VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Marko Sillanpää

SÄHKÖMOOTTOREIDEN KOESTUSPAIKAN MODERNISOINTI

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Tämä päättötyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan linjalle vuoden 2010 kevätlukukauden aikana. päättötyö on tehty Vaasan ABB Motorssin koestuskentän aiheesta ja työ on tehty pääosin koestuskentän tiloissa.

Päättötyön valvojina ovat toimineet Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan lisensiaatti, yliopettaja Kari Jokinen ja Vaasan ABB Motorssin koestuskentän käyttöinsinööri, insinööri Markku Ilomäki. Esitän heille suuret kiitokset työhöni saamasta tuesta.

Haluan myös esittää kiitokseni koestuskentän päällikölle, insinööri Tommi Pantille ja koestuskentän koestuspäällikölle, insinööri Jari-Pekka Avantolalle, joilta olen saanut neuvoja ja ohjausta päättötyön edetessä. Suuri kiitos kuuluu myös Atom Engineering yhtiön johtajalle, insinööri Juhana Pukkiselle, jonka avustuksella on käyty läpi nykyisen järjestelmän ohjauspöydän kaapeloinnit.

Kiitän filosofian maisteri lehtori Maarit Jänttiä työn ulkoasun ohjaamisesta ja tarkastamisesta sekä filosofian maisteri lehtori Sanna-Liisa Koskea englanninkielisen tiivistelmän tarkastuksesta.

Vaasa 5.5.2010

Marko Sillanpää

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Marko Sillanpää
Opinnäytetyön nimi	Sähkömoottoreiden koestuspaikan modernisointi
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	74 + 11 liitettä
Ohjaaja	Kari Jokinen

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia modernisointisuunnitelma ABB Motorsin koekentän koestuspaikalle TP 1. Modernisoinnin tarkoituksena on uusia järjestelmän vanhat tahtikoneet uusilla oikosulkumoottoreilla ja kasvattaa kyseisen koestuspaikan kapasiteettia koestettavien moottoreiden osalta. Suunnittelun lähtökohdaksi on otettu kapasiteetin kasvu 60 Hz:n alueella. Ylärajaksi mitoitukselle on otettu 300 kW:n teho napapariluvun 1 ja 2 moottoreilla.

Modernisointia on lähdetty suunnittelemaan ACS800 Multidrive-järjestelmään pohjautuen. Osallistumalla ABB Drivesin kurssille on saatu hyvä perehdytys kyseiseen järjestelmään. Suunnittelu on lähtenyt liikkeelle nykyiseen järjestelmään perehtymällä. Perehtymisen pohjalta on voitu päättää mitä osia nykyisestä järjestelmästä joudutaan uusimaan. Suunnittelu on aloitettu mitoittamalla tahtigeneraattorille vetomoottori ja koestettavalle moottorille jarrugeneraattori. Moottoreiden mitoituksen jälkeen on voitu mitoittaa ACS800 Multidrive-järjestelmän moottoreita ohjaavat invertterit. Koko järjestelmän komponenttien osalta on laskettu tehohäviöt, joiden perusteella voidaan mitoittaa järjestelmää syöttävä syöttöyksikkö.

Modernisoinnin tuloksena saadaan kyseisen koestuspaikan koestettavien moottoreiden tehon kapasiteettia kasvatettua 60 Hz:n alueella vastaamaan 50 Hz:n alueen kapasiteettia.

Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena on ollut piirtää piirikaaviot nykyisestä järjestelmästä ohjauspöydässä käytettävien osien osalta. Uusien kuvien avulla pystytään vikatilanteissa viat paikantamaan paremmin ja kohdistamaan huolto oikeisiin osiin.

Asiasanat DTC, oikosulkumoottori, ACS800, Multidrive

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Marko Sillanpää
Title	Modernization of Test Place for Electric Motors
Year	2010
Language	Finnish
Pages	74 + 11 Appendices
Name of Supervisor	Kari Jokinen

The aim of the thesis was to make a modernization plan for ABB Motors's test field part called TP 1. The purpose of the modernization was to renew old synchronous machines of the system with a new squirrel cage motors and also to boost TP 1's capacity for tested motors. The basis for the planning was to boost the capacity of the tested motors in 60 Hz frequency. The upper limit for dimensioning was 300 kW power with a pole number 1 and 2 motors.

The modernization was planned based on the ACS800 Multidrive system. To get familiar with the system I took a part on ABB Drive's course on ACS800 Multidrive system. The planning was started by getting familiar with the present system and after that it was possible to choose which parts will be renewed in the modernization. The dimensioning was started by planning a power motor for the synchronised generator and load motor for the tested motors. After the dimensioning of the motors it was possible to design the inverters for the ACS800 Multidrive systems which will drive the power motor and load motor. Power losses for the whole system were calculated and based on the calculations a supply unit which will feed the system was designed.

By modernization of the present system it is possible to raise the power capacity of tested motors in the 60 Hz frequency area to meet the power capacity of 50 Hz frequency.

New circuit diagrams were also drawn for the present system. In the break down the new circuit diagrams will help to locate the fault and make repair.

Keywords DTC, Squirrel Cage Motor, ACS800, Multidrive

SISÄLLYS

ALKUSANAT 2
TIIVISTELMÄ 3
ABSTRACT 4
TAULUKKO JA KUVALUETTELO 8
LIITELUETTELO 10
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET 12
1 JOHDANTO 14
2 ABB MOTORS JA KOESTUSKENTTÄ SEN OSANA 15
2.1 Yleistä 15
2.2 Divisioonat 15
2.3 ABB Motors 16
3 MOOTTOREIDEN KOESTUSKENTTÄ 18
3.1 Yleistä 18
3.2 Koestuskentän organisaatio 19
3.3 Koestuskentän toiminta 20
3.4 Koestuspaikalla suoritettavia koestuksia 21
3.4.1 Silmämääräistarkastus 21
3.4.2 Jännitteenkestokoestus 21
3.4.3 Eristysvastusmittaus 22
3.4.4 Vastusten mittaus suunnittelulämpötilassa 22
3.4.5 Liittimien merkitseminen ja pyörimissuunnan tarkastus 22
3.4.6 Tyhjäkäyntikoestus 22
3.4.7 Oikosulkukoestus 23
3.4.8 Lämpenemäkoestus 23
3.4.9 Hyötysuhteen määrittely 24
3.4.10 Ylikuormituskoestus 24
3.4.11 Ylinopeuskoestus 24
3.4.12 Ylijännitekoestus 24
3.4.13 Käynnistysvirta ja -momentti 25
3.4.14 Momenttikäyrä 25
3.4.15 Tärinätasokoestus 25

3.4.16 Tärinäspektrikoestus 25
3.4.17 Äänitasokoestus 25
3.4.18 Äänispektrikoestus 26
3.4.19 Moottorin koestus taajuusmuuttajalla 26
3.4.20 Osakuormakoestus 26
3.4.21 Akselijännite 26
3.4.22 IEEE-hyötysuhde 26
3.5 Koestuspaikka TP 1 27
4 MODERNISOINTI 29
4.1 Yleistä 29
4.2 Vaatimukset 29
4.3 Yleisratkaisu 30
4.4 ACS800 Multidrive-järjestelmä 31
4.4.1 Yleistä 31
4.4.2 Tekniset tiedot 33
4.4.3 Järjestelmän ohjausyksikkö 35
4.4.4 Ohjauspaneeli 36
4.4.5 Ohjausyksiköt 37
4.5 Suora momenttisäätö 38
4.5.1 Yleistä 38
4.5.2 Roottori- ja staattorivuot 38
4.5.3 Kytkentäkombinaatiot 39
4.5.4 Staattorivuon hystereesisäätö 42
4.5.5 Momenttisäätöpiiri 44
4.5.6 Nopeussäätöpiiri 46
4.5.7 DTC-tekniikan edut ja haitat 47
5 MITOITUS 48
5.1 Yleistä 48
5.2 Vetomoottori 48
5.3 Jarrugeneraattori 52
5.4 Multidrive-järjestelmän mitoitus 57
5.4.1 Ohjausyksiköt 57

5.4.2 Syöttöyksikkö 60
5.4.3 Kaapisto 63
5.4.4 Kaapelointi ja suojaus 65
5.4.5 Ohjauspöytä 67
5.4.6 Layoutkuvat 69
5.4.7 Yhteenveto mitoituksesta 70
6 YHTEENVETO 71
LÄHDELUETTELO 73
LIITTEET

TAULUKKO JA KUVALUETTELO

Taulukko 1. Vaasan ABB Motorsin tuotevalikoima.

Taulukko 2. Koestuskentällä suoritettavia koestuksia.

Taulukko 3. Koestuspaikkojen alueisiin jako runkokokojen ja tehon mukaan.

Taulukko 4. Resistanssin mittaus ajallisesti tehon mukaan.

Taulukko 5. Jännitevektorin valinta käämivuon sijainnin ja halutun käämivuomuutoksen perusteella.

Kuva 1. TP 1 yleiskuva 50 Hz:n käytössä.

Kuva 2. TP 1 Yleiskuva 60 Hz:n käytössä.

Kuva 3. Yleiskuva Multidrive-järjestelmällä toteutetusta koestuspaikasta.

Kuva 4. ACS800 Multidrive-järjestelmä.

Kuva 5. ACS800 Multidrive-järjestelmän kaapiston yksi osa.

Kuva 6. RDCU-yksikkö.

Kuva 7. Ohjauspaneeli.

Kuva 8. Roottori- ja staattorivuovektorit.

Kuva 9. Kytkentäkombinaatiot ja -sektorit.

Kuva 10. Staattorivuovektorin säätö.

Kuva 11. DTC-säädön lohkokaavio.

Kuva 12. Momentin hystereesisäätö.

Kuva 13. Momenttisäätöpiirin lohkokaavio.

Kuva 14. Nopeussäätöpiirin lohkokaavio.

Kuva 15. ACS600-taajuusmuuttajakäytön kuormitettavuuskäyrä.

Kuva 16. ACS600-taajuusmuuttajakäytön kuormitettavuuskäyrä 50 Hz.

Kuva 17. Jarrugeneraattorin kuormitettavuus eri pyörimisnopeuksilla.

Kuva 18. Moottoria ohjaavat invertterit.

Kuva 19. R8i invertterimoduulin yleiskuva.

Kuva 20. ISU-syöttöyksikön periaatekuva.

Kuva 21. LCL-filtterin yleiskuva.

Kuva 22. R8i ISU-syöttöyksikön yleiskuva.

Kuva 23. ACS800 Multidrive-kaapisto.

Kuva 24. MCMK-kaapeli.

Kuva 25. Armeerattu kierretty parikaapeli.

LIITELUETTELO

Liite 1. TP 1 järjestelmän yleiskuva

Liite 2. TP 1 kuormituskäyrä

Liite 3. Uuden järjestelmän yleiskuva

Liite 4. M3BP 355 LKA 4 tekniset tiedot

Liite 5. M3BP 355 SMC 4 tekniset tiedot

Liite 6. Invertterien tekniset tiedot

Liite 7. Tasasähkösulakkeiden tekniset tiedot

Liite 8/1. R8i invertterimoduulin yleinen piirikaavio

Liite 8/2. R8i invertterimoduulin latauspiirikaavio

Liite 8/3. 2*R8i invertterimoduulin latauspiirikaavio

Liite 8/4. R8i invertterimoduulin I/O ja ohjauspiirikaavio

Liite 8/5. 2*R8i invertterimoduulin I/O ja ohjauspiirikaavio

Liite 9. IGBT-syöttöyksiköiden tekniset tiedot

Liite 10/1. TP 1 ohjauspöydän yleiskuva ja aluejako

Liite 10/2. TP 1 ohjauspöydän alue 1 yleiskuva

Liite 10/3. TP 1 ohjauspöydän alue 2 yleiskuva

Liite 10/4. TP 1 ohjauspöydän alue 3 yleiskuva

Liite 10/5. TP 1 ohjauspöydän alue 4 yleiskuva

Liite 10/6. TP 1 ohjauspöydän alue 1 piirikaavio

Liite 10/7. TP 1 ohjauspöydän piirikaavio

Liite 11. Koestamon layoutkuvat

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

TP x = koestuskentän moottorin koestuspaikka numero x

ABB = Asea Brown Boweri

MV = Medium voltage, keskijännite

HV = High voltage, suurjännite

LV = Low voltage, pienjännite

Ex-moottori = räjähdysvaarallisen tilan moottori

IEC = International Electrotechnical Comission

DC = Direct current, tasasähkö

D-pää = Drive end, ajopuoli

N-pää = Non drive end, ei ajopuoli

rpm = Revolutions per minute, pyörimisnopeus

IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor

DTC = Direct torque control, suora momenttisäätö

DC-Bus-linkki = tasasähkökisko

ACU = Auxliary control unit, apuohjaus yksikkö

ICU = Incomin unit, tulopuoli

DSU = diodipohjainen syöttöyksikkö

TSU = tyristoripohjainen syöttöyksikkö

ISU = IGBT-pohjainen syöttöyksikkö

RDCU = Drive control unit, ohjausyksikkö

ID = identifiointi

PID-säädin = Proportional-integral-derivative-säädin, suhde-integraali-derivaatta säädin

PWM = Pulse-width modulation, pulssinleveysmodulaatio

PT100-anturi = elementtivastusanturi

EMC = Electromagnetic comparability, sähköinen yhteensopivuus

1 JOHDANTO

Vaasan ABB Motorsin koestuskentän moottoreiden koestuspaikat ovat osittain vanhanaikaisia ja näin olleen ne rajoittavat koestuspaikoilla tehtäviä koestuksia. Suurimmat ongelmat ovat koestuspaikoilla suoritettavat koestukset, jolloin käytössä on 60 Hz:n taajuus tai koestettavien moottoreiden pyörimisnopeudet ovat korkeita. 60 Hz:n taajuudella ei myöskään pystytä käytettäviä tehoja ottamaan mitenkään talteen, koska vanha järjestelmä rajoittaa tehon talteenottoa.

Tässä päättötyössä keskitytään suunnittelemaan modernisointi koestuspaikka TP 1 laitteistolle, säilyttämällä kuitenkin osa nykyisestä järjestelmästä. Suunnittelu lähti liikkeelle TP 1 koestuspaikkaan tutustumisen pohjalta, jolloin nähtiin mitä osia voitaisiin järjestelmästä säilyttää ja mitä osia täytyisi uusia. Päättötyö pitää myös sisällään piirikaavioiden piirtämisen TP 1 koestuspaikan ohjauspöydän osalta. Kuvien avulla pystytään vikatilanteissa huollot suorittamaan nopeammin ja tarkemmin.

Uuden järjestelmän suunnittelussa on lähtökohtana ACS800 Multidrive-järjestelmä, joka valitaan uudeksi järjestelmäksi suunnitteluun. Järjestelmän avulla pystytään ottamaan käytettyjä tehoja takaisin järjestelmään, jolloin verkosta tarvitaan vain ketjussa tapahtuvien häviöiden verran tehoa. Järjestelmää pystytään myös laajentamaan jälkikäteen, joten järjestelmän laajentuminen muille koestuspaikoille on myös mahdollista pienien muutosten kautta.

2 ABB MOTORS JA KOESTUSKENTTÄ SEN OSANA

2.1 Yleistä

ABB on maailmanlaajuisesti toimiva yhtymä, jonka päätoimialueet ovat sähkövoima- ja automaatioteknologia. Suomessa ABB toimii n. 40 paikkakunnalla ja maailmanlaajuisesti n. 100 maassa. ABB työllistää kaikkiaan n. 117 000 henkilöä erilaisissa tehtävissä asennustöistä myyntiin ja suunnitteluun (tieto vuodelta 2009). Vuonna 2009 ABB työllisti Suomessa yhteensä 7 437 henkilöä. Vuonna 2009 yhtiön liikevaihto oli 31 795 M$. Suomen ABB:n liikevaihto vuonna 2009 oli yhteensä 2,3 miljardia euroa. ABB:n pääkonttori sijaitsee Zürichissä Sveitsissä. Suomessa ABB:n pääkonttori sijaitsee Helsingissä. /13/

2.2 Divisioonat

Suomessa ABB on jaettu viiteen erilliseen divisioonaan toiminta-alueittain: sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitetuotteet, prosessiautomaatio, sähkövoimajärjestelmät ja sähkövoimatuotteet. /2/

Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio-divisioonaan kuuluvat seuraavat yksiköt ja osa-alueet:

- Drives
- MV Drives
- sähkökoneet
- Motors
- robotit.

Pienjännitetuotteet-divisioonaan kuuluvat seuraavat osa-alueet:

- pienjännitekojeet
- pienjännitejärjestelmät
- asennustuotteet.

Prosessiautomaatio-divisioonaan kuuluvat seuraavat yksiköt ja osa-alueet:

- prosessiteollisuus
- Marine
- turboahtimet.

Sähkövoimajärjestelmät-divisioonaan kuuluvat seuraavat osa-alueet:

- sähkönsiirto- ja jakelujärjestelmät
- voimantuotannonjärjestelmät.

Sähkövoima-divisioonaan kuuluvat seuraavat yksiköt ja osa-alueet:

- sähkönjakeluautomaatio
- keskijännitekojeet ja -kojeistot
- muuntajat.

2.3 ABB Motors

Suomessa ABB Motors on sijoittunut pääosiltaan kahdelle paikkakunnalle, Helsinkiin ja Vaasaan. Helsingissä valmistetaan MV ja HV-moottorit ja Vaasassa keskitytään LV-moottoreihin. Helsingin yksikkö keskittyy kotimaan myyntiin ja Vaasan yksikkö vastaa ulkomaan myynnistä ja antaa teknistä tukea eri maiden myyntiyksiköille.

Vaasan yksikkö valmistaa pääosin suuren runkokoon valurautamoottoreita. Kaikki muut pienemmät ja toisesta materiaalista tehdyt moottorit, pois lukien teräsrunkoiset moottorit, valmistetaan joko Ruotsissa, Kiinassa, Espanjassa tai Puolassa.

Jako eri runkokokoihin Vaasassa valmistettavista moottoreista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Vaasan ABB Motorsin tuotevalikoima.

Moottorityyppi	Runkokoko
Ex d	80 - 450
Ex e	80 - 450
Ex de	80 - 450
Ex na	80 - 450
Teräs moottorit	280 - 400
Marine moottorit	280 - 400
Rullarata moottorit	180 - 450
Prosessi moottorit	280 - 450
High speed moottorit	280 - 355
Savunpoisto moottorit	280 - 400
Kestomagneetti moottorit	280 - 400
Tippuvesisuojattu moottori	280 - 400
Vesi jäähdytteiset moottorit	355 - 450

Vaasan moottoritehdas valmistaa moottoreita asiakkaiden tilausten pohjalta. Niin kutsuttuja varastomoottoreita, joita varastoon tuotetaan odottamaan tilausta, valmistetaan muissa maissa. Pienten, alle 80 runkokoon, Ex-moottoreiden valmistuksesta vastaa Kiina. Alle 280 runkokoon valurautaisten prosessimoottoreiden, M3BP, valmistuksesta vastaa Ruotsi.

Suuri osa Vaasan moottoritehtaalla valmistettavista moottoreista menee kaasu-, öljy- ja hiiliteollisuuteen. Näin olleen moottoreiden toimivuus on erittäin tärkeää, koska kyseessä on rähähdysvaarallisen tilan moottoreita. Moottoreiden turvallinen toimivuus sähköisiltä osilta varmistetaan erilaisilla sähköisillä mittauksilla ja moottorille suoritettavilla rasitustesteillä. Rutiinikoestukset tehdään tuotantolinjojen lopussa jokaiselle valmistettavalle moottorille, mutta jos vaaditaan tarkempia ja erikoisempia koestuksia, on ABB Motorsilla Vaasassa oma erillinen koestuskenttä näitä varten.

3 MOOTTOREIDEN KOESTUSKENTTÄ

3.1 Yleistä

ABB Motorsin koestuskentällä suoritetaan pääosin koestuksia, joita ei voida suorittaa moottoreiden tuotantolinjan lopussa, eli toisin sanoen kaikki muut koestukset, jotka poikkeavat rutiinikoestuksesta. Koestuskentällä suoritetaan myös koestuksia, joita asiakas tai hänen valitsemansa edustaja on seuraamassa. Asiakaskoestuksina voidaan kuitenkin myös suorittaa rutiinikoestus, jos asiakas on niin tilannut.

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty eri koestuksien variaatiot mittauksineen, joita voidaan koestuskentällä suorittaa.

Taulukko 2. Koestuskentällä suoritettavia koestuksia.

	Rutiini koestus	Rutiini koestus nimellisillä arvoilla	Standardi tyyppi testi	Pidennetty tyyppi testi	Erikois testit
Silmämääräis tarkastus	X	X	X	X	
Jännitteenkestokoestus	X	X	X	X	
Eristysvastusmittaus	X	X	X	X	
Vastusten mittaus suunnittelulämpötilassa	X	X	X	X	
Liittimien merkitseminen ja pyörimissuun tarkastus	X	X	X	X	
Tyhjäkäyntikoestus		X	X	X	
Oikosulkukoestus		X	X	X	
Lämpenemäkoestus			X	X	
Hyötysuhteen määrittely			X	X	
Ylikuormituskoestus			X	X	
Ylinopeuskoestus			X	X	
Ylijännitekoestus					X
Käynnistysvirta ja -momentti			X	X	
Momenttikäyrä				X	
Tärinätasokoestus			X	X	
Tärinäspektrikoestus					X
Äänitasokoestus					X
Äänispektrikoestus					X
Moottorin koestus taajuusmuuttajalla					X
IEEE-hyötysuhde					X
Akselijännite					X
Osakuormakoestus				X	X

Pääosin koestuskentällä tehdään tyyppikoestuksia. Tyyppikoestukset suoritetaan normaalisti vain yhdelle moottorille tilatusta sarjasta, jos ne ovat täysin identtisiä sisällöiltään. Kuten taulukosta 2 huomataan, on tyyppikoestuksen sisältö melko

laaja verrattuna rutiinikoestukseen. Kaikki mahdolliset erikoiset koestukset, jotka asiakas on tilannut, suoritetaan koestuskentällä.

Koestuskentällä suoritetaan myös koestuksia suunnittelijoiden kehittämille uusille moottoreille tai niiden osille.

3.2 Koestuskentän organisaatio

Koestuskentän organisaatio koostuu kolmesta toimihenkilöstä ja yhdeksästä koestajasta. Toimihenkilöiden nimikkeet ovat koestamon päällikkö, koestuspäällikkö ja käyttöinsinööri.

Koestamon päällikön tehtäviin kuuluu huolehtia koko koestamon organisaation toiminasta, pitää koulutuksia koestajille, hoitaa tiedottaminen ja raportointi ylös- ja alaspäin sekä korvata toiset toimihenkilöt heidän ollessa poissa. Hän myös vastaa yhdessä koestuspäällikön kanssa koestuksien sertifioinnista ja niiden voimassaolosta ajallisesti.

Koestuspäällikön tehtäviin kuuluu huolehtia koestuksien aikataulutuksista, koestuksiin tarvittavien papereiden luonnista sekä koestuksien tulosten tarkastamisesta. Hän vastaa koestuskentän operatiivisesta toiminnasta.

Käyttöinsinöörin tehtäviin kuuluu vastata laitteiden kunnosta ja niiden huolloista. Hän tekee ennakoivia toimintoja laitteiden kunnon säilyttämiseksi ja toimii myös kehittämistehtävissä koestamon laitteiston osalta.

Koestajat toimivat koestuskentällä mittauksien suorittajina. Heidän tehtäviinsä kuuluu koestuksien suorittamiset ja niistä raportointi koestuspäällikölle. He vastaavat omalta osaltaan koestuskentällä laitteiden turvallisesta käytöstä. Mahdollisissa vikatilanteissa he raportoivat asiasta käyttöinsinöörille. He ottavat myös vastaan koestuksiin tulevat moottori ja huolehtivat niiden toimituksesta eteenpäin, kun koestukset on tehty.

3.3 Koestuskentän toiminta

Koestuskentän toiminta rakentuu viidelle koestuspaikalle. Koestuspaikat on jaettu alueisiin moottorin runkokoon ja koestuspaikasta saatavan maksimi tehon mukaan 1500 rpm:llä. Koestuspaikoista käytetään nimityksiä TP 0, TP 1, TP 2, TP 4 ja TP 5. Alueisiin jako on alla olevan taulukon 3 mukainen.

Taulukko 3. Koestuspaikkojen jako alueisiin runkokokojen ja tehon mukaan.

Koestuspaikka	Runkokoot	Max teho, 1500 rpm
TP 0	280 - 400	650 kW
TP 1	225 - 315	300 kW
TP 2	132 - 225	90 kW
TP 4	80 - 132	7,5 kW
TP 5	315 - 450	1000 kW

Päättötyön kirjoitusajanhetkellä koestuskentällä on rakenteilla uusi moottoreiden koestuspaikka, TP 9, jossa tullaan koestamaan runkokoon 355 – 450 moottorit. Maksimiteho, joka koestuspaikasta tullaan saamaan ulos, on 1500 kW:n luokkaa 1500 rpm:llä.

Motorsilla koestuskentän omat koestajat suorittavat koestukset itse ABB:n ja kansainvälisten IEC-standardien mukaan. Mittaukset suoritetaan omalla ABB:n mittausjärjestelmällä, jota käytetään maailmanlaajuisesti jokaisella ABB:n moottorin koestuspaikalla. Tässä päättötyössä ei mittausjärjestelmiin paneuduta, koska modernisointisuunnitelma ei tule käsittelemään mittausjärjestelmien uusimista.

Koestuskentällä koestuksia suoritetaan kahdessa vuorossa. Molemmissa vuoroissa tehdään samoja koestuksia, mutta yleensä aamupäivän vuoro suorittaa tyyppikoestukset. Tyyppikoestusta varten moottorin on lämmettävä loppulämpenemään. Loppulämpenemä katsotaan saavutetuksi, kun moottorin lämpötilan muutos on alle 2 °C:sta tunnissa. Normaalisti iltapäivän vuoro jättää moottorin yöksi pyörimään, jolloin yön aikana moottori saavuttaa loppulämpenemänsä ja aamupäivän vuorolaiset pääsevät heti koestamaan moottoria.

Yleensä aamupäivän vuorossa suoritetaan mahdolliset asiakastarkastukset, koska tilauksien myyjät ja koestuskentän toimihenkilöt työskentelevät yhdessä vuorossa. Asiakastarkastuksessa asiakkaan edustaja tai itse asiakas on vain seuraamassa koestuksia ja näin ollen hän ei pääse vaikuttamaan koestuksien sisältöön koestusvaiheessa. Asiakas tai hänen valitsemansa edustaja ei kuitenkaan pääse yksin koekentälle vaan hänen seuranaan on kyseisen kaupan myyjä mukana.

3.4 Koestuspaikalla suoritettavia koestuksia

3.4.1 Silmämääräistarkastus

Silmämääräistarkastuksessa tarkastetaan, että moottorin arvokilven arvot vastaavat suunniteltuja arvoja. Tarkastetaan, että tuuletin, pääkotelo ja muut lisälaitteet ovat oikeanlaisia kyseiselle kaupalle. Jos käytössä on vesi- tai öljyliitäntöjä, tarkastetaan niiden oikea tyyppi. Silmämääräistarkastuksessa tutkitaan myös rungon ja lisälaitteiden ulkoinen kunto mahdollisten reklamaatioiden välttämiseksi.

3.4.2 Jännitteenkestokoestus

Koestus suoritetaan kytkemällä moottori, kuten eristysvastusmittauksessa, mutta lisäksi kytketään myös mahdolliset lisälaitteet rungon kautta maahan. Koestusjännitteenä käytettään IEC 60034-1 mukaan 2400 V:n tai 2900 V:n jännitettä. Yhtälö, jolla testijännite lasketaan on

$$U = 2 \cdot U_N + 1000V \tag{1}$$

U_N käsittää moottorin nimellisjännitteen. Koestus kestää 60 sekuntia 2400 V:n jännitteellä ja 2900 V:n jännitteellä koestuksen pituus on vain 1 sekunnin mittainen. Lisälaitteita mitattaessa jännitetaso on 1500 V:a ja testin kesto on 15 sekuntia. Jos ennen mittausta on rutiinikoestus tehty, käytetään 80 %:n jännitettä lasketusta jännitetasosta. Tällä toimenpiteellä pyritään suojaamaan käämityksen kuntoa, koska suuri jännite vanhentaa käämitystä.

3.4.3 Eristysvastusmittaus

Mittauksessa tutkitaan onko eristystaso käämityksellä ja muilla lisälaitteilla tarpeeksi suuri moottorin turvallista käyttö varten. Käämityksen eristysvastus mitataan kytkemällä yksi käämin pää mittariin, kaksi muuta käämin päätä kytketään yhteen ja maadoituksen kautta mittarille. Mittausjännitteenä käytetään 1000 VDC. Mittaustulokset otettaan ja kirjataan ylös 60 sekunnin mittauksen jälkeen. Tyyppi-koestettavilla moottoreilla tämä koestus tehdään lämpenemä kokeen jälkeen ja rutiinikoestettavilla moottoreille suunnittelulämpötilassa.

3.4.4 Vastusten mittaus suunnittelulämpötilassa

Mittauksessa tutkitaan käämien kytkennän oikeanlaisuus, tutkitaan onko eroa potentiaalitasauksessa ja mitataan käämien resistanssien ”kylmät” arvot, jotta voidaan määrittää lämpötilan kasvu kyseisen kokeen jälkeen. Mittaus suoritetaan liitimien U1 – U2, V1- V2 ja W1 – W2 välistä riippumatta siitä, onko käytössä kolmio vai tähti kytketty moottori. Ennen lämpenemäkoetta vastusarvot mitataan vaiheiden välistä, esimerkiksi U – V, U – W ja V – W, ja testin jälkeen U – W vaiheiden välistä. Mittaus suoritetaan ohmimittarilla 4 johtomenetelmällä. Käämityksen lämpötila mitataan antureista, jos vain mahdollista. Mahdollisten lämpötila-antureiden ja lämmittimien resistanssit mitataan niiden liittimistä.

3.4.5 Liittimien merkitseminen ja pyörimissuunnan tarkastus

Koestuksessa tarkastetaan liittimien merkintöjen oikeanlaisuus. L1-vaihe vastaa merkintää U, L2-vaihe vastaa merkintää V ja L3-vaihe vastaa merkintää W. IEC 60034-8-standardin mukaan moottorin oikea pyörimissuunta on myötäpäivä, kun moottoria katsotaan D-päästä. Moottoreita pystytään pyörittämään vastapäivään vaihtamalla kahden vaiheen paikkaa.

