



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

HENRI LEPPÄNEN

Tuotantolinjan sähkösuunnittelu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä Leppänen, Henri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2021
	Sivumäärä 43+4	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Tuotantolinjan sähkösuunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä laadittiin tuotantolinjan sähkösuunnitelma Fixcel Group Oy:n uuteen kennoelementtien valmistuslinjastoon. Opinnäytetyö tehtiin Sermatech Oy:n toimeksiantamana. Tavoitteena oli tehdä kokonaisvaltainen tuotantolinjan loppupään ohjausjärjestelmiin ja -laitteisiin keskittyvä sähkösuunnitelma, jonka pohjalta kennoelementtien valmistuslinjasto saadaan sähköistettyä. Suunnitelman pohjalta oli tarkoitus saada koottua linjasto testikäyttöön Ulvilassa ja tämän jälkeen siirtää se varsinaiseen tuotantokäyttöön Hämeenlinnaan.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kesän ja syksyn aikana 2021. Projekti aloitettiin perehtymällä kennoelementtien valmistuslinjaston toimintaperiaatteisiin sekä Sermatechin sähkösuunnitelmien toteuttamisen käytäntöihin. Työn teoriaosuudessa käsitellään koneenrakennuksen sähköistämisen noudatettavia standardeja. Tähän kennoelementtien valmistuslinjaston sähkösuunnitelmaan on koottu suunnittelun vaiheet sekä selvennetty tehtyjen komponenttivalintojen merkitystä. Suunnitelma tehtiin hyödyntäen Eplan Electric P8 sekä Cadmatic Electical -suunnitteluohjelmia.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tehty sähkösuunnittelu oli onnistunut ja tarkoituksenmukainen. Suunnitelma sisältää syötön mitoituksen, tekniset asiakirjat, IO-luettelon sekä piirikaaviot. Kaikkia näitä ei voitu liittää opinnäytetyön liitteiksi, koska tiedostot ovat salassa pidettäviä. Sähkösuunnitelman mukaan toteutettu projekti onnistui hyvin. Tällä hetkellä laitteistoon tehdään vielä viimeisiä mekaanisia muutoksia ja samalla sitä asennetaan pysyviin tuotantotiloihinsa Hämeenlinnassa.</p>		
Asiasanat teollisuusautomaatio, sähkösuunnittelu, tuotantolinja		

Author(s) Leppänen, Henri	Type of Publication Bachelor's thesis	Date December 2021
	Number of pages 43+4	Language of publication: Finnish
Title of publication Electricity plan for production line		
Degree program Electrical and Automation Engineering		
Abstract <p>In this thesis, the electrical plan for Fixcel Group Ltd's new production line of cell elements was planned. The thesis was commissioned by Sermatech Ltd. The objective was to make a comprehensive electrical plan for the production line to power the end-state control systems and equipment of the manufacturing line of cell elements. Based on the plan, the aim was to assemble a production line for test use in Ulvila and then transfer it to Hämeenlinna for actual production use.</p> <p>The thesis was conducted during summer and autumn 2021. The project was initiated by becoming acquainted with the operating principles of the manufacturing line of cell elements as well as the practices of implementing electrical plans at Sermatech. The theoretical part of the work deals i.e., with the standards to be followed in the electrification of mechanical engineering. This electrical plan of the manufacturing line of cell elements summarizes the design steps and clarifies the importance of the component choices made. The plans were made utilizing Eplan Electric P8 and Cadmatic Electrical design programs.</p> <p>The electrical plan made as part of this thesis was considered successful and suitable for use. The plan includes input sizing, technical documentation, IO list and circuit diagrams. All of these could not be included in this thesis due to confidentiality. The project implemented according to the electricity plan was successful. At the moment, the equipment is undergoing the last mechanical changes and simultaneously it is being installed in its permanent production facilities in Hämeenlinna.</p>		
<u>Key words</u> industrial automation, electrical plan, production line		

SISÄLLYS

1 TAVOITTEET JA RAJAUS	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 Työn rajausta	7
2 SERMATECH OY	8
3 KENNOLINJASTO	9
3.1 Elementin kokoonpano	9
3.2 Elementin sahaus	10
4 SOVELLETTAVAT STANDARDIT	12
4.1 SFS 6000 Pienjänniteasennukset	12
4.2 SFS-EN 60204 Koneiden sähkölaitteisto	12
4.3 Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400 koneiden turvallisuudesta	12
5 OHJAUSJÄRJESTELMÄ	14
6 CPU	15
7 ETÄ-IO-YKSIKÖT	16
7.1 Keskukseen sijoitettavat etä-IO-yksiköt	16
7.1.1 ET200SP	16
7.2 Kentälle sijoitettavat etä-IO-yksiköt	18
7.2.1 AL1302	19
8 KENTTÄVÄYLÄT	21
8.1 Topologiat	21
8.1.1 Tähti	21
8.1.2 Väylä	22
8.1.3 Rengas	22
8.2 Profinet	23
8.2.1 Kommunikointi Profinet-verkossa	23
8.2.2 Profinet sähkösuunnittelussa	24
8.3 IO-Link	25
8.3.1 Kommunikointi	26
9 HMI	28
9.1 Comfort-paneeli	28
9.2 Mobiilipaneeli	29
10 KOMPONENTTIEN VALINTA	31
10.1 Kentälaiteluettelo	31
10.2 CPU	31
10.3 Keskukseen asennettavat etä-IO-yksiköt	32

10.4 Kentälle asennettavat etä-IO-yksiköt	32
10.5 HMI	33
10.6 Taajuusmuuttajat	33
10.7 Anturointi	34
11 OHJAUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS	35
11.1 Keskuksessa olevat laitteet	35
11.2 Kentällä olevat laitteet	36
12 SÄHKÖSUUNNITELMA	38
12.1 Suunnitteluohjelmistot	38
12.1.1 EPLAN Electric P8	38
12.1.2 Cadmatic Electrical	38
12.2 Syötön mitoitus	39
12.3 Tekniset asiakirjat	40
12.3.1 Piirikaaviot	40
12.3.2 Layout-piirustukset	41
12.4 IO-luettelo	41
12.5 Muut luettelot	41
13 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	
LIITTEET	

Kuvaluettelo

Kuva 1. Fixcel Oy:n valmistama kennoelementti

Kuva 2. Kennoelementin kokoonpanolaite

Kuva 3. Elementin sahauslaite sekä sahausta edeltävä ja seuraava pöytä

Kuva 4. Esimerkki ET200SP etä-IO-yksiköstä

Kuva 5. ET200SP pohjamoduuli

Kuva 6. IFM AL 1302 etä-IO-yksikkö

Kuva 7. Jännitesyöttöliittimen kytkentä

Kuva 8. Profinet-liittimen kytkentä

Kuva 9. IO-liittimen kytkentä

Kuva 10. Tähtitopologian verkko

Kuva 11. Väyläverkon topologia

Kuva 12. Rengasverkon topologia

Kuva 13. Kolme erilaista Profinet-kommunikointikanavaa

Kuva 14. Profinet-kaapelin kytkentä M12- ja RJ45-liittimissä

Kuva 15. IO-Link kytkentä

Kuva 16. IO-Link kommunikointi

Kuva 17. Siemens Comfort Panel

Kuva 18. Siemens Mobile panel

Kuva 19. Kuva layout-suunnitelmasta

1 TAVOITTEET JA RAJAUS

1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä sähkösuunnittelu Fixcel Group Oy:n uuteen kennoelementin valmistuslinjastoon, joka on tilattu Sermatech Oy:lta. Sähkösuunnittelun pohjalta Sermatech Automation Oy suorittaa sähköasennukset linjastoon ensin koeajovaiheessa Sermatech Woks:in tiloissa Ulvilassa. Toisessa vaiheessa laitteisto siirretään asennettavaksi pysyvästi tuotantokäyttöön Hämeenlinnaan Fixcelin tiloihin.

1.2 Työn rajaus

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tuotantolinjan loppupäähän, joka sisältää valmistuneen suurelementin sahauksen, kuljettimen sahalle sekä sahan jälkeen. Opinnäytetyössä keskitytään pääosin ohjausjärjestelmään ja laitteisiin, joiden avulla saadaan toteutettua tuotantolinjan ohjaus. Samasta linjastosta tehdään myös toinen opinnäytetyö, joka keskittyy tuotantolinjan alkuun. Tässä opinnäytetyössä käytetään kennoelementin valmistuslinjastosta sanaa kennolinjasto.

2 SERMATECH OY

Sermatech on vuonna 1976 perustettu automaation ja robotiikan kokonaistoimittaja. Sen palveluihin kuuluu mekaniikka- ja sähkösuunnittelu sekä asennustyöt. Sermatechin ydinosamisaluetta on automaation kokonaisprojektitoimitukset ja erikoiskoneet, jotka suunnitellaan ja toteutetaan kokonaisuudessaan saman yrityksen toimesta. Sermatechilla on toimipisteet Ulvilassa, Raumalla, Raisiossa ja Seinäjoella. Tässä opinnäytetyössä Sermatech Oys:tä käytetään sanaa yritys. (*Automaation ja robotiikan täyden palvelun talo*, 2020)

Sermatech Oy:n tytäryhtiöitä on Sermatech Automation, Sermatech Engineering, ja Sermatech Works. Sermatech Automation on keskittynyt sähkö- ja automaatio-suunnitteluun sekä sähköasennuksiin. Automationin toimipisteet sijaitsevat Raumalla sekä Raisiossa. Rauman toimipiste on erikoistunut sähkösuunnitteluun. Sähköasennusten ja keskusvalmistuksen toimipiste sijaitsee myös Raumalla. Automaatio- ja sovellussuunnittelu tapahtuu pääasiassa Raisiossa. Sermatech Engineering on erikoistunut koneiden ja laitteiden mekaniikkasuunnitteluun, sen toimipiste sijaitsee Ulvilassa. Sermatech Works on konepaja, jossa suunnitellut laitteet kokoonpannaan ennen toimitusta asiakkaalle. Sermatech Works sijaitsee myös Ulvilassa. (*Automaation ja robotiikan täyden palvelun talo*, 2020)

3 KENNOLINJASTO

Kennoelementti valmistetaan teräsprofiilista, joka valssataan muotoonsa ennen kennoelementtikonetta. Kennolinjasto tuottaa suurelementtejä ja elementti myös sahataan oikean kokoiseksi.

