



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

234006

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
H 02 P 5/34

(22) Přihlášeno 04 10 77
(21) (PV 6413-77)
(32) (31)(33) Právo přednosti od 04 10 76
(P 26 44 748.3) Německá spolková republika

(40) Zveřejněno 13 08 84

(45) Vydáno 15 09 86

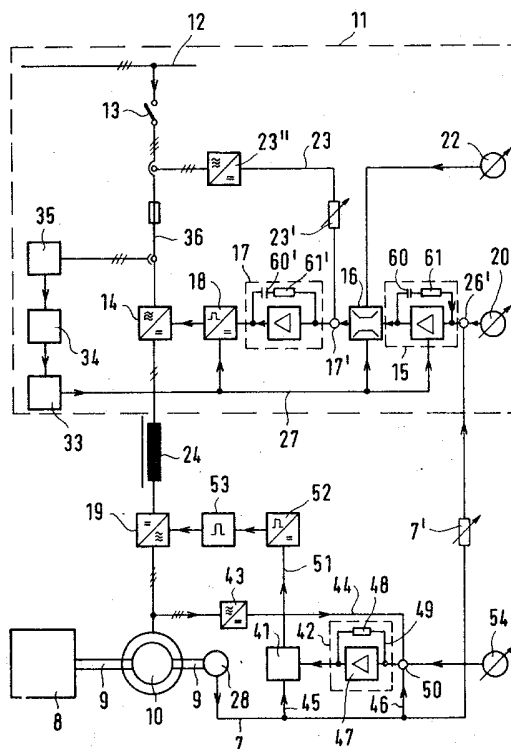
(72) Autor vynálezu WOLF HORST dipl. ing., ALBERSHAUSEN (NSR)

(73) Majitel patentu ZINSER TEXTILMASCHINEN GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG,
EBERSBACH (NSR)

(54) Zařízení pro regulaci otáček asynchronního stroje

Vynález se týká zařízení pro regulaci otáček asynchronního stroje, napájeného prostřednictvím měniče se stejnosměrným meziobvodem a s indukčností, s regulačním obvodem otáček, jehož výstupní signál reguluje proud a se signálem, řídicím kmitočet, přičemž uvedený signál sestává ze součtu skutečné hodnoty počtu otáček a ze skluzové hodnoty, tvořené v regulátoru, přičemž prvnímu vstupu regulátoru je přiváděna hodnota, úměrná počtu otáček.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že druhému vstupu regulátoru je přiváděna hodnota úměrná svorkovému napětí asynchronního stroje.



Vynález se týká zařízení pro regulaci otáček synchronního stroje napájeného z měniče se stejnosměrným meziobvodem, obsahujícím indukčnost, s obvodem regulátoru otáček, jehož výstupním signálem je řízen proud, se signálem, řídícím frekvenci, který sestává ze součtu hodnoty skutečných otáček a ze skluzové hodnoty, vytvářené v regulátoru, přičemž prvnímu vstupu regulátoru je přiváděna hodnota úměrná otáčkám.

U jednoho známého zařízení tohoto druhu, popsaného v IEEE transaction on Industry Applications 1972, str. 681/682, obr. 8, je odvozován signál, řídící frekvenci statoru od sečítačky, jejíž oba vstupní signály jsou jednak regulační odchylka mezi otáčkami rotoru a jejich žádanou hodnotou. U tohoto známého zařízení nastane při změně zatížení, to je při jeho náhlém zvětšení, větší odchylka otáček, neboť pohon se nemůže této změně dostatečně rychle přizpůsobit. Dále, při náhlém odlehčení změní se skluzová frekvence procentně podstatně více, nežli otáčky rotoru, které jsou snímány regulátorem otáček. To vyvolá ještě při konstantním proudu v důsledku zvětšení vnitřního odporu asynchronního stroje následkem skluzové frekvence, velké zvýšení svorkového napětí, které může vést ke zničení předřazených ventilů střídače.

Úkolem vynálezu je zlepšit zařízení shora uvedeného druhu tak, aby se pohon rychle přizpůsoboval náhlým změnám zátěže a současně aby nemohla vzniknout vedoucí ke zničení usměrňovacích ventilů střídače v měniči.

