

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Kiinteistö sähköistyksen oppimisympäristö

Tolonen Joni

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön aiheesta Kemi-Tornion ammattikorkeakoulua ja ohjauksesta insinööri Antero Martimoa sekä insinööri Aila Petäjäjärveä. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työn valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Joni Tolonen
Opinnäytetyön nimi	Kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	28.3.2012
sivumäärä	64 + 5 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaajat	Ins. Antero Martimo Ins. Aila Petäjajarvi
Yritys	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Ins. Aila Petäjajarvi

Tämän opinnäytetyön perustana on Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun sähkötekniikan laboratorioden kehittämishanke, jonka yhteydessä uusitaan ja täydennetään opetuslaitteistoa. Tehtävänä oli suunnitella kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö, joka rakennetaan sähkövoimatekniikan laboratorioon.

Opinnäytetyö tehtiin sähköasennusten perusteiden oppimisympäristöihin. Painopiste asetettiin lukion suorittaneille opiskelijoille tarkoitetulle opintojaksolle, jonka teoriaosassa perehdytään yleisesti eri sähköasennuskomponentteihin, niiden käyttötarkoituksiin ja toimintoihin. Lisäksi käsiteltiin erilaisia sähköpiirustuksia ja niiden tulkitsemista. Ammatillisen sähköalan perustutkinnon suorittaneet osallistuvat seuraavalle opintojaksolle, jonka teoriaosassa perehdytään jakelujärjestelmiin sekä kiinteistön tehomitoitukseen.

Työn tavoitteena oli suunnitella oppimisympäristö, jonka avulla kehitetään opiskelijoiden kiinteistösähköistyksen käytännön osaamista valvotuissa ja turvallisissa olosuhteissa. Opinnäytetyössä keskityttiin kiinteistöjen sähköasennuksiin korostaen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuusmääräyksiä. Työstä rajattiin pois laajuuden vuoksi sähköasennusten käyttöönotto ja huolto. Asennustekniikan oppimisympäristö rajattiin siten, että siitä laadittiin suunnitelmat ja piirustukset, mutta se tullaan toteuttamaan myöhemmin.

Lopputuloksena opinnäytetyöprosessin aikana suunniteltiin kahdeksan erilaista opintojaksoa tukevaa harjoitustyötä, aiheeseen liittyviä kirjallisia ja käytännönläheisiä harjoitustehtäviä. Lisäksi suunniteltiin ja hankittiin oikeat työvälineet sisältävät työkalulaukut harjoitustöiden suorittamista varten. Työn tuloksena tehtiin myös laboratoriotyöohjeet harjoitustöihin.

Asiasanat: oppimisympäristö, sähkötyöt, asennus.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Joni Tolonen
Title	Learning Environment of Electrification of Property
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	28 March 2012
Pages	64 + 5 appendices
Instructors	Aila Petäjäjärvi, BScEng Antero Martimo, BScEng
Company	Kemi-Tornio University of Applied Sciences
Contact Person/Supervisor from Company	Aila Petäjäjärvi, BScEng

This thesis is based on the development project of the electrical laboratories in Kemi-Tornio University of Applied Sciences, which project is related to the renewing and completing of the education devices. The task was to plan learning environment for the electrification of the property. This will be built in electrical power technology laboratory.

The thesis was carried out in the learning environment for the basic electrical installations. The focus was on the study course for the students with a senior high school exam. In theory part of the course different electrical components, their usage and functions were studied in general. In addition, a variety of electrical drawings and their interpretation was dealt with. The graduates from the basic professional electrician education take part in the following study period which focuses on the theoretical part of the distribution systems as well as the design of the building powering.

The goal was to design a learning environment that helps students to develop their practical skills in the electrification of the property under controlled and safe conditions. The thesis focused on the electrical installations of the property, emphasizing SFS 6002 electrical safety regulations. Electrical installation commissioning and maintenance were not included in this, due to the wide range of subjects. Installation technique was limited to the learning environment so that the plans and drawings were drawn up but they will be carried out later.

As a result, during the process of the thesis, eight different training courses were designed to support the work related to written and practical exercises. In addition, proper tool bags containing tool were designed and purchased for practical work. Instructions for the laboratory work were also created.

Keywords: learning environment, electrical work, installation.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. OPPIMISYMPÄRISTÖ	2
3. LABORATORION LAINSÄÄDÄNTÖ	3
4. KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU	4
4.1. Tekniikan yksikkö	4
4.2. Sähkötekniikan koulutusohjelma	4
4.3. Laboratoriohanke	5
5. SÄHKÖTEKNIIKAN TEORIAA	6
5.1. Sähköasennuskomponentit	6
5.1.1. Pistorasiat	6
5.1.2. Kytkimet	7
5.1.3. Releet ja kontaktorit	11
5.1.4. Valaisimet	14
5.1.5. Sulakkeet	16
5.1.6. Vikavirtasuojakytkin	21
5.1.7. Asennuskaapelit ja –johtimet	23
5.1.8. Sähkökoneet	25
5.1.9. Kotelointiluokitus	28
5.2. Sähköpiirustukset	30
5.2.1. Piirikaavio	30
5.2.2. Piirikaavioiden esitystavat	31
5.2.3. Yleiskaavio	34
5.2.4. Toimintakaavio	34
5.2.5. Sähköpiirustusten lukeminen	35
5.2.6. Rakennuksen sähkölaitteistojen maadoitukset	35
5.2.7. Yksinkertainen sähkösuunnitelma	38
6. SÄHKÖASENNUSTEN PERUSTEET	40
6.1. Jakelujärjestelmät	40
6.1.1. TN-S	41
6.1.2. TN-C	41
6.1.3. TN-C-S	42
6.1.4. IT-järjestelmä	43
6.2. Kiinteistön sähköverkon tehomitoitus	44
6.2.1. Liittymän mitoitus	44
6.2.2. Asuinkiinteistön mitoitus	45
6.3. Kosketus- ja kosketusjännitesuojaus	46
6.3.1. Syötön automaattinen poiskytkentä	46
6.3.2. Suojaus käyttämällä suojaeristystä	47
6.3.3. Suojausluokat	48
6.4. Selektiivisyys	49

6.5. Jännitteenalenema	51
6.6. Maallikolle sallitut sähkötyöt	53
7. OPPIMISYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU	55
8. YHTEENVETO	57
9. LÄHDELUETTELO	58
10. LIITELUETTELO	64

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AWG	American Wire Gauge
MMJ	muovi, muovi, johdin
NO	Normally Open
NC	Normally Closed
CO	Change Over
SELV	Safety Extra Low Voltage
PELV	Protective Extra Low Voltage

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Työn perustana on tekniikan yksikön sähkölaboratorioiden kehittämishanke, jonka yhteydessä uusitaan ja täydennetään opetuslaitteistoa. Tehtävänä on suunnitella kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö, joka rakennetaan sähkövoimatekniikan laboratorioon.

Työn tavoitteena on suunnitella oppimisympäristö, jonka avulla opiskelijat pääsevät tekemään kiinteistösähköistyksen asennustöitä valvotuissa ja turvallisissa olosuhteissa. Opiskelijoiden oppimista auttavat myös teoriaa tukevat kirjalliset ja käytännönläheiset harjoitustehtävät sekä harjoitustyöt laboratoriotyöohjeineen, jotka suunnitellaan tässä opinnäytetyössä. Lisäksi tavoitteena on suunnitella ja hankkia oikeat työvälineet sisältävät työkalulaukut harjoitustöiden suorittamista varten.

Sähköasennusten käyttöönotto ja huolto rajataan opinnäytetyöstä pois. Opinnäytetyöprosessissa tullaan toteuttamaan teoriaa tukevat kirjalliset harjoitustehtävät sekä suunnitellaan ja hankitaan oikeat työvälineet sisältävät työkalulaukut. Asennustekniikan oppimisympäristö rajataan siten, että siitä laaditaan suunnitelmat ja piirustukset, mutta se tullaan toteuttamaan myöhemmin.

Sähkötekniikan opetussuunnitelmaan sisältyy useita eri sähköasennusopintojaksoja. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kahteen ensimmäiseen sähköasennuskurssiin, jotka ovat käytännön sähkötyöt ja sähköasennusten perusteet. Käytännön sähkötyöt –opintojakso on suunnattu lukion suorittaneille opiskelijoille, joilla ei ole sähkötekniistä pohjaa taustalla. Sähköasennusten perusteet –opintojaksolle ammatillisen sähköalan perustutkinnon suorittaneet myös osallistuvat.

Kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö tullaan toteuttamaan tämän opinnäytetyön suunnitelmien pohjalta. Opiskelijat rakentavat oppimisympäristön opetussuunnitelmaan kuuluvilla projektikursseilla.

