

PIIRIKAAVIOIDEN SUUNNITTELU JA PIIRIKAAVIOHAKEMISTON LAATIMINEN

Juotasniemi Antti

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2022

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri AMK

Tekijä	Antti Juotasniemi	Vuosi	2022
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Aila Petäjajarvi		
Toimeksiantaja	Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy		
Työn nimi	Piirikaavioiden suunnittelu ja piirikaaviohakemiston laatiminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	38+1		

Opinnäytetyön aiheena oli laatia ohjeistus piirikaavioiden suunnittelusta ja laatia piirikaaviohakemisto Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy:n käyttöön. Opinnäytetyössä tutkittiin piirikaavioiden ohjauspiirien sähkötekniisessä suunnittelussa ja dokumentoinnissa huomioon otettavia asioita standardeista ja kirjallisuudesta. Piirikaaviohakemisto laadittiin tulevien projektien suunnittelua varten, helposti käytettäväksi kokonaisuudeksi. Hakemiston tarkoituksena oli myös saada piirikaavioille yhtenäinen esitystapa.

Tutkimusosassa käsiteltiin sähkösuunnittelun eri vaiheiden sisältöä ja sähköturvallisuusviranomaisen määrittämien pienjännitstandardien sähkösuunnittelua ohjaavia asioita. Pienjännitstandardista tutkittiin ohjattavien lähtöjen toteutuksen kannalta oleelliset asiat lähdön ylikuormitus, oikosulku ja vikasuojauksen sekä ohjausjännitteen toteuttamiseksi. Tutkittiin myös ohjattavissa lähdoissä käytettäviä kaapeleita ja johdon mitoitusta sekä suojausta. Piirikaavioiden sähkötekniisessä dokumentoinnissa toteutusta selvitettiin dokumentointia ohjaavassa standardissa esitettyjen asioiden perusteella. Ohjauspiirissä käytettäviä komponentteja ja ohjauspiirin toteutusta käsiteltiin osin teollisuuden sähkösuunnitteluun painottuvan kirjallisuuden ja standardien perusteella ja toteutustapoja sovellettiin kiinteistöjen piirikaavioiden suunnitteluun.

Tulokseksi saatiin ohjeistus, jonka perusteella voidaan suunnitella ohjattavan lähdön suojaus, kaapeli ja komponenttivalinnat ja laatia piirikaavio dokumentointia ohjaavan standardin esitystavalla. Tuotannollisessa osassa tuotettiin piirikaaviohakemisto työn toimeksi antaneen yrityksen laatiman piirustusluettelon mukaisesti.

Asiasanat sähkösuunnittelu, sähköpiirustus, virtapiirit, ohjauslaitteet

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Antti Juotasniemi	Year	2022
Supervisor	Aila Petäjäjärvi, M. Eng		
Commissioned by	Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy		
Subject of thesis	Design of circuit diagrams and creating a circuit diagram directory		
Number of pages	38+1		

The subject of the thesis was to prepare a guideline on the design of circuit diagrams and to prepare a circuit diagram directory for the use of Electrical-engineering company Esko Laakso Oy. The thesis examined the issues taken into account in the electrotechnical direction and documentation of circuit diagram control circuits in standards and literature. The circuit diagram directory was prepared for the planning of future projects, as an easy-to-use entity. The directory was also intended to obtain a uniform representation of circuit diagrams.

The study section dealt with the content of the various stages of electrical design and the issues controlling the electrical design of low voltage standards defined by the electrical safety authority. The low-voltage standard examined the most relevant issues for the implementation of controllable outputs to implement output overload, short circuit and fault protection and control voltage. Cables used for controllable outputs and wire sizing and protection were also examined. The implementation of the electrotechnical documentation of circuit diagrams was investigated on the basis of the issues presented in the standard guiding documentation. The components used in the control circuit and the implementation of the control circuit were treated in part on the basis of literature and standards focused on industrial electrical design and implementation methods were applied to the design of circuit diagrams of real estate.

Guidance was obtained on the basis of which to design the control output protection, cable and component selections and prepare a circuit diagram in the presentation of the standard guiding the documentation. In the production part a circuit diagram directory was produced in accordance with a list of drawings prepared by the company that commissioned the work.

Key words electrical design, electrical diagram, electric circuit, control equipment

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 PIIRIKAAVIoidEN SUUNNITTELUN PERUSTEET	6
2.1 Sähkösuunnittelun toteutus	6
2.2 Suunnittelua ohjaavat standardit	7
2.3 Ohjauspiirien suojaus	8
2.4 Ohjausjännite	10
2.5 Ohjauspiirien kaapelit	13
2.6 Ohjattavien lähtöjen kytkennät	16
3 PIIRIKAAVIoidEN SÄHKÖTEKNINEN DOKUMENTOINTI	22
3.1 Sähkötekniistä dokumentointia ohjaavat standardit	22
3.2 Piirikaavioiden laadinta	25
4 OHJAUSPIIRIN KOMPONENTIT	29
5 PROJEKTIN TOTEUTUS	31
5.1 Piirikaaviohakemiston laatiminen	31
5.2 Projektin tuotokset	34
6 POHDINTA	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on piirikaavioiden suunnittelu ja piirikaaviohakemiston laatiminen työn toimeksi antaneen yrityksen käyttöön. Opinnäytetyössä käsitellään standardeissa esitettyjä asioita ohjauspiirien suunnittelusta ja piirikaavioiden piirtämisestä. Aluksi käsitellään sähkösuunnittelun eri toteutusvaiheita ja piirikaavioiden suunnittelun ajankohta. Piirikaavioiden suunnittelussa noudatettavien sähkötekniisten standardien määritelmiä käsitellään suojauksen, ohjausjännitteen, kaapeleiden, kytkentöjen ja mittauspiirin kytkentöjen osalta. Piirikaavion piirtämisessä noudatetaan sähkötekniiselle dokumentoinnille määritettyjä standardeja mistä käsitellään piirikaavion piirtämistä ohjaavat asiat, kuten komponenttien eri sijaintien, tunnuksien ja viitemerkintöjen esittäminen piirikaaviolehdellä. Käsitellään myös jakokeskukseen sijoitettavia ohjauspiirin komponentteja kiinteistöissä yleisimmin käytettyjen ohjattavien lähtöjen osalta.

Opinnäytetyössä on tarkoitus tuottaa piirikaaviohakemisto Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy:n käyttöön, tulevien projektien toteutussuunnittelun dokumenttien tuottamista varten. Piirikaaviohakemiston toteuttamisen lähtökohtina olivat piirikaavioiden esitystavan yhtenäistäminen ja piirikaavioiden kokoaminen selkeästi käytettävään hakemistoon. Hakemistoon on tarkoitus koota keskeisimmät kiinteistöissä käytettävien ohjattujen lähtöjen piirikaaviot.

2 PIIRIKAAVIoidEN SUUNNITTELUN PERUSTEET

2.1 Sähkösuunnittelun toteutus

Sähkösuunnittelun toteutuksen periaatteena on tuottaa dokumentit sähkölaitteiston rakentamista varten. Rakentamista varten tuotetuista dokumenteista laaditaan käyttödokumentit, joihin on lisätty rakentamisen aikana tehdyt muutokset. Käyttödokumentit ovat rakennuksen käyttäjän ja sähkölaitteiston huoltoa varten tarvittavia dokumentteja. Dokumentit laaditaan taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon perusteella. Sähkösuunnittelussa tuotettavissa dokumenteissa käytetään kansallisia piirrosmerkkejä, jolloin saavutetaan selkeästi luettava yleiseen käytäntöön perustuva dokumentti. (ST 13.28 2020, 2.)

Dokumentit jaetaan niissä esitettävän tiedon perusteella piirustuksiin, diagrammeihin, kaavioihin ja taulukoihin. Rakennuksen sähkösuunnittelussa voidaan hyödyntää tietomallinnusta, jolloin sähkölaitteiston rakentamista ja kunnossapitoa varten tarvittavat dokumentit voidaan liittää yhteen ja esittää esimerkiksi komponenttien tietoja liitettynä piirikaavioon. Sähkölaitteiston toiminnasta laaditaan toimintaa kuvaavat dokumentit, kuten yleiskaaviot, toimintakaaviot ja piirikaaviot. Piirikaavioissa esitetään ohjattavien lähtöjen ja virtapiirien yhteen liittävät kytkennät, ja piirikaaviosta voidaan tulkita ohjauksen toiminta. (ST 13.28 2020, 2.)

Dokumentointia veloitetaan valtioneuvoston asetuksessa 1434/2016, jonka liitteessä käsitellään sähkölaitteistojen olennaisia turvallisuusvaatimuksia. Liitteen kohdan 21 mukaisesti tulee sähkölaitteistosta laatia käytön, huollon ja kunnossapidon suorittamiseen tarvittavat kaaviot ja ohjeet. Sähkölaitteistoon täytyy sijoittaa käytön ja huollon kannalta tarvittavat merkinnät ja varoituskilvet. Virtapiireistä esitetään johdot, johtimet sekä ryhmittely, ja virtapiirit merkitään dokumenttia vastaavalla merkinnällä. (ST 13.28 2020, 5.)

Sähkölaitteiston suunnittelu aloitetaan hankesuunnittelulla, jossa kartoitetaan suunnittelun lähtötiedot rakennuksen käyttötarkoitus ja tilaajan ohjeet huomioiden. Lähtötiedoista laaditaan ohjeistus sähkölaitteiston suunnittelulle, jossa kartoitetaan sähköjärjestelmät ja niiden laatutavoitteet. Hankesuunnittelussa määritetään nykyisten ja uusien liittymien toteutus sekä teknisten tilojen alustava sijainti. (ST 13.28 2020, 10.)

Suunnittelun seuraava vaihe on ehdotussuunnittelu, jossa tarkistetaan hanke-suunnittelun asioita ja suunnitellaan eri tapoja toteuttaa sähkölaitteistoon kuuluvat pisteet. Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan asemakuva, jossa esitetään liittymän toteutusratkaisuja sekä periaatekuvat valaistus ja pistesijoittelusta. Ehdotussuunnittelu etenee yleissuunnitteluun, jossa suunnitellaan sähkölaitteiston tila- ja suojausluokat sekä muut sähköjärjestelmän toteutukseen vaikuttavat asiat. (ST 13.28 2020, 10.)

Suunnittelun viimeinen vaihe on toteutussuunnittelu, jossa tarkennetaan edellisten suunnitteluvaiheiden suunnitelmia ja laaditaan ryhmänumeroidut keskusten pääkaaviot sekä piirikaaviot. Toteutussuunnitteluvaiheessa tuotettavia dokumentteja ovat myös ryhmitys- ja johdotuspiirustukset, järjestelmäkaaviot, kaapelivetotaulukot ja laiteluettelot. Toteutussuunnitteluvaiheen dokumentit tuotetaan kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa suunnitellaan hankintoihin liittyvät suunnitelmat ja toisessa vaiheessa toteutukseen liittyvät suunnitelmat. Hankintoihin liittyvät suunnitelmat laaditaan kustannuksien määrittelyä varten ja toteutukseen liittyvissä suunnitelmissa esitetään sähkölaitteiston rakentamisen kannalta oleelliset asiat. (ST 13.28 2020, 11.)

