



TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

TAAJUUSMUUTTAJAN VAIHTAMINEN PAKKAAJAROBOTTIIN

**Työn tekijä: Sampsa Hirvonen
Työn valvoja: dipl.ins. Arja Ristola
Työn ohjaaja: ins. Tapio Syvälähde**

Työ hyväksytty: __. __. 2007

**Arja Ristola
dipl.ins.**



ALKULAUSE

Tämä insinööriytyö tehtiin Oy Sinebrychoff Ab:n Keravan yksikölle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita henkilöitä työnjohtaja Tapio Syvälähdettä ja työnjohtaja Petri Laaksoa sekä asentaja Antti Hunnakkoa. Lisäksi haluan kiittää kehityspäällikkö Esa Mertasta, joka auttoi minua aiheen valinnassa. Kiitän myös työni valvojaa, pt. tuntiopettaja, dipl.ins. Arja Ristolaa Helsingin ammattikorkeakoulusta, Stadiasta.

Helsingissä 13.6.2007

Samppa Hirvonen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Sampsa Hirvonen	
Työn nimi: Taajuusmuuttajan vaihtaminen pakkaajarobottiin	
Päivämäärä: 13.6.2007	Sivumäärä: 30 s. + 1 liite
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Työn valvoja: dipl.ins. Arja Ristola	
Työn ohjaaja: ins. Tapio Syvälähde	
<p>Tässä sähkövoimatekniikan insinööriyössä on käsitelty taajuusmuuttajan vaihtamisprosessia. Työ on tehty Oy Sinebrychoff Ab:n Keravan tuotantolaitokselle täyttöosastolle 0.33 litran lasipullon pakkaajarobottiin. Työssä on aluksi todettu olevan kahdenlaisia taajuusmuuttajia: suoria ja välipiirillisiä. Tämän jälkeen on käsitelty taajuusmuuttajan rakennetta yleisesti tutustumalla taajuusmuuttajan neljään pääosaan: tasasuuntaajaan, välipiiriin, vaihtosuuntaajaan sekä ohjauspiiriin. Lisäksi on tutustuttu erilaisiin taajuusmuuttajan ohjaus- ja säätötapoihin kuten skalaariohjaus ja -säätö, vektorisäätö sekä suoravääntömomenttisäätö. Työssä on lisäksi käsitelty taajuusmuuttajien käyttökohteita, tulevaisuutta sekä niiden hyötyjä teollisuudelle.</p> <p>Työssä on käsitelty myös Vaconin taajuusmuuttaja tuotesarjoja NXS, NXP sekä NXL ja vertailtu niiden eroja ja käyttökohteita. Lisäksi on käsitelty Vaconin "All in One" -ohjelmastosovelluspakettia, joka sisältää seitsemän erilaista ohjelmastosovellusta: perussovellus, vakiosovellus, paikallis/kauko-ohjaussovellus, vakionopeussovellus, PID-säätösovellus, erikoiskäyttösovellus, pumppu- ja puhallinautomatiikkasovellus. Lisäksi on tutustuttu valitun taajuusmuuttajan lajimerkkiavaimeen eli käsitelty kirjainten ja numeroiden merkitystä taajuusmuuttajamallille.</p> <p>Taajuusmuuttajan vaihtamisosiossa käsitellään vaihtamisprosessia aloittaen vanhan SEW Eurodrive - taajuusmuuttajan irrottamisesta sekä ohjausarvojen mittaamisesta. Tämän jälkeen käsitellään uuden VACON NXS -taajuusmuuttajan asentamista sekä valitun sovellusohjelman parametrien asettamista moottorille sopivaksi. Lisäksi työssä on tutustuttu vaihdettavan taajuusmuuttajan käyttöympäristöön ja piirretty uudestaan taajuusmuuttajakäytön piirikuvat CADS-ohjelmalla, jotta piirikaavioissa liittimien numeroinnit vastaisivat uuden taajuusmuuttajan liittimien numeroita.</p> <p>Työn lopussa on käsitelty työn etuja yritykselle ja linjan toimivuudelle. Lisäksi on laskettu työn kannattavuutta yritykselle sekä laskettu aika, jolloin taajuusmuuttaja maksaa itsensä takaisin.</p>	
Avainsanat: taajuusmuuttaja, Vacon, Sinebrychoff, pullotuslinja, skalaariohjaus ja -säätö, vektorisäätö	

ABSTRACT

Name: Sampsa Hirvonen

Title: Changing the Frequency Converter of a Packaging Robot

Date: 13 June 2007

Number of pages: 30

Department: Electrical Engineering

Study Programme: Power Systems

Instructor: Arja Ristola, M.Sc. (El. Eng)

Supervisor: Tapio Syvälähde, B.Sc. (Eng)

The purpose of this study was to examine the changing of the frequency converter of a packaging robot. The work was carried out for the Oy Sinebrychoff Ab production plant in Kerava. One aim was to consider the structure of a frequency converter and the four main parts of a frequency converter: rectifier, intermediate circuit, inverter and control circuit. Another objective was to study different kinds of control and adjustment methods such as vector, scalar and direct torque control. A further aim was to describe potential applications and the future of frequency converters.

This work includes a comparison of different kinds of Vacon frequency converter models such as NXS, NXP and NXL. In addition, this study discusses the "All in One" application package, which contains seven different applications: basic application, standard application, local/remote control application, multi-step application, PID control application, multi-purpose control application as well as pump and fan control application.

Important information is provided on the changing process of the frequency converter. First the extraction of the old SEW Eurodrive frequency converter and replacing it with the new VACON NXS frequency converter is described. After that, the study explains the process of choosing the right application for the new frequency converter and adjusting the new parameters. In addition, the environment of use is described and the circuit diagrams are updated with CADs program.

Finally, this work discusses the benefits of the project. Moreover, the study includes the calculations showing the payback time of the replacement.

Keywords: frequency converter, Vacon, Sinebrychoff, bottle filling line, scalar control and adjustment, vector adjustment

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄSITTEET JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITTELY Oy Sinebrychoff Ab	1
3	TAAJUUSMUUTTAJAN RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE	1
	3.1 Taajuusmuuttajan rakenne	1
	<i>3.1.1 Taajuusmuuttajan pääosat</i>	<i>1</i>
	<i>3.1.2 Tasasuuntaaja</i>	<i>3</i>
	<i>3.1.3 Välipiiri</i>	<i>6</i>
	<i>3.1.4 Vaihtosuuntaaja</i>	<i>8</i>
	<i>3.1.5 Ohjaus- ja säätöpiiri</i>	<i>8</i>
	<i>3.1.6 Syklokonvertteri</i>	<i>9</i>
	<i>3.1.7 Matriisimuuttaja</i>	<i>9</i>
	3.2 Taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätötavat	10
	<i>3.2.1 Ohjauksen ja säädön ero</i>	<i>10</i>
	<i>3.2.2 Skalaariohjaus ja -säätö</i>	<i>10</i>
	<i>3.2.3 Vektorisäätö</i>	<i>12</i>
	<i>3.2.4 Suora vääntömomenttisäätö</i>	<i>13</i>

3.3 Taajuusmuuttajien käyttökohteet	14
3.4 Taajuusmuuttajien tulevaisuus	14
3.5 Vaconin taajuusmuuttajat	15
3.5.1 Vaconin AC-käytöt yleisesti	15
3.5.2 Vacon NXL - tuotesarja	16
3.5.3 Vacon NXS - tuotesarja	17
3.5.4 Vacon NXP - tuotesarja	18
3.5.5 Lajimerkkiavain	19
3.5.6 "All in One" - sovelluspaketti	20
4 TAAJUUSMUUTTAJAN VAIHTAMISPROJEKTI	22
4.1 Käyttöympäristön esittely	22
4.2 Projektisuunnitelman tekeminen	23
4.3 Ohjausarvojen mittaaminen SEW EURODRIVE - taajuusmuuttajasta	23
4.4 Taajuusmuuttajan vaihtaminen	25
4.5 Parametrien asettaminen Vacon NX5 taajuusmuuttajaan	26
4.5.1 Perusparametrit	26
4.5.2 Tulosignaalit	27
4.4 Piirikaaviokuvien päivittäminen	28
4.5 Työn tulokset	28
5 YHTEENVETO	29

LÄHTEET

30

LIITTEET

LIITE

PIIRIKAAVIOKUVAT

KÄSITTEET JA LYHENTEET

AC	<i>Alternative Current</i> ; vaihtovirta
CSI	<i>Current Source Inverter</i> ; virtavälipiiritaajuusmuuttaja
DC	<i>Direct Current</i> ; tasavirta
DTC	<i>Direct Torque Control</i> ; suora vääntömomenttisäätö
EMC	<i>Electromagnetic Compatibility</i> ; sähkömagneettinen yhteensopi- vuus
HF	<i>High Frequency</i> ; suurtaajuus
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> ; sähköalan kansain- välinen standardisoimisjärjestö, joka on perustettu vuonna 1906.
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i> ; tehopuolijohdetyyppi
LCI	<i>Load Commutated Inverter</i> ; kuormakommutoitu taajuusmuut- taja
PAM	<i>Pulse Amplitude Modulation</i> ; pulssinkorkeusmodulointi
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> ; pulssinleveysmodulointi
VSI	<i>Voltage Source Inverter</i> ; jännitevälipiiri taajuusmuuttaja

1 JOHDANTO

Tässä sähkövoimatekniikan alaan kuuluvassa insinööriyössä käsitellään vanhan taajuusmuuttajan korvaamista uudella. Työ tehdään Oy Sinebrychoff Ab:lle Keravalle yrityksen pyynnöstä, koska vanha SEW Eurodrive - taajuusmuuttaja aiheuttaa liikaa tuotantokatkoksia ja siihen ei ole saatavilla varaosia. Työssä käsitellään aluksi taajuusmuuttajan toimintaperiaatetta yleisesti ja tutustutaan Vaconin taajuusmuuttajiin. Tämän jälkeen käsitellään taajuusmuuttajan vaihtamisprojektia sekä parametrien asettamista. Lopuksi arvioidaan uuden taajuusmuuttajan käyttöönottoa ja pohditaan tehdyn työn etuja yritykselle.

