

Teemu Laitala

Lihaleikkurin modernisointi

Opinnäytetyö

Syksy 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Teemu Laitala

Työn nimi: Lihaleikkurin modernisointi

Ohjaaja: Heikki Rajala

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 40

Tämä opinnäytetyö tehtiin Atria Tuoreliha Oy:lle, Atria Nurmon toimipisteelle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella sekä toteuttaa elintarviketuotannossa käytettävään vanhaan hydraulisesti toimivaan lihanleikkuukoneeseen täydellinen sähköjen ja ohjauksen uusinta. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa koneen ohjaukseen vaadittava logiikkaohjelma.

Opinnäytetyössä perehdyttiin myös koneturvallisuusstandardeihin, ja turvallisuus otettiin huomioon rakennusvaiheessa. Koneessa jo valmiina oleviin turvallisuuden puutteisiin pyrittiin löytämään ratkaisut.

Työssä käytiin läpi, mitkä ovat koneen tämänhetkiset puutteet, sekä millaisia ominaisuuksia koneen ohjaukselta halutaan, ja saadaanko tuotteen laatua sekä koneen käytettävyyttä parannettua.

Työ alkoi teoria osalla, jossa selvitettiin koneen toiminta, puutteet ja mitä osia ohjauksen toteuttamiseen tarvittaisiin, sekä arvioitiin turvallisuuden kannalta koneen riskit. Sen jälkeen rakennettiin uusi sähkökeskus sekä ohjaus ja asennettiin ne koneeseen, jonka jälkeen kone palautui takaisin käyttöön.

Avainsanat: koneturvallisuus, ohjelmoitava logiikka, Atria, modernisointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Teemu Laitala

Title of thesis: Modernization of a Meat Cutting Machine

Supervisor: Heikki Rajala

Year: 2019

Number of pages: 40

The thesis was made for Atria Tuoreliha Oy. The aim of the thesis was to plan and implement a complete electrical and control modernization of a meat cutting machine, which is used in food production. In addition, the goal was to implement the logic program required for controlling the machine.

In the thesis, machine safety standards were also introduced, and safety was considered during the construction phase. There were some safety deficiencies in the machine and one of the goals was to find solutions to them. The thesis examined what the current shortcomings of the machine are, what kind of features are desired from the control of the machine and is it possible to improve the quality of the product and the usability of the machine.

The thesis was started by studying the operation of the machine, and its deficiencies. It was also examined what kind of parts would be needed to implement the modernization of the control unit. The risks of the machine were assessed from the safety point of view. After that, a new electrical control unit was built and installed in the machine, after which the machine was returned to use.

Keywords: safety of machinery, programmable logic controller, Atria, modernization

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
Käytetyt Termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rakenne	8
2 YRITYSESITTELY	10
3 TEORIAA	11
3.1 Koneturvallisuus.....	11
3.2 Standardit.....	11
3.2.1 SFS-EN ISO 12100.....	12
3.2.2 SFS-EN 13870.....	12
3.2.3 SFS-EN ISO 13857.....	13
3.2.4 SFS-EN ISO 13849-1	13
3.2.5 IEC 62061	14
3.3 Ohjelmoitavat logiikat	14
3.3.1 Siemens ET200 SP.....	14
3.4 Ohjelmointikielet.....	15
3.4.1 Toimintalohkokaavio (FBD) Function Block Diagram	15
3.5 Siemens TIA-Portal	17
3.6 CADS	17
4 SÄHKÖKESKUKSEN RAKENTAMINEN.....	19
4.1 Aloitustilanne.....	19
4.2 Tavoitteet	21
4.3 Suunnittelu ja toteutus.....	21
4.3.1 Sähkösuunnittelu	21
4.3.2 Syöttö ja moottorilähdöt	22

4.3.3 Ohjauskeskus	23
4.4 Toteutus	26
4.5 Logiikkaohjelman suunnittelu	27
5 ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO	33
6 RISKIARVIOINTI JA RATKAISUT	36
7 YHTEENVETO JA POHDINTA	38
LÄHTEET	39

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Atria Oyj:n logo	10
Kuvio 2. Esimerkkikuvio AND lohkosta	16
Kuvio 3. Esimerkkikuvio lihaleikkurin ohjelmasta	16
Kuvio 4. TIA-Portalin käyttöliittymä	17
Kuvio 5. CADS-piirikaavio.....	18
Kuvio 6. Hydraulikkakaavio ja sähköohjatut venttiilit S1, S2, ja S3.	19
Kuvio 7. Vanha sähkökeskus.....	20
Kuvio 8. Dahlander - kytkentä	22
Kuvio 9. Moottorilähdöt / Syöttökaavio.....	23
Kuvio 10. Siemens ET200SP-keskusyksikkö.....	24
Kuvio 11. Elobaun 46212-sarjan turvarele ja toimintakaavio.	24
Kuvio 12. OMRON G2RS-Rele.....	25
Kuvio 13. Siemens SITOP PSU100L -tasavirtalähde.....	25
Kuvio 14. Ohjauskeskuksen riviliitinkaavio.....	26
Kuvio 15. Valmiit ohjauskeskukset.....	27
Kuvio 16. Hydraulipumpun ja venttiilien S2, S3 ohjaukset.	28
Kuvio 17. Ohjelmalohkot 2 ja 3.	29
Kuvio 18. Hidas ohjelmakierto.....	30
Kuvio 19. Nopea ohjelmakierto.	31
Kuvio 20. Ohjelmalohko 6.	32

Kuvio 21. Uudet ohjauskeskukset.....	33
Kuvio 22. Uudet käyttökytkimet.....	34
Kuvio 23. Sijoittelukuva.....	35
Kuvio 24. Lokeron turvarajakytkin.....	36
Kuvio 25. Koneen syöttöpään este.....	37
Taulukko 1. Turvaetäisyystaulukko.....	13

Käytetyt Termit ja lyhenteet

PLC	Programmable logic controller eli ohjelmoitava logiikka on pieni tietokone, jota käytetään tosiaikaisten automaatioprosessien ohjauksessa.
TIA-Portal	Totally Integrated Automation, Siemensin valmistama ohjelmisto erilaisten logiikkojen ja käyttöliittymien ohjelmointiin.
FBD	Function block diagram on ohjelmointikieli, jota käytetään ohjelmoitavan logiikan ohjauksessa.
SFS	SFS, Suomen standardisoimisliitto ry, perustaa ja ylläpitää kansallisia standardisointiryhmiä, sekä määrittää standardeja.
CADS	CADS, on suunnittelujärjestelmä/ohjelmisto, jota voidaan käyttää esimerkiksi sähkö- ja automaatioalan/tekniikan tms. suunnittelu- ja dokumentointitarpeisiin.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Koneiden toiminta ja turvallisuus ovat keskeisiä aiheita myös elintarviketuotannossa Atrialla. Koneen epävarma toiminta tuo helposti lisää kustannuksia yritykselle, ja turvallisuuspoikkeamat ovat suuri tapaturmariski käyttäjälle. Opinnäytetyössä modernisoitu lihaleikkuri on vuonna 1986 valmistettu, joten sen turvallisuusstandardit eivät olleet nykyisten standardien mukaisia. Koneen ohjaus oli toteutettu täysin releillä, eikä se toiminut enää niin kuin sen täytyisi toimia, tämä aiheutti paljon ongelmatilanteita niin huollolle kuin tuotannolle. Uuden koneen hinta olisi ollut liian suuri suhteessa käyttöasteeseen, joten oli järkevämpää toteuttaa koneelle täydellinen sähköjen ja ohjauksen uusinta.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa lihaleikkurille täydellinen sähköjen ja ohjauksen modernisointi, jossa otetaan huomioon koneen alkuperäinen toiminta, sekä mahdollisesti käyttäjää helpottavat lisäykset ohjauksessa. Työssä tavoitteena on myös perehtyä turvallisuusstandardeihin, jonka myötä koneelle tehtäisiin riskiarviointi, ja riskiarvion pohjalta koneen turvallisuuteen vaikuttavat poikkeamat korjattaisiin. Turvallisuus tulee ottaa huomioon myös logiikalla tehtävässä ohjauksessa.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön alussa kerrotaan yleisesti Atrialta yrityksenä, sen historiasta ja strategiasta. Työ jatkuu teoriaosuudella, jossa keskitytään koneturvallisuuteen, standardeihin, CADS-suunnitteluohjelmaan, sekä ohjelmoitavaan logiikkaan ja siinä käytettävään ohjelmistoon. Näiden lisäksi perehdytään myös turvareleen toimintaan. Teoriaosuudessa näihin asioihin paneudutaan yksityiskohtaisemmin, koska nämä asiat

ovat keskeisimpinä opinnäytetyössä toteutettavassa modernisoinnissa. Teoriaosuuden jälkeen siirrytään tekniseen osuuteen, ja suoraan sähkökeskuksen rakentamiskokemuksiin. Sähkökeskuksen rakentamisessa käydään ensimmäisenä läpi aloitustilanne, jossa kerrotaan, miten kone toimii, ja mikä on sen tämänhetkinen tilanne, sekä käydään läpi modernisoinnin tavoitteet. Aloitustilanteen jälkeen työssä edetään suunnitteluvaiheeseen, jossa käydään pääasiassa läpi sähkösuunnittelua sekä logiikkaohjelmointia, ja sähkökomponenttien valintaa ohjauskeskukselle. Luvussa viisi kerrotaan uusien ohjauskeskusten asennuksesta sekä käyttöönoton etenemisestä. Luvussa kuusi käydään läpi riskiarvioinnin pohjalta työhön tehdyt turvallisuuden muutokset ja ratkaisut. Luvussa seitsemän on yhteenveto tehdystä työstä sekä kerrotaan työn aikana ilmenneistä ongelmakohdista.

2 YRITYSESITTELY

Vuonna 1903 perustettu yritys Atria on Pohjoismaiden, Viron ja Venäjän johtavia liha- ja ruoka-alan yrityksiä. Atria Suomi vastaa koko Atrian Suomen toiminnoista, ja Suomi on Atrian merkittävin yksittäinen liiketoiminta-alue. Atria Suomi valmistaa ja kehittää tuoreita liha sekä elintarviketuotteita. Atrian liikevaihto vuonna 2019 oli 1033,8 miljoonaa euroa, ja henkilöstön määrä suomessa noin 2300. (Atria 2019. [Viitattu 10.2.2020].)

Atrian päätuote on Hyvä Ruoka, joka tuottaa paremman mielen ja kestäväää arvoa kaikille sidosryhmilleen. Atrian ruoka on vastuullisesti ja eettisesti tuotettua, ravitsevaa ja turvallista ruokaa. (Atria 2019. [Viitattu 10.2.2020].)

Atria suomen liiketoimintoja ovat liha, lihavalmistete, siipikarja sekä valmisruoka. Atrian Suomen toimipisteet sijaitsevat, Kauhajoella, Forssassa, Sahalahdessa, Jyväskylässä, Kuopiossa sekä päätoimipiste sijaitsee Seinäjoella Nurmossa. Atria Suomi Oy:llä on myös muun muassa konserniyritys Atria-Tekniikka Oy, joka vastaa tuotantolaitoksien huollosta ja kunnossapidosta. (Atria 2019. [Viitattu 10.2.2020].)



Kuvio 1. Atria Oy:n logo (Atria 2019. [Viitattu 10.2.2020].)

3 TEORIAA

3.1 Koneturvallisuus

Koneturvallisuudella tarkoitetaan koneen teknisiin rakenteisiin, toimintoihin sekä varusteisiin kuuluvia ominaisuuksia, jotka suunnittelija ja valmistaja tekevät koneeseen, jotta kone soveltuisi tarkoitettuun käyttöön, kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että koneeseen jäljelle jäävät riskit ovat mahdollisimman pienet. Jäljelle jäävien riskien hallintaan on ensisijaisesti käytettävä teknisiä menetelmiä, kuten suojuksia ja turvalaitteita, eikä kone tällöin aiheuta vaaraa tapaturmalle tai haittaa terveydelle. Turvallisuuden määrittämiseksi koneelle tehdään jo suunnitteluvaiheessa riskien arviointi, jonka perusteella pystytään määrittelemään koneen vaatimat turvallisuusjärjestelmät. (Työturvallisuuskeskus [Viitattu 1.4.2020].)