2.2 Suunnittelua ohjaavat standardit

Sähköturvallisuusviranomainen määrittelee sähkölaitteistojen rakentamista ja suunnittelua koskevat standardit. Suomessa sähköturvallisuusviranomainen on Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Sähköturvallisuusviranomainen esittää standardit sähköturvallisuuslain perusvaatimuksien täyttämiseksi. Sähköturvallisuuslaki (1143/2016) ja valtioneuvoston asetukset (1134/2016-1437/2016) määrittävät sähkölaitteistoille niiden turvallisuutta ja rakentamista koskevat velvoitteet. (STEK 2022.)

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston luettelossa S10-2019 on esitetty sähkölaitteistoja koskevat standardit. Luettelon mukaan pienjännitesähkölaitteistojen standarditeoksena on SFS 6000: Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuutta ohjaavana standardina SFS 6002: sähkötyöturvallisuus. Suomessa sähköteknisten standardien laatimisesta vastaa Sesko Ry laatimalla julkaisut eurooppalaisen

ja kansainvälisen standardoimisjärjestöjen tuottamien standardien perusteella ja tekemällä yhteistyötä kyseisten järjestöjen kanssa. (Tukes 2019.; Sesko 2022.)

Standardi SFS 6000 on julkaistu kahdessa SFS-käsikirjassa. Standardin osat 1-6 on esitetty SFS-käsikirjassa 600-1-1 ja osat 7-8 on esitetty SFS-käsikirjassa 600-1-2. SFS-käsikirjassa 600-1-1 on esitetty alle 1000 V vaihtojännitteellä ja alle 1500 V tasajännitteellä toimivien sähköasennuksien yleisvaatimukset ja SFS-käsikirjassa 600-1-2 edellä mainittuun jännitealueeseen kuuluvien erikoistilojen täydentävät vaatimukset. Noudattamalla SFS 6000 standardia täytetään sähköturvallisuuslain (1135/2016) ja valtioneuvoston asetusten asettamat säädökset turvalliselle sähköasennukselle. (SFS-käsikirja 600-1-1 2017, 3.)

2.3 Ohjauspiirien suojaus

Standardissa määritellään suunnittelun perusteiksi, että sähkölaitteiston tulee olla turvallinen ja vaaraa aiheuttamaton tavanomaisessa käytössä. Seuraavaksi käsitellään ohjauspiireille asetettuja vaatimuksia. Ohjauspiiri on määritetty standardissa vastaamaan virtapiiriä, jonka jännitteellä ohjataan, ilmaistaan, valvotaan tai mitataan pääpiirin toiminnallista tilaa. Vaatimukset täytetään suunnittelemalla sähkölaitteisto, joka sisältää perussuojauksen ja vikasuojauksen sekä seuraavissa kappaleissa esitettävät suojaustavat. Perussuojaus tarkoittaa riittävän eristystason täyttämistä sähkölaitteiston jännitteisille osille, jolloin estetään sähkölaitteiston käyttäjää koskettamasta jännitteistä osaa. Jännitteisen osan eristämisen tason minimivaatimus on IP 2X tai IPXXB. (SFS 6000-1-1 2017, 19.; SFS 6000-4-41 2017, 89.; SFS 6000-5-55 2017, 403.)

Vikasuojauksella tarkoitetaan vikatilanteessa jännitteen siirtymistä kosketeltavissa olevaan sähkölaitteen tai laitteiston osaan. Vikasuojaus toteutetaan suunnittelemalla ja rakentamalla virtapiiri siten, että jännitteen syöttö katkeaa nopeasti vikatilanteessa. Tällöin vältetään jännitteiseksi muodostuneen osan jännitteen kohoaminen vaarallisen suureksi ja saadaan rajoitettua vikatilanteessa jännitteistä osaa koskettavaan henkilöön tai kotieläimeen kulkeva vikavirran suuruus mahdollisimman pieneksi. Syötön nopeaan poiskytkentään sovelletaan ohjaus-

piireissä SFS 600-1-1 Taulukon 41.1 mukaisia poiskytkentäaikoja. Poiskytkentäajan tulee olla 120-230 V:n vaihtojännitteellä 0,4 sekuntia. (SFS 6000-1-1 2017, 19.; SFS 6000-4-41 2017, 75.)

Ylivirtasuojauksen suojausmenetelmiä käsittelevässä osassa 4-43 on esitetty yleisvaatimuksena, että käytetään suojalaitetta virtapiirissä esiintyvän ylivirran poiskytkemiseen, jotta estetään termisten ja mekaanisten ilmiöiden vaurioittamista virtapiiriä tai sen ympäröiviä osia. Ohjauspiirissä käytettävä suojalaite määritellään ohjauspiirissä käytetyn johtimen poikkipinta-alan kuormitettavuuden ja oikosulun kestävyuden perusteella. Ohjauspiirien ylivirtasuojauksen tulee täyttää valmistajan asettamat vaatimukset ohjauspiirin komponenttien prospektiivisen oikosulkuvirran kestävyydelle, jotta vältetään termisten- ja mekaanisten ilmiöiden aiheuttamat vauriot ohjauspiirissä tapahtuvassa oikosulkutilanteessa. (SFS 6000-1 2017, 20.; SFS 6000-4-43 2017, 113., 116., 120.; SFS 6000-5-55 2017, 407.)

Ohjauspiirin ylivirtasuojaus voidaan TN-järjestelmässä toteuttaa suojaamalla äärijohtimet ylivirtasuojalla. Mikäli ohjauspiiri ei sisällä ohjausmuuntajaa ja ohjauspiirin nollajohdin on kytketty pääpiirin kanssa samaan nollakiskoon, täytyy ohjauspiirin johtimet suojata ylikuormitukselta ja oikosululta. Ohjauspiirin nollajohtimessa ei tarvitse olla suojalaitetta, mikäli vaihejohtimen suojalaite suojaa nollajohtimen ylivirralla. Jos ohjausjännite toteutetaan kahdesta vaihejohtimesta, tulee käyttää kaksinapaista kytkinlaitetta ohjauspiirin erottamiseen ja molemmat vaihejohtimet suojata ylivirtasuojalla. Ylivirtasuojaukseen käytettävä suojalaite täytyy sijoittaa ohjauspiirin lähdössä kohtaan, missä ohjauspiirin johtimen poikkipinta-ala jatkuu suojalaitteen katkaisukyvyyn mukaisena. Käytettäessä ylivirtasuojaukseen ylikuormitukseen ja oikosulkusuojaukseen soveltuvaa suojalaitetta säävutetaan suojalaitteen sijoittamisella piirin lähtöön ohjauspiirin johtimien ylikuormitussuojauksella ja prospektiivisen oikosulkuvirran suojaus. (SFS 6000-5-55 2017, 410.; SFS 6000-4-43 2017, 114., 115., 116., 118.)

Ylikuormitussuoja mitoitetaan pienemmäksi tai yhtä suureksi kuin virtapiirissä käytetyn johtimen maksimikuormitus. Virtapiiriin suunnitellun virran tulee olla pienempi kuin ylikuormitussuojan nimellisvirta. Oikosulkusuojan toteutuksessa huo-

mioidaan oikosulun katkaisukyky piirin kauimmaisessa pisteessä tapahtuvalle oikosululle. Syötön tulee kytkeytyä pois riittävän nopeasti, jotta virtapiirin johtimien lämpö ei ylitä johtimelle sallittua suurinta lämpötilaa vikatilanteessa. Kun käytetään ohjauspiirin ylivirtasuojaukseen ylikuormituksen ja oikosulun katkaisemiseen soveltuvaa suojalaitetta, joka on mitoitettu johtimen kuormitettavuuden perusteella, on virtapiirin johdin suojattu myös riittävän nopealla oikosulun katkaisulla. Suojalaitteen tulee kyetä katkaisemaan virtapiirin suurin mahdollinen oikosulkuvirta tai suojalaitteelle täytyy syöttää jännite riittävän oikosulun katkaisukyvyn omaavalta suojalaitteelta. (D1-2017, 143.; SFS 6000-4-43 2017, 116., 120.)

Suunnittelussa on huomioitava ohjauspiirin oikosulkutilanteen aiheuttaman vikatilanteen vaikutus piiriä ohjaavan laitteen toimintaan. Ohjattava laite on estettävä toimimasta virheellisesti tai ohjautumasta vian seurauksena. Moottorilähdöissä ohjaus ei saa palautua automaattisesti, mikäli vika on pysäyttänyt moottorin ja moottori voi käynnistyessään aikaansaada vaaratilanteen. Moottori tulee kyetä pysäyttämään, vaikka ohjausvirtapiirissä olisi maasulku. (SFS 6000-4-46 2017, 187.)

Mikäli tilassa käsitellään tai varastoidaan paloriskiä aiheuttavaa materiaalia, tulee tilassa olevat automaatti-, kauko- tai paikallisesti ohjattavat moottorit suojata ylikuumentumiselta lämpötilan rajoittavalla suojalaitteella. Ylikuumentumista rajoittavaa suojalaitetta ei vaadita, jos tilassa olevaa moottoria tarkkaillaan käytön aikana tai moottorin rakenne rajoittaa lämpötilan kohoamista. (SFS 6000-4-42 2017, 105.)

2.4 Ohjausjännite

Ohjausjännite voidaan toteuttaa standardin SFS 6000 mukaisesti pääpiiriin liitetynä tai erillisestä jännitelähteestä. Pääpiiri on ohjauspiirin ohjaamien sähkölaitteiden tai sähkölaitteiston osien sähkötehon syöttämiseen käytettävä virtapiiri. Ohjauspiiri voi muodostua liitettynä suoraan pääpiiriin, pääpiiriin liitetyistä tasasuuntaajasta tai pääpiiriin liitetyistä muuntajasta. Ohjauspiiri tulee suojata edellisessä luvussa 2.3 esitetyllä tavalla. Mikäli ohjausjännitemuuntaja liitetään pääpiiriin vaihejohtimiin, tulee molemmat liityntäpisteet suojata suojalaitteella. Ohjaus-

piirin sisältäessä elektronisia laitteita suositellaan ohjausjännitteen toteutustapoina tasasuuntaajan tai muuntajan käyttämistä. Käytettäessä ohjausjännitteen tuottamiseen useampaa muuntajaa ne tulee kytkeä rinnan ensiö- ja toisiopuoliltaan. (SFS 6000-5-55 2017, 404., 405.)