2 YRITYSESITTELY Oy Sinebrychoff Ab

Oy Sinebrychoff Ab on osa Carlsberg Breweries A/S-konsernia, jonka toimialana virvoitusjuomateollisuus. Oy Sinebrychoff Ab on perustettu vuonna 1819 ja se on pohjoismaiden vanhin teollisesti toimiva panimo ja juomayhtiö. Yrityksessä työskentelee noin 1 200 henkilöä eri toimipisteissä Keravalla, Porissa ja Tampereella. Yrityksen liikevaihto vuonna 2004 oli 322,5 miljoonaa euroa ja liikevoitto 42,3 miljoonaa euroa. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat oluet, siiderit, long drink -juomasekoitukset, virvoitus-, energia-, hyvinvointi- ja urheilujuomat, mikserit, vedet, laatikkoviinit ja kivennäisvedet. Yrityksen tunnetuimpia merkkejä ovat mm. Koff, Karhu, Carlsberg, Coca-Cola, Battery, Bon-Aqua ja Hyvää Päivää. /1./

3 TAAJUUSMUUTTAJAN RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE

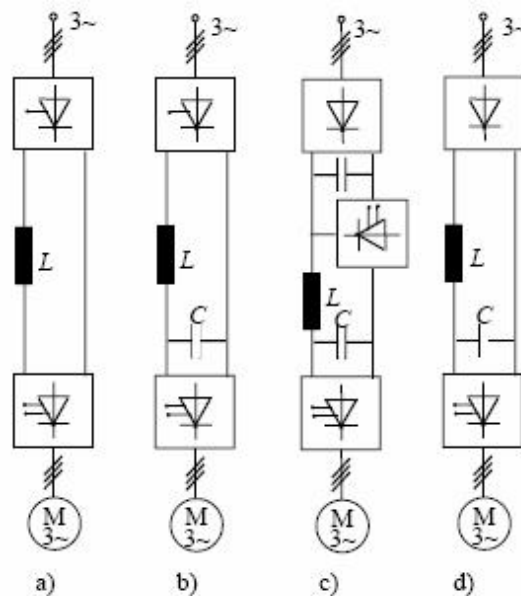
3.1 Taajuusmuuttajan rakenne

3.1.1 Taajuusmuuttajan pääosat

Taajuusmuuttajia on olemassa kahta eri päätyyppiä: suoria ja välipiirillisiä. Suorat taajuusmuuttajat voidaan puolestaan jakaa kahteen pääryhmään: syklokonverttereihin ja matriisimuuttajiin. Välipiirilliset taajuusmuuttajat voi-

daan jakaa ryhmiin: kuormakommutoidut taajuusmuuttajat, virtavälipiiritajuusmuuttajat ja jännitevälipiiritajuusmuuttajat. /2, s. 48 - 51./

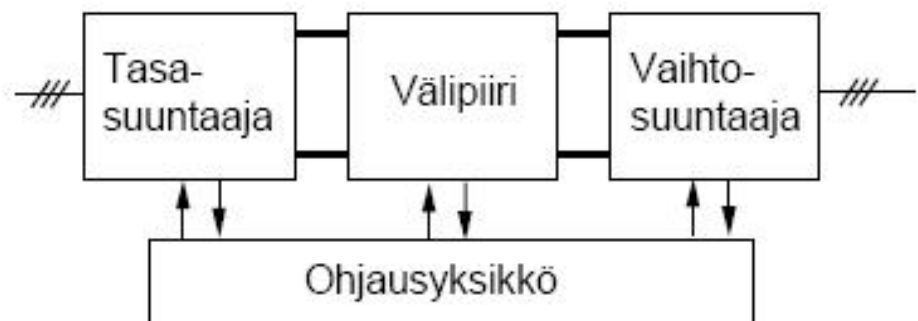
Taajuusmuuttajat on mahdollista jaotella myös alhaalla olevan kuvan mukaisesti.



Taajuusmuuttajavaihtoehdot. a) Tasavirtavälipiiri, b) Ohjattu tasajännite, c) Tasajännitteen ohjaus katkojalla, d) PWM-taajuusmuuttaja

Kuva 1. Taajuusmuuttajavaihtoehdot /3/

Välipiirillinen taajuusmuuttaja koostuu neljästä pääosasta: Tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta ja ohjauksyksiköstä.



Kuva 2. Taajuusmuuttajan lohkoakaavio /3/

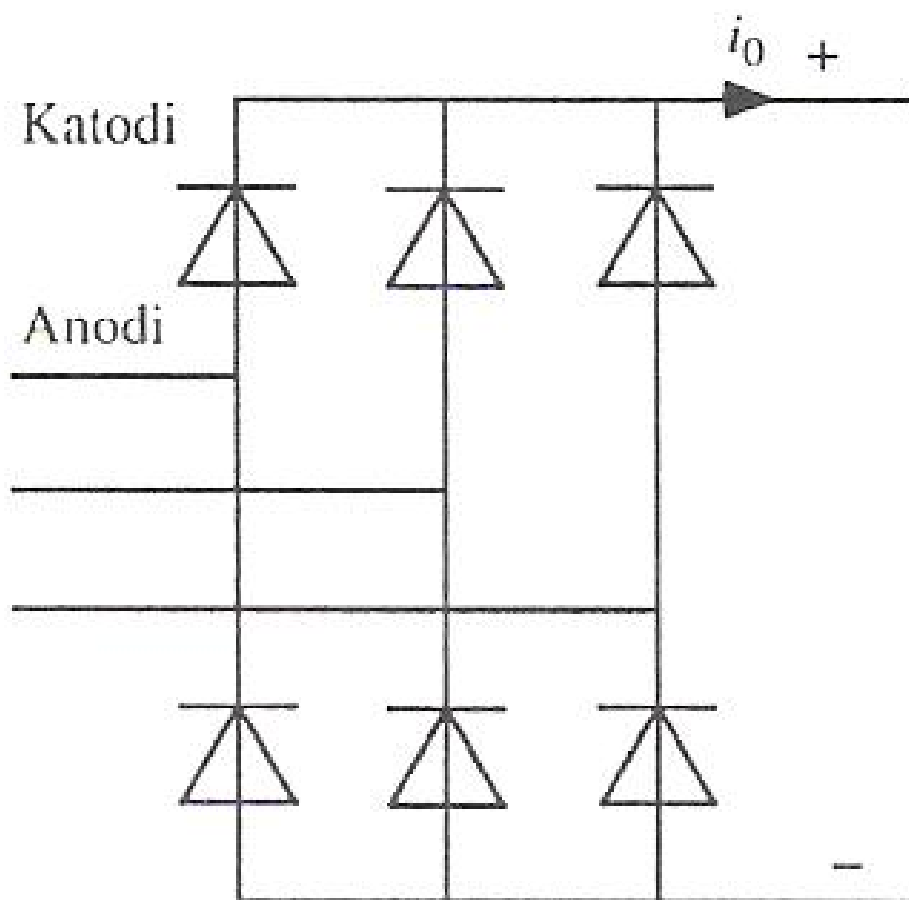
3.1.2 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaajia on kahta eri päätyyppiä: ohjattu ja ohjaamaton tasasuuntaaja. Tasasuuntaajan tehtävä on muuttaa syöttöverkon kolmivaiheinen vaihtojännite tasajännitteeksi. Tasasuuntaaja voidaan rakentaa tyristöreilla, diodeilla, tehotransistöreilla tai näiden yhdistelmällä. Diodeilla rakennettua siltaa kutsutaan ohjaamattomaksi tasasuuntaajaksi. Jos silta on rakennettu diodien ja tyristorien yhdistelmällä, tasasuuntaaja on puoli-ohjattu. Pelkillä transistöreilla tai tyristöreilla rakennettua siltaa kutsutaan täysinohjatuksi tasasuuntaajaksi. /3./

Tasajännitteen muodostuessa kolmesta pulssista yhden verkkojakson aikana, puhutaan kolmipulssitasasuuntaajasta. Kolmipulssitasasuuntaajan haittana kuitenkin on vaihevirroissa esiintyvä tasakomponentti ja nollajohtimen tarve. Tämän takia kolmipulssitasasuuntaajan käyttö on nykyään harvinaista.

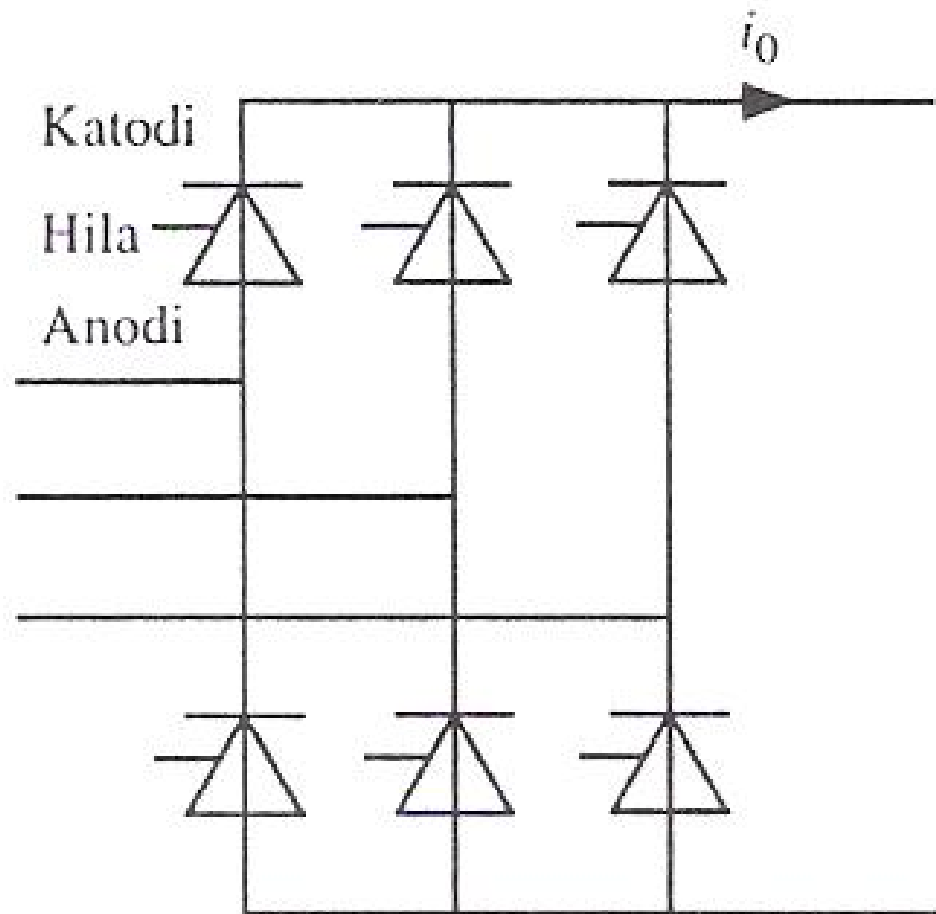
Tasajännitteen sykluvun lisääminen pienentää tasajännitteessä esiintyvää vaihtosähkökomponenttia eli sen aaltoisuus pienenee. Yleisin käytetty tasasuuntaajatyppi on kuusipulssitasasuuntaaja.

