



SUOMI—FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU UTLÄGGNINGSSKRIFT 71642

C (45) Patentti myönnetty
Patent beviljadt 19 01 1987

(51) Kv.lk./Int.Cl.⁴ H 02 P 5/40

(21) Patenttihakemus — Patentansökning	801248
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	18.04.80
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag	18.04.80
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	17.11.80
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	10.10.86
(86) Kv. hakemus — Int. ansökan	
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	16.05.79

Saksan liittotasavalta-Föbundsrepubliken
Tyskland(DE) P 2919852.5

- (71) Siemens Aktiengesellschaft, Berlin/München, DE; Wittelsbacherplatz 2, München, Saksan liittotasavalta-Föbundsrepubliken Tyskland(DE)
- (72) Felix Blaschke, Erlangen, Leonhard Reng, Erlangen, Saksan liittotasavalta-Föbundsrepubliken Tyskland(DE)
- (74) Oy Kolster Ab
- (54) Taajuudenmuuttajalla syötetyn epätahtikoneen kuormitustilan säätö -
Reglering av belastningstillståndet för en frekvensomformar matad
asynkronmotor

Keksinnön kohteena on epätahtikoneen säätöjärjestelmä, koneen, jota syöttää vaihtovirtaverkkoon liitetty, verkkokommutoidun virransuuntaajan, tasavirtavälipiiriin ja itsekommutoidun virransuuntaajan käsittävä taajuusmuuttaja. Järjestelmä käsittää virranohjausosan, jossa on funktiogeneraattori ja virransäädin, jotka ohjaamalla verkkokommutoituja virransuuntausventtiilejä säätelevät staattorivirran ohjearvoon, joka saadaan annettulla vuolla funktiogeneraattorille annetusta sisääntulosuureesta. Lisäksi on varattu oloarvonlaskimen ja kuormitustilan säätimen käsittävä staattoritaajuuden rinnakkaissäädinosa, joka antaa staattorivirran ja staattorijännitteen oloarvoista lasketun kuormitustilasuureen W ja funktiogeneraattorin tulosuureesta lasketun kuormitustilasuureen ohjearvon W^* välistä säätöpoikkeamaa $(W-W^*)$ vastaavan taajuuden asetussuureen itsekommutoidun virransuuntaajan ohjausryhmälle.

Tämänkaltaista järjestelmää voidaan käyttää tietyn vääntömomentin antamiseen epätahtikoneelle antamalla vastaavat tulosuureet funktiogeneraattorin tuloliittimeen. Erikoisesti tätä järjestelmää voidaan käyttää myös epätahtikoneen kierrosluvun säätöön, jolloin kone on varustettu kierrosluvun säätimellä, jonka säätöpoikkeama vaikuttaa säätimen välityksellä funktiogeneraattorin tuloliittimeen.

Tämänkaltaisen järjestelmä on tunnettu julkaisusta Siemens-Zeitschrift 45 (1971), sivut 195-197. Kuormitustilasuureena käytetään siinä epätahtikoneen sähköistä vääntömomenttia. Oloarvonlaskimessa lasketaan staattorivirran ja staattorijännitteen hetkellisistä arvoista tämän vääntömomentin oloarvo. Ohjearvona on kierrosluvun säätimen lähtösuure, säätimen, jolle on annettu staattoritaajuuden säätöpoikkeama. Momentin säätimessä, jolle on annettu lasketun momentin oloarvon ja momentin ohjearvon välistä säätöpoikkeamaa vastaava kierrosluvun säätimen lähtöarvo, muodostetaan jättämätajuuden ohjearvo. Siitä muodostetaan epätahtikoneen kierrosluvun oloarvon huomioon ottaen oheisessa laskinasteessa staattoritaajuudelle asetus suure, joka syötetään itsekommutoitun virransuuntaajan venttiilin ohjausjaksoon. Kierrosluvun säätimen lähtösuure annetaan myös funktiogeneraattorille, joka antaa annetusta ominaiskäyrästä tasavirran ohjearvon välipiiriin. Funktiogeneraattorin ominaiskäyrä on asetettu niin, että moottori toimii vakionimellisvuolla ja voi siten kehittää täyden momentin jokaisella kierrosluvulla. Tästä virran ohjearvosta ja tasvairtavälipiirin välitosta otetusta virran oloarvosta muodostaa perään järjestetty virransäädin asetus suureen verkkokommutoitun virransuuntaajan venttiiliä ohjaavalle ohjausryhmälle.

Tämän perussäätösuunnitelman säädön jälkeen tuodaan lopuksi staattoritaajuutta ohjaamalla mukaan staattorivirtaan vektori $\underline{i}$ (jonka itseisarvoa antaa virransäätöpiiri) pyörivään päävuovektoriin $\underline{\psi}$, niin että vuovektorin suuntainen staattorivirran komponentti (magnetointivirta i_{f1}), säätää vakiona pidettävää vuon itseisarvoa ja mainittua komponenttia vastaan kohtisuora staattorivirran komponentti (pätövirta i_{f2}) annettua vääntömomenttia. Vääntömomentin riippuvuus päävuon vektorin ja staattorivirran vektorin välisestä kulmasta (kuormituskulma) on kuitenkin 45° :n kulmassa maksimi. Tämän vuoksi yli 45° :n kuormituskulmalla johtaa epätahtikoneen akselin kuor-

mitus, joka ylittää vääntömomentin oloarvon ja aiheuttaa kierrosluvun pienentymisen, vielä pienemmän vääntömomentin antoon ja siis lopuksi koneen pysähtymiseen (tahdista putoamiseen). Pysähtymisen estämiseksi yli 45° :n kuormituskulmilla on sen vuoksi tunnetussa järjestelmässä tarpeellista linearisoida oloarvon laskimen ominaiskäyrä, jota linearisointia ei ole kuitenkaan lähemmin esitetty. Sitä paitsi tässä säätösuunnitelmassa ei ole ilmoitettu kentän heikennyskäyttöä, joka on mahdollista vain lisäkustannuksin.