Ohjauspiiri voidaan toteuttaa muuntajan syöttämänä maadoitettuna tai maadoittamattomana. Maadoitetun ohjauspiirin haittavaikutuksena on maasulkuvian aikaansaama tehonsyötön katkeaminen. Mikäli käytetään maadoitettua ohjauspiiriä, tulee maadoituspiste sijoittaa mahdollisimman lähelle ohjausjännitelähdettä. Maadoittamattoman ohjauspiirin tehonsyöttö jatkuu maasulkuvian aikana, mutta ohjauspiiri on suojattava eristystilan valvontalaitteella. (SFS 6000-5-55 2017, 405.)

Ohjausjännitemuuntajan tehon ja jännitteen mitoitusperusteina ovat ohjauspiirin sisältämät komponentit. Komponenttien tulee vastata mitoitusjännitteeltään ohjauspiirin jännitettä. Ohjauspiirin jännitteen alenema on huomioitava suunnittelussa, jotta ohjauspiirin laitteet toimisivat tarkoitetulla tavalla. Jännitteen alenema voi heikentää releiden toimintaa, sillä releillä ja magneettiventtileillä voi olla vaihtosähköllä toteutetussa ohjauspiirissä 7-8 kertainen kytkentäsysteävirta. Tasasähköllä toteutetussa ohjauspiirissä tulee huomioida kytkentäsysteävirrän vaikutus, joka on sama kuin jatkuva virta. Jännitteenalenema voi aiheutua ohjauspiirissä, mikäli ohjauspiiri on liitetty pääpiiriin, josta on syötetty suoran käynnistyksen moottorilähtö. Suoran käynnistyksen moottorilähtö voi käynnistyessään aiheuttaa jännitteenaleneman ohjauspiiriin ja heikentää ohjauspiirin toimivuutta. Vaihtosähköllä syötetty ohjauspiirin jännite tulisi olla enintään 230 V ja tasasähköllä 220 V, mukaan lukien jännitteen sallittu vaihteluväli. Vaihtosähköllä toteutettujen ohjauspiirien pituudessa tulee huomioida johdinkapasitanssin vaikutus esimerkiksi releen tai magneettiventtiin toimintaan poiskytkennän aikana, mikäli ohjauspiiriin jää jännitteen poiskytketymisen jälkeen jäännösjännite. (SFS 6000-5-55 2017, 406.)

Ohjausjännitemuuntajia käytettäessä tulee maadoitetun ohjausjännitemuuntajan toisiopuolen maadoittamaton johdin suojata suojalaitteella. Maadoittamattoman ohjausjännitemuuntajan toisiopuolen molemmat johtimet tulee suojata kaksi-

napaisella suojalaitteella. Maadoittamaton ohjausjännitemuuntaja voidaan kuitenkin suojata vain ensiöpuolelta, mikäli ensiöpuolen oikosulkusuoja mitoitetaan toimimaan myös toisiopuolen oikosulkusuojana. Ohjausjännitemuuntajan toisiopuolelle toteutettavan ohjauspiirin oikosulkusuojauksen tulee suojata ohjauspiirin sisältämät kytkinlaitteiden koskettimet. Kytkinlaitteiden oikosulun suojaustapoina on käytettävä laitevalmistajan ohjeita. (SFS 6000-5-55 2017, 407.)

Ohjausjännitemuuntajalla toteutetaan ohjauspiiriin tarkoituksen mukainen jännite, joka useimmiten on 230 V vaihtojännitettä tai 24 V vaihtojännitettä. Ohjausjännitemuuntajan tarkoitus on myös pienentää oikosulkuvirtaa ohjausjännitepiirin vikatilanteessa. Ohjausjännitemuuntajan ensiöpuolen suojalaitteena käytetään yleensä sulaketta suojaamaan edellisessä luvussa käsitellyiltä termisiltä ja dynaamisilta rasituksilta vikatilanteessa. Sulakkeilla on korkea oikosulkuvirrankatkaisukyky ja ne soveltuvat siten hyvin ohjauspiirin suojalaitteiksi. Tulppasulakkeilla katkaisukyky on maksimissaan 20 kA ja kahvasulakkeilla 50 kA oikosulun ja ylikuormitussuojaukseen tarkoitettulla gG katkaisualueella. Kahvasulakkeen katkaisukyky voi olla teollisuuskäyttöön tarkoitetuilla kahvasulakkeilla 120 kA. Sulakkeen gG merkintä tarkoittaa sulakkeen soveltuvan ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen. Ohjausjännitemuuntajan toisiopuolen piirien suojaukseen käytetään yleensä johdonsuojakatkaisijoita. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 108.; D1-2017, 264.)

Tasajännitelähteellä toteutetussa ohjauspiirissä jännitelähteen syöttö liitetään 100-240 voltin vaihtojännitteeseen ja lähtöjännite on ohjauspiiristä riippuen yleisesti 5-24 V tasajännitettä. Jännitelähteen tulopuolen suojauksessa sovelletaan samoja toteutustapoja kuin ohjausjännitemuuntajille. Tasajännitelähteen lähtöpuoli suojataan piirikohtaisesti sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. (Mäkinen ym. 2009, 164.)

Mikäli jakokeskuksen erottamiseen on käytetty nelinapaista pääkytkintä ja ohjausjännite on syötetty jakokeskukseen toisesta jakokeskuksesta, täytyy ohjausjännitettä syöttävän kaapelin nollajohdin kytkeä jakokeskuksen N-kiskoon. Ohjauspiirien erottamisessa täytyy huomioida Sähköturvallisuus standardin SFS 6002 kohta 6.2.2 Täydellinen erottaminen, kansallinen lisävaatimus, minkä mukaan työkohteen erottamisessa jännitteettömäksi on huomioitava, ettei vaarallisia

jännitteitä tule työkohteeseen ohjaus- tai muiden apupiirien välityksellä, mitkä eivät katkea jakokeskuksen pääkytkimestä. Työkohde täytyy erottaa käyttöjännitteestä luotettavasti, jotta voidaan täyttää jännitteettömänä työskentelyn toteuttaminen. Maadoittamattoman jännitelähteen ohjausjännitettä ei voi todeta mittamalla keskuksen runkoa vasten, joka on myös huomioitava jännitteettömyyden toteutamisessa. Mikäli sähkölaitteiston johonkin osaan on syötetty jännite useammasta syötöstä, täytyy tämä ilmaista kulutusta kestäväällä varoituskilvellä, joka on sijoitettu kaikkien havaittavissa olevaan paikkaan. (SFS 6000-5-52 2017, 281.; Mäkinen ym. 2009, 108.; SFS 6002 2015, 25.; SFS 6000-5-53 2017, 345.)

2.5 Ohjauspiirien kaapelit

Ohjausjännitepiirin johtimille on määritelty minimipoikkipinta-alan vaatimuksena käytettäväksi vähintään 0,5 mm² johtimia. Johtimen poikkipinta-alan valintaan vaikuttavat myös ohjauspiirin johtimiin tai kaapeliin kohdistuvat mekaaniset rasitukset. Mikäli ohjauspiirin johto on asennuksen aikana alttiina mekaaniselle rasitukselle, tulee valita asennustapaan sopivampi ja suuremmalla poikkipinta-alalla oleva kaapeli. Jos kaapeliin voi kiinteästi asennettuna kohdistua mekaanista rasitusta, tulee valita asennusympäristöön sopiva kaapeli tai suojata kaapeli mekaanisella suojuksella. (SFS 6000-5-55 2017, 407.)

Ohjauspiireissä käytettävät kaapelit valitaan kaapelin jännitekestoisuuden mukaisesti. Pienoisjännitekaapeleita ovat alle 50 voltin maksimijännitteen kestävät kaapelit ja niitä käytetään elektroniikka- ja datavirtapiireissä. Pienjänniteohjauskaapeleita on maksimissaan 75 voltin jännitteen kestävät kaapelit ja niitä käytetään instrumentointiin, automaatioon ja merkinantoon. Pienjännitekaapeleilla 300-1000 V toteutetaan 230 V ohjausjännitteellä syötetyt ohjausvirtapiirien kaapeloinnit. Pienjänniteohjauspiirien 75 voltin maksimijännitteellä käytetään instrumentointikaapelia NOMAK, JAMAK tai KJAAM tyyppisiä kaapeleita. Ohjausjännitteen ollessa 230 V vaihtojännitettä käytetään MMO tyyppistä ohjauskaapelia. (Mäkinen ym. 2009, 59., 60., 62.)

Jos ohjausvirtapiiriin kuuluva kytkin tai painike sijoitetaan uloskäytävään, tulee se kaapeloida SFS-EN 13501-6 määrittämällä E_{ca} paloluokituksen omaavalla kaa-

pelilla. Kytkin- ja ohjainlaitteiden sijoituksessa tulee huomioida, ettei uloskäytävään suunnitella muita kuin tilan käytössä tarpeellisia sähkölaitteita. Jos jotakin tilaa käytetään herkästi palavan materiaalin käsittelyyn tai varastointiin, ja tilaan on sijoitettu suojaukseen, ohjaukseen tai erottamiseen tarkoitettuja ohjausvirtapiiriin kuuluvia kytkinlaitteita, tulee niiden ryhmäjohtot suojata 300 mA mitoitus-toimintavirran vikavirtasuojakytkimellä. Vaatimus koskee tilaan tai tilan läpi kulkevia ryhmäjohtoja ja vikavirtasuojakytkimen on tarkoitus toimia eristevikoja vastaan. Ryhmäjohtojen täytyy täyttää SFS-EN 13501-6 määrittämä E_{ca} paloluokitus. Jos tilan läpi asennetaan vaakasuunnassa nippuun asennettuja kaapeleita, tulee niiden täyttää SFS-EN 13501-6 määrittämä C_{ca-s1} , $d1$, $a2$ vaatimukset. (SFS 6000-4-42 2017, 102., 103., 105.)

Ohjauspiirissä käytetyn kaapelin tulee toimia ohjauspiirin osana heikentämättä ohjauspiirin toimintaa. Mikäli ohjauslaite sijaitsee etäällä ohjauspiirin muista komponenteista, täytyy kaapelipituus ja impedanssi huomioida suunnittelussa, koska ohjauspiirin pituudella voi olla vaikutusta myös toimilaitteiden valintaan. Myös ohjauskaapelin kapasitanssin vaikutus toimilaitteiden toimintaan on huomioitava. Tasasähkön käyttö ohjauspiirissä mahdollistaa laajempien ohjauspiirien suunnittelun. (SFS 6000-5-55 2017, 408.)

Ohjauspiirin suunnittelussa täytyy huomioida virtapiirissä syntyvä jännitteenalenema. Jännitteenalenema vaikuttaa kontaktoreilla luotettavan toiminnan heikentymiseen. Mikäli jännite on kontaktorin koskettimien sulkeutumisen aikaansaa-valla vetokelalla alentunut liikaa, jolloin kontaktori ei välttämättä toimi tarpeeksi luotettavasti. Kelaan kohdistuva jännite saa luotettavan toiminnan aikaan, mikäli jännitteenalenema on maksimissaan 85 prosenttia nimellisjännitteestä. (Hieta-lahti 2013, 213.)

