



(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT



F 1 0 0 0 1 1 6 6 4 7 B

SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(10) **FI 116647 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

13.01.2006

(51) Kv.lk. - Int.kl.

H02M 5/458 (2006.01)
H02M 7/5387 (2006.01)

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

20040838

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

17.06.2004

(24) Alkupäivä - Löpdag

17.06.2004

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

18.12.2005

(73) Haltija - Innehavare

1 •Vacon Oyj, Runsorintie 7, 65380 Vaasa, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Sarén,Hannu, Teknologiapuistonkatu 2 A 4, 53850 Lappenranta, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Heinänen Oy Patenttitoimisto
Annankatu 31-33 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Vaihtosuuntaajan pulssinleveysmodulaattorin ohjaus
Styrning av växelriktarens pulsbreddmodulator

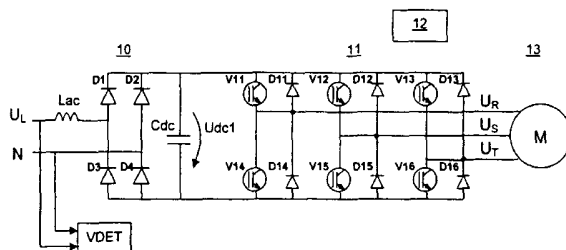
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI 111201 B, DE 4428682 A1, EP 1073192 A2, EP 1496605 A1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Jännitevälipiirillä varustetun taajuusmuuttajan, jossa taajuusmuuttajassa on yksivaiheiseen vaihtosähkölähteeseen (U_L , N) kytkettävä yksivaiheinen verkkosilta (10), tasajännitevälipiiri sekä ohjattu kuormasilta (11) taajuudeltaan ja amplitudiltaan vaihtelevan kolmivaiheisen vaihtojännitteen (U_R , U_S , U_T) syöttämiseksi kuormaan (13), vaihtosuuntaajaosan (11) pulssinleveysmodulaattorin modulointimenetelmä vaihtosuuntaajaosan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi, jossa pienikapasitanssisessa tasajännitevälipiirissä normaalissa kuormitusilanteessa välipiirin jännitteen aaltomuoto seuraa syöttöverkon jännitteen itseisarvoa, ja jossa moduloinnissa käytetään välipiirijännitteen estimaattiarvoa vaihtosuuntaajaosan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi.

Modulationsförfarande för pulsbreddsmodulatorn i växelriktardelen till en med spänningsmellanled försedd frekvensomriktare, för styrning av växelriktardelens halvledarekopplare, där frekvensomriktaren omfattar en enfasig nätbrygga (10), ansluten till en enfasig växelspanningskälla (U_L , N), ett likspänningsmellanled samt en styrd lastbrygga (11) för matning av en trefasig växelspanning (U_R , U_S , U_T) av variabel frekvens och amplitud till lasten (13), där vågformen hos spänningen i det lågkapacitiva likspänningsmellanledet vid normal belastning följer absolutvärdet hos spänningen i det matande nätet och där ett estimat för spänningen i mellanledet används vid moduleringen för att styra halvledarekopplarna i växelriktardelen.



VAIHTOSUUNTAAJAN PULSSINLEVEYSMODULAATTORIN OHJAUS

Keksinnön kohteena on jännitevälipiirillä varustetun PWM-taajuusmuuttajan vaihtosuuntaajan pulssinleveysmodulaattorin ohjausmenetelmä ja
5 taajuusmuuttaja, jossa on pulssinleveysmodulaattori.

Sähkömoottorien syöttölaitteena käytetään yleisesti PWM-taajuusmuuttajia, kun tarvitaan moottorin pyörimisnopeuden portaatonta säätöä. Kuvi-
ossa 1 on esitetty 1-vaiheverkkoon kytketty, kolmivaihekuormaa syöttävä PWM-
taajuusmuuttaja. Siinä on verkkosilta 10 syöttöverkon yksivaiheisen vaihtojän-
nitteen U_L , N, tasasuuntaamiseksi tasajännitevälipiirin tasajännitteeksi U_{DC1} se-
kä kuormasilta (invertteri) 11 tasajännitevälipiirin tasajännitteen vaihto-
suuntaamiseksi taajuudeltaan vaihtelevaksi kolmivaiheiseksi vaihtojännitteeksi
 U_R , U_S , U_T , jolla voidaan syöttää esimerkiksi kolmivaiheista moottoria 13. Kuor-
masilta 11 on kokoaaltosilta, jossa ohjausyksikkö 12 ohjaa kunkin vaiheen puo-
lijohdekytkimiä V11 - V16, joiden rinnalla on vasta-rinnankytketyt nolladiodit D11
- D16. Verkkosilta 10 voi olla ohjaamaton kokoaaltosilta, jossa on vaihe- ja nol-
lahaaroihin kytketyt ylä- ja alahaarojen diodit D1-D4. Verkkovirran yliaaltojen
rajoittamiseksi PWM-taajuusmuuttajissa käytetään tunnetusti joko kuvion mu-
kaista AC-kuristinta L_{AC} tai verkkosillan ja välipiirin kondensaattorin C_{DC} välille
15 kytkettyä DC-kuristinta.