2. OPPIMISYMPÄRISTÖ

Oppimisympäristö on oppimiseen liittyvän fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden kokonaisuus, jossa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat. Fyysiseen oppimisympäristöön kuuluvat erityisesti koulurakennus sekä opetusvälineet ja oppimateriaalit. Lisäksi siihen kuuluvat myös oppimista varten rakennettu ympäristö ja ympäröivä luonto. Opiskelutilat ja -välineet täytyy ensin suunnitella ja järjestää siten, että ne mahdollistavat monipuolisten opiskelumenetelmien ja työtapojen käytön. Työvälineiden, materiaalien sekä kirjastopalvelujen täytyy olla oppilaiden käytettävissä niin, että ne antavat mahdollisuuden aktiiviseen ja myös itsenäiseen opiskeluun. /27, s. 18./

Oppimisympäristön varustuksen täytyy tukea oppilaan kehittymistä nykyaikaisen tietoyhteiskunnan jäseneksi sekä antaa tilaisuuksia tietokoneiden ja muun mediatekniikan sekä mahdollisuuksien mukaan myös tietoverkkojen käyttämiseen. Fyysisen oppimisympäristön esteettisyyteen täytyy myös kiinnittää huomiota. Psykkisen ja sosiaalisen oppimisympäristön muodostumiseen vaikuttavat toisaalta yksittäisen oppilaan kognitiiviset sekä emotionaaliset tekijät ja toisaalta vuorovaikutukseen sekä muihin ihmissuhteisiin liittyvät tekijät. /27, s. 18./

Oppimisympäristön tulee ensisijaisesti tukea oppilaan henkistä kasvua ja oppimista. Sen on oltava fyysisesti, psyykkisesti sekä sosiaalisesti turvallinen ja tuettava myös oppilaan terveyttä. Tavoitteena on oppilaan oppimismotivaation ja uteliaisuuden tukeminen sekä edistää myös oppilaan aktiivisuutta, itseohjautuvuutta ja luovuutta tarjoamalla kiinnostavia haasteita ja ongelmia. Oppimisympäristön tulee ohjata oppilasta asettamaan itselleen realistisia tavoitteita ja arvioimaan rehellisesti myös hänen omaa toimintaansa. Oppilaalle voidaan antaa lisäksi mahdollisuus osallistua oppimisympäristönsä rakentamiseen ja kehittämiseen. Oppimisympäristön tulee tukea opettajan ja oppilaan välistä sekä oppilaiden keskinäistä vuorovaikutusta. Sen täytyy edistää vuoropuhelua ja ohjata oppilaita työskentelemään ryhmän jäsenenä. Tavoitteena on avoin, rohkaiseva, kiireetön ja positiivinen ilmapiiri, jonka ylläpitämisestä vastuu on sekä opettajalla että oppilailla. /27, s. 18./

3. LABORATORION LAINSÄÄDÄNTÖ

Oppilaitosten sähkölaboratoriotiloissa työskentelyyn liittyen on olemassa standardi SFS 6000-8-803 (Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot). Standardia on noudatettava, mikäli oppilaitosten laboratoriotiloissa annetaan koulutusta käytännön sähkötoihin ja sähköiskun vaara on mahdollinen. Koulutusta voi muun muassa olla esimerkiksi laboratoriotyöt sekä asennus- ja mittausharjoitukset, joissa kosketeltavana esiintyy luokan II jännitteitä ($50 \text{ V AC} < U \leq 1000 \text{ V AC}$ tai $120 \text{ V DC} < U \leq 1500 \text{ V DC}$). Asennettaessa tai käytettäessä sähköisiä testauslaitteistoja on sovellettava jänniterajoista riippumatta standardia SFS-EN 50191. /34, s. 563./

Sähkölaboratorioiden luonteen vuoksi ei aina voida laitteissa käyttää perussuojausta eristyksen tai koteloinnin avulla, joten on mahdollisuuksien mukaan suoritettava työt kosketussuojattuna. Mikäli työtä ei voida suorittaa täysin kosketussuojattuna, niin silloin on käytettävä tilapäistä suojausta tai estettä. Työkaluissa ja mittalaitteissa on käytettävä eristystä tai kotelointia laitteiden rakennestandardien mukaisesti. /34, s. 563./

Tilapäisissä kytkennöissä kytkentäjohtoina suositellaan käytettävän sellaisia rakenteita, jotka on suojattu koskettamiselta. Paljaiden naparuuvien käyttäminen on kielletty. Mittapäihin ja virtapihtiin liittyvät standardit ovat EN 61010-2-031 ja EN 61010-2-032. /34, s. 563./

Sähkölaboratorioihin saavat päästä vain ammattitaitoiset tai opastetut henkilöt. Maallikoiden pääsy näihin tiloihin on mahdollista vain ammattitaitoisten ja opastettujen henkilöiden valvomana. Ovet ja muut kulkutiet on varustettava kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn tiloihin. /34, s. 563./

Sähkölaboratorioiden asennuksista täytyy olla ajan tasalla olevat dokumentit. Pistorasioiden merkinnöistä on tultava ilmi kaikki tarpeellinen tieto (jännite, teho tai virta ja suojaustapa). Sähkölaboratorioihin on myös sijoitettava sopiviin paikkoihin ensiapuohjeet ja hätäpuhelin numero mahdollisten sähkötapaturmien vuoksi. /34, s. 565./

4. KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu (KTAMK) on Suomen toiseksi pohjoisin ammattikorkeakoulu. KTAMK:ssa suoritettavat tutkinnot ovat ammatillispainotteisia korkeakoulututkintoja. Ammattikorkeakoulun tehtävänä on kouluttaa ammatillisia asiantuntijoita työelämän kehittämistehtäviin. Ammattikorkeakoulussa voi suorittaa ammattikorkeakoulututkintoja (Bachelor's degree) ja ylempiä ammattikorkeakoulututkintoja (Masters's degree). KTAMK kouluttaa ammattilaisia kulttuurialalle, liiketalouteen, luonnontieteisiin, sosiaali- ja terveystieteille sekä tekniikkaan. /19/

4.1. Tekniikan yksikkö

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikkö sijaitsee Kemissä. Tekniikan yksikössä opetetaan tekniikkaa ja liiketaloutta. Yksiköstä löytyy myös oma Oppimiskeskus, josta voi lainata esimerkiksi kirjoja. Opetettavia tekniikan aloja ovat sähkötekniikka, kone- ja tuotanto-tekniikka sekä tuotantotalous. /19/

4.2. Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkötekniikan koulutusohjelmasta valmistuu automaatio- ja sähkövoimatekniikan insinöörejä Pohjois-Suomen yrityksiin ja teollisuuteen. Sähkötekniikan suuntautumisvaihtoehdoissa opiskelu tapahtuu teorian, harjoitusten ja käytännön työskentelyn samanaikaisella toteutuksella. Teorian opiskelua tuetaan lasku- ja suunnitteluharjoituksilla, sekä ryhmätöinä toteutettavilla harjoituksilla ja käytännön töinä sähkötekniikan laboratoriotiloissa. Myöhemmin suuntaavissa opinnoissa tehdään useampia projekteja, joissa opitaan yhdistämään asioita ja ymmärtämään tehtävää insinöörin näkökulmasta. /19/

Opiskeluun sisältyy paljon käytäntöihin ja teorioihin perehdyttäviä laboratoriotöitä ajanmukaisissa laboratorioissa. Sähköinsinöörit työskentelevät tyypillisesti teollisuuden, tuotantolaitoksien, sähkölaitoksien, kuntien, oppilaitosten ja suunnittelutoimistojen palveluksessa tai itsenäisinä yrittäjinä. /19/

Sähkövoimatekniikan opetussuunnitelma (OPS) rakentuu yhteisistä perusopinnoista, sähkötekniikan ammattiopinnoista, sähkövoimatekniikan suuntautumisopinnoista, vapaavalintaisista opinnoista, työharjoittelusta sekä opinnäytetyöstä. Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto keskittyy enimmäkseen teollisuus- ja kiinteistösähköistykseen sekä sähkönjakelun suunnitteluun kuluttajille.

4.3. Laboratoriohanke

Opinnäytetyö on osa Kemi-Tornio ammattikorkeakoulun laboratoriohanketta, jossa sähkövoimatekniikan laboratoriotiloja ja -laitteistoja uudistetaan. Sähkövoimatekniikan kahdesta laboratorion toinen keskittyy sähköntuotantoon ja -jakeluun ja toinen kiinteistösähköistykseen. Kiinteistösähköistyksen laboratorioon tulee myös kiinteistöautomaation ja heikkovirtajärjestelmien oppimisympäristöt.

5. SÄHKÖTEKNIIKAN TEORIAA

Sähkötekniikan teoriaa -osiossa käsitellään yleisimpiä sähköasennuskomponentteja. Komponenteista käsitellään mm. niiden toimintaa ja käyttötarkoituksia. Lisäksi käsitellään sähköpiirustuksia ja niiden tulkitsemista.

5.1. Sähköasennuskomponentit

Sähköasennuskomponentteihin luetellaan kaikki yksittäiset sähkölaitteet kuten esimerkiksi pistorasiat, kytkimet ja kaapelit. Komponenttien avulla pystytään ohjaamaan ja siirtämään sähköä halutulla tavalla.