Jännitteenaleneman aiheuttavat ohjauspiirin koskettimien ylimenovastus (R_y) ja ohjauspiirin johtimen resistanssi (R_j). Jännitteenaleneman voi laskea kaavalla (1).

$$\Delta U = U_N - U_{min} = (R_j + R_y) * I_c \quad (1)$$

missä

ΔU	on	jännitteenalenema [V]
U_N	on	nimellisjännite [V]
U_{min}	on	kelajännite [V]
R_j	on	johdon resistanssi [R]
R_y	on	kärkien ylimenovastus [R]
I_c	on	kontaktorin vetovirta [I]

(Hietalahti 2013, 214.)

Jännitteenalenemaa laskettaessa huomioidaan myös verkon syöttöjännitteen vaihtelu, joka osaltaan heikentää ohjauspiirin toimintavarmuutta. Laskenta kaavaan lisätään kerroin (k), jonka arvona käytetään 0,9. Verkon jännitteenalenema huomioituna, voidaan ohjauspiirin jännitteenalenema laskea kaavalla (2).

$$\underline{\Delta U} = k * \underline{U_N} - \underline{U_{min}} = (k - 0.85) * \underline{U_N} = (R_j + R_y) * \underline{I_c} \quad (2)$$

missä

k	on	verkon syöttöjännitteen vaihtelun kerroin
ΔU	on	jännitteenalenema [V]
U_N	on	nimellisjännite [V]
U_{min}	on	kelajännite [V]
R_j	on	johdon resistanssi [R]
R_y	on	kärkien ylimenovastus [R]
I_c	on	kontaktorin vetovirta [I]

(Hietalahti 2013, 214.)

Ohjauspiirin mitoituksessa lasketaan ohjausjohtimien resistanssi kaapelipituuden, johtimien poikki pinta-alan ja ominaisvastuksen perusteella. Ohjauspiirin resistanssi vaikuttaa kontaktorin vetokelan toimintaan ja on laskettavissa kääntäen verrannollisesti kontaktorin auki- asennon tehosta. Resistanssit vaikuttavat siten suuremmilla kontaktoreilla enemmän kelan toimintaan. Mitoitus voidaan tehdä laskemalla tai käyttämällä laitevalmistajan suosituksia ohjauskaapeleiden pituuskille ja poikkipinta-aloille. Mikäli ohjausjännitteenä käytetään vaihtojännitettä, syntyy ohjauskaapeleissa kaapelikapasitanssia. Kun kontaktorin pitovirta on pieni, voi suuri kaapelikapasitanssi viivyttää kontaktorin avautumista auki ohjattaessa. Laitevalmistajat antavat myös kaapelikapasitanssin perusteella ohjauspiirien maksimipituuksia. (Hietalahti 2013, 214., 215.)

Mikäli lähdöstä syötetään sähkömagneettisia häiriöitä aikaansaavia laitteita, kuten induktiivisia kuormia ohjaavia kytkinlaitteita, sähkömoottoreita, taajuusmuuttajia tai keskuksia, on huomioitava sähkömagneettisten häiriöiden siirtyminen ohjausjännitekaapeleihin. Kaapeleissa olevat häiriönsuojajohtimet ja armeeraukset liitetään potentiaalintausjärjestelmään ja käytetään konsentrisella suojajohtimella olevia kaapeleita. Taajuusmuuttajien ja moottorien välisiin syöttöihin käytetään laitevalmistajan ohjeistamia, häiriönsuojauksella toteutettuja kaapeleita. (SFS 6000-4-44 2017, 150., 151.)

2.6 Ohjattavien lähtöjen kytkennät

Ohjauspiirien suunnittelussa täytyy rakenteen osalta toteutua kytkentä ohjauspiirin toimielimien ja ohjauspiirin jännitelähteen maadoitetun tai maadoittamattoman yhteisen johtimen välillä. Mikäli ohjauspiiri on syötetty pääpiiristä, täytyy ohjauspiirin toimielimet kytkeä pääpiirin maadoitettuun nollajohtimeen. Pääpiiriin kytkettyjen ohjauspiirien suojauksessa käytetään luvussa 2.3 käsiteltyjä toteutustapoja. (SFS 6000-5-55 2017, 409., 410.)

Mikäli tarvitaan yksittäisiä, muista laitteista erillisiä ohjaustoimenpiteitä, täytyy käyttää ohjaustoimenpiteen toteuttamiseen erillisiä käyttökytkimiä. Käyttökytkimet voivat ohjata ohjauspiirin jännitteisiä johtimia kytkemättä kuitenkaan pois kaikkia ohjauspiirin jännitteisiä johtimia. Sama käyttökytkin voi ohjata yhtä tai useampaa sähkölaitetta. (SFS 6000-4-46 2017, 186., 187.)

Ohjattavalle laitteelle voi olla tarpeen toteuttaa hätä-poiskytkentä, millä katkaistaan jännite laitteen syötön jännitteisistä johtimista. Tämä toteutetaan hätäpysäytyksellä, jolloin vaaraa aiheuttava prosessi pysähtyy. Hätäpysäytyksellä voidaan poistaa myös sähköiskun riski sähkölaitteiston osista. Hätäpysäytystoimenpide tulee tapahtua yhden ohjaustoimenpiteen seurauksena. (SFS 6000-4-46 2017, 188., 189.)

Ohjattavien lähtöjen suunnittelussa tulee huomioida lähdöissä käytettyjen sähkölaitteiden sopivuus yhteen. Yhteensovittamisessa toteutetaan turvallinen asennus ja taataan toiminnan jatkuminen tarvittaessa vikatilanteen jälkeen. Oikeilla laitevalinnoilla saadaan toteutettua suojalaitteiden selektiivinen toiminta. (SFS 6000-5-53 2017, 331.)

Ohjauspiireissä ja päävirtapiireissä käytetään kontaktoreita, kytkimiä ja impulssi-releitä sähkölaitteiden ohjaamiseen. Nämä laitteet eivät sisällä oikosulkusuojauksen aikaansaavaa suojausta. Kontaktorit täytyy suojata ylivirralla kontaktorille tulevan syötön puolelta. Syötön puoleisen suojalaitteen pitää suojata kontaktorin koskettimia prospektiivisen oikosulkuvirran termisiltä ja dynaamisilta vaikutuksilta. Suojalaitteen tulee kyetä rajoittamaan oikosulkuvirta kontaktorin kytkentä- ja katkaisuvirran tasolle, koska kontaktorin koskettimet voivat avautua oikosulku-tilanteessa. Mikäli kontaktorin yhteyteen asennetaan moottorilähdössä ylikuormitukselta suojaavaksi laitteeksi ylikuormitusrele, täytyy tarkistaa laitevalmistajan yhteensopivuustaulukosta, että täytetään laitteiden oikosulun kestävyys. (SFS 6000-5-53 2017, 339., 340.)

Myös ohjattavissa lähdöissä käytettävät kytkimet, syötönvaihtolaitteet ja impulssireleet täytyy suojata syötön puolelta laitteiden kanssa yhteensopivalla ja oikosulun katkaisukyvyyn omaavalla suojalaitteella. Vikavirtasuojakytkimellä suojatuissa lähdöissä täytyy myös toteuttaa vikavirtasuojakytkimen ylivirtasuojaus, mikäli vikavirtasuojakytkin ei sisällä ylivirtasuojauksia. Ylivirtasuojaus voidaan toteuttaa vikavirtasuojakytkimen syötön tai lähdön puolelle. (SFS 6000-5-53 2017, 341.; SFS 6000-5-53 2017, 343.)

Energiamittauksessa tarvitaan mittauspiiriä, mikäli energiamittaria edeltävän ylivirtasuojan koko on yli 63 A. Alle 63 A ylivirtasuojatuilla energiamittareilla voidaan

mittaus toteuttaa suorana. Epäsuorassa mittauksessa käytettävien virtamuuntajien tulee täyttää standardin EN 62053 luokkien 0,2 S vaatimukset. Asennukseen kuuluvista mittamuuntajista, on esitettävä arvokilvet jakokeskuksen nähtävillä olevissa merkinnöissä. Mittauspiirit toteutetaan 2,5 mm² kuparijohtimilla, mikäli oikosulunkesto huomioiden ei tarvita suurempaa poikkipinta-alaa. Mittauspiiri on varustettava katkaistavilla riviliittimillä, jotka sisältävät 4 mm koestusholkit katkaisukohdan kummallakin puolella. Riviliittimissä tulee olla rinnankytkentä mahdollisuus mittamuuntajien puolella. Mittamuuntajat suojataan ylivirtasuojalla vain jännitteen syötön puolelta. (SFS 3381 2014, 1., 2., 3., 5.)

Ohjattavien lähtöjen ryhmäjohtojen ja ohjausiirien johtojen mitoitus koskevat laskelmat täytyy tehdä suunnitteluvaiheessa, jotta voidaan varmistua johdon ylikuormituksen, oikosulkusuojauksen ja vikasuojauksen toteutumisesta. Johdon mitoitukseen vaikuttaa ensisijaisesti ohjattavan lähdön kuormitus sekä liittymiskohdan pienin maasulkuvirta. Myös ryhmän liittymiskohdan suurin oikosulkuvirta tulee rajoittaa johdon oikosulun kestävyuden takaamiseksi. Nousujohtojen kuormitukset määritetään keskustasolla ja ryhmäjohtojen kuormitukset ryhmäjohtoon liitettävän kuorman perusteella. Johto valitaan kuormitettavuuden perusteella ja suojaus toteutetaan luvussa 2.3 käsiteltyjen ylikuormitus-, oikosulku-, ja vikasuojauksen perusteella. (ST 53.24 2017, 1., 2.)

Johdot mitoitetaan ryhmän muiden komponenttien tavoin ryhmään suunnitellun kokonaisvirran, eli näennäistehon perusteella. Näennäisteho muodostuu kuormituksen pätötehon ja loistehon summasta ja saa aikaan virtapiirin häviötehon, joka on verrannollinen virran neliöön. Ryhmän syöttämä kuorma voi tarvita magneetikentän toimiakseen ja tämän myötä kuluttaa loistehoa, jonka vuoksi loisteho täytyy huomioida myös johdon mitoituksessa. Johdon mitoitukseen perusteena ovat myös epälineaaristen kuormien aikaansaamat yliaallot. Yliaallot summautuvat kolmivaihesyötön nollajohtimeen, joka täytyy huomioida johdon mitoituksessa. Myös jännitteenalenema on päävirtapiirin johdon mitoitukseen kannalta huomiotava asia, jonka määräävinä tekijöinä ovat virtapiirin pituus, ominaisresistanssi, ominaisreaktanssi sekä kuormitusvirta. (ST 53.24 2017, 2., 3., 5.)

