



KONEKOHTAISEN KETJUNOSTI- MEN SÄHKÖ- JA OHJAUSJÄRJES- TELMÄN LAITESUUNNITTELU

Aaro Valmu

Opinnäytetyö
Marraskuu 2014
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

AARO VALMU:

Konekohtaisen ketjunostimen sähkö- ja ohjausjärjestelmän laitesuunnittelu

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Marraskuu 2014

Työn tarkoitus oli suunnitella ketjunostimen konekohtainen keskus sekä sähkö- ja automaatiokeskus konekohtaisille ketjunostimille. Opinnäytetyössä on käsitelty seikkoja, jotka täytyy ottaa huomioon ketjunostimen konekohtaisen keskuksen ja sähkö- ja automaatiokeskuksen suunnittelussa.

Konekohtainen keskus tuli suunnitella niin, että sen turvallisuusluokitusta voidaan mahdollisimman vaivattomasti muokata luokasta D8 Plus luokkaan C1. Kaikki liitännät konekohtaisen keskuksen ja sähkö- ja automaatiokeskuksen välillä tulisi olla mahdollisimman helposti kytkettävissä. Molempien keskusten haluttiin myös olevan mahdollisimman pienet kooltaan.

Työssä vertailtiin kolmen eri valmistajan taajuusmuuttajia. Valinnan pääkriteereinä olivat taajuusmuuttajan fyysinen koko ja kustannustehokkuus. Konekohtaisen keskuksen koko määritettiin niin, että molempien turvallisuusluokkien D8 plus ja C1 vaatimat komponentit on mahdollista sovittaa keskuksen.

Konekohtaisen keskuksen kokoa määritettäessä huomattiin, että taajuusmuuttajan I/O-osaa hyödyksi käyttämällä on mahdollista pienentää keskuksen fyysistä kokoa, koska erillistä I/O-yksikköä ei tarvita. Konekohtaisen keskuksen sisäiset johdotukset asennetaan suoraan laitteilta pistokeliittimille, jolloin säästetään tilaa luopumalla riviliitinryhmistä.

Konekohtaisen keskuksen tärkeimmät tavoitteet, jotka olivat kustannustehokkuus ja kompakti koko täytettiin. Sähkö- ja automaatiokeskuksen mahdollisimman kompakti koko oli mahdoton toteuttaa oviin asennettavien komponenttien suuren määrän vuoksi.

Asiasanat: sähkö, automaatio, ketjunostin, taajuusmuuttaja, ohjelmoitava logiikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Electrical Engineering
Automation Technology

AARO VALMU:

The electric and control system device engineering of machine specific chain hoist

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 0 pages

November 2014

The purpose of the thesis was to design a motor control cabinet and the electrical and automation cabinet for a chain hoist machine. This thesis dealt with the issues that need to be taken into account when designing the motor control cabinet and the electrical and automation cabinet.

The motor control cabinet was supposed to be designed in the way that the safety assessment may be as effortless as possible to be revised from the category D8 Plus to the category C1. All connections between the motor control cabinet and the electrical and automation cabinet should be easily engaged. Both cabinets were aimed to be as small as possible in size.

Three different types of frequency converters from three different manufacturers were compared in this thesis. The physical size and cost effectiveness were the main criteria for the frequency converters. The size of the motor control cabinet was determined so that the components required by both safety classes, C1 and D8 Plus, could be adjusted into the cabinet.

When determining the size of the motor control cabinet it was noticed that by using the I/O of the frequency converter the size of the motor control cabinet could be reduced because separate I/O unit was not required. The internal wiring of the motor control cabinet was installed directly into the multi-pole connectors to save space by abandoning terminal groups.

The main targets set to the motor control cabinet, cost-effectiveness and a compact size, were reached. The electrical and automation cabinet was not possible to have a compact size because of the large number of components to be installed into the cabinet doors.

Key words: electric, automation, chain hoist, frequency converter, programmable logic

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Yleistä	5
1.2	Insta Automation Oy.....	5
1.3	Työn tavoitteet	6
2	TEORIA	7
2.1	Taajuusmuuttaja.....	7
2.2	Jarruvastus	7
2.3	Jarrutasasuuntaaja	8
2.4	Profinet -kenttäväylä.....	9
2.5	Suojaerotusmuuntaja.....	10
2.6	Pulssianturi.....	11
2.7	Turvallisuus	12
2.7.1	Luokka D8.....	13
2.7.2	Luokka D8 plus	13
2.7.3	Luokka C1	13
2.7.4	Hätäseispysäytys	15
2.7.5	ProfiSafe.....	15
2.8	Moninapapistokeliittimet.....	15
3	JÄRJESTELMÄ	16
3.1	Konekohtainen keskus	17
3.2	Taajuusmuuttajat.....	18
3.2.1	Schneider ATV71 -sarja.....	18
3.2.2	Nord SK 535E -sarja	19
3.2.3	Lenze Protec 8400.....	20
3.3	Taajuusmuuttajan valinta	21
3.4	Komponenttien valinta.....	22
3.4.1	Moninapapistokeliittimet ja kaapelivalinnat	25
4	SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOKESKUS	27
4.1	Komponenttien valinta.....	27
4.2	Ohjelmitava turvalogiikka ja Profinet-kytkimet	30
5	Yhteenvedo.....	31
	LÄHTEET.....	32

