



ASRS-nostureiden tuotteistaminen ja sähkösuunnittelun automatisointi

Mika Vartiainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Älykkäät koneet

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Älykkäät koneet

VARTIAINEN, MIKA:

ASRS-nostureiden tuotteistaminen ja sähkösuunnittelun automatisointi

Opinnäytetyö 50 sivua

Toukokuu 2013

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tuotteistaa ASRS-nosturia sähkösuunnittelun näkökulmasta ja automatisoida sähkösuunnittelua pohjakuvan avulla. Lisäksi tavoitteena oli nosturin sähkökomponenttien ja kytkentäratkaisujen vakioiminen pohjakuvaan. Pohjakuvan suunniteltiin Zukenin E³-sähkösuunnitteluohjelmalla. Suunnittelussa hyödynnettiin ohjelman optio- ja varianttiominaisuuksia, joilla saadaan pohjakuvassa tehtyä halutut kytkentämuutokset automaattisesti.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin pohjakuva sähkösuunnittelijoille nosturin ja nostinlaitteen sähköjärjestelmästä. Kaikkien tulevien ASRS-nostureiden sähkösuunnittelu voidaan aloittaa pohjakuvasta. Pohjakuva sisältää nosturin perusrakenteen sekä kaikki mahdolliset nosturiin saatavilla olevat optiot.

Vakioitu pohjakuva vähentää suunnitteluun käytettyyn aikaan merkittävästi, erityisesti mikäli tuote ei ole tuttu ja suunnittelija on kokematon. Nosturin ominaisuuksien lisääminen ja muuttaminen voidaan tehdä pohjakuvaa käyttämällä muutamassa sekunnissa, kun aikaisemmin siihen on kulunut jopa tunteja. Lisäksi vakioidusta pohjakuvasta hyötyvät automaattiosuunnittelu, ostajat, myyjät, tuotanto ja huolto.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Intelligent Machines

VARTIAINEN, MIKA:
Productization of ASRS Cranes and Automating of Electrical Designing

Bachelor's thesis 50 pages
May 2013

The topic of this thesis was to productize the ASRS crane from the perspective of electrical engineering and automatize electrical designing through the use of base drawing. In addition, the goal was the standardization of the crane's electrical components and coupling solutions in the base drawing. The designing of the base drawing was done by using the electrical planning software E³ by Zuken. The software's option and variant properties which allow the automatic production of desired coupling changes in the base drawing were employed in the designing process.

As a result of the thesis, a base drawing of the crane's electricity was created for electrical planners. The electrical designing of all future ASRS cranes can be started with a base drawing. A base drawing includes the crane's basic structure and all the possible options available for the crane.

A standardized base drawing reduces the time spent in planning significantly, especially if the product is unfamiliar and the planner is inexperienced. The adding and modification of a crane's properties can be achieved by using the layout in a few seconds instead of taking hours like before. In addition, a standardized base drawing benefits automation planning, the buyers, the sellers, production and maintenance.

Key words: crane, designing, E³, automatization, option

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	AUTOMAATTINEN VARASTOINTI- JA TIEDONHAKUJÄRJESTELMÄ.....	8
2.1	Automaattivarastojen strategiat	8
2.2	Varastointijärjestelmä	9
3	ASRS -NOSTURIT	11
3.1	Nosturin turvallisuus ja standardi SFS-EN 60204-32.....	12
3.2	Paperirullavarastonosturit	15
3.2.1	Nostinlaitteet paperirullavarastoissa	15
3.3	Metallirullavarastonosturit.....	18
3.4	Tehdasosuus	19
4	VALMIIN TUOTTEEN KEHITTÄMINEN	20
4.1	Suunnittelun kehittäminen	20
4.1.1	Suunnittelun automatisointi ja tuotevariantit	20
4.1.2	Tuotteen vakioiminen sähkösuunnittelussa	22
4.2	E ³ -sähkösuunnitteluohjelma	23
4.2.1	Variantit ja optiot E ³ -suunnitteluohjelmassa.....	23
4.2.2	Variantin ja option luominen	24
4.2.3	Varianttien ja optioiden käyttäminen projektissa.....	26
5	VLU SÄHKÖKUVAT JA KEHITYSTYÖ	28
5.1	VLU:n sähkökuvien lähtötilanne	28
5.2	VLU:n kuvien kehitystyö.....	29
5.2.1	Pumppumoottorikytkentä.....	31
5.3	Imukupin sähkökuvien yhteenveto ja lopputulos	34
6	NOSTURIN SÄHKÖKUVAT	36
6.1	Nosturin sähkökuvien lähtötilanne	36
6.2	Nosturin sähkökuvien kehittäminen	36
6.3	ASRS -nosturin optiot ja variantit	37
6.3.1	PAPER -valikko	39
6.3.2	COIL -valikko	39
6.3.3	TROLLEY TYPE -valikko	39
6.3.4	BRAKING -valikko	39
6.3.5	OTHERS -valikko	42
6.3.6	AIR CONDITION -valikko	42
6.3.7	CONTROL PLACE SELECTION -valikko	43
6.3.8	BRIDGE FEATURES -valikko	43
6.3.9	TROLLEY FEATURES -valikko.....	43

6.4 Nosturin sähkökuvien lopputulos	44
7 YHTEENVETO	46
7.1 Pohdinta	46
7.2 Kehittämisehdotuksia.....	48
LÄHTEET.....	50

LYHENTEET JA TERMIT

ASRS	<i>Automated Storage and Retrieval System.</i> Automaattinen varastointi- ja tiedonhakujärjestelmä
VLU	<i>Vacuum Lifting Unit.</i> Nostinlaite paperirullavarastossa, jonka nostovoima tuotetaan alipaineen avulla
WMS	<i>Warehouse Management System.</i> Varastohallintajärjestelmä
MES	<i>Millwide Executive System.</i> Tehdasjärjestelmä, joka on yhteydessä varastohallintajärjestelmään
PRT	<i>Paper Roll Trolley.</i> Paperirullavarastonosturin vaunu
LV	Metallirullavarastonosturin vaunu
Optio	Lisäominaisuus
Variantti	Option vaihtoehtoinen ominaisuus
Layout -kuva	Kuvantosivu, jossa esitetään komponenttien sijainti nosturissa

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Konecranesille, joka kuuluu maailman johtaviin nostolaittevalmistajiin. Koska Konecranes on globaali yritys ja suunnittelua tehdään useassa eri maassa, suunnittelijoiden taustat ja lähtökohdat poikkeavat toisistaan. Tämän työn avulla pyritään vaikuttamaan siihen, että lähtökohdat nosturin sähkösuunnitteluun ovat samanlaiset joka paikassa.

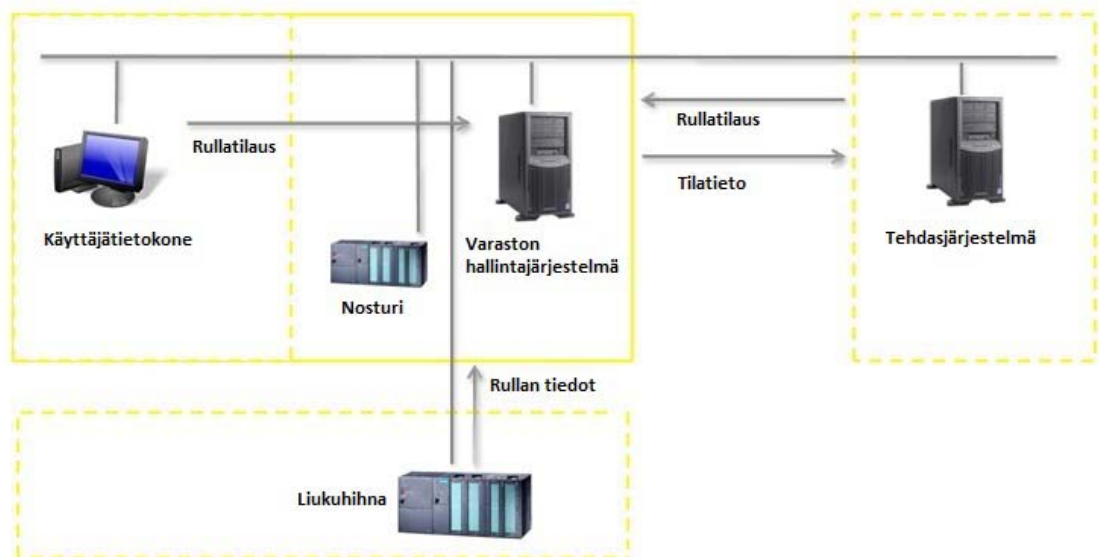
ASRS -nosturit kuuluvat teollisuusnostureihin, joita käytetään paperi- ja metallirullavarastoissa rullien siirtämiseen. Työssä kehitetään automaattisten ASRS-nostureiden sähkösuunnittelua. Tämän työn varsinainen tarkoitus on luoda suunnittelijoiden käyttöön valmis ASRS -nosturin pohjakuva. Pohjakuvalla pyritään automatisoimaan ASRS-nostureiden sähkösuunnittelua hyödyntämällä Zukenin E³-ohjelman optio- ja varianttiominaisuuksia ja yhtenäistämään valmiiden tuotteiden sähkösuunnitelmia. Lisäksi nosturiin ja samalla pohjakuvaan pyritään vakioimaan komponentit, mikä helpottaa suunnittelijoiden, ostajien, myyjien ja huoltohenkilöiden työtä.

Työ perehdyttää lukijan automaattivarastojen toimintaan ja esittelee varastoissa käytetyt nosturit sekä niiden keskeiset komponentit. Lisäksi työssä käsitellään valmiin tuotteen kehittämistä suunnittelun näkökulmasta ja käydään läpi E³-ohjelmassa olevien varianttien ja optioiden toimintaa ja sitä, miten niitä voidaan hyödyntää sähkösuunnittelussa.

Tuotteen kehittämisellä, komponenttien ja sähköisten kytkentöjen vakioimisella pyritään vaikuttamaan suoraan tuotteen laatuun ja suunnittelussa käytettyyn aikaan. Työssä pyritään lisäksi havainnollistamaan, että tuotteen sähkökuvan kehittämisellä ja vakioimisella on merkittävää vaikutusta muihinkin yrityksen osa-alueisiin kuin sähkösuunnitteluun.

2 AUTOMAATTINEN VARASTOINTI- JA TIEDONHAKUJÄRJESTELMÄ

Tässä työssä automaattisella varastointi- ja tiedonhakujärjestelmällä (KUVA 1) tarkoitetaan kokonaisuutta, joka koostuu automaattisesti toimivasta nosturista, nostinlaitteesta ja varastointijärjestelmästä.



KUVA 1. Automaattisen varastointi- ja tiedonhakujärjestelmän toimintaperiaate (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, muokattu)

Varastossa on varastointi- ja tiedonhakujärjestelmä, johon operaattori voi esimerkiksi syöttää tilauksen tai lukea varaston tietoja. Varastointijärjestelmä kommunikoi nosturin kanssa, joka suorittaa operaattorin antamia komentoja, jotka liittyvät usein tavaran siirtämiseen varastossa. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 4)

2.1 Automaattivarastojen strategiat

Automaattivarastoissa käsitellään tyypillisesti joko paperi- tai metallirullia. Rullien tyyppi määrittelee useasti myös osan nosturin pääkomponenteista, kuten esimerkiksi vaunun mallin ja nostinlaitteen. Paperirullavarastossa nostinlaite voi olla mekaaninen tarttuja tai alipaineella nostava VLU (Vacuum Lifting Unit). Metallirullavarastossa nostinlaitteena voi olla mekaaninen pihti tai magneetti, joka on tarkoitettu levyjen nostamiseen. Tässä työssä ei käsitellä lainkaan magneettia, koska se on nostinlaitteista harvinais-

sin eikä sitä käytetä rullien siirtämiseen. (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 4)

Toiminnallisesti varastot voidaan jakaa joko välivarastoihin tai lähetysvarastoihin. Väli-varastoissa rullat eivät ole lopullisesti pakattuja ja niitä on tarkoitus säilöä vain sen aikaa, kunnes ne siirtyvät prosessin seuraavaan vaiheeseen. Lähetysvarastot ovat rullien viimeinen säilytyspaikka ennen asiakkaalle toimittamista ja rullat ovat täysin pakattuja. Lisäksi varastot voivat olla tyypiltään näiden kahden varaston sekoituksia. (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 15)

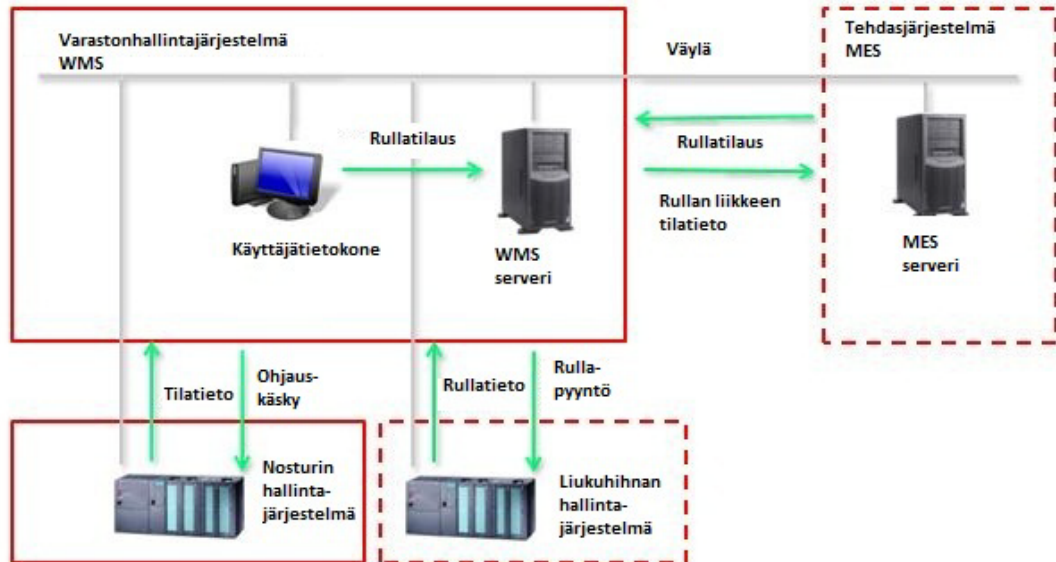
Varastoissa on tyypillisesti vähintään yksi linja rullien kuljettamiseen. Käytännössä varasto toimii siten, että nosturi saa tiedon siirrettävästä rullasta joko kuljetinhihnalta automaattisesti logiikan kautta tai operaattorilta tilauksena. Mikäli käsky tulee kuljettimen logiikalta, nosturi hakee rullan ja siirtää sen vapaaseen paikkaan varastossa. Jos vapaata paikkaa ei ole, nosturi vie rullan takaisin kuljetinhihnalle. Mikäli käsky tulee tilauksena operaattorilta, nosturi hakee varastosta oikeankokoisen rullan ja vie sen hihnalle. (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 12)

