



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Valtteri Kivistö

MOOTTORITESTIPENKIN KUORMA- KONEEN JA VERKKOPUOLEN TAAJUUSMUUTTAJIEN UUSIMINEN

Tekniikka
2021

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Valtteri Kivistö
Opinnäytetyön nimi	Moottoritestipenkin kuormakoneen ja verkkopuolen taajuusmuuttajien uusiminen
Vuosi	2021
Kieli	Suomi
Sivumäärä	36 + 4 liitettä
Ohjaaja	Timo Rinne

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa VAMKin Technobothnian tutkimuskeskuksen moottoritestipenkkien kuormakoneen ja verkkopuolen taajuusmuuttajien uusiminen. Samalla päivitettiin moottoritestipenkkien turvatasoa uuden tekniikan avulla ja mekaanisesti.

Työn teoriaosassa perehdytään yleisesti päivitettävään moottoritestipenkkiin ja tuleviin Vacon NXP taajuusmuuttajiin.

Turvatason päivitys toteutettiin pitämällä työn alkuvaiheessa riskianalyysi kokous, jossa pyrittiin saamaan tarkat johtopäätökset siitä, mitä turvallisuustasoa nostattavia muutoksia testipenkille aiottiin tehdä. Itse työ toteutettiin tutustumalla aluksi entisten moottoritestipenkkien 25 vuotta vanhaan toteutukseen ja toimintoihin, niin kytkentöjen kuin toimintojen kannalta. Tämän jälkeen hahmoteltiin Vacon NXP taajuusmuuttajien kohdalla vastaavat toiminnot ja päivitettiin sähköpiirikaavio kuvat CADMATIC Electrical ohjelmalla.

Työn kuluessa oli tarkoituksena saada rakennettua ensimmäinen moottoritestipenkki prototyypinä, jossa suunnittelu ja toteutus etenisivät käsi kädessä. Mahdolliset havaittavat muutostarpeet oli näin helppo korjata heti toteutuksen yhteydessä, jolloin dokumentaatio saatiin kuntoon seuraavia moottoripenkkejä varten. Kokoonpano suoritettiin osaksi Technobothnian henkilökunnan avustuksella. Prototyypin kytkentöjen valmistuttua siihen olisi tarkoitus ladata ja ohjelmoida taajuusmuuttajien parametrien asettelut, jotka tapahtuvat Vaconin omalla Vacon NCdrive-ohjelmalla. Parametrien asettelujen jälkeen voitaisiin suorittaa prototyypin ensimmäiset testiajot ja todeta se käyttövalmiiksi.

Lopputuloksena saatiin lähes valmis moottoritestipenkki, jonka mukaan loput moottoritestipenkit saadaan päivitettyä. Työ antoi hyvät pohjatiedot lähteä työskentelemään esimerkiksi Vacon NX taajuusmuuttajien tai vastaavien laitteiden parissa.

Avainsanat	Moottoritestipenkki, Taajuusmuuttaja, Vacon NX, NXP
------------	-----------------------------------------------------

ABSTRACT

Author	Valtteri Kivistö
Title	Replacement of motor test bench loader and mains frequency converters
Year	2021
Language	Finnish
Pages	36 + 4 appendices
Name of Supervisor	Timo Rinne

The purpose of the thesis was to plan and implement the renewal of the load and mains frequency converters of the motor test benches for Technobothnia Research Center of VAMK. At the same time, the safety level of the motor test benches was updated with the help of new technology and mechanically.

The theoretical part of the thesis deals with a generally upgradable motor test bench and future Vacon NXP frequency converters.

The security level update was carried out by holding a risk analysis meeting at the beginning of the thesis, to draw precise conclusions about what changes were to be made in the test bench to increase the security level. The thesis itself was carried out by first getting acquainted with the 25-year-old implementation and functions of the former motor test benches, both in terms of connections and functions. After that, the corresponding functions for Vacon NXP frequency converters were outlined and the connections of the circuit diagrams were updated with CADMATIC Electrical software.

During the thesis, the aim was to have the first motor test bench built as a prototype, with which the design and implementation progressed hand in hand. It was thus easy to correct any noticeable need for changes immediately in connection with the implementation, whereby the documentation was prepared for the following motor benches. The assembly was carried out in part with the assistance of the Technobothnia staff. Once the prototype connections have been completed, the parameter settings for the frequency converters should be loaded and programmed with Vacon's own Vacon NCdrive program. After setting the parameters, the first test runs of the prototype could be performed and declared ready for use.

The result was an almost finished motor test bench, according to which the remaining engine test benches can be upgraded. The work gave a good basic knowledge of starting work on, for example, Vacon NX frequency converters or similar equipment.

Keywords	Motor test bench, frequency converter, and Vacon NX, NXP
----------	----------------------------------------------------------

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LIITELUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET

1	JOHDANTO	9
1.1	Technobothnia.....	9
1.2	CADMATIC Electrical	10
2	MOOTTORITESTIPENKKI	11
2.1	Taajuusmuuttaja	13
2.1.1	Taajuusmuuttajien yleistoimintaperiaate	13
2.1.2	Taajuusmuuttajan generaattorikäyttö	14
2.2	Vacon NXP	15
2.2.1	Laajennuskortit.....	16
3	RISKIANALYYSI	18
3.1	Koneiden ja laitteiden riskiarvio	18
3.2	Moottoritestipenkin riskianalyysi (RAM) ja toimenpiteet.....	19
3.2.1	Moottorin akseli	19
3.2.2	Moottorinpenkin sammutus	20
3.2.3	SIL-tarkastelu	22
4	SUUNNITTELU	23
4.1	Lähtökohta	23
4.2	Kokoonpanon suunnittelu ja toteutus.....	23
4.3	Komponentit ja kytkennät.....	25
4.3.1	Pääpiiri	25
4.3.2	230V Ohjauspiiri.....	27
4.3.3	Hätä-seis-piiri	28
4.3.4	Tasasuuntaajan ohjauspiiri	29
4.3.5	Vaihtosuuntaajan ohjauspiiri.....	30
5	ASETTELUT	31

5.1	Ohjelmistotyökalut.....	31
5.1.1	Vacon NCDrive.....	31
5.1.2	Vacon NCLoad.....	32
5.1.3	Vacon NC61131-3	32
5.1.4	Vacon NCDef.....	33
5.1.5	Vacon Safe	34
5.2	Sovelluksen valinta	35
5.3	Parametrien asettelut	36
6	YHTEENVETO	38
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	40

KUVALUETTELO

Kuva 1. Opetus- ja tutkimuslaboratorio Technobothnia.	9
Kuva 2. CADMATIC Electricalin käyttöä.	10
Kuva 3. SEVER ZK132S4-oikosulkumoottori (ennen päivitystä).	11
Kuva 4. Ohjauspulpetti (ennen päivitystä).	12
Kuva 5. Magtrol-akselimomenttianturilaitteisto (ennen päivitystä).	12
Kuva 6. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate.	14
Kuva 7. Taajuusmuuttajan generaattorikäyttö.	14
Kuva 8. Vacon NXP-taajuusmuuttaja.	15
Kuva 9. Vacon NX-laajennuskortteja.	16
Kuva 10. Vacon NX-laajennuskortteja sijoitettuna ohjauskorttiin.	17
Kuva 11. RAM-tarkastelun toimenpiteet.	18
Kuva 12. Prototyypin moottorin akselin suoja IFM GG854S induktiivisella turva- anturilla.	20
Kuva 13. Pilz PNOZ s5 C-Turvarele.	21
Kuva 14. Schneider LC1D-kontaktorit.	21
Kuva 15. SIL-tason laskentakaava ja SIL-tasot.	22
Kuva 16. Moottoritestipenkin prototyypin lähtökohta.	23
Kuva 17. Komponenttien sijoittelua ja välipiirin kytkentää aluslevyyn.	24
Kuva 18. Moottoritestipenkin prototyypin ohjauspulpetti.	25
Kuva 19. Kytkenälaatikko 1CB1.	26
Kuva 20. LCL-suodatin kytkettynä.	26
Kuva 21. Mean Well DR-60-24 kiskovirtalähde.	28
Kuva 22. Pilz PNOZ s5 C-turvarele.	29
Kuva 23. Vacon NCDrive sovelluksen käyttöä.	32
Kuva 24. Vacon NC61131-3 käyttöä toimintolohkokaavioilla.	33
Kuva 25. Vacon Safe parametrien asettelua.	34
Kuva 26. Parametrien asettelua Vacon NCDrivellä.	37

LIITELUETTELO

LIITE 1	Riskianalyysikokouksen pöytäkirja
LIITE 2	Uudet sähköpiirikaavio kuvat
LIITE 3	Parametriluettelo
LIITE 4	NC61131-3 Ohjelmointi

KÄYTETYT LYHENTEET

AC	Alternative Current, Vaihtosähkö
DC	Direct Current, Tasasähkö
kV	Kilovoltti
kW	Kilowatti
SIL	Safety Integrity Level, Turvallisuuden eheystaso
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor
LOPA	Layer of Protection Analysis
I/O	Input/Output
STO	Safe Torque Off
RAM	Reliability, Availability, Maintainability

1 JOHDANTO

Moottoritestipenkit ovat olleet Vaasan korkeakouluilla Technobothnian tutkimuskeskuksessa opetuskäytössä jo kauan aikaa, ja sitä mukaan jääneet jälkeen nykytekniikasta ja turvallisuusmääräyksistä. Moottoritestipenkkien käytössä olevat Control Techniquesin taajuusmuuttajat ovat yli 25 vuotta vanhoja ja tämän opinäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa moottoritestipenkkien kuormakoneen ja verkkopuolen taajuusmuuttajien uusiminen. Vanhojen taajuusmuuttajien tilalle vaihdetaan kokonaan uudet Vacon NXP-sarjan taajuusmuuttajat tulevan talven aikana. Työn tavoitteena on lisätä myös opetuksen sujuvuutta, monipuolisuutta ja turvallisuutta nykytekniikan avulla päivityksen myötä.

1.1 Technobothnia

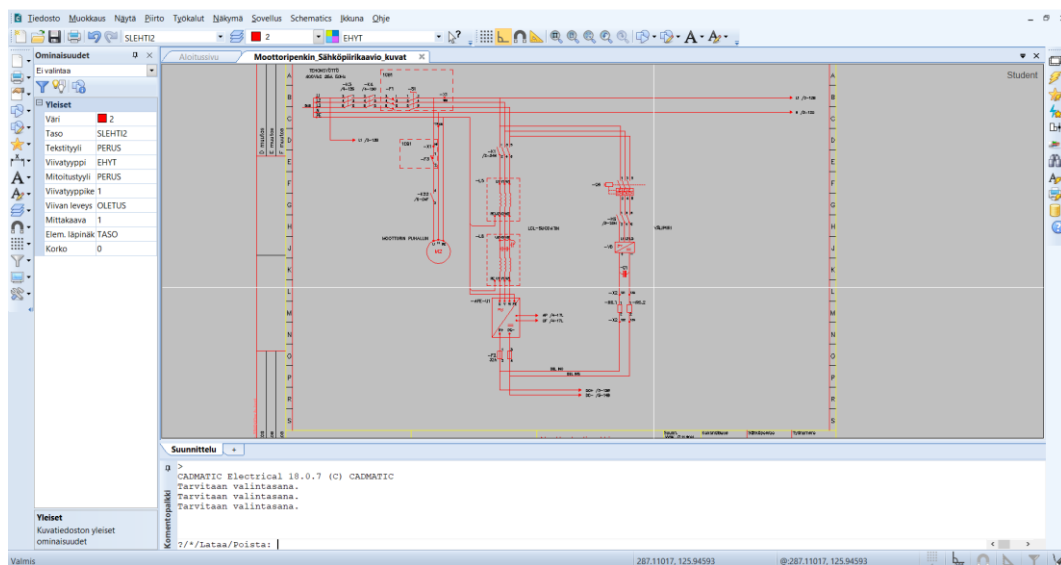
Technobothnia vahvistaa Vaasan seudun asemaa merkittävänä energiateknisen tiedon ja taidon keskittymänä (**Kuva 1.**). Technobothnia on VAMKin, Novian ja Vaasan yliopiston yhteinen laboratorio, joka perustettiin vuonna 1996 vanhan puuvillatehtaan alueelle. Korkeakoulujen ainutlaatuinen yhteistyö takaa sen, että laboratoriokokonaisuus on monipuolinen ja hyvin varusteltu. Kaikkien tutkimus- ja kehittämishankkeiden lisäksi Technobothnia tekee myös testi-, mittaus ja koepalveluita sekä koulutusta alueen teollisuudelle ja elinkeinoelämälle. /1/



Kuva 1. Opetus- ja tutkimuslaboratorio Technobothnia.

1.2 CADMATIC Electrical

Kymdata Oy kehitti ensimmäisen CADS-ohjelmistonsa noin 30 vuotta sitten, joka myytiin heinäkuussa 2019 osaksi suomalaista CADMATIC-konsernia. CADMATIC Electrical (**Kuva 2.**) on yksi CADMATICin ohjelmistopaketeista ja se soveltuu laajasti teollisuuden vaativiin sähkö- ja automaatio suunnittelutarpeisiin. Electricalilla saa tehtyä tehokkaasti piiri- ja johdotuskaaviot, taulukot ja luettelot, teollisuuden pääkaaviot ja keskuslayoutit, jonka vuoksi ohjelma soveltuu hyvin tämän opinäytetyön tarpeisiin. /2,3/



Kuva 2. CADMATIC Electricalin käyttöä.

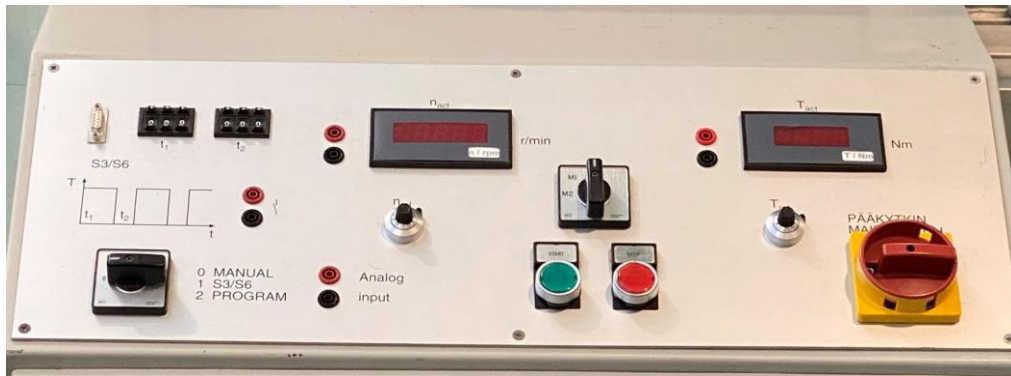
2 MOOTTORITESTIPENKKI

Technobothnian käyttämä moottoritestipenkki on moottorin testauslaitteisto, jolla on mahdollista testata taajuusmuuttajien erilaisia ominaisuuksia, sekä kuormittaa monenlaisia moottoreita ja tutkia niiden käyttäytymistä. Moottoria kuormittaa kuormakone, joka on käytössä olevissa testipenkissä 5.5 kW:n SEVER ZK132S4 kolmivaiheinen oikosulkumoottori (**Kuva 3.**). Testipenkin koneikossa käytetään myös tehon takaisinsyöttöä verkkoon päin, mikä tarkoittaa käytännössä, että testattavaa moottoria käytetään generaattorina.



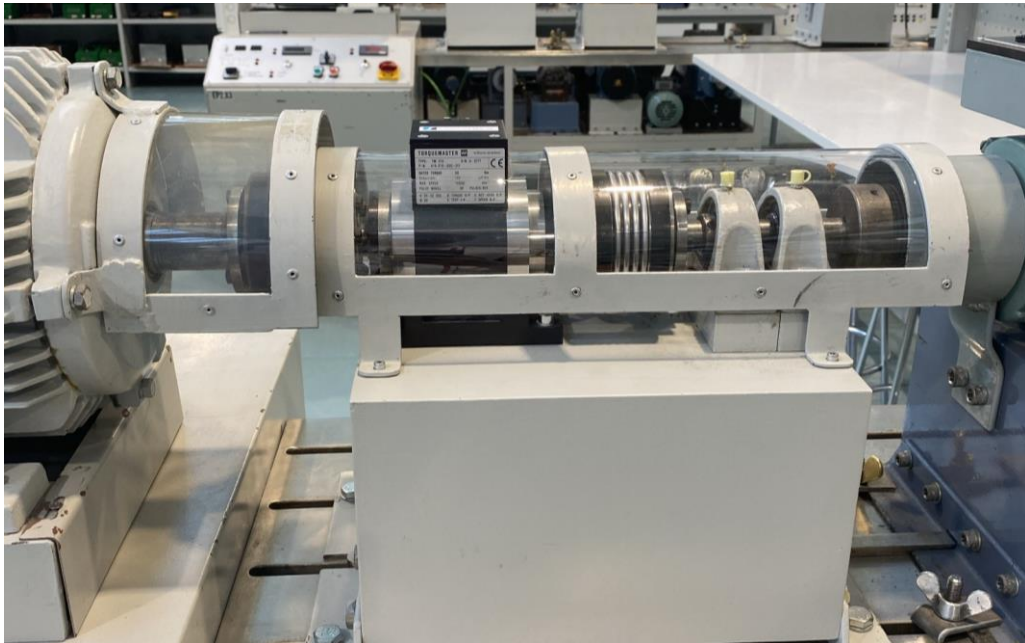
Kuva 3. SEVER ZK132S4-oikosulkumoottori (ennen päivitystä).

Koneikkoon on liitetty erillinen ohjauspulpetti (**Kuva 4.**). Ohjauspulpetilla ohjataan testipenkin toimintoja ja siihen on mahdollista lisätä erilaisia mittauslaitteistoja, joilla voidaan ottaa ylös testituloksia.



Kuva 4. Ohjauspulpetti (ennen päivitystä).

Momentin mittaukseen käytettiin ennen Magtrol-akselimomenttianturia (**Kuva 5.**), joka oli varustettu paljekylläimillä vähentämään anturiin kohdistuvia vääntörasituk-
sia. Päivityksen jälkeen momentin mittaus siirrettiin kokonaan taajuusmuuttajalle, koska taajuusmuuttajat pystyvät samaan kuin aikaisempi toiminto.



Kuva 5. Magtrol-akselimomenttianturilaitteisto (ennen päivitystä).