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Pistemäinen ketjunostin on nostin, joka nostaa ketjun varassa kappaletta. Pistemäisen ketjunostimien yleisin käyttökohde on teollisuuden eri alat, kuten esimerkiksi auto-, kone- ja metalliteollisuus. Ketjunostimia käytetään kuitenkin myös auditorioissa, liikuntasaleissa, messutiloissa, kulttuuritaloissa ja teattereissa. Ketjunostimia käytetään lavasteiden ja trussien kannatteluun ja liikutteluun. Ketjunostimia on erilaisia: Käsikäyttöisiä, suunnanvaihtokäyttöisiä ja taajuusmuuttajakäyttöisiä. Käsikäyttöistä ketjunostinta liikuttaa ihmisvoima, kun taas suunnanvaihtokäyttöinen ja taajuusmuuttajakäyttöinen ovat sähkötoimisia. Suunnanvaihtokäyttöistä ketjunostinta voidaan ohjata yhdellä tai kahdella nopeudella molempiin suuntiin. Taajuusmuuttajakäyttöisen ketjunostimen nousu- ja laskunopeutta voidaan säätää portaattomasti.

Toimeksiantaja Insta Automation halusi toteuttaa ketjunostinlaitteen erikoissovelluksen, jonka nousu- ja laskunopeus olisi säädettävissä, ryhmäajo olisi mahdollista ja siihen olisi helposti lisättävissä tai poistettavissa ominaisuuksia asiakkaan tarpeiden mukaan. Lisäksi laitteessa tulee olla kaksi jarrua ja niiden ohjaukset tulee olla toisistaan riippumattomia.

1.2 Insta Automation Oy

Insta Automation Oy on teollisuuden ja erilaisten prosessien sähköautomaation suunnitteluun, valmistukseen, asennukseen ja ylläpitoon erikoistunut Tamperelainen perheyriety. Insta Automation Oy on osa Insta Group Oy:ta. Insta Groupiin kuuluvat Insta Automationin lisäksi myös tilannetietoisuus- ja tietoturvaratkaisuja ja -palveluja kehittävä Insta DefSec Oy, emailun linkaaripalveluita tuottava Insta ILS Oy ja virtuaalitekniologiaihin ja innovatiivisiin palveluihin keskittyvä Insta Innovation Oy. Insta-konserni työllistää noin 730 työntekijää monella eri paikkakunnalla ympäri suomen, josta Insta Automationin osuus on noin 400 työntekijää. Toimipisteet löytyvät esimerkiksi Tampereelta, Vantaalta, Muuramesta, Porista, Oulusta ja Imatralta. Koko konsernin liikevaihto

vuonna 2013 oli 87,2 miljoonaa euroa, josta 49,1 miljoonaa euroa oli Insta automationin osuus.

1.3 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa konekohtainen keskus ketjunostimelle niin, että se on

- kompaktin kokoinen
- kustannustehokas
- taajuusmuuttajakäyttöinen
- pistokeliitäntäinen
- täyttää turvallisuusstandardi D8 Plus tai C1.

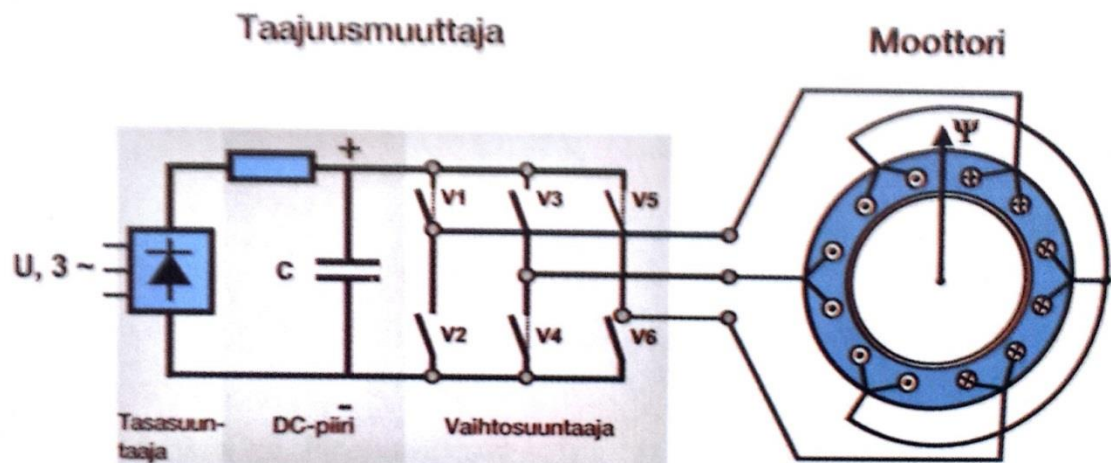
Keskuksen koko täytyy olla sellainen, ettei se suurena huomattavasti koko ketjunostinlaitteen kokoa. Taajuusmuuttajan valinta on yksi osa työtä. Kaapelointi tehdään pistokein, jolloin laite on nopea asentaa ja näin myös suurin osa testeistä ja mittauksista pystytään tekemään Insta Automationin tiloissa. Laitteen tulee täyttää joko turvallisuusmääräys D8 plus tai C1.

