



Robottihitsaussolun modularisointi

Peetu Puikkonen

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

PUIKKONEN, PEETU:
Robottihitsaussolun modularisointi

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Tammikuu 2024

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda robottihitsaussolun sähkökeskuksesta modularisoitu rakenne. Tämä mahdollisti vaihtoehtoisten optioiden eli moduulien liittämisen keskukseen nopeasti ja tehokkaasti. Toimeksiantaja oli hitsaus- ja tuotantoautomaatoratkaisuja tarjoava yritys Pemamek Oy.

Projektin tavoitteena oli tutkia tapoja toteuttaa modularisoitu sähkökeskus operatiivisessa sähkösuunnittelussa. Sähkökeskuksen tuli olla pitkälle kalustettu komponenttien osalta moduulien nopeaa integrointia sekä käyttöönottoa varten. Lisäksi keskuksen tuli olla kustannustehokas sekä helposti päivitettävissä sähkökuvien osalta.

Opinnäytetyö aloitettiin tutkimalla lukuisia valmiiksi luotuja sähkökuvia ja hahmottelemalla vaihtoehtoja kuvien yhtenäistämiseen moduloidun rakenteen luomiseksi. EPLAN-suunnitteluohjelmaa käyttäen valmistettiin uudet sähkökuvat modularisoidusta keskuksesta sekä moduuleista.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin muodostettua toimiva moduulirakenne ja uudet sähkökuvat. Robottihitsaussolun sähkökeskukset tullaan kasaamaan jatkossa kyseisten kuvien perusteella.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, modularisointi, robottihitsaussolu, sähkökeskus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

PUIKKONEN, PEETU:
Modularisation of the Robotic Welding Cell

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 0 pages
January 2024

The purpose of this thesis was to create a modularised structure for an electrical cabinet used in a robotic welding cell. This allowed alternative options i.e. modules to be connected to the cabinet easily and efficiently. The thesis was commissioned by Pemamek Oy, a company specialised in welding- and production automation solutions.

The aim of the project was to explore ways to implement a modularised electrical cabinet in operative electric design. The electrical cabinet had to be well assembled in terms of components for fast integration and commissioning of the modules. In addition, the cabinet had to be cost-effective and easily updatable regarding the electrical diagrams.

The thesis began by examining numerous pre-created electrical drawings and outlining options for unifying diagrams to create a modularised structure. With the use of EPLAN design software, new electrical drawings were produced for modularised cabinet and modules.

As a result of the thesis, a functional module structure along with new electrical diagrams were formed. From now on the electrical cabinets for the robotic welding cell will be assembled based on these diagrams.

Key words: electrical design, modularisation, robotic welding cell, electrical cabinet

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TOIMEKSIANTAJA	7
	2.1 Pemamek Oy	7
	2.1.1 Toimialat.....	7
3	SKYTRACK2000	8
	3.1 Koneen yleiskuvaus	8
	3.2 Moduulioptiot.....	9
	3.2.1 Hitsausvirtalähteet.....	9
	3.2.2 Turvalaitteet.....	9
	3.2.3 Pema CellControl 700	11
	3.2.4 Pema WeldControl Scan	11
	3.2.5 Pema Data Acquisition	12
4	KOMMUNIKOINTI JA TIEDONVÄLITYS	13
	4.1 Tiedonsiirtoliitännät	13
	4.1.1 I/O.....	13
	4.1.2 Kenttäväylät ja tietoliikenneyhteydet.....	15
5	SUUNNITTELUOHJELMISTO EPLAN	16
	5.1 EPLAN Electric P8	16
6	TOTEUTUS	17
	6.1 Työn aloituksen lähtökohdat	18
	6.2 Keskuksen rakenteen hahmottelu	18
	6.3 Keskuksen valitut komponentit sekä kustannustehokkuus.....	20
	6.4 Keskuksen modularisoidun rakenteen suunnittelu	21
7	POHDINTA	30
	LÄHTEET.....	32

LYHENTEET JA TERMIT

AI	Analoginen sisääntulo, Analog Input
AO	Analoginen ulostulo, Analog Output
CellControl	Pema CellControl 700-ohjelmisto
Data	Datankeruu, Pema Data Acquisition
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
I/O	Tulo ja lähtö, Input/Output
OPC-UA	Open Platform Communications Unified Architecture
PLC	Ohjelmitava logiikka, Programmable Logic Controller
Scan	Pema WeldControl Scan-järjestelmä
SDL	Suojaoven lukitus, Safety Door Lock
SLC	Valoverho, Safety Light Curtain

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on suoritettu Pemamek Oy:n toimeksiantona. Kyseessä on suomalainen hitsaus- ja automaattioratkaisuja tarjoava perheyrittys. Pemamekin asiakkailleen tarjoamat tuotantoautomaatiolinjat ovat yleensä suuria kokonaisuuksia, mutta tarjolla on myös kompaktimpia ratkaisuja toimitettavaksi esimerkiksi pienimmille konepajoille. Toimitusaika asiakkaille pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä, ja tästä syntyi tavoite toteuttaa vakiolaitekokoonpanojen modularisointi.

Tämän työn tarkoituksena on lähteä kehittämään ja testaamaan prosessia sekä työkaluja vakiolaitekokoonpanojen luomiseen sekä hallintaan operatiivisessa sähkösuunnittelussa.

Testiprojektina toimii Pemamekin Skytrack2000-robottihitsaussolu. Työ alkaa tutkimalla kyseisen koneen aikaisemmin luotuja lukuisia sähkökuvia ja pohtimalla ratkaisuja modularisoidun rakenteen luomiseen. EPLAN-suunnitteluohjelmistoa käyttäen muodostetaan peruskeskuksen sähkökuvat Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinoille. Peruskeskuksesta on saatava mahdollisimman yhteneväinen modularisoitu kokonaisuus, johon voidaan liittää kaikki tarvittavat optiot asiakkaiden tarpeiden mukaan. Tässä on otettava huomioon liitännärajapintojen lisääminen keskukseen sekä valmiskaapeleiden mahdollinen käyttö. Tarkastelun alla on myös moduulioptioiden tarvitsemien komponenttien asentaminen valmiiksi peruskeskukseen. Lisäksi tarkastellaan vaihtoehtoja asentajien työn helpottamisen sekä kustannustehokkuuden näkökulmasta.

Tavoitteena on, että peruskeskuksia olisi hyllyssä aina valmiina. Näin toimitusajat pysyvät asiakkaille kohtuullisina. Peruskeskuksen lisäksi luodaan myös moduulioptioista sähkökuvat EPLAN-ohjelmistolla valmiiksi rakenteiksi, jotka tilaamalla saadaan lisättyä peruskeskukseen vaivattomasti.

Opinnäytetyön lopputuloksena tullaan valmistamaan Skytrack2000-kokoonpanot syntyvien modularisoitujen sähkökuvien perusteella.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii hitsaus- ja tuotantoautomaattioratkaisuja tarjoama loimaalainen perheyritys Pemamek Oy.

2.1 Pemamek Oy

Pemamek Oy on vuonna 1970 perustettu perheyritys. Hitsaus- ja tuotantoautomaation edelläkävijänä Pemamek on erikoistunut automatisoidun hitsaamisen ja tuotantojärjestelmien suunnitteluun ja valmistamiseen. Valikoimissa on myös kappaleenkäsittelylaitteet (käsittelypöydät ja rullastot) sekä hitsaustornit.

Noin 90 % tuotteista menee vientiin. Pemamek on toimittanut jo yli 15 000 erilaista hitsausautomaattioratkaisua asiakkailleen yli 50 eri maahan. (Pemamek Tietoa yrityksestä n.d.) Yrityksen pääkonttori sekä tuotantotilat sijaitsevat Loimaalla, suunnittelutoimistot Tampereella sekä Turussa. Myyntitoimistot ovat Yhdysvalloissa, Brasiliassa, Saksassa, Espanjassa, Italiassa ja Puolassa. Opinnäytetyötä kirjoittaessa yrityksessä työskentelee vajaat 400 henkilöä.

2.1.1 Toimialat

Pemamekin ratkaisuja toimitetaan erityisesti raskaaseen teollisuuteen, telakoille, työkoneiden valmistukseen, tuulivoimaan sekä konepajoille. Erityisesti tuulivoimateollisuuteen menevät toimitukset ovat olleet korkeassa kasvussa vihreän siirtymän ja puhtaamman energiatuotannon tarpeen yleistyessä maailmalla.

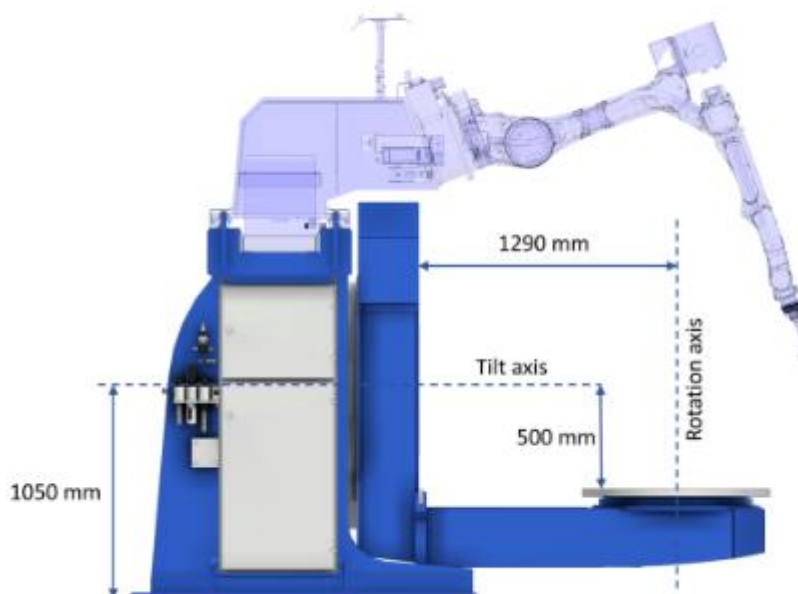
3 SKYTRACK2000

Sähkökeskuksen modularisoinnissa testiprojektina toimii Pemamekin robottihitsaussolu Skytrack2000.

