

TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän suunnit- telu

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2022

Teemu Nissinen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Nissinen, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 37	
Työn nimi TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän suunnittelu		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Artturi Salmela, Tuotepäällikkö, Kemppi Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän sähködokumentaatiot sekä ohjelmoida PLC-ohjainlaite. TIG-hitsausautomaatiojärjestelmä rakennettiin TIG-hitsauslaitteiden opetustyökaluksi asiakkaita varten. Työssä tutkittiin, kuinka sähköjärjestelmä oli toteutettu sekä selvitettiin järjestelmään kuuluvien laitteiden kommunikaatiot. Opinnäytetyön tilaajana toimi Kemppi Oy. Työn tarkoituksena oli tehdä TIG-hitsausautomaatiojärjestelmä toimivaksi asiakkaan antamien määrittysten mukaisesti sekä toteuttaa tarvittavat dokumentaatiot.</p> <p>Työn sähködokumentaatiot toteutettiin Cadmatic Electric -suunnitteluohjelmistolla, ja PLC-ohjelmointi toteutettiin Schneider Machine Expert -ohjelmistolla. Työskentely aloitettiin kevään 2022 alkupuolella tutkimalla tarvittavia dokumentaatioita sekä selvittämällä sähköjärjestelmän rakennetta. Aiheeseen tutustumisen jälkeen toteutettiin sähködokumentaatiot ja PLC-ohjelmointi, joiden tekemiseen varattiin kuukausi aikaa. Työn lopuksi varattiin vielä yksi työpäivä järjestelmän testaamista varten.</p> <p>Sähködokumentaatiot sisältävät osaluettelon, keskuslayoutkuvan sekä piirikaaviokuvan. Ennen testaamista PLC-ohjelma käytiin vielä läpi ja siihen tehtiin tarvittavat muutokset. Lopuksi PLC-ohjelman testaamisessa löytyi vielä parametrien käsittelyssä asioita, joita piti muokata.</p> <p>PLC-ohjelma onnistui tavoitteissaan. Jatkossa ohjelmiston parametrejä pitää vielä säätää, jotta päästään optimaaliseen hitsaustulokseen.</p>		
Asiasanat TIG-hitsaaminen, Cadmatic Electric -suunnitteluohjelmisto, Sähködokumentaatio, PLC-ohjelmointi.		

Abstract

Author(s) Nissinen, Teemu	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 37	
Title of Publication TIG welding automation system design		
Degree and field of study Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Artturi Salmela, Product Manager, Kemppi Oy.		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to make the electrical documentation of the TIG welding automation system and to program the PLC control device. The TIG welding automation system was built as a teaching tool for TIG welding equipment for customers. The work investigated how the electrical system had been implemented and the communications of the devices belonging to the system. Kemppi Oy acted as the client of the thesis. The work was able to make the TIG welding automation system work in accordance with the customer's specifications and the necessary documentation.</p> <p>The electrical documentation of the work was implemented with Cadmatic Electric design software, and the PLC programming was implemented with Schneider Machine Expert software. The process was started in the early spring of 2022 by examining the necessary documentation and finding out the structure of the electrical system. After getting acquainted with the subject, electrical documentation and PLC programming were carried out, and a month was set aside for the search. At the end of the work, another working day was set aside for testing the system.</p> <p>The electrical documentation includes a parts list, a central layout picture and a circuit diagram. Prior to testing, the PLC program was reviewed, and the necessary changes were made. Finally, in the testing of the PLC program, the issue was still to be considered in the handling of the parameters.</p> <p>The PLC program was successful in the future. In the future, the software parameters still need to be adjusted to achieve the optimal welding result.</p>		
Keywords TIG-Welding, Cadmatic Electric, Electrical documents, PLC-programming.		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Yleisesti	1
1.2	Kemppi Oy esittely.....	1
1.3	Työn tavoitteet.....	1
2	Teoriaa TIG-hitsaamisesta.....	2
2.1	TIG-hitsaamisen standardi.....	2
2.2	TIG-hitsaamisen hyödyt ja rajoitukset	2
2.3	TIG-hitsaamisen periaatteet.....	3
2.4	TIG-hitsauslaitteisto	4
2.5	TIG-hitsaamisen parametrit	6
2.6	Hitsausautomaatio	11
3	Sähködokumentaatio	13
3.1	Sähkökeskus	13
3.2	Keskuslayout	13
3.3	Piirikaavio	19
3.4	Osaluettelo	28
4	PLC-ohjelmointi	29
4.1	TIG-hitsausjärjestelmän rakenne	29
4.2	Toiminnankuvaus.....	29
4.3	Ohjelmointi	30
4.4	Käyttöönottoaminen ja testaaminen.....	34
5	Yhteenveto ja pohdinta	35
5.1	Projektin ja raportin yhteenveto.....	35
5.2	Lähde kriittisyys	35
	Lähteet	37

Liitteet

Liite 1. Piirikaaviot

Liite 2. Osaluettelo

Liite 3. PLC-ohjelma

1 Johdanto

1.1 Yleisesti

Työn toimeksiantaja on Kemppi Oy, joka tarvitsi TIG-automaatiohitsauslaitteille testaus järjestelmän. Tämän järjestelmän avulla pystytään opettamaan asiakkaille TIG-hitsausautomaatio laitteiden käyttämistä. TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän tarkoituksena on myös toimia mallina asiakkaille TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän toteuttamisesta. (Salmela, A 2021.)

Tämän opinnäytetyön työosuuteen kuuluu sähködokumentaation tekeminen, PLC-ohjainlaitteen ohjelmointi sekä järjestelmän testaaminen. Haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi, on työssä myös perehdyttävä TIG-hitsaamiseen sekä järjestelmässä olevien laitteiden toimintaan ja kommunikaatioon.

1.2 Kemppi Oy esittely

Kemppi Oy on suomalainen perheyriutus, joka on perustettu vuonna 1949. Yrityksellä on 20 tytäryhtiötä ja maailmanlaajuisesti lähes 800 työntekijää. Kempin kumppaniverkosto kattaa yli 70 maata. Yrityksen liikevaihto vuonna 2020 on ollut 140 miljoona euroa. Kemppi Oy:n pääkonttori sijaitsee Lahdessa. (Kemppi Oy 2022a.)

Kemppi toimittaa hitsaustuotteita, digitaalisia ratkaisuja ja palveluita yksityisille asiakkaille, sekä teollisuusyrityksille. Kemppi on sitoutunut parantamaan hitsaustekniikan laatua ja tuotavuutta jatkuvalla valokaaren kehittämisellä. (Kemppi Oy 2022a.)

1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on saada Kemppi Oy:lle toimiva TIG-hitsausautomaatiojärjestelmä, joka sisältää tarvittavat dokumentaatiot, jotta samanlainen järjestelmä pystytään dokumenttien avulla toteuttamaan uudestaan tarvittaessa. PLC-ohjelma (Programmable Logic Controller) sisältää kaikki tarvittavat turvallisuusmääritelmät sekä tarvittavat toiminnot.

Tämä raportti sisältää teoriaa TIG-hitsaamisesta, jotta pystytään ymmärtämään paremmin järjestelmän toimintaa ja tarkoitusta. Teoriaosuuden jälkeen käydään läpi käytännön osuutta. Sähködokumentaatio osuudessa kerrotaan, miten tällaisen TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän sähködokumentaatiot pystytään toteuttamaan CAD-ohjelmistolla (Computer-Aided Design). PLC-osuudessa käydään järjestelmän toimintaa sekä PLC-ohjelmointia Schneider Machine Expert -ohjelmistolla. Näiden avulla saa ymmärrystä TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän toteuttamisesta.

2 Teoriaa TIG-hitsaamisesta

2.1 TIG-hitsaamisen standardi

Hitsaustekniikat ja niiden lähiprosessit löytyvät standardista SFS-EN ISO 4063. Standardi on kansainvälinen ja se sisältää hitsaustekniikkojen sekä niiden lähiprosessien nimikkeet ja numeroinnit. Hitsaustekniikkojen numeroinnissa on korkeintaan kolme numeroa, joista ensimmäinen kertoo prosessin pääryhmän. Toinen numero kertoo ryhmän, johon prosessi kuuluu ja kolmas numero kertoo prosessin alaryhmän. Näitä numeroita käytetään esimerkiksi tietokonesovelluksissa ja hitsausohjeissa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.)

TIG-hitsaaminen (Tungsten Inert Gas Welding) on yksi kaasuhitsausprosessin muodoista. Tämä löytyy hitsausstandardista numeron 14 takaa, nimellä kaasukaarihitsaus sulamattomalla elektrodilla. TIG-hitsaamisessa on erilaisia prosesseja, jotka löytyvät standardin kolmannen numeron takaa. (Kemppi Oy 2021.)

Standardin SFS-EN ISO 4063 mukaiset TIG-hitsaus prosessit ovat

- 141 TIG-umpilankahitsaus
- 142 TIG-hitsaus ilman lisäainetta
- 143 TIG-täytelankahitsaus
- 145 TIG-umpilankahitsaus pelkistävällä kaasulla
- 146 TIG-täytelankahitsaus pelkistävällä kaasulla. (Kemppi Oy 2021.)

2.2 TIG-hitsaamisen hyödyt ja rajoitukset

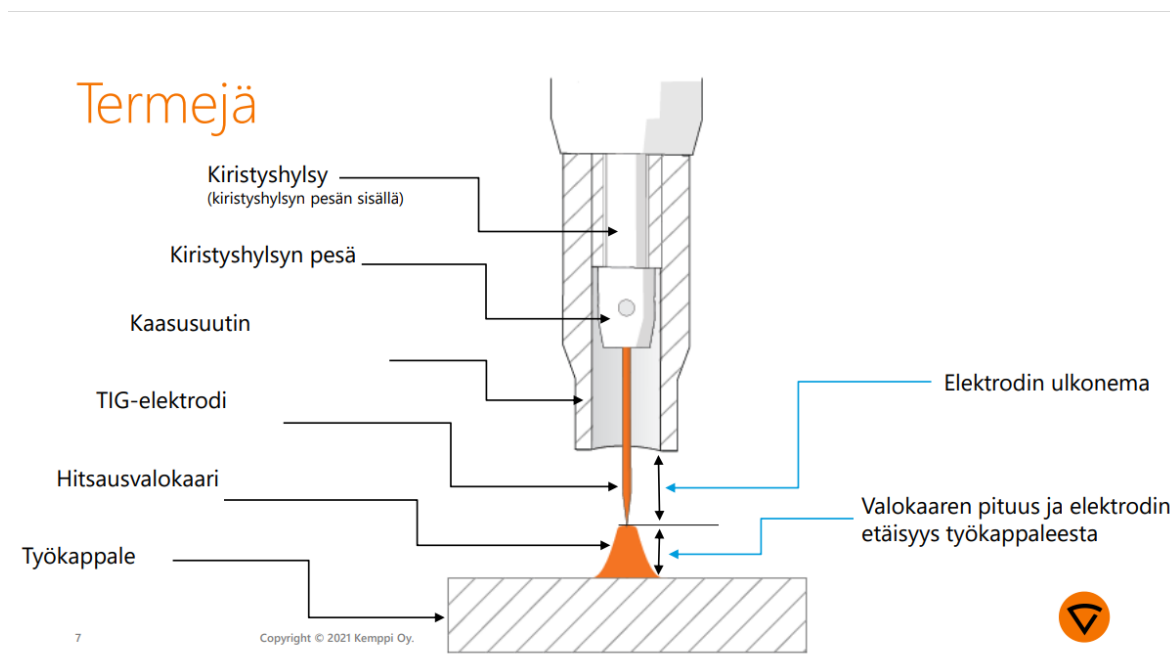
Kaikissa hitsausprosesseissa on hyviä ja huonoja ominaisuuksia, joiden avulla pystytään päättämään, että mitä hitsausprosessia kannattaa käyttää halutussa hitsauskohteessa. Hitsausprosessin valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi olosuhteet, materiaali, hitsausauman vahvuus ja hinta (Salmela, A 2021).

TIG-hitsaamisen hyviin puoliin kuuluvat sulan ja tunkeman hyvä hallinta, lämmöntonniin hyvä hallinta, roiskeeton ja kuonaton hitsaaminen, mahdollisuus hitsata erilaisia materiaaleja sekä mahdollisuus hitsausautomaatioon. TIG-hitsaamisen heikkouksiin kuuluvat hitsauksen pieni tunkema, hitsausprosessin hitaus sekä huono käytettävyys ulkotiloissa, koska hitsaus on herkkä tuulelle. (IONIX Oy 2022.)

2.3 TIG-hitsaamisen periaatteet

TIG-hitsaaminen on manuaalinen hitsausmenetelmä. Tässä hitsaus prosessissa syötetään lisäainelankaa joko käsin, tai erillisellä langansyöttökoneella suojakaasulla suojattuun hitsisulaan. TIG-hitsaaminen voidaan kuitenkin myös suorittaa jossain tapauksessa ilman suojakaasua. Tässä prosessissa sulamattoman elektrodin ja hitsattavan perusaineen väliin muodostuu valokaari, joka pystyy sulattamaan lisä- ja perusainetta. (Kemppi Oy 2021.)

TIG-hitsaamisessa valokaari pystytään sytyttämään kolmella erilaisella tavalla. Ensimmäinen tapa on raapaisu sytytys, jossa pitää sulamattomalla elektrodilla raapaista työstettävää kappaletta. Tässä prosessissa jännite laskee ja virta alkaa nousta voimakkaasti, joka saa aikaan elektronin kärjen lämpenemisen. Raapaisun jälkeen elektrodi nostetaan irti työstettävästä kappaleesta, jolloin työstettävän kappaleen ja elektrodin kaariväli (kuva 1) ionisoituu ja syntyy valokaari. (Kemppi Oy 2021.)



Kuva 1. TIG-hitsauksen termejä (Kemppi Oy 2021)

Toinen tapa valokaaren sytyttämiseksi on kontaktisytytys. Tässä menetelmässä kosketaan työstettävää kappaletta virrattomalla elektrodilla. Tämän jälkeen painetaan polttimessa olevaa virtanappia, jolloin elektronin läpi kulkeutuu pieni määrä virtaa. Kun elektrodi nostetaan pois työstettävästä kappaleesta, syntyy elektrodin ja hitsattavan kappaleen välille valokaari. (Kemppi Oy 2021.)

Kolmas tapa valokaaren sytyttämiseksi on kipinäsytytys. Tässä menetelmässä polttimen kytkimen painalluksella pystytään antamaan suurjännitepulssi, jonka avulla saadaan

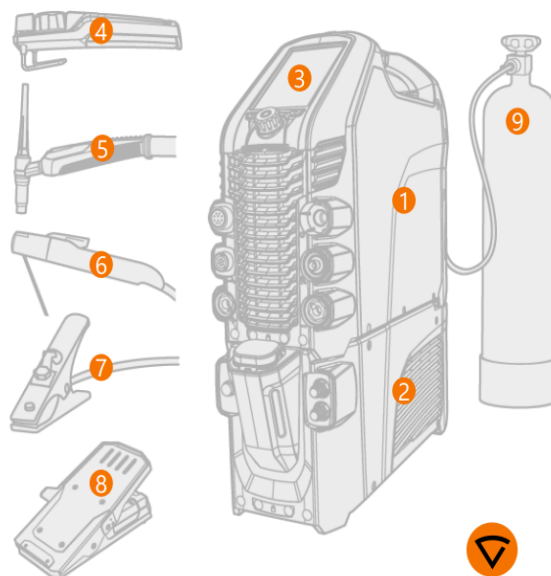
aikaiseksi kipinä. Kun kipinä iskeytyy kaariväliin, saadaan kaariväli ionisoitumaan ja tämän avulla saadaan aikaiseksi valokaari. Kaikkien erilaisten valokaarien sytytystapojen käyttämiseen voidaan käyttää samanlaisia hitsauslaitteita, mutta asetuksia joudutaan tarvittaessa säätää. (Kemppi Oy 2021.)

2.4 TIG-hitsauslaitteisto

TIG-hitsauslaitteisto koostuu hitsauspolttimesta, virtalähteestä, suojakaasupullosta, maadoituskaapelista sekä tarvittaessa jäähdytysyksiköstä ja jalkapoljin säätimestä (kuva 2). Näiden komponenttien lisäksi TIG-hitsauslaitteistossa on käyttöliittymä yleensä virtalähteessä kiinni. Tämän lisäksi voi hitsauslaitteistossa olla kaukosäädin, jolla voidaan hallita hitsauslaitetta etänä. (Kemppi Oy 2021)

TIG-hitsauslaitteisto

1. Virtalähde
2. Jäähdytysyksikkö
3. Käyttöliittymä
4. Käsikaukosäädin
5. TIG-poltin
6. Puikonpidin
7. Maadoituskaapeli
8. Jalkapoljinsäädin
9. Kaasupullo



11

Copyright © 2021 Kemppi Oy.

Kuva 2. TIG-hitsauslaitteisto (Kemppi Oy 2021)

Virtalähde on laite, joka säätää ja tuottaa hitsaukseen tarvittavan hitsausvirran. Virtalähde syöttää virran polttimen kaapelia pitkin elektrodille. Vanhemmat virtalähteet perustuvat perinteisempään tasasuuntaustekniikkaan, kun taas uudemmat virtalähteet perustuvat invertteritekniikkaan. TIG-hitsaamisessa käytetään vakiovirtalähteitä, jotka perustuvat vakiovirtaominaiskäyrään. Tällainen virtalähde tuottaa TIG-hitsausprosessille tarvittavan virran ja jännitteen. TIG-hitsaamisen pääparametrinä toimii virta ja kaarijännitteen säätää automaattisesti suutinetäisyys. (Kemppi Oy 2021.)