Tento úkol se podle vynálezu řeší tím, že na druhý vstup regulátoru je přivedena hodnota úměrná svorkovému napětí asynchronního stroje.

Další rozvinutí vynálezu spočívá v tom, že regulátor je tvořen P-regulátorem.

Posledním význakem vynálezu pak je, že časová konstanta regulačního obvodu otáček je větší nežli časová konstanta regulačního obvodu regulujícího svorkového napětí.

Zařízením podle vynálezu se rychle vyregulují změny zátěže, resp. náhlé změny zátěže a dosáhne se dalekosáhlé ochrany před zničením.

P-regulátor jeví se jako výhodný z důvodu své jednoduchosti, ale mohou se použít i jiné regulátory.

V důsledku toho, že časová konstanta regulačního obvodu otáček je větší, nežli časová konstanta regulačního obvodu, regulujícího svorkového napětí, neovlivňují výkyvy otáček asynchronního stroje regulační chování regulačního obvodu regulujícího svorkové napětí buď vůbec, nebo jen nepatrně.

Vynálezem je možno bez potíží udržovat svorkové napětí asynchronního stroje při daných otáčkách, nezávisle na zátěži a statorovém proudu bez výskytu rušivých napěťových špiček, přibližně konstantní i při náhlých extrémních změnách zátěže. V důsledku plynulého přibližně svorkového napětí zůstává také velikost budicího proudu při těch kterých otáčkách přibližně konstantní, takže se může nazvat regulátor, jehož druhému vstupu je přiváděna hodnota úměrná svorkovému napětí, jako regulátor budicího proudu, jak se to provádí v popisu další funkce. Dostane se také zejména dobré dynamické chování asynchronního stroje, které přibližně odpovídá dynamickému chování stejnosměrného derivačního motoru, přičemž se však dále dostane v důsledku podstatně jednodušší konstrukce asynchronního stroje mimo jiné ta přednost, že se uspoří náklady, zmenší hmotnost, robustnější provozní vlastnosti a podstatně menší nároky na údržbu.

Regulátor budicího proudu se může bez potíží realizovat tak, že pracuje prakticky bez setrvačnosti. V důsledku toho i při náhlé změně zátěže asynchronního stroje, ihned ovlivní skluzovou frekvenci rotoru ve smyslu konstantního udržení velikosti budicího proudu asynchronního stroje, takže svorkové napětí stroje nemůže nabýt nebezpečných hodnot.

Jestliže se otáčky asynchronního stroje změni, velikost budicího proudu se v normálně nejdůležitějším otáčkovém rozsahu výhodně od 10 do 100 Hz otáčkové frekvence rotoru nezmění, nebo jen velmi málo. Pokud jsou otáčky rotoru velmi malé, nebo velmi velké, mění se velikost budicího proudu v závislosti na otáčkách, neboť potom se nemůže považovat odpor, kterým teče budicí proud, jako přímoúměrně se měnící s otáčkovou frekvencí rotoru. Ale i v takovýchto řídicích potřebných otáčkových rozsazích je při konstantních otáčkách velikost budicího proudu rovněž nezávislá na zátěži, takže i v těchto otáčkových rozsazích je vynález rovněž použitelný.

Výhodné je, jestliže se velikost statorového proudu asynchronního stroje bezprostředně po náhlé změně zatížení po ještě velmi krátkou dobu, například 0,1 až 0,2 sek., nezmění nebo podstatně ještě nezmění, což je již ovlivnitelné indukčností stejnosměrného meziobvodu měniče, nebo i jiným způsobem, například vhodnou setrvačností regulátoru otáček.

Asynchronní stroj může být obvyklé konstrukce, výhodně třífázový stroj na střídavý proud, avšak v úvahu přicházejí také jiné asynchronní stroje, například dvoufázové, čtyřfázové nebo jiné asynchronní stroje. Asynchronní stroj může být výhodně s kotvou nakrátko, což jsou stroje zejména jednoduché a robustní konstrukce. Mohou se však použít i rotory jiných konstrukcí.