Keksinnön tehtävänä on ehdottaa johdannossa ilmoitetun kaltaista järjestelmää, jossa käytetään toista kuormitustilan suuretta suunniteltaessa parannettua säätösuunnitelmaa, joka on yli 45° :n kuormituskulmilla käyntivarma ja sallii kulloisiakin käyttöjä vastaavasti yksinkertaisin toimin lisäparannukset. Esimerkiksi kentän heikennyskäyttö voidaan helposti suorittaa ja stabilisointitoimenpiteet (värähtelyjen vaimennus) ja/tai pysähtymisen esto lähes 90° :n kuormituskulmilla vaativat vain vähäisiä lisäkustannuksia. Tämä on edullista esimerkiksi tuulettimia, keskipakopumppuja, sekoittimia ja linkoja käytettäessä. Takokonetta ei tarvita kierrosluvun toteamiseen. Säätösuunnitelma ei kuitenkaan sulje takokoneen käyttöä pois, vaan se voidaan asentaa, kun vaatimukset ovat suuria.

Keksinnön mukaan on johdannossa mainitun kaltaisessa järjestelmässä tunnusomaista se, että oloarvon laskimessa on muodostettu kulloinkin vuovektorin $\underline{y}$ itseisarvoon Y ja staattorin virtavektorin $\underline{i}$ vuovektoria vastaan kohtisuoraan komponenttiin i_{f2} verrannollinen suure, että vuon itseisarvoon Y' verrannollinen suure on johdettu ensimmäisen jakoelimen jakajan tuloliittimeen ja kohtisuoraan staattorin virtavektorin komponenttiin i_{f2} verrannollinen suure tämän jakoelimen jaettavan tuloliittimeen ja että kuormitustilan säätimeen on kytketty ensimmäisen jakoelimen lähtösuure oloarvoksi W ja vastaava, funktiogeneraattorintulosuureesta johdettu suure ohje-arvoksi W^* .

Kuormitustilasuuressa $W = i_{f2}/Y'$ vastaa muuttumattomassa tilassa kuormituskulman ξ tangenttia, kuten kuviosta 5 ilmenee. Tässä kuviossa on esitetty (staattorin askelin α_1 suhteen pyörivä) päävuovektori $\underline{y}$ ja (myös pyörivän) staattorivirran vektorin $\underline{i}$ komponentit i_{f1} ja i_{f2} . Kun ohjearvo W^* muodostetaan pätövirran ja vuon vastaavien ohjearvojen osamääränä, voidaan pätövirtaan ja vuohon vaikut-

taa erikseen. Tämä mahdollistaa käytön heikennetyllä kentällä, kun esimerkiksi annetaan nimellisvuon ja kierrosluvun osamäärään verrannollinen vuon ohjearvo, heti kun napajännite ylittää nimellisarvon.

Seuraavassa ovat päävuovektorin $\underline{v}$ ja staattorivirran vektorin komponenttien merkit samoja kuin niihin verrannollisten sähköisten suureiden merkit.

Koska oloarvonlaskin laskee jo pätövirran i_{f2} staattorivirran staattoriin verrannollisista komponenteista, tuottaa vähäistä lisävaivaa laskea myös magnetointivirta i_{f1} . Keksinnön edelleen kehittelyssä lisätään suure i_{f1} jälkiantoelimellä vuon itseisarvoon ensimmäisen jakoelimen jakajan tuloliittimessä. Tämä johtaa epätahvikoneen stabiloitumiseen värähtelyjen suhteen kuormitustilojen muuttuessa. Edullista voi olla myös lisäksi se, että suure i_{f1} lisätään kynnysarvokytkennällä, joka läpäisee oleellisesti vain negatiiviset i_{f1} arvot (so. arvot, jotka ovat negatiivisen tai pienen positiivisen kynnysarvon alapuolella), ensimmäisen jakoelimen jakajan tuloliittimen suureeseen. Tätä konetta voidaan käyttää pysyvästi lähes 90° :n kuormituskulmilla ilman tahdistaputoamista häiriöiden yhteydessä, jotka aiheuttavat sysäysmäisiä taajuuden muutoksia tai staattorivirran vaiheen muutoksia.

Näitä ja muita keksinnön edullisia suoritusmuotoja selitetään seuraavassa lähemmin viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, joissa

kuvio 1 esittää keksinnön mukaisen järjestelmän lohkokaaaviota,

kuvio 2 esittää kuormitustilan säätimen sovituselimen kytkentäkaaviota,

kuvio 3 esittää sovituselimen toista suoritusmuotoa,

kuvio 4 esittää jakoelimen kytkentäkaaviota, ja

kuvio 5 esittää vektorisuureita, joihin selityksessä viitataan.

Kuviossa 1 on kolmivaihekone 1, jota syöttää taajuusmuuttaja, joka käsittää verkkoliitännällä 2 kolmivaiheverkkoon kytketyn verkkokommutoidun virransuuntaajan 3, tasavirtavälipiirin 4, jossa on tyyntökuristin 5 ja itsekommutoitu virransuuntaaja 6. Epätahtikoneelle 1 voidaan antaa kierrosluvun ohjearvo f^* , jolloin koneelle sopivaa käynnistystä varten voi olla varattuna käynnistysanturi 7.

Kierrosluvun säätimen tuloliittimessä muodostetaan kierrosluvun oloarvon ja annetun kierrosluvun ohjearvon f^* säätöpoikkeama, jolloin kierrosluvun oloarvona, joka on yleensä mitta-arvo, voidaan käyttää esimerkiksi takogeneraattorin antamaa arvoa. Suoritusmuotoesimerkissä johdetaan oloarvoksi staattoritaajuuden asetus suure itsekkommutoidun virransuuntaajan 6 venttiiliä ohjaavan ohjausryhmän 9 tuloliittimestä.

Kierrosluvun säädin 8, jonka perään on kytketty virranrajoitin 10, syöttää toisaalta funktiogeneraattorin 11 välityksellä alistettua virransäädintä 12, joka ohjaa verkkokommutoidun virransuuntaajan 3 venttiiliä ohjaavaa ohjausryhmää 13. Funktiogeneraattorin 11 ominaiskäyrä on asetettu niin, että tulosuureesta i_{f2}^* muodostuu päävuon γ^* annettavaan ohjearvoon, esim. nimellisivuohon kuuluva ohjearvo $i^* = \frac{i_{f1}^*}{\sqrt{i_{f1}^{*2} + i_{f2}^{*2}}}$ staattorivirran itseisarvolle. Toisaalta kierrosluvun säädin syöttää myös ohjausryhmän 9 välityksellä itsekkommutoidun virransuuntaajan 6 venttiiliä ohjaavaa säädintä, jossa ensimmäisessä jakajassa 14 muodostetaan oloarvoksi osamäärä W , tätä vektoria vastaan kohtisuoran staattorivirran komponentin (pätövirran) i_{f2} ja päävuon vektorin γ itseisarvon osamäärä. Kierrosluvun säätimen lähtösignaali on siis funktiogeneraattorille 11 (virran ohjausosa) ja staattoritaajuuden ohjausosalle yhteiden ohjesuure.