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että työpaikoilla käytettävien koneiden, työvälineiden ja kuljetusvälineiden sekä muiden laitteiden tulee olla turvallisuusmääräysten mukaisia ja niitä on käytettävä valmistajien antamien ohjeiden sekä viranomaismääräysten mukaisesti. Työhön hankittavien koneiden tulee olla niitä koskevien vaatimuksien eli standardien mukaisia ja kyseiseen työhön sopivia, sekä turvallisia käyttää. (Työsuojeluhallinto [Viitattu 1.4.2020].)

Vastuu on koneen myyjällä, jonka tehtävänä on toimittaa koneen mukana siihen kuuluvat käyttöohjeet. Myös käytettyinä ostettujen koneiden mukana on toimitettava ohjeet. (Työsuojeluhallinto [Viitattu 1.4.2020].)

3.2 Standardit

Standardit ovat yhteisiä menettelytapoja toistuvaan toimintaan, niiden tarkoituksena on helpottaa kuluttajan, viranomaisen ja muiden osapuolien työtä. Standardeilla laaditaan yhteiset säännöt ja menetelmät, joilla varmistetaan järjestelmien ja tuotteiden yhteensopivuus. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia, mutta viranomaiset saattavat edellyttää niiden käyttöä. Standardi on kirjallinen julkaisu ja standardoinnista

huolehtivan viranomaisen, järjestön tai muun tunnustetun elimen hyväksymä. (Suomen Standardisoimisliitto [Viitattu 1.4.2020].)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on standardisoinnin keskusjärjestö Suomessa, sen päätehtäviä ovat SFS-standardien laadinta, vahvistaminen, myynti, tiedottaminen ja julkaiseminen. SFS on jäsen kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä ISOssa (International Organization for Standardization) ja Euroopan standardisoimisjärjestö CENissä (European Committee for Standardization). Suurin osa SFS-standardeista perustuu kansainvälisiin tai eurooppalaisiin standardeihin. (Suomen Standardisoimisliitto [Viitattu 1.4.2020].)

Tässä luvussa käydään läpi turvallisuusstandardeista EN ISO 12100, EN 13870, EN ISO 13857, EN ISO 13849-1 sekä IEC 62061. Nämä standardit otettiin huomioon modernisoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa. Koneessa oli kohtuullisesti puutteita nykyisiin standardeihin nähden, johtuen koneen iästä, joten turvallisuuteen ja poikkeamiin oli tarve paneutua tarkemmin.

3.2.1 SFS-EN ISO 12100

ISO 12100 -standardi käsittelee koneturvallisuutta, ja siinä määritellään peruskäsitteitä sekä menetelmiä, joilla saadaan turvallisuus aikaiseksi koneita suunniteltaessa. Standardissa määritetään suunnittelijoiden avuksi periaatteita riskin arvioimiseen ja pienentämiseen, sekä annetaan opastusta mahdollisten asiakirjojen laatimiseen. (SFS-EN 12100 2011, 10. [Viitattu 5.4.2020].)

3.2.2 SFS-EN 13870

SFS-EN 13870 -standardi on tarkoitettu elintarviketeollisuudessa käytettäville kyljys- ja leikeleikkureille. Standardissa käsitellään yksityiskohtaisemmin turvallisuus- ja hygienia vaatimuksia lihanleikkuukoneille. (SFS-EN 13870 2015, 5. [Viitattu 5.4.2020].)

Kyseinen standardi oli oleellinen tässä opinnäytetyössä, sillä kyseessä oli vastaavanlainen lihaleikkuri. Työssä sovellettiin mm. etäisyystaulukkoa, joka löytyy standardista.

Taulukko 1. Turvaetäisyystaulukko.

Taulukko turvaetäisyyksistä sisäänsyötölle ilman lukkiutuvaa turvarajaa.									
A	≥	1000	1000	1000	850	850	850	550	230
B	≤	280	250	230	200	180	150	120	30
C	≤	300	280	250	230	200	180	150	50
D	≤	330	300	280	250	230	200	180	50
E	≤	≤ 300	≤ 500	*e.v	≤ 300	≤ 500	*e.v	*e.v	*e.v
				(mitat ilmoitettu millimetreinä)					
				*e.v = ei vaatimuksia					
A	Turvaetäisyys vaarakohteeseen								
B	Sisäänsyötön avautumiskorkeus								
C	Sisäänsyötön avautumiskorkeus jossa lukitus								
D	Sisäänsyötön avautumiskorkeus jossa yksi tai useampi valoverho								
E	Sisäänsyötön avautumisleveys								

3.2.3 SFS-EN ISO 13857

SFS-EN ISO 13857 -standardissa käsitellään tarkemmin yleisiä turvaetäisyyksien mittoja, teollisuuden sekä muihin ympäristöihin kuuluvien koneiden vaaravyöhykkeelle ulottumisen estämiseksi. (SFS-EN ISO 13857 2019, 5. [Viitattu 5.4.2020].)

Opinnäytetyössä tämän standardin etäisyyksiä sovellettiin yhdessä standardin 13870 taulukon kanssa.

3.2.4 SFS-EN ISO 13849-1

ISO 13849-1 standardissa käsitellään ohjausjärjestelmien osia, jotka liittyvät turvallisuuteen, riippumatta käytetystä teknologiasta tai energiasta. Standardissa esitetään turvallisuusvaatimuksia sekä opastetaan ohjausjärjestelmien turvallisuuteen liittyvien osien suunnittelun periaatteista. Standardi määrittää osille ominaisuudet, että ne vastaavat turvatoiminnon toteuttamiseen vaadittavan suoritustason. (SFS-EN ISO 13849 2016, 6-7. [Viitattu 5.4.2020].)

3.2.5 IEC 62061

IEC 62061 on kansainvälinen standardi määrittää suosituksia ja vaatimuksia koneen turvallisuuteen, siinä olevien sähköisten, elektronisien ja ohjelmoitavien ohjausjärjestelmien suunnitteluun liittyen. Standardi perustuu järjestelmälliseen menettelyyn, minkä avulla riskejä saadaan pienennettyä vaatimuksien mukaiselle tasolle. (IEC 62061 2015, 10. [Viitattu 5.4.2020].)

3.3 Ohjelmoitavat logiikat

Lyhenteellä tunnettu PLC (programmable logic controller) tai logiikka eli ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen pieni tietokone, jota käytetään automaatiolaitteiden sekä prosessien ohjauksessa, kuten esimerkiksi NC-koneissa ja tuotannon kokoamislinjoissa. Ohjelmoitavat logiikat otettiin alun perin käyttöön autoteollisuudessa. Yhdellä logiikalla on mahdollista korvata jopa satoja tai tuhansia aiemmin laitteissa käytettyjä releitä ja ajastimia, sekä mahdollistaa paljon laajemman tai monimutkaisemman prosessin tekemisen. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 35.)

Ohjelmoitavan logiikan ulkoiset liitännät tunnetaan nimellä tulo ja lähtö, ne tulevat termistä I/O eli input/output. Tuloporttien kautta logiikan järjestelmälle saadaan tieto kentällä olevista tapahtumista esimerkiksi erilaisten antureiden avulla. Lähtöporttien kautta logiikalta saadaan lähetettyä digitaalista tietoa, jolla voidaan kytkeä kentällä olevia laitteita päälle ja pois. (Omron 2009, 7.)

3.3.1 Siemens ET200 SP

Työssä käytettiin logiikkana Siemensin ET200 SP -sarjan moduulirakenteista 1510SP-keskusyksikköä. ET200 SP -sarjan logiikat ovat hyviä keskisuuriin tai jopa suuriin ja vaativiin automaatiojärjestelmiin. Moduulirakennettu logiikka tarkoittaa sitä, että siihen voidaan valita juuri sellaiset ominaisuudet, mitä logiikalta itse haluaa. Moduulirakenteiseen logiikkaan on myös mahdollista lisätä jälkepäin tarvittavia ominaisuuksia. (Siemens Oy [Viitattu 19.4.2020].)

3.4 Ohjelmointikielet

Tyypillisimmät ohjelmointikielet ovat tikapuu- eli relekaavio (LD), käskylista (STL) tai toimintalohkokaavio (FBD) sekä näiden lisäksi lausemuotoon strukturoitu teksti (ST). Myös sekvenssiohjauksiin on olemassa niille sopiva sekvenssivuokaaviomuoto (SFC). (Omron 2009, 11.)

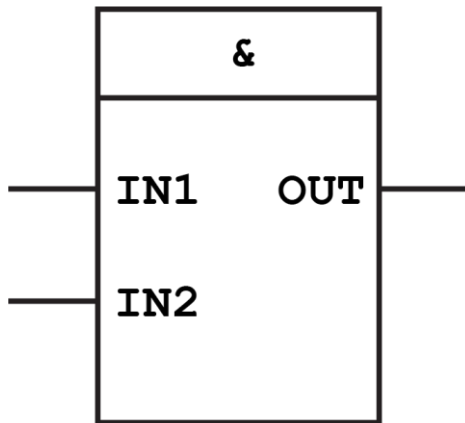
Ohjelmointi tehdään useimmiten tietokoneeseen asennetulla ohjelmointiohjelmistolla, josta se siirretään logiikan muistikortille logiikan ymmärtämään koodimuotoon. PLC-laitteistojen valmistajia on paljon ja suurimmalla osalla valmistajista löytyy omat ohjelmistonsa ohjelmointia varten. Tämän vuoksi ohjelmointikielille on luotu oma standardi IEC 61131-3. Yleisimmin käytetyt ohjelmointikielet ovat käskylista (STL), toimintalohkokaavio (FBD) ja tikapuu (LD). (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 224.)

Tässä työssä ohjelmointikielenä käytettiin toimintalohkokaaviota (FBD), joten siihen perehdytään tarkemmin.