Kommunikaatio järjestelmien välillä korostuu, kun kyseessä on automaattivarastot. Kommunikaation tulee toimia kaikkien järjestelmien ja laitteiden välillä ongelmitta, jotta vikatilanteissakin varasto toimii mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Varastossa voi esiintyä erilaisia vikoja esimerkiksi rulla saattaa olla väärän kokoinen, jolloin varastointijärjestelmän tulee reagoida siihen nopeasti ja ennalta määritetyllä tavalla. Rullaa ei voida siirtää automaattinosturilla vaan se joko joudutaan palauttamaan tai siirtämään käsin haluttuun paikkaan. (Päivinen, J. 2013)

2.2 Varastointijärjestelmä

Varastointijärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka koostuu varastonhallintajärjestelmästä WMS, tehdasjärjestelmästä MES ja nosturin sekä liukuhihnan hallintajärjestelmistä. Varastointijärjestelmä vastaa rullien siirtämisestä varastossa. Varastonhallintajärjestelmä koostuu serveri-tietokoneesta ja käyttäjätietokoneista (Client Station), joita voi olla useita varastossa. Varastointijärjestelmän verkkotopologian esittäminen ja kuvaaminen hankaloituu, mitä enemmän varastossa on käyttäjätietokoneita, nostureita ja kuljetinhihnoja. Varastonhallintajärjestelmä on yhteydessä tehdasjärjestelmään ja nostu-

rin sekä kuljetinhihnojen hallintajärjestelmään. Tieto eri järjestelmien välillä siirtyy väylässä. Varastointijärjestelmän kommunikaatio (KUVA 2) on esitetty alla olevassa kuvassa. (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 14)

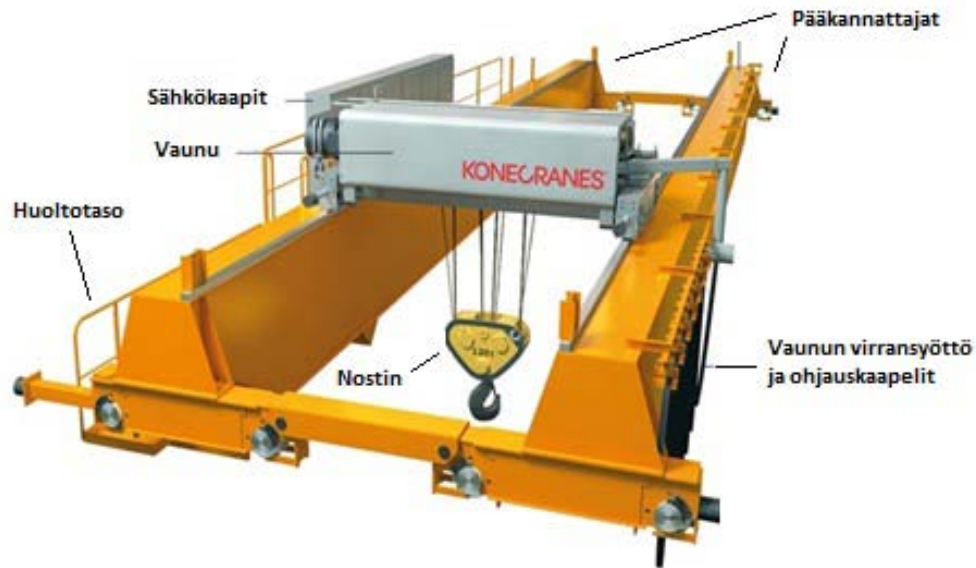


KUVA 2. Varastointijärjestelmän kommunikaatio (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 14, muokattu.)

Varastohallintajärjestelmän päätehtävä on toimia linkkinä tehdasjärjestelmän ja nosturin sekä liukuhinnan kommunikaation välillä. Käytännössä varastohallintajärjestelmä ottaa vastaan tilauksia rullien siirtämisestä ja lähettää komentoja nosturille, joka toteuttaa rullien siirtämisen. Lisäksi varastohallintajärjestelmä kerää tilatietoja rullien siirtämiseen tarkoitetulta liukuhihnalta ja lähettää tilatietoja tehdasjärjestelmään rullien liikkeistä. Varastohallintajärjestelmä mahdollistaa rullien tilaamisen määrän ja painon mukaan tai rullille määritettyjen numeroiden perusteella. Lisäksi käyttäjä näkee nosturin tilan, voi ohjata sen päälle ja pois sekä muuttaa joitakin nosturin parametreja sen kautta. (ASRS Intermediate & Shipping Storage System, 20)

3 ASRS-NOSTURIT

ASRS-nosturit ovat siltanostureita. Nosturin pääkomponentit (KUVA 3) ovat pääkannattajat, vaunu, nostolaite, radio-ohjain, sähkökaapit, vaunun virransyöttö, huoltotaso ja usein myös ohjaamo. Lisäksi nosturit sisältävät paljon erilaisia sähköisiä komponentteja esimerkiksi suoja- ja antureita. (Halminen 2007, 13)



KUVA 3. Nosturin pääkomponentit (Smarton introduction and sales presentation, muokattu)

ASRS-nostureita käytetään pääasiassa automaattisesti, mutta myös puoliautomaattisia nostureita on saatavilla. Automaattinosturi tarkoittaa sitä, että nosturi suorittaa WMS:ltä saatuja komentoja niin kauan kunnes toisin ohjataan. Puoliautomaattisessa nosturissa on usein ohjaamo, josta suoritetaan tavaran nostaminen ja laskeminen, mutta nosturin liikuminen tapahtuu automaattisesti. Usein nosturit varustetaan huolto- ja käyttöönotto- mista varten radio-ohjaimella tai riippuohjaimella. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 4)

ASRS-nosturit ovat systemaattisesti räätälöitäviä tuotteita. Systemaattisesti räätälöitäviksi tuotteiksi voidaan määritellä vakioitu, tietyn tuoterakenteen pohjalta tehty tuote, joka varioidaan asiakastilauksen pohjalta (Huhtala & Pulkkinen 2009, 51).

Nosturit sisältävät tiettyjä vakio-ominaisuuksia, kuten esimerkiksi valaistuksen sähkökaapeissa tai äänitorven, joka antaa merkin nosturin käynnistyksen yhteydessä. Asiakkaan tarpeiden mukaan nosturiin voidaan suunnitella ja asentaa lisäindikaatiolaitteita esimerkiksi vilkkuvia valoja varoituskäyttöön, jotka ovat optioita. Toisaalta nosturin vakiolaitteita voidaan vaihtaa toisenlaisiin eli varioida, kuten esimerkiksi vakioäänitorvi voidaan korvata voimakasäänisemmällä vaihtoehdolla. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 25)

3.1 Nosturin turvallisuus ja standardi SFS-EN 60204-32

Koska nosturi toimii useasti täysin automaattisesti ja nostaa erittäin suuria taakkoja, täytyy henkilö- laite ja käyttöturvallisuuteen kiinnittää erityistä huomiota. Nosturissa on turvallisuusominaisuuksina esimerkiksi:

- ylikuormasuoja
- hätäpysäytysjärjestelmä
- nostonopeuden valvonta
- varoitusindikaattoreita
- rajakytkimiä ja
- turva-PLC. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 7)

Standardin IEC 60204 osa SFS-EN 60204-32 pyrkii määrittelemään vaatimuksia ja suosituksia nostokoneiden sähkölaitteistoille, joilla taataan henkilöiden ja omaisuuden turvallisuus (SFS EN 60204-32, 22). Tässä opinnäytetyössä tehtävä pohjakuva tullaan piirtämään näiden suositusten ja vaatimusten mukaisesti. Standardi ottaa kantaa asennukseen, suunnitteluun ja todentamiseen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan suunnittelun näkökulmaan liittyviin kohtiin.

Ylikuormasuoja liittyy moottoreiden lämpenemiseen ylikuormitustilanteessa. Kaikilta yli 2 kW tehoisilta moottoreilta vaaditaan suoja yllilämpenemistä varten ja se voidaan toteuttaa ylikuormitussuojauksella ja lämpötilasuojauksella tai virtaa rajoittavalla suojauksella. Kuormaa kantavilla laitteilla, joissa toiminnan keskeyttämisestä voi aiheutua vaaratilanne, suojan on annettava varoitussignaali käyttäjälle. (SFS EN 60204-32, 90) Moottoreita suojataan tyypillisesti ylikuormittumiselta moottorinsuojakatkaisijalla, jos-

sa laukaisu tapahtuu nimellisvirtaa suuremmalla virralla tai hetkellisellä ylivirralla (Halminen 2007, 175).

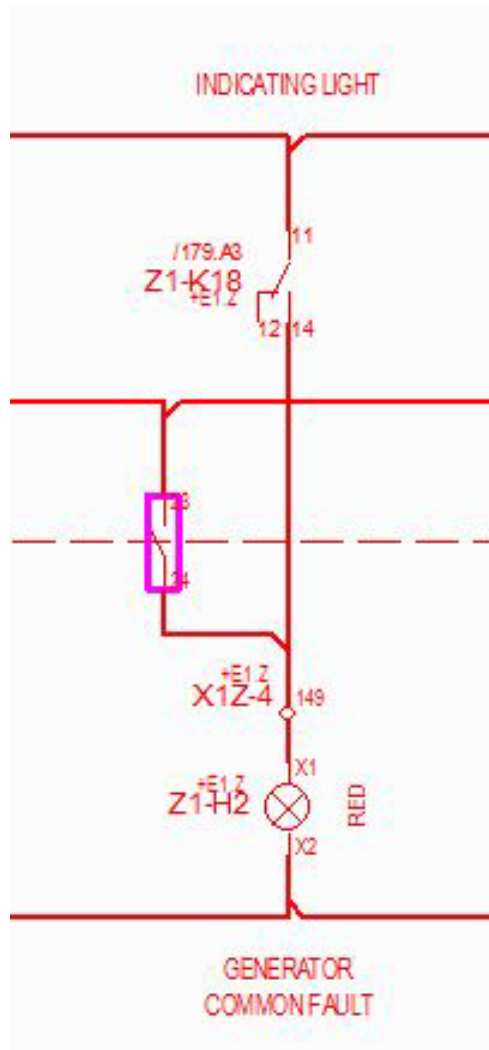
Nostokoneen ohjauspaikoilla tulee olla hätäpysäytyspainike. Lisäksi niiden pitää toimintakunnossa, vaikka ohjauspaikkaa ei käytettäisi. Siltanosturit, joita voidaan käyttää lattiatasosta, mihin sisällytetään myös ASRS-nosturit, pitää pystyä pysäyttämään myös nostokoneen ulkopuolelta. Standardissa määritellään lisäksi, että hätäpysäytyspainikkeiden tulee olla sienityyppinen tai kämmenellä käytettävä painike, vetonarulla toimiva tai jalkapoljintyyppinen kytkin. (SFS EN 60204-32, 134)

Nostokoneen liikkeitä, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen, on valvottava (SFS EN 60204-32, 110). Nostonopeutta valvotaan rajakatkaisijalla, jossa on yleensä avautuva kosketin ja jonka avautuminen tapahtuu tyypillisesti liikkeen energialla. Rajakatkaisija esitetään yleensä sähkökuivissa koskettimena. (Halminen 2007, 173)

Nostokoneen riskin arvioinnissa täytyy määritellä ohjaustoimenpiteet, jos toiminnallinen raja kuten esimerkiksi sijainti tai nopeus ylittyy ja siitä voi aiheutua vaaratilanne. Rajoitinlaitteen toimittua, nostokoneen liikkeen suorittaminen saa olla mahdollista vain vastakkaiseen suuntaan. (SFS EN 60204-32, 116) Nosturissa tämä tarkoittaa sitä, että nostoliikkeen yläpysäytysrajan toimiessa, voi nostinlaitetta ajaa vain alaspäin.

Virtapiirissä tapahtuvan vian tai toimintahäiriön todennäköisyyttä voidaan alentaa erityyppisten komponenttien käyttämisellä ja ei-sähköisten ja sähköisten piirien yhdistelmillä varmentamisessa. (SFS EN 60204-32, 120) Usein rajakytkiminä käytetään sekä mekaanisia että induktiivisia rajoja.

Standardissa SFS-EN 60204-32 määritellään merkkivalojen tietoja, jotka täytyy huomioida sähkösuunnitelmassa. Keltainen valo kertoo normaalista poikkeavan tilan tai kriittisen tilan uhan. Sinisellä valolla voidaan ilmoittaa käyttäjän toimintaa. Vihreä valo indikoi tavanmukaista toimintaa ja valkoisella valolla tyypillisesti ilmaistaan muuta tilaa, kun punainen, keltainen, vihreä tai sininen ei sovellu tilanteeseen. Lisäerottuvuuteen voidaan käyttää vilkkuvia valoja. Mikäli vilkkuvia valoja käytetään, olisi syytä käyttää myös äänihälytystä. (SFS EN 60204-32, 131–132) Generaattorivian indikaatiosta on esimerkki alla olevassa kuvassa (KUVA 4).



KUVA 4. Generaattorivikaa ilmaisevan merkkivalon kytkentä

Generaattorissa olevaa vikaa voidaan pitää vaarallisena, koska sillä varmistetaan nostolaitteen sähkönsyöttö häiriötilanteessa. Tämän takia valo on punainen. Yllä olevaan kuvaan on piirretty myös kosketin, jota ohjaamalla voidaan merkkivalon toiminta testata. Käytännössä testaaminen tapahtuu painonapilla, joka on sijoitettu esimerkiksi sähkökaapin oveen. Painonappia ei esitetä yllä olevassa kuvassa. Painonapin kosketin on kuvassa merkitty punaisella suorakulmiolla.

3.2 Paperirullavarastonosturit

Paperirullavarastonostureilla siirretään pystyssä olevia paperirullia. Paperirullat pinoetaan varastossa päällekkäin. Rullien koot voivat vaihdella varaston sisällä. Paperirullavarastonosturissa nostinlaite voi olla joko alipaineella toimiva VLU tai mekaaninen tarttuja (Mechanical Gripper).

Nostovaunu on nosturin yksi tärkeimmistä komponenteista. Kun kuormaa halutaan siirtää sivuttaissuunnassa, se voidaan tehdä joko vaunua tai siltaa siirtämällä. Konecranesilla on useita erityyppisiä vaunuja, mutta paperirullavarastoissa käytetään PRT-vaunua (Paper Roll Trolley). PRT-vaunua on saatavilla kolmea eri kokoa: PRT08, PRT11 ja PRT 15. Vaunun koko määräytyy kuorman mukaan. Keskeisimmät erot vaunujen välillä on mekaanisessa rakenteessa, mutta eroavaisuuksia löytyy myös sähkökomponenteissa esimerkiksi taajuusmuuttajissa ja moottoreissa. Nostokorkeuteen ja siirto- tai nostonopeuteen vaunun tyypillä ei ole vaikutusta.