Tässä säädössä annetaan vuolle ohjearvo γ^* . Haluttu vääntömomentti saadaan pätövirran ohjearvosta i_{f2}^* ja se saadaan joko kierrosluvun säätimen 8 lähtöliittimestä tai sen antaa tähän kohtaan ulkopuolelta anturi. Funktiogeneraattori 11 sovittaa virran nimellisarvon i^* suureeseen i_{f2}^* niin, että vuo pysyy vakiona. Virransäädin 12 säätää ohjausryhmän 13 välityksellä koneen virran itseisarvoa, jolloin verkkovirran oloarvo voidaan ottaa johtimista 2, välipiirin 4 virrasta tai epätahtikoneen napojen koneenvirrasta. Koska suurilla taajuuksilla koneenvirta on moninkertaisesta vaihtosuuntaajassa kommutoinnista johtuen pienempi kuin verkkovirta tai välipiirinvirta, on kuitenkin säädölle ratkaiseva virta joka tapauksessa koneenvirta ja ainakin suurilla taajuuksilla on edullista ottaa käyttöön koneenvirta. Pienillä taajuuksilla, joilla virranotto vaihtovirranmuuntajilla ei ole ilman muuta mahdollista, voi olla edullista kytkeä koneenvirranotto verkkovirranottoon.

Kuormitustilasuureen ohjearvo W^* lasketaan toisessa jakoelimestä 15 kierrosluvun 8 säätimen lähtöliittimessä olevasta pätövirran ohjearvosta i_{f2}^* ja vuon ψ^* annetusta ohjearvosta osamääränä. Vertailukohdassa 16 olevasta säätöpoikkeamasta $W^* - W$ muodostaa perään kytketty kuormitustilan säädin 17 staattoritaajuuden asetussuureen, joka annetaan ohjausjännitteenä ohjausryhmälle 9. Kun $W > W^*$ alenee samalla staattoritaajuus.

Tällainen säätö mahdollistaa käytön heikolla kentällä. Täten on esimerkiksi mahdollista antaa ensiksi ohjearvoksi ψ^* nimellisarvo ja samalla mitata napajännite U ja sen saavuttaessa arvon $U_{\max}$ muodostaa ψ^* ohjearvo vastaavan säätimen lähtöliittimeen, säätöpoikkeamasta $U - U_{\max}$ johdetulla itseisarvolla alennettuna. Täten välte-
tään se, ettei sallittua moottorijännitettä ylitetä, vaan päinvastoin tässä tapauksessa ohjearvo W^* suurenee tässä säätöpiirissä ja kone käy vakiojännitteellä (heikentyneellä vuolla). Jos kuitenkin on toimittava kauttaaltaan vakiovuolla, niin on W^* verrannollinen suureeseen i_{f2}^* ja kierrosluvun säätimen 8 lähtösuure voidaan johtaa myös toista jakoelintä käyttämättä suoraan säätöpoikkeaman muodostukseen.

Pätövirran komponentin i_{f2} oloarvo ja vuo ψ lasketaan sinän-
sä tunnetulla tavalla mittamuuntajalla otetuista staattorivirran ja staattorijännitteen napasuureista. Epätahtikoneessa on kolme toistensa suhteen 120° :n kulmaan siirrettyä staattorikäymitystä. Koneen kolmesta navasta otetaan kahdesta navasta niissä vaikuttavat staattorivirran ja napajännitteen hetkelliset arvot ja muutetaan koordinaattien vaihtimissa 20, 21 staattorivirran vektorin $\underline{i}$ tai staattorijännitteen vektorin $\underline{U}$ staattorin suhteen (kiinteään) karteeseen, kaksiakselisen koordinaattijärjestelmän komponenteiksi $i_{\alpha 1}$ tai $U_{\alpha 1}$ ja $U_{\alpha 2}$. Yhtälön $e_{\alpha 1,2} = U_{\alpha 1,2} - i_{\alpha 1,2} \cdot R$ perusteella muodostetaan niistä smv-muokkaimessa 22 staattorikäymitykseen indusoidun smv-vektorin tähän karteeseen koordinaattijärjestelmään lasketut komponentit $e_{\alpha 1}$, $e_{\alpha 2}$ ja niistä integroimalla muodostetut päävuon vektorin komponentit $\psi_{\alpha 1}$ ja $\psi_{\alpha 2}$. Koska epäideaalisen integraattorin aikavaste vääristää tämän vektorin oloarvot, on staattorivirran vektorin komponenteille varattu siirtoelin 23, jossa on vastaava vääristävä aikavaste, jotta myöhemmissä laskuissa saataisiin säilytettyä sama

staattorivirran vektorin ja vuon vektorin dynamiikka. Vektorianalysointissa 24 määrätään siten kulma β , jonka vuon vektori Ψ muodostaa staattorin koordinaattijärjestelmän abskissaa α_1 vastaan. Tässä kiinnostavat vain $\cos \beta = \Psi_{\alpha_1} / \Psi$ ja $\sin \beta = \Psi_{\alpha_2} / \Psi$, joiden muodostamiseksi suureet Ψ_{α_1} tai Ψ_{α_2} jaetaan jakoelimestä vuon vektorin itseisarvolla Ψ . Tämän vuon itseisarvo $\Psi = \sqrt{\Psi_{\alpha_1}^2 + \Psi_{\alpha_2}^2}$ otetaan liitoskohdasta, jossa summataan vastaavien suureiden Ψ_{α_1} tai Ψ_{α_2} lähetteet ja jakoelimen lähtösignaaleihin lisätyt kerrannaiset. Tästä saatu suure Ψ johdetaan takaisin jakoelimen jakajan tuloliittimeen. Suure i_{f_2} lasketaan vektorin kääntämissä 25 muunnoskanavan $i_{f_1} = -i_{\alpha_1} \cdot \sin \beta + i_{\alpha_2} \cdot \cos \beta$ mukaan. Keksinnön (jäljempänä vielä tarkemmin selitetyssä) kehitelmässä lasketaan myös magnetoimisvirta i_{f_1} vektorin kääntämissä 25 vastaavasti kaavan $i_{f_1} = i_{\alpha_1} \cos \beta + i_{\alpha_2} \sin \beta$ mukaan. Laskettu pätövirran i_{f_2} tosiarvo johdetaan jakoelimen 14 jaettavan tuloliittimeen.