3.4.6 Tyhjäkäyntikoestus

Koestuksessa moottoria ajetaan nimellisjännitteellä ja -taajuudella ilman kuormaa. Staattorin virta, jännite ja ottoteho mitataan ja niitä verrataan laskettuihin

arvoihin. Tulokset kirjataan ylös, kun moottori on saavuttanut lopullisen nopeutensa.

3.4.7 Oikosulkukoestus

Koestuksessa moottorin roottori lukitaan mekaanisesti, jottei se pääse pyörimään. Moottorille syötettävää jännitettä nostetaan, kunnes moottorille saadaan aikaan nimellisvirta. Kokeessa mitataan syötettyä staattorin virtaa, jännitettä ja ottotehoa.

3.4.8 Lämpenemäkoestus

Koestuksessa moottoria syötetään nimellisjännitteellä ja -taajuudella. Vastakuormaksi asetellaan moottorin nimellismomentti. Lämpötilan kasvu kirjataan ylös, että voidaan määritellä lämpötilan kasvu käämitykselle, rungolle ja muille tärkeille osille moottorista. Ex e ja Ex na-moottoreilla mitataan myös roottorin lämpenemä. Lämpötiloja mitataan ja tallennetaan koko koestuksen ajan, kunnes moottori on saavuttanut loppulämpenemän. Loppulämpenemä on saavutettu, kun moottorin lämpötilan muutos on alle 2 °C:sta tunnissa IEC 60034-1 mukaan. Kun moottori on saavuttanut loppulämpenemän, se pysäytetään. Käämityksen lämpötila mitataan tietyn ajan kuluessa pysäytyksestä. Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty IEC 60034-1 mukainen aika, jonka jälkeen resistanssiarvot mitataan. Aikaan vaikuttaa koestettavan moottorin nimellisteho.

Taulukko 4. Resistanssin mittaus ajallisesti tehon mukaan.

Moottorin nimellisteho	Aika, jonka kuluttua vastusarvot mitataan
P ≤ 50 kW	30 s
50 kW < P ≤ 200 kW	90 s
200 kW < P ≤ 5000 kW	120 s
5000 kW < P	sopimuksen mukaan

Mitattujen resistanssiarvojen avulla pystytään käämityksen lämpötila määrittelemään alla olevan yhtälön mukaan.

$$K = \frac{R_2}{R_1} * (235 + t_1) - t_a - 235 \qquad (2)$$

Yhtälössä $R_{1\ on}$ resistanssin kylmä arvo, R_2 on resistanssin kuuma arvo, t_1 on kylmän resistanssin lämpötila, t_a on ympäristölämpötila ja 235 on kuparin ominainen lämpötilakerroin.

3.4.9 Hyötysuhteen määrittely

Hyötysuhde lasketaan kokonaishäviöistä, joissa on huomioitu moottorin kaikki häviöt. Häviömenetelmällä hyötysuhde määritellään laskemalla kaikki moottorin häviöt, joiden pohjalta pystytään hyötysuhde määrittelemään tarkasti. Jos moottoria syötetään taajuusmuuttajalla, hyötysuhde määritellään suoralla menetelmällä mittaamalla mekaaninen antoteho ja vertaamalla sitä moottorin sähköiseen ottotehoon.

3.4.10 Ylikuormituskoestus

Ylikuormitustestissä tutkitaan onko moottorin momentti riittävän suuri hetkelliselle ylikuormalle. Kokeessa tutkitaan tuleeko moottorin kippimomentti vastaan 1,6 kertaisella nimellismomentilla. Koe suoritetaan asettamalla moottorin vastamomentiksi 160 %:n suuruinen arvo moottorin nimellismomenttiin nähden. IEC 60034-1 mukaan koestuksen kestoaika on 15 sekuntia.

3.4.11 Ylinopeuskoestus

IEC 60034-1 mukaan ylinopeuskoestuksessa moottoria ajetaan 1,2 kertaisella synkroninopeudella ilman kuormaa 2 minuutin ajan. Kokeessa tutkitaan kestääkö moottori ylinopeutta. Valurautamoottoreille tämä ei ole pakollinen testi.

3.4.12 Ylijännitekoestus

Yleensä koestus suoritetaan jännitteellä, joka on 1,3 kertainen moottorin nimellisjännitteeseen nähden. Normaalisti kuitenkin asiakas määrittelee jännitteen ja keston. Kokeessa tutkitaan kestääkö moottori ylijännitettä.

3.4.13 Käynnistysvirta ja -momentti

Koestuksessa roottori lukitaan mekaanisesti. Moottoria syötetään nimellisjännitteellä ja -taajuudella. Testin aikana mitataan moottorin virta ja momentti.

3.4.14 Momenttikäyrä

Momenttikäyrä mitataan, jotta löydetään käynnistys, kiihdytys ja kippimomentin suhde nimellismomenttiin. Tämä tieto on välttämätön, jos moottorin täytyy käynnistyä suurella hitausmomentilla ja vastamomentilla. Mittaus tehdään nimellisjännitteellä ja -taajuudella.

3.4.15 Tärinätasokoestus

IEC 60034–14 edition 3:2003 mukaan tärinätaso mitataan ilman kuormaa, moottorin ollessa erillisen patjan päällä. Moottorin ja patjojen väliin laitetaan erilliset muovirenkaat. Mittaukset otetaan 6 pisteestä moottorin rungosta ja kytkentäkotelosta. Koestus tehdään kaikille vaakatason moottoreille.

3.4.16 Tärinäspektrikoestus

Tärinäspektrin mittauksessa käytetään erillistä Pulse-mittauslaitetta. Pulse-mittalaite liitetään PC:hen erillisellä datakaapelilla. Käytettävässä PC:ssä on oma ohjelma, jolla mittaukset suoritetaan. Mittaukset otetaan 4 erillisestä mittauspisteestä moottorin rungosta, 2 moottorin rungon yläosasta ja 2 moottorin rungon sivulta. Ohjelma tekee mittauksien pohjalta tärinäspektrin.

3.4.17 Äänitasokoestus

Äänen taso mitataan normaalisti kuormitetulla moottorilla, mutta mittaus voidaan myös tehdä kuormittamattomassa tilassa. Mittaus otetaan 6 pisteestä n. metrin päästä moottorin ympäriltä. Mittauksissa otetaan huomioon myös taustamelun vaikutus, joka vähennetään mitatuista arvoista. Tuloksia verrataan moottorin suunniteltuun äänitasoon.

3.4.18 Äänispektrikoestus

Äänispektri mitataan normaalisti oktaavivyöhykkeen analyysinä kuormitetusta moottorista. Oktaavivyöhykeanalyysissä käytettävä taajuusalue on 63…16000 Hz:ä. Normaalisti koestuksen tekevät muut kuin koestuskentän omat koestajat.

3.4.19 Moottorin koestus taajuusmuuttajalla

Jos moottori tulee taajuusmuuttajakäyttöön, suositellaan moottorille koestus taajuusmuuttajan kanssa. Koestus voidaan suorittaa joko asiakkaan omalla tai moottorilaboratoriossa olevilla taajuusmuuttajilla. Koestukset voidaan suorittaa tarkastelemalla vain koestettavaa moottoria, moottoria ja taajuusmuuttajaa erikseen tai moottoria ja taajuusmuuttajaa yhdessä. Koestuksen yksityiskohdista sovitaan yhdessä asiakkaan kanssa.

3.4.20 Osakuormakoestus

Osakuorma-koestuksessa moottorille asetetaan 5 erillistä vastakuorman arvoa nimellistehoon nähden. Vakioina käytetään vastakuorman kertoimina 1,5, 1,25, 0,75, 0,5 ja 0,25 arvoja. Tuloksia verrataan nimelliskuormalla saataviin tuloksiin. Koestamossa käytettävän Motlab-ohjelman avulla pystytään osakuorma koestuksen tuloksien pohjalta laskemaan uusi standardin mukainen IEEE-hyötysuhde.

3.4.21 Akselijännite

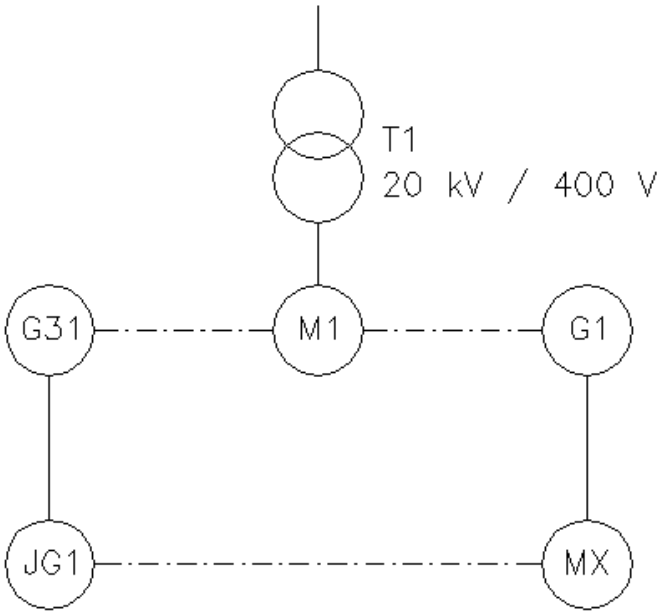
Akselijännite mitataan vain jos asiakas on niin tilannut. Akselijännitteen mittauksessa moottoria ajetaan tyhjäkäynnillä. Moottorin D-päässä liitetään akselin päähän metallinen puikko. Metallipuikosta ja moottorin N-pään akselin rungosta voidaan mitata akselijännite yleismittarilla.

3.4.22 IEEE-hyötysuhde

IEEE-hyötysuhde lasketaan osakuormakoestuksesta saatavien tuloksien pohjalta. Koestamossa käytettävästä Motlab-ohjelmasta saadaan IEEE-hyötysuhteen arvo osakuorma-koestuksen suorituksen jälkeen.

3.5 Koestuspaikka TP 1

Koestuspaikka TP 1 pääosat ovat tahtimoottori M1, tahtigeneraattori G1, tasavirtageneraattori G31 sekä kuormana toimiva jarrugeneraattori JG1. Yhdessä koestettavan moottorin kanssa nämä osat muodostavat ns. säästölenkin, jonka periaate on esitetty kuvassa 1. Kuvassa 1 katkoviivalla on kuvattu akselia ja ehyellä viivalla sähkönsyöttöä.

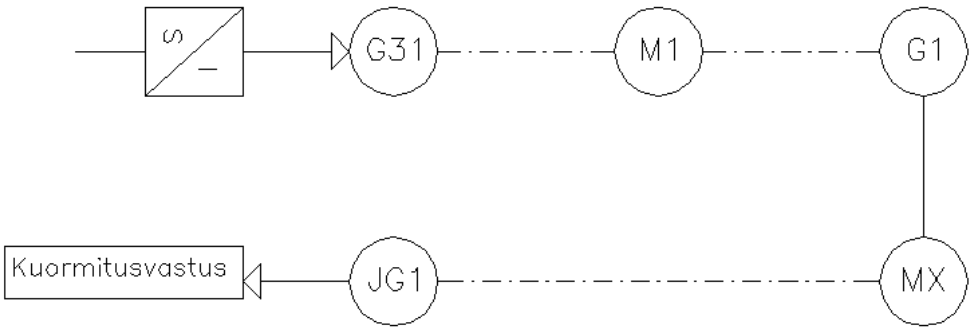


Kuva 1. TP 1 yleiskuva 50 Hz:n käytössä.

Tahtimoottoria M1 syötetään verkosta muuntajalla T1. Samalla akselilla tahtimoottori M1 yhteydessä on tahtigeneraattori G1, jolla syötettään koestettavaa moottoria MX tahtigeneraattorin pyörimisnopeuden mukaan. Koestettavan moottorin MX-akselin yhteydessä on tasasähköllä toimiva jarrugeneraattori JG1, jota koestettavalla moottorilla pyöritetään. Magnetointia muuttamalla saadaan jarrugeneraattori JG1 toimimaan kuormakoneena koestettavalle moottorille ja syöttämään generoimansa tehon tasavirtageneraattorille G31. Tasavirtageneraattori G31 toimi tässä tapauksena pelkkänä tasasähkökoneena, joka on kytketty mekaanisesti yhteen tahtimoottoriin M1 kanssa. Pyöriessä JG1:sen generoiman tehon avulla avustaa tasavirtageneraattori G31 tahtimoottorin M1 ajoa. Näin ollen ottaa tahtimoottori M1 verkosta ainoastaan laitteistosta

syntyvän häviötehon. Koska moottori M1 on tahtimoottori, säästölenkin ajo on mahdollista vain taajuuden ollessa 50 Hz:ä.

60 Hz:n taajuuden ajossa joudutaan kytkentää hieman muuttamaan muuntajan T1 ja tahtimoottori M1 tuomien rajoituksien vuoksi. Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty 60 Hz:n ajossa käytettävä periaate.



Kuva 2. TP 1 Yleiskuva 60 Hz:n käytössä.

60 Hz:n taajuudella ajattaessa tasavirtageneraattoria G31 syötetään tasasuuntaajan kautta. Nopeus säädetään sen suuruiseksi, että tahtigeneraattorilla G1 saadaan aikaan 60 Hz:n taajuus koestettavalle moottorille. Tällä tavalla toteutetussa ohjauksessa jarrugeneraattorissa JG1 syntyvää tehoa ei voida syöttää säästölenkkiin vaan se muutetaan lämmöksi kuormitusvastuksien kautta.

Käytettävä kuormitusvastus koostuu kahdesta vastuskennosta, joilla on omat tuuletinmoottorit. Molemman kennon maksimiteho on 50 kW:a. 10 kW:n teho häviää kaapeloinneissa ja jarrugeneraattorissa, joten vastuskennot rajoittavat koestettavan moottorin maksimitehon 110 kW:n suuruiseksi.

Suuri osa koestettavista moottoreista on 60 Hz:n taajuudella toimivia moottoreita, joten TP 1:sen osalta koestettavien moottoreiden tehoalue jää hyvin suppeaksi verrattuna 50 Hz:n alueeseen. Kyseisellä paikalla moottoreita voidaan koestaa 50 Hz:n alueella 300 kW:n teholla pyörimisnopeuden ollessa 1500 rpm tai enemmän. /4/

Liitteessä 1 on esitetty yleiskuva nykyisestä TP 1 järjestelmästä.

4 MODERNISOINTI

4.1 Yleistä

Modernisoinnin tarkoituksena on kasvattaa TP 1 koestuspaikan kapasiteettiä. Koestuspaikan TP 1 nykyinen kapasiteetti on nähtävissä liitteessä 2. Liitteessä olevasta kuvasta huomaamme 60 Hz:n alueella saatavan momentin jäävän vain 600 Nm:n suuruiseksi koestettavan moottorin tehon ollessa 100 kW:a ja pyörimisnopeuden ollessa 1500 rpm. 60 Hz:n alueella pyörimisnopeudeksi saadaan maksimissaan vain 1800 rpm. 50 Hz:n alueella ei kapasiteetin kanssa suurempia ongelmia ole.

4.2 Vaatimukset

Modernisoinnissa tullaan uusimaan koestuspaikan keskeiset tasavirta- ja tahtikoneet uusilla oikosulkumoottoreilla. Akselien ja moottoreiden paikkojen osalta koestuspaikka jätetään vanhanlaiseksi.

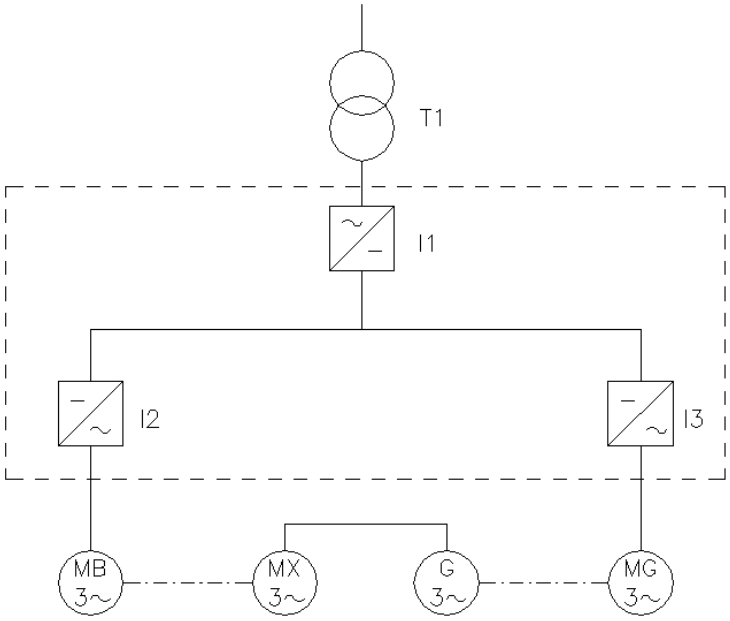
Moottorit M1, G31 on tarkoitus korvata uusilla oikosulkumoottoreilla. Jarrugeneraattori JG1 poistetaan kokonaan järjestelmästä, koska sitä ei tarvita. G1 on vanha tahtigeneraattori, joka jätettään järjestelmään.

G1 tuottaa koestettavalle moottorille jännitteen, joka on muodoltaan siniaaltoa. Standardi vaatii, että koestukset tehdään siniaallolla niiden vertailukelpoisuuden vuoksi, joten koestettavalle moottorille ei voida jännitettä syöttää suoraan taajuusmuuttajan kautta.

TP 1 koestuspaikan kapasiteettiä tulisi kasvattaa suurilla pyörimisnopeuksilla. Moottoreiden koestuksessa tullaan käyttämään pääsääntöisesti 50 ja 60 Hz:n taajuutta. Yläraja tehon tarpeelle on asetettu mitoituksessa 300 kW:n suuruiseksi. Koestettavia moottoreita tullaan pyörittämään nimellisnopeudella ja 1,2 kertaisella nimellisnopeudella. Suuri momentin tarve ei ole kriittinen asia, koska muilla koestuspaikoilla saadaan enemmän momenttia aikaan.

4.3 Yleisratkaisu

Ratkaisu, jolla modernisointia lähdetään suorittamaan, on ABB Drivesin valmistama ACS800 Multidrive-järjestelmä. Alla olevassa kuvassa 3, on esitetty järjestelmän periaatteellinen toiminta. Myöhemmässä vaiheessa käydään tarkemmin läpi itse järjestelmää.



Kuva 3. Yleiskuva Multidrive-järjestelmällä toteutetusta koestuspaikasta.

ACS800 Multidrive-järjestelmän syöttöjännite saadaan 1000 kVA:n muuntajalta T1, joka on osa vanhaa järjestelmää. Ohjaus tapahtuu Multidrive-järjestelmällä, jossa IGBT syöttöyksikkö I1 muuntaa syöttöjännitteen tasasähköksi järjestelmän kiskostolle. Invertterimoduuleilla I2 ja I3 muunnetaan kiskostosta saatava tasasähkö vaihtosähköksi ja suoritetaan ohjaukset moottoreille MG ja MB.

MG on tahtigeneraattorin G vetomoottori, jolla tahtigeneraattoria ajetaan halutulla nopeudella. Tahtigeneraattoria tullaan ajamaan nimellisnopeuksilla, jotta koestettavalle moottorille saadaan aikaan haluttu taajuus, 50 tai 60 Hz:ä. Tahtigeneraattorin jänniteporrasta ja magnetointia muuttamalla saadaan koestettavalle moottorille haluttu jännite.

MB toimii koestettavan moottorin MX kuormamoottorina. Kyseisellä moottorilla suoritetaan myös ylinopeuskoestus, jolloin koestettavaa moottoria ajetaan 1,2 kertaa moottorin nimellisnopeus koestettavan moottorin ollessa jännitteettömänä. Ylinopeuskoestusta ei tulla suorittamaan tahtigeneraattorin G kautta, koska tahtigeneraattori on vanha moottori, jolle ei haluta tehdä turhaa kuormitusta. Jarrugeneraattorilla syötetään saatava teho takaisin ACS800 Multidrive-järjestelmään invertteri I2 kautta, jolloin verkosta tarvitaan ainoastaan ketjussa tapahtuvien häviöiden verran tehoa.

Koestuksissa järjestelmän ohjaus tullaan toteuttamaan käynnistämällä ensiksi tahtigeneraattorin vetomoottori, jolloin tahtigeneraattori saadaan pyörimään ja tuottamaan magnetointia muuttamalla haluttu taajuus ja jännite. Kun tahtigeneraattori pyörii, käynnistetään kuormamoottorilla koestettava moottori. Koestettavan moottorin käynnistyttyä kytketään koestettava moottori tahtigeneraattorin tuottamaan jännitteeseen. Kun kytkentä on suoritettu, muutetaan kuormamoottori toimimaan koestettavan moottorin kuormana.

Ylinopeuskoestuksia tehtäessä koestettava moottori ei ole kytketty tahtigeneraattorin jännitteeseen. Koestus suoritetaan pyörittämällä jarrugeneraattorilla koestettavaa moottoria tämän ollessa ilman jännitettä.

Liitteessä 3 on esitetty yksityiskohtaisempi kuva uuden järjestelmän suunnittelun lähtökohdasta.

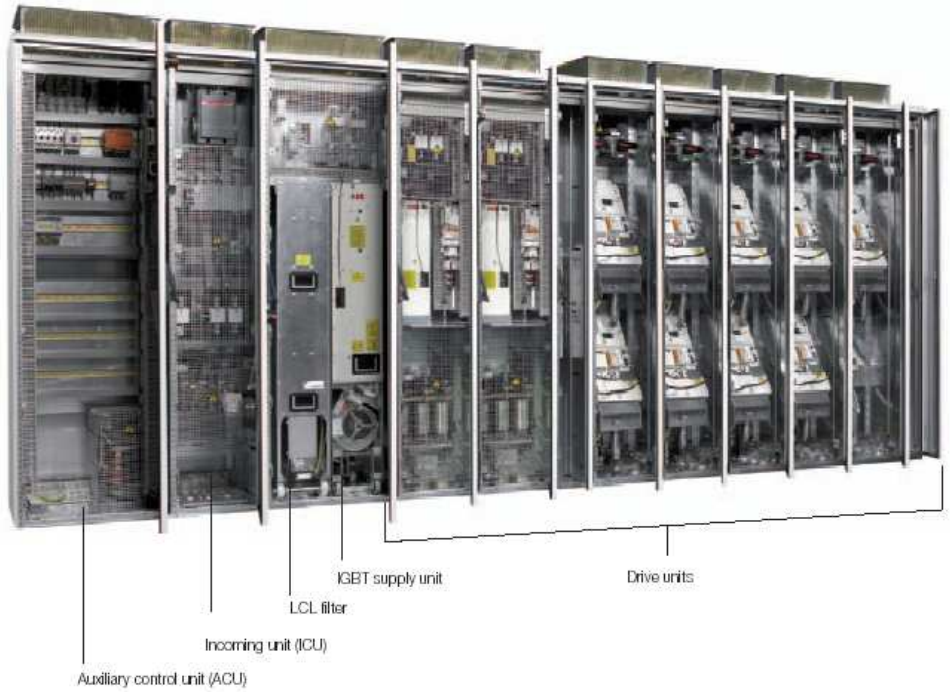
4.4 ACS800 Multidrive-järjestelmä

4.4.1 Yleistä

ACS800 Multidrive-järjestelmä on ABB Drivesin tuote, jossa moottoreiden ohjaus perustuu suoraan momenttisäätöön eli DTC-ohjaukseen. Ohjaus suoritetaan ABB:n omilla ACS800-sarjan taajuusmuuttajilla, joissa DTC-säätö on integroitu osaksi taajuusmuuttajia. Myöhemmässä vaiheessa käydään tarkemmin läpi DTC-säädön toimintaa.

Järjestelmä rakentuu moduuleista, jotka on kytketty DC-Bus-linkillä toisiinsa, jolloin järjestelmä tarvitsee vain yhden syötön verkon puolelta toimiakseen. Moduulit ja linkitys on rakennettu kaapistoihin, jolloin säästytään pitkiltä kaapeloinneilta. Kaapisto ei myöskään vaadi paljon tilaa.

Moduulien ansiosta järjestelmän huolto on helppoa, koska vioittunut moduuli voidaan helposti korvata uudella. Laajennettavuus on erittäin helppoa, koska kaapistoja pystytään liittämään toisiinsa jälkeenpäin.



Kuva 4. ACS800 Multidrive-järjestelmä. /6/

Kuvasta 4 huomataan järjestelmän koostuvan 5 erillisestä osa-alueesta:

- Auxliary control unit (ACU)
- Incoming unit (ICU)
- LCL filter
- Supply unit
- Drive units

ACU-puolella on järjestelmän ohjaukseen tarvittavat 24 V:n ohjauslaitteet. ICU-yksikkö on tulopuoli, jonne verkosta tulevat kaapelit on kytketty. LCL-filtteri

mahdollistaa verkkovaihtosuuntaajan kytkemisen verkon sinijännitteeseen. LCL-filtterillä estetään myös suuntaajakäytössä aiheutuvien suurien yliaaltovirtojen syöttö takaisin verkkoon. Supply unit toimii järjestelmän syöttöyksikkönä. Syöttöyksikköä voidaan käyttää tasasuuntaajana tai vaihtosuuntaajana. Tasasuuntaajana toimiessa syöttöyksikkö muuntaa verkosta syötetyn vaihtosähkön tasasähköksi järjestelmän kiskostolle. Vaihtosuuntaajana toimiessa syöttöyksikkö muuntaa tasasähkökiskostolta tasasähkön vaihtosähköksi ja syöttää sen verkkoon päin. Drive unitit toimivat moottoreita ohjaavina ohjausyksikköinä. /6/

4.4.2 Tekniset tiedot

Järjestelmä tarvitsee toimiakseen verkosta käyttöjännitteen alueelta 380 – 690 V:a ja syöttötaajuuden on oltava väliltä 48 – 63 Hz:ä. Toiminta-alueesta johtuen järjestelmää pystytään sellaisenaan myös käyttämään Amerikassa, jossa verkosta saatava taajuus on 60 Hz:ä. Laajasta käyttöjännitealueista johtuen, järjestelmää pystytään myös käyttämään alueilla, joissa syöttävä verkko ei ole niin vankka.

Järjestelmän tehokerroin ja teho vaihtelee sen mukaan mitä syöttöyksikköä käytetään. Vaihtoehtoina syöttöyksiköille on valittavissa DSU-, TSU- tai ISU-puolijohdetekniikkaan perustuvat syöttöyksiköt. DSU-tekniikalla toteutetussa syöttöyksikössä ohjaus tapahtuu diodien kautta. Toteutuksia on kahdenlaisia, 6- ja 12-pulssidiodisiltoja. TSU-tekniikalla toteutetussa syöttöyksikössä ohjattavia komponentteja ovat tyristorit. Valittavissa on 6-pulssityristorisilta. ISU-puolijohdetekniikassa ohjattavia komponentteja ovat IGBT-transistorit.

DSU tai TSU-syöttöyksikköjä käytettäessä syöttöyksikön oma tehokerroin on 0,98 ja koko järjestelmän vaihtelee välillä 0,93…0,95. ISU-tekniikalla toteutettujen syöttöyksiköiden oma tehokerroin on 1 ja koko järjestelmän 0,99. DSU-puolijohdetekniikalla valmistetun syöttöyksikkön tehoalue on 180 - 4200 kW (6-pulssi) tai 400 – 4200 kW (12-pulssi). TSU:n 640 - 6000 kW ja ISU:n 125 - 5400 kW.

Järjestelmän hyötysuhde vaihtelee myös käytettävän syöttöyksikön perusteella. Käytettäessä DSU tai TSU-syöttöyksikköihin perustuvaa järjestelmää saadaan

nimellistehoalueilla hyötysuhteeksi 0,98. ISU-tekniikalla toteutetulla syöttöyksikköjärjestelmällä nimellistehoalueilla hyötysuhde on 0,97.

Syöttöyksiköt pohjautuvat perusmalliin ACS800-207. Perusmallista on saatavilla erilaisia malleja, jotka toimivat eri jännitteellä ja antavat erilaisen ulostulotehon. Jännitealueet, joita ohjausyksiköt käyttävät, ovat 400 V, 500 V ja 690 V:a.

Järjestelmän ulostulojännite voidaan asettaa jännitealueella 0 – 690 V:a halutun suuruiseksi, riippuen siitä minkä suuruista jännitettä syöttöyksikölle syötetään. Ulostulotaajuus pystytään valitsemaan alueella 0 – 300 Hz:ä. Järjestelmästä saatava ulostuloteho vaihtelee alueella 1,5 – 5430 kW:a, riippuen siitä mitä ohjausyksikköä käytetään.

Kuten syöttöyksiköissä, perusmallista on saatavilla erilaisia malleja, jotka toimivat eri jännitteellä ja antavat erilaisen ulostulotehon. Jännitealueet ovat samat kuin syöttöyksiköllä, mutta niiden käyttöjännite määräytyy käytetyn syöttöyksikön perusteella.

Kentänheikennyspiste on säädettävissä 8 – 300 Hz:n alueella halutun suuruiseksi.

Järjestelmän suunniteltu käyttölämpötila on 0 – 50 °C:sta. Käyttölämpötilan ollessa väliltä 40 – 50 °C:sta joudutaan kuitenkin ulostulovirtaa rajoittamaan 1 % 1 °C:sta kohden, jottei järjestelmä ylikuormitu.

Järjestelmän jäähdytyksessä käytetään viileää kuivaa ilmaa. Jäähdytys suoritetaan kaapistoon integroiduilla tuulettimilla. Ilmankosteus, joka järjestelmälle sallitaan, on 5 – 95 %:a. Kosteuden tiivistymistä ei sallita, koska järjestelmä ei kestä sitä.

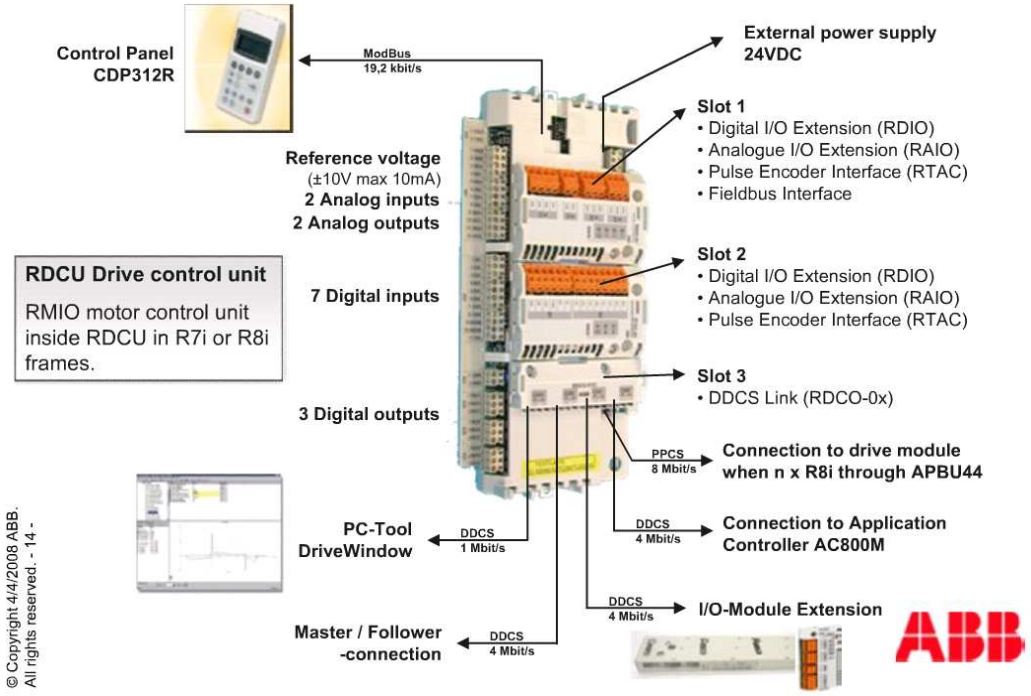
Järjestelmän standardikotelointiluokka on IP 21. IP 22, IP 42 ja IP 54 koteloinnit on saatavilla vaihtoehtoina järjestelmälle.