Vaunuissa on kiinteä telakka, johon nostinlaite voi kiinnittyä nostettuaan taakan. Kun nostinlaite on kiinnittynyt telakkaan, ei taakka pääse heilumaan siirron aikana nostinlaitteessa. Tämän ansiosta taakkojen siirtäminen on nopeampaa, tarkempaa ja turvallisempaa. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 15)

3.2.1 Nostinlaitteet paperirullavarastoissa

VLU joudutaan käsittelemään omana kokonaisuutena sähkösuunnittelussa, koska se sisältää paljon sähköisiä komponentteja, kytkentöjä ja turvatoimintoja. VLU:n (KUVA 5) nostovoima perustuu alipaineella tuotettuun imuvoimaan, joka tuotetaan kahdella pumpulla. Nostinlaitteella voidaan siirtää ainoastaan yksi rulla kerrallaan, mutta ne voidaan varastoida hyvin lähelle toisiaan, koska siirrettävään rullaan tartutaan päältäpäin. Nostinlaite on saatavilla kolmessa eri koossa, jotka ovat VLU 12, VLU 15 ja VLU 19. Luku viittaa pohjalevyn halkaisijan kokoon. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 16)



KUVA 5. VLU (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 16, muokattu)

Merkittävin ero muihin nostinlaitteisiin on, että VLU vaatii varasähkönsyötön. Varasähkönsyöttö voidaan toteuttaa joko UPS:illa tai generaattorilla. VLU sisältää alipainesäiliön, jonka avulla taakka voidaan pitää ilmassa, jos sähkönsyöttö on katkennut. Alipainesäiliöissä riittää ilmaa sen aikaa, kunnes varasyöttö on saatu kytkettyä päälle. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 16)

UPS on tehoelektroniikan laite, joka takaa katkeamattoman sähkönsyötön kuormalla päävirran katketessa. Käytännössä UPS voidaan jakaa tasasuuntaukseen ja varaukseen, akustoon ja vaihtosuuntaukseen. UPS:n valvonta ja ohjaus ovat omat kokonaisuutensa. Tasasuuntaus voidaan toteuttaa diodeilla, transistoreilla tai tyristöreilla. Tasasuuntaaja sisältää yleensä lisäksi katkaisijan, LC-suodattimen ja ohjaus- ja säätöpiirin. Vaihtosuuntaussilta toteutetaan yleensä transistoreilla. Lähtöjännite tehdään PWM-tekniikalla. Lisäksi vaihtosuuntaaja sisältää DC ja LC-suotimet, muuntajan sekä ohjaus- ja säätöpiirin. Akustot voivat olla joko suljettuja tai avoimia, mutta suljettujen etuna on parempi purkausominaisuus lyhyillä purkausajoilla. Käytettäessä UPS:a tulisi seurata ainakin tulevan ja lähtevän sähköverkon tilaa, akustojännitettä, UPS:n lämpötilaa sekä suuntaajien toimintaa. (ABB:n TTT-käsikirja, 28)

VLU sisältää kunnonvalvontayksikön ja ohjelmiston, joilla voidaan jatkuvasti seurata komponenttien tilaa ja toimintoja. Lisäksi laitteessa on useita antureita, joilla valvotaan rullan asentoa ja paineen suuruutta. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 16)

Mekaaninen tarttuja (KUVA 6) puristaa rullaa sivulta ja sillä voi nostaa useita päällekkäisiä rullia samanaikaisesti. Mekaaninen tarttuja on rakennettu kuudesta kädestä, jotka puristuvat paperirullan ympärille ja tällä tavalla kannattelevat taakkaa. Nostinlaitetta on saatavilla erikokoisille paperirullille. Vaikka taakkaan tarttumisen perustuu mekaniikkaan, niin mekaanisen tarttujan ohjaaminen tapahtuu sähköisesti. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 17)



KUVA 6. Mekaaninen tarttuja (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 17)

Mekaaninen tarttuja ei tarvitse varasähkönsyöttöä, koska syötön katkettua taakka jää ilmaan roikkumaan puristusvoiman varaan. Nostolaite sisältää useita asento- ja törmäyksenestoantureita. Aina ennen nostotapahtumaa ohjelma suorittaa turvatarkastuksen, jotta nosto voidaan tehdä turvallisesti. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 17)

3.3 Metallirullavarastonosturit

Metallirullavarastoissa siirretään metallirullia. Rullia ei pinota päällekkäin toisin kuin paperirullavarastoissa. Tästä syystä myös nostinlaite ja vaunu ovat erilaiset kuin paperirullavarastonostureissa.

Tyypillisin nostinlaite metallirullavarastonosturissa (KUVA 7) on pihtinostin. Pihtinostimella nosto tapahtuu siten, että pihdit asettuvat nostettavan rullan sisälle ja lukittuvat sinne. Lukitustoiminto on mekaaninen, mutta muuten pihti toimii sähköisesti. Pihtinostin voi käsitellä vain yhden rullan kerrallaan. Toinen nostinlaite perustuu magneetin hyödyntämiseen, mutta on huomattavasti vähemmän käytetty ja tarkoitettu levyjen siirtämiseen.



KUVA 7. Metallirullavarastonosturi, jossa nostinlaitteena pihtinostin (Coil Storage, 25)

Metallirullavarastonostureissa käytetään LV-vaunua. Vaunu poikkeaa mekaanisesti vastaavasta paperirullavarastonosturin vaunusta. Vaunun päädyt, vaihteet ja moottorit voidaan suunnitella tapauskohtaisesti asiakkaan toiveiden mukaan. Tyypillisesti vaunun nostokyky on suuri ja sen päällä on kaksi nostokoneistoa. (Halminen 2007, 138)

3.4 Tehdasosuus

ASRS-nosturit käsittävät nosturin ja nostinlaitteen lisäksi tehtaan osuuden. Tehtaalla tarkoitetaan aluetta, jossa nosturi suorittaa taakkojen siirtämistä ja lisäksi kenttälaitteet, joilla nosturia voidaan ohjata. (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 26) Varastoalue, jossa nosturi liikkuu, on hyvin usein suljettu aidalla.

Kenttälaitteiden keskuksena toimii sähkökaappi (Field device interface cubicle), jonne muut kenttälaitteet kytketään. Keskuskaapista on myös yhteys WMS-järjestelmään. Nosturihallintayksiköllä (Crane Control Box) voidaan käynnistää ja sammuttaa automaattiajo. Se sisältää näytön, johon voidaan tuoda viestejä nosturilta. Myös nosturin parametreja voidaan muuttaa rajoitetusti näyttöpäätteen kautta. Varastoalueelle on rakennettu yleensä muutamia kulkuovia. Mikäli näiden ovien kautta halutaan varastoalueelle kulkea, täytyy lähettää pysäytyspyyntö nosturille ovenhallintalaitteen kautta (Storage Door Entry Control Box), joka on sijoitettu oven välittömään läheisyyteen. Pyynnön jälkeen nosturi ajaa sen hetkisen syklin loppuun, sammuttaa itsensä ja antaa luvan kulkea ovesta varastoalueelle. Varastossa on myös indikaatiolaatikoita (Crane Alarm Box), jotka ovat varustettu valoilla ja torvella. Näiden tarkoitus on indikoida nosturin tilatietoja tehtaassa oleville henkilöille. (System Design, 7–9)

Mitä enemmän varastossa on nostureita ja kenttälaitteita sitä monimutkaisemmaksi menee tehtaan verkkotopologia. Koska nostureita ohjaavilla kenttälaitteilla saattaa olla vaikutusta useaan nosturiin, niin niiden kytkennät ovat hankala esittää yksiselitteisesti yhdessä tehdassuunnitelmassa, jossa kuitenkin jokaisella nosturilla on oma keskuskaappi. Tässä opinnäytetyössä tehtaan osuus on rajattu pois, mutta nosturin kehityksen kannalta tehdasosuus kuuluu olennaisesti ASRS-nostureihin.

4 VALMIIN TUOTTEEN KEHITTÄMINEN

Tuotteen kehittämistä voidaan tehdä joko olemassa olevalle tuotteelle tai täysin uudelle tuotteelle. On tärkeää, että tuotteita tarkastellaan eri näkökulmista, kuten suunnittelun ja myynnin perspektiiveistä. Useat tuoteyksilöt muodostavat tuoteperheen, jossa yksilöiden välillä on tuoterakenteellisia eroja, mutta myös rakenteellisia samankaltaisuuksia. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 138–139) Tällöin voidaan puhua tuotevarianteista, joita paperi- ja metallirullavarastonosturitkin ovat.

Tässä työssä kehitetään valmista tuotetta suunnittelun sähkösuunnittelun näkökulmasta. Automaattinostureiden sähkökuvat käsittävät nosturin, nostinlaitteen ja tehtaan sähkökuvat. Tällä hetkellä automaattinosturin sähkösuunnitelmat muodostavat yhden kokonaisuuden. Tämän työn tarkoituksena on luoda jokaisesta osasta oma piirikaaviopohja ja tällä tavoin kehittää jo olemassa olevaa tuotetta. Sähkökuvissa on tarkoituksena käyttää E³-ohjelman variantti- ja optio-ominaisuuksia.

4.1 Suunnittelun kehittäminen

Koska automaattinosturituote on ollut markkinoilla jo jonkin aikaa, sille on muodostunut jo perusrakenne. Tämä antaa suunnittelun kehittämislle hyvän lähtökohdan. Lähtökohdana suunnittelun kehittämislle tässä työssä on se, että halutaan vähentää suunnitteluun käytettyä aikaa. Toinen merkittävä seikka on se, että halutaan valmistaa laadukkaampia tuotteita asiakkaille.

4.1.1 Suunnittelun automatisointi ja tuotevariantit

Paras tapa kehittää suunnittelua on, se että jätetään tekemättä sellainen, joka on tehty jo aikaisemmin ja hyödynnetään vain olemassa olevia suunnitelmia (Huhtala & Pulkkinen 2009, 138). Tässä työssä se tarkoittaa sitä, että aikaisemmin tehtyjä projekteja voidaan hyödyntää komponenttien määrittämisessä ja sähköisten piirien piirtämisessä. Käytännössä suunnittelun automatisointi tarkoittaa sitä, että luodaan nosturin piirikaaviosta vakiosuunnitelma, jossa on vakioitu nosturin perusrakenne. Lisäksi pohjakuvaan luodaan mahdolliset lisäominaisuudet ja vaihtoehtoiset ratkaisut sekä komponentit, jotka ovat ASRS-aplikaatioon määritelty.

Vakiosuunnitelma sisältää toiminnallisteknisen vakioinnin, layoutin vakioinnin ja osavarianttien vakioinnin. Toiminnallistekninen vakiointi tarkoittaa, että tuoteperheen tietyt toiminnot ovat määriteltä. Layoutin vakioiminen tarkoittaa komponenttien sijoitteluolosuhteiden vakioimista ja osavarianttien vakioimisella käsitetään komponenttivarianttien määrittely. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 150) Kaikkia edellä mainittuja termejä tullaan hyödyntämään tämän työn sähkösuunnittelun kehittämisessä.

Kun pyritään rakentamaan tuotealustaa, on järkevää tehdä samankaltaisia ratkaisuja ja samalla hyödyntää ratkaisujen siirrettävyyttä tuotteesta toiseen. Systemaattisella uudelleenkäyttämällä voidaan saavuttaa merkittäviä vaikutuksia esimerkiksi laadun parantumisessa ja toiminnan tehostumisessa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 162) Kun on kehitetty hyväksi todettu ratkaisu tai ominaisuus, niin pyritään hyödyntämään se mahdollisimman monessa tuotteessa.

Käytännössä tuotevarianteilla yritys pyrkii vastaamaan mahdollisimman hyvin asiakkaan tarpeisiin kustannusten pysyessä mahdollisimman alhaisena. Jotta kilpailukyky säilyy, täytyy tuotetta pystyä muuttamaan mahdollisimman nopeasti. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 165) Tuotevariointi täytyy vain tehdä yhteistyössä kaikkien osapuolten kanssa, jotka liittyvät tuotteen valmistamaan, myyntiin ja kehittämiseen. Myynti ei voi varioida tuotetta pelkästään asiakkaan toiveiden mukaisesti, jos sitä ei voi myös järkevällä kustannuksella toteuttaa suunnittelussa ja tuotannossa.

Erilaisilla moduuleilla ja konfiguroimalla tuotetta on mahdollista saada erittäin laaja tuotekirjo (Huhtala & Pulkkinen 2009, 170). Tällöin myös tavoitetaan mahdollisimman laaja asiakaskunta. Tosin on tärkeää asettaa ehtoja ja rajoitteita asiakkaalle, sillä esimerkiksi nosturissa ei voi saada sekä vastuksiin jarruttavaa että verkkoon jarruttavaa vaihtoehtoa samanaikaisesti.

Tuoteperheelle on tyypillistä, että tuotteilla on yhteisiä komponentteja. Tuoteperheellä pyritään täyttämään tietty markkinasegmentti mahdollisimman pienellä sisäisellä tuotevariaatiolla. Tuottavuus paranee, kun nimikkeiden määrä vähenee. Keskeistä on tunnistaa tuoteperheen yhteiset osat. Ulkoisella variaatiolla tarkoitetaan tuotevalikoimaa, jonka asiakas näkee. Sisäinen variaatio tarkoittaa sitä komponentti- ja ratkaisuvaihtoehtoja, joilla tuotteet voidaan valmistaa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 396–397)

Tarvittavan tuotevalikoiman määrittämisessä pyritään käyttämään mahdollisimman paljon yhteisiä komponentteja ja ratkaisuja. Ulkoinen variaatio voi jopa kasvaa, vaikka sisäinen variaatio pienenee. Tuotteiden komponentit voidaan jakaa identtisiin, varioituviin ja uniikkeihin komponentteihin. Identtiset komponentit ovat kaikilla tuotteilla täysin samanlaiset. Varioituvat komponentit ovat samanlaiset, mutta esimerkiksi niiden asetteluarvot voivat olla erilaiset. Uniikit komponentit ovat käytössä vain yhdessä tuotteessa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 399–400)

4.1.2 Tuotteen vakioiminen sähkösuunnittelussa

Tuotteen vakioimista voidaan tehdä sähkösuunnittelussa monella tavalla, kun perusrakenne on määritelty. Sähkösuunnittelussa voidaan vakioida tietyt ratkaisut ja valinnat. Tämä tarkoittaa sitä, että piirretään kytkennät aina samalla tavalla ja valitaan aina samat komponentit tiettyihin tarkoituksiin. Suunnittelijan ei tarvitse tehdä komponenttivalintoja eikä piirtää samoja kytkentöjä uudestaan ja uudestaan. Komponenttien sijoittaminen sähkökaappeihin eli sähkökaappien layout-kuva voidaan määrittellä aina samanlaiseksi. Vaikka sähkökaappien tyyppi muuttuisi, niin komponenttien sijoittamiseen sillä ei ole vaikutusta.

Pohjakuvaan voidaan luoda vakiosivunumerot. Vakiosivunumeroinnilla tarkoitetaan sitä, että jokaiselle sähkösuunnittelun osa-alueelle varataan omat sivut esimerkiksi sähkönsyötölle 1–20 sivut, joista osa on vain käytössä pohjakuvassa. Kun suunnittelija haluaa lisätä jostain syystä sivuja projektiin, sivujen lisääminen onnistuu sivunumerointia sekoittamatta. Vakiosivunumeroinnin etuna on se, että viittausten tekeminen on helppoa, kun komponenttien ja kytkentöjen paikat kuvissa ei vaihtelee projektien välillä. Usein automaatisuunnittelijat tekevät viittauksia sähkökuviin esimerkiksi ohjelmoitavan logiikan sisään- ja ulostuloista. Lisäksi suunnitteluohjeiden ja loppukäyttäjille tarkoitettujen huolto- ja käyttöohjeiden laatiminen helpottuu, kun viittaukset kuviin ovat vakioitu.