Diodeilla toteutetussa kuusipulssisessa tasasuuntaajasillassa yhden kolmiasentoisen kytkimen toteuttamiseen tarvitaan kolme diodia. Kytkimen kääntö eli virran siirto diodilta toiselle tapahtuu kolmivaiheisen syöttöjännitteen pakottamana eli puhutaan verkkokommutoinnista. Yläpuolen kolmesta diodista johtaa aina se, jonka vaihejännite on kaikkein positiivisin. Alapuolen diodeista johtaa vastaavasti se, jonka vaihejännite on negatiivisin. /2, s. 40 - 44./

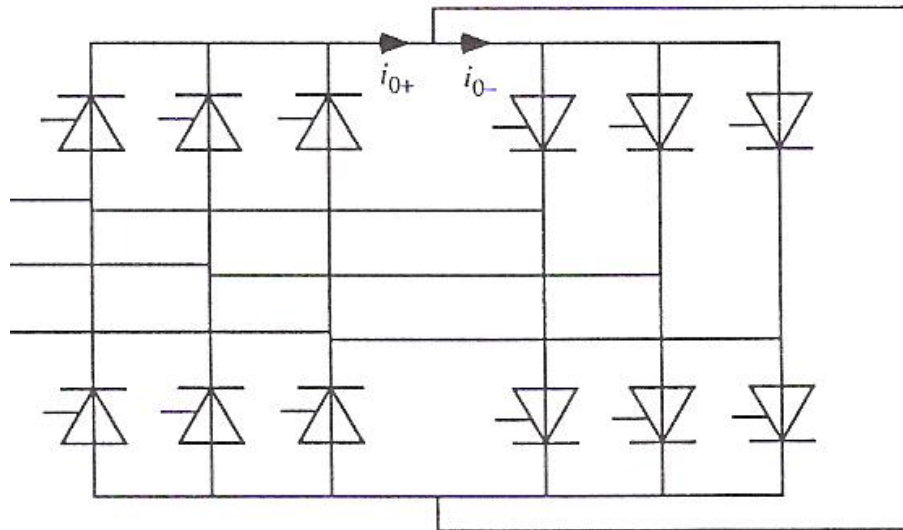


Kuva 3. Diodisillalla rakennettu kuusipulssitasasuuntaaja /2, s. 42/

Kuusipulssisessa tyristorisillassa kolmeasentoinen kytkin on korvattu kolmella puolijohdetehokytkimillä. Kytkimen kääntö tapahtuu kolmivaiheverkon jännitteiden avulla. Tyristorin ohjattavuudesta johtuen kommutoinnin alkua voidaan viivästyttää halutun ohjauskulman verran. /2, s. 40 - 44./



Kuva 4. Tyristorisillalla rakennettu kuusipulssitasasuuntaaja /2, s. 42/

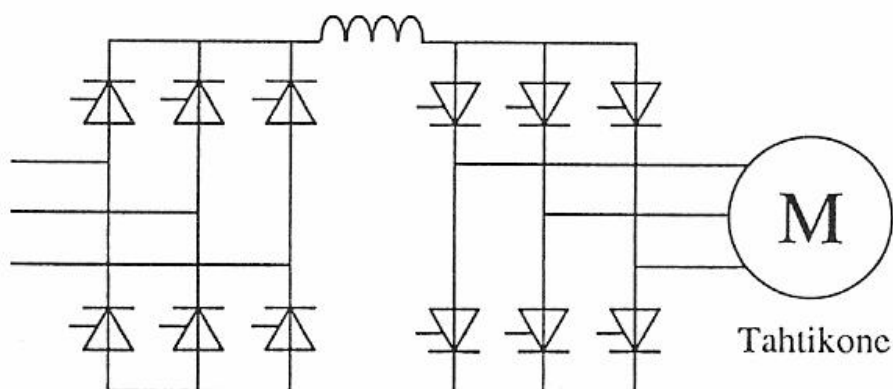


Kuva 5. Vastarinnan kytketyllä tyristorisillalla rakennettu kuusipulssisuuntaaja /2, s. 42/

3.1.3 Välipiiri

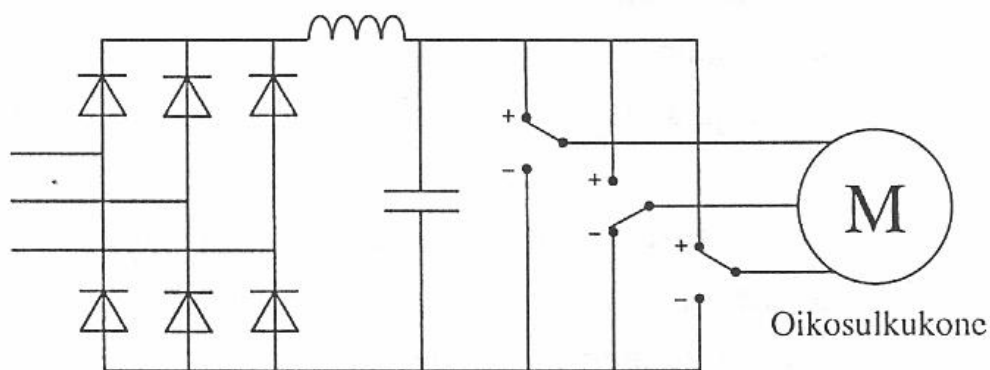
Välipiirilliset taajuusmuuttajat voidaan siis jakaa kolmeen pääryhmään niiden rakenteen perusteella.

Kuormakommutoidussa taajuusmuuttajassa on vain kaksi tyristorisiltaa, joista toinen on kytketty verkkoon ja toinen tahtikoneeseen. Tyristorisiltoja yhdistää välipiiri kuristimineen. Normaalitoiminnassa verkonpuoleinen silta toimii tasasuuntaajana ja koneenpuoleinen vaihtosuuntaajana. Koneen toimiessa generaattorina osat kuitenkin vaihtuvat välipiirin jännitteen polariteettiin muuttuessa. LCI -kytkennän ongelmana on tyristorien epäluotettava kommutointi pienillä nopeuksilla, koska tahtikoneen jännite lähestyy nollaa nopeuden pienentyessä.



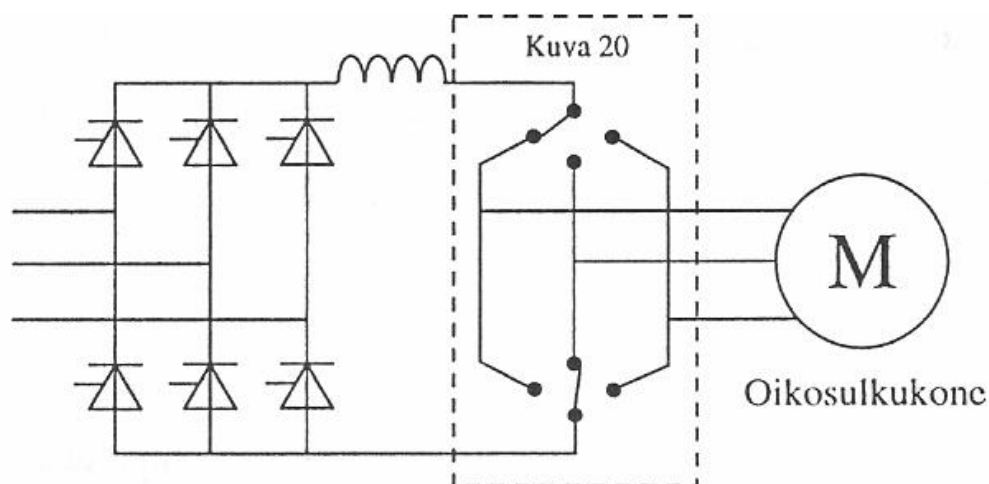
Kuva 6. Kuormakommutoitu taajuusmuuttaja /2, s. 49/

Jännitevälipiiritaajuusmuuttajissa käytetään tavallisimmin diodisiltaa tuottamaan välipiirin tasajännite. Koska diodisiltaa ei voi ohjata, säädetään moottorin jännitettä pulssinleveysmodulointia käyttäen. Pulssinleveysmoduloinnin etuna on säädön hyvä dynamiikka ja lähes sinimuotoinen vaihevirta, sillä lähtöjännitteen keskiarvoa voidaan muuttaa lähes viiveettä muuttamalla pulssien pituuksia. Diodisilta estää jarrutustehon vaihtosuuntauksen syöttöverkkoon eli konetta ei voi käyttää generaattorina.



Kuva 7. Jännitevälipiiritaajuusmuuttaja /2, s. 49/

Virtavälipiiritaajuusmuuttajassa on koneen puoleinen silta korvattu kommutointikondensaattoreilla, mistä johtuen välipiirivirtaa ei tarvitse pienimmillään nopeuksilla katkoa, joten vääntömomentti on tasaisempaa kuin kuormakommutoidussa taajuusmuuttajassa. Virtavälipiiritaajuusmuuttaja mahdollistaa koneen toiminnan sekä moottorina että generaattorina. /2, s. 48 - 50./



Kuva 8. Virtavälipiiri-taajuusmuuttaja /2, s. 49/

Pulssin amplitudimodulaatiossa pulssien kesto ja taajuus ovat vakioita. Ohjaus perustuu pulssien korkeuden muuttamiseen. /2, s. 223./

3.1.4 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajan avulla muutetaan tasajännite vaihtojännitteeksi, jonka amplitudia, taajuutta tai molempia voidaan ohjata. Jos vaihtosuuntausyksikössä ohjataan vain taajuutta, pidetään syöttävä tasajännite vakiona. Koska vaihtosähköpiirin reaktanssit ovat riippuvaisia vaihtosähkön taajuudesta, on vaihtosuuntaajan jännitettä yleensä muutettava taajuuden muutosta vastavasti. Tällöin ohjataan sekä taajuutta että jännitettä. /3./

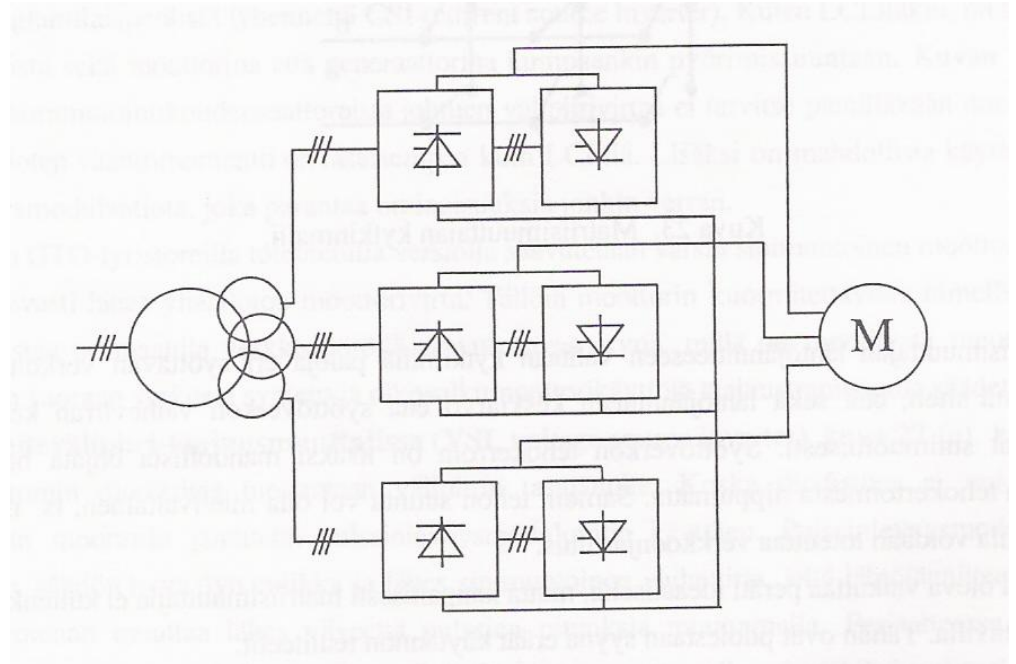
3.1.5 Ohjauspiiri

Ohjauspiirin tehtävänä on olla yhteydessä taajuusmuuttajaan kytkettyihin laitteisiin eli ohjausyksikkö ottaa vastaan viestejä ja lähettää niitä eteenpäin. Ohjauspiiri lisäksi yhdistää tasasuuntaajan, välipiirin ja vaihtosuuntaajan. Säädettävät osat riippuvat taajuusmuuttajan rakenneperiaatteesta. /3./

3.1.6 Syklokonvertteri

Syklokonvertteri on rakennettu kolmesta vastarinnankytketystä tyristorisillasta, joita kutakin syötetään omasta muuntajan kolmivaiheisesta toisiosta. On myös mahdollista rakentaa syklokonvertteri ilman muuntajaa, mutta mootto-