Työhön kuuluu myös sähkö- ja automaatiokeskuksen suunnittelu, josta jaetaan sähkö ja Profinet-väylä jokaiselle konekohtaiselle ketjunostimelle.

2 TEORIA

2.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan taajuutta muuttamalla säätää moottorin kierrosnopeutta portaattomasti. Taajuusmuuttajaan kuuluu kolme pääosaa: Tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja, sekä välipiiri (kuva 1). Taajuusmuuttajassa voi lisäksi olla verkkosuodin ja puhallin jäähdytystä varten (Kuva Sähköasennukset 3, sähköinfo Oy, 2009).



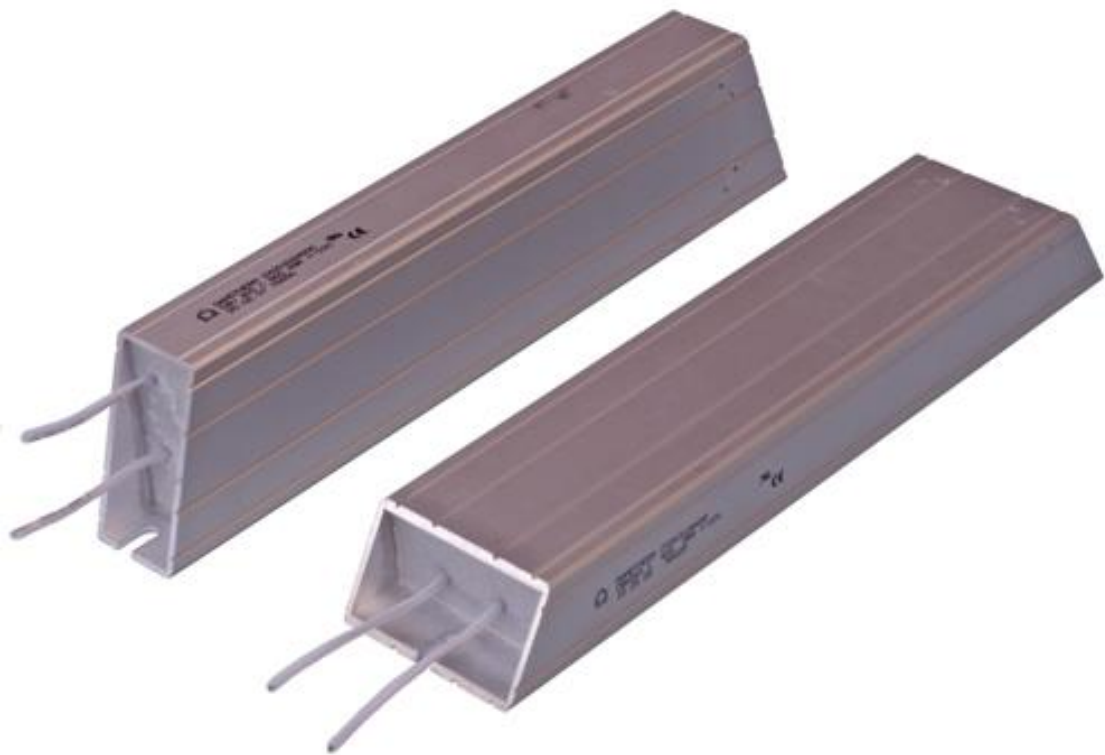
Kuva 1. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate. (Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T.. Sähköasennukset 3. s. 44. 2009)

Tasasuuntaaja muuntaa tavallisen kolmivaiheisen 50 Hz:n vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Tätä tasajännitettä syötetään välipiiriin, jota voidaan pitää energiavarastona. Välipiirin jälkeen tulee vaihtosuuntaaja. Vaihtosuuntaaja saa välipiiristä tasajännitteen, jonka se muuttaa vaihtojännitteeksi halutulle taajuudelle. Taajuusmuuttajien yhteydessä olisi suotavaa käyttää erillistä häiriösuodatinta eli verkkosuodatinta sen nopeiden lähtöjännitteen vaihteluiden aiheuttamien sähkömagneettisten häiriöiden vuoksi. Tässä sovelluksessa taajuusmuuttajan sisäinen suodatin on kuitenkin riittävä taajuusmuuttajalta lähtevän jännitteen kaapelivedon ollessa lyhyt.