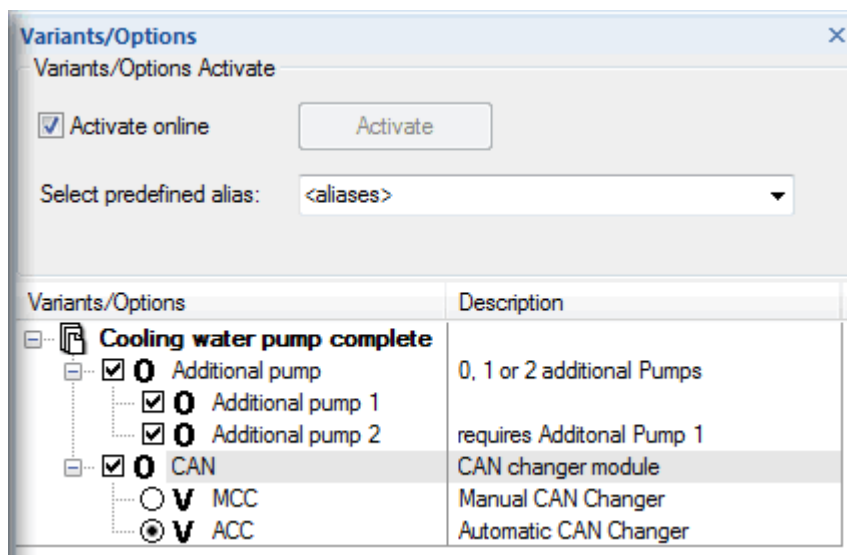
Kuitenkaan ei riitä, että tuote on vakioitu ja suunniteltu hyvin, sen tueksi täytyy suunnitelma dokumentoida ja ohjeistaa täsmällisesti. Tämä korostuu erityisesti silloin kuin suunnittelu ja valmistus tehdään eri maissa. Hyvin laaditulla ohjeilla saavutetaan etuja laatupuutteiden vähentyessä. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 228–229) Usein suunnittelija tarvitsee ohjeita ja tästä syystä niiden tulee olla helposti saatavilla.

4.2 E³-sähkösuunnitteluohjelma

Konecranes Oy käyttää ohjelmistotalo Zukenin E³-sähkösuunnitteluohjelmaa automaattinostureiden sähkösuunnittelussa. E³-suunnitteluohjelma soveltuu erityisesti teollisuuden laitteiden ja koneiden sähkösuunnitteluun (Zuken 2013). Ohjelma tarjoaa työkalut piirikaavioiden ja layout-kuvien suunnitteluun sekä suunnittelussa ja valmistuksessa vaadittujen listojen luomiseen. Tästä syystä sähkösuunnittelua pyritään automatisoimaan tämän ohjelma ominaisuuksia hyödyntäen. Ohjelmassa on erilaisia työkaluja, joilla voidaan tehostaa suunnittelua, joista tämän työn kannalta merkittävien on optiot ja variantit -ominaisuus.

4.2.1 Variantit ja optiot E³-suunnitteluohjelmassa

Optioilla ja varianteilla voidaan tuoda esiin tuotteen lisäominaisuuksia ja niiden vaihtoehtoja automaattisesti sähkösuunnitelmissa. Nosturin moottorin lämmitin voi olla lisäominaisuus eli optio. Työn alussa mainittu nosturin äänitorvi on vakio-ominaisuus, mutta voimakasäänisempi kompressoritorvi on vaihtoehtoinen ominaisuus eli variantti. Keskeinen ero näiden välillä on, että optioita tuotteessa voi olla niin paljon kuin niitä on saatavilla, mutta variantti on option yksi vaihtoehto. Alapuolella olevassa kuvassa (KUVA 8) on esitetty tehtyjä optioita ja variantteja. Kuvasta nähdään, että lisäpumppuja voidaan valita nolla, yksi tai kaksi. Huomautuksena on lisätty, että toinen lisäpumppu voidaan valita vain, jos ensimmäinen pumppu on valittu, vaikka ohjelma antaisikin lisätä toisen pumpun. CAN-moduuli on myös optio, mutta se voi olla joko manuaalinen tai automaattinen eli vaihtoehtoista on tehty variantti.

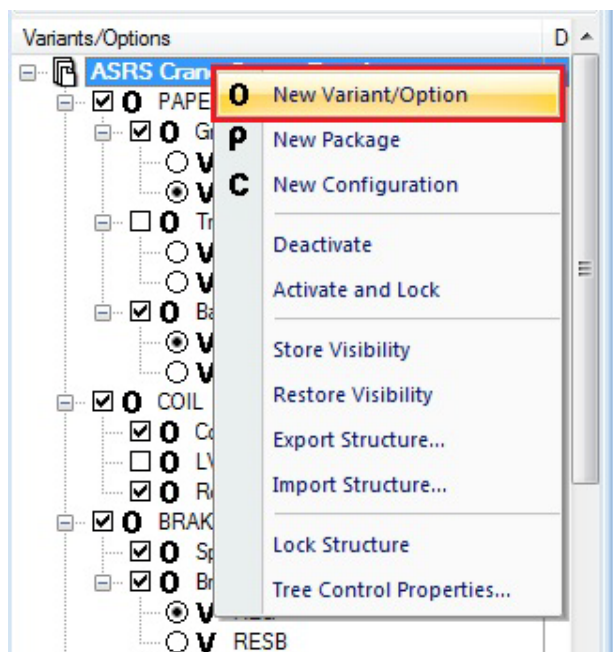


KUVA 8. Optioita ja variantteja projektissa (Zuken 2013)

Käytännössä optioiden ja varianttien käyttäminen piilottaa sähköisiä piirejä ja tuo niitä tarvittaessa esiin. Kun lisäominaisuutta ei haluta tuotteeseen eli optiota ei ole valittu aktiiviseksi, niin sähköinen kytkentä ei näy piirikaaviossa. Tällöin myös kytkentään kuuluvat komponentit poistuvat kytkentä- ja osalistaista. Suunnittelijalla on mahdollisuus nähdä myös piilotetut optiot, jos on tarvetta. Optioita ja variantteja voidaan luoda ohjelman komponenteille, komponenttien symboleille, teksteille, projektin sivulehdille ja kytkennöille.

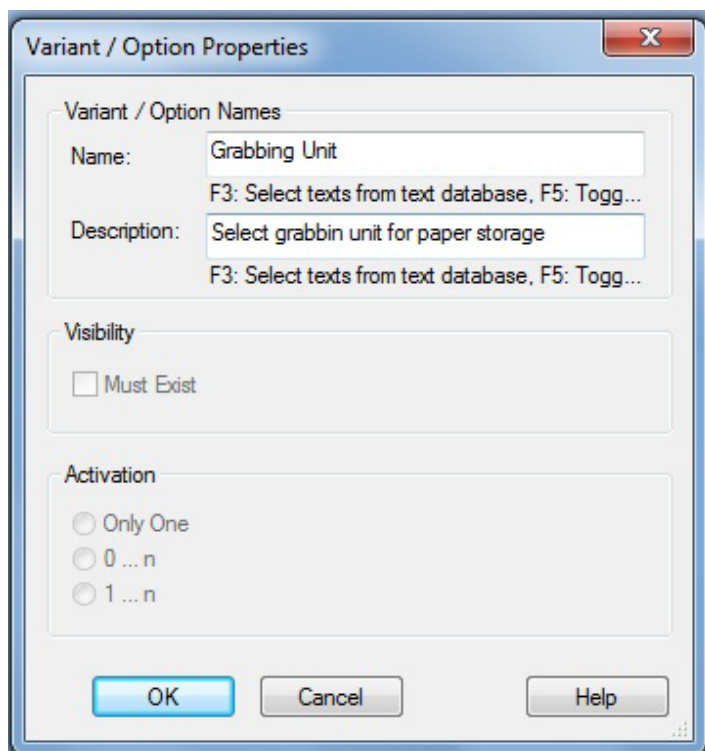
4.2.2 Variantin ja option luominen

Luotaessa uutta varianttia tai optiota valitaan New Variant/Option -komento, joka saadaan esiin, kun hiiren oikealla napilla painetaan projektin nimeä (KUVA 9). Alapuolella olevassa kuvassa valittava toiminto on merkattu punaisella suorakulmiolla. Avautuva valikko sisältää muitakin toimintoja, kuten esimerkiksi optiopaketien ja niiden konfiguraatioiden luomisen, mutta tässä opinnäytetyössä käsitellään vain optiot ja variantit. Lisäksi avautuvassa valikossa on mahdollisuus tehdä muutoksia optiopuun rakenteeseen.



KUVA 9. Ikkuna option/variantin luomiseen

Seuraavaksi avautuu ikkuna (KUVA 10), jossa voidaan määrittellä option nimi ja kirjoittaa lyhyt kuvaus optiosta. Tämä optio tulee sisältämään alaoptiot, jotka täytyy luoda erikseen. Ylätason optiota nimitetään tästä eteenpäin isäntä -optioksi. Kuvassa 10 optiolla on annettu nimeksi Grabbing Unit ja kuvaukseen on kirjoitettu ”Select grabbing unit for paper storage”, jonka on tarkoitus antaa informaatiota suunnittelijalle option käyttämisestä. Luotaessa optioita kannattaa kiinnittää huomiota lyhyisiin optioiden nimiin, jotta niiden käyttäminen sähkökuvissa olisi mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Toisaalta optioiden kuvauksiin kannattaa kirjoittaa yksiselitteisesti, mihin optio liittyy ja missä se esiintyy, jotta sen käyttäminen suunnittelijalle olisi helppoa.

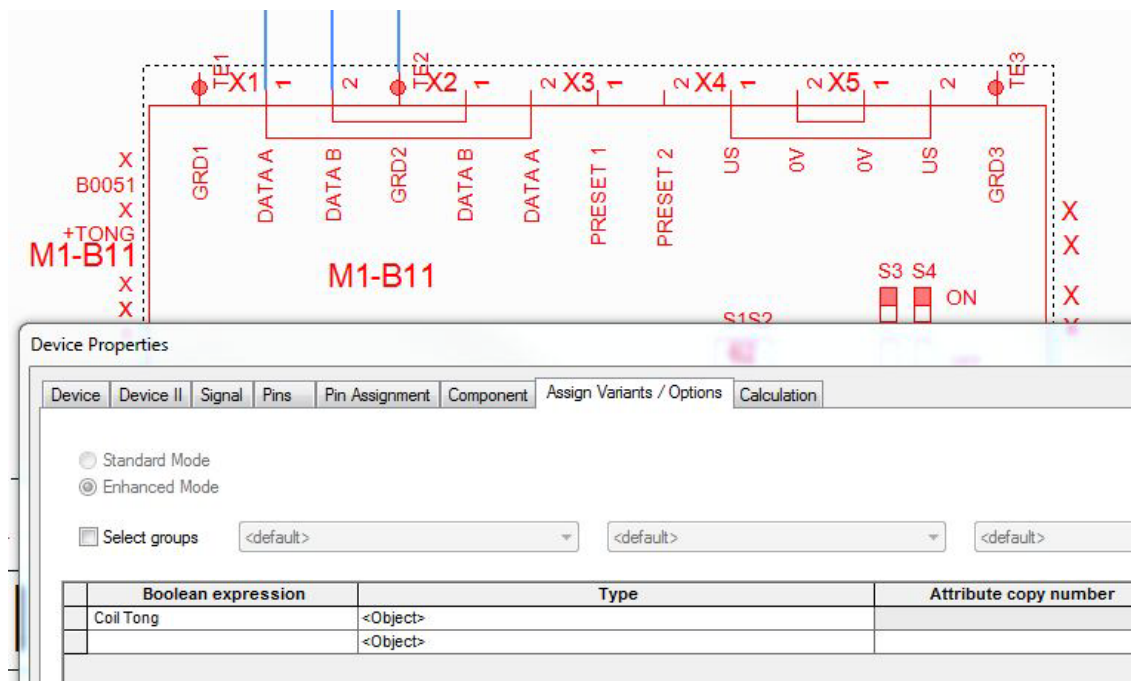


KUVA 10. Option ominaisuudet -ikkuna

Tämän jälkeen täytyy määrittellä isäntä -option alaoptiot samalla tavalla. Alaoptioiden määrässä ei ole ylärajaa. Kun alaoptiot ovat määritelty, voidaan isäntä -optiolle tehdä muutoksia asetuksiin. Isäntä -optiolle voidaan rastittaa ”Must Exist”, jolla optio saadaan pysyväksi eikä suunnittelija saa valittua optiota pois päältä. Isäntä -optiolle voidaan määrittää lisäksi toimintoja Activation -valikossa, jotka koskevat alaoptioita. ”Only one” -valinta tarkoittaa, että ainoastaan yksi alaoptio voidaan valita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että optiosta tulee variantti. 0...n -valinnalla voidaan määrittää, että suunnittelija voi valita niin monta alaoptiota päälle kuin haluaa ja 1...n -valinnalla pakotetaan suunnittelija valitsemaan vähintään yksi optio aktiiviseksi.

4.2.3 Varianttien ja optioiden käyttäminen projektissa

Variantteja ja optioita voidaan määrittellä E³-ohjelmassa symboleille, komponenteille, kytkennöille ja suunnittelusivuille. Optio määritetään symbolin, komponentin, kytkennän tai suunnittelusivun asetuksissa. Yksinkertaisessa tapauksessa option nimi kirjoitetaan vain Boolean expression -kenttään ja hyväksytään. Optioille voidaan myös kirjoittaa lauseita Boolean algebran avulla käyttäen JA-, TAI- ja EI-funktioita.



KUVA 11. Option määrittäminen komponentille

Komponentille M1-B11 on määritelty Coil Tong-optio (KUVA 11). Komponentti on näkyvässä kuvassa aina, kun määritelty optio on aktiivinen projektissa. Kaikki projektin osat, joissa on Coil Tong-optio poistuvat, kun optio valitaan pois päältä.

Varianttien käyttäminen on monimutkaisempaa kuin optioiden. Kun variantti valitaan pois päältä, niin kytkentä, symbolit ja tekstit poistuvat projektista, mutta komponentit palaavat projektin laitealtaaseen, josta ne voidaan valita uudelleen käyttöön. Tämä mahdollistaa uuden kytkennän piirtämisen poistuneen kytkennän komponenteilla ja edellisen kytkennän päälle. Uudessa kytkennässä voidaan käyttää varioituvan kytkennän komponentteja, mutta niiden tyyppi voidaan vaihtaa uutta kytkentää vastaavaksi. Tämä on erittäin hyvä ominaisuus esimerkiksi kytkennöissä, joissa muuttuu kytkennän komponenttien tyypit ja asetteluarvot. Tämä mahdollistaa kytkennän varioimisen, jos komponentit ja asetteluarvot ovat tiedossa tuotteessa.

5 VLU SÄHKÖKUVAT JA KEHITYSTYÖ

5.1 VLU:n sähkökuvien lähtötilanne

Tämän opinnäytetyön sähkökuvien kehittäminen aloitettiin pienimmästä ja yksinkertaisimmasta osasta eli VLU:n sähkökuvista. VLU:n sähkökuvien kehittämisen tavoitteena on saada suunnittelijoiden käyttöön pohjakuva, jonka päälle uusi projekti voidaan piirtää.