Kaapiston ulkomitat ja painot vaihtelevat tyypeittäin ja niiden suuruudet on saatavilla ABB:n luetteloista. Kaapiston kokoon ja painoon vaikuttaa myös käytettävän järjestelmän laajuus. Kuvassa 5 on esitetty kaapiston yksi osa. /6/, /7/, /8/

Kuva 5. ACS800 Multidrive-järjestelmän kaapiston yksi osa. /6/

4.4.3 Järjestelmän ohjausyksikkö

ACS800 Multidrive-järjestelmässä käytettäviä ohjausyksiköitä ohjataan RDCU-ohjausyksiköillä. Kuvassa 6 on esitetty RDCU-ohjausyksikön periaate.



Kuva 6. RDCU-yksikkö. /6/

RDCU-yksikön käyttämä toimintajännite on 24 VDC. Yksikköön voidaan liittää 2 analogiatuloa ja 2 analogialähtöä. Digitaalisia tuloja yksikköön voidaan liittää 7 ja digitaalisia lähtöjä 3. Ohjausyksikköön voidaan liittää 3 laajennusslottia, joihin voidaan liittää digitaalisia ja analogisia tuloja ja lähtöjä, pulssin koodausliityntä, fieldbus-liityntä sekä DDCS-linkki. RDCU-yksikköön voidaan myös haluttaessa liittää erillinen I/O-moduuli laajennuksena. Yksikkö liitetään ModBus-väylän kautta ohjauspaneeliin, jolla voidaan ohjaukset ja parametroinnit toteuttaa. Ohjausyksikkö pystytään liittämään DDCS-linkin kautta tietokoneeseen, josta voidaan myös järjestelmän parametrit ja ohjaukset toteuttaa DriveWindow ohjelman avulla. /6/

4.4.4 Ohjauspaneeli

Ohjauspaneelin kautta pystytään suorittamaan ohjaukset ja parametroinnit. Paneeli pystytään liittämään suoraan ohjausyksikköön tai haluttaessa kaapelin avulla siirtämään erilliseen ohjauskeskukseen. Paneelista on saatavilla kahdenlaisia malleja, perusmalli CDP312 ja kehittyneempi R-malli.

Paneelin näyttö voi näyttää kerrallaan 3 haluttua todellista arvoa, kuten moottorin nopeus, syöttötaajuus, moottorin virta ja moottorin vääntömomentti.

Paneeli pystyy tallentamaan muistiinsa viimeiset 64 vikaa, jokainen aikaleimallaan. Paneelille pystytään kopioimaan tiedot toisesta paneelista, mikä nopeuttaa huomattavasti asennuksia käytettäessä samanlaisia ohjauksia.

Yhdellä ohjauspaneelilla pystytään ohjaamaan 31 erillistä ajoa. Kuvassa 7 on esitetty itse ohjauspaneeli. /6/

Kuva 7. Ohjauspaneeli. /6/

4.4.5 Ohjausyksiköt

ACS800 Multidrive-järjestelmässä moottoreita syöttävät invertterit koostuvat moduuleista. Moduuli pitää sisällään käytettävän invertterin ja sen tarvitsemat muut komponentit. Invertterimoduulin sisääntulo kytketään tasasähkösulakkeiden kautta tasasähkökiskostoon ja ulostulot kytketään suoraan moottorin vaiheisiin.

Moduulien kokoon vaikuttaa käytettävä tehoalue. Moduulit koostuvat 6 erilaisesta moduulikoosta R2i, R3i, R4i, R5i, R7i ja R8i riippuen siitä kuinka paljon tehoa tarvitaan. Isommilla tehoalueilla moduulit rakennetaan R8i-runkokoon moduulien yhdistelmistä.

Invertterit on rakennettu ISU-puolijohdetekniikalla ja niitä ei ole saatavilla toteutettuna muilla tekniikoilla. ISU-puolijohdetekniikan ansiosta pystytään invertteri-moduulin tehon suunta valitsemaan joko verkkoon tai verkosta poispäin. Tällä tavalla pystytään, esimerkiksi jarrutuksessa generoitu energia, syöttämään takaisin Multidrive-järjestelmän tasasähkökiskostolle ja käyttämään se hyväksi. /6/

4.5 Suora momenttisäätö

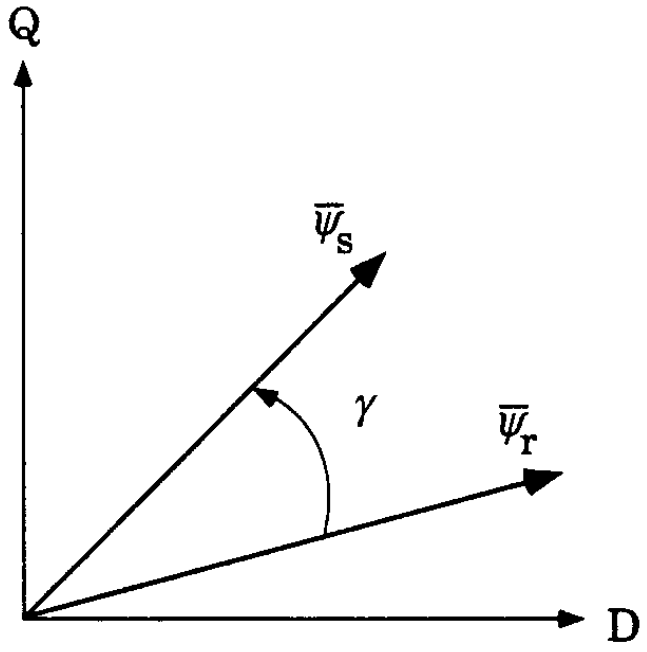
4.5.1 Yleistä

Suora momentinsäätö eli DTC-tekniikka on tällä hetkellä yksi markkinoiden kehittyneimmistä vaihtovirtakäyttötekniikoista. Se on ensimmäinen tekniikka, jossa säädetään moottorin todellisia säätösuureita, momenttia ja vuota erilaisten jännitevektoreiden avulla. Säädön avulla pystytään mahdollistamaan suoraviivainen momentin muutos, joka ei muissa säädöissä onnistu.

Saksalaiset tohtorit Blaschke ja Depenbrock esittivät teorian vuosina 1971 ja 1985 julkaistuissa artikkeleissa. ABB on tutkinut DTC-tekniikkaa vuodesta 1988 lähtien ja yritys on tällä hetkellä ainoa, joka on kaupallistanut DTC-periaatteella toimivia vaihtosuuntaajia. /1/

4.5.2 Roottori- ja staattorivuot

DTC-säädössä on pyrkimyksenä ohjata suoraan oikosulkumoottorin staattorivuota optimaalisilla jännitevälipiirillisen suuntaajan IGBT-transistorien kytkentätiloilla halutun moottorin dynamiikan saavuttamiseksi. Kuvan 8 mukaisesti, staattorivuo $\overline{\Psi_s}$ ja roottorivuo $\overline{\Psi_r}$ pyritään pitämään itseisarvoltaan vakioina, momenttiin pystytään vaikuttamaan näiden välistä kulmaa γ muuttamalla. Moottorin antaman vääntömomentin suuruus on verrannollinen kulmaan $\sin \gamma$.



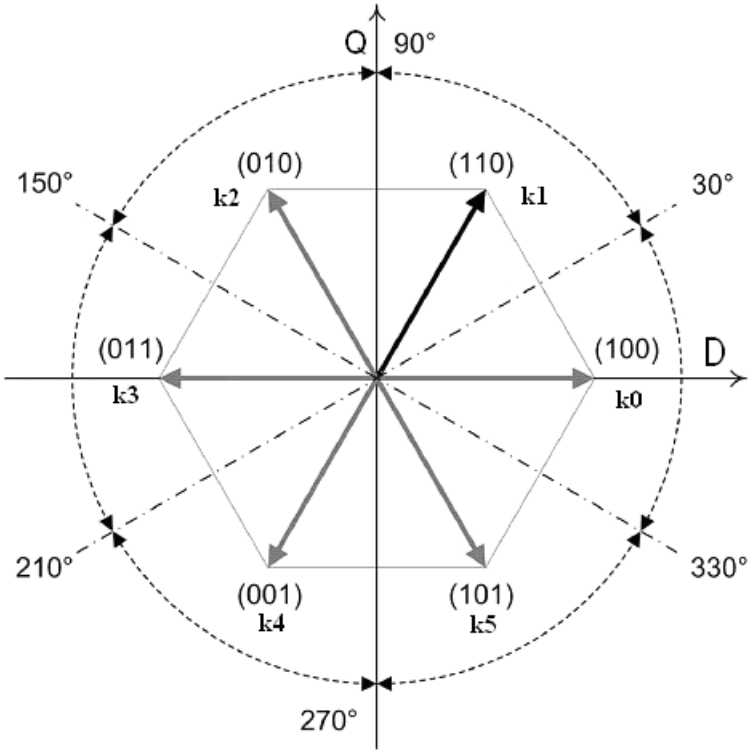
Kuva 8. Roottori- ja staattorivuovektorit. /9/

Oikosulkumoottorissa roottoriaikavakio on suuri, mistä johtuen roottorivuo voidaan olettaa muutostilanteissa vakioksi. Säädössä voidaan siis keskittyä pelkästään staattorivuon ohjaamiseen, jolloin momentin ohjaus tapahtuu muuttamalla nopeasti roottori- ja staattorivuon välistä kulmaa erilaisilla kytkentäkombinaatioista saatavilla jännitevektoreilla. /9/

4.5.3 Kytkentäkombinaatiot

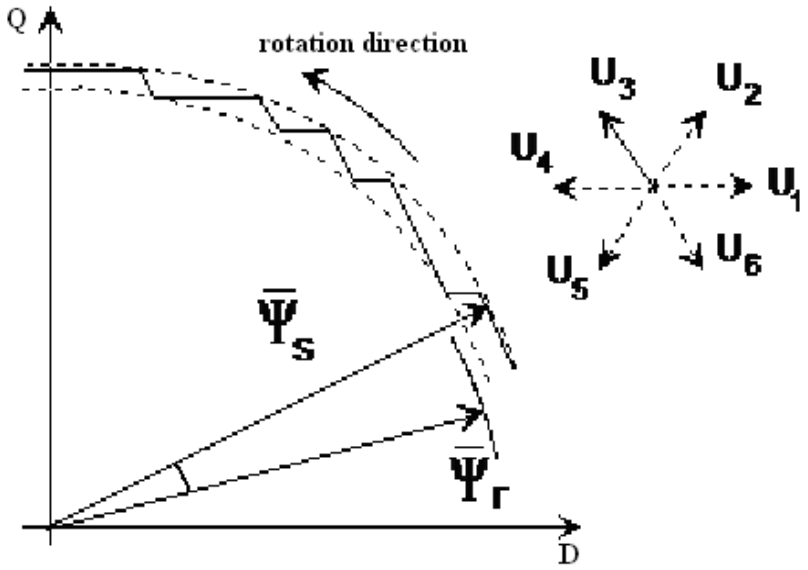
DTC-säädössä käytettävä invertteri on vaihtokytkimistä muodostuva järjestelmä. Yksi vaihtokytkin muodostuu, esimerkiksi kahdesta IGBT:stä, ja niiden vastarinnan kytketyistä nolladiodeista. Vaihtokytkimet voivat kytkeä kunkin vaiheen DC-välipiirin joko + tai – (1 tai 0) potentiaaliin.

Staattorivuo muuttuu valitun jännitevektorin suuntaan (yhtälö 3) ja muutosnopeus on suoraan verrannollinen staattorijännitevektorin pituuteen. Valitsemalla sopivat jännitevälipiirillisen suuntaajan kytkentäkombinaatiot pystytään staattorivuota muuttamaan haluttuun suuntaan.



Kuva 9. Kytkentäkombinaatiot ja -sektorit. /11/

Kuvasta 9 huomataan erilaisia kytkentäkombinaatioita ja niiden muodostamia jännitevektoreita olevan 6. Näiden lisäksi kytkentäkombinaatioita on 111 ja 000 (+++ ja ---), jotka antavat jännitevektorille arvon nolla, eli säädössä käytettäviä avaruusvektoreita on yhteensä 8. Nollajännitteellä staattorivuovektori pysyy paikallaan. Valitsemalla kytkentävektori, joka osoittaa eniten haluttuun vuon muutossuuntaan, saadaan muutos tapahtumaan nopeimmalla mahdollisella tavalla.



Kuva 10. Staattorivuovektorin säätö. /5/

Kuvassa 10 on esitetty staattorivuovektorin säätö. Staattorivuovektori muuttuu aina jännitevektorin suuntaan hyppäyksellisesti kytkentäkombinaation muuttuessa ja vuon muutos voidaan laskea likimain yhtälöllä

$$\overline{\Delta\Psi_s} = \overline{U_x} \cdot \Delta t \qquad (3)$$

jossa $\overline{U_x}$ vastaa käytettävää jännitevektoria ja Δt on muutokseen kuluva aika. Kuvassa olevat U1 – U6 jännitevektorit vastaavat aikaisemmin esitettyjä kytkentäkombinaatioita, vuo muuttuu aina valitun jännitevektorin suuntaan.

Kuvassa 9 nähdään vuoympyrän sektorit. Sektoreita on 6 ja ne on jaettu 60°:n välein. Taulukossa 5 on esitetty sektorit ja kytkentäkombinaatiot, joita optimaalisen säädön onnistumiseksi käytetään staattorivuon paikan siirtämiseksi halutun käämivuonmuutoksen perusteella.

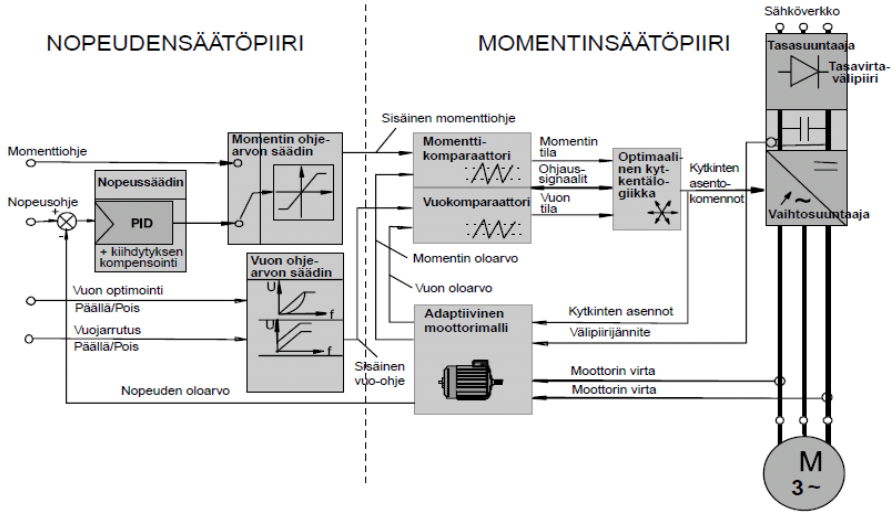
Taulukko 5. Jännitevektorin valinta käämivuon sijainnin ja halutun käämivuomuutoksen perusteella.

Staattorivuon pyörimissuunta	Staattorivuon itseisarvon muutos	k0	k1	k2	k3	k4	k5
Myötäpäivään	Pienennys	001	101	100	110	010	011
Myötäpäivään	Kasvatus	101	100	110	010	011	001
Vastapäivään	Pienennys	010	011	001	101	100	110
Vastapäivään	Kasvatus	110	010	011	001	101	100
0	0	111 / 000	111 / 000	111 / 000	111 / 000	111 / 000	111 / 000

DTC-säädössä käytetään 25 µs kytkentöjen laskentataso, joka on käytännössä nopeampi kuin moottorin sähköiset aikavakiot. Tämän johdosta menetelmällä saavutetaan erittäin nopea vääntömomentti. /1/, /9/

4.5.4 Staattorivuon hystereesisäätö

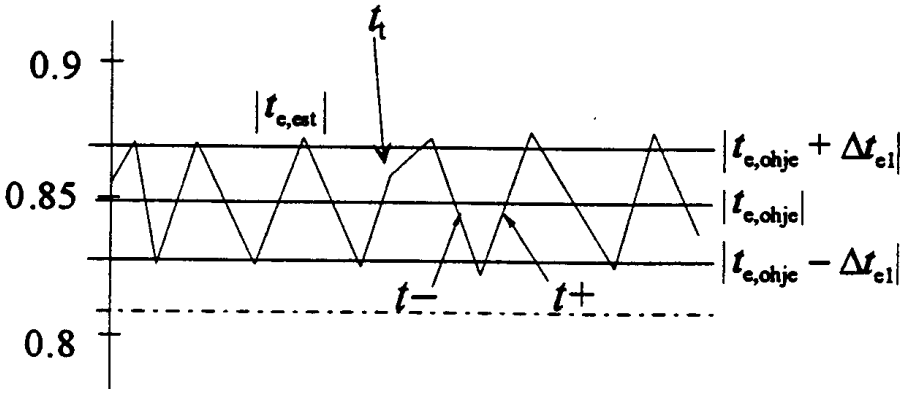
Staattorivuon kontrolloiminen DTC:ssä toteutetaan hystereesisäädön avulla. Jokaisella säätökerralla vaihtosuuntaajaan kytkimiä pyritään ohjaamaan siten, että staattorivuo ja tuotettu sähköinen vääntömomentti pysyy asetettujen hystereesinauhojen sisällä, ja samalla vuon itseisarvo pysyy halutun hystereesin sisällä.



Kuva 11. DTC-säädön lohkokaavio. /1/

Kuvassa 11 on esitetty DTC-säädön lohkokaavio, jossa nähdään säädön toteutus. Säädössä käytettävät osat ovat momenttikomparaattori ja vuokomparaattori. Momenttikomparaattori seuraa sisäistä momenttiohjetta ja vuokomparaattori vuon muutosta.

Moottorin vääntömomenttiohje toteuttamiseksi roottori- ja staattorivuon välistä kulmaa säädetään asianmukaisella tavalla. Jos esimerkiksi staattorivuo pyörii vastapäivään ja vääntömomenttia halutaan kasvattaa, täytyy valita jännitevektori, joka mahdollisimman nopeasti kiertää vuota vastapäivään. Vastaavasti, kun moottorin vääntömomenttia halutaan pienentää, valitaan jännitevektori, joka ei kuljeta staattorivuota myötäpäivään tai pysäytetään staattorivuovektori nollajännitevektorilla. Näin ollen saadaan kulma γ pienenemään tai kasvamaan halutulla tavalla ja moottorin vääntömomentti laskee tai nousee kulman muutoksen mukaan.



Kuva 12. Momentin hystereesisäätö. /9/

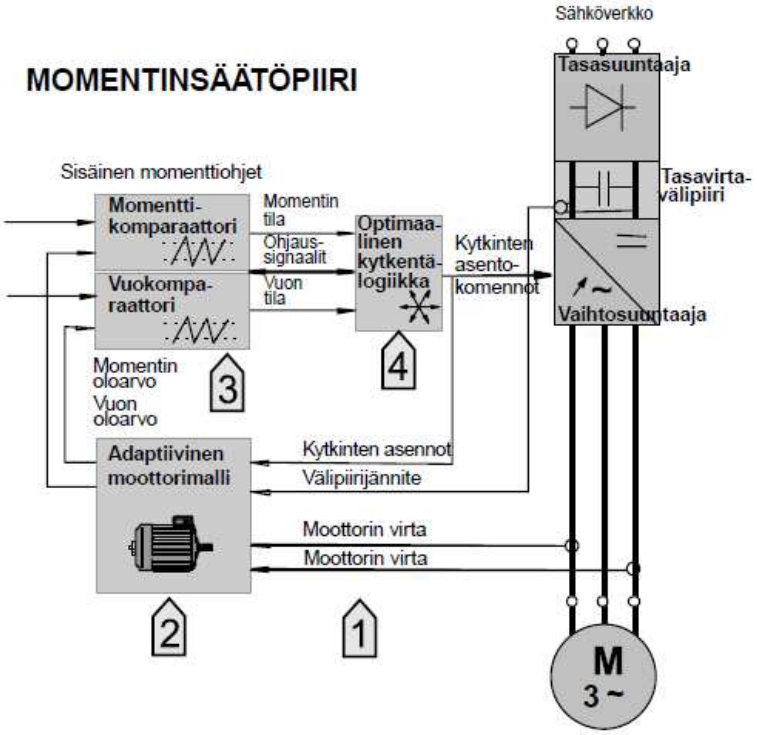
Vuon itseisarvon hystereesisäätö huolehtii siitä, että vuon suuruus pysyy haluttujen rajojen sisällä. Tällöin kytkentäkombinaatiota saatetaan joutua korjaamaan, vaikka momentti olisikin halutuissa rajoissa. Tällainen tilanne on esimerkiksi kuvan 12 kohdassa t_t.

DTC-säädön onnistumiseksi on staattorivuon paikka pystyttävä paikantamaan koko ajan. Vektorin paikka pystytään paikantamaan mittaamalla staattorivirta ja mittaamalla tai laskemalla kytkentäkombinaation staattorijännite. Lisäksi

taajuusmuuttajan täytyy laskea moottorin ID-ajosta saadun konemallin avulla moottorin staattoriresistanssi. Kun staattorivuon paikka on selvitetty, voidaan moottorin momentin tarpeen perusteella valita sopiva kytkentäkombinaatio, jolla staattorivuota ohjataan hystereesirajojen sisällä. /1/, /9/

4.5.5 Momenttisäätöpiiri

Momenttisäätöpiirin toiminta voidaan jakaa neljään vaiheeseen, vaiheet 1-4 kokonaissäädössä, kuvan 13 mukaisesti.



Kuva 13. Momenttisäätöpiirin lohkokaavio. /1/

Ensimmäisessä vaiheessa kahta moottorivirran vaihetta ja välipiirin jännitettä mitataan yhdessä taajuusmuuttajan kytkimen asentojen kanssa.

Toisessa vaiheessa moottorista saadut mittaustulokset käsitellään adaptiivisen moottorimallin avulla. Moottorimallin tarkkuuden ansiosta moottorin tarkat tiedot voidaan laskea. Ennen DTC-käytön käynnistämistä moottorimalliin syötetään

tiedot, jotka saadaan moottorin ID-ajon aikana. Tätä kutsutaan automaattiviritykseksi, ja sen aikana määritellään mm. staattorin vastus, keskinäisinduktanssi, kyllästymisvakiot ja moottorin hitausmomentti. Moottorimalli virittyy erittäin tarkasti, kun ID-ajossa pyöritetään myös moottorin akselia muutaman sekunnin ajan. Akselin nopeutta tai asentoa ilmoittavaa takometriä tai anturia ei säädössä tarvita, mutta takometriä käytettäessä saadaan nopeussäädön staattista ja dynaamista tarkkuutta parannettua huomattavasti.

Kolmannessa vaiheessa moottorin virtakytkimien käyttämiseen tarvittavat tiedot tuotetaan momentti- ja vuokomparaattorissa. Momentin ja vuon oloarvot syötetään komparaattoreille, joissa niitä verrataan 25 mikrosekunnin välein momentin ja vuon ohjearvoihin. Momentin ja vuon tilasignaalit lasketaan kaksitasoisen hystereesisäätömenetelmän avulla. Nämä signaalit syötetään optimaaliseen kytkentälogiikkaan.

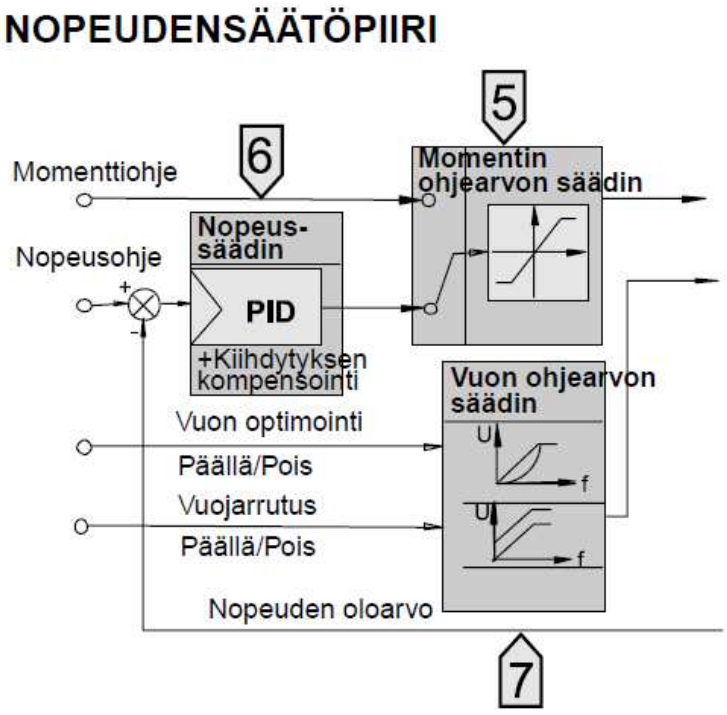
Neljännessä vaiheessa optimaalisessa kytkentälogiikassa vaihtosuuntaajan puolijohteiden kytkentäjärjestyksen määrittää 40 MHz:n taajuudella toimiva digitaalisignaaliprosessori (DSP) sekä ASIC-piiri. Tämän lisäksi kaikki säätösignaalit johdetaan optisten kuitujen avulla tiedonsiirron nopeuttamiseksi. Järjestelyn ansiosta tietojen käsittelynopeus on niin suuri, että vaihtosuuntaajan puolijohdekytkimille voidaan johtaa optimaalipulssi joka 25. mikrosekunti, moottorin tarkan momentin saavuttamiseksi tai ylläpitämiseksi. Oikea kytkentäkombinaatio määritetään joka säätökierroksella. Ennalta määritettyä kytkentäkombinaatiota ei ole.

Moottorin tärkeimmät säätösuureet päivitetään 40 000 kertaa sekunnissa, jolloin akselille saavutetaan erittäin nopea vaste.

Momenttisäätöpiirin lohkokaaviosta huomataan modulaattorin puuttuvan. Tekniikassa optimaalinen kytkentälogiikka hoitaa vaihtosuuntaajan puolijohdekytkimien ohjauksen. /1/

4.5.6 Nopeussäätöpiiri

Nopeussäätöpiirin toiminta voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen, vaiheet 5-7 kokonaissäädössä, kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Nopeussäätöpiirin lohkokaavio. /1/

Vaiheessa 5 sisäinen momenttiohje johdetaan momentin ohjearvon säätimen kautta momenttikomparaattorille. Momentin ohjearvon säätimessä nopeussäädön lähtöarvoja rajoittavat asetetut momenttirajat ja vaihtosuuntaajan välipiirin DC-jännite.

Vaiheessa 6 on nopeussäädin. Nopeussäädin koostuu PID-säätimestä ja kiihdytyskompensaattorista. Ulkoista nopeusohjetta verrataan moottorimallista saatavaan nopeuteen. Näiden eroarvo johdetaan PID-säätimeen kautta signaalina momentin ohjearvon säätimelle. Kiihdytyskompensaattorilla lasketaan nopeusohjeen muutokset. Muutoksien vaikutus lisätään suoraan PID-säätimen ulostuloon.

Vaiheessa 7 staattorin vuon todellinen arvo syötetään vuon ohjearvon säätimestä vuokomparaattoriyksikköön. /1/, /9/

4.5.7 DTC-tekniikan edut ja haitat

DTC-tekniikan etuina muihin säätöperiaatteisiin nähden voidaan pitää poikkeuksellisen hyviä dynaamisia suoritusarvoja, joista monet saavutetaan ilman akselin asennon tai nopeuden tarkkailuun käytettävää anturia tai takometriä. Tekniikan avulla tyypillinen momentin vasteaika on 1-2 ms alle 40 Hz:n taajuuksilla, kun taas anturilla varustettujen vuovektorisäädettyjen käyttöjen ja tasavirtakäyttöjen tyypillinen vasteaika on 10–20 ms:a.

Taajuuden ja jännitteen säätöön ei tarvita modulaattoria, kuten PWM-käytöissä, koska momenttia ja vuota säädetään suoraan. Näin ollen säätövaiheiden määrä vähenee ja käytön momenttivaste nopeutuu huomattavasti.

DTC-tekniikkaan liittyy energiaasäästävä ominaisuus, jota kutsutaan moottorin vuon optimoinniksi. Tämän ominaisuuden avulla koko käytön (eli säätöyksikön ja moottorin) hyötysuhde paranee huomattavasti puhallin- ja pumppusovelluksissa. Esimerkiksi 25 %:n kuormituksella kokonaishyötysuhde paranee parhaimmillaan 10 %:a. 50 %:n kuormituksella kokonaishyötysuhteen parannus saattaa olla 2 %:n luokkaa.

Tekniikan huonoina puolina voidaan pitää korkeaa vääntömomentin rippeliä. Tästä johtuen moottorin vääntömomentti ei asetu oikeaan arvoon, vaan se tekee pientä liikettä vaaditun arvon ylä- ja alapuolella.

DTC-säädössä joudutaan käytettyjen puolijohdekytkimien, IGBT:den, kytkentätaajuutta muuttamaan koko ajan. Tämän seurauksena aiheutetaan suuritaajuisia häiriöitä, joilta ei voida ennalta suojautua, koska optimaalisen kytkentälogiikan käyttämää kytkentäkombinaatiota ei voida ennakoida. /1/, /9/

5 MITOITUS

5.1 Yleistä

Järjestelmän tarvittavien osien, kuten moottoreiden ja taajuusmuuttajien mitoitus lähtee liikkeelle tarvittavan tehoalueesta, muuntajasta T1 saatavasta jännitteestä, koestettavien moottoreiden pyörimisnopeudesta ja tahtigeneraattorin näennäistehosta. Vanhasta muuntajasta T1 saadaan toisiopuolelta 400 V:n jännite, joten järjestelmän syöttöyksikkö tullaan valitsemaan 400 V toimintajännitteelle. Käytettävien invertterien syöttöjännite valitaan myös 400 V:n suuruiseksi. Moottorit tullaan mitoittamaan 400 V:n nimellisjännitteellä ja 50 Hz:n nimellistaajuudella.

