

Opinnäytetyö (AMK / YAMK)

Koneautomaatiotekniikka

2025

Jesse Piippo

# Automaatio-ohjausyksikön suunnittelu ja toteutus



Opinnäytetyö (AMK / YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Koneautomaatiotekniikka

1/2025 | 35 sivua

Jesse Piippo

## Automaatio-ohjausyksikön suunnittelu ja toteutus

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja toteutetaan automaatio-ohjausyksikkö, joka on tarkoitettu ohjaamaan kolmea konenäkösensoria. Yritys, jolle työ suoritetaan valmistaa konenäkösensoreita, jotka analysoivat prosessiteollisuudessa valmistettävien aineiden rakennetta.

Työssä perehdytään automaatio-ohjausyksikölle annettuihin standardeihin ja niissä annettuihin vaatimuksiin, joiden pohjalta ohjausyksikkö on suunniteltava.

Yritys tarvitsi ohjausyksikön, jonka avulla se voi testata kaikkien tarjoamiensa sensorien elektromagneettista yhteensopivuutta yhdellä testikerralla. Työ alkoi uuden EPLAN-suunnitteluohjelmiston käyttöönotolla ja ohjausyksikön suunnittelulla, jonka jälkeen aloitettiin kokoonpano.

Lopputuloksena saatiin aikaan piirustusohjelmat, dokumentaatorakenne ja toimiva ohjausyksikkö, joka lähetetään testeihin kevään 2025 aikana. Opinnäytetyöstä rajattiin ulos itse konenäkösensorit yrityksen liikesalaisuuden suojelemiseksi.

Asiasanat:

Automaatio, ohjausyksikkö, suunnittelu, kokoonpano, standardi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

1/2025 | 35 pages

Jesse Piippo

## Designing and Assembling of an Automation Control Panel

The objective of this thesis was to design and assemble an automation panel, which is meant to control three different machine vision sensors. The company for which the work was carried out manufactures machine vision sensors to analyze substances made in the process industry. This thesis gives an overall picture of the requirements in the standards considering the design process of an automation control panel.

The company needed a control panel to test the electromagnetic compatibility of the three machine vision sensors they are providing during one testing session. The work started by commissioning a new EPLAN planning software and by planning the control panel. After this the assembly was done.

As a result, plot frames, documentation tree and a functioning automation control panel were delivered. The control panel will be tested during spring 2025. Details of the machine vision sensors were excluded from this thesis to protect the commercial secret of the company.

Keywords:

Automation, control panel designing, assembly, standard

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
<b>2 Standardien mukainen suunnittelu</b>	<b>10</b>
2.1 Keskuksesta annettavat tiedot ja dokumentointi	10
2.2 Suojaus sähköiskulta	11
2.2.1 Perus- ja vikasuojaus	11
2.2.2 Potentiaalintasaus	12
2.3 Mekaaninen rakenne ja kotelointi	12
2.4 Koteloinnin suojaus	13
2.5 Syötön erotuslaite	14
2.6 Johtimet	15
2.6.1 Johtimen poikkipinta-ala	15
2.6.2 Johdotuskäytäntö	16
2.6.3 Johtimien tunnistaminen	17
2.7 Nimeäminen	18
2.8 Virtapiirin rakenne	18
2.9 Sähködynamiikka	18
2.10 Ohmin-laki	19
2.11 Ylikuormitussuojaus	19
2.12 Sulake	20
2.12.1 Johdonsuojakatkasija	21
<b>3 Ohjausyksikön rakenne ja komponentit</b>	<b>23</b>
3.1 Kotelo	25
3.2 Pääkatkaisija ja vikavirtasuojakytkin	28
3.3 Virtalähde	29
3.4 Sulakkeet ja riviliittimet	31
3.5 Johtimet ja kaapelit	32
3.6 Tietokone ja PLC	33
3.7 Jäähdytys	36

<b>4 Sähkösuunnittelun parantaminen</b>	<b>37</b>
4.1 Suunnitteluohjelmisto	37
4.1.1 EPLAN-suunnitteluohjelmisto	37
4.1.2 EPLAN Electric P8 2025 -ohjelmisto	38
4.2 Dokumentaatorakenne	38
<b>5 Yhteenveto</b>	<b>41</b>
<b>Lähteet</b>	<b>43</b>

## **Kuvat**

Kuva 1: Esimerkki ohjausyksikön rakenteesta	23
Kuva 2: Ohjausyksikön suunniteltu asettelu	24
Kuva 3: Ohjausyksikkö kokoonpantuna	25
Kuva 4: Rittal AE 1006.600 kotelo asennuslevyllä	26
Kuva 5: Kotelon pohjan läpivientisuunnitelma	27
Kuva 6: Läpiviennit liittimiseen ja suojaukseen	28
Kuva 7: Shneider Electricin TeSys Switch body pääkatkaisija mustalla vääntimellä	28
Kuva 8: DS201 C6 A30 vikavirtasuojakytkin	29
Kuva 9: MEAN WELL HDR-150-24	30
Kuva 10: Käytetyt riviliittimet.	31
Kuva 11: NEXANS 0,75 mm <sup>2</sup> kuparijohdin punaisella ja sinisellä PVS-muovi eristeellä	32
Kuva 12: C6030-0070 teollisuustietokone	34
Kuva 13: PC kiinnitettynä kotelon ovesa olevaan kiinnityslevyyn	35
Kuva 14: CX7000	35
Kuva 15: Yleiskaavio ohjausyksikön virranjakelusta	39
Kuva 16: Projektin dokumentaatorakenne	40

## Taulukot

Taulukko 1: IP-luokitus	13
Taulukko 2: Esimerkkejä PVC-eristeisten kuparijohtimien tai -kaapeliin kuormitettavuudesta	16
Taulukko 3: Johtimien ja liittimien tunnistamiseen käytettävät värit, aakkosnumeeriset merkinnät ja kuvatunnukset	17



# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on konenäkösensorin automaatio-ohjausyksikön suunnittelu. Yritys jolle opinnäytetyö tehdään valmistaa prosessiteollisuuden valvontaan sovellettuja konenäkösensoreita. Konenäkösensori muodostuu sensoriosasta, jossa on valaistus ja kamera sekä automaatio-ohjausyksiköstä, jossa on virranjakelu ja automaatiokomponentit. Tuotteessa voi olla etäyhteydellä tai LAN yhteydellä monitoroiva PC, joka ohjaa järjestelmää ja tuottaa jatkuvaa analyysia prosessista yrityksen omalla ohjelmistolla. Jokainen sensorikokonaisuus valmistetaan asiakkaalle mukautetusti, mikä monimutkaistaa suunnitteluprosessia ja dokumentaation tuottamista.

Osana laitesuunnittelua on otettava huomioon laitteen sähkömagneettinen yhteensopivuus eli EMC, joka tulee sanoista "Electromagnetic compatibility". Markkinoille tuleville tuotteille on asetettu EMC:n suhteen standardeja, jotka niiden on täytettävä. EMC-direktiiveillä ohjataan laitteen valmistusta siten, ettei laitteille kuulumattomat signaalit sekoitu sen omiin signaaleihin. Nämä signaalit voivat haitata laitteen toimintaa ja saada sen toimimaan sille kuulumattomalla tavalla. Sähkömagneettisesti yhteensopivan laitteen tulee täyttää sille asetetut sieto ja säteilyvaatimukset. Kun laite sijoitetaan sen toimintaympäristöön, on sen kestävä standardin mukainen määrä ulkoista häiriötä. Laite ei myöskään saa tuottaa liiallista määrää häiriösignaalia, jotta se ei aiheuta toiminnallisia ongelmia muille samassa toimintaympäristössä oleville laitteille. Häiriösignaalit johtuvat muille laitteille johdetta pitkin tai säteilynä. Täysmittaiset EMC-testit ovat kalliita suorittaa ja ne voidaan suorittaa vain EMC-testaukseen suunnitelluissa testauksiloissa. (Toivanen, 2012, s. 1.)

Toimeksiantajan valikoimassa ei ole testaukseen suoraan soveltuvaa laitetta, eikä sillä ole omaa testilaboratoriota, joten tarpeena oli suunnitella automaatio-ohjausyksikkö, joka mahdollistaa kaikkien yrityksen konenäkösensorimallien ja niihin liittyvän automaatio-ohjauksen komponenttien yhdenaikaisen EMC testauksen. Tällainen menettely säästää testausaikaa ja on samalla taloudellisempi vaihtoehto verrattuna erillisiin testaukseroihin.

Suunniteltavia kohteita ovat automaatio-ohjausyksikkö, sen tarvitsemat komponentit ja virranjakelu +24 VDC jännitteellä toimiville sensoreille ja toimilaitteille. Työssä perehdytään keskussuunnittelua ohjaaviin standardeihin sekä esitellään komponenttien valinnat ja asennus. Lähdeaineistona toimii IEC:n luomat sähkösuunnittelua ohjaavat standardisarjat. Pääosin suunnittelua ohjaa SFS EN-6000 sarja. Lisäksi lähteinä toimii sähköopin oppikirjoja ja laitevalmistajien tekniset dokumentit.

Ohjausyksikön suunnittelun lisäksi projektiin kuului uuden suunnitteluohjelmiston, EPLAN Electric P8 2025, käyttöönotto. Yritykselle luotiin oma mukautettu piirustus pohja, sekä projektin hallintaa helpottava EPLAN projektirakenne- ja dokumentaatiopohja. Tämän avulla uuden suunnitteluprojektin toteuttaminen nopeutuu huomattavasti, sillä jokaisella tuotteella on oma valmis pohja, johon tarvitsee tehdä vain asiakkaalle mukautetut muutokset. Lisäksi projektille voidaan luoda standardien mukainen dokumentaatio sisäiseen arkistointiin sekä lähetettäväksi asiakkaalle. Tässä

opinnäytetyössä esitellään EPLAN Electricillä toteutettua piirustuksia vain niiltä osin, joilta yritys kokee tuotesuojan toteutuvan ja kilpailuedun säilyvän. Yksityiskohtaiset tiedot, jotka käsittelevät itse sensorin kameraa, valotusta, optiikkaa ja ohjelmistoa rajataan työn ulkopuolelle.

## 2 Standardien mukainen suunnittelu

IEC (International Electrotechnical Commission) on kansainvälinen standardisointijärjestö, joka toimii maailmanlaajuisesti. Sen muodostavat kaikki kansalliset sähkötekniiset komiteat. IEC edistää kansainvälistä yhteistyötä ja turvallisuutta sähkö- ja elektroniikka-alan standardoinnilla.

“Sähköasennuksissa käytettävien sähkölaitteiden on täytettävä sähköturvallisuuslain (1135/2016) ja sen perusteella annettujen valtioneuvoston asetusten sähkölaitteiden turvallisuudesta (1437/2016) ja sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (1436/2016) mukaiset sähkölaitteiden sähköturvallisuutta ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Näillä säädöksillä on Suomessa saatettu voimaan Euroopan Unionin pienjännittdirektiivi 2014/35/EY ja EMC-direktiivi 2014/30/EY.” (SFS 6000-1:2022, 133.)

Kun pienjännitesähköasennus toteutetaan standardisarjan SFS 6000 mukaan, on tunnettava sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet. Dokumentoinnissa joka asennuksen yhteydessä toimitetaan, on ilmoitettava sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet. Jos jakeluverkkoon tulee muutoksia se voi vaikuttaa asennuksen turvallisuuteen.

### 2.1 Keskuksista annettavat tiedot ja dokumentointi

Valmistajan on asetettava keskukseseen yksi tai useampi kulutusta kestävä arvokilpi, jossa siihen tarkoitetut tiedot on merkitty. Kilvet tulee asettaa siten, että ne ovat näkyvissä ja luettavissa. Arvokilvessä on ilmoitettava keskuksista alla olevat tiedot (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 6.1)

- valmistajan nimi tai merkki
- tunnistamistapa, esimerkiksi tyyppimerkintä tai tunnistusnumero, jolla voi saada tarvittavia tietoja keskusvalmistajalta
- tiedot valmistusajankohdasta
- mitoitusvirta  $I_{nA}$
- mitoitusjännite  $U_n$
- mitoitustaajuus  $f_n$ .

Arvokilpien lisäksi valmistaja antaa asiakkaalle dokumentoidussa muodossa seuraavat tiedot (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 6.2.)

- johdotuskaaviot
- asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet
- merkinnät virtapiireissä ja niiden suojalaitteissa
- merkinnät kojeissa ja johtimissa
- käyttötarkoitus- ja asennonositusmerkinnät suoja- ja kytkinlaitteissa.