3.1 Koneen yleiskuvaus

Skytrack2000 on kompakti robottihitsausratkaisu konepajoille tuotantotehokkuuden- ja joustavuuden lisäämiseen. Pienen lattiapinta-alan ansiosta ratkaisu on helppo ja nopea asentaa, ottaa käyttöön sekä integroida tuotannon työhön.

Kompaktiin robottiasemaan on integroitu 2-akselinen Pema Skyhook Pro-käsittelypöytä, 6-akselinen Yaskawa-hitsausrobotti sekä lineaarinen robottirata. Ratkaisun maksimikäsittelykapasiteetti on 2000 kg. (Pema Skytrack n.d.)



KUVA 1. Käsittelypöydästä sekä hitsausrobotin integroinnista muodostuva Skytrack2000-robottiasema. (Pemamek tietopankki 2023)

3.2 Moduulioptiot

Skytrack2000 sisältää lukuisia vaihtoehtoisia moduuleja eli optioita, joita asiakas voi halutessaan sisällyttää ostamaansa robottihitsaussoluun. Seuraavaksi käydään läpi kyseiset optiot ja niiden käyttötarkoitus.

3.2.1 Hitsausvirtalähteet

Hitsaukseen käytettävä sähköenergia otetaan sähköverkosta hitsausvirtalähteen kautta, missä se muunnetaan hitsaukseen sopivaksi jännitettä alentamalla ja virtaa nostamalla sekä tasasuuntaamalla (Lepola & Ylikangas 2016, 23).

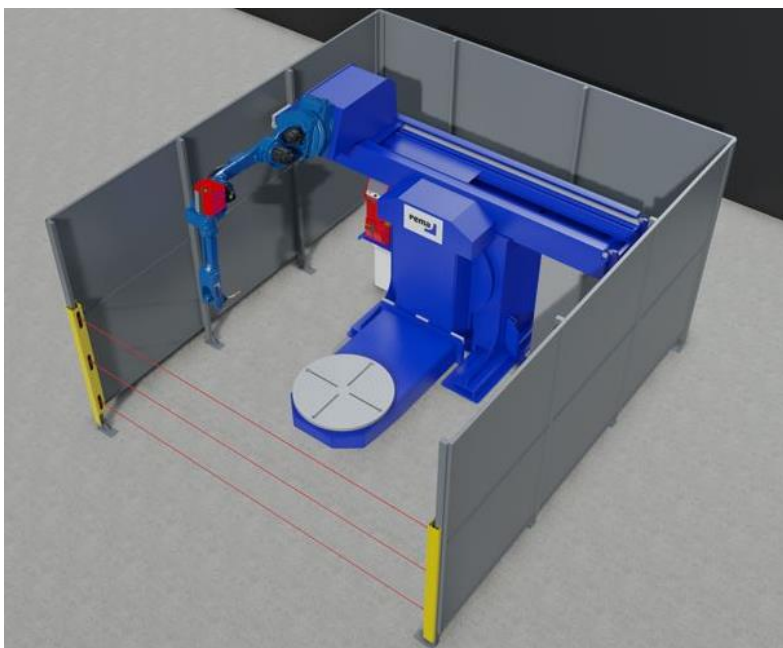
Skytrack2000-robottiasemaan on mahdollista valita hitsausvirtalähde kahden eri valmistajan väliltä. Vaihtoehtoina ovat Lincoln Electric Power Wave s500 ja Fronius TPS 500i. Molemmat toimivat moduulivaihtoehtoina ja sähkökeskuksessa otetaan huomioon molempien hitsausvirtalähdeoptioiden tarpeet tarvittavien komponenttien ja liitännärajoitusten suhteen.

3.2.2 Turvalaitteet

Suomen Robotiikkayhdistyksen mukaan (2023, 107) ihmisen pääsy robotin työtilaan estetään yleisimmin turva-aidoilla tai muilla turvalaitteilla. Turva-aitojen sijoittelua, korkeutta, silmäkokoja ym. ominaisuuksia säädellään omilla standardeilla. Aidat ovat kohtuullisen kustannustehokas, helppo ja varma tapa ihmisen liikkumisen rajoittamiseen. Robottisolun käyttö vaatii luonnollisesti monenlaista liikennettä soluun ja solusta ulos. Kaikkia soluun johtavia aukkoja ja kulkuteitä tulee valvoa tarpeeseen soveltuvilla turvalaitteilla.

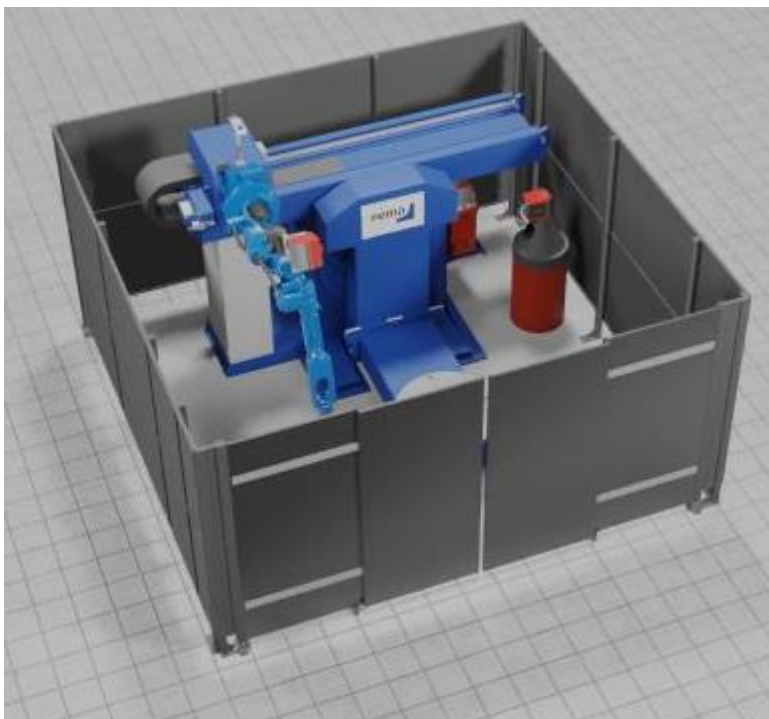
Skytrack2000-robottiaseman soluun pääsy turvallisesti voidaan toteuttaa joko valoverholla tai suojaovella, joka toimii sähköisellä lukituksella.

Valoverho koostuu palkkimaisesta lähettimestä ja vastaanottimesta, joiden välille luodaan valosähköiset säteet. Säteiden katkeaminen lähettää signaalin koneen logiikkayksikköön, ilmoittaen liikkeestä työtilassa. Tämä aiheuttaa koneen vaarallisten toimintojen hidastamisen tai täydellisen pysähtymisen.



KUVA 2. Valoverholla suojattu robottisolun tila. (Pemamek tietopankki 2023)

Toinen vaihtoehto valoverholle on sähköisellä lukituksella toimiva suojaovi. Tällöin robottisolun ympärille muodostuu suljettu tila, joka estää myös mahdollisten hitsauskipinöiden, pölyn ja lentävien partikkeleiden leviämisen lähiympäristöön.



KUVA 3. Suojaovella eristetty robottisolun tila. (Pemamek tietopankki 2023)

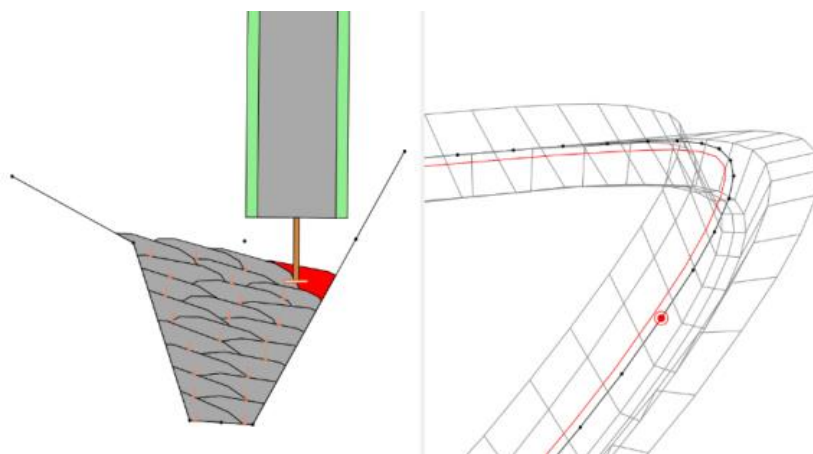
3.2.3 Pema CellControl 700

CellControl-ohjelmistoa käytetään ohjaamaan robottisolun toimintaa erillisen kosketusnäyttöllisen ohjauspaneelin kautta. Ohjelmisto tarjoaa graafisen käyttöliittymän työjonon käsittelemiseen sekä suorittamiseen. Robotin ja työprosessin kulua on mahdollista seurata sille tarkoitetulta käyttöliittymän sivulta, josta näkee esimerkiksi sensoreiden ja toimilaitteiden tilat. Diagnostiikan sivu näyttää mahdolliset virhekoodit. Myös työkappaleiden käsittelylle on mahdollista luoda omat ohjelmat, jotka nopeuttavat ja vähentävät operaattorin manuaalista työtä robotin ohjaamisen suhteen. CellControl-ohjelmisto mahdollistaa myös etäyhteyden luomisen robottihitsaussoluun. Tätä varten keskukseen asennetaan langaton reititin, jos kyseinen moduuli otetaan käyttöön.

3.2.4 Pema WeldControl Scan

Scan-ohjelmisto mahdollistaa hitsausliitosten tarkan ja mukautuvan hitsauksen. Se on tarkoitettu helpottamaan hitsausprosessia, kun työkappaleessa on viistettyjä uria ja paksuja levyjä tai jos urapinta-ala vaihtelee. Hitsauspolttimen viereen tulee laser-anturi, joka skannaa hitsattavan alueen, luoden siitä mallin.

Mallia hyödyntämällä voidaan luoda hitsausrata robotille. Skannatut alueet ja hitsausradat voidaan tallentaa järjestelmään, jolloin samanlaista työkappaletta voidaan hitsata valmiiksi luodulla mallilla. Tällöin uutta skannausta ei tarvitse tehdä uudelleen. Scan-ohjelmisto vaatii toimiakseen mm. logiikkayksikön, joka asennetaan keskukseen, jos kyseinen moduuli tulee käyttöön.