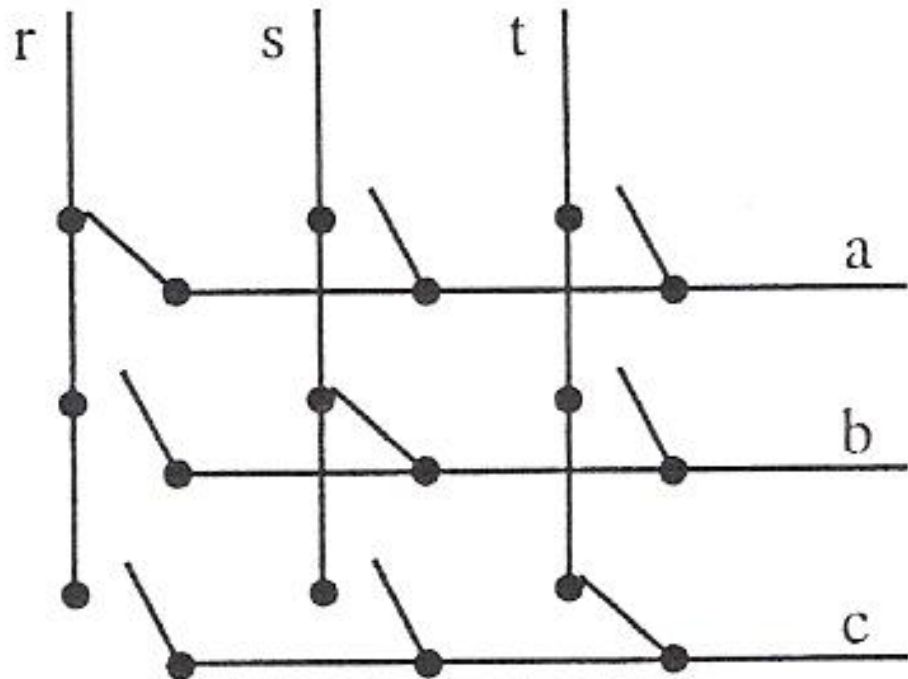
rin käämien on tällöin oikosulun estämiseksi oltava erillisiä, eli koneella sen enempää kuin syklokonvertterillakaan ei saa olla tähtipistettä. /2, s. 52./



Kuva 9. Moottoria syöttävä syklokonvertteri muuttajineen /2, s. 52/

3.1.7 Matriisimuuttaja

Matriisimuuttajan muodostavat yhdeksän kytkintä, joilla jokainen lähtövaihe voidaan kytkeä jokaiseen tulovaiheeseen. Matriisimuuttajan lähtöjännitteeseen valitaan kytkimillä paloja eri syöttävän verkon vaihejännitteistä siten, että sekä lähtöjännitteen keskiarvo että syöttöverkon vaihevirran keskiarvo muuttuvat sinimuotoisesti. Syöttöverkon tehokerroin on lisäksi mahdollista ohjata halutuksi kuorman tehokertoimesta riippumatta. /2, s. 51./



Kuva 10. Matriisimuuttajan kytkinmalli /2, s. 51/

3.2 Taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätötavat

3.2.1 Ohjauksen ja säädön ero

Ohjaus ja säätö eroavat toisistaan tavassa, jolla pyritään saavuttamaan haluttu toiminta. Ohjaus perustuu ohjearvoihin ja laitteesta muodostettuun malliin, joiden perusteella laitteen haluttu toiminta muodostetaan.

Säädössä puolestaan verrataan laitteen lähtösuureita ohjearvoihin, ja näiden erotuksen eli säätöpoikkeaman perusteella muutetaan laitteen ohjaussignaaleja säätöalgoritmin mukaisesti niin että säätöpoikkeama pienenee. /2, s. 67./

3.2.2 Skalaariohjaus ja -säätö

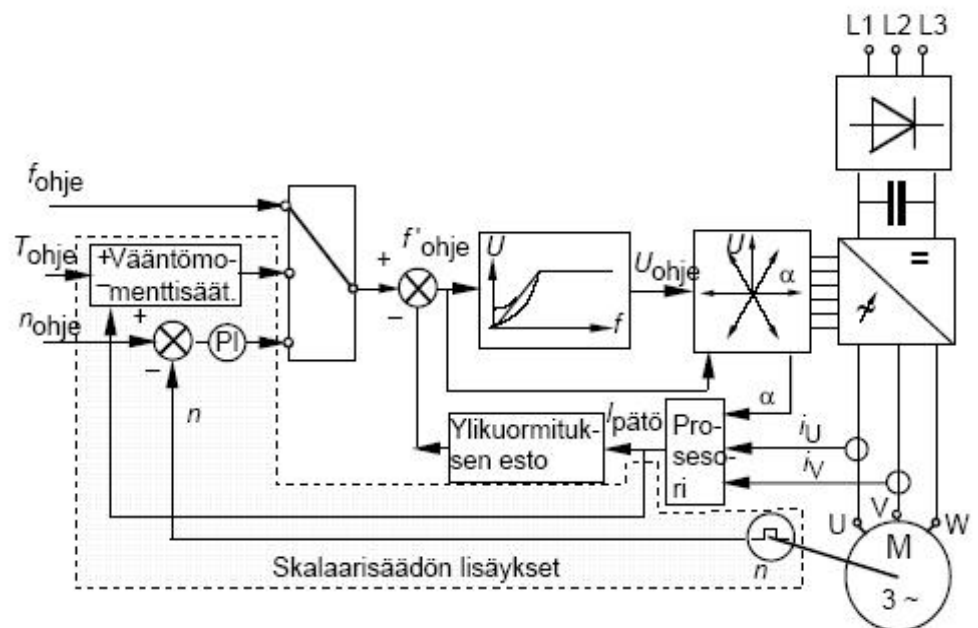
Skalaariohjauksessa mitataan moottorin vaihevirrat ja lasketaan pätövirtakomponentit. Moottorin pätövirtakomponentti on suoraan verrannollinen moottorin vääntömomenttiin.

Skalaariohjauksessa pidetään jännitteen ja taajuuden suhde vakiona, eli kun taajuutta muutetaan, on jännitettä muutettava samassa suhteessa. Kun taajuus nousee yli moottorin nimellistaajuuden, on jännite pidettävä vakiona. Tästä syystä moottorin vääntömomentti pienenee, ja tätä ilmiötä kutsutaan kentänheikennykseksi.

Skalaariohjaukselle on tyypillistä, että järjestelmässä ei ole nopeus- eikä vääntömomenttisäätöä. Tästä seuraa, että käytön nopeustarkkuuden määrää koneen jättämän suuruus.

Skalaarisäädön avulla voidaan säätää joko moottorin pyörimisnopeutta tai vääntömomenttiä tai vuorotellen molempia. Pyörimisnopeus jää jättämän verran syöttötaajuutta vastaavaa tahtinopeutta pienemmäksi. Jättämä asetuu sellaiseen arvoon, että työkonetta saa vaatimansa tehon.

Skalaarisäätöön sisältyy seuraavia lisätoimintoja: jumisuoja, vauhtikäynnistys, verkkokatkossäätö, momenttisäätö, nopeusmittaus takometrin avulla, nopeussäätö takometrin avulla, tasavirtajarrutus. /3./



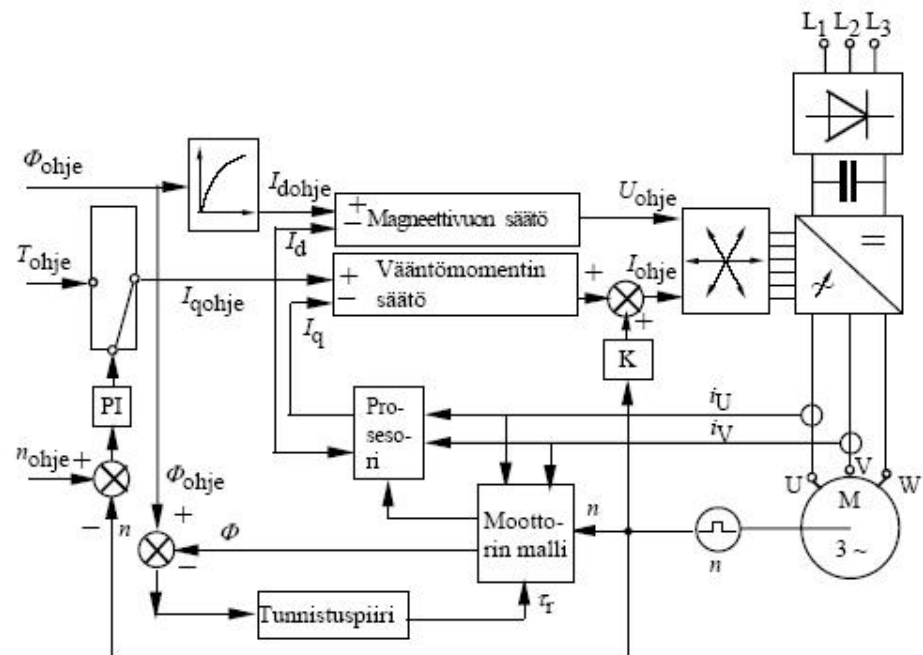
Kuva 11. Skalaariohjauksen ja -säädön lohkoakaavio /3/

3.2.3 Vektorisäätö

Oikosulkumoottorin vääntömomentti on päävuon ja roottorivirran vektoritulo. Jos halutaan säätää vääntömomenttia, on myös vektorivuon suunta otettava huomioon. Tällaista säätöä nimitetään vektorisäädöksi.

Vektorisäädön toteuttaminen edellyttää sekä moottorivirtojen että pyörimisnopeuden asentotarkkaa mittausta. Mittaussignaalit syötetään oikosulkumoottorin matemaattiseen malliin. Moottorimalli laskee moottorin magneettivuon ja jakaa virran vääntömomenttia ja magneettivuota kuvaaviin virran osiin. Kumpaakin virtakomponenttia pystytään säätämään erikseen, joten moottorin vääntömomenttia voidaan muuttaa ja vuo pitää vakiona.

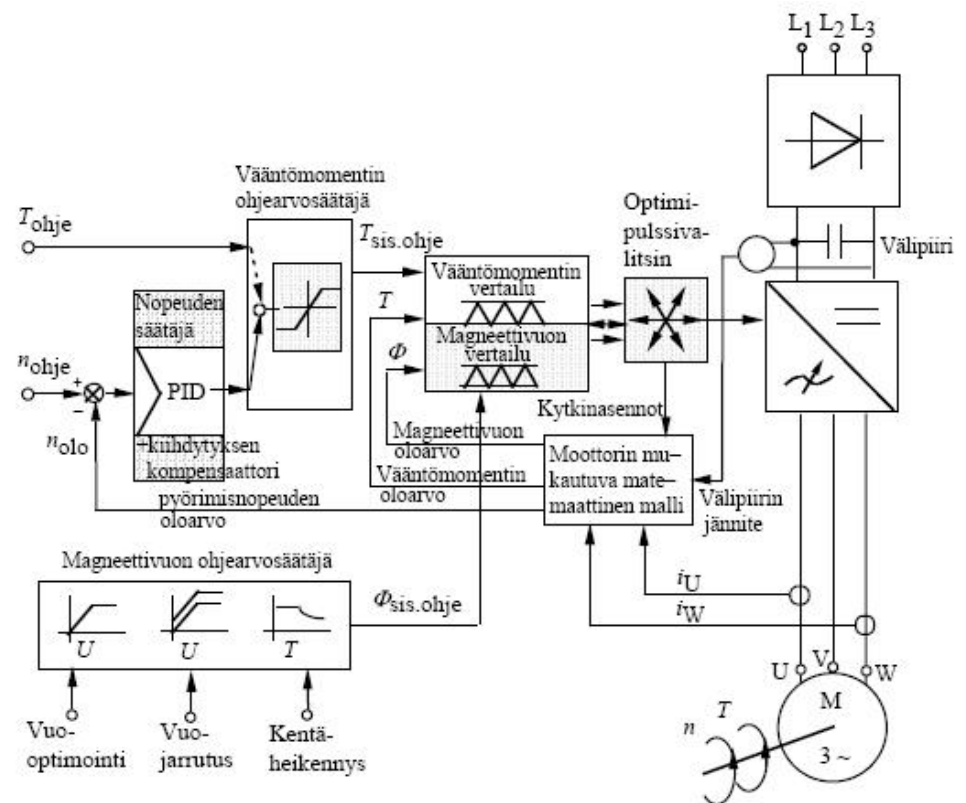
Vektorisäätö sopii sovelluksiin, joissa vaaditaan hyvää dynamiikkaa ja tarkkaa nopeudensäätöä. Vektorisäädöllä voidaan estää vuon heikentyminen silloin, kun kuorma äkillisesti kasvaa ja koko virta tarvittaisiin moottorin vääntömomenttia lisäämään. /3./