Keskuksesta on pystyttävä tunnistamaan yksittäiset piirit sekä niihin liittyvät suojalaitteet. Tämä toteutetaan tunnusmerkintöjen avulla. Tunnusmerkinnät ovat fyysisesti kaapin sisällä olevia luettavia ja pysyviä merkintöjä, jotka ovat samoja kuin piirustuksissa käytetyt IEC 81346-1:2009 ja IEC 81346-2:2019 standardien mukaiset merkinnät. Tarvittaessa ohjeissa on sanottava, että kun vaaditaan keskuksen korjaamista, on konsultoitava keskuksen valmistajaa. (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 6.2.)

## 2.2 Suojaus sähköiskulta

### 2.2.1 Perus- ja vikasuojaus

Normaalisti henkilöt suojataan sähköiskulta estämällä heidän pääsyä sähköasennukseen. Sähköiskua ei voi saada, jos ei osu jännitteeseen osaan. Perussuojauksessa jännitteinen osa eristetään eristeaineella esimerkiksi muovilla tai kumilla. Jännitteinen osa voidaan myös koteloida tai suojata suojuksella. Kotelointi voi olla metallinen tai eristeisestä aineesta valmistettu. Koteloinnille on määritetty suojausaste, joka on sähkölaitteiden kotelointiluokituksen mukainen. Hieman harvinaisempi menetelmä, jota käytetään yleensä vain sähköalan ammattilaisten saavutettavissa tiloissa, on esteellä suojaaminen. Samankaltainen suojaustapa on myös jännitteisen osan sijoittaminen kosketusetäisyyden ulkopuolelle, kuten esimerkiksi ilmaan. Ilmajohdot sekä junanajojohdot ovat näin suojattu. (Ahoranta, 2018, s. 216.)

Vikatilanteessakaan sähkölaitteen käyttäminen ei saa olla vaarallista. Vikatilanteen sattuessa kosketusjännite on rajoitettava vaarattoman pieneksi. Vikasuojaus toteutetaan estämällä jännitteen pääsy kosketettaviin osiin kaksoiseristyksellä tai rajoittamalla kosketusjännitteen aika syötön automaattisella tai nopealla katkaisulla. Virtapiirin voi erottaa sähköverkosta suojaerotusmuuntajalla. Vikasuojaus voidaan toteuttaa myös käyttämällä SELV- tai PELV järjestelmää. Ne ovat pienoisyjännitejärjestelmiä, joiden nimellisjännite on vaihtojännitteellä enintään 50 V ja sykkeettömällä pienoisyjännitteellä 120 V. (Ahoranta, 2018, s. 217.)

Kun pienoisjännitteinen virtapiiri on erotettu maasta, se on SELV-järjestelmä, joka on pienoisjännitejärjestelmistä käytetyin. Pienoisjännitettä käytetään yleisesti ohjausjärjestelmissä. SELV-piiri on maasta erotettu pienoisjännitepiiri ja PELV-piirissä toinen napa on maadoitettu. (Ahoranta, 2018, s. 221.)

### 2.2.2 Potentiaalintasaus

Suojaava potentiaalintasaus on henkilöitä sähköltä suojaava toimenpide. Toiminnallinen potentiaalintasaus pienentää koneen toimintaan vaikuttavien eristysvikojen seurauksia, sähköisiä häiriöitä, ja salamoista indusoituneita virtoja, jotka voivat vahingoittaa sähkölaitteistoa. Suojaava ja toiminnallinen potentiaalintasaus yhdistetään yleensä samaan piiriin, mutta jos sähköisten häiriöiden taso suojaavan potentiaalintasauksen piirissä ei ole riittävän pieni sähkölaitteiston toimintaan, voi olla tarpeellista käyttää erillisiä johtimia suojaavaan ja toiminnalliseen potentiaalintasaukseen. (SFS-EN 60204-1:2018, 8.)

PE-liittimen, koneen laitteiston suojajohtimet ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden ja johtavien osien ja johtavien rakenneosien liitännät muodostavat suojaavan potentiaalintasauksen piirin. Kaikki suojaavan potentiaalintasauksen osat on suunniteltava kestäväksi maasulkuvirran aiheuttamat suurimmat mekaaniset rasitukset ja lämpörasitukset. (SFS-EN 60204-1:2018, 8.)

Kuparisen suojajohtimen tulee olla poikkipinta-alaltaan vähintään 2,5 mm<sup>2</sup> ja alumiinisen 16 mm<sup>2</sup>, jos johdin ei ole osa kaapelia tai äärijohtimen kanssa samassa kotelossa. Jos suojajohtimen tunnistus perustuu väriin, on sen oltava keltavihreä. Johtimen materiaaliksi suositellaan ensisijaisesti kuparia. Jos johdin on jotain muuta materiaalia, on sen johtokyvyn oltava 2,5 mm<sup>2</sup> paksua kuparijohdinta vastaava. (SFS-EN 60204-1:2018, 8.)

### 2.3 Mekaaninen rakenne ja kotelointi

Keskuksen kotelon ulkomuoto voi vaihdella soveltuakseen ympäristöön ja käyttökohteeseen. Kotelo voi olla tehty eri materiaaleista kuten metalleista, eristeestä tai niiden yhdistelmästä. Keskuksen valmistusmateriaalin on kestävä määritellyissä olosuhteissa esiintyvää mekaanista, sähköistä ja lämmöstä aiheutuvaa rasitusta. Sen on myös kestävä muita ympäristöstä johtuvia rasituksia. Koteloiden ja väliseinien materiaalit, lukituslaitteet ja saranat mukaanluettuna on oltava riittävän vahvoja, jotta ne kestävät normaalista käytöstä aiheutuvaa rasitusta sekä oikosulkutilanteen aiheuttaman rasituksen. (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 8.)

Kotelointi tulee mitoittaa siten, että sinne asennettavien laitteiden ja komponenttien laitestandardien määrittelemät ilma- ja pintavälit säilyvät normaaleissa käyttöolosuhteissa. Ilma- ja pintavälien tulee säilyä myös oikosulkutilanteessa. Kun pinta- ja ilmapäällykset mitoitetaan eri piirien välillä, on mitoituksen lähtöarvona käytettävä suurinta piireissä esiintyvää jännitearvoa. Paljaille johtimille ja liittimille välien tulee olla yhtä suuret kuin laitteilla, joihin ne kytketään. (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 8.3.)

## 2.4 Koteloinnin suojaus

Kotelointiluokan tunnus ilmaistaan International Protection (IP) -koodilla. Koodi ilmaisee keskuksen suojausasteen ja keston ulkoisia vaikutteita, kuten pölyä ja vettä vastaan. Esimerkiksi IP21 tarkoittaa kotelon olevan suojattu kappaleilta, joiden halkaisija on yli 12,5 mm sekä se on suojattu ylhäältä tulevaa vettä vastaan. Jos tunnusnumeroa ei tarvitse ilmoittaa se korvataan kirjaimella "X". (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019, 4.) Seuraavassa taulukossa on lyhyt kuvaus IP-koodin osista.

Taulukko 1: IP-luokitus (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019, 4.)

IP luokan ensimmäinen numero	Suojaus
0	Ei suojausta.
1	Suojaus kiinteiltä kappaleilta, joiden halkaisija on enemmän, kuin 50 mm
2	Suojaus kiinteiltä kappaleilta, joiden halkaisija on enemmän, kuin 12,5 mm
3	Suojaus kiinteiltä kappaleilta, joiden halkaisija on enemmän, kuin 2,5 mm
4	Suojaus kiinteiltä kappaleilta, joiden halkaisija on enemmän, kuin 1 mm
5	Rajallinen suojaus pölyltä. Ei täysin pölytiivis.
6	Pölytiivis.

IP luokan toinen numero	Suojaus
0	Ei suojausta.
1	Suojaus ylhäältä tulevia vesipisaroita vastaan.
2	Suojaus ylhäältä ja vinosti +/-15 asteen kulmassa tulevia vesipisaroita vastaan.
3	Suojaus ylhäältä ja vinosti +/-60 asteen kulmassa tulevia vesipisaroita vastaan.
4	Suojaus joka suunnasta tulevia vesiroiskeita vastaan.
5	Suojaus joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta.
6	Suojaus joka suunnasta tulevalta voimakas paineiselta vesisuihkulta.
7	Hetkellisen upotuksen (30min) veteen kestävä.
8	Pysyvän upotuksen vedenpaineen kestävä.

Koteloidun keskuksen IP-luokan tulee olla vähintään IP2X ja ulkokäyttöön asennettavana keskuksen vähintään IP3X. IP-luokka koskee yleensä koko keskusta, mutta jos näin ei ole, on valmistajan ilmoitettava IP-luokka erillisille osille. Osien erilliset IP-luokitukset eivät saa heikentää keskuksen aiottua käyttöä. (SFS-EN IEC 61439-1:2022, 8.)

## 2.5 Syötön erotuslaite

Standardi SFS-EN 60204-1:2018 määrittää, että jokaisessa järjestelmään tulevassa virransyötössä tulee olla syötön erotuslaite. Syötön erotuslaitteen tulee erottaa eli eristää laite sähköisesti tarvittaessa syötöstä. Kuormakytkimet, erottamiseen soveltuvat ohjaus- ja suojauslaitteet, sekä erottamiseen soveltuva katkaisijat voivat toimia syötön erotuslaitteina. (SFS-EN 60204-1:2018, 5.3.)

Jos erotuslaitteita on laitteistossa, siinä on oltava yksi AUKI- ja yksi KIINNI-asento, jotka on merkitty ”O” ja ”I” tunnuksilla. Erotuslaitteessa pitää olla asennon osoitus, joka näyttää koskettimen avausvälin tilan virheettömästi. Osoitin ei siis voi osoittaa auki-asentoa ennen, kuin kaikki avausvälit ovat auki. Erotuslaitteen on estettävä paikallisesti tai kauko-ohjattava koskettimien sulkeminen, esimerkiksi lukolla. (SFS-EN 60204-1:2018, 5.3.)

Käyttölaite erotuslaitteelle, joka tämän työn tapauksessa on pääkytkin, on sijoitettava koteloinnin ulkopuolelle. Kytkimen on sijaittava helposti saavutettavassa paikassa 0,6–1,9 metrin korkeudessa asennustasossa ja suurimmaksi korkeudeksi suositellaan 1,7 metriä. Kytkimenväri on suositeltavaa olla musta tai harmaa. (SFS-EN 60204-1:2018, 5.3.)

## 2.6 Johtimet

Johtimet ja kaapelit on valittava sähköasennukseen käyttöolosuhteiden ja ulkoisten vaikutusten mukaisesti. Jännite, virta, sähköiskulta suojaus ja kaapelien ryhmittely ovat käyttöolosuhteita määritteleviä tekijöitä ja esimerkiksi käyttöympäristön lämpötila, korrosio ja mekaaninen rasitus ovat ulkoisia vaikutuksia. Suosituksen mukaan tulisi käyttää kuparijohtimia, mutta jos päädytään alumiinijohtimeen, tulisi sen olla poikkipinta-alaltaan vähintään 16 mm<sup>2</sup>. (SFS-EN 60204-1:2018, 12.)

### 2.6.1 Johtimen poikkipinta-ala

Johtimen poikkipinta-ala tulee mitoittaa sen suunnitellun käyttövirran mukaan, jotta lämpötila ei nouse liian suureksi. Johtimen poikkipinta-ala määritetään suurimman sallitun lämpötilan, sallitun jännitteenaleneman, oikosulku- ja maasulkuvirtojen tai muiden tekijöiden aiheuttaman mekaanisen rasituksen, vikavirtasuojauksen kannalta suurimman sallitun impedanssin ja asennustavan mukaan. (SFS 6000-1:2022, 123.6) Alla oleva taulukko määrittää PVC- eristeisen kuparijohtimen kuormitettavuuden eri asennustavoilla. Poikkipinta-alaa määrittäessä tulee ottaa huomioon käyttöympäristön lämpötila. Standardin SFS-EN 60204-1:2018 taulukko D.1 antaa korjauskertoimen tilanteisiin, jossa käyttöympäristön lämpötila on muu, kuin +40°C. (SFS-EN 60204-1:2018, 12.)