Vynález bude v dalším textu blíže vysvětlen na příkladu provedení, znázorněném na výkresu, na kterém je znázorněn výhodný příklad provedení zařízení podle vynálezu.

Na výkresu je znázorněn asynchronní stroj 10 s proměnně regulovatelným počtem otáček, v případě tohoto výhodného příkladu provedení se jedná o třífázový asynchronní stroj, který může pracovat jak jako motor, tak i jako generátor, což bude dále blíže vysvětleno. Stroj může být s výhodou opatřen kotvou nakrátko. Hřídelem 2 rotoru je poháněna zátěž 8 a tachogenerátor 28. Tachogenerátor 28 generuje stejnosměrné napětí úměrné počtu otáček rotoru asynchronního stroje tak, že generuje přímo stejnosměrný proud nebo střídavý proud, který je usměrňován. Asynchronní stroj 10 je napájen z primární střídavé sítě 12 například o napětí 380 V a kmitočtu 50 nebo 60 Hz přes vřazený spínač 13. Čárkovaná orámovaná část 11 zapojení svou konstrukcí odpovídá obvyklému řízenému střídavému proudovému můstku s vloženou regulací proudu pro regulaci otáček a spouštěcí a brzdicí automatikou, jak je obvyklé pro stejnosměrné derivační stroje a také pro napájení a regulaci otáček asynchronního stroje ve spojení výhodně s regulací budicího proudu podle vynálezu.

Otáčky asynchronního stroje 10 mohou se pomocí znázorněného zapojení plynule regulovat ve velmi širokém rozsahu otáček, například kmitočet, resp. otáčková frekvence rotoru se může plynule měnit od 2 do 80 Hz. Jedná se přirozeně jen o příklad. Asynchronní stroj může mít také výkon například 100 kW a i více. Asynchronní motor, resp. stroj může s výhodou sloužit jako hnací motor, může však být také při nezměněném zapojení provozován jako generátor, buď s cizím pohonem, nebo při odbrzdění, resp. brzdění, neboť statické obvody, to je usměrňovač 14 a střídač 19 mohou energii přenášet známým způsobem v obou směrech, takže přechod z jednoho provozu na druhý proběhne zcela samočinně a bez přídavných obvodů, přičemž směr proudu zůstane zachován a obrátí se pouze znaménko napětí statoru, což je podmíněno změnou smyslu točivého pole statoru vůči rotoru, takže se odpovídajícím způsobem změni směr energie.

Třífázová střídavá síť 12 dodávající napájecí proud je přes spínač 13 připojena k řízenému usměrňovači 14, který mění střídavý proud na stejnosměrný proud o proměnné intenzitě, přičemž jeho řídicí vstupy jsou řízeny regulátorem 15 počtu otáček přes omezovač 16 proudu, který omezuje proud statoru pomocí ovládače 22, například na 1,5násobek jmenovitého proudu a pomocí vřazeného regulátoru 17 proudu a měniče 18 převádějícího na řídicí impulsy tak, že na výstupu řízeného usměrňovače 14 se objeví stejnosměrný proud, jehož intenzita je vždy nastavena tak, že počet otáček rotoru je regulován na požadovanou hodnotu. Jedná se u tohoto proudu o stejnosměrný proud bez mezer.

Žádaná hodnota počtu otáček asynchronního stroje 10 se nastavuje pomocí nastavovacího prvku 20 žádané hodnoty.

Oba regulátory, to je regulátor otáček 15 a regulátor proudu 17 může s výhodou obsahovat operační zesilovač, který má H v důsledku zpětné vazby tvořené vždy sériovým zapojením kondenzátorů 60, 60' a odporů 61, 61' proporcionálně integrační chování, takže se v tomto výhodném příkladu provedení u regulátorů 15 a 17 vždy jedná o PI-regulátory.