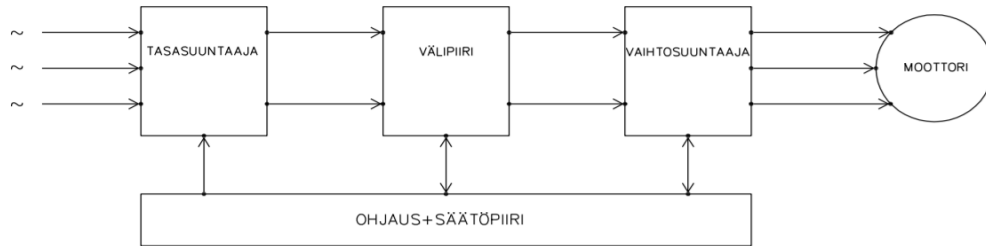
2.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkötekkinen elektroniikkalaite, jolla voidaan säätää moottorin kierrosnopeutta, tehoa ja vääntömomenttia muuntamalla vaihtovirran taajuutta. Taajuusmuuttajalla saadaan myös mahdollistettua moottorin automatisointi. Suurimpia taajuusmuuttajavalmistajia ovat Danfoss (Vacon), ABB, Delta, Mitsubishi ja Siemens. /4/

Nykyään taajuusmuuttajaohjattu kolmivaihemoottori on vakioelementti kaikissa automaattisissa sovelluksissa. Taajuusmuuttajaa tarvitsevat tehokkaat induktiomoottorit, mutta erityisesti moottorimallit kuten kestopagneettimoottorit, EC-moottorit ja synkroniset reluktanssimoottorit. /4/

2.1.1 Taajuusmuuttajien yleistointaperiaate

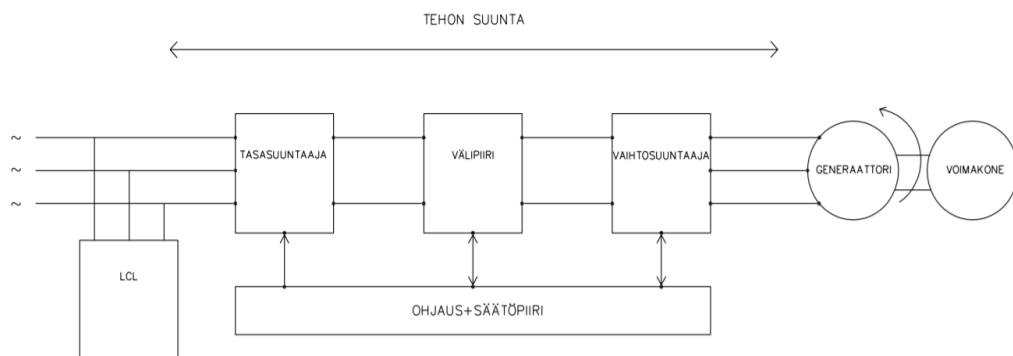
Taajuusmuuttajan rakenne jaetaan neljään osaan: tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja sekä niitä ohjaava ohjauspiiri. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate on yksinkertaistettuna seuraavanlainen: Ensimmäiseksi sähköverkosta taajuusmuuttajaan syötetty vaihtojännite tasasuunnataan eli muutetaan sykkiväksi tasajännitteeksi. Tämä tasajännite on kuitenkin vielä epätasaista, joten se pitää suodattaa. Tämä tapahtuu välipiirissä olevalla kondensaattorilla, joka tasoittaa jännitteen ja toimii samalla energiavarastoina kommutointien yhteydessä, jolloin välipiirissä oleva DC-jännite pysyy vakaana. Viimeisenä vaihtosuuntausyksikkö muuttaa suodatetun tasajännitteen halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi, joka lopuksi syötetään ohjattavalle moottorille (**Kuva 6.**). /4/



Kuva 6. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate.

2.1.2 Taajuusmuuttajan generaattorikäyttö

Normaalisti taajuusmuuttajaa käytetään sähkömoottorin ohjaukseen ja säätöön, jolloin suunta on verkosta moottorille. Moottoritestipenkien käyttämässä generaattori käytössä taajuusmuuttajaa käytetään generaattorin tuottaman sähkötehon siirtoon sähköverkkoon. Generaattori käytössä taajuusmuuttajan tasa- ja vaihtosuuntaajat ovat toteutettu IGBT-transistoreilla, sekä syöttöverkkoon on lisätty LCL-suodatin (**Kuva 7.**).



Kuva 7. Taajuusmuuttajan generaattorikäyttö.

LCL-suodatin muodostuu kahdesta noin yhtä suuresta sarjaan kytketystä kelasta ja niiden väliin kytketyistä kondensaattoreista. Kelat vastustavat virran muutosta, sekä muodostavat suuren impedanssin harmonisille virroille ja tasoittavat näin virtaa. Kondensaattorit puolestaan varaavat energiaa sähkökenttään ja tätä ominaisuutta

käytetään tasoittamaan jännitettä. Tasasuuntaaja tarvitsee LCL-suodatinta nostaakseen välipiirin jännitettä vaihtosuuntaustilanteessa. Siirrettäessä tehoa verkosta suuntaajaan, LCL-suodatin toimii kuristimena ennen taajuusmuuttajan IGBT-transistoreita. /5/

2.2 Vacon NXP

Työssä käytetyt kompaktit seinälle asennettavat Vacon NXP-taajuusmuuttajat ovat ilmajäähdytteisiä taajuusmuuttajia käyttökohteisiin, joissa tarkkuus, teho, luotettavuus ja suorituskyky ovat etusijalla (**Kuva 8.**).



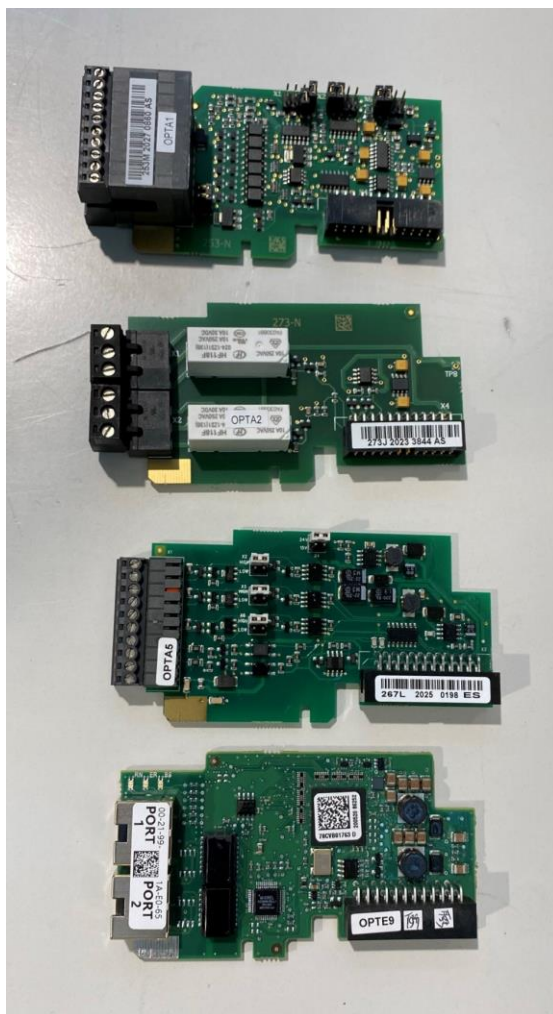
Kuva 8. Vacon NXP-taajuusmuuttaja.

Vacon NXP:n suorituskykyisten komponenttien avulla saavutetaan monipuolinen prosessointi- ja laskentateho. Kattavien kenttäväyläkorttivaihtoehtojen ja poikkeuksellisen joustavan ohjelmoinnin ansiosta NXP-taajuusmuuttajat ovat helposti integroitavissa laitosten automaatiojärjestelmiin käyttämällä esimerkiksi Profibus DP-, DeviceNet-, Modbus RTU- tai CANopen-kenttäväylää. Kenttäväylä-, enkooderi- ja I/O-kortit saadaan helposti kytkettyä pois ja takaisin irrottamatta muita taajuusmuuttajan osia. NXP-taajuusmuuttajia on saatavilla 0,55–2000 kW:n tehoalu-

eelle, mutta suurimpien teholuokkien taajuusmuuttajat ovat yleensä lattialle asennettavia. Tyypillisiä NXP-taajuusmuuttajilla ohjattavia sovelluksia ovat erityisesti pumput, puhaltimet, hissit, kuljettimet, ilmanvaihtokoneet, sähköautot, tuulivoimalat ja laivat. /6/

2.2.1 Laajennuskortit

Laajennuskorteilla saadaan lisättyä taajuusmuuttajalle käytettävissä olevia tuloja ja lähtöjä ja näin monipuolistettua käyttömahdollisuuksia (**Kuva 9**).



Kuva 9. Vacon NX-laajennuskortteja.

Laajennuskorteilla on digitaali- ja analogialiitännöjen lisäksi myös kenttäväyläominaisuuksia ja sovelluskohtaisia lisätoimintoja. Laajennuskortit asetetaan taajuusmuuttajan ohjauskortissa oleviin korttipaikkoihin (**Kuva 10**). /7/



Kuva 10. Vacon NX-laajennuskortteja sijoitettuna ohjauskorttiin.

Vacon NX- sarjaan kuuluu suuri valikoima erilaisia laajennus- ja sovitinkortteja. Tässä opinnäytetyössä käytettiin tasasuuntaajan puolella OPTA1, OPTA2 ja OPTTE9 kortteja ja vaihtosuuntaajan puolella OPTA1, OPTAF, OPTBM ja OPTTE9 kortteja.

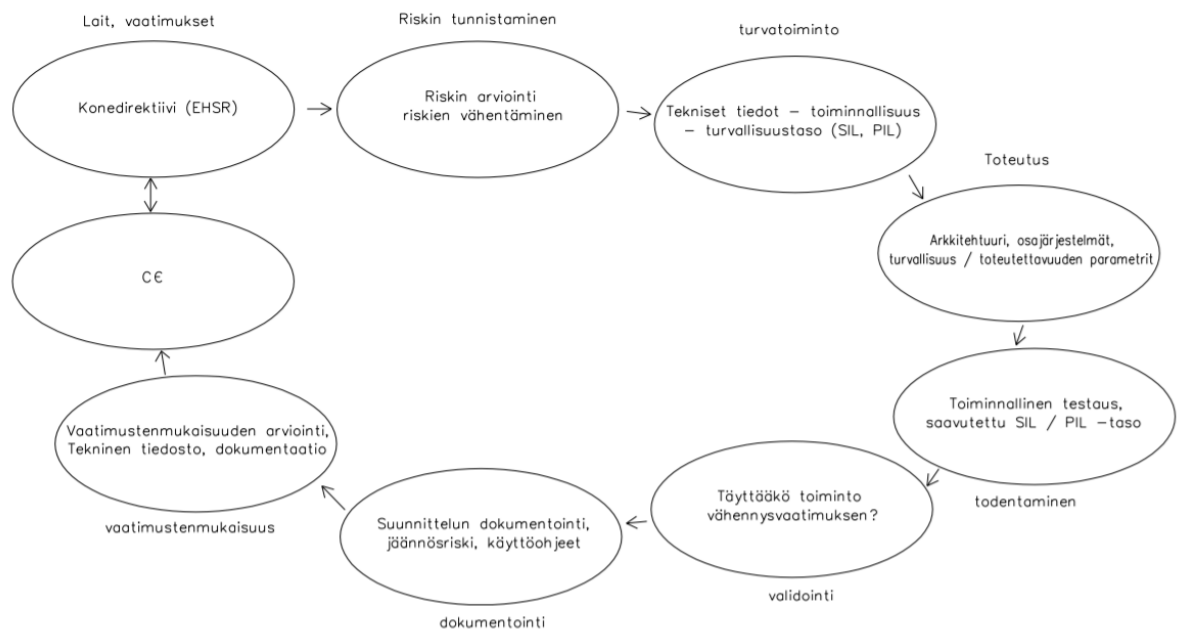
OPTA1 kuuluu NX- sarjan peruskortteihin ja siihen kuuluu 20 kappaletta erilaisia analogia- ja digitaalituloja ja lähtöjä, joiden paikkoja voidaan vaihdella. OPTA2 on relekortti, jossa on kaksi erilaista relelähtöä. OPTTE9 on verkkoliikenneoptiokortti, jolla on mahdollista lähettää taajuusmuuttajan järjestelmälle tietoja ja näin säätää laitteen eri toimintoja. OPTAF-kortissa on myös kaksi ohjelmoitavaa relelähtöä, mutta lisäksi myös kaksi itsenäistä STO-tuloa. STO on eräänlainen turvatoiminto, joka estää laitteiden odottamattoman käynnistymisen, koska taajuusmuuttaja ei muodosta sillä vääntömomenttia moottorin akselille. OPTBM-kortti edustaa taas edistyneitä turvallisuusvaihtoehtoja. Korttiin kuuluu yksi itsenäinen STO-tulo, kolme maadoitus napaa (GND), yksi +24V syöttö ulkoiselle logiikalle, neljä digitaalilähtöä, kahdeksan digitaalituloa ja enkooderikortti.

3 RISKIANALYYSI

Riskianalyysi on riskitapahtumien todennäköisyyksien ja mahdollisten vaarojen ja vaaratilanteiden kartoittamista. Riskianalyysi on aina ainutkertainen tapahtuma ja se järjestetään yleensä kartoitettavalla kohteella.

3.1 Koneiden ja laitteiden riskiarvio

Yleensä koneiden ja laitteiden riskiarvio (RAM) tehdään HAZOP analyysiin pohjautuen, SIL-tarkastelulla laajentaen. Prosesseja arvioitaessa laajennus olisi LOPA, eli suojauskerroksen analyysi. RAM-tarkastelussa määritellään edeltävät toimenpiteet (**Kuva 11.**), joilla riskit pienennetään minimiin ja sitten katsotaan jäännösriskille tehtävät varsinaiset toimenpiteet. Riskiä ei määrittele koskaan vain yksi henkilö, vaan palaveriin haalitaan mahdollisimman laajasti asiaa koskevia tahoja. /8/



Kuva 11. RAM-tarkastelun toimenpiteet.

3.2 Moottoritestipenkin riskianalyysi (RAM) ja toimenpiteet

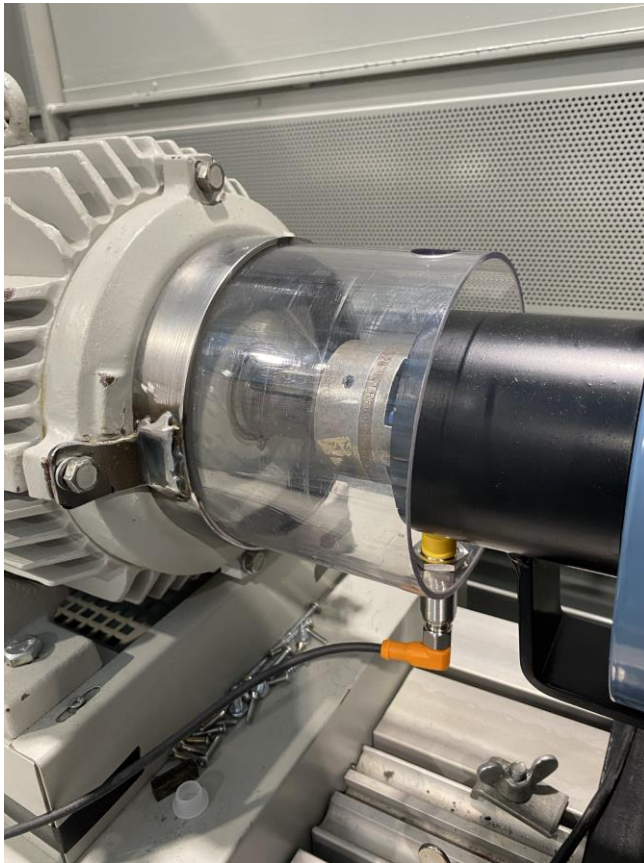
Technobothnialla pidettiin riskianalyysi kokous 26.3.2020. Paikalla oli Technobothnian turvallisuuspäällikkö, opettajien edustaja, oppilaan edustaja ja laitteistojen huoltaja/kunnossapitäjä. Kokouksessa pyrittiin saamaan tarkat johtopäätökset siitä, mitä turvallisuustasoa nostattavia muutoksia testipenkille aiottiin tehdä.

3.2.1 Moottorin akseli

Pääkohteena tarkastelussa oli moottoritestipenkin pyörivä akseli (LIITE 1, 2). Moottoripenkki pyörittää akselia suurella voimalla ja nopeilla kierroksilla. Akselista peitti vain kaareva suoja, mikä ei peittänyt tarpeeksi. Pahimmassa tapauksessa sinne olisi voinut tökätä sormet. Akseliston suojaus oli päivitetty viimeksi 90-luvulla ja sen suojauksen taso oli heikko. Kokouksessa päädyttiin ratkaisuihin, jotka nostattivat testipenkin turvatasoa kuitenkin huomattavasti.

Aivan ensiksi päätettiin poistattaa Magtrol-akselin momenttianturilaitteisto (Kuva 4.). Tähän ratkaisuun päädyttiin sillä perusteella, että nykytekniikka on kehittynyt valtavasti 25 vuodessa ja näin Vaconin taajuusmuuttajalla saataisiin jopa tarkemmat lukemat kuin aikaisemmalla laitteistolla.

Seuraavaksi pohdittiin akseliston suojauksen kohtaloa (LIITE 1, 2). Päädyttiin suojaamaan koko akseli ja moottorin kiinnityskohta paksulla ja läpinäkyvällä muovilla, jonka tarkoituksena on suojata pyörivä osa ympäriltä ja koko matkalta. Tämän lisäksi suojaan asetettiin IFM GG854S induktiivinen turva-anturi, joka tunnistaa testattavan moottorin, kun se on kytkettynä moottoripenkkiin. Ideana oli, ettei moottoripenkki pääsisi käynnistymään ilman, että testattava moottori olisi kiinni (**Kuva 12.**).



Kuva 12. Prototyypin moottorin akselin suoja IFM GG854S induktiivisella turva-anturilla.

Mahdollisia huoltotilanteita varten huoltotilalle asetettiin oma avaimella toimiva kytkin, jonka avulla moottoria saadaan pyöritettyä tarvittaessa ilman, että siihen olisi moottori kytkettynä. Kytkimen lisäksi ohjauspulpettiin suunniteltiin valo, joka ilmaisee, kun moottoripenkki on normaalitilassa.