Kennoelementin rakenne on täysin Fixcel Oy:n kehittämä ja patentoima ratkaisu, jota voidaan käyttää rakennusten seinä-, pohja- sekä runkomateriaalina (Kuva 1). Esimerkiksi runkomateriaalilla on erinomainen kuormankantokyky, jonka avulla voidaan rakentaa jopa 15-kerroksisia kerrostaloja ilman erillisiä tukirakenteita. (*FIXCEL-kenno* / *Fixcel Group Oy*, 2021)



Kuva 1. Fixcel Oy:n valmistama kennoelementti. (Fixcel Group, 2020)

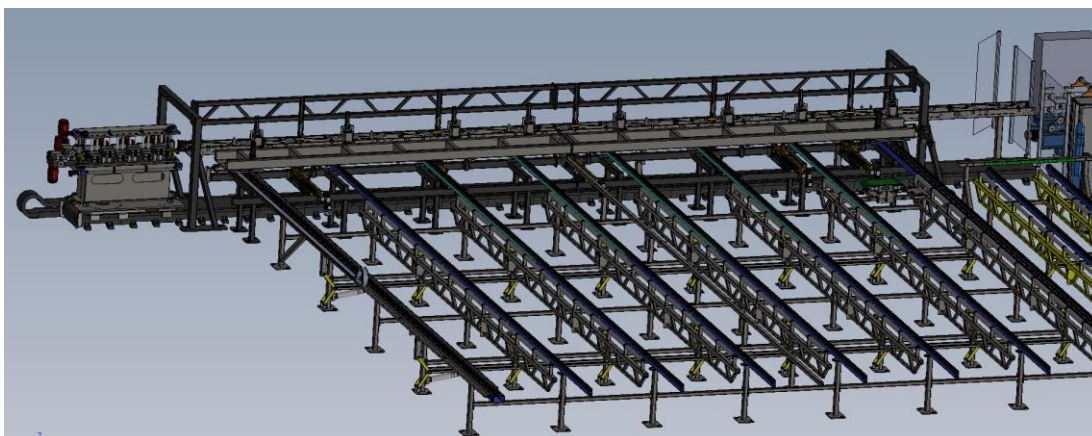
3.1 Elementin kokoonpano

Kennoelementin kokoonpanon tarkoitus on liittää profiilit kiinteästi toisiinsa, jolloin syntyy kennoelementti. Kennoelementti kootaan linjaston alkupäässä, johon teräsprofiilit tuodaan valmiiksi muotoon taiteltuina. Kuvassa 2 on esitetty kennoelementin kokoonpanolaite.

Ensimmäiseksi profiili tuodaan tulokuljetinta pitkin laitteelle. Tulokuljettimessa on pneumaattisesti nousevat ohjausrullat, joiden avulla saadaan profiili kohdistettua oikeaan kohtaan noudettavaksi. Ohjausrullien lisäksi kuljettimessa on nouseva vaste, joka varmistaa profiilin oikean sijainnin pitkittäissuunnassa.

Profiilin ollessa paikoitettuna tulokuljettimessa, se noudetaan ja käännetään profiilinsiirtolaitteilla sauma-asentoon. Ensimmäinen profiili viedään suoraan elementin siirtolaitteessa oleviin kynsiin. Edellinen profiili avataan profiilinauslaitteilla, jolloin seuraava profiili saadaan vietyä sen sisälle. Sisäkkäin asetetut profiilit liitetään toisiinsa mekaanisesti kiinni saumausvaunulla. Saumausvaunussa on valssauspyöriä, joiden avulla saumat yhdistetään. Lisäksi vaunussa on myös niittauspyörät, jotka lukitsevat sauman kiinteäksi.

Niitatut profiilit alkavat muodostaa suurelementtiä siirtopöydälle. Elementtiä siirretään taaksepäin elementin siirtolaitteella sitä mukaa kun uusia profiileita saadaan niitattua. Valmiissa elementissä voi olla jopa 100 kappaletta yhteen niitattuja profiileja ja sen koko voi olla jopa 15x15 metriä.



Kuva 2. Kennoelementin kokoonpanolaite.

3.2 Elementin sahaus

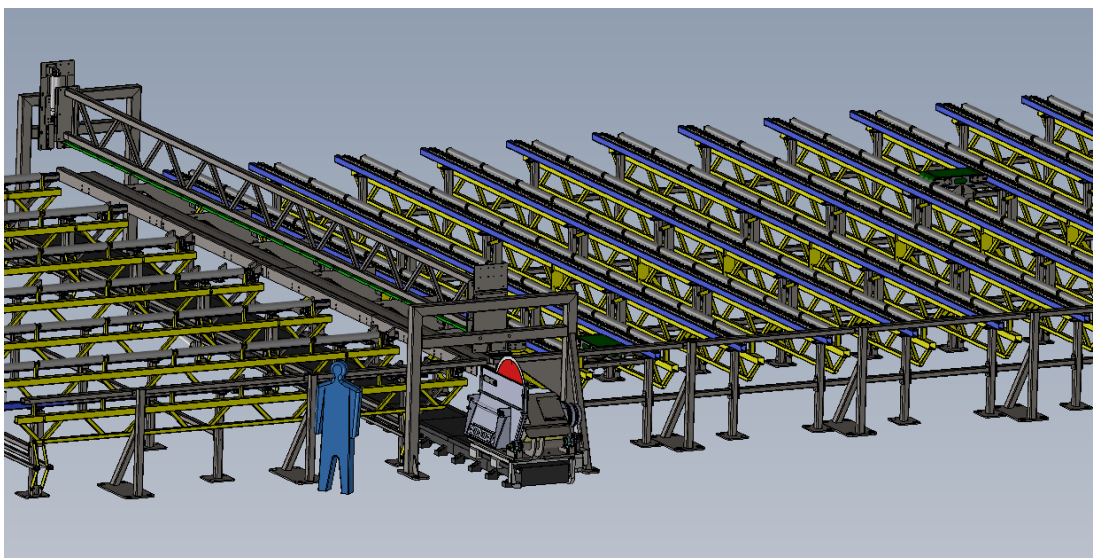
Valmistunut suurelementti on saatava vielä haluttuihin mittoihin. Elementti nostetaan siirtorullien varaan ja siirretään pienten hihnakuljetinelementtien avulla sivuttaissuunnassa sahauspöydälle (Kuva 3).

Sahauspöydässä on vastaavia hihnakuljettimia, joiden avulla elementit tuodaan sahattavaan kohtaan. Sahan toisella puolella on pneumaattisesti nostettavia vasteita, joita päin elementit ajetaan suoraksi. Myös sahapöydässä on myös poikittaisia

kuljetinelementtejä, joiden avulla elementit saadaan ajettua reunassa olevaa vastetta päin. Näiden toimenpiteiden avulla elementit saadaan suoristettua sahaamista varten.

Kun sahattava elementti on paikoitettu, ajetaan elementin yläpuolella oleva sahausvaste elementin lähelle. Vasteessa on myös pneumaattinen paloletku, joka painetaan elementtiä päin. Näin varmistetaan, että elementti pysyy paikallaan sahauksen aikana.

Sahaus tapahtuu suurella sahanterällä, joka liikkuu elementin poikki. Sahanterä nostetaan ensin elementin puoliväliin ja tehdään sahausliike. Tämän jälkeen sahausliike tehdään uudelleen terä nostettuna kokonaan ylös. Sahatut elementit siirretään sahan jälkeisellä pöydällä eteenpäin, josta ne siirretään tarpeesta riippuen joko poikittaissuuntaiselle sahaukselle tai nostetaan pois. Poikittaissuuntaisen sahauksen käsittely on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, joten sitä ei käsitellä tässä tarkemmin.



Kuva 3. Elementin sahauslaite sekä sahausta edeltävä ja seuraava pöytä.

4 SOVELLETTAVAT STANDARDIT

4.1 SFS 6000 Pienjänniteasennukset

Standardisarja SFS 6000 koskee enintään 1000V vaihtojännitteen ja 1500V tasajännitteen sähköasennuksia. Standardisarjassa annetaan määräykset sähköasennusten suunnitteluun ja toteutukseen, joiden mukaan toimimalla täytetään sähköturvallisuuslain (1135/2016) ja sen perusteella annettujen valtioneuvoston asetusten mukaiset vaatimukset sähkölaitteiston turvallisesta käytöstä ja tarkoituksenmukaisesta toiminnasta. (SFS6000:2018, 2018, s. 5-12)

4.2 SFS-EN 60204 Koneiden sähkölaitteisto

Normaaleissa sähköasennuksissa on noudatettava SFS 6000 standardia. Koneet ovat kuitenkin erikoistapauksia, joita tämä standardisarja ei koske, vaan niiden asennuksissa on noudatettava SFS-EN 61204 -standardia. Sähköasennuksia koskevat säännökset ovat kuitenkin hyvin yhteneväiset, kun näitä standardeja verrataan.

SFS-EN 61204 -standardi määrittelee koneiden sähkölaitteiston vaatimuksia ja suosituksia, joiden tarkoituksena on edistää:

- henkilöiden ja omaisuuden turvallisuutta
- ohjauksen ja sen aiheuttaman toiminnan yhteensopivuutta
- käytön ja huollon helppoutta.

(SFS-EN60204-1:2018, 2018)

4.3 Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400 koneiden turvallisuudesta

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta sisältää vaatimukset koneen valmistajalle koneen markkinoille saattamiseen ja käyttöönottoon. Asetuksen mukainen koneen määritelmä on ”toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on

liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten.” (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008, 2008)

5 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Yleensä kun puhutaan ohjausjärjestelmästä, tarkoitetaan yksittäisen koneen tai laitteen ohjaukseen käytettävää ohjausta. Tällaisia järjestelmiä on esimerkiksi PLC-ohjaus, robotin ohjaus ja PID-säädin. Ohjausjärjestelmässä on aina myös jonkinlainen käyttöliittymä, jonka avulla laitteen käyttäjä voi vaikuttaa sen toimintaan. Ohjausjärjestelmä voi toimia yksittäin, mutta yhä useammin se on yhdistetty johonkin ylemmän tason järjestelmään, joita ovat esimerkiksi MES ja SCADA. (Keinänen ym., 2007, s. 210)

Nykyään ohjausjärjestelmät ovat usein hajautettuja järjestelmiä, joissa CPU ohjaa hajautettuja IO-yksiköitä, joita voidaan sijoittaa joko ohjauskeskukseen tai ohjattavien laitteiden läheisyyteen kentälle. Yksiköt yhdistetään CPU:hun jonkin kenttäväylän kautta. Kenttäväyliä ovat esimerkiksi Profinet, Profibus, EtherCAT ja Modbus.

6 CPU

CPU on ohjausjärjestelmän ydin ja sillä ohjataan kaikki järjestelmän toiminnot. Yrityksen uusissa projekteissa käytetään normaalisti Siemensin valmistamia logiikka-komponentteja.