PWM-vaihtosuuntaajalla muodostetaan moottorin syöttöjännite, jonka amplitudia ja taajuutta voidaan säätää toisistaan riippumatta. Moottorina
voi olla oikosulkumoottori tai esim. kesto- tai erillismagnetoitu tahtikone. Vaiht-
tosuuntaussillan puolijohdekytkimien V11-V16 ohjaussignaalit muodostetaan
25 tunnetusti PWM-modulaattorissa käyttäen esimerkiksi sini-kolmiovertailua tai
vektorimodulointia, kuten avaruusvektori-PWM. Avaruusvektori-PWM (Space
Vector PWM, SVPWM) on erityisesti digitaaliseen toteutukseen hyvin sopiva
jännitevälipiirillä varustetun taajuusmuuttajan vaihtosuuntaajan pulssinleveys-
modulointitapa, jossa yleensä ohjelmallisesti lasketaan kytkentäajat invertteri-
sillan kytkinasennoille. Kytkentäjakson aikana käytetyistä kytkentävektoreista
30 muodostuu keskiarvona ohjearvon mukainen lähtöjännitteen avaruusvektori.

Normaalisti vaihtosuuntaajan kytkinohjeita muodostettaessa käyte-
tään hyväksi mitattua välipiirinjännitteen arvoa U_{dc1} , jolloin moottorin syöttöjänni-
te on ohjearvon mukainen välipiirin jännitteen pienistä vaihteluista huolimatta.

35 Tasajännitepiiri voidaan toteuttaa 3-vaihesyöttöisissä taajuusmuut-
tajissa ohjaamalla taajuusmuuttajaa esimerkiksi FI-patenttijulkaisun 111201
mukaisesti, jolloin tasajännitepiirissä oleva kondensaattori ei toimi energian vä-

livarastona ja sen jännite seuraa kuormitettuna tasasuunnattua syöttöverkon jännitettä. Tällöin ei siis tarvita kondensaattoria välipiirin tasajännitteen tasaamiseksi, jolloin se voidaan mitoittaa huomattavasti tavanomaisia välipiirin kondensaattoreita pienemmäksi (tyypillisesti vain noin 1% tavanomaisen kondensaattorin arvosta).

Tämä keksintö liittyy erityisesti tällaiseen pienellä välipiirin kondensaattorilla varustetun taajuusmuuttajan vaihtosuuntaajaosan pulssinleveysmodulaattorin modulointimenetelmään (vaihtosuuntaussillan kytkentäohjeitten muodostamiseen) 1-vaihesyöttöisissä taajuusmuuttajissa. Tällaiselle laitteelle on luonteenomaista, että kuormitetun laitteen välipiirin jännitteen aaltomuoto U_{dc1} seuraa verraten tarkasti tasasuunnattua syöttöverkon vaihejännitteen hetkellisarvoa, jolloin keksinnön mukaisessa ratkaisussa muodostetaan puolijohdekytkinten PWM-kytkentäohjeet ilman välipiirijännitteen mittausta käyttäen yksinkertaista välipiirijännitteen estimointimenetelmää. Keksinnön tarkoituksena on yksinkertaistaa pulssinleveysmoduloinnin käytännön toteutusta eli laitteiston rakennetta tinkimättä olennaisesti moottorin ohjattavuudesta.

Eräässä keksinnön mukaisen modulointitavan sovellutusmuodossa välipiirin jännitteen estimaatti on vakiojännite. Toisessa sovellutusmuodossa käytetään vaihtosuuntaajan moduloinnin kompensoimiseksi mitatun verkkojännitteen vaihekulman perusteella estimoitua välipiirijännitteen arvoa.