3.2.2 Moottoripenkin sammutus

Kokouksen aikana kokeilimme moottoripenkin erilaisia toimintoja. Kävi ilmi, että moottoripenkin moottori pyöri vielä usean sekunnin siitä, kun moottoripenkki sammutettiin. Tämä nähtiin mahdolliseksi riskiksi tilanteessa, jossa moottori pitäisi saada pysähtymään mahdollisimman nopeasti.

Ratkaistiin ongelma suunnittelemalla täysin uusi hätä-seis-piiri, jota ohjaamaan asetettiin Pilz PNOZ s5 C-turvarele (**Kuva 13.**).



Kuva 13. Pilz PNOZ s5 C-Turvarele.

Turvareleen lisäksi tarvittiin toinen Schneider LC1D-kontaktori, jonka avulla saadaan moottori pysäytettyä huomattavasti pienemmässä ajassa kuin aikaisemmin (Kuva 14.).



Kuva 14. Schneider LC1D-kontaktorit.

3.2.3 SIL-tarkastelu

SIL-tarkastelussa määritetään lopullinen todennäköisyys sille, että turvallisuuteen liittyvä järjestelmä toteuttaa hyväksyttävästi vaadittavat turvatoiminnot kaikissa määritellyissä olosuhteissa ja määriteltynä ajanjaksona. SIL-tasoa on neljä ja ne on määritelty kvantitatiivisesti satunnaisvikaantumisille eli kuinka usein korkeintaan turvatoiminnon saa menettää, kun sitä tarvitaan. Myös useat ohjelmistovaatimukset on luokiteltu SIL-tasojen mukaisesti. /9/

SIL-tasoa käytetään vaaran vähentämistarpeiden määrittämiseen, todennäköisten laitteiden satunnaisviivojen rajojen asetteluun ja suunnittelun menetelmien määrittämiseen. SIL-laskentakaavassa tarkastellaan kuinka pitkällä aikavälillä vaara voisi sattua, kuinka todennäköisesti tapahtuma olisi vaarallinen, kuinka todennäköistä on välttää vaara ja vaaran tapahtuessa mitä seurauksia se voisi aiheuttaa (**Kuva 15.**). /9/

Seuraukset	Vakavuus Se	Luokka CI				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Kuolema, näön tai käden menetys	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Palutumaton, sormen menetys	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Palautuva, sairaanhoiti	2				SIL 1	SIL 2
Palautuva, ensiapu	1					SIL 1

Taajuus ja kesto Fr		Vaarallisen tapahtuman todennäköisyys, Pr		Vältettävyyden Av.	
<= 1 tunti	5	Erittäin todennäköinen	5		
> 1 t - <= päivä	5	Todennäköinen	4		
> 1 päivä - <= 2 viikkoa	4	Mahdollinen	3	Mahdoton	5
> 2 vko - <= 1 vuosi	3	Harvoin	2	Mahdollista	3
> 1 vuosi	2	Ei huomiotava	1	Todennäköistä	1

$$R = f(Se, CI) \quad CI = Fr + Pr + Av$$

SIL 4

SIL 3

SIL 2

SIL 1

Kuva 15. SIL-tason laskentakaava ja SIL-tasot.

Turvakokouksessa päädyimme SIL-tasoon SIL1. Moottoritestipenkin käyttö on päivitysten jälkeen turvallisempaa kuin koskaan aikaisemmin.

4 SUUNNITTELU

Tässä kappaleessa käydään läpi, miten työn ja moottoritestipenkin prototyypin suunnittelu osio toteutettiin kokoonpanon, kytkentöjen ja kytkentäkuvien kannalta.

4.1 Lähtökohta

Suunnittelun lähtökohtana oli moottoritestipenkin runko, johon oli kiinnitetty SE-VER ZK132S4 kolmivaiheinen oikosulkumoottori (**Kuva 16.**). Apuna kytkentöjen suunnitteluun saatiin 25 vuotta vanhoista moottoripenkkien kytkentäkuvista ja Vacon NX ohjekirjoista. Uudet Vacon NXP taajuusmuuttajat oli valmiiksi tilattu Technobothnian toimesta ja osa testipenkkiin kuuluvista komponenteista, joihin kuului kelat, automaattisulakkeet, BNC-liittimet ja ohjauspulpetin vipukytkimet.



Kuva 16. Moottoritestipenkin prototyypin lähtökohta.

4.2 Kokoonpanon suunnittelu ja toteutus

Kokoonpanon suunnittelu aloitettiin aluslevystä. Aluslevyyn kuuluu Vacon NXP taajuusmuuttajat, riviliitin kiskot ja suurin osa ohjaukseen tulevista komponenteista.

Aluslevyn suunnittelu aloitettiin kokeilemalla, kuinka komponentit ja kiskot sopisivat parhaiten, sillä pinta-alaltaan aluslevy ei ole kovinkaan suuri sen komponenttien määrään nähden. Kun päästiin yhteisymmärrykseen komponenttien sijainnista, ne ruuvattiin kiinni aluslevyyn. Aluslevyn oltua yhä irti moottoritestipenkin rungosta, kytkettiin aluslevyyn osaksi taajuusmuuttajien välipiiri (**Kuva 17.**).



Kuva 17. Komponenttien sijoittelua ja välipiirin kytkentää aluslevyyn.

Kun välipiiri saatiin kytkettyä, sijoitettiin aluslevy moottoripenkin runkoon ja aloitettiin ohjauspulpetin suunnittelu. Prototyypin ohjauspulpettiin oli jo osaksi kiinnitetty komponentteja ja lopulta loputkin komponentit aseteltiin siihen kiinni (**Kuva 18.**).



Kuva 18. Moottoritestipenkin prototyypin ohjauspulpetti.

Myöhemmin suunniteltiin ohjauspulpetin kokonaisuus, jota käytetään seuraavia moottoritestipenkkejä päivittäessä. Suunnitelma toteutettiin CADMATIC ohjelmalla, mitat ilmoitettiin millimetrin tarkkuudella (LIITE 2/10).

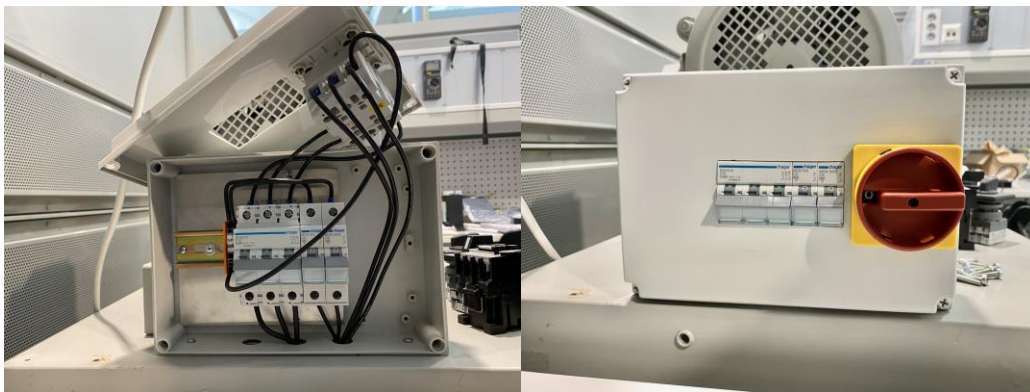
4.3 Komponentit ja kytkennät

Sähkökuvat suunniteltiin kytkentöjen ohessa niin sanotusti käsi kädessä. Käydään läpi tehdyt sähkökuvat, tärkeimmät komponentit ja niihin kuuluvat kytkennät sähkökuvien mukaisessa järjestyksessä.

4.3.1 Pääpiiri

Kytcentöjen suunnittelu aloitettiin pääpiiristä (LIITE 2/1). Pääpiiriin suunnitteluun kuului muun muassa moottoritestipenkin käynnistykseen kuuluvia komponentteja, johdonsuojakatkaisijat, välipiiri ja moottorin puhallin.

Pääpiirin kytkennät aloitettiin sen 400VAC syötöstä. Syötön piiri toteutettiin lämmönkestävällä MKEM 90 6 asennuskaapelilla. Alkuun syöttö kulkeutuu ohjauskontaktorien K3 ja K4 kärkien läpi suoraan johdonsuojakatkaisijalle F1. Johdonsuojakatkaisijoita varten suunniteltiin niille oma kytkentälaatikko 1CB1. Kytkentälaatikkoon sijoitettiin myös pääkytkin S1 (**Kuva 19.**), koska se oli paikkana selkeämpi ja vähemmän tilaa vievämpi kuten ohjauspulpetin aikaisemmassa mallissa. Syöttö jakautuu kytkentälaatikolta moottorin puhaltimelle, 230V ohjauspiirille, välipiirille ja LCL-suodattimelle.



Kuva 19. Kytkentälaatikko 1CB1.

LCL-suodattimen kytkentä toteutettiin kytkemällä kaksi noin yhtä suurta kelaä sarjaan ja toiseen niistä oli jo valmiiksi asennettuna kolme kondensaattoria, jotka tulevat toimimaan kelojen välissä rinnalle kytkettynä. Kelat sijoitettiin erilliselle metallilevyllä, joka lopulta sijoitettiin aluslevylle (**Kuva 20.**).



Kuva 20. LCL-suodatin kytkettynä.

4.3.2 230V Ohjauspiiri

230V ohjauspiiriin tärkeimmät suunnittelun kohteet ovat välipiirin latauskontaktorin K6 ohjaus ja pääpiirin pääkontaktorin K1 ohjaus (LIITE 2/2). 230V ohjaukseen kuuluu myös 24V muuntaja, jonka taakse suunniteltiin käynnistyksen ohjauskontaktoreiden K3 ja K4 ohjaus, sekä pieni releohjaus start- ja stop-kytkimille. 230V osuuteen käytettiin MKEM 90 2,5 asennuskaapelia ja 24V osuuteen H07 V-K SW 1,5 asennuskaapelia.

230V ohjauspiirin sähkönsyöttö otettiin suoraan pääkytkimen S1 takaa, josta se kulkee johdonsuojakatkaisijan F4 kautta 230V ohjauspiiriin. Latauskontaktorin K6 ja pääkontaktorin K1 syötön ohjaukset toteutettiin tasasuuntaajan OPTA2 kortin relelähdoillä. Latauskontaktori K6 ohjaa välipiiriä ja pääkontaktori K1 pääosin pääpiiriä.

Ohjauskontaktoreiden K3 ja K4 syöttö toteutettiin piiriin asetetulla Mean Wellin 24V virtalähteellä (**Kuva 21.**). Ohjauskontaktoreiden ohjaus suunniteltiin toimimaan Pilz PNOZ-turvareleeltä. Ohjauskontaktoreiden tarkoituksena on ohjata koko moottoripenkin piirin turvallinen käynnistys ja sammutus. Samaan 24V piiriin suunniteltiin start- ja stop-napin toiminnot, joiden ohjaus toteutettiin Omron G2R 1 SND-pistokantareleillä.



Kuva 21. Mean Well DR-60-24 kiskovirtalähde.

4.3.3 Hätä-seis-piiri

Suunniteltuun hätä-seis-piiriin (LIITE 2/3) kuuluu Pilz PNOZ s5 C-turvarele (**Kuva 22.**). Pilz-turvareleen jatkuva sähkö otettiin syötön vaiheesta L1. Turvarele on kytkettynä koko Technobothnian hätäseis järjestelmään ja releen tarkoituksena on ohjata ohjauskontaktorit K3 ja K4 auki asentoon, kun Technobothian hätäseis aktivoidaan. Turvareleellä ohjataan myös vaihtosuuntaajan STO-toimintoja.



Kuva 22. Pilz PNOZ s5 C-turvarele.

4.3.4 Tasasuuntaajan ohjauspiiri

Suunniteltuun tasasuuntaajan ohjauspiiriin (LIITE 2/4) kuuluu sen laajennuskortit OPTA1 ja OPTA2. OPTA1 kortilla ohjataan vaihtosuuntaajaan heräte toiminto pistokantareleen avustuksella. Sähkö jatkettiin Mean Wellin 24V virtalähteeltä tasasuuntaajan OPTA1 kortille. Välille asetettiin pieni diodi, jottei sähkö pääse jatku-
maan takaisinpäin OPTA1 kortilta. OPTA2 kortin relelähdt varattiin latauskontak-
torin K6 ja pääkontaktorin K1 ohjauksiin. Kytkennät toteutettiin samalla 1,5 mm
kaapelilla kuin aikaisemmat 24V kytkennät.

4.3.5 Vaihtosuuntaajan ohjauspiiri

Vaihtosuuntaajan ohjauspiiriin suunnitteluun (LIITE 2/5, LIITE 2/6) kuului sen laajennuskortit OPTA1, OPTAF ja OPTBM, joilla toteutettiin suurin osa moottoritestipenkin ohjauksista. Laajennuskorttien ohjauksiin kuuluu muun muassa ohjauspulpetin vipukytkimiset, potentiometrit ja BNC liittimet, induktiivinen anturi, sto-toiminnot, sekä enkooderi kortin toiminnot. Kytkenät toteutettiin häiriösuojatuilla LIICY 16x0.25, 8x0.25 ja 5x2x0.22 kaapeleilla.

Ohjauspulpetin vipukytkimiin kuuluvat S3, S5 ja S6. S3 vipukytkimellä ohjataan kuormakoneen pyörimissuuntaa ja sillä voidaan vaihtaa kuormakone generaattori käytölle. S5 vipukytkimellä voidaan ohjata moottoritestipenkki kolmeen eri käyttöön, jotka ovat asennossa 0 manuaalikäyttö, asennossa 1 S3/S6 käyttö ja asennossa 2 ohjelmointi käyttö. S6 turvakytkimellä ohjataan OPTAF ja OPTBM kortin välistä sto-toimintoa.

Potentiometreillä määritellään, kuinka nopealla kierrosluvulla kuormakone pyörittää testattavaa moottoria, sekä kuinka suurella vääntömomentilla kuormakone laittaa testattavaa pyörivää moottoria vastaan. Kierroslukua säättävän potentiometrin nimi on n ref ja vääntömomenttia säättävän taas T ref. Potentiometrit kytkettiin vaihtosuuntaajan OPTA1 kortille.

Vaihtosuuntaajan ohjauspiirin turvatoiminnot kuten sto-toiminto ja induktiivinen anturi asetettiin edistyneitä turvatoimintoja edustavalle OPTBM kortille. OPTBM kortilta löytyy myös älykäs enkooderi kortti, jonka avulla taajuusmuuttajalla saadaan mitattua esimerkiksi moottorin virtaa ja pyörimisnopeutta.

5 ASETTELUT

Kun moottoritestipenkki alkaa olemaan kytkentöjen kannalta valmiina, on taajuusmuuttajien parametrit ja toteutukseen kuuluvat komponentit aseteltava, jotta täysin uudistetulla moottoritestipenkillä voidaan ajaa ensimmäiset testiajot ja todeta prototyyppi valmiiksi. Asetteluihin kuuluu taajuusmuuttajien sovelluksen valinta ja digitaalitulojen ja lähtöjen parametointi.

5.1 Ohjelmistotyökalut

Taajuusmuuttajien asettelut toteutetaan Vaconin omilla ohjelmistotyökaluilla Vacon NCDrivella, NCLoadilla, NCDefillä, Vacon Safella ja NC61131-3 sovellus ohjelmointityökalulla. MyDrive suitesta löytyvät kaikki Vaconin taajuusmuuttajien ohjelmisto-, mitoitus ja kustomointityökalut.

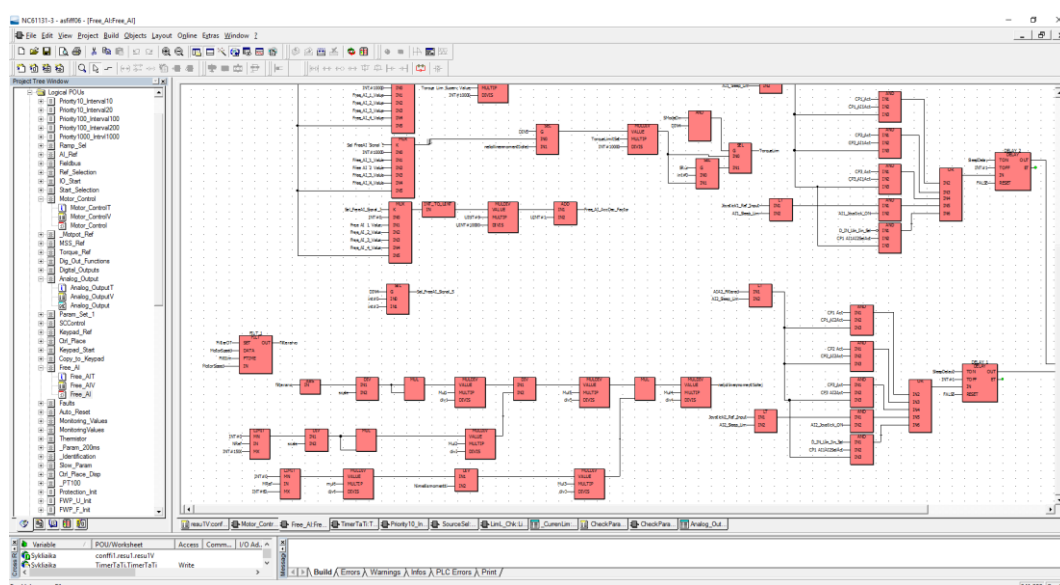
5.1.1 Vacon NCDrive

NCDrive on Vaconin ohjelmistotyökalu, joka on tarkoitettu taajuusmuuttajien käyttöönottoa, parametointia, valvontaa ja diagnosointia varten. NCDrivella (**Kuva 23.**) mahdollistetaan muun muassa:

- Vacon NXP taajuusmuuttajatuotteiden käyttöönotto, parametointi, valvonta ja diagnosointi.
- Parametrien lataus taajuusmuuttajiin, sekä taajuusmuuttajista tietokoneelle.
- Parametrien, arvojen ja liitäntäsignaalien online-valvonta samalla aika-akselilla graafisessa ikkunassa.
- Parametrien ohjelmointi online -ja offline-tilassa.
- Taajuusmuuttajien ohjaus NCDrive-ohjelmalla. Ohjaus sisältää käynnistykseen, pysäytyksen, asetusohjeen, suunnan muutoksen, vikojen kuittauksen, sekä vapaan pysäytyksen.
- Parametrien, kaavioiden ja vikahistorian tallentamisen tietokoneelle.
- Parametrien vertailut muihin parametreihin, jonka jälkeen erot voidaan tallentaa tietokoneelle.

IEC61131-3-standardiin. Kokonaisia sovelluksia voidaan tehdä vaiheissa, joissa käytetään tiettyä työkalua jokaisessa ohjelmointivaiheessa.