Käyttöliittymän sijainti on yleensä virtalähteessä. Tänä päivänä käyttöliittymät ovat yleisesti LCI- tai kalvopaneeleita (kuva 3). Käyttöliittymän päätarkoitus on säätää hitsausvirtaa, jonka avulla säädetään hitsaustehoa. Kuitenkin kehittyneemmissä hitsauslaitteissa on muitakin ominaisuuksia, esimerkiksi pulssiparametrit ja minilog-parametrit. Käyttöliittymiin on myös nykypäivänä vakiintunut käytännöksi laittaa käyttöliittymään kuvaaja hitsausvirrasta ajan funktiona. Kuvaajan eri pisteissä pystytään liikkumaan ja sieltä voidaan säätää esimerkiksi etukaasuaikaa, aloitusvirtaa, virran nousunopeutta ja jälkikaasuaikaa. (Kemppi Oy 2021.)



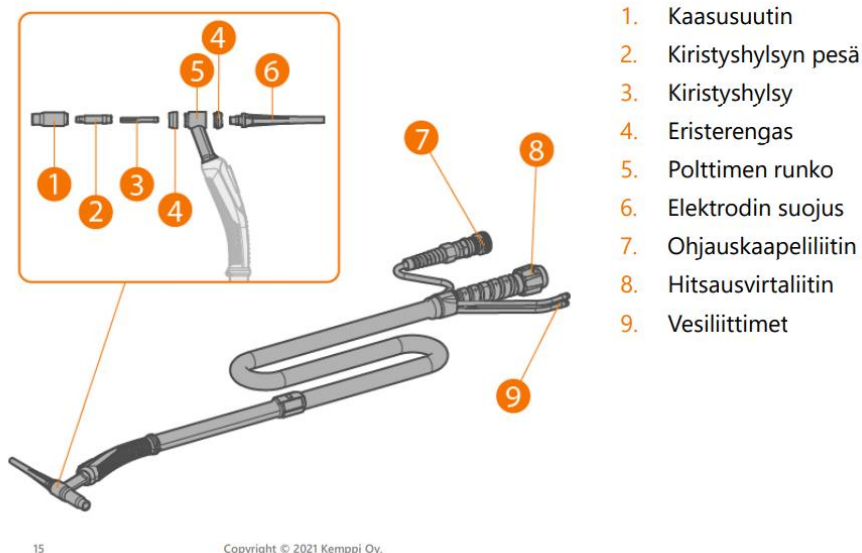
Kuva 3. Käyttöliittymä (Kemppi Oy 2021)

Jäähdytysyksikkö on tarpeellinen lisälaitte, jos suojakaasu ei pysty jäähdyttämään riittävästi hitsauspoltinta. Eli jäähdytysyksikön päätarkoitus on suojata hitsauspistoolia ylikuumenemiselta, mutta jossain tapauksissa myös jäähdyttää välikaapeleita. Jäähdytys yksikön tärkeimmät osat ovat pumppu, jäähdytyskenno, jäähdytysnestesäiliö ja putkistot. Jäähdytysyksikkö voi olla kiinteästi asennettu virtalähteeseen, tai se voi olla oma laitteisto, joka erillisesti asennetaan hitsausjärjestelmään. (Kemppi Oy 2021).

TIG-polttimen osat näkyvät kuvassa (kuva 4). TIG-polttimen tarkoitus on luoda valokaari, jonka avulla pystytään sulattamaan työstettävää kappaletta sekä lisäainetta. Kaasusuuttimen tarkoitus on siirtää suojakaasu hitsisulaan. Kaasusuuttimen ja elektrodin kiinnittämiseen polttimen runkoon sekä tiivistämiseen tarvitaan kiristinhylsyn pesää, kiristyshylsyä sekä eristerengasta. TIG-polttimessa on myös liitin hitsausvirtakaapelille sekä

ohjausvirtakaapelille, jotka kytketään virtalähteeseen. Näiden avulla saadaan säädettyä elektrodin hitsausvirtaa sekä saadaan tietoja hitsaamisesta takaisin virtalähteelle. Lisäliittiminä on vesiliittimet, jotka ovat jäädytystä varten. Näiden lisäksi TIG-polttimessa on vielä elektrodin suojaamista varten tehty suojus. (Kemppi Oy.)

TIG-polttimen osat



15

Copyright © 2021 Kemppi Oy.



Kuva 4. TIG-polttimen osat (Kemppi Oy 2021)

TIG-hitsaamisessa tarvitaan polttimen lisäksi maadoituskaapeli. Maadoituskaapelin tarkoituksena on tehdä virtapiiristä suljettu. Sähkövirta ei voi kulkea kuin ainoastaan suljetussa virtapiirissä. Maadoituskaapeli sijoitetaan työstettävän kappaleen ja virtalähteen välille. Maadoituskaapelin toisessa päässä on maadoituspuristin. Maadoituspuristin pitää olla kunnossa sekä kunnolla asennettu työstettävään kappaleeseen, jotta virta pystyy varmasti siirtymään. Maadoituskaapelin paksuuden mitoittamiseen vaikuttaa hitsausvirran suuruus. (Kemppi Oy 2021.)

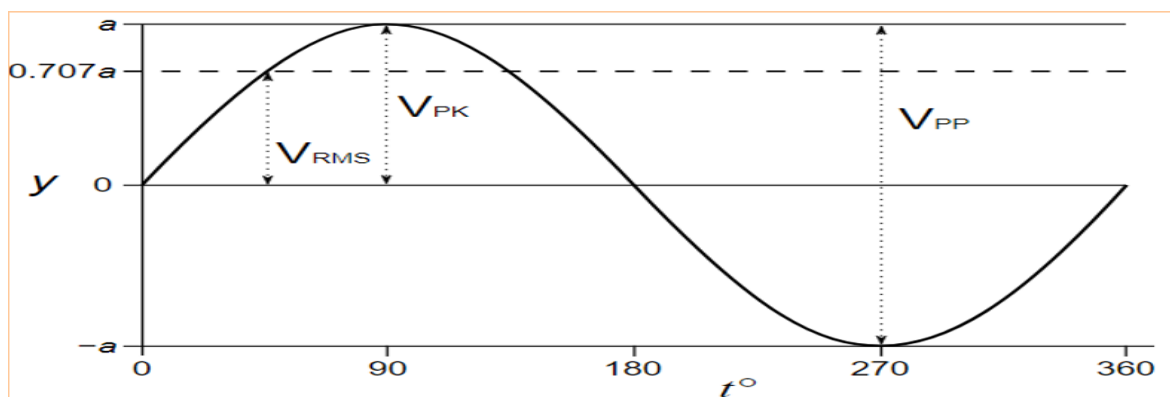
2.5 TIG-hitsaamisen parametrit

SFS-EN ISO 3052-standardi määrittää hitsausparametrit seuraavasti, tiedot, jotka tarvitaan hitsauksen suorittamiseen tietyllä hitsausmenetelmällä. Hitsausparametreihin kuuluvat mm. lisäaine, perusaine, railomuoto, mekaaniset ja sähköiset hitsauksen suoritusarvot, esikuumennus- ja työlämpötila ja palkojärjestys. (Kemppi Oy 2021.)

Parametreja käsiteltäessä tulee vastaan erilaisia sähköön liittyviä suureita. Hitsauksessa käytettäviä sähkösuureita on jännite, virta, teho ja energia. (Kemppi Oy 2021.) Jännite on kahdenpisteen välinen potentiaaliero, joka saa aikaiseksi virran liikkumisen suljetussa

virtapiirissä. Jännitteen yksikkö on Voltti ja yksikön lyhenne on V-kirjain. Jännitteen tunnus fysiikan kaavoissa on U-kirjain. Virralla ilmaistaan sähkövirran suuruus. Virran yksikkö on Ampeeri ja yksikön lyhenne on A-kirjain. Sähköteho tarkoittaa virran ja jännitteen tuloa, jonka avulla tiedetään laitteen tai johdinkappaleen kuluttama tai antama teho. Sähkötehon suure on Watti, suureen lyhenne on W-kirjain ja fysiikan kaavoissa P-kirjain. Energia tulee tehon ja ajan tulosta. Energia tarkoittaa sitä, että kuinka paljon tehoa kuluu jossain ajassa. Energian suure on Wattitunti. Energian suuren lyhenne on Wh ja fysiikan kaavassa E-kirjain. (Valtonen, P 2020.)

Parametreja käsiteltäessä on sähköistä tiedettävä vielä vaihtosähkön (AC) ja tasasähkön (DC) erot. Vaihtosähkössä jännite muuttuu jatkuvasti. Kun vaihtojännite lähtee liikkeelle nolla-arvosta ja päättyy takaisin nolla-arvoon niin, että se on käynyt huipulla sekä miinus, että plus puolella, niin tätä kutsutaan yhdeksi jaksoksi (kuva 5). Vaihtosähkössä ilmoitetaan taajuus Hertzeinä, joka tarkoittaa montako jännitteen jaksoa menee sekunnissa läpi. Tasasähkössä taas jännite pysyy koko ajan samana. Näitä erilaisia sähkötyyppejä hyödynnetään TIG-hitsaamisessa. (Valtonen, P 2019.)



Kuva 5. Vaihtosähkön jakso (Valtonen, P 2019)

Sähköisten suureiden lisäksi tarvitaan kuljetusnopeus, ja lämmöntuonti. Kuljetus nopeudella tarkoitetaan nopeutta, kuinka monta senttimetriä minuuttia kohden liikutaan. Lämmöntuonti tarkoittaa, että kuinka paljon valokaaren hitsi tuo lämpö määrää mittayksikköä kohden, eli kilojoulea millimetriä kohden. Kaikkien näiden suureiden säätämiseen vaikuttavat asiat löytyvät kuvasta (kuva 6). (Kemppi Oy 2021.)

Parametrien valintaan vaikuttavat seikat

- Perusaine
- Lisäaine
- Hitsausasento
- Suojakaasu
- Liitosmuoto
- Mahdolliset lämmöntuontirajoitukset
- Hitsausohje (WPS)
- Hitsaajien henkilökohtaiset mieltymykset



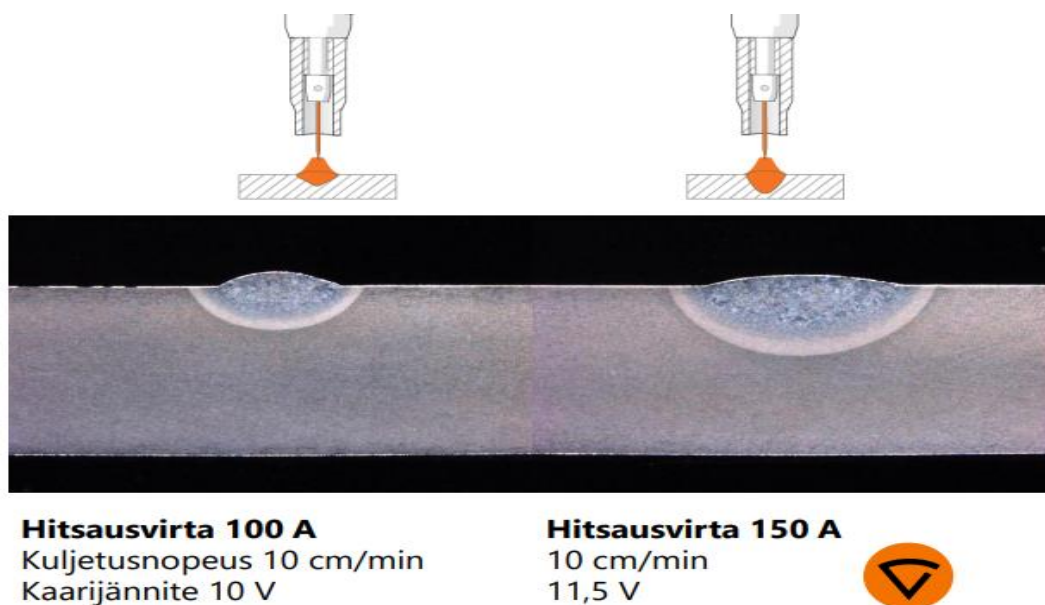
24

Copyright © 2021 Kemppi Oy.



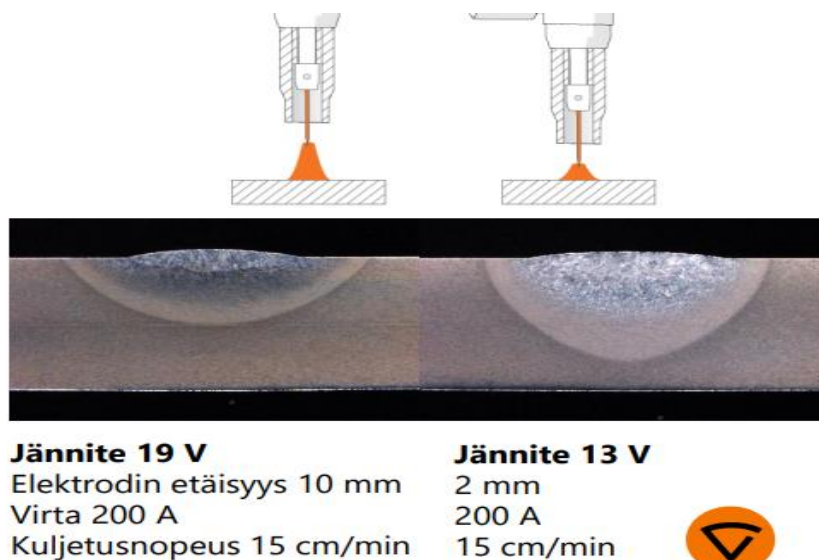
Kuva 6. Parametrien valintaan vaikuttavat seikat (Kemppi Oy 2021)

TIG-hitsaamisessa keskeisin parametri on virta. Virtaa voidaan säätää suoraan virtalähteessä olevasta käyttöliittymästä. Hitsausvirtaa säätämällä vaikutetaan eniten hitsin sulamissyvyyteen (kuva 7). Hitsausvirtaan vaikuttaa myös valokaaren pituus, mutta tämän vaikutus näkyy parhaiten, jos hitsataan pienillä virroilla. (Kemppi Oy 2021.)



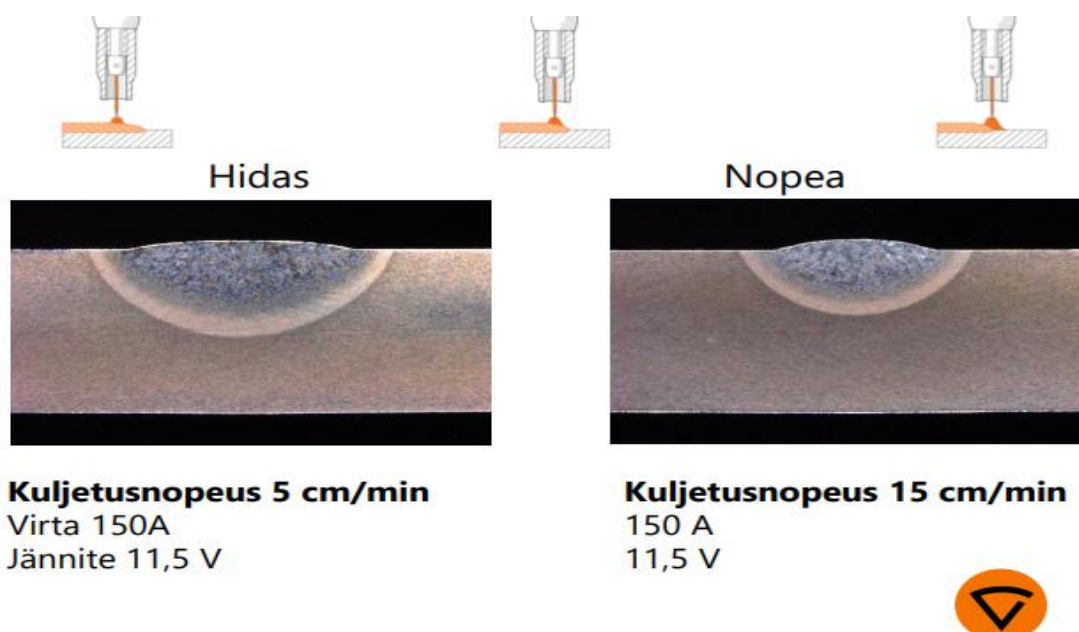
Kuva 7. Hitsausvirran vaikutus hitsaamiseen (Kemppi Oy 2021)

TIG-hitsaamiseen vaikuttaa myös kaarijännite, jonka vaikutus on nähtävissä kuvassa (kuva 8). Kaarijännitettä ei kuitenkaan voida säätää suoraan käyttöliittymässä. Kaarijännitteellä tarkoitetaan jännitettä, joka muodostuu valokaaren palaessa sulamattoman elektrodin ja työnettävän kappaleen välille. Kaarijännitettä pystytään säätämään valokaaren pituutta säätämällä, suojakaasun ionisoitumisenergialla sekä pienissä määrin elektrodin geometrialla. (Kemppi Oy 2021.)