Toisen sovellutusmuodon mukaisessa välipiirijännitteen estimointimenetelmässä tarvittava syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto voidaan muodostaa yksinkertaisesti jännitteen nollakohdan ilmaisimpiirin ja siihen sisältyvän vaihelukitun silmukan avulla, koska syöttöverkon taajuus vaihtelee hyvin vähän.

Kolmannen sovellusmuodon mukaisessa välipiirijännitteen estimointimenetelmässä tarvittava syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto voidaan muodostaa moottorivirtamittauksen perusteella.

Yksityiskohtaisesti keksinnön mukaiselle modulointimenetelmälle ja sen mukaiselle modulaattorille tunnusomaiset piirteet on esitetty oheisissa patenttivaatimuksissa.

Keksinnöllä saavutetaan seuraavat edut:

- Menetelmä ei tarvitse välipiirin jännitteen mittausta, eikä näinollen myöskään galvaanista erotusta mittausskytkennän (päävirtapiiri) ja ohjauselektroniikan välillä.
- Keksinnön mukaisella yksinkertaistetulla modulointitavalla aikaansaadaan yksivaihesyötetyn taajuusmuuttajan verkkovirran aaltomuoto lähes sinimuotoiseksi ilman erillisiä tehokertoimen

kompensointi- tai parannuspiirejä.

- Keksinnön avulla voidaan moottorille syötetyn staattorijännitteen värähtelyä pienentää.

5 Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisemmin esimerkin avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

Kuvio 1 esittää tunnettua yksivaiheverkosta syötettyä taajuusmuuttajaa,

10 Kuvio 2 esittää yksivaiheverkosta syötetyn taajuusmuuttajan mitattua välipiirijännitettä ja keksinnön mukaisia jännite-estimaatteja.

Kuviossa 1 esitetystä taajuusmuuttajassa käytetään keksinnön mukaisessa ratkaisussa pientä välijännitepiirin kondensaattoria C_{DC} . Pienen välipiirin kondensaattorin takia välipiirijännite noudattelee kuormitettuna tasa-suunnattua verkkojännitettä ja vaihtelee siten suuresti. Välipiirin jännite U_{dc1} voi 15 siis teoreettisesti saada kuormitettuna arvot 0 voltin ja syöttävän verkon vaihejännitteen huippuarvon väliltä. Kuviossa 2 on esitetty tilanteen periaatepiirros.

Keksinnön mukaisesti PWM-modulointiohjeiden laskemista varten välipiirin jännitteelle muodostetaan estimaatti. Estimaattina voidaan käyttää kuvion 2 mukaisesti joko vakiona pysyvää, kuormituksen perusteella muodostettua vakiojännitettä U_{dc1C} tai mitatun verkkojännitteen vaihekulman perusteella 20 estimoitua välipiirijännitteen arvoa U_{dc1S} .

Toisen sovellutusmuodon mukaisessa välipiirijännitteen estimointimenetelmässä ohjausyksikön tarvitsema syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto muodostetaan jännitteen nollakohdan ilmaisinyksien VDET avulla, joka piiri 25 voi sisältää vaihelukitun silmukan.

Kolmannen sovellusmuodon mukaisessa välipiirijännitteen estimointimenetelmässä hyödynnetään sitä, että moottorivirrassa näkyy voimakas 2 x syöttötaajuinen komponentti (esimerkiksi 100Hz silloin, kun syöttöverkon taajuus on 50 Hz). Ohjausyksikön tarvitsema syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto päätellään tämän virtayliaallon vaihekulmasta, joka nähdään taajuusmuuttajan virtamittauksen perusteella. 30

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön eri sovellutusmuodot eivät rajoitu yksinomaan edellä esitettyyn esimerkkiin, vaan ne voivat vaihdella järempänä esitettävien patenttivaatimusten puitteissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Jännitevälipiirillä varustetun taajuusmuuttajan, jossa taajuusmuuttajassa on yksivaiheiseen vaihtosähkölähteeseen (U_L , N) kytkettävä yksivaiheinen verkkosilta (10), tasajännitevälipiiri sekä ohjattu kuormasilta (11) taajuudeltaan ja amplitudiltaan vaihtelevan kolmivaiheisen vaihtojännitteen (U_R , U_S , U_T) syöttämiseksi kuormaan (13), kuormasillan (11) pulssinleveysmodulaattorin moduloitimenetelmä kuormasillan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi,