Jännitteenalenema lasketaan yksivaiheisella vaihtojännitteellä kaavalla. (3)

$$\Delta U = I \times 2 \times l \times (r \cos \phi \pm x \sin \phi) \quad (3)$$

Jännitteenalenema lasketaan kolmivaiheisella vaihtojännitteellä kaavalla. (4)

$$\Delta U = I \times l \times \sqrt{3} \times (r \cos \phi \pm x \sin \phi) \quad (4)$$

kaavoissa (3) ja (4)

ΔU	on	jännitteenalenema [V]
I	on	kuormitusvirta [A]
l	on	johtopituus [m]
r	on	ominaisresistanssi [Ω/m]
x	on	ominaisreaktanssi [Ω/m]

(ST 53.24 2017, 5.)

Johdon suojauksessa on täyttyävä myös johdon termisen oikosulun kestoisuus, joka on laskettavissa kaavalla. (5)

$$I^2 t = k^2 A^2 : I = \sqrt{k^2 A^2 / t} \quad (5)$$

missä

I on todellinen oikosulkuvirta [kA]

t on oikosulun kesto aika [s]

k on kaapelivakio:

115, kun johtimet ovat PVC-eristeisiä kupari johtimia

76, kun johtimet ovat PVC-eristeisiä alumiini johtimia

143, kun johtimet ovat luonnonkumi, PEX- tai EPR- eristeisiä kupari johtimia

94, kun johtimet ovat luonnonkumi, PEX- tai EPR-eristeisiä Al johtimia

A on kaapelipoikkipinta [mm²]

(ST 53.24 2017, 6.)

Kaapelivalmistaja ilmoittaa yleensä johdon 1 sekunnin oikosulkuvirran kestoisuuden, joka on laskettavissa johdon suojalaitteeseen kohdistuvasta oikosulkuvirrasta kaavalla. (6)

$$I = \sqrt{k^2 A^2} \quad (6)$$

Johdon viiden sekunnin kestävässä oikosulussa oleva oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla. (7)

$$I = \sqrt{k^2 A^2} / 5 \quad (7)$$

Johdon terminen oikosulun kestoisuus on viiden sekunnin oikosulun kestolla 0,45 kertaa pienempi, kuin sekunnin kestävässä oikosulussa. Johdon suojauksen kannalta tulee selvittää virtapiirin pienin oikosulkuvirta, jotta varmistutaan suojalaitteen toimimisesta riittävän nopeasti. Oikosulkuvirta voidaan laskea virtapiirin kauimmaisessa pisteessä kaavalla (8). (ST 53.24 2017, 6.)

$$I_k = U_n / [\sqrt{3} * (Z_n + Z_c)] \quad (8)$$

missä

U_n on pääjännite

Z_n on muuntajan impedanssi

Z_c on virtapiirin sarjaan kytkettyjen johtimien impedanssien

summa. Meno: vaihe L ja paluu: N tai PE

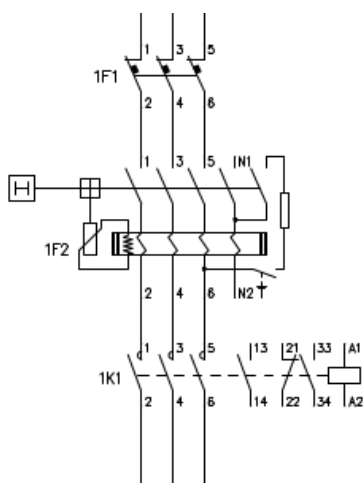
Kaavassa täytyy käyttää asennusympäristön lämpötilan mukaisia johtimien impedansseja, koska oikosulun aikana johtimet lämpenevät ja pienentävät oikosulkuvirtaa. Käyttämällä laskelmissa oikosulun aikaisen lämpötilan johtimien impedanssia voidaan varmistua suojalaitteen toimivan riittävän nopeasti ja todeta johdonsuojauksen toimivuus. (ST 53.24 2017, 6.)

3 PIIRIKAAVIoidEN SÄHKÖTEKNINEN DOKUMENTOINTI

3.1 Sähköteknistä dokumentointia ohjaavat standardit

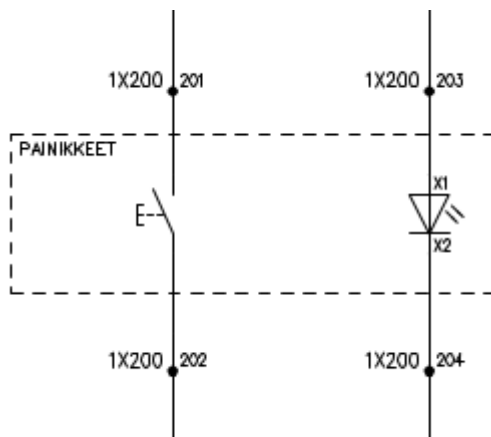
Sähkölaitteiston piirustuksissa on SFS 6000, osan 5-51 mukaan noudatettava standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 esittämiä toteutustapoja. Piirustuksista tulee käydä ilmi virtapiireissä käytetyt johtimet, kaapelit sekä suoja- ja kytkinlaitteet. Johtimien ja kaapeleiden osalta täytyy esittää kaapelityyppi ja johtimen poikkipinta-ala sekä kaapelipituudet oikosulkuvirran ja jännitteenaleneman laske-
miseksi. Suojalaitteista täytyy esittää niiden mitoitusvirta tai asetteluarvo sekä sijainti. Myös suojalaitteiden oikosulunkatkaisukyky ja sähkölaitteistoon vaikuttavat prospektiiviset oikosulkuvirrat on esitettävä sähkölaitteiston rakentamista varten tuotetuissa piirustuksissa. (SFS 6000-5-51 2017, 197.)

Sähköteknisen dokumentoinnin periaatteina ovat esittää rakennettavan sähkölaitteiston sisältö. Piirikaavion suunnittelulla voidaan toteuttaa sähkölaitteiston ohjattavien lähtöjen kokoonpano. Ohjauspiiriin toteutukseen suunniteltavan piirikaavion ryhmittelystä täytyy käydä ilmi ohjauspiirissä olevat mekaaniset yhteydet piirrosmerkeillä esitettynä. Piirikaavion johtimia kuvaavat liitännäviivat täytyy esittää vaakasuorina tai pystysuorina. Mikäli johdinta kuvaava viiva katkaistaan, täytyy katkaistun viivan kumpaankin päähän esittää viite. Kuvassa 1 on lähdön komponentit yhdistettynä johtimia kuvaavilla liitännäviivoilla. (SFS-EN 61082-1 2015,16., 39.)



Kuva 1. Valaistuskäytön päävirtapiiri (Sähköinsinööri-toimisto Esko Laakso Oy 2022)

Piirikaaviossa esitettävien komponenttien sijainti eri kohteissa määritellään käytämällä rajauskehystä. Rajauskehysten sisäpuolelle sijoitettavat komponentit sijaitsevat rajauskehysten viitetunnuksen osoittamassa osassa sähkölaitteistoa. Rajauskehysten viitetunnuksella esitetään tieto toisessa dokumentissa esitettyyn asiaan. Viitetunnuksen paikka on rajauskehysten yläpuolella vasemmassa yläkulmassa tai vasemman sivun yläkulmassa. Kuvassa 2 on painikkeen ympärille piirretty rajauskehys kuvaamaan painikkeen sijaintia keskuksen ulkopuolella. (SFS-EN 61082-1 2015, 44., 45.)

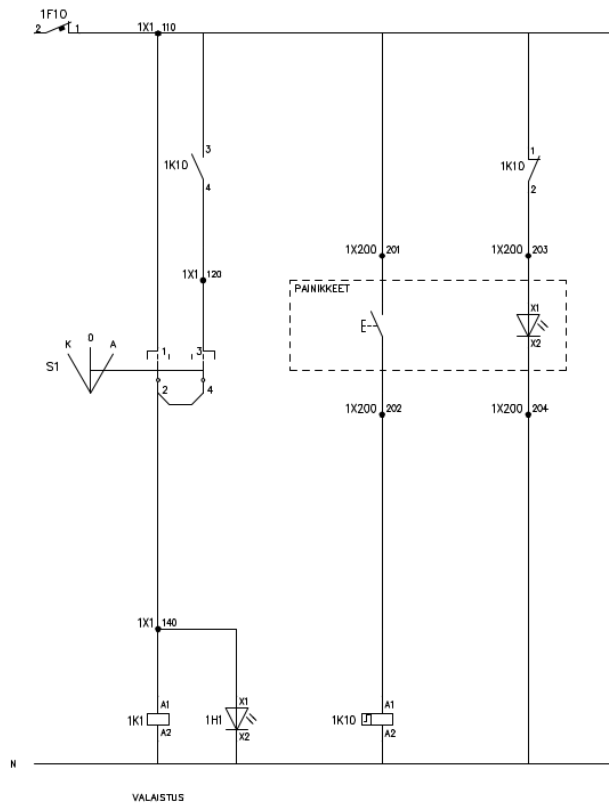


Kuva 2. Valaistuslähdön ohjauspiirin painike (Sähköinsinööri Esko Laakso Oy 2022)

Piirikaaviossa esitettävien piirrosmerkkien viitetunnukselle on määritetty paikka piirrosmerkin vasemmalle puolelle, kun piirikaavio piirretään pystysuoraan. Piirikaavioissa liitännäiviivoilla esitettävät johtimet voidaan varustaa viitetunnuksella. Viitetunnuksella voidaan esittää johtimen tai kaapelin tunnus. Viitetunnus voidaan esittää liitettynä viiteviivalla selkeästi liityntäviivaan tai viiteviivan vieressä. (SFS-EN 61082-1 2015, 44., 45.)

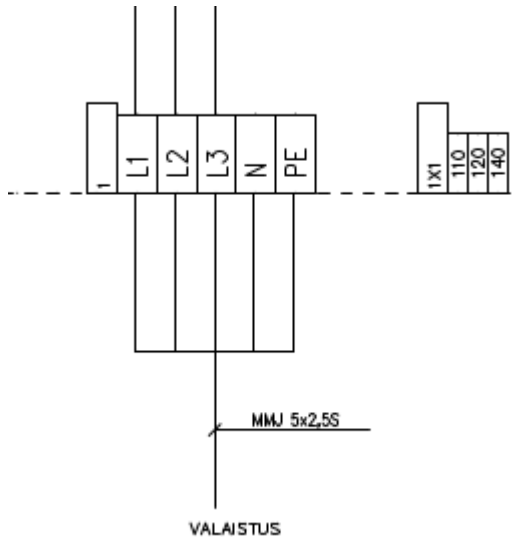
Piirikaavioissa esitettävien komponenttien liittimien tunnukset esitetään pystysuoraan piirrettäessä liitännäiviivan vieressä, jolloin liittintunnus sijoitetaan piirrosmerkin liittintä kuvaavan lyhyen viivan kohdalle. Johtimien signaalitunnukset esitetään myös viiteviivalla liitettynä liitännäiviivaan tai liitännäiviivan vieressä. Signaalitunnukset on esitettävä selkeästi erillään johtimien, piirrosmerkkien ja liittimien

tunnuksista. Kuvassa 3 on ohjauspiiri, missä komponenttien liitintunnukset on esitetty piirrosmerkin lyhyen viivan kohdalla. (SFS-EN 61082-1 2015, 48.)