Skutečná hodnota počtu otáček rotoru dodávaná tachometrem, resp. tachogenerátorem 28 je pomocí vedení 7 a přes nastavitelný odpor 7' vedena jako napětí úměrné počtu otáček rotoru k uzlu 26', kde se vytváří rozdíl mezi touto skutečnou hodnotou a žádanou hodnotou počtu otáček dodávanou nastavovacím prvkem 20 žádané hodnoty, tedy zde se vytváří regulační odchylka počtu otáček, která se pomocí regulátoru 15 počtu otáček a za ním zařazeného regulátoru 17 proudů změnou stejnosměrného proudu řízeného usměrňovačem 14 a tedy proudů statoru asynchronního stroje 10 nepřetržitě vyrovnává. Tento regulační obvod počtu otáček má podstatně větší setrvačnost než dále popsaný prakticky bezsetrvačnosti vytvořený regulační obvod budicího proudu. Regulátor 15 počtu otáček dodává žádanou hodnotu proudu statoru tekoucího ve vedení 36 k řízenému usměrňovači 14 a tedy do statického kmitočtově řízeného střídače 19 a do asynchronního stroje 10. V uzlu 17' je vytvářen rozdíl mezi skutečnou hodnotou přiváděnou vedením 23 a žádanou hodnotou statorového proudu, dodávanou regulátorem 15 to je zde vytvářena proudová regulační odchylka pro vřazený regulátor 17 proudu. Do vedení 23 je vřazen nastavitelný odpor 23' a usměrňovač 23''.

Napěťový signál úměrný počtu otáček rotoru, který je na vedení 7, je kromě k uzlu 26' přiváděn ještě do sčítačky 41 a k uzlu 50 jako vstupní signál regulátoru 42 budicího proudu. K uzlu 50 je také přiváděn druhý stejnosměrný vstupní signál regulátoru 42 budicího proudu, úměrný svorkovému napětí asynchronního stroje 10. Tento signál je přiváděn vedením 44 se zařazeným usměrňovačem 43. Do přívodu 44, 45, 45 k regulátoru 42 budicího proudu, a ke sčítačce 41 mohou být vřazeny neznázorněné přestavitelné odpory k nastavení požadovaných konstant c_1 , c_2 , c_3 , takže je k uzlu 50 vedením 44 přiváděn signál $c_1 u_s$ (u_s = svorkové napětí statoru) a vedením 46 je přiváděn signál $c_2 u_L$ a do sčítačky 41 je vedením 45 přiváděn signál $c_3 u_L$, kde u_L je výstupní napětí tachogenerátoru 28 úměrné počtu otáček rotoru. Konstanty c_2 a c_3 mohou být případně stejně velké. Regulátor 42 budicího proudu může být tvořen operačním zesilovačem 47 s P-charakteristikou, přičemž jeho výstup je vedením 49 se vřazeným ohmickým odporem 48 zpětnovazebně spojen se řídicím vstupem. V uzlu 50 se vytváří rozdíl $c_1 u_s - c_2 u_L$ představující regulační odchylku. Operační zesilovač 47 s vysokým zesílením pak má na výstupu stejnosměrný napěťový signál úměrný regulační odchylce, který určuje skluzový kmitočet rotoru a který je přiváděn na druhý vstup sčítačky 41, kde se sčítá se stejnosměrným napěťovým signálem $c_3 u_L$ přiváděným ve vedení 45. Protože při generátorovém provozu asynchronního stroje 10 je jeho svorkové napětí záporné, obdrží sčítačka 41 v tomto případě od regulátoru 42 budicího proudu záporný signál, místo kladného signálu, který je při motorovém provozu.

Sečítání záporného signálu tedy odpovídá odčítání. Regulátor 42 budicího proudu je vytvořen tak, aby skluzový kmitočet rotoru zůstal stále menší nežli kmitočtový rozdíl mezi bodem zvratu a bodem synchronismu charakteristiky točivý moment - otáčková frekvence rotoru stroje 10, takže stroj 10 při přípustném zatížení nepřekročí bod zvratu. Budicí proud regulovaný regulátorem 42 budicího proudu je při konstantním kmitočtu, resp. při konstantním počtu otáček rotoru, to je jestliže u_L je konstanta, regulován na konstantní hodnotu. Budicí proud zůstává ve velmi širokém rozsahu otáček konstantní nezávisle na zatížení.