jossa pienikapasitanssisessa tasajännitevälipiirissä normaalissa kuormitustilanteessa välipiirin jännitteen aaltomuoto seuraa syöttöverkon jännitteen itseisarvoa,

tunnettu siitä, että moduloinnissa käytetään välipiirijännitteen estimaattiarvoa kuormasillan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,

tunnettu siitä, että estimaattina käytetään kuormituksen perusteella määritettyä vakiojännitearvoa.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,

tunnettu siitä, että estimaattina käytetään mitatun syöttöverkon jännitteen vaihekulman perusteella estimoitua välipiirijännitteen arvoa.

4. Patenttivaatimusten 3 mukainen menetelmä,

tunnettu siitä, että syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto muodostetaan syöttöverkon jännitteen nollakohdan ilmaisimpiirin avulla.

5. Patenttivaatimusten 3 mukainen menetelmä,

tunnettu siitä, että syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto muodostetaan taajuusmuuttajan virtamittauksen perusteella.

6. Jännitevälipiirillä varustettu taajuusmuuttaja, jossa taajuusmuuttajassa on yksivaiheiseen vaihtosähkölähteeseen (U_L , N) kytkettävä yksivaiheinen verkkosilta (10), tasajännitevälipiiri sekä ohjattu kuormasilta (11) taajuudeltaan ja amplitudiltaan vaihtelevan kolmivaiheisen vaihtojännitteen (U_S , U_R , U_T) syöttämiseksi kuormaan (13), jossa kuormasillassa (11) on pulssinleveysmodulaattori vaihtosuuntaajaosan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi,

jossa pienikapasitanssisessa tasajännitevälipiirissä normaalissa kuormitustilanteessa välipiirin jännitteen aaltomuoto seuraa syöttöverkon jännitteen itseisarvoa,

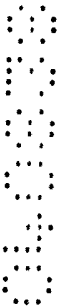
tunnettu siitä, että modulaattorissa on estimaattori, jolla muodostetaan moduloinnissa käytettävä välipiirijännitteen estimaattiarvo kuormasillan puolijohdekytkinten ohjaamiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen taajuusmuuttaja,
tunnettu siitä, että estimaattina käytetään kuormituksen perusteella määritettyä vakiojännitearvoa.

5 8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen taajuusmuuttaja,
tunnettu siitä, että estimaattina käytetään mitatun syöttöverkon jännitteen vaihekulman perusteella estimoitua välipiirijännitteen arvoa.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen taajuusmuuttaja,
tunnettu siitä, että taajuusmuuttajassa on syöttöverkon jännitteen nollakohdan ilmaisinsiiri jonka ilmaiseman tiedon perusteella syöttöverkon jännitteen vaihekulmatieto muodostetaan.
10

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen taajuusmuuttaja,
tunnettu siitä, että taajuusmuuttajan ohjausyksikkö muodostaa syöttöverkon jännitteen vaihekulmatiedon virtamittauksen perusteella.



PATENTKRAV

1. Modulationsförfarande för pulsbreddsmodulatore i lastbryggan (11) till en med spänningsmellanled försedd frekvensomriktare, för styrning av lastbryggans halvledarekopplare, där frekvensomriktaren omfattar en enfasig nätbrygga (10), ansluten till en enfasig växelspänningskälla (U_L , N), ett likspänningsmellanled samt en styrd lastbrygga (11) för matning av en trefasig växelspänning (U_R , U_S , U_T) av variabel frekvens och amplitud till lasten (13), där vågformen hos spänningen i det lågkapacitiva likspänningsmellanledet vid normal belastning följer absolutvärdet hos spänningen i det matande nätet, **kännetecknat av**, att ett estimat för spänningen i mellanledet används vid moduleringen för att styra lastbryggans halvledarekopplare.
2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat av**, att estimatet är ett på grundval av spänningen bestämt konstantspänningsvärde.
3. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat av**, att estimatet är ett på grundval av den mätta fasvinkeln hos spänningen i det matande nätet estimerat värde på spänningen i mellanledet.
4. Förfarande enligt patentkrav 3, **kännetecknat av**, att informationen om spänningens fasvinkel i det matande nätet bildas med hjälp av en krets som indikerar spänningens nolläge i det matande nätet.
5. Förfarande enligt patentkrav 3, **kännetecknat av**, att informationen om spänningens fasvinkel i det matande nätet bildas med hjälp av strömmätning i frekvensomriktaren.
6. Med ett spänningsmellanled försedd frekvensomriktare, där frekvensomriktaren omfattar en enfasig nätbrygga (10), ansluten till en enfasig växelspänningskälla (U_L , N), ett likspänningsmellanled samt en styrd lastbrygga (11) för matning av en trefasig växelspänning (U_R , U_S , U_T) av variabel frekvens och amplitud till lasten (13), där lastbryggan (11) är försedd med en pulsbreddsmodulator för styrning av växelriktardelens halvledarekopplare,