Keskusyksikön valintaan on kiinnitettävä huomiota, jotta kyetään ohjaamaan kaikki laitteen vaatimat toiminnot kuitenkin ylimitoittamatta yksikköä. Mikäli laitteessa on paljon logiikan suorittamaa liikkeenohjausta, Siemensillä on tarjolla tällaisiin soveluksiin tarkoitettuja teknologia-CPU-keskusyksiköitä, jotka soveltuvat todella monimutkaisiin ohjauksiin. (*SIMATIC S7-1500, SIMATIC Controllers, 2021*)

Automaatiojärjestelmää suunniteltaessa tulisi huomioida, kuinka laitteen turvallistaminen toteutetaan: käytetäänkö jonkinlaista turvarelettä tai voisiko järjestelmä hyötyä turvalogiikan käyttämisestä. Turvalogiikka on yleensä normaali logiikka, johon on integroitu turvallisuustoimintoja, joiden avulla voidaan käyttää ohjelmallisesti tehtyjä turvatoimintoja. (*VTT TIEDOTTEITA, 2000*)

Siemens tarjoaa tuotteiden valintaan soveltuvan ilmaisen ohjelmiston, TIA Selection Tool:in, jonka avulla voidaan valita vaadittavan tasoisen keskusyksikkö projektin ohjattavien laitteiden mukaan. (*TIA Selection Tool Totally Integrated Automation, 2020*)

7 ETÄ-IO-YKSIKÖT

Etä-IO-yksiköt ovat laitteita, joiden avulla järjestelmän tulo- ja lähtötietojen vastaanotto voidaan sijoittaa muualle kuin suoraan logiikkaan. Tulo- ja lähtötietojen hajauttaminen säästää perinteistä johdottamista. Etä-IO-yksiköt vaativat toimiakseen kenttäväylän, jolla tiedot siirretään logiikalle. Mikäli järjestelmässä on useita ohjauspaneeleita ja niissä useita painikkeita ja merkkivaloja, riittää, että paneelin viereen tai sisälle sijoittaa IO-hajautuksen ja johdottaa painikkeet siihen. Mikäli hajautuksia ei käytettäisi, jokainen tulo- ja lähtösignaali jouduttaisiin johdottamaan suoraan logiikalle asti.

Hajautuksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, minkälaiseen käyttöön ja käyttökohteeseen se on tulossa. Tärkeitä suunnittelun kohteita ovat myös vaadittavien lähtöjen ja tulojen määrä sekä erityistarpeet kuten analogiset mittaukset. Lisäksi on huomioitava, onko hajautus sijoitettava kentälle suoraan antureiden läheisyyteen vai onko parempi johdottaa ne lähellä olevaan keskukseseen. (*SIMATIC Automation system ET 200SP*, 2021)

7.1 Keskukseseen sijoitettavat etä-IO-yksiköt

Keskukseseen sijoitettavat etä-IO-yksiköt ovat usein suojausluokaltaan IP20. Tämän luokituksen laitteet ovat sellaisia, etteivät ne täytä teollisuudessa vaadittavia luokituksia kentälle sijoittamiseen. Tällöin keskuksessa olevat hajautukset johdotetaan samaan tapaan kuin ne olisivat suoraan logiikassa. (*SIMATIC Automation system ET 200SP*, 2021)

7.1.1 ET200SP

ET200SP-järjestelmä koostuu väyläliitännämoduulista, erilaisista tulo- ja lähtökortteista sekä erilaisista korttien pohjamoduuleista (Kuva 4). Siemensin järjestelmä on modulaarinen ja saman liitännämoduulin perään voidaan laittaa useita erilaisia kortteja käyttötarkoituksesta riippuen. Etä-IO-yksikkö kommunikoi CPU:n kanssa kenttäväylää pitkin. Lisäksi liitännämoduuli vaatii 24V jännitesyötön. (*SIMATIC ET 200SP, Distributed IO*, 2021)



Kuva 4. Esimerkki ET200SP etä-IO-yksiköstä. (*SIMATIC ET 200SP, Distributed IO, 2021*)

Tulo- ja lähtökorttien kiinnittämiseen tarkoitettuja pohjamoduuleita on erilaisia. Normaaliin tulo- ja lähtökorttien kanssa käytettäviä peruspohjamoduuleita on neljänlaisia: aloittava potentiaaliryhmä, jatkava potentiaaliryhmä ja näiden muunnokset AUX-koskettimilla sekä ilman. (*SIMATIC Automation system ET 200SP, 2021*)

Lähtö- ja tulokortit jaetaan potentiaaliryhmiin pohjamoduulien avulla. Ryhmän aloittava pohjamoduuli on potentiaaliryhmän aloittava ja muut potentiaaliryhmän pohjamoduulit ovat vasemmalle sillattuja. Potentiaaliryhmään lisättävien korttien määrä riippuu kahdesta asiasta:

1. Kaikkien ryhmään liitettyjen IO-korttien kokonaistehosta
2. Kaikkien ryhmään liitettyjen ulkoisten antureiden kokonaistehosta.

Näihin molempiin voidaan käyttää yhteensä maksimissaan 10A kokonaisvirtaa eli kokonaisteho yhdelle kytkentäryhmälle on maksimissaan 240W. (*SIMATIC Automation system ET 200SP, 2021*)

Potentiaaliryhmän aloittavaan pohjaan syötetään ryhmän korttien syöttöjännite 24V DC. Jännite jaetaan muille korteille pohjamoduulissa kulkevaa jännitteenjakokiskoa

pitkin. AUX-pohjamoduuleissa on kymmenen ylimääräistä kosketinta, jotka on liitetty toisiinsa. Näitä koskettimia voidaan käyttää ylimääräisen jännitteen tuomiseen kytkettäville laitteille, koskettimien maksimijännitteen ollessa 24V ja maksimivirran 10A. Koskettimien avulla voidaan johdottaa anturit, jotka vaativat toimiakseen +24V, 0V sekä signaali suoraan ilman erillistä jännitteenjakoa. AUX-koskettimien jännitteenjakokisko kulkee myös pohjamoduuleissa ja näiden jännitteenjako toimii samalla tavalla kuin potentiaaliryhmän virransyötössä. (*BaseUnits ET 200SP*, 2019)

Pohjamoduuleissa kulkee väylä, jonka kautta tiedot kaikista liitetystä korteista johdetaan liitäntämoduulille. Kuvassa 5 on esitetty aloittavan potentiaaliryhmän AUX pohjamoduulin liittimet.

Block diagram

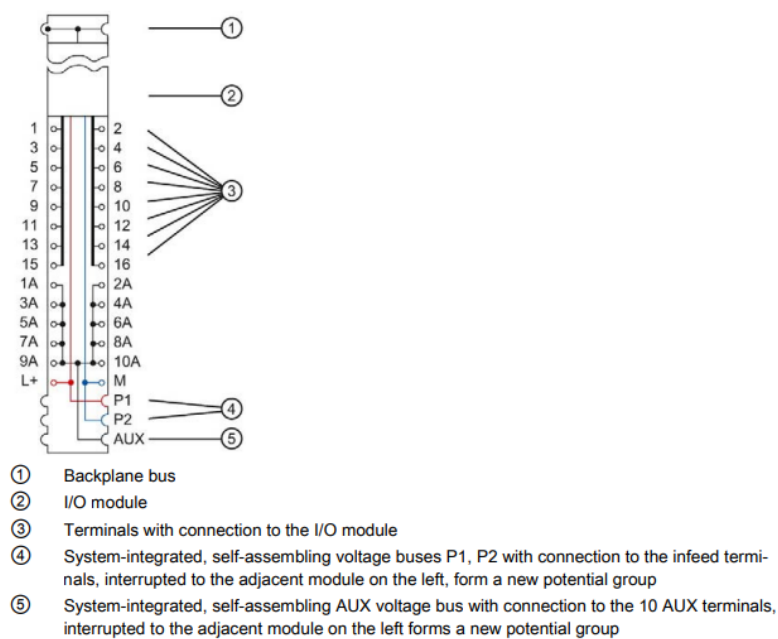


Figure 4-2 Block diagram of the BU type A0, light-colored version with AUX terminals

Kuva 5. ET200SP pohjamoduuli. (*BaseUnits ET 200SP*, 2019)

7.2 Kentälle sijoitettavat etä-IO-yksiköt

Suoraan kentälle asennettavat etä-IO-yksiköt ovat IO-hajautukseen tarkoitettuja laitteita. Erona keskukseen asennettaviin hajautusyksiköihin on johdottamistapa, joka

toteutetaan pistokeliittimillä. Toinen eroavaisuus on laitteen IP-luokitus, joka on teollisuuskäyttöön tarkoitetuissa kentälle sijoitettavissa laitteissa normaalisti IP65.

Kentälle sijoitettavat hajautukset vaativat kenttäväylän sekä käyttöjännitteen. Yleensä väylä- ja käyttöjännite tuodaan eri kaapeleita pitkin, jolloin keskukselle tarvitsee johdottaa vain kaksi kaapelia.

7.2.1 AL1302

AL1302 on IFM:n valmistama etä-IO-yksikkö, joka on tarkoitettu vaativaan teollisuuteen. Sen IP-luokitus on IP67, joka takaa hyvän käytettävyyden vaativissa olosuhteissa. Normaaleiden tulo- ja lähtötietojen hajautuksen lisäksi se pystyy toimimaan myös IO-link masterina. Kuvassa 6 esitetään projektissa käytetty etä-IO-yksikkö. (*Operating Instructions IO-Link Master with Profinet Interface*, 2021)



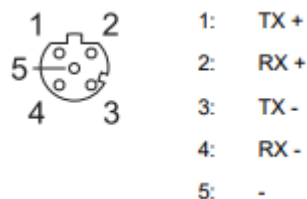
Kuva 6. IFM AL 1302 etä-IO-yksikkö. (*AL1302 - IO-Link -master Profinet-liitännällä*, 2021)

Käyttöjännite tuodaan laitteelle M12-tyyppisen kierrettävän pistokeliittimen kautta (Kuva 7). Tämän liittimen tunnus on X31 ja se on nelinapainen. Pinniin 1 tuodaan 24 V käyttöjännite ja pinniin 3 0V.

Profinet-väylä tuodaan liittimeen X21. Väylää voidaan myös jatkaa seuraavaan laitteeseen liittimestä X22. Nämä liittimet ovat viisinapaisia ja niiden liitintä on esitetty kuvassa 8.