Pohjakuvan kehittäminen aloitettiin tutkimalla viimeisimpien projektin valmiit sähkökuvat. Sähkökuvat koostuvat noin 30 piirikaavion sivusta ja sähkökaappien sekä nostinlaitteen layout-kuvista. Layout-kuvissa esitetään yksityiskohtaisesti komponenttien sijainti sähkökaapeissa ja nostinlaitteessa.

Tuotteen suunnittelu aloitetaan yksitiekavioiden (Single line diagram) piirtämisellä. Yksitiekavioilla pyritään havainnollistamaan koneistot ja niiden päävirtapiirit. Yksitiekavioiden perusteella asiakas saa muodostettua kokonaiskuvan tuotteesta. Lisäksi yksitiekaviossa voidaan esittää muitakin osakokonaisuuksia esimerkiksi väylärakenne tai komponenttien tyypit, jos ne ovat tiedossa. Asiakas hyväksyy yksitiekaviot, jonka jälkeen voidaan piirtää kytkentäkuvat (Wiring diagram). Kyt kentäkuvissa esitetään kytkennät yksityiskohtaisesti ja yksiselitteisesti tuotteen rakentamista varten. Kyt kentäkuviin määritellään tarkasti käytetyt komponentit, jolloin ostaja pystyy hankkimaan komponentit materiaalilistan perusteella. Materiaalilista voidaan tulostaa automaattisesti ohjelman avulla. Lisäksi ohjelmalla saadaan tulostettua muitakin hyödyllisiä listoja automaattisesti esimerkiksi kaapeli-, riviliitin-, kilpi-, ja moottorilistat. Kyt kentäkuvien jälkeen piirretään layout -kuvat, joiden mukaan asentajat voivat sijoittaa komponentit oikeille paikoille nostinlaitteessa. Kun tuote on rakennettu, tehdas palauttaa suunnittelijalle kytkentäkuvat, johon on tehty mahdolliset valmistuksessa tehdyt muutokset. Kuvat korjataan vastaamaan asennuksia ja luovutetaan asiakkaalle huoltoa varten.

Uusien projektien suunnittelu on aloitettu tähän asti lähes aina viimeisimmän projektin kuvista, koska pohjakuvaa ei ole ollut saatavilla. Tämä on ollut järkevää siksi, että kuvat ovat sisältäneet viimeisimmät muutokset tuotteeseen sekä uusimmat sähkökomponentit, joita tuotannossa käytetään.

Siinä on havaittu useita ongelmia, että suunnittelijat käyttävät viimeisimmän projektin kuvaa pohjana uudelle projektille. Viimeisin projekti saattaa olla hyvin erilainen kuin tuleva projekti, jolloin suunnittelijan täytyy tehdä merkittäviä muutoksia kytkentöihin. Tämä korostuu erityisesti tehtaan sähköissä ja jonkin verran nosturin sähköissä. Sähkökuvissa saattaa olla usein ominaisuuksia, jotka tulevat satunnaisesti ja vain erityisestä syystä. Suunnittelijan on täytynyt tuntea tuote niin hyvin, että on kyennyt hahmottaa tuotteen optiot vakio-ominaisuuksien joukosta. Lisäksi suunnittelijoilla on oma tapansa esittää sähköiset kytkennät teknisesti. Koska lähtötilanne on jokaiseen projektiin jo erilainen, niin tuotteen sähkökuvat ovat harvoin täysin samanlaiset, vaikka ominaisuuksiltaan tuotteet vastaisivat toisiansa.

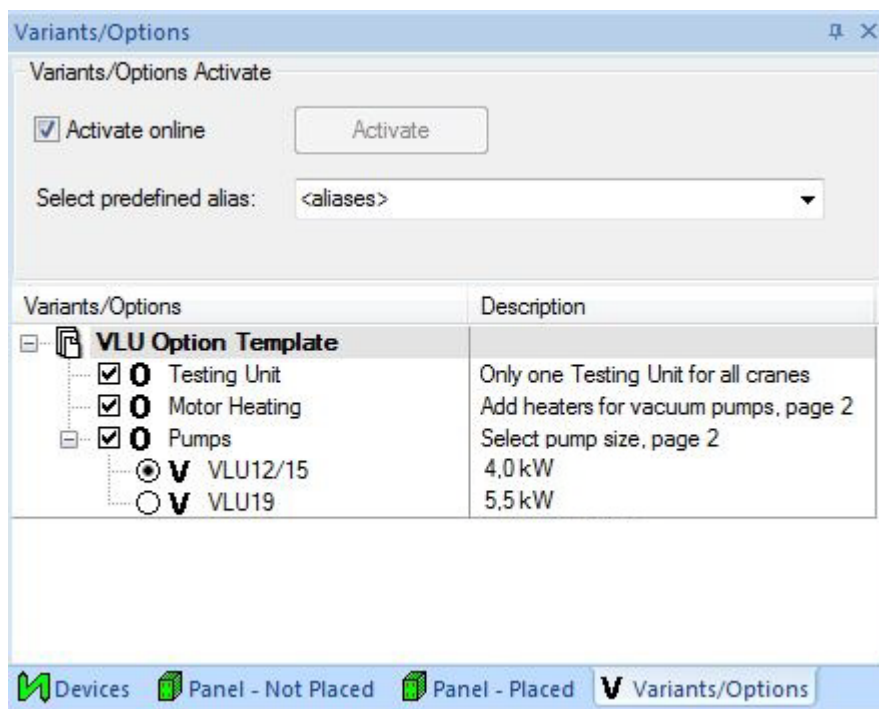
VLU:n pohjakuvan tarkoitus on tehostaa suunnittelua, vähentää suunnitteluun käytettyä aikaa ja parantaa suunnitelmien laatua. Pohjakuvan avulla pyritään yhtenäistämään tekniset ratkaisut kytkennöissä ja määrittämään vakio-komponentit, joita tuotteessa käytetään. Seuraavassa luvussa tarkastellaan, mille ominaisuuksille voidaan VLU:ssa luoda optioita ja millä perusteilla, lisäksi käsitellään yhden kytkennän tekeminen yksityiskohdaisemmin.

5.2 VLU:n kuvien kehitystyö

Varsinainen kuvien muokkaaminen aloitettiin yhtenäistämällä piirikaavion sivut toisen Konecranesin nosturi-aplikaation sähkökuvien kanssa. Tämän tarkoituksena on hyödyntää hyviä ja selkeitä esitystapoja, jotka ovat tuttuja jo suunnittelijoille. Kun suunnittelija avaa ensimmäistä kertaa pohjakuvan, hän huomaa vastaavuuksia ja yhtäläisyyksiä pohjakuvassa, joten kuvien lukeminen ja ymmärtäminen helpottuu. Tämä korostuu erityisesti uusilla suunnittelijoilla. Lisäksi sähkökuvissa käytettyjen komponenttien tunnuksiin on kiinnitetty huomiota, että ne vastaisivat mahdollisimman hyvin useimmiten suunnitelmissa esiintyneitä komponenttitunnuksia.

Pohjakuvassa haluttiin käyttää E³-suunnitteluohjelman optio- ja varianttiominaisuuksia, joilla voidaan helposti esittää tuotteessa lisäominaisuuksia ja varioituvia komponentteja. Näiden ohjelman tuomien ominaisuuksien avulla suunnittelua voidaan nopeuttaa huomattavasti, kun lisäominaisuudet voidaan aktivoida päälle tarvittaessa yhdellä hiiren painalluksella. Aluksi oli järkevää miettiä sopivat optiot ja variantit, joita VLU:n sähkö-

kuvissa on saatavilla. Ensimmäisenä tein optiolistan pohjakuvaan, jossa on esitetty kaikki mahdolliset optiot ja variantit. Alapuolella olevassa kuvassa (KUVA 12) on esitetty VLU:n kuviin suunnitellut optiot ja variantit.



KUVA 12. VLU:n optiot ja variantit

Mikäli automaattinosturi sisältää VLU nostinlaitteen, niin sen mukana toimitetaan testausyksikkö. Testausyksiköllä voidaan todeta tietyt nostinlaitteen toiminnot ilman, että se on täysin asennettuna nosturiin. Mikäli tehtaaseen toimitetaan useita nostureita, niin testausyksikkö toimitetaan vain yhden nosturin mukana. Tästä syystä testausyksikkö esitetään vain sen nostinlaitteen kuvissa, jonka mukana se toimitetaan ja tämän takia testausyksikölle on järkevää tehdä optio-ominaisuus. Optio jätetään aktiiviseksi sille nostinlaitteelle, jonka mukana yksikkö toimitetaan ja muiden nostinlaitteiden kuvista optiota ei valita, jolloin se poistuu myös sähkökuvista.

Pohjakuvaan on tehty optio myös pumppumoottoreille, joka sisältää kaksi vaihtoehtoa. Lisäksi näiden moottoreiden lämmittimille on tehty erilliset optiot. Seuraavassa luvussa tarkastellaan tarkemmin pumppumoottoreiden kytkentä VLU:n kuvissa ja miten siinä on hyödynnettyä optio- ja varianttiominaisuutta.

5.2.1 Pumppumoottorikytkentä

Siirrettävien rullien mitat määrittelevät nostinlaitteen koon ja pumppujen tehon, jotka tuottavat imuilman. Pumppujen sähkömoottoreille on järkevää käyttää varianttiominaisuutta, koska moottorit tulevat aina, mutta teho vaihtelee siirrettävien rullien mukaan. Tuotteeseen on määritelty vakiopumput, joita suunnittelijat voivat käyttää. Pienimmän nostimen kanssa käytetään pienintä mahdollista pumppua ja suurimman nostimen kanssa käytetään suurinta pumppua.

Moottorikytkentä (KUVA 13) koostuu moottorista M-M1, moottorikaapeleista 810 ja 811, moottoria ohjaavasta kontaktorista M-K1 ja suojalaitteesta M-F11. Komponenttien tunnuksissa ensimmäinen kirjain viittaa koneistotunnukseen ja jälkimmäinen kirjain määrittelee käytetyn komponentin tarkemmin (Instruction for Electrical documentation, 9–10).

Tavallisesti moottoripiirien suojaamisessa käytetään moottorinsuojakatkaisijoita. Moottorin ylikuormitusta valvotaan bi-metallielementillä ja oikosulkuilanteissa toimii sähkömagneettinen pikalaukaisu. Moottorinsuojalle ei vaadita etusulakkeita, jos katkaisijan katkaisukyky on riittävän suuri. Moottorinsuojakatkaisijat voidaan varustaa lisäksi apukoskettimilla ja alijännitelaukaisimilla. (Mäkinen 2004, 116)

Teollisuudessa käytetään pääjännitteiden, suurien virtojen sekä tehojen ohjauksessa kontaktoreita. Toiminnaltaan ne ovat lähes samanlaisia kuin releet, mutta avausvälejä on kaksi. Kontaktoreissa on yleensä kosketinsarja päävirtapiirin ohjaukseen sekä avautuvia ja sulkeutuvia apukoskettimia. Kontaktoreita on saatavilla eri käyttötarkoituksiin, jonka mukaan ne jaetaan neljään eri käyttöluokkaan AC 1, AC2, AC 3 ja AC 4. AC 1 on tarkoitettu resistiivisten kuormien kytkemiseen, AC 2 normaaleihin olosuhteisiin, AC 3 vaikeisiin kytkentäolosuhteisiin esimerkiksi oikosulkumoottorin käynnistimenä, kun kiinnikytkentävirta on sama kuin käynnistysvirta. AC 4 on tarkoitettu erityisen hankaliin kytkentäolosuhteisiin esimerkiksi suunnanvaihtokytkentöihin. (Mäkinen 2004, 122–123) Kontaktorit valitaan käytännössä laitevalmistajien antamien suositustaulukoiden mukaan, jossa valinta perustuu moottoritehoon tietyllä jännitteellä (Hietalahti 2013, 174).

Koska siirrettävien rullien koko on vakio, on myös pumpuilta vaadittu teho määritelty vakioksi. Tästä syystä kuvapohjassa haluttiin käyttää vakiopumppuja. Kahdelle pienimmälle nostinlaitteelle käytetään normaalissa ympäristön lämpötilassa 4,0 kW tehoista pumppua. Isoimmalle nostinlaitteelle käytetään 5,5 kW pumppua. Suunnittelija voi valita oikean kokoisen pumpun variantin avulla, kun nostinlaitteen koko ja siirrettävien rullien mitat ovat tiedossa. Nämä tiedot suunnittelija saa tilauslomakkeesta, joka tehdään projektin alussa asiakkaan kanssa. Ohjelma laittaa piirikaavioon oikean kokoisen moottorin valinnan jälkeen. Pumppujen kokoon vaikuttaa myös ympäristön lämpötila. Normaali ympäristön lämpötila on +5 °C - +40 °C ja korkeammilla lämpötiloilla joudutaan käyttämään tehokkaampaa moottoria lämpenemisen takia (Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane, 26).

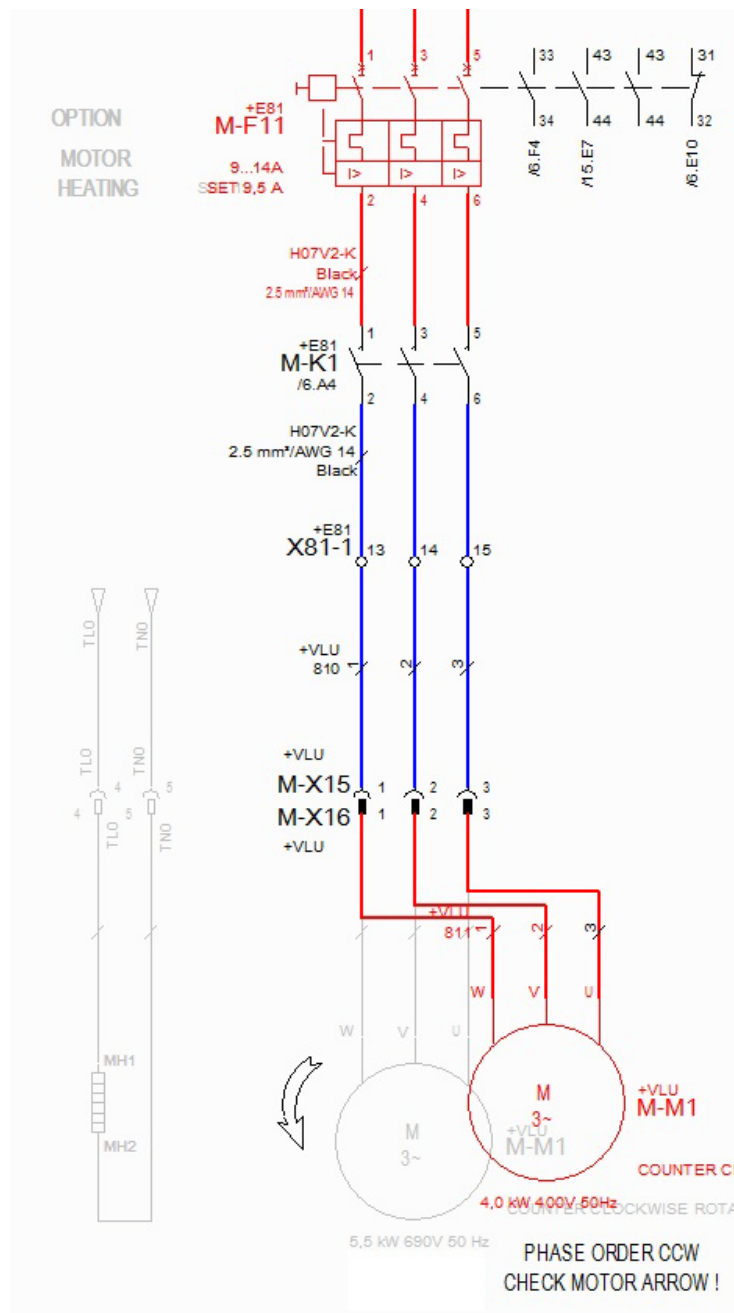
Mikäli ympäristön lämpötila poikkeaa normaalista, joutuu suunnittelija itse valitsemaan oikean kokoisen pumpun nostinlaitteelle. Valintaa on helpotettu lisäämällä aputekstit moottorikytkennän viereen koskien korkeampia ympäristön lämpötiloja. Aputeksteissä kerrotaan pumppujen tehot, nimellisjännitteet ja tuotenumerot poikkeavilla lämpötiloilla. Tässä variantin käyttäminen olisi ollut mahdollista, mutta ei kannattavaa ottaen huomioon sen, että poikkeavia tapauksia on harvoin. Variantin tekemiseen olisi kulunut huomattavasti enemmän aikaa, koska varioituvia vaihtoehtoja olisi ollut enemmän. Lisäksi optiopuusta olisi tullut sekavampi ja vaikeampi käyttää.

