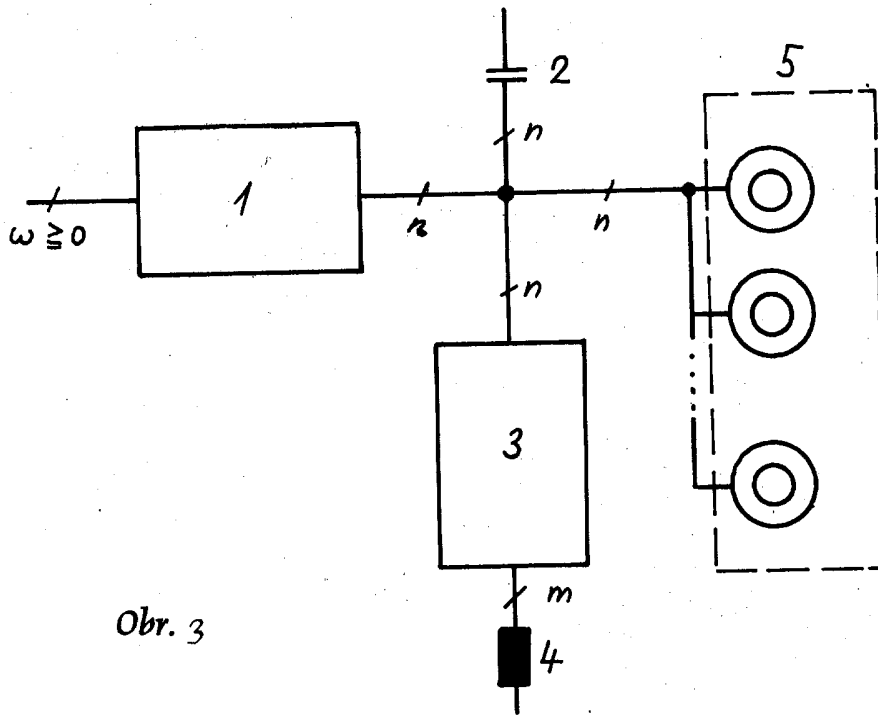
Frekvenční měnič pro asynchronní motory s napájecí frekvencí vyšší než 50 Hz, vyznačený tím, že ke každé fázi statoru alespoň jednoho asynchronního motoru (5) je paralelně připojen jednak kondenzátor (2), jednak odpovídající fáze střídavé strany střídače proudu (1) a měniče impedance (3), k jehož výstupu je připojena indukčnost (4), přičemž výsledný charakter impedance kondenzátorů (2), asynchronních motorů (5) a proměnné indukčnosti, tvořené měničem impedance (3) je kapacitní.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3