Taulukko 2: Esimerkkejä PVC-eristeisten kuparijohtimien tai -kaapelien kuormitettavuudesta (SFS-EN 60204-1:2018, 12.4) jatkuvassa käytössä ympäröivän ilman lämpötilassa +40 °C eri asennustavoilla

Poikkipinta mm <sup>2</sup>	Asennustapa (ks. D.2.2)			
	B1	B2	C	E
	Kuormitettavuus I <sub>2</sub> kolmivaihepiireillä			
	A			
0,75	8,6	8,5	9,8	10,4
1,0	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2,5	18,3	17,4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
	Ohjauspiirien parit			
0,20	4,5	4,3	4,4	4,4
0,5	7,9	7,5	7,5	7,8
0,75	9,5	9,0	9,5	10

Johtimien ja kaapelien eristeen tulee kestää johtimessa käyttövirran aiheuttama lämpötilan nousu. Johtimen kulkua suunniteltaessa on otettava huomioon johtimen eristeen mekaaninen lujuus ja paksuus. Eristeen pitää olla sellainen, ettei se vaurioidu käytettäessä tai asennuksen aikana ja kestää esimerkiksi kaapelikourussa siihen syntyvät taitokset. (SFS-EN 60204-1:2018, 12.)

### 2.6.2 Johdotuskäytäntö

Johtimien ja kaapelien tulee kulkea liittimestä toiseen ilman katkoksia aiheuttavia liitoksia. Johdotuksessa on huolehdittava siitä, että johdinten kiinnitykset ja liitännät eivät voi vahingossa irrota. Tämä pätee erityisesti suojajohdin piirien liitännöihin. Jos johtimia on tarpeen irrotella ja liittää on johtimeen jätettävä tarkoitukseen vaadittava sopiva lisäpituus. Liitettäessä kaksi tai useampi johdin yhteen liittimeen on varmistuttava siitä, että käytettävä liittintyyppi on soveltuva ja suunniteltu kyseiseen tarkoitukseen. On huomioitava, että suojajohtimia saa liittää vain yhden johtimen yhteen kytkentäpisteeseen. (SFS-EN 60204-1:2018, 13.)












Yhteen juotetuille johtimille on olemassa omanlaiset liittimet, joita tulee käyttää juotetuille liitoksille. Yksittäisten johtimien päitä ei saa juottaa vaan johtimien päihin pitää liittää johtimen poikkipinta-alle sopivan kokoiset johdinpäätteet. Liitinryhmät ja riviliittimet tulee asentaa ja johdottaa siten, että sisäiset ja ulkoiset johtimet eivät risteile niiden yli. (SFS-EN 60204-1:2018, 13.)

### 2.6.3 Johtimien tunnistaminen

Jokainen johdin on tunnistettava teknisten dokumenttien mukaisesti. Johtimet voidaan nimetä, jos niiden väärinkytkeä voi aiheuttaa riskin. Tunnistamisessa voidaan käyttää numeroita, kirjaimia tai väriä taikka näiden kolmen yhdistelmiä. Numeroiden tulee olla arabialaisia ja kirjainten joko isoja tai pieniä roomalaisia kirjaimia. Tunnistelukkeiden on oltava helposti luettavissa, pysyviä ja käyttöympäristöön sopivia. Liitinryhmät nimetään sähköasennukseen samoilla merkinnöillä, kuin sähkökaavioon on merkitty. (SFS-EN 60204-1:2018, 13.)

Kun johtimien tunnistamiseen käytetään värejä, voidaan käyttää mustaa, ruskeaa, punaista, oranssia, keltaista, vihreää, sinistä, violetta, harmaata, valkoista, vaaleanpunaista taikka turkoosia tunnusväriä. Keltavihreää käytetään ainoastaan suojavaajohtimissa. (SFS-EN 60204-1:2018, 13.)

Taulukko 3: Johtimien ja liittimien tunnistamiseen käytettävät värit, aakkosnumeeriset merkinnät ja kuvatunnukset (SFS-EN IEC 60445:2021, 7.3.)

Tunnuksen omaavat johtimet ja liittimet	Johtimien ja liittimien tunnistaminen seuraavilla:				
	Aakkosnumeerinen merkintä <sup>a</sup>		Värit		Kuvatunnukset <sup>b</sup>
	Johtimet	Liittimet			
<b>AC-johtimet</b>	AC	AC	-		~
1-johdin	L1	U		BK <sup>d</sup> tai	
2-johdin	L2 <sup>c</sup>	V		BN <sup>d</sup> tai	
3-johdin	L3 <sup>c</sup>	W		GY <sup>d</sup>	
Keskipeitejohdin	M	M			Ei suositusta
Nollajohdin	N	N			
<b>DC-johtimet</b>	DC	DC	-		==
Positiivinen	L+	+		RD	+
Negatiivinen	L-	-		WH	—
Keskipeitejohdin	M	M			Ei suositusta
Nollajohdin	N	N			
<b>Suojajohdin</b>	PE	PE		GNYE	
PEN-johdin	PEN	PEN			Ei suositusta
PEL-johdin	PEL	PEL			
PEM-johdin	PEM	PEM		BU <sup>f</sup>	

Suojaava potentiaalintasausjohdin	PB	PB		GNYE	 Ei suositusta
- maadoitettu	PBE	PBE			
- maadoittamaton	PBU	PBU			
Toiminnallinen maadoitusjohdin <sup>e</sup>	FE	FE		PK	
Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin	FB	FB	Ei suositusta		
Yhdysjohto	SRC	SRC	Ei suositusta		Ei suositusta

## 2.7 Nimeäminen

Keskussuunnittelussa sovelletaan komponenttien nimeämisessä SFS-EN IEC 81346-1:2022 ja SFS-EN IEC 81346-2:2022 standardien mukaista nimeämis- menetelmää. Standardin ensimmäinen osa esittelee periaatteet, joiden mukaan kohteet jäsennellään ja säännöt, joiden mukaan viitetunnukset muodostetaan. Toinen osa määrittää luokittelumallit kohteen tunnettuihin toimintoihin ja ominaisuuksiin perustuen. Luokittelun tarkoitus on erottaa nimeämisen kohteet toisistaan niiden kiinnostavien ominaisuuksien erittelyn perusteella. Kohteelle luokitellaan pääluokka ja alaluokka, jotka määrittävät kohteen luontaisen toiminnon mukaan. (SFS-EN IEC 81346-2:2019, 4.)

## 2.8 Virtapiirin rakenne

Virtapiiri koostuu sähkölähteestä, kytkimistä ja suolaitteista, johtimista ja kuormasta. Tasasähköisessä virtapiirissä sähkölähteenä voi olla jännitelähde tai virtalähde. Virtalähde antaa virtapiiriin läpi tasaista virtaa riippumatta sen kuormasta. Jännitelähde puolestaan virtapiiriin vakiojännitteen. Virtalähteestä puhuttaessa arkikielessä tarkoitetaan todellisuudessa usein jännitelähdettä, sillä virtalähteen käyttö on harvinaisempaa. Sähkövirtapiiri koostuu kahdesta virtapiirityypistä: sisävirtapiiristä ja ulkovirtapiiristä. Sisävirtapiiri on sähkölähteen sisällä oleva virtapiiri ja ulkovirtapiiri on sähkölähteen ulkopuolelle rakennettu virtapiiri. Tasajännitelähteessä vaihtojännitettä pienennetään muuntajalla, jossa tasasuuntaaja muuntaa jännitteen tasajännitteeksi ja vakavointipiiri muuttaa vaihtelevan tasajännitteen tasaiseksi. Säättöpiirillä säädetään haluttu ulostulojännite syöttöliittimien välille (Ahoranta, 2020, s. 68–69.).

## 2.9 Sähködynamiikka

Sähködynamiikka kuvaa sähköilmiöitä, joissa sähkö liikkuu. Liikettä voidaan verrata veden virtaamiseen putkessa, kun taas sähkö kulkee johtimessa. Johtimessa elektronit kulkevat kohti positiivista sähköpotentiaalia ja sähkövirta kohti negatiivista sähköpotentiaalia. Negatiivisesti varautunut kappale työntää elektroneja poispäin ja positiivisesti varautunut kappale puolestaan vetää elektroneja puoleensa. Johdin koostuu aineesta, joka johtaa sähköä. Tällaista ainetta kutsutaan johteeksi. Sähkö

virtaa johtimessa, jos johtimen päiden välille on syntynyt potentiaaliero. (Aura, Tonteri, 1995, s. 36–37.) Virran kulkiessa johtimessa syntyy johtimeen lämpöenergiaa. Lämpöenergia aiheuttaa johdon kuumentumista.

Johdon mitoitus ja suojaus ovat sähkösuunnittelun keskeisimpiä asioita. Johdon mitoitus ja suojaus tarkoittaa johdon suojausta ylikuormitukselta ja oikosulun vaikutukselta. Standardi SFS 6000 osa 1, määrittää, että suunnitteluvaiheessa tulee varmistaa laskemalla, että sähköasennuksen suojausta koskevat perusvaatimukset toteutuvat. Johdon koon eli poikkipinnan valinta määräytyy sähköasennuksen kuormitusvirran mukaan. Kuormitettavuus on suurin virta, jolla johdinta, laitetta tai laitteistoa voi jatkuvasti kuormittaa ilman, että johtimen lämpötila ylittää sallitun arvon pitkäaikaisessa käytössä. Kuormitus määritetään sähköasennukseen tulevien toimilaitteiden käyttövirran tarpeen perusteella. Kaapeleiden kuormitettavuus tulee olla riittävä ja johdon ylikuormitussuojaus pitää toteutua. (Sähköinfo, 2022, s 146.)

## 2.10 Ohmin-laki

Ohmin laki koskee virtapiirin jännitteen, virran ja resistanssin välistä yhteyttä. Sen keksi saksalainen tutkija Georg Simon Ohm 1820-luvulla. Ohmin lain avulla voidaan päätellä virtapiirin virran ( $I$ ), jännitteen ( $U$ ) ja resistanssin ( $R$ ) muutokset, sekä laskea niiden suuruudet (Ahoranta, 2020, s. 41)

$$I = \frac{U}{R}$$

jossa

$R$  = Resistanssi ( $\Omega$ )

$U$  = Jännite ( $V$ )

$I$  = Virta ( $A$ ).

## 2.11 Ylikuormitussuojaus

Sähköasennuksen jokainen virtapiiri pitää suunnitella siten, että johtimessa kulkeva ylikuormitusvirta katkeaa, ennen kuin johtimen lämpötila nousee niin korkeaksi, että johtimen eristys, jatkoksen liitokset tai johtimen ympäristö vahingoittuu.

Ylikuormitussuojaukseen on useita keinoja, joista yleisimpiä ovat sulakkeet, johdonsuojakatkaisijat tai katkaisijat, jotka kytkevät irti kuormitettavan johdon virransyötöstä. (Sähköinfo, 2022, s 148.)

Suojalaite, joka suojaa johdinta ylikuormitukselta, on ominaisuuksiltaan täytettävä seuraavat kaksi ehtoa

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z$$

jossa

$I_b$  on piirin suunniteltu virta

$I_z$  on johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  on suojalaitteen mitoitusvirta

$I_2$  on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa. (SFS 6000-4-43:2022, 433.1.)

Ylikuormitussuojan nimellisvirran tulee olla vähintään yhtä suuri, kuin kuormitusvirta, joka tarkoittaa sitä, että ylikuormitussuojaksi valitaan suojalaite, jonka nimellisvirta on mitoitusvirtaa suurempi seuraava standardiarvo. Johdon kuormitettavuuden tulee olla vähintään suojalaitteen nimellisvirran suuruinen. Johdon poikkipinta valitaan sen mukaan, että sen kuormitettavuus on vähintään suojalaitteen nimellisvirran suuruinen. Virtapiirin mitoitusvirta voidaan määritellä tunnetun tai arvoidun kuormituksen perusteella. (Sähköinfo, 2022, s 149–150.)

Kun yksi suojalaite suojaa useita rinnankytkettyjä johtimia, joissa virta jakautuu tasaisesti, käytetty virran arvo  $I_z$  on eri johtimien kuormitettavuuksien summa. (SFS 6000-4-43:2022, 433.4.1) Sähkölaitteet on valittava ottaen huomioon suurin jatkuva virta, joka laitteen kautta kulkee normaalissa käytössä. Myös poikkeustapauksissa kulkeva virta ja virran kestoaika tulee ottaa huomioon. (SFS 6000-1:2022, 133.2.)