Svorkové napětí stroje 10 vzniká na kmitočtově závislých reaktancích motoru v závislosti na proudu statoru a skluzovém kmitočtu rotoru, je však pomocí regulátoru 42 budicího proudu ovlivňováním skluzového kmitočtu rotoru udržováno při daném počtu otáček přibližně konstantní. Regulace je nastavena tak, že při každém počtu otáček nastaveném nastavovacím prvkem 20 žádané hodnoty je železo stroje přibližně nasyceno, aby se stroj 10 účinně využil.

Rozdíl napětí $c_1 u_s - s_2 u_L$ v uzlu 50 působí, že se svorkové napětí asynchronního stroje 10 mění úměrně počtu otáček rotoru, například se změnou 4,4 V/Hz. Při konstantních otáčkách je svorkové napětí pomocí regulátoru 42 budicího proudu udržováno stále přibližně konstantní bez ohledu na zatížení, to je nevyskytují se také žádné rušivé napěťové špičky.

Výstup ze sčítačky 41 je vedením 51 připojen k převodníku 52 napětí-frekvence, na jehož výstupu jsou řídicí konstantní úrovně, jejichž kmitočet je úměrný vstupnímu napětí převodníku 52. Tyto řídicí impulsy jsou přes rozdělovač 53 impulsů, to je spouštěcí rozdělovač, přiváděny k proudovým ventilům šestipulsního plně řízeného střídavého proudového můstku, který tvoří statický střídač 19 pro vytváření střídavého proudu pro stator asynchronního stroje 10. Proudové ventily mohou být tvořeny tyristory.

Znárodné zapojení obsahuje ještě spouštěcí a brzdicí automatiku 33, která se rovněž obvykle používá v regulačních zařízeních počtu otáček stejnosměrných derivačních strojů. Tato spouštěcí a brzdicí automatika 33 je připojena k fázovému kontrolnímu obvodu 34, který je řízen řídicím napěťovým členem 35. Protože je tato spouštěcí a brzdicí automatika 33 známa, nevyžaduje dalšího vysvětlení. Budiž pouze uvedeno, že při spouštění a brzdění přes vedení 27 působí na regulátor 15 počtu otáček, omezovač 16 proudu a měnič 18 způsobem potřebným pro spouštění a brzdění. Pro spouštění asynchronního stroje 10 je dále potřebné, aby regulátor 42 budicího proudu na počátku spouštění simulovat skluz rotoru, čehož je dosahováno pomocí ovládače 24 spínatelného jen krátkodobě při spouštění, který pro regulátor 42 budicího proudu při spouštění vytváří regulační odchylku budicího proudu.

Způsob činnosti regulace počtu otáček již byl vysvětlen. V dalším bude ještě blíže vysvětlena regulace budicího proudu.

V případě budicího proudu se jedná jednoznačně o jalový proud, který se také označuje jako magnetizační proud. Ve vektorovém zapsání platí: $\vec{I}_s = \vec{I}_u + \vec{I}_L$, přičemž I_s je proud statoru, I_L je proud rotoru, I_u je budicí proud. Pro správný provoz asynchronního stroje je stejně jako u stejnosměrného derivačního stroje potřeba, aby byla stále k dispozici dostatečná budicí energie. U stejnosměrného derivačního stroje je to však poměrně jednoduché, protože jsou k dispozici odděleně přístupné svorky rotorového a budicího obvodu, takže konstantní buzení lze dosáhnout nezávisle na zatížení. Asynchronní stroj má naproti tomu pro všechny proudy, tedy také pro proud rotoru (proud rotoru je zátěžný proud úměrný točivému momentu) a budicí proud společně vstupní svorky, takže budicí proud asynchronního stroje při konstantním počtu otáček rotoru nezávisle na proudu rotoru jednoduchým způsobem ovlivňovat, popřípadě udržovat konstantní. Toto je však možné pomocí regulátoru 42 budicího proudu. Předpokládá se přitom, že proud statoru zůstává při každé změně zatížení po krátkou dobu, například 0,1 až 0,2 s ještě přibližně konstantní, což u tohoto zařízení vyvolává indukčnost 24 potřebná také ke kmitočtovému oddělení řízeného usměrňovače 14 a střídače 19 a k vyhlazení stejnosměrného proudu. Dělení proudu statoru na budicí proud a proud rotoru, to je zátěžný proud, probíhající v asynchronním stroji, je pomocí regulátoru 42 budicího proudu ovlivňována změnou skluzového kmitočtu rotoru, to je rozdílem mezi kmitočtem točivého pole statoru a kmitočtem rotoru, přičemž skluzový kmitočet rotoru však zůstává stále menší než je skluzový kmitočet zvratu tohoto asynchronního stroje 10.