Kuva 12. Vektorisäädön lohkokaavio /3/

3.2.4 Suora vääntömomenttisäätö

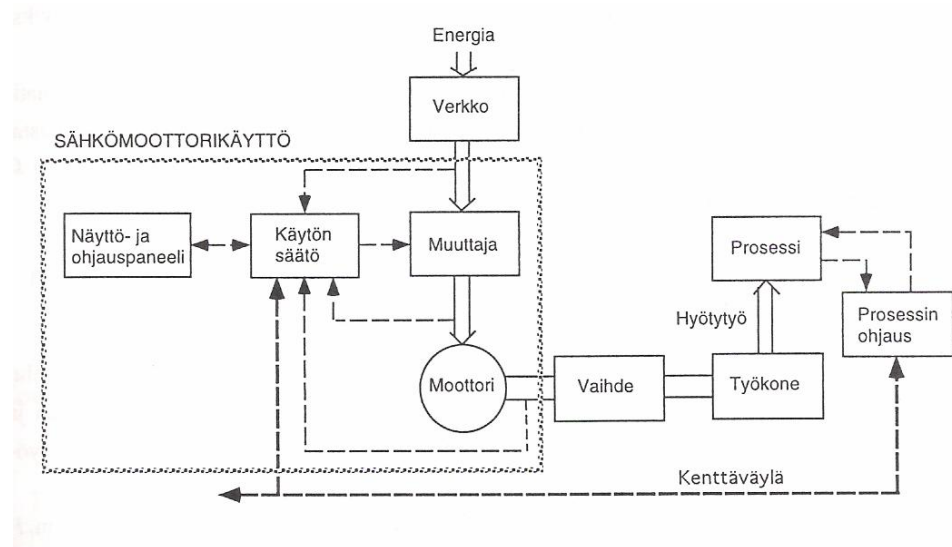
Suorassa vääntömomenttisäädössä asetetaan moottorin tehtäväksi kehittää haluttu pyörimisnopeus ja vääntömomentti mahdollisimman nopeasti, muita reunaehtoja ei aseteta. Tästä on seurauksena, että moottori vasta jatkuvuustilassa tai hyvin hitaissa muutostiloissa on saavuttanut toimintavaiheen, jossa sitä syöttävät jännite- ja virtasuureet ovat sinimuotoisia ja ilmavälissä pyörii sinimuotoisesti ilmaväliin jakautunut magneettikenttä. Moottori noudattaa perinteistä pyörivän magneettikentän teoriaa vasta jatkuvuustilassa. /4, s. 475./



Kuva 13. Suora vääntömomenttisäätö /3/

3.3 Taajuusmuuttajien käyttökohteet

Taajuusmuuttajien käyttötarkoituksena on mm. energian säästäminen ja maksimimomentin saaminen pienillä pyörimisnopeuksilla. Taajuusmuuttajien käyttökohteita ovat sähkömoottorien ohjaaminen ja nopeuden säätäminen. Taajuusmuuttajia käytetään sähkömoottorien ohjaamiseen esimerkiksi kuljettimissa, työstökoneissa, pumpuissa, puhaltimissa, nostureissa, elintarviketeollisuudessa, paperi- ja selluteollisuus, kemian teollisuus sekä raitiovaunu- ja metrolienteessä.



Kuva 14. Sähkömoottorikäyttö osana sähkönkäyttöjärjestelmää /2, s. 13/

3.4 Taajuusmuuttajien tulevaisuus

Taajuusmuuttajia voidaan tulevaisuudessa rakentaa yhä pienemmiksi ja niitä voidaan yhdistää työkoneen ja sähkömoottorin kanssa yhdeksi laitteeksi. Taajuusmuuttajille voidaan lisäksi antaa monimutkaisempia ohjaustehtäviä hoidettavaksi. /5./

3.5 Vaconin taajuusmuuttajat

3.5.1 Vaconin AC-käytöt yleisesti

Vacon tarjoaa AC-käyttöjä jännitealueille 208 - 240 V, 380 - 500 V ja 525 - 690 V sekä tehoalueelle 0,25 kW - 3 MW. /6./

Vaconin NX - sarjan taajuusmuuttajat koostuvat kahdesta mekaanisesta yksiköstä, teho-osasta ja ohjausosasta. Kolmivaiheinen tuloliitännän AC-kuristin muodostaa välipiirin kondensaattorin kanssa LC-suodattimen, joka taas yhdessä diodisillan kanssa muodostaa tasajännitteen syötöksi IGBT-vaihtosuuntaajalle. AC-kuristin suodattaa myös verkon HF-häiriöitä taajuusmuuttajaan päin, sekä taajuusmuuttajan HF-häiriöitä verkkoon päin. Tämän lisäksi se parantaa verkkovirran käyrämuotoa. Taajuusmuuttajan verkosta ottama teho on kokonaan pätehoa.

IGBT-vaihtosuuntaaja tuottaa säädettävän, symmetrisen, kolmivaiheisen PWM-moduloidun AC-jännitteen moottorille.

Moottori- ja sovellusohjauksikkö perustuu mikroprosessorilla suoritettaviin ohjelmiin. Mikroprosessori ohjaa moottoria virta-antureiden mittaustietojen, parametriasetusten, ohjausliitynnän ja ohjauspaneelin antamien tietojen perusteella. Moottori- ja sovellusohjauksikkö ohjaa puolestaan moottorinohjaus-ASIC-piiriä, joka taas laskee ohjausjaksot IGBT-kytkimille. Hilaohjausvahvistin vahvistaa nämä signaalit IGBT-vaihtosuuntaajaa varten.

Vacon NXL soveltuu parhaiten yleiskäyttöön kun taas Vacon NXS ja Vacon NXP soveltuvat paremmin teollisuuskäyttöön. Vacon NXS ja Vacon NXP tarjoavat muistilla varustetun irrotettavan käyttöpaneelin, jota Vacon NXL:ssä ei ole. NXP on saatavana myös nestejäähdytteisenä sekä siihen on liitettävissä enkooderilta saatava takaisinkytkentä, jolloin saavutetaan erittäin tarkka moottorinohjaus. Vacon NXS:ssä näitä ominaisuuksia ei ole. /6./

3.5.2 Vacon NXL - tuotesarja

Vacon NXL on pienikokoinen ja helppokäyttöinen taajuusmuuttaja tehoalueelle 0,25 - 30 kW. Vacon NXL on usein käyttövalmis ilman ohjelmointia, mutta tarvittaessa sen toimintaa voidaan hienosäätää joko laitteen näyttöpaneelin tai NCDrive- ohjelmiston avulla. Vacon NXL sisältää kolme digitaali-tuloa sekä kaksi analogiatuloa. Lähtöliityntöjä on yksi analoginen lähtö sekä yksi relelähtö. Laitteessa on tilaa yhdelle lisäkortille I/O- tai kenttäväyläliityntöjen lisäämiseksi. /6./



Kuva 15. Vacon NXL - sarjan taajuusmuuttaja /7/

3.5.3 Vacon NXS - tuotesarja

Vacon NXS on hyvin raskaaseen teollisuuteen sopiva peruslaite, joka tarjoaa hyvät moottorin säätöominaisuudet ja ongelmattoman toiminnan kaikissa olosuhteissa. Automaattinen momentinmaksimointi takaa, että kaikki kuormat voidaan käynnistää luotettavasti. Lisäksi laitteessa on automaattinen energiansäästöominaisuus, jolla moottorivuo saadaan suhteutettua optimaalisesti moottorin kuormaan ja nopeuteen. Laitteessa on kuusi digitaalituloa sekä kaksi analogiatuloa. Lisäksi laitteessa on yksi digitaalilähtö, yksi analogilähtö sekä kaksi rellälähtöä. /6./



Kuva 16. Vacon NXS - sarjan taajuusmuuttaja /7/

3.5.4 Vacon NXP - tuotesarja

Vacon NXP on tilaa säästävä AC-käyttö. Vacon NXP on luotettava ratkaisu käyttöihin, joissa vaaditaan tarkkaa momentin ja nopeuden säätöä. Vacon NXP mahdollistaa erittäin tarkan momentin ja nopeuden säädön joko takaisinkytkettynä tai ilman takaisinkytkentää. Laitteessa on kuusi digitaalituloa sekä kaksi analogiatuloa. Lisäksi laitteessa on yksi digitaalilähtö, yksi analogilähtö sekä kaksi relelähtöä. /6./



Kuva 17. Vacon NXP - sarjan taajuusmuuttaja nestejäähdytteisenä /7/

3.5.6 Lajimerkkiavain

Lajimerkkiavain kertoo taajuusmuuttajan ominaisuuksista ja teknisistä tiedoista. Työssä asennetun taajuusmuuttajan lajimerkkiavain on: NXS00165A2H1SSSA1A2000000.

Lajimerkkiavaimen kolme ensimmäistä kirjainta merkitsevät tuotesarjaa. Kyseessä on NX-sarjan taajuusmuuttajan standardimalli, jota S-kirjain tarkoittaa.

Seuraavat neljä numeroa merkitsevät nimellisvirtaa. Tässä tapauksessa nimellisvirta on 16A, jota numerot 0016 tarkoittavat.

Seuraava numero merkitsee nimellistä verkkojännitettä. Tässä mallissa oleva numero 5 tarkoittaa nimellisjännitettä 380 - 500 V. Muita vaihtoehtoja ovat numero 2, joka tarkoittaa 208 - 240 V sekä numero 6, joka tarkoittaa 525 - 690 V.

Seuraava kirjain tarkoittaa ohjauspaneelin tyyppiä. Kirjain A tarkoittaa standardia ohjauspaneelia. Muita vaihtoehtoja lajimerkkiavaimessa voisi olla kirjain B, joka tarkoittaa, että ei ole paikallista ohjauspaneelia. F-kirjain tarkoittaa peitepaneelia ja G-kirjain graafista paneelia.

Seuraava numero tarkoittaa kotelointiluokkaa. 0 tarkoittaa IP00, 2 tarkoittaa IP21/NEMA 1, 3 tarkoittaa IP21/NEMA 1 kaappiasennusta, 5 tarkoittaa IP54(NEMA 12) ja 7 tarkoittaa IP54/NEMA 12.

Seuraava kirjain kuvaa EMC-häiriöpäästötasoa. Tässä mallissa oleva H tarkoittaa, että taajuusmuuttaja täyttää standardin EN61800-3+A11, 1.ympäristö, rajoitettu käyttö, 2 ympäristö. Muita vaihtoehtoja ovat kirjain C, joka tarkoittaa, että taajuusmuuttaja täyttää standardin EN61800-3+A11, 1. ympäristö, rajoittamaton. Kirjain L tarkoittaa, että taajuusmuuttaja täyttää standardin EN61800-3+A11, 2. ympäristö, rajoitettu käyttö. T-kirjain tarkoittaa, että taajuusmuuttaja täyttää standardin EN61800-3 kelloille verkoille. Kirjain N tarkoittaa, että ei ole EMC-päästösuojauksia.