Kuormitustilasuure W , joka muuttumattomassa tilassa vastaa kuormituskulman tangenttia, muutetaan säätimessä 17 staattoritaajuuden ohjaussuureeksi (asetusuureksi). Kierrosluvun interferenssisäädössä käytetään edullisesti kierrosluvun oloarvon asemasta staattoritaajuutta f , joka muuttumattomassa tilassa eroaa siitä vain jättämissuureen verran. Staattoritaajuuden oloarvon muodostamiseksi dynaamisesti kierrosluvun kaltaiseksi voidaan ensimmäisen jakoelimen 14 perään kytkeä tasoituselin.

Säädön vaikutustavan selvittämiseksi oletettakoon, että epätahtikoneen akseliin on tullut motorinen kuormitusisku. Sen johdosta pienentyy kierrosluku, jättämä suurenee ja vuo pienenee. Pienenevä vuo aiheuttaa kuormitustilan oloarvon W suurentumisen, jonka johdosta kuormitustilan säädin 17 pienentää staattoritaajuuden asetussuuretta, joka seuraa alenevaa kierroslukua niin, että vuo ja jättämä pysyvät vakiona. Staattoritaajuuden pienentyminen aiheuttaa kuitenkin kierrosluvun säätimessä 8 lähtösignaalin suurentumisen, siis pätövirran ohjearvon $i_{f_2}^*$ suurentumisen. Tästä on seurauksena suurentunut vääntömomentti, joka ohimenevästi ylittää kuormitusmomentin, kunnes kierrosluku on saavuttanut jälleen alkuperäisen arvonsa ja vääntömomentti pitää kuormitusmomentin tasapainossa.

Virransuuntaajaan suojaamiseksi ylivirroilta on edullista rajoittaa staattorivirta ohjearvoonsa. Koska magnetointivirran ohje-

arvo $i_{f_1}^*$ on jo annettu antamalla ennalta nimellisvuo, voidaan virran rajoitus suorittaa edellyttäen, että virran säätöpiiri toimii nopeasti, rajoittamalla pätövirran ohjearvoa $i_{f_2}^*$ kierrosluvun säätimen 8 lähtöliittimessä.

Tällöin on edullista koota kuormitustilan säädin 17 kahdesta peräkkäin järjestetystä IP-säätimestä, so. varsinaisesta W-säätimestä 30 ja eteen kytketystä "vetosäätimestä" 31. Jotta näet kuormitustilan muuttuessa staattoritaajuus seuraisi kuormitustilan muutoksesta jatkuvasti muuttuvaa kierroslukua niin, ettei nimellisjättämä ylity, W-säädin 30 tarvitsee pysyvästi tulojännitteen, joka täytyy vetää mukana aina uuden pysyvän tilan syntyyn saakka. Esimerkiksi staattoritaajuuden asetusuureen muuttamiseen tarvitaan vakiotulojännite, jotta staattoritaajuuden asetussuure säätimen lähtöliittimessä muuttuisi nousufunktion mukaan. Siirryttäessä uutta kuormitustilaa vastaavaan pysyvään tilaan, täytyy kuitenkin vuon oloarvo γ' pitää vastaavassa ohjearvossaan.

Tämä aikaansaadaan "vetosäätimellä" 31, joka jo pienestä säätöpoikkeamasta W^*-W kuormitustilan muutoksen alkaessa antaa säätimen 30 tuloliittimeen jännitteen. Säädin 30 ohjaa nyt kuormitustilan muutoksesta seuraavaa kierrosluvun muutoksen staattoritaajuutta niin, että säätöpoikkeama W^*-W katoaa. Säädin 30 vaikuttaa staattoritaajuuden jatkuvaan asetukseen myös vielä silloin, kun kierrosluku saavuttaa uuteen kuormitustilaan kuuluvan pysyvän arvon, jolloin olo-vuo säätöpoikkeaman hävitessä säätimen 31 tuloliittimestä vetää perässään ohjevuota, koska säädin 31 säilyttää tänä aikana vakiolähtösignaalinsa. Uuden pysyvän tilan muodostuessa vaikuttaa lähinnä W-säätimen 30 vielä muuttuva lähtösignaali niin, että säätimen 31 tuloliittimeen syntyy lyhytaikainen, pieni säätöpoikkeama W^*-W , kun säätimen 31 lähtösignaali palaa arvoon nolla. Siis säätimen 30 lähtösignaali jää saavuttamaansa arvoon.

Täten kuormitustilan säätimen 17 dynamiikka parantuu oleellisesti ja vuo pysyy myös dynaamisissa tilanmuutoksissa käytännöllisesti katsoen ohjearvossaan. Samalla on hyvä säätö mahdollista myös silloin, kun (esim. käynnistettäessä) vaihtosuuntaajaa käytetään käytännössä sallitulla maksimivirtakuormituksella. Varsinkin kahden peräkkäin kytketyn säätimen käyttö on edullista, kun kierrosluvun oloarvona ei käytetä koneesta suoraan mitattua oloarvoa, vaan vastaavalle ohjausryhmälle 9 annettavaa ohjearvoa.

Koska staattorivirtavektori ei pyöri jatkuvasti, vaan staattorikäännyksen ohjattua käämiä vastaavasti syöksyttäin, sisältää pätövirta $i_{\phi 2}$ ja siten W -oloarvo ylivärähtelyjä, jotka häiritsevät erikoisesti pientaajuuksilla. Sen vuoksi toimitaan tällä käyttöalueella pienellä kuormitustilan säätimen vahvistuksella. Moottori-käytössä suurilla taajuuksilla, joilla kommutointiviivekulma vaikuttaa vaimentavasti, on olemassa värähtelyvaara. Värähtelyt voidaan vaimentaa suurella säätimen vahvistuksella. Sen vuoksi on edullista varustaa kuormitustilan säädin 17 sovituselimellä, joka suurentaa säätimen vahvistusta suurilla konetaajuuksilla. Pidetään parempana varata säätimen lähtöliittimeen yhteenlaskuaste 32, joka on kytketty kuormitustilan säätimen 17 lähtösuureeseen suoran johtimen 33 ja vahvistimen 34, jossa on ylisuhteellisesti nouseva vahvistusominaiskäyrä, rinnan kytkennällä. Samalla on lisäksi osoittautunut edulliseksi kytkeä vahvistimen jälkeen siirtoelin, jonka toistokäyrä on $F_A = sT_1 / (1 + sT_2)$. Tällainen siirtoelin vaikuttaa tasoittavasti ja differoivasti, so. säätölähtösuureen muutokset vahvistuvat dynaamisesti pysyvään tilaan vaikuttamatta. Vakiot T_1 ja T_2 eivät ole kriittisiä. Niiden arvot voidaan helposti saada valitsemalla käytettävälle parhain arvo. Edullisia arvoja ovat esim. $T_1 = 100$ ms, $T_2 = 25$ ms.