Kuva 8. Kaarijännitteen vaikutus hitsaamiseen (Kemppi Oy 2021)

Säätöparametrien lisäksi TIG-hitsaamiseen vaikuttaa kuljetusnopeus. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti hitsauspistoolia liikutetaan hitsattaessa. Kuljetus nopeus voidaan ilmoittaa joko millimetrinä minuuttia kohden, tai senttimetrinä minuuttia kohden. TIG-hitsaamisen ohjeissa on määriteltä, kuinka suuren kuljetusnopeudet on sallittuja. Kuljetusnopeuden muuttaminen vaikuttaa hitsinprofiiliin, sulamissyvyyteen sekä lämmöntuomiseen (kuva 9). (Kemppi Oy 2021.)



Kuva 9. Kuljetusnopeuden vaikutus hitsaamiseen (Kemppi Oy 2021)

TIG-hitsaamisessa voidaan virrannapaisuutta vaihtaa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että laitetaanko maadoitus johto plussa puolelle, vai miinuspuolelle kiinni. Yleensä tasavirralla hitsatessa poltin laitetaan miinuspuolelle kiinni ja maadoituskaapeli laitetaan

plussapuolelle kiinni. Koska virran napaisuutta vaihtamalla virran kulkusuunta vaihtuu, niin tämä vaikuttaa elektrodin ja perusaineen lämmön jakautumiseen. Kun hitsataan tasavirralla vaikuttaa lämpö noin 70 % plussapuolelle ja 30 % miinuspuolelle. (Kemppi Oy 2021.)

Vaihtosähköllä hitsatessa virtalähde vaihtelee virran napaisuutta nopeaan tahtiin taajuuden mukaa. Tämän takia vaihtosähköä käytettäessä kaapeleiden napaisuuden kytkentä pitää selvittää laitteen valmistajalta, jotta saadaan hitsauslaite toimimaan oikealla tavalla. (Kemppi Oy 2021.)

Virtalajin valintaan vaikuttaa hitsattava materiaali. Tasavirtaa käytetään yleensä kaikkien muiden materiaalien hitsaamiseen, paitsi alumiinin, alumiiniseosten, alumiinipronssin tai magnesiumin kanssa. Näiden materiaalien kanssa käytetään vaihtosähköä. (Kemppi Oy 2021.)

Perusparametri säätöjen lisäksi nykypäiväisestä TIG-hitsauslaitteistosta löytyy hitsausprosessista kuvaaja (kuva 10), josta voidaan säätää lisäparametreja. Näistä ensimmäiseksi otetaan käsittelyyn etu- ja jälkikaasu. Etukaasulla tarkoitetaan, että laitetaan suojakaasua ennen kuin valokaari on vielä syttynyt. Tämä auttaa saavuttamaan täydellisen kaasusuojan hitsattavalle alueelle. Jälkikaasulla taas tarkoitetaan, että annetaan kaasun virrata vielä sen jälkeen, kun valokaari on sammunut. Tämän avulla voidaan jäähdyttää ja suojata hitsiä sekä myös elektrodia ilmakehän tuottamilta vaikutuksilta. (Kemppi Oy 2021.)



Kuva 10. Kuvaaja käyttöliittymässä (Kemppi Oy 2021)

Seuraavana parametrina kuvaajasta voidaan säätää virran nousu- ja laskuaikaa. Virran nousuajalla tarkoitetaan, että kuinka nopeasti hitsauksen aloittaessa virta nousee haluttuun arvoon. Virran laskuaika taas kertoo, kuinka nopeasti virta tippuu noltaan. Virran laskuaikaa käyttäessä voidaan välttää hitsauksesta tulevaa lopetus kraatterin syntymistä. (Kemppi Oy 2021.)

Virran nousuajan jälkeistä hetkellistä aikaa voidaan säätää. Tätä säätöä kutsutaan start-virraksi. Start-virta voi olla joko hot-start, tai soft-start. Hot-start tuo lisää lämpöä hitsauksen aloitukseen, joka helpottaa sulan muodostumista. Start-virta voidaan säätää ajastimella toimivaksi, tai liipaisimella toimivaksi. (Kemppi Oy 2021.)

Näiden lisäksi riippuen kytkinlogiikasta, voidaan vielä säätää aloitus- tai lopetusvirtaa. Tämä tarkoittaa, että voidaan säätää virtaa ennen, kun virran nousu- tai laskunopeus alkaa. Näitä kutsutaan SearchArc ja TailArc toiminnoiksi. (Kemppi Oy 2021.)

2.6 Hitsausautomaatio

Hitsausautomaatiolla tarkoitetaan järjestelmää, jossa robotti tai kone hoitaa hitsaamisen sinne ohjelmoidun ohjelman avulla. Robotit pystytään ohjelmoimaan uudestaan käyttötarkoituksen mukaan. Hitsausrobotit edustava nykypäivän kehittyneintä hitsausautomaatio tekniikkaa. (Kemppi Oy 2022b.)

Robottitekniikan avulla pystytään saamaan tarkkoja hitsaustuloksia. Roboteilla pystytään menemään sellaisiin paikkoihin, joihin ihmiset eivät pääse, tai on vaarallista mennä. Roboteilla pystytään myös hitsaamaan nopeammin monimutkaisia, ja tarkkuutta vaativia hitsauslinjoja, kuin käsin hitsaamalla. Roboteissa on valikoima niin laaja, että pystytään etsimään oikeanlainen robotti tarvittavaan hitsausprosessiin. (Kemppi Oy 2022b.)

Robottihitsaus on korkean tuottavuuden takia suuren aseman metalli teollisuudessa sekä eritoten autoteollisuudessa, jossa käytetään pääsääntöisesti piste- ja laserhitsausta. Robottihitsaus toimii parhaiten lyhyille hitseille, jossa on kaarevia pintoja. Robottihitsaus on tarkoitettu yleensä sellaisiin töihin, jossa hitsausprosessi ei edellytä jatkuvia vaihdoksia. (Kemppi Oy 2022b.)

Robottihitsausautomaatiojärjestelmän laitteisto koostuu robotista, hitsauslaitteistoista, antureista sekä ohjausjärjestelmästä. Laitteistoiden lisäksi tarvitaan ohjelmointi työtä sekä tarvittaessa jopa tekoälyä. Robotin tyyppi pitää valita käyttötarkoituksen mukaan. Robotit voivat olla nivel- tai portaalirobotteja. Yleensä teollisuuden hitsausrobotteina käytetään kuuksielisiä robotteja, jotka muodostuvat kolmiakselisesta käsivarresta ja kolmiakselisesta

ranteesta. Tämän avulla saadaan rakenteeseen asennettu hitsauspoltin kaikkiin hitsauksessa tarvittaviin paikkoihin. (Kemppi Oy 2022b.)

Robottihitsaus tekniikassa pääpaino on ohjelmistoissa, ja ohjelmisto suunnittelussa. Robotteihin tehdyt ohjelmat voidaan vaihtaa, jos hitsattava prosessi vaihtuu. Tämän takia ei automaatiohitsauksessa tarvitse rajoittua vain yhden kappaleen hitsaamiseen. Robottihitsaus järjestelmässä voi olla robotin ohjelmoinnin lisäksi muitakin ohjainlaitteita, joita pitää ohjelmoida. Nämä kuitenkin ohjelmoidaan vain yhden kerran, jotta saadaan järjestelmän vaatimat toiminnot hoidettua. (Kemppi Oy 2022b).

3 Sähködokumentaatio

3.1 Sähkökeskus

Tämän projektin sähkökeskuksen tarkoitus on saada PLC-ohjainlaitteelle, IO-korteille, ja releille tarvittavat sähköt. Näiden komponenttien avulla pystytään toteuttamaan kommunikaatio robotin, langansyöttökoneen ja tehoyksikön välille. Sähkökeskuksesta löytyy muitakin komponentteja, jotta saadaan annettua laitteille oikeanlainen jännite sekä saadaan sähkökeskuksesta Suomen asetuksien mukainen. (Salmela, A 2021.)

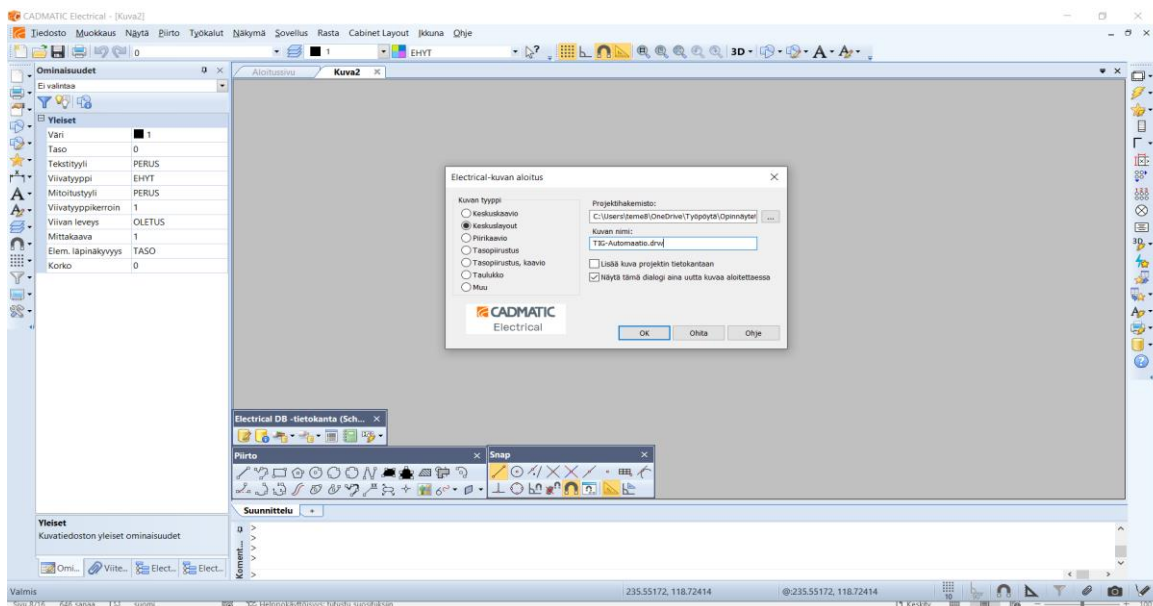
Tässä projektissa käytetty sähkökeskus on aikaisemmin ollut toisessa käytössä ja nyt muokattu tähän TIG-hitsausautomaatio laitteistoon sopivaksi. Muokkaamisen takia olisi sähkökuvat pitänyt uudistaa, mutta tästä sähkökeskuksesta ei ole olemassa kunnollisia dokumentaatioita. Tästä syystä piti tässä työssä purkaa sähkökeskusta sen verran, että pystyy selvittämään kaikki komponentit sekä niiden kytkennät, jotta pystyy tekemään sähködokumentaatiot. (Salmela, A 2021.)

Sähködokumentaatioilla tarkoitetaan tässä projektissa keskuslayout kuvaa, sähköpiirikaavio kuvaa sekä osaluetteloa. Keskuslayout on kuva sähkökeskuksesta, jossa näkyy mihin sähkökomponentit fyysisesti asennetaan. Piirikaaviosta nähdään, miten sähköjohtimet kytketään komponentteihin. Osaluettelosta pystytään etsimään kaikki sähköpiirustuksissa esiintyvät komponentit ja niiden sähkökuviissa käytetyt lyhenteet. Ohjelmistona näiden tekemiseen käytetään Cadmatic electric -suunnitteluohjelmistoa.

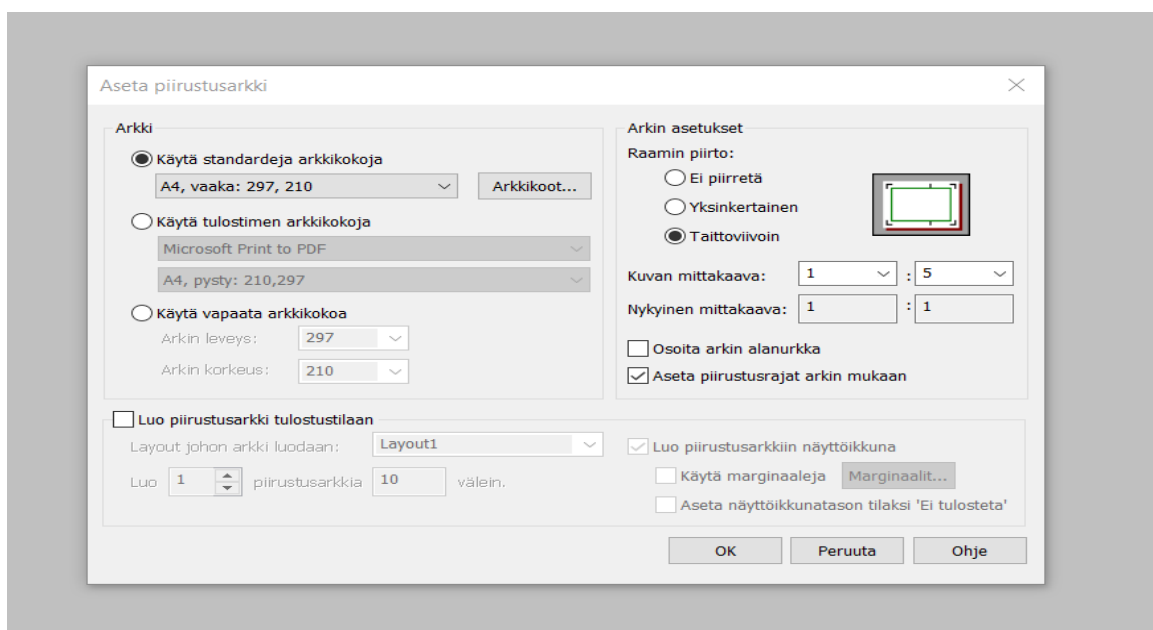
3.2 Keskuslayout

Yleensä sähkökeskuksesta piirretään ensimmäiseksi keskuslayout kuvat, ennen kun keskus kasataan. Tässä työssä sähkökeskus on ollut toisessa käytössä aikaisemmin ja muokattu tähän projektiin sopivaksi, joten sähkökeskus on kasassa ennen kuin piirretään keskuslayout kuva. Koska sähkökeskus on jo kasattu ja käytetyt osat ovat selvitetty, pystyi keskuksesta ottamaan mitat ja valokuvan. Näiden avulla pystyy tekemään keskuslayout kuvan.

Keskuslayout kuvan tekeminen aloitetaan avaamalla Cadmatic electric -ohjelmisto ja painetaan kohtaa, luo uusi kuva. Tämän jälkeen valitaan kuvantyyppi keskuslayout, valitaan asennus polku ja nimetään projekti (kuva 11). Seuraavaksi avautuu uusi ikkuna, jossa pystytään määrittelemään arkin koko ja kuvasuhde. Valitaan arkin kooksi A4 vaakatasossa ja kuvasuhteeksi 1:5 (kuva 12). Arkin kuvasuhde valitaan siten, että sähkökeskus mahtuu hyvin halutulle paperiarkille.



Kuva 11. Projektin luominen



Kuva 12. Arkkikoko, ja kuvan mittakaava

Kun projekti on luotu, tekee Cadmatic electric -ohjelmisto automaattisesti piirustus pohjan. Piirustus pohjaa kaksoisklikkaamalla reunasta hiiren vasemmalla aukeaa valikko (kuva 13), jossa voidaan täyttää piirustus pohjaan halutut tiedot. Kokonaisuudeksi annetaan nimeksi "000", ja sähköpositioon täytetään MCC (Motor Control Center). Kokonaisuudella tarkoitetaan sitä, että mikä osio järjestelmästä on kuvassa. Sähköpositiolla tarkoitetaan sitä, että missä nämä komponentit sijaitsevat, jos ei toisin ilmoiteta. MCC tarkoittaa, että komponentit ovat sähkökeskuksen sisällä. (Cadmatic 2022.)

Lehtien hallinta

Nimiötiedot

Kopioi Liitä Liitä samoihin

Layout	Lehti:	Lehtiä:	Kokonaisuus:	Sähköpositio:	Piirustuksen nimitys (1.rivi):	Piirustuksen nimitys (2.rivi):	Piirustuksen nimitys (3.rivi):
Suunnittel			000				

Numerot ja tunnukset

Piirustusnumero: Työnumero:

Kokonaisuus: Sähköpositio:

Piirustuksen nimitys

Piirustuksen nimitys (1.rivi):

Piirustuksen nimitys (2.rivi):

Piirustuksen nimitys (3.rivi):

Päiväys, osallistujat, ym.