2.2 Jarruvastus

Jarrutus voidaan tehdä joko verkkojarrutuksella tai jarruvastuksella. Ketjunostinta ohjattaessa alaspäin maan vetovoima vetää kappaletta maata kohti, jolloin kuorma alkaa pyö-

rittää moottoria ja se alkaa käyttäytyä generaattorin lailla. Tällöin moottori synnyttää tehoa, jonka se työntää taajuusmuuttajan välipiiriin. Erillisellä vaihtosuuntaajalla tämä energia voidaan siirtää takaisin verkkoon. Ilman erillistä vaihtosuuntaajaa moottorin synnyttämä teho aiheuttaa taajuusmuuttajan välipiirissä jännitteen nousua. Lähtötaajuutta nostamalla taajuusmuuttaja yrittää kompensoida tätä jännitteen nousua. Tämä jännite voidaan purkaa jarruvastukselle (kuva 2) jarrutasasuuntaajien avulla, jotka muuntavat vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Jarruvastus purkaa tämän tasajännitteen lämpönä ympäröivään ilmaan. Verkkojarrutusta käytetään suurissa sähkömoottorikäytöissä. Moottorin tehon ollessa pieni ei jarrutusenergian siirtäminen takaisin verkkoon ole hyödyllistä.

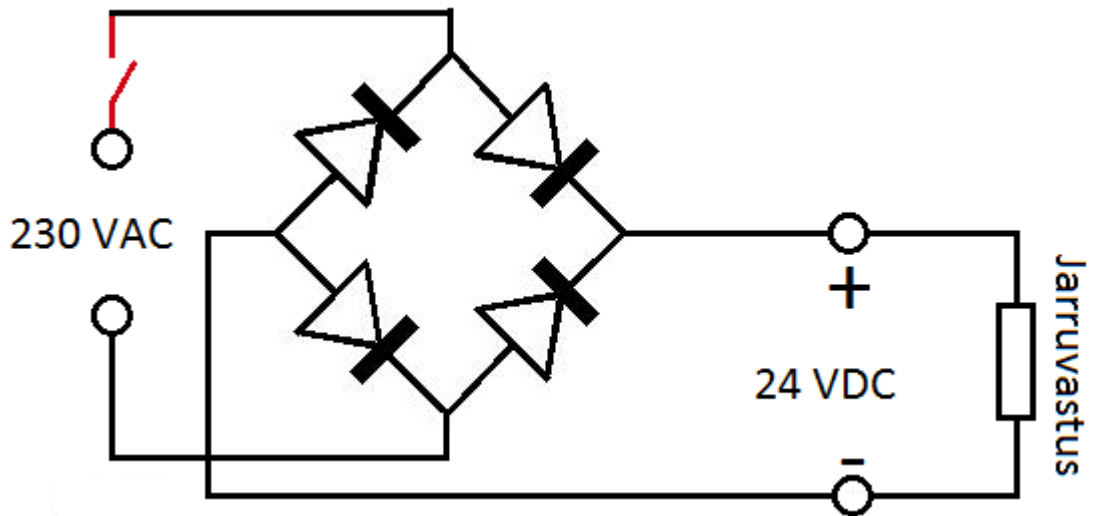


Kuva 2. Jarruvastus.