Kuva 7. Jännitesyöttöliittimen kyt-
kentä. (*Operating instructions module
AL2400 AL2401, 2019*)



Kuva 8. Profinet-liittimen kyt-
kentä. (*Operating instructions module
AL2400 AL2401, 2019*)

Mikäli etä-IO-yksikössä käytetään pelkkiä tulotietoja, voidaan näitä kytkeä 16 kappaletta. IO-liittimiin tarvitaan tällöin haaroituskappale, jonka avulla voidaan kytkeä kaksi tulotietoa yhteen liittimeen. Liittimen pinniin 2 ja 4 tulee tällöin tulotiedot ja pinnien 1 ja 3 kautta voidaan kytkeä syöttöjännite anturille. (*Operating Instructions IO-Link Master with Profinet Interface, 2021*)

Käytettäessä lähtötietoja ne kytketään pinniin 4. Mikäli etä-IO-yksikköä käytetään IO-link masterina, pinnien 1 ja 3 kautta syötetään käyttöjännite laitteelle ja data siirretään pinnin 4 kautta. Kuvassa 9 on esitetty IO-liittimen kyt-
kentä. (*Operating Instructions IO-Link Master with Profinet Interface, 2021*)



Kuva 9. IO-liittimen kyt-
kentä. (*Operating instructions module AL2400 AL2401, 2019*)

8 KENTTÄVÄYLÄT

Kenttäväylä on automaatiojärjestelmän osa, jonka kautta tietoa siirretään antureiden ja toimilaitteiden sekä niitä ohjaavan logiikan välillä. Täten kenttäväylän avulla voidaan hajauttaa tiedonkeruuta kentälle ilman kaikkien toimintojen johdottamista suoraan niitä ohjaavalle logiikalle.

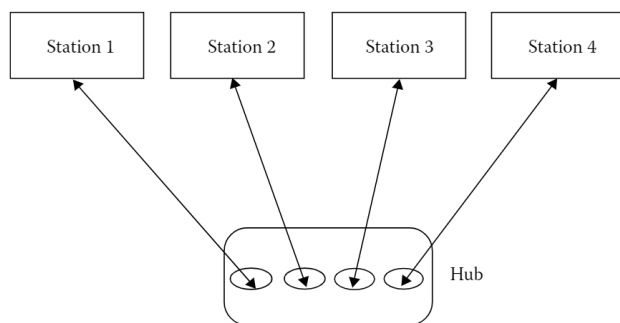
Haittoina kenttäväylissä voidaan pitää niiden standardoinnin puutetta, jonka vuoksi automaatiolaitteiden valmistajat ovat kehittäneet tarpeisiinsa omia väyliä. Nämä väylät toimivat heidän omien laitteidensa kanssa, mutta erimerkkisten laitteiden yhdistäminen niihin on hankalaa. Tämä asia on viime aikoina parantunut ja usein valmistajilla on myös eri kenttäväylien kanssa yhteensopivia laitteita. (Keinänen ym., 2007, s. 214)

8.1 Topologiat

Topologia kuvaa käytetyn tiedonsiirtoverkon fyysistä mallia eli kuinka laitteet liittyvät verkkoon. Kenttäväylien topologiat riippuvat käytettävästä kenttäväylästä. Topologia voi olla mess, tähti, väylä, rengas ja hybridi. Osa kenttäväylistä toimii ainoastaan väylämallisina, jotkin puolestaan tarvitsevat rengasväylän. (Sen, 2014, s. 33)

8.1.1 Tähti

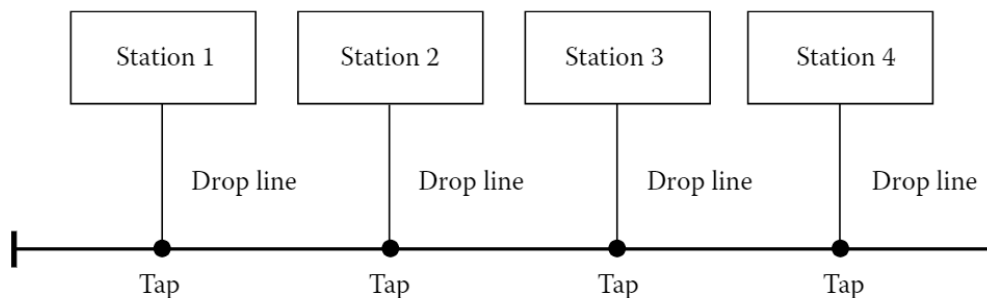
Tähtitopologiassa kaikki laitteet on yhdistetty yhteiseen kytkimeen (Kuva 10). Tähtitopologiassa laite lähettää viestin kytkimelle, joka lähettää tiedon eteenpäin. Tällaisissa verkoissa tiedonsiirtotapoja on monenlaisia. Tiedonsiirtotavasta riippuen kytkinlaite saattaa tietää, minne viesti pitää lähettää tai se voidaan lähettää kaikille kytketyille laitteille. Tällöin myös vastaanottava laite tietää, että viesti on juuri sille tarkoitettu. (Sen, 2014, s. 35)



Kuva 10. Tähtitopologian verkko. (Sen, 2014, s. 35)

8.1.2 Väylä

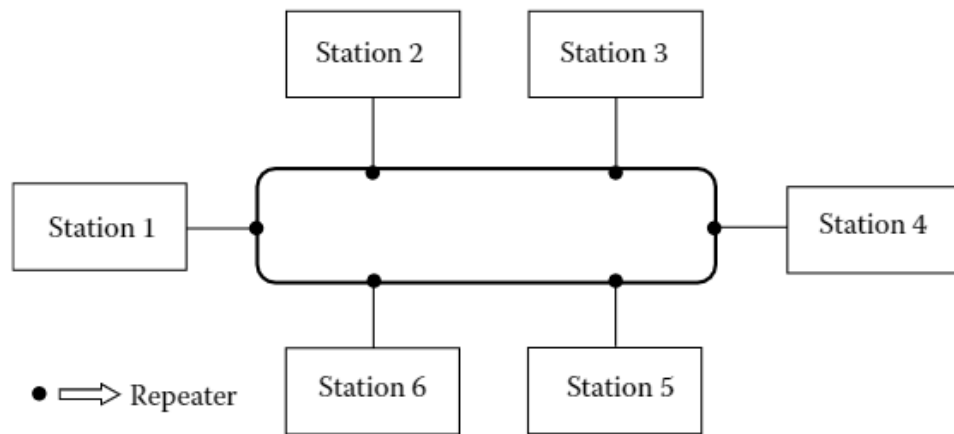
Väylätopologian verkossa kaikki laitteet on liitetty samaan väylään (Kuva 11). Väylässä on normaalisti yksi päälaitte, joka hoitaa tiedonsiirron laitteilta toisille. Perinteisessä väyläverkossa ei pysty lähettämään muuta kuin yksi laite kerralla. (Sen, 2014, s. 35)



Kuva 11. Väyläverkon topologia (Sen, 2014, s. 35)

8.1.3 Rengas

Rengasverkossa laitteet ovat liitettynä renkaan muotoiseen verkkoon (Kuva 12). Perinteisesti tiedonsiirto renkaassa tapahtuu vain yhteen suuntaan. Jokainen laite on yhdistetty verkossa olevaan toistimeen ja näiden avulla viestiä lähetetään eteenpäin, kunnes se on vastaanottajalla. (Sen, 2014, s. 36)



Kuva 12. Rengasverkon topologia (Sen, 2014, s. 36)

8.2 Profinet

Profinet on alun perin Siemensin kehittämä kenttäväylä, jota käytetään pääasiassa teollisuusympäristöissä. Profinetin kautta ohjain vaihtaa tietoja ohjattavien laitteiden sekä muiden verkkoon liitettyjen laitteiden kanssa. Nykyään lähes kaikki teollisuuden automaatiojärjestelmiin liittyvät laitteet voivat toimia Profinet-väylän kautta.

Profinetin kommunikointi on determinististä eli viesti saapuu perille silloin kun sen pitäisikin saapua. Determinisyyden lisäksi Profinet pääsee kommunikointitavasta riippuen alle 1 millisekunnin sykliäikoihin, mikä riittää lähes kaikkiin liikkeenohjauksen sovelluksiin. (*What is PROFINET?*, 2021)

8.2.1 Kommunikointi Profinet-verkossa

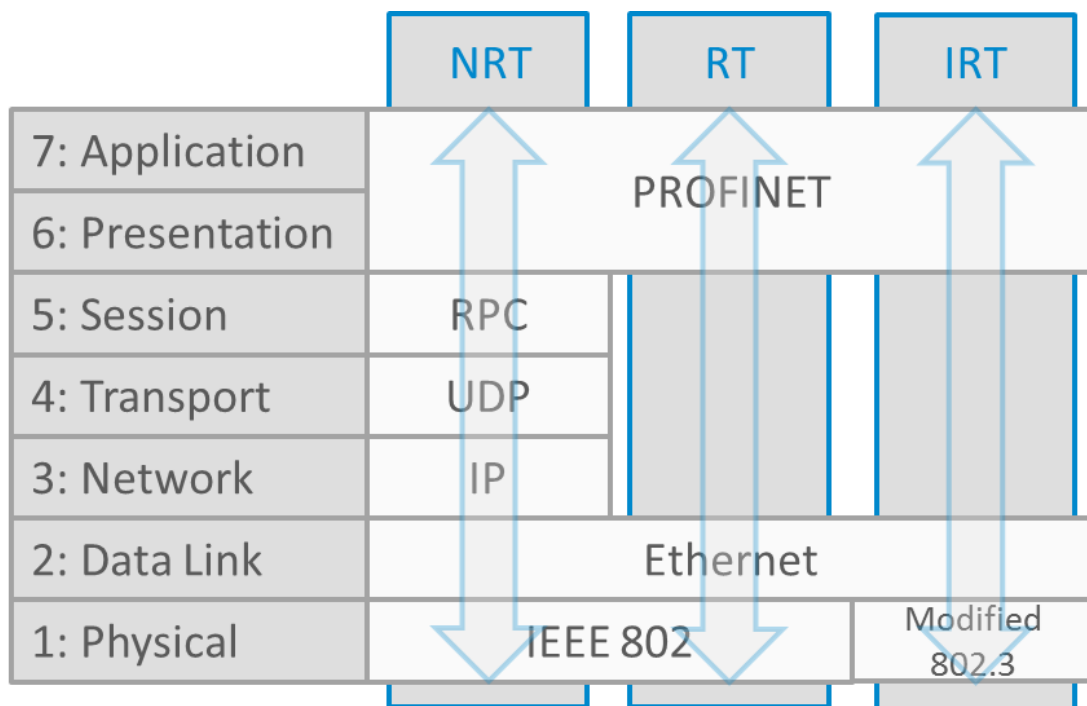
Profinet pohjautuu Ethernet-kommunikointiin. Tiedonsiirto Profinet-verkossa tapahtuu Consumer/Provider-mallin avulla. Provider eli tuottaja lähettää syklisiä tietoja consumerille eli kuluttajalle. Tulosignaaleissa ohjelmoitava logiikka on kuluttaja ja lähetävä laite on tuottaja, lähtösignaaleissa tilanne on toisinpäin.