Päiväys: Suunnittelija:

Piirtäjä / Pvm: Tarkastanut / Pvm:

Lehti: Piirustuksen laji:

Muutokset

Muutos A: Muutos D:

Muutos B: Muutos E:

Muutos C: Muutos F:

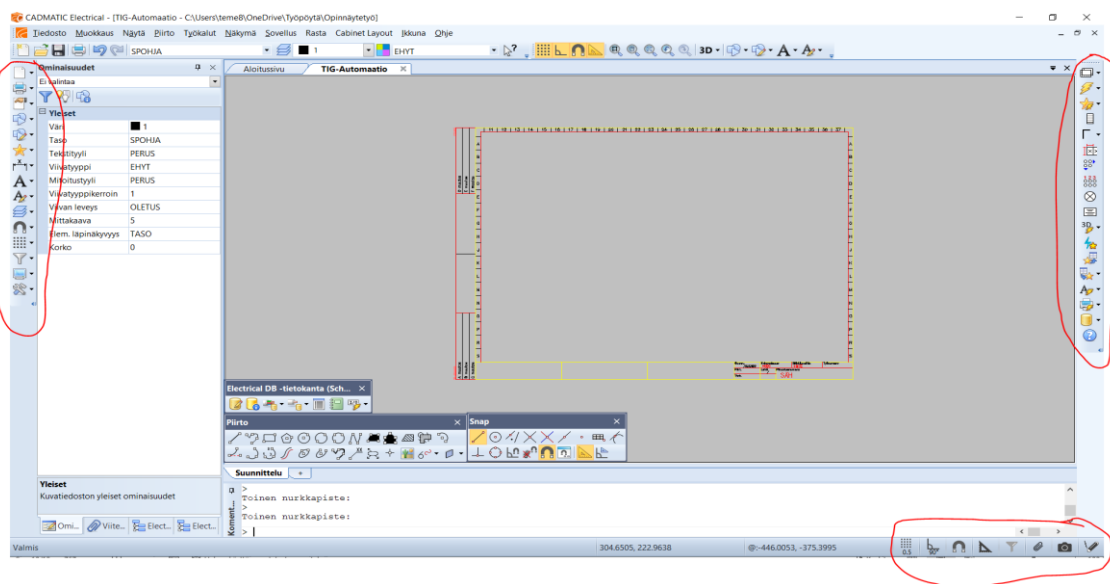
Määrä: 1

Laajenna yksityiskohtaiset tiedot avattaessa

OK Peruuta

Kuva 13. Piirustuspohjan tiedot

Ohjelmiston vasemmasta reunasta löytyvät kaikki perustyökalut ja oikeanpuoleisesta reunasta löytyvät keskuslayout työkalut (kuva 14) sekä oikeanpuoleisesta alareunasta löytyvät pikavalikot työkaluille. Ensimmäiseksi otetaan oikeanpuoleisesta alakulmasta rasteri valikko auki ja laitetaan rasteri kooksi 0,5. Rasterilla tarkoitetaan, että kuinka tarkasti voidaan siirtää komponentteja, tai ottaa niistä kiinni. Tämän jälkeen rasterivalikon oikealta puolelta löytyy pakotus työkalu, joka laitetaan päälle yhdeksäänkymmeneen asteeseen. Pakotuksella saadaan kaikki liikkumaan yhteen suuntaa yhden siirron aikana. (Cadmatic 2022.)



Kuva 14. Cadmatic työkalut

Ennen piirtämisen aloitusta etsitään kaikki projektissa käytetyt komponentit niiden valmistajien sivuilta. Tämän jälkeen tarkistetaan, tarjoaako valmistaja komponenteista valmiita CAD-kuvia. Jos tarjoaa, ladataan kuvat koneelle ja avataan Cadmatic-ohjelmistolla, josta ne voidaan kopioida projektiin. Ne komponentit, joista ei löydy valmiita kuvia piirretään Cadmatic-ohjelmalla käyttämällä valmistajan antamia mittoja. (Pohjonen, J 2022.)

Piirtäminen aloitetaan valitsemalla oikeanpuoleisesta valikosta piirrä keskus. Tähän valikkoon kirjoitetaan kaikki mitat ja valitaan mitkä osat keskukseseen piirretään (kuva 15). Tässä tapauksessa jätetään pois ovi, koska valmistajalta saa kuvan ovesta. Tämän jälkeen painetaan ok-painiketta ja laitetaan keskus piirustusarkille haluttuun kohtaan sekä kopioidaan kannen kuva tämän keskuksen vasemmalle puolelle sillein, että se on keskuksen kanssa samassa linjassa. (Cadmatic 2022.)

Kuva 15. Keskuksen piirtäminen

Ensimmäiseksi piirretään keskuksen sisään johtokourut. Johtokourujen piirtämiseen löytyy valikko ruudun oikealta puolelta. Kun valikko aukeaa asetetaan syöttökenttiin johtokourun tiedot ja laitetaan rasti "teksti kourunpäälle" kohtaan sekä kirjoitetaan johtokourun leveys-tiedot kenttään (kuva 16). Koska sähkökeskus on jo valmiiksi koottu, voidaan kourut piirtää mitattujen tietojen avulla keskukseseen, johon ne on jo asennettu. Kun kourut on piirretty kuvaan, voidaan vasemmanpuoleisista valikoista ottaa mittaustyökalu ja laittaa keskuksen mitat sekä johtokourujen välisten tilojen mitat (kuva 17). (Cadmatic 2022.)

Johtokanavat / -kourut

Kokotiedot

Leveys: 30 Syvyys: 60

Sijainti: Asennuslevy Korko: -20

OK

Peruuta

Ohje

Rasteri

Harvennettu jako

Piirtolinja

Reuna
 Keski

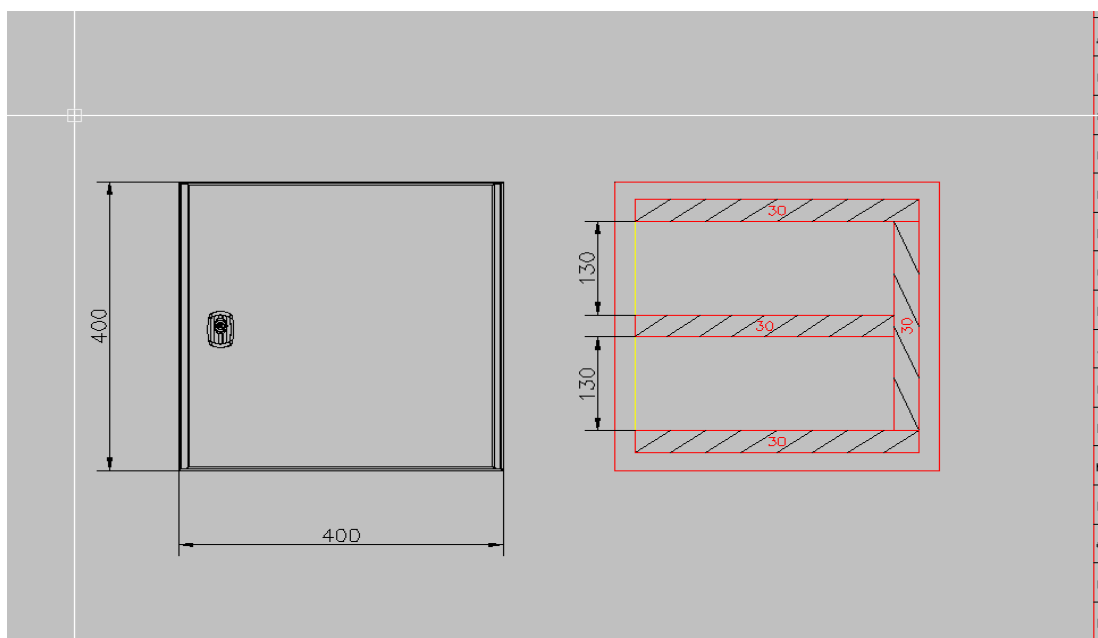
Autom. kulmien paikkaus

Teksti kourun päälle

Teksti: 30

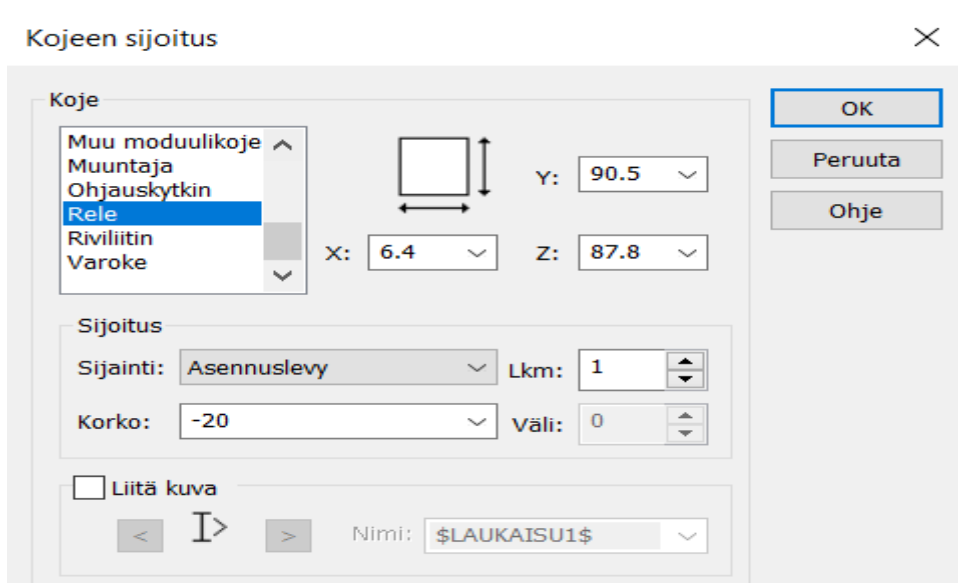
Piirtoväri: 2

Kuva 16. Johtokourujen valikko



Kuva 17. Sähkökeskus mittatiedoilla

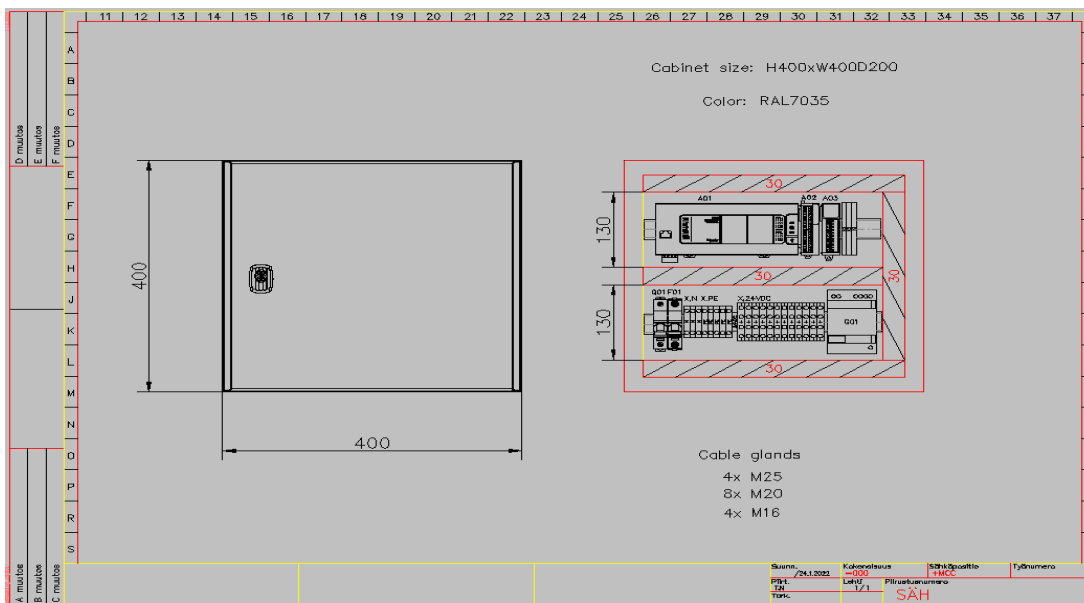
Sähkökeskuksen perusrakenteen valmistuttua voidaan lisätä komponentit keskukseseen. Kaikista muista komponenteista, paitsi riviliittimistä ja releistä oli saatavilla valmiit kuvat. Valmiit kuvat pystyttiin kopioimaan suoraan projektiin ja laittamaan ne oikeille paikoilleen. Muut komponentit saadaan tehtyä ottamalla ruudun oikeanpuoleisesta valikosta kojeet valikko auki. Valikossa pystyy määrittelemään, minkälaisen komponentin haluaa lisätä projektiin, mille tasolle se asennetaan ja antamaan mitat komponentille (kuva 18). Mitat löytyvät komponenttien valmistajan tarjoamasta dokumentaatiosta. Tällä tavalla lisätään kaikki puuttuvat komponentit kuvaan. (Cadmatic 2022.)



Kuva 18. Komponenttien valikko

Kun kaikki komponentit on asetettu paikoilleen, kirjoitetaan kaikkien komponenttien lyhennemerkit kuvaan sekä lisätään muut halutut tekstit. Tekstit saadaan kuvaan ottamalla vasemmanpuoleisesta valikosta teksti työkalu ja painamalla kohtaa kuvasta mihin tekstin alku on tarkoitus asettaa sekä mihin suuntaan teksti asetetaan. Tämän jälkeen kirjoitetaan kenttään haluttu teksti ja painetaan enter-näppäintä tekstin hyväksymiseksi. Tekstivalikon sisältä löytyy myös tarvittaessa tekstin asetukset, jos haluaa muuttaa tekstin näköä tai kokoa. (Cadmatic 2022.)

Kuva viimeistellään vielä piirtämällä asennus kiskot. Valikko löytyy kuvan oikeanpuoleisesta valikosta samasta kohtaa, kun johtokourujen kourujentyökalu. Todellisuudessa kaikki komponentit on kiinnitetty asennuskiskoihin. Asennus kiskot piirretään kuitenkin komponenttien keskelle sellaisiin kohtiin, jossa ei ole komponenttia, josta asennuskisko näkyy todellisuudessaakin, tai piirtämällä asennuskisko eripiirtotasolle, jotta ne jäävät komponenttien alapuolelle. Kun kaikki vaiheet on toteutettu, on sähkökeskuksen layoutkuva valmis (kuva 19). (Cadmatic 2022.)



Kuva 19. Keskuslayout valmiina

3.3 Piirikaavio

Piirikaavioprojekti aloitetaan samalla tavalla, kun keskuslayout projekti. Avataan Cadmatic -ohjelmisto ja painetaan, luo uusi projekti kohtaa. Valitaan projektityypiksi piirikaavio ja määritellään, minne projekti tallennetaan sekä millä nimellä. Piirikaavioprojektista on muuten samat työkalut, paitsi ruudun oikeanpuoleiset työkalut ovat vaihtuneet piirikaaviotyökaluiksi.

Ensimmäiseksi painetaan ruudun oikeanpuoleisesta alareunasta rasteri työkalua ja annetaan arvoksi 1.75. Tämän avulla saadaan laitettua johtimet komponenttien liittimiin kiinni. Piirikaavioprojektiin ei tule automaattisesti piirustus pohjaa, vaan se pitää laittaa painamalla ruudun oikealta puolelta lehtien käsittely kohtaa ja painaa luo lehti työkalua. Tämän jälkeen piirustus arkkiä painetaan hiiren vasemmanpuoleisella painikkeella kaksi kertaa peräkkäin, jolloin voidaan täyttää piirustusarkkiin tiedot. Kokonaisuudeksi laitetaan "000" ja sähköpositioksi MCC. (Cadmatic 2022.)

Piirtäminen aloitetaan ottamalla oikeanpuoleisesta valikosta johdotus toiminnot ja valitaan jännitteensyöttökisko. Valikon avautuessa valitaan tarvittava määrä johtimia ja määritellään johtimet sekä modulijako (kuva 20). Tässä tapauksessa keskukseen tulee sisään yksivaihejohdin (L1), nollajohdin (N) sekä suojamaa (PE). Modulijako valitaan sen mukaan, mikälaista rasterikokoa käytetään. Vaihejohdoissa käytetään vihreää väriä, ja muut johdotukset piirretään punaisella värillä. Määrittelyiden jälkeen piirretään jännitekisko piirtoarkin vasemmasta ylä laidasta noin puoleenväliin ruutua. Jännitekisko kuvastaa jännitteen syöttöä keskuksen sisään. (Cadmatic 2022.)

Kuva 20. Jännitekiskon valikko

Jännitesyöttökiskon piirtämisen jälkeen lisätään kaikki komponentit kuvaan. Oikeanpuoleisessa valikossa on kohta symbolit, josta löytyy joidenkin komponenttien piirustusmerkit. Ensimmäiselle sivulle lisätään kaksiasentoinen päävirtakytkin ja yksivaiheinen johdonsuojakatkaisin. Kun komponentit lisätään kuvaan pyytää ohjelmisto antamaan komponentille niiden sekä antamaan tarvittavat tiedot, josta nähdään esimerkki kuvassa (kuva 21). Erilaisille komponenteille pitää antaa erilaisia tietoja. Komponentin tarvittavat tiedot löytyvät komponentin valmistajan verkkosivuilta hankittavista dokumenteista. Komponentin nimeämissäännöt on määritelty ennen projektin aloittamista. Sijainniksi laitetaan MCC, jos se on keskuksen sisällä, muuten laitetaan pelkästään tieto mihinkä kokonaisuuteen komponentti kuuluu. (Cadmatic 2022.)