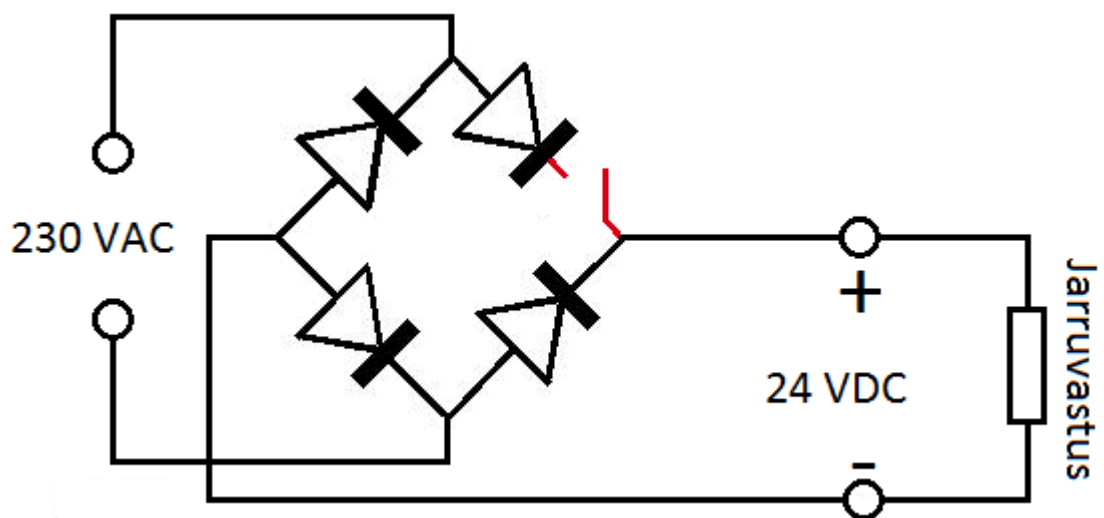
2.3 Jarrutasasuuntaaja

Konekohtaisessa keskuksessa jarrutasasuuntaajia on kaksi, koska jarrujakin on kaksi. Jarrujen ohjaus pitää olla toisistaan riippumaton, eli toista jarrua ohjaa logiikka ja toista taajuusmuuttaja. Jarruista toinen on hidastoimintainen ja toinen nopeatoimintainen. Kumpaakin tasasuuntaajaa katkotaan omalla kontaktorilla. Tasasuuntaajien kytkentä on hieman erilainen. Hidastoimista tasasuuntaajaa katkotaan ennen diodisiltaa, jolloin jar-

ruvastus reagoi piirin sulkemiseen hitaammin (kuva 3). Nopeatoimista tasasuuntaajaa katkotaan diodisillan jälkeen, jolloin jarruvastus reagoi piirin sulkemiseen nopeammin (kuva 4).



Kuva 3. Hidastoimintainen siltatasasuuntaaja.

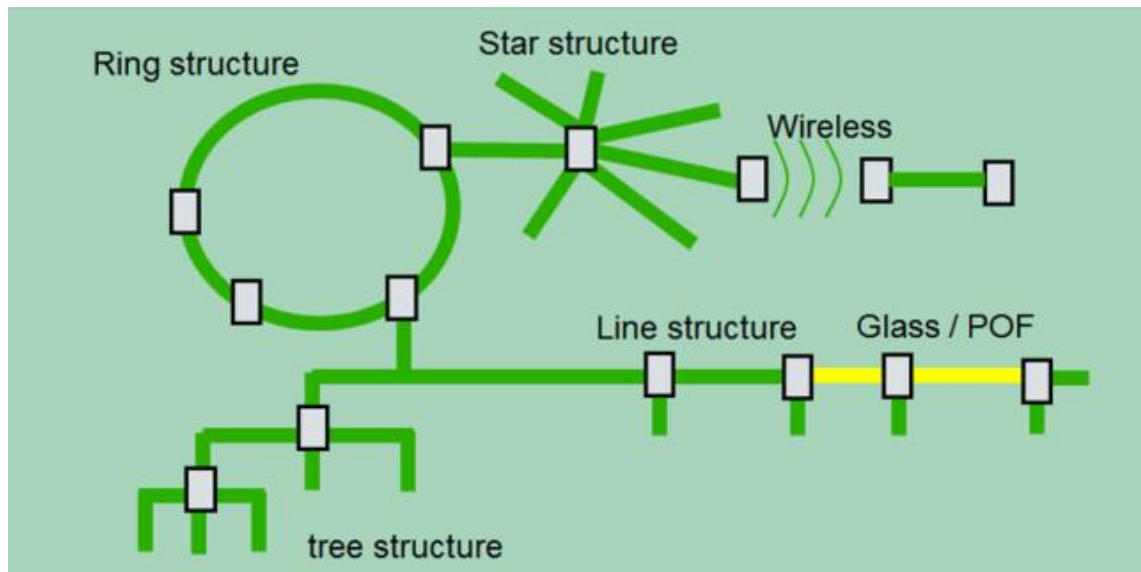


Kuva 4. Nopeatoimintainen siltatasasuuntaaja.

2.4 Profinet -kenttäväylä

Kenttäväylä mahdollistaa I/O:n hajautuksen kentälle. Hyöty on suurin silloin, kun kentällä on paljon tuloja ja lähtöjä ja ne on hajautettu isolle alueelle. Kenttäväylällä voidaan yhdistää kentän laitteet osaksi ohjausjärjestelmää yhdellä kaapelilla. Kenttäväylää käytettäessä säästetään kaapeloinnin määrässä, joka vaikuttaa suoraan kaapelikustannuksiin ja työkustannuksiin.

Profinet on ethernet-standardi, joka on kehitetty teolliseen käyttöön. Tässä työssä kenttätason laitteet, eli ketjunostimet yhdistetään Profinetilla sähkö- ja automaatiokeskukseen. Sähkö- ja automaatiokeskukseen liitettävästä ohjauspaneelistä voidaan silloin ohjata kaikkia järjestelmässä olevia ketjunostimia. Profinet valittiin sen reaaliaikaisuuden ja monipuolisten verkkotopologioiden vuoksi (kuva 5).



Kuva 5. Erilaisia Profinet topologioita.