(*PROFINET Communication Channels*, 2021)

Profinet RT-tiedonsiirto käyttää optimoitua ohjelmistopinoa rinnakkain TCP/IP-pinon kanssa. TCP/IP-pinon kautta jokaiselle laitteelle tulee oma IP-osoite, jonka kautta

voidaan ottaa yhteys myös muiden protokollien kautta. Reaaliaikaisessa tiedonsiirrossa Profinet ei käytä IP-osoitteita vaan se kommunikoi pelkän fyysisen osoitteen avulla (Kuva 13). Tällä tavalla kommunikoimalla tiedonsiirto nopeutuu, koska pakettien ei tarvitse kulkea TCP/UDP- sekä IP-kerroksien lävitse.

(*PROFINET Communication Channels*, 2021)



Kuva 13. Kolme erilaista Profinet-kommunikointikanavaa.

(*PROFINET Communication Channels*, 2021)

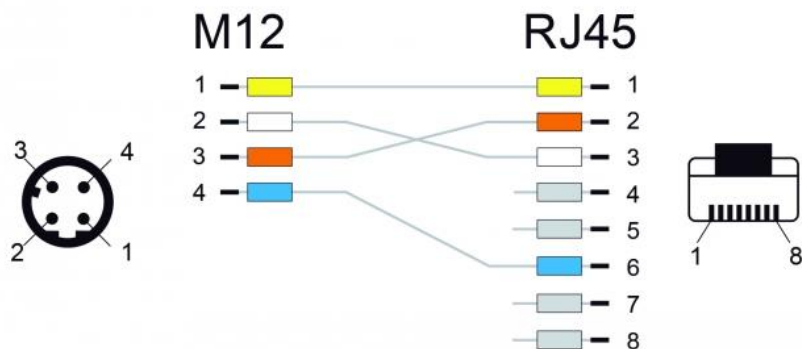
8.2.2 Profinet sähkösuunnittelussa

Profinet-järjestelmän suunnittelu on kohtalaisen selkeää, koska verkon topologioihin ei tarvitse kiinnittää erityistä huomiota. Suuremmissa kokonaisuuksissa verkosta tulee usein eri topologioiden yhdistelmä, jossa kytkin toimii tähtipisteenä ja siihen kytkettävät laitteet asennetaan usein väylämuotoon ketjuttamalla kaapeli laitteelta toiselle.

Kuparisia Profinet-kaapeleita on saatavilla käyttötarkoituksesta riippuen erilaisia. Kaapeleita on saatavilla aina yksisäikeisistä kiinteästi asennettavista kaapeleista todella taipuisiin ketjukaapeleihin. Normaali kaapeli on kaksiparinen kuparikaapeli, jonka väreinä käytetään keltaista, valkoista, oranssia ja sinistä. (Kuva 14). Kaapeleiden

liittämiseen keskuksen sisällä voidaan käyttää RJ45-tyyppisiä liittimiä ja kentälaitteissa puolestaan käytetään normaalisti kierrettäviä M12-tyyppisiä liittimiä.

(*Teollisuus Ethernet / PROFINET, 2020*)

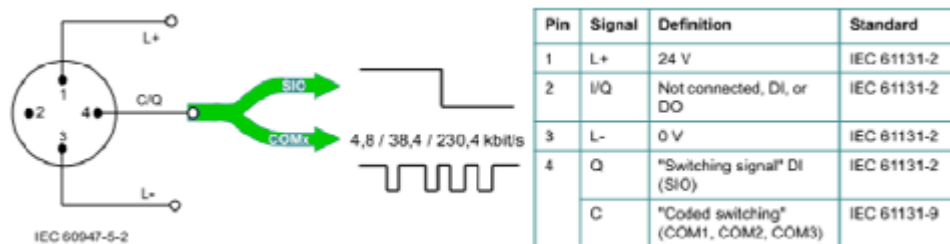


Kuva 14. Profinet-kaapelin kytkentä M12- ja RJ45-liittimissä. (85439 Delock Network cable M12 4 pin D-coded to RJ45 plug PVC 3 m, 2019)

8.3 IO-Link

IO-Link on ensimmäinen kansainvälisesti standardisoitu (IEC 61131-9) teknologia antureiden ja toimilaitteiden kommunikointiin, se ei ole kenttäväyläsidonnainen ja sen pystyy liittämään kaikkiin yleisesti käytössä oleviin kenttäväyliin. (*IO-Link, 2021*)

IO-Link vaatii toimiakseen IO-Link masterin sekä siihen yhteensopivia antureita ja toimilaitteita. Master liitetään suoraan käytössä olevaan kenttäväylään ja antureiden sekä toimilaitteiden johdotus tapahtuu suoraan yleisesti käytössä olevilla M5-, M8- tai M12-anturikaapeloinnilla (Kuva 15). (*IO-Link, 2021*)



Kuva 15. IO-Link kytkentä. (*What is IO-link?*, 2018)

Normaaliin anturikaapelointiin verrattuna IO-Linkin etu on diagnostiikka. Tämä korostuu analogiasignaaleissa, jotka toimivat normaalisti 4–20 mA. IO-Linkissä analogiasignaalit koodataan binäärisiksi suoraan laitteissa ja laite itse valvoo tulosten oikeellisuutta. Toinen suuri etu on monimutkaisempien laitteiden helpompi kaapelointi: laitteille tarvitaan vain yksi kolminapainen kaapeli, jota pitkin tapahtuu tiedonsiirto ja laitteen konfigurointi. (*How IO-Link Benefits OEMs and End Users*, 2019)

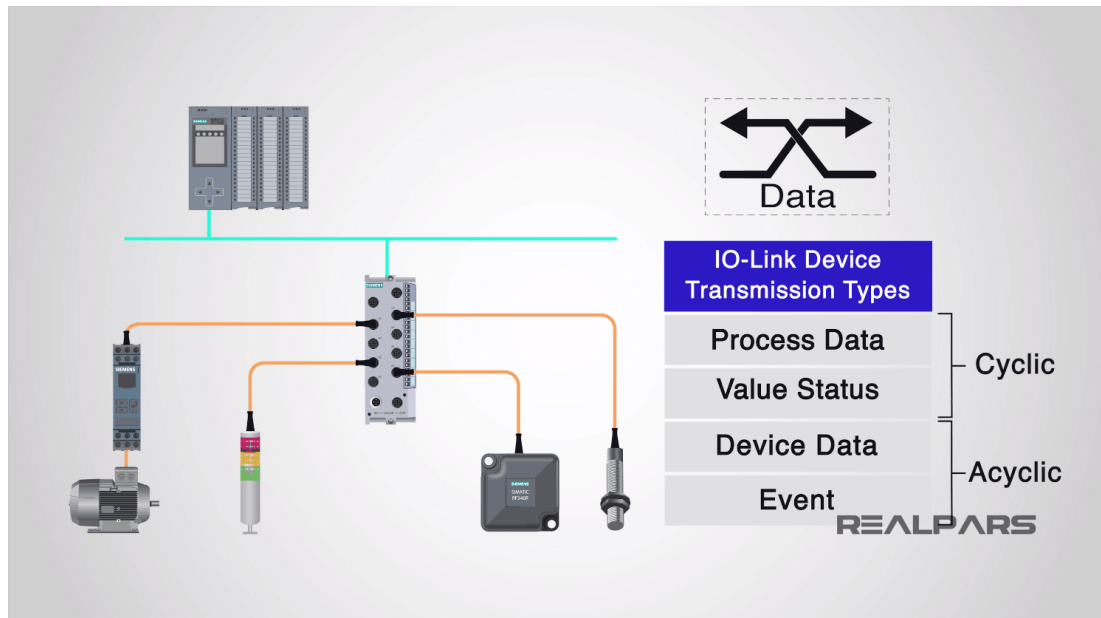
IO-Link -järjestelmän huonona puolena voidaan pitää sen 2-5ms viivettä, joka johtuu datan käsittelystä. Tosin tämä viive on kuitenkin hyvin pieni suureen osaan käytettäviä laitteistoja. (*How IO-Link Benefits OEMs and End Users*, 2019)

8.3.1 Kommunikointi

Järjestelmän kommunikointitapa on Master-Slave, jossa IO-link master on suoraan yhdistettynä slave toimilaitteeseen. Kaapelina käytetään normaalia kolminapaista anturikaapelia, jonka avulla saavutetaan laitteiden välille kahdenkymmenen metrin kaapelipituus.

Laitteiden välillä siirretään neljää erilaista dataa: prosessitietoja, tilatietoja, laitetietoja sekä hälytyksiä (Kuva 16). Prosessitiedot siirretään syklisesti ja ne voivat koostua enintään 32 bitistä. Tilatieto lähetetään myös syklisesti prosessitietojen kanssa ja näitä vertaamalla saadaan tieto, että prosessidata on oikein. Laitetiedoissa lähetetään ainakin laitteen sarjanumero sekä versionumero. Joissakin laitteissa voidaan siirtää myös parametreja sekä diagnostiikkatietoja. Data lähetetään asyklisesti IO-link masterin pyynnöstä. Yhdistetty laite voi myös laukaista hälytyksiä, jotka siirretään asyklisesti.

Hälytyksiä voivat olla esimerkiksi oikosulku tai laitteen ylikuumentuminen. (*What is an IO-Link and How Does it Work?*, 2019)



Kuva 16. IO-Link kommunikointi. (*What is an IO-Link and How Does it Work?*, 2019)

9 HMI

HMI on ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä. Yksikertaisimmillaan se voi olla painonappi tai käyttökytkin. Automaatiossa käytetään yleensä jonkinlaista näyttöä tai PC-ohjelmistoa, josta laitetta ohjataan ja laite näyttää näytöllä tilatietoja sekä hälytyksiä.