Kuvio 2 esittää sovituselimen yksinkertaista kytkentäkaavaa. IP-säätimeksi kytketty operaatiovahvistin on merkitty numerolla 30, joka säädin toimii kuormitustilan säätimenä, esimerkiksi, kuten edellä mainittu W -säädin. Säätimen tuloliittimeen on yhdistetty "vetosäätimen" 31 valvoman potentiometrin 37 väliotto, potentiometrin, jolla säätimen 30 vahvistus voidaan asettaa. Säätimen lähtöliitin on kytketty johtimella 33 ja vastuksella 35 toisen operaatiovahvistimen 36 tuloliittimeen. Lisäksi lähtöliittimeen on kytketty potentiometrillä 38 jännite, joka on valittu positiiviseksi silloin, kun kytkennän toteutukseen käytetään operaatiovahvistimien 30 ja 36 invertoituja tuloliittimiä. Potentiometrin 38 ulosotto on kytketty diodin 39, kapasitanssin 40 ja vastuksen 41 muodostamalla sarjakytkennällä toisen operaatiovahvistimen 36 tuloliittimeen, johon on kytketty takaisinkytkentävästus 42. Kapasitanssiin 40 johtavan diodin lähtöliitin on edullista maadoittaa vastuksella.

Annetulla pyörimissuunnalla on taajuuden ohjaus suure f (W-säätimen ulostulo) negatiivinen, jolloin pientä taajuutta vastaa pieni $f:n$ arvo. Potentiometri on asetettu niin, että sen ulosotossa on pieni positiivinen jännite. Diodi on kytketty niin, että se tässä tilassa sulkeutuu, mutta tulee johtavaksi heti, kun säätölähtösignaali suurentuvilla taajuuksilla muuttuu enemmän negatiiviseksi ja potentiometrillä 38 otettu jännite laskee. Sen vuoksi on tässä kytkennässä pienillä taajuuksilla (diodi suljettuna) vastusten 42 ja 35 suhteen määräämä vahvistus ja suurilla taajuuksilla (diodi auki) vastuksen 42 ja vastuksien 35 ja 41 muodostaman vastuksen suhteen määräämä vahvistus. Vaihtopiste (vahvistuksen suurentuminen) voidaan asettaa potentiometrillä 38.

Koneen kiertosuunnan kääntö voidaan aikaansaada muuttamalla taajuuden ohjaus suure f merkki. Tällöin on potentiometrin ulosotossa aina positiivinen jännite ja kuviossa 2 oleva diodi 39 on jatkuvasti suljettuna. Kuvio 2 on korvattu käytännön toteutusta varten kuviolla 3, jossa potentiometrillä 38 otettu jännite johdetaan jännitteen jakajalla 44 ja lisäksi invertterin 43 ja vastaavan jännitteen jakajan 44 avulla myös säätimen 30 lähtöliittimeen. Invertoitu potentiometrin väliottojännite johdetaan samoin diodilla 39', kondensaattorilla 40' ja vastuksella 41' vahvistimen 36 tuloliittimeen. Täten saadaan aikaan myös taajuuden ohjaus suure f etumerkin käännön sovitus edellä selitetyllä tavalla.

Kuten jo mainittiin, vastaa pysyvässä tilassa kuormitustilasuure W kuormituskulman tangenttia ja vakiovuolla vääntömomentti pätövirran komponenttia (ja siten myös W -oloarvoa). Suurempi vääntömomentin ohjearvo (so. $W^* - W > 0$) suurentaa edelleen taajuutta, so. jättämä ja kuormituskulma kasvavat. Se merkitsee vain sitä, että kun kuormituskulma $< 90^\circ$, kasvaa olovääntömomentti (kuten vaaditaan) ja kun kuormituskulma $> 90^\circ$, se kuitenkin pienenee. Tämän vuoksi on noin $90^\circ:n$ kuormituskulmilla olemassa tahdistaputoamisen vaara. Jos nimittäin häiriön vaikutuksesta (esim. staattoritaajuuden hyppäämisen johdosta) kuormituskulma ϵ (ks. kuviota 5) ohjautuu sysäysmäisesti esimerkiksi 70° :sta 100° :een, ei magnetointivirran komponentissa $i_{f2} = i \cdot \sin \epsilon$ tapahdu mitään muutosta ja vuon suuren aikavakion johdosta muuttuu vuo ψ vain hitaasti. Oloarvo W muuttuu siis vain hitaasti eikä säätö ensiksi käytännössä reagoi häiriöön ja ko-

ne putoaa tahdista. Tämä voidaan kuitenkin välttää vaikuttamalla lisäksi W-oloarvoon, joka kuormituskulman raja-arvon ylittäessään, varsinkin yli 90° :n kuormituskulmilla (so. kulmilla, joilla vuon suuntainen magnetoimisvirran komponentti i_{φ_1} tulee negatiiviseksi) säättää nopeasti staattoritaajuuden ohjaussuuretta nopein kulman muutoksien.