## 2.12 Sulake

Sulake on ylikuormitussuoja. Sulakkeita käytetään elektroniikka- ja sähköasennuksien suojana niiden luotettavuuden ja pienen koon vuoksi. Mitä pienempiä elektroniikkakomponentit ovat, sitä alttiimmiksi ne tulevat häiriöiden aiheuttamille vahingoille. Yleisimmät sulaketyypit ovat tulppasulake, kahvasulake ja putkisulake. Sulakkeen päätyypit jaetaan nopeisiin ja hitaisiin sulakkeisiin. Jos sulake korvataan uudella, on sen vastattava toiminnallisuuksiltaan tarkasti vanhaa. Yksinkertaisesti ilmaistuna nopeat sulakkeet koostuvat ohuesta langasta tai metalliliuskasta. Hitaissa

sulakkeissa yleensä on kierretty lanka, paksu elementti käärittynä johtimeen tai jousi. Useimmissa sulakkeissa on painettu kylkeen merkintä sen jännitteen ja virran sietomäärästä. Sulakkeen tyyppi voidaan päätellä sen ulkonäöstä. Lasiputkisulakkeet ja keraamiset sulakkeet eroavat toisistaan halkaisijan ja pituuden osalta. Sulakkeen jännitekapasiteetin tulee vastata sitä, mikä on jännite siinä virtapiirissä, missä sulaketta käytetään. (Farnell n.d.)

Sulakekoon määrittämiseksi on selvitettävä laitteen nimellisvirta. Nimellisvirta ratkaistaan kaavalla

$$I = \frac{P}{U}$$

jossa

$P$  = laitteen teho ( $W$ )

$U$  = pääjännite ( $V$ )

$I$  = nimellisvirta ( $A$ ).

Sarjaan kytketyissä virtapiireissä virtapiiriin jokaisessa osassa läpikulkevan virran suuruus on sama. Syöttöjännite on osien jännitteiden summa ja kokonaisteho on osatehojen summa. (Ahoranta, 2020, s. 79.)

Rinnankytkettyihin laitteisiin vaikuttaa sama jännite. Kokonaisvirta on laitevirtojen summa ja kokonaisteho on laite-tehojen summa (Ahoranta, 2020, s. 83)

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

jossa

$P$  = laitteen teho ( $W$ )

$I$  = Nimellisvirta ( $A$ ).

### 2.12.1 Johdonsuojakatkasija

Johdonsuojakatkaisija on laite, joka suojaa sähköasennusta vikatilanteessa ja ylikuormitustilanteessa. Katkaisija laukeaa ylikuormitustilanteessa ja lopettaa virrankulun.

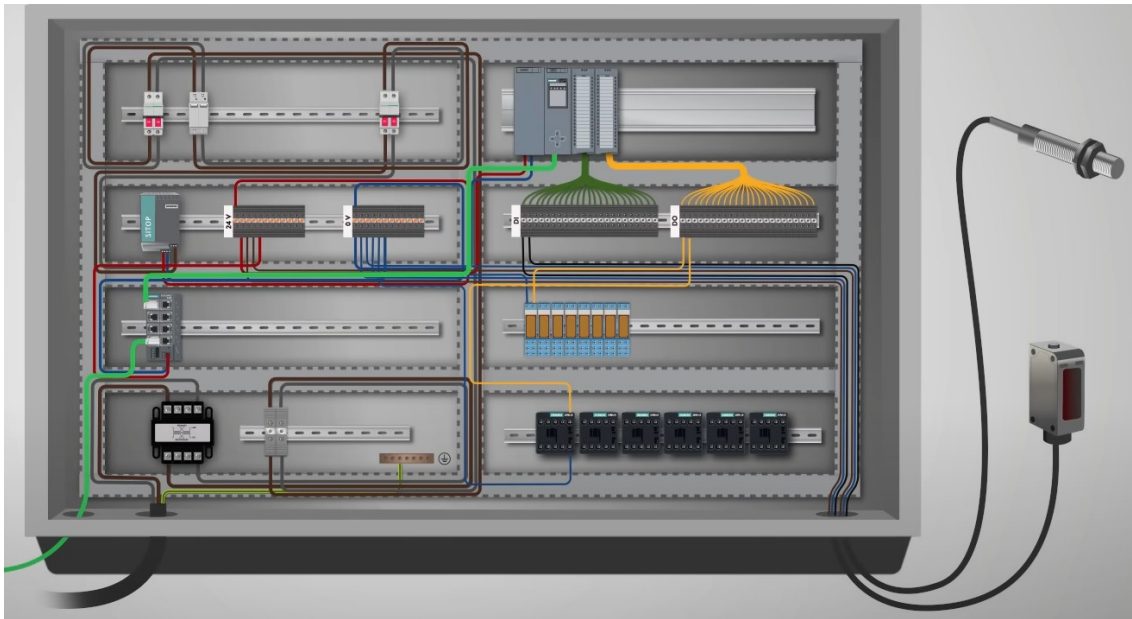
Erona sulakkeeseen on se, että katkaisijasta ei mene mekaanisesti mitään rikki, jolloin se voidaan sulkea uudestaan, kun vika tai ylikuormitus on poistunut.

Johdonsuojakatkaisijassa on vipu, joka on auki asennossa alhaalla ja suljettuna ylhäällä. Auki-asennossa virta on katkaistuna virtapiiristä ja yläasennossa suljettuna, jolloin virta kulkee virtapiirissä. Katkaisijalle on määritetty nimellisvirta, jonka ylittyessä katkaisija laukeaa. (STEK, 2009.)

### 3 Ohjausyksikön rakenne ja komponentit

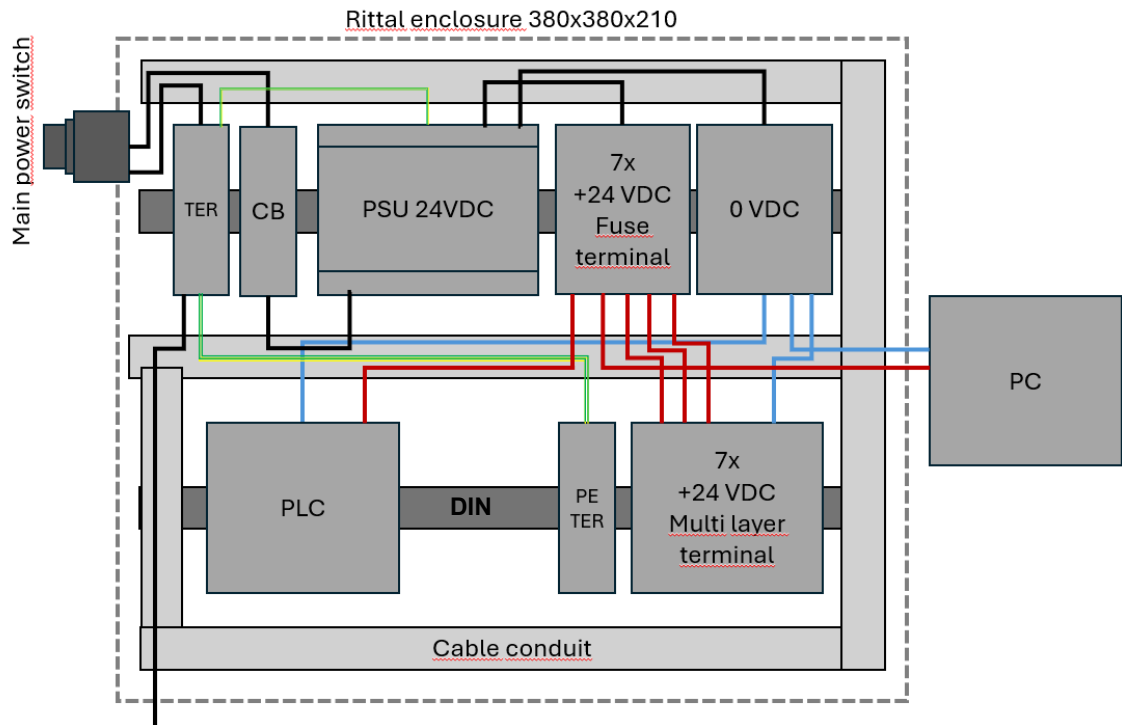
Yleisesti ottaen automaatio-ohjausyksikön suunnitteluun on olemassa ohjeistus, jota voidaan soveltaa kussakin ohjausyksikön suunnittelussa. Ohjausyksikkö muodostuu elektronisista ja mekaanisista osista. Ohjausyksikkö muodostuu seuraavista yleisistä komponenteista, jotka on havainnollistettu kuvassa 1

- kotelo
- asennuslevy
- DIN-kiskosto
- kaapelikourut
- pääkatkaisija
- ylijännitesuoja
- muuntaja
- virtalähde
- riviliittimet
- johdot ja kaapelit
- ohjelmoitava logiikka (PLC) / tietokone (PC).

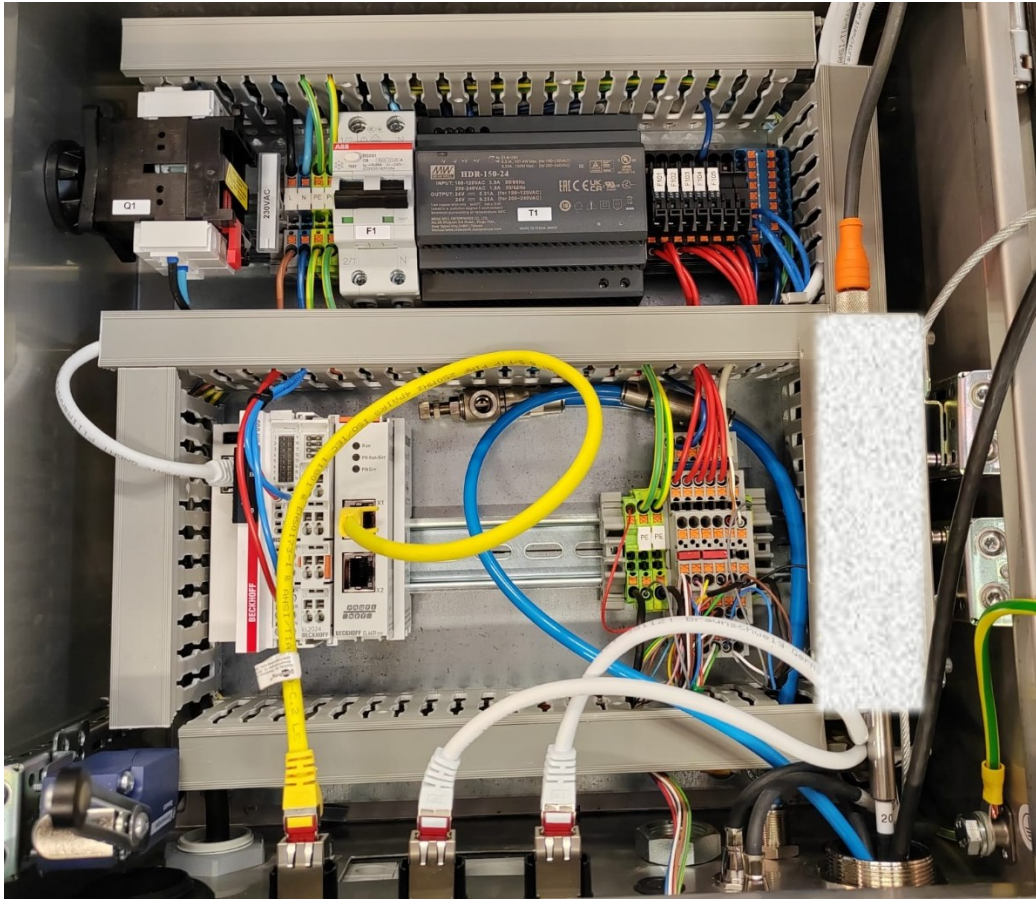


Kuva 1: Esimerkki ohjausyksikön rakenteesta (Realpars 2019)

Koneturvallisuuden ja niiden sähkölaitteiston standardi SFS-EN 60204 ei aseta tarkkoja määräyksiä sähkökomponenttien- ja laitteiden osalta. Siinä mainitaan, että laitteiden tulee olla sopivia niille tarkoitettuun käyttöön ja että komponenttien ja laitteiden tulee olla IEC-standardin mukaisia. Laitteiden ja komponenttien käytössä ja asennuksessa on noudatettava laitteen valmistajan ohjeistuksia. Alla olevassa kuvassa (Kuva 2) on ohjausyksikön suunniteltu asettelu, josta ilmenee, miten komponentit tullaan sijoittamaan koteloon. Kuvassa 3 on kokoonpantu ohjausyksikkö.