Pumppumoottorikytkennän option tekninen piirtäminen kesti noin 8 tuntia sisältäen option luomisen ja testaamisen. Optio mahdollistaa moottorin, siihen liittyvien kaapeleiden ja suojalaitteen vaihtamisen sekä asetteluarvon määrittämisen alle minuutissa. Tätä aikaa voidaan verrata siihen, että suunnittelija itse selvittäisi nostinlaitteeseen saatavilla olevat pumput, laskisi pumppumoottorin virran sekä määrittäisi suojakomponentin ja kaapelin moottorille. Jos kytkennän tekemiseen oletettaisiin kuluvan aikaa noin tunnin kokoneelta suunnittelijalta, niin optio maksaa itsensä takaisin jo kahdeksassa projektissa. Mikäli kyseessä olisi aloitteleva suunnittelija, voidaan moottorikytkennän tekemiseen olettaa menevän jopa tuplasti aikaa verrattuna kokeneeseen suunnittelijaan, jolloin optio olisi maksanut itsensä takaisin jo neljässä projektissa.

Lisäksi kuvapohjassa piirrettiin pumppujen lämmittimet. Mikäli lämmittimiä ei tule, niin suunnittelija jättää option passiiviseksi ohjelmassa, jolloin lämmittimiä ei asenneta eikä kuvissa esitetä pumppujen kytkentää. Ohjelmoitavan logiikan sisääntuloissa on

kuitenkin aina varaus lämmittimille, jolloin ohjelmoitavan logiikan ohjelma voi olla myös vakioitu.

Alla olevassa kuvassa (KUVA 13) esitetään vasemmalla moottorin lämmitin -optio, jota ei ole aktivoitu ja tästä syystä se esitetään kuvassa harmaalla. Pumppummoottoreiden vaihtoehtoista 4,0 kW pumppummoottori on kuvankaappaushetkellä aktivoituna ja taustalla näkyy harmaana 5,0 kW pumppummoottori.



KUVA 13. VLU:n pohjakuvaan piirretyt pumppuvariantit ja moottorin lämmittimen optio

Punaista väriä käytetään tehostamaan optioiden ja varianttien piirtorajoja, jotta havaitseminen on helpompaa. Optioita ja variantteja on piirretty moottorikaapeliin, kaapelia kuvaavaan kytkentään, moottorikomponenttiin, moottorikomponentin lämmitinsymboliin ja moottoriin liittyviin teksteihin.

5.3 Imukupin sähkökuvien yhteenveto ja lopputulos

Pohjakuvan tekeminen kesti kokonaisuudessaan noin yhden kuukauden. Tämä aika sisälsi nostinlaitteeseen ja sen ominaisuuksiin tutustumisen, kuvien piirtämisen ja kuva-pohjan optioiden testaamisen. Lopputuloksena kuvien kehittämisestä saatiin valmis pohjakuva, jossa on luotu optiot ominaisuuksille, jotka eivät tule aina imukupin mukana. Lisäksi pohjakuvaan luotiin variantti imukupin eri pumpuista. Piirikaavio pyrittiin yhtenäistämään toisen nosturiaplikaation kanssa sähkösyötön esittämisen osalta. Ohjelmoitavan logiikan sisään- ja ulostulot pyrittiin järjestämään siten, että ne ovat vakiot tästä eteenpäin tulevissa projekteissa.

Yhtä pohjakuvaa on helppo ylläpitää. Käytännössä pohjakuvan ylläpitäminen vaatii projektissa olevien komponenttien päivittämisen säännöllisesti ja uusien ominaisuuksien piirtämisen, kun niitä tuotteeseen lisätään. Valmiin pohjakuvan etuna on, että suunnittelu alkaa aina samoista lähtökohdista. Lisäksi suunnittelu voi alkaa välittömästi eikä so-pivaa aiemmin tehtyä projektia tarvitse etsiä pohjakuvaksi. Tietysti jokainen projekti voi olla erilainen ja mahdollisesti suunnittelija joutuu tekemään aina muutoksia hieman asiakkaan toiveiden mukaisesti.

Optioiden tuomaa ajallista säästöä suunnittelussa voidaan pitää merkittävänä, kuten pumppumoottorikytkentä sen osoittaa. Yhdellä optiolla, joka vaikuttaa muutamaankomponenttiin, voidaan säästää suunnittelu-aikaa huomattavasti. Edellä esitelty pumppumoottorikytkentä oli vielä melko pieni, mutta suunnittelu-aikaa voidaan olettaa pienentyneen tunnista minuuttiin. Kokonaissuunnitteluun kuluneen ajan voidaan olettaa pienentyneen noin 40 % ensimmäisellä kuvapohjaversiolla. Kun pohjakuvaa on käytetty muutamassa projektissa ja suurimmat virheet korjattu palautteen perusteella, niin prosenttiosuus voi olla noin 60 %, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Nämä luvut ovat arvioitu sen perusteella, että käytännössä suunnittelijan tehtäväksi jää vain optioiden valitseminen ja kytkentöjen tarkastaminen jokaiselta sivulta. Kytkentöjen tarkastaminen sisältää puutteellisten kytkentöjen korjaamisen ja oikean kokoisten johtimien ja kaape-

leiden valitsemisen. Komponenttien tyypeihin tai malleihin suunnittelijan ei tarvitse puuttua.

Tulevaisuudessa vakioidulla VLU:n pohjakuvalla on myös vaikutusta automaatio suunnitteluun, kun pohjakuvan perusteella voidaan tulevaisuudessa tehdä vakioitu PLC-ohjelma. Lisäksi VLU:n tietyt komponentit voidaan ostaa jo projektin alussa, koska jokainen projekti tehdään samoilla komponenteilla, joka hyödyttää ostajia. Tämä korostuu etenkin osilla, joiden toimitusaika on pitkä. Tuotteen rakentamisessa voidaan hyödyntää vakioitua sähkökaapin komponenttien sijoittelukuvaa, jonka mukaisesti tuotteet rakennetaan.

6 NOSTURIN SÄHKÖKUVAT

6.1 Nosturin sähkökuvien lähtötilanne

Nosturin sähkökuvien kehittäminen aloitettiin viimeisimmän projektin sähkökuvista. Projekti koostui neljästä nosturista, joissa jokaisessa oli VLU nostinlaitteena. Projektin sähkökuivissa oli noin 200 sivua piirikaavioita. Noin puolet piirikaavion sivuista koski nosturin sähköisiä kytkentöjä ja toinen puoli tehtaan kytkentöjä. Lisäksi kuvissa esitettiin VLU:n kytkentöjä.

Projektissa suunniteltiin vain yhdet sähkökuvat, joiden mukaan rakennettiin kaikki neljä nosturia. Esitystapa on hyvä, jos kaikki nosturit ovat täysin samanlaisia. Mikäli nosturit eroavat toisistaan kytkennöiltään, joudutaan sähkökuivissa esittämään poikkeavaisuudet ja selventämään lisäteksteillä, mitä nostureita poikkeavat kytkennät koskevat. Esitystavalla pyrittiin vähentämään suunnitteluun käytettyä aikaa. Mielestäni tämä esitystapa on epäselvä ja hankaloittaa kuvien lukemista ja ymmärtämistä erityisesti, jos kuvat eivät ole entuudestaan tutut.

Koska nosturin sähkökuvien lukeminen koettiin hankalaksi ja työlääksi, haluttiin suunnittelua kehittää. Tavoitteena oli erottaa nosturin sähkökuvat tehtaan kuvista ja luoda nosturille pohjakuva, jossa käytetään E³-ohjelman optioita ja variantteja. Samalla haluttiin vakioida nosturin komponentit ja niiden tunnuksat. Tarkoitus oli, että suunnitteluun käytettyä aikaa saadaan vähennettyä ja suunnitelmista tulee tasalaatuisemmat ja valmiiden tuotteiden suunnitelmat ovat yhtenäiset suunnittelupaikasta ja suunnittelijasta huolimatta. Lähtökohta nosturin pohjakuvan tekemiseen oli hankalampi kuin VLU:ssa, koska nosturin sähkökuvat olivat huomattavasti laajemmat.

6.2 Nosturin sähkökuvien kehittäminen

Varsinainen kehittäminen aloitettiin määrittämällä aplikaatiolle optiot ja variantit, jotka vaikuttavat sähkökuviin ja kytkentöihin. Varsinaisesti ASRS-aplikaatiolle on määritelty jo optiot, koska kyseessä on valmis tuote ja saatavilla olevat ominaisuudet olivat tiedossa. Tarkoituksena oli, että pohjakuvaa voidaan käyttää sekä paperinosturille että metalli-

rullanosturille, jolloin samoilla komponenteilla voidaan valmistaa kaksi erilaista nosturia. Pohjakuvassa täytyi esittää kuitenkin molempien nostureiden kaikki ominaisuudet.

Optioiden määrittäminen aloitettiin tutkimalla viimeisimpien ASRS-nostureiden sähkökuvat. Kuviksi valikoitiin yksi paperirullanosturit VLU:lla ja mekaanisella tarttujalla sekä metallirullanosturi pihdillä. Viimeisimpien kuvien avulla pystyttiin määrittelemään, miten nosturit poikkeavat toisistaan. Kuvista nähtiin kaikki kytkennälliset eroavaisuudet ja komponenttinvaihtoehdot, joiden perusteella sähkökuvien tulevat optiot ja variantit pystyttiin määrittelemään. Keskeisimmät eroavaisuudet paperi- ja metallirullanosturissa tulevat nostinlaitteesta ja siihen liittyvistä antureista.

6.3 ASRS-nosturin optiot ja variantit

ASRS-nosturin suunnittelussa optiot ja variantit ovat merkittävimmissä asemassa pohjakuvassa. Tästä syystä optiopuun rakenne korostuu. Optiopuun rakenteessa kannattaa ottaa huomioon käyttäjäystävällisyys ja kirjoittaa optioiden nimet ja kuvaukset yksiselitteisesti. Suunniteltaessa projektia, käyttäjän täytyy tehdä valinnat nosturin tyypistä, jarrutusenergian käytöstä, vaunun tyypistä ja muista optioista, jotka ovat ylimääräisiä ominaisuuksia. Optiot ovat jaettu yläoptioihin, jotka sisältävät aina yhden tai useamman alaoption.

Variants/Options	Description
ASRS Crane Option Template	
<input checked="" type="checkbox"/> PAPER	Options for paper storages
<input checked="" type="checkbox"/> Grabbing Unit	Select grabbing unit for pap...
<input checked="" type="radio"/> VLU	Vacuum lifting unit
<input type="radio"/> Gripper	Mechanical gripper
<input checked="" type="checkbox"/> Backup Unit	Select backup unit for VLU
<input checked="" type="radio"/> Generator	
<input type="radio"/> UPS	
<input type="checkbox"/> COIL	Options for coil storages
<input type="checkbox"/> Coil Tong	Grabbing unit for coil storag...
<input type="checkbox"/> Rotating Hook K1	Additional feature for coil to...
<input checked="" type="checkbox"/> TROLLEY TYPE	Select trolley type
<input checked="" type="radio"/> PRT08	
<input type="radio"/> PRT11	
<input type="radio"/> PRT15	
<input type="radio"/> LV	Only for coil storages
<input checked="" type="checkbox"/> BRAKING	
<input checked="" type="checkbox"/> Braking type	
<input checked="" type="radio"/> REG	(page: 8) Network braking ...
<input type="radio"/> RESB	Resistor braking
<input type="checkbox"/> Spare REG	Select this only if REG and ...
<input checked="" type="checkbox"/> OTHERS	
<input checked="" type="checkbox"/> LIGHTNING AND HEATING	
<input type="checkbox"/> Floodlight	
<input checked="" type="checkbox"/> Walkway lights	
<input checked="" type="checkbox"/> Load Display Unit	
<input checked="" type="checkbox"/> Panel Ventilation	
<input checked="" type="checkbox"/> External Fan A1	
<input checked="" type="checkbox"/> Anticondensation Heaters	
<input type="checkbox"/> Panel Heating	
<input checked="" type="checkbox"/> Indication	
<input checked="" type="checkbox"/> AIR CONDITIONING	
<input type="checkbox"/> A/C	
<input type="checkbox"/> Chemical Filter	
<input type="checkbox"/> Condensate Evaporator	
<input checked="" type="checkbox"/> CONTROL PLACE SELECTION	
<input checked="" type="checkbox"/> Pendant	
<input checked="" type="checkbox"/> Radio	
<input type="checkbox"/> Cabin	
<input checked="" type="checkbox"/> BRIDGE FEATURES	
<input type="checkbox"/> Bridge in restricted area lsws	Magnetic LSWs for bridge r...
<input type="checkbox"/> Anticollision	
<input type="checkbox"/> H-M2 motors	
<input type="checkbox"/> Bridge Temperature Alarm H	
<input type="checkbox"/> Travelling Brake Crank H	
<input checked="" type="checkbox"/> TROLLEY FEATURES	
<input type="checkbox"/> Trolley in restricted area lsws	Magnetic LSWs for trolley r...
<input checked="" type="checkbox"/> Trolley Temperature Alarm A1	
<input type="checkbox"/> Trolley Temperature Alarm E1	
<input type="checkbox"/> Hoist Brake Crank A1	
<input type="checkbox"/> Traversing Brake Crank E1	

KUVA 14. ASRS -nosturin optiopuun rakenne

Yllä olevassa kuvassa (KUVA 14) on esitetty pohjakuvaan tulevien optioiden ja varianttien puurakenne. Tarkoituksena optioiden ja varianttien määrittämisessä ja nimeämisessä oli se, että valinnat voidaan tehdä helposti ja systemaattisesti tilauskaavakkeen tietojen perusteella.