Tämä aikaansaadaan etupäässä siten, että jakoelimen 14 jakajan tuloliittimessä lisätään vuovektoriin $\mathcal{Y}$ myös vektorin kääntämisessä 25 laskettu magnetoimisvirta i_{φ_1} heti, kun tämä virta alittaa ennalta annetun raja-arvon S. Tätä varten on oloarvon laskimen i_{φ_2} -lähtöliitin 45 kytketty estokytkenäällä 46 jakajan tuloliittimessä olevaan suureeseen $\mathcal{Y}'$. Raja-arvoksi on edullista valita negatiivinen tai mahdollisesti pieni positiivinen arvo, niin että käytännössä estetään kaikkien positiivisten i_{φ_1} -arvojen lisäys, mutta negatiiviset arvot yhdistyvät kuitenkin suureeseen $\mathcal{Y}'$. Normaalilla käyttöalueella (kuormituskulma pienempi kuin 90°) tämä kytkentä ei sen vuoksi vaikuta. Jos kuormituskulma kuitenkin suurenee yli 90° :n arvoon, niin kuormitustilan oloarvon W nimittäjä pienenee ja siis W-oloarvo suurenee sysäyksenomaisesti. Tämän vuoksi kuormituksen säädin alentaa taajuutta siksi, kunnes kulma saadaan normaalikäyttöalueelle. Tämä estää koneen tahdista putoamisen. Jos esimerkiksi konetta käytetään 80° :n kuormituskulmaan saakka, valitaan kynnys niin, että 110° :n kuormituskulmalla suurimpaan staattorivirtaan kuuluva magnetoimisvirta vielä lukittuu, mutta suuri negatiivinen magnetoimisvirran arvo vaikuttaa kuitenkin W-oloarvon nimittäjään. Täten sulkukytkenä ei vaikuta normaalikäyttöön, jossa virtavektori heilahtelee $\pm 30^{\circ}$ keskikuormituskulman ympärillä, mutta aikaansaa suurilla kuormituskulmilla tahdista putoamisen estävän staattoritaajuuden alentumisen.

Lisäksi on osoittautunut, että magnetoimisvirta i_{φ_1} sopii hyvin kuormitustilan säätimen vaimentamiseen. Osamäärä $i_{\varphi_2}/\mathcal{Y}$ on vuon hitaudesta johtuen suhteellisen hitaasti muuttuva oloarvo, mikä voi aiheuttaa värähtelyjä. Kuormitustilan säätöön saadaan vaimentava vaikutus, jos tämän osamäärän nimittäjään kytketään dynaamisesti (nopeasti muuttuva) oloarvo i_{φ_1} . Säädön pysyvään käyttäytymiseen se ei saa vaikuttaa, so. magnetoimisvirran oloarvo i_{φ_1} kytketään jälki-antoelimellä 47 jakoelimen 14 tuloliittimessä vuon oloarvoon $\mathcal{Y}$. Täl-

laiselle jälkiantoelimelle on tunnusomaista voimakkaasti vaimeneva, syöksyyn reagoiva toiminta, so. jälkiantoelin reagoi syöksymäisesti suurenevaan tulosignaaliin suurella positiivisella, mutta kuitenkin nopeasti vaimenevalla lähtösignaalilla. Täten vältetään vuon värähtelyt.

Kuviossa 4 on tällaisen jakoelimen kytkentäjärjestelmä, jonka jakajan tuloliittimen eteen on kytketty tällainen estokytkentä ja jälkiantoelin. Oloarvon laskimen lähtöliittimestä 45 johdettu jännite i_{φ_1} aiheuttaa vastuksen 50 välityksellä operaatiovahvistimen 51 tuloliittimeen menevässä johtimessa 52 virran, jonka vain negatiivisilla virta-arvoilla toinen tähän johtimeen järjestetty ja vastaavasti suunnattu diodi 53 päästää läpi. Sen kanssa sarjaan järjestetty zenerdiodi 54 päästää vain negatiivisella, kynnysjännitteen alapuolella olevalla i_{φ_1} -arvolla virran kulkemaan. Operaatiovahvistimen 51 toiseen tuloliittimeen menevässä johtimessa 55 vaikuttaa kondensaattori 56 niin, että vain tulojännitteen i_{φ_1} muuttuessa virtaa lyhytaikainen varausvirta johtimessa 55 ja vastuksessa 57 vahvistimen 51 tuloliittimeen. Lisäksi oloarvon laskimesta otettu jännite ψ kehittää toisessa johtimessa 59 vastaavan, vastuksen 60 läpi operaatiovahvistimeen 51 menevän virran niin, että vahvistimen 51 lähtöliittimessä on suure, joka vastaa pysyvässä tilassa ja normaalkuormituskulmalla suuretta ψ , mutta joka yli 90° :n kuormituskulmilla ja/tai magnetoimisvirran komponentin i_{φ_1} muuttuessa on kuitenkin edellä olevien selitysten mukaisesti muunnettu. Tämä lähtösignaali, joka oikean napaisuuden saamiseksi invertoidaan tässä tapauksessa invertterissä 61, johdetaan jakajan tuloliittimeen 62 jakoelimessä 14, jonka jaettavan tuloliittimeen on syötetty oloarvo i_{f_2} .

Koska hyvin pienillä taajuuksilla, esimerkiksi 10 % nimellistaajuutta pienemmillä taajuuksilla, on staattorivirran ja staattorijännitteen oloarvon otto mittamuuntajan avulla virheellistä ja virtavektorin vastaavien komponenttien, MK-vektorin ja vuovektorin laskeminen on myös epätarkkaa, voi varsinkin käynnistettäessä syntyä vaikeuksia.

Nämä vaikeudet voidaan välttää, jos pienillä taajuuksilla kuormitustilan säätöpiiri erotetaan ja kuormitustilan säätimen 17 tuloliittimeen pannaan kuormitustilan säätöpoikkeaman W^*-W asemasta vastaava säätöpoikkeama f^*-f , so. annettavan taajuuden ohjearvon f^*

ja taajuuden ohjaussuureen f erotus. Kuviossa 1 esitetyssä järjestelmässä, jossa kierrosluvun säädin 8 on virran ohjausosan ja kuormitustilan säätimen yhteisen tuloliittimen edessä, voidaan tämä taajuuden säätöpoikkeama ottaa kierrosluvun säätimen tuloliittimestä tai vastaavasti vertailupisteestä 70, vahvistaa mahdollisesti P-vahvistimessa 71 ja saattaa kytkimellä 72 kuormitustilan säätimeen. Pienillä taajuuksilla on kytkin 72 suljettuna ja samanaikaisesti vertailupisteestä 16 tuleva säätöpoikkeaman (W^*-W) johtimen kytkin 73 auki. Kytkimet 72 ja 73 aikaansaavat vaihtokytkennän itsetoimivasta staattoritaajuuden säädöstä staattoritaajuuden ohjaukseen. Silloin, kun kuormitustilan säätimessä on kaksi IP-säädintä, johtaa kytkin 72 toisen W-säätimen 30 tuloliittintään. "Vetosäädin" 31 on kytkimen 73 auki ollessa poissa käytöstä, mutta jos vetovahvistimena käytetään operaatiovahvistinta, niin voidaan esimerkiksi sen tuloliitin oikosulkea invertoivaan tuloliittimeen niin, että säätölähetete on nolla.