5.1.1. Pistorasiat

Pistorasioiden avulla saadaan sähkölaitteet liitettyä sähköverkkoon. Pistorasioiden jännite mm. Suomessa on 230V (220-240V) ja verkkotaajuus on 50Hz. Kodeissa voi löytyä monenlaisia pistorasioita, joita ovat esimerkiksi ns. tavalliset eli 0-luokan pistorasiat sekä suojakosketin- eli sukopistorasiat. Nykyään uusiin asuntoihin asennetaan vain sukopistorasioita, mutta vanhoissa asunnoissa voi löytyä runsaasti kuvassa 1 olevia maadoittamattomia pistorasioita, joissa ei ole suojakosketinta ollenkaan. Maadoittamattomia pistorasioita ei ole enää vuoden 1997 jälkeen asennettu uusiin rakennuksiin. /49, s. 12./



Kuva 1. Maadoittamaton ja maadoitettu pistorasia /9, 10/

Pistorasia-pistotulppa-järjestelmä on suunniteltu siten, että pistotulppa, jota ei ole tarkoitettu käytettäväksi tiettyyn pistorasiaan, ei myöskään siihen sovi. Pistotulppaa ei saa vuolla tai viilata eri pistorasiaan sopivaksi, koska suojausjärjestelmät saattavat tulla siten tehottomiksi. Uudet pistorasiat ovat turvapistorasioita eli ns. lapsisuojujattuja. Lapset eivät saa siten helposti työnnettyä esimerkiksi puikkoja pistorasiaan. /47/, /49, s. 12./

Pistorasioiden asennuksiin liittyviä standardeja on noudatettava. Standardit ovat Suomen Standardisoimisliiton suosituksia sähköasennuksien ja laitteiden käytön turvallisuuden parantamiseksi. Standardin SFS 6000-8-813.3 mukaan pistorasioiden asentamisessa noudatetaan normaaleja sähkölaitteiden asentamista koskevia määräyksiä. Tiloihin, joihin alle kouluikäisillä lapsilla on vapaa pääsy, on käytettävä turvapistorasiaa (standardi SFS 5610), pistorasia on asennettava vähintään 1,7 m etäisyydelle lattiasta, pistorasia on asennettava lukittuun tilaan tai se on asennettava siten, ettei se ole normaalisti kosketeltavissa (esimerkiksi lieden tms. kalusteen taakse). Standardista SFS 6000-8-813.3 löytyy lisää suosituksia pistorasioiden asentamiseen liittyen. /34, s. 582./

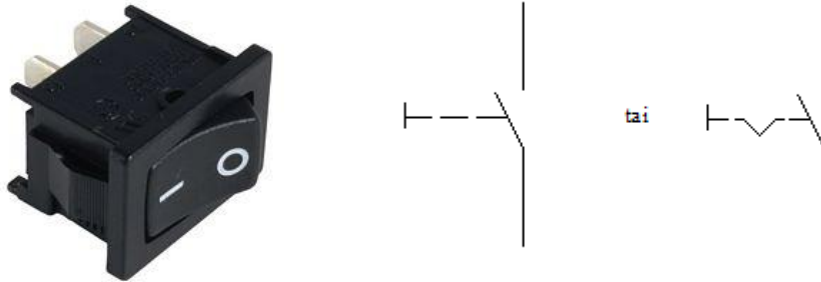
5.1.2. Kytkimet

Kytkinlaitteita käytetään sähkövirtapiirien avaamiseen ja sulkemiseen elektroniikkalaitteiden sähkövirtapiireissä, pienjänniteverkossa ja sähköenergian siirtoverkossa. Niiden avulla voidaan sytyttää ja sammuttaa valaisimia, käynnistää ja pysäyttää sähkökoneita sekä liittää siirrettäviä käsityökaluja sähköverkkoon. /6, s. 83./

Kytkimen rakenne koostuu ulkokuoresta ja rungosta sekä avautuvista ja sulkeutuvista koskettimista ohjauslaitteineen. Kytkimen koskettimet pinnoitetaan usein hopeaseoksella tai kullalla, koska koskettimet eivät saa hapettua ja niiden on kestettävä kulutusta ja ympäristön epäpuhtauksia. Niiden on myös kestettävä kipinäintiä, koska koskettimet sulkevat ja katkaisevat sähkövirtapiirin. Koskettimet esitetään sähköpiirustuksissa standardien mukaisilla piirrosmerkeillä. /6, s. 86./

Vipu- ja keinukytkimillä voidaan ohjata mm. asuinhuoneiden valoja sekä kodinkoneiden käyntiä. Ne ovat lisäksi erittäin yleisiä elektroniikkalaitteiden ohjaus- ja pääkytkimiä.

Kuten kuva 2 osoittaa, niin kytkimen piirrosmerkissä mekaanista ohjausta esittää koskettimelta lähtevä katkoviiva ja katkoviivan päässä oleva poikittaisviiva käsinohjausta. Mekaaniseen ohjausviivaan voidaan lisätä V-merkki, jos halutaan korostaa koskettimen pysymistä ohjatussa asennossa. /6, s. 88./



Kuva 2. Keinukytkin ja sen piirrosmerkki /24/

Painikekytkimellä ohjataan huonetilojen ja asuinrakennusten porraskäytävien valoja. Muita käyttökohteita ovat esimerkiksi moottorien käynnistys- ja pysäytyslaitteet, palo- ja murtohälytyspainikkeet sekä koneiden hätäpysäytyspainikkeet. Painikekytkintä painattaessa se katkaisee virtapiirin ja lukittuu auki -asentoon. Painikekytkimen kosketin palautuu toiminta-asennosta perusasentoon, kun voimavaikutus painikkeesta loppuu. Tämä toiminta esitetään piirrosmerkissä katkoviivaan lisätyllä [-merkillä, joka on havainnollistettu kuvassa 3. Palautuvan lisäksi on olemassa myös palautumaton painikekytkin. Painikekytkintä painattaessa se katkaisee virtapiirin ja lukkiutuu auki -asentoon ja palautuu toiminta-asennosta perusasentoon painikekytkintä uudelleen painamalla. /6, s. 89./

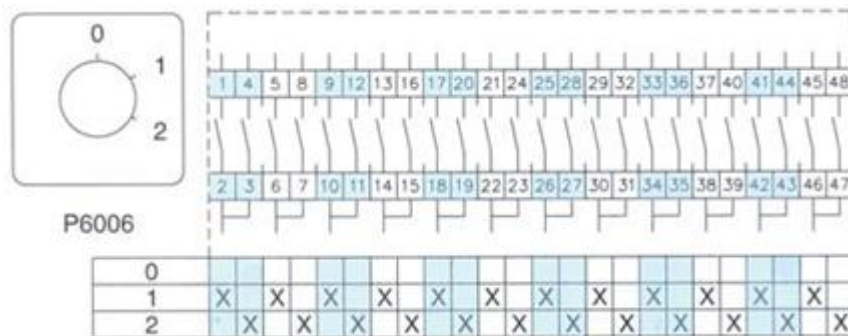


Kuva 3. Painikekytkin ja sen piirrosmerkki /24/

Nokkakytkimet ovat käytössä ohjaus- ja mittauspiireissä sekä kuormakytkiminä sähkökoneiden virtapiireissä. Nokkakytkimet ovat moniasentoisia kytkimiä, joiden rakenne

koostuu useasta kosketinyksiköstä. Akselien kiertoliike ohjaa nokkapyörien välityksellä kosketinyksiköiden koskettimia. /6, s. 90./

Nokkakytkimen toimintataulukossa esitetään kytkimen asennot, kosketinyksiköiden liittimien väliset kytkennät ja koskettimien asennot kytkimen eri asennoissa. Taulukossa oleva X-merkki ilmaisee kiinni olevaa kosketinta. Kuvassa 4 olevan nokkakytkimen asennot ovat 0, 1 ja 2. Kytkimessä on 12 kosketinyksikköä ja niissä jokaisessa on kaksi kosketinta. Ensimmäisessä yksikössä ovat koskettimet 1-2 ja 3-4, toisessa 5-6 ja 7-8 jne. Kytkimen johdotukset esitetään yleensä erillisessä kytkentäkaaviossa. /6, s. 91./