Kuva 2: Ohjausyksikön suunniteltu asettelu



Kuva 3: Ohjausyksikkö kokoonpantuna

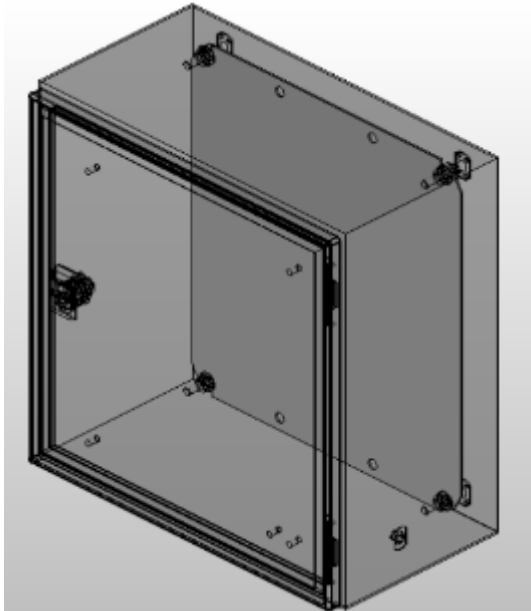
### 3.1 Kotelo

Kotelo on metallista valmistettu laatikko, johon voidaan sijoittaa ohjausyksikön laitteet. Kotelon materiaali on yleensä alumiinia tai ruostumatonta terästä ja sen koko määräytyy tarpeen mukaan. Koteloita on monen kokoisia ja näköisiä riippuen valmistajan valikoimasta. Joihinkin sovellutuksiin laitteen valmistaja voi saada mukautetusti valmistetun kotelon täysin omien tarpeiden mukaan. Suuremmat kotelot voivat olla jaettu moneen osastoon. Kaikilla osastoilla on oma ovensa, joiden lukumäärän perusteella koteloitinta saa nimityksensä. Koteloa, jossa on yksi ovi, kutsutaan yksioviseksi ja jossa on kaksi ovea, kutsutaan kaksioviseksi koteloksi. (Realpars 2019.)

Koteloon tulee merkitä kotelon turvallisuusluokitus IEC-standardien määrittämien vaatimusten mukaisesti. Samassa yhteydessä ilmoitetaan myös kotelon suojaruokitus IP- ja IK-luokituksen mukaisesti. IK-luokka ilmaisee laitteen iskunkestävyyden.

Koteloksi valitaan Rittal AE 1006.600 (Kuva 4). Kotelo on ruostumattomasta teräksestä valmistettu yksiovinen sähkökeskuskäyttöön valmistettu kotelo. Kotelon ovensa on yhtenäinen PU-vaahdotiiviste, joka yhdessä rungon kanssa mahdollistaa IP65 luokituksen. Lisäksi ovensa on salpalukko, joka avataan 3 mm kaksoislehtiavaimella.

Näin saadaan kaappi lukittua siten, että ulkopuoliset henkilöt eivät pääse sähköasennukseen käsiksi. Kaapin mittasuhteet ovat 380 mm x 380 mm x 210 mm.



Kuva 4: Rittal AE 1006.600 kotelo asennuslevyllä (Rittal 2025)

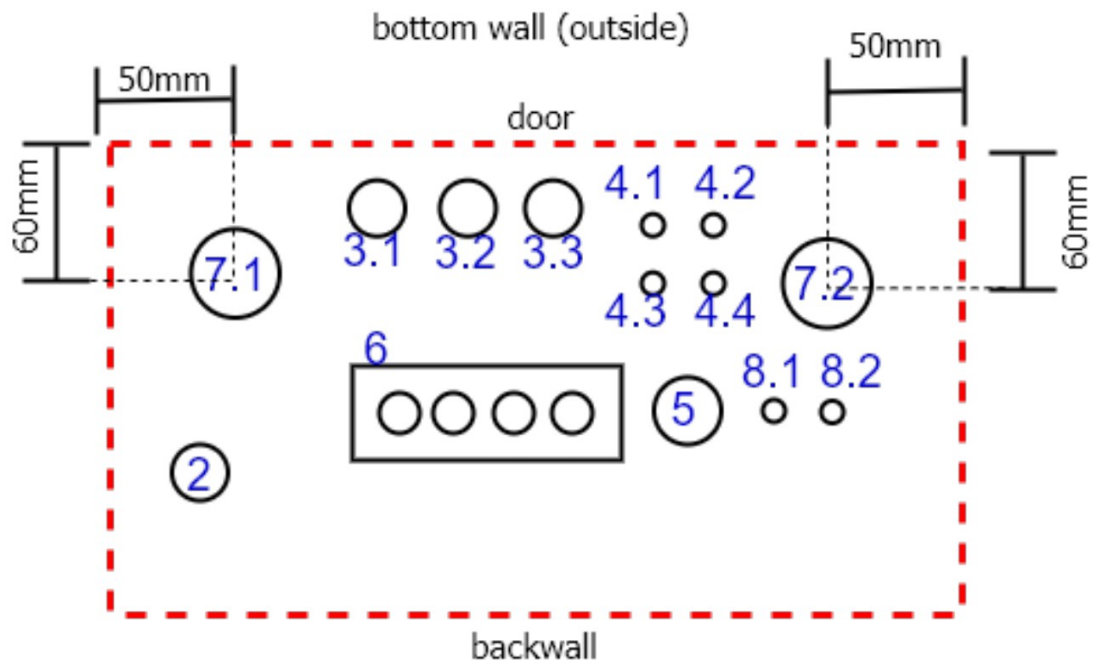
IP65 luokka edellyttää, että laite on pölytiivis ja se kestää joka suunnasta tulevan vesisuihkun. Ohjausyksikön tulee olla näin korkeasti suojattu, koska se on tarkoitettu toimimaan haastavissa prosessiteollisuuden olosuhteissa. Ohjausyksikön voi sijoittaa ulos ilman katosta tai muuta ulkoista suojaa, sekä hyvin likaisiin ja pölyisiin olosuhteisiin.

Kotelon takaseinään asennetaan asennuslevy, johon ohjausyksikön laitteet voidaan kiinnittää. Asennuslevy on metallinen levy, joka asennetaan koteloon pulteilla. Asennuspultit ovat yleensä kiinteästi asennettu kotelon takaseinään, jotta ne eivät vaikuttaisi IP-luokitukseen. Asennuslevyyn porataan kierteisiä reikiä, joihin kiinnitetään esimerkiksi DIN-kiskosto ja kaapelikourut. Reikiin voidaan asentaa myös muita komponentteja, joissa on suoraan ruuvi kiinnitysmahdollisuus, kuten esimerkiksi teollisuus PC. (Realpars 2019.) Kaapin oven sisäpuolelle asennetaan teollisuus PC:lle mukautetusti suunniteltu ja teetetty asennuslevy. Levyyn on koneistettu M6 kierteisiä reikiä, joihin PC voidaan ruuvata kiinni.

Asennuslevyyn asennetaan kahteen kerrokseen DIN-kiskot, joihin kiskokiinnitettävät komponentit asennetaan. DIN-kisko on metallikisko, jolla on standardileveys ja DIN-tyyppinen profiili. Ohjausyksikkötarkoitukseen suunnitelluissa sähkökomponenteissa on yleisesti tämä kiinnitysmekanismi. Suomessa yleisimmin käytetty DIN-kisko on 35 mm leveä. DIN-kiskon leveys ohjaa osittain komponenttien valintaa, sillä niiden pitää olla DIN-kiskoyhteensopivia.

DIN-kiskoston ympärille asennetaan kaapelikourut, jotka kiertävät kaapin ulkoreunat sekä asennuslevyn keskeltä. Kaapelikourut mahdollistavat yksikköön tulevien sähköjohtojen siistin ja järjestelmällisen reitittämisen. Ne lisäävät sähkötyöturvallisuutta pitämällä yksikön siistinä ja johtimet turvallisesti nipussa vähentäen asennustyön aikaista takertumisvaaraa ja näin vähentäen riskiä, että jo asennetut johtimet irtoavat kiinnikkeistään. Kaapelikourut toimivat häiriöeristeenä muodostaen eristettä sähköisten komponenttien välille. (Realpars 2019.)

Kotelon ”lattiassa” on alla olevan kaavion (Kuva 5) mukaisesti koneistettu reiät päävirtakaapelille, sensorien LAN-liittimille ja kaapeleiden läpivienneille. Lisäksi jäähdytykseen käytettävät paineilmaletkujen liittimet viedään näistä aukoista, ja jokaisella sensorilla on tietoliikennekaapeli ja virtakaapeli, kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 5: Kotelon pohjan läpivientisuunnitelma



Kuva 6: Läpiviennit liittimiseen ja suojaukseen

### 3.2 Pääkatkaisija ja vikavirtasuojakytkin

Päävirtakytkimen avulla ohjausyksikkö tarvittaessa erotetaan eli eristetään sähköisesti syötöstä. Pääkytkimen jälkeen sijoitetaan ylijännitesuojaus, joka suojaa yksikön kaikkia laitteita sähköpiikeiltä ja ylijännitteeltä. Sähköpiikki voi aiheutua ukkosen iskusta tai sähköverkon sähköpiikistä. (Realpars 2019.) Pääkatkaisijaksi valittiin Shneider Electricin TeSys Switch body katkaisija mustalla vääntimellä (Kuva 7). Siinä on 3 napaa ja se on 25A katkaisija. Katkaisijalle on koneistettu läpivienti kotelon vasempaan seinään.



Kuva 7: Shneider Electricin TeSys Switch body pääkatkaisija mustalla vääntimellä (sähkonumerot.fi n.d.)

Vikavirtasuojakytkimeksi valittiin ABB:n DS201 C6 A30 (Kuva 8). DS201-sarja on kaksimoduulinen vikavirtasuojakatkaisija, joka on suunniteltu yksivaiheisten piirien suojaamiseen ylikuormitus- ja oikosulkuvirtoja vastaan. Se tarjoaa suojan maasulkuvirran vaikutusta vastaan ja tuottaa suojan epäsuoria kosketuksia vastaan. (ABB n.d.)



Kuva 8: DS201 C6 A30 vikavirtasuojakytkin (ABB n.d.)

### 3.3 Virtalähde

Ylijännitesuojauksen jälkeen voidaan sijoittaa tarvittaessa muuntaja, jolla voidaan laskea jännitettä, jotta pienemmätkin laitteet saadaan toimimaan niiden vaatimalla jännitteellä. Jos ohjausyksikköön tuleva verkkojännite on yli 230 V, yleisesti käytetään muuntajaa, joka laskee sen 230 volttiin. 230 voltista alaspäin käytetään virtalähdettä laskemaan jännite 24 volttiin. (Realpars 2019.)

Virtalähdettä valittaessa se tulee mitoittaa oikein. Toimilaitteiden käyttöjännite määrittää ulostulojännitteen ja niiden yhteenlaskettu virrankulutus määrittää tarvittavan ulostulovirran. Kaikki järjestelmän toimilaitteet toimivat +24 VDC jännitteellä, joten virtalähteen tulee tuottaa 24 volttia tasavirtaa. Virrankulutus määräytyy 3 kameran ja 3 valonlähteen, teollisuus PC:n ja PLC-yksikön yhteisestä virrankulutuksesta.

Valonlähteiden yksittäiset pulssit tuotetaan valotusyksikössä olevasta kondensaattoripankista ja lisäksi valonlähteen maksimipulssisuhde on rajattu. Maksimipulssisuhdeella ja minimi ~20 V:n käyttöjännitteellä maksimi keskimääräinen virrankulutus on 0,3 A, joka on ilmoitettu valonlähteiden sarjanumerotarrassa. Valonlähteen käynnistystilanteessa kondensaattoripankin lataus vie hetkellisesti ~1 A virran. Kun lasketaan yhteen kaikki toimilaitteet, virrankulutus on yhteensä noin 6 A.

Virtalähteeksi on valittu MEAN WELL HDR-150-24 AC/DC DIN Rail Power Supply (PSU), ITE, 1 Output, 150 W, 24 VDC, 6.25 A (Kuva 9). Tämä virtalähde on tarkoitettu teollisuuden automaatiota ja mekaniikkaa ohjaavien laitteiden virtalähteeksi. Siinä on 35 mm DIN-kiskokiinnitys ja erittäin ohut ja tilaa säästävä kotelointi. Virtalähteellä saavutetaan 91 prosentin hyötysuhde -30 C- +70C lämpötilassa. (Mean Well n.d.)