3.4.1 Toimintalohkokaavio (FBD) Function Block Diagram

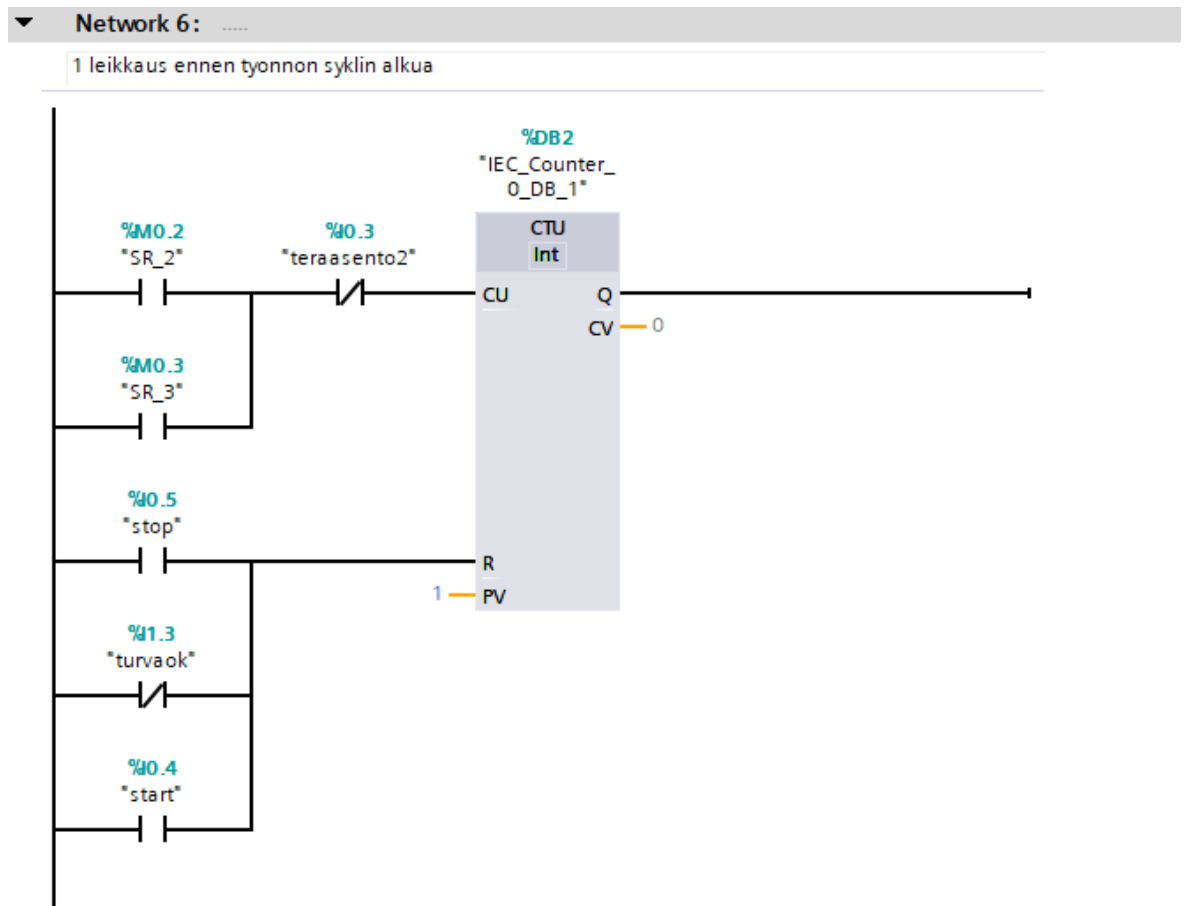
Function block diagram eli toimintalohkokaavio on graafinen ohjelmointikieli, joka on toteutettu graafisilla laatikoilla, joista nähdään tuloportit sekä lähtöportit. FBD on hyvin selkolukuinen ja helposti ymmärrettävä ohjelmointitapa, jonka vuoksi se on hyvin suuressa käytössä. Se koostuu useista eri lohkoista, jotka sisältävät useita loogisia ehtoja tai laskukaavoja. Toimintalohkokaaviossa ohjelma rakennetaan yleisimmin usealle eri riville, ja jokaisella rivillä on komentoja tai sarja komentoja. Komennot luetaan rivi kerrallaan ylhäältä alaspäin ja vasemmalta oikealle, joten ohjelmaa on helpompi rakentaa vaihe vaiheelta. (3S Smart software solutions [Viitattu 19.4.2020].)

Kuviossa 2 on esimerkkikuva toimintalohkokaavion AND-lohkosta. AND eli suomeksi (JA)-lohko on yksi ohjelmoinnin perustoiminnoista, ja se toimii siten, että kun tuloportit IN1 ja IN2 ovat molemmat aktiivisia, niin lohko aktivoi lähdön OUT aktiiviseksi.



Kuvio 2. Esimerkkikuvio AND lohkosta (Plcademy 2018. [Viitattu 9.4.2020].)

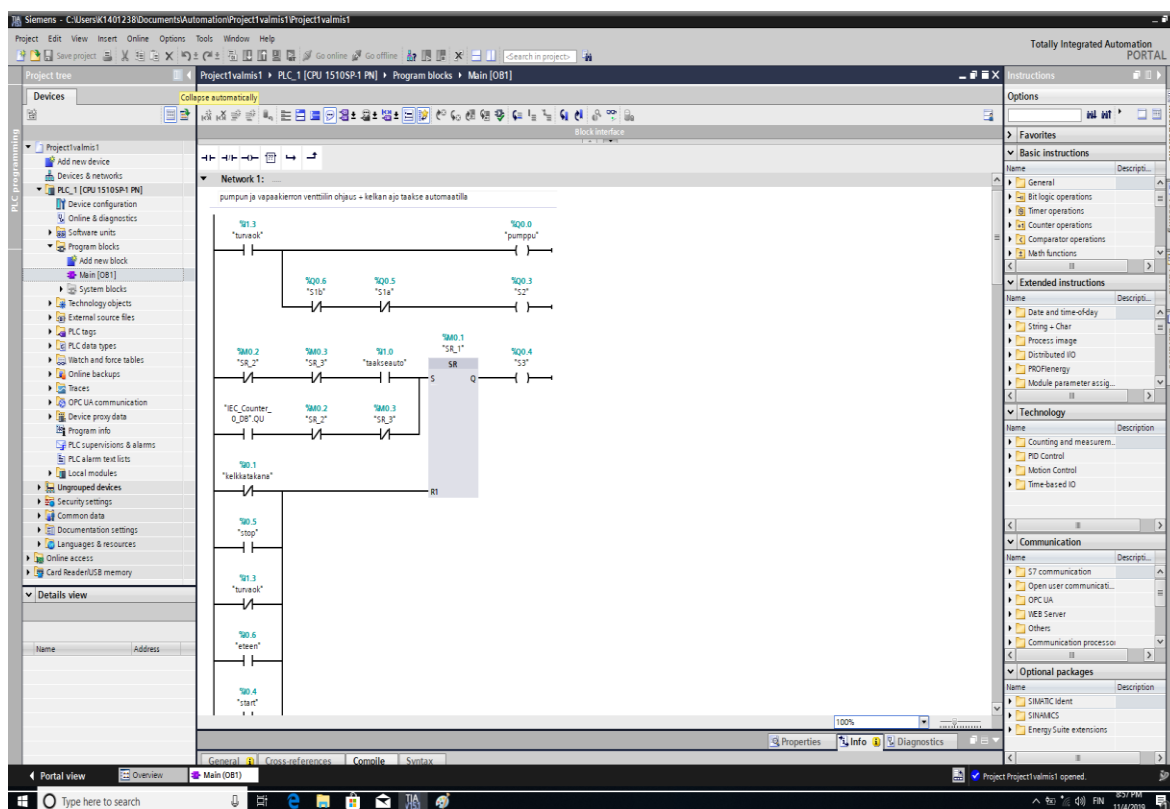
Kuviossa 3 on esimerkkikuvio työssä tehdyn lihaleikkurin ohjelmasta. Kuviossa ohjataan laskenta ylös lohkoa (CTU) useilla eri muuttujilla.



Kuvio 3. Esimerkkikuvio lihaleikkurin ohjelmasta

3.5 Siemens TIA-Portal

Totally Integrated Automation (TIA) Portal on Siemensin kehittämä suunnitteluohjelmisto tietokoneelle, se yhdistää logiikkojen ja taajuusmuuttajien ohjelmoinnin, käyttöliittymäsuunnittelun sekä tuotantoprosessien teon yhteen ohjelmaan. TIA Portal on suunniteltu helpottamaan ohjelmointisuunnittelua. (Siemens Oy 2019.)



Kuvio 4. TIA-Portalin käyttöliittymä

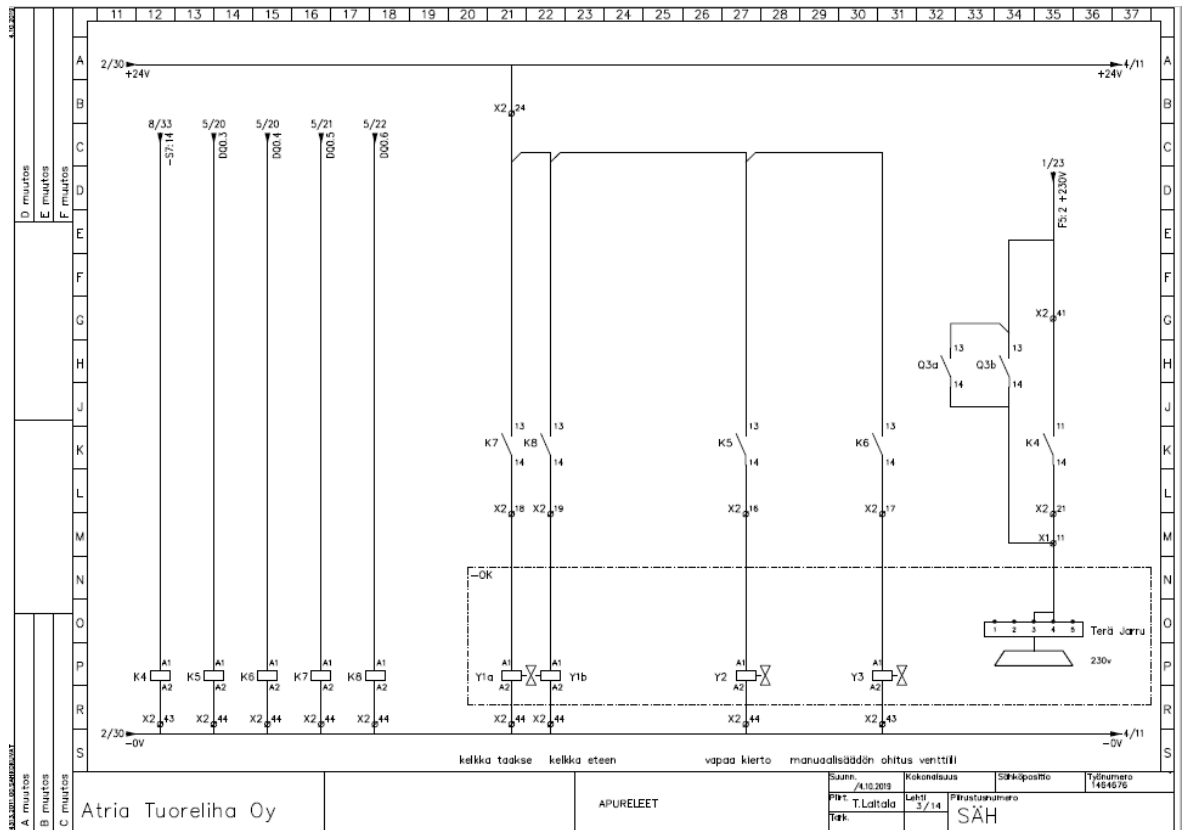
3.6 CADS

Kymdata Oy:n tekemä CADS on suomenkielinen monipuolinen ohjelmisto erilaisiin suunnittelu- ja dokumentointitarpeisiin. (Kymdata Oy 2019. [Viitattu 18.4.2020].)

Tässä työssä käytettiin CADS-ohjelman Electric työkalua, joka on erinomainen sähkö- ja automaatioalan/tekniikan tms. suunnitteluun ja sähkökaavioiden sekä layoutien piirtämiseen.

Ohjelmalla voidaan helposti muokata jo olemassa olevia kuvia, ja se tukee useita eri tiedostomuotoja. Tämän ansiosta voidaan esimerkiksi sähkökaavioiden luomisessa tuoda sähkökomponentin valmistajan sivuilta valmiit komponentin piirroskuvat eikä niitä tarvitse piirtää uudestaan. (Kyndata Oy 2019. [Viitattu 18.4.2020].)

Kuviossa 5 on kuva piirikaavion lehdestä, joka piirrettiin työssä käyttäen CADS-ohjelmistoa.