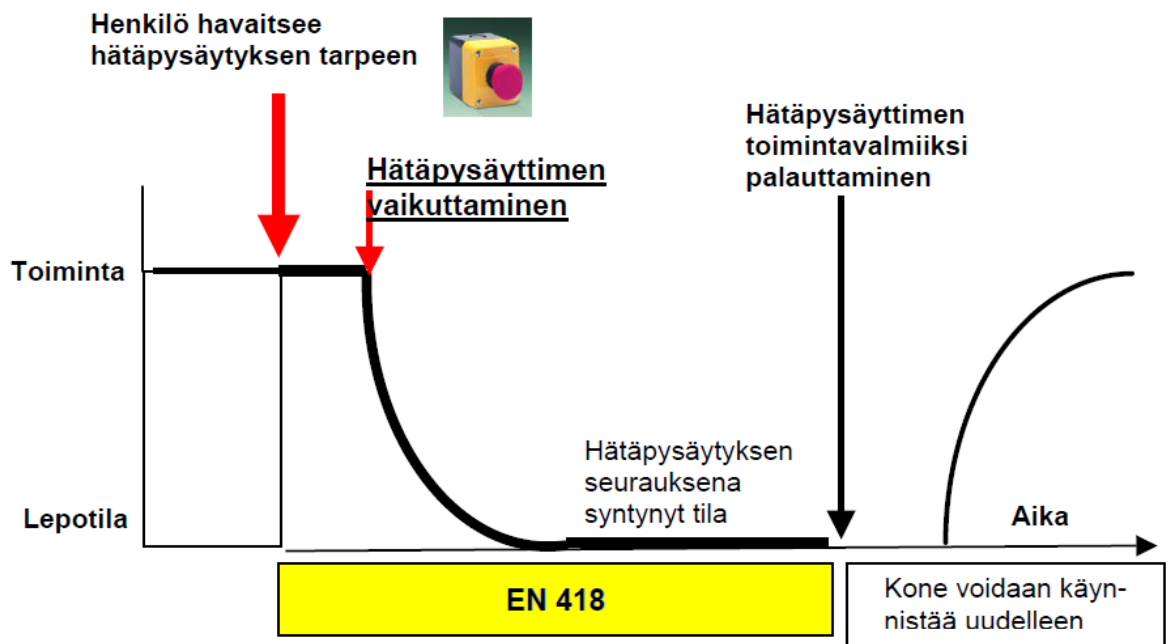
Kuva 4. 0-1-2 nokkakytkimen toimintataulukko /18, s. 6./

Odottamattoman käynnistyksen estokytkin (turvakytkin) on moottorin tai muun sähkölaitteen läheisyyteen päävirtapiiriin asennettava kytkin. Turvakytkimen tarkoitus on estää luotettavasti kyseisen laitteen vahinkokäynnistyminen esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden aikana. Turvakytkimet ovat käsikäyttöisiä, luotettavalla asennonosoituksella varustettuja sekä aukiasentoon lukittavissa olevia kuten kuvassa 5. /3/



Kuva 5. Lukittu turvakytkin /36/

Hätä-seis-kytkintä koskeva konedirektiivin mukainen perussääntö on, että jokaisen koneen on oltava varustettu vähintään yhdellä hätä-seis-kytkimellä mahdollisen vaaratilanteen torjumiseksi. Jos kyseessä on järjestelmä, joka koostuu useammasta yhdessä toimimaan tarkoitetusta koneesta, niin silloin hätä-seis-kytkimen ei tule pysäyttää pelkästään kyseessä olevaa konetta, vaan myös edeltävät ja sen jäljessä olevat koneet, mikäli niiden toiminnan jatkuminen voi aiheuttaa vaaratilanteen. Tärkeä turvallisuustekijä hätä-seis-kytkimessä on virran kulun katkaiseva avautuva kosketin. Sulkeutuvaa kosketinta käytetään välittämään tieto virran kulun katkeamisesta esimerkiksi prosessityöntekijälle. Standardi EN 418 käsittelee hätäpysäyttimiä, mutta se koskee vain rakenteellisia periaatteita ja hätä-seis-laitteiden toiminnallisia asioita. Standardin soveltamisalue on esitetty graafisesti kuvassa 6. /33, s. 1./, /26, s. 12./



Kuva 6. Hätäpysäytysstandardin EN 418 soveltamisalueen graafinen esitys /26, s. 12./

5.1.3. Releet ja kontaktorit

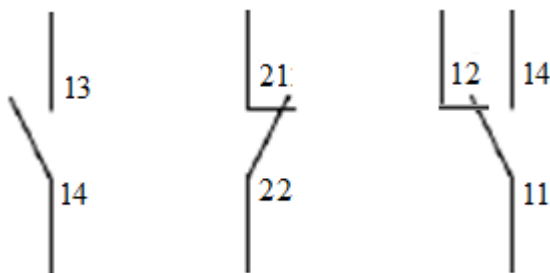
Releissä koskettimia ohjataan sähkömagneetilla, kun taas esimerkiksi painike- ja nokkakytkimien koskettimia ohjataan mekaanisen ohjauslaitteen avulla. Elektronisissa releissä on sähkömagneettisen releen lisäksi myös releen toimintaa ohjaava elektroniikkapiiri. Releen toiminta perustuu magneettikenttään, joka syntyy kun releen käämiin kytketään virta. Magneettikenttä vetää ankkurin kiinni rautasydämeen ja saa siten aikaan kosketintoiminnat. Kun kelan virtapiiri katkaistaan, niin rautasydämen magneettisuus katoaa ja jousikuormitettu ankkuri irtoaa rautasydäimestä. Silloin koskettimet palautuvat perusasentoon. Kuvassa 7 on Omronin valmistama rele. /6, s. 96./



Kuva 7. Omronin rele /25/

Releissä voi olla seuraavia koskettimia, jotka on esitetty kuvassa 8:

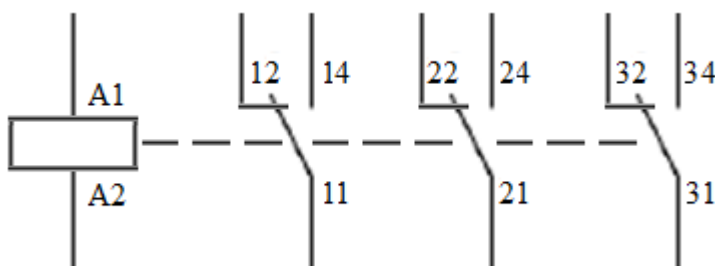
- sulkeutuva kosketin (NO – Normally Open), joka releen vetäessä päästää virran kulkemaan
- avautuva kosketin (NC – Normally Closed), joka releen vetäessä katkaisee virran kulun
- vaihtokosketin (CO – Change Over), joka sisältää molemmat em. toiminnot. /6, s. 96-97./



Kuva 8. Sulkeutuva, avautuva sekä vaihtokosketin /6, s. 97./

Kun sähkövirta kulkee kelan läpi, kela vetää kiinteää rautasydäntä vasten liikkuvan rautasydämen, jolloin kytkinosan NC-koskettimet avautuvat ja NO-koskettimet sulkeutuvat. Kun kelan läpi menevä virtapiiri katkaistaan, jännittynyt jousi työntää kytkinosan koskettimet perusasentoon. /6, s. 97./

Releen koskettimet numeroidaan kaksinumeroisilla luvuilla, joista ensimmäinen numero ilmoittaa koskettimen järjestysnumeron ja toinen numero toiminnan. NC-koskettimen toiset numerot ovat 1 ja 2 sekä NO-koskettimen 3 ja 4. A1 ja A2 ovat kelan liitintunnukset. Kuvassa 9 on esitetty 11-mpainen pistokantarele. /6, s. 97./



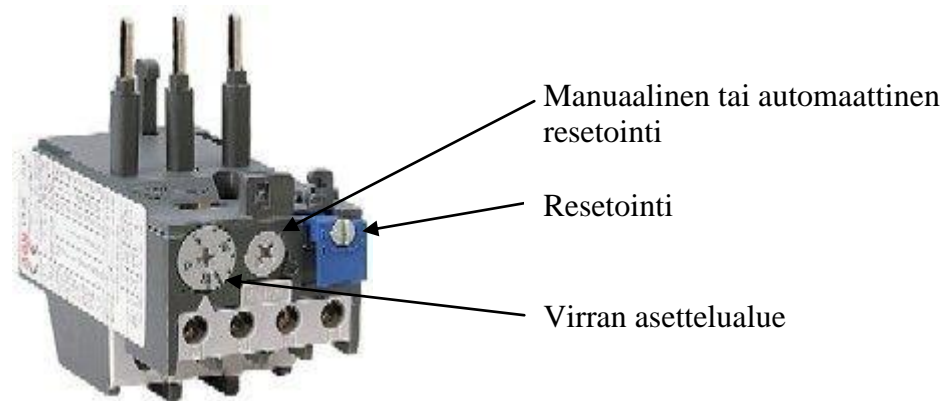
Kuva 9. 11-mpaisen pistokantareleen piirrosmerkki /6, s. 97./

Kontaktori on rakenteeltaan ja toiminnaltaan samanlainen kuin sähkömagneettinen rele. Oleellisin ero on siinä, että kontaktori on tarkoitettu kytkinlaitteeksi sähkölaitteen päävirtapiiriin (kolmivaiheinen) ja rele ohjausvirtapiiriin (yksivaiheinen). Koskettimet kontaktorissa on tarkoitettu katkaisemaan ja kytkemään sähkölaitteen ottaman virran. Kontaktoreihin saa myös apukoskettimia, joilla voidaan ilmoittaa asennon vaihtumisesta esimerkiksi ohjauslogiikalle. Kontaktoria ohjataan yleensä käynnistys- ja pysäytyspainikkeella. Yleisimmät kontaktoreiden käyttöluokat vaihtosähköllä ovat lämmitysvastukset ja oikosulkumoottorit. ABB:n valmistama kontaktori on esitetty kuvassa 10. /6, s. 109./