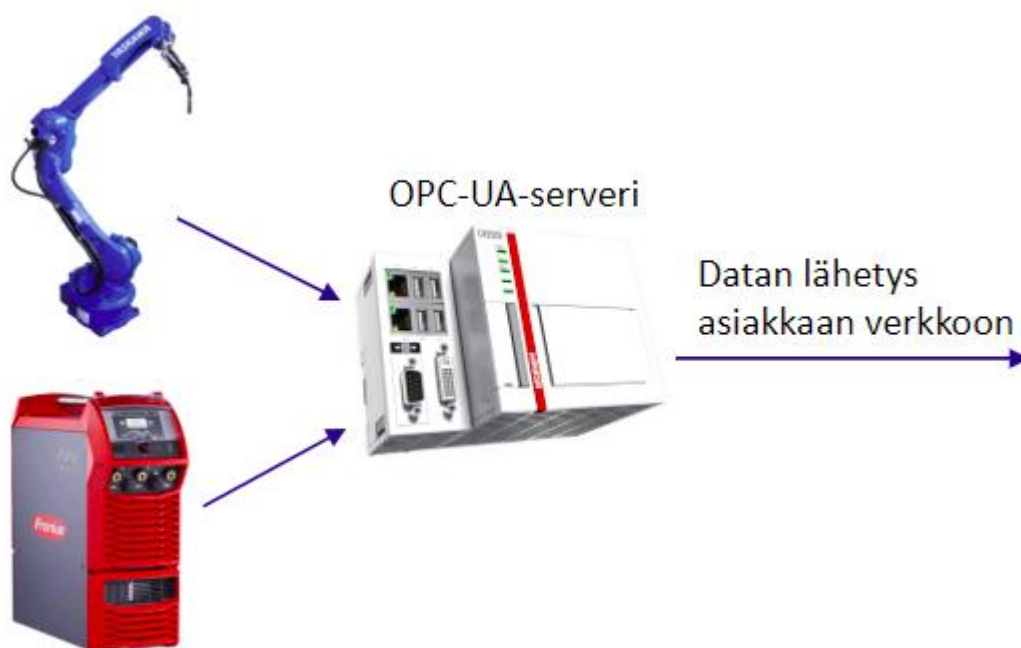
KUVA 4. Scan-ohjelmistolla luotu hitsausradan malli. (Pemamek tietopankki 2023)

3.2.5 Pema Data Acquisition

Datankeruu-optio mahdollistaa laitteen erilaisten tietojen keräämisen, tallentamisen ja lähettämisen OPC UA-serverin kautta asiakkaan tiedonkeruu- ja tallennusjärjestelmään. Mahdollisia kerättäviä tietoja ovat mm:

- hitsausnopeus
- hitsausjännite- ja virta
- hitsauslangan syöttönopeus- ja virta
- robotin asemien ja toimilaitteiden käyttöajat

Skytrack on yhdistettävä asiakkaan omaan verkkoon datankeruuoption mahdollistamiseksi. Datakeruu vaatii logiikkayksikön toimiakseen ja se tullaan asentamaan keskukseen, jos moduuli valitaan käyttöön.



KUVA 5. Pema Data Acquisition kerää monipuolista dataa, joka lähetetään asiakkaalle OPC-UA-serverin kautta. (Pemamek tietopankki 2023)

4 KOMMUNIKOINTI JA TIEDONVÄLITYS

Tiedon välittämiseen aistijärjestelmiltä ja muilta oheistuotteilta tarvitaan erilaisia kommunikointitapoja. Robotin täytyy pystyä kommunikoimaan muiden laitteiden kanssa saadakseen tietoa mm. työvaiheista ja kappaleiden sijainneista. (Teollisuuden robotiikka 2023, 147.)

4.1 Tiedonsiirtoliitännät

Robotin tiedonsiirtoliitännät ovat käytännössä aina sekoitus kolmen eri tason tiedonsiirtoliitännät. Aivan yksinkertaisimpien viestien välittämiseen käytetään perinteistä I/O:ta. Niitä hieman kehittyneempiä ja monipuolisempia ovat sarjaliikeneratkaisut, ja kaikkien kehittyneimpinä siirtoteinä käytetään tietoliikenneverkko-tekniikoita. (Suomen Robotiikkayhdistys 2023, 147.)

4.1.1 I/O

Käsite I/O tulee termeistä Input/Output, joilla tarkoitetaan sisään- ja ulostuloa. Sisääntulolla tarkoitetaan laitteeseen virtaavaa informaatiota (yleensä virta tai jännitesignaalia) ja ulostulolla taas pois päin virtaavaa informaatiota. Tämä sama periaate pätee sekä digitaali- ja analogiasignaaleille kuten myös hiukan monimutkaisimmille tiedonsiirtotavoille.

Tulosignaalien avulla voidaan lukea erilaisten laitteiden ja anturien tiloja. Lähtösignaaleilla sen sijaan ohjataan toimilaitteita tai viestitään laitteen senhetkisestä tilasta muille yksiköille.

Digitaalinen signaali on yksinkertainen viestimuo, joka käyttää tiedonsisältönään bittiä eli ykköstä tai nollaa. Analoginen signaali lähettää tietoa vaihtelevalla jännite- tai virtatasolla. Teollisuudessa jännite on yleensä tasolla 0...+10 V ja -10...+10 V ja virtaviesteissä 0...20 mA tai 4...20 mA.

Suomen Robottiikkayhdistyksen mukaan (2023, 150) useimmissa robottiohjaimissa on jonkin verran kiinteitä perinteisen I/O:n tuloja ja lähtöjä. Tarpeen mukaan kiinteätä valikoimaa voidaan myös laajentaa eri toimittajien tarjoamilla I/O-moduuleilla, jotka kytketään robottiohjaimen sisäiseen väylään.



KUVA 6. Beckhoffin ohjelmoitavan logiikan (PLC) PC-pohjainen CX-sarjan CPU-yksikkö, johon lisätty mm. I/O- ja TwinSafe-turvakortteja. (Beckhoff Automation Oy n.d.)

Robottihitsaussolun Scan- ja Data-moduulit tarvitsevat toimiakseen ohjelmoitavan logiikan. Moduulien tullessa käyttöön keskukseseen asennetaan logiikkajärjestelmä, joka sisältää CPU:n, analog input-, ja Ethercat junction-kortin. AI-kortin avulla saadaan tuotua logiikalle tietoa solun eri puolilla sijaitsevilta sensoreilta ja Ethercat-kortin avulla logiikka kommunikoi robotin ja muiden moduulien välillä.

4.1.2 Kenttäväylät ja tietoliikenneyhteydet

Perinteinen I/O on edelleen yksi käytetyimmistä kommunikaatiomuodoista automaatiotekniikassa. Suomen Robotiikkayhdistyksen mukaan (2023, 150) sen suurimpina haittoina on tarvittavan johdotuksen määrä ja terminaalien aiheuttama hintaisä välitettävän tietomäärän kasvaessa. Tämä ongelma ratkaistiin kehittämällä väylätekniikoita eli protokollia, joiden avulla yksiköiden välistä kaapelointia voidaan vähentää. Digitaalitekniikan kehittymisen ansiosta myös siirrettävän datan määrää on saatu nostettua huomattavasti korkeammalle mitä perinteinen I/O-tekniikka on mahdollistanut. Teollisuusautomaation yleisimpiä kenttäväyläratkaisuja ovat mm. PROFIBUS, INTERBUS, LON ja CAN.

Parikaapelissa kulkevan sarjaliikenteen heikkouksia on paikattu nostamalla vanhat sarjaliikenneprotokollat tietoliikennetasoisen fyysisen yhteyden päälle. Käytännössä fyysinen parikaapeli on vaihdettu tietoliikenteestä tuttuun Ethernet-kaapeliin. (Suomen Robotiikkayhdistys ry, 2023, 153.) Ethernet-kaapelien myötä mahdollistuu suuri tietojensiirtokapasiteetti, satojen metrien kantama, nopea ja helppo kytkettävyys sekä verkon helppo laajentaminen välilaitteilla, tarkoittaen verkossa kulkevien viestien ja datan vahvistamista.

Ethernet-tekniikkaa käytetään teollisuusautomaatiossa siirtämään sen laatuista tietoa, jota ei välttämättä tarvitse saada vastaanottajalle juuri tietyllä hetkellä. Tällaista tietoa voisi olla esimerkiksi koneen kameroiden tuottama kuva ja etäohjaukseen käytettävä tietoliikenne.

Myös tämän opinnäytetyön testiprojektin robottihitsaussolu Skytrack2000 hyödyntää Ethernet-tekniikkaa monessa määrin. Lukuisat koneen moduulivaihtoehdot kommunikoivat keskenään Ethernet-väylää pitkin.

5 SUUNNITTELUOHJELMISTO EPLAN

EPLAN tarjoaa ohjelmisto- ja palveluratkaisuja sähkö-, automaatio-, ja mekatroniikkasuunnittelun aloilla. Yritys kehittää yhtä maailman johtavista ohjelmistoratkaisusta koneenrakentajia ja keskusvalmistusta varten. Kansainvälisesti EPLAN tukee yli 68 000 asiakasta sovelluksen voimin.

EPLAN on perustettu vuonna 1984 ja on osa yrittäjäjohtoista Friedhelm Loh Groupia. Konserni työllistää yli 12 000 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2022 oli noin 3 miljardia euroa. (EPLAN, tietoa meistä. n.d.)

5.1 EPLAN Electric P8

Pemamek Oy käyttää sähkösuunnitteluun tarkoitettua EPLAN Electric P8-suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmisto tukee monia erilaisia suunnittelumenetelmiä manuaalisesta komponenttien sijoittelusta standardoituihin ja mallipohjaisiin lähestymistapoihin. Piirikaavioon syötetyt projektitiedot muodostavat perustan automaattisoinnille ja laitteistojärjestelmän dokumentaatiolle. (EPLAN Electric P8. n.d.)