Kuva 9: MEAN WELL HDR-150-24 (Mean Well n.d.)

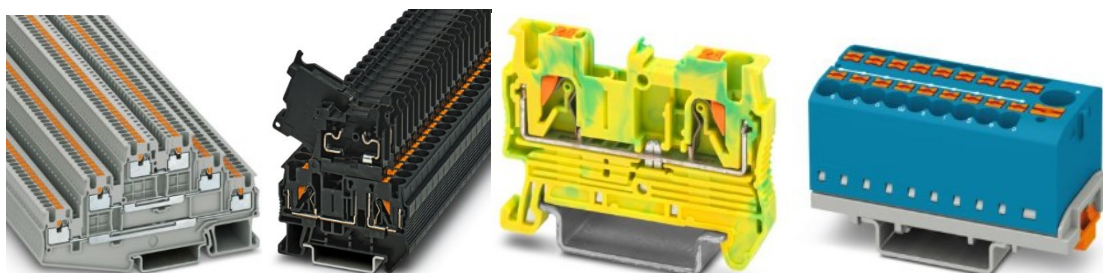
### 3.4 Sulakkeet ja riviliittimet

Virtalähteen jälkeen voidaan 24 V ja 0 V jännitteet johtaa riviliittimien avulla laitteille. Näin tehtäessä mahdollistetaan jännitteen jakaminen helposti monelle eri laitteelle sähköturvallisesti. Riviliittimillä saadaan aikaan johtimille standardin mukaisia liitäntäpisteitä. Yksikerroksinen riviliitin koostuu kahdesta liitinpisteestä, jotka on johdettu yhteen. (Realpars 2019.) Riviliitin ryhmään pystytään sen nimen mukaisesti liittämään monta liitintä riviin pitkin DIN-kiskoa.

Riviliittimet ovat liitäntäpisteitä johtimille, joiden yksittäisiä liitinpareja voidaan liittää mekaanisesti toisiinsa riviin. Tästä se saa nimensä riviliitin. Riviliitin kiinnitetään kaappiin DIN-kiskoon. Riviliittimen avulla voidaan haaroittaa johtimia. Riviliitintä käytetään usein siihen, että kaapin ulkopuolisia johtimia kytketään riviliittimeen, jonka toiseen päähän on kytketty keskuksen sisäinen johdin. Tässä työssä riviliittimiä käytettiin +24 V ja 0 V jännitteen jakamiseen sensoreille ja muille toimilaitteille. Lisäksi kaapissa on riviliitin 0 V puolelle. Riviliittimissä liitinruuvi tai jousiliitin puristaa johtimen liitinrungon ja virtakiskon väliin. Virtakisko yhdistää liitinpisteet. Liitinruuvi avataan ruuvin kannan kuvion määrittävällä ruuvimeisselillä ja jousiliitin avataan painamalla ruuvitaltalla koloon liitinpisteen vieressä.

Tilan säästämiseksi sensoreiden virranjakeluun käytetään kolme kerroksista riviliitintä. Alariviin on kytketty 0 V:n jännite, keksiriviin +24 V:n jännite ja yläriviin kameran ja strobe-valonlähteen välinen ohjaussignaali. Alarivin 0 V liittimet on kytketty yhteen hyppyjohdinliittimellä, joten siihen on 0 V terminaalista liitetty vain yksi johdin. Ylärivi on liitetty hyppyjohtimilla siten, että ne muodostavat liitinparit kameroille ja strobe-valonlähteille.

PT 1,5/S- 3 L - Multi-level terminal block riviliitin valikoitui parhaaksi vaihtoehdoksi. Siinä on kolme kerrosta, jotka on varustettu jousiliittimillä. Tämä mahdollistaa helpon ja nopean asennuksen ja niiden muutoksen.



Kuva 10: Käytetyt riviliittimet. 1. PT 1,5/S- 3 L - Multi-level terminal block 2. PT 4-HESI (5X20) - Fuse modular terminal block 3. PT 2,5-PE - Ground terminal 4. PTFIX 6/18X2,5-NS35 BU - Distribution block (Phoenix Contact 2025)

Phoenix contact PT 4-HESI (5X20) - Fuse modular terminal block on riviliitin, johon voidaan asentaa putkisulake johdonsuojaksi. Sulakemoduulinen riviliitin määrittää sen läpikulkevan virran perustuen putkisulakkeeseen, joka siihen on asennettu. Kyseinen riviliitintyyppi on käytössä yleisesti konerakentamisessa. Tästä liitinmoduulista

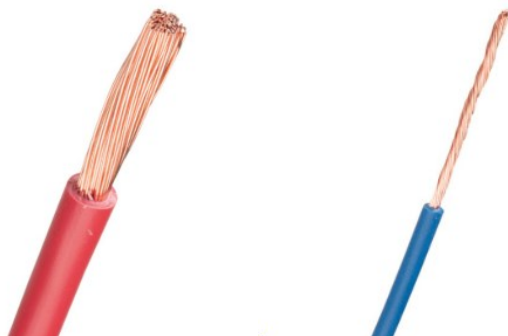
jatketaan johtimet +24 V riviliittimeen. Jokaisessa sulakemoduuliliittimessä on lasiputkisulake, joka on valittu 24 V liittimestä eteenpäin lähtevien johtimien suojausvaatimusten perusteella. Sulakkeiden koko vaihtelee 2–6 ampeerin välillä riippuen siitä, mitä laitetta ne suojaavat. Laittevalmistajan tekninen dokumentaatio ilmoittaa, millaisen suojauksen laite tarvitsee. Lisäksi toimilaitteiden kaapelit ilmoittavat merkinnöissä, mikä on niiden virrankestokyky.

Suojamaadoitusriviliittimeen kytketään laitteiden suojamaajohtimet. Tämä liittintyyppi maadoittaa itsensä DIN-kiskoon. Suojamaadoitus riviliittiminä käytetään PT 2,5-PE - Ground terminal riviliittimiä.

PTFIX 6/18X2,5-NS35 BU - Distribution block:in avulla jaetaan virtalähteen 0 V linja monikerroksisen riviliittimen riviliitinkerrokseen, joihin on liitetty toimilaitteiden 0 V linja.

### 3.5 Johtimet ja kaapelit

Johtimina +24 VDC ja 0 VDC virranjakelussa käytetään NEXANS GS H05V2-K 0,75 mm<sup>2</sup> johdinta (Kuva 11). +24 VDC johtimet ovat punaisella PVC-muovilla eristettyjä ja 0 VDC johtimet eristetty sinisellä PVC-muovi eristeellä. Suojamaadoitusjohtimena käytetään LAPPKABEL:n 1,5 mm<sup>2</sup> halkaisijan keltavihreällä eristeellä merkattua johdinta.



Kuva 11: NEXANS 0,75 mm<sup>2</sup> kuparijohdin punaisella ja sinisellä PVS-muovi eristeellä (Nexans 2018)

Sensorit yhdistetään virranjakeluun erilaisilla monijohtimisilla kaapeleilla. Johtimet kaapelin sisässä on värikoodattu eriväreillä. Kamerasta sekä valonlähteestä riippuen eri väriset johtimet ovat eri rooleissa, joiden mukaan ne pitää asentaa yksilöllisesti virranjakoriviliittimiin. Näissä kaapeleissa yhden johtimen paksuus on 0,25 mm<sup>2</sup>, jolloin ilmoitettu nimellisvirta on kaapelikohtaisesti 1,5–2 ampeeria.

Jokaiseen kuparijohtimeen on asennettu johtimen poikkipinta-alaan sopiva johdinholkki. Johdinholkki suojaa johtimen kuparisäikeitä ja auttaa niitä pysymään kiinni toisissaan. Holkki puristetaan johtimeen kiinni puristamiseen tarkoitetuilla pääteholkkipihdeillä. Holkki helpottaa myös johtimen asentamista liittimiin ja varmistaa johtimen oikeaoppisen toimivuuden.

Tiedonsiirrossa käytetyt kaapelit ovat CAT 6 S/FTP LAN kaapeleita. Nämä kaapelit yhdistävät kamerat ja PLC:n tietokoneeseen. Kotelon pohjassa on kolme LAN läpivientiliitintä, joihin on viety kaksi CAT 6 kaapelia tietokoneesta. Läpivientiliittimien toiseen päähän liitetään kaksi kameraa. Yksi kameroista on liitetty suoraan tietokoneeseen. Kolmas läpivientiliitin on varattu ulkoista tietokonetta varten, joka voidaan liittää osaksi ohjausyksikköä tätä kautta.

### 3.6 Tietokone ja PLC

Ohjausyksikön ”äly” muodostetaan laitteilla, jotka hallitsevat ja tarkkailevat ohjausyksikön ohjaamia toimilaitteita. Näitä ovat esimerkiksi teollisuus PC tai PLC (Programmable Logic Controller). PLC-ohjain on prosessin aivot, joka kontrolloi sen prosessoriin ohjelmoidulla koodilla toimilaitteita. PLC-ohjaimen on liitetty input- ja output-liitäntäpaneelit mittaussignaalien vastaanottamiselle ja ohjaussignaalien lähettämiseksi. Näihin paneeleihin voidaan liittää riviliittimet DO ja DI-signaaleja tarvitseville ja tuottaville komponenteille. (Realpars 2019) DI-liittimiin voidaan kytkeä lähestymis- ja rajakytkimiä tai valoverhoja ja DO-liittimiin releiden kautta toimilaitteita kuten venttiilejä.

Releet auttavat toimilaitteiden päälle/poiskomentojen suorittamisessa. Jotkut toimilaitteet eivät kuitenkaan tarvitse releitä toimiakseen halutulla tavalla. Pienet releet ohjaavat yksinkertaisia laitteita, kuten valoja ja venttiilejä, mutta vaativampia laitteita ohjataan kontaktoreilla. (Realpars 2019.)

Prosessin toiminnot voidaan ohjelmoida suoraan PLC-ohjaimen prosessoriyksikköön. Vaativampaa käyttöä ja tarkkailua tarvitsevista prosesseista yksikköön voidaan liittää teollisuus PC tai HMI (Human Machine Interface). HMI käyttöpaneeli voidaan asentaa koteloinnin oveen, viedä lähemmäksi ohjattavaa laitetta reaaliaikaisempaa tarkastelua varten tai sijoittaa suuremman kokonaisuuden tarkkailuhuoneeseen. (Realpars 2019.)

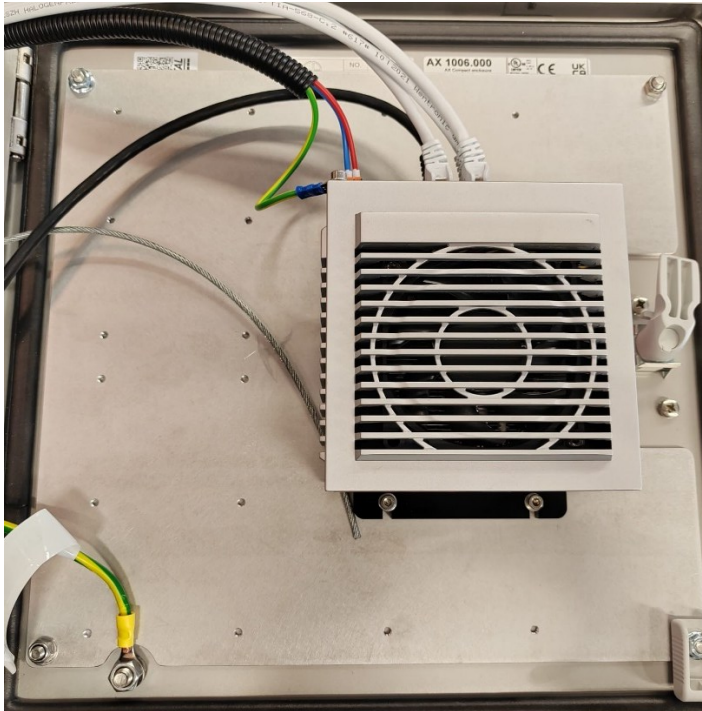
Tähän ohjausyksikköön valitaan tietokoneeksi Beckhoff C6030-0070 teollisuustietokone (Kuva 12). Se vastaanottaa sensoreilta saaman tiedon ja analysoi siihen asennetulla ohjelmistolla saapuvaa kuvaa ja muuttaa sen käytettäväksi dataksi. C6030-0070 soveltuu hyvin tähän kolmen sensorin ohjausyksikköön, sillä siinä on tarpeeksi LAN portteja ohjaamaan PLC:tä, sekä kaikkia sensoreita



Kuva 12: C6030-0070 teollisuustietokone (Beckhoff 2024)

Tietokone toimii 24 VDC jännitteellä, joten se ei tarvitse erillistä toista virtalähdettä. C6030-0070:ssa on erittäin hyvä kiinnitysjärjestelmä, sillä sen voi asentaa alla olevan kuvan mukaisesti ja kiinnitys telakkaa pystyy kääntämään 90-asteen välein. Telakka mahdollistaa tietokoneen kiinnittämisen monipuolisesti, mikä helpottaa kotelon rajallisen tilan käyttöä.