NC61131-3 on lohko-ohjelmointityökalu sovelluksen graafisen esityksen tekemiseen. Sovellus tehdään käyttäjän valitsemalla ohjelmointikielellä (toimintolohkokaavio, strukturoitu teksti, peräkkäinen funktiokaavio tai tikapuukaavio). Käyttäjä valitsee tarvittavat funktiot ja toimintolohkot niille suunnatusta valikosta laskentataulukon ja kytkee ne yhteen määrittääkseen halutun toiminnallisuuden sovellukselle (**Kuva 24.**). NC61131-3 sisältää laajan valikoiman IEC-ominaisuuksia. PLC-tyyppinen logiikka voidaan ohjelmoida Boolean funktioilla, ajastimilla, laskureilla, vertailijoilla ja flip-flopeilla. Lisäksi taajuusmuuttajaan liittyviä toimintoja voidaan luoda käyttämällä skaalausta, rampin ohjausta tai PI(D)-säätöä. /12/



Kuva 24. Vacon NC61131-3 käyttöä toimintolohkokaavioilla.

5.1.4 Vacon NCDef

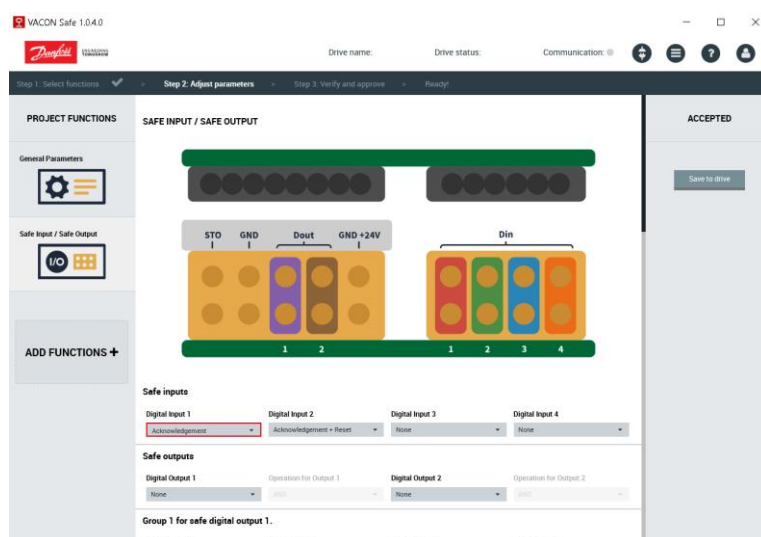
Vacon NCDef on työkalu paikallisten ohjauspaneelien määrittelyjen tekemiseen sovellukselle. NCDef on linkki logiikkaohjelman ja näppäimistöasettelun välillä. Tätä työkalua käytetään parametrien, muuttujien, viitteiden ja erikoispainikkeiden luomiseen taajuusmuuttajalle. NCDefillä voidaan näyttää tarvittaessa teksti parametrien numeeristen arvojen sijaan, sillä se mahdollistaa value-to-text määrittelyn.

NCDef auttaa myös mukauttamaan valikkoryhmiä parametrien ja muuttujien seuraamista varten paikallisen ohjauspaneelin kautta. Valikkoryhmät voivat olla mukattu, poistettu tai lisätty tarpeen mukaan.

5.1.5 Vacon Safe

Vacon Safe on yksinkertainen ohjelmistotyökalu, jota käytetään Vacon Advanced Safety -optioiden OPT-BL, OPT-BM ja OPT-BN määrittelyyn, turvasovelluksen mukauttamiseen ja turvaparametriasetusten muokkaamiseen (**Kuva 25.**). Vacon Safella saadaan lisättyä taajuusmuuttajalle erilaisia safety toimintoja kuten:

- STO – Safety Torque Off
- SBC – Safe Brake Control
- SS1 – Safe Stop
- SOS – Safe Operating Stop
- SQS – Safe Quick Stop
- SSR – Safe Speed Range
- SLS – Safety Limited Speed
- SSM – Safe Speed Monitor
- SMS – Safe Maximum Speed



Kuva 25. Vacon Safe parametrien asettelua

5.2 Sovelluksen valinta

Vacon NXP taajuusmuuttajille löytyy monenlaisia eri käyttösovelluksia, joilla taajuusmuuttajat asetellaan erilaisiin käyttötarkoituksiin valmiilla tai ohjelmoitavilla parametreilla. Taajuusmuuttajista löytyy oletuksena perussovellus, joka on yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Perussovellus ei kuitenkaan aina riitä, sillä siitä ei löydy esimerkiksi tarpeeksi ohjelmoitavia digitaalituloja tai lähtöjä. Siksi Vacon on kehittänyt perussovelluksen lisäksi muun muassa paikallis-/etäohjaussovelluksen, Multi-Step-nopeussovelluksen, PID-säätösovelluksen ja erikoiskäyttösovelluksen erilaisia käyttötarkoituksia varten.

Moottoritestipenkin käyttöön valittiin erikoiskäyttösovellus. Erikoiskäyttösovelluksessa on runsaasti parametreja moottorien ohjaukseen. Sovellusta voidaan käyttää monenlaisiin prosesseihin, joissa tarvitaan I/O-signaalien joustavuutta, sillä digitaalitulot ja kaikki lähdöt ovat siis täysin vapaasti ohjelmoitavia. Taajuusohje voidaan valita esimerkiksi analogiatuloista, ohjaussauvasta, moottoripotentiometrasta tai analogiatulosten matemaattisesta funktiosta. Myös kenttäväylän kautta tapahtuvalle tietoliikenteelle on parametrit. Multi-Step-nopeudet ja ryömintänopeus voidaan valita myös, jos näille toiminnoille on ohjelmoitu erikseen digitaalitulot. /11/

Vacon NXP toiminnot erikoiskäyttösovellusta käyttäessä:

- Tehorajatoiminnot.
- Eri tehorajat moottori- ja generaattoripuolille.
- Isäntä/seuraaja-toiminto.
- Eri momenttirajat moottori- ja generaattoripuolille.
- Jäähdytyksen valvontatulo lämmönvaihtoyksiköstä.
- Jarrujen valvontatulo ja virran oloarvon valvonta, joka mahdollistaa jarrutuksen heti.
- Erillinen nopeussäätö eri nopeuksille ja kuormille.
- Kaksi erillistä askellustoiminnon ohjearvoa.
- Mahdollisuus liittää kenttäväylän prosessidata mihin tahansa parametriin ja joihinkin valvonta-arvoihin.

- Tunnistusparametria voidaan säätää manuaalisesti.

Erikoiskäyttösovellukseen kuuluu runsas määrä erilaisia lisätoimintoja:

- Analogiatulon signaalialueen valinta.
- Kahden taajuusrajan valvonta.
- Momenttirajan valvonta.
- Ohjearvorajan valvonta.
- Toisen rampin ja S-rampin ohjelmointi.
- Ohjelmoitava Käy/Seis- ja Taakse-logiikka.
- DC-jarru käynnistyksessä ja pysäytyksessä.
- Kolme estotaajuusaluetta.
- Ohjelmoitava U/f-käyrä ja kytkentätaajuus.
- Automaattinen uudelleen käynnistys.
- Moottorin lämpö- ja jumisuojaus: täysin ohjelmoitavissa – pois, varoitus, vika.
- Moottorin alikuormitussuojaus.
- Tulo- ja lähtövaiheen valvonta.
- Ohjaussauvan hystereesi.
- Lepotoiminto.

5.3 Parametrien asettelut

Vacon NXP taajuusmuuttajien parametointi aloitetaan lataamalla PC:lle tarvittavat aiemmin mainitut ohjelmistotyökalut. Tämän jälkeen PC, jolla taajuusmuuttajat ohjelmoidaan, yhdistetään taajuusmuuttajaan RS-232 sarjaliikenneportin tai tarvittaessa RS-232 USB-portin avulla. Ennen kuin varsinaisia parametreja voidaan lisätä ohjelmaan, on NCdriven ladattava parametroitavan taajuusmuuttajan laiteohjelmistot ensimmäisellä käynnistyskerralla. Tämän vuoksi ensimmäinen käynnistyskerta kestää hieman kauemmin. Tämän jälkeen avataan NCload, jolla ladataan taajuusmuuttajalle viimeisin ohjelmistopäivitys, sekä erikoiskäyttösovellus. Lopuksi voi-

daan avata taas NCdrive, asettaa taajuusmuuttaja online-tilaan ja aloittaa taajuusmuuttajan parametrien asettelut (**Kuva 26.**). Työssä osittain käytetyt parametrit löytyvät liitteestä 3.

Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
P 2.1.1	Min Frequency	0.00	Hz	0.00	100.00	101
P 2.1.2	Max Frequency	130.00	Hz	0.00	100.00	102
P 2.1.3	Motor Nom Volts	440	V	0.00	110.00	110
P 2.1.4	Motor Nom Freq	60.00	Hz	0.00	111.00	111
P 2.1.5	Motor Nom Speed	1185	rpm	0.00	112.00	112
P 2.1.6	Motor Nom Current	225.0	A	0.00	113.00	113
P 2.1.7	Motor Cos Phi	0.85		0.00	120.00	120
P 2.1.8	Motor Nom Power	132	kW	0.00	116.00	116
P 2.1.9	MagnCurrent	82.0	A	0.00	612.00	612
P 2.1.10	Identification	0 / No Action		0.00	631.00	631
P 2.2.1	I/O Reference	0 / AI1		0.00	117.00	117
P 2.2.2	Keypad Ref Sel	8 / Keypad Ref		0.00	121.00	121
P 2.2.3	Fieldbus Ch Ref	9 / Fieldbus		0.00	122.00	122
P 2.2.4	I/O Reference 2	1 / AI2		0.00	131.00	131
P 2.2.5	Speed Share	100.00	%	0.00	1241.00	1241
P 2.2.6	Load Share	100.0	%	0.00	1248.00	1248
P 2.2.7.1	Power Ref. Sel	0 / Not Used		0.00	1620.00	1620
P 2.2.7.2	Power Ref. Max	120.0	%	0.00	1621.00	1621
P 2.2.7.3	PowerRefine Rate	0	%/s	0.00	1622.00	1622
P 2.2.8.1	Torq Ref Select	0 / Not Used		0.00	641.00	641
P 2.2.8.2	Torq Ref Max	100.0	%	0.00	642.00	642
P 2.2.8.3	Torq Ref Min	0.0	%	0.00	643.00	643
P 2.2.8.4	TorqRefFilterTC	0	ms	0.00	1244.00	1244
P 2.2.8.5	TorqRefDeadZone	0.0	%	0.00	1345.00	1345
P 2.2.8.6	Torque Select	0 / SpeedControl		0.00	1278.00	1278
P 2.2.8.7	Window Neg	2.00	Hz	0.00	1305.00	1305
P 2.2.8.8	Window Pos	2.00	Hz	0.00	1304.00	1304
P 2.2.8.9	Window Neg Off	0.00	Hz	0.00	1307.00	1307
P 2.2.8.10	Window Pos Off	0.00	Hz	0.00	1306.00	1306
P 2.2.8.11	Torque Stop	0.0	%	0.00	1253.00	1253
P 2.2.8.12.1	OL TC Min Freq	3.00	Hz	0.00	636.00	636
P 2.2.8.12.2	OL TorqOffP	150		0.00	639.00	639
P 2.2.8.12.3	OL TorqOffI	10		0.00	640.00	640
P 2.2.9.1	Range 1 Low Lim	0.00	Hz	0.00	509.00	509
P 2.2.9.2	Range 1 High Lim	0.00	Hz	0.00	510.00	510
P 2.2.9.3	Range 2 Low Lim	1.0	%	0.00	618.00	618

Kuva 26. Parametrien asettelua Vacon NCDrivellä.

Kaikkia parametreja ei löydy erikoiskäyttösovelluksen parametrivalikosta. Tarvitavat loput parametrit ohjelmoidaan Vacon NC61131-3 ohjelmointityökalulla toimintolohkokaavioita käyttäen. Parametrien ohjelmointi löytyy liitteestä 4.

6 YHTEENVETO

Työn aloittaminen ei tuottanut suurempia ongelmia. Alku meni Vacon NX taajuusmuuttajien ohjekirjoja lukiessa ja vanhan moottoritestipenkin toteutuksen tutkimisessa. Kun toteutus alkoi olla hallussa, aloitettiin kytkentäkuvien piirtäminen ja koko uuden toteutuksen suunnittelu.

Suunnitteluvaihe oli hankala ja vei paljon aikaa vähäisen kokemuksen vuoksi. Uusien ja vanhojen komponenttien toimintoihin tutustuminen oli haastavaa, koska kaikista ei löytynyt suoranaisia ohjeita, jonka vuoksi piti hiukan soveltaa. Riskianalyysi kokouksen jälkeen komponentteja ja toimintoja tuli lisää ja toteutus monimutkaistui entisestään. Mielenkiinto työhön kuitenkin riitti ja saatiin valmiit sähköpiirikaavio kuvat ja suunnitteluvaihe lopulta maaliin.

Moottoritestipenkin kasaamisessa ei ollut suurempia ongelmia. Komponentit saatiin aseteltua paikoilleen, jonka jälkeen ne kytkettiin uusien sähköpiirikaavio kuvien mukaisesti. Kytkentöjen valmistuttua oli tarkoituksena asetella moottoritestipenkille parametrit, tässä vaiheessa työtä alkoi työmäärä olla täynnä, joten suurin osa parametreista otettiin aiemmin tehdystä laitteistosta, jossa oli jonkun verran eroja.

Aihe oli mielenkiintoinen ja hyödyllinen, koska työssä yhdistyi käytännön ratkaisut ja suunnittelu. Tavoitteisiin päästiin ja lopputuloksena saatiin lähes valmis prototyyppi malli seuraavia päivitettäviä moottoritestipenkkejä varten, jotka tullaan päivittämään uuteen toteutukseen vuonna 2022.

LÄHTEET

- /1/ Technobothnia. About Technobothnia. Viitattu 12.10.2021
<https://www.technobothnia.fi/>
- /2/ Tivi.fi. Uutiset. Viitattu 26.9.2021
<https://www.tivi.fi/uutiset/suomalaiset-cads-ohjelmistot-ostettiin-cadmatic-nappasi-kymdatan/bd3021a1-cf7a-4cab-9024-3733295d3d56>
- /3/ CADMATIC. Ohjelmistoratkaisut. Viitattu 26.9.2021
https://www.cadmatic.com/fi/marine/?creative=489284855481&keyword=&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjwnoqLBhD4ARIsAL5JedJahdi6OGK-zjbWOO3lwUoDXwIVpb35peocYPZw5WZ8jyhm9-sm46QAaArQoE-ALw_wcB
- /4/ Danfoss. AC Drives. Viitattu 8.10.2021
<https://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/FWK/fwk-2019/>
- /5/ Aflecht, T. 2014. Taajuusmuuttajan generaattorikäyttö. Viitattu 20.10.2021
- /6/ Danfoss. Selection Guide I - VACON NXP. Viitattu 4.10.2021
- /7/ Vacon NX Taajuusmuuttajat. Peruskortit. Viitattu 6.10.2021
- /8/ ABB Drives Technical guide. Functional safety. Viitattu 30.10.2021
- /9/ Sesko Teollisuusautomaation standardit Osio 3. Toiminnallinen turvallisuus: standardisarja IEC 61508 Viitattu 31.10.2021
- /10/ Danfoss content. Vacon NCdrive about. Viitattu 14.11.2021
- /11/ Vacon NX. All In One Sovelluskäsikirja. Viitattu 20.11.2021
- /12/ RP Mecatronica. Vacon Product catalogue. Viitattu 27.11.2021

LIITTEET

LIITE 1. Riskianalyysi kokouksen pöytäkirja



Moottoritestipenkkien riskianalyysi kokous

Kokouksen avaus

Kokous: VAMK Sähkötekniikan yksikkö

Pitopaikka: Technobothnia, Puuvillakuja, 65200 Vaasa

Ajankohta: 26.3.2020 klo 15:00 – 16:00

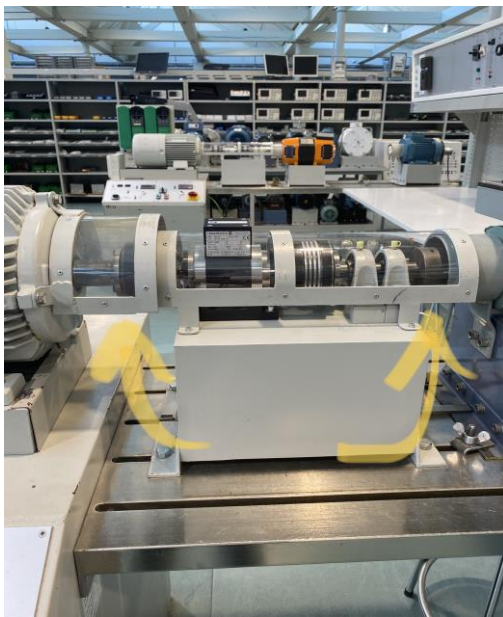
Osallistujat

Kokouksen osallistujina olivat: Timo Rinne, Jyrki Isoniemi, Marko Iskala, Valtteri Kivistö ja muu henkilökunta.

1. RISKIKOHTTEET

Pyrittiin käymään läpi kaikki testipenkin aiheuttamat tämänhetkiset riskit, mitä testipenkki voisi aiheuttaa opiskelijoiden tai henkilökunnan käytössä:

1. Moottoripenkin pyörivien osien kotelointi ei peitä tarpeeksi, etteikö käyttäjä pääsisi koskemaan pyörivään laitteistoon (Kuva 1).



Kuva 1. Kuvan nuolet osoittavat paikkoja, mihin kuka tahansa voisi saada kosketuksen pyörivään koneistoon.

2. Sama vaara pätee myös moottoripenkkiin, josta momenttianturi on poistettu koneaan käytöstä (Kuva 2).



Kuva 2. Kuten kuvasta voi todeta, oikosulkumoottorin pyörivä osa on täysin kosketeltavissa.

3. Moottorin puhaltimella on tarpeeksi suuri voima aiheuttamaan vahinkoa. Tällä hetkellä sitä suojaa ritilä (Kuva 3).



Kuva 3. Oikosulkumoottorin puhallin.

4. Huomasimme testipenkkiä sammuttaessa, että moottori pyörii usean sekunnin ajan ennen kuin pysähtyy täysin. Tähän pyrimme keksimään ratkaisun, jolla moottori saataisiin pysähtymään aikaisempaa lyhyemmällä ajalla.