Kuva 3. Valaistuselähdön ohjauspiiri (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

Liitântäviivan esitystapaa voidaan yksinkertaistaa esittämällä usean yhdensuuntaisen liitântäviivan kokonaisuus nippuna. Nippuna esitettävät liitântäviivat katkaistaan ja nippuun kuuluvat liitântäviivat kuvataan poikkiviivalla. Piirtämistä jatketaan yhdellä liitântäviivalla ja toiseen päähän esitetään poikkiviivalla rajattuna sama määrä liitântäviivoja, kuin nipun alkupäässä. Nipussa olevien liitântäviivojen lukumäärän voi esittää liitântäviivaan piirrettävillä lyhyillä vinoilla poikkiviivoilla. Vinoviivoja piirretään liitântäviivojen kappalemäärän verran, tai vaihtoehtoisesti voidaan piirtää yksi lyhyt vinoviiva ja esittää kappalemäärä numerolla vinoviivan yläpuolella. Kuvassa 4 on päätetty poikkiviivalla samaan kaapeliin kuuluvat johtimet ja johto on varustettu kaapelimerkinnällä. (SFS-EN 61082-1 2015, 41.)



Kuva 4. Riviliittimien piirrosmerkit (Sähköinsinööri-toimisto Esko Laakso Oy 2022)

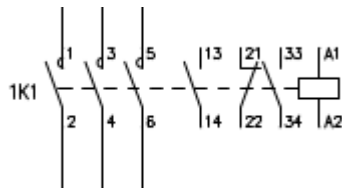
Piirikaavioiden virtapiirit voidaan esittää moniviivaisella tai yksiviivaisella esitystavalla. Moniviivaisessa esitystavassa esitetään useamman vaiheen sisältämien piirien jokainen vaihe omana viivana ja jokaisen vaiheen komponentti vaihekohtaisella piirrosmerkillä. Yksiviivaisessa esitystavassa vaiheet esitetään yhtenä viivana ja yhdistettynä piirrosmerkkinä, mihin lyhyellä vinoviivalla ja numerolla merkitään vaiheiden lukumäärä. (SFS-EN 61082-1 2015, 50.)

3.2 Piirikaavioiden laadinta

Piirikaaviot laaditaan käyttämällä suunnitellun lähdön toteutukseen tarvittavien komponenttien esittämiseen piirrosmerkkejä. Piirrosmerkit merkitään komponenttia kuvaavalla viitetunnuksella. Komponenttien liittimet merkitään liittintunnuksilla ja niitä yhdistävät johtimet esitetään liitintäviivoilla. Lähdön toteutuksen kannalta oleelliset signaalitunnukset ja johtimien sekä kaapeleiden viitetunnukset on myös esitettävä piirikaaviossa. Lisäksi esitetään lähdön toiminnalle tarpeelliset lisätiedot, kuten moottorilähdön lämpöreleen asetteluarvo. Myös ohjauspiiriin kuuluvien kaapeleiden kaapelimerkinnät ja sijaintiviitteet esitetään piirikaavioissa. (SFS-EN 61082-1 2015, 55.)

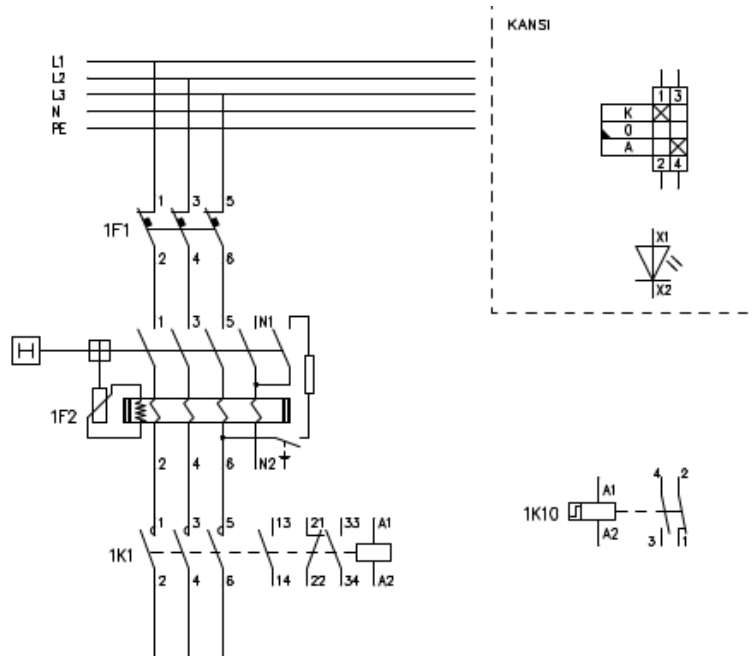
Piirikaavioissa käytetään vapaata tai sidottua esitystapaa, mikäli komponenttien piirrosmerkkejä esitetään useassa kohdassa. Sidotussa esitystavassa liitetään komponentin kaksi tai useampia piirrosmerkkejä katkoviivalla yhteen. Vapaassa

esitystavassa voidaan sijoittaa saman komponentin useampi piirrosmerkki erilleen yhdistämättä niitä toisiinsa katkoviivalla. Komponentin piirrosmerkki voi koostua myös useammasta, kuin yhdestä piirrosmerkistä. Vapaa esitystapa havainnollistaa selkeämmin piirikaaviossa esitettyjen johtimien ja komponenttien yhdistymisen ja vähentää risteävien liitännäviivojen tarvetta. Piirrosmerkkien sijoittamisella riviin voidaan liitännäviivat piirtää pystysuoraan. Vapaata esitystapaa käytettäessä tulee komponentin viitetunnus esittää jokaisen komponenttiin kuuluvan piirrosmerkin luona. Kuvassa 5 on kontaktorin piirrosmerkki esitettynä sidotulla esitystavalla, jolloin ilmenee kelan ohjaavien koskettimien tunnus ja liitinnumero. (SFS-EN 61082-1 2015, 56., 58.)



Kuva 5. Kontaktorin piirrosmerkki (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

Vapaalla esitystavalla suositellaan komponentin piirrosmerkkien esittämistä koottua esitystavalla jossakin piirikaavion kohdassa. Koottua esitystapaa voi käyttää piirrosmerkin oikealla puolella tai piirikaavion alareunassa komponenttien kohdalle sijoitettavassa viitetaulukossa, mistä selviää komponentin eri piirrosmerkkien yhteys toisiinsa. Mikäli piirikaaviossa esitettävä komponentti sisältää asentoaan muuttavia osia, täytyy piirrosmerkkiin liittyvät koskettimet esittää sähköttömissä tilassa. Ohjauskytkimet esitetään avoimessa tai pois-asennossa ja hätätoiminnan ohjauskytkimet erikseen määritellyssä asennossa. Mikäli kytkinlaitteella on useampi asento, on kytkimen koskettimien toiminnasta esitettävä taulukko. Kuvassa 6 on lähtöä ohjaavan nokkakytkimen toimintataulukko rajattuna katkoviivalla ja merkittynä sijaintitunnuksella. Myös lähdön merkkivalo on merkitty asennettavaksi keskuksen kanteen. (SFS-EN 61082-1 2015, 59., 61., 62.)



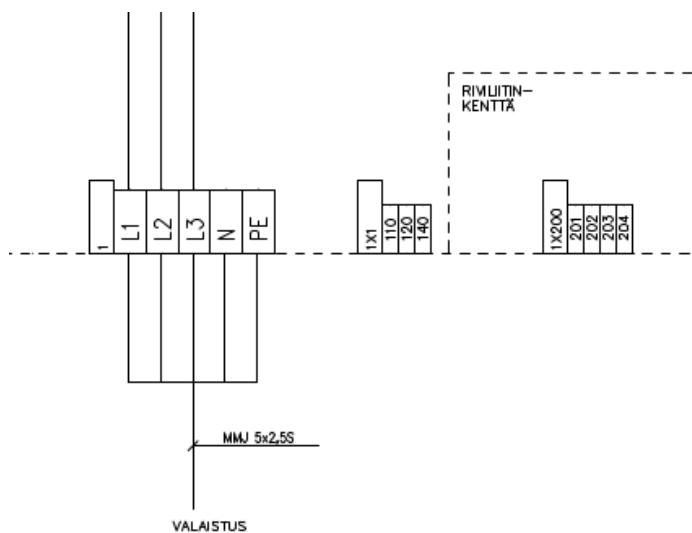
Kuva 6. Valaistuslähdön päävirtapiiri ja nokkakytkimen toimintataulukko (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

Piirikaavioissa esitettävien lähtöjen syöttöpiirit esitetään piirikaaviolehden yläreunassa vierekkäisillä liitännäviivoilla, jakelujärjestelmään kuuluvilla viitetunnuksilla yksilöityinä. Ohjauspiirin jännitteestä riippuen joko vaihejohdin tai positiivisen jännitteen johdin esitetään piirikaaviolehden yläreunassa. Ohjausjännitteen nolla- tai miinusjohdin esitetään ohjauspiirin piirikaaviolehden alareunassa. Myös ohjausjännitejohtimet yksilöidään viitetunnuksella. Ohjauspiirin johtimet esitetään vaakasuuntaisilla viiteviivoilla ohjauspiirin komponenttien kohdalla ja pääpiirin johtimet pääpiirin komponenttien kohdalla. Kuvassa 7 on ohjattavan lähdön syöttöpiirin esitystapa. (SFS-EN 61082-1 2015, 63.)



Kuva 7. Päävirran syöttöpiirin esitystapa (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

Mikäli ohjauspiiriin liittyy kaapeleita tai johtimia, niille täytyy laatia liitântäkaavio, missä kaapeli ja johtimet ovat yksilöityinä kaapelitunnuksilla ja johdinmerkinnöillä. Myös kaapelin tyyppi ja johtimien lukumäärä on tarpeellista esittää liitântäkaaviossa. Piirikaavioissa käytettävät liittimet on esitettävä piirikaaviossa tunnisteella. Liittimet numeroidaan ja liitinkokonaisuudelle esitetään tunnus. Liittimiin liittyvät johtimet esitetään liitântäviivoilla ja merkitään johdintunnuksilla. Liitântäviivat päätetään pystyviivaan, mihin liitetään kaapelia kuvaava liitântäviiva. Kaapeli merkitään kaapelitunnuksella ja kaapelityypin ja johtimien lukumäärällä. Kahden liitinkokonaisuuden väliin esitettävät johtimet voidaan merkitä johdin ja kaapelitunnuksella sekä esittää kaapelityyppi. Mikäli kaapelissa on erillinen metallivaippa, sille esitetään liitin kaapelin lähtöpäähän. Kuvassa 8 on lähdön riviliittimet, mille on esitetty liitintunnus 1, 1X1 ja 1X200 sekä riviliitinnumerot. (SFS-EN 61082-1 2015, 67., 68., 69.)