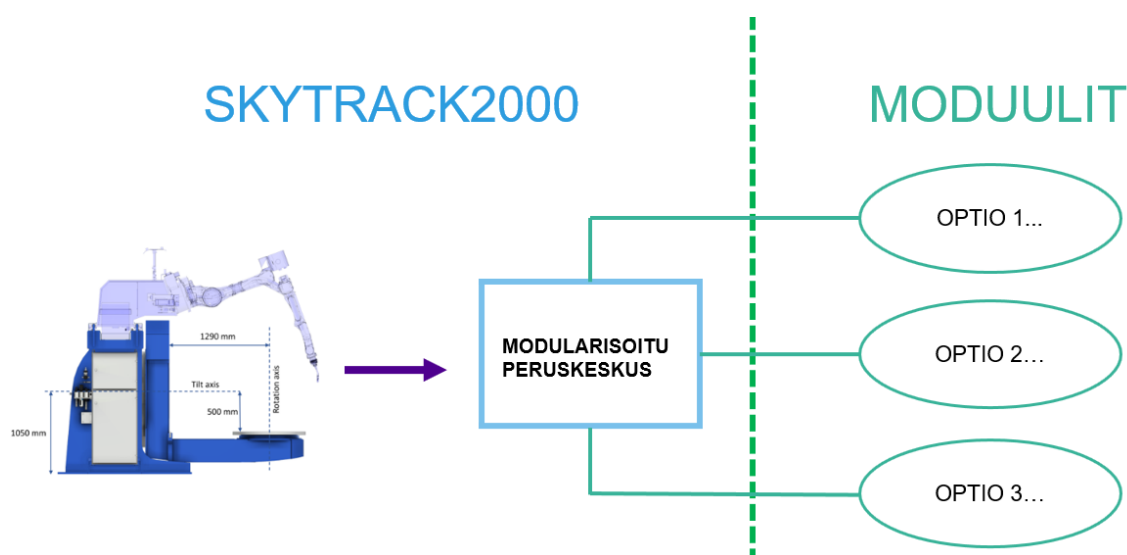
Kyseinen suunnitteluohjelmisto sisältää lukuisia hyödyllisiä ja suunnittelua helpottavia ominaisuuksia. Ohjelman makroteknologia sekä Drag-&Drop-tekniikka nopeuttavat ja standardoivat suunnittelua. Kuviin asetut komponenttien piirisymbolit kytkeytyvät toisiinsa ilman suunnittelijan kontribuutiota automaattikytkentöjen ansioista. Ohjelmisto mahdollistaa myös raporttien generoinnin sisältäen mm. riviliitin- ja johdinluettelot, osaluettelot sekä muita yksityiskohtaisia tuotantoraportteja.

Lisäksi EPLAN-ohjelmisto sisältää Cogineer-lisäosan, joka mahdollistaa sähkökuvien luomisen automatisoinnin hyödyntäen ohjelmiston laajoja makro-ominaisuuksia. Kyseistä lisäosaa tullaan mahdollisesti hyödyntämään jatkossa sähkökeskusten modularisointiin liittyvissä projekteissa Pemamekilla.

6 TOTEUTUS

Vakiolaitteen tilauksen tullessa tarvitaan käytännössä aina sähkösuunnittelijan huomiota ja työpanosta ennen kuin tilaus saadaan siirrettyä tuotantoon sähkökeskuksen kasaamista varten. Toimitusajan lyhentämiseksi päätettiin suorittaa vakiolaitteen sähkökeskuksen modularisointi. Toimivalla moduulirakenteella on mahdollista siirtää tilaus suoraan tuotannon keskuskokoonpanoon, käymättä läpi operatiivista sähkösuunnittelun prosessia.

Tarkoituksena oli lähteä testaamaan ja kehittämään sähkökeskuksen modularisointia. Moduulirakenteen avulla on mahdollista luoda vakiolaitteisiin standardisoituja peruskeskuksia, joihin on helppo liittää koneeseen tilatut tarvittavat moduulit eli optiot. Peruskeskus on luotava mahdollisimman yhteneväiseksi rakenteeksi varsinkin komponenttien, liitäntärajapintojen sekä valmiskaapeleiden osalta. Lisäksi on otettava huomioon kustannustehokkuus, moduulien ja peruskeskuksen mahdolliset päivitykset tulevaisuudessa sekä asentajien työn helpottaminen. Alla olevassa kuvassa 7 on hahmotelma projektin moduulirakenteesta. Valmiista modularisoidusta sähkökeskuksesta sekä jokaisesta moduulioptiosta luodaan EPLAN-suunnitteluohjelmalla sähkökuvat.



KUVA 7. Hahmotelma Skytrack2000-vakiolaitteen moduulirakenteesta.

Työn edetessä pohditaan sähkökuvien luomisen prosessia ja erilaisia kehitysideoita modularisoinnin suhteen. Tavoitteena on, ettei tulevaisuudessa enää tarvita operatiivista sähkösuunnittelua vakiolaitteiden tilauksien yhteydessä.

6.1 Työn aloituksen lähtökohdat

Skytrackista oli luotu valmiiksi lukuisia sähkökuvia. Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinoille oli molemmille yhteensä kahdeksan erilaista sähkökeskuksen kokoonpanokuvaa. Työ alkoi tarkastelemalla näitä valmiiksi luotuja pohjia ja tutkimalla ratkaisuja, kuinka kahdeksasta rakenteesta saataisiin luotua yksi, modularisoitu perusrakenne eli peruskeskus molemmille markkinoille. Peruskeskusrakenteen lisäksi luodaan myös moduulikuvat jokaisesta optiosta, jotka keskuksen on mahdollista liittää.

Valitsin itselleni tulevan moduloitavan rakenteen pohjaksi kuvan, joka sisälsi Lincolnin hitsausvirtalähteen sekä Data ja Scan-moduulit. Pohja valikoitui siitä syystä, että se sisälsi muihin kuviin nähden eniten komponentteja ja liitäntöjä. Mielestäni oli helpompi lähteä yhtenäistämään keskusta, kun pohjaksi valitaan mahdollisimman pitkälle kalustettu kokonaisuus.

6.2 Keskuksen rakenteen hahmottelu

Aloitin peruskeskuksen rakenteen hahmottelun tutkimalla osuuksia, jotka tulisivat olemaan keskuksen liitettäviä optioita. Optioina eli moduuleina ovat Pema WeldControl Scan, Pema Data Acquisition (datankeruu), Pema CellControl 700, Fronius-hitsausvirtalähde, Lincoln-hitsausvirtalähde sekä turvalaitteena toimiva valoverho tai sähköisellä lukituksella toimiva suojaovi.

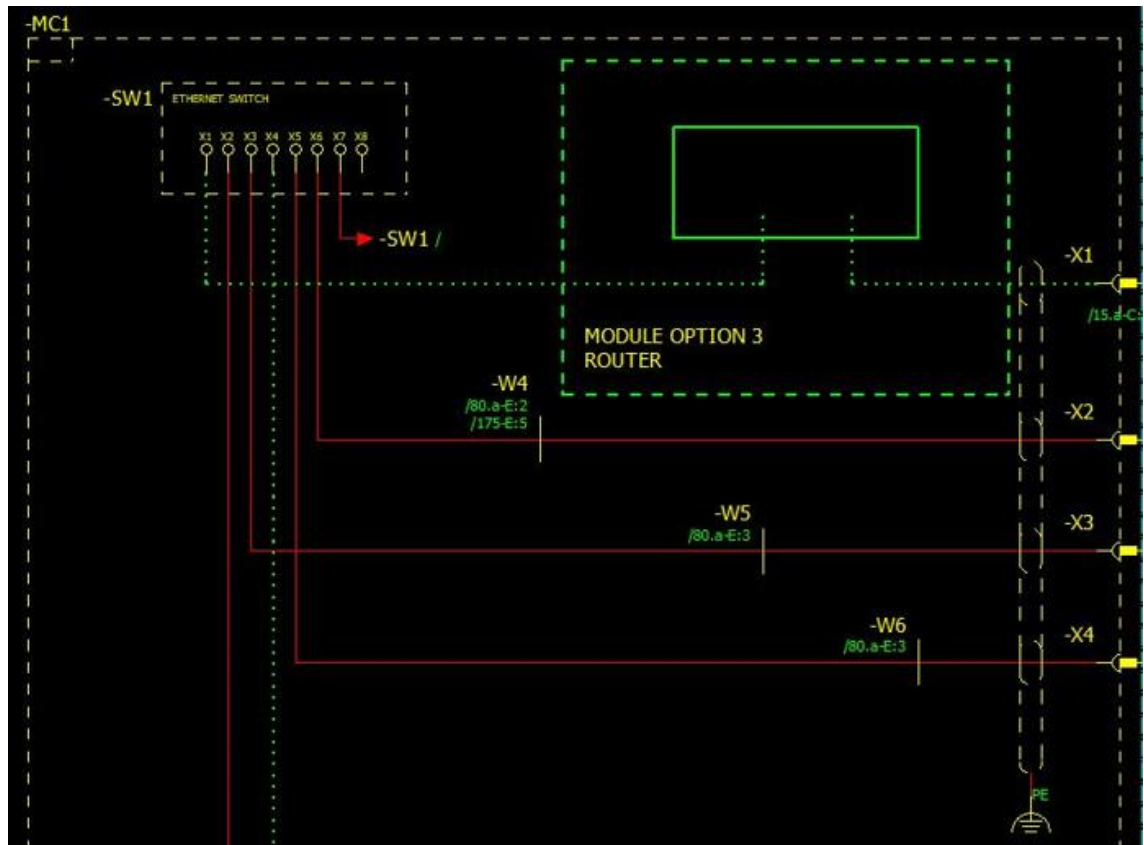
Kyseisistä optioista on aina valittava toinen hitsausvirtalähteistä sekä turvalaite estämään pääsy robottisolun alueelle, kun kone on käynnissä.

Moduulivaihtoehtojen selkeydyttyä aloitin pohjaksi valitsemani sähkökuvan tarkastelun sivu sivulta EPLAN-ohjelmistolla. Selvityksen alla oli, mitä komponentteja ja kaapeleita olisi hyvä jättää peruskeskukseen, jotta moduulioptioiden liittäminen ja käyttöönotto sujuisi mahdollisimman nopeasti ja vaivattomasti pitäen silti mielessä kustannustehokkuuden.

Päädyin hahmottelemaan sähkökuvan sivuille moduulien tarvitsemien komponenttien paikoituksen (pois lukien releet ja riviliittimet) sekä tarvittavat kaapelikytkennät vihreillä laatikoilla ja viivoilla (kuva 8). Tämä auttoi selkeyttämään useiden alkuperäisten sähkökuvien luomaa lähtötilannetta.