2.5 Suojaerotusmuuntaja

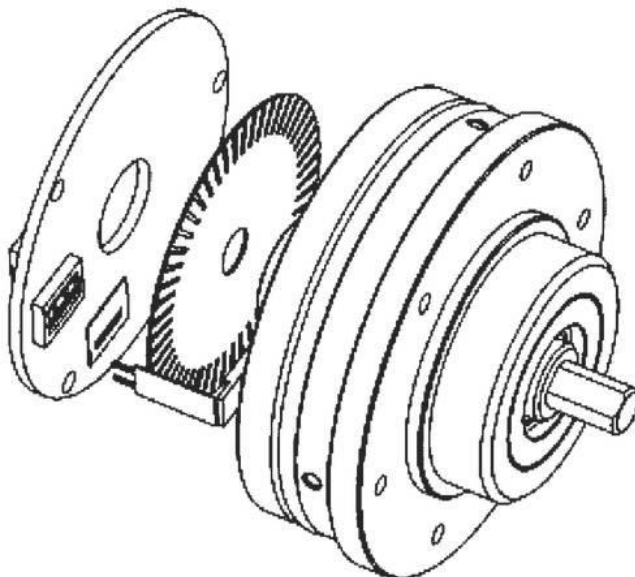
Ohjausmuuntaja (kuva 6) eli suojaerotusmuuntaja on muuntaja, jonka ensiö- ja toisiokäämi on galvaanisesti erotettu toisistaan. Galvaaninen erotus estää varauksellisten partikkelien liikkumisen käämien välillä eli estää virran suoran kulun käämien välillä. Suojaerotusmuuntajalle tuleva teho voidaan kuitenkin siirtää ensiökäämiltä toisiokäämille keskinäisinduktanssin avulla. Häätäseispiiriä ohjataan ohjausmuuntajan kautta, koska koneturvallisuus standardi SFS-EN 60204 määrittelee: ”Kun ohjauspiirejä syötetään vaihtovirralla, on siihen käytettävä ohjausmuuntajia. Muuntajilla on oltava erilliskäämitykset.”



Kuva 6. Suojaerotusmuuntaja.

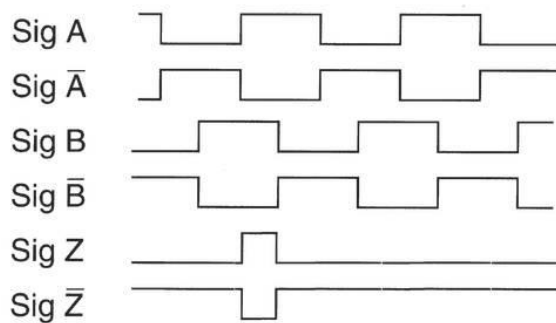
2.6 Pulssianturi

Pulssianturi eli inkrementtianturi mittaa laitteen kääntymiskulmaa. Pulssianturi (kuva 7) koostuu LEDistä, joka lähettää valon valoa vastaanottavaan diodiin. Näiden kahden diodin välissä on pulssikiekko, joka on kiinnitetty akseliin sen keskipisteestä. Kiekossa on vuorotellen läpinäkyviä ja läpinäkymättömiä viivoja. Viivojen lukumäärä kertoo laitteen erottelukyvyn eli resoluution. Pulssianturin akselin pyöriessä myös siinä kiinni oleva pulssikiekko pyörii ja valo vuorotellen näkyy ja ei näy valoa vastaanottavalle diodille. Tästä saatava analoginen signaali vahvistetaan ja sitten muutetaan suorakulmaiseksi kantiaalloksi.



Kuva 7. Pulssianturi

Pulssiantureita on kahdenlaisia, yksikanavainen ja kaksikanavainen pulssianturi. kaksikanavainen pulssianturi eroaa yksikanavaisesta siinä, että se tunnistaa pyörimissuunnan. Pyörimissuunnan havaitsemiseksi kiekolla on kaksi keskenään 90 asteen vaihesiirrossa olevaa viivakehää. Lisäksi anturi antaa nollapulssin, joka syntyy kerran kierroksella. Kaksikanavaiselta pulssianturilta tulee siis kolme pulssia, A- ja B-kanavat molemmille suunnille sekä Z-kanava nollapulssille (kuva 8). Näyttämötekniikan sovelluksissa pulssianturilla täytyy olla Line driver -lähtö, joka ei ole niin altis sähköisille häiriöille.



Kuva 8. Pulssianturin A-,B- ja Z-kanavan suorakulmaiset kanttiaallot.

2.7 Turvallisuus

Turvallisuusvaatimuksena työssä oli saksalaisen sähkökäyttöisiin ketjunostimiin keskittyneen työryhmän (VPLT) kokoama standardi SR2.0, joka on tehty yhteistyössä lakisääteisen tapaturmavakuutuksiin ja tapaturmien ehkäisyyn keskittyneen hallinnollisen sektorin laitoksen (VBG), tapaturmavakuutuksiin ja tapaturmien ehkäisyyn metalliteollisuudessa keskittyneen hallinnollisen sektorin laitoksen (maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft) sekä julkisen sektorin onnettomuusvakuutusyhtiöiden keskusliiton kanssa. Lisäksi on konsultoitu työryhmää, joka koostuu eri radio- ja televisioistudioiden työturvallisuusinsinööreistä.