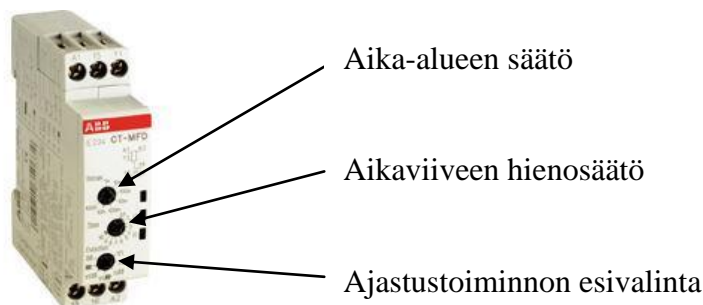
Kuva 10. ABB:n kontaktori /40/

Mekaaniset lämpöreleet ovat sähkömekaanisia suojauslaitteita päävirtapiirissä. Niillä suojataan sähkömoottoreita ylikuormitukselta tai vaihevialta. Sähkölaitteen virta kulkee kaksoismetallielementin (bi-metalliliuskan) ympärillä olevan vastuslangan läpi ja lämmittää bi-metalliliuskaa. Mitä suurempi virta vastuslangan läpi kulkee, niin sitä enemmän se lämmittää bi-metalliliuskaa, joka lämmön vaikutuksesta alkaa taipua. Kun liuska on taipunut riittävästi, niin kosketinlevy pyörähtää pidikkeen alta ja avaa koskettimen. Lämpörele voidaan palauttaa takaisin toimintatilaan painikkeella, mutta bi-metalliliuskan on ensin jäädyttävä riittävästi. Kolmivaiheisessa lämpöreleessä on joka vaiheella oma bi-metalliliuska ja niitä lämmittää vaiheiden virrat. Kuvassa 11 on ABB:n valmistama lämpörele. /2/, /6, s. 110./



Kuva 11. ABB:n lämpörele /17/

Elektroniikkapiiri ohjaa aikaohjelman mukaisesti aikareleen sähkömekaanista relettä. Aikareleiden elektroniikkapiireissä on digitaalisia ja analogisia piirejä. Näiden piirien avulla voidaan releen toiminnaksi valita veto- tai päästöhidastus, vilkku- tai hipaisutoiminta. Elektroniikkapiirit saavat jännitteen joko suoraan muuntajalta tai elektroniselta syöttöjänniteyksiköltä. Syöttöjänniteyksikkö mahdollistaa releen käytön laajemmalla jännitealueella sekä tasa- että vaihtosähköllä. ABB:n aikarele on esitetty kuvassa 12. /6, s. 101./



Kuva 12. ABB:n aikarele /8/

5.1.4. Valaisimet

Hehkulamput on volframilanka, joka kuumennetaan sähkövirralla niin korkeaan lämpötilaan (2700 K), että se alkaa hehkua ja siten tuottaa valoa. Hehkulamppu syttyy heti ja antaa siten välittömästi täyden valotehon. Sitä on helppo säätää valonsäätimellä ja säätöalue on 0-100 %. Euroopan unionin päätöksellä hehkulamput ovat poistettu

myynnistä vuoteen 2012 mennessä ja niiden tilalla voidaan käyttää halogeenilamppua, energiansäästölamppua tai LED-lamppua. /6, s. 324./

Halogeenilamppu tuottaa valoa samoin kuin hehkulamppukin. Lampun halogeenikaasut palauttavat hehkulangasta höyrystyneet volframiatomit takaisin hehkulankaan ja silloin ne eivät kulkeudu kuvun sisäpinnalle kuten hehkulamppussa. Sen ansiosta halogeenilampun polttoikä (2000-4000 h) on hehkulamppujen polttoikää pidempi ja ne ovat myös kooltaan pienempiä. Halogeenilamppuja valmistetaan niin verkkojännitteelle kuin myös 12 ja 24 V:n pienoisjännitteelle. Verkkojännitteisen halogeenilampun valovirtaa voidaan säätää hehkulamppun tapaan valonsäätimellä, jonka säätöalue on 0-100 %. /6, s. 325-326./

Loistelamppu on matalapaineinen elohopealamppu ja sen molemmissa päissä on volframilanka elektrodina. Lampun elektrodien välillä kulkee elektronivirta. Kun elektronit törmäävät elohopea-atomeihin, niin vapautuu UV-säteilyä, joka muuttuu putken sisäpinnan loisteainekerroksessa näkyväksi valoksi. Loistelampun antaman valon värin määrää loisteaine. Virta rajoitetaan tiettyyn arvoon lampun kanssa sarjaan kytketyllä kuristimella, ettei virta kasvaisi liian suureksi ja siten tuhoaisi lamppua. Kuristimen suuruus määräytyy loistelampun koon mukaan ja sen tehtävä on myös indusoida jännitepiikki, joka aiheuttaa virran elektrodien välille. /6, s. 327./

Energiansäästölamput (pienoisloistelamput) tuottavat valoa samalla periaatteella kuin perinteiset loistelamputkin. Lampun elektrodien välillä kulkeva elektronivirta saa elohopeahöyryn lähettämään UV-säteilyä, jonka muuttaa näkyväksi valoksi putken sisäpuolen loisteaine. Energiansäästölamppujen käytettävyyttä hankaloittaa se, etteivät ne syty heti vaan antavat täyden valovirran vasta lämmittyään. /6, s. 330./

Kuvan 13 kaltaiset LED-lamput yleistyvät nopeasti sekä sisustus- että ulkovalaisimien valonlähteinä. Valodiodeista on tullut nykypäivänä merkittävä valonlähde työvaloihin sekä yleis-, kohde-, ja korostusvalaistukseen kiinteistöissä, ulkotiloissa ja ajoneuvoissa. LED-lamppujen värisävyt ulottuvat 2700 K:n lamppuista yli 7000 K:n lamppuihin. Lampun valkoinen valo muodostetaan ledin kapeasta valospektristä päällystämällä sinistä valoa lähettävä ledi keltaisella loisteaineella tai violettiä valoa lähettävä ledi sinisellä, vihreällä ja

punaisella loisteaineella tai sijoittamalla samaan koteloon punaista, sinistä ja vihreää valoa lähettävät ledit. LED-lamppujen elinikä on 25 000-50 000h. /6, s. 331./



Kuva 13. LED-lamppu /44/

Lamput syttyvät heti ja palavat täydellä valoteholla. Niitä on myös helppo ohjata ja säädellä. LED-lamput kestävät tärinää eivätkä lähetä lämpösäteilyä, joten niiden lämpötila on alhainen. Elinikään ei vaikuta kytkentöjen määrä, joten ne sopivat kohteisiin, joissa niitä sytytetään ja sammutetaan usein. Lamput sopivat kylmiin ja puolilämpimiin paikkoihin, mutta lämpimiin kohteisiin ne eivät sovi, koska lämpötilan kohotessa lamppujen antama valo vähenee. Asennuksessa on noudatettava tuotteen mukana tulevaa asennusohjetta tarkasti, jotta lämpötilat pysyvät alhaisina. /6, s. 332./

5.1.5. Sulakkeet

Sulake (ylivirtasuojaja) on turvalaite, joka sijaitsee virtapiirissä. Sulake suojaa sähkön käyttäjää mahdolliselta tapaturmalta, mikäli sähkölaitteeseen tulee vaarallinen vika. Sulake suojaa myös sähköjohtoa mahdolliselta ylikuormitukselta ja sen aiheuttamalta johdon lämpenemiseltä sekä rajoittaa siten mahdollisen tulipalon riskiä. /48/

Virtapiirin virta on ylivirtaa silloin, kun se on johtimelle sallittua nimellisvirtaa suurempi. 3~oikosulkuvirta on virtapiirissä suurimmillaan, kun vaihe- ja nollajohtimet ovat suorassa yhteydessä toisiinsa. Tämä ylivirta on oikosulkuvirtaa, mutta muuta nimellisvirtaa suurempaa virtaa kutsutaan taas ylikuormitusvirraksi. Vikavirtoja aiheuttavat yleensä oikosulut, väärät kytkennät ja ylikuormitus. Ylivirtasuojia kutsutaan ylikuormitussuojiksi ja oikosulkusuojiksi riippuen siitä suojataanko johtimia ja kojeita ylikuormitusvirralta vai

oikosulkuvirralla. Suojalaite voi myös toimia samalla sekä ylikuormitussuojana ja oikosulkusuojana. /6, s. 114./