Aluksi suunnittelin, että peruskeskuksen sähkökuvaan voitaisiin jättää nämä vihreillä merkinnöillä indikoidut optioiden paikat sekä kytkennät. Tämä olisi kuitenkin voinut luoda useita ongelmia varsinkin siinä vaiheessa, kun kuvat siirretään tuotantoon. Koska sähkökuvia ei tulosteta värillisinä, moduulien paikkojen ja tulevien kaapelikytkentöjen indikointi väreillä peruskeskuksen kuvassa ei ole mahdollista. Lisäksi moduulien osoitus peruskeskuksen kuvassa saattaa aiheuttaa hämmennystä ja epäselvyyttä asentajissa. Myös mahdolliset tulevaisuuden päivitykset kuviin olisivat aiheuttaneet ylimääräistä työtä tällä esitystavalla.

Esitystapa jäi silti hyvään käyttöön selkeyttämään, mitkä komponentit ja kaapelit keskuksen sähkökuvassa kuuluivat millekin optiolle. Tämä helpotti tekemään ratkaisuja niiden komponenttien valinnassa, jotka tultaisiin asentamaan ja kytkeämään valmiiksi keskukseen nopeuttamaan moduulien asennusta ja käyttöönottoa.



KUVA 8. Esimerkki moduulien komponenttien paikoituksesta ja kaapelikytkennöistä vihreällä värillä keskuksen sähkökuvassa.

6.3 Keskukseen valitut komponentit sekä kustannustehokkuus

Moduulien asentaminen ja liittäminen keskukseen nopeasti ja vaivattomasti tarkoittaa, että modularisoitu keskus tulisi kalustaa ja johdottaa niin valmiiksi kuin se on taloudellisesti järkevää ja mahdollista. Tämä tarkoittaa, että osa keskukseen asennetuista komponenteista eivät välttämättä koskaan tule käyttöön. Tämän vuoksi on syytä pohtia, mitkä komponentit ovat järkeviä ottaa keskukseen aina mukaan ja mitkä asennetaan vasta siinä vaiheessa, kun moduuli tulee käyttöön.

Päädyin työn aikana siihen ratkaisuun, että edulliset komponentit kuten riviliittimet, releet, läpimenoliittimet, moninapaliittimet, Ethernet-kaapelit sekä lasiputkisolakkeet on syytä asentaa keskukseen aina. Esimerkkinä edullisten komponenttien käytöstä ovat edellä mainitut releet, joiden koskettimilla ohjataan lukuisien moduulien eri toimintoja. Koska releet ovat hinnoiltaan suhteellisen halpoja, päätin sisällyttää moduulien toimintojen ohjaukseen tarkoitettut releet aina peruskes-

kukseen. Näin säästetään aikaa moduulien käyttöönotossa. Myös koneen runkoon asennettava riviliitinkotelo on hyvä kalustaa sekä asentaa aina valmiiksi, koska moni moduulioptio hyödyntää liitännöissään kyseistä riviliitinkoteloä. Lisäksi kaikki takaseinän liittimet ovat tarpeellisia asentaa ja johdottaa valmiiksi, koska myöhemmässä vaiheessa liittimien lisääminen kaapin takaseinään on hidasta ja vaivalloista.

Kooltaan suurehkot sekä hinnaltaan kalliit komponentit tulisi aina asentaa kaappiin vasta siinä vaiheessa, kun asiakas on päättänyt tilata moduulin koneeseensa. Esimerkiksi CellControl-moduulin langaton reititin tai Scan/Data-moduulin tarvitsema PLC-yksikkö (sisältäen CPU:n, Analogi Input- sekä EtherCAT-kortit) ovat hintaluokaltaan sellaisia komponentteja, jotka tulisi asentaa myöhemmässä vaiheessa. Näidenkin komponenttien liittämistä keskukseseen voidaan kuitenkin nopeuttaa asentamalla ennakkoon edullisempia komponentteja. Tästä esimerkkinä langattoman reitittimen kytkentään käytetyt Ethernet-kaapelit, jotka ovat valmiiksi asennettuina ja kytkettyinä keskuksen sisällä.

Näillä edullisilla komponenttivalinnoilla ja asennusratkaisuilla nopeutetaan moduulien asentamista ja käyttöönottoa, jonka avulla toimitusaikaa asiakkaalle saadaan lyhennettyä.

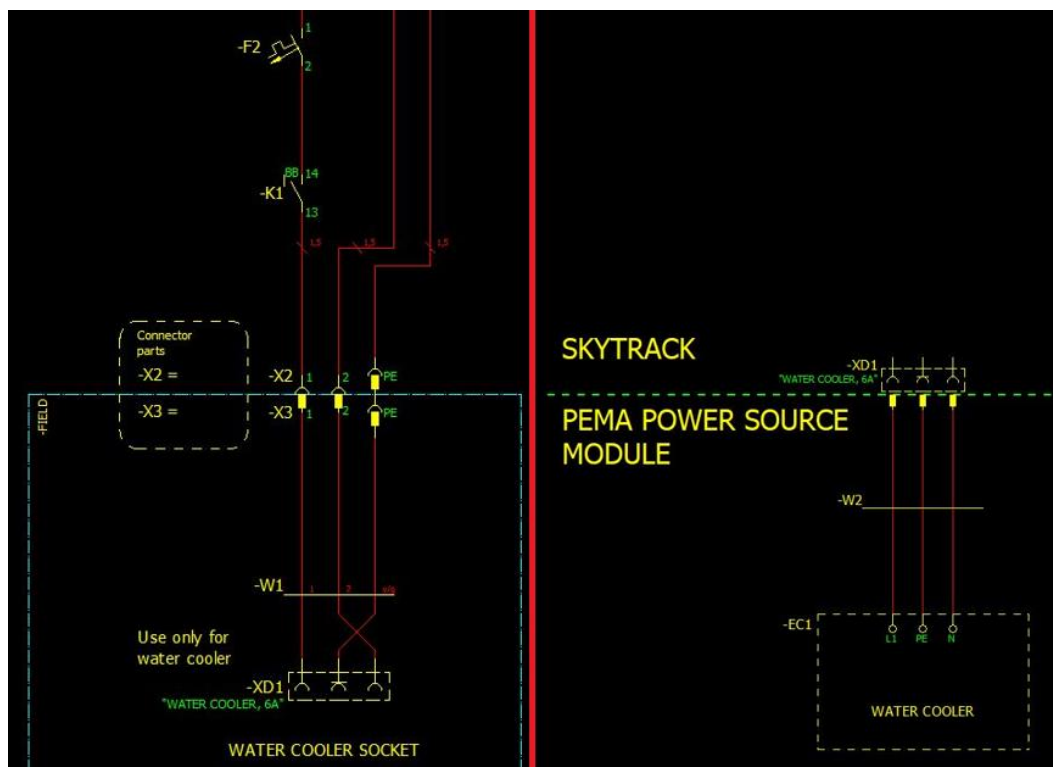
6.4 Keskuksen modularisoidun rakenteen suunnittelu

Kokonaisuuden hahmottuessa paremmin, aloitin peruskeskuksen modularisoidun rakenteen suunnittelun aloittaen ensimmäiseltä sivulta, joka sisältää mm. Lincolnin hitsausvirtalähteen moduulioption tarvitseman vesijäähdytyksen. Vesijäähdytys kytketään sille tarkoitettuun pistorasiaan. Syöttö pistorasialle on logiikkaohjatun releen takana, joten pistorasiaa ei ole syytä käyttää muuhun kuin vesijäähdyttimen toimintaan. Tämä on ilmoitettu sähkökuvassa keltaisella tekstillä pistorasian vieressä.

Jotta vesijäähdyttimen asentaminen tapahtuisi mahdollisimman nopeasti, päädyin ratkaisuun, jossa pistorasia tullaan aina asentamaan valmiiksi Lincolnin hitsausvirtalähteen viereen sille tarkoitettulle paikalle. Pistorasia kytketään kaapelilla

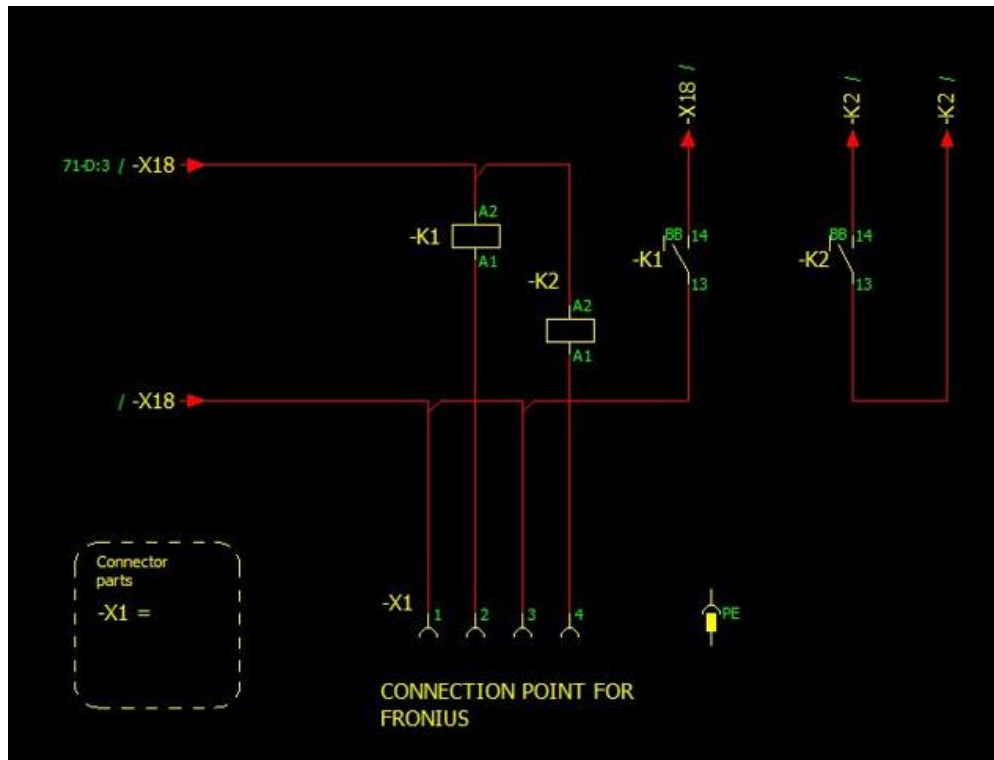
keskuksen takaseinään asennettavaan moninapaliittimeen. Myös pistorasian tarvitsema automaattisulake F2 tullaan asentamaan keskukseen valmiiksi.