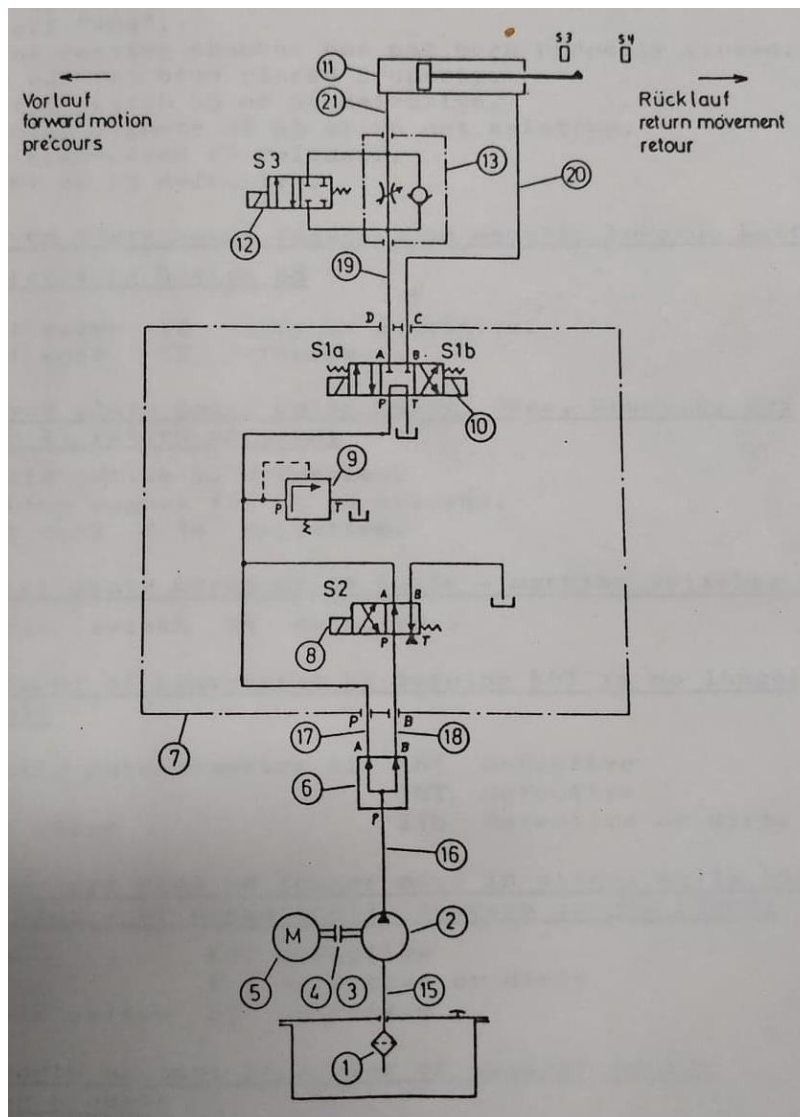


Kuvio 5. CADS-piirikaavio.

4 SÄHKÖKESKUKSEN RAKENTAMINEN

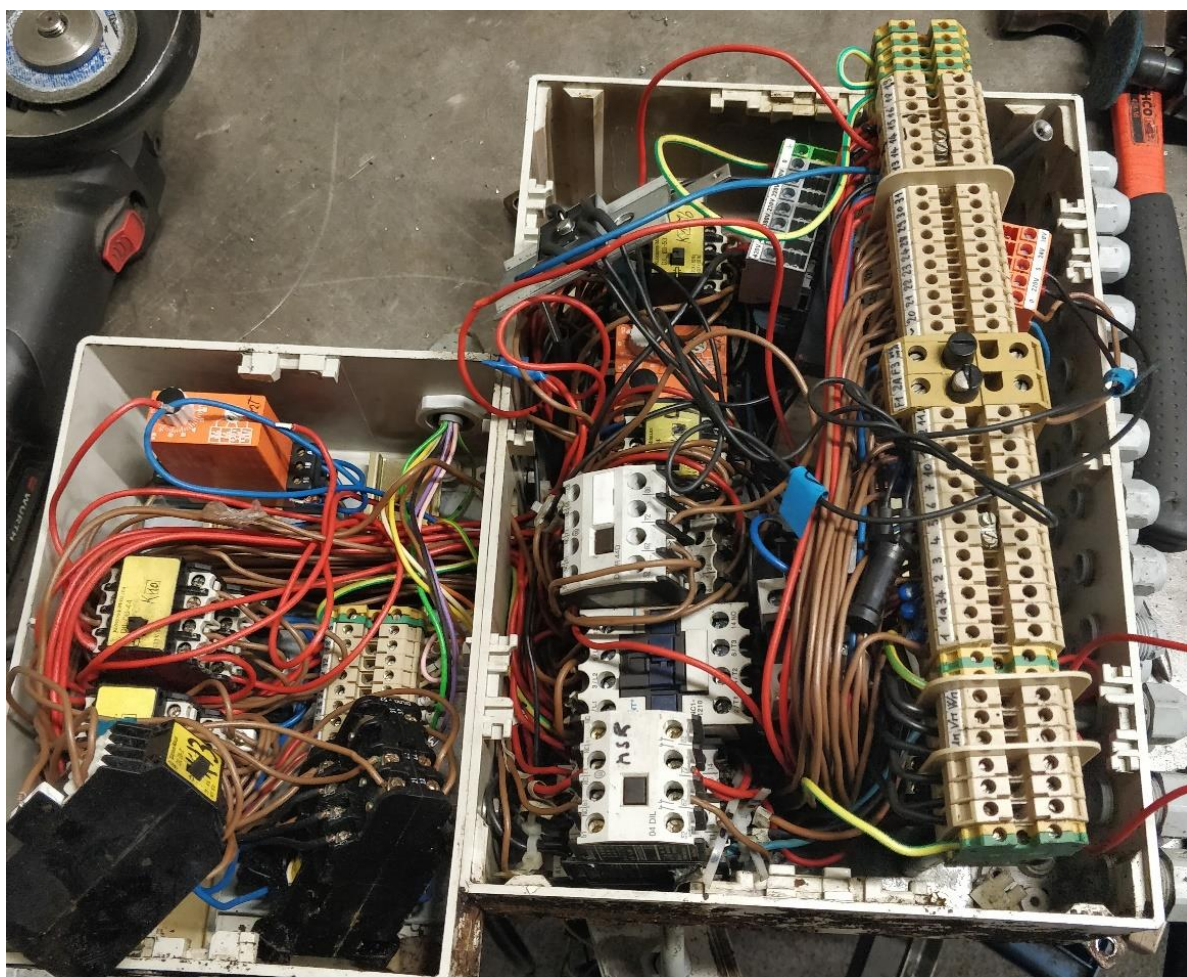
4.1 Aloitus tilanne

Lihaleikkuri toimii siten, että työkierron käynnistyessä terän moottori lähtee pyörimään, ja teräkselissä on kaksi tunnistinta, joilla saadaan tieto, missä asennossa terä on silloin kun kone on käynnissä. Tunnistimien avulla työkierrossa ohjataan aikareleitä, ja aikareleillä ohjataan koneen lihaa liikuttavaa kelkkaa eteenpäin aina yhden leikkauksen jälkeen. Koneessa lihaa liikuttavan kelkan ohjaus on toteutettu hydraulisesti, joten sen kiertoa ohjataan sähköisesti venttiileillä.



Kuvio 6. Hydraulikkakaavio ja sähköohjatut venttiilit S1, S2, ja S3.

Koneen alkuperäinen ohjaus oli toteutettu täysin releillä, ja ajansaatossa vanhoja komponentteja oli jouduttu korvaamaan uusilla, joka johti siihen, että kytkentöjä oli myös jouduttu muokkaamaan useasti. Sähkökuvia ei ollut päivitetty vuosien saatossa, joten alkuperäisiin sähkökuviin ei ollut luottamista. Tämä aiheutti vian sattuesssa ongelmia vianhaussa, ja koneen toiminta oli muutenkin epävarma. Lisäksi li-haleikkurin toimintasykli toimi väärin, koska terän ja työntimen ajoitukset oli toteutettu useilla ajastinreleillä, joista yhdenkin releen viallinen toiminta vaikutti huomattavasti ajoitukseen.



Kuvio 7. Vanha sähkökeskus.

4.2 Tavoitteet

Modernisoinnissa tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa lihaleikkurin koko ohjaus uudelleen, tähän sisältyi myös logiikkaohjelman suunnittelu sekä turvalaitteiden päivittäminen nykyisten turvallisuusstandardien mukaisiksi.

Koska lihaleikkuri on päivittäisessä käytössä, täytyi ohjauskeskukset rakentaa valmiiksi, että lopullinen modernisointi, jossa vanhat keskukset puretaan ja korvataan uusilla, ehdittäisiin tehdä viikonlopun aikana. Tällöin ei tuotannolle koituisi seisokkia.

4.3 Suunnittelu ja toteutus

Työn suunnittelu aloitettiin selvittämällä lihaleikkurin alkuperäinen toiminta, sen kaikki toimintalaitteet ja tekemällä alustava riskiarviointi. Alustavan riskiarvioinnin perusteella saatiin tietoa siitä, mitä uusien osien vaativuus pitää olla, jotta täytetään nykyiset turvallisuusstandardit. Tämän jälkeen kyseltiin käyttäjiltä mahdollisia parannuksia käytettävyyteen, nämä ehdotukset voitaisiin ottaa huomioon suunnittelu- vaiheessa. Ehdotukset olivat kuitenkin pääasiassa sellaisia asioita, joiden toiminta on kuulunut alkuperäiseen koneen toimintaan, joten koneen toiminta päätettiin tehdä alkuperäistä vastaavaksi.

4.3.1 Sähkösuunnittelu

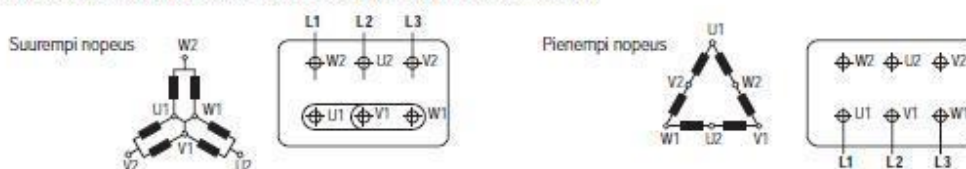
Koneen vanha sähkökeskus oli toteutettu kahdesta erillisestä keskuksesta, koska koneen sisällä oli hyvin rajallinen tila, mihin sähkökeskukset saadaan kiinnitettyä. Tämän vuoksi myös uudet sähköt päätettiin toteuttaa kahdelle eri keskukselle, näin saataisiin mahdollisimman paljon tilaa hyödynnettyä, eikä komponenttien koon puolesta tulisi ongelmia myöhemmässä vaiheessa. Kahdella keskuksella mahdollistettiin myös 24 voltin ja 230/400 voltin virtapiirien erottaminen. ensimmäiseen keskukseseen syöttö sekä moottorilähdöt, ja toiseen keskukseseen 24 voltin ohjaukset.

4.3.2 Syöttö ja moottorilähdöt

Sähkökeskuksen suunnittelussa ja ensimmäisenä sähkönsyötön sekä moottorilähtöjen suunnittelussa piirrettiin paperille alustava päävirtapiiri ja moottoriohjaukset. Lopulliset kuvat piirrettiin käyttäen CADS-ohjelmistoa.

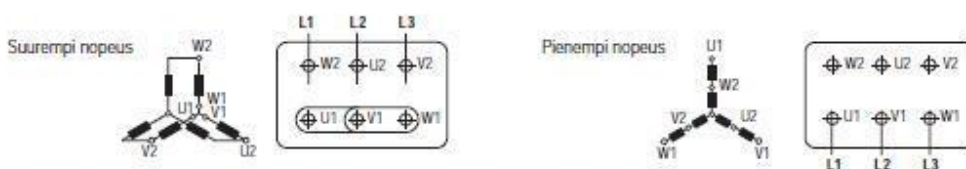
Koneen ohjattavia moottorilähtöjä on yhteensä kolme kappaletta. Lihaleikkurissa työntimen liikettä ohjataan hydraulisesti, joten ensimmäinen ohjaus on hydraulipumpun moottorille. Kaksi muuta ohjausta ovat terää pyörittävälle kaksinopeusmoottorille, koska moottori on kaksinopeuksinen, jouduttiin sähkösuunnittelussa hyödyntämään Dahlander-kytkentää.