Pienoissulakkeessa on sulava lanka lasisen, keraamisen tai kuituputken sisällä. Lasiputkisulakkeiden nimellisvirta on 32 mA:sta 16 A:iin ja yleisin koko on 5 mm x 20 mm (halkaisija x pituus). Sähköisistä nimellisarvoista ovat nimellisjännite ja -virta merkitty metalliseen kosketinpintaan tai -putkeen. Sulakkeeseen on myös merkitty toimintanopeuden ilmaiseva kirjain: TT = erittäin hidas, T = hidas, M = keskinopea, F = nopea ja FF = erittäin nopea. Putkisulakkeille myös ilmoitetaan yleensä suurin virta, minkä se pystyy katkaisemaan ja tätä virtaa nimitetään nimelliskatkaisukyvyksi. 5mm x 20mm kokoisella sulakkeella se on 35A. /6, s. 114./

Pienoissulakkeen nimelliskatkaisukykyä parannetaan, kun putki täytetään jauheella, koska silloin jauhe sitoo itseensä suurimman osan katkaisutapahtumassa syntyvästä energiasta. Lasiputkisulake jauhetäytteellä on esitetty kuvassa 14. /6, s. 115./

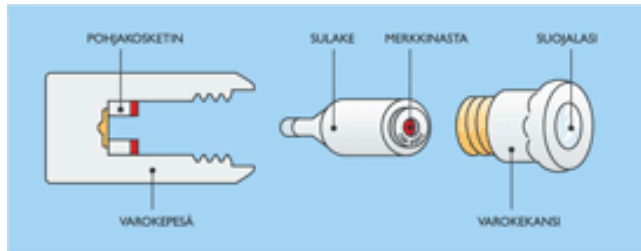


Kuva 14. Lasiputkisulake jauhetäytteellä /29/

Tulppasulakkeessa on sulavana osana kuparilanka, jota ympäröi kvartsihiekkä. Tulppavarokeosia on kahta eri kokoa. 25A varokepesä on tehty 2, 4, 6, 10, 16, 20 ja 25 A tulppasulakkeille ja 63 A varokepesä 35, 40, 50 ja 63 A tulppasulakkeille. /6, s. 115./

Sulakkeen koko eli nimellisvirta määrittää, että kuinka suuren kuorman sulake kestää. Sulake ei toimi välittömästi ylivirralla, vaan sen on kestettävä $1.4 \times I_n$ tunnin ajan ja sen täytyy palaa $1.6 \times I_n$ tunnissa. Tulppasulakkeen saa tavallinen käyttäjä (ts. maallikko) vaihtaa itse. Sulakkeenvaihdossa on aina oltava erittäin huolellinen ja on tiedettävä, kuinka työ tehdään. Palanutta sulaketta ei korjata, vaan sen tilalle vaihdetaan uusi samankokoinen ehjä sulake. Sulaketta ei myöskään saa tehdä itse. /48/

Tulppasulake on kiristettävä tiukasti varokepesään, koska huono kosketus voi lämmittää sulaketta. Lämpenemistä voi aiheuttaa myös arpeutunut pohjakosketin. Työturvallisuuden vuoksi täytyy varmistaa, että varokekannen lasi on ehjä ja sulake kannattaa vaihtaa virrattomana. Pohjakoskettimen vaihto on sähköalan ammattihenkilön työtä. Kuvassa 15 on esitetty tulppasulake ja varokepesä. /6, s. 116./



Kuva 15. Varokepesän ja tulppasulakkeen rakenne /48/

Sulakkeen varokepesään tuleva osa eroaa halkaisijaltaan sulakekoon mukaan. Sen vuoksi nimellisvirraltaan liian suuri sulake ei sovi pohjakoskettimeen varokepesään. Esimerkiksi 20 A pohjakoskettimeen sopii 20 A:n ja sitä pienemmät sulakkeet. Sulakkeen koon saa selville merkkinaustasta tai sulakkeessa olevista numeromerkinnöistä. Yleisimmät kiinteistöissä käytettävät tulppasulakkeet ovat 6 A, 10 A, 16 A ja 20 A. Taulukosta 1 näkee tavallisimpien tulppasulakkeiden tunnusvärit sekä suurimman sallitun kuormituksen. /48/

Taulukko 1. Kiinteistöjen tavallisimmat tulppasulakkeet /48/

Sulakkeen nimellisvirta	Suurin sallittu kuormitus	Tunnusväri
6 A	1400 W	vihreä
10 A	2300 W	punainen
16 A	3700 W	harmaa
20 A	4600 W	sininen

Tulppa-sulakkeeseen leimataan myös usein käyttöluokka, joka ilmaisee minkä tyyppinen sulake on ja mitä sillä voi suojata. Käyttöluokkatunnuksessa on kaksi kirjainta (esimerkiksi gG) ja ensimmäinen kirjain on tavallisesti g, joka ilmoittaa sulakkeen toimintavirran olevan vähän nimellisvirtaa suurempi. Toinen kirjain voi olla G (= johdon suojaukseen

tarkoitettu sulake), M (= moottoripiirin suojaukseen tarkoitettu sulake) tai R (= puolijohteiden suojaus). G-typin sulakkeet ovat joko hitaita tai nopeita. Nopeassa sulakkeessa voi olla merkintä ”Flink” ja hitaassa ”Träg” tai etanan kuva. gG on yleisimmin käytetty sulake ja tarkoitettu johdon ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen. /6, s. 115-116./

Kahvasulakkeella on samanlainen rakenne kuin tulppasulakkeellakin. Kahvavarokkeen muodostuminen varokealustasta ja kahvasulakkeesta on havainnollistettu kuvassa 16. Sulavana osana on reikäinen kuparinauha ja sitä ympäröi kvartsijauhe. Kun kahvasulake toimii, niin sen sivussa tai päädyssä oleva punainen merkinasta ponnahtaa irti. Kahvavarokkeita on useita eri kokoja. Pienimmän kahvavarokkeen tunnus on 00 ja alustan nimellisvirta 125 A (alustaan sopivat kahvasulakkeet 2...125 A). Kahvasulake on aina poistettava ja asennettava virrattomana. Mikäli kahvasulake on poistettava jännitteisenä, niin sen saa tehdä vain sähköalan ammattihenkilö. /6, s. 116./



Kuva 16. Kahvavarokkeen muodostaa varokealusta ja kahvasulake /50/

Johdonsuojakatkaisijoilla eli automaattisulakkeilla suojataan sähkölaitteita ylikuormitusvirralta sekä myös sähköjohtoja ylikuormitus- ja oikosulkuvirralta. Johdonsuojakatkaisijat ovat korvanneet kiinteistöjen sähköasennuksissa tulppasulakkeet ja

sen ansiosta sähkökeskukset ovat kooltaan pienempiä ja ulkonäöltään siistimpiä. Niiden ansiosta sulakkeen vaihto jää pois, joten ei tarvita varasulakkeita ja siten sähkön käytön turvallisuus paranee. Johdonsuojakatkaisija on esitetty kuvassa 17. /6, s. 117./

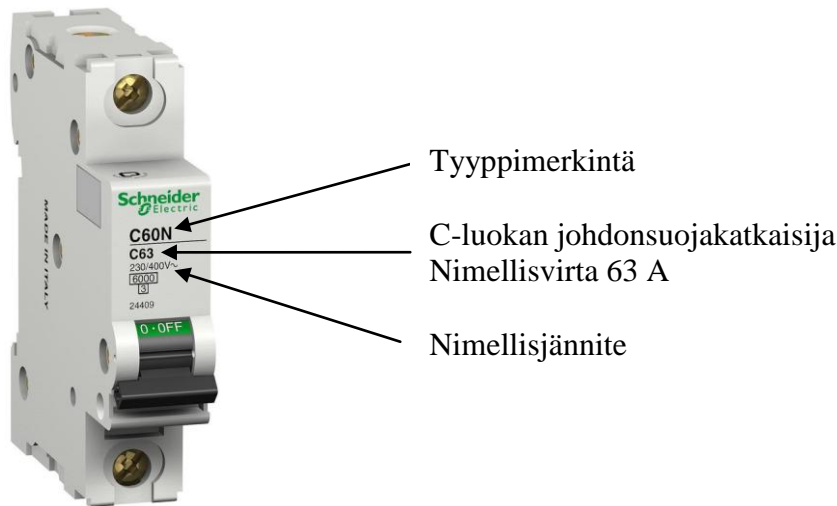
Johdonsuojakatkaisijan laukaisee pienellä ylivirralla bi-metalliliuska ja suurella oikosulkuvirralla sähkömagneetti. Johdonsuojakatkaisijan koskettimet avautuvat, kun laukaisumekanismiin laukaisee joko taipuva bi-metalliliuska, sähkömagneetin sisälleen vetämä ankkuri tai jos ohjausvipu käännetään 0-asentoon. Bi-metallilaukaisin toimii automaattisulakkeessa samalla tavalla kuin lämpöreleessä. Johdonsuojakatkaisijan kosketin voidaan sulkea uudestaan lämpölaukaisun jälkeen, kun bi-metalliliuska on ensin riittävästi jäähtynyt. Jos suojattavaan virtapiiriin tulee oikosulku, magneettilaukaisin laukaisee johdonsuojakatkaisijan muutamassa millisekunnissa. /6, s. 117./