Standardi erottelee ketjunostimet kolmeen eri luokkaan:

- D8
- D8 Plus
- C1

Tässä työssä keskitytään D8 Plus- ja C1-luokan ketjunostinlaitteisiin.

2.7.1 Luokka D8

Kyseistä turvallisuusluokkaa ei näyttämötekniikan sovelluksissa käytetä. Henkilö ei saa olla nostimen alla minkäänlaisissa tilanteissa, kun siihen on ladattu kuormaa. Lisäksi näyttämötekniikan sovellukset vaativat 2 erillistä jarrua, kun D8 Luokka vaatii vain yhden.

2.7.2 Luokka D8 plus

Laite on rakennettu niin, että sillä voidaan turvallisesti kannatella kuormaa henkilön ollessa nostimen alla. Kuormaa ei kuitenkaan saa siirtää tai purkaa henkilöiden ollessa nostimen alla.

Vaatimuksia:

- jarrujen määrä: 2
- ajorajat: Ei
- turvarajat: Ei
- ylikuorman valvonta: Kyllä
- kelautumisvahti: Ei

2.7.3 Luokka C1

Kuormaa voidaan pitää, nostaa ja purkaa turvallisesti henkilön ollessa nostimen alla.

Vaatimukset:

- jarrujen määrä: 2
- ajorajat: Kyllä
- turvarajat: Kyllä
- ylikuorman valvonta: Kyllä, pysäytys kun 120% nimelliskuormasta.

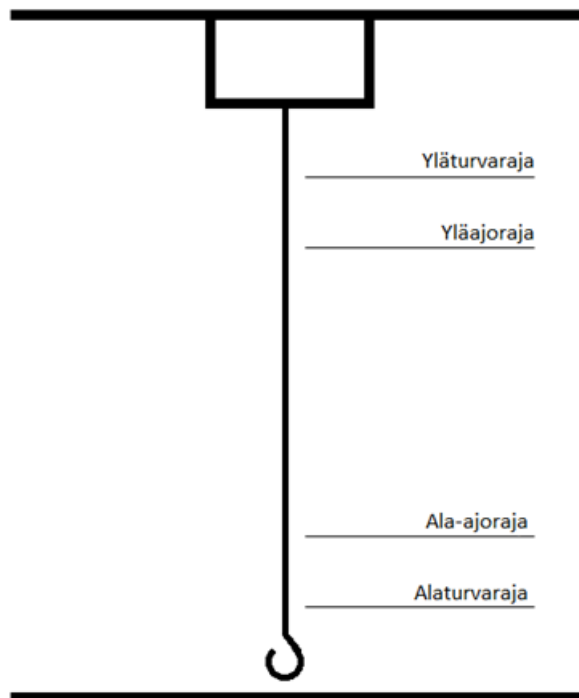
- kelautumisvahti: Kyllä

Ylikuorman valvonta pysäyttää nostimen kun nimelliskuorma ylittää sallitun arvon. Turvallisuusluokkaa C1 käytettäessä saa nimelliskuorma olla enintään 120 prosenttia, jonka jälkeen laitteen on pysähdyttävä. Turvallisuusmääräys D8 Plus ei määrittele tarkemmin maksimaalista ylikuormaa.

Kelautumisvahti toimii päinvastoin kuin ylikuorman valvonta. Kelautumisvahti pysäyttää nostimen liikkeen, silloin kun nostimen ketju löystyy eli sen paino on liian alhainen.

Ajorajat eli ala-ajoraja ja yläajoraja rajaavat nostimen käyttöalueen ja pysäyttävät nostimen liikkeen käyttäjän säätämässä paikoissa (kuva 9).

Turvarajat eli alaturvaraja ja yläturvaraja pysäyttävät nostimen liikkeen jos ajorajat eivät reagoi. Turvarajat ovat hieman ajorajojen jälkeen, ennen mekaanista estettä (kuva 9).



Kuva 9. Ajorajat ja turvarajat.

2.7.4 Hätäseispysäytys

Hätäseispysäytys pysäyttää laitteen nopeasti ja mahdollisimman turvallisesti. Hätäseispainiketta painettaessa pysäytyssignaali annetaan heti taajuusmuuttajalle ja taajuus alkaa laskea erikseen asetellun hidastusrampin mukaisesti. Jarrutuksesta vapautuva energia puretaan jarruvastukseen. Nopeuden laskiessa asetellun taajuuden alapuolelle, sulkeutuvat jarrut pienellä eroviiveellä ja ketjunostimen liike pysähtyy. Pääkontaktori päästää vasta pienen viiveen jälkeen, jolloin liike on jo turvallisesti pysäytetty. Taajuusmuuttajaan ja moottoriin ei jää käyttöjännitettä.