Attribuutit	
Tunnus:	Q1
Sähköpositio:	MCC
Kokonaisuus:	000
Sähkö 1:	
Asento 1:	OFF
Asento 2:	ON
Koskettimen ylänumero:	1
Koskettimen al numero:	2

Kuva 21. Esimerkki kaksitoimisenvaihtokytkimen komponentti tiedoista

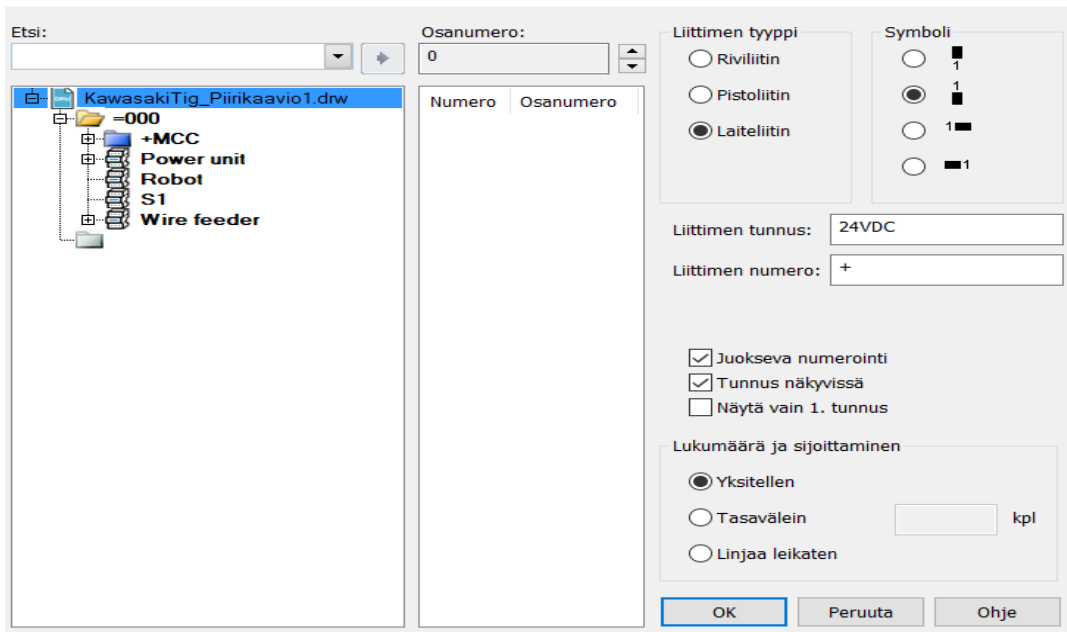
Sellaiset komponentit, joita tarvitaan sivulle yksi, joista ei löytynyt ohjelmistosta valmiita piirustusmerkkiä ovat PLC-yksikkö, IO-kortit, robotti sekä ACDC-muuntaja. Osalle komponenteista pitää piirtää määrätyn standardin mukainen kuva, mutta osan voi piirtää omalla tyylillä.

Valitaan oikeanpuoleisesta valikosta toiminnot, ja sieltä rajaa elementit laitteeseen. Kun valikko on auki, määritellään kokonaisuus, sähköpositio ja annetaan laitteelle tunnus (kuva 22). Määrittelyjen jälkeen piirretään sopivan kokoinen nelikulmio piirustusarkille tällä toiminnolla. Tämän piirretyn alueen sisälle laitetut komponentit menevät tämän komponentin attribuuteiksi. Tämä tarkoittaa, että kaikki alueen sisällä menee tietokantaan osaksi tätä laitetta. (Cadmatic 2022.)

Kuva 22. Laiterajaus

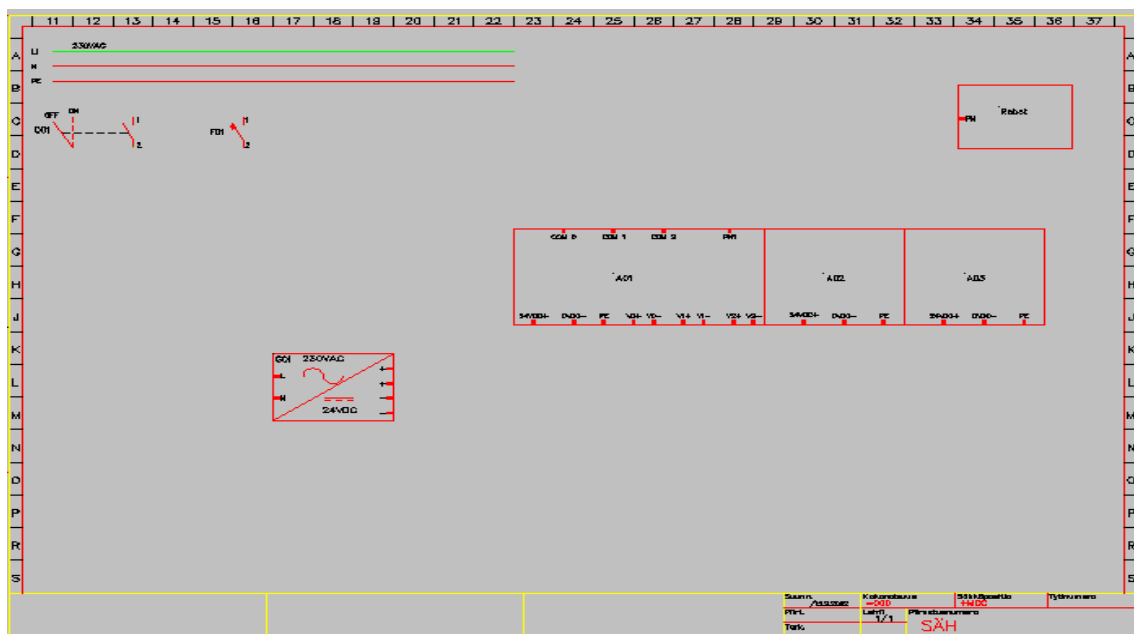
Itse piirretyille laitteille voidaan laittaa tarvittaessa kytkentäkuvia, jotka löytyvät oikeanpuoleisesta valikosta kohdasta symbolit. Jos on tarvetta sellaiselle merkille mitä ei löydy valmiina, voidaan vasemmanpuoleisesta valikosta ottaa piirtotyökalu ja itse piirtää sopiva merkki. (Cadmatic 2022.)

Piirikaavioiden tekemisessä on myös tärkeä laittaa laitteille liittimet, joihin laitetaan sähköjohtimet kiinni. Nämä löytyvät oikeanpuoleisesta valikosta nimellä riviliitin toiminnot. Riviliitin toiminnosta (kuva 23) etsitään oikeanlainen liitin ja annetaan sille tunnus sekä numero. Siinä tapauksessa, että samaan liitinsarjaan kuuluu useita liittimiä, valitaan kohta näytä vain yksi tunnus. Tarvittaessa voidaan myös sijoittamisessa käyttää sarjasijoitus toimintoa, jos liittimiä on useita. Tämä löytyy valikon oikeanpuoleisesta alareunasta valitsemalla tasavälein kohta. Tähän voidaan asettaa liittimien määrä, ja työkalu laittaa halutun määrän liittimiä tasavälein määrätystä kohdasta eteenpäin. Määrittelyiden jälkeen sijoitetaan liitin tai liittimet haluttuun kohtaan laitteen rajojen reunoille. (Cadmatic 2022.)



Kuva 23. Liittimen määrittely

Kaikkien laitteiden valmistuttua sijoitetaan ne loogiseen sijaintiin piirustusarkille (kuva 24), jotta sähköjohtimet saadaan laitettua liittimestä toiseen siistinnäköisesti. Ennen johtojen vetämistä laitetaan kuvaan vielä kaikki riviliittimet ja suojamaadoitukset. Riviliittimien laittaminen kuvaan tapahtuu samanlailla, kun laiterajauksien sisäänkin laittamalla. Riviliittimet nimetään oikein ja sijoitetaan sellaisiin paikkoihin, joissa niiden pitää olla. Yleensä riviliittimet ovat kuvissa komponenttien läheisyydessä, tai kahden komponentin välissä.

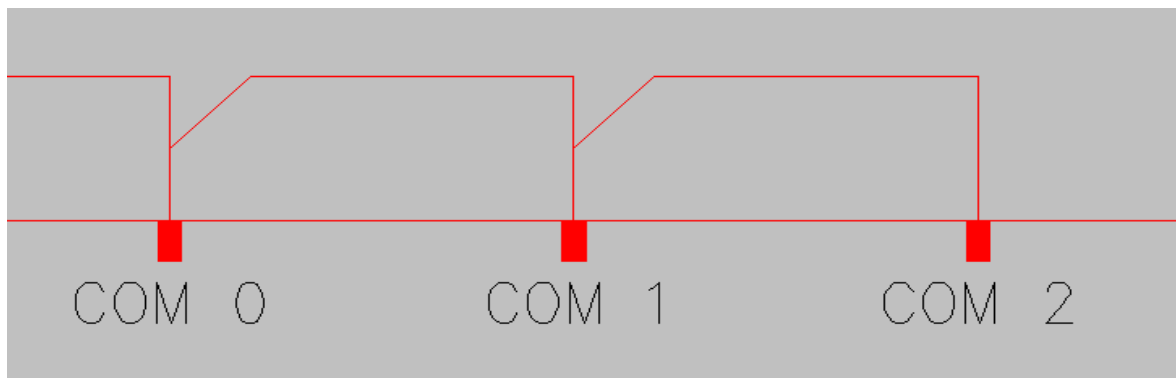


Kuva 24. Komponenttien sijoittelu

Suojamaadoitus merkit laitetaan kaikkien laitteiden PE-liittimen läheisyyteen. Suojamaadoitusmerkki löytyy ruudun oikeanpuoleisesta valikosta kohdasta symbolit. Suojamaa merkien viereen voidaan erikseen kirjoittaa tarvittavat tekstit vasemmasta reunasta löytyvällä kirjoitus työkalulla.

Kun piirustusarkille on piirretty kaikki tarvittavat komponentit ja laitteet, piirretään kaikki tarvittavat sähköjohtimet. Ennen kun sähköjohtimet piirretään, on huolellisesti selvitettävä, että miten kaikki laitteet ja komponentit pitää kytkeä, jotta kaikki laitteet toimivat oikein ja turvalisesti. Koska tässä projektissa kaikki kytkennät olivat valmiiksi tehtyjä, piti purkaa keskusta ja selvittää, miten kytkennät olivat tehty ja varmistaa niiden oikeellisuus.

Johtojen piirtäminen tapahtuu johdotustyökalulla, joka löytyy ruudun oikeanpuoleisesta valikosta. Valikosta löytyy kaksi vaihtoehtoja johdotuksille, päävirtapiiri sekä ohjausvirtapiiri. Näistä valitaan päävirtapiiri ainoastaan vaihejohdoille ja kaikki muut piirretään ohjausvirtapiiri johdotuksella. Johdot vedetään aina laitteiden tai johtojen attribuuteilta toisille, ei koskaan johdosta toiseen johtoon. Päävirtakiskojen päädyissä on myös attribuutit, joista johdot tuodaan laitteille. Johtoja vetäessä voi painaa TAB-näppäintä näppäimistöä, jos haluaa vaihtaa johdotuksen kulmaa, tai välilyöntinäppäintä jos halutaan vaihtaa sähköjohtimen suuntaa. Sähköjohdotuksen kulmaa vaihtamalla, voidaan piirtää esimerkiksi sellaiset johdot, jotka tulevat samaan liittimeen (kuva 25). (Cadmatic 2022.)



Kuva 25. Usea johdotuksen piirtäminen samalta liittimeltä

Kun kaikki johdot on piirretty laitteille, piirretään robotille sijainnin rajaus, koska se ei ole sähkökeskuksen sisällä. Valitaan ruudun oikeanpuoleisesta valikosta toiminnot ja sieltä valitaan elementtien rajaus erisijaintiin. Valikon avautuessa laitetaan kokonaisuuteen kolmenollaa ja sijainti jätetään tyhjäksi (kuva 26). Sen jälkeen piirretään robotin ympärille alue. Tämä määrittää sen, että robotti kuuluu tähän kokonaisuuteen, mutta ei sijaitse sähkökeskuksen sisällä. (Cadmatic 2022.)

Sijaintirajaus ×

Tiedot **Ulkonäkö**

Kokonaisuus:

Sähköpositio: ...

Tyyppi: Keskus ▾

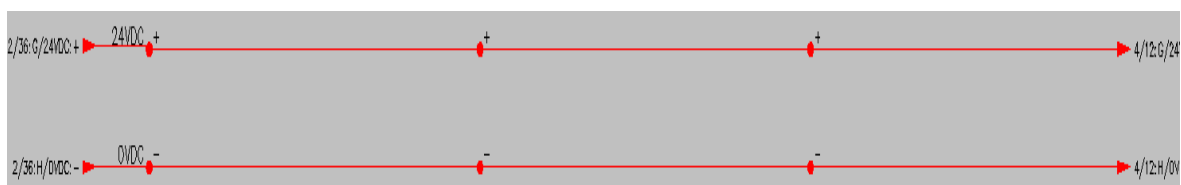
Kuvaus:

Kuva 26. Sijainnirajaus valikko

Ensimmäinen sivu on lähes valmis, joten pitää hahmotella muut sivut. IO-kortit pitää kaikki sijoittaa joko omalle sivulle, jakaa yksi useammalle sivulle, tai laittaa korkeintaan kaksi IO-korttia yhdelle sivulle. Tässä tapauksessa PLC-ohjainlaitteessa on monta sisääntulo paikkaa, joten se tarvitsee jakaa kahdelle sivulle. Ulostulo paikkoja on puolet vähemmän, joten sille riittää yksi sivu.

Tämän lisäksi keskuksessa on kaksi analogista lisäkorttia, joista toinen on sisääntulokortti ja toinen ulostulokortti. Näissä on vähän paikkoja, joten ne voi laittaa samalle sivulle. Näiden korttien lisäksi on kaksi keskuksen ulkona olevaa laitetta. Nämä voisi laittaa molemmat omalle sivulle, mutta nyt ne laitetaan kuitenkin samalle sivulle. Tämän suunnitelman myötä tarvitaan viisi sivua lisää. Otetaan oikeanpuoleisesta valikosta lehtiin käsittely valikko ja painetaan, luo seuraava vapaa kohtaa viisi kertaa.

Kaikille IO-korteille tarvitsee vetää plus- ja miinusriviliitinsarja (kuva 27). Nämä riviliitin sarjat alkavat virtalähteen perästä sivulta yksi ja jatkuvat kaikkien IO-korttien sivuille, joten tähän tarvitaan johdonviittaus työkalua. Laitetaan jokaiselle IO-kortin sivulle kolme plus- ja miinusriviliitintä, joista vasemmanpuoleisempaan laitetaan myös sarjatunnus.



Kuva 27. Riviliitinsarja IO-korteille

Sivulta yksi vedetään johto oikeanpuoleisemmasta plussariviliittimestä tyhjään kohtaan painamalla hiiren vasemmanpuoleista painiketta. Tämän jälkeen painetaan hiiren oikeanpuoleisinta painiketta, jolloin aukeaa johdonviittaus valikko (kuva 28). Valikosta valitaan millä sivulla johto jatkuu. Painamalla ok-valikkoa ohjelma siirtyy tuolle sivulle. Tämän jälkeen vietään johto haluttuun kohtaan, ja ohjelma tekee automaattisesti johdon viittauksen niiden paikkojen välille. Viittaukset tehdään sekä plus- ja miinusriviliittimille ensimmäiseltä sivulta toiselle sivulle. Tämän jälkeen vedetään sivun kaksi plusriviliittimiltä toisille plusriviliittimille johdot sekä tehdään sama miinusriviliittimille. (Pohjonen, J 2022.)

Viittaus toiselle lehdelle ×

Lehti, jolla johdotusta jatketaan:

Viittauksen kuvaustekstit

Lähtölehdellä:

Kohdelehdellä:

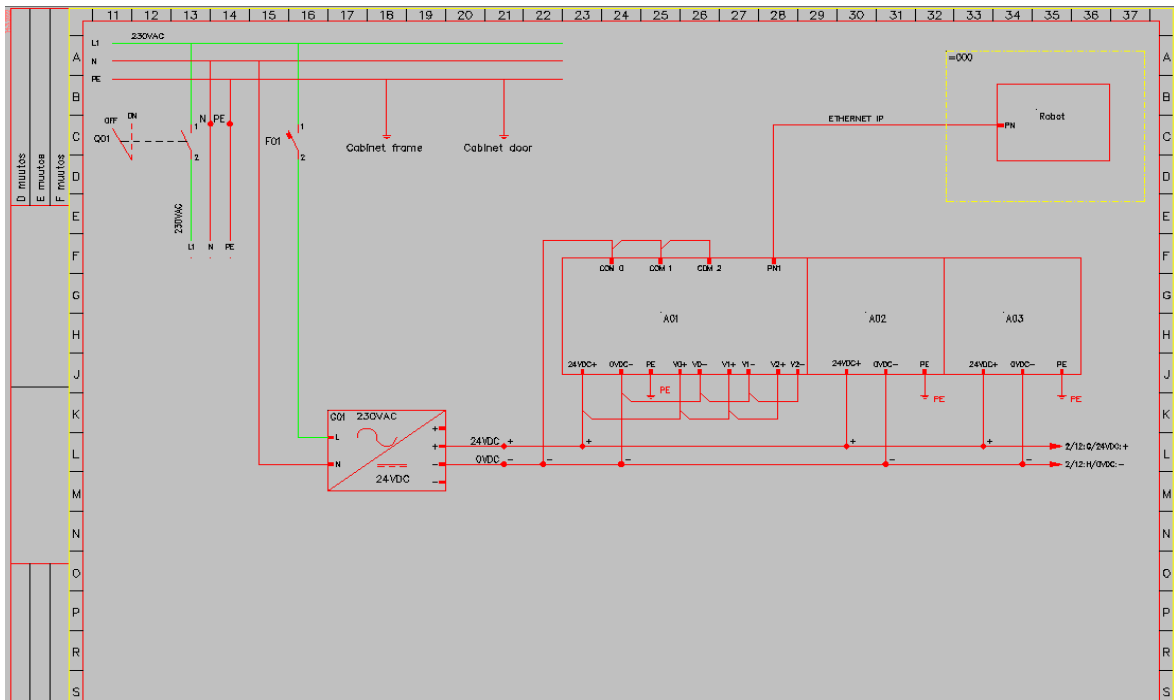
Viittausparitunnus:

Eri kuvassa:

Jää kohdelehdelle

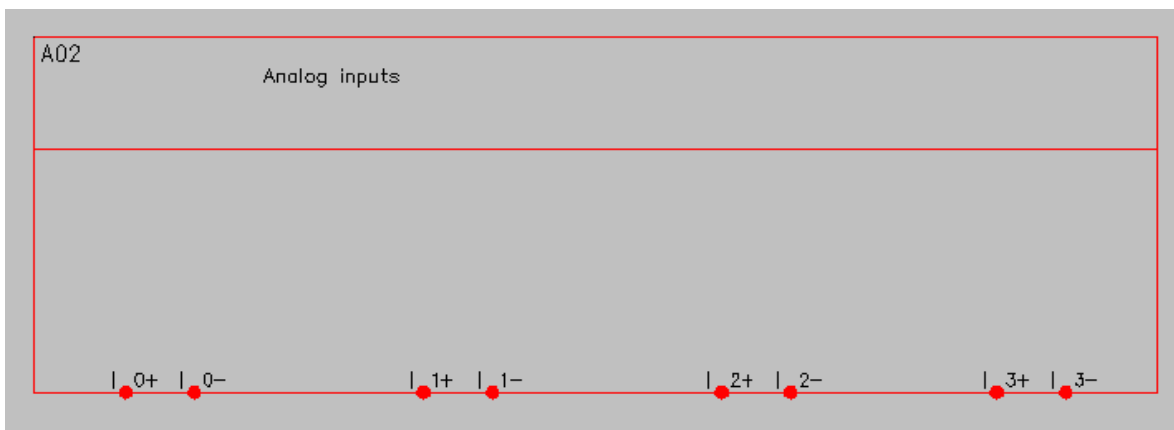
Kuva 28. Johdonviittaus valikko

Näiltä sivun kaksi riviliittimiltä viitataan taas seuraavalle sivulle ja tehdään samanlailla, kunnes kaikilla IO-korttien sivuilla on viitteet ja riviliittimet yhdistetty toisiinsa. Tämä tehdään siksi, että nyt jokainen IO-kortti pystytään helposti liittämään kuvassa tarvittaviin riviliittimiin. Tämä kertoo myös asentajalle, että kaikki plusriviliittimet liitetään toisiinsa kiinni sekä miinusriviliittimet liitetään toisiinsa. Kun nämä on tehty, kuva sivulla yksi on valmis (kuva 29).