Dahlander-kytkentä kaksinopeusmoottoreille, vakioväntömomentti:



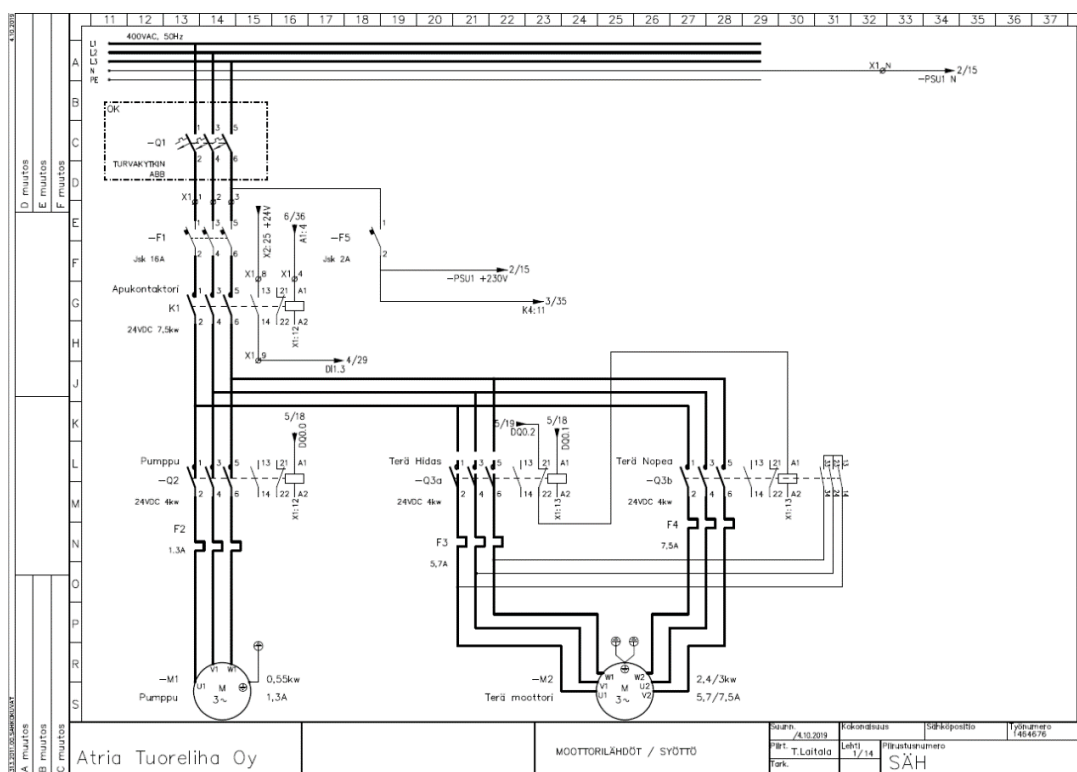
Napojen lukumäärä: 2/4, 4/8 - Synkroninopeus 50 Hz:llä: 3000/1500, 1500/750

Dahlander-kytkentä kaksinopeusmoottoreille, neliöllinen väntömomentti:



Napojen lukumäärä: 2/4, 4/8 - Synkroninopeus 50 Hz:llä: 3000/1500, 1500/750

Kuvio 8. Dahlander - kytkentä (Cemp 2016. [Viitattu 19.4.2020].)



Kuvio 9. Moottorilähdöt / Syöttökaavio

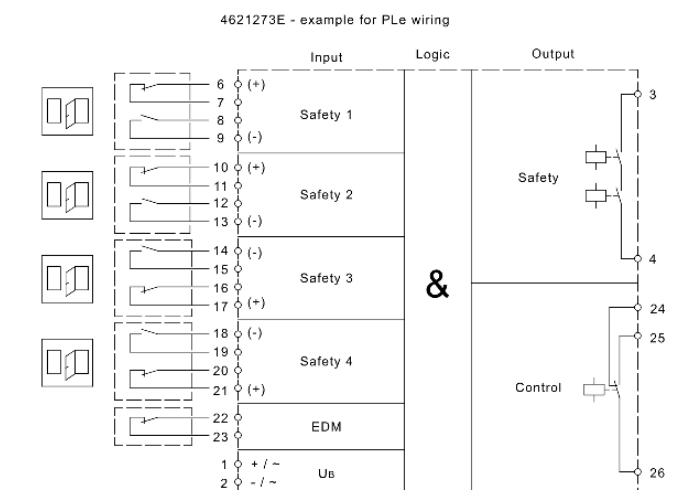
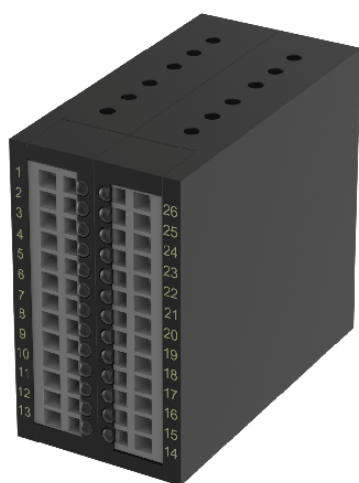
4.3.3 Ohjauskeskus

Kun syöttö ja moottorilähdöt saatiin suunniteltua, niin aloitettiin ohjauskeskuksen suunnittelu. Ohjelmoitava logiikka toimii ohjauskeskuksen ytimenä, joten aluksi selvitettiin, minkälaisen logiikan ohjaus vaatii. Atrialla on käytössä tietynlaiset logiikkamallit, joista tähän laitteeseen valikoitui käytettäväksi Siemensin ET200-sarjan 1510SP-keskussyksikkö. Kyseinen logiikka on kooltaan hyvin kompakti, se on lisäksi moduulirakenteinen malli, joten siihen voidaan tarpeen tullen lisätä ohjauskortteja tai erilaisia moduuleja.



Kuvio 10. Siemens ET200SP-keskusyksikkö. (Siemens [Viitattu 20.4.2020]).

Logiikan lisäksi ohjauskeskukseen tarvittiin turvarele, joka ohjaa koneen virransyöttöä turvalaitteiden avulla. Useissa saman tyyppisissä lihaleikkureissa on käytössä Elobaun 46212-sarjan turvarele, kyseisen sarjan turvarele eroaa yleisimmistä turvareleista siten, että se ei vaadi käyttäjän erillistä kuittausta, vaan kuittautuu itsenäisesti, jos turvalaitteet ovat ok. Tähän työhön valittiin 46212-sarjan 1H5U-turvarele, johon on mahdollista kytkeä neljä turvalaitetta, ja käyttöjännitteenä toimii 24 voltia.



Kuvio 11. Elobaun 46212-sarjan turvarele ja toimintakaavio. (Elobau [Viitattu 17.4.2020].)

Lihaleikkurin hydraulikkaa ohjaavia venttiilejä on yhteensä neljä, ja venttiilejä ohjaavat kelat vievät niin paljon virtaa, että niitä ei voida ohjata suoraan logiikan lähdeistä. Kelojen ohjausta varten piti logiikan lähdellä ohjata sähkömekaanista releettä, johon tuotiin suoraan virta tasavirtalähteeltä. Releeksi valittiin OMRONin G2RS, joka toimii myös 24 voltin jännitteellä, ja on kooltaan kompakti.



Kuvio 12. OMRON G2RS-Relé. (Omron [Viitattu 17.4.2020].)

Koska ohjaukset toteutettiin 24 voltin jännitteellä, tarvittiin ohjaukseen lisäksi vielä 24 voltin tasavirtalähde. Tasavirtalähteen valitsemisessa täytyi tietää, paljonko virtaa ja tehoa ohjauksen muut laitteet toiminnaltaan vaativat. Ohjaukseen valittiin Siemensin SITOP PSU100L -tasavirtalähde, josta saadaan virtaa 5 ampeeria ja tehoa 120 wattia.

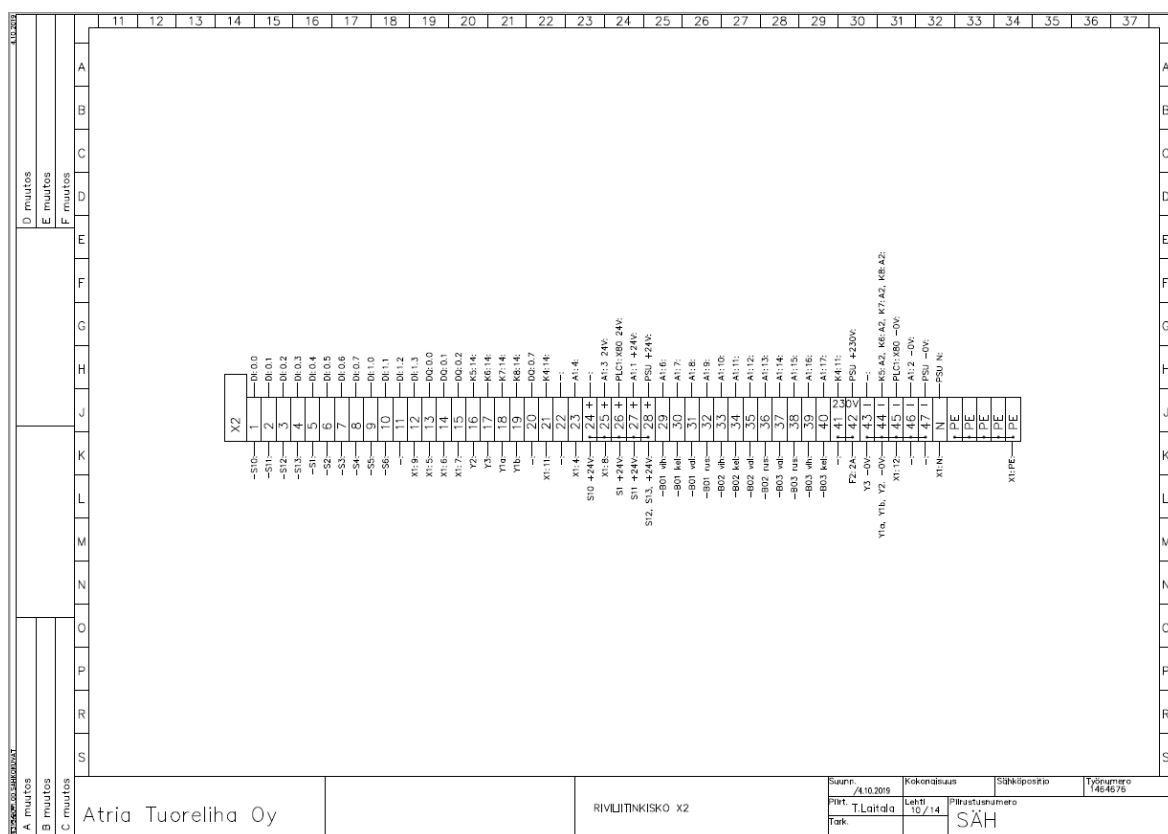


Kuvio 13. Siemens SITOP PSU100L -tasavirtalähde. (Siemens [Viitattu 19.4.2020].)

4.4 Toteutus

Sähkösuunnittelun ja komponenttien valitsemisen jälkeen tilattiin uudet sähkökeskukset ja kaikki komponentit sekä riviliittimet ja oheistarvikkeet. Tämän jälkeen molemmat keskukset koottiin, ja tehtiin ohjausjärjestelmän sisäiset kytkennät valmiiksi.

Kytkenät toteutettiin alustavien sähköpiirustusten mukaan, jossa syöttöjännite tuotiin koneen turvakytkimen kautta syöttö- ja moottorihjauskeskukselle, jossa se haaroitettiin sulakkeille ja moottorihjauksien kontaktoreille. Ensimmäisestä keskuksesta tuotiin sulakkeen kautta jännite toisen ohjauskeskuksen tasavirtalähteelle, josta se voitiin jakaa kaikille ohjauskomponenteille, sekä ohjauskeskuksen logiikan ja turvareleen ulkoiset toimilaitteohjaukset tuotiin valmiiksi riviliittimille. Alustavaa ohjelmointia varten täytyi ohjauskeskukselle tuoda myös koneen käyttökytkimet, joilla ohjataan koneen toimintaa.