6.3.1 PAPER -valikko

Mikäli suunnittelija valitsee paperirullavarastonosturin, niin aukeaa alavalikko, jossa täytyy valita nostinlaite eli VLU tai mekaaninen tarttuja. Paperirullavaraston nostinlaitteesta on tehty variantti eli vain toinen voi olla aktiivinen kerrallaan. Toinen valinta täytyy tehdä varasähkönsyötön tyypistä, joka on myös variantti. Varasähkönsyötön valinnalla on merkitystä esimerkiksi logiikan sisään- ja ulostuloihin sekä teksteihin kuvissa, mutta ei käytännössä komponentteihin, koska varasähkönsyöttö esitetään rakennuksen sähkökuvissa.

6.3.2 COIL -valikko

Mikäli kyseessä on metallirullavarasto, suunnittelijan täytyy valita COIL -optio. Käytännössä optio voi olla samaan aikaan päällä PAPER -option kanssa, mitkä kuitenkin todellisuudessa poissulkevat toisensa. Näiden kahden välille variantin luominen olisi vain ollut liian monimutkaista, koska muutos olisi vaikuttanut erittäin suureen osaan pohjakuvan sivuista ja variantin tekeminen olisi kestänyt liian kauan hyötyyn nähden. COIL -optio sisältää alaoptiot nostinlaitteesta ja nostinlaitteen kääntöominaisuudesta. Myöhemmin option alle voidaan lisätä muitakin ominaisuuksia, jotka koskevat vain teräsrullanostureita.

6.3.3 TROLLEY TYPE -valikko

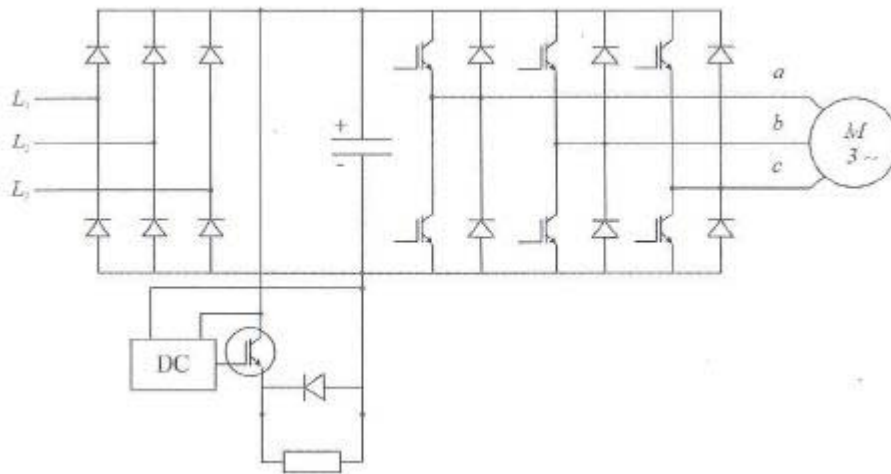
Kolmas valinta paperirullavarastossa liittyy käytettyyn vaunuun, joka määräytyy varaston tyyppin mukaan. Optio sisältää jokaisen paperirullavaraston vaunumahdollisuuden eli PRT08, PRT11 ja PRT15 sekä metallirullavarastonosturin LV-vaunun. Vaunujen valinnasta on tehty variantti eli yksi vaunu voi olla valittuna kerrallaan. Käytännössä vaunun valinta tulee vaikuttamaan osaan sähköisistä komponenteista. Myöhemmin jokaiselle vaunulle voidaan halutessa valita omat komponentit ja vaihtaa ne tämän variantin avulla automaattisesti.

6.3.4 BRAKING -valikko

Kolmas valinta liittyy jarrutuksessa syntyvään energiaan. Käytännössä valinta vaikuttaa taajuusmuuttajien kytkentään. Taajuusmuuttajakäytössä jarrutus voidaan toteuttaa useal-

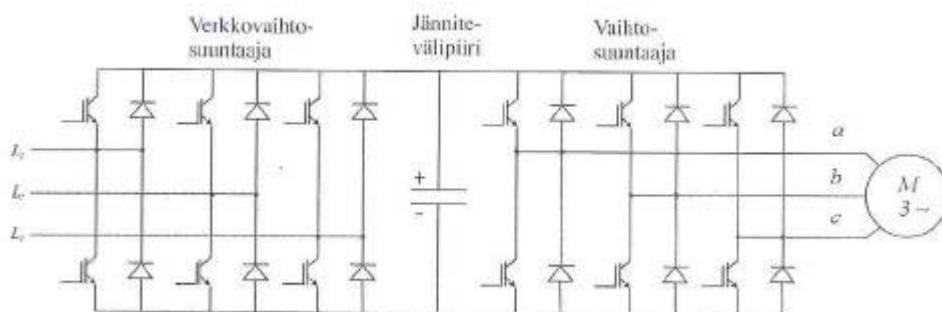
la tavalla (Hietalahti 2013, 75). Nostureissa jarrutusta tarvitaan, kun taakkaa lasketaan ja silta tai vaunu pysäytetään.

Vastusjarrutus (KUVA 15) on tyypillisesti käytetty tehostettu jarrutustapa. Moottorien pyöriessä nopeampaa kuin taajuusmuuttajan syöttämä taajuus edellyttää, moottori toimii generaattorina ja syöttää energiaa takaisin tasasähkövälipiiriin, jolloin jännite nousee välipiirissä. Tasasuuntaajaosan diodisilta kytketään pois käytöstä taajuusmuuttajan ohjauselektronikalla, kun jännite on noussut riittävästi. Tämän jälkeen välipiiriin kytkeään jarruvastus. Pyörimisenergia muutetaan häviölämmöksi jarruvastuksen avulla. (Hietalahti 2013, 75)



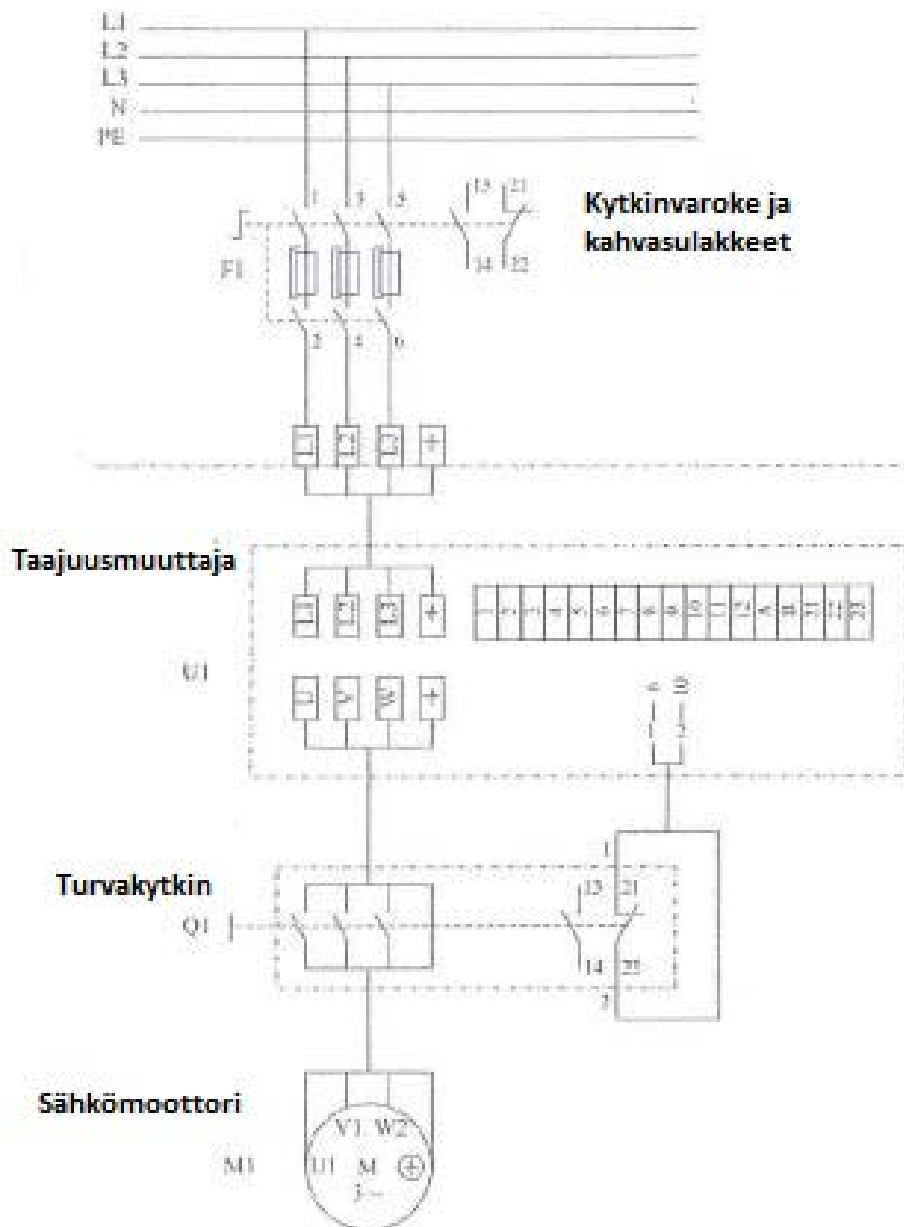
KUVA 15. Periateekuva vastusjarrutuksesta (Hietalahti 2013, 76)

Jarrutusteho voidaan siirtää myös verkkoon vastuksen sijasta. Tällöin tasasuuntaussilta täytyy olla rakennettu aktiivisilla komponenteilla käytännössä joko tyristoreilla tai IGBT-transistoreilla (Hietalahti 2013, 76). Alapuolella on esitetty periateekuva verkkoonjarruttamisesta (KUVA 16).



KUVA 16. Periateekuva verkkoonjarruttamisesta (Hietalahti 2013, 77)

Pohjakuvassa suunnittelijan täytyy valita joko REG -optio, joka tarkoittaa tässä verkkoon jarruttamista tai RESB -optio, joka tarkoittaa jarrutusenergian syöttämistä vastuksiin. Optiolla voidaan tehdä vaadittavat komponentti- ja kytkentämuutokset muutamassa sekunnissa. Spare REG -optio on tarkoitettu suurille energiamäärille, jolloin kuviin tuodaan yksi ylimääräinen taajuusmuuttaja kytkentöineen. Alapuolella on esitetty säädetyn sähkömoottorikäytön esimerkkikytkentä (KUVA 17).



KUVA 17. Säädetyn sähkömoottorikäytön kytkentä (Hietalahti 2013, muokattu, 87)

Kytkentäkuvassa etukojeena toimii kytkinvaroke ja kahvasulakkeet. Taajuusmuuttaja suojaa moottoria ylikuormitukselta, jossa suojaus perustuu virran mittaamiseen. Moottorin terminen suoja voidaan tarvittaessa toteuttaa termistorilla tai Pt-100-anturilla, jolloin lämpötila mitataan suoraan käämityksestä. Termistä suojaa käytetään tyypillisesti, jos ympäristön lämpötila vaihtelee. Taajuusmuuttajan ja moottorin välisessä kaapeloinnissa ja turvakytkimessä tulee huomioida EMC-vaatimukset. (Hietalahti 2013, 87) Käytännössä EMC-vaatimuksilla tarkoitetaan sitä, ettei sähköinen järjestelmä lähetä, siirrä tai vastaanota häiriöitä (Hietalahti 2013, 82–83).

6.3.5 OTHERS -valikko

OTHERS -optio sisältää kaikki muut nosturin ominaisuudet, jotka voidaan tuoda piirikaavioon optioiden avulla. LIGHTNING AND HEATING -option alla ovat kaikki valoihin ja lämmitykseen liittyvät optiot. Näillä optioilla on vaikutus lähinnä yhteen piiriin kerrallaan. Mikäli optio valitaan, kuvaan tuodaan sitä koskeva piiri esiin esimerkiksi External Fan A1 -optio lisää tuulettimen nostomoottorille. Floodlight -optio tuo kuvaan valonheittimet. Walkway lights -optiolla saadaan lisättyä kulkuvalot nosturin sillalle. Optiolla tuodaan neljä kulkuvaloa kuvaan, mutta suunnittelija voi lisätä valoja helposti valmiiseen piiriin, mikäli tarvitaan useampia valoja. Load Display Unit-optio lisää näytön sillalle, jossa näytetään kuorman massa. Panel Ventilation -optio vaikuttaa sähkökaappien tuulettamiseen. Optio tulee valita, jos ympäristön lämpötila on suurempi kuin +40 °C, jolloin nosturin jokaiseen sähkökaappiin lisätään pieni tuuletin. Anticondensation Heaters -optiolla saadaan moottoreille lämmittimet. Automaattinosturissa on vakiona äänitorvi, mutta Compressor Horn -optiolla voidaan tavallinen torvi vaihtaa tehokkaampaan kompressoritorveen.

6.3.6 AIR CONDITION -valikko

AIR CONDITION -optio sisältää ilmastointiin liittyvät optiot. Tämä on otettu kokonaan omaksi kokonaisuudeksi, koska ilmastointi on merkittävä valinta sähkökuvien kannalta. Ilmastointilaitte on optiona, jonka lisäksi voidaan lisätä optioina kemikaalisuodatin ja kondensioveden poistaja. Suunnittelijan tehtäväksi jää valita ilmastointilaitteen teho, johon optio ei vaikuta. Myöhemmin eri tehoiset ilmastointilaitteet voidaan tehdä pohjakuvaan varianttina.

6.3.7 CONTROL PLACE SELECTION -valikko

CONTROL PLACE SELECTION -valikko sisältää valinnat ohjauspaikoista. Valinnaisia ohjauspaikkoja ovat pendant, radio ja cabin. Automaattinostureissa pendant ja radio ovat tarkoitettu pääasiassa huoltokäyttöön. Cabin valitaan tyypillisesti metallirullavarastonosturiin, jossa nosturi voi olla puoliautomaattinen. Nämä optiot vaikuttavat piirikaa-viossa usealle sivulle sekä lisäksi layout -kuviin. Tyypillisesti valituista ohjauspaikoista esitetään yksityiskohtainen layout -kuva, jonka tekeminen saattaa kestää tunteja. Yhden ohjauspaikan lisääminen nosturiin vaatii usean tunnin suunnittelun, kun optioilla näiden lisääminen ja poistaminen kestää alle minuutin.

6.3.8 BRIDGE FEATURES -valikko

BRIDGE FEATURES -optioihin on lisätty kaikki nosturin siltaan liittyvät ominaisuudet. ASRS-nosturiin on mahdollista saada rajakytkimiä, joilla voidaan määritellä kiellettyjä alueita nosturille. Rajakytkimille on tehty oma optio BR restricted area lsw. Lisäksi sillan optioissa on törmäämiseen estoon liittyvä optio Anticollision Device. Optio on jaettu alaoptioihin, joilla valitaan törmäyksen eston puoli ja sensorin tyyppi. Mikäli samalla radalla on kaksi nosturia, tulee törmäyksen esto vain toiselle puolelle. Jos nostureita on kolme samalla radalla, sensorit tulevat keskimmäisen nosturin molemmille puolille.