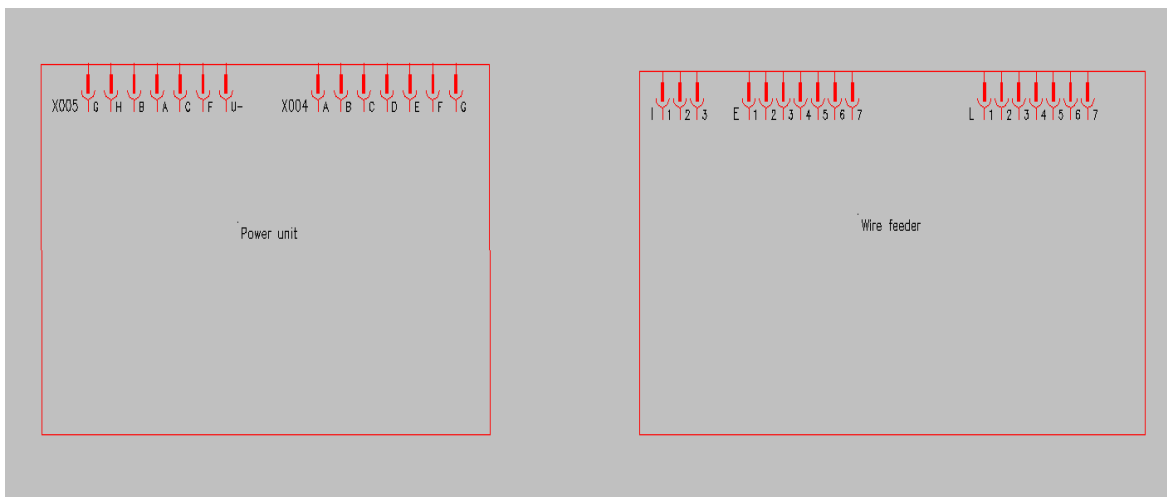


Kuva 29. Sivuyksi valmiina

Sivuille kahdesta viiteen piirretään kaikkien IO-korttien kuvat itse, joista esimerkki löytyy kuvasta (kuva 30). IO-korttien piirtämiseen käytetään rajaa elementit laitteeseen komentoa. IO-kortteihin piirretään kaikki tarvittavat liittimet ja kirjoitetaan tunniste teksti alueiden sisään. IO-kortit voidaan kaikki piirtää samanlaisiksi, mutta erikokoisiksi tarpeen mukaan. Sivulle kuusi piirretään kuva syöttökoneesta ja tehoyksiköstä sekä laitetaan niihin tarvittavat liittimet (kuva 31).

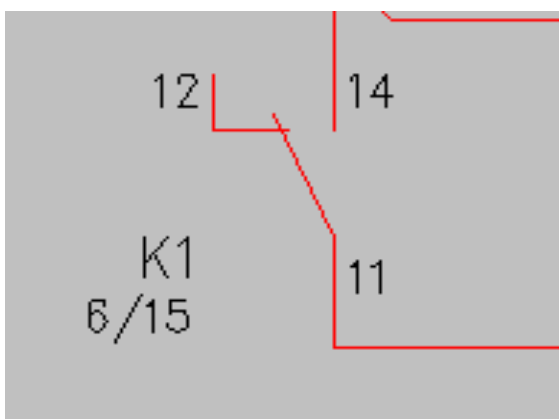


Kuva 30. Esimerkki IO-kortista

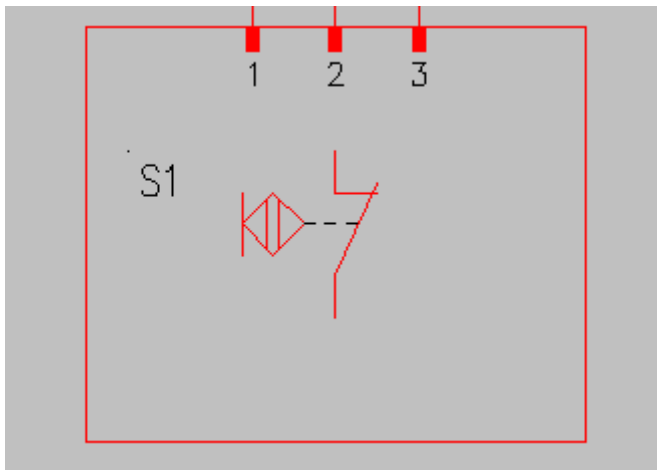


Kuva 31. Syöttökoneen ja tehoyksikön laiterajaus

Kuviin tarvitsee lisätä kaikki loput laitteet. Tässä projektissa on kolme releettä, joista kaikki ovat samanlaisia. Releiden eri osat voidaan laittaa erikseen eri sivuille, mutta niihin pitää merkitä mihin releeseen osat kuuluvat (kuva 32). Releiden osat löytyvät ruudun oikeanpuoleisesta valikosta kohdasta symbolit. Sivulle kaksi laitetaan releen K1 vaihtokärki, sivulle neljä taas releiden K1 ja K2 kelat sekä kosketinpakat. Sivulle 6 laitetaan releen K1 kela, kosketinpakka ja releiden K2 ja K3 vaihtokärjet. Sivulle kaksi pitää vielä itse piirtää kuva törmäysanturista (kuva 33). Kun kaikki komponentit on piirretty pitää selvittää niiden kytkennät, siirtää ne sopivalle paikalle piirustusarkilla ja johdottaa laitteet. Johdot voidaan joutua vetämään kuvasta toiseen. Silloin tehdään johdon viittaukset samanlailla, kun riviliittimienkin kanssa aikaisemmin tehtiin. Näiden jälkeen piirikaaviot ovat nyt valmiina ja löytyvät liitteestä (Liite1).



Kuva 32. Releen K1 vaihtokärki



Kuva 33. Törmäysanturi

3.4 Osaluettelo

Heti projektin alussa selvitetiin kaikki komponentit. Nämä pitää vielä laittaa sellaiseen muotoon, jotta niistä selviää mikä lyhenne merkintä sähkökuvissa tarkoittaa mitään komponenttia. Komponentit voi luetteloida käyttämällä esimerkiksi Exceliä tai Cadmatic electric -ohjelmistoa.

Cadmatic electric -ohjelmistosta löytyy oikeanpuoleisesta valikosta lehtienkäsittely ja sieltä luo taulukko. Valikon sisältä voi valita minkälaisen pohjan haluaa taulukkoon. Taulukon pohjan valinnan jälkeen, pitää jokaiseen taulukon soluun lisätä ruudun vasemmalta puolelta tekstikenttä ja täyttää kaikki halutut tiedot soluihin. Kuva osaluettelosta löytyy liitteenä (Liite2).

4 PLC-ohjelmointi

4.1 TIG-hitsausjärjestelmän rakenne

TIG-hitsausjärjestelmä muodostuu kolmesta päälaitteesta, jotka ovat robotti, virtalähde ja johdonsyöttökone. Näiden laitteiden lisäksi järjestelmässä on sähkökeskus, jonka sisältä löytyvät ohjaamiseen tarkoitetut laitteet, PLC-ohjainlaite, IO-kortit ja releet. IO-kortteja on analogiseen viestintään sekä digitaaliseen viestintään. PLC-ohjelman tarkoitus on toimia tämän järjestelmän robotin ja hitsauslaitteiden välisen kommunikaation välisenä ohjaimena sekä mahdollistaa vaaditut turvallisuustoiminnot. (Salmela, A 2022.)

TIG-hitsausjärjestelmän käskyjen ja tietojen antaminen hitsauslaitteistolle tapahtuu robotin kautta. Tarkoittaa sitä, että robotti käskyy PLC-ohjainlaitetta joko siihen ohjelmoidun ohjelman avulla, tai antamalla robotin käyttöliittymän kautta komentoja. PLC-ohjainlaite hallitsee hitsauslaitteistoa siihen ohjelmoidun ohjelmiston avulla. Osa parametreista säädetään suoraan hitsauslaitteiden käyttöliittymästä, mutta osa parametreista tulee robotilta PLC-ohjainlaitteelle. (Salmela, A 2022.)

Robotti on yhdistetty PLC-ohjainlaitteeseen Ethernet IP -väylän avulla. Ethernet IP -väylän avulla saadaan toteutettua robotin kommunikaatio PLC-ohjainlaitteen kanssa molempiin suuntiin. Virtalähde ja johdonsyöttökone ei tue Ethernet IP -väylää, joten näiden laitteiden viestintä on toteutettu jännite viestintänä sekä digitaalisena, että analogisena IO-korttien avulla PLC-ohjainlaitteen kanssa. (Salmela, A 2022.)

4.2 Toiminnankuvaus

Toiminnankuvaus tarkoittaa sitä, että käydään läpi TIG-hitsausjärjestelmän kommunikaatio sekä miten järjestelmän pitäisi toimia. Tätä varten pitää käydä virtalähteen ja johdonsyöttökoneen dokumentaatiot läpi, jotta pystyy ymmärtämään miten laitteet toimivat. Robotin kommunikaatiosta löytyy dokumentaatio, josta pystyy selvittämään kaikkien tarvittujen muuttujien osoitteet ja koot. Toiminnankuvauksen avulla pystyy suunnittelemaan, miten PLC-ohjelma pitäisi toteuttaa. (Salmela, A 2022.)

Järjestelmässä on kaksi turvaehto, jotka pitää täyttyä, jotta hitsausprosessi voidaan aloittaa. Ensimmäisenä turvaehtona on, että digitaalisen sisääntulokortin paikkoihin nolla ja yksi pitää tulla jännite sisään. Ensimmäinen turvaehto kertoo, että virrat ovat järjestelmässä päällä. Toinen turvaehto on robotissa oleva törmäysanturi, jonka signaali johto on asennettu digitaalisen sisääntulokortin paikkaan yhdeksän. Jos tämä jännite katkeaa edes

hetkellisesti pitää järjestelmän mennä vikatilaan ja estää hitsausprosessin käynnistyminen. Törmäysanturin tilatieto pitää myös lähettää robotille väylän avulla. (Salmela, A 2022.)

Hitsausprosessin ollessa automaattiajolla voidaan robotilta lähettää kaksi erilaista parametritietoa. Parametrit ovat kanavavalinta ja hitsausvirran määrä. Parametritietojen lukemista PLC-ohjainlaitteella hallitaan robotilta saatavan onlinecontrol-ohjausbitin avulla. Jos online-ohjausbitti on epätosi, kanavavalinta jaetaan PLC-ohjainlaitteella analogisen ulostulokortin paikkoihin yksi ja kaksi. Onlinecontrol-ohjausbitin oltaessa tosi, annetaan kanavatieto analogisen ulostulokortin paikkaan yksi ja hitsausvirran määrä jaetaan analogisen ulostulokortin paikkaan kaksi. Tarkoituksena tällä on se, että jos hitsataan sellaista materiaalia, jossa pitää hitsausvirtaa säätää erikseen pystytään robotilta lähettämään tieto tästä. Esimerkiksi alumiinia hitsatessa tarvitaan käyttää onlinecontrol-ohjausbittiä hyödyksi. Analogiset ulostulot ovat kytketty kaapeleilla johdonsyöttö koneeseen. Analogisen ulostulokortin paikassa yksi oleva tieto tulee johdonsyöttökoneelle kanavatiedoksi ja paikasta kaksi tuleva tieto menee johdonsyöttökoneelle, joka lähettää sen tiedon virtalähteelle. (Salmela, A 2022.)

Hitsaaminen aloitetaan, kun robotilta tuleva StartTorch-muuttuja saa arvon tosi ja jos turvaehdot täyttyvät. Hitsaamisprosessin käynnistämiseen pitää digitaalisen ulostulokortin paikka nolla ohjata todeksi, jotta hitsausprosessi käynnistyy. Digitaalisen ulostulokortin paikka nolla on kytketty kaapelilla johdonsyöttö koneeseen kiinni, joka hoitaa koko hitsausprosessin ohjaamisen. Kun StartTorch-muuttuja vaihtuu takaisin epätodeksi, hitsausprosessi päättyy. Johdonsyöttökoneelta tulee takaisin logiikkaan päin viesti, joka kertoo polttimen syttyneen ja langansyöttökoneen aloittaneen langansyöttämisen. Tämä tieto lähetetään robotille, jotta robotti tietää milloin voi aloittaa liikkumisen. Jos hitsaus on komennettu aloitettavaksi, mutta paluuviestiä ei tule takaisin, menee laite virhetilaan yksi. (Salmela, A 2022.)

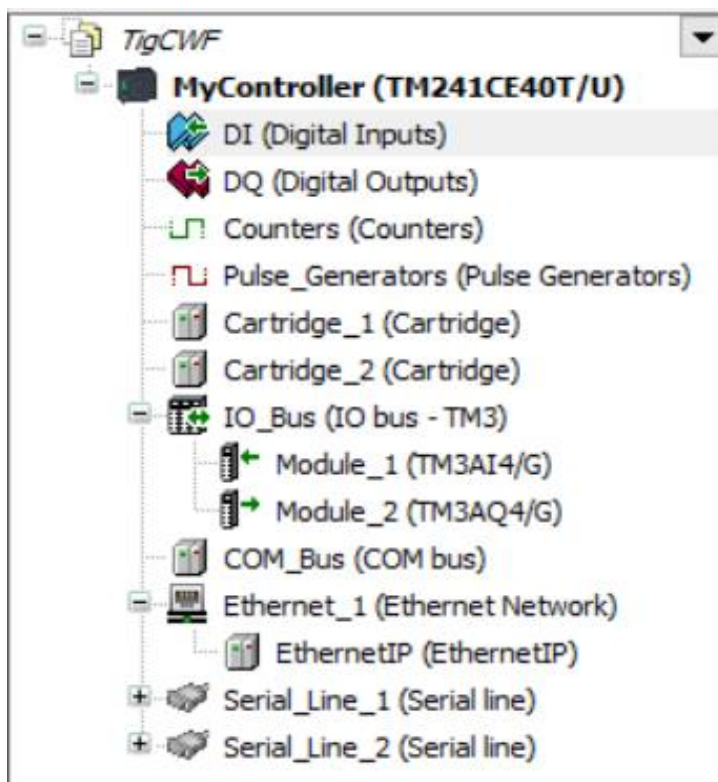
Järjestelmästä löytyy kolme vikatilaa. Jos jokin näistä vikatiloista tulee aktiiviseksi pitää tieto lähettää robotille. Tällöin robotin käyttöliittymältä näkee vikakoodin numeron, jonka avulla voidaan lähteä selvittämään järjestelmän vikaa. Tämän lisäksi robotille tarvitsee lähettää erikseen tieto, että laite on vikatilassa. Tämä vikatilantieto tarvitaan, koska se estää robotin ohjelman jatkamisen. Kaikki vikakoodit pystytään nollaamaan PLC-ohjainlaitteelta lähettämällä robotinkäyttöliittymältä nollaus komento. (Salmela, A 2022.)

4.3 Ohjelmointi

Ohjelmointi aloitetaan avaamalla Machine Expert -ohjelmisto, jonka jälkeen valitaan vasemmassa yläkulmasta tiedostovalikko, josta löytyy kohta uusiprojekti. Uusiprojekti valikosta

valitaan projektityypiksi tyhjäprojekti sekä annetaan projektille nimi ja valitaan, minne projekti tallennetaan.