9.1 Comfort-paneeli

Siemensin valmistamia Comfort-paneeleita (Kuva 17) on saatavilla neljätuumaisesta aina 21-tuumaiseen asti. Paneeleiden näytöissä on 16 miljoonaa väriä ja niiden resoluutio vaihtelee paneelin koon mukaan. Paneeli on täysin ohjelmoitavissa Siemensin TIA-portaalin kautta. Tämä lisää helpottaa, sillä samaa ohjelmistoa käytetään muutenkin koko PLC-ohjelman tekemiseen. (*Comfort Panels Standard devices, 2021*)

Paneeliin voidaan tallentaa kerralla 500 eri reseptiä, joiden mukaan automaatiojärjestelmä valmistaa tuotteita. Muuttujia voidaan tallentaa yhteensä 4096 kappaletta ja yhdellä näyttösivulla voi olla käytössä 400 muuttujaa. (*Comfort Panels Standard devices, 2021*)

Comfort-paneelit voidaan yhdistää Siemensin S7 ohjelmoitavaan logiikkaan tai toisen valmistajan ohjelmoitavaan logiikkaan, joita ovat esimerkiksi Allen Bradley, Mitsubishi FX sekä Omron Hostlink/Multilink. Paneelien tukemia kommunikointiprotokollia ovat PROFINET, Profinet IO, Profinet IRT, Profibus, Ethernet/IP sekä MPI. (*Comfort Panels Standard devices, 2021*)



Kuva 17. Siemens Comfort Panel (*Product Details - Industry Mall, 2021*)

9.2 Mobiilipaneeli

Mobiilipaneeli on kannettava paneeli (Kuva 18). Paneeli yhdistetään käyttämällä Connection Box -laitetta, jonka kautta paneeli saa virransyötön sekä yhdistyy käytettävään kenttäväylään. Paneeleita on saatavilla neljä-, seitsemän- ja yhdeksäntuumaiset versiot ja kaikki erikseen joko turvallisuusominaisuuksilla varusteltuna tai ilman. Mobiilipaneelin ohjelma tehdään myös suoraan Siemensin TIA-portaalin kautta. Paneelissa voi olla tallennettuna yhteensä 300 reseptiä ja muuttujia voi olla yhteensä 2048 kappaletta. (6AV2125-2JB23-0AX0, 2021)

Paneeleissa on 16 miljoonaa väriä ja resoluutio vaihtelee näytön koon. Näyttö on kosketusnäyttö ja lisäksi paneelissa on erikseen ohjelmoitavia näppäimiä. Turvaominaisuuksilla varustelluissa versioissa on myös hätäseis- sekä sallintapainike. Paneelien tukemat protokollat ovat Profinet, Profisafe sekä Ethernet/IP. (6AV2125-2JB23-0AX0, 2021)



Kuva 18. Siemens Mobile panel. (6AV2125-2JB23-0AX0, 2021)

10 KOMPONENTTIEN VALINTA

Sähkösuunnittelu aloitettiin aloituspalaverilla, jossa käytiin kaikki linjastoon tulevat laitteet läpi yhdessä mekaniikkasuunnittelun kanssa. Koska mekaniikka oli jo suunniteltu ja moottorit oli valittu mekaniikkasuunnittelun yhteydessä, niiden pohjalta tuli valita soveltuvat ohjaustavat moottoreille ja laitteille.

10.1 Kenttälaiteluettelo

Kenttälaiteluettelon tekeminen aloitettiin aloituspalaverin jälkeen, sillä aloituspalaverissa saatiin selville mekaniikan suunnittelemat moottorit ja linjastossa vaadittavat pneumaattiset liikkeet sekä niiden tarvitsemat venttiiliohjaukset.

Kenttälaiteluetteloon kerättiin kaikki kentälle sijoitettavat laitteet ja anturoinnit sekä niiden tunnuksot. Tämä luettelo täydentyi projektin aikana uusien laitteiden ja laitteiden tyyppien myötä. Kun kenttälaiteluettelo oli saatu alustavasti oikeaan muotoon, aloitettiin ohjausjärjestelmän laitteiden valinta.

10.2 CPU

CPU valittiin yhteistyössä projektin automaatio suunnittelijan kanssa. Linjasto päätettiin toteuttaa yhdellä CPU:lla, joka ohjaa kaikki tarvittavat laitteet. IO päätettiin hajauttaa kentälle sekä kaappeihin. Lisäksi järjestelmään tarvitsee paljon paikoitusta, josta suurin osa tapahtuu suoraan taajuusmuuttajissa tai servo-ohjaimissa.

Projektin turvallistaminen päätettiin toteuttaa mahdollisimman paljon väylää hyödyntämällä, sillä se pienentää kovan puolen johdottamista. Näin tehtiin myös siksi, että kaikki valitut taajuusmuuttajat ja servo-ohjaimet pystyvät käsittelemään väylän kautta tulevia turvatuloja. Väylän kautta tapahtuva turvallistaminen pienentää myös keskuksen tilantarvetta, koska kaikkia moottorilähtöjä ei tarvitse erikseen ohjata turvareleillä. Näistä asioista johtuen Siemensin 1500 sarjan CPU oli luonnollinen valinta, jolla kyetään ohjaamaan laitteistoa. Keskusyksiköksi valittiin Siemens 1515F-2 PN CPU, joka

on kohtalaisen tehokas ohjaamaan erilaisia liikkeenohjauksen sovelluksia. Tähän loogiikkaan on myös integroituna turvallisuustoiminnot sekä Profinet-kommunikointi.

10.3 Keskuksen asennettavat etä-IO-yksiköt

Keskuksen asennettavaksi hajautusjärjestelmäksi tähän projektiin valittiin käytettäväksi Siemensin ET200 SP -järjestelmä. Tämä järjestelmä on yleisesti käytössä yrityksessä ja se on hyväksi todettu.

Lähtö- ja tulokorttien valintaan vaikutti tässä projektissa korttien saatavuus sekä tulojen ja lähtöjen määrä. Keskuksessa tarvitaan useita lähtö- ja tulotietoja, joten korkeiksi valittiin 16 paikkaiset kortit, jotka vievät vähemmän tilaa kahdeksan paikkaisiin verrattuna.

Perustulokortiksi valittiin DI 16x 24V DC ST -kortit ja lähtökortiksi DQ 16x 24V DC/0,5A ST, PU. Nämä kortit ovat 16-paikkaisia digitaalisen sisääntulon kortteja. Korttien pohjaksi valittiin koko projektiin samanlaiset potentiaaliryhmän aloittavaksi BU15-P16+A10+2D ja vasemmalle sillatuiksi BU15-P16+A10+2B.

Koska tulo- ja lähtökortteiksi valikoitui 16-paikkaiset kortit, pohjassa ei ole riittävästi +24V ja 0V lähtöjä antureille. Tästä syystä tulokorttien AUX-liittimiin kytkettiin +24V jännite, jotta anturit saadaan johdotettua suoraan hajautuksesta. Vastaavasti lähtökorttien AUX-liittimiin kytkettiin 0V, jolloin kaikki keskuksen sisäiset sekä ovesa olevat merkkivalaisimet saadaan johdotettua suoraan hajautuksesta.

10.4 Kentälle asennettavat etä-IO-yksiköt

Kenttähajautuksen valinta tehtiin yhteistyössä toisen sähkösuunnittelijan sekä automaatio-suunnittelijan kanssa. Yrityksessä on yleisesti käytetty Siemensin ET200-sarjan kenttähajautuksia, mutta nyt hajautus päätettiin kuitenkin toteuttaa IFM:n AL 1302 -hajautuksilla. Tämän yksikön valintaan vaikutti projektin kiireellinen aikataulu ja valittujen tuotteiden parempi saatavuus. Osasyynä oli tuotteiden edullinen hinta. Nämä yksiköt on varustettu 16 tulotiedolla, vaihtoehtoisesti voidaan käyttää 8 lähtötietoa.

Valitun kenttähajautuksen tarjoamaa IO-Link -järjestelmää käytettiin alipainetta luovissa ejektoreissa, joissa siitä saatiin nopeutettua käyttöönottoa sekä laitteiden johdotamista. Muuten projektissa käytettiin suurimmaksi osaksi normaaleita induktiivisia antureita, joissa ei nähty vielä tarvetta IO-Link -järjestelmän käyttämiselle.

10.5 HMI

HMI-paneelien valinta tehtiin myös yhteistyössä automaatio suunnittelijan kanssa. Valintaan vaikutti paneeleilta vaadittavat ominaisuudet sekä niiden sijoitus. Tähän projektiin valittiin 15-tuumainen Comfort Panel, jolla ohjataan profiilin vastaanottoa sekä valmistuvan elementin kokoonpanoa.

Kommunikointitapana on Profinet ja paneeli on yhdistetty kytkimen kautta suoraan ohjelmoitavaan logiikkaan. Paneeli sijoitettiin kiinteästi suoraan keskuksen oveen, koska prosessi on lähes kokonaan automatisoitu eikä käyttäjän tarvitse jatkuvasti käyttää paneelia.

Sahauksen alueella käyttäjä joutuu seuraamaan prosessin etenemistä sekä puuttumaan siihen enemmän kuin elementtien kokoonpanon alueella. Käyttäjän pitää esimerkiksi valita käytetyt sahausvasteet ja näin ollen liikkumaan alueella ja varmistamaan sahaus onnistuminen. Tälle alueelle haluttiin liikuteltava paneeli, joka mahdollistaa turvallisen sahauskuolleen miehen kytkimen kautta. Paneeliksi valittiin yhdeksän tuumainen mobiilipaneeli, joka mahdollisti vaadittavat toiminnot ja oli sillä hetkellä suurin Siemensiltä saatavilla oleva mobiilipaneeli.

10.6 Taajuusmuuttajat

Elementtiä liikutellaan linjastolla erilaisissa muodoissa. Lisäksi tuotteen valmistamisessa käytetään useita moottoreita, joita ohjataan joko taajuusmuuttajalla tai servoohjaimen avulla. Tästä syystä projektissa käytettiin useita erityyppisiä taajuusmuuttajia vaadittavien ominaisuuksien mukaan.

Normaaleiksi taajuusmuuttajiksi valittiin Siemensin valmistamat G120C-sarjan taajuusmuuttajat tilanteisiin, jotka eivät vaadi erityistä liikkeenohjausta. Näissä taajuusmuuttajissa on hyvät perusominaisuudet ja niitä pystyy ohjaamaan kokonaisuudessaan Profinet-väylän kautta.

Liikkeenohjausta vaativiin tilanteisiin valittiin taajuusmuuttajiksi Siemensin valmistamat G120-sarjan taajuusmuuttaja, jossa on erillinen Power module sekä Control unit. Tässä on enemmän ominaisuuksia liikkeenohjauksen toteuttamiseen kuin perusversio G120C-sarjan taajuusmuuttajissa.

Power module valittiin tarvittavan tehon mukaan. Control unit puolestaan valittiin vaadittavien ominaisuuksien mukaan. Näissä tapauksissa tarvittiin taajuusmuuttajaan kytkettävä pulssianturi. Vaadittavat ominaisuudet löytyivät CU250S-2 PN moduulista, joten se valittiin käytettäväksi Control unitteina.