Tällaisella ohjauksella aiheuttaa staattorivirran kasvu vain silloin suuremman vääntömomentin, kun kuormituskulma pidetään pienempänä kuin 45° . Koneen tahdista putoamisen estämiseksi ajetaan sen vuoksi tässä käyttötilassa suurella magnetoimisvirralla. Tässä käytetään apuna normaalikäyttötilassa avoinna pidettyä kytkintä 74, joka pienillä taajuuksilla suljetaan ja vuon ohjearvon Ψ^* antotuloliittimeen kytketään lisätty magnetoimisvirran ohjearvo (käynnistysvirta i_H). Tällä tavalla aikaansaadaan se, että funktiogeneraattorissa 11 muodostuu vastaavasti suuri virran ohjearvo i^* . Tällöin on edullista, että funktiogeneraattorin antosuureen $i^*_{\beta_2}$ tuloliittimen eteen kytketään erotuskytkin 75, jonka avaus irrottaa pienillä taajuuksilla funktiogeneraattorin kierrosluvun säätimestä 8. Funktiogeneraattori 11 antaa silloin vain käynnistysvirrasta i_H riippuvan ohjearvon i^* , eikä reagoi kierrosluvun säätimen lähtösuureen $i^*_{\beta_2}$ heilahteluihin. Jotta normaalikäyttöön siirryttäessä (avataan kytkin 74) voitaisiin välttää virran ohjearvon i^* syäsysmäinen muutos, voidaan kytkimen 74 jälkeen kytkeä edullisesti tasoituslaite.

Ohjatussa käytössä, so. kytkin 73 avattuna, voivat oloarvon laskimen edellä selitetyt virheet kytkentäpisteessä 16 aiheuttaa säätöpoikkeaman suurentumisen. Kun vaihtokytkentäraja ohjatusta käytöstä säädettyyn käyttöön saavutetaan, esimerkiksi, kun on saavutettu 10 % nimelliskierrosluvusta, avataan kytkin 72 ja kytkin 73

(mahdollisesti myöskin kytkin 15) suljetaan. Tällä hetkellä liitospisteessä 16 sattumalta oleva säätöpoikkeama aiheuttaa silloin lähinnä kuormitustilan säätimen siirtymisen ja siten sysäysmäisen taajuuden muutoksen, kunnes nyt suljettu säätöpiiri on häivyttänyt säätöpoikkeaman W^*-W . Tällainen vaihtokytkentänykäys voidaan kuitenkin välttää, jos samanaikaisesti kytkimen 73 avauksen kanssa kytkentäpisteessä 16 oleva säätöpoikkeama johdetaan kierrosluvun säätimeen ja vähennetään sen tuloliittimessä olevasta suureesta f^*-f . Kytkein 73 voidaan muodostaa sitä varten vaihtokytkimeksi. Tämän takaisinkytkennän avulla kierrosluvun säätimen antama ohjearvo $i^*_{\frac{1}{2}}$ seuraa jakoelimessä 14 laskettua oloarvoa W , jolloin saadaan erotus W^*-W poistettua liitospisteestä 16. Vaihtokytkentähetkellä ovat siten kierrosluvun säädin 8 sekä "vetosäädin" 31 katoavaa säätöpoikkeamaa vastaavassa asennossa ja tapahtuu pehmeä siirtyminen ohjatus- ta käyttötilasta säädettyyn käyttötilaan.

Patenttivaatimukset

1. Järjestelmä vaihtovirtaverkkoon liitetyn, verkkokommutoidun virransuuntaajan (3), tasavirtavälipiirin (4) ja itsekommutoidun virransuuntaajan (6) käsittävästä taajuudenmuuttajasta syötetyn epätahtikoneen (1) säätämiseksi funktiogeneraattorin (11) ja virransäätimen (12) käsittävällä virranohjausosalla, joka säättää ohjaamalla verkkokommutoituja virransuuntausventtiilejä staattorivirran ohjearvoon, joka saadaan annetulla vuolla funktiogeneraattorille (11) annetusta sisääntulosuureesta, ja oloarvon laskimen (20-25) ja kuormitustilan säätimen (17) käsittävällä staattoritaajuuden rinnakkaissäädinosalla, joka antaa staattorivirran ja staattorijännitteen oloarvoista lasketun kuormitustilasuureen W ja funktiogeneraattorin tulosuureesta lasketun kuorimitustilasuureen ohjearvon W^* välistä säätöpoikkeamaa $W-W^*$ vastaavaan taajuuden asetussuureen itsekommutoidun virransuuntaajan (6) ohjausryhmälle (9), t u n n e t t u siitä, että oloarvon laskimessa (20-25) on muodostettu kulloinkin vuovektorin $\underline{y}$ itseisarvoon Ψ ja staattorin virtavektorin $\underline{i}$ vuovektoria vastaan kohtisuoraan komponenttiin $i_{\varphi 2}$ verrannollinen suure, että vuon itseisarvoon Ψ' verrannollinen suure on johdettu ensimmäisen jakoelimen (14) jakajan tuloliittimeen ja kohtisuoraan staattorin virtavektorin komponenttiin $i_{\varphi 2}$ verrannollinen suure tämän jakoelimen jaettavan tuloliittimen ja että kuormitustilan säätimeen (17) on kytketty ensimmäisen jakoelimen lähtösuure oloarvoksi W ja vastaava, funktiogeneraattorin (11) tulosuureesta johdettu suure ohjearvoksi W^* .

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että kuormitustilan säätimeen on johdettu ohjearvona toisen jakoelimen lähtösuure, jakoelimen, jonka jaettavaan tuloliittimeen on johdettu funktiogeneraattorin (11) tulosuure ja jonka jakajan tuloliittimeen on johdettu vuon annettua itseisarvoa vastaava ohjesuure Ψ^* .

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että oloarvon laskimessa on laskettu myös vuon vektorin suuntaisen staattorivirran vektorikomponenttiin verrannollinen suure $i_{\varphi 1}$ ja että tämä suure on lisätty jälkiantoeli-

mellä ensimmäisen jakoelimen (14) jakajan tuloliittimessä vuon itseisarvoon verrannolliseen suureeseen Ψ .