Mitoituksessa järjestelmä suunnitellaan tuottamaan 300 kW:n teho koestettavalle moottorille pyörimisnopeuksien ollessa 1500 ja 3000 rpm. Järjestelmän mitoituksessa on kuitenkin pienillä pyörimisnopeuksilla tehon maksimiarvoa jouduttu rajoittamaan, koska momentin tarve kasvaa suureksi pyörimisnopeuksien ollessa pieniä. Tämän seurauksena jarrugeneraattori jouduttaisin ylimitoittamaan tuottamaan tarvittava momentti pienillä pyörimisnopeuksilla. Tämä rajoitus ei kuitenkaan ole koestuskentälle ongelma, koska muista koestuspaikoista saadaan aikaan suuria momentteja.

Mitoituksessa moottorit tullaan mitoittamaan B luokan lämpenemäluokkaan.

5.2 Vetomoottori

Tahtigeneraattorin vetomoottorin mitoitus lähtee liikkeelle tahtigeneraattorin näennäistehosta. Tahtigeneraattorin näennäisteho S_N = 500 kVA. Tehokertoimen ja hyötysuhteen arvoja ei ole tiedossa, joten mitoituksen oletuksena käytetään tahtigeneraattorin tehokertoimeksi, cos φ_N arvoksi 0,8 ja hyötysuhteen, η_N arvoksi 0,9. Yhtälö, jolla voidaan laskea tahtigeneraattorin nimellisteho, on

$$P_{N1} = S_N \cdot \cos\varphi_N \tag{4}$$

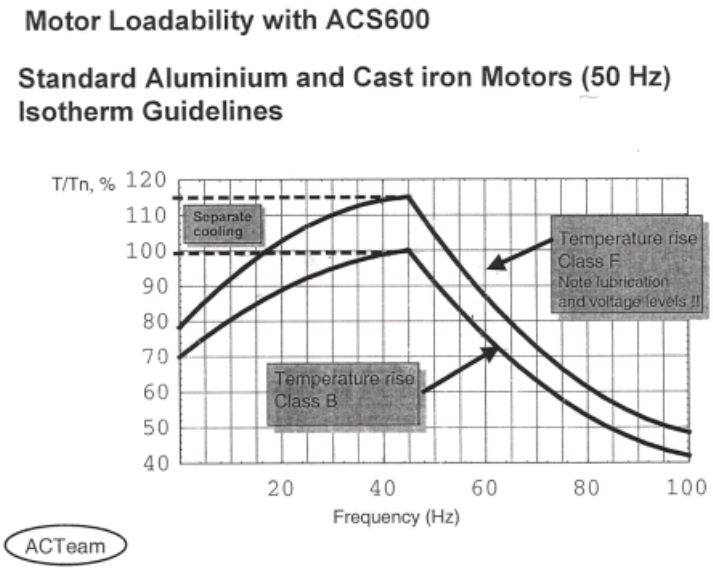
Sijoittamalla arvot yhtälöön voidaan laskea tahtigeneraattorin nimellisteho P_{N1} arvoksi 400 kW:a. Tehokertoimen arvolla 1, jolloin kuorma olisi pelkästään resistiivistä, saadaan tahtigeneraattorin nimellistehoksi 500 kW:a. Moottorikuorma on kuitenkin aina induktiivista, joten tehokertoimen oletusarvo 0,8, on tähän mitoitukseen sopiva.

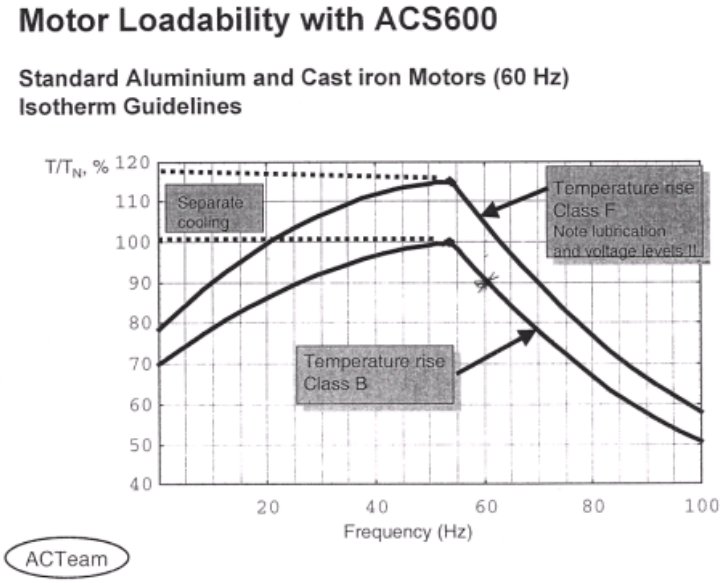
Hyötysuhteen avulla voidaan laskea tahtigeneraattorin tarvitseman akselitehon suuruus. Yhtälöllä

$$P_{aks} = \frac{P_{N1}}{\eta_N} \tag{5}$$

saadaan tarvittavaksi akselitehoksi, P_{aks} arvoksi 445 kW:a.

Koska käytössä tulee olemaan taajuusmuuttajakäyttö, joudutaan kuormituskäyrän mukainen jatkuvan kuormitettavuuden arvo T/T_N ottamaan mitoituksessa huomioon. Kuvassa 15 on esitetty ACS600-sarjan taajuusmuuttajakäytön kuormituskäyrä, joka on samanlainen ACS800-sarjan taajuusmuuttajilla.





Kuva 15. ACS600 taajuusmuuttajakäytön kuormitettavuuskäyrä. /3/

Tahtigeneraattoria tullaan ajamaan 50 ja 60 Hz:n alueella, joten kuvasta 15 otetaan näiden taajuuksien T/T_N arvo. Molemmissa tapauksissa arvo on sama, joten käytetään $T/T_N = 0{,}9$. T/T_N arvon avulla pystytään laskemaan tarvittava teho, jonka tahtigeneraattorin vetomoottori pitää pystyä syöttämään. Yhtälöllä

$$P_1 = \frac{P_{aks}}{0{,}9} \tag{6}$$

saadaan tehon P_1 suuruudeksi 495 kW:a.

Jos taajuusmuuttajalla on asetettu alueeksi 50 Hz:n kentänheikennyspiste ja tahtimoottori halutaan tuottamaan 60 Hz:ä, joudutaan vetomoottoria ajamaan suuremmalla taajuudella, jolloin sen jatkuvan kuormitettavuuden T/T_N arvo heikkenee. Tässä tapauksessa T/T_N arvo olisi 50 Hz:n kuormitettavuuskäyrästä katsottuna 0,75. Ilman kentänheikennyspisteen muuttamista jatkuva kuormitusmomentti tulisi olla 15 %:a pienempi, mutta toisaalta, jos halutaan kuormittaa samantehoisia moottoreita, niin 60 Hz:n vastaavalla nopeudella nimellismomentti on 20 % pienempi, joten kentänheikennyspistettä ei tarvitse muuttaa.

Tahtigeneraattorin nimellisnopeus on 1500 rpm, joten valitaan tahtigeneraattorin vetomoottorin napapariluvuksi 2.

Lasketun tehotarpeen ja päätetyn napapariluvun perusteella valitaan tahtigeneraattorin vetomoottoriksi M3BP 355 LKA 4-moottori, jonka nimellisteho on 500 kW:a. Liitteessä 4 on esitetty valitun moottorin sähköiset arvot 50 Hz:n taajuudella syöttöjännitteen ollessa 400 V:a.

Tahtigeneraattorin magnetointia muuttamalla saadaan koestettavalle moottorille erilaisia jännitteitä, joten vetomoottorin mitoituksessa näitä ei tarvitse ottaa huomioon.

Koska käytössä on taajuusmuuttajakäyttö, on moottoriin suunniteltaessa lisättävä eristetyt N-pään laakerit. Erillistuuletin tulee lisätä moottoriin. Kuvassa 15 esitetyssä kuormitettavuuskäyrässä huomataan pienillä pyörimisnopeuksilla erillistuulettimen parantavan moottorin kuormitettavuutta, koska erillistuulettimella pystytään moottorin lämpötilaa laskemaan. Myös konehuoneen lämpötilaa ajatellen, tulisi moottori varustaa erillistuulettimella. Erillistuuletin tulee liittää moottorin rungon yläosaan, jolloin voidaan ilmastointiputkien avulla puhaltaa kylmää ilmaa erillistuulettimella moottorin rungolle. Moottori tulee varustaa PT100-antureilla käämityksen ja laakereiden lämpötilan seuraamisen vuoksi. Liittämällä pulssitakometri moottoriin, voidaan vetomoottorin pyörimisnopeutta tarkkailla ja säädön vasteaikaa parantaa.

5.3 Jarrugeneraattori

Jarrugeneraattorin mitoitus lähtee liikkeelle koestettavien moottoreiden tehoalueesta. Lähtökohtana on kapasiteetin tarve 300 kW:a suurilla pyörimisnopeuksilla, jolloin koestettava moottori on 1 tai 2 napapariluvun moottori. Pienemmillä pyörimisnopeuksilla 3 ja 4 napapariluvun moottoreilla, koestettavien moottoreiden tehoalue saa jäädä pienemmäksi.

Koestettavien moottoreiden synkroninopeudet 50 Hz:n taajuudella vaihtelevat 750, 1000, 1500 ja 3000 rpm moottorin napaparin mukaan. 60 Hz:n taajuudella vastaavat pyörimisnopeudet ovat 900, 1200, 1800 ja 3600 rpm samoilla napapariluvuilla. Ylinopeuskoestuksessa, jarrugeneraattorin on kyettävä pyörittämään koestettavaa moottoria 1,2 kertaa moottorin synkroninopeus, eli pahimmassa tilanteessa n. 4300 rpm 60 Hz:n taajuudella. Ylikuormitus koestuksessa jarrugeneraattorin on kyettävä tuottamaan koestettavalle moottorille 1,6 kertainen vastamomentti. Normaalisti koestettavia moottoreita ei tulla pyörittämään alle nimellisnopeuden.

Jarrugeneraattorin napapariluvuksi valitaan 2, jolloin moottorin nimellinen pyörimisnopeus on 1500 rpm. Valitsemalla napapariluvun 2 moottori, saadaan taajuusmuuttajakäytössä likimain vakioteho kaikille yli 1500 rpm:n nopeuksilla. Tällöin käyttö on helppo mitoittaa siten, että haluttu 300 kW:a saadaan myös 3000 rpm:n moottorilla. Jos valittaisi napapariluvun 3 tai 4 moottori, jouduttaisi jarrugeneraattori ylimitoittamaan pienempien nimellismomenttiarvojen takia. Napapariluvun 3 moottorin nimellispyörimisnopeus on 1000 rpm ja napapariluvun 4 moottorin 750 rpm. Näiden moottoreiden osalta haluttaessa pyörittää koestettavaa moottoria 3000 rpm, jouduttaisin syötettävä taajuus kasvattamaan todella suureksi, jolloin jatkuvan kuormitettavuuden arvo, T/T_N jäisi todella pieneksi kuvassa 15 olevan ACS600 kuormituskäyrän perusteella.

Mitoitus aloitetaan koestettavien moottoreiden suurimman pyörimisnopeuden pohjalta, jolloin koestettavan moottorin napapariluku on 1. Yhtälöllä

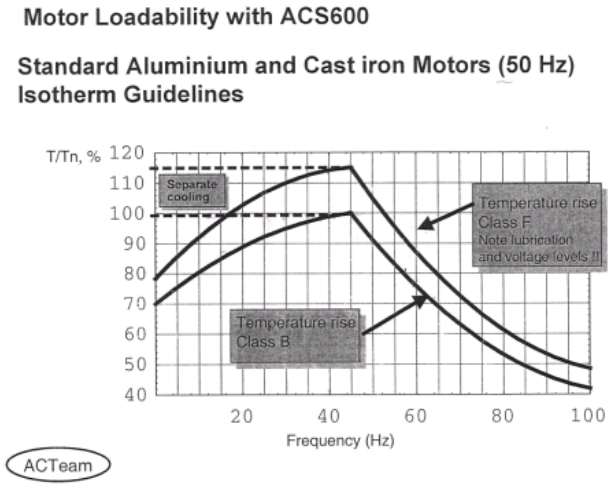
$$M_{N_{verkko1}} = \frac{P_{N2}}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{n_1}{60} \right)} \tag{7}$$

saadaan koestettavan moottorin nimellismomentti verkkokäytössä. Yhtälöön asetetaan P_{N2}:n arvoksi 300 kW:a ja n_1:n arvoksi 2985 rpm. n_1:n arvona on käytetty synkroninopeutta, joka moottoriluettelosta 1 napaparin 300 kW:n moottorille löytyy. Sijoittamalla arvot yhtälöön saadaan koestettavan moottorin verkkokäyttöön nimellismomentiksi $M_{Nverkko1}$:n arvoksi 960 Nm:ä.

Koska käytössä on taajuusmuuttajakäyttö ja jarrugeneraattoria joudutaan syöttämään yli 50 Hz:n taajuudella pyörimisnopeuden ollessa suuri, on taajuusmuuttajakäytön jatkuva kuormitettavuus otettava huomioon. Syötettävä taajuus, jolla taajuusmuuttajalla syötetään jarrugeneraattoria, voidaan laskea yhtälöllä

$$f_1 = p_1 \cdot \left(\frac{n_2}{60} \right) \tag{8}$$

Yhtälöön asetetaan p_1:n arvoksi 2 ja n_2:n arvoksi 3000 rpm. Yhtälöstä saadaan f_1:n arvoksi 100 Hz:ä. Kuvassa 16 on esitetty ACS600-taajuusmuuttajakäytön 50 Hz:n kuormitettavuuskäyrä.



Kuva 16. ACS600-taajuusmuuttajakäytön kuormitettavuuskäyrä 50 Hz. /3/

50 Hz:n kuormituskäyrältä saadaan T/T_N arvoksi 0,43. Taajuusmuuttajakäytön nimellismomentti M_{Ntamu1} 300 kW:n koestettavalle moottorille, saadaan yhtälöllä

$$M_{N_{tamu1}} = \frac{M_{N_{Verkko1}}}{0,43} \tag{9}$$

Sijoittamalla arvot yhtälöön saadaan taajuusmuuttajakäytön nimellismomentiksi koestettavan moottorin napapariluvun ollessa 1, 2233 Nm:ä.

Laskemalla kuten aikaisemmin, saadaan koestettavan moottorin, jonka napapariluku on 2, verkkokäytön nimellismomentti $M_{Nverkko2}$ arvo laskettua yhtälöllä

$$M_{N_{Verkko2}} = \frac{P_{N2}}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{n_3}{60} \right)} \tag{10}$$

Yhtälöön asetetaan P_{N2}:n arvoksi 300 kW:a ja n_3 arvoksi 1480 rpm. Sijoittamalla arvot yhtälöön saadaan $M_{Nverkko2}$ arvoksi 1935 Nm:ä.

Koska koestettavan moottorin napapariluku on 2, on syöttötaajuus 50 Hz. Kuvan 16 50 Hz:n kuormituskäyrästä saadaan jatkuvan kuormitettavuuden T/T_N arvoksi 0,9. Laskemalla yhtälöllä

$$M_{N_{tamu2}} = \frac{M_{N_{Verkko2}}}{0,9} \tag{11}$$

saadaan taajuusmuuttajakäytön nimellismomentiksi, koestettavan moottorin napapariluvun ollessa 2 2150 Nm:ä.

Mitoituksen lähtökohtana oli kapasiteetin tarve 300 kW:a suurilla pyörimisnopeuksilla, jolloin koestettavan moottorin napapariluku on 1 tai 2. Laskettujen nimellismomenttien ja päätetyn napapariluvun perusteella, voidaan

tässä vaiheessa valita jarrugeneraattoriksi M3BP 355 SMC 4-moottori, jonka nimellisteho on 355 kW:a. Liitteessä 5 on esitetty valitun moottorin sähköiset arvot 50 Hz:n taajuudella syöttöjännitteen ollessa 400 V:a.

Jos tehovaatimus pidettäisiin koestettavien moottoreiden napapariluvun 3 ja 4 osalta samana, tulisi ongelmia. Yhtälöstä

$$P_N = 2 \cdot \pi \cdot n_N \cdot M_N \tag{12}$$

huomataan pyörimisnopeuden laskiessa moottorin nimellismomentin kasvavan moottorin tehon pysyessä samana. Tämän seurauksena jouduttaisin jarrugeneraattori ylimitoittamaan koestettavien moottoreiden nimellismomenttien ollessa suurempia. Yksi vaihtoehto korjata tilanne olisi lisätä vaihdelaatikko koestettavan moottorin ja jarrugeneraattorin väliin jonka seurauksena pystyttäisin vaihdelaatikon momenttisuhteella pienentää momentintarvetta jarrugeneraattorilta. Vaihdelaatikon lisääminen ei kuitenkaan ole vaihtoehto, koska se ei mahdu fyysisiltä mitoiltaan koestuskentälle. Koska muista koestuspaikoista saadaan aikaan suuria momentteja, voidaan pienen pyörimisnopeuden moottorit koestaa niillä paikoilla.

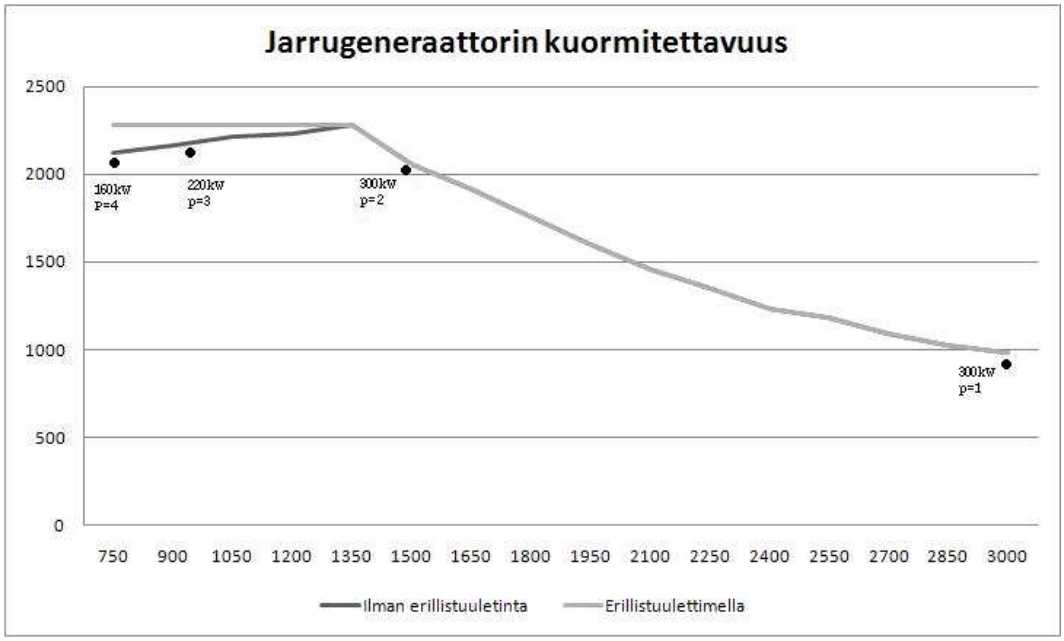
Napapariluvun 3 ja 4 osalta voidaan tehdä tarkastelu tehoalueesta, jolla moottoreita pystytään koestamaan. Tarkastelun apuna käytetään valitun jarrugeneraattorin momenttikäyrää. Piirretyn momenttikäyrän avulla voidaan luettelosta tutkia napapariluvun 3 ja 4 moottoreiden teho, johon saakka jarrugeneraattori pystyy tuottamaan tarpeeksi momenttia. Päätetyn jarrugeneraattorin nimellismomentin perusteella voidaan ACS600-kuormituskäyrän pohjalta piirtää jarrugeneraattorin momenttikäyrä taajuusmuuttajakäyttöön eri pyörimisnopeuksilla. Laskemalla kuormitettavuuskäyrästä saatavan T/T_N arvon perusteella, saadaan eri pyörimisnopeuksien momentit yhtälöllä

$$M = \frac{M_N}{x_1} \tag{13}$$

jossa x_1 on eri taajuuksien T/T_N arvo ja M_N on valitun moottorin nimellismomentti. Nopeus saadaan laskettua käytettävän taajuuden pohjalta yhtälöllä

$$n = \frac{(x_2 \cdot 60)}{p} \tag{14}$$

jossa x_2 on valittu taajuus ja p on valitun jarrugeneraattorin napapariluku, eli tässä tapauksessa 2. Kuvassa 17 on esitetty jarrugeneraattorin momenttikäyrä eri pyörimisnopeuksilla. Kuvaan on myös sijoitettu eri napaparilukujen tehojen nimellismomenttipisteet.



Kuva 17. Jarrugeneraattorin kuormitettavuus eri pyörimisnopeuksilla.

Kuvasta 17 huomataan valitun jarrugeneraattorin tuottavan tarpeeksi momenttia napapariluvun 1 ja 2 moottoreille koestettavien moottoreiden tehon ollessa 300 kW:a. Napapariluvun ollessa 3, pystyy jarrugeneraattori tuottamaan tarpeeksi momenttia 220 kW:n koestettavalle moottorille ja napapariluvun ollessa 4 päästään 160 kW:n saakka.

Kuvissa 16 ja 17 huomataan erillistuulettimen lisäävän taajuusmuuttajalla ajettavan moottorin kuormitusta taajuuksien ollessa pieniä. Katsomalla kuvan 16

kuormituskäyrää saadaan 50 Hz:n alueelta, ilman erillistuuletinta, 33 Hz:n ja 25 Hz:n taajuudella T/T_N arvoiksi 0,96 ja 0,93. Koska moottoreita ajetaan normaalisti nimellisnopeuksilla, liittämällä erillistuuletin jarrugeneraattoriin ei saavuteta parhaimmillaan kuin 7 %:n parannus kuormitettavuuteen. Mahdollisia erikoistilanteita koestuksissa, moottorin ja konehuoneen lämpötilaa ajatellen, tulisi erillistuuletin liittää moottoriin. Erillistuuletin tulisi liittää moottorin päälle, kuten vetomoottorin tapauksessa.

Kuten vetomoottori, tulisi jarrugeneraattori varustaa eristetyllä N-pään laakerilla, PT 100-antureilla ja pulssitakometrillä.

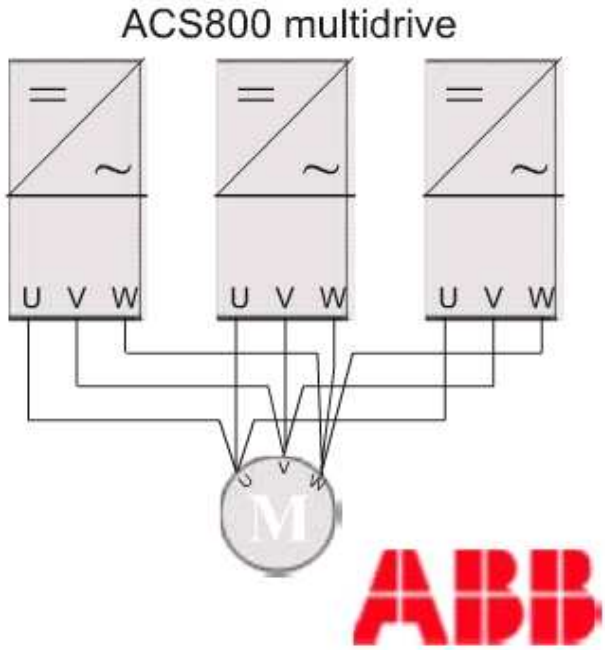
Valittu moottori on napapariluvun 2 moottori, joten sen runkokoon standardi laakerointi on suunniteltu kestämään vain n. 2000 rpm. Moottorin suunnittelussa täytyy moottoriin liittää napapariluvun 1 moottorin laakerointi, joka kestää yli 4000 rpm:n pyörimisnopeuden ja tarvittavan momenttirasituksen. Laakeroinnin valinta voi aiheuttaa kuitenkin ongelmia akselin valintaan. Normaaleja laakereita käytettäessä halkaisija on suurempi kestävämmillä laakereilla, mikä taas rajoittaa akselin halkaisijaa. Suunnittelussa täytyy valita sellainen akseli, joka kestää tarvittavan rasituksen ja on halkaisijaltaan sopiva laakeroinnin kanssa.

5.4 Multidrive-järjestelmän mitoitus

5.4.1 Ohjausyksiköt

Ohjausyksikön invertterit perustuvat malliin ACS800-107. Perusmallista on saatavilla erilaisia tyyppivaihtoehtoja tehon tarpeen pohjalta. Liitteestä 6 olevasta taulukosta näemme 400 V:n alueella olevan saatavilla 28 eri mallia.

Moduuleita voidaan liittää yhteen, esimerkiksi 3 moduulia rinnan. Käytettäessä 3 moduulia, kytketään inverttereiden ulostulot jokaiselle moottorin vaiheelle. Kun tämä tehdään jokaisella invertterimoduulilla, saadaan jokaiselle moottorin vaiheelle yhteensä 3 syöttöä. Kuvassa 18 on esitetty kyseinen periaate.



Kuva 18. Moottoria ohjaavat invertterit. /6/

Tällä tavalla suoritettu ohjaus mahdollistaa moottorin ajon pienemmällä teholla tilanteissa, jolloin yksi invertterimoduuleista on vioittunut vikatilanteessa. Kyseistä periaatetta käytetäänkin paljon rullainkäytöissä, jolloin rullarata ei saa missään tapauksessa pysähtyä.

Normaalissa käytössä 400 kW:n tehoon saakka ohjaukset toteutetaan 1 moduulilla. Tehon kasvaessa yli 400 kW:a, joudutaan käytettävien moduuleiden määrää kasvattamaan tehon suuruuden seurauksena.

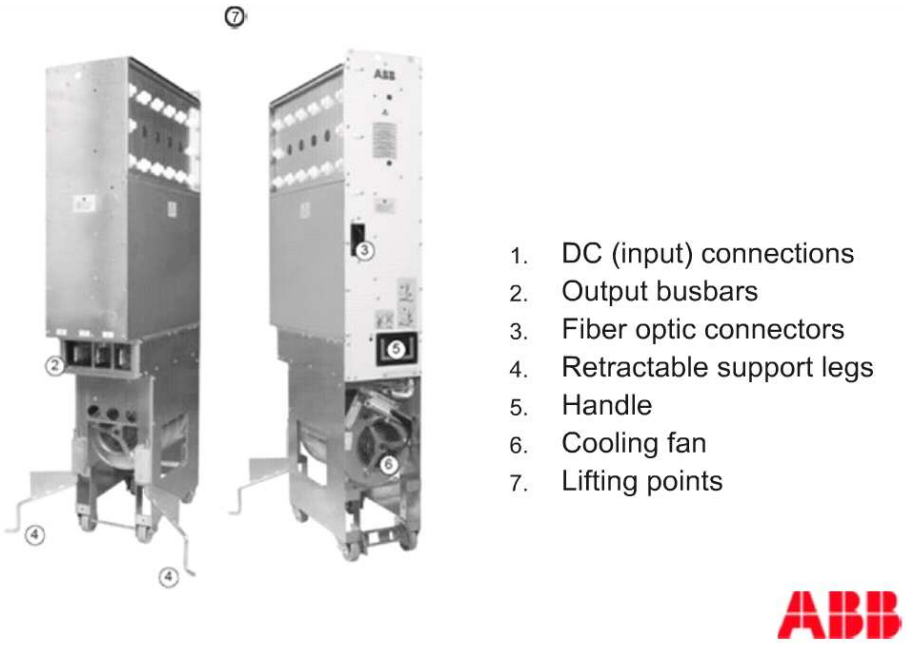
Tahtigeneraattorin vetomoottori ja jarrugeneraattorit tarvitsevat molemmat oman ohjausyksikön. Ohjausyksikön valinta perustuu tehon tarpeeseen. Aikaisemmassa vaiheessa päättötyötä mitoitettiin vetomoottorin nimellistehoksi 500 kW:a ja jarrugeneraattorin nimellistehoksi 355 kW:a. Liitteestä 6 valitaan tahtigeneraattorin vetomoottorin invertterityypiksi ACS800-107-0770-3, jonka tehon antokyky on 630 kW:a, ei ylikuormitus alueella. Invertteri voidaan ottaa tämän tehon mukaan, koska tahtigeneraattoria tullaan ajamaan nimellisnopeuksilla, jolloin tahtigeneraattori saa tuotettua 50 tai 60 Hz:n taajuuden koestettavalle moottorille. Koko moduuli, joka vetomoottorille valitaan, on tyyppiä ACS800-104-0390-3 ja niitä tarvitaan 2.

Jarrugeneraattorin invertterityypiksi valitaan liitteestä 6 ACS800-107-0510-3, jonka tehonantokyky on 400 kW:a, pienessä ylikuormitustilanteessa. Koko moduuli, joka jarrugeneraattorille valitaan, on tyyppiä ACS800-104-0510-3. Moduuleja tarvitaan 1.

Tasasähkösulakkeet inverttereille valitaan liitteessä 7 olevan taulukon perusteella. Taulukossa on ilmoitettu käytettävä invertterityyppi ja sille tarvittava sulakekoko. Taulukosta valitaan vetomoottorin invertterien ACS800-107-0770-3 sulakkeiksi Bussmannin valmistama 170M8547-sulake ja niitä tarvitaan 4 yhtä invertteriä kohden. Jarrugeneraattorin invertterien ACS800-107-0510-3 sulakkeiksi valitaan samasta taulukosta tyypin 170M8550-sulake. Niitä tarvitaan 2 yhtä invertteriä kohden.

Molemmissa tapauksissa käytettävien invertterimoduulien runkokoko on R8i. Liitteessä 8 on nähtävissä invertterimoduulien R8i yleinen piirikaavio, latauspiiri Ri8 ja 2*R8i osalta sekä molempien tapauksessa I/O ja ohjauspiirikaaviot. /6/ /7/

Kuvassa 19 on esitetty R8i invertterimoduulin yleiskuva.