Projektiin lisätään laitepuu. Laitepuun avulla PLC-ohjainlaite tietää mitä laitteita ja väyliä PLC-ohjainlaitteessa on kiinni. Ennen kun laitepuuhun pystyy lisäämään komponentteja, on ohjelmiston asennuksen yhteydessä pitänyt asentaa tarvittavat lisäosat. Laitepuu valikko löytyy vasemmasta alareunasta. Valikon avautuessa pitää nimeämätön1-kohtaa painaa hiiren oikeanpuoleisella painikkeella, josta löytyy kohta lisäälaite. Lisäälaitevalikosta valitaan oikeanlainen PLC-ohjainlaite ja painetaan lisäälaite kohtaa. PLC-ohjainlaite tulee laitepuuhun ja se sisältää automaattisesti kiinteät osat. Tämän lisäksi laitepuuhun pitää lisätä analoginen sisääntulo- ja ulostulokortti. Nämä löytyvät myös ohjelmistoon asennettavasta lisäosasta. PLC-ohjainlaitteeseen voidaan lisätä laitteita laittamalla hiiri sellaiseen kohtaan puussa, mihin laite kuuluu ja painamalla hiiren vasemmanpuoleisella painikkeella vihreää plussamerkin kuvaa. Valikko avautuu ja valikosta haetaan tarvittava komponentti, joka lisätään laitepuuhun. Kun laitepuu on valmis, se on nähtävissä kuvasta (kuva 34). (Schneider Electric 2021.)



Kuva 34. Machine Expert -ohjelmiston laitepuu

Viimeiseksi lisätään Ethernet IP-väylä. Ethernet IP-väylän lisääminen tapahtuu samalla tavalla kuin muidenkin laitteiden. Ethernet IP-väylä on ainut, jonka joutuu määrittelemään kokonaan käsin. Ethernet IP väylään pitää määritellä kaikki sisääntulo ja ulostulo kanavat, niiden

muuttujatyypit sekä PLC-logiikassa käytetyt muisti osoitteet, jotka ovat nähtävissä kuvassa (kuva 34). (Schneider Electric 2021.)

Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
Inputs							
test		IW0	%IW11	WORD			
iwEthernetIP_IW1		IW1	%IW12	WORD			
MemoryChannel		IW2	%IW13	WORD			
ControlInputs		IW3	%IW14	WORD			
iwEthernetIP_IW4		IW4	%IW15	WORD			
iwEthernetIP_IW5		IW5	%IW16	WORD			
iwEthernetIP_IW6		IW6	%IW17	WORD			
iwEthernetIP_IW7		IW7	%IW18	WORD			
Outputs							
qwEthernetIP_QW0		QW0	%QW6	WORD	0		
qwEthernetIP_QW1		QW1	%QW7	WORD	0		
testi4		QW2	%QW8	WORD	0		
StatusOutputs		QW3	%QW9	WORD	0		
qwEthernetIP_QW4		QW4	%QW10	WORD	0		
qwEthernetIP_QW5		QW5	%QW11	WORD	0		
qwEthernetIP_QW6		QW6	%QW12	WORD	0		
qwEthernetIP_QW7		QW7	%QW13	WORD	0		

Kuva 35. Väyläosoitteet

IO-muuttujia käytetään osoittamalla suoraan muuttujien osoitteisiin. IO-muuttujien osoitteet ja kokotiedot löytyvät laitteiden dokumentaatiosta ja sähködokumentaatiosta. IO-muuttujien osoitteisiin suoraan osoittamalla ei pysty antamaan nimeä muuttujalle suoraan, joten tätä varten tehdään globaali IO-muuttujalista, jotta saadaan annettua muuttujille nimet, jonne väyläosoitteiden tiedot tallennetaan. Väyläosoitteiden tietojen liittäminen globaaliin IO-listaan tapahtuu luomalla oma ohjelma, jonka ohjelmointi kieleksi valitaan ST-ohjelmointikieli (Structure Text). Tämän ohjelman nimi on IO_Conf ja sinne kirjoitetaan kaikki tarvittavat muuttujat sekä mihin muistiosoiteisiin IO-muuttujat liitetään. Muualla ohjelmistossa käytetään vain näitä globaaleita IO-muuttujia. IO_Conf ohjelma on nähtävissä kuvassa (kuva 36). (Schneider Electric 2021.)

```

// Analog Output
%QW2 := IO.outA_WireFeeder;
%QW3 := IO.outA_PowerUnit;

// Digital Input
IO.inD_PowerOn1 := %IX0.0;
IO.inD_PowerOn2 := %IX0.1;
IO.inD_CycleOn := %IX0.2;
IO.inD_TorchOn := %IX0.3;
IO.inD_CollideSensor := %IX1.1;

// Digital Output
%QX0.0 := IO.outD_StartTorch;
%QX0.2 := IO.outD_StartWireFeed;

// Ethernet Input
IO.inD_Reset := %IX29.1;
IO.inD_OnlineControl := %IX29.0;
IO.inD_WeldArcOn := %IX28.0;
IO.inA_WireFeedManual := %IX28.2;
IO.inA_MemoryChannel := %IW13;           // %IW13
IO.inA_WeldCurrent := %IW11;           // %IW11

// Ethernet Output
%QX19.3 := IO.outD_TorchInterference;
%QX16.0 := IO.outD_Error0;
%QX16.1 := IO.outD_Error1;
%QX16.2 := IO.outD_Error2;
%QX16.3 := IO.outD_Error3;
%QX18.2 := IO.outD_CycleOn;
%QX18.3 := IO.outD_ArcOn;
%QX19.2 := IO.outD_SomeError;

```

Kuva 36. IO_Conf-ohjelma

Ohjelmiston tekemisessä on tärkeää ymmärtää toiminnankuvaus, jonka mukaan ohjelma tehdään. Toiminnan kuvauksessa selviää minkälaisia ehtoja tapahtumat ohjelmistossa tarvitsevat sekä miten outputmuuttujia hallitaan. Ohjelmisto tehdään LD-ohjelmointikielellä (Ladder Diagram). Ohjelmaan ensimmäiseksi suunnitellaan ohjelman askellus. Tämä ohjelma on yksinkertainen, joten askelia on vain kolme. Ensimmäisessä askeleessa odotetaan, että turvaehdot ovat kunnossa, ja että robotilta tulee aloitus käsky. Toisessa askeleessa hitsausprosessi on käynnissä, ja tarkastetaan, että paluuviesti tulee polttimelta ja hitsauskoneelta takaisin. Kolmannessa askeleessa nollataan askeleet, joko robotin antamalla komennolla, tai jos järjestelmä menee vika tilaan. PLC-ohjelma on nähtävissä liitteenä (liite 3). (Salmela, A 2022.)

4.4 Käyttöönottoaminen ja testaaminen

Sähködokumentaation ja PLC-ohjelmoinnin oltaessa valmiita, oli järjestelmän testaaminen jäljellä. Testaamisessa kokeillaan PLC-ohjelman toiminta. Testaamisessa löytyi pari ongelmaa, jotka pitivät vielä ratkaista. PLC-ohjainlaitteeseen ei saatu yhteyttä, koska laiteohjelmistossa oli vanhentunut versio. Tämän päivittämiseen piti ottaa PLC-ohjainlaitteen valmistajaan yhteys, jotta ongelma pystyttiin ratkaisemaan. Yhteyden saatua ohjelmasta löytyi muutama virheellinen muistiosoite, jotka oli helppo korjata.

Suurin työ kuitenkin testaamisessa, oli parametrien säätäminen ohjelmassa. Kanava- ja virtaparametrit piti moneen otteeseen säätää ja jopa lisätä laskureita ohjelmaan, jotta kaikki arvot täsmäsivät hitsauslaitteissa. Parametrien viestit tulevat robotilta Byte-muodossa, ja muuttujia käytetään ohjelmassa Word-muodossa. Viestit lähetetään jänniteviesteinä laitteille, jotka vaihtavat jänniteviestin virta- tai syöttöarvoiksi. Testaamistyöhön meni paljon enemmän aikaa, kun alun perin oli odotettu. Kun TIG-hitsausjärjestelmä toimi halutulla tavalla, oli työ valmis. (Salmela, A 2022.)

5 Yhteenveto ja pohdinta

5.1 Projektin ja raportin yhteenveto

Sähködokumentaatio valmistui nopeammin, kun oli suunniteltu. Sähködokumenteista näkee, miten järjestelmä on toteutettu, ja minkälaisia komponentteja tämän TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän tekemiseen tarvitaan, joka oli tämän tarkoitus. Sähködokumentaatioissa päästiin tavoitteisiin.

PLC-ohjelmoinnin osalta saatiin kaikki toimimaan niin kuin oli alun perin sovittu. PLC-ohjelmoinnissa aikataulu myöhästyi jonkun verran monesta syystä. Tästä ei kuitenkaan kertynyt sen isompia ongelmia. Tulevaisuudessa silti saatetaan joutua säätämään järjestelmää lisää, jotta päästään optimaaliseen hitsaustulokseen.

Tämän projektin tarkoitus oli saada Kemppi Oy:lle testauspenkki TIG-hitsausautomaatiota varten, jolla voidaan opettaa asiakkaita käyttämään laitteistoja sekä antamaan ohjeita, miten tällainen TIG-hitsausjärjestelmä voidaan esimerkiksi rakentaa. Tästä järjestelmästä saatiin toimiva, joten tavoitteet on saavutettu tämän projektin osalta.

Tämä TIG-hitsausautomaatio projekti antoi yritykselle tietoa siitä, onko tällaisen järjestelmän myyminen tulevaisuudessa järkevää, vai onko vaihtoehtoisesti muita parempia ratkaisuita tällaisen kokonaisen TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän toteuttamiseen. (Salmela, A 2021.)

Tämän opinnäytetyön dokumentaatiosta saa teoreettista tietoa mitä TIG-hitsaamisessa pitää huomioida, jotta päästään optimaaliseen hitsaustulokseen. Raportista selviää myös alleköt sähködokumentaation tekemisestä Cadmatic Electric -ohjelmiston avulla. Tätä voidaan käyttää hyödyksi sähkösuunnittelun opetuksessa, tai tällaisen TIG-hitsausautomaatiojärjestelmän suunnittelussa. PLC-ohjelmoinnista saa enemmän ymmärrystä mitkä ovat tärkeitä asioita laitteiden ohjelmoinnissa ja pienissä määrin tietoa Schneider Machine Expert PLC-suunnittelu ohjelmistosta. Tätä dokumentaatiota voidaan käyttää hyödyksi, jos on tarkoituksena rakentaa automatisoitu TIG-hitsausjärjestelmä, käyttämällä Kemppi Oy:n hitsauslaitteistoja.

5.2 Lähde kriittisyys

Tämä opinnäytetyön raportti sisältää erilaisia lähteitä, joiden luotettavuutta pitää osata arvioida. Kirjoista hankitut tiedot saattavat olla luotettavampia, kuin haastatteluista saadut. Tekniikan parissa työskennellessä ei kuitenkaan tällaisiin kehitys projekteihin pysty saamaan tietoa kirjoista, vaan joutuu keräämään tietoja yrityksiltä ja henkilöiltä. Haastatteluista

käytettäessä lähteenä on itse arvioitava, pystyykö haastateltavaan luottamaan kuinka hyvin. Lähteinä oli haastatteluja, jossa haastattelun kohteina olevat henkilöt ovat oman alansa ammattilaisia ja korkeasti koulutettuja asiantuntijoita. Haastattelu lähteitä pystyy tämän takia pitämään luotettavina.

Opinnäytetyön käytännön osiossa on käytetty erilaisia suunnitteluohjelmistoja, joiden käyttämistä on pitänyt harjoitella. Lähteet suunnitteluohjelmistojen käyttämiseen on helppo saada luotettavina, koska yritykset, jotka valmistavat nämä suunnitteluohjelmistot tarjoavat ohjelmistojen käyttöohjeita. Näitä käyttöohjeita on käytetty työssä lähteenä. Koska ohjeet ovat suoraan suunnitteluohjelmien valmistajilta, voidaan lähteitä pitää luotettavina.

TIG-hitsaamisen teoriaosuuteen olisi pystynyt etsimään tietoja myös kirjallisuudesta. Työn tilannut yritys kuitenkin tarjoutui antamaan heidän omia materiaalejaan, joita käytetään TIG-hitsaamisen opettamiseen. Yritys, joka toteuttaa hitsausjärjestelmiä sekä kouluttaa hitsareita, voidaan pitää tarpeeksi luotettavana lähteenä. TIG-hitsaamisen teoriaan on hankittu myös muilta yrityksiltä materiaaleja verkosta. Näiden materiaalien käyttäminen lähteenä saattaa olla enemmän riskialtista, koska yritykset eivät ole ennalta tuttuja. Kannattaa arvioida nämä lähteet huolella ennen kuin käyttää niitä. Raportissa käytettyjen verkko materiaalien käyttö tuntui tarpeeksi luotettavalta, koska kaikki on hankittu alansa osaavilta yrityksiltä.

TIG-hitsaus teoria osuudessa käsiteltiin myös sähkötekniikkaa, joissa käytettiin lähteinä ammattikorkeakoulun opetusmateriaaleja. Nämä opetusmateriaalit ovat niitä, joilla koulutetaan tekniikanasiantuntijoita, joten ne ovat luotettavia lähteitä. TIG-hitsaus teoriassa on myös käytetty lähteenä Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry:tä, joka vastaa suomen standardoinneista. Suomen SFS standardit tulevat tämän yrityksen kautta, joten tämä lähde on varsin luotettava.

Tämän raportin laatimisessa on mietitty tarkasti mitä lähteitä on järkevä käyttää. Tämän ansiosta kaikki hankitut tiedot ovat mahdollisimman hyvin paikkansa pitäviä ja täten luotettavia. TIG-hitsausautomaatioprojekti on toteutettu tuomivaksi näillä tavoilla, jotka löytyvät raportista. Monet materiaalit eivät valitettavasta ole yleisesti nähtävissä, jotta niistä voisi sisällön vielä tarkistaa.

Lähteet

Cadmatic. 2022. Cadmatic Electric ohjeet. Ohjeet.

IONIX Oy. 2022. TIG-hitsaus. Viitattu 27.04.2022. Saatavilla <https://www.ionix.fi/teknologia/kaarihitsaus/tig-hitsaus/>

Kemppi Oy. 2021. Kemppi Academy. Opetusmateriaali.

Kemppi Oy. 2022a. Kemppi yrityksenä. Viitattu 14.02.2022. Saatavilla <https://www.kemppi.com/fi-FI/yritys/kemppi/kemppi-yrityksena/>

Kemppi Oy. 2022b. Robottihitsaus. Viitattu 08.02.2022. Saatavilla <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/robottihitsaus/>

Pohjonen, J. 2022. HW-suunnittelija. LSK Oy. Haastattelu 10.03.2022.

Salmela, A. 2021. Tuotepäällikkö. Kemppi Oy. Haastattelu 01.12.2021.

Salmela, A. 2022. Tuotepäällikkö. Kemppi Oy. Haastattelu 02.02.2022.