Nimellisvirraltaan samansuuruisia johdonsuojakatkaisijoita on jaettu toimint ominaisuuksien mukaan A-, B-, C- ja D-ryhmiin. Johdonsuojakatkaisijan valinnassa on huomioitava sähkölaitteen käyttäytyminen kytkentähetkellä. Esimerkiksi sähkövastus ei aiheuta kytkentävirtasysäystä verkkoon kytkettäessä, mutta muuntajat, moottorit ja hehkulamppu ottavat moninkertaisen käynnistysvirran nimellisvirtaansa verrattuna. /6, s. 117./

A-, B-, C- ja D- ryhmän johdonsuojakatkaisijoiden pikalaukaisulle on standardin mukaan seuraavat toimintarajat. A-johdonsuojakatkaisijan pikalaukaisu ei saa toimia kaksinkertaisella nimellisvirralla, mutta sen täytyy toimia kolminkertaisella sysäysvirralla eli sen rajat ovat $2 \times I_n$ ja $3 \times I_n$. B-johdonsuojakatkaisijan toimintarajat ovat puolestaan $3 \times I_n$ ja $5 \times I_n$, C-johdonsuojakatkaisijan toimintarajat $5 \times I_n$ ja $10 \times I_n$ ja D-johdonsuojakatkaisijan toimintarajat ovat $10 \times I_n$ ja $20 \times I_n$. /6, s. 118./

A-ryhmän johdonsuojakatkaisijaa käytetään puolijohteiden suojana ja B-johdonsuojalla suojataan yleisesti resistiivisiä kuormia, jotka eivät ota suurta käynnistysvirtaa (esimerkiksi sähkölämmitys). C-johdonsuoja soveltuu taas suojaamaan resistiivisten kuormien lisäksi myös induktiivisia kuormia kuten valaistusryhmiä ja sähkötyökaluja sekä pistorasiaryhmiä.

D-johdonsuojaa on kaapelien ja johtimien suojaksi erityisen suurille kytkentävirroille (esimerkiksi moottorit jne.). /6, s. 118./



Kuva 17. Johdonsuojakatkaisija /41/

5.1.6. Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojakytkin on herkästi toimiva lisäsuojalaite ja sen tarkoitus on täydentää sulakkeen antamaa suojausta. Se suojaa ihmistä, joka on kosketuksissa vahingossa jännitteisiin osiin esimerkiksi sähkölaitteeseen tai jatkojohtoon tulleen vian johdosta. Suoja valvoo myös kaapeleiden ja johtimien eristysvikoja sekä katkaisee vahingolliset vuotovirrat ja jännitteen. Vikavirtasuojakytkin antaa myös lisäsuojan mahdollisen sähköpalon varalle. Vikavirtasuojakytkin on esitetty kuvassa 18. /43/

Vikavirtasuojakytkimen toimintaperiaate perustuu sähköjohdon meno- ja paluuvirran mittaamiseen. Mikäli vikaa ei ole, niin vaihe- ja nollajohtimessa kulkee silloin yhtä paljon virtaa. Jos sähkölaitteesta tai -johdosta vuotaa virtaa muualle, niin silloin meno- ja paluuvirrat ovat erisuuruiset. Kun virtojen erotus ylittää vikavirtasuojakytkimen laukaisuvirtarajan, suoja katkaisee virran muutamassa tuhannesosasekunnissa, joka tapahtuu yleensä noin 0,03 A (ampeerin) eli 30 mA (milliampeerin) virralla. /43/

Vikavirtasuoja voidaan asentaa joko sähkökeskukseen tai yksittäiseen pistorasiaan, mutta myös esimerkiksi jatkojohtoon asentaminen on mahdollista. Vikavirtasuojan tarkoitus ei ole korvata sulaketta oikosulku- tai ylikuormitustilanteessa, sillä vikavirtasuoja toimii vain, jos virta karkaa normaalivirtapiiristä pois. Vikavirtasuojakytkimessä on testipainike, jolla suojalaitteen kunto voidaan tarkistaa. Tarkistus suositellaan tekemään kuukausittain. /43/

Lisäsuojauksen tarkoitus on parantaa suojausta sähköiskuilta, kun pistorasiaan liitettyyn sähkölaitteeseen tulee käytön aikana vika tai viallinen laite liitetään pistorasiaan. Lisäsuojausta käytetään maallikoiden käyttämissä pistorasioissa (kotitalouskäyttö), joihin voidaan liittää mikä tahansa laite. Lisäksi mukaan luetaan luokan II laitteelle (SFS 6000, KTMP 5.7.1996/517 2 §) tarkoitetut pistorasiat ja enintään 20 A mitoitusvirtaiset teollisuuspistorasiat. /34, s. 145./

Pienjännitesähköasennusten turvallisuutta koskevien standardien (SFS 6000) mukaan vuodesta 2008 lähtien vikavirtasuojakytkintä on käytettävä lähes kaikissa pistorasioissa (suojakosketinpistorasiat ja voimapistorasiat). Poikkeuksina Standardin SFS 6000-4-41 liitteen 41X mukaan ovat pelkästään tietyn (pysyvästi paikallaan olevan) laitteen liittämiseen tarkoitetut pistorasiat esimerkiksi pakastimen. /43/, /34, s. 145-146./

Sisätilojen vaihtosähköjärjestelmissä standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.3.3 mukaan on käytettävä lisäsuojana mitoitusvirraltaan enintään 30mA vikavirtasuojaa suojaamaan mitoitusvirraltaan enintään 20A tavallisia maallikoiden käyttämiä pistorasioita. /34, s. 125./

Vuodesta 1998 alkaen vikavirtasuoja määrättiin käytettäväksi tiloissa, joissa sähkön käytöstä voi normaalia helpommin aiheutua vaaraa, kuten pesutiloissa ja ulkona. Standardin SFS 6000-4-41 liitteen 41X mukaan kylpy tai suihkutilaan sijoitettavia pesukoneita, kuivausrumpuja, vedenlämmittimiä tai muita laitteita syöttävät pistorasiat on suojattava aina mitoitusvirraltaan enintään 30mA vikavirtasuojalla. Standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.3.3 mukaan ulkoasennuksien vaihtosähköjärjestelmissä on käytettävä lisäsuojana mitoitusvirraltaan enintään 30mA vikavirtasuojaa suojaamaan ulkona sijaitsevaa, mitoitusvirraltaan enintään 32A pistorasiaa. /43/, /34, s. 146, 125./

Lisäsuojauksen käytöstä löytyy myös enemmän suosituksia standardin SFS 6000-4-41 liitteestä 41X.



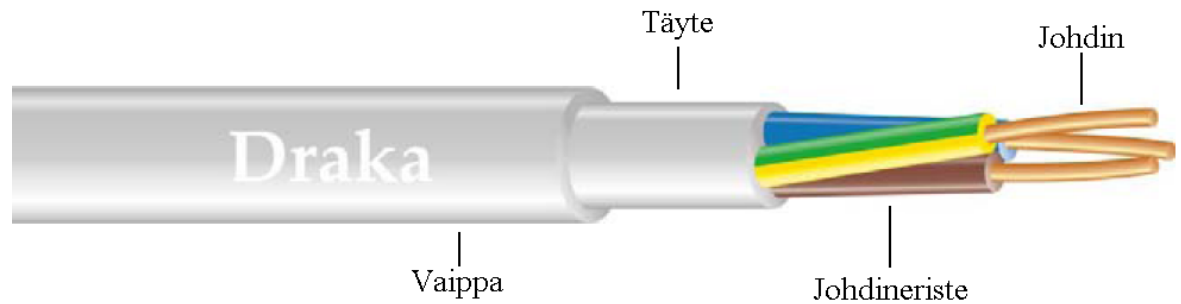
Kuva 18. Vikavirtasuojakytkin /42/

5.1.7. Asennuskaapelit ja –johtimet

Sähköenergia siirtyy kaapeleita pitkin sähkövoimaloilta kuluttajille. Sähkön siirtämiseen jakeluverkossa tarvitaan monia eri kaapelityyppejä. Tietoliikenneverkot muodostavat toisen tärkeän käyttöalueen. Kaapeli on johto, jossa vedenpitävän vaipan sisällä on yksi tai useampia toisistaan eristettyjä johtimia. Johdin on yksi- tai monisäikeistä ja materiaaliltaan kuparia tai alumiinia. /6, s. 257./

Vaihtosähköjärjestelmän vaihejohdin on äärijohtin (L1, L2, L3), joka on kytketty muuntajan syöttöliittimeen. Nollajohdin (N) on kytketty muuntajan käämityksen tähtipisteeseen ja osallistuu sähköenergian siirtoon. Vaihejohdin ja nollajohdin ovat virtajohtimia ja jännitteisiä osia. Suojausluokan I sähkölaitteet ja pistorasiat kytketään maadoitusjohtimella keskuksessa olevaan PE-kiskoon (suojakiskoon). Jos sähkölaitteessa on eristysvika, niin suojajohtimessa kulkee silloin vikavirtaa. Muulloin suojajohtimessa kulkee laitteen vuotovirta. PEN-johdin on maadoitettu johdin, jossa on yhdistetty sekä suoja- että nollajohdin. Maadoitusjohdin kytketään päämaadoituskiskon maadoituselektrodiin. Kiinteistö yhdistetään sähkönjakeluverkkoon liittymisjohdolla. /6, s. 264./

Johdineristeiden värit kertovat mikä johdin on kyseessä. Kuvan 19 oleva kaapeli on 1-vaiheinen, jossa ruskea johdin on vaihejohdin (L), sininen on nollajohdin (N) ja keltavihreä on maajohdin (PE). 3-vaiheisessa 5-johdin kaapelissa vaiheiden värit ovat ruskea (L1), musta (L2), harmaa (L3) ja lisäksi ovat nollajohdin (N) sekä maajohdin (PE).