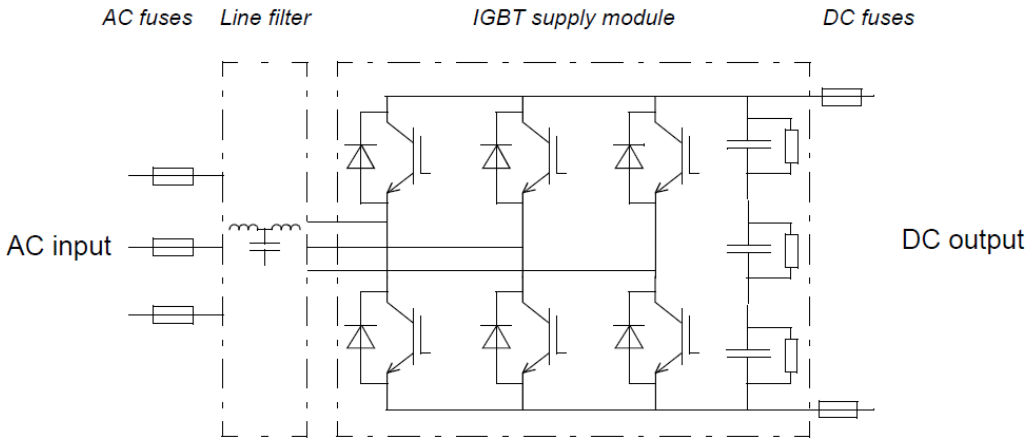
Kuva 19. R8i invertterimoduulin yleiskuva. /6/

5.4.2 Syöttöyksikkö

Syöttöyksiköksi on valittavissa 3:lla eri puolijohdetekniikalla toteutettuja yksiköitä, DSU, TSU tai ISU.

Tähän sovellukseen ISU-tekniikalla valmistettu syöttöyksikkö on paras valinta, koska sen avulla tehon suuntaa pystytään vaihtamaan verkkoon tai kuormaan päin. Verrattuna DSU-tekniikalla valmistettuun syöttöyksikköön, vältytään ISU-tekniikan avulla suurilta yliaaltovirroilta, syötettävään verkkoon päin, LCL-filtterin avulla. TSU-tekniikkaan perustuvaa syöttöyksikköä käytettäessä, olisi tehoalueen alaraja melko suuri, joten se ei olisi hyvä valinta tähän sovellutukseen.

Valitsemalla ISU-tekniikalla toteutettu syöttöyksikkö, joka kuuluu sarjaan ACS800-207, on järjestelmän tehoalue valittavissa eri tyyppien pohjalta alueelta 125 – 5400 kW:a.

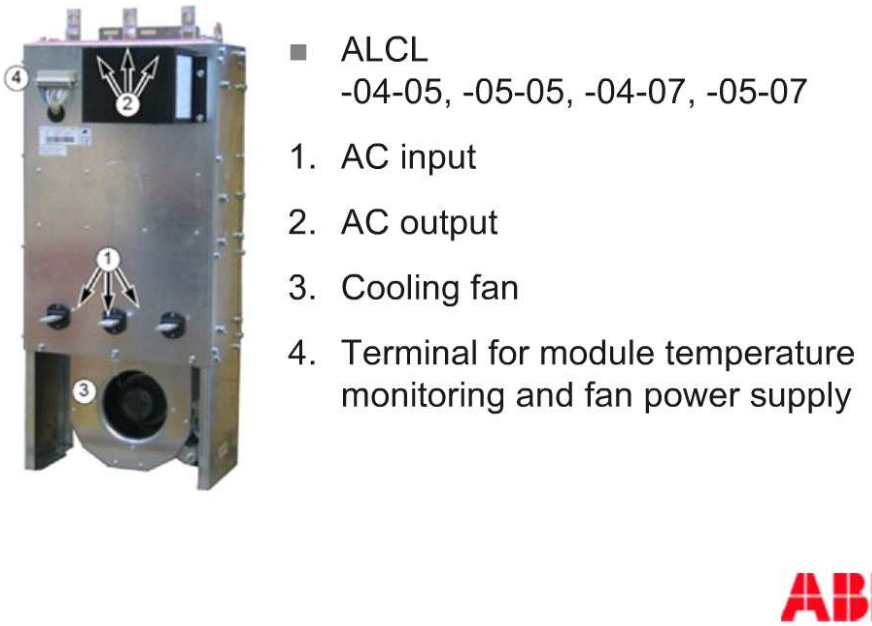


Kuva 20. ISU-syöttöyksikön periaatekuva. /8/

Kuvan 20 mukaisesti ISU-syöttöyksikkö koostuu IGBT-syöttömoduulista, LCL-filtteristä, tasasähkö- ja vaihtosähkö sulakkeista. Vaihtosähköpuoli on kytketty suoraan verkkoon, tässä tapauksessa muuntajan taakse, ja tasasähköpuoli on kytketty ACS800 Multidrive-järjestelmän kaapistossa olevaan tasasähkökiskoon. Tasasähkökiskostosta syötetään ohjausyksikköjä, jotka ohjaavat moottoreita.

IGBT- syöttömoduulin toimintaperiaate mahdollistaa tehon suunnan valitsemisen, joko verkkoon päin tai verkosta poispäin.

Kuvassa 21 on esitetty LCL-filtterin yleiskuva.



Kuva 21. LCL-filtterin yleiskuva. /6/

Syöttöyksikön mitoituksen lähtökohtana ovat ketjussa tapahtuvat häviöt. Järjestelmän jarrugeneraattorin invertterimoduulilla pystytään ottamaan jarrugeneraattorin generoima teho takaisin tasasähkökiskostoon, jolloin tehoa pystytään syöttämään tasasähkökiskostosta takaisin tahtigeneraattorin vetomoottorille vetomoottorin invertterimoduulin avulla. Laskemalla ketjussa tapahtuvat häviöt voidaan syöttöyksikkö mitoittaa.

Häviöiden laskenta lähtee liikkeelle laitteiden nimellistehon ja hyötysuhteen perusteella. Invertterimoduulien tehot ovat 630 kW:a ja 400 kW:a ja niiden hyötysuhteeksi voidaan olettaa 0,96. Valitun tahtigeneraattorin vetomoottorin nimellisteho on 500 kW:a ja hyötysuhde 0,97. Tahtigeneraattorin nimellisteho laskettiin aikaisemmin, ja se on 400 kW:a. Hyötysuhteeksi tahtigeneraattorille oletettiin 0,90. Koestettavien moottoreiden tehoalue ja hyötysuhde vaihtelee.

Oletuksena laskentaan otetaan nimellistehoksi 300 kW:a ja hyötysuhteeksi 0,90. Jarrugeneraattorin nimellisteho on 355 kW:a ja hyötysuhde 0,962. Yhtälöllä

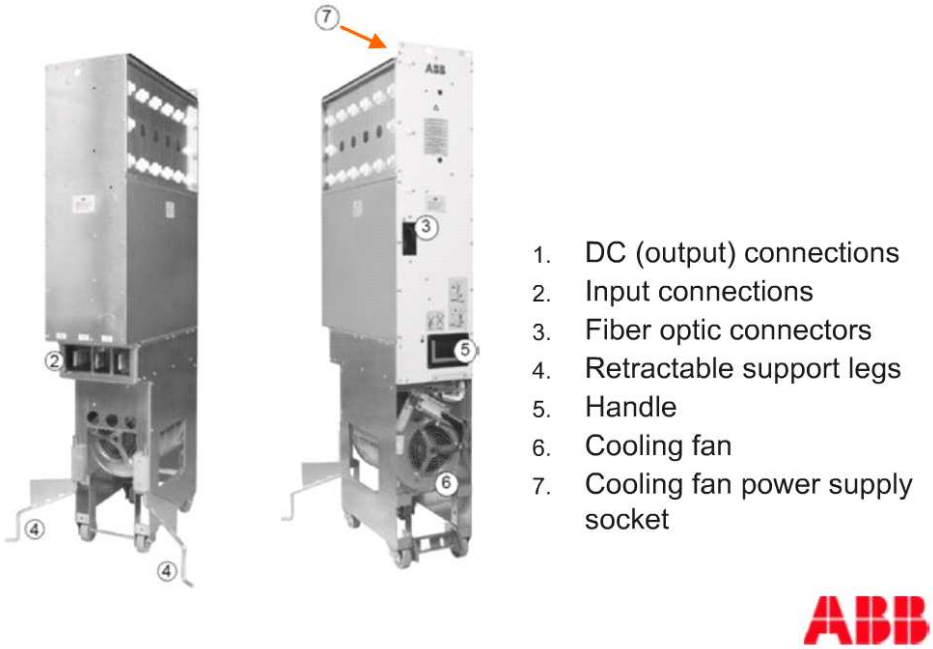
$$P_H = \left(\frac{1-\eta_N}{\eta_N} \right) \cdot P_N \qquad (15)$$

saadaan tehohäviöiden suuruus laskettua. Yhtälöön sijoitetaan P_N:n arvoksi laitteen nimellisteho ja η_N:n arvoksi laitteen hyötysuhdeprosentti. Laskemalla saadaan häviöiksi seuraavat:

- tahtigeneraattorin vetomoottorin invertteri 26,3 kW
- tahtigeneraattorin vetomoottori 15,5 kW
- tahtigeneraattori 44,4 kW
- koestettava moottori 33,3 kW
- jarrugeneraattori 14,0 kW
- jarrugeneraattorin invertteri 16,7 kW.

Kaapeli ja muiksi häviöiksi voidaan olettaa 10 kW:a. Näin ollen saadaan kokonaishäviöiden suuruudeksi 160,2 kW:a.

Liitteessä 9 on esitetty taulukko ACS800-207 pohjautuvien syöttöyksiköiden tehoalueesta käyttöjännitteen mukaan. Käytettävät runkokoot ovat R7i, R8i ja R8i-runkokoon yhdistelmät. Valitsemalla ACS800-207-0200-3 tyypin syöttöyksikkö, jonka nimellinen syöttöteho on 202 kW:a, pystytään myös pienessä ylikuormitustilanteessa ja raskaassa käytössä syöttämään tarpeeksi tehoa tasasähkökiskostoon. Valitun syöttöyksikön runkokoko on R8i. Kuvassa 22 on esitetty R8i-runkokoon ISU-syöttöyksikön yleiskuva. /6/ /8/

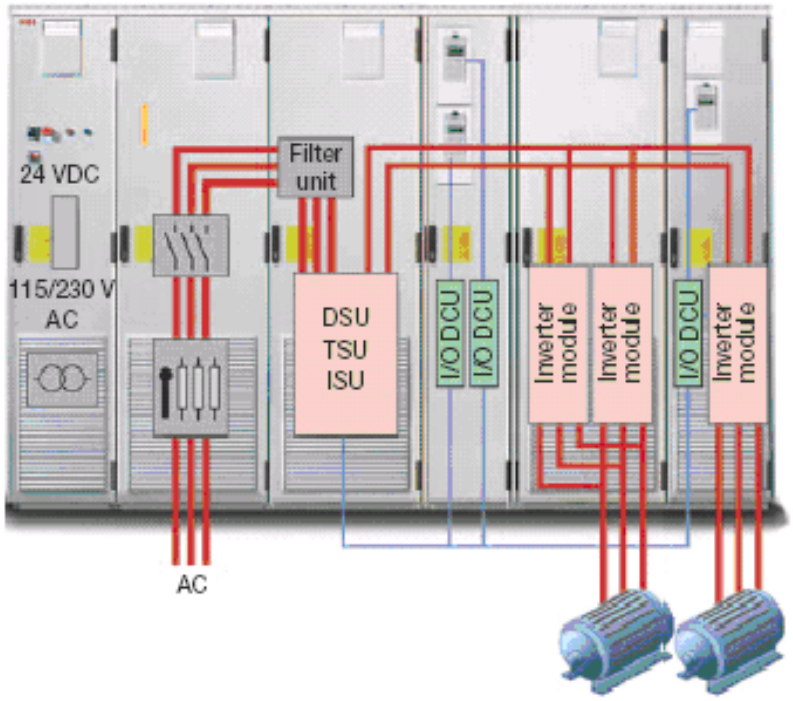


Kuva 22. R8i ISU-syöttöyksikön yleiskuva. /6/

5.4.3 Kaapisto

Kun pääkomponentit on mitoitettu, voidaan kaapiston suunnittelu aloittaa. Kaapiston mitoitukseen vaikuttavia tekijöitä on käytettävien invertterimoduulien ja syöttöyksikön runkokoot. Syöttöyksikön ja jarrugeneraattorin invertterimoduulien tapauksissa saatiin runkokooksi R8i ja vetomoottorin invertterimoduulin runkokooksi 2 * R8i.

Kuvassa 23 on esitetty kaapiston perusrakenne.



Kuva 23. ACS800 Multidrive-kaapisto. /6/

Kaappeja tarvitaan kattamaan molemmat puolet, syöttö ja ohjaus. Ohjauspuolen kaapistojen määrän ja koon määrittelee käytettävien invertterimoduulien määrä ja koko. Tässä tapauksessa tarvitaan kaapistot R8i moduulille ja 2*R8i moduulille. Invertterimoduulien ohjaus tehdään I/O kaapistoista, joten näille pitää myös kaapisto varata.

Syöttöpuolella kaapistoja tarvitaan 3. ACU-laitteisto tarvitsee oman kaapistonsa, ICU-puoli tarvitsee oman kaapistonsa ja itse syöttöyksikkö tarvitsee oman kaapistonsa. Kun tarvittavien kaapistojen määrä lasketaan yhteen, saadaan yhteensä 6 kaappia.

Päättötyön yhteydessä ei kaappien mitoitukseen oteta tämän tarkemmin kantaa vaan jätetään mitoitus mahdollista tilausta ajatellen ABB Drivesin suunniteltavaksi.

5.4.4 Kaapelointi ja suojaus

Estämällä vahingot moottoreiden laakeroinneissa ja muissa järjestelmän laitteissa täytyy kaapelointi suunnitella huolella. Oikeanlaisella kaapeloinnilla estetään EMC:stä johtuvat häiriöt muissa laitteissa. ACS800 Multidrive-järjestelmä suojaa itse itseään ja kaapelointia, vetomoottorin ja jarrugeneraattorin osalta, termisiltä ylikuormilta kun kaapelit on mitoitettu oikein järjestelmän nimellisiin virtoihin nähden. /6/

Käytettävien tehokaapeleiden, kuten moottoreiden syöttökaapeleiden, on oltava armeerattuja symmetrisiä kaapeleita, jolloin suojaukset onnistuvat. Valitsemalla tällaiset kaapelit pystytään järjestelmä suojaamaan halutulla tavalla. Näitä kaapeleita ovat esimerkiksi MCMK, XCMK ja AXMK-tyypin kaapelit. Kuvassa 24 on esitetty MCMK-kaapelin rakenne. /6/

Kuva 24. MCMK-kaapeli. /12/

Ohjaukseen käytettävien kaapeleiden, kuten analogia ja pulssisignaalien lähettämiseen käytettävien kaapeleiden täytyy olla armeerattuja kierrettyjä parikaapeleita. Kuvassa 25 on esitetty tällainen kaapeli. /6/

Kuva 25. Armeerattu kierretty parikaapeli. /10/

Kaapeloinnissa täytyy muistaa kytkeä analogia- ja digitaali-signaalit erillisissä kaapeleissa, jolloin ei aiheuteta häiriöitä ohjauksissa. Kaapelit on myös vietävä erillisissä kouruissa, jolloin ne eivät pääse aiheuttamaan häiriöitä toisillensa.

Mahdollisessa etäkäytössä, jolloin yksikön ohjauspaneeli on erillisessä ohjauskeskuksessa, saavat ohjauskaapelit olla pisimmillään 3 m:ä. /6/

Kaapeloinnin ja suojauksen osalta vanhasta järjestelmästä voidaan säilyttää todella paljon. Tahtigeneraattorin magnetoinnin kaapelit ja sen suojaukset voidaan säilyttää, koska magnetoinnilla ohjataan koestettavalle moottorille menevää jännitettä.

Tahtigeneraattorilla on erillinen keskus, jossa käämityksen kytkentää muuttamalla saadaan valittua erilliset jänniteportaat 760, 440, 380 tai 220 V:a. Valitsemalla oikeanlainen kytkentä ja magnetointia säätämällä, saadaan jännite halutun suuruiseksi koestettavalla moottorille. Haluttu taajuus saadaan aikaan ajamalla tahtigeneraattorin vetomoottoria joko 50 tai 60 Hz:n taajuudella. TP 1-ohjauspöydästä pystytään tahtigeneraattorin magnetointia ja jänniteporrasta muuttamaan, joten pitää kaapelit uudessa järjestelmässä siirtää uuteen suunniteltavaan ohjauspöytään.

Tahtigeneraattorin erillisestä keskuksesta menee kaapelit koestamon puolella olevaan ohjauskeskukseen, jossa erillisten virtamuuntajien avulla pystytään tahtigeneraattorin syöttämä virta mittamaan ja syöttämään se ohjausjärjestelmään sopivamman suuruiseksi, esimerkiksi suhteella 1/100. Käytettävien virtamuuntajien valinta pystytään suorittamaan ohjauspöydässä olevalla erillisellä kytkimellä. Valinta perustuu koestettavan moottorin nimellisvirtaan. Tahtigeneraattorin erillinen keskus, virtamuuntajien ohjauskeskus ja niiden välinen kaapelointi, voidaan säilyttää vanhasta järjestelmästä.

Kytkentä virtamuuntajakeskuksesta koestettavalle moottorille on suoritettu erillisillä kaapeleilla, joiden avulla pystytään taajuusmuuttaja mahdollista erillistä taajuusmuuttajakoestusta ajatellen, kytkemään virtamuuntajakeskuksen ja koestettavan moottorin väliin. Normaalissa tilanteessa erilliset kaapelit kytketään suoraan koestettavaan moottoriin. Nämä kaapelit voidaan myös säilyttää.

Invertterimoduuleilta tulevat kaapelit jarrugeneraattorille ja tahtigeneraattorin vetomoottorille joudutaan uusimaan. Nämä kaapelit eivät tarvitse erillistä

suojausta, koska Multidrive-järjestelmä pystyy hoitamaan suojauksen, kunhan kaapelit on mitoitettu oikein järjestelmän nimellisiin arvoihin. Muuntajalta T1 tuleva syöttökaapeli Multidrive järjestelmään joudutaan myös mitoittamaan.

5.4.5 Ohjauspöytä

Ohjauspöydän rakennus tullaan mahdollisesti suorittamaan kahdessa askeleessa. Ensimmäisellä askeleella rakennetaan mahdollisimman yksinkertainen järjestelmä, jolla pystytään kaikki tarvittavat ohjaukset suorittamaan. Toisessa vaiheessa järjestelmä mahdollisesti automatisoitaisiin. Lähtökohdaksi suunnitteluun voidaan ottaa malliksi vanha ohjauspöytä, josta TP 1:sen ohjaukset suoritetaan nykyään. Liitteessä 10 on nähtävissä päättötyön yhteydessä piirretyt yleiskuvat ja piirikaaviot TP 1-ohjauspöydän käytettävien osien osalta. Ohjauspöydän osat on jaettu alueisiin, joista jokaisesta on nähtävissä oma yleiskuva kyseisestä liitteestä. Liitteessä olevista piirikavioista nähdään käytettävien osien johdotus kojeelta riviliittimille.

Drive Window-ohjelmalla ei ohjauksia haluta suorittaa, joten siihen ei tässä oteta kantaa. Mahdollisella toisella askeleella järjestelmään suunnitellaan liitettäväksi logiikka, jolloin ohjauksia pystyttäisin automatisoimaan ja ohjaus tapahtuisi PC:n kautta.

Ohjaukset tullaan suorittamaan RDCU-ohjausyksikköjen kautta, jolloin ohjauspöytään suunniteltavien painonappien ja säätimien arvot voidaan tuoda suoraan ACS800 Multidrive-järjestelmän ACU-puolelle. ACU-puolella jännitetulot muunnetaan 24 V:n alueelle, jonka jälkeen ne voidaan syöttää RDCU-ohjausyksikön tulopuolelle.

Vanhasta järjestelmästä tullaan säilyttämään tahtigeneraattori, jolla koestettavaa moottoria ohjataan. Tästä johtuen pitää uuteen ohjauspöytään siirtää vanhasta pöydästä tahtigeneraattorin jänniteportaan valintakytkin ja magnetointijännitteen säädin. Käytettävän virtamuuntajan valintakytkin tullaan myös säilyttämään vanhasta järjestelmästä ja se tulee siirtää uuteen ohjauspöytään. Muut vanhasta järjestelmästä voidaan purkaa.

Invertterien avulla voidaan tahtigeneraattorin vetomoottorin ja jarrugeneraattorin arvoja seurata. Vetomoottorin kannalta tärkein seurattava arvo on taajuus, jolla vetomoottoria ajetaan. Muut arvot eivät ole niin tärkeitä, koska vetomoottoria tullaan ajamaan nimellisillä arvoilla taajuutta muuttamalla 50 ja 60 Hz alueilla. Ohjauspöytään tulee tuoda digitaalinäyttö, joka näyttää vetomoottorin taajuuden. Vetomoottorille syötettävän taajuuden muuttaminen voidaan toteuttaa erillisellä säätimellä, joka tullaan liittämään ohjauspöytään.

Tahtigeneraattorin osalta ohjauspöytään tuodaan kaksi näyttöä, joilla pystytään seuraamaan tahtigeneraattorin tuottamaa jännitettä ja taajuutta. Jännitteen seuraaminen voidaan suorittaa analogisella näytöllä ja taajuuden seuraaminen digitaalisella näytöllä. Vanhassa järjestelmässä tahtigeneraattorin jänniteportaan valintakytkin ja magnetointijännitteen säädin ovat olemassa, joten niitä ei tarvitse uudelleen suunnitella. Näiden näyttöjen ja säätimien avulla pystytään varmistamaan koestettavalle moottorille oikea jännite ja taajuus.

Koestettavan moottorin kannalta tärkeimpiä seurattavia arvoja ovat pyörimisnopeus ja virta. Koestettavalle moottorille syötettävää taajuutta ja jännitettä pystytään seuraamaan tahtigeneraattorille liitettävien näyttöjen avulla. Moottorin ottaman virran seuraaminen voidaan toteuttaa vanhojen virtamuuntajien kautta. Valitsemalla eri virtamuuntaja käyttö valintakytkimillä, voidaan virtanäytössä seurata oikeaa virtaa. Virtanäyttö voidaan pitää analogisena näyttönä, jolloin virta-alueen valinta on helpompaa. Koestettavan moottorin pyörimisnopeutta voidaan seurata jarrugeneraattorin avulla.

Jarrugeneraattorin osalta tärkeimpiä seurattavia arvoja ovat jarrugeneraattorin tuottama vastamomentti koestettavalle moottorille ja pyörimisnopeus, jolla jarrugeneraattori pyörii. Jarrugeneraattorin pyörimisnopeutta seuraamalla voidaan varmistaa koestettavan moottorin oikea pyörimisnopeus, koska moottorit ovat samalla akselilla. Jarrugeneraattorin tuottamaa vastamomenttia pitää pystyä säätämään, koska koestettavien moottoreiden nimellismomentit vaihtelevat. Myös nopeutta täytyy pystyä säätämään, koska jarrugeneraattorin avulla tullaan tekemään ylinopeuskoestus kostettavalle moottorille. Näiden kaikkien osalta tulee

ohjauspöytä varustaa 2 digitaalinäytöllä ja 2 säätimellä. Näytöistä toinen esittää jarrugeneraattorin tuottamaa vastamomenttia ja toinen jarrugeneraattorin pyörimisnopeutta. Toisella säätimellä tullaan säätämään jarrugeneraattorin tuottamaa vastamomenttia ja toisella jarrugeneraattorin pyörimisnopeutta.

Tahtigeneraattorin vetomoottori ja jarrugeneraattorit tarvitsevat molemmat painonapit käynnistystä ja pysäytystä varten. Koestettava moottori tarvitsee painonapit, joilla se kytketään tahtigeneraattorin tuottamaan jännitteeseen ja pois jännitteestä. Painonappien yhteyteen on myös hyvä liittää merkkivalot, joilla nähdään jokaisen moottorin tila.

Vanhassa ohjauspöydässä on hätäseis-painike, joka on sidottu muihin ohjauspaikkoihin. Hätäseis-painike tulee siirtää uuteen ohjauspöytään, muuttamatta sen kytkentöjä.

Kun näistä lasketaan yhteen uudet tarvittavat määrät kutakin komponenttia, saadaan seuraavat:

- painonapit 4 kpl
- merkkivalot 4 kpl
- säätimet 3 kpl
- digitaaliset näytöt 4 kpl
- analogiset näytöt 2 kpl

5.4.6 Layoutkuvat

Lähtökohtana layoutkuvan piirtämiseen on käytetty yhden kaapin leveytenä 50 cm:ä ja syvyytenä myös 50 cm:ä. Tämä on hyvä olettamus, koska kaapiston koko vaihtelee välillä 30 – 60 cm riippuen siitä, mitä kaapisto pitää sisällään. Kaapistoa tässä päättötyössä ei suunniteltu, joten layoutkuvat ovat suuntaa antavia. Liitteessä 11 on esitetty layoutkuva, josta nähdään myös koko koestuskentän kokonaisuus. Kuvaan on merkitty punaisella uudet osat, jotka järjestelmä vaatii.

5.4.7 Yhteenveto mitoituksesta

Tärkeimmät osat, jotka vanhasta järjestelmästä voidaan säilyttää, ovat tahtigeneraattori, tahtigeneraattorin magnetointijärjestelmä, tahtigeneraattorin ohjauskeskus kytkimineen, virtamuuntajakeskus kytkimineen, kaapeloinnit näiden välillä sekä kaapelointi virtamuuntajakeskuksesta koestettavalle moottorille. Akselit, joilla koestettava moottori ja tahtigeneraattori ovat, voidaan säilyttää. Jarrugeneraattori tullaan sijoittamaan samalle akselille koestettavan moottorin kanssa ja tahtigeneraattorin vetomoottori tulee samalle akselille tahtigeneraattorin kanssa. Kaikki muu voidaan purkaa pois.

Tehdyn mitoituksen pohjalta TP 1-ohjauspaikkaa modernisoitaessa tarvitaan järjestelmään seuraavat komponentit ja kokonaisuudet:

- Tahtigeneraattorin vetomoottori, M3BP 355 LKA 4 500 kW
- Jarrugeneraattori, M3BP 355 SMC 4 355 kW
- Vetomoottorin invertterimoduuli, 2 * ACS800-104-0390-3
- Jarrugeneraattorin invertterimoduuli, ACS800-104-0510-3
- Järjestelmän syöttöyksikkö, ACS800-207-0200-3
- Kaapisto järjestelmälle
- Syöttökaapelit järjestelmälle, vetomoottorille ja jarrugeneraattorille
- Ohjauspöytä
- Painonapit 4 kpl
- Merkkivalot 4 kpl
- Säätimet 3 kpl
- Digitaaliset näytöt 4 kpl
- Analogiset näytöt 2 kpl
- Kaapelointi ohjauspöydän osalta

6 YHTEENVETO

Koestuskentän koestuspaikat ovat melko vanhoja ja näin ollen rajoittavat koestuskentän toimintaa. Suurimmat ongelmat tulevat vastaan koestettavien moottoreiden nimellistaajuuden ollessa 60 Hz:ä. Moottoreiden valmistuslinjojen lopussa moottoreille tehdään rutiinikoestus, mutta jos valmistettavan moottorin nimellistaajuus on 60 Hz:ä, joudutaan se koestamaan koestuskentällä.

Tässä päättötyössä keskityttiin toteuttamaan modernisointisuunnitelma koestuskentän TP 1-koestuspaikalle. Suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella järjestelmä, jolla pystytään koestuksia suorittamaan myös 60 Hz:n taajuudella. Kapasiteetin vaatimuksena mitoitukselle asetettiin 60 Hz:n alue vastaamaan 50 Hz:n alueen kapasiteettia.

Käytettäväksi järjestelmäksi oli ennen mitoituksen aloitusta valittu ACS800 Multidrive-järjestelmä. Vaaditun kapasiteetin pohjalta on voitu mitoittaa järjestelmän pääkomponentit, kuten tahtigeneraattorin vetomoottori, koestettavan moottorin kuormakone ja Multidrive-järjestelmän syöttöyksikkö sekä koestettavien moottoreiden ohjausyksiköt.

Mitoituksen suurimpana ongelmana oli koestettavan moottorin kuormakone. Kuormakoneen napapariluvun valinnalla pystytään vaikuttamaan saatavan kapasiteettiin koestettavien moottoreiden osalta. Kapasiteetin osalta suurempi tarve oli suurilla pyörimisnopeuksilla, joten kuormakoneen napapariluvuksi valittiin 2. Tämä on hyvä valinta, koska valitsemalla napapariluvun 2 moottori pystytään koestuksia tekemään napapariluvun 1 ja 2 moottoreiden osalta vaadittuun tehoalueeseen saakka. Napapariluvun 3 ja 4 moottoreiden osalta koestettavaa tehoaluetta jouduttiin rajoittamaan kuormakoneen nimellismomentin takia. Järjestelmä olisi kyllä saatu kattamaan napapariluvun 3 ja 4 moottoreiden osalta halutun 300 kW:n alueen, mutta tämän seurauksen kuormakone olisi jouduttu ylimitoittamaan.

Syöttöyksikön ja ohjausyksiköiden valinta on tehty suoraan luettelosta, mitoitettujen moottoreiden nimellistehon pohjalta. Mitoitus on myös tarkastettu

ABB:n Drivesize nimisellä ohjelmalla, josta on saatu ohjausyksiköiksi samat invertterimoduulit. Syöttöyksikön mitoitus on jouduttu laskemaan häviöiden pohjalta. Drivesize-ohjelmassa ei pystytä tehon suuntaa määrittelemään, joten ohjelma ei pysty käsittämään tehon talteenottoa.

Päättötyön tarkoituksena on olla esisuunnitelma mahdollista hankintaa ajatellen. Pääkomponentin on tässä jo mitoitettu, joten suuntaa antava hinta-arvio voidaan tehdä mitoituksen pohjalta. Työssä on myös pyritty suunnittelemaan muita järjestelmän osia melko pitkälle. Suunnitelmien pohjalta nähdään muiden tarvittavien osien laajuus ja niistä voidaan tehdä hinta-arvio mahdollista investointihanketta varten.

LÄHDELUETTELO

/1/ ABB Automation Group Ltd 2001. Tekninen opas nro 1: Suora momenttisäätö [online]. [viitattu 8.3.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot201.nsf/VerityDisplay/FDBA0B31A34B89D1C1256D280040B4AE/$File/Tekninenopasnro1.pdf>.

/2/ ABB lyhyesti. ABB:n organisaatio Suomessa [online]. Päivitetty 15.1.2010. [viitattu 3.3.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/7b5c362e202418ffc2256b20004e853f.aspx>.

/3/ ABB LV Motors. Jari Raittila. Motor loadability with ACS600.

/4/ Autio, Kimmo. Insinöörityö. Moottorilaboratorion sähkönsyöttöjärjestelmän selvittäminen ja modernisointiehdotuksen tekeminen. Ylivieska 1998.