5. Pohdittiin onko laite varmasti paloturvallinen, onko riskiä, että laitteisto kuumen-tuisi liikaa. Tähän saadaan vastaus vasta testivaiheessa, kun moottoria aletaan pyö-rittämään.

2. SEURAUKSET JA TODENNÄKÖISYYS

Seuraavaksi käytiin läpi, minkälaisia seurauksia edelliset riskikohteet voisivat aiheuttaa, ja mikä olisi todennäköisyys vaaratilanteen kasvamiselle:

1. Mahdollisessa lievässä turmassa pyörivään akseliin voisi jumittua esimerkiksi kaapelinpätkä. Pahimmassa tapauksessa voimalla pyörivään akseliin voisi osua esimerkiksi käsi ja seurauksena sormien menetys.

Vaaratilanteen mahdollinen kasvaminen on epätodennäköistä, sillä kone vetäisi todennäköisemmin jumiin tapahtuneen myötä, kuin jatkaisi pyörimistä. Jos konetta ei kuitenkaan saataisi sammutettua, voisivat vahingot kasvaa entisestään.

2. Testipenkissä seuraukset voisivat olla aika samankaltaisia kuin kohdassa yksi, mutta todennäköisyys pienempi, sillä akselissa on vähemmän kohtia, joihin voisi osua mikään.

3. ja 4. Kolmannessa huomasimme, että moottorin puhaltimen imuteho on tarpeeksi suuri, että esimerkiksi pidemmät hiukset voisivat jäädä kiinni. Tähän samaan kohtaan liittyy myös kohta neljä, jossa pohdittiin moottorin pysähtymisaikaa. Moottorin pysäyttäminen liittyy moneen vaaralliseen tapahtumaan, joidenka vaaratilanteen kasvaminen voitaisiin mitätöidä kokonaan pysäyttämällä laitteisto ajoissa.

5. Jos laitteisto syttyisi palamaan kesken käytön, se harvemmin aiheuttaisi henkilövahinkoja, lähinnä laitteisto siitä kärsisi. Vaaratilanteen kasvu on tässä tapauksessa pieni, sillä Technobothnialta löytyy hyvät varusteet paloturvallisuuteen liittyen.

3. POHDINTA

Seuraavaksi pohdittiin ja otettiin vastaan ehdotuksia, miten olisi mahdollista saada riskien todennäköisyys minimoitua taikka mitätöityä kokonaan.

1. Testipenkin pyörivät osat on peitettävä mahdollisimman hyvin ja näin vältettäisiin monet vaaralliset tilanteet.

2. Testipenkki ilman momenttianturia on myöskin peitettävä niin, etteivät kädet tai muu pääse vahingossakaan koskettamaan pyöriviä osia.

3. Moottorin puhallinosalle ei juurikaan voida tehdä mitään.

4. Moottori saadaan pysähtymään nopeammin muuttamalla kytkentää. Lisäämällä syötölle toinen kontaktori ja niille ohjaukset ”turvareleeltä”.

5. Jos laite kuumenee testauksissa tai normaali käytössä, on tuuletusaukkoja suurennettava tai lisättävä

4. TOIMET

Seuraavaksi käytiin läpi toimet mitkä lyötiin lukkoon.

1. Testipenkin pyörivät osat tullaan peittämään kokonaan. Technobothnian insinööri suunnittelee ja toteuttaa peitekuoren, joka tulee peittämään kaikki käsin tai muulla kosketeltavat pyörivät osat. Toteutetaan mahdollisesti läpinäkyvästä pak-susta muovista.
2. Peitekuoren toteutuksen yhteydessä tullaan suunnittelemaan induktiivinen anturi, joka tunnistaisi kiinnitetyn testimoottorin. Anturin ohjaus toteutetaan vaihtosuuntaajan laajennuskortilla (NX OPTBM).
3. Testipenkin ohjauspulpettiin asennetaan turvatilan valo.
4. Moottorin pysähtymisongelma päädyttiin korjaamaan tilanne asentamalla pääsyötön kontaktorin kanssa sarjaan toinen kontaktori, jonka avulla moottori saataisiin pysähtymään huomattavasti nopeammin, noin 1 s viiveellä sammutuksesta. Kontaktorien ohjaus toteutetaan turvareleellä, joka tulee olemaan myös Technobothnian hätäseis-piirissä.

5. JÄÄNNÖSRISKI

Mahdollisia jäännösriskejä jäi muutamia, mutta todennäköisyys vaaratilanteille saatiin toivotusti minimoitua:

1. Moottorin puhallin jää yhdeksi mahdolliseksi jäännösriskiksi. Siitä ei ole aiemminkaan aiheutunut minkäänlaisia vaaratilanteita ja on olemassa suositus, että Technobothniaan tullaan hiukset kiinni.
2. Mahdolliset sähköiskut. Mitään näkyvää sähköiskua aiheuttavaa osaa ei testipenkissä ole. On kuitenkin oltava varovainen esimerkiksi banaaniliittimien kanssa, sillä on tapauksia, joissa suojakuori on päässyt rikki ja sähköiskun vaara on silloin mahdollinen.

3. Moottoripenkin kuumeneminen. On selvää, että testipenkki kuumenee taajuusmuuttajien ja kuormakoneen puolesta. On yhä kysymysmerkillä, lasketaanko tätä jäännösriskiksi, mutta se selviää testiajojen parissa.

4. Pyöriviin osiin pääsy minimoidaan, mutta osiin on yhä mahdollista päästä, jos sinne tahalleen tunkee esineen tai kätensä. Vahingot ovat tässä tapauksessa kuitenkin mitättömät.

6. TURVATASON LASKENTA

Tässä kappaleessa lasketaan testipenkin turvataso laskentakaavalla (Kuva 4).

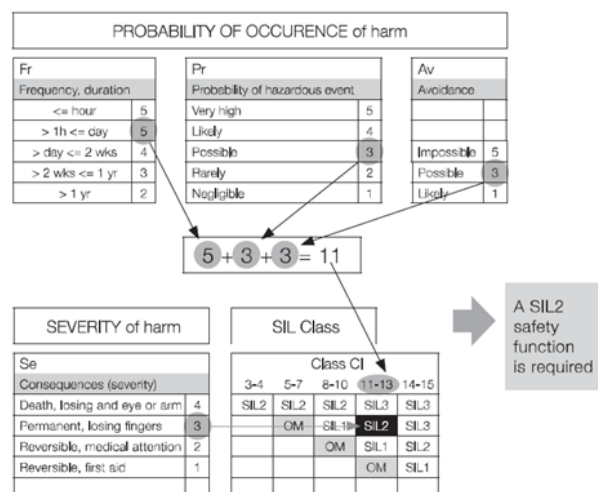


Figure 3-4 Example of SIL assignment table (based on EN/IEC 62061 figure A.3)

Kuva 4. ABB:n SIL luokan laskukaava esimerkki.

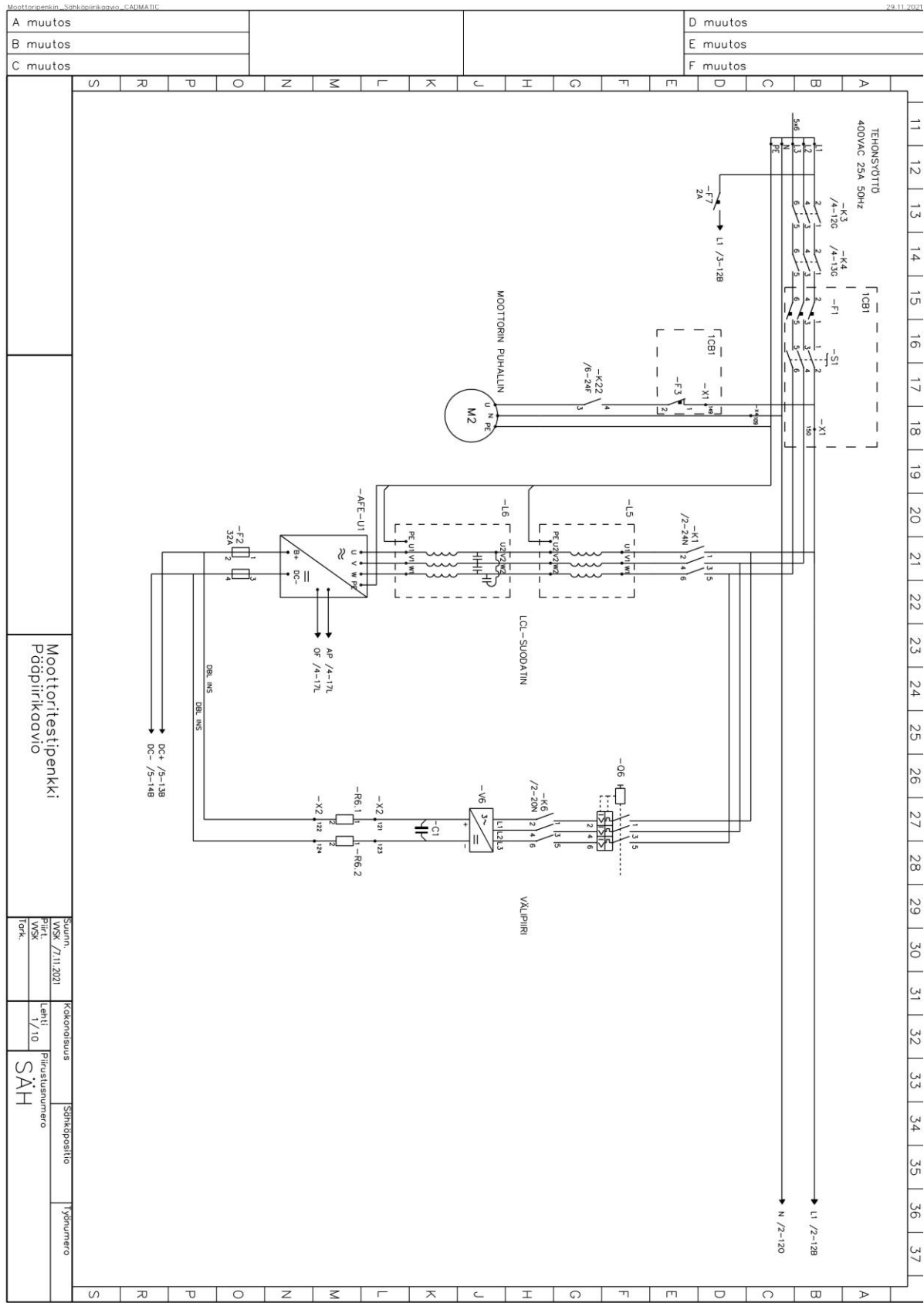
Päästään seuraavaan SIL-luokitukseen:

> 2 viikkoa <= vuosi + harvoin + todennäköisesti = 5

Tapaturman seuraukset: riippuu täysin mistä saa vamman, onko se tahallinen vai vahinko. Testipenkin vahinkojen sattuessa, päästään palautuvalla tasolla 2, jos käyttäjä tekee tahallisesti pahaa itselleen, ovat seuraukset silloin tietysti suurempia.

Saadaan SIL luokaksi SIL1.

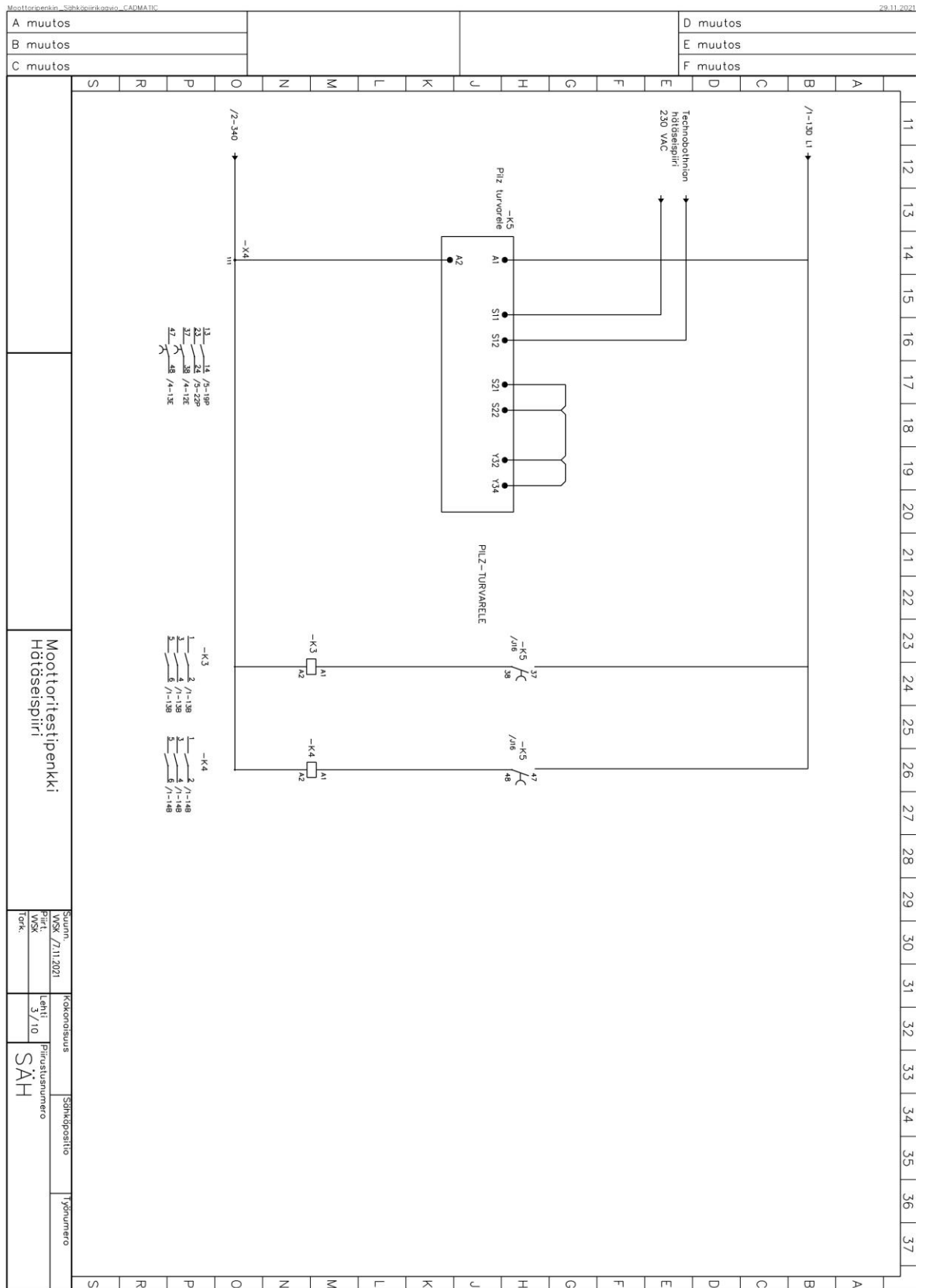
LIITE 2/1 Pääpiirikaavio



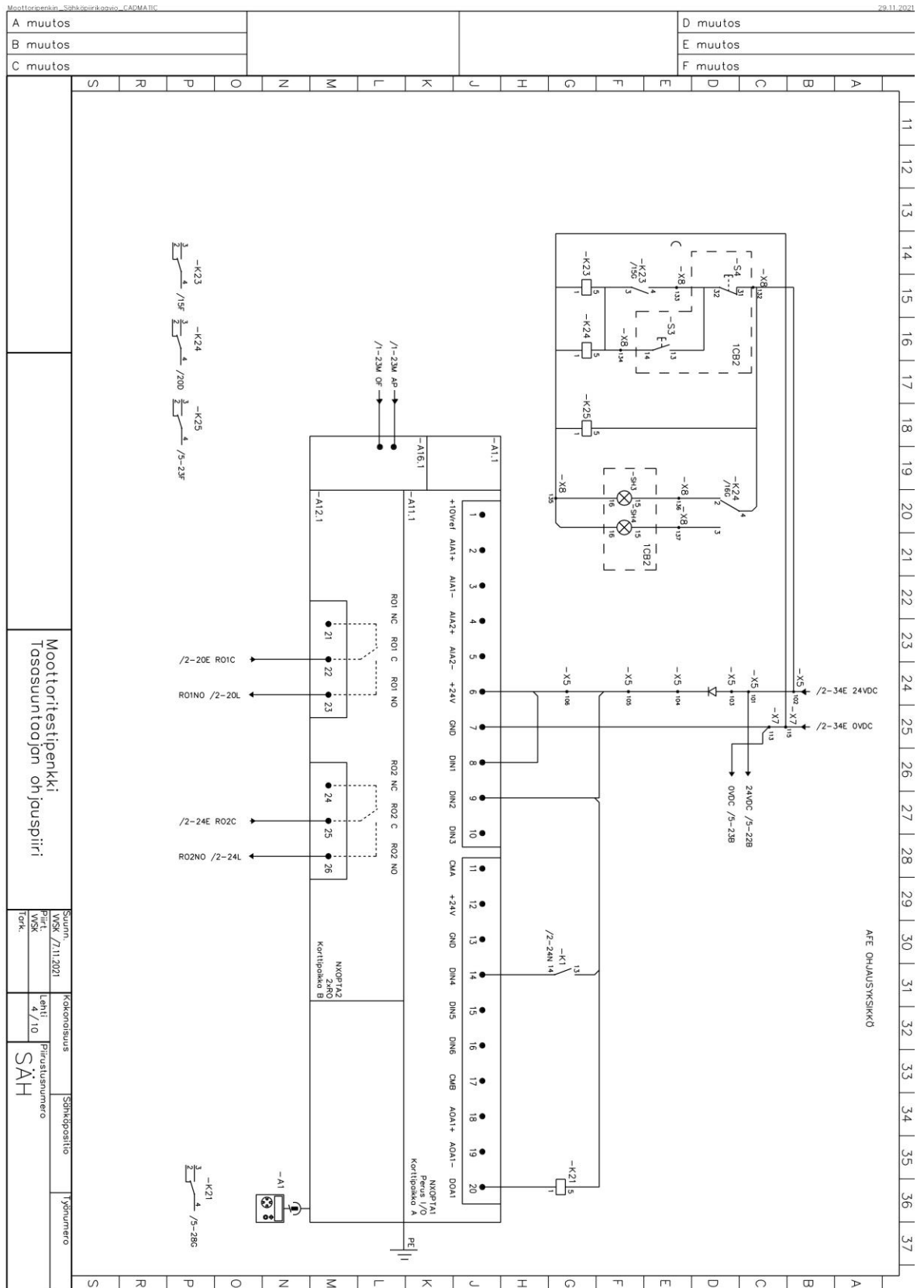
LIITE 2/2 230V Ohjauspiiri

[illegible]