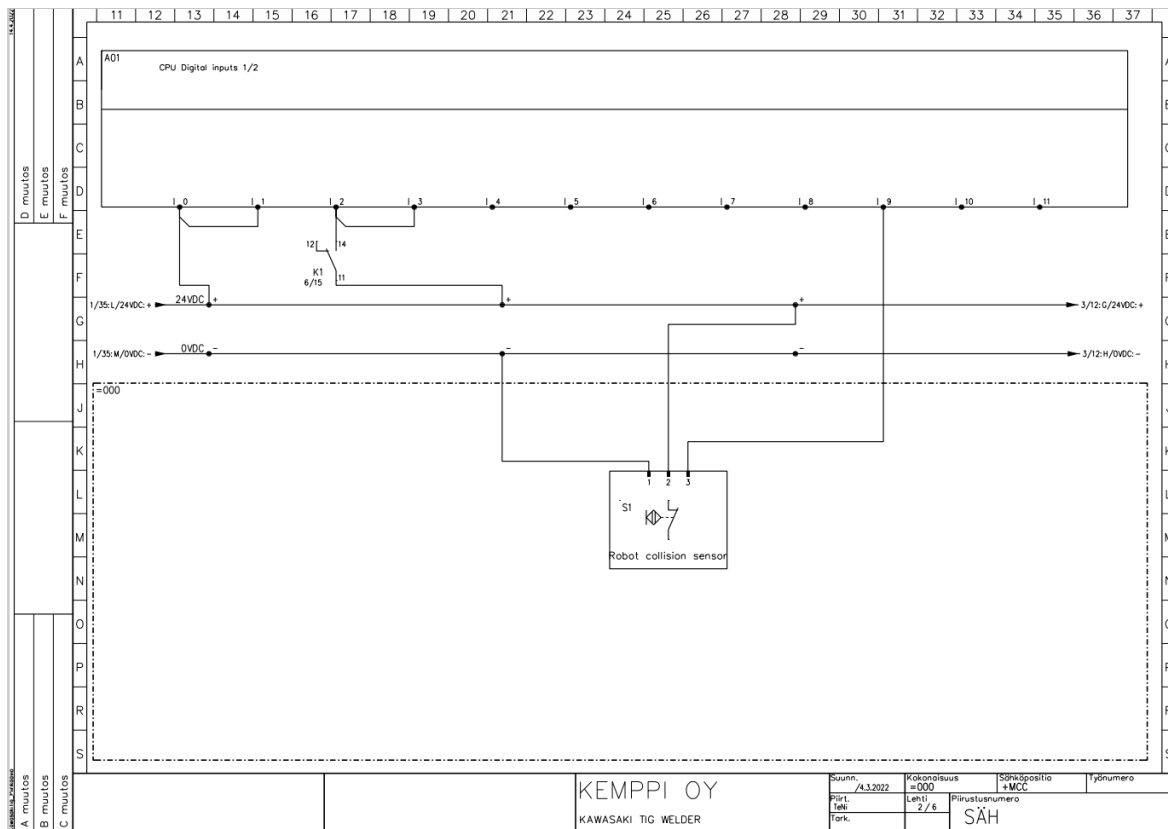
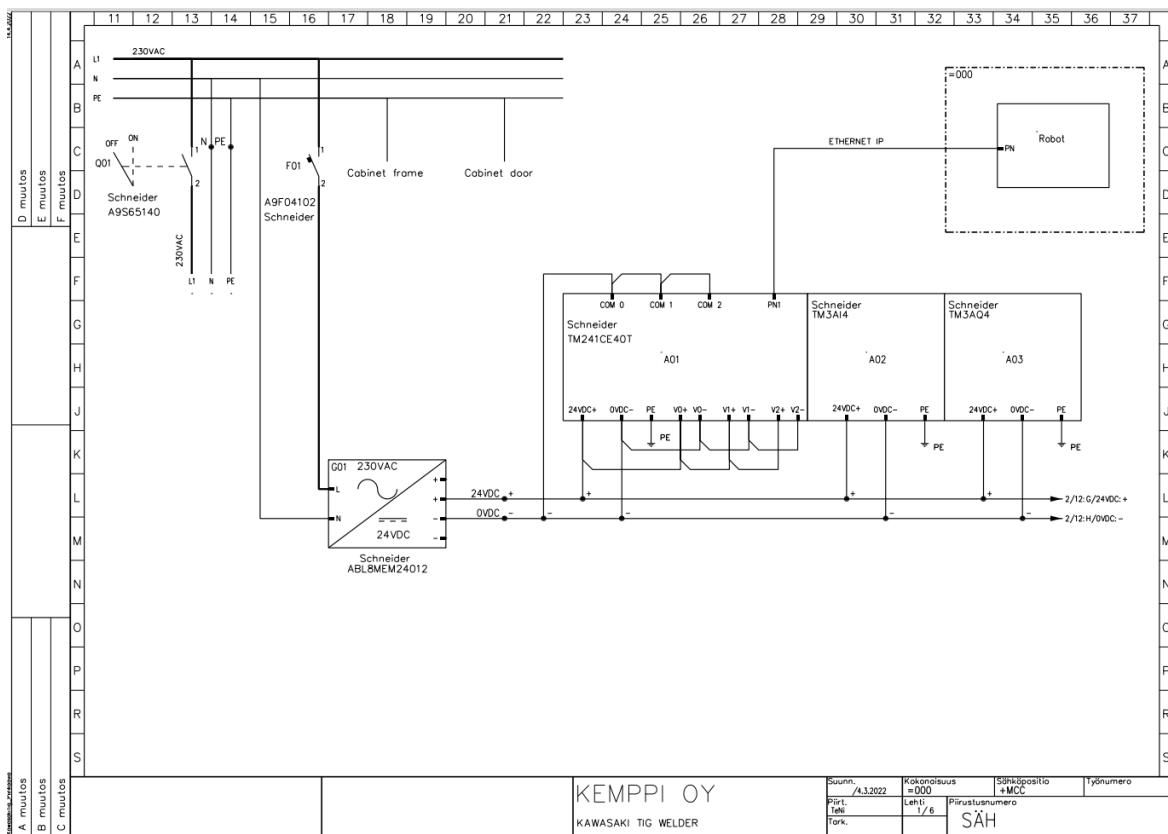
Schneider Electric. 2021. Programming guide. Viitattu 04.04.2022. Saatavilla https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V2.0/en/SoMProg/index.htm#t=SoMProg%2FSoMProg_D-SG-0026478.html

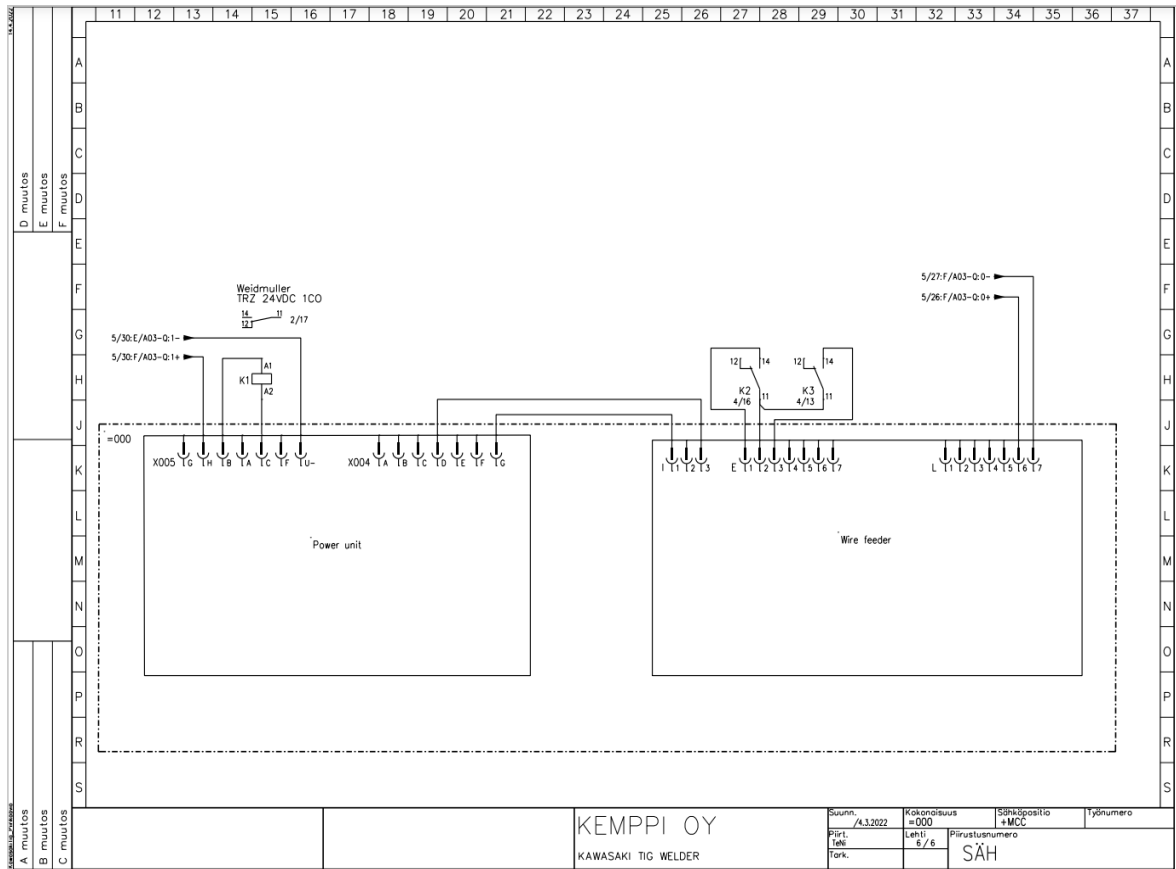
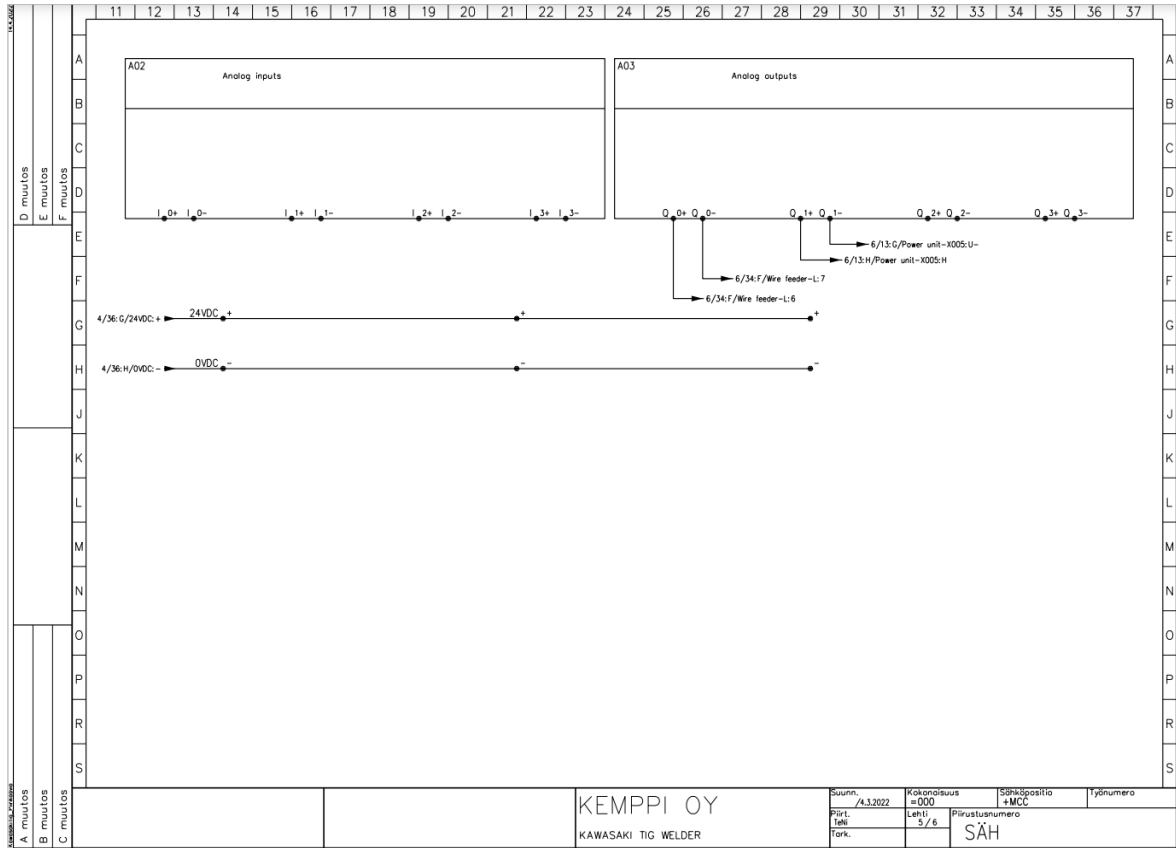
Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry. Hitsaus ja sen lähiprosessit. Viitattu 05.04.2022. Saatavilla <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/4/160445.html.stx>

Valtonen, P. 2019. AC-oppi. Opetusmateriaali.

Valtonen, P. 2020. Sähkön perusosaaminen. Opetusmateriaali.

Liite 1. Piirikaaviot





Liite 3 PLC-ohjelma

```

1  (attribute 'qualified only')
2  VAR_GLOBAL
3  // Analog output
4  outA_WireFeeder:WORD;      // %QW2 Wire feeder
5  outA_PowerUnit:WORD;      // %QW3 Power unit
6
7  // Digital input
8  inD_PowerOn1:BOOL;        // %IX0.0 Power on
9  inD_PowerOn2:BOOL;        // %IX0.1 Power on
10 inD_CycleOn:BOOL;         // %IX0.2 CycleOn
11 inD_TorchOn:BOOL;         // %IX0.3 Torch On
12 inD_CollideSensor:BOOL;   // %IX1.1 Collide sensor
13
14 // Digital Output
15 outD_StartTorch:BOOL;      // %QX0.0 Command to start torch
16 outD_StartWireFeed:BOOL;  // %QX0.2 Command to start wire feed
17
18 // Ethernet Input
19 inD_Reset:BOOL;           // %IX29.1 Error reset
20 inD_OnlineControl:BOOL;   // %IX29.0 Online Control
21 inD_WeldArcOn:BOOL;       // %IX28.0 Arc weld arc on
22 inA_MemoryChannel:WORD;   // %IW13 Channel to analog outputs
23 inA_WeldCurrent:WORD;     // %IW11 Welding current
24 inA_WireFeedManual:BOOL;  // %IX28.2 Manual drive wire feeding
25
26 // Ethernet Output
27 outD_TorchInterference:BOOL; // %QX19.3 Torch interference
28 outD_Error0:BOOL;         // %QX16.0 Error 0
29 outD_Error1:BOOL;         // %QX16.1 Error 1
30 outD_Error2:BOOL;         // %QX16.2 Error 2
31 outD_Error3:BOOL;         // %QX16.3 Error 3
32 outD_CycleOn:BOOL;        // %QX18.2 Cycle on
33 outD_ArcOn:BOOL;          // %QX18.3 Arc on
34 outD_SomeError:BOOL;     // %QX19.2 Status if error some is on
35 END_VAR

```

PROGRAM IO_Conf

VAR

END_VAR

```

// Analog Output
%QW2 := IO.outA_WireFeeder;
%QW3 := IO.outA_PowerUnit;

// Digital Input
IO.inD_PowerOn1 := %IX0.0;
IO.inD_PowerOn2 := %IX0.1;
IO.inD_CycleOn := %IX0.2;
IO.inD_TorchOn := %IX0.3;
IO.inD_CollideSensor := %IX1.1;

// Digital Output
%QX0.0 := IO.outD_StartTorch;
%QX0.2 := IO.outD_StartWireFeed;

// Ethernet Input
IO.inD_Reset := %IX29.1;
IO.inD_OnlineControl := %IX29.0;
IO.inD_WeldArcOn := %IX28.0;
IO.inA_WireFeedManual := %IX28.2;
IO.inA_MemoryChannel := %IW13;      // %IW13
IO.inA_WeldCurrent := %IW11;       // %IW11

// Ethernet Output
%QX19.3 := IO.outD_TorchInterference;
%QX16.0 := IO.outD_Error0;
%QX16.1 := IO.outD_Error1;
%QX16.2 := IO.outD_Error2;
%QX16.3 := IO.outD_Error3;
%QX18.2 := IO.outD_CycleOn;
%QX18.3 := IO.outD_ArcOn;
%QX19.2 := IO.outD_SomeError;

```

```

PROGRAM KawasakiIIG
VAR
  seq:INT;      // Sequence control number

  seq0:BOOL;    // Wait
  seq10:BOOL;   // start welding

  weldCurrentOffset:WORD;
  channelOffset:WORD;

  robotCollided:BOOL; // Show if robot is collided
  startOk:BOOL; // Power is on and S1 sensor is ok

  error1:BOOL; //Welding is not startin
  error2:BOOL; //seq10 stuck (One reason chanel0 zero)
  error3:BOOL; //Robot collided
  error4:BOOL; // Start conditions not Ok

  TON_0: TON; // Error 1 timer
  ton0Timer:TIME; // TON 0 ET

END_VAR

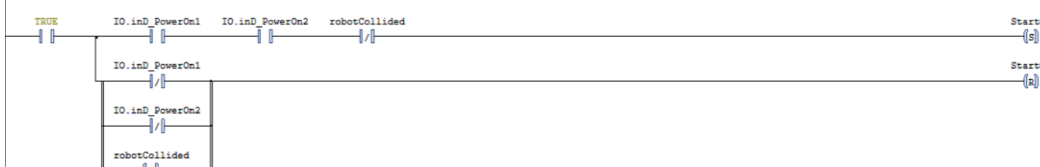
// Error 1 = Cycle or Torch not respond
// Error 2 = Sequence 10 stuck (Check channels)
// Error 3 = Robot is collided
// Error 4 = Start conditions not OK

```

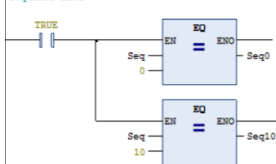
Show if robot is collided



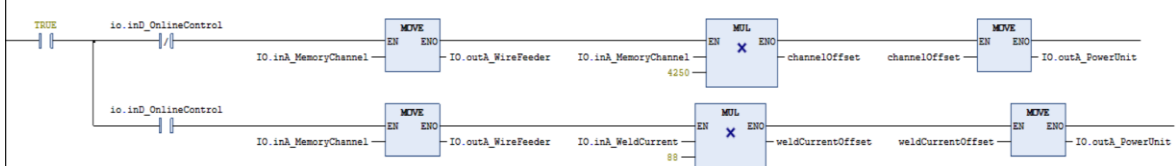
Power is on and robot is not collided weld can start



Sequence bits



Data to channel



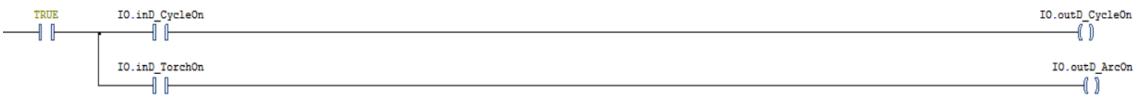
Command torch to start



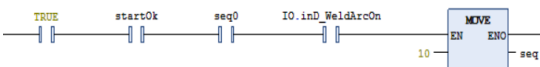
Command wireFeed to start



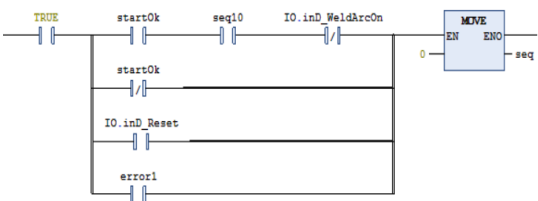
Information to robot that arc and cycle is online



Sequence 0 wait



Stop welding or reset bits



Errors