Koska itse vesijäähdytys ei kuulu peruskeskukseen vaan on osa moduulia, se asennetaan vasta Lincoln-moduulioption ollessa asiakkaan valitsema. Vesijäähdytyksen kytkentä pistorasiaan sekä rajapinta on nähtävissä kuvassa 9. Punaisen viivan vasemmalla puolella on näkyvissä pistorasia XD1 sekä takaseinän moninapaliitin X2/3 esitettyinä keskuskuvassa. Punaisen viivan oikealla puolella taas on kuvakaappaus Lincolnin-moduulikuvasta, jossa näkyy vesijäähdytyksen kytkentä edellä mainittuun pistorasiaan. Vihreällä katkoviivalla on kuvattu keskuksen ja moduulin välinen rajapinta.



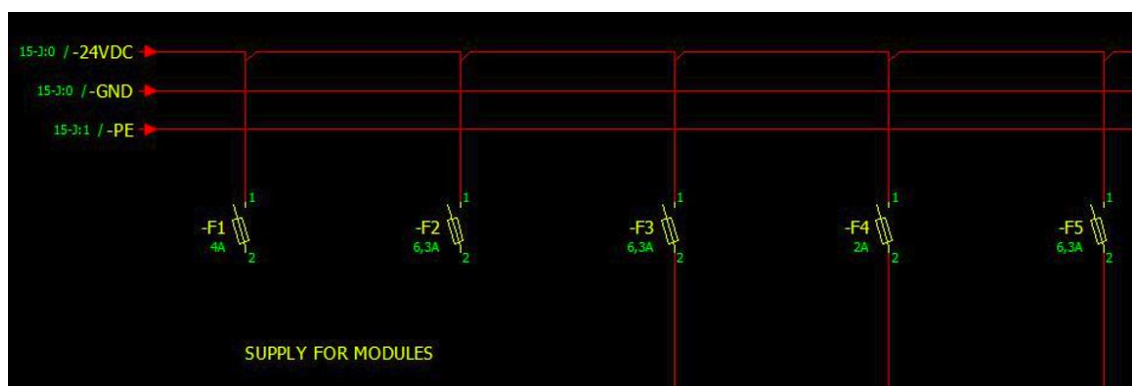
KUVA 9. Vesijäähdytyksen kytkentä sekä rajapinta keskuksen ja moduulin välillä.

Toinen vaihtoehto hitsausvirtalähteeksi on Froniuksen tarjoama malli. Fronius-hitsausvirtalähteen mahdollista valintaa varten asennetaan ja johdoteetaan keskukseen kyseisen moduulin tarvitsemat releet K1 ja K2 sekä moninapaliitin X1, jotka ovat näkyvissä alla olevassa kuvassa 10. Takaseinään asennettava liitin nopeuttaa ja helpottaa moduulin asentamista ja käyttöönottoa. Huomioitavaa on, että Fronius ei tarvitse erikseen asennettavaa vesijäähdytintä kuten edellä mainittu Lincoln.



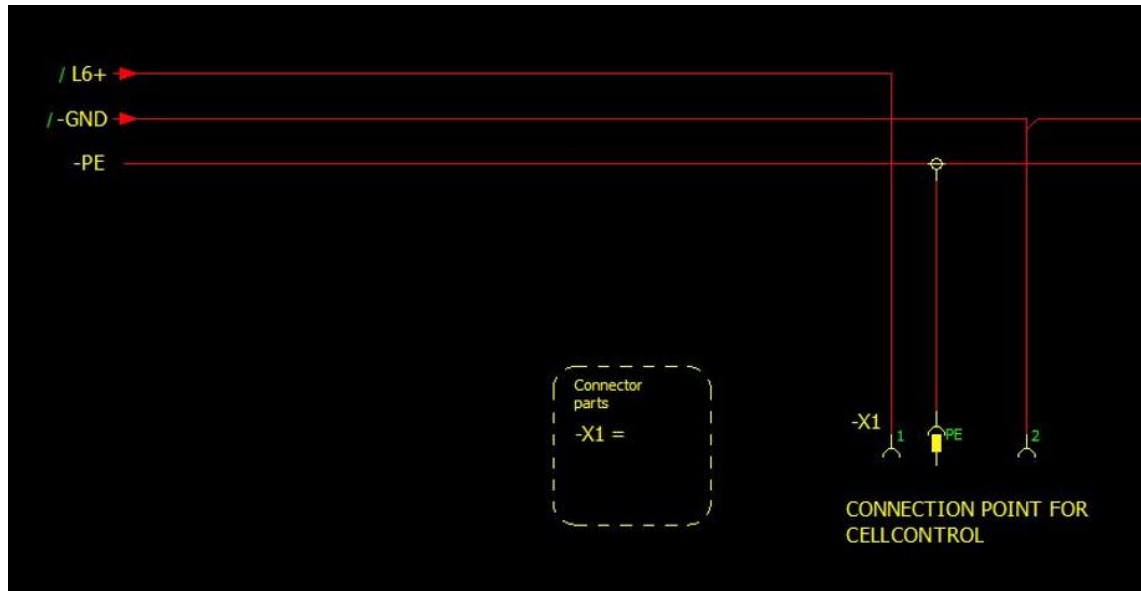
KUVA 10. Fronius-moduulin tarvitsemat releet K1 ja K2 sekä takaseinään asennettava moninapaliitin X1.

Osa vaihtoehtoisista moduuleista tarvitsevat omat syöttönsä sulakkeiden takaa. Nopeuttaakseen kyseisten moduulien käyttöönottoa, päätin valita keskuksen asennettavaksi optioiden tarvitsemat lasiputkisulakkeet, jotka ovat näkyvissä alla olevassa kuvassa 11. Kyseiset lasiputkisulakkeet F1 ja F2 jäävät siis varalle keskuksen ja ne johdotetaan niille tarkoitetuille komponenteille siinä vaiheessa, kun kyseinen moduulioptio on tullut valituksi tilaukseen.



KUVA 11. Keskuksen valmiiksi varalle asennettavat lasiputkisulakkeet F1 ja F2 moduulioptioiden tarvitsemia syöttöjä varten.

Koska CellControl-optio tarvitsee toimiakseen erillisen syötön sulakkeen takaa, on moduulin käyttöönottoa pyritty nopeuttamaan johdottamalla sulakkeelta tuleva syöttö suoraan keskuksen takaseinän moninapaliittimeen. Esimerkki tästä hahmotelmasta on näkyvissä alla olevassa kuvassa 12.

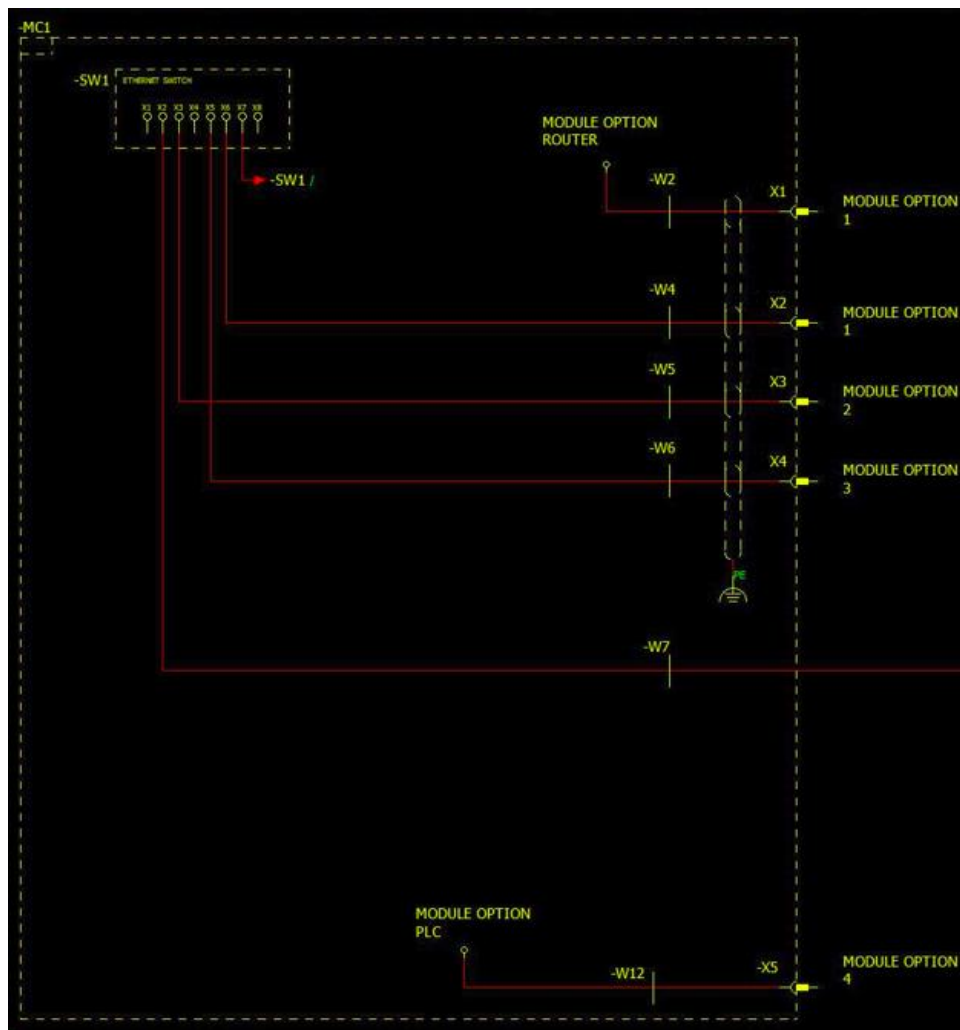


KUVA 12. Keskuksen takaseinään asennettava moninapaliitin CellControl-järjestelmän syöttöä varten nopeuttamaan moduulin käyttöönottoa ja asennusta.

Sähkökeskus, robotti sekä moduulit kommunikoivat keskenään Ethernet-yhteyden kautta. Yhteys jaetaan näiden kolmen välillä keskuksessa sijaitsevan Ethernet-kytkimen kautta. Tarkoitus on asentaa keskuksen takaseinään läpimenoliittimet moduuleille, sekä kytkeä tarvittavat RJ45 Ethernet-kaapelit valmiiksi takaseinän liittimistä Ethernet-kytkimelle.