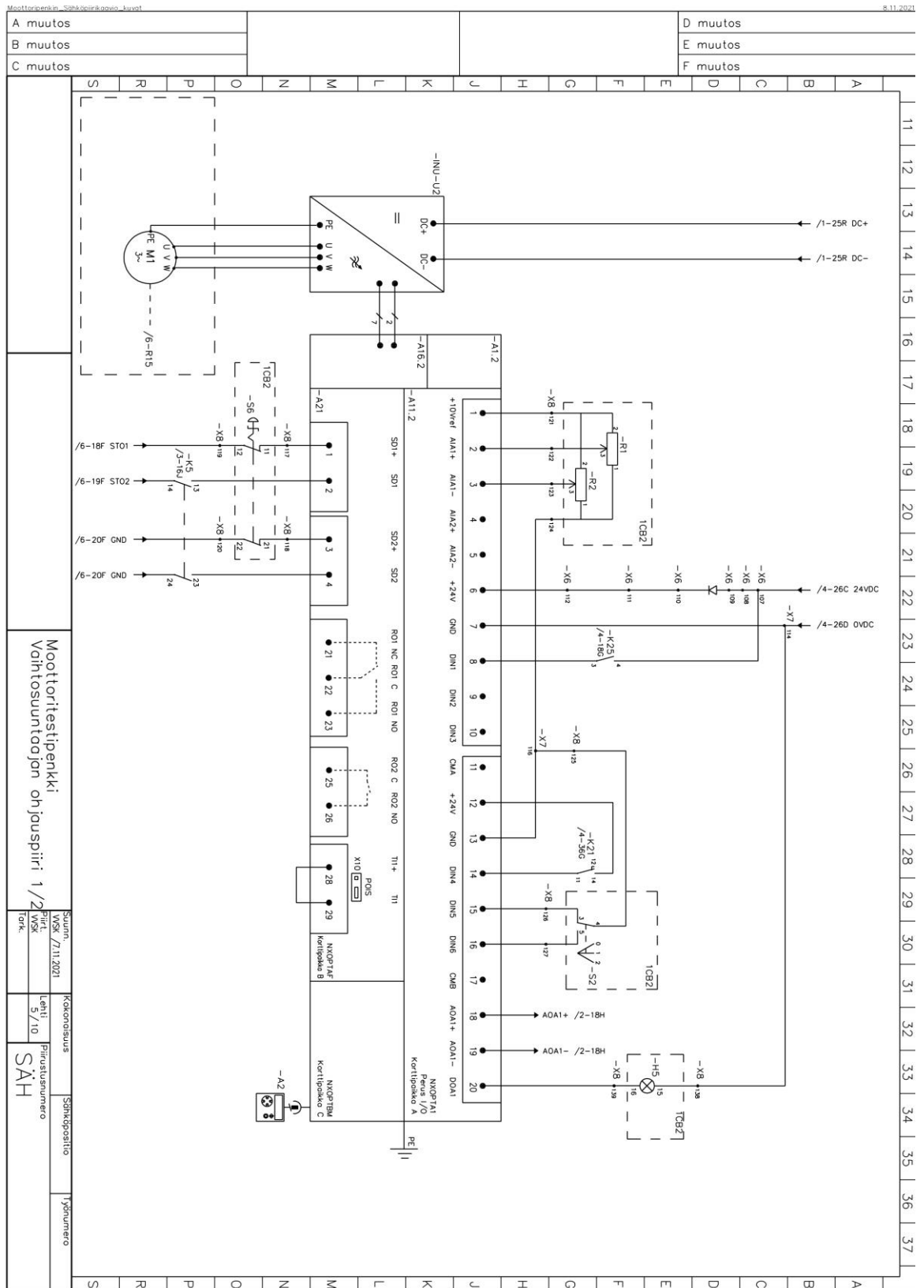
LIITE 2/3 Häätä-seis-piiri

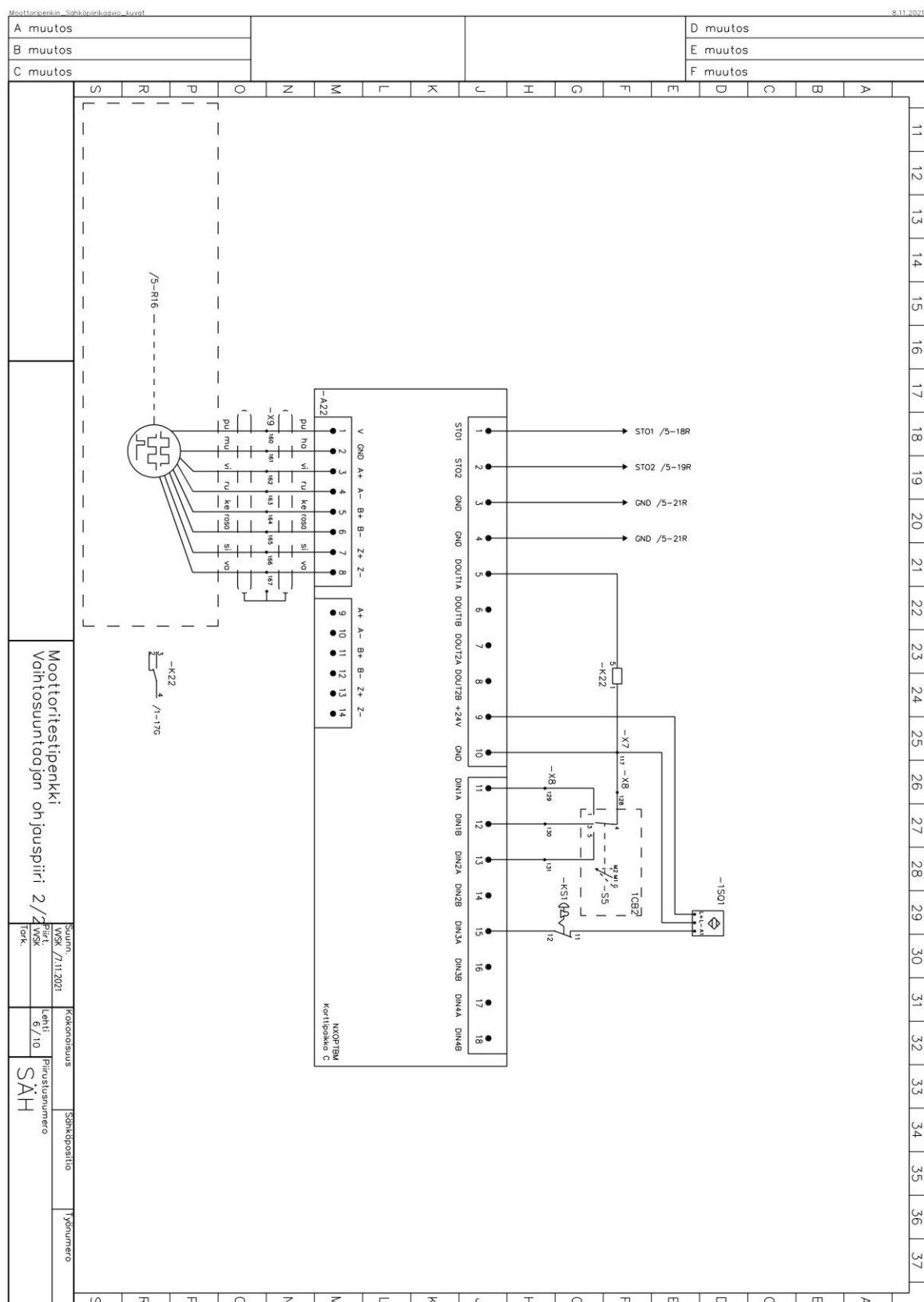


LIITE 2/4 Tasasuuntaajan ohjauspiiri



LIITE 2/5 Vaihtosuuntaajan ohjauspiiri 1/2





LIITE 2/7 Osaluettelo

5.11.2021														
Moottoripenkin Sähköpiirikaavio -luonnos														
A muutos														
B muutos														
C muutos														
D muutos														
E muutos														
F muutos														
OSALUETTELO														
A	MALI		MÄÄRÄ		KUVIUS		VALMISTAJA		ID	SIJAINNI				
	NP-AFE	1	NP-AFE						A1.1	/4-19J				
	NP-JNU	1	NP-JNU						A1.2	/5-16J				
B	NPOTA 1	1	I/O kortti: NPOTA 1						A11.1	/4-20K				
	NPOTA 2	1	I/O kortti: NPOTA 2						A12.1	/4-20M				
	NPOTE 9	1	I/O kortti: NPOTE 9						A13.1					
C	NPOTA 1	1	I/O kortti: NPOTA 1						A11.2	/5-18K				
	NPOTAF	1	I/O kortti: NPOTAF						A21	/5-18L				
	NPOTBM	1	I/O kortti: NPOTBM						A22	/6-18L				
	NPOTE 9	1	I/O kortti: NPOTE 9						A13.2					
D	SK082/16	1	Tasauslaitosilla (AC/DC Bridge)						V6	/1-27J				
	PH448W630K06	1	Snubber-kondensattori						R1FA	/1-27K				
	JREG-001B-5-0-P	1	Kuristin						L5	/1-21G				
E	JV2ME07	1	Moottorinpuikkylin						O6	/1-27F				
	LC1D32	1	Kontaktor (high-sens)						K3	/4-12G				
	LC1D25	1	Kontaktor (high-sens)						K4	/4-13G				
F		1	Tuottojen valo						H5	/5-13E				
		1	Lotusvastus						R6.1	/1-27M				
		1	Lotusvastus						R6.2	/1-28M				
G	NDN316 D16	1	Johdonsuojakotelo 3-napoinen						F1	/1-15B				
		2	Tuotusmuuttajien suojakotit						F2	/1-21O				
	MCN102 C2	1	Johdonsuojakotelo 1-napoinen						F3	/1-17E				
H	MCN106 C6	1	Johdonsuojakotelo 1-napoinen						F4	/2-13B				
		1	24V lasiputkivalo 6.3A						F5	/2-32E				
		1	24V lasiputkivalo 6.3A						F6	/2-32E				
		1	Pölkkylin						S1	/1-16B				
J	ZK13254	1	Moottori						M1	/5-14R				
		1	Moottorinpuikaliin						M2	/1-18J				
K	GZR-1-SND	1	Moottorinpuikotteen reit						K21	/4-16G				
	GZR-1-SND	1	AFE käännös- rele						K22	/6-24F				
		1	Eheä 1/4mm nby18						P1	/2-16H				
L	AF09-30-10-13	1	Pölkkykonttori						K1	/2-24N				
	AF09-30-10-13	1	Lotuskonttori						K6	/2-20N				
	DR-60-24	1	Muuntaja 240V/24V						MEAN WELL	/2-30E				
	XB4B021	1	2-Asentolinen ohjain						SCHNEIDER	/6-29G				
M		1	Moottorin suuntaj/Generaattori vipukylin						SPECHER+ SCHUH	/5-30G				
		1	Start- noppi						SCHNEIDER	/4-16E				
		1	Stop- noppi						S4	/4-15D				
		1	Menuu/SS/56/Program vipukylin						SCHNEIDER	/6-27F				
N		1	Tuottojen valo						SPECHER+ SCHUH	/5-18D				
		1	Potenttiometri 1 traf						R1	/5-18F				
		1	Potenttiometri 2 nraf						R2	/5-19G				
O		1	BNC Liitin						BNC_S3/56					
		1	BNC Liitin						BNC_A1					
		1	BNC Liitin						BNC_T					
P		1	BNC Liitin						BNC_Nm					
		1	Start-nappin valo						BNC_J/min					
		1	Stop-nappin valo						SH3	/4-20F				
		1	Induktiivinen onturi						SH4	/4-20F				
R	GI0K4008-2PRO/SIL2/US	1	Induktiivinen onturi						ilim	/6-29D				
	PN0Z \$5 C tuvoret	1	Tuovet						Pliz	/3-14J				
	GZR-1-SND	1							K23	/4-15G				
	GZR-1-SND	1							OMRON	/4-16G				
S	GZR-1-SND	1							OMRON	/4-18G				
Moottoritestipenkin Osaluettelo											Summa VSK /7/11.2021 Pult. VSK torf.	Kokonaissus 7/10	Sähköpostio SÄH	Yhtenäinen

LIITE 2/8 Johdotuskaavio 1/2

<

[illegible]

LIITE 2/10 Ohjauspulpetti

Technical drawing of a motor test bench (Moottoritestipenki) showing top and side views with dimensions and part labels.

Top View Dimensions:

- Overall width: 235
- Overall height: 645
- Internal width: 210
- Internal height: 160

Part Labels and Dimensions:

- 1CB2**: Main body, width 50, height 50.
- H1**: Hole, diameter 30.
- F1**: Flange, width 100, height 50, radius r/min .
- S5**: Shaft, width 50, height 50.
- A2**: Mounting base, width 210, height 160.
- BNC-SX/90**: Connector, diameter 10.
- BNC-A1**: Connector, diameter 10.
- BNC-L1**: Connector, diameter 10.
- BNC-2mm**: Connector, diameter 10.
- BNC-7mm**: Connector, diameter 10.
- S3**: Stop, width 50, height 30.
- S4**: Stop, width 50, height 30.
- R1**: Hole, diameter 30.
- R2**: Hole, diameter 30.

Internal Components:

- Motor (MOTOR)
- Generator (GENERATOR)
- Control Unit (CONTROL UNIT)
- Power Supply (POWER SUPPLY)
- Signal Unit (SIGNAL UNIT)
- Temperature Unit (TEMPERATURE UNIT)
- Pressure Unit (PRESSURE UNIT)
- Flow Unit (FLOW UNIT)
- Speed Unit (SPEED UNIT)
- Position Unit (POSITION UNIT)
- Angle Unit (ANGLE UNIT)
- Force Unit (FORCE UNIT)
- Torque Unit (TORQUE UNIT)
- Power Unit (POWER UNIT)
- Energy Unit (ENERGY UNIT)
- Efficiency Unit (EFFICIENCY UNIT)
- Loss Unit (LOSS UNIT)
- Heat Unit (HEAT UNIT)
- Cooling Unit (COOLING UNIT)
- Lubrication Unit (LUBRICATION UNIT)
- Protection Unit (PROTECTION UNIT)
- Monitoring Unit (MONITORING UNIT)
- Control Unit (CONTROL UNIT)
- Power Supply (POWER SUPPLY)
- Signal Unit (SIGNAL UNIT)
- Temperature Unit (TEMPERATURE UNIT)
- Pressure Unit (PRESSURE UNIT)
- Flow Unit (FLOW UNIT)
- Speed Unit (SPEED UNIT)
- Position Unit (POSITION UNIT)
- Angle Unit (ANGLE UNIT)
- Force Unit (FORCE UNIT)
- Torque Unit (TORQUE UNIT)
- Power Unit (POWER UNIT)
- Energy Unit (ENERGY UNIT)
- Efficiency Unit (EFFICIENCY UNIT)
- Loss Unit (LOSS UNIT)
- Heat Unit (HEAT UNIT)
- Cooling Unit (COOLING UNIT)
- Lubrication Unit (LUBRICATION UNIT)
- Protection Unit (PROTECTION UNIT)
- Monitoring Unit (MONITORING UNIT)

LIITE 3/1 Parametriluettelo 1/5

Multi-Purpos		Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
[-] Multi-Purpos		P 2.1.1	Min Frequency	0,00	Hz	n/a	n/a	101
[-] Main Menu		P 2.1.2	Max Frequency	50,00	Hz	n/a	n/a	102
[-] M 1 Monitor		P 2.1.3	Accel Time 1	5,0	s	n/a	n/a	103
[-] M 2 Parameters		P 2.1.4	Decel Time 1	5,0	s	n/a	n/a	104
[-] M 3 Keypad Control		P 2.1.5	Current Limit	5,6	A	n/a	n/a	107
[-] M 4 Active Faults		P 2.1.6	Motor Nom Voltg	400	V	n/a	n/a	110
[-] M 5 Fault History		P 2.1.7	Motor Nom Freq	50,00	Hz	n/a	n/a	111
[-] M 6 System Menu		P 2.1.8	Motor Nom Speed	1465	rpm	n/a	n/a	112
[-] S 6.3 Copy Parameters		P 2.1.9	Motor Nom Currnt	11,2	A	n/a	n/a	113
[-] S 6.5 Security		P 2.1.10	Motor Cos Phi	0,79		n/a	n/a	120
[-] S 6.6 Keypad settings		P 2.1.11	I/O Reference	0 / AI1		n/a	n/a	117
[-] S 6.7 HW settings		P 2.1.12	Keypad Ctrl Ref	8 / Keypad Ref.		n/a	n/a	121
[-] M 7 Expander boards		P 2.1.13	Fieldbus Ctr Ref	9 / Fieldbus		n/a	n/a	122
		P 2.1.14	Jog Speed Ref	5,00	Hz	n/a	n/a	124
		P 2.1.15	Preset Speed 1	10,00	Hz	n/a	n/a	105
		P 2.1.16	Preset Speed 2	15,00	Hz	n/a	n/a	106
		P 2.1.17	Preset Speed 3	20,00	Hz	n/a	n/a	126
		P 2.1.18	Preset Speed 4	25,00	Hz	n/a	n/a	127
		P 2.1.19	Preset Speed 5	30,00	Hz	n/a	n/a	128
		P 2.1.20	Preset Speed 6	40,00	Hz	n/a	n/a	129
		P 2.1.21	Preset Speed 7	50,00	Hz	n/a	n/a	130
		P 2.2.1.1	Start/Stop Logic	3 / StartP-StopP		n/a	n/a	300
		P 2.2.1.2	MotPot Ramp Time	10,0	Hz/s	n/a	n/a	331
		P 2.2.1.3	MotPotMemFregRef	1 / Res:Stop+P.D		n/a	n/a	367
		P 2.2.1.4	Adjust Input	0 / Not Used		n/a	n/a	493
		P 2.2.1.5	Adjust Minimum	0,0	%	n/a	n/a	494
		P 2.2.1.6	Adjust Maximum	0,0	%	n/a	n/a	495
		P 2.2.2.1	AI1 Signal Sel	AnIN:A.1		n/a	n/a	377
		P 2.2.2.2	AI1 Filter Time	0,10	s	n/a	n/a	324
		P 2.2.2.3	AI1 Signal Range	0 / 0-100%		n/a	n/a	320
		P 2.2.2.4	AI1 Custom Min	0,00	%	n/a	n/a	321
		P 2.2.2.5	AI1 Custom Max	100,00	%	n/a	n/a	322
		P 2.2.2.6	AI1 RefScale Min	0,00	Hz	n/a	n/a	303
		P 2.2.2.7	AI1 RefScale Max	0,00	Hz	n/a	n/a	304
		P 2.2.2.8	AI1 JoystickHyst	0,00	%	n/a	n/a	384
		P 2.2.2.9	AI1 Sleep Limit	0,00	%	n/a	n/a	385
		P 2.2.2.10	AI1 Sleep Delay	0,00	s	n/a	n/a	386
		P 2.2.2.11	AI1 Joyst.Offset	0,00	%	n/a	n/a	165
		P 2.2.3.1	AI2 Signal Sel	AnIN:A.2		n/a	n/a	388
		P 2.2.3.2	AI2 Filter Time	0,10	s	n/a	n/a	329
		P 2.2.3.3	AI2 Signal Range	0 / 0-100%		n/a	n/a	325
		P 2.2.3.4	AI2 Custom Min	0,00	%	n/a	n/a	326
		P 2.2.3.5	AI2 Custom Max	100,00	%	n/a	n/a	327
		P 2.2.3.6	AI2 RefScale Min	0,00	Hz	n/a	n/a	393
		P 2.2.3.7	AI2 RefScale Max	0,00	Hz	n/a	n/a	394
		P 2.2.3.8	AI2 JoystickHyst	0,00	%	n/a	n/a	395
		P 2.2.3.9	AI2 Sleep Limit	0,00	%	n/a	n/a	396
		P 2.2.3.10	AI2 Sleep Delay	0,00	s	n/a	n/a	397
		P 2.2.3.11	AI2 Joyst.Offset	0,00	%	n/a	n/a	166
		P 2.2.4.1	AI3 Signal Sel	AnIN:0.1		n/a	n/a	141
		P 2.2.4.2	AI3 Filter Time	0,10	s	n/a	n/a	142
		P 2.2.4.3	AI3 Signal Range	1 / 4mA/20%-100%		n/a	n/a	143
		P 2.2.4.4	AI3 Custom Min	0,00	%	n/a	n/a	144
		P 2.2.4.5	AI3 Custom Max	100,00	%	n/a	n/a	145
		P 2.2.4.6	AI3 Signal Inv	0 / No Inversion		n/a	n/a	151
		P 2.2.5.1	AI4 Signal Sel	AnIN:0.1		n/a	n/a	152
		P 2.2.5.2	AI4 Filter Time	0,10	s	n/a	n/a	153
		P 2.2.5.3	AI4 Signal Range	1 / 4mA/20%-100%		n/a	n/a	154
		P 2.2.5.4	AI4 Custom Min	0,00	%	n/a	n/a	155