Seuraava numero tarkoittaa jarrukatkojaa. 0 tarkoittaa, että ei jarrukatkojaa, 1 tarkoittaa sisäistä jarrukatkojaa ja ulkoista jarruvastusta. Numero 2 tarkoittaa sisäistä jarrukatkojavastusta.

Seuraavat kolme kirjainta kuvaavat laitteistomuutoksia. Valitun taajuusmuuttaja mallin olivat kirjaimet SSS. Ensimmäinen S-kirjain tarkoittaa 6-pulssiliitäntää, toinen S-kirjain tarkoittaa ilmajähdytystä ja kolmas S-kirjain vakiokortteja.

Viimeiset kymmenen numeroa ja kirjainta merkitsevät lisäkortteja. Tässä mallissa ei ollut lisäkortteja, jota numerosarja A1A2000000 kuvaa. /8./

3.5.7 "All in One" - sovelluspaketti

Vacon NXS- ja NXP-laitteisiin kuuluu vakiona "All in One" - sovelluspaketti. Sovellus on tiettyä tarkoitusta varten suunniteltu parametrien ja toimintojen joukko, jonka pohjalta laite on helppo ohjelmoida kutakin tarvetta vastaavaksi.

"All in One" - sovelluspaketti sisältää seitsemän erilaista sovellusta, joista vain yksi voi olla käytössä kerrallaan. Sovellukset ovat perussovellus, vakio-sovellus, paikallis/kauko-ohjaussovellus, vakionopeussovellus, PID-säätösovellus, erikoiskäyttösovellus, pumppu- ja puhallinautomaatiikkasovellus.

Perussovellus on helppokäyttöinen ja joustava monipuolisten kenttäväyläominaisuuksiensa takia. Perussovellus on tehdasasetuksena, kun taajuusmuuttaja otetaan käyttöön ensimmäistä kertaa.

Vakiosovellusta käytetään yleensä pumppu- ja puhallinajossa sekä kuljettimissa, joihin perussovellus on liian rajoitettu, mutta joissa ei tarvita mitään erikoistoimintoja. Sovelluksessa on lisätoimintoja kuten ohjelmitava Käy/Seis- ja suunnanvaihtologiikka, ohjearvon skaalaus, yhden taajuusrajan valvonta ja automaattinen jälleenkäynnistys. Sovelluksessa on samat tulo- ja lähtöliitännät ja sama ohjauslogiikka kuin perussovelluksella.

Paikallis-/kauko-ohjaussovelluksen avulla voidaan käyttää kahta eri ohjauspaikkaa. Kummankin ohjauspaikan ohjearvo voidaan valita joko ohjauspaneelilta, riviliittimiltä tai kenttäväylältä.

Vakionopeussovellus on hyödyllinen käytöissä, joissa tarvitaan useita, valinnaisia ja kiinteitä pyörimisnopeuksia. Tässä sovelluksessa voidaan ohjelmoida yhteensä 15 + 2 eri pyörimisnopeutta: yksi perusnopeus, 15 "multi

step" nopeutta eli vapaasti ohjelmoitavia eri nopeuksia ja yksi ryömintänopeus.

PID-säätösovelluksen tyypillisiä käyttöalueita ovat tasonmittauksen, pumpujen ja puhaltimien ohjaustoiminnot. Näissä käytöissä PID-säätösovelluksella saadaan aikaan juoheva moottorin ohjaus sekä integroitu mittaus- ja ohjauspaketti, joissa ei tarvita lisäkomponentteja. PID-säätäjän ohjearvoksi voidaan valita jompikumpi analogiatulo, kenttäväylä, moottoripotentimetri, PID ohjearvo 2 tai ohjauspaneelin ohjearvo. PID-säätäjän oloarvoksi voidaan valita jompikumpi analogiatulo, kenttäväylä, moottorin oloarvot tai em. arvojen matemaattinen funktio.

Erikoiskäyttösovelluksessa on lukuisa määrä parametreja moottorien ohjaukseen. Sitä voidaan käyttää monissa erilaisissa prosesseissa, joissa tarvitaan joustavaa ja laajaa I/O-signaalivalikoimaa ja joissa PID-säätö ei ole tarpeellinen. Taajuusohjeksi sovelluksessa voidaan valita jokin analogiatulo, moottoripotentimetri, sauvaohjaus tai analogiatulojen matemaattinen funktio. Lisäksi käytettävissä on myös parametrit kenttäväyläohjaukseen.

Pumppu- ja puhallinsovellusta voidaan käyttää yhden taajuusmuuttajalla ohjatun moottorin ja 0 - 4 verkkoon kytkettävän moottorin ohjaukseen. Taajuusmuuttajan PID-säätäjä ohjaa taajuusmuuttajaan kytketyn moottorin pyörimisnopeutta ja kytkee apukäyttöjä päälle ja pois ohjaustarpeen mukaisesti. Sovellus käyttää ulkoisia kontakteita taajuusmuuttajaan kytkettyjen moottoreiden väliseen vuorotteluun. Vuorottelutoiminto mahdollistaa apukäyttöjen käynnistymisjärjestyksen muuttamisen. /8./

4 TAAJUUSMUUTTAJAN VAIHTAMISPROJEKTI

4.1 Käyttöympäristön esittely

Työ tehtiin Sinebrychoffin Keravan tehtaalle täyttöosaston 0,33 litran lasipul-
lon pakkaajarobottiin. Pakkaajarobotin tehtävään kuuluu pakata täysiä lasi-
pulloja liukuhihnalta koriin.

Tehtävä alkaa robotin laskeutuessa pystyssä olevien pullojen päälle, jotka
ovat paikallaan pakkausasemassa. Paineilmalla toimivat pullokarttumat luki-
taan, jonka jälkeen robotti nostaa pullo ilmaan ja lähtee kulkemaan eteen-
päin kohti koreja. Valokenno huomaa pakkausaseman olevan tyhjänä, jonka
seurauksena liukuhihna alkaa pyöriä ja kuljettaa pulloja pakkausasemaan.

Robotin saapuessa korien luo moottori hiljentää nopeutta ja robotti alkaa
laskeutua paikallaan olevien korien yläpuolelle. Tämän jälkeen robotti laskee
pullo korin ja pysähtyy. Seuraavaksi pullokarttumat otetaan paineilma pois,
jonka seurauksena pullo jäävät koriin. Robotti lähtee liikkumaan hitaasti
ylöspäin ja päästyään pois korien luota, kiihdyttää täyteen nopeuteensa ja
lähtee hakemaan uusia pulloja.

Robottia liikuttaa SEW-merkkinen moottori, jonka teho on 4,0 kW. Moottorilla
on liikesuunnat eteen- ja taaksepäin, jolloin se toiseen suuntaan liikkues-
saan eli robotin laskeutuessa, toimii generaattorina. Syntynyt energia kulute-
taan ulkoisessa jarruvastuksessa. Taajuusmuuttajaan käytettävät tulevat
kolmesta releestä, joista yksi sisältää käy-käskyn, toinen eteenpäin-käskyn
ja kolmas taaksepäin-käskyn. Nopeusohje tulee taajuusmuuttajan analo-
giatuloon milliampeeriviestinä, jossa 4 mA vastaa 0 Hz eli pysähdystilaa ja
20 mA vastaa 58 Hz eli täyttä nopeutta.

4.2 Projektisuunnitelman tekeminen

Projekti päätettiin aloittaa, koska SEW Eurodrive - taajuusmuuttaja aiheutti liikaa tuotantokatkoksia ja siihen ei ollut saatavilla varaosia enää. Vaihtamisprojekti oli tarkoitus toteuttaa huoltoviikon aikana, jolloin linjasto oli pois käytöstä.

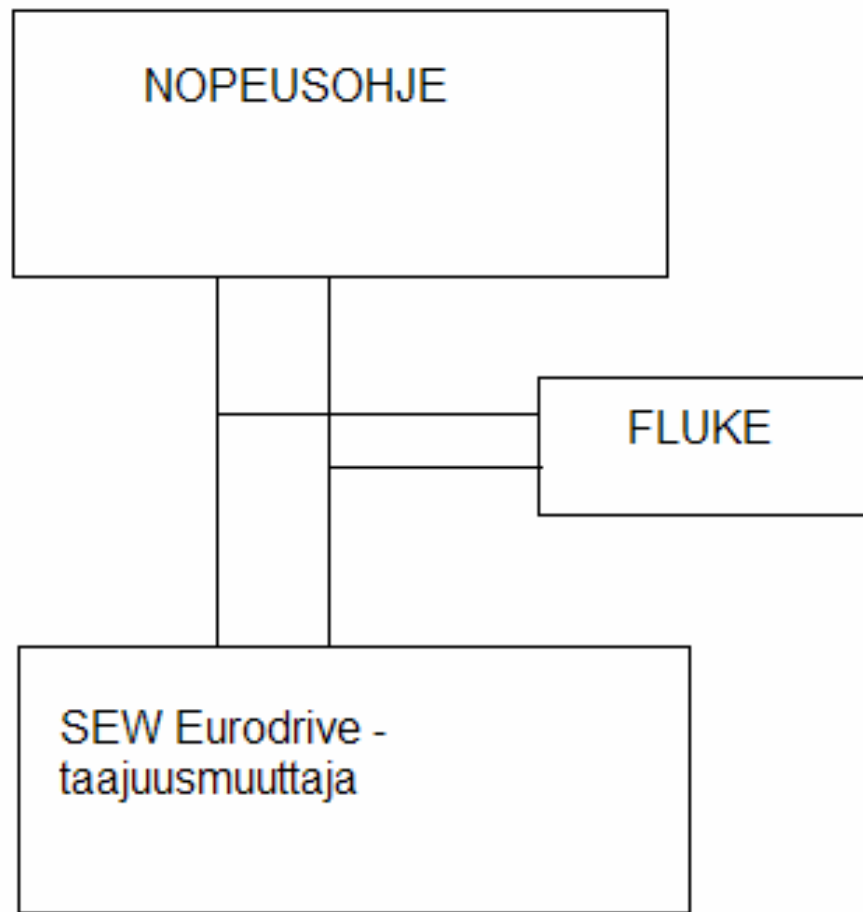
Työn ensimmäiseen vaiheeseen eli ohjausarvojen mittaamiseen oli varattu aikaa 2 tuntia ja tämä vaihe toteutettiin 3 kuukautta ennen vaihtoa. Seuraavaksi oli vuorossa vanhan taajuusmuuttajan irrottaminen huoltoviikolla, johon aikaa oli varattu 8 tuntia. Tämän jälkeen vuorossa oli uuden taajuusmuuttajan asentaminen ja parametrien asettaminen, johon aikaa oli varattu 3 työpäivää. Lopuksi oli uuden taajuusmuuttajan käyttöönotto, johon oli varattu aikaa 8 tuntia.

Vanha SEW Eurodrive - taajuusmuuttaja aiheutti keskimäärin 5 tuntia käyttökatkosta kuukaudessa. Linjan läpi kulkee noin 40 000 pulloa tunnissa ja yksi tunti linjan seisoessa maksoi 5 000 euroa.