Kuvio 14. Ohjauskeskuksen riviliittinkaavio.



Kuvio 15. Valmiit ohjauskeskukset.

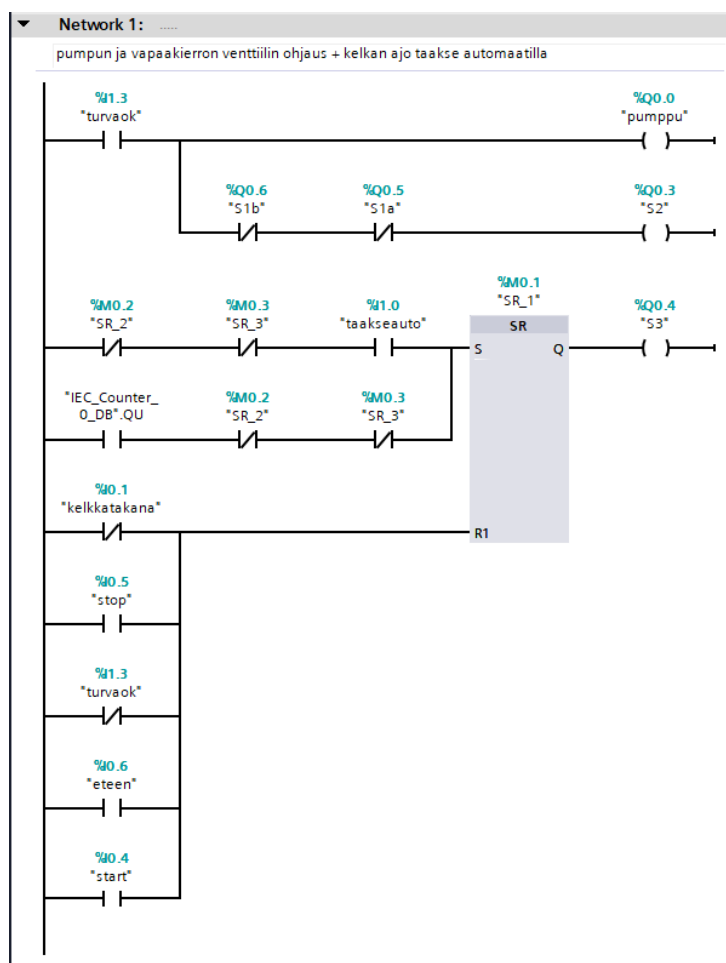
4.5 Logiikkaohjelman suunnittelu

Kun ohjauskeskukset oli saatu rakennettua ja kaikki kytkennät tarkastettua, voitiin ohjausjärjestelmään kytkeä sähköt, ja aloittaa alustavan ohjelman tekeminen.

Alkuperäisessä koneen toiminnassa on kaksi eri nopeutta, nopeammalla saadaan ajettua pienempää tuotetta, kun taas hitaammalla nopeudella suurempaa tuotetta. Uuden alkuperäistä vastaavan ohjelman tuli toimia niin, että nopeuskytkimellä voidaan valita, ajetaanko nopeampi vai hitaampi työkierto. Start-kytkintä painamalla kone tekee täydellisen työkierron yhden kerran, jonka jälkeen terä sekä lihaa liikuttava kelkka palaa takaisin aloituspisteeseen. Ohjelmaan täytyi myös tehdä manuaaliset ohjaukset lihaa liikuttavalle kelkalle, että käyttäjä voi ajaa tuotteen terän leikkauspisteelle sen koosta riippumatta.

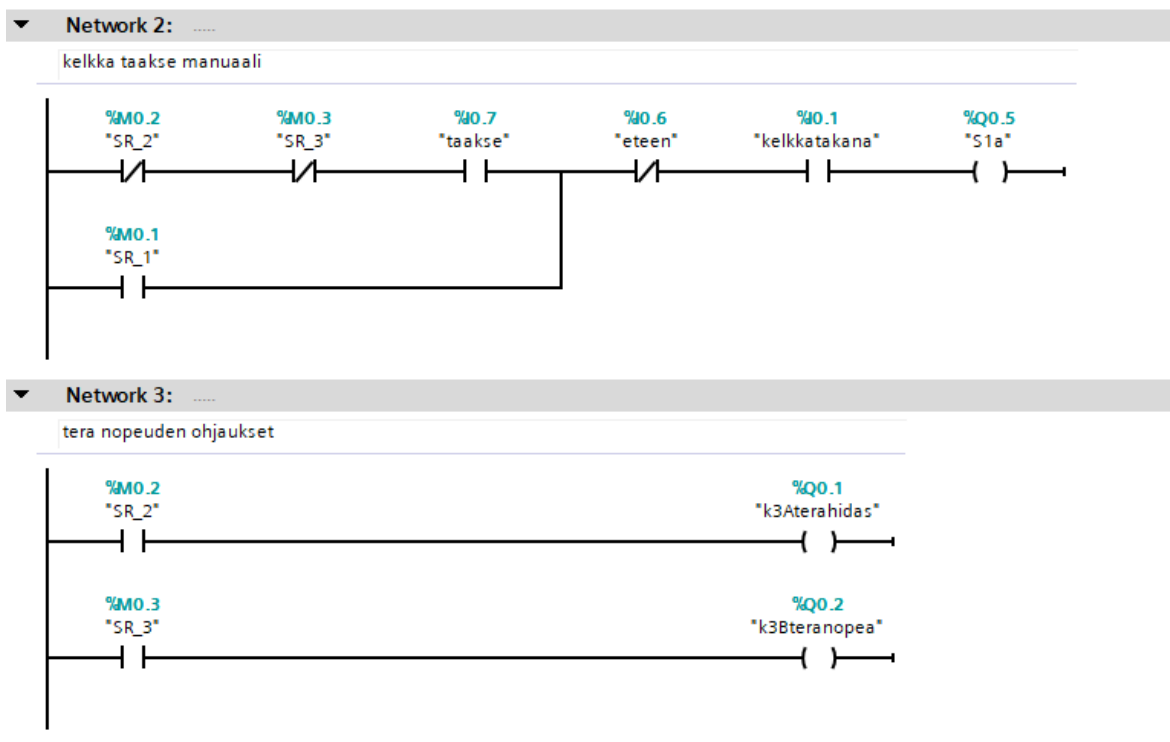
Ohjelmointi aloitettiin tekemällä ohjelmaan ohjaus hydraulikkapumpulle, sekä ehdot sen sähköisesti ohjattaville venttiileille S2, ja S3. Tällä haluttiin varmistaa, että ohjelman edetessä hydraulikkaa ei voida ohjata väärin. Jos venttiileitä ohjattaisiin väärin, hydraulikkajärjestelmän paine voisi kasvaa liikaa, ja rikkoa hydraulikkakomponentteja. Venttiileillä S1a ja S1b ohjataan sylinteriä, joka ohjaa lihaa liikuttavaa kelkkaa eteen ja taakse. S2 on hydraulikkaöljyn vapaakierrolle, joka ohjaa öljyn suoraan takaisin tankkiin, tällä varmistetaan, ettei paine pääse kasvamaan järjestelmässä. Venttiilillä S3 voidaan ohittaa kelkan manuaalinen nopeuden säätö, tätä käytetään, kun ohjelmakierto on valmis ja kelkka palautuu aloituspisteeseen.

Ensimmäiseen lohkon tehty ohjaus toimii seuraavasti. Kun turvapiiri on ok, hydraulipumppu ohjataan päälle ja sen vapaakiertoventtiili S2 auki. Vapaakiertoventtiili S2 aukeaa aina, kun kelkkaa ei ohjata venttiileistä S1a ja S1b. Samaan lohkon on lisätty manuaalisäädön ohitusventtiilin S3 ohjaus, jota ohjataan auki, kun ohjelmakierto on valmis, tai kelkka ajetaan taakse manuaalisesti.



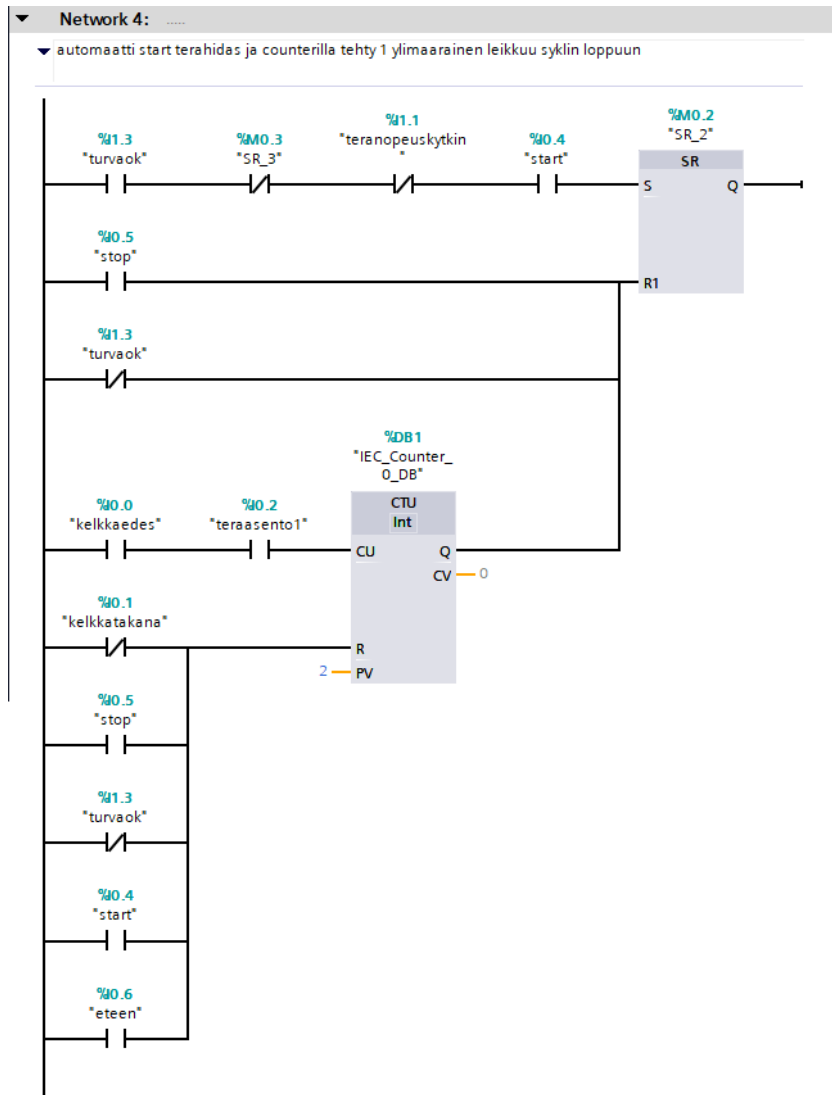
Kuvio 16. Hydraulipumpun ja venttiilien S2, S3 ohjaukset.

Seuraavaksi ohjelmalohkoon 2 tehtiin ehdot ohjausventtiilille S1a, jota ohjataan auki, kun ohjelmakierto on loppunut, ja kelkka halutaan takaisin aloituspisteeseen, tai jos kelkkaa halutaan ajaa manuaalisesti taaksepäin. Ohjelmalohkoon 3 on lisätty terän nopeuden moottorihjaukset, riippuen käytetäänkö nopeampaa vai hitaampaa ohjelmakiertoa.