10.7 Anturointi

Normaaleina induktiivisina antureina yrityksessä käytetään IFM:n valmistamia antureita. Näitä antureita käytettiin kaikissa mahdollisissa kohteissa. Lisäksi projektissa käytettiin Feston valmistamia sylinterirajoja pneumaattisissa liikkeissä.

Erikoisantureina tässä projektissa tarvittiin useita pulssiantureita liikkeenohjauksen sovelluksiin. Normaaleina pulssiantureina käytettiin moottoreissa kiinteästi olevia moottorivalmistajan omia pulssiantureita, jotka kytkettiin suoraan taajuusmuuttajaan. Tilanteissa, joissa ei voitu käyttää suoraan valmistajan toimittamaa pulssianturia käytettiin Datalogic:n valmistamia IEP58-S10-PROG-C15-antureita. Nämä ovat HTL-tyyppisiä antureita ja ne kytkettiin myös suoraan taajuusmuuttajaan.

Eräässä tapauksessa ei pystytty käyttämään suoraan taajuusmuuttajaan kytkettävää anturia. Tähän tarkoitukseen valittiin Endra Technologiien absoluuttinen pulssianturi, joka liittyy suoraan logiikkaan Profinet-verkon kautta. Tällä tavalla toimimalla anturi lähettää datan ohjelmoitavalle logiikalle verkon yli eikä se vaadi erikseen erillistä encoder-korttia. Pulssianturille riittää Profinet-kaapelin lisäksi johdotettu käyttöjännite.

11 OHJAUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS

11.1 Keskuksessa olevat laitteet

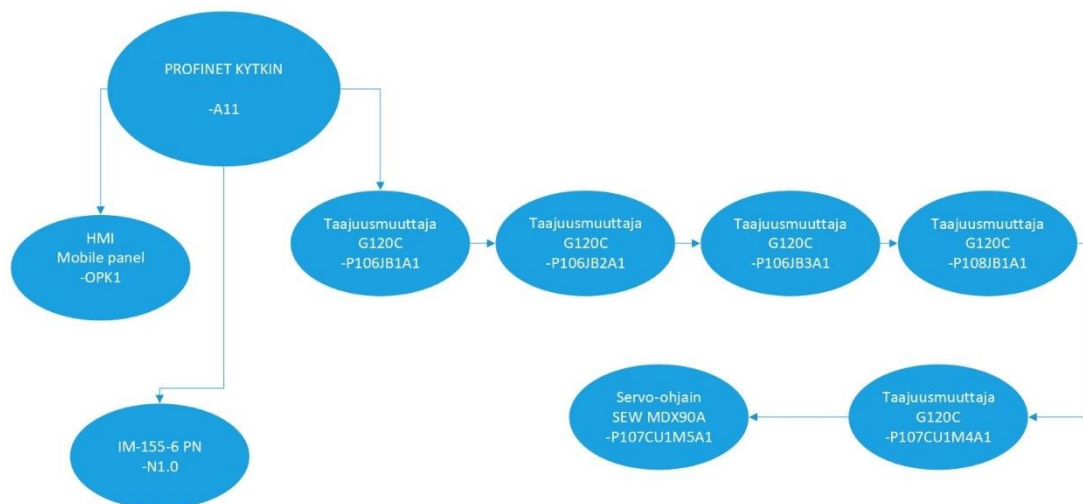
Keskusyksikkö ohjaa kaikkia toimintoja ja se on sijoitettu C1-keskukseen. C2-keskuksessa on Profinet-kytkin A11, johon on liitetty tässä keskuksessa sijaitsevat laitteet sekä tämän keskuksen alueella kentällä sijaitsevat laitteet (Kaavio 1).

N1 on ET 200 -järjestelmän ohjain ja siihen liitettiin kaksi kappaletta turvatulokortteja sekä kaksi kappaletta turvalähtökortteja. Turvakorttien lisäksi järjestelmän ohjaimen liitettiin kolme normaalia lähtökorttia sekä kaksi normaalia tulokorttia. Kortteihin liitettiin anturointi sekä paikallisia keskuksessa olevia tulo- ja lähtötietoja.

HMI liitettiin kytkimeen erillisen kytkentälaitteen kautta, jonka tunnus on OPK1. Tämän kytkentälaitteen kautta mobiilipaneeli saa virransyötön sekä väylän yhtä kaapelia pitkin.

Näiden lisäksi keskuksessa on myös viisi kappaletta Siemensin taajuusmuuttajia. Kaikki taajuusmuuttajat ovat tyypiltään G120C, joista neljä on tehoiltaan 2,2kw ja yksi 11kw. Taajuusmuuttajien lisäksi keskuksessa on SEW:n valmistama servo-ohjain.

Sahauksen alueella on viisi moottoria, joita ohjataan Phoenix Contact:in hybridimoottorikäynnistimillä. Nämä eivät ole väylälaitteita vaan ne ovat johdotettiin N1-yksiköistä sekä turvareleelta.



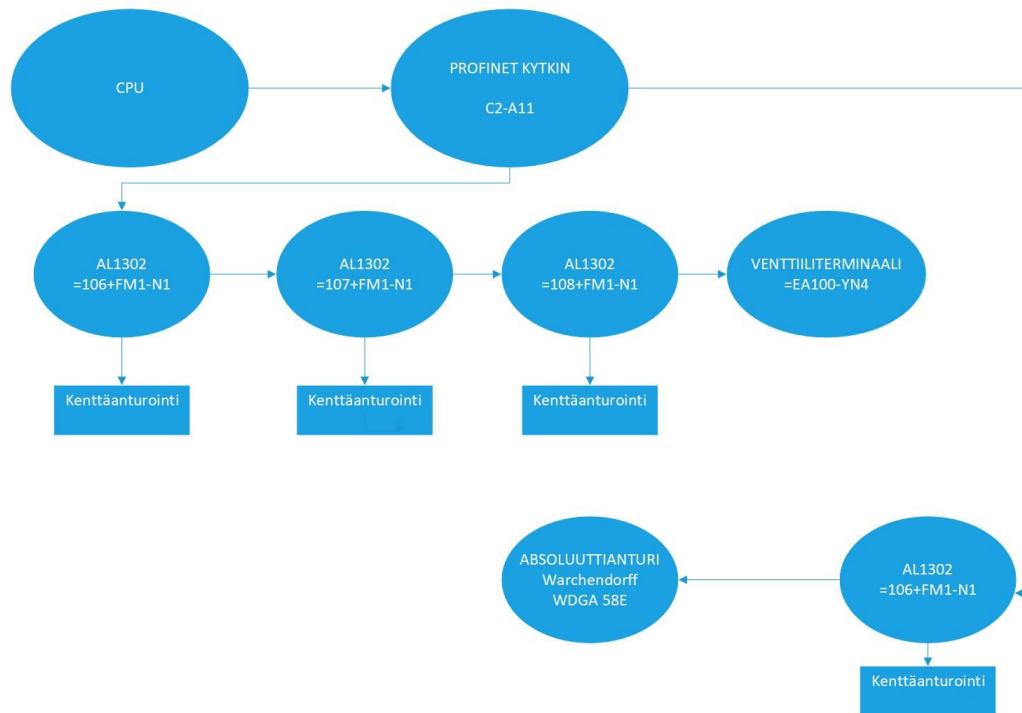
Kaavio 1. Keskuksen sisäinen ohjausjärjestelmä.

11.2 Kentällä olevat laitteet

Kentällä olevat laitteet yhdistettiin keskuksessa olevaan Profinet-kytkimeen (Kaavio 2). Kentälaitteisto on pääasiassa IFM:n valmistamia etä-IO-yksiköitä. Niihin on kytketty keskuksen alueen kenttäanturointi.

Etä-IO-yksiköiden lisäksi väylään liitettynä on venttiiliterminaali, josta ohjataan suurin osa alueen pneumaattisista liikkeistä. Venttiiliterminaalin lisäksi kentällä on myös joitain yksittäisiä magneettiventtiileitä, joita ohjataan suoraan etä-IO-yksiköistä.

Ohjausjärjestelmään liitettiin myös Profinet-liitännäinen absoluuttianturi. Tällä anturilla mitataan sahan asentoa tarkasti, koska sahattavat elementit ovat erikorkuisia.



Kaavio 2. Kentällä oleva ohjausjärjestelmä.

12 SÄHKÖSUUNNITELMA

12.1 Suunnitteluohjelmistot

Sähkösuunnitelmien tekemiseen on tarjolla useita erilaisia ohjelmia. Yksinkertaisimmillaan suunnitteluohjelmistona voidaan käyttää mitä vain CAD-ohjelmistoa, mutta hyvä ohjelmisto nopeuttaa suunnittelua huomattavasti. Yrityksessä on piirikaavioiden ja layout-suunnitelmien tekemiseen käytössä EPAN P8 sekä Cadmatic Electrical ohjelmistot.

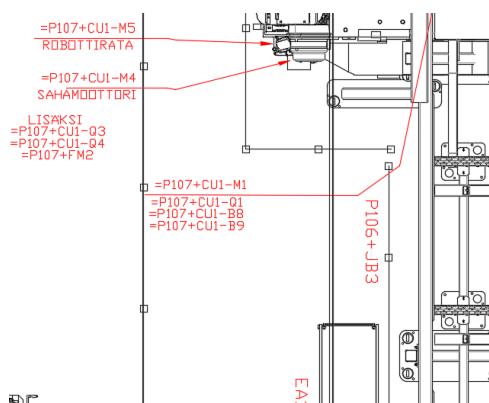
12.1.1 EPLAN Electric P8

Linjaston ja keskusten piirikaaviot toteutettiin EPLAN Electric ohjelmistoa käyttäen (Liitteet 1–3). Ohjelmisto on monipuolinen ja sitä tukevat yleisimmät laite- ja komponenttitoimittajat. Toimittajilla on valmiita makroja, joita voidaan asettaa suoraan suunnitelmaan. Yrityksessä voidaan tehdä myös omia makroja yleisemmin käytetyistä kytkennöistä. Näin voidaan tehostaa suunnittelua, kun piirikaavioita ja komponentteja on valmiina käytettäväksi.

EPLANia käytettäessä voidaan hyödyntää tietokantapohjaista suunnittelua, joka auttaa kokoamaan projektin dokumentoinnin. Ohjelmisto mahdollistaa myös useiden suunnittelijoiden osallistumisen saman suunnitelmaan tekemiseen samanaikaisesti.

12.1.2 Cadmatic Electrical

Linjaston Layout-suunnitelmien tekemiseen käytettiin Cadmatic Electrical -ohjelmistoa (Kuva 19). Ohjelmisto on Suomessa yleisesti käytössä oleva suunnitteluohjelmisto, joka on myös tietokantapohjainen kuten Eplan. Cadmatic soveltuu paremmin mekaanikalta saatujen DVG-muotoisten tasokuvien päälle tehtävään rakennussähkösuunnitteluun.