Uudeksi taajuusmuuttajaksi valittiin Vacon NXS - sarjan taajuusmuuttaja Vaconin hyvän asiakaspalvelun takia ja koska taajuusmuuttajan ohjelmointi on helppoa yksinkertaisen valikon takia. Kyseinen NXS-malli todettiin olevan riittävä kyseiseen käyttöön eikä NXP-mallin lisäominaisuuksille ollut käyttöä. Lisäksi varaosapalvelu Vaconiin toimii ympärivuorokauden, sillä Vaconia edustava kunnossapitoyritys sijaitsee aivan tuotantolaitoksen vieressä.

4.3 Ohjausarvojen mittaaminen SEW EURODRIVE- taajuusmuuttajasta

Taajuusmuuttajan vaihtamisprojekti aloitettiin mittaamalla taajuutta vastaavien virtojen arvoja, joita tultiin tarvitsemaan uuden taajuusmuuttajan käyttöönotossa. Työ suoritettiin mittaamalla nopeusohjeesta taajuusmuuttajalle menevistä kaapeleista Fluke-mittarilla, joka näytti virtaa vastaavan taajuuden mittarin näytöllä. Virtojen mittaus suoritettiin oheisen kuvan mukaan.



Kuva 18. Ohjausarvojen mittauskytkentä

Tuloksiksi saatiin seuraavat arvot.

Taulukko 1. Ohjausvirtoja vastaavat taajuudet

I / mA	f / Hz
4	0
10	22
12	30
13	33
14	37
15	40

Arvoista saatiin skaalaamalla ohjearvon maksimiksi 58 Hz. Tätä arvoa tarvittiin käyttöönottovaiheessa parametreja asetettaessa.

4.4 Taajuusmuuttajan vaihtaminen

Taajuusmuuttajan vaihtaminen aloitettiin irrottamalla vanha taajuusmuuttaja kytkentäkaapista ja tekemällä reiät uudelle taajuusmuuttajalle. Samassa yhteydessä vaihdettiin myös jarruvastus. Kun uusi taajuusmuuttaja oli saatu paikalleen, aloitettiin kaapelien kytkeminen.

Verkkokaapelit kytkettiin liittimiin L1, L2, L3 ja moottorin lähtevät kaapelit kytkettiin liittimiin U1, V1, W1. Maadoituskaapeli kytkettiin sille varattuun liittimeen ja jarruvastukset liittimiin BR+ ja BR-. Tämän jälkeen aloitettiin ohjussignaalkaapeleiden kytkeminen liittimiin numero 1 - 26.

Releet, joista tulivat liikekäskyt, kytkettiin liittimiin numero 6, 8, 9 ja 10. Eteenpäin-käsky kytkettiin liittimeen numero 8, joka oli digitaalitulo 1 ja taaksepäin-käsky kytkettiin liittimeen numero 9, joka oli digitaalitulo 2. Käy-käsky kytkettiin liittimeen numero 10, joka oli digitaalitulo 3. Lisäksi kaikki kolme relettä oli kytkettynä liittimeen numero 6, joka oli apujänniteliitin. Nopeusohje kytkettiin liittimiin numero 4 ja 5, joka oli analogiatulo virta-alueella 4 - 20 mA. Lisäksi käyntitiedot "käy" ja "vika" kytkettiin relelähtöihin 1 ja 2. "Käy"-tieto kytkettiin liittimiin 25 ja 26. "Vika"-tieto kytkettiin liittimiin 22 ja 23.

Taulukko 2. Käytössä olevat liittimet 1 - 26

Liitin numero 4	Tulo	Analogiatulo virta-alueelle 4 mA - 20 mA
Liitin numero 5	Tulo	Analogiatulo virta-alueelle 4 mA - 20 mA
Liitin numero 6	Tulo	Apujänniteliitin
Liitin numero 8	Tulo	Eteenpäin-käsky
Liitin numero 9	Tulo	Taaksepäin-käsky
Liitin numero 10	Tulo	Käy-käsky
Liitin numero 22	Lähtö	"Vika"-tieto
Liitin numero 23	Lähtö	"Vika"-tieto
Liitin numero 25	Lähtö	"Käy"-tieto
Liitin numero 26	Lähtö	"Käy"-tieto

4.5 Arvojen asettaminen Vacon NX5 - taajuusmuuttajaan

Virtojen kytkemisen jälkeen aloitettiin automaattiasennus, jossa ensimmäisenä oli kielen valinta. Kieleksi valittiin suomi. Tämän jälkeen valittiin sovellusohjelma. Sovellusohjelma numero 2 eli vakiosovellus todettiin olevan riittävä tähän käyttötarkoitukseen, koska PID-säädölle tai erikoistoiminnoille ei ollut käyttöä. Seuraavaksi aloitettiin parametrien asettaminen ja muutettiin niitä oletuksesta tarpeen vaatiessa.

4.5.1 Perusparametrit

Perusparametreilla määritellään taajuusmuuttajaan kytketty moottori syöttämällä moottorin kilpiarvot muuttajaan.

- § Parametri P2.1.1 eli minimitaajuus asetettiin arvoon 0 Hz.
- § Parametri P2.1.2 eli maksimitaajuus asetettiin arvoon 58 Hz.
- § Parametri P2.1.3 eli kiihtyvyyensaika asetettiin arvoon 3,0 s.
- § Parametri P2.1.4 hidastuvuusaika asetettiin arvoon 3,0 s.
- § Parametri P2.1.5 virtaraja asetettiin arvoon I_L .
- § Parametri P2.1.6 moottorin nimellisjännite asetettiin arvoon 400 V.
- § Parametri P2.1.7 moottorin nimellistaajuus asetettiin arvoon 50 Hz.
- § Parametri P2.1.8 moottorin nimellinopeus asetettiin arvoon 1440 rpm.
- § Parametri P2.1.9 moottorin nimellisvirta asetettiin arvoon asetettiin arvoon I_H .
- § Parametri P2.1.10 moottorin $\cos\phi$ asetettiin arvoon 0,85.
- § Parametri P2.1.11 ohjearvopaikan valinta asetettiin arvoon A1 eli analogiatulo 1

Koodi	Parametri	Min	Maks	Yks.	Oletus	Oma	ID	Huomautuksia
P2.1.1	Minimitaajuus	0,00	Par. 2.1.2	Hz	0,00		101	
P2.1.2	Maksimitaajuus	Par. 2.1.1	320,00	Hz	50,00		102	HUOM: Jos $f_{max} >$ moottorin synkr. nopeus, tarkista moottorin ja laitteen sopivuus
P2.1.3	Kiihtyvyyss aika 1	0,1	3000,0	s	3,0		103	
P2.1.4	Hidastuvuus aika 1	0,1	3000,0	s	3,0		104	
P2.1.5	Virtaraja	$0,1 \times I_H$	$2 \times I_H$	A	I_L		107	
P2.1.6	Moottorin nimellisjännite	180	690	V	NX2: 230V NX5: 400V NX6: 690V		110	Tarkista moottorin arvokilvestä
P2.1.7	Moottorin nimellistaajuus	8,00	320,00	Hz	50,00		111	Tarkista moottorin arvokilvestä.
P2.1.8	Moottorin nimellinopeus	24	20 000	rpm	1440		112	Koskee 4-napaista moottoria ja nimelliskokoista taajuusmuuttajaa
P2.1.9	Moottorin nimellisvirta	$0,1 \times I_H$	$2 \times I_H$	A	I_H		113	Tarkista moottorin arvokilvestä.
2.1.10	Moottorin $\cos\phi$	0,30	1,00		0,85		120	Tarkista moottorin arvokilvestä.
2.1.11	Ohjearvopaikan valinta	0	3		0		117	0=A11 1=A12 2=Paneeli 3=Kenttäväylä
2.1.12	Paneeliohjauksen ohjearvo	0	3		1		121	0=A11 1=A12 2=Paneeli 3=Kenttäväylä
2.1.13	Kenttäväyläohjauksen ohjearvo	0	3		1		122	0=A11 1=A12 2=Paneeli 3=Kenttäväylä
2.1.14	Vakionopeus 1	0,00	Par. 2.1.2	Hz	10,00		105	Käyttäjän asettama
2.1.15	Vakionopeus 2	0,00	Par. 2.1.2	Hz	50,00		106	nopeus

Kuva 18. Perusparametrit /8/

4.5.2 Tulosignaalit

Tulosignaali-parametreista voidaan säätää muuttajaan kytkettyjen laitteiden ohjausta ja niiden vaikutusta käyttöön.

- § Parametri P2.2.1 Käy/Seis-logiikaksi valittiin 0 eli DIN 1 käy eteen ja DIN 2 käy taakse.
- § Parametri P2.2.2 Din 3 toiminnaksi valittiin 1 eli ei käytössä.
- § Parametri P2.2.3 virtatulon alueeksi valittiin 4 mA - 20 mA.
- § Parametri P2.2.4 ohjearvon skaalaus, minimiarvoksi valittiin 0 Hz.
- § Parametri P2.2.5 ohjearvon skaalaus, maksimiarvoksi valittiin 58 Hz.
- § Parametri P2.2.6 ohjearvon käännöksi valittiin 0 eli ei käännetty. Tilassa 0 minimiohjearvo vastaa minimitaajuutta ja maksimiohjearvo vastaa maksimitaajuutta.

§ Parametri P2.2.7 ohjearvon suodatusajaksi valittiin 0,10 s.

Koodi	Parametri	Min	Maks	Yks.	Oletus	Oma	ID	Huomautuksia	
								DIN1	DIN2
P2.2.1	Käy/Seis-logiikka	0	6		0		300	0 Käy eteen 1 Käy/Seis 2 Käy/Seis 3 Käy pulssi 4 Eteen* 5 Käy*/Seis 6 Käy*/Seis	Käy taakse Taak/Eteen Käy valmis Seis pulssi Taakse* Taak/Eteen Käy valmis
P2.2.2	DIN3 toiminta	0	8		1		301	0=EI käytössä 1=Ulk. vika, sulkeut. kont. 2=Ulk. vika, avaut. kont. 3=Käy valmis 4=Kiihtyv./Hid. ajan val. 5=Pakota op. I/O:lle 6=Pakota op. paneelille 7=Pak. op. kenttäväylään 8=Taakse	
P2.2.3	Virtatulon alue	0	1		1		302	0=0mA – 20mA 1=4mA – 20 mA	
P2.2.4	Ohjearvon skaalaus, minimiarvo	0,00	320,00	Hz	0,00		303	Asetetaan taajuus, joka vastaa ohjearvosignaalin minimiarvoa 0,00 = ei skaalausta	
P2.2.5	Ohjearvon skaalaus, maksimiarvo	0,00	320,00	Hz	0,00		304	Asetetaan taajuus, joka vastaa ohjearvosignaalin maksimiarvoa 0,00 = ei skaalausta	
P2.2.6	Ohjearvon kääntö	0	1		0		305	0=EI käännetty 1=Käännetty	
P2.2.7	Ohjearvon suodatusaika	0,00	10,00	s	0,10		306	0=EI suodatusta	
P2.2.8	A1 signaalin valinta				A.1		377	Käytä TTF-ohjelmointitapaa (kts. kpl 6.4)	
P2.2.9	A12 signaalin valinta				A.2		388	Käytä TTF-ohjelmointitapaa (kts. kpl 6.4)	

Kuva 19. Tulosignaalit /8/

4.6 Piirikaaviokuvien päivittäminen

Piirikaaviokuvat piirrettiin uudestaan CADS-ohjelmalla. Tarkoituksena oli numeroida kuvien taajuusmuuttajan liittimien numerot vastaamaan uuden taajuusmuuttajan liittimien numerointia. Kuvat ovat nähtävissä liitteessä 1.