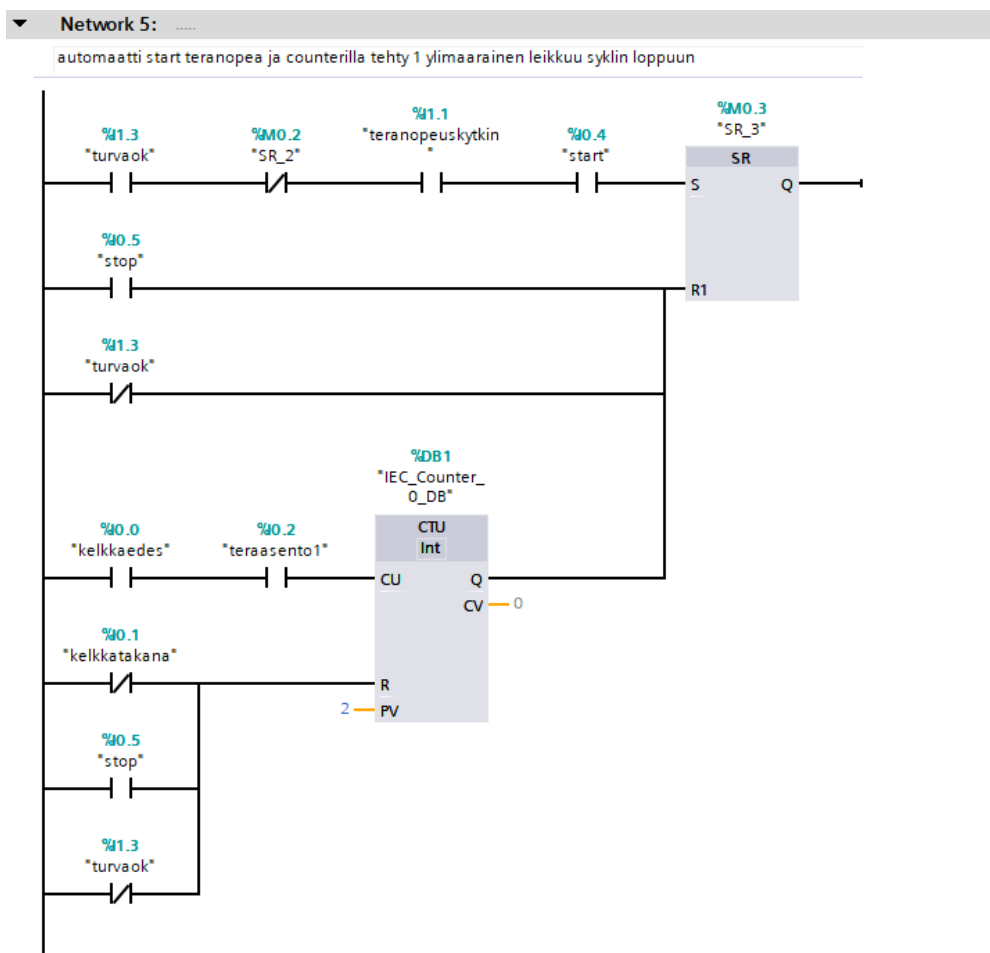


Kuvio 17. Ohjelmalohkot 2 ja 3.

Tämän jälkeen tehtiin ohjelmaan automaattikiertoille aloitus- ja lopetusehdot. Riippuen siitä, onko nopeuskytkimestä valittu hidas vai nopea ohjelma, ja painamalla Start-painiketta, alkaa automaattikierto. Molemmat sekä hidas että nopea ohjelmakierto ovat muuten samanlaisia, mutta terän pyörimisnopeutta ohjataan toisessa kierrossa nopeammaksi. Automaattikierron lopetuksen ehdoksi on lisätty laskuri, jolla lasketaan, montako kertaa terä on pyörähtänyt ympäri. Näin varmistetaan, että kone tekee viimeisen leikkauksen, ennen kuin se palaa aloituspisteeseen.

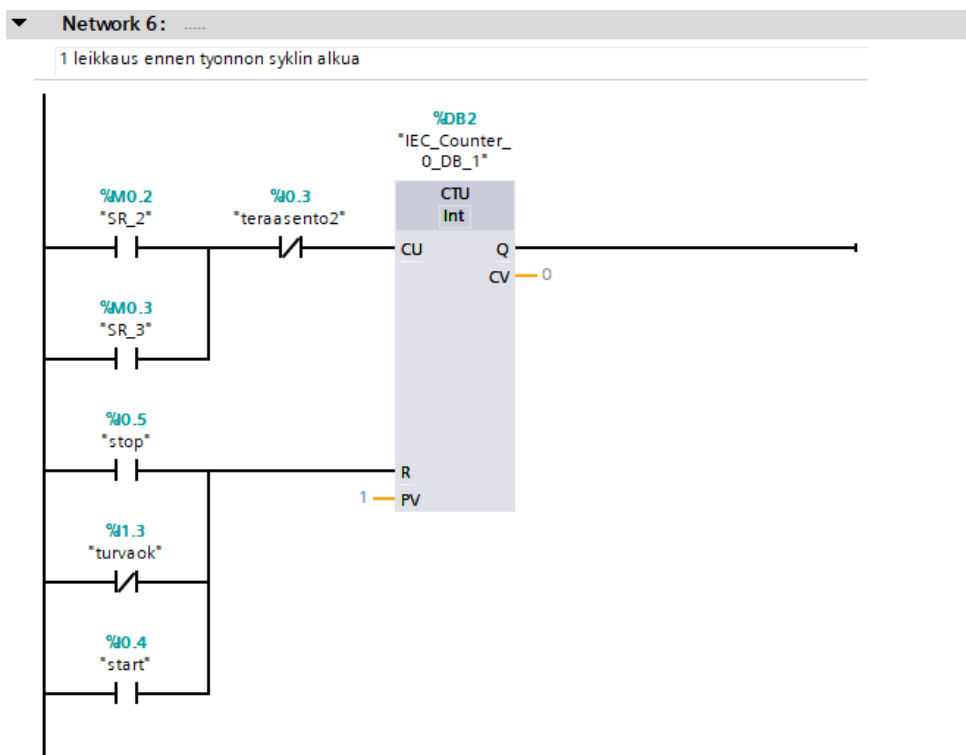


Kuvio 18. Hidas ohjelmakierto.



Kuvio 19. Nopea ohjelmakierto.

Kuten lohossa 4 ja 5, varmistettiin koneen viimeinen leikkaus ohjelman lopussa. Myös lohossa 6 lisättiin terän pyörimisestä riippuva laskuri, jolla saadaan ohjelman alkuun ylimääräinen leikkaus ilman kelkan liikettä. Tällä varmistetaan myös se, ettei kelkka työnnä lihaa terää vasten, jos ohjelma on lopetettu kesken, ja aloitetaan uudestaan.

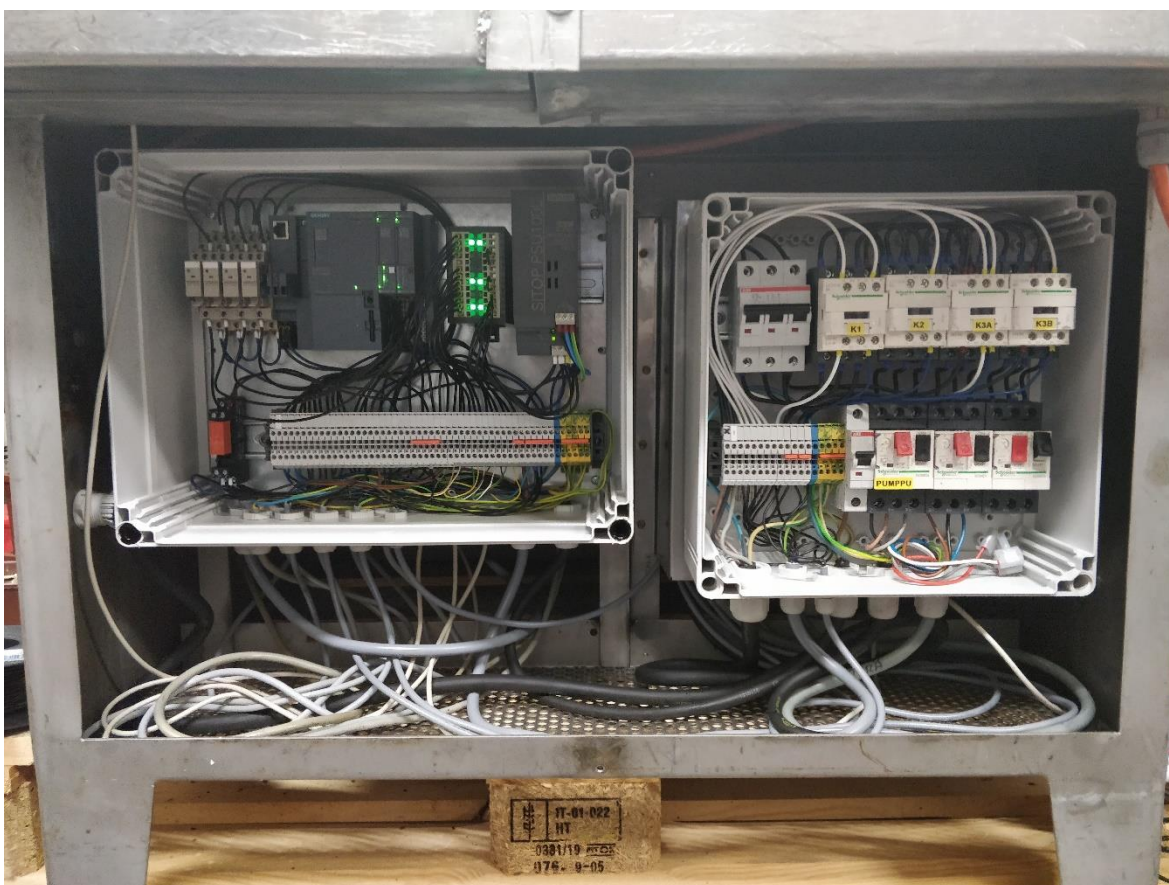


Kuvio 20. Ohjelmalohko 6.

Viimeiseksi tehtiin venttiilin S1b automaatti- sekä manuaaliohjaus. Venttiili S1b ohjaa kelkkaa eteenpäin, ja ohjauksen ehtona on se, että toisen ohjelmista täytyy olla aktivoituneena, ja että lohkon 6 ylimääräinen leikkaus on suoritettu. Tämän jälkeen teräkselissä oleva tunnistin ohjaa kelkkaa eteenpäin silloin kun terä ei ole leikkua-alueella.

5 ASENNUS JA KÄYTTÖNOTTO

Kun ohjauskeskukset oli saatu valmiiksi ja alustava ohjelma tehtyä logiikalle, suunniteltiin aika asennukselle, joka toteutettiin viikonloppuna, jolloin ei ole tuotantoa. Asennus aloitettiin purkamalla vanha ohjauskeskus koneesta, ja merkitsemällä koneessa kiinni olevien toimilaitteiden johdot. Tämän jälkeen uusille ohjauskeskuksille tehtiin kiinnikkeet ja lisäksi vielä koneen alaosaan suoja, etteivät johdot pääse roikkumaan koneen ulkopuolelle. Uudet ohjauskeskukset asennettiin koneeseen ja kytkennät tehtiin suunnitelman mukaisesti.



Kuvio 21. Uudet ohjauskeskukset.

Asennuksen yhteydessä huomattiin, että terää pyörittävän kaksinopeusmoottorin kytkemiseen tarvitaan toiselle kontaktorille ylimääräinen kosketinmoduuli, tämä ei kuitenkaan haitannut asennusta, ja kytkennät jätettiin niin että kosketinmoduulin lisäys myöhemmin onnistuu helposti. Tästä huolimatta konetta pystyttiin käyttämään hitaammalla ohjelmalla siihen asti, kunnes lisäkosketinmoduuli asennetaan.