2.7.5 ProfiSafe

ProfiSafe on turvaväylä, joka on rakennettu Profinetin päälle. Samassa väylässä voi silloin olla tavallisia moduuleja ja turvamoduuleja. Tässä opinnäytetyössä on käytetty digitaalisia turvatulokortteja indikoimaan hätäseispainikkeiden tilaa ja suorittamaan kontaktorien valvonta. Turvalähtökortti ohjaa pää-, ohjausjännitekontaktoria sekä hätäseiskontaktoria. Lisäksi sillä ohjataan ohjauspaneelin jännitteen katkaisevaa kontaktoria.

2.8 Moninapapistokeliittimet

Kaikki konekohtaisiin keskuksiin ja sähkö- ja automaatiokeskuksen lähtevät ja tulevat vedot tehdään pistokeliittimillä. Pistokeliittimien käyttö nopeuttaa asennusta kohteessa. Insta Automationin tiloissa voidaan tehdä kaikki tarvittavat johdotukset ketjunostimen ja konekohtaisen keskuksen välille. Lisäksi säästetään keskuksessa tilaa, koska riviliittimiä ei tarvita. Kaikki johdotukset voidaan tehdä suoraan komponenteilta pistokeliittimien napoihin. Sähkö- ja automaatiokeskukselta konekohtaiselle keskukselle tulevat johdotukset tehtiin myös moninapapistokeliittimillä, näin ketjunostimet ovat helposti liikuteltavissa.

3 JÄRJESTELMÄ

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.1 Konekohtainen keskus

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.2 Taajuusmuuttajat

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.2.1 Schneider ATV71 -sarja

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.2.2 Nord SK 535E -sarja

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.2.3 Lenze Protec 8400

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.3 Taajuusmuuttajan valinta

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.4 Komponenttien valinta

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

3.4.1 Moninapapistokeliittimet ja kaapelivalinnat

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

4 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOKESKUS

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

4.1 Komponenttien valinta

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

4.2 Ohjelmoitava turvalogiikka ja Profinet-kytkimet

Tämän kappaleen sisältö on julistettu salaiseksi.

5 YHTEENVETO

Työn tärkeimpänä tavoitteena, oli suunnitella kustannustehokas ja kompakti ketjunostinjärjestelmä, joka olisi helposti muunneltavissa ja jonka asennus ja käyttöönotto olisivat mahdollisimman nopeaa. Tämä tarkoittaa sitä, että ketjunostinten määrä tulisi olla helposti muunneltavissa kahdesta ketjunostimesta aina kuuteentoista ketjunostimeen saakka. Konekohtaisen keskuksen koko tulisi olla sama turvallisuusluokasta riippumatta ja kaikki liittynät tulisi olla helposti kytkettävissä. Kustannustehokkuuteen vaikuttivat myös taajuusmuuttajan valinta.

Konekohtaiseen keskuksen suunnitteluun käytetty pitkä aika osoittautui kannattavaksi, vaikka sen koko jäi vielä suhteellisen suureksi verrattuna ketjunostimen kokoon (kuva 19). Konekohtaisen keskuksen koko mahdollistaa joko turvallisuusluokan C1 tai D8 Plus käyttämisen niin, ettei keskuksen kokoa tarvitse muuttaa ja vielä niin, että tarvittavat lisäkomponentit ovat helposti lisättävissä keskuksiin. Keskuksen koko pieneni huomattavasti, kun huomattiin taajuusmuuttajan I/O-kortin tulojen ja lähtöjen riittävän ketjunostimelle ja ne olivat vielä väylää pitkin luettavissa päälogiikalle. Lisäksi keskuksen kaikki sisäiset johdotuksen voitiin tehdä ilman riviliittimiä asentamalla kaikki johdot suoraan moninapistokeliitinten napoihin.

Kuva 19. Konekohtainen keskus ja ketjunostin.

LÄHTEET

Insta Automation. Vuosikatsaus 2013.

Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T. 2009. Sähköasennukset 3. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kankkunen V. 2012. 3 x 32 suojaerotusmuuntajien suunnittelu, toteutus ja koestus. Elektroniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Pelkonen J. 2010. Profinetin soveltaminen viilunpinkkaajassa. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Tuominen O-E. 2010. Taajuusmuuttajamoottoriyhdistelmien tutkiminen ABB ACS800 -taajuusmuuttajia käyttäen. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Hietikko, M. 2006. Turvavylien valintakriteerit. Luettu 27.5.2014.
<http://koti.mbnet.fi/asaf/3Hietikko.pdf>

Lampinen T. 2012. Valmet Automotiven esikäsittelylaitoksen ohjelmoitavien logiikoiden modernisointi. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

OEM Automatic. Pulssianturien teoriaa. Luettu 28.10.2014.
http://www.oem.fi/Tuotteet/Anturi/Pulssianturit/Yleista/Pulssianturien_teoraa/825723-526144.html

SKS Group. Pulssianturit. Luettu 28.10.2014.
[Tekel_pulssianturit_1075286_080107.pdf](#)