/5/ Automation.com. Motor drives, Inverters & Controls (AC, DC, Flux, VFD). AC Drives Provide Precise Control Critical to Next-generation Test Stands [online]. [viitattu 6.4.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.automation.com/resources-tools/application-stories/motor-drives-inverters-controls-ac-dc-flux-vfd/ac-drives-provide-precise-control-critical-to-next-generation-test-stands>.

/6/ G160e - ACS800 Multidrives fundamentals, Internet course – EN.

/7/ Hardware Manual, ACS800-107 Cabinet-built Inverter Units (1.5 to 5430 kW).

/8/ Hardware Manual, ACS800-207 Cabinet-installed IGBT Supply Units.

/9/ Jokinen, Kari 2009. Moottorikäyttöjen säätö, opetusmoniste.

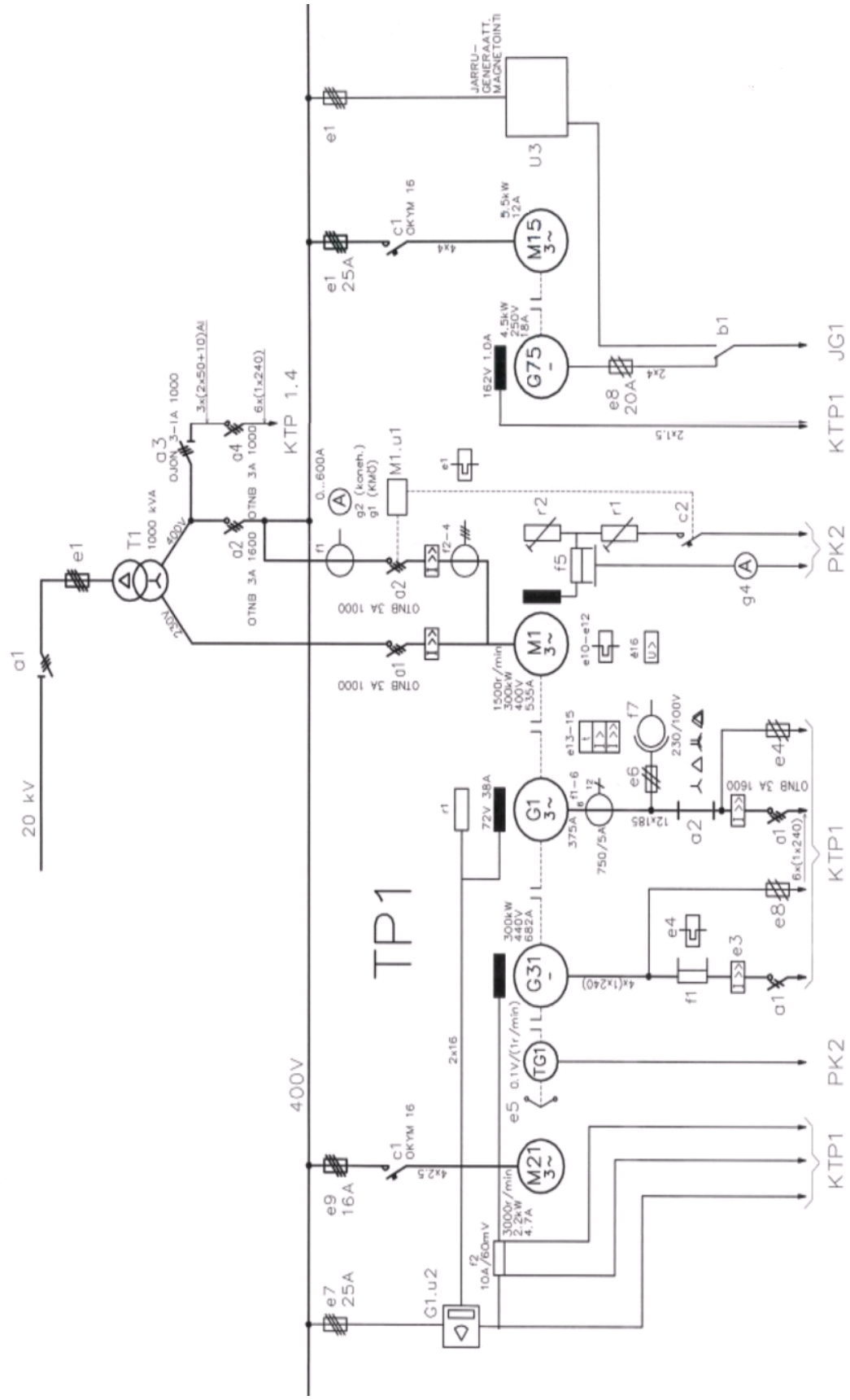
/10/ Nexans. FZOVDMU-SD-kaapeli [online]. [viitattu 22.4.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.nexans-fi.com/eservice/Finland-fi_FI/navigate_221175/FZOVDMU_SD.html#top>.

/11/ Posterus. Speed control of BLDC motor based on half-effect sensors. 2009. [online]. [viitattu 7.4.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.posterus.sk/?p=2589>.

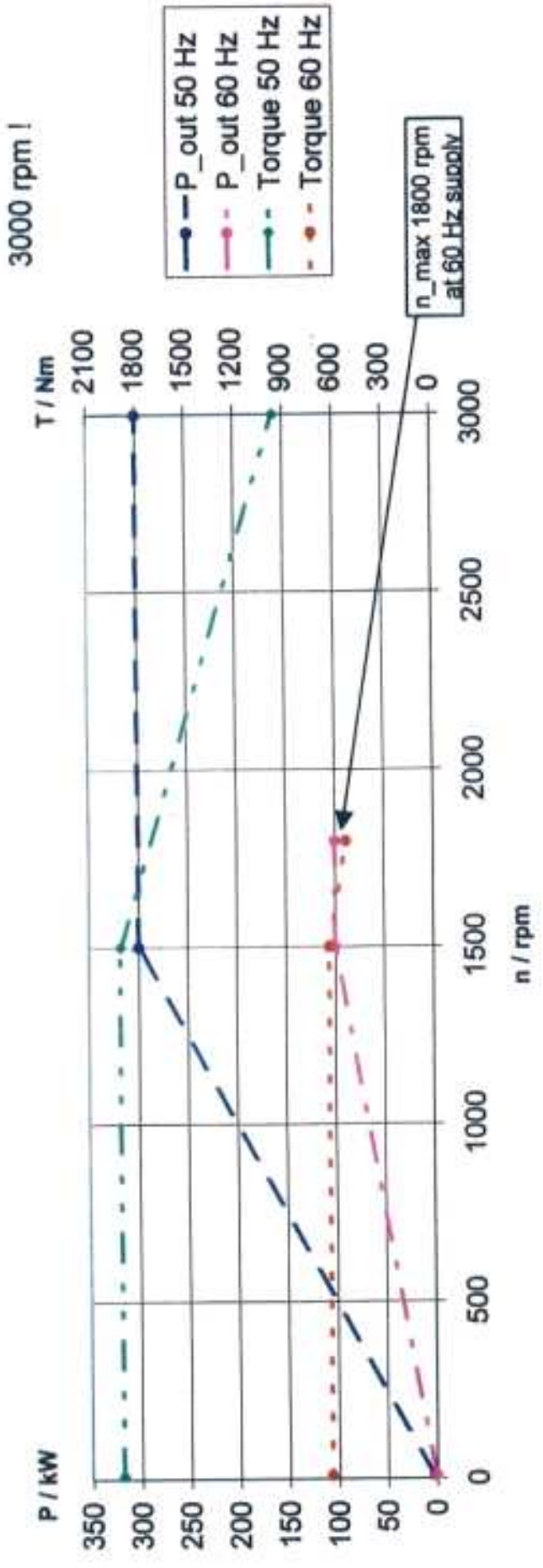
/12/ Reka Kaapeli Oy. Kuparivoimakaapeli MCMK [online]. [viitattu 22.4.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.reka.fi/products/reko/MCMK-O_0,6_Kuparivoimakaapeli>.

/13/ The ABB group. Facts and figures [online]. Päivitetty 22.2.2010. [viitattu 29.2.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.abb.com/cawp/abbzh252/b434095700ab7545c1256ae700494de1.aspx>.

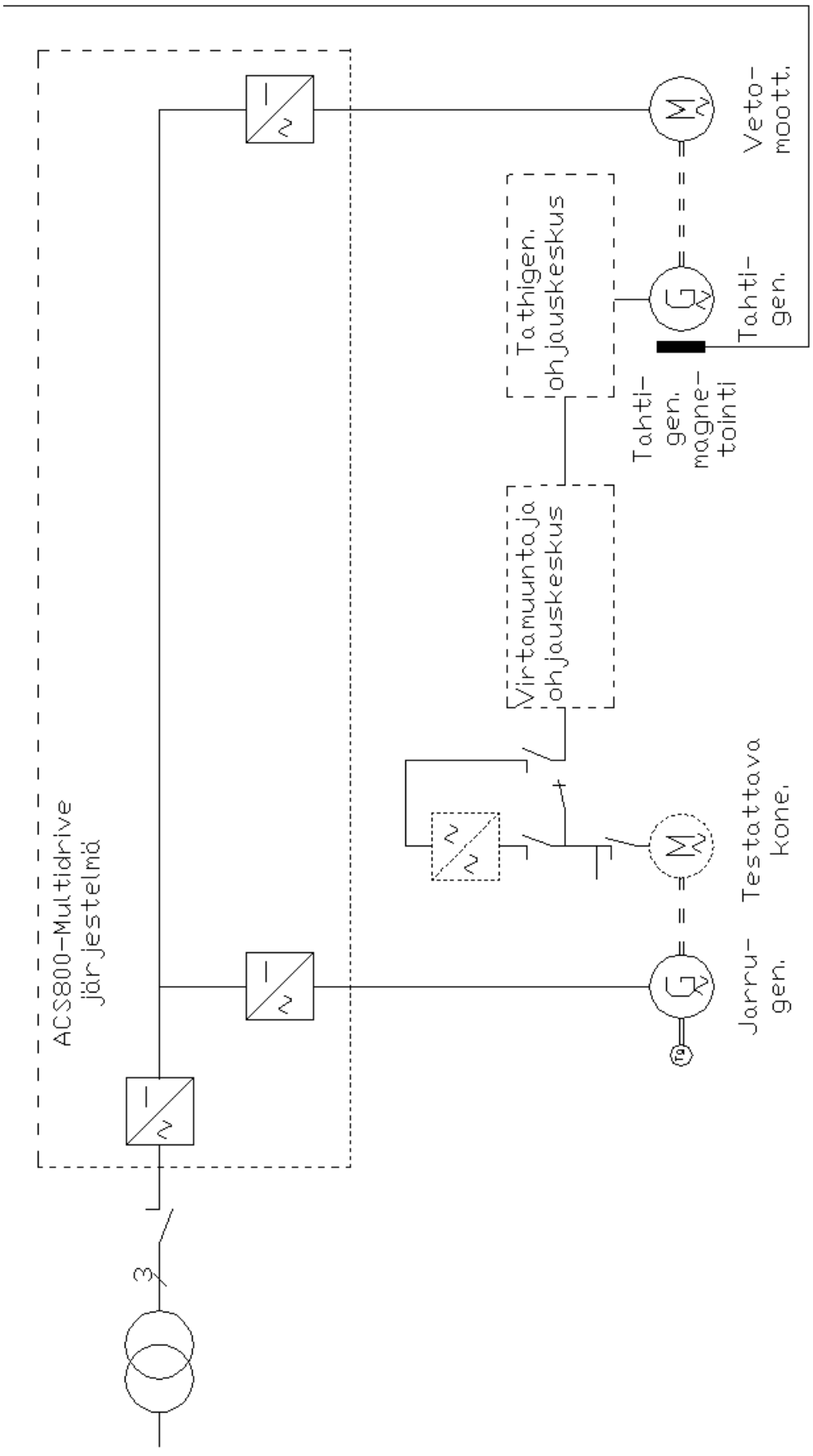
LIITE 1


TP1
20 kV
400V
KTP 1.4
T1
1000 kVA
400V
690V
a1
a2
a3
a4
OTNB 3A 1600
OTNB 3A 1000
OJON 3-1A 1000
3x(2x50+10)Al
6x(1x240)
0...600A
f1
g2 (koneh.)
g1 (KMD)
M1.u1
f2-4
M1
1500r/min
300kW
400V
535A
e10-e12
e16
U>
r1
r2
c2
f5
g4
PK2
JARRU-
GENERAATT.
MAGNETOINTI
U3
M15
3~
5,5kW
12A
c1
OKYM 16
4x4
e1
25A
G75
4,5kW
250V
18A
162V 1,0A
e8
20A
b1
JG1
KTP1
2x1,5
G1
3~
72V 38A
375A
750/5A
e13-15
f1-6
12
e6
12x185
f7
230/100V
e4
OTNB 3A 1600
6x(1x240)
G31
300kW
440V
682A
4x(1x240)
e3
f1
TG1
0,1V/(1r/min)
e5
2x16
M21
3~
3000r/min
2,2kW
4,7A
4x2,5
e9
16A
f2
10A/60mV
G1.u2
e7
25A

LIITE 2


3000 rpm !
P_out 50 Hz
P_out 60 Hz
Torque 50 Hz
Torque 60 Hz
n_max 1800 rpm
at 60 Hz supply
T / Nm
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
P / kW
350
300
250
200
150
100
50
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
n / rpm

LIITE 3


ACS800-Multidrive
järjestelmä
3
Jarru-
gen.
Testattava
kone,
Virtamuuntaja
ohjauskeskus
Tathigen.
ohjauskeskus
Tahti-
gen.
magne-
tointi
Tahti-
gen.
Veto-
moott.

LIITE 4

ABB Motors	Technical Data Sheet - DOL			
	Project		Location	
Department/Author	Customer name		Customer ref.	Item name Vetomoottori
Our ref.	Rev/Changed by A	Date of issue 1.4.2010	Saving ident Vetomoottori.xls	Pages 1

No.	Definition	Data	Unit	Remarks	
1	Product	*TEFC, 3-phase, squirrel cage induction motor*			
2	Product code	*3GBP 352 810-ADG*			
3	Type/Frame	*M3BP 355 LKA 4*			
4	Mounting	*IM1001, B3(Foot)*			
5	Rated output P_N	*500*	kW		
6	Service factor	*1*			
7	Type of duty	*S1(IEC) 100%*			
8	Rated voltage U_N	*400*	VD	± 5 % (IEC 60034-1)	
9	Rated frequency f_N	*50*	Hz	± 2 % (IEC 60034-1)	
10	Rated speed n_N	*1490*	r/min		
11	Rated current I_N	*865*	A		
12	No-load current	*294*	A		
13	Starting current I_s/I_N	*6,8*			
14	Nominal torque T_N	*3204*	Nm		
15	Locked rotor torque T_s/T_N	*2*			
16	Maximum torque T_{max}/T_N	*3*			
17	Minimum torque T_{min}/T_N	*1,9*			
18	Speed at minimum torque	*1275*	r/min		
	Load characteristics (IEC 60034-2-1:2007)	Load %	Current A	Efficiency %	Power factor
19	PLL determined from residual loss	*100*	865	97,0	0,86
20		*75*	673	96,9	0,83
21		*50*	515	96	0,73
22		*Start*	5883		0,42
23	Maximum starting time from hot	*20*	*s*		
24	Maximum starting time from cold	*36*	*s*		
25	Insulation class / Temperature class	*F / B*			
26	Ambient temperature	*40*	°C		
27	Altitude	*1000*	m.a.s.l.		
28	Enclosure	*IP55*			
29	Cooling system	*IC411 self ventilated*			
30	Bearing DE/NDE	*6322/C3 - 6316/C3*			
31	Type of Grease				
32	Sound pressure level (LP dB(A) 1m)	*78*	dB(A)	at load	
33	Moment of inertia J = ¼ GD2	*10*	kg-m2		
34	Balancing				
35	Vibration class				
36	Position of terminal box	*Top*			
37	Terminal box entries; no, dimens.				
38	Number of power terminals				
39	Direction of rotation	*CW or CCW*			
40	Total weight of motor	*2500*	kg		
41	Dimension drawing no.				
42					
43					
44					
45					
Ex-motors					
46					
47					
48					
Option	Variant Codes / Definition				
50					
50					
51					
52					
53					
54					
55					

Remarks :

Data based on situation 17.6.2008
All data subject to tolerances in accordance with IEC
Guaranteed values on request

LIITE 5

ABB Motors	Technical Data Sheet - DOL			
	Project		Location	
Department/Author	Customer name		Customer ref.	Item name Jarrugeneraattori
Our ref.	Rev/Changed by A	Date of issue 1.4.2010	Saving ident Jarrugeneraattori.xls	Pages 1

No.	Definition	Data	Unit	Remarks	
1	Product	*TEFC, 3-phase, squirrel cage induction motor*			
2	Product code	*3GBP 352 230-ADG*			
3	Type/Frame	*M3BP 355 SMC 4*			
4	Mounting	*IM1001, B3(Foot)*			
5	Rated output P_N	*355*	kW		
6	Service factor	*1*			
7	Type of duty	*S1(IEC) 100%*			
8	Rated voltage U_N	*400*	VD	± 5 % (IEC 60034-1)	
9	Rated frequency f_N	*50*	Hz	± 2 % (IEC 60034-1)	
10	Rated speed n_N	*1487*	r/min		
11	Rated current I_N	*619*	A		
12	No-load current	*180*	A		
13	Starting current I_s/I_N	*6,8*			
14	Nominal torque T_N	*2280*	Nm		
15	Locked rotor torque T_s/T_N	*2,4*			
16	Maximum torque T_{max}/T_N	*2,7*			
17	Minimum torque T_{min}/T_N	*2,0*			
18	Speed at minimum torque	*1275*	r/min		
	Load characteristics (IEC 60034-2-1:2007)	Load %	Current A	Efficiency %	Power factor
19	PLL determined from residual loss	*100*	619	96,2 / IE3	0,86
20		*75*	476	96,2	0,84
21		*50*	369	95,2	0,73
22		*Start*	4212		0,36
23	Maximum starting time from hot	*20*	*s*		
24	Maximum starting time from cold	*36*	*s*		
25	Insulation class / Temperature class	*F / B*			
26	Ambient temperature	*40*	°C		
27	Altitude	*1000*	m.a.s.l.		
28	Enclosure	*IP55*			
29	Cooling system	*IC411 self ventilated*			
30	Bearing DE/NDE	*6322/C3 - 6316/C3*			
31	Type of Grease				
32	Sound pressure level (LP dB(A) 1m)	*78*	dB(A)	at load	
33	Moment of inertia J = ¼ GD2	*7,2*	kg-m2		
34	Balancing				
35	Vibration class				
36	Position of terminal box	*Top*			
37	Terminal box entries; no, dimens.				
38	Number of power terminals				
39	Direction of rotation	*CW or CCW*			
40	Total weight of motor	*1820*	kg		
41	Dimension drawing no.				
42					
43					
44					
45					
Ex-motors					
46					
47					
48					
Option	Variant Codes / Definition				
50					
50					
51					
52					
53					
54					
55					

Remarks :

Data based on situation 17.6.2008
All data subject to tolerances in accordance with IEC
Guaranteed values on request

LIITE 6

Technical data

What this chapter contains

This chapter contains the technical data for the ACS800-107 inverter units.

See also the chapter *Dimensions*.

Ratings, inverter modules used

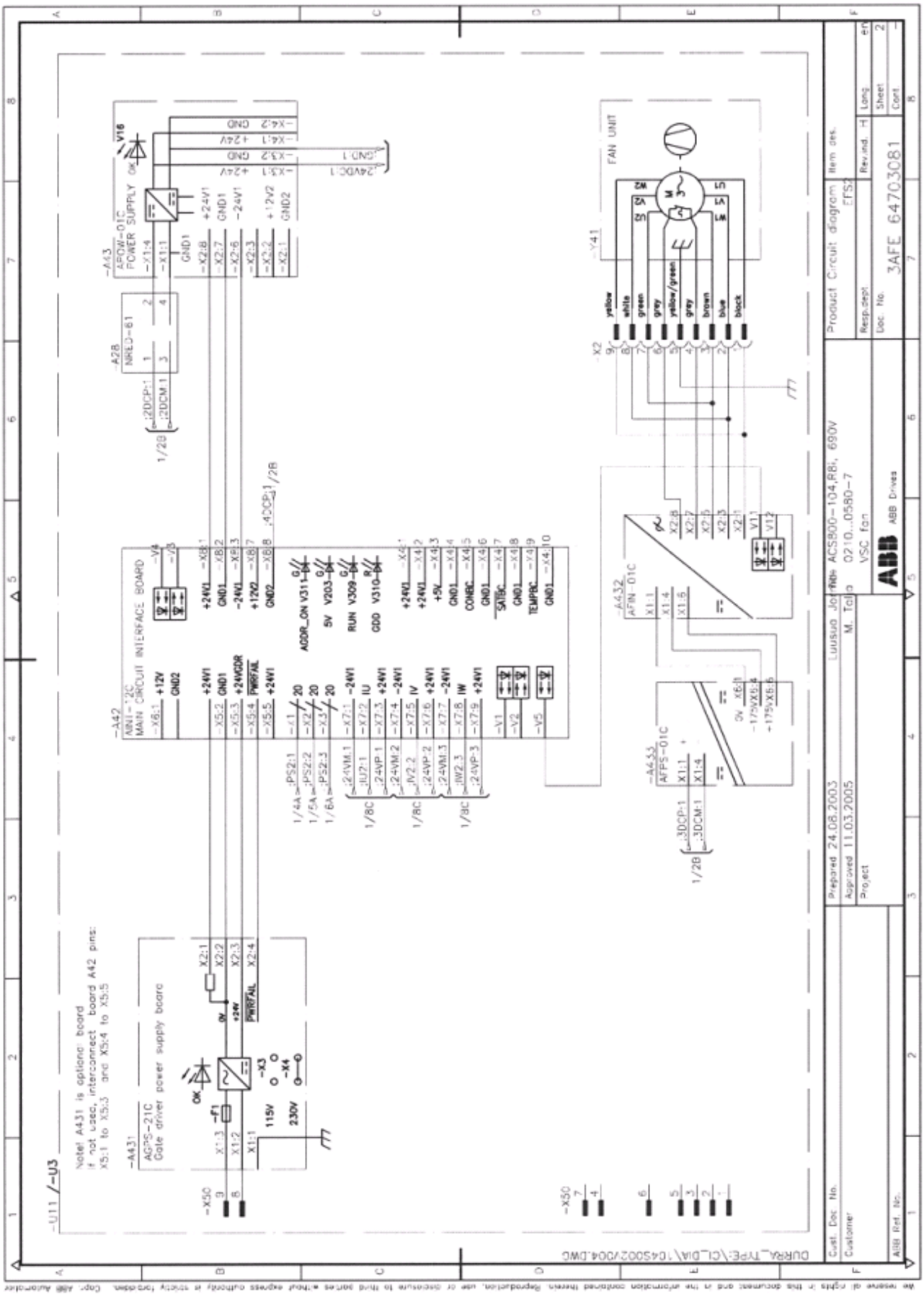
Inverter unit type	Nominal ratings		No-overload use	Light-overload use		Heavy-duty use		Frame size	Inverter modules used	
	$I_{cont.max}$ A	I_{max} A	$P_{cont.max}$ kW	I_{2N} A	P_N kW	I_{2hd} A	P_{hd} kW		Qty	Type
U_N = 400 V										
ACS800-107-0003-3	5.1	6.5	1.5	4.7	1.5	3.4	1.1	R2i	1	ACS800-104-0003-3
ACS800-107-0004-3	6.5	8.2	2.2	5.9	2.2	4.3	1.5	R2i	1	ACS800-104-0004-3
ACS800-107-0005-3	8.5	10.8	3	7.7	3.0	5.7	2.2	R2i	1	ACS800-104-0005-3
ACS800-107-0006-3	10.9	13.8	4	10.2	4.0	7.5	3.0	R2i	1	ACS800-104-0006-3
ACS800-107-0009-3	13.9	17.6	5.5	12.7	5.5	9.3	4.0	R2i	1	ACS800-104-0009-3
ACS800-107-0011-3	19	24	7.5	18	7.5	14	5.5	R3i	1	ACS800-104-0011-3
ACS800-107-0016-3	25	32	11	24	11	19	7.5	R3i	1	ACS800-104-0016-3
ACS800-107-0020-3	34	46	15	31	15	23	11	R3i	1	ACS800-104-0020-3
ACS800-107-0025-3	44	62	22	41	18.5	32	15	R4i	1	ACS800-104-0025-3
ACS800-107-0030-3	55	72	30	50	22	37	18.5	R4i	1	ACS800-104-0030-3
ACS800-107-0040-3	72	86	37	69	30	49	22	R5i	1	ACS800-104-0040-3
ACS800-107-0050-3	86	112	45	80	37	60	30	R5i	1	ACS800-104-0050-3
ACS800-107-0060-3	103	138	55	94	45	69	37	R5i	1	ACS800-104-0060-3
ACS800-107-0105-3	147	220	75	141	75	110	55	R7i	1	ACS800-104-0105-3
ACS800-107-0125-3	178	252	90	171	90	133	55	R7i	1	ACS800-104-0125-3
ACS800-107-0145-3	208	311	110	200	110	156	75	R7i	1	ACS800-104-0145-3
ACS800-107-0175-3	250	374	132	240	132	187	90	R7i	1	ACS800-104-0175-3
ACS800-107-0210-3	289	400	160	280	160	218	110	R8i	1	ACS800-104-0210-3
ACS800-107-0260-3	370	506	200	355	200	277	132	R8i	1	ACS800-104-0260-3
ACS800-107-0320-3	487	642	250	450	250	351	200	R8i	1	ACS800-104-0320-3
ACS800-107-0390-3	565	773	315	542	315	423	250	R8i	1	ACS800-104-0390-3
ACS800-107-0510-3	741	1014	400	711	400	554	315	R8i	1	ACS800-104-0510-3
ACS800-107-0770-3	1111	1521	630	1067	630	831	450	2×R8i	2	ACS800-104-0390-3
ACS800-107-1030-3	1452	1988	800	1394	800	1086	630	2×R8i	2	ACS800-104-0510-3
ACS800-107-1540-3	2156	2951	1200	2070	1200	1613	900	3×R8i	3	ACS800-104-0510-3
ACS800-107-2050-3	2845	3894	1600	2731	1600	2128	1120	4×R8i	4	ACS800-104-0510-3
ACS800-107-2570-3	3537	4842	2000	3396	2000	2646	1400	5×R8i	5	ACS800-104-0510-3
ACS800-107-3080-3	4223	5780	2400	4054	2400	3159	1600	6×R8i	6	ACS800-104-0510-3
U_N = 500 V										
ACS800-107-0004-5	4.9	6.5	2.2	4.5	2.2	3.4	1.5	R2i	1	ACS800-104-0004-5
ACS800-107-0005-5	6.2	8.2	3	5.6	3.0	4.2	2.2	R2i	1	ACS800-104-0005-5
ACS800-107-0006-5	8.1	10.8	4	7.7	4.0	5.6	3.0	R2i	1	ACS800-104-0006-5
ACS800-107-0009-5	10.5	13.8	5.5	10.0	5.5	7.5	4.0	R2i	1	ACS800-104-0009-5
ACS800-107-0011-5	13.2	17.6	7.5	12.0	7.5	9.2	5.5	R2i	1	ACS800-104-0011-5
ACS800-107-0016-5	19	24	11	18	11	13	7.5	R3i	1	ACS800-104-0016-5

LIITE 7

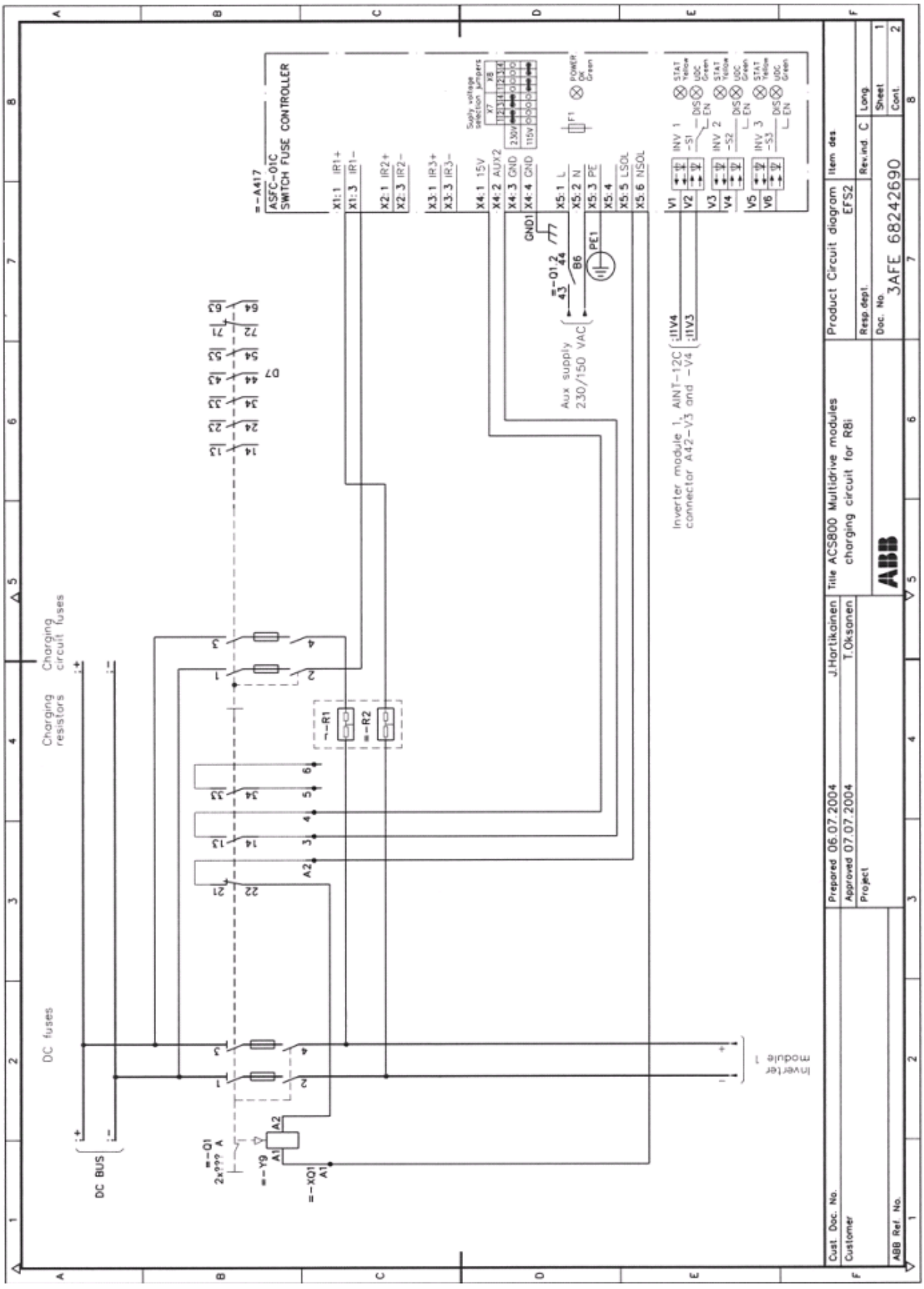
DC capacitance, DC fuses, noise, cooling characteristics