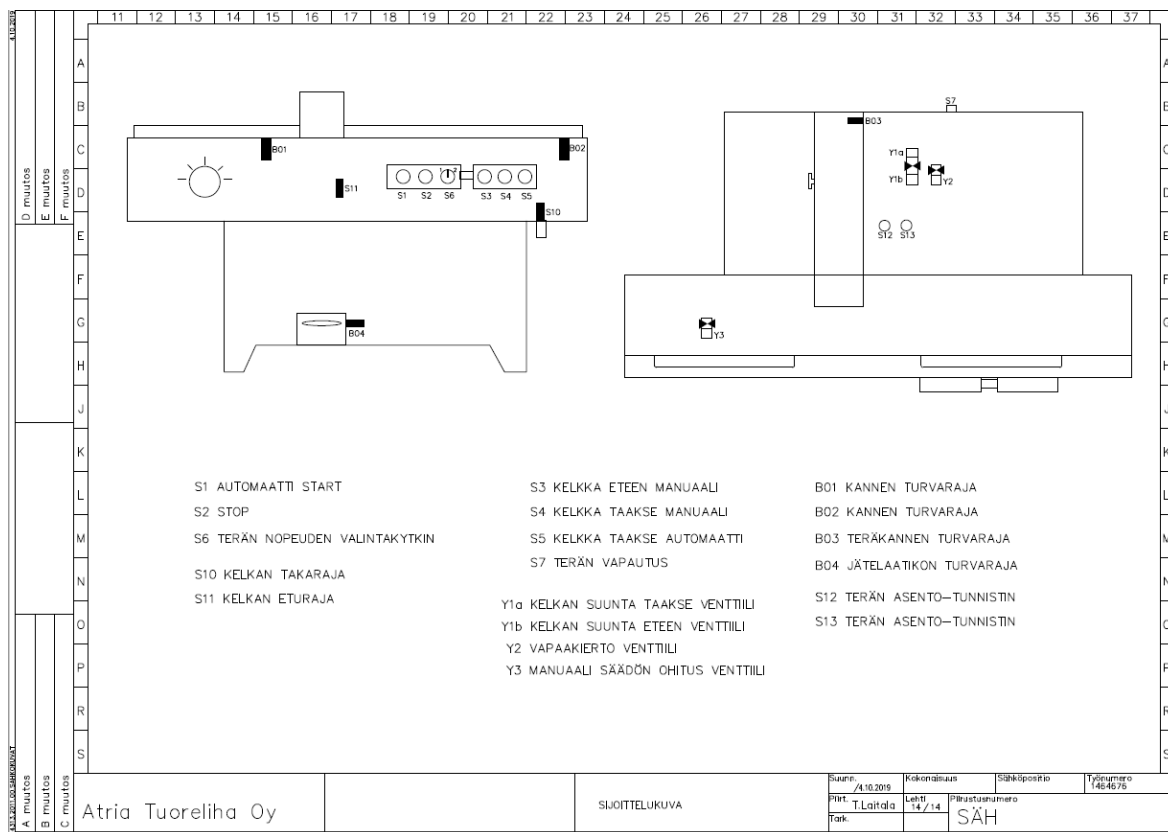
Koneen alkuperäiset käyttökytkimet oli sijoitettu huonosti ja ilman ohjamerkintöjä, joten käyttökytkimet uusittiin ja koteloitiin uudelleen.



Kuvio 22. Uudet käyttökytkimet.

Asennuksen jälkeen tehtiin tarkistusmittaukset ja aloitettiin alustavan logiikkaohjelman testaus sekä hienosäätö. Testaukset suoritettiin ajamalla vaahtomuovista tehtyjä testikappaleita koneessa. Alustavaa logiikkaohjelmaa tehtäessä ei tiedetty, kuinka teräkselin asentotunnistimien toiminta oli toteutettu, joten logiikan ohjelmalle jouduttiin tekemään pieniä säätöjä. Käyttöönottoa jatkettiin seuraavalla viikolla, että nähtäisiin, miten lihanleikkuukone toimii tuotannon aikana.

Lopuksi koneesta piirrettiin toimilaitteiden sijoittelukuvat ja päivitettiin sähkökuvat sekä varaosaluettelot. Koska koneen toiminta tehtiin alkuperäistä vastaavaksi, ei siihen tarvinnut tehdä uutta ohjetta. Sijoittelukuva helpottaa huollon työtä sekä auttaa kartoittamaan toimilaitteita vikatilanteen sattuessa.



Kuvio 23. Sijoittelukuva.

6 RISKIARVIOINTI JA RATKAISUT

Lihaleikkurin kansissa ja ovesa on käytössä kosketuksettomat turvarajakytkimet, jotka toimivat magneetilla, joka on suunnattu oikein turvarajakytkimeen nähden. Koneeseen tehdyn riskiarvion pohjalta tiedettiin, että koneen kansien sekä oven turvarajakytkimet on uusittava, sillä alkuperäiset vanhat turvarajakytkimet eivät täytä nykyisiä turvallisuusvaatimuksia. Samalta valmistajalta löytyi kuitenkin uudempi turvarajakytkinmalli, joka vastaa kooltaan vanhaa, ja siinä on samat kiinnitykset. Ero vanhaan turvarajakytkimeen on se, että uudessa on vanhan yhden koskettimen sijaan kaksi kosketinta, yksi avautuva ja yksi sulkeutuva. Uudempi turvarajakytkinmalli löytyi myös suoraan Atria - Tekniikan varaosajärjestelmästä, joten se päädyttiin valitsemaan myös tähän työhön.

Koneessa on myös teräkammion alapuolella irrotettava lokero, johon tippuu lihan leikkuussa lihasta irtoavia pieniä palasia. Lokeroa ei oltu suojattu turvamekanismilla, ja lokeron tilasta oli mahdollisuus ulottua terään. Lokeroon lisättiin turvarajakytkin, joka on kytkettynä turvareleeseen, ja näin ollen estää koneen käynnistymisen ilman, että lokero on asennettu paikalleen.



Kuvio 24. Lokeron turvarajakytkin.

Lihanleikkukoneen molemmat päät olivat avoimia, jonka vuoksi koneen syöttöpäässä, jossa kulkee myös hydraulisesti toimiva lihaa liikuttava kelkka, ei täyttänyt standardin SFS- EN 13870 etäisyystaulukon mukaisia vaatimuksia. Etäisyystaulukko koskee kaikkia koneen käyttövoimalla liikkuvia laitteita, joten koneen syöttöpäähän tehtiin peltilevystä este. Este ei haittaa koneen käyttöä, koska liha asetetaan yläpuolelta avaamalla kansi.



Kuvio 25. Koneen syöttöpään este.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työ aloitettiin selvittämällä, onko Atria-Tuoreliha Oy:n käytössä olevan vanhan lihanleikkuukoneen tilalle uuden vastaavanlaisen koneen ostaminen suhteutettuna koneen käyttöasteeseen järkevää. Tässä tultiin tulokseen, että koneeseen toteutettaisiin täydellinen sähköasennusten modernisointi. Modernisoinnin lisäksi koneeseen täytyisi tehdä riskiarviointi, ja sen pohjalta korjata turvallisuuspoikkeamat, jotta kone voitaisiin palauttaa takaisin käyttöön. Asiakkaan toiveesta modernisointi päätettiin toteuttaa niin, että koneen toimintatapa vastaa sen alkuperäistä toimintaa.

Tämän jälkeen aloitettiin suunnittelu ja kerättiin kaikki koneen alkuperäiset tiedot, sekä selvitettiin sen toimintaperiaate. Koska kone on valmistettu vuonna 1986, oli suunnittelussa alkuun pääseminen haastavaa, sillä koneesta oli vaikea löytää tarvittavia tietoja ja ohjeita. Sähkösuunnittelu tehtiin käyttäen CADS Electric -ohjelmistoa, ja logiikalle tehtiin ohjelma käyttäen Siemensin TIA Portal -ohjelmistoa. Turvallisuusstandardeihin tutustuminen oli oleellinen osa työtä.

Suunnittelun jälkeen tilattiin uudet sähkökeskukset ja kaikki komponentit, jotta voitiin koota uudet keskukset valmiiksi, ja tehdä logiikalle alustava ohjelma. Ohjelman tekeminen oli vaikeaa, koska sitä ei voitu testata itse koneessa ennen uusien ohjauskeskusten asentamista. Alustava ohjelma haluttiin kuitenkin tehdä, että säästettäisiin mahdollisimman paljon aikaa asennuksessa.

Asennus ja käyttöönotto sujuivat ilman suuria ongelmia, lukuun ottamatta suunnittelussa ja osien tilauksessa tapahtunutta virhettä, kun terän moottoria ohjaavan kontaktorin lisäkosketinmoduuli oli unohtunut, jonka seurauksena konetta voitiin ajaa vain yhdellä nopeudella. Tämä otettiin kuitenkin huomioon ja puuttuva moduuli tilattiin, sekä asennus tehtiin niin että lisäkosketinmoduuli saadaan lisättyä helposti, kun se saapuu perille.

Käyttöönottoa jatkettiin tuotannon yhteydessä, jolloin tehtiin pieniä ohjelmamuutoksia ja turvalaitteiden säätöjä.

LÄHTEET

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. [Verkkokirja] Helsinki: Sanoma Pro. [Viitattu 5.4.2020]. Saatavana: Ellibs-e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Kymdata Oy. 2019. [Verkkojulkaisu]. Cads Electric. Kotka. [Viitattu 18.4.2020]. Saatavana: <http://www.cads.fi/index.php/ohjelmistot/cads-electric>

Atria Oyj. 2019. Atria vuosikertomus 2019. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.2.2020]. Saatavana: https://www.atria.fi/globalassets/atriagroup/yritys/vuosikertomus-2019/atria_vuosikertomus_2019_.pdf

Omron. 2009. CX-One Ja Logiikkaohjelmointi. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: https://www.myomron.com/downloads/9.local%20material/finnish/cx-one%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009_2.pdf

Työsuojeluhallinto. 2008. Koneturvallisuus. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc

SFS-EN ISO 12100. 2011. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

Työsuojeluhallinto. Ei päiväystä. Koneet ja työvälineet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/koneet-ja-tyovalineet>

SFS-EN 13870. 2015. Food processing machinery. Safety and hygiene requirements. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN 62061. 2006. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 13857:2019. 2019. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 13849-1. 2016. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.

Siemens Oy. Ei päiväystä. Totally Integrated Automation Portal. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software.html>

- Työturvallisuuskeskus. Ei päiväystä. Työympäristö. Koneturvallisuus. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyoturvallisuuden_perusteet/tyoymparisto/koneturvallisuus
- Suomen Standardisoimisliitto. Ei päiväystä. Usein kysyttyä. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/usein_kysytya
- 3S Smart software solutions. Ei päiväystä. Codesys. Programming language. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: https://help.codesys.com/api-content/2/codesys/3.5.12.0/en/cds_f_programming_language_fbd_ld_il/
- Plcacademy. 2018. Function Block Diagram (FBD) Programming tutorial. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 9.4.2020]. Saatavana: <https://www.plcacademy.com/function-block-diagram-programming/>
- Cemp. 2016. Pyörivät pienjännitesähkölaitteet. Käyttö- ja huolto-ohjeet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: <https://docplayer.fi/6695054-Pyorivat-pienjannitesahkolaitteet-kaytto-ja-huolto-ohjeet.html>
- Elobau. Ei päiväystä. Safety relay 46212. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 17.4.2020]. Saatavana: <https://www.elobau.com/en/product/machine-safety/safe-signal-evaluation/safety-control-units-safety-relays/safety-relay-46212/>
- Omron. Ei päiväystä. G2R_-S. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 17.4.2020]. Saatavana: <https://industrial.omron.fi/fi/products/g2rs>
- Siemens. Ei päiväystä. SIMATIC ET 200SP – The powerful IO system for compact control cabinets. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.4.2020]. Saatavana: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html>
- Siemens. Ei päiväystä. SITOP lite. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 19.4.2020]. Saatavana: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/power-supply/sitop-lite.html>