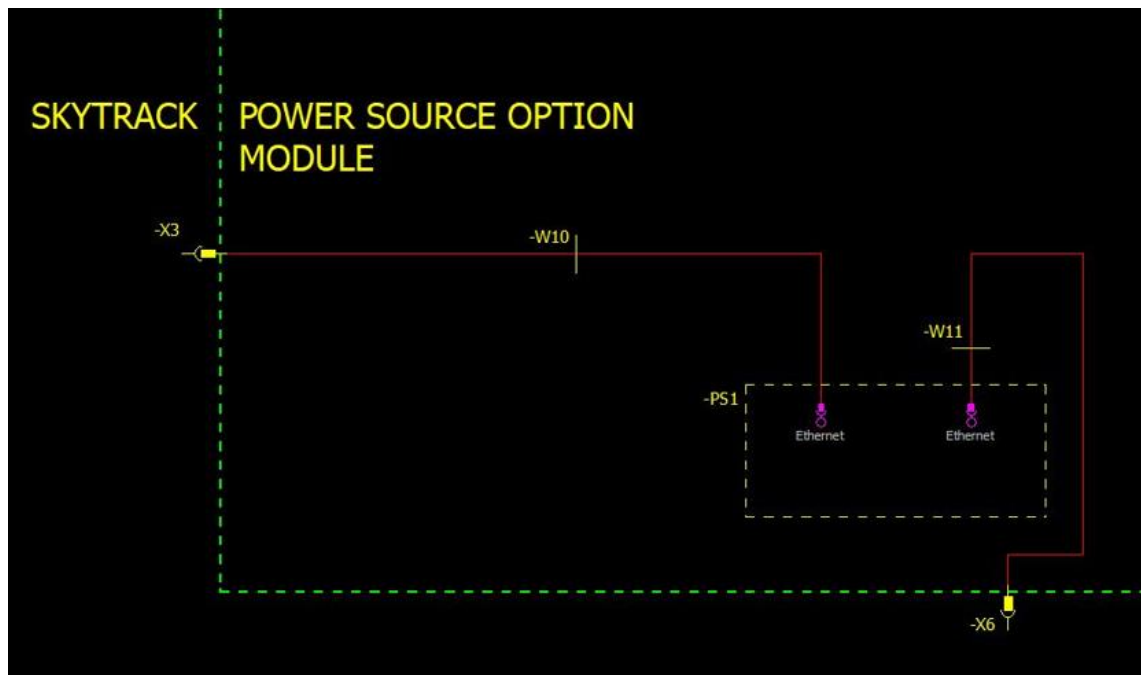
Kuvassa 13 on nähtävissä osa näistä läpimenoliittimistä (X1-X5) sekä keskuksen valmiiksi kytketyt kaapelit. Huomioitavaa on kaapelit W2 ja W12, jotka jätetään keskuksen valmiiksi mahdollista CellControl-option tarvitsemaa langatonta reititintä sekä Scan/Data-optioiden tarvitsemaa PLC-yksikköä varten. Läpimenoliittimien sekä RJ45-kaapeleiden asentaminen valmiiksi keskuksen nopeuttaa moduulien käyttöönottoa.

Kuvassa on keltaisella tekstillä indikoitu mikä moduuli tulee kytketyksi millekin läpimenoliittimelle. Tällä pyritään helpottamaan asentajien työtä, kun kuvasta on nopeasti nähtävissä moduulin oikea kytkentäpiste.



KUVA 13. Ethernet-kaapelit sekä läpimenoliitännät keskuksen sisällä. Keltaisella tekstillä korostettu moduulien paikoitusta.

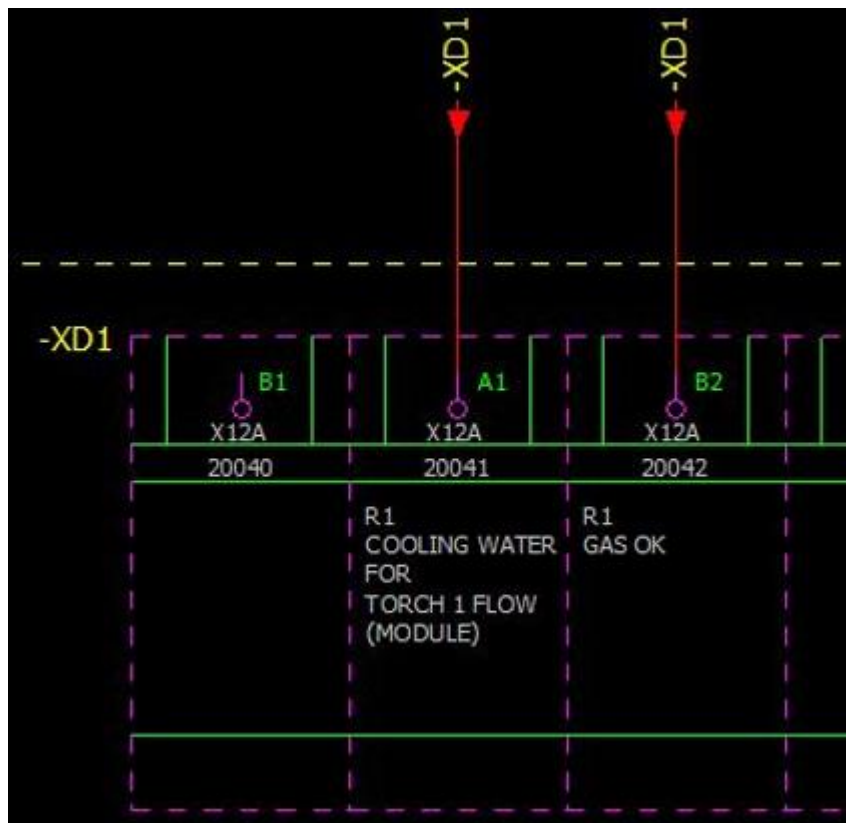
Esimerkki keskuksen ja moduulin Ethernet-kytkennän rajapinnasta on näkyvässä alla olevassa kuvassa 14. Yhteys hitsausvirtalähteeltä keskukseseen sekä robotille tapahtuu keskukseseen valmiiksi asennettujen läpimenoliittimien X3 ja X6 kautta. Vihreällä katkoviivalla on esitetty rajapinta keskuksen ja moduulin välillä. Tätä on myös korostettu kuvissa keltaisella tekstillä. Koska läpimenoliittimet X3 sekä X6 ovat valmiiksi johdotettu keskuksessa (tämä nähtävissä aikaisemmassa kuvassa 13 ylhäällä), asentajan ei tarvitse kuin kytkeä hitsausvirtalähde kaapeleilla kiinni keskuksen seinässä oleviin läpimenoliittimiin.



KUVA 14. Ethernet-kytkennän rajapinta keskuksen ja hitsausvirtalähde-moduulin välillä. Vihreällä katkoviivalla on kuvattu rajapinta.

Sähkökuvissa Input/Output-tietoja on korostettu kirjoittamalla kuvauksen loppuun sulkujen sisään, minkä moduulin toimintaan kyseinen I/O kuuluu. Jos sulkuihin kirjoitettua moduulia ei keskuksen liitetä, kyseinen I/O-tieto voidaan jättää huomioimatta. Sulkujen puuttuminen kuvauksessa tarkoittaa sitä, että kyseinen I/O-tieto tulee aina käyttöön, riippumatta tilaukseen valituista moduuleista.

Näillä kyseisillä kuvauksilla pyritään helpottaa käyttöönottajän työtä. Ne ovat nopea tapa havaita, mihin I/O-tietoihin ei välttämättä tarvitse kiinnittää huomiota, jos kuvaukseen liitettyjä moduuleja ei ole koneeseen tulossa. Esimerkki I/O-tietojen käytöstä sähkökuvissa on näkyvissä alempana kuvassa 15.

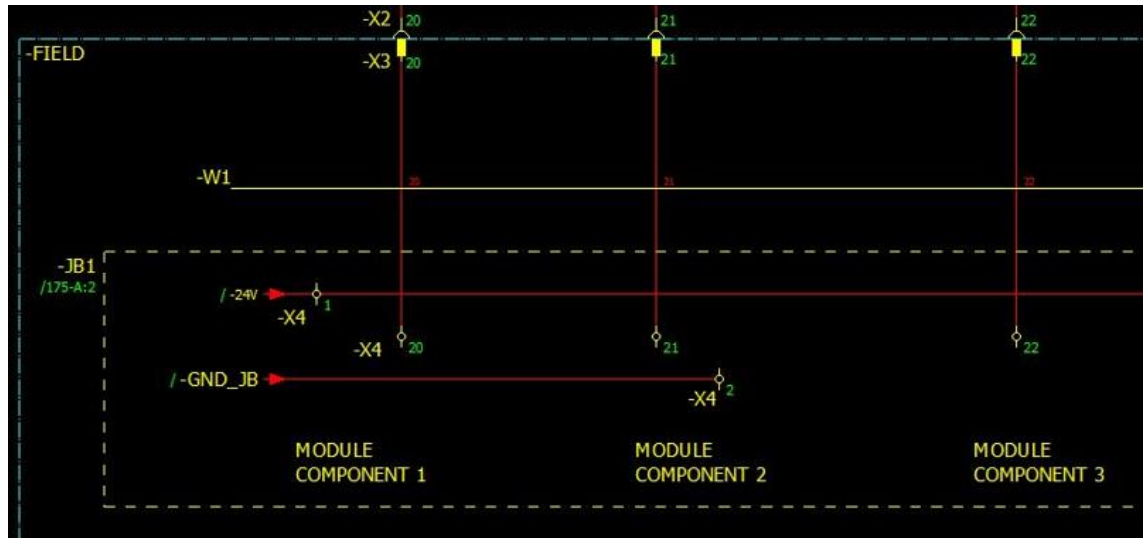


KUVA 15. Esimerkki I/O-tietojen käytöstä. Sulkujen sisällä ilmoitetaan, mihin moduuliin kyseinen I/O-tieto viittaa.