Kuva 8. Lähdön riviliittimet (Sähköinsinööri Esko Laakso Oy 2022)

Kaapeleiden kytkennöistä voidaan laatia liitântätaulukko, mihin yksilöidään liittimet ja liittimiin kytkettävät johtimet. Kaapelit ja johtimet yksilöidään kaapelivalmistajan kaapelille määrittämällä johdinnumeroilla tai väreillä. Liitântätaulukossa voidaan esittää myös kaapelin viitetunnus ja johtimien tunnuksat. Lisäksi voidaan esittää ohjauskaapeleiden pituuksia ja ohjeita kaapelin päättämisestä, häiriönsuojauksesta ja liitântätavoista. (SFS-EN 61082-1 2015, 70.)

4 OHJAUSPIIRIN KOMPONENTIT

Ohjauspiireissä käytetään yleisesti ohjaustoimintojen toteuttamiseen nokkakytkimiä, koska se sopii asennettavaksi jakokeskuksen kanteen ohjauspiirin ohjaustoimintoa ohjaavaksi kytkimeksi. Kytkimen vääntimestä voidaan selkeästi valita tarkoitettu asento, jolloin ohjauspiirin toiminto aktivoituu. Nokkakytkimiä käytetään jakokeskuksissa, missä muut kuin sähköalan ammattihenkilöt tekevät käyttötoimenpiteitä. Näin saavutetaan käyttötoimenpiteen aikainen valokaarisuojaus ja IP2X kotelointi, jännitteisten osien suojaamiseksi. (Hietalahti 2013, 160.; D1-2017, 22.)

Johdonsuojakatkaisijoilla voidaan toteuttaa ohjauspiirin sulakkeeton ylivirta suojaus. Johdonsuojakatkaisijoita käytetään yleisesti myös pääpiirin lähdoissa ylikuormitussuojana. Ohjauspiirin suojalaite valinnassa huomioidaan luvussa 2.3 käsitellyt ohjauspiirin suojausta koskevat vaatimukset. Johdonsuojakatkaisijan valitsemiseksi täytyy tuntea johdonsuojakatkaisijan liittimiin kohdistuva suurin oikosulkuvirta ja virtapiirin kauimmaisessa pisteessä oleva pienin oikosulkuvirta. Mikäli johdonsuojakatkaisijan liittimiin kohdistuva oikosulkuvirta on sen katkaisukykyä suurempi, käytetään ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan edessä sulaketta. (D1-2017, 269.)

Mikäli oikosulkuvirta on johdonsuojakatkaisijan katkaisukykyä suurempi, täytyy selvittää sulakkeen läpäisemä energia oikosulkutilanteessa. Näin varmistetaan, että kuormituspuolella oleva johdonsuojakatkaisija ja virtapiirin johtimet kestävät oikosulkutilanteen. Valmistaja ilmoittaa johdonsuojakatkaisijalle I^2t arvon, mikä kertoo virtapiiriin oikosulussa siirtyvän energian määrän. Ohjauspiirin johtimille voi määrittää laskemalla maksimi oikosulkutilanteen ajan, jonka johdin kestää vaurioitumatta. (SFS 6000-4-43 2017, 120.)

Lähtöjen kuorman kytkemiseen ja ohjauspiirin toimintojen toteuttamiseen käytetään yleensä kontaktoria. Kontaktorin pääkoskettimien läpi ohjataan pääpiirin virta ja apukoskettimet toimivat usein osana ohjauspiiriä, kuten kontaktorin tilan indikointia. Ohjauspiirien toimintojen toteuttamiseen käytetään myös kontaktorin kanssa samoin toimivia releitä. Rele on kokoluokassa ja tehonkestossa pienempi, joten se soveltuu ohjauspiireihin. (Hietalahti 2013, 172.)

Ohjauspiiriin sopivan ohjausjännitteen tuottamiseen käytetään ohjausjännitemuuntajaa. Ohjausjännitemuuntajan mitoituksessa on huomioitava ohjauspiirin kontaktorien ja varalähtöjen yhteenlaskettu pitoteho sekä vetotehot kahden suurimman kontaktorin osalta. Mitoitukseen lasketaan myös lähtöjen sisältämien merkkilamppujen tehot, muut ohjauspiirin laitteet ja varatehoa 20-50 %. Muuntajan suojalaittevalinnoissa on huomioitava ensiöpuolella ensiö- ja toisiopuolen virrat sekä toisiopuolen jännitteen alenema ohjauspiirin oikosulkutilanteessa. Ensiöpuolen suojalaitte mitoitetaan 1,4-1,8 kertaa suuremmaksi, kuin ensiöpuolen virta. Toisiopuolella pääsuoja mitoitetaan nimellisvirran suuruiseksi ja ohjauspiirikohittaiset suojat pääsuojan suhteen selektiivisesti suojalaittevalmistajan selektiivisyystaulukon mukaisesti. (PSK 1801 2000, 22.; SFS 6000-5-53 2017, 333.)

5 PROJEKTIN TOTEUTUS

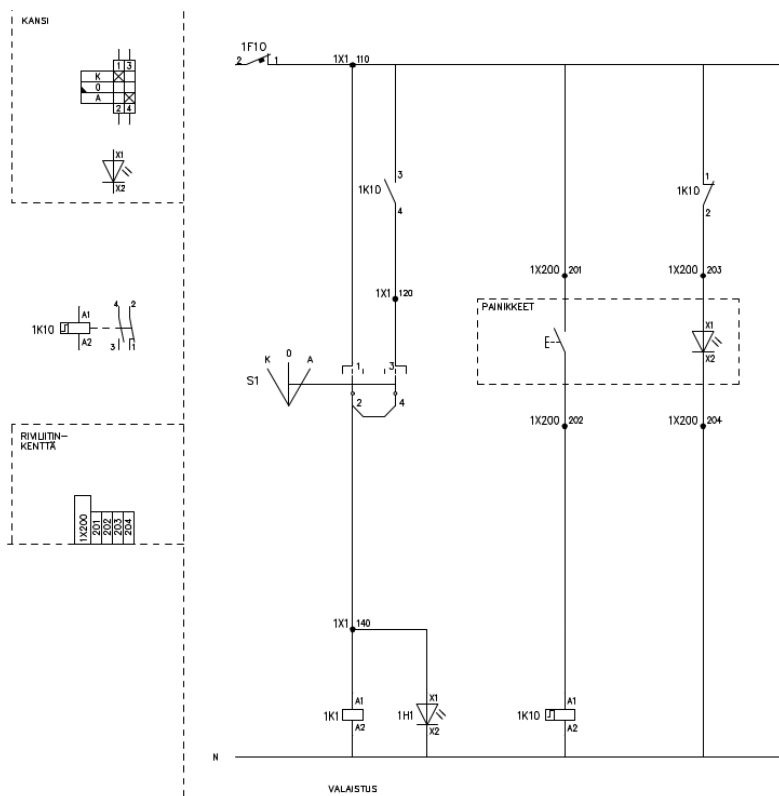
5.1 Piirikaaviohakemiston laatiminen

Piirikaaviohakemisto laadittiin piirustusluettelon perusteella, joka sisälsi kiinteistöissä, yleisimmin tarvittavat ohjattavat lähdöt valaistuksen, ilmanvaihdon, lämpöjohtopumpun, kiertovesipumpun tai saattolämmityksen ohjaamista varten. Piirikaavioita laadittiin eri suojausmenetelmillä ja ohjaustavoilla toteutettuina ja ne koottiin omiin kansioihinsa ja nimettiin lähdön mukaisesti. Hakemiston laatiminen aloitettiin tekemällä piirustusluettelon sisältämistä piirikaavioista kansiot jokaiselle piirikaaviotyypille. Kuvassa 9 on hakemiston kansiorakenne ja hakemistoon koottujen lähtöjen nimet. Piirikaavioiden laadinnassa hyödynnettiin työn toimeksi antaneen yrityksen toteutuneiden projektien piirikaavioita, joita muokattiin hieman yhtenäisen esitystavan aikaansaamiseksi.

- MOOTTORILÄHTÖ
- SAATTOLÄMMITYS, RAKENNUSAUTOMAATIO
- SAATTOLÄMMITYS+ TERMOSTAATTI
- SAATTOLÄMMITYS+ TERMOSTAATTI+ VUOSIAIKAKELLO
- VALAISTUSOHJAUS, ASTRONOMINEN KELLOKYTKIN
- VALAISTUSOHJAUS, DALI
- VALAISTUSOHJAUS, HÄMÄRÄKYTKIN+KELLO
- VALAISTUSOHJAUS, KNX
- VALAISTUSOHJAUS, LIIKETUNNISTIN
- VALAISTUSOHJAUS, PORRASVALOAUTOMAATTI
- VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO
- VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V
- VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI
- VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 230V

Kuva 9. Piirikaaviohakemiston kansiorakenne (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

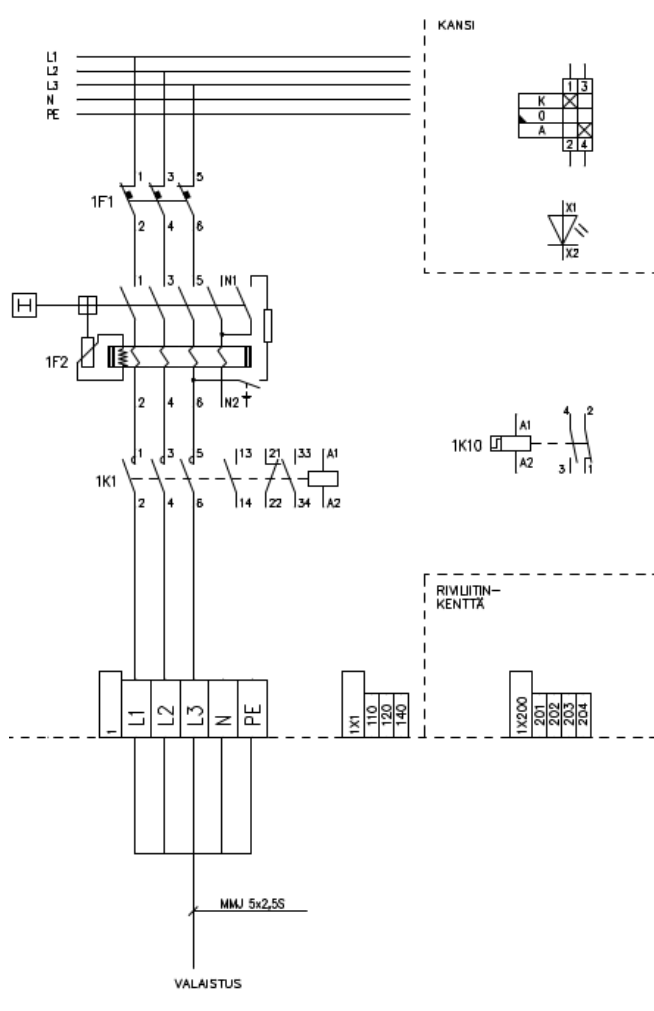
Valaistuksen ohjaukselle laadittiin kansiorakenteen mukaisia ohjaustapoja ja eri ohjaustavoille pääpiirin sulakkeellinen ja sulakkeeton sekä vikavirtasuojakytkimen sisältävä lähtö. Ohjauspiirin suojalaitteena käytettiin johdonsuojakatkaisijaa, joka voidaan tarvittaessa vaihtaa sulakkeeksi. Piirikaaviot laadittiin luvussa 3 käsiteltyjen dokumentointiperusteiden mukaisesti. Kuvassa 10 on painikeohjauksella toteutetun valaistuslähdön ohjauspiiri.