4.7 Työn tulokset

Uuden taajuusmuuttajan ollessa käytössä ei ensimmäisen seitsemän kuukauden aikana linjalle ole ollut yhtään taajuusmuuttajasta johtuvaa käyttökatkosta., joten säästöä kuukaudessa tulee 25 000 euroa ja vuodessa 300 000 euroa. Vacon NXS taajuusmuuttaja maksoi 1 000 euroa, joten taajuusmuuttaja maksoi itsensä takaisin viikossa.

5 YHTEENVETO

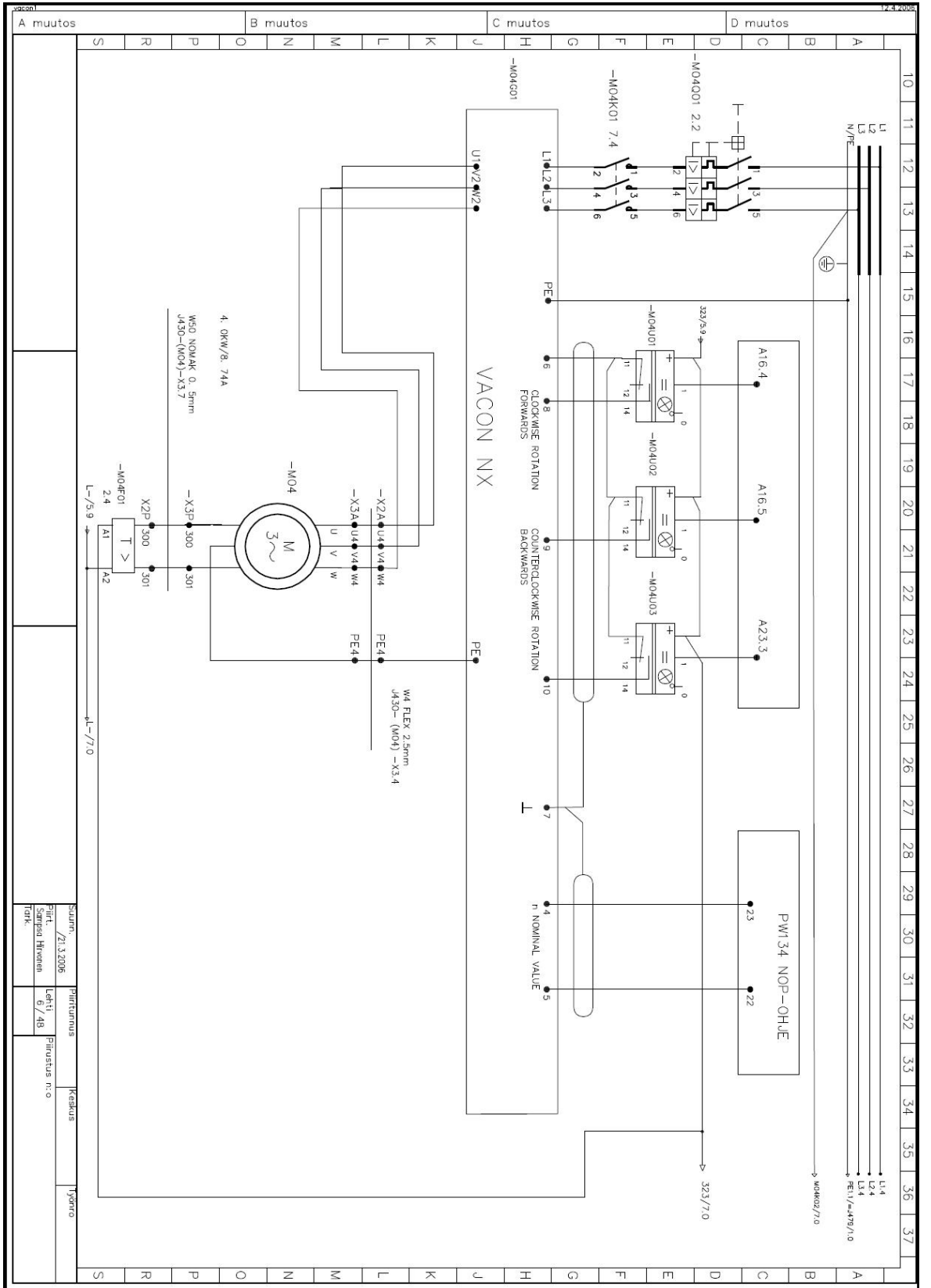
Tässä insinööriyössä on käsitelty taajuusmuuttajan vaihtamisprosessia. Työssä käsiteltiin taajuusmuuttajan rakennetta yleisesti sekä erilaisia taajuusmuuttajan ohjaus- ja säätötapoja. Lisäksi työssä tutustuttiin vaihdettavan taajuusmuuttajan käyttöympäristöön sekä taajuusmuuttajakäytön piirikuviin.

Taajuusmuuttajan vaihtaminen - osiossa käsiteltiin vaihtamisprosessia aina vanhan taajuusmuuttajan irrottamisesta uuden asentamiseen sekä parametrien asettamista.

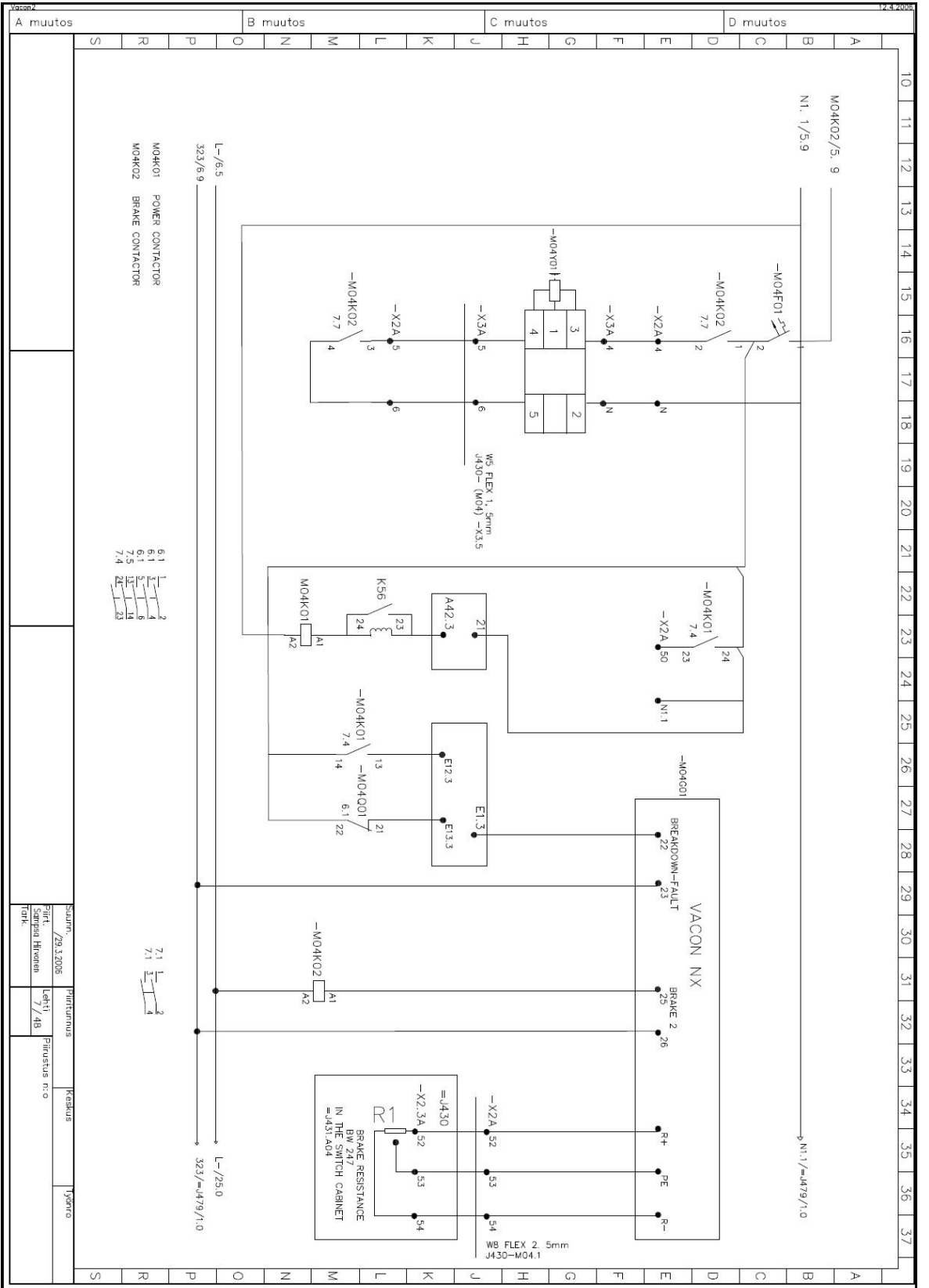
Tehdyn työn todettiin parantavan tuotantolinjan toimivuutta ja lisäävän kannattavuutta säästämällä energiaa. Lisäksi työn ansiosta poistuneet taajuusmuuttajan käyttökatkokset lisäsivät linjan tuottavuutta.

LÄHTEET

- [1] Oy Sinebrychoff Ab [verkkodokumentti, viitattu 10.9.2005] saatavissa:
http://www.koff.fi/stc/attachments/Sinebrychoff_su_2005.pdf
- [2] Niiranen, Jouko, *Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus*, Helsinki: OTA-TIETO 1999
- [3] ABB Oy [verkkodokumentti, viitattu 3.4.2006] saatavissa:
[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/\\$file/180_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/$file/180_0007.pdf)
- [4] Aura, Lauri; Tonteri, Antti J, *Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet*, Porvoo: WSOY 1996
- [5] ABB Oy [verkkodokumentti, viitattu 10.4.2007] saatavissa:
[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/cbcc6aaeb0cf7bdec1256eb70037b2f4/\\$file/ABBasiakas2=2004.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/cbcc6aaeb0cf7bdec1256eb70037b2f4/$file/ABBasiakas2=2004.pdf)
- [6] Vacon Oyj [verkkodokumentti, viitattu 20.1.2007] saatavissa:
<http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463421&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=UD00712R>
- [7] Vacon Oyj [verkkodokumentti, viitattu 22.1.2007] saatavissa:
<http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463268&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=BC00057B>
- [8] Vacon Oyj [verkkodokumentti, viitattu 22.1.2007] saatavissa:
<http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463446&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=UD944D>



A muutos		B muutos		C muutos		D muutos	
S	R	P	O	N	M	L	K
S	R	P	O	N	M	L	K
suunn. / 21.3.2006 Piirtäjä / Sampo Hiltunen tark. / 6/48				purkutus Lait / Puhutus n:o		keskus Lait / Puhutus n:o	
S				S			



A muutos		B muutos		C muutos		D muutos	
10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37				
S	R	P	O	N	M	L	K
J	H	G	F	E	D	C	B
A							

Summa	793,32005	Perustamis		Keskus		Yksikkö	
Siht.	7/7	Lähtö	7/4/8	Pinotus n:o			
Saajaksi	Hirvonen						
Terä.							

6,1	1
6,1	3
6,1	4
7,5	5
7,4	13
7,4	23

7,1	1
7,1	3
7,1	4

L-/25,0	
323/-M79/1,0	

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1

WB FLEX 1, 5mm	J430-M04
WB FLEX 2, 5mm	J430-M04.1