Sillalle voidaan lisätä ylimääräiset moottorit tarpeen vaatiessa H-M2 -optiolla. Moottorikytkennän tekeminen option avulla kestää muutamia sekunteja. Käytännössä kytkentä tarkoittaa sitä, että säädettyyn sähkömoottorikäyttöön tuodaan kaksi moottoria lisää ja vaaditut suojalaitteet moottoreille. Moottorinsuojaus toteutetaan moottorinsuojakatkaisijalla, jolla valvotaan ylikuormitettavuutta ja oikosulkuilanteita.

6.3.9 TROLLEY FEATURES -valikko

TROLLEY FEATURES -valikossa on optiot, jotka liittyvät nosturin vaunuun. Vaunulle voidaan määritellä kiellettyjä alueita, kuten sillallekin. Tämän takia sillalle on määritelty TR restricted area lsw -optio. Lisäksi tämän valikon alla on optiot, jotka liittyvät nostomoottoriin ja vaunun siirtomoottoreihin.

6.4 Nosturin sähkökuvien lopputulos

Vaikka ASRS-nosturi ei ole massatuote, niin optioiden ja varianttien käyttäminen toimi hyvin pohjakuvassa. Koska aplikaatiolle on määritelty tarkasti saatavat ominaisuudet ja niiden eri variaatiot, pohjakuvaan oli helppo luoda sopivat optiot. Nosturin pohjakuvalle saatiin määriteltyä optiot, joiden avulla pohjakuvaa voidaan käyttää sekä paperirullavarastonosturin ja metallirullavarastonosturin suunnittelussa. Tämä on merkittävä etu, että yhdellä pohjakuvalla voidaan rakentaa kaksi erilaista tuotetta. Yhtä pohjakuvaa on myös helpompi ylläpitää kuin kahta. Tulevissa projekteissa jokaiselle ASRS-nosturille voidaan suunnitella omat sähkökuvat helposti ja nopeasti, joka auttaa tuotteiden valmistuksessa.

Verrattuna suunnitteluun, jossa pohjakuva ei ollut käytössä, suunnittelu on muuttunut merkittävästi. Kytkentöjen muuttaminen ja lisääminen tehdään optioiden avulla automaattisesti. Käytännössä suunnittelijan tehtäväksi jää optioiden valitsemisen jälkeen päävirtapiirien tarkastaminen, suojien ja kaapeleiden mitoittaminen sekä kytkentöjen tarkastaminen silmämääräisesti projektissa. Mikäli nosturissa joku erikoisominaisuus, jota ei ole koskaan aikaisemmin ollut, niin suunnittelija joutuu sen lisäämään käsin. Tämän jälkeen kuitenkin tämäkin ominaisuus voidaan laittaa pohjakuvaan optioksi, jos se aplikaatioon halutaan vakioida.

Aikaisemmin suunnittelija pystyi käyttämään aikaisempaa projektia mallina, mutta joutui piirtämään kaikki puuttuneet ominaisuudet erikseen. Yhden kytkennän suunnittelu saattaa kestää useita tunteja, kun täytyy miettiä sopivat komponentit ja piirtää kytkentä. Pohjakuvassa, aplikaatioon määritellyt, ominaisuudet ovat valmiina ja komponentit mietitty etukäteen.

Edelleen voidaan siis puhua samoista hyödyistä, jotka mainittiin jo kappaleessa 5, kun käsiteltiin VLU:n pohjakuvaa. Hyödyt eivät rajoitu ainoastaan sähkösuunnitteluun vaan koskevat myös automaatio suunnittelua, ostoa, projektinhallintaa, tuotantoa ja huoltoa. Kun tarkastellaan ainoastaan sähkösuunnittelua, niin voidaan arvioida että suunnittelu työ on puolittunut ja aikaa kuluu 50 % vähemmän pohjakuvaa hyödyntämällä. Koska suunnittelu on hyvin yksilökohtaista, niin tarkkoja ja vähentyneitä tunteja on vaikea arvioida. Koska kaikki rutiininomainen työ on saatu minimoitua, niin kokonaissuunnitteluajan vähentyminen on samaa luokkaa kaikilla suunnittelijoilla. Kokemattomilla

suunnittelijoilla vaikutus voi olla hieman suurempaa, koska sähköisten kytkentöjen suunnittelu ei ole niin tuttua. Lisäksi kokemattomilla suunnittelijoilla saattaa kestää huomattavasti enemmän aikaa sopivien komponenttien etsimiseen.

7 YHTEENVETO

7.1 Pohdinta

Konecranes Oy:lla on ollut aikaisemmin käytössä optioilla toteutettu pohjakuva toiselle nosturiaplikaatiolle. Aikaisemmasta pohjakuvasta on ollut hyviä kokemuksia, koska suunnitteluun käytetty aika on vähentynyt merkittävästi ja suunnittelu on yksinkertaistunut. ASRS-aplikaatioissa haluttiin viedä pidemmälle E³-suunnitteluohjelman ominaisuudet ja kokeilla varianttiominaisuutta kokonaisessa nosturipohjakuvassa. Varianttia oli kokeiltu aikaisemmin teollisuusnostureiden suunnittelussa, mutta vain yhdessä yksinkertaisessa kytkennässä, jossa kunnonvalvontayksikkö saatiin vaihdettua toiseen malliin.

Kun pohjakuva päätetään piirtää, tulee mahdolliset optiot ja variantit miettiä tarkalleen etukäteen. On syytä huomioida myös, että pohjakuvassa on esitetty kaikki mahdolliset ominaisuudet, mitä pohjakuvassa voidaan esittää. Myöhemmin sähköisten piirien lisääminen pohjakuvaan saattaa aiheuttaa hankaluuksia, jos kytkentöjä joutuu piirtämään jo olemassa olevien varianttien päälle. Koska variantti sisältää kaksi päällekkäistä kytkentää, joutuu muutokset tekemään aina kahteen kertaan molempiin kytkentöihin.

Pohjakuvaa luodessa kuluu yllättävän paljon aikaa varianttien ja optioiden tekemiseen kytkennöille. Optiot ja variantit täytyy merkitä jokaiselle johtimelle, kytkennälle, komponentille tai symbolille ja mahdollisesti vielä piirikaaviosivulle. Tämä on erittäin tarkkaa työtä ja option lisääminen saattaa unohtua jollekin edellä luetelluista kuvan osista. Mahdollisten väärin tehtyjen optioiden löytäminen on mahdotonta ennen kuin saa palautetta pohjakuvan käyttäjiltä. Virheiden minimointia optioiden määrittämisessä voidaan välttää testaamalla optioiden toiminta heti niiden luomisen jälkeen. Tämä on kuitenkin työlästä, koska optiot saattavat olla usealla eri sivulla ja koostua monesta komponentista. Usein myös optiot liittyvät jollain tavalla johonkin toiseen option, jolloin testaaminen täytyy tehdä kaikilla mahdollisilla vaihtoehdoilla. Kuvapohjan kehittäminen tulee jatkumaan pitkään sen käyttöönoton jälkeen, mikäli siitä halutaan täysin virheetön. Tästä syystä käyttäjien antama palaute tulee olemaan erittäin tärkeää.

Pohjakuvassa olevien komponenttien päivittäminen tulisi tehdä säännöllisin väliajoin, jotta pohjakuvan käyttäminen on tehokasta. Kun komponentin päivittää ja mikäli sen grafiikka on muuttunut, niin kytkentä saattaa purkautua. Komponentin grafiikkaa saateen joutua muuttamaan, mikäli komponentista on tullut valmistajalta uusi versio. Tästä syystä komponentit täytyy päivittää pohjakuvaan, ettei kytkentöjä täydy korjata jokaisessa projektissa erikseen.

Mielestäni variantteja voidaan helposti hyödyntää muissakin vastaavissa nosturiapplikaatioissa. Vaikka pohjakuvan luominen on hidasta ja työlästä, niin huolellisesti tehdystä kuvasta saadut hyödyt ovat merkittävät. Pohjakuvaa käyttämällä voidaan säästää ainoastaan sähkösuunnittelussa jo noin 50 % aikaa. Mitä enemmän pohjakuvaa kehitetään, prosenttiluku tulee nousemaan. Sen lisäksi, että sähkösuunnitteluun käytetty aika vähennee, niin pohjakuvasta on hyötyä myös automaatio suunnittelijoille, projektipäälliköille, myyjille, ostajille ja huoltohenkilöille. Tämä on seikka, joka on erittäin merkittävä, mutta jää helposti huomioimatta. Tulokset näkyvät pidemmällä aikajaksolla tarkasteltuna.

Pohjakuvassa on logiikalla vakioidut sisään- ja ulostulot. Tämän takia automaatio suunnittelijat voivat tehdä vakio-ohjelman, joka sopii kaikkiin projekteihin, koska logiikan sisään- ja ulostulot eivät tule muuttumaan. Ohjelmaa täytyy muokata ainoastaan, jos nosturi sisältää optioita, joita nosturissa ei normaalisti ole. Lisäksi automaatio suunnittelijat voivat hyödyntää vakiosivunumeroita vikadiagnostiikassa. Komponentteihin viittaaminen käy vaivattomasti ja niiden löytyminen sähkökuvista on nopeaa.

Myyjät oppivat tuntemaan nosturin tulevaisuudessa tarkemmin, koska nosturissa on aina tietyt komponentit ellei niitä haluta jostain erityisestä syystä vaihtaa. Tällainen syy voi olla esimerkiksi komponentin valmistuksen lopettaminen. Koska komponentit ovat vakioitu, ostajien on helppo ostaa aina samat komponentit, kun kyseessä on ASRS-nosturi. Komponentit ovat tyyppiltään ja tunnuksiltaan samoja huolimatta siitä, missä suunnittelu tehdään. Komponenttien valinnassa on pyritty huomioimaan se, että ne ovat yleisesti tunnettuja ja saatavilla ympäri maailmaa.

Huoltohenkilöiden on myös helpompi oppia tuntemaan nosturi, kun komponentit ovat vakioituja. Aina, kun he huoltavat ASRS-nosturia, he voivat luottaa, että tietyllä komponentin tunnuksella löytyy tietyn tyyppinen komponentti samasta paikkaa nosturia.

Parhaimmassa tapauksessa asiakkaan ei tarvitse tuntea vikaantunutta komponenttia lainkaan, kunhan vain välittää komponentin tunnuksen huoltohenkilölle.

Vaikka ASRS-nosturi ei ole massatuote, niin komponenttien ja kytkentöjen vakioimisella sekä pohjakuvan automatisoinnilla saadut hyödyt ovat kannattavia. Uskon, että massatuotteelle E³-ohjelman tuomat optio- ja varianttiominaisuudet toimisivat vielä paremmin, koska muuttuvia ominaisuuksia suunnitelmissa olisi vähemmän. Tulosten perusteella pohjakuvat kannattaa piirtää jokaiselle aplikaatiolle.

7.2 Kehittämisehdotuksia

Huolimatta siitä, että optioilla ja varianteilla saadaan paljon automatisoitua suunnittelua, jää suunnittelijan tehtäväksi käydä jokainen sivu läpi ja tarkastaa kytkennät. Lisäksi suunnittelija joutuu mitoittamaan osan kaapeleista ja päävirtapiirien suojusta. Jotta tämä olisi helppoa ja nopeaa, pohjakuvaa varten voitaisiin kirjoittaa suunnitteluohje. Suunnitteluohje sisältäisi tarkat tiedot mahdollisista komponenteista, joita nosturissa voidaan käyttää. Lisäksi ohjeessa voisi olla lyhyt selitys nosturin ominaisuuksista ja niihin liittyvistä kytkennöistä.

Mikäli suunnittelun automatisointia haluttaisiin viedä pidemmälle, niin kaikille koneistoille voitaisiin tehdä vakiolaskelmat. Vakiolaskelmat sisältäisivät vakioidut moottorit, joiden perusteella saataisiin selville laitteessa kulkevat virrat. Vakiolaskelmien perusteella voitaisiin määrittää kaikkien kaapeleiden ja johtimien koot sekä suojalaitteiden tyypit ja asetteluarvot. Pohjakuvaan voitaisiin myös lisätä optioilla tulevia ominaisuuksia, mutta tämä vaatisi yhteistyötä tuotekehityksen kanssa. Mitä laajemmin pohjakuvassa olisi ominaisuuksia, sitä monipuolisempaa sen käyttäminen olisi.

E³-ohjelma sisältää lisää ominaisuuksia, joita voisi hyödyntää pohjakuvissa. Variantteihin ja optioihin liittyy läheisesti configuration ja packages -ominaisuudet. Näiden avulla voidaan luoda esivalintoja, joilla saadaan halutut optiot aktivoitua ja passivoitua esim. kun suunnittelija valitsee pohjakuvassa PAPER -option, valinta sulkee kaikki optiot, jotka liittyvät teräsrullavarastoon. Optioihin ja variantteihin liittyy olennaisesti myös aliaksien käyttäminen. Optioiden ja varianttien yhdistelmät, jotka ovat kirjoitettu Boolean algebralla, voidaan kasata halutun aliaksen alle. Tämä on hyödyllinen ominaisuus, jos option sääntö koostuu useasta tekijästä. Alias voi olla yksi sana, jolloin se on huo-

mattavasti nopeampi kirjoittaa, kun monimutkainen sääntö. Näiden ominaisuuksien käyttäminen vaatii kuitenkin huolellisesti tehdyn pohjakuvan. Mikäli pohjakuvasta tehdään monimutkainen optiorakenteeltaan, niin sen ylläpitäminen myös hankaloituu ja vaatii enemmän resursseja. Optioiden ja varianttien sekä niiden lisäominaisuuksien käyttämiseen vaikuttaa kuitenkin tuote, jossa niitä aiotaan käyttää. Käytännössä ne toimivat parhaiten ja tehokkaimmin tuotteessa, joka on täysin vakioitu ja muuttumaton.

LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000

ASRS Intermediate & Shipping Storage System. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Automatic Storage And Retrieval System Presentation. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Crane Components Identification Report. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Halminen, A. 2007. Johdatus nosturitekniikkaan. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka. Tampere.

Huhtala, P. Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Helsinki. Teknologiateollisuus ry.

Instruction for Electrical documentation. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Mäkinen, J.J. Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki. Otava.

Päivinen, J. pääsuunnittelija. 2013. ASRS -nosturit. Esitelmä. Konecranes Oy. Hyvinkää 7.1.2013

Smarton introduction and sales presentation. Konecranes Oy. Hyvinkää.

SFS EN 60204-32. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 32: Vaatimukset nostokoneille. Suomen standardisoimisliitto SFS. 24.11.2008

System Design. Preliminary. Fully Automatic ASRS Cranes. Konecranes Oy. Hyvinkää.

Technical Specification of Automatic Paper Roll Handling Crane. Konecranes Oy. Hyvinkää 13.11.2012.

Zuken. 2013. Options. Luettu 3.2.2013.
<https://www.zuken.com/en/products/electrical-wire-harness-design/e3-series/system/options>

Zuken. 2013. e3-2012. Luettu 3.2.2013.
<http://www.zuken.com/en/products/electrical-wire-harness-design/e3-series/e3-2012>