Konstantního budicího proudu a tím konstantní elektromotorické síly EMS se dosahuje změnou proudu rotoru. Proud rotoru je odporem rotoru $R_L = R_2 \cdot f_s / \Delta f$ a tím skluzovým kmitočtem Δf rotoru ovlivňován tak, že budicí proud má stále a nezávisle na zatížení optimální hodnotu nastavenou na asynchronním stroji 10, přičemž R_L je celkový činný odpor rotoru, f_s je kmitočet proudu statoru, f je skluzový kmitočet rotoru, R_2 je veličina odporu rotoru vlastní stroji. Optimální hodnota budicího proudu se pak dosáhne vždy tehdy, jestliže na svorkách asynchronního stroje 10 je k danému počtu otáček rotoru příslušné statorové, to je svorkové napětí, například 4,4 V/Hz.

Účelem regulace budicího proudu je jednak dosažení příznivého dynamického chování asynchronního stroje 10, které přibližně odpovídá chování stejnosměrného derivačního stroje, jednak je účelem této regulace budicího proudu udržet při daném počtu otáček svorkové napětí přibližně konstantní i při náhlých změnách zatížení. Svorkové napětí se přirozeně mění s právě nastaveným počtem otáček rotoru, a sice přibližně úměrně k počtu otáček rotoru. Pomocí regulátoru 42 budicího proudu se dosáhne toho, že budicí proud je při konstantním počtu otáček udržován přibližně konstantní nezávisle na proudu rotoru.

Vysvětlení tohoto jevu je následující. Předpokládá se, že asynchronní stroj 10 s konstantním počtem otáček pohání neměnnou zátěží. Když pak dojde k náhlému snížení zátěže, například při odpojení zátěže nebo při zlomení hnací hřídele, zůstává statorový proud v důsledku indukčnosti 24 ještě po krátkou dobu, například s výhodou 0,1 až 0,2 s, přibližně konstantní. Také otáčky, resp. počet otáček rotoru se v tomto krátkém čase může jen poměrně nepatrně změnit, neboť regulátor 42 budicího proudu je vytvořen tak, že může připojit k otáčkové frekvenci rotoru maximálně jen skluzovou frekvenci mezi bodem zvratu a bodem synchronismu charakteristiky točivý moment - otáčková frekvence rotoru asynchronního stroje 10, například maximálně 3 až 4 Hz. Bez regulátoru 42 budicího proudu by statorové napětí v důsledku změny zátěže ihned velice stouplo, což může lehce vést například ke snížení proudových ventilů kmitočtové řízeného střídače 19.