Kuva 10. Valaistuslähdön ohjauspiiri (Sähköinsinööritoimisto Esko Laakso Oy 2022)

Eri sijainneissa olevat komponentit rajattiin katkoviivalla ja sijainnin viite esitettiin kehyksen vasemmassa ylälaidassa. Keskuksen kannessa olevalle ohjauskytkimelle on kytkimen asentotaulukko ja painikkeella ohjatulle impulssireleelle on sidotulla esitystavalla oleva piirrosmerkki, jolloin impulssireleeseen yhteydessä olevien kärkien tulkinta selkeytyy.

Ohjattavien lähtöjen pääpiirit esitettiin ohjauspiirin kanssa samalla lehdellä moni-viivaisella esitystavalla. Kuvassa 11 on kuvan 10 ohjauspiirin ohjaama valaistuslähdön pääpiiri. Ohjauspiirin riviliittimet toteutettiin omaan riviliitinkokonaisuutena helpottamaan ohjauskaapeleiden kytkentää.



Kuva 11. Valaistuslähdön pääpiiri (Sähköinsinööri Esko Laakso Oy 2022)

Piirikaaviohakemiston on tarkoitus toimia tulevien projektien suunnittelun pohjana, jolloin hakemistosta voidaan liittää tarvittavien lähtöjen piirikaaviot projektiin ja muokata lähtökohtaiset numeroinnit vastaamaan keskuskaavion numerointia. Piirikaavioita voidaan hyödyntää jatkossa Cadmatic Electricalin generointitoiminnolla ja nopeuttaa piirikaavioiden muokkaamista projektin lähtöihin. Generointitoiminnolla piirikaavioita muokataan Excelillä, jolloin tietojen yksilöiminen tehostuu. (Cadmatic 2022.)

5.2 Projektin tuotokset

Projektin tuloksena saatiin ohjeistus ohjattavien lähtöjen piirikaavioiden suunnitteluun. Myös eri suunnitteluvaiheissa tuotettavat dokumentit ja suunnitteluvaiheiden tehtävä selvitettiin työn tutkimusosassa, mistä selviää piirikaavioiden toteutusajankohta sähkösuunnittelun aikana. Tutkimus osassa käsiteltyjen piirikaavioiden sähköteknisen dokumentoinnin myötä saatiin muodostettua yhtenäinen esitystapa piirikaavioille. Liitteessä 1 on esitetty piirustusluettelo työssä tuotetuista piirikaavioista.

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin piirikaavioiden suunnitteluun liittyviä standardeja ohjattavien lähtöjen suunnittelun kannalta. Tutkittiin myös piirikaavioiden dokumentointiin vaikuttavia standardeja ja laadittiin piirikaaviohakemisto työn toimeksiantaneen yrityksen käyttöön. Työn tuloksena saatiin yrityksen käyttöön piirikaavioiden suunnittelua ohjaava ohjeistus ja piirikaaviohakemisto suunnittelua varten.

Työssä käsitellyissä ohjauspiirin sähkötekniiseen suunnitteluun vaikuttavissa asioissa käsiteltiin ohjauspiirin suojausta, ohjausjännitteen toteutustapoja, ohjauskaapeleiden valintaperusteita ja ohjauspiirin kytkentöjä sekä komponentteja. Standardien perusteella tapahtuva suunnittelu täyttää sähköturvallisuuslain vaatimukset, joten opinnäytetyön tekeminen perehdytti opinnäytetyön suorittajan ohjausvirtapiirien suunnittelussa huomioon otettaviin asioihin. Opinnäytetyössä tutkittuja virtapiirin suojaukseen liittyviä asioita voidaan hyödyntää myös muiden virtapiirien suunnittelussa.

Työssä tutkittuja piirikaavioiden suunnitteluun liittyviä asioita hyödynnettiin piirikaaviohakemiston laatimisessa. Tutkittu teoria vastasi piirikaaviohakemistoon laadittujen piirikaavioiden sähkötekniistä asiasisältöä sekä esitystapa dokumentointia käsittelevää standardia. Teoriaosuudessa käytettiin lähteinä standardeja ja kirjallisuutta mitä voidaan pitää sähkötekniikan suunnittelun kannalta luotettavana materiaalina. Tietoa hankittiin myös teollisuuden ohjauspiirejä käsittelevistä julkaisuista ja tietoja sovellettiin kiinteistöjen ohjauspiirien suunnitteluun. Työn tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa myös tuotanto- ja teollisuuskiinteistöjen ohjattavien lähtöjen suunnittelussa, mikäli työtä kehitetään teollisuuden tietolähteiden pohjalta. Jatkossa työssä tuotettua piirikaaviohakemistoa voi kehittää täydentämällä hakemistoa myös muiden lähtöjen piirikaavioilla ja kehittää piirikaavioiden lähtökohtaista yksilöintiä Cadmatic Electricalin toiminnoilla.

LÄHTEET

Cadmatic 2022. Piirikaaviot. Viitattu 30.4.2022. <https://www.cadmatic.com/fi/construction/ohjelmistoratkaisut/cadmatic-electrical/talotekninen-sahkosuunnittelu/piirikaaviot/>.

D1. 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Mäkinen, M. J. J., Kallio, R. & Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki: Otava.

PSK 1801. 2000. Prosessiteollisuuden jakokeskus. PSK Standardisointi.

Sesko. 2022. Sesko Ry. Viitattu 13.4.2022. https://sesko.fi/sesko_ry/.

SFS 6000-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittelyt ja määritelmät. Helsinki: SFS.

SFS 6000-4-41. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: SFS.

SFS 6000-4-42. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta. Helsinki: SFS.

SFS 6000-4-43. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus. Helsinki: SFS.

SFS 6000-4-44. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. Helsinki: SFS.

SFS 6000-4-46. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-46: Suojausmenetelmät. Erottaminen ja kytkentä. Helsinki: SFS.

SFS 6000-5-51. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. Helsinki: SFS.

SFS 6000-5-52. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: SFS.

SFS 6000-5-53. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. Helsinki: SFS.

SFS 6000-5-55. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-55: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Muut sähkölaitteet. Helsinki: SFS.

SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS.

SFS-EN 61082-1. 2015. Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt. Helsinki: SFS.

SFS 3381. 2014. Vaihtosähköenergian mittaus. Mittauslaitteistot. Helsinki: SFS.

SFS-Käsikirja 16. 2003. Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset, Vakiosovellukset enintään 1000V moottorikäyttöille. Helsinki: SFS.

STEK 2022. Sähköturvallisuus. Viitattu 13.4.2022. <https://stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkoturvallisuuden-vaatimukset/sahkoturvallisuuslainsaadanto/>.

ST 13.28. 2020. Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 53.24. 2017. Ohjeita kiinteistöjen enintään 1000V johtojen mitoituksesta ja suojauksesta. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköinsinööri-toimisto Esko Laakso Oy 2022. Piirikaavio, valaistuksen ohjaus painikkeella.

Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135.

Tukes 2019. Luettelo S10-2019. Viitattu 13.4.2022. <https://tukes.fi/teollisuus/standardit>.

LIITTEET

Liite 1. Piirustusluettelo, Mallipiirikaaviot

Piiustusluettelo, Mallipiirikaaviot

Liite 1

		SÄHKÖINSINÖÖRITOIMISTO ESKO LAAKSO OY Valtakatu 16, 96200 ROVANIEMI www.eskolaakso.fi		MALLIPIIRIKAAVIOT				PIIRUSTUSLUETTELO						
TYÖNRO	PIIR.NRO	PIIRUSTUSTYYPPI	PIIRUSTUKSEN NIMI	KYTKIN	LEHTIÄ	PVM	VERSIO	1-vaite	3-vaite	gg	Johdonsuoja	vaik	Lämpörele	Lukitus
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 230V	1-0-A	1									
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 230V	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 230V	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 230V	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1				x	x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1				x	x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, SYSÄYSRELE 24V+KONTAKTORI	1-0-A	1				x		x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, DALI		1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, DALI		1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, DALI		1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, DALI		1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, KNX		1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, KNX		1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, KNX		1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, KNX		1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, HÄMÄRÄKYTKIN+KELLO	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, HÄMÄRÄKYTKIN+KELLO	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, HÄMÄRÄKYTKIN+KELLO	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, HÄMÄRÄKYTKIN+KELLO	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, ASTRONOMINEN KELLOKYTKIN	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, ASTRONOMINEN KELLOKYTKIN	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, ASTRONOMINEN KELLOKYTKIN	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, ASTRONOMINEN KELLOKYTKIN	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, PORRASVALOAUTOMAATTI	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, PORRASVALOAUTOMAATTI	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, LIKE TUNNISTIN	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, LIKE TUNNISTIN	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, LIKE TUNNISTIN	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, LIKE TUNNISTIN	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1				x	x				
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1				x	x		x		
		PIIRIKAAVIO	VALAISTUSOHJAUS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1				x		x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI	1-0-A	1				x	x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI	1-0-A	1				x		x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI+VUOSIAIKAKELLO	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI+VUOSIAIKAKELLO	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI+VUOSIAIKAKELLO	1-0-A	1				x	x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS+TERMOSTAATTI+VUOSIAIKAKELLO	1-0-A	1				x		x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x		x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1			x			x	x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1				x	x		x		
		PIIRIKAAVIO	SAATTOLÄMMITYS, RAKENNUSAUTOMAATIO	1-0-A	1				x		x	x		
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1			x		x				
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1			x			x			
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1				x	x				
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1				x		x			
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1			x		x		x	x	
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1			x			x	x	x	
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1				x	x		x	x	
		PIIRIKAAVIO	MOOTTORILÄHTÖ	1-0	1				x		x	x	x	