Rittal oli muuttanut kotelon etuoven kiinnikkeiden paikkoja viimeisimmissä koteloihinsa, joten oveen suunniteltiin uudenlainen taustalevy PC:n kiinnittämistä varten. 3D-mallinnuksen jälkeen levy koneistettiin tilaustyönä alihankkijalta. Kiinnitysreiät ovat M5 kierteisiä ja ne on sijoitettu siten, että PC:n kiinnitystelakkaa pystytään kääntämään ja asettamaan haluttuun kohtaan. Haluttu kohta määräytyy koteloon asennettujen muiden komponenttien sijainnin mukaan. Tässä tapauksessa PC asennettiin oikeaan reunaan keskelle (Kuva 13), jotta se ei ovea suljettaessa taita LAN-kaapeleita tai muita asennettuja johdotuksia.



Kuva 13: PC kiinnitettynä kotelon ovessa olevaan kiinnityslevyyn

Tietokoneeseen on liitetty ohjelmitavaloogiikkaohjain Beckhoffin CX7000 (Kuva 14). Tällä ohjataan sovelluksen kautta sensoreiden linssinhuuhtelua ja tarvittaessa muita haluttuja toimintoja. Tässä työssä linssinhuuhtelua ei ole asennettu, sillä ohjausyksikkö on tarkoitettu EMC-testattavaksi. Testattavaksi jää siis pelkästään CX7000 laitteisto.



Kuva 14: CX7000 (Beckhoff 2025)

### 3.7 Jäähdytys

Ohjausyksikön jäähdytys suoritetaan paineilmalla. Paineilma tuodaan kotelon pohjasta läpivientiliittimellä. Virtauksen voimakkuutta säädetään manuaalisesti säädettävällä venttiilillä. Pohjan läpiviennistä viedään Y-haara liittimellä jäähdytys myös yhteen sensoreista. Paineilma luo ohjausyksikön koteloon ylipaineen, joka tekee siitä entisestään pölynkestävämmän. Paineilmaletkuina käytetään 6 mm ja 8 mm halkaisijan pneumatiikkaletkua.

## 4 Sähkösuunnittelun parantaminen

Osana työtä on tarkoituksena parantaa yrityksen sähkösuunnittelua ja dokumentaation tuotantoa. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon komponenttien sijoittaminen niiden ominaisuuksien kuten potentiaalierojen ja lämpenemisen mukaan. Sähkösuunnittelun projektirakenteella sekä tuotteiden piirustusohjelmien luomisella vakinaistetaan ja nopeutetaan projektin läpivientiä sekä helpotetaan suunnitteluvaihetta.

Yrityksen sähkösuunnittelu ei aikaisemmin sisältänyt standardin mukaisten dokumenttien luomista. EPLAN Electric P8 ohjelmalla projektirakennetta mukauttamalla saadaan automaattisesti generoitua halutut dokumenttityypit.

### 4.1 Suunnitteluohjelmisto

#### 4.1.1 EPLAN-suunnitteluohjelmisto

Yritys otti käyttöön uuden EPLAN-suunnitteluohjelmiston, jonka tarkoituksena oli helpottaa suunnittelun yhdenmukaisuutta ja nopeuttaa prosessia. EPLAN on sähkö-, automaatio- ja mekaniikkasuunnittelun ohjelmisto, jota käytetään teollisuuden konerakennuksen suunnitteluun. EPLAN mahdollistaa projektirakenteen luomisen yrityksen tarpeisiin ja se generoi automaattisesti halutut standardien mukaiset dokumentit. (EPLAN 2025.) Lisäksi EPLAN tarjoaa laajan valikoiman eri laitteiden makroja, jotka ovat valmiita laitepiirustuksia. EPLAN ohjelmistoperheeseen kuuluu seuraavat ohjelmistot

- EPLAN Electric P8
- EPALN Pro Panel
- EPLAN Fluid
- EPLAN Preplanning
- EPLAN Engineering Configuration (EEC)
- EPLAN Cogineer
- EPLAN Harness proD
- EPLAN eVIEW
- EPALN eBUILD
- EPLAN Data Portal
- EPLAN ERP/PDM Integration Suite. (EPLAN 2025.)

#### 4.1.2 EPLAN Electric P8 2025 -ohjelmisto

EPLAN Electric P8 on suunnittelujärjestelmä, jolla yritys voi hoitaa koneiden ja laitteistojärjestelmien sähkösuunnittelun. Se on suunniteltu sähkö- ja automaatiojärjestelmien suunnitteluun. EPLAN nopeuttaa suunnittelua useilla automatisoiduilla toiminnoilla, joilla voidaan luoda suuriakin dokumentaatioita generoimalla ne suoraan sähköpiirustuksesta. Yksi parhaista ominaisuuksista on kuitenkin EPLAN:in kattava valikoima laitevalmistajien komponenttien makroista. Makrot ovat valmiita piirustuksia komponenteista, joita voidaan helposti kopioida ja siirtää. Suunnittelija voi myös luoda makroja itse ja tallentaa ne makrokirjastoon. Useat laitevalmistajat tarjoavat makrot verkkosivuillaan, josta ne voi helposti ladata EPLAN:iin. (EPLAN 2025.)

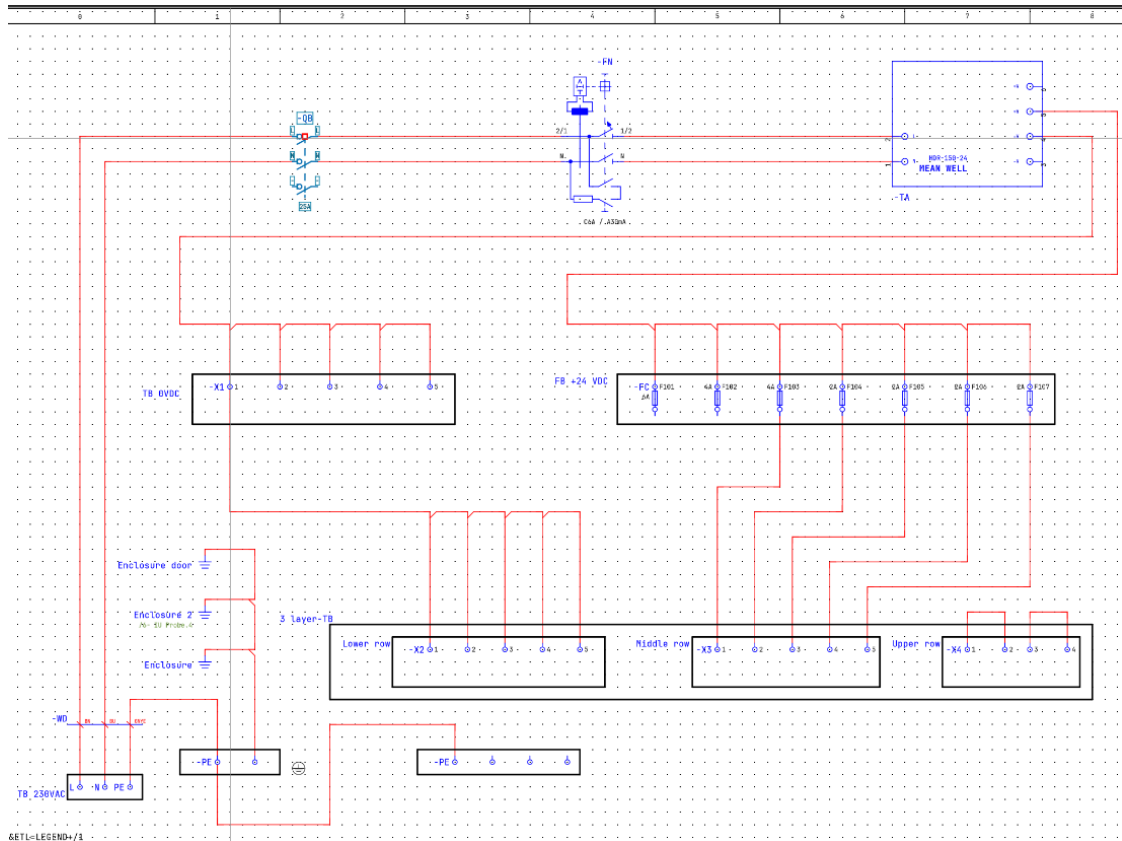
Keskeisimpiä ominaisuuksia EPLAN Electric P8 ohjelmistossa on sähkökaavioiden suunnittelu. Suunnittelu tukee laajasti kansainvälisiä standardeja. Electric P8 generoi automaattisesti konesuunnittelustandardien mukaiset taulukot, kuten osaluettelo (BOM), kaapeliluettelot ja liitintaulukot. Taulukot päivittyvät dynaamisesti. Komponenttien ja materiaalien hallinta tapahtuu tietokannan kautta, jolla virheiden mahdollisuus pienenee. Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on kuitenkin reaaliaikainen virheiden tarkistus. Ohjelmisto havaitsee suunnitteluvirheet ja ristiriitaisuudet. Suunnitelmat voidaan tarkastaa tarkastustyökalulla, joka tuottaa virheraportit ja ohjeistaa virheen paikan ja laadun. EPLAN kirjastosta pystyy tarkastamaan hakukoneen avulla, miten virhe voidaan korjata ja mistä se johtuu. Virheiden korjaaminen voi aluksi tuntua vaivalloiselta, sillä niitä tulee paljon ohjelmiston monitoiminnallisuuden takia. (EPLAN 2025.)

#### 4.2 Dokumentaatorakenne

Piirustuksilla ja dokumentaatiolla on tärkeä rooli tekniikan laitteiden valmistus- ja asennusprosessissa. Niitä tarvitaan uusien laitejärjestelmien suunnittelussa, asennuksessa ja tulevassa huollossa. Erityisen tärkeä rooli piirustuksilla on vian paikantamisessa. (Ahoranta, 2018, s. 128.)

Piirustuskaavioilla esitetään piirin rakenne ja toiminta. Yleisimpiä kaaviotyyppisiä ovat yleiskaavio, piiri- ja liitântäkaaviot. Yleiskaaviossa esitetään sähkölaitteet niiden todellisessa järjestyksessä ja päävirtapiirit sekä niihin liittyvät laitteen yleispiirrosmerkeillä. Liitântäkaavio antaa laitteiden kokoonpanossa ja asennuksessa tarvittavat tiedot laitteiden välisestä johdotuksesta. Siinä kerrotaan myös käytettävät kaapelit ja johtimet sekä niiden tunnuksat. Liitântäkaavio voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen johdotukseen. Ulkoinen johdotus tarkoittaa laitteen ulkopuolisia johtimia ja sisäinen johdotus tarkoittaa laitteen sisäisiä johtoja. (Ahoranta, 2018, s. 131–132.)

EPLAN Electric P8:lla luotiin ohjausyksiköstä yleiskaavio ja liitântäkaavio. Yleiskaaviossa kuvataan ohjausyksikön virranjako ja laitteet (Kuva 15).