Regulátor 42 budicího proudu však statorové napětí přes náhlou změnu zatížení udržuje konstantní. Rotor při snížení zatížení začne ihned zvyšovat svoje otáčky, a čímž je spojen menší skluz rotoru, v důsledku čehož se vnitřní odpor asynchronního stroje 10 značně zvětší a napětí statoru začne strmě stoupat. Tento vzestup napětí statoru je mnohem rychlejší než vzestup počtu otáček rotoru, takže na vstupu regulátoru 42 budicího proudu vznikne taková regulační odchylka, že řídicí kmitočet střídače 19 je pomocí regulátoru 42 budicího proudu, sčítačky 41, rozdělovače impulsů 53 a měniče 52 prakticky bez zpoždění zvýšen tak, že skluzový kmitočet rotoru v důsledku zvýšení kmitočtu statoru poněkud zvětší. Se zvětšováním skluzového kmitočtu se však zmenšuje vnitřní odpor stroje, v důsledku čehož svorkové napětí opět klesne. Regulační odchylka v uzlu 50 se tudíž opět zmenší, takže se zmenší skluzový kmitočet, napětí statoru pak opět stoupne, atd. Tyto pochody vyvolávané regulátorem 42 budicího proudu probíhají tak rychle, že napětí statoru je v důsledku toho i při náhlých extrémních změnách zatížení stále udržováno na přibližně konstantní hodnotě bez výskytu napěťových špiček. Tím je také budicí proud nezávisle na zatížení regulován na přibližně konstantní hodnotu, takže lze také hovořit o regulaci budicího proudu, ačkoliv budicí proud samotný není měřen, nýbrž místo něho je měřeno svorkové napětí asynchronního stroje 10.

Vnitřní odpor asynchronního stroje 10 se v čase podle změn proudu statoru vyvolaných změnami zatížení. Tímto způsobem je vyloučena možnost vzestupu statorového napětí asynchronního stroje 10 při náhlé změně zatížení a také budicí proud je nezávisle na zatížení udržován téměř konstantní. Dosáhne se tedy toho, že napětí statoru a budicí proud, při daném počtu otáček při libovolných změnách zatížení, dokonce i při nejrychlejších změnách zatížení, zůstávají přibližně konstantní a nemůže dojít k nebezpečným přepětím.

Regulace počtu otáček je podstatně pomalejší nežli regulace budicího proudu a při popsaném počátku procesu zmenšuje proud statoru tak dlouho - přičemž se skluzový kmitočet opět stále snižuje v důsledku klesajícího napětí statoru, které je však s ohledem na vysoké zesílení regulátoru 42 budicího proudu jen velmi malé - dokud se proud statoru opět nepřizpůsobí zmenšenému nebo chybějícímu zatížení asynchronního stroje 10. Jestliže se naopak vyskytne náhlé zvýšení zatížení, například náhlé zvednutí zátěže, stoupne ihned skluzový kmitočet rotoru, v důsledku čehož se vnitřní odpor asynchronního stroje 10 značně zmenší a zmenší se i napětí statoru atd., takže regulátor 42 budicího proudu rovněž prakticky bez zpoždění udrží přibližně konstantní napětí statoru a tím i přibližně konstantní budicí proud.

Regulátor 15 počtu otáček pak za účelem udržení konstantního počtu otáček zvyšuje proud statoru tak dlouho, dokud není dosaženo hodnoty potřebné pro vyvození vyššího točivého momentu, který je nyní potřebný.

Popsaná činnost může být vysvětlena také tak, že jestliže je statorové napětí, to je svorkové napětí asynchronního stroje 10 větší nebo menší než odpovídá okamžitému počtu otáček rotoru, zvětšuje nebo zmenšuje regulátor 42 budicího proudu na svém výstupu skluzový kmitočet rotoru tak, že mezi svorkovým napětím a počtem otáček rotoru se regulací svorkového napětí a tedy regulací budicího proudu udržuje daný poměr stále ve velmi úzkých mezích. V prvním okamžiku by byla přirozeně snaha, aby se v důsledku změny skluzového kmitočtu rotoru změnil točivý moment asynchronního stroje a tím i počet otáček. Počet otáček je však s ohledem na časovou konstantu regulace počtu otáček, která je v podstatě určena indukčností 24, regulován pomocí regulátoru 15 počtu otáček se vřazeným regulátorem 17 proudu stále na žádanou hodnotu.

Jestliže se pomocí nastavovacího prvku 20 žádané hodnoty provede přestavení počtu otáček asynchronního stroje 10, mění se tachogenerátorem 28 a tím asynchronním strojem 10 a regulátorem 42 budicího proudu řízený výstupní kmitočet střídače 19 za stálého ovlivňování proudu statoru regulátorem 15 počtu otáček tak dlouho, dokud se nenastaví nový počet otáček rotoru, přičemž skluzový kmitočet rotoru je nastaven různě velkým podle zatížení, protože budicí proud je při regulovaném počtu otáček regulátorem 42 budicího proudu regulován na konstantní hodnotu.