Inverter unit type	DC capacitance	DC fuses		Noise level	Power loss	Air flow
	µF	Qty	Type (Bussmann)	dBA	W (Btu/h)	m^3/h (ft^3/min)
U_N = 400 V						
ACS800-107-0003-3	350	2	170M1561	62	100 (340)	35 (21)
ACS800-107-0004-3	350	2	170M1561	62	120 (410)	35 (21)
ACS800-107-0005-3	350	2	170M1561	62	140 (480)	35 (21)
ACS800-107-0006-3	350	2	170M1561	62	160 (550)	35 (21)
ACS800-107-0009-3	350	2	170M1561	62	200 (680)	35 (21)
ACS800-107-0011-3	820	2	170M1564	62	250 (850)	69 (41)
ACS800-107-0016-3	820	2	170M1564	62	340 (1160)	69 (41)
ACS800-107-0020-3	820	2	170M1566	62	440 (1500)	69 (41)
ACS800-107-0025-3	1000	2	170M1566	62	530 (1810)	103 (61)
ACS800-107-0030-3	1000	2	170M1569	62	610 (2080)	103 (61)
ACS800-107-0040-3	2000	2	170M1569	62	810 (2770)	250 (147)
ACS800-107-0050-3	2000	2	170M1569	62	990 (3380)	250 (147)
ACS800-107-0060-3	2400	2	170M1570	62	1200 (4100)	250 (147)
ACS800-107-0105-3	4100	2	170M3818	72	1500 (5120)	480 (283)
ACS800-107-0125-3	6150	2	170M3818	72	1800 (6150)	480 (283)
ACS800-107-0145-3	6150	2	170M3819	72	2100 (7170)	480 (283)
ACS800-107-0175-3	6150	2	170M6810	72	2300 (7850)	480 (283)
ACS800-107-0210-3	8200	2	170M8545	72	2700 (9200)	1280 (750)
ACS800-107-0260-3	8200	2	170M8545	72	3700 (12700)	1280 (750)
ACS800-107-0320-3	10250	2	170M8552	72	4500 (15400)	1280 (750)
ACS800-107-0390-3	12300	2	170M8547	72	5800 (19800)	1280 (750)
ACS800-107-0510-3	14350	2	170M8550	72	7900 (27000)	1280 (750)
ACS800-107-0770-3	24600	4	170M8547	74	11000 (38000)	2560 (1510)
ACS800-107-1030-3	28700	4	170M8550	74	15000 (51000)	2560 (1510)
ACS800-107-1540-3	43050	6	170M8550	76	23000 (79000)	3840 (2260)
ACS800-107-2050-3	57400	8	170M8550	76	30000 (102000)	5120 (3010)
ACS800-107-2570-3	71750	10	170M8550	77	37000 (126000)	6400 (3770)
ACS800-107-3080-3	86100	12	170M8550	78	44000 (150000)	7680 (4520)
U_N = 500 V						
ACS800-107-0004-5	350	2	170M1561	62	120 (410)	35 (21)
ACS800-107-0005-5	350	2	170M1561	62	140 (480)	35 (21)
ACS800-107-0006-5	350	2	170M1561	62	160 (550)	35 (21)
ACS800-107-0009-5	350	2	170M1561	62	200 (680)	35 (21)
ACS800-107-0011-5	350	2	170M1561	62	250 (850)	35 (21)
ACS800-107-0016-5	820	2	170M1564	62	340 (1160)	69 (41)
ACS800-107-0020-5	820	2	170M1564	62	440 (1500)	69 (41)
ACS800-107-0025-5	820	2	170M1566	62	530 (1810)	69 (41)
ACS800-107-0030-5	1000	2	170M1566	62	610 (2080)	103 (61)
ACS800-107-0040-5	1000	2	170M1569	62	810 (2770)	103 (61)
ACS800-107-0050-5	2000	2	170M1569	62	990 (3380)	250 (147)
ACS800-107-0060-5	2000	2	170M1569	62	1200 (4100)	250 (147)
ACS800-107-0070-5	2400	2	170M1570	62	1400 (4800)	250 (147)
ACS800-107-0105-5	4100	2	170M1570	72	1500 (5120)	480 (283)
ACS800-107-0125-5	6150	2	170M3818	72	1800 (6150)	480 (283)
ACS800-107-0145-5	6150	2	170M3818	72	2100 (7170)	480 (283)
ACS800-107-0175-5	6150	2	170M3819	72	2400 (8200)	480 (283)
ACS800-107-0215-5	6150	2	170M6810	72	2600 (8880)	480 (283)
ACS800-107-0260-5	8200	2	170M8545	72	3300 (11300)	1280 (750)

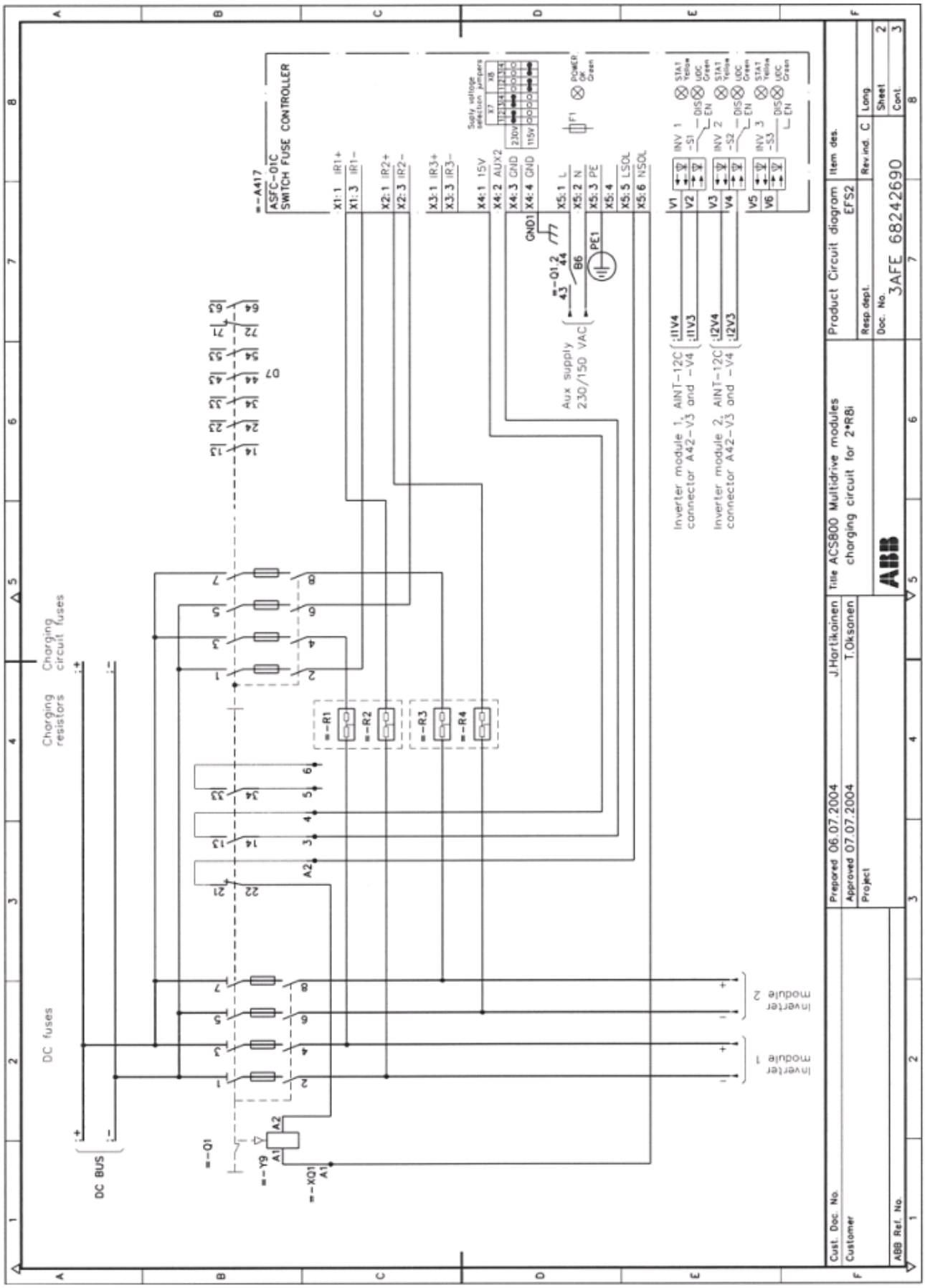
LIITE 8/1

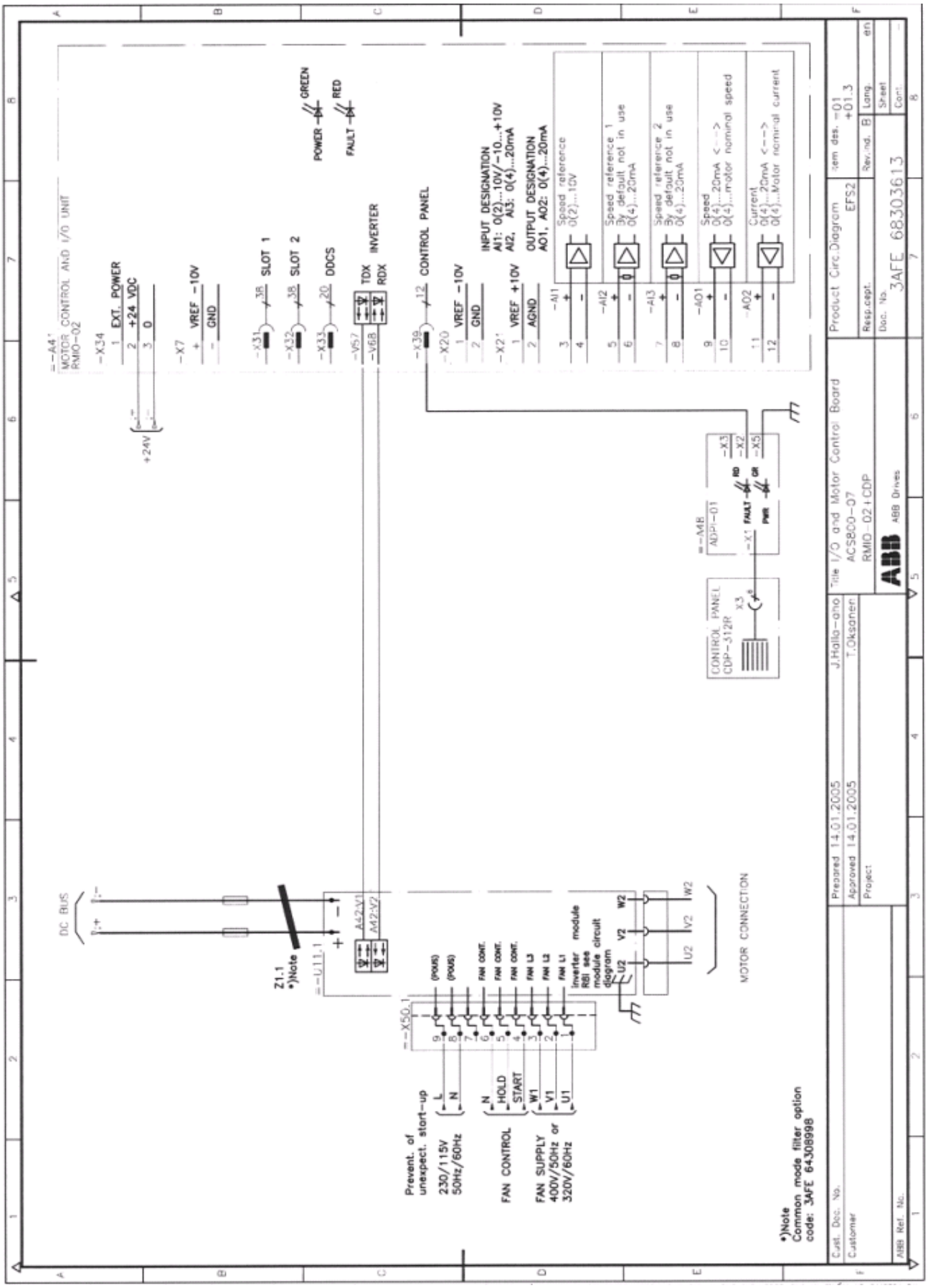

-U11 /-U3
Note! A431 is optional board
if not used, interconnect board A42 pins:
X5:1 to X5:3 and X5:4 to X5:5
-A431
AGPS-21C
Gate driver power supply board
-A42
AINT-12C
MAIN CIRCUIT INTERFACE BOARD
-A43
APOW-01C
POWER SUPPLY
-A28
NMLD-61
-A432
AFIN-01C
-A433
AFPS-01C
-Y41
FAN UNIT
-X2
yellow
white
green
gray
yellow/green
gray
brown
blue
black
-X50
-F1
115V
230V
+12V
GND2
+24V1
GND1
+24VDR
PWRFAIL
ADDR_ON
5V
RUN
GDD
-24V1
+5V
CONEC
SATEC
TEMPRC
IU
IV
IW
Prepared 24.08.2003
Approved 11.03.2005
Project
Customer
Cust. Doc. No.
ABB Ref. No.
Luusuo Jot
M. Talja
ACS800-104,R8i, 690V
0210...0580-7
VSC fan
ABB Drives
Product Circuit diagram
Doc. No. 3AFE 64703081
Sheet 2
Cont -
Lang en
Rev.ind. H
Resp.dept
Rem. des.
DURRA_TYPE:\CL_DIA\1045002\004.DWG
Copr. ABB Automation
We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.

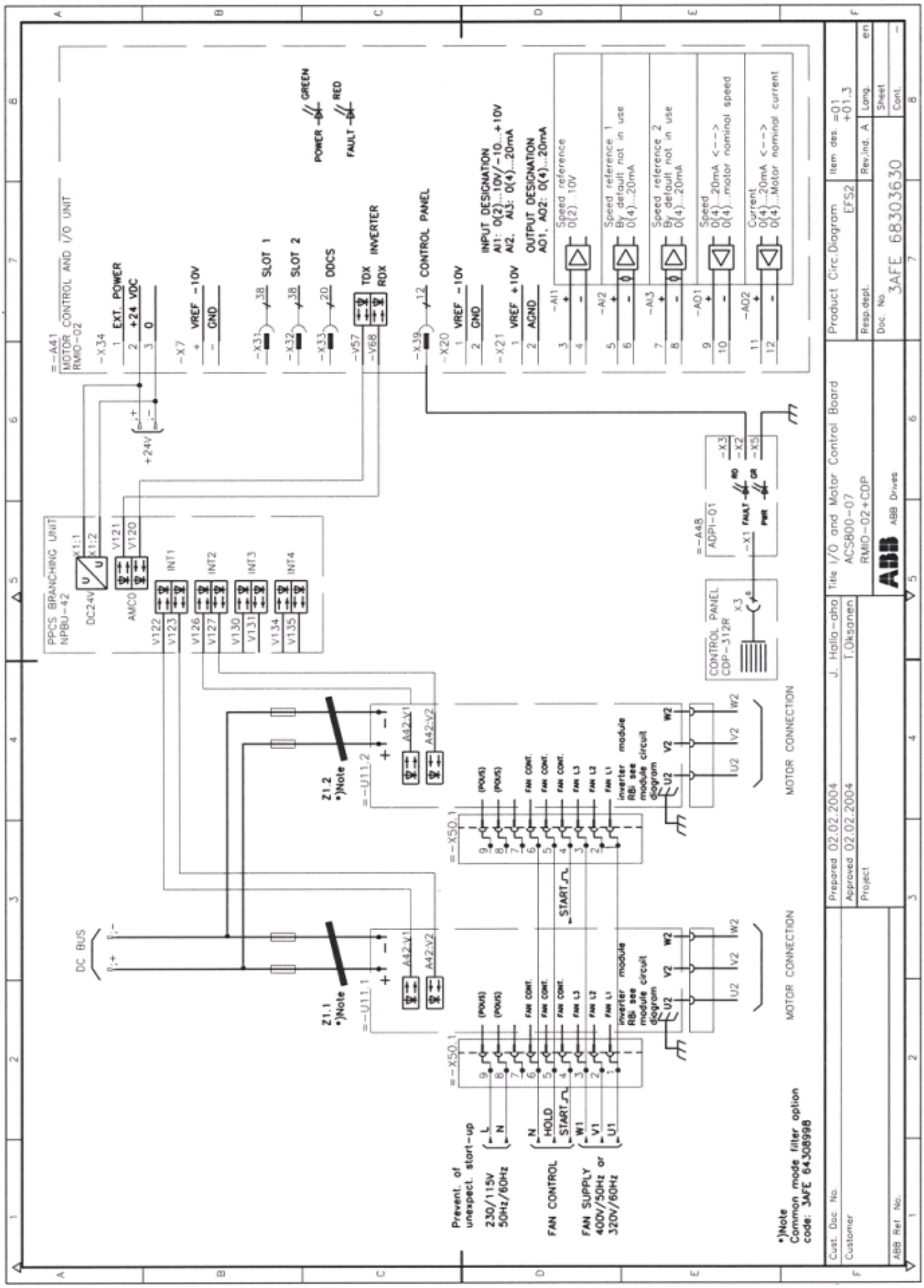
LIITE 8/2


=-A417
ASFC-01C
SWITCH FUSE CONTROLLER
Product Circuit diagram
EFS2
Item des
Rev.ind. C
Long
Sheet 1
Cont. 2
Resp dept.
Doc. No.
3AFE 68242690
Title ACS800 Multidrive modules
charging circuit for R8i
Prepared 06.07.2004
J.Hortikainen
Approved 07.07.2004
T.Oksanen
Project
Cust. Doc. No.
Customer
ABB Ref. No.
ABB
DC fuses
Charging circuit fuses
Charging resistors
DC BUS
=-Q1
2x??? A
=-Y9
=-XQ1
=-R1
=-R2
=-Q7
Inverter module 1
Aux supply
230/150 VAC
=-Q1
43
44
B6
PE1
Inverter module 1, AINT-12C
connector A42-V3 and -V4
:11V4
:11V3
GND1
X1:1 IR1+
X1:3 IR1-
X2:1 IR2+
X2:3 IR2-
X3:1 IR3+
X3:3 IR3-
X4:1 15V
X4:2 AUX2
X4:3 GND
X4:4 GND
X5:1 L
X5:2 N
X5:3 PE
X5:4
X5:5 LSOL
X5:6 NSOL
Supply voltage selection jumpers
X8
X7
230V
115V
POWER OK Green
F1
V1
V2
V3
V4
V5
V6
INV 1
-S1
INV 2
-S2
INV 3
-S3
STAT Yellow
DSC EN
UDC Green

LIITE 8/3


=-A417
ASFC-01C
SWITCH FUSE CONTROLLER
DC fuses
Charging circuit fuses
Charging resistors
DC BUS
=-R1
=-R2
=-R3
=-R4
=-Q1
=-Y9
=-X01
Aux supply
230/150 VAC
PE1
Inverter module 1, AINT-12C connector A42-V3 and -V4
Inverter module 2, AINT-12C connector A42-V3 and -V4
Inverter module 2
Inverter module 1
Product Circuit diagram
EFS2
ACS800 Multidrive modules
charging circuit for 2*R8i
J.Hartikainen
T.Oksanen
Prepared 06.07.2004
Approved 07.07.2004
3AFE 68242690


=-A4
MOTOR CONTROL AND I/O UNIT
RMIO-02
-X34
EXT. POWER
+24 VDC
-X7
VREF -10V
GND
-X31
SLOT 1
-X32
SLOT 2
-X33
DDCS
-V67
-V68
TDX
RDX
INVERTER
POWER
GREEN
FAULT
RED
-X39
-X20
CONTROL PANEL
-X2'
VREF -10V
GND
VREF +10V
AGND
INPUT DESIGNATION
AI1: 0(2)...10V/-10...+10V
AI2, AI3: 0(4)...20mA
OUTPUT DESIGNATION
AO1, AO2: 0(4)...20mA
-AI1
Speed reference
0(2)...10V
-AI2
Speed reference 1
By default not in use
0(4)...20mA
-AI3
Speed reference 2
By default not in use
0(4)...20mA
-AO1
Speed
0(4)...20mA <-->
0(4)...motor nominal speed
-AO2
Current
0(4)...20mA <-->
0(4)...Motor nominal current
DC BUS
Z1.1
•)Note
=-U11.1
A42-V1
A42-V2
=-X50.1
(POWER)
(POWER)
FAN CONT.
FAN CONT.
FAN L3
FAN L2
FAN L1
Inverter module
RBI see module circuit diagram
U2
V2
W2
U2
V2
W2
MOTOR CONNECTION
Prevent. of unexpect. start-up
230/115V
50Hz/60Hz
L
N
FAN CONTROL
N
HOLD
START
FAN SUPPLY
400V/50Hz or
320V/60Hz
W1
V1
U1
•)Note
Common mode filter option
code: 3AFE 64308998
=-M8
ADPI-01
-X1
-X3
-X2
-X5
FAULT
PWR
RD
GR
CONTROL PANEL
CDP-312R
X3
Prepared 14.01.2005
J.Halla-aho
Approved 14.01.2005
T.Oksanen
Project
Title I/O and Motor Control Board
ACS800-07
RMIO-02+CDP
ABB Drives
Product Circ.Diagram
EFS2
Item des. =01
+01.3
Resp.dept.
Rev.ind. B
Lang. en
Doc. No. 3AFE 68303613
Sheet
Cont.
Cust. Doc. No.
Customer
ABB Ref. No.


=-A41
MOTOR CONTROL AND I/O UNIT
RMIO-02
-X34
1 EXT. POWER
2 +24 VDC
3 0
-X7
+ VREF -10V
- GND
-X31
SLOT 1
-X32
SLOT 2
-X33
DDCS
-V57
-V68
TDX INVERTER
RDX
-X39
CONTROL PANEL
-X20
1 VREF -10V
2 GND
-X21
1 VREF +10V
2 AGND
INPUT DESIGNATION
AI1: 0(2)...10V/-10...+10V
AI2, AI3: 0(4)...20mA
OUTPUT DESIGNATION
AO1, AO2: 0(4)...20mA
Speed reference
0(2)...10V
Speed reference 1
By default not in use
0(4)...20mA
Speed reference 2
By default not in use
0(4)...20mA
Speed
0(4)...20mA <-->
0(4)...motor nominal speed
Current
0(4)...20mA <-->
0(4)...Motor nominal current
GREEN
POWER
RED
FAULT
+24V
PPCS BRANCHING UNIT
NPBU-42
DC24V
AMC0
V121
V120
INT1
INT2
INT3
INT4
V122
V123
V126
V127
V130
V131
V134
V135
=-A48
ADPI-01
-X1
-X2
-X3
-X5
CONTROL PANEL
CDP-312R
X3
DC BUS
Z1.1
Z1.2
*)Note
=-U11.1
=-U11.2
A42:X1
A42:V2
=-X50.1
MOTOR CONNECTION
Prevent. of unexpect. start-up
230/115V 50Hz/60Hz
L
N
FAN CONTROL
N
HOLD
START
FAN SUPPLY
400V/50Hz or 320V/60Hz
W1
V1
U1
*)Note
Common mode filter option code: 3AFE 64308998
Prepared 02.02.2004
J. Hollo-aho
Approved 02.02.2004
T.Oksanen
Project
Title I/O and Motor Control Board ACS800-07 RMIO-02+CDP
Product Circ.Diagram EFS2
Item des. =01 +01.3
Resp.dept.
Rev.ind. A
Lang. en
Doc. No 3AFE 68303630
Sheet
Cont.
Cust. Doc. No.
Customer
ABB Ref. No.
ABB Drives

LIITE 9

Technical data - ACS800-207

What this chapter contains

This chapter contains the technical data for the ACS800-207, the cabinet-installed IGBT supply units.

Ratings

IGBT Supply Unit	Basic Module ACS800-104...	Frame	Nominal ratings (no overload use)					Light overload use		Heavy-duty use	
			$I_{contmax}$	$I_{cont.max}$	I_{max}	S_N	$P_{cont.max}$	I_n	P_N	I_{hd}	P_{hd}
			A (AC)	A (DC)	A (DC)	kVA	kW (DC)	A (DC)	kW	A (DC)	kW
UN=400 V (Range 380-415 V)											
ACS800-207-0135-3	-0145-3	R7i	182	221	330	131	130	212	124	165	97
ACS800-207-0155-3	-0175-3	R7i	224	272	406	161	159	261	153	203	119
ACS800-207-0200-3	-0260-3+E205	R8i	284	344	471	204	202	331	194	258	151
ACS800-207-0260-3	-0320-3+E205	R8i	378	458	627	272	269	440	258	343	201
ACS800-207-0330-3	-0390-3+E205	R8i	473	573	784	340	336	550	323	429	252
ACS800-207-0440-3	-0510-3+E205	R8i	630	764	1046	453	448	733	430	571	335
ACS800-207-0660-3	-0390-3+E205	2×R8i	945	1146	1568	679	672	1100	646	857	503
ACS800-207-0860-3	-0510-3+E205	2×R8i	1235	1497	2049	888	879	1437	844	1120	657
ACS800-207-1270-3	-0510-3+E205	3×R8i	1833	2223	3042	1318	1304	2134	1252	1662	976
ACS800-207-1680-3	-0510-3+E205	4×R8i	2419	2933	4015	1739	1722	2816	1653	2194	1288
ACS800-207-2490-3	-0510-3+E205	6×R8i	3591	4354	5960	2581	2555	4180	2453	3257	1911
UN=500 V (Range 380-500 V)											
ACS800-207-0165-5	-0175-5	R7i	180	218	327	156	154	210	148	163	115
ACS800-207-0195-5	-0215-5	R7i	220	267	399	191	189	256	181	200	141
ACS800-207-0230-5	-0320-5+E205	R8i	270	327	475	234	231	314	222	245	173
ACS800-207-0310-5	-0400-5+E205	R8i	360	436	633	312	309	419	296	327	231
ACS800-207-0390-5	-0460-5+E205	R8i	450	546	792	390	386	524	370	408	289
ACS800-207-0520-5	-0610-5+E205	R8i	600	727	1056	520	514	698	494	544	385
ACS800-207-0780-5	-0460-5+E205	2×R8i	900	1091	1584	779	772	1048	741	816	577
ACS800-207-1020-5	-0610-5+E205	2×R8i	1176	1426	2069	1018	1008	1369	968	1067	754
ACS800-207-1510-5	-0610-5+E205	3×R8i	1746	2117	3072	1512	1497	2032	1437	1584	1120
ACS800-207-2000-5	-0610-5+E205	4×R8i	2304	2794	4054	1995	1975	2682	1896	2090	1478
ACS800-207-2960-5	-0610-5+E205	6×R8i	3420	4147	6017	2962	2932	3981	2815	3102	2193
UN=690 V (Range 525-690 V)											
ACS800-207-0155-7	-0175-7	R7i	119	144	216	142	141	139	135	108	105
ACS800-207-0175-7	-0215-7	R7i	135	164	245	161	160	157	153	122	119
ACS800-207-0220-7	-0260-7+E205	R8i	180	218	327	215	213	210	204	163	159
ACS800-207-0300-7	-0400-7+E205	R8i	250	303	453	299	296	291	284	227	221
ACS800-207-0360-7	-0440-7+E205	R8i	300	364	544	359	355	349	341	272	266
ACS800-207-0480-7	-0580-7+E205	R8i	400	485	726	478	473	466	454	363	354
ACS800-207-0720-7	-0440-7+E205	2×R8i	600	727	1088	717	710	698	682	544	531
ACS800-207-0940-7	-0580-7+E205	2×R8i	784	951	1422	937	928	913	890	711	694
ACS800-207-1390-7	-0580-7+E205	3×R8i	1164	1411	2111	1391	1377	1355	1322	1056	1030
ACS800-207-1840-7	-0580-7+E205	4×R8i	1536	1862	2786	1836	1817	1788	1745	1393	1359
ACS800-207-2730-7	-0580-7+E205	6×R8i	2280	2764	4136	2725	2698	2654	2590	2068	2018
ACS800-207-3630-7	-0580-7+E205	8×R8i	3040	3686	5514	3633	3597	3539	3453	2757	2690
ACS800-207-4550-7	-0580-7+E205	10×R8i	3800	4607	6893	4541	4496	4423	4316	3446	3363
ACS800-207-5450-7	-0580-7+E205	12×R8i	4560	5529	8271	5450	5395	5308	5179	4136	4036

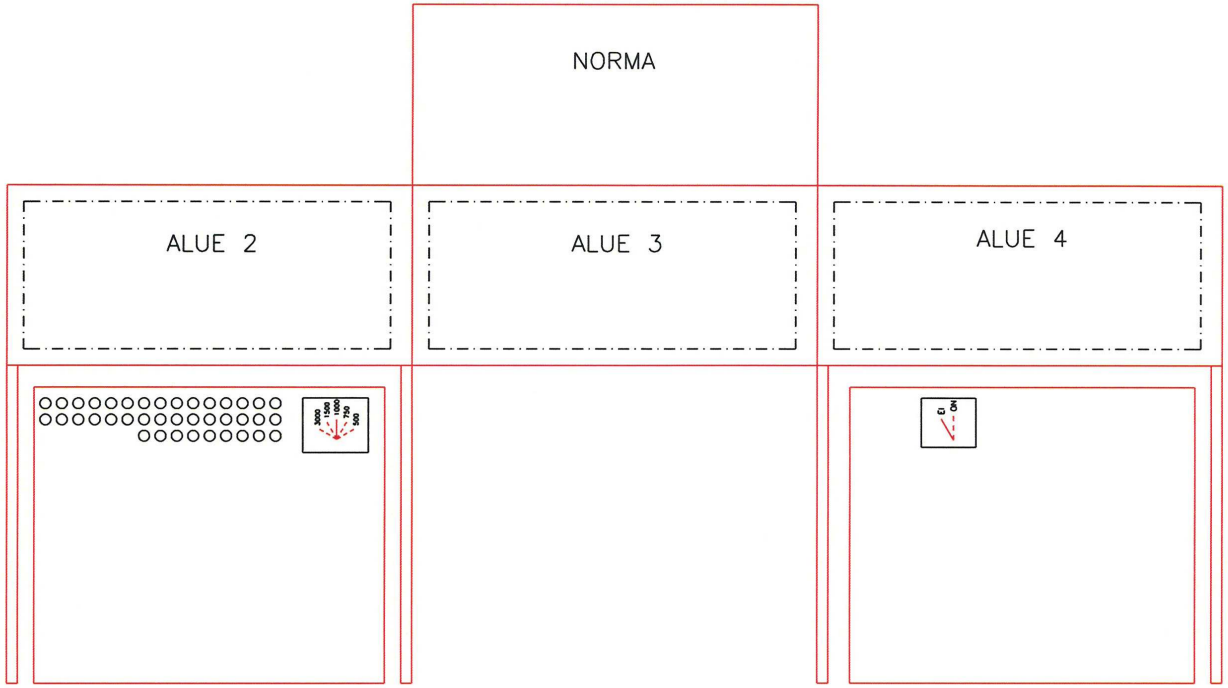
00184674.xls / G

Nominal ratings

$I_{cont.max}$ continuous rms input (AC) or output (DC) current. No overload capability at 40°C.