LIITE 3/2 Parametriluettelo 2/5

	Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
Multi-Purpos							
Main Menu							
M 1 Monitor							
M 2 Parameters							
M 3 Keypad Control							
M 4 Active Faults							
M 5 Fault History							
M 6 System Menu							
S 6.3 Copy Parameters							
S 6.5 Security							
S 6.6 Keypad settings							
S 6.7 HW settings							
M 7 Expander boards							
	P 2.2.5.5	AI4 Custom Max	100.00	%	n/a	n/a	156
	P 2.2.5.6	AI4 Signal Inv	0 / No Inversion		n/a	n/a	162
	P 2.2.6.1	Curmt Lim Sclng	0 / Not Used		n/a	n/a	399
	P 2.2.6.2	DC-curmt Sclng	0 / Not Used		n/a	n/a	400
	P 2.2.6.3	Acc/Dec Ramp Red	0 / Not Used		n/a	n/a	401
	P 2.2.6.4	Torque Suprv Scl	0 / Not Used		n/a	n/a	402
	P 2.2.6.5	Torque Limit	2 / AI2		n/a	n/a	485
	P 2.2.7.1	Start Signal 1	DigIN:A.1		n/a	n/a	403
	P 2.2.7.2	Start Signal 2	DigIN:A.2		n/a	n/a	404
	P 2.2.7.3	Run Enable	DigIN:0.2		n/a	n/a	407
	P 2.2.7.4	Reverse	DigIN:0.1		n/a	n/a	412
	P 2.2.7.5	Preset Speed 1	DigIN:0.1		n/a	n/a	419
	P 2.2.7.6	Preset Speed 2	DigIN:0.1		n/a	n/a	420
	P 2.2.7.7	Preset Speed 3	DigIN:0.1		n/a	n/a	421
	P 2.2.7.8	Mot Pot Down	DigIN:0.1		n/a	n/a	417
	P 2.2.7.9	Mot Pot Up	DigIN:0.1		n/a	n/a	418
	P 2.2.7.10	Fault Reset	DigIN:0.1		n/a	n/a	414
	P 2.2.7.11	Ext Fault Close	DigIN:0.1		n/a	n/a	405
	P 2.2.7.12	Ext Fault Open	DigIN:0.2		n/a	n/a	406
	P 2.2.7.13	Acc/Dec Time Sel	DigIN:A.6		n/a	n/a	408
	P 2.2.7.14	Acc/Dec Prohibit	DigIN:0.1		n/a	n/a	415
	P 2.2.7.15	DC Brake Command	DigIN:0.1		n/a	n/a	416
	P 2.2.7.16	Jogging Speed	DigIN:0.1		n/a	n/a	413
	P 2.2.7.17	AI1/AI2 Select	DigIN:0.1		n/a	n/a	422
	P 2.2.7.18	I/O Term Control	DigIN:0.1		n/a	n/a	409
	P 2.2.7.19	Keypad Control	DigIN:0.1		n/a	n/a	410
	P 2.2.7.20	Fieldbus Control	DigIN:0.1		n/a	n/a	411
	P 2.2.7.21	Param Set1/Set2	DigIN:0.1		n/a	n/a	496
	P 2.2.7.22	Mot Ctrl Mode1/2	DigIN:0.1		n/a	n/a	164
	P 2.3.1.1	Dig Out 1 Signal	DigOUT:0.1		n/a	n/a	486
	P 2.3.1.2	DO1 Content	1 / Ready		n/a	n/a	312
	P 2.3.1.3	DO1 ON Delay	0.00	s	n/a	n/a	487
	P 2.3.1.4	DO1 OFF Delay	0.00	s	n/a	n/a	488
	P 2.3.2.1	Dig Out 2 Signal	DigOUT:0.1		n/a	n/a	489
	P 2.3.2.2	DO2 Content	0 / Not Used		n/a	n/a	490
	P 2.3.2.3	DO2 ON Delay	0.00	s	n/a	n/a	491
	P 2.3.2.4	DO2 OFF Delay	0.00	s	n/a	n/a	492
	P 2.3.3.1	Ready	DigOUT:A.1		n/a	n/a	432
	P 2.3.3.2	Run	DigOUT:B.1		n/a	n/a	433
	P 2.3.3.3	Fault	DigOUT:B.2		n/a	n/a	434
	P 2.3.3.4	Fault, Inverted	DigOUT:0.1		n/a	n/a	435
	P 2.3.3.5	Warning	DigOUT:0.1		n/a	n/a	436
	P 2.3.3.6	Ext. Fault/Warn.	DigOUT:0.1		n/a	n/a	437
	P 2.3.3.7	AI Ref Fault/Warn	DigOUT:0.1		n/a	n/a	438
	P 2.3.3.8	OverTemp Warn.	DigOUT:0.1		n/a	n/a	439
	P 2.3.3.9	Reverse	DigOUT:0.1		n/a	n/a	440
	P 2.3.3.10	Direct Differenc	DigOUT:0.1		n/a	n/a	441
	P 2.3.3.11	At Ref. Speed	DigOUT:0.1		n/a	n/a	442
	P 2.3.3.12	Jogging Speed	DigOUT:0.1		n/a	n/a	443
	P 2.3.3.13	ExtControl Place	DigOUT:0.1		n/a	n/a	444
	P 2.3.3.14	Ext Brake Contrl	DigOUT:0.1		n/a	n/a	445
	P 2.3.3.15	ExtBrakeCtrlInv	DigOUT:0.1		n/a	n/a	446
	P 2.3.3.16	FreqOut SupvLim1	DigOUT:0.1		n/a	n/a	447
	P 2.3.3.17	FreqOut SupvLim2	DigOUT:0.1		n/a	n/a	448
	P 2.3.3.18	Ref Lim Superv.	DigOUT:0.1		n/a	n/a	449
	P 2.3.3.19	Temp Lim Superv.	DigOUT:0.1		n/a	n/a	450
	P 2.3.3.20	Torg Lim Superv.	DigOUT:0.1		n/a	n/a	451
	P 2.3.3.21	MotTherm Flt/Wrn	DigOUT:0.1		n/a	n/a	452
	P 2.3.3.22	Ain Supv Lim	DigOUT:0.1		n/a	n/a	453
	P 2.3.3.23	MotorReg. Active	DigOUT:0.1		n/a	n/a	454

LIITE 3/3 Parametriluettelo 3/5

Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
P 2.3.3.23	MotorReg_Active	DigOUT:0.1		n/a	n/a	454
P 2.3.3.24	FB Dig Input 1	DigOUT:0.1		n/a	n/a	455
P 2.3.3.25	FB Dig Input 2	DigOUT:0.1		n/a	n/a	456
P 2.3.3.26	FB Dig Input 3	DigOUT:0.1		n/a	n/a	457
P 2.3.3.27	FB Dig Input 4	DigOUT:0.1		n/a	n/a	169
P 2.3.3.28	FB Dig Input 5	DigOUT:0.1		n/a	n/a	170
P 2.3.4.1	Freq Supv Lim 1	0 / No		n/a	n/a	315
P 2.3.4.2	Freq Supv Val 1	0.00	Hz	n/a	n/a	316
P 2.3.4.3	Freq Supv Lim 2	0 / No		n/a	n/a	346
P 2.3.4.4	Freq Supv Val2	0.00	Hz	n/a	n/a	347
P 2.3.4.5	Torque Supv Lim	0 / No		n/a	n/a	348
P 2.3.4.6	Torque Supv Val	100.0	%	n/a	n/a	349
P 2.3.4.7	Ref Superv Lim	0 / No		n/a	n/a	350
P 2.3.4.8	Ref Superv Value	0.0	%	n/a	n/a	351
P 2.3.4.9	Ext Brake OffDel	0.5	s	n/a	n/a	352
P 2.3.4.10	Ext Brake OnDel	1.5	s	n/a	n/a	353
P 2.3.4.11	Temp Limit Supv	0 / No		n/a	n/a	354
P 2.3.4.12	Temp Supv Value	40	°C	n/a	n/a	355
P 2.3.4.13	Ain Supv Input	0 / Not Used		n/a	n/a	356
P 2.3.4.14	Ain Supv Lim	10.00	%	n/a	n/a	357
P 2.3.4.15	Ain Supv Him	90.00	%	n/a	n/a	358
P 2.3.5.1	Iout 1 signal	AnOUT:A.1		n/a	n/a	464
P 2.3.5.2	Iout Content	1 / O/P Freq		n/a	n/a	307
P 2.3.5.3	Iout Filter Time	1.00	s	n/a	n/a	308
P 2.3.5.4	Iout Invert	0 / No Inversion		n/a	n/a	309
P 2.3.5.5	Iout Minimum	0 / 0 mA		n/a	n/a	310
P 2.3.5.6	Iout Scale	100	%	n/a	n/a	311
P 2.3.5.7	Iout Offset	0.00	%	n/a	n/a	375
P 2.3.6.1	Iout 2 Signal	AnOUT:0.1		n/a	n/a	471
P 2.3.6.2	Iout 2 Content	4 / O/P Current		n/a	n/a	472
P 2.3.6.3	Iout 2 Filter T	1.00	s	n/a	n/a	473
P 2.3.6.4	Iout 2 Invert	0 / No Inversion		n/a	n/a	474
P 2.3.6.5	Iout 2 Minimum	0 / 0 mA		n/a	n/a	475
P 2.3.6.6	Iout 2 Scale	100	%	n/a	n/a	476
P 2.3.6.7	Iout 2 Offset	0.00	%	n/a	n/a	477
P 2.3.7.1	Iout 3 Signal	AnOUT:0.1		n/a	n/a	478
P 2.3.7.2	Iout 3 Content	5 / Motor Torque		n/a	n/a	479
P 2.3.7.3	Iout 3 Filter T	1.00	s	n/a	n/a	480
P 2.3.7.4	Iout 3 Invert	0 / No Inversion		n/a	n/a	481
P 2.3.7.5	Iout 3 Minimum	0 / 0 mA		n/a	n/a	482
P 2.3.7.6	Iout 3 Scale	100	%	n/a	n/a	483
P 2.3.7.7	Iout 3 Offset	0.00	%	n/a	n/a	484
P 2.4.1	Ramp 1 Shape	0.1	s	n/a	n/a	500
P 2.4.2	Ramp 2 Shape	0.0	s	n/a	n/a	501
P 2.4.3	Accel Time 2	10.0	s	n/a	n/a	502
P 2.4.4	Decel Time 2	10.0	s	n/a	n/a	503
P 2.4.5	Brake Chopper	3 / On, Run+Stop		n/a	n/a	504
P 2.4.6	Start Function	1 / Flying Start		n/a	n/a	505
P 2.4.7	Stop Function	0 / Coasting		n/a	n/a	506
P 2.4.8	DC-Brake Current	8.4	A	n/a	n/a	507
P 2.4.9	Stop DC-BrakeTm	0.00	s	n/a	n/a	508
P 2.4.10	Stop DC-BrakeFr	1.50	Hz	n/a	n/a	515
P 2.4.11	Start DC-BrakeTm	0.00	s	n/a	n/a	516
P 2.4.12	Flux Brake	0 / Off		n/a	n/a	520
P 2.4.13	FluxBrakeCurrent	12.0	A	n/a	n/a	519
P 2.5.1	Range 1 Low Lim	0.00	Hz	n/a	n/a	509
P 2.5.2	Range 1 High Lim	0.00	Hz	n/a	n/a	510
P 2.5.3	Range 2 Low Lim	0.00	Hz	n/a	n/a	511
P 2.5.4	Range 2 High Lim	0.00	Hz	n/a	n/a	512
P 2.5.5	Range 3 Low Lim	0.00	Hz	n/a	n/a	513