Přechod asynchronního stroje 10 z motorového provozu na provoz generátorový a naopak, který je možný bez jakýchkoliv přidavných opatření, poskytuje ve srovnání se stejnosměrným strojem další technické a ekonomické výhody. U stejnosměrného stroje je při tomto přechodu třeba provésti přepólování statorového nebo rotorového proudu, nebo je třeba použít dalšího antiparalelního měniče. V popsaném zařízení tento přechod naproti tomu probíhá zcela automaticky bez přidavných obvodů, přičemž směr proudu zůstává zachován.

Výhoda regulace budicího proudu asynchronního stroje 10 spočívá také v tom, že skluzový kmitočet rotoru je při konstantním točivém momentu asynchronního stroje 10 nezávisle na počtu otáček rotoru přibližně konstantní a že se tedy prakticky mění jen v závislosti na točivém momentu. Tím je dosaženo výrazných výhod také při spouštění a z hlediska stability regulace při dynamických procesech. Lze tedy dosáhnout toho, že při dané jmenovité zátěži se dosáhne nejvýhodnějšího skluzového kmitočtu rotoru pro provoz asynchronního stroje. Lze toho dosáhnout vhodným určením konstant c_1 , c_2 a c_3 , bez dalších opatření, přičemž konstanty c_2 a c_3 mohou být obecně stejně velké.

Jak je ze zapojení bez dalšího vysvětlení patrné, odpovídá okamžitý výstupní signál regulátoru 42 budicího proudu skluzového kmitočtu rotoru. Protože je regulátor 42 budicího proudu v tomto příkladu provedení tvořen P-regulátorem s vysokým zesílením, je k dispozici jen velmi úzká oblast proporcionálního přenosu tohoto regulátoru 42 budicího proudu, takže regulační odchylka je ve stacionárních provozních stavech rovna prakticky nule a $c_1 u_s$ je v důsledku toho prakticky rovno $c_2 u_L$. Je samozřejmé, že velikost regulovaného budicího proudu je účelné nastavit na jmenovité buzení udávané výrobcem asynchronního stroje.

Šestipulsní výkonový střídač 19 je tedy spouštěn pomocí rozdělovače 53 impulsů statorovým kmitočtem odpovídajícím rovnici

$$f_s = f_L + \Delta f,$$

přičemž f_s je kmitočet statoru, f_L rotorová frekvence, resp. otáčková frekvence rotoru. Časové proudové a napěťové změny objevující se přitom na proudových ventilech jsou tak malé, že jako proudových ventilů může být použito běžných tyristorů.

Indukčnost 24 má přitom také úlohu udržovat proud během komutace přibližně konstantní a oddělovat rozdílné kmitočty řízeného usměrňovače 14 a střídače 19. Ačkoliv je počet otáček asynchronního stroje 10 s výhodou přestavitelný pomocí nastavovacích prvků 20, resp. nastavovacího prvku 20 žádané hodnoty, je zařízení podle vynálezu výhodné i tehdy, kdy žádaná hodnota počtu otáček není přestavitelná.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Zařízení pro regulaci otáček asynchronního stroje, napájeného prostřednictvím měniče se stejnosměrným meziobvodem a s indukčností, s regulačním obvodem otáček, jehož výstupní signál reguluje proud a se signálem, řídícím kmitočet, přičemž uvedený signál sestává ze součtu skutečné hodnoty počtu otáček a ze skluzové hodnoty, tvořené v regulátoru, přičemž prvnímu vstupu regulátoru je přiváděna hodnota, úměrná počtu otáček, vyznačující se tím, že druhému vstupu regulátoru (42) je přivedena hodnota úměrná svorkovému napětí asynchronního stroje.

2. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že regulátor (42) je tvořen P-regulátorem.

3. Zařízení podle bodu 1 nebo 2, vyznačující se tím, že časová konstanta regulačního obvodu otáček je větší než-li časová konstanta regulačního obvodu, regulujícího svorkové napětí.

1 výkres