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1-3 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että oloarvon laskimessa (25) on laskettu myös vuon vektorin suuntaiseen staattorivirran vektorikomponenttiin verrannollinen suure i_{j1} ja tämän suureen pienimmän arvon alapuolella oleva arvo on lisätty estokytkennällä (46) vuon vektoriin verrannolliseen suureeseen ensimmäisen jakoelimen (14) jakajan tuloliittimessä.

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että kuormitustilan säädin (17) käsittää kaksi peräkkäin kytkettyä IP-säädintä (30,31).

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1-5 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että kuormitustilan säätimen (17) perään on kytketty sovituselementti ja että sovituselementissä on liitospiste (32), johon on kytketty kuormitustilan säätimen (17) lähtösuure rinnankytkennällä (33) suoraan ja vahvistimella (34), jossa on ylisuhteellisesti nouseva vahvistusominaiskäyrä.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että vahvistimen (34) perään on kytketty differentioiva ja tasoittava siirtoelin (34a).

8. Jonkin patenttivaatimuksen 1-7 mukainen järjestelmä, t u n n e t t u siitä, että annettava taajuuden ohjearvo f^* ja itsekommutoidun virransuuntaajan (6) ohjausryhmälle (9) annettava taajuuden ohjaussuure f on kytketty kierrosluvun säätimeen (8) ja että kierrosluvun säätimen lähtösuure (i_{f2}^*) on annettu tulosuurena funktiogeneraattorille (11) ja alistetulle kuormitustilan säätöpiirille.

Patentkrav

1. Anordning för reglering av en från en frekvensomvandlare med en till ett trefasnät ansluten, nätkommuterad strömriktare (3), en likströmsmellankrets (4) och en självkommuterad strömriktare (6) matad asynkronmaskin (1) med en av en funktionsgenerator (11) och en strömregulator (12) bestående strömstyrsektion, vilken genom styrning av de nätkommuterade strömriktarventilerna inställer statorströmmen på ett börvärde, som deriverats ur en inmatningsstorhet i funktionsgeneratoren (11) vid givet flöde, och en parallell reglersektion, som innehåller en räknare (20-25) för nuvärdet och en regulator (17) för belastningstillståndet, för statorfrekvensen vilken sektion i enlighet med regleringsavvikelsen $W-W^*$ mellan en ur nuvärdet av statorströmmen och statorspänningen beräknad belastningstillståndsstorhet W och ett ur inmatningsstorleken i funktionsgeneratoren beräknat börvärde för belastningstillståndsstorheten W^* levererar en frekvensinställningsstorhet för styrsatsen (9) i den självkommuterade strömriktaren (6), k ä n n e t e c k n a d därav, att i räknaren (20-25) för nuvärdet bildas i vart och ett fall en med storheten ψ av flödesvektorn $\underline{\psi}$ och den till flödesvektorn lodräta komponenten i_{f2} av statorströmvektorn $\underline{i}$ proportionell storhet, att den med flödesstorheten ψ proportionella storheten tillförs divisorringången och den med lodräta statorströmkomponenten i_{f2} proportionella storheten dividendringången i en första divisionsdel (14) och att utgångsstorleken från första divisionsdelen kopplas som nuvärdet W och en motsvarande, ur inmatningsstorleken i funktionsgeneratoren (11) härledd storhet kopplas som börvärde W^* till regulatorn (17) för belastningstillståndet.

2. Anordning enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att som börvärde för regulatorn för belastningstillståndet tillförs utgångsstorheten från en andra divisionsdel, vars dividendringång tillförs inmatningsstorheten i funktionsgeneratoren (11) och vars divisorringång tillförs en börstorhet ψ^* som motsvarar ett i förväg givet värde av flödesstorheten.

3. Anordning enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att i räknaren för nuvärdet även beräknats

en med den med flödesvektorn parallella statorströmvektorkomponenten proportionell storhet $i_{\phi 1}$ och att denna storhet via en eftergivningsdel adderats till den med flödesstorheten proportionella storheten ψ vid divisorringången i första divisionsdelen (14).

4. Anordning enligt något av patentkraven 1-3, k ä n n e - t e c k n a d därav, att i räknaren (25) för nuvärdet även beräknats en med den med flödesvektorn parallella statorströmvektorkomponenten proportionell storhet $i_{\phi 1}$ och under ett minimivärde liggande värde av denna storhet adderas via en spärrkoppling (46) till den med flödesvektorn proportionella storheten vid divisorringången i första divisionsdelen (14).

5. Anordning enligt något av patentkraven 1-4, k ä n n e - t e c k n a d därav, att regulatorn (17) för belastningstillståndet består av två efter varandra kopplade IP-regulator (30,31).

6. Anordning enligt något av patentkraven 1-5, k ä n n e - t e c k n a d därav, att efter regulatorn (17) för belastningstillståndet kopplats en adaptionsdel och att adaptionsdelen innehåller ett anslutningsställe (32) till vilket kopplats utgångsstorheten i regulatorn (17) för belastningstillståndet direkt via en parallellkoppling (33) och medelst en förstärkare (34) med överproportionellt stigande förstärkningskaraktistik.

7. Anordning enligt patentkravet 6, k ä n n e t e c k n a d därav, att efter förstärkaren (34) kopplats en differentierande och utjämnande överföringsdel (34a).

8. Anordning enligt något av patentkraven 1-7, k ä n n e - t e c k n a d därav, att ett givbart frekvensbörvärde f^* och frekvensstyrstorheten f , som skall matas till styrsatsen (9) för den självkommuterade strömriktaren (6) kopplats till en varvtalsregulator (8), och att varvtalsregulatorns utgångsstorhet ($i_{\phi 2}^*$) givits som inmatningsstorhet till funktionsgeneratorn (11) och den underordnade regleringskretsen för belastningstillståndet.

FIG 1

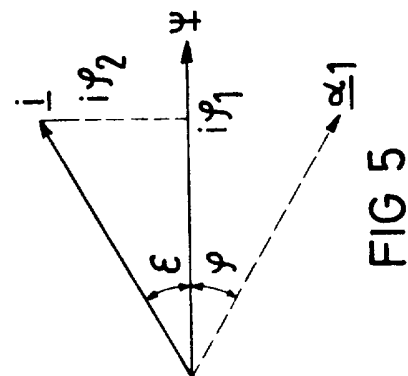


FIG 5