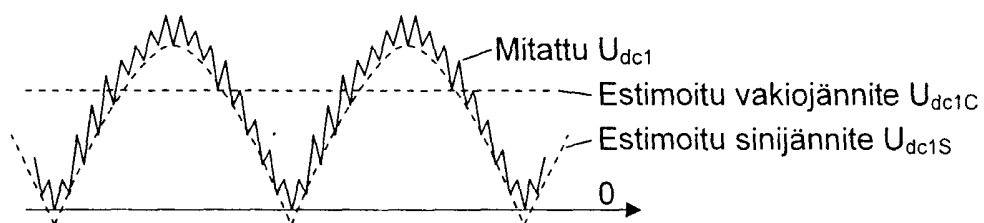
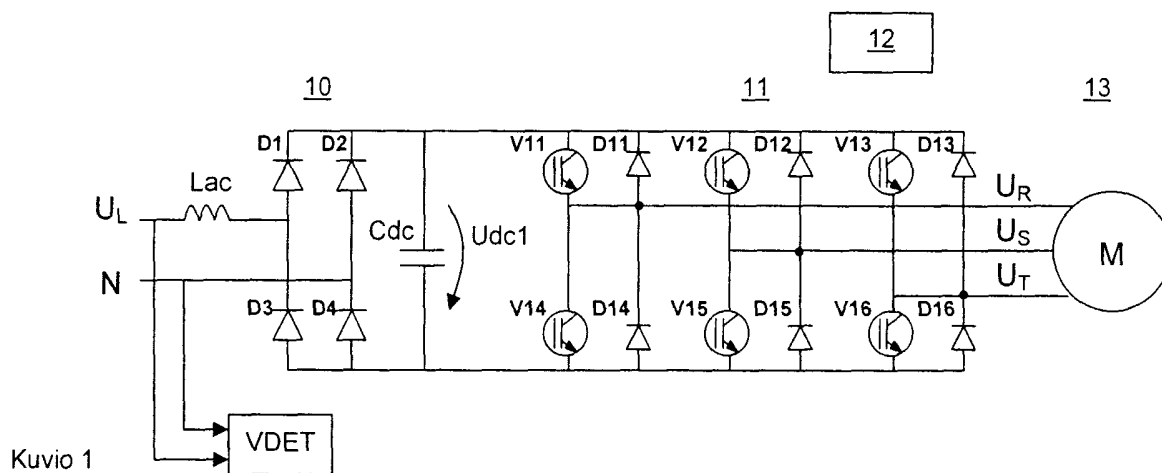
där vågformen hos spänningen i det lågkapacitiva likspänningsmellanledet vid normal belastning följer absolutvärdet hos spänningen i det matande nätet, **kännetecknad av**, att modulatern är försedd med en estimator som bildar ett estimat för spänningen i mellanledet, att användas vid moduleringen för att styra lastbryggans halvledarelkopplare.

7. Frekvensomriktare enligt patentkrav 6, **kännetecknad av**, att estimatet är ett på grundval av spänningen bestämt konstantspänningsvärde.

10 8. Frekvensomriktare enligt patentkrav 6, **kännetecknad av**, att estimatet är ett på grundval av den mätta fasvinkeln hos spänningen i det matande nätet estimerat värde på spänningen i mellanledet.

9. Frekvensomriktare enligt patentkrav 8, **kännetecknad av**, att
15 frekvensomriktaren omfattar en krets som indikerar spänningens nolläge i det matande nätet, med hjälp av vilken uppgift informationen om spänningens fasvinkel i det matande nätet bildas.

10. Frekvensomriktare enligt patentkrav 8, **kännetecknad av**, att
20 frekvensomriktarens styrenhet bildar informationen om spänningens fasvinkel i det matande nätet med hjälp av strömmätning i frekvensomriktaren.



Kuvio 2