Kuva 15: Yleiskaavio ohjauksyksikön virranjakelesta

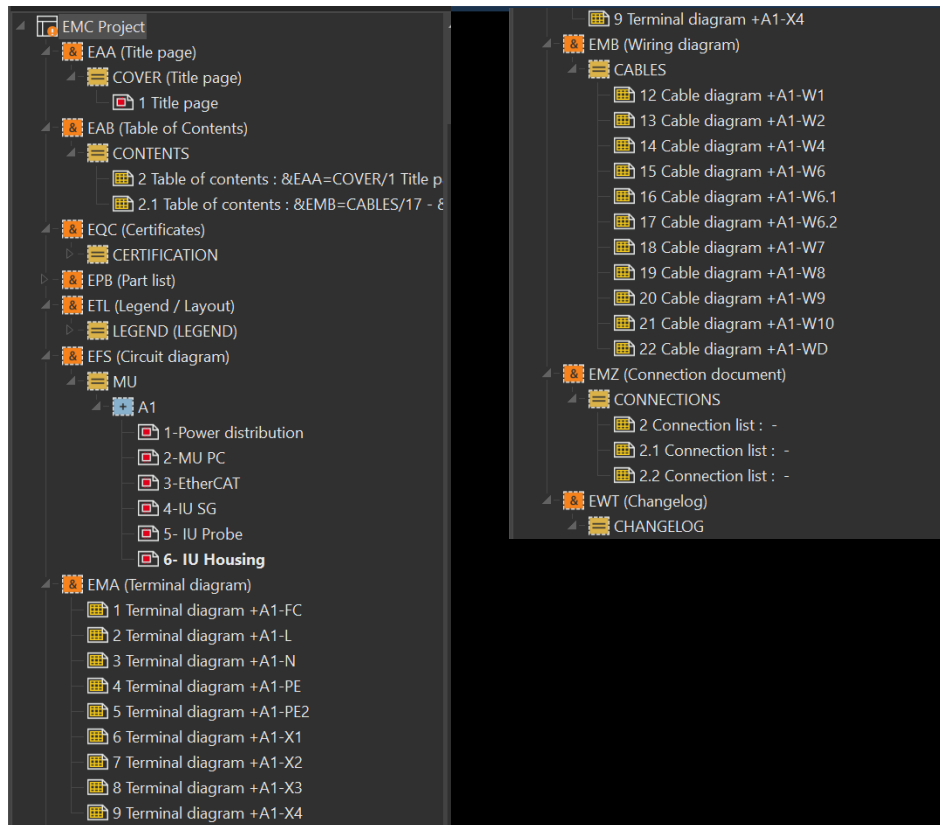
Dokumentaatorakenne sisältää dokumenttityypit, jotka standardin mukaan laitevalmistajan tulee luovuttaa asiakkaalle. Electric P8 avulla voidaan automaattisesti generoida ja päivittää halutut ja ennalta määritetyt taulukkotyytit.

Dokumentaatorakenne (Kuva 16) sisältää

- Otsikkosivu (Title page EAA)
- Sisällysluettelo (Table of contents EAB)
- Todistukset (Certificates EQC)
- Osaluettelo (Part list EPB)
- Selitteet (Legend ETL)
- Piirikaaviot (Circuit diagram EFS)
- Riviliitin diagrammi (Terminal diagram EMA)
- Johdotus (Wiring diagram EMB)
- Liitännät (Connection document EMZ)
- Muutosloki (Changelog EWT).

Kirjainlyhenteet dokumentaatioissa on määritetty IEC 61355-1 "Classification and designation of documents for plants, systems and equipment" mukaan. Standardi

kuvaa säännöt ja ohjeistuksen dokumenttien yhtenäistä luokittelua ja tunnistamista varten niiden ominaisen sisällön perusteella. (IEC 61355-1:2008.)



Kuva 16: Projektin dokumentaatorakenne

## 5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa automaatio-ohjausyksikkö, joka ohjaa kolmea konenäkösensoria. Kokonaisuus lähetetään EMC-testiin, joka on osa vaatimustenmukaisuuden täyttämistä. Tällä ratkaisulla säästetään aikaa, rahaa ja henkilöresursseja, sillä kaikki laitteet voidaan testata yhdellä testikerralla. Suunniteltu kokonaisuus noudattaa piensähköasennukisa ja koneen suunnittelua sekä muita sille asetettuja ohjaavia standardeja. Projekti alkoi 9/2024 ja päättyi 12/2024.

Ohjausyksikön lisäksi työ sisälsi uuden suunnitteluohjelman käyttöönoton sekä piirustusohjelmien ja dokumentaatorakenteen luomisen. Yritys otti käyttöön EPLAN-suunnitteluohjelmiston. Projektin edetessä dokumentaatorakennetta muokattiin ilmenevien tarpeiden mukaan, ja piirustusohjelmia sekä piirustustekniikkaa kehitettiin projektin edetessä. Edellä mainituista osakokonaisuuksista luotiin testiversioita, joita tarkasteltiin ja parannettiin peilaamalla yrityksen vanhoja käytäntöjä uusiin suunnitteluohjelmiston mahdollistamiin tapoihin ja ominaisuuksiin.

Työskentely alkoi EPLAN-suunnitteluohjelman käyttöönotolla ja sen käyttämisen opettelulla. Piirustusohjelmat ja dokumentaatorakenne tehtiin ja niihin alettiin suunnitella ohjausyksikköä vanhojen tuotteiden pohjalta. Suunnittelun aikana alettiin kartoittamaan osien saatavuutta, mitä oli jo saatavilla varastossa ja mitä on tilattava. Uusien osien saatavuus vaihteli hyvin paljon ja toimitusajat vaihtelivat muutamasta päivästä 2–3 kuukauteen. Vaikka toimitusajat oli otettu huomioon, aiheuttivat ne hankaluuksia projektin aikana, sillä projektin aikataulu oli suhteellisen lyhyt, eikä suurempiin viivästyksiin ollut varaa. Myös jatkossa suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon komponenttien vaihtelevat toimitusajat.

Ohjausyksikön kokoonpanoa suoritettiin asteittain koko projektin ajan sitä mukaan, kun osia saatiin toimittajilta. Ohjausyksikön ja sensorien osat ovat hyvin arvokkaita, joten kokoonpanossa on noudatettava erityistä huolellisuutta ja asennusohjeisiin ja tekniikoihin on perehdyttävä tarkasti ennen asennustyön aloitusta. Lisäksi monessa tilanteessa suunnitelmasta poikettiin esimerkiksi alkuperäisten komponenttien sijoittelun suhteen, kun huomattiin, että tilankäytöllisesti parempia ratkaisuja ilmeni.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja sen aikana saatiin aikaan toimiva automaatio-ohjausyksikkö, sekä parannettua yrityksen sähkösuunnitteluprosessia. Nyt yrityksen on mahdollista luoda jokaiselle tuotteelle oma projektipohja, johon voidaan vain päivittää uudelle asiakkaalle tehtävät mukautukset. Näin suunnitteluprosessi helpottuu ja nopeutuu huomattavasti, kun dokumentaatio on tehty osin valmiiksi jo uuden projektin alkaessa.

Tämä työ on tarkoitettu luettavaksi niille, jotka haluavat perehtyä automaatio-ohjausyksikön suunnitteluun ja tarvitsevat opastusta siihen, mitä ohjausyksikön suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Lisäksi osana työtä on mukana esimerkki toteutus ohjausyksikön rakenteesta ja siihen käytettävistä komponenteista.

Suunniteltu ohjausyksikkö ei ole myytävä tuote vaan puhtaasti tarkoitettu testaustoimintaan. Kuitenkin jatkossa sen runkoa voi pienten muutosten jälkeen käyttää myytävänä tuotteena ja sen kaikki osat voidaan uudelleen sijoittaa myytäviin tuotteisiin. Ohjausyksikön suunnitelmaa ja piirustuksia voidaan käyttää

tarkkailupohjana, jos EMC-testituloksissa ilmenee joitakin seikkoja, miksi ohjausyksikön rakennetta tai komponentteja tulisi kehittää.

Työ saatetaan loppuun kevään 2025 aikana, jolloin EMC-testit suoritetaan. Testin tulosten perusteella voidaan suorittaa jatkotoimenpiteet, jos kehitettävää ilmenee. Suunnitteluohjelmiston käyttöönoton jatkamiseksi ja suunnitteluprosessin jatkokehittämiseksi voidaan ohjelmiston automaattiominaisuuksia ottaa paremmin käyttöön sekä luoda laajemmin piirustuksia yrityksen tuotteista. Yritys voi esimerkiksi ottaa käyttöön ohjelmiston lisäosia, kuten layout-suunnitteluun tarkoitettua EPLAN 2D Layout:in.

## Lähteet

ABB n.d. DS201 C6 A30. Verkkosivu.

<https://new.abb.com/products/2CSR255180R1064/ds201-c6-a30> Viitattu 14.1.2025

Ahoranta, Jukka 2018: Sähköasennustekniikka. Sanoma Pro Oy, Helsinki

Ahoranta, Jukka 2020: Sähkötekniikka. Sanoma Pro Oy, Helsinki

Aura, Lauri ja Tonteri, Antti J., 1995: Teoreettinen sähkötekniikka, WSOY, Porvoo

Beckhoff 2024. C6030-0070 | Ultra-compact Industrial PC. Verkkosivu.

<https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/pcs/c60xx-ultra-compact-industrial-pcs/c6030-0070.html> Viitattu 12.12.2024

Beckhoff 2025. CX7000 | Embedded PC with Arm® Cortex®-M7 processor.

Verkkosivu. <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/embedded-pcs/cx7000-arm-r-cortex-r/cx7000.html>. Viitattu 16.1.2025.

EPLAN n.d. EPLAN. Verkkosivu. <https://www.eplan.fi/>. Viitattu 14.1.2025.

EPLAN n.d. EPLAN Platform. Verkkosivu. <https://www.eplan.fi/ratkaisut/eplan-platformin-edut/>. Viitattu 14.1.2025

Farnell n.d. Glass and ceramic tube fuses. Verkkosivu.

<https://www.farnell.com/datasheets/2724312.pdf>. Viitattu 11.11.2024.

MEANWELL n.d. HDR-150-24. Verkkosivu. <https://www.meanwell-web.com/en-gb/ac-dc-ultra-slim-din-rail-power-supply-input-range-hdr--150--24>. Viitattu 25.11.2025.

Nexans 2018. Yhdyskaapelit. Verkkosivu. <https://www.nexans.fi/fi/products/Building-cables/Flexible-cords.html>. Viitattu 16.1.2025.

Phoenix Contact 2025. Distribution blocks for load and control current distribution.

Verkkosivu. <https://www.phoenixcontact.com/en-pc/>. Viitattu 14.12.2024.

Realpars. 2019: What is an Electrical Control Panel? (PLC Panel Basics). YouTube-video. Julkaisija Realpars 15.4.2019. [https://www.youtube.com/watch?v=twBJpeJh\\_Cc](https://www.youtube.com/watch?v=twBJpeJh_Cc). Viitattu 25.11.2024.

Rittal 2025. Rittal-The System, AE-kytkentäkaapit Ruostumaton teräs. Verkkosivu <https://www.rittal.com/fi-fi/products/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PRO0026?variantId=1006600>. Viitattu 15.11.2024.

SFS 6000-1:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/1141256.html.stx> Viitattu 20.10.2024

SFS 6000-4-43:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus. Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki. <https://online.sfs.fi/fi/index/hakutulos.html.stx>. Viitattu 3.10.2024

SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/712944.html.stx> Viitattu 13.10.2024

SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019. Sähkölaitteiden koteloitiluokat (IP-koodi). Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/766874.html.stx> Viitattu 9.10.2024

SFS-EN IEC 60445:2021. Perus- ja turvallisuusperiaatteet ihmisen ja koneen väliselle rajapinnalle, merkinnöille ja tunnistamiselle. Laiteliittimien, johdinpäiden ja johtimien tunnistaminen. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/1044004.html.stx>. Viitattu 1.11.2024

SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki.

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/1154016.html.stx>

Viitattu 3.10.2024

SFS-EN IEC 81346-2:2019. Teollisuuden järjestelmät, asennukset ja laitteet sekä teollisuustuotteet. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset. Osa 2: Kohteiden luokittelu ja luokkia vastaavat koodit. Suomen Standardoimisliitto SFS ry, Helsinki.

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/8/856084.html.stx> Viitattu 10.11.2024

STEK, 2009. Johdonsuojakatkaisija. Verkkosivu.

[https://web.archive.org/web/20140528013205/http://www.stek.fi/sahkon\\_kaytto\\_kotona/kodin\\_sahkoverkko/fi\\_FI/johdonsuojakatkaisija/](https://web.archive.org/web/20140528013205/http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/johdonsuojakatkaisija/). Viitattu 16.10.2024.

Sähköinfo, 2022: Sähköasennukset 1, Grano Oy, Espoo

sahkonumerit.fi n.d. Pääkytkin TeSys - Pääkytkin 3x25A musta väännin - Schneider Electric. Verkkosivu. <https://www.sahkonumerot.fi/>. Viitattu 15.1.2025

Toivanen, Miro 2012: EMC-laboratorion testaus, Metropolia Ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49116/EMC-laboratorion%20testaus.pdf?sequence=1>