Vanhoissa sähkökuvien pohjissa oli käytetty kahta erikokoista riviliitinkoteloä riippuen moduulivalinnoista. Suurempaa 300x200-koteloä on käytetty tapauksissa, jossa Scan-moduuli on tullut valituksi koneeseen. Suurempi kotelo oli tullut valituksi siitä syystä, että kyseisessä moduulioptiossa laser-sensorin liitännäsarja tulee asennetuksi kotelon sisälle. Koneissa, joissa Scan-moduulia ei käytetä, on kotelona toiminut pienempi 200x200-malli. Hintaero näiden kahden kotelon välillä on kuitenkin melko vähäinen. Pohdinnan jälkeen päätin, että riviliitinkoteloksi valitaan aina 300x200-malli, riippumatta valituista moduulivaihtoehdoista. Näin kotelota voidaan kalustaa valmiiksi odottamaan tilausta, eikä kotelon valitseminen ole enää riippuvainen mahdollisista moduulivalinnoista.

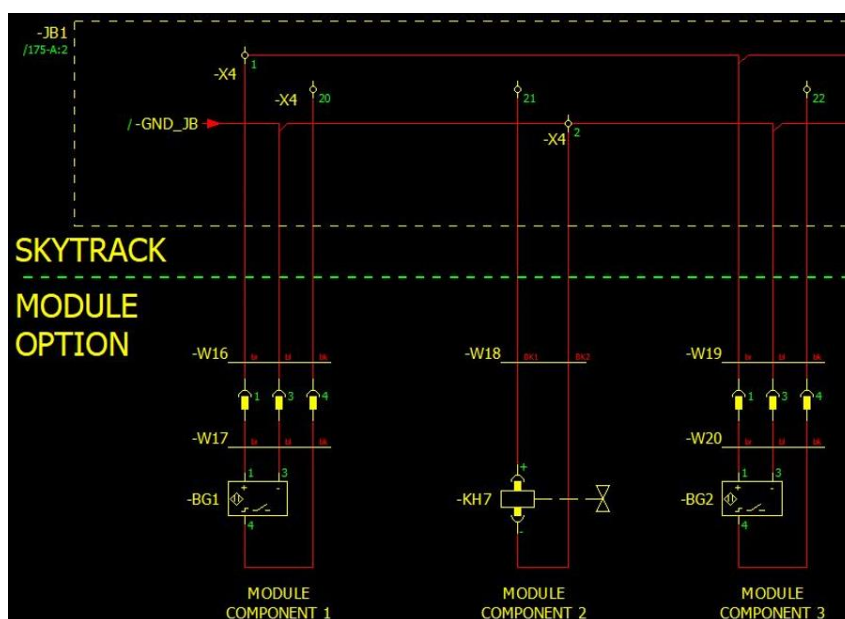
Riviliitinkotelo on tarkoitus kalustaa moduulien tarvitsemilla riviliittimillä sekä yhdellä moduulivaihtoehdon tarvitsemalla releellä. Alla olevassa kuvassa 16 on näkyvissä suunnittelemani riviliitinkotelo JB1. Kentällä sijaitseva riviliitinkotelo on yhdistetty sähkökaappiin kuvassa näkyvällä W1 kaapelilla. Kotelossa sijaitseville riviliittimille on keltaisella tekstillä määrätty moduulien kytkentäpaikat.

Esimerkiksi moduulikomponentti yksi on tarkoitettu kytkettäväksi X4 riviliitinpakan liittimille 1 ja 20.



KUVA 16. Kuvakaappaus pääsähkökuvasta. Kentällä sijaitseva riviliitinkotelo JB1, jonka kautta eri moduulien osat saadaan yhdistettyä keskukseseen.

Vastaavasti kyseinen riviliitinkotelo JB1 esitetään myös niissä moduulikuvissa, jotka koteloa käyttävät. Alla olevassa kuvassa 17 on kuvakaappaus moduulisähkökuvasta, jossa esitetään moduulikomponenttien liitännät riviliitinkoteloon. Sähkökeskuksen ja moduulien rajapintaa kuvataan jälleen vihreällä katkoviivalla ja keltaisella tekstillä.



KUVA 17. Kuvakaappaus moduulisähkökuvasta. Kuvassa esitettynä moduulikomponenttien liitännät riviliitinkoteloon JB1.

Robottihitsaussolu tarvitsee myös aina turvalaitteen, jolla voidaan estää pääsy solun alueelle koneen ollessa käynnissä. Tämä voidaan toteuttaa joko valoverholla tai suojaovella, joka toimii sähköisellä lukituksella. Turvalaitteiden käyttöön-ottoa varten on suunniteltu myös toinen kentälle asennettava pienempi riviliitin-kotelo JB2. Kotelo sisältää tarvittavat riviliittimet valoverholle sekä sähkölukituk-selle, ja ne ovat näkyvissä alla olevassa kuvassa 18. Turvalaitteet on tarkoitus kytkeä riviliitinpakan X3 liittimiin 1 ja 2. Kotelo sisältää myös liittimet valoma-jakalle, jonka avulla voidaan indikoida robottihitsaussolun tilaa käyttäjille.

Turvalaitekytkentöjensä takia myös tämä riviliitinkotelo tulee aina käyttöön ja niitä voidaan halutessaan kasata valmiiksi tilausta odottamaan. Tällä säästetään ai-kaa keskuksen kokoamisvaiheessa, kun riviliitinkotelot sisältöineen ovat valmiita moduulien tarvitsemia kytkentöjä varten.



KUVA 18. Riviliitinkotelo JB2 ja turvalaitteiden riviliittimet.

7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli luoda robottihitsaussolun sähkökeskuksesta modularisoitu rakenne, jonka avulla mm. poistettaisiin operatiivinen sähkösuunnittelu kyseisen vakiolaitteen osalta, lyhennettäisiin robottihitsaussolun toimitusaikaa asiakkaalle sekä tutkittaisiin tapoja ja menetelmiä moduulirakenteiden luomiseen sähkösuunnittelussa. Lopputuloksena saatiin muodostettua robottihitsaussolun sähkökuvat modularisoidusta keskuksesta ja lukuisista moduuleista. Harkituilla komponentti-valinnoilla saatiin keskuksen rakenteesta luotua mahdollisimman kustannustehokas. Näiden opinnäytetyössä muodostettujen uusien sähkökuvien mukaan tullaan jatkossa Skytrack-koneen keskukset kasaamaan.

Työn aikana saatiin testattua erilaisia tapoja, kuinka modulaaristen keskuksien sähkökuvat kannattaisi luoda, jotta ne olisivat mahdollisimman selkeät ja helposti päivitettävissä tulevaisuudessa. Suurimpina haasteina oli lähtötilanne työn alussa. Lukuisista valmiiksi luoduista, jokseenkin erilaisista sähkökuvien pohjista täytyi saada rakennetuksi toimiva ja selkeä modularisoitu kokonaisuus. Tämä vaati työn alussa paljon selvittelyä ja hahmottelua sähkökuvien osalta. Lisäksi koin opinnäytetyön raportin kirjoittamisen ajoittain hiukan haasteelliseksi. Kirjallisen osuuden täytyi sisältää laajahko kuvaus tehdystä työstä, paljastamatta kuitenkaan liikaa yksityiskohtia yrityksen sähkösuunnittelun toimintatavoista sekä käytännöistä.

Uudet sähkökuvat tulevat korvaamaan vanhat pohjat ja ne otetaan käyttöön seuraavan robottihitsaussolun tilauksen tullessa. Mahdollisia päivityksiä ja parannuksia tullaan tekemään jatkossa sitä mukaa kun tarve vaatii. Modularisoidut sähkökuvat ovat jokseenkin erilaisia mihin ollaan sähkösuunnittelussa sekä keskuksien kokoonpanopuolella totuttu. Tämän takia on mahdollista, että asentajille tullaan järjestämään lyhyt, mutta riittävä koulutus liittyen modularisoituihin sähkökuviin ja niiden lukemiseen.

Jatkossa kyseistä projektia voitaisiin kehittää eteenpäin ottamalla käyttöön EPLAN Cogineer-lisäosa. Cogineer lisää mahdollisuuksia sähkökuvien luomisen automatisointiin hyödyntäen EPLAN-ohjelmiston laajoja makro-ominaisuuksia.

Makroilla voidaan luoda kokonaisia kaaviosivuja valmiiksi ja lisäosan avulla ne voidaan ottaa halutessaan käyttöön. Cogineerin kautta voitaisiin luoda konfiguraatioikkuna, jossa kysyttäisiin suunnittelijalta, mitkä mahdollisista moduuleista otettaisiin käyttöön. Käyttäjä rastittaisi haluamansa moduulioptiot ikkunassa ja suorituksen jälkeen Cogineer tuo makrokirjastosta esimerkiksi moduulien tarvitsemat kaaviosivut tai yksittäiset komponentit ja asettaisi ne niille tarkoitetuille paikoilleen pääsähkökuvaan. Lisäosan käyttö mahdollistaisi muun muassa sen, että moduulikuvia ei enää tarvittaisi. Kaikki tarvittava tieto modularisoidun sähkökeskuksen kasaamiseen saataisiin luotua yhdelle EPLAN-sähkökuvalle. Tämä tarkoittaisi, että moduulirakenteen päivittäminen olisi tulevaisuudessa entistä nopeampaa. Myös asentajien työ helpottuisi, kun asennusvaiheessa ei tarvitse selata useampaa kuvanippua, vaan kaikki tarvittava tieto löytyisi yhdestä pääsähkökuvasta.

LÄHTEET

EPLAN Tietoa meistä. n.d. Verkkosivut. Viitattu 30.9.2023.
<https://www.eplan.fi/yritys/kuvaus/tietoa-meistae/>

Lepola, P. & Ylikangas, R. 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Pemamek tietopankki. 2023. Pääsy vain työntekijöille. Viitattu 28.9.2023

Pema Skytrack. n.d. Verkkosivut. Viitattu 28.9.2023.
<https://pemamek.com/fi/pema-skytrack/>

Pemamek Tietoa yrityksestä. n.d. Verkkosivut. Viitattu 28.9.2023.
<https://pemamek.com/fi/yritys/>

Suomen Robotiikkayhdistys ry – lukuisia kirjoittajia. Toimittanut Välimäki, K. & Niemelä, M. 2023. Teollisuuden robotiikka. 1.painos. Keuruu: Keuruun Laatu-paino KLP Oy