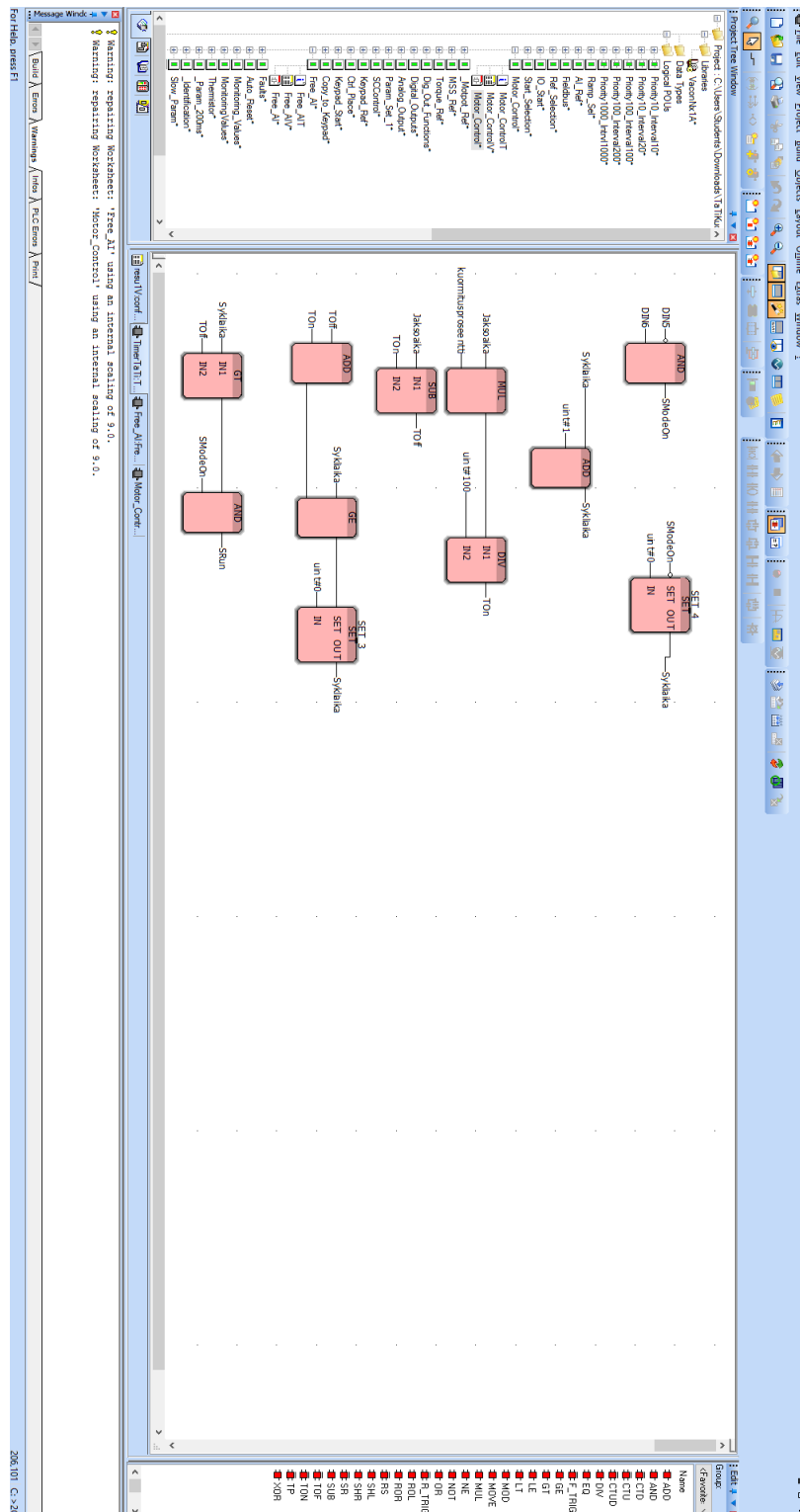
LIITE 3/4 Parametriluettelo 4/5

	Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
Multi-Purpos							
Main Menu							
M 1 Monitor							
M 2 Parameters	P 2.5.2	Range 1 High Lim	0,00	Hz	n/a	n/a	510
M 3 Keypad Control	P 2.5.3	Range 2 Low Lim	0,00	Hz	n/a	n/a	511
M 4 Active Faults	P 2.5.4	Range 2 High Lim	0,00	Hz	n/a	n/a	512
M 5 Fault History	P 2.5.5	Range 3 Low Lim	0,00	Hz	n/a	n/a	513
M 6 System Menu	P 2.5.6	Range 3 High Lim	0,00	Hz	n/a	n/a	514
S 6.3 Copy Parameters	P 2.5.7	PH Acc/Dec Ramp	1,0	x	n/a	n/a	518
S 6.5 Security	P 2.6.1	Motor Ctrl Mode	1 / OL SpeedCont		n/a	n/a	600
S 6.6 Keypad settings	P 2.6.2	U/i Optimization	0 / None		n/a	n/a	109
S 6.7 HW settings	P 2.6.3	U/i Ratio Select	0 / Linear		n/a	n/a	108
M 7 Expander boards	P 2.6.4	Field WeakingPnt	50,00	Hz	n/a	n/a	602
	P 2.6.5	Voltage at FWP	100,00	%	n/a	n/a	603
	P 2.6.6	U/i Mid Freq	50,00	Hz	n/a	n/a	604
	P 2.6.7	U/i Mid Voltg	100,00	%	n/a	n/a	605
	P 2.6.8	Zero Freq Voltg	1,50	%	n/a	n/a	606
	P 2.6.9	Switching Freq	10,0	kHz	n/a	n/a	601
	P 2.6.10	Overvolt Contr	1 / On:NoRamping		n/a	n/a	607
	P 2.6.11	Undervolt Contr	1 / On:NoRamping		n/a	n/a	608
	P 2.6.12	Motor Ctrl Mode2	2 / OL TorqCtrl		n/a	n/a	521
	P 2.6.13	OL Speed Reg P	3000		n/a	n/a	637
	P 2.6.14	OL Speed Reg I	300		n/a	n/a	638
	P 2.6.15	LoadDrooping	0,00	%	n/a	n/a	620
	P 2.6.16	Identification	0 / No Action		n/a	n/a	631
	P 2.6.17.1	MagnCurrent	0,0	A	n/a	n/a	612
	P 2.6.17.2	Speed Control Kp	10		n/a	n/a	613
	P 2.6.17.3	Speed Control Ti	500,0	ms	n/a	n/a	614
	P 2.6.17.4	Reserved	0	x	n/a	n/a	1499
	P 2.6.17.5	Accel Compens.	0,00	s	n/a	n/a	626
	P 2.6.17.6	Slip Adjust	75	%	n/a	n/a	619
	P 2.6.17.7	Start Magn Curr	0,0	A	n/a	n/a	627
	P 2.6.17.8	Start Magn Time	0	ms	n/a	n/a	628
	P 2.6.17.9	Start OSpeedTime	100	ms	n/a	n/a	615
	P 2.6.17.10	Stop 0 SpeedTime	100	ms	n/a	n/a	616
	P 2.6.17.11	StartUp Torque	0 / Not Used		n/a	n/a	621
	P 2.6.17.12	StartupTorq FWD	0,0	%	n/a	n/a	633
	P 2.6.17.13	StartupTorq REV	0,0	%	n/a	n/a	634
	P 2.6.17.14	Reserved	0	x	n/a	n/a	1499
	P 2.6.17.15	EncoderFiltTime	0,0	ms	n/a	n/a	618
	P 2.6.17.16	Reserved	0	x	n/a	n/a	1499
	P 2.6.17.17	CurrentControlKp	40,00	%	n/a	n/a	617
	P 2.6.17.18	Reserved	0	x	n/a	n/a	1499
	P 2.7.1	4mA Input Fault	0 / No Action		n/a	n/a	700
	P 2.7.2	4mA Fault Freq.	0,00	Hz	n/a	n/a	728
	P 2.7.3	External Fault	2 / Fault		n/a	n/a	701
	P 2.7.4	Input Ph. Superv	3 / FaultCoast		n/a	n/a	730
	P 2.7.5	UVolt Fault Resp	0 / Fault Stored		n/a	n/a	727
	P 2.7.6	OutputPh. Superv	2 / Fault		n/a	n/a	702
	P 2.7.7	Earth Fault	2 / Fault		n/a	n/a	703
	P 2.7.8	Motor Therm Prot	2 / Fault		n/a	n/a	704
	P 2.7.9	MotAmbTempFactor	0,0	%	n/a	n/a	705
	P 2.7.10	MTP I0 Current	40,0	%	n/a	n/a	706
	P 2.7.11	MTP Motor T	35	min	n/a	n/a	707
	P 2.7.12	Motor Duty Cycle	100	%	n/a	n/a	708
	P 2.7.13	Stall Protection	0 / No Action		n/a	n/a	709
	P 2.7.14	Stall Current	2,5	A	n/a	n/a	710
	P 2.7.15	Stall Time Lim	15,00	s	n/a	n/a	711
	P 2.7.16	Stall Freq Lim	25,00	Hz	n/a	n/a	712
	P 2.7.17	Underload Protec	0 / No Action		n/a	n/a	713
	P 2.7.18	UP from Torque	50,0	%	n/a	n/a	714
	P 2.7.19	UP I0 Torque	10,0	%	n/a	n/a	715
	P 2.7.20	UP Time Limit	20,00	s	n/a	n/a	716

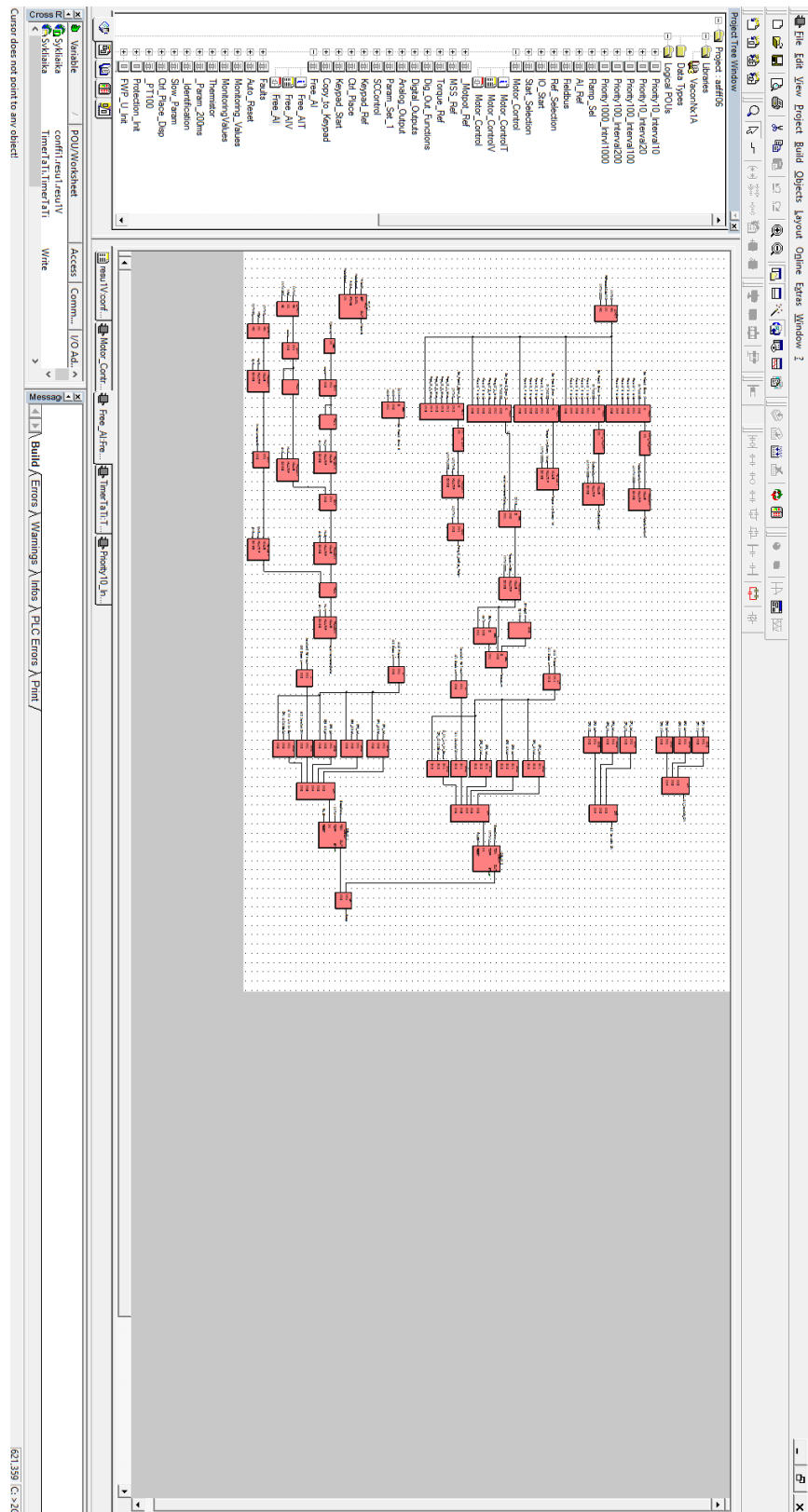
LIITE 3/5 Parametriluettelo 5/5

	Index	Variable Text	Value	Unit	Min	Max	ID
Multi-Purpos	P 2.7.3	External Fault	2 / Fault		n/a	n/a	701
Main Menu	P 2.7.4	Input Ph. Superv	3 / Fault.Coast		n/a	n/a	730
M 1 Monitor	P 2.7.5	UVolt Fault Resp	0 / Fault Stored		n/a	n/a	727
M 2 Parameters	P 2.7.6	OutputPh. Superv	2 / Fault		n/a	n/a	702
M 3 Keypad Control	P 2.7.7	Earth Fault	2 / Fault		n/a	n/a	703
M 4 Active Faults	P 2.7.8	Motor Therm Prot	2 / Fault		n/a	n/a	704
M 5 Fault History	P 2.7.9	MotAmbTempFactor	0.0	%	n/a	n/a	705
M 6 System Menu	P 2.7.10	MTP I0 Current	40.0	%	n/a	n/a	706
S 6.3 Copy Parameters	P 2.7.11	MTP Motor T	35	min	n/a	n/a	707
S 6.5 Security	P 2.7.12	Motor Duty Cycle	100	%	n/a	n/a	708
S 6.6 Keypad settings	P 2.7.13	Stall Protection	0 / No Action		n/a	n/a	709
S 6.7 HW settings	P 2.7.14	Stall Current	2.5	A	n/a	n/a	710
M 7 Expander boards	P 2.7.15	Stall Time Lim	15.00	s	n/a	n/a	711
	P 2.7.16	Stall Freq Lim	25.00	Hz	n/a	n/a	712
	P 2.7.17	Underload Protec	0 / No Action		n/a	n/a	713
	P 2.7.18	UP Inom Torque	50.0	%	n/a	n/a	714
	P 2.7.19	UP I0 Torque	10.0	%	n/a	n/a	715
	P 2.7.20	UP Time Limit	20.00	s	n/a	n/a	716
	P 2.7.21	ThermistorF.Resp	2 / Fault		n/a	n/a	732
	P 2.7.22	FBComm.FaultResp	2 / Fault		n/a	n/a	733
	P 2.7.23	SlotComFaultResp	2 / Fault		n/a	n/a	734
	P 2.7.24	PT100 Numbers	0		n/a	n/a	739
	P 2.7.25	PT100 FaultRespo	0 / No Action		n/a	n/a	740
	P 2.7.26	PT100 Warn.Limit	120.0	°C	n/a	n/a	741
	P 2.7.27	PT100 Fault Lim.	130.0	°C	n/a	n/a	742
	P 2.8.1	Wait Time	0.50	s	n/a	n/a	717
	P 2.8.2	Trial Time	30.00	s	n/a	n/a	718
	P 2.8.3	Start Function	0 / Ramping		n/a	n/a	719
	P 2.8.4	Undervolt. Tries	0		n/a	n/a	720
	P 2.8.5	Overvolt. Tries	0		n/a	n/a	721
	P 2.8.6	Overcurr. Tries	0		n/a	n/a	722
	P 2.8.7	4mA Fault Tries	0		n/a	n/a	723
	P 2.8.8	MotTempF Tries	0		n/a	n/a	726
	P 2.8.9	Ext.Fault Tries	0		n/a	n/a	725
	P 2.8.10	Underload tries	0		n/a	n/a	738
	P 2.9.1	FB Min Scale	0.00	Hz	n/a	n/a	850
	P 2.9.2	FB Max Scale	0.00	Hz	n/a	n/a	851
	P 2.9.3	FB Data Out1 Sel	1		n/a	n/a	852
	P 2.9.4	FB Data Out2 Sel	2		n/a	n/a	853
	P 2.9.5	FB Data Out3 Sel	45		n/a	n/a	854
	P 2.9.6	FB Data Out4 Sel	4		n/a	n/a	855
	P 2.9.7	FB Data Out5 Sel	5		n/a	n/a	856
	P 2.9.8	FB Data Out6 Sel	6		n/a	n/a	857
	P 2.9.9	FB Data Out7 Sel	7		n/a	n/a	858
	P 2.9.10	FB Data Out8 Sel	37		n/a	n/a	859
	P 2.10.1	Torque Limit	100.0	%	n/a	n/a	609
	P 2.10.2	TorqLimCtrl P	3000		n/a	n/a	610
	P 2.10.3	TorqLimCtrl I	200		n/a	n/a	611
	P 2.10.4	Torq Ref Select	0 / Not Used		n/a	n/a	641
	P 2.10.5	Torq Ref Max	100.0	%	n/a	n/a	642
	P 2.10.6	Torq Ref Min	0.0	%	n/a	n/a	643
	P 2.10.7	Torq Speed Limit	1 / Freq Ref		n/a	n/a	644
	P 2.10.8	OL TC Min Freq	3.00	Hz	n/a	n/a	636
	P 2.10.9	OL TorqCtrl P	150		n/a	n/a	639
	P 2.10.10	OL TorqCtrl I	10		n/a	n/a	640
	P 2.11.1	KUORMITUSPROS	80	%	n/a	n/a	1003
	P 2.11.2	JAKSOAJKA	30	s	n/a	n/a	1004
	P 2.11.3	NEILOJLINEN M	35	Nm	n/a	n/a	1002
	P 2.11.4	Nn	1458	rpm	n/a	n/a	1001
	P 2.11.5	Mn	35	Nm	n/a	n/a	1005

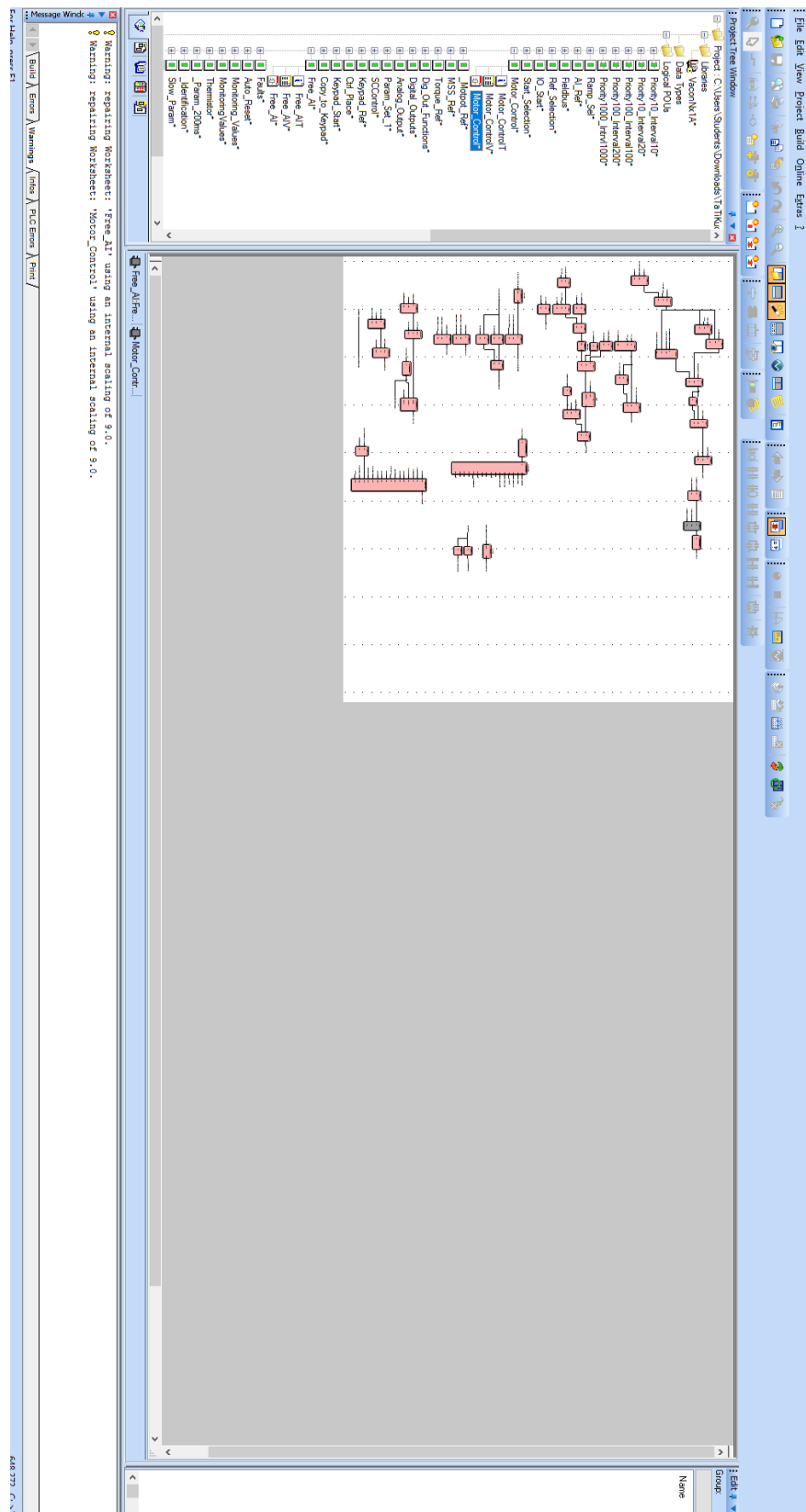
LIITE 4/1 NC61131-3 Ohjelmointi – Jaksottainen kuormitus



LIITE 4/2 NC61131-3 Ohjelmointi – Free_AI lohkokaavio



LIITE 4/3 NC61131-3 Ohjelmointi – Moottorin ohjaus



LIITE 4/4 NC61131-3 Ohjelmointi – Neliöllinen vastamomentti