Kuva 19. MMJ -kaapelin rakenne /11/

Johtimien käyttöön on olemassa myös omia määräyksiä. Johtimia ei saa missään tapauksessa kytkeä miten tahansa, vaan tunnusvärejä on käytettävä oikein. Suojajohtimena saa käyttää ainoastaan keltavihreää johdinta, jota ei saa taas käyttää mihinkään muuhun käyttötarkoitukseen. Mikäli käytetään sellaista kaapelia (esimerkiksi ohjauskaapeli), missä johtimet ovat samanlaisia, niin suojajohtimeen on lisättävä keltavihreä teippi molempiin päihin. PEN-johtimen on oltava myös keltavihreä, mutta siihen täytyy lisätä sininen teippi molempiin päihin. Nollajohtimena käytetään aina sinistä johdinta, mutta mikäli sitä ei ole, niin nollajohtimeen on lisättävä sininen teippi. Sinistä johdinta voidaan käyttää myös vaihe- eli äärijohtimena mikäli nollajohdinta ei tarvita, mutta johtimeen on lisättävä musta tai ruskea teippi. /6, s. 265./

Kaapeleita voidaan ryhmitellä usealla eri tavalla. Kaapelit voidaan ryhmitellä käyttötarkoituksen mukaan voima-, asennus-, automaatio-, tele- tai liikennekaapeleihin. Jännitteen suuruuden mukaan kaapelit voidaan luokitella, pienjännite- ($\leq 1\text{kV}$), keskijännite- ($1\text{-}20\text{kV}$) tai suurjännitekaapeleihin ($> 20\text{kV}$). Kaapelit voivat asennuspaikkansa perusteella olla joko sisä- tai ulkoasennuskaapeleita (maa-, ilma-, vesiasennuskaapeli). Johdinmateriaalin perusteella kaapelit voivat olla joko alumiini-, kupari- tai valokaapeleita ja johdineristeen mukaan muovi-, kumi- tai paperieristeisiä. Paloturvallisuuden mukaan kaapelit voidaan luokitella itsestään sammuviin ja paloa

levittämättömiin, halogeenittömiin, vähän savua muodostaviin sekä palonkestäviin. /6, s. 257./

Johdineristeitä on olemassa myös erilaisia. Yleisimmät ovat polyvinyylikloridi- (PVC), polyeteeni- (PE) ja ristosilloitettu polyeteenimuovit (PEX) sekä kumi. Kaapelin eristemateriaalin valinta määräytyy käyttötarkoituksen ja olosuhteiden mukaan. Yleensä ulkona käytetään PE-vaippaisia kaapeleita ja sisällä PVC-vaippaisia, koska PE-muovi on helposti syttyvää ja PVC-muovi on taas itsestään sammuvaa. PVC-muovi sisältää klooria ja tuottaa sen vuoksi paljon mustaa savua palaessaan. Paloturvallisuuden vuoksi PVC-muovi kuitenkin korvataan paloturvallisimmilla kaapeleilla, jotka eivät savua tai muodosta myrkyllisiä ja syövyttäviä aineita. Paloturvallisuuden lisäksi EMC-suojaus on kaapelirakenteisiin vaikuttava tekijä. Kaapeli ei saa häiritä muita laitteita tai kaapeleita, eivätkä muut laitteet tai kaapelit eivät saa häiritä kaapelin toimintaa. /6, s. 258./

Johtimen koko ilmoitetaan sen poikkipinta-alan tai halkaisijan mukaan. Amerikassa taas käytetään AWG-tunnuslukua (American Wire Gauge) johtimen koon määrittämiseen. Sähkövoimatekniikan asennuskaapeleiden koot on porrastettu seuraavasti: 0,2 mm², 0,5 mm², 0,75 mm², 1 mm², 1,5 mm², 2,5 mm², 4 mm², 6 mm², 10 mm² jne. Tyypimerkinnässä kaapelin koko ilmoitetaan yleensä ilman yksikköä (esimerkiksi muovivaippakaapeli MMJ 3x2,5 eli kolme 2,5 mm² johdinta). /6, s. 258./

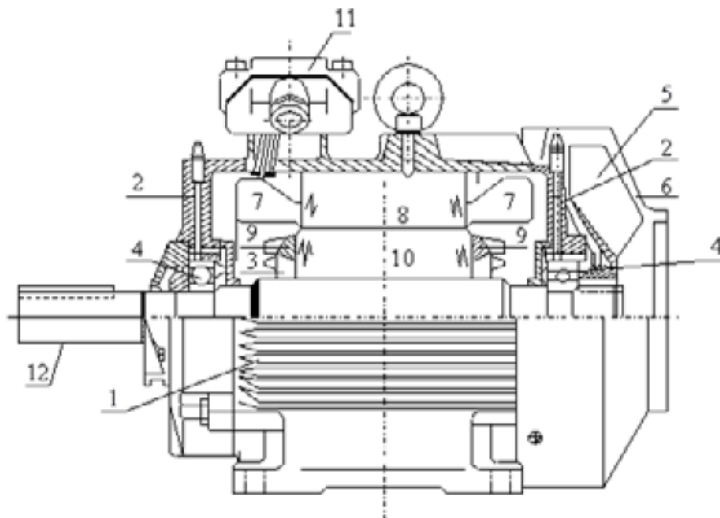
5.1.8. Sähkökoneet

Moottorit muuttavat sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi ja generaattorit taas muuttavat päinvastoin mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Moottorin toiminta perustuu magneettikentän ja siinä olevan virrallisen johtimen väliseen vuorovaikutukseen. Sähkökoneita on useita erilaisia, mutta tärkeimmät ovat epätahti-, tahti- ja tasavirtakoneet. Epätahti- ja tahtikoneet ovat vaihtosähkökoneita ja niiden toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään koneen sisällä. /21/

Epätahtinimi tulee siitä, että koneessa olevan roottorin pyörimisnopeus poikkeaa koneen sisällä pyörivän magneettikentän pyörimisnopeudesta eli tahtinopeudesta. Epätahtikoneet

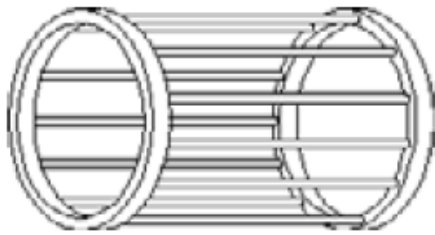
jaetaan yksi- ja kolmevaiheisiin oikosulkumoottoreihin sekä liukurengasmootoreihin. Epätahtimoottori voi toimia myös generaattorina. /7, s. 119-120./

Oikosulkumoottorin rakenne on hyvin yksinkertainen ja sen vuoksi se on erittäin suosittu moottori. Nimensä se on saanut oikosuljetusta roottorikäädästä. Oikosulkumoottorissa ei ole erillistä magnetointikäädästä kuten muissa yleisimmissä moottorityypeissä, vaan siinä on ainoastaan suhteellisen yksinkertaiset staattori- ja roottorikäädästykset. Oikosulkumoottorin rakenteesta on kuva 20. Toiminnan kannalta tärkeimmät osat ovat staattorin käädästykset levypaketteineen ja roottorin käädästykset levypaketteineen, jotka ovat moottorin sähköisen toiminnan aktiiviset osat. Passiiviset osat pitävät moottorin osia paikallaan ja ne mahdollistavat voiman siirtämisen akselin kautta eteenpäin tai generaattorina takaisin. Laakerit ovat käytännössä moottorin ainoat kuluvat osat. /21/



Kuva 20. Oikosulkumoottorin kokoonpanopiirustus. 1 staattorin runko, 2 laakerikilvet, 3 roottori, 4 laakerit, 5 tuuletin, 6 tuulettimen suojus, 7 staattorikäädästyks, 8 staattorin levypaketti, 9 roottorin käädästyks, 10 roottorin levypaketti, 11 liitäntäkotelo, 12 akseli /21/

Oikosulkumoottorissa