Kuva 19. Esimerkki layout-suunnitelmasta

12.2 Syötön mitoitus

Standardi SFS-EN 60204 kattaa koneen sähkölaitteiston verkkoliitännästä alkaen. Tästä johtuen syöttökaapeli mitoitetiin SFS 6000 standardin mukaisesti. Kun laitteisto oli tiedossa, voitiin kuormituksen mukaan mitoittaa keskuksen syöttö käyttämällä kolmivaihetehon laskentakaavaa.

$$\text{Kaava 1 } P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$$

Ratkaisemalla yhtälöstä virta saadaan kaava muunnettua muotoon, jolla voidaan määrittää vaadittavien pääsulakkeiden koko.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} \rightarrow \frac{47100}{\sqrt{3} \times 400} = 68A$$

Huippuvirran ollessa 68A valitaan sulakekooksi seuraava suurempi sulakekoko, joka on tässä tapauksessa 3x80A gG-sulake. Liitäntäkaapeli valittiin SFS 6000 ohjeiden mukaisesti kaapelin kuormitettavuuden mukaan epäedullisimpien asennusolosuhteiden mukaisesti. Sulakkeen ollessa 80A on johtimelta vaadittava kuormitus 88A.

(SFS6000:2018, 2018, kuv. Y.52.1)

Ryhmästä johtuva kuormituskerroin on tässä tapauksessa 1. Asennustapa on E eli kaapelit tikashyllyllä (vapaasti ilmassa). Hyllyjä on yksi ja kuormitettuja kaapeleita huonimmassa kohdassa kolme kappaletta. Kaapelit pidetään erillään yli kaapelin halkaisijan verran. (SFS6000:2018, 2018, kuv. B.52.20)

Kaapelien ollessa tikashyllyllä erillään toisistaan ja ympäristön lämpötilan ollessa maksimissaan 30 astetta jää korjauskertoimeksi tasan 1. Standardin mukaisesta taulukosta katsotaan, että vaadittu yli 88A kuormitus vapaasti ilmassa olevalle kolmijohtimiselle kuparikaapelille täyttyy 25mm^2 (101A kuormitettavuus) kaapelilla, joten kaapeliksi voidaan valita tämän perusteella $3 \times 25\text{mm}^2$ kuparinen PVC-eristetty kaapeli. Kokemuksen mukaan kaapeliksi valitaan tässä tapauksessa kuitenkin MCMK $3 \times 35 + 16$, joka helpottaa laajentamista, mikäli sille tulee tarvetta tulevaisuudessa. (SFS6000:2018, 2018, kuv. B.52.10)

12.3 Tekniset asiakirjat

Sähkösuunnitelma koostuu useista eri dokumenteista. Standardi ei kerro, mitä dokumentteja vaaditaan koneen toimituksessa. Standardi määrittää vain, että koneen sähkölaitteiston asennuksessa, käytössä ja kunnossapidossa vaadittavat tiedot on toimitettava. (SFS-EN60204-1:2018, 2018, s. 87)

Tässä opinnäytetyössä sähkösuunnitelma muodostui seuraavista dokumenteista:

- piirikaaviot
- layout-piirustukset
- IO-luettelo
- kenttälaiteluettelo
- IP-osoiteluettelo
- kaapeliluettelo
- komponenttiluettelot
- johdotusluettelo.

12.3.1 Piirikaaviot

Piirikaaviot ovat tärkein dokumentti koneen sähköistyksessä, jotta se saadaan asennettua oikein. Piirikaavioita aloitettiin koostamaan kenttälaiteluettelon sekä IO-listan pohjalta. Kenttälaiteluettelo myös päivittyi todellisista komponenttityypeistä koko

piirikaavioiden tekoajan. Piirikaavioiden suunnittelu aloitettiin käyttämällä yrityksen pohjaa, jossa on syöttöjä ja joitain yleisesti käytetyimpiä kytkentöjä valmiina.

12.3.2 Layout-piirustukset

Layout-piirustus määrittelee komponenttien ja laitteiden paikat. Keskuksen komponenttien sijoittelusta tehtiin layout-piirustus Eplan Electric-ohjelmalla. Suunnitelman perusteella keskuksen komponentit sijoitettiin valituille paikoilleen. Myös koko kennon linjastosta tehtiin oma layout-piirustus. Tämä tehtiin Cadmatic Electrical-ohjelmalla mekaniikkasuunnittelusta saatujen piirrosten päälle. Koko linjan layout-piirrosten perusteella saatiin sijoiteltua kenttälaitteet oikeille paikoilleen.

12.4 IO-luettelo

IO-luetteloa aloitettiin koostamaan samaan aikaan kun piirikaavioita. Luetteloon kerättiin kaikkien logiikan tulo- ja lähtötietojen fyysinen osoitteisto automaatio suunnittelua varten. Luetteloon merkittiin kaikki logiikalle tulevat signaalit ja ne jaoteltiin tulo- ja lähtösignaalien mukaan. Lisäksi luettelosta käy ilmi onko ohjaus suoraan logiikasta vai liitettiinkö se kenttäväylään sijoitettavaan IO-hajautukseen kentälle.

12.5 Muut luettelot

Suunnittelun eri vaiheissa koostettiin erilaisia luetteloita. Excel-ohjelmalla tehtiin kenttälaiteluettelo, IP-luettelo. Kenttälaiteluettelosta käy ilmi kaikki kentälle sijoitettavat laitteet sekä näiden tyypit ja positiot. IP-luettelosta käy ilmi kaikkien verkkolaitteiden IP-osoitteet.

Suunnittelun loppuvaiheessa saatiin Eplan Electric-ohjelmasta tuotettua myös monia tarpeellisia luetteloita. Näitä oli kaapeliluettelo, komponenttiluettelo ja johdotusluettelo. Kaapeliluettelosta käy ilmi kaikkien laitteiston kaapeleiden tunnuksot sekä niiden johdotuspaikat. Komponenttiluetteloja tehtiin kaksi erilaista. Ensimmäiseen listattiin kaikki keskuksessa ja kentällä olevat laitteet ja näiden määrät. Tämän listauksen pohjalta pystyttiin tilaamaan suunnittelussa käytetyt laitteet. Toinen komponenttiluettelo

on keskuksen osaluettelo, jonka mukaan pystyy tarkastamaan ja valitsemaan oikeat komponentit keskuksen layout-piirustusten mukaan.

13 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä sähkösuunnitelma, jonka pohjalta sähköasennukset voitiin toteuttaa. Kokonaisuudessaan opinnäytetyön tekeminen oli hyvin opettavaista. Tutustuin tarvittavaan tekniikkaan hyvin kokonaisvaltaisesti. Suunnittelun osalta työ toteutui hyvin aikataulussaan. Käyttöönnotossa tuli jonkin verran viivästyksiä.

Sain olla mukana monissa projektin vaiheissa suunnittelusta aina käyttöönottoon asti. Yhteistyö eri alojen ammattilaisten kanssa oli palkitsevaa ja auttoi minua laajentamaan omaa näkökulmaani sähkösuunnittelussa.

LÄHTEET

- 6AV2125-2JB23-0AX0*. (2021). Industry Support Siemens.
<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/579082?pdtd=td&dl=en&lc=en-WW>
- 85439 Delock Network cable M12 4 pin D-coded to RJ45 plug PVC 3 m*. (2019). Delock Products.
https://www.delock.de/produkte/G_85439/merkmale.html?setLanguage=en
- AL1302 - IO-Link -master Profinet-liitännällä*. (2021). ifm electronic.
<https://www.ifm.com/fi/fi/product/AL1302?tab=documents>
- Automaation ja robotiikan täyden palvelun talo*. (2020). Sermatech.
<https://www.sermatech.fi/yritys/>
- BaseUnits ET 200SP*. (2019). Siemens Global.
- Comfort Panels Standard devices*. (2021). Siemens Industry Mall.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10087317>
- FIXCEL-kenno | Fixcel Group Oy*. (2021). <https://www.fixcel.fi/teknologia-ja-ratkaisut/fixcel-kenno/>
- Fixcel Group. (2020). *Tekninen esite*.
- How IO-Link Benefits OEMs and End Users*. (2019). Automation World.
<https://www.automationworld.com/factory/blog/21104002/how-iolink-benefits-oems-and-end-users>
- IO-Link*. (2021). im Durchblick. https://io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähdetkangas, M., Sumujärvi, M., Lähdetkari, M., & Immonen, P. (2007). *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. WSOY Oppimateriaalit.
- Operating Instructions IO-Link Master with Profinet Interface*. (2021). ifm electronic.
- Operating instructions module AL2400 AL2401*. (2019, huhtikuuta).
- Product Details - Industry Mall*. (2021). Siemens WW.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AV2124-0QC02-0AX1>
- PROFINET Communication Channels*. (2021). PROFINET University.
<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/profinet-communication-channels/>
- Sen, S. K. (2014). *Fieldbus and networking in process automation*. CRC Press.

SFS-EN60204-1:2018. (2018). *Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa I: Yleiset vaatimukset*. Suomen Standardisointiliitto. <https://online.sfs.fi>

SFS6000:2018. (2018). *Pienjänniteasennukset*. Suomen Standardisointiliitto. <https://online.sfs.fi>

SIMATIC Automation system ET 200SP. (2021). Siemens Industry Mall.

SIMATIC ET 200SP, Distributed IO. (2021). Siemens Global. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html>

SIMATIC S7-1500, SIMATIC Controllers. (2021). Siemens Global. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>

Teollisuus Ethernet / PROFINET. (2020). OEM Finland Oy. https://www.oem.fi/tuotteet/logiikat-ja-kaytot/teollisuusvayla_ja_verkot/profinet_-_771602

TIA Selection Tool Totally Integrated Automation. (2020). Siemens Global. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/tia/tia-selection-tool.html>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. (2008). *FINLEX*® - Ajantasainen lainsäädäntö: Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.

VTT TIEDOTTEITA. (2000). VTT.

What is an IO-Link and How Does it Work? (2019). RealPars. <https://realpars.com/io-link/>

What is IO-link? (2018). Process Industry Forum. <https://www.processindustryforum.com/article/what-is-io-link>

What is PROFINET? (2021). PROFINET University. <https://profinetuniversity.com/profinet-basics/definition-profinet/>

LIITTEET

Liite 1. Keskuksen layout-piirustus

Liite 2. Etä-IO-yksikön piirikaavio

Liite 3. Sahamoottorin piirikaavio