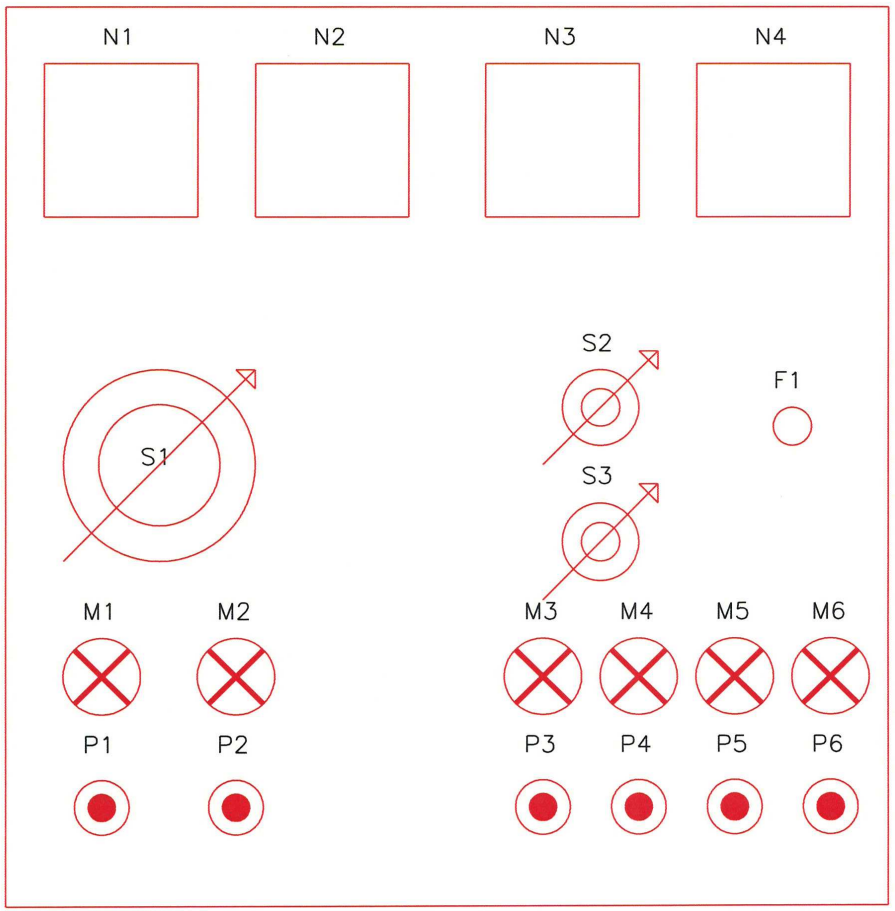
I_{max} maximum output current. Available for 10 s at start, otherwise as long as allowed by module temperature.

$P_{cont.max}$ nominal output power



ERILLISEN OHJAUSPÖYDÄN NIMITYKSENÄ ON KÄYTETTY ALUE 1.
ALUEIDEN YLEISKUVAT ON NÄHTÄVISSÄ ERILLISISSÄ KUVISSA.
RIVILIITINKUVAT ALUEESTA 1 JA OHJAUSPÖYDÄSTÄ ERILLISIISSÄ KUVISSA.

Tunn.	Lukum.	Muutos		Nimim. Pvm
K.ase/Kylä	Kartt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
				SÄHKÖPIIRUSTUS
TP 1 OHJAUSPÖYTÄ YLEISKUVA				MK:
		Pvm	14.4.2010	Työnumero / Tilaajan numero
		Piirt.	MaSi	
		Suunn.		
		Tark.	Mall	
		Yht.hl6	ToPa	Piirustusnumero / Muutos
		Lehti		SÄH



N1 = EI MITÄÄN?

N2 = G1 MAGNETOINTIJÄNNITENÄYTTÖ

N3 = KOESTETTAVAN MOOTTORIN VIRTANÄYTTÖ

N4 = KOESTETTAVAN MOOTTORIN JÄNNITENÄYTTÖ

S1 = G1 MAGNETOINTIJÄNNITTEEN SÄÄDIN

S2 = EI MITÄÄN?

S3 = KOESTETTAVAN MOOTTORIN JÄNNITESÄÄTÖ

M1 = G31 POIS PÄÄLTÄ MERKKIVALO

M2 = G31 PÄÄLLÄ MERKKIVALO

M3 = G1 MANGETOINTI POIS PÄÄLTÄ MERKKIVALO

M4 = G1 MAGNETOINTI PÄÄLLÄ MERKKIVALO

M5 = G1 JÄNNITE POIS PÄÄLTÄ MERKKIVALO

M6 = G1 JÄNNITE PÄÄLLÄ MERKKIVALO

P1 = G31 POIS PÄÄLTÄ PAINNONAPPI

P2 = G31 PÄÄLLE PAINONAPPI

P3 = G1 MANGETOINTI POIS PÄÄLTÄ PAINONAPPI

P4 = G1 MANGETOINTI PÄÄLLE PAINONAPPI

P5 = G1 JÄNNITE POIS PÄÄLTÄ PAINONAPPI

P6 = G1 JÄNNITE PÄÄLLE PAINONAPPI

F1 = SULAKE

Tunn. Lukum. Muutos — Nimim. Pvm

K.osa/Kylä | Kortt./Tila | Tontti | Rno | Viranomaisten merkintöjä

YLEISKUVA

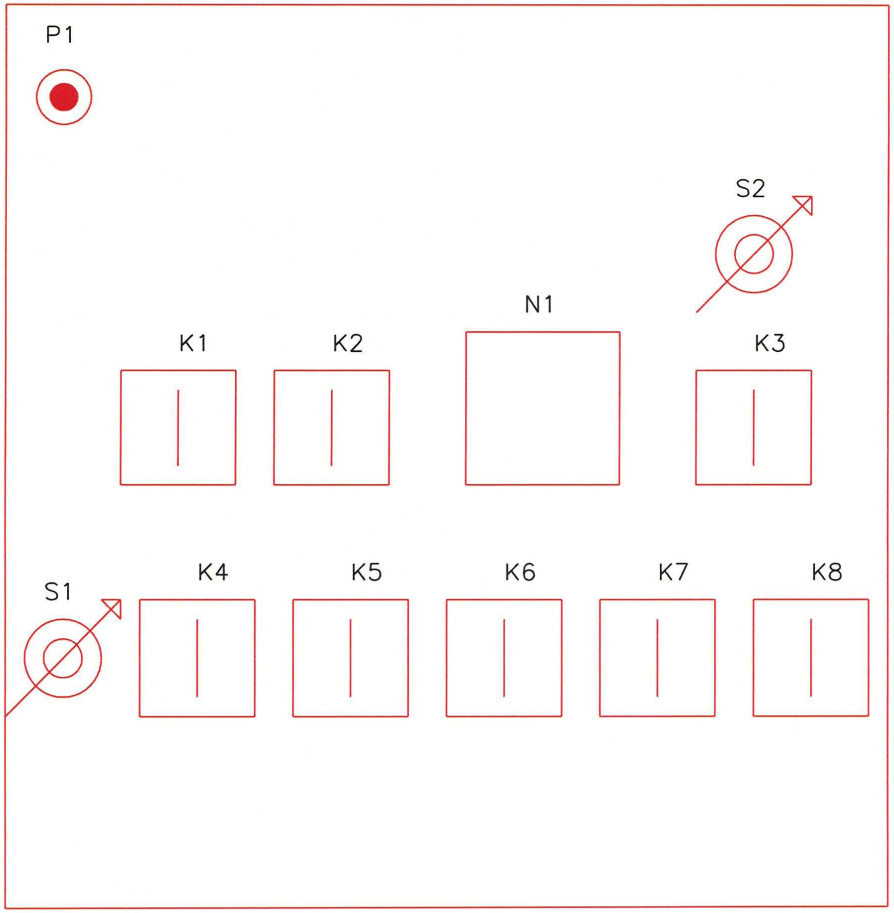
TP 1
ALUE 1
ERILLINEN
OHJAUSPÖYTÄ

MK:

Pvm 14.4.2010
Piirt. MoSi
Suunn.
Tark. Moll
Yht.hlö ToPo
Lehti

Työnumero | Tilaajan numero

Piirustusnumero | Muutos



P1 = HÄTÄSEIS

N1 = TAHTIGENERAATTORIN MAGNETOINTIJÄNNITE NÄYTTÖ

S1 = EI MITÄÄN?

S2 = EI MITÄÄN?

K1 = EI MITÄÄN?

K2 = EI MITÄÄN?

K3 = EI MITÄÄN?

K4 = EI MITÄÄN?

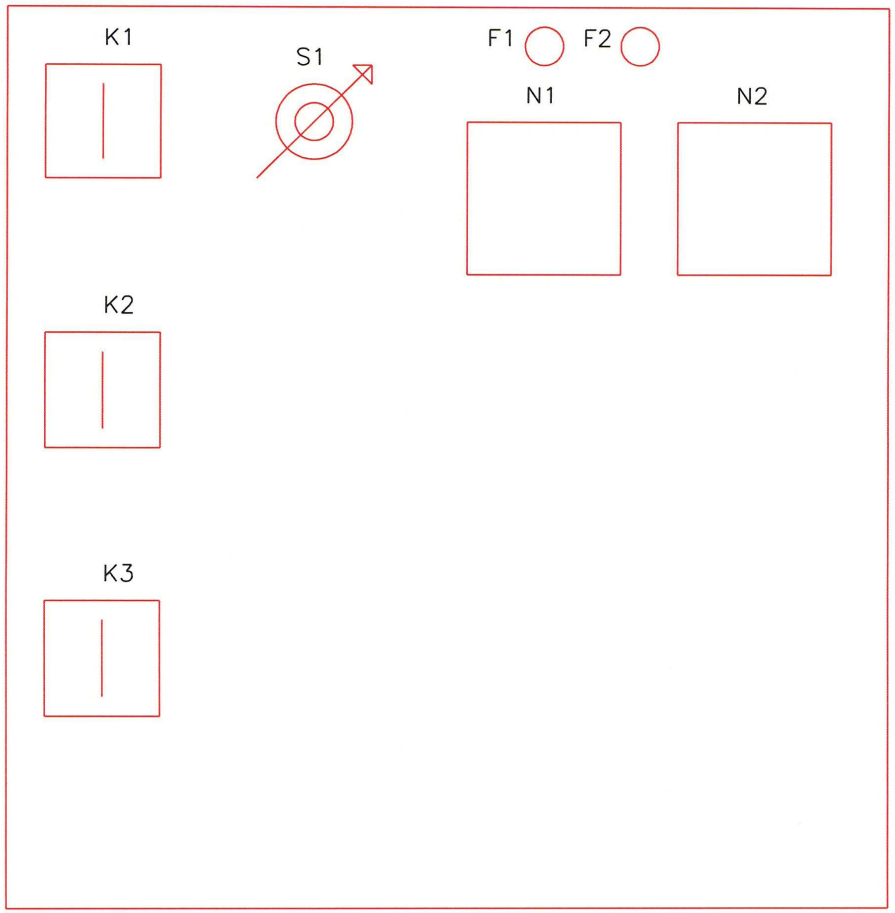
K5 = EI MITÄÄN?

K6 = EI MITÄÄN?

K7 = EI MITÄÄN?

K8 = MOMENTTIKÄYRÄN AJO PÄÄLLE

Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm
K.oso/Kylä	Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
				YLEISKUVA
TP 1 ALUE 2 OHJAUSPÖYTÄ				MK:
	Pvm 14.4.2010			Työnumero / Tilaajan numero
	Piirt. MaSi			
	Suunn.			
	Tark. Matl			Piirustusnumero / Muutos
	Yht.hlö ToPo			
	Lehti			



K1 = MOMENTTIKÄYRÄ AJOSSA MOMENTIN SÄÄTÖ

K2 = EI MITÄÄN?

K3 = EI MITÄÄN?

S1 = EI MITÄÄN?

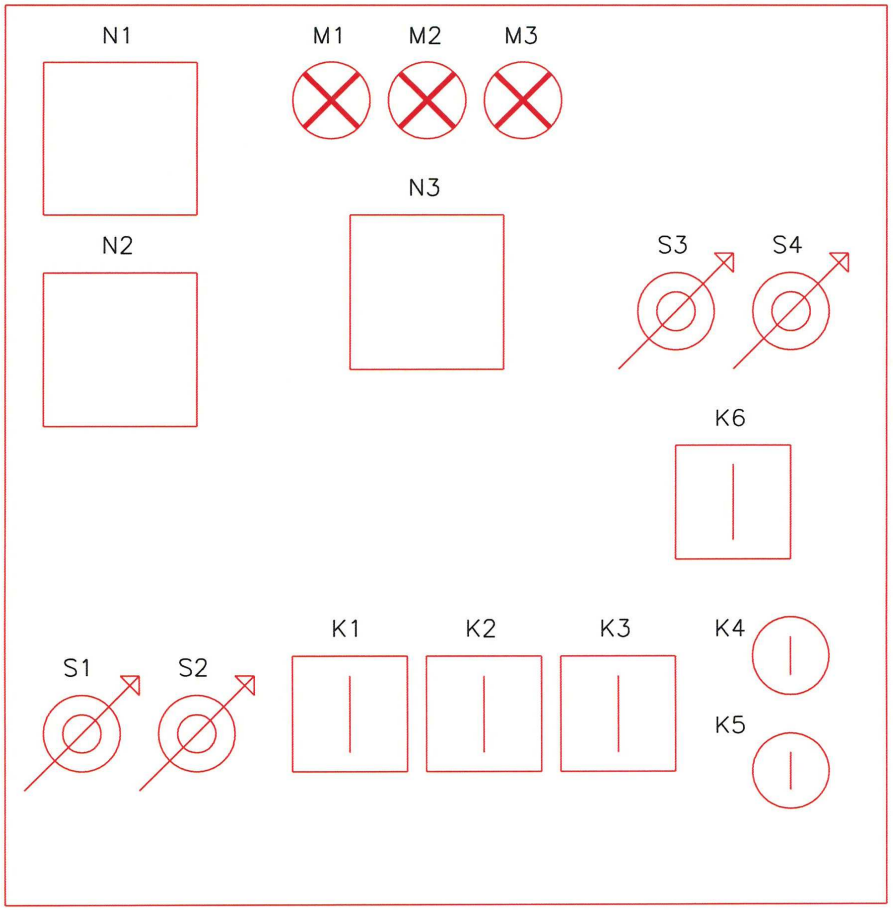
N1 = EI MITÄÄN?

N2 = EI MITÄÄN?

F1 = SULAKE

F2 = SULAKE

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim. Pvm
K.osa/Kylä		Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
					YLEISKUVA
TP 1 ALUE 3 OHJAUSPÖYTÄ					MK:
		Pvm 14.4.2010			Työnumero / Tilaajan numero
		Piirt. MaSi			
		Suunn.			
		Tark. MaIl			Piirustusnumero / Muutos
		Yht.NS ToPa			
		Lehti			



N1 = JARRUGENERAATTORIN MAGNETOINNIN ASETUSARVO

N2 = EI MITÄÄN?

N3 = G1 VIRTA

M1 = JARRUGENERAATTORIN MERKKIVALO

M2 = KOJEISTO PÄÄLLÄ MERKKIVALO

M3 = EI MITÄÄN?

S1 = JARRUGENERAATTORIN MAGNETOINNIN HIENOSÄÄTÖ

S2 = JARRUGENERAATTORIN MAGNETOINNIN SÄÄTÖ

S3 = EI MITÄÄN?

S4 = EI MITÄÄN?

K1 = MAGNETOINTI PÄÄLLE JARRUGENERAATTORI

K2 = EI MITÄÄN?

K3 = KÄSI / AUTO VALITSIN

K4 = EI MITÄÄN?

K5 = EI MITÄÄN?

K6 = EI MITÄÄN?

Tunn. Lukum. Muutos — Nimim. Pvm

K.oso/Kylä | Kortt./Tila | Tontti | Rno | Viranomaisten merkintöjä

YLEISKUVA

TP 1
ALUE 4
OHJAUSPÖYTÄ

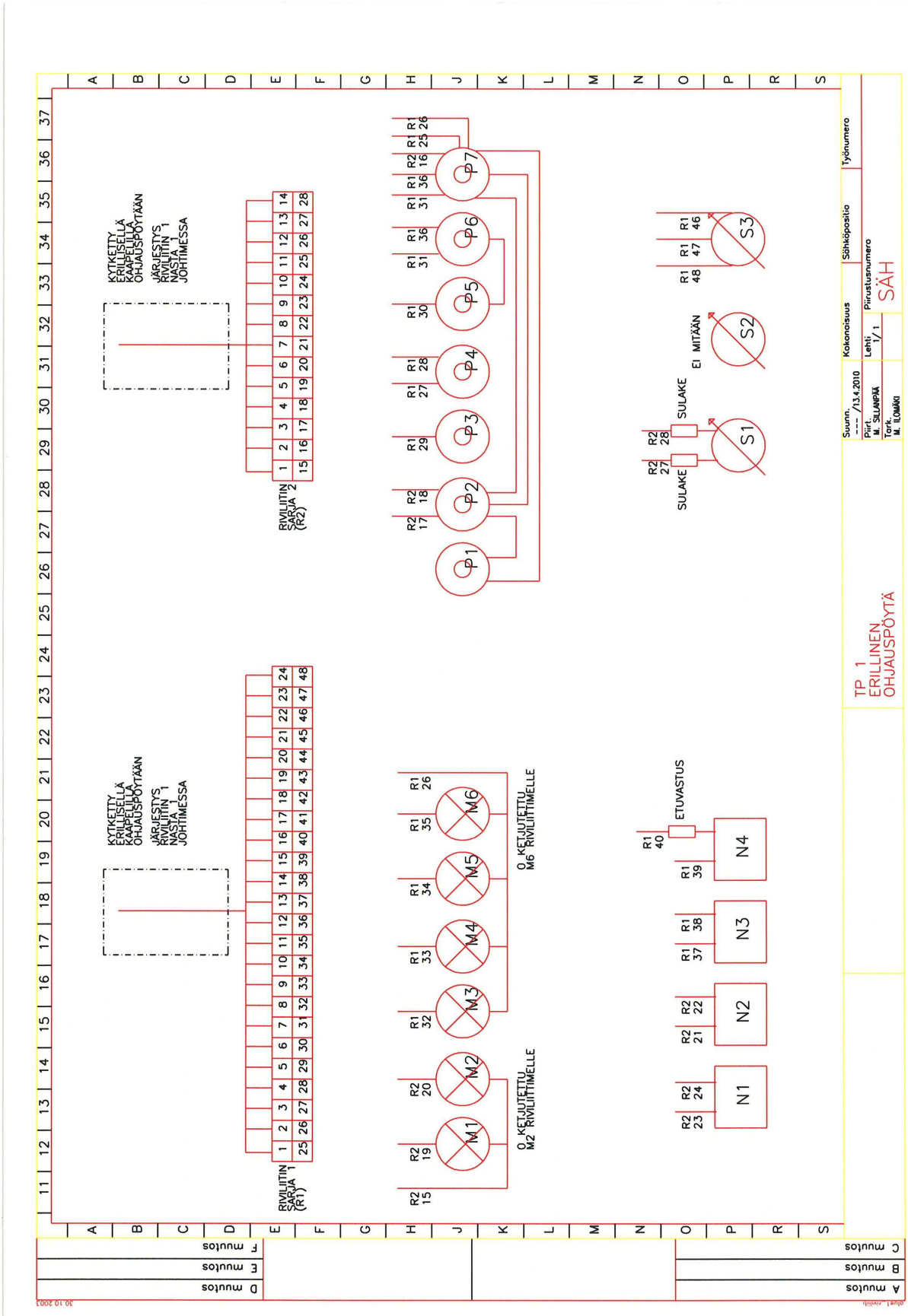
MK:

Pvm	14.4.2010
Piirt.	MaSi
Suunn.	
Tark.	Mall
Yht.hlö	ToPa
Lehti	

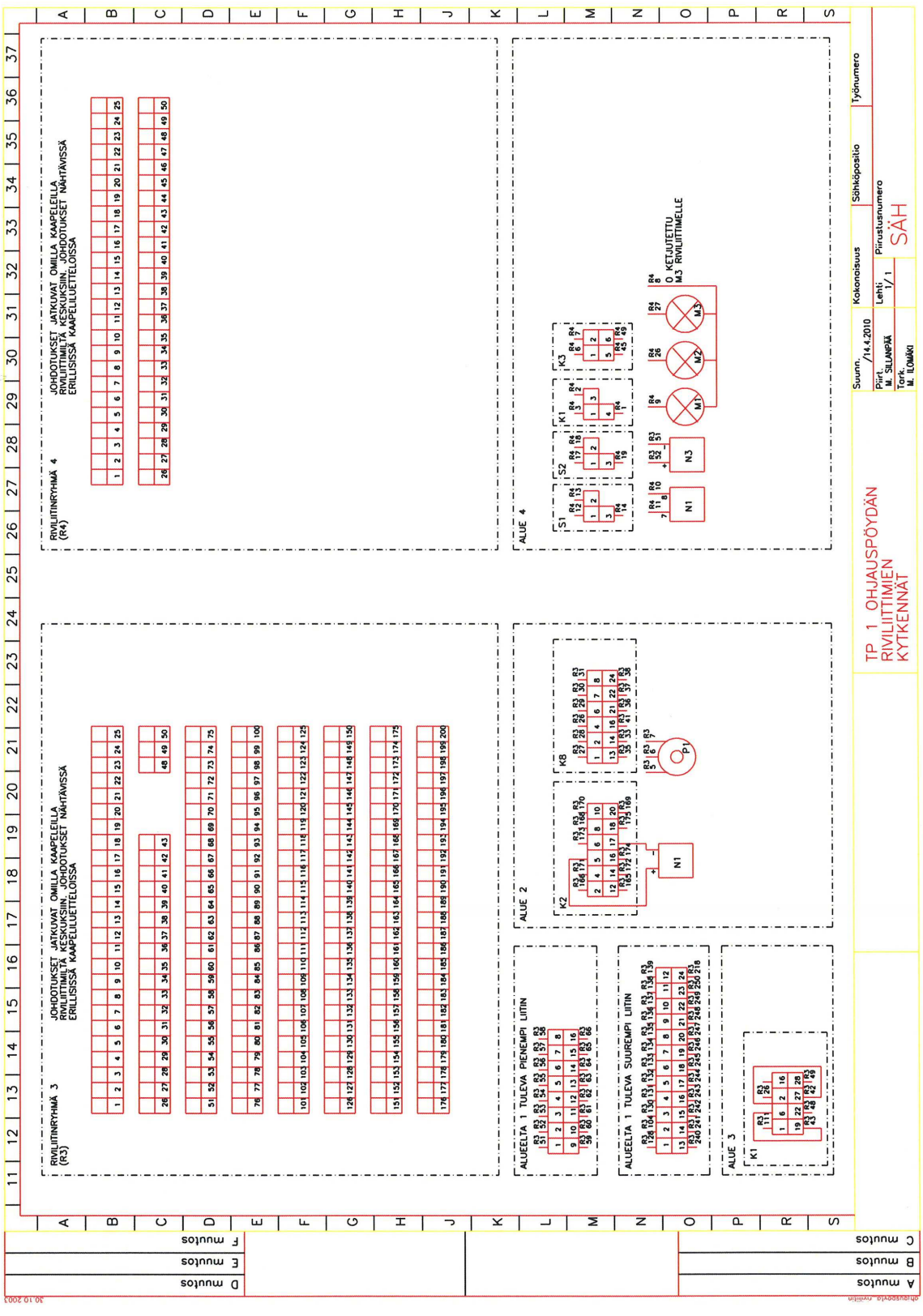
Työnumero | Tilaajan numero

Piirustusnumero | Muutos

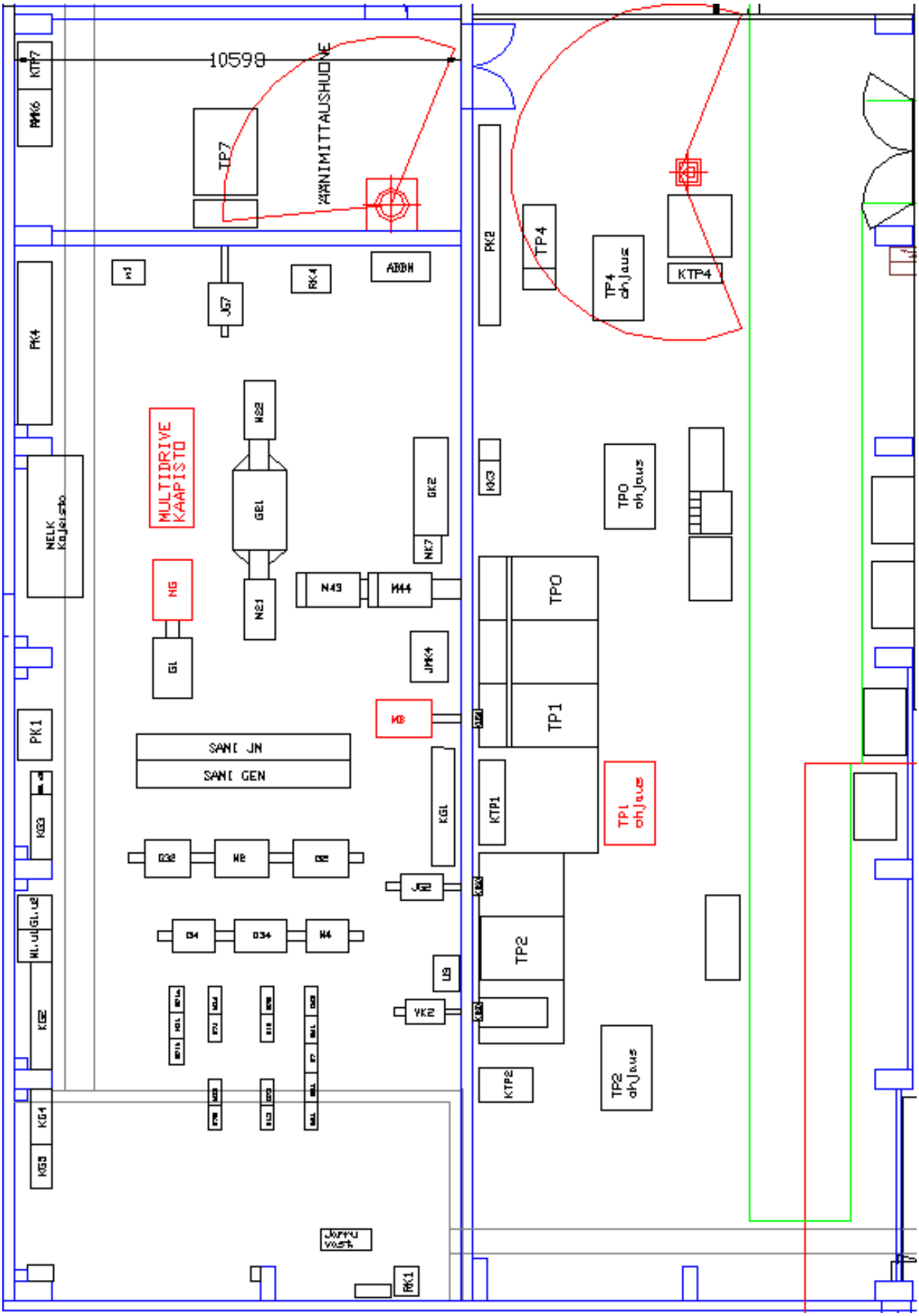
LIITE 10/6


TP 1
ERILLINEN
OHJAUSPÖYTÄ
SÄH
Suunn. --- /13.4.2010
Piirt. M. SILVANPÄÄ
Tark. M. ILOMÄKI
Kokonaisuus
Lehti 1/1
Sähköpositio
Piirustusnumero
Työnumero
KYTKETTY ERILLISELLÄ KAAPELILLA OHJAUSPÖYTÄÄN
JÄRJESTYS RIVILIITIN 1 NASTA 1 JOHTIMESSA
RIVILIITIN SARJA 1 (R1)
RIVILIITIN SARJA 2 (R2)
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
M1
M2
M3
M4
M5
M6
N1
N2
N3
N4
S1
S2
S3
SULAKE
SULAKE
EI MITÄÄN
ETUVASTUS
0. KETJUTETTU M2 RIVILIITTIMELLE
0. KETJUTETTU M6 RIVILIITTIMELLE
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos

LIITE 10/7


TP 1 OHJAUSPÖYDÄN
RIVILIITTIMIEN
KYTKENNÄT
SÄH
RIVILIITINRYHMÄ 3
(R3)
JOHDOTUKSET JATKUVAT OMILLA KAAPELEILLA
RIVILIITTIMILTÄ KESKUKSIIN. JOHDOTUKSET NÄHTÄVISSÄ
ERILLISISSÄ KAAPELIKUETTELOISSA
RIVILIITINRYHMÄ 4
(R4)
ALUE 1 TULEVA PIENEMPI LIITIN
ALUEELTA 1 TULEVA SUUREMPI LIITIN
ALUE 2
ALUE 3
ALUE 4
K1
K2
K3
K8
S1
S2
N1
N3
P1
M1
M2
M3
O KETJUTETTU
M3 RIVILIITTIMELLE
Suunn. /14.4.2010
Piirt. M. SILVANPÄÄ
Tark. M. ILOMÄKI
Kokonaisuus
Lehti 1/1
Sähköpositio
Piirustusnumero
Työnumero
A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos

LIITE 11


10598
TP7
MANNIMITTAUSHUONE
MULTIDRIVE
KAAPISTO
SANI JN
SANI GEN
TP4
TP0
TP1
TP2
KTP4
KTP1
KTP2
TP4 ohjaus
TP0 ohjaus
TP1 ohjaus
TP2 ohjaus
PK1
PK2
PK4
PK6
PK7
KG1
KG2
KG3
KG4
KG5
KGL
GEL
GL
GK2
JK7
JMK4
YK2
RK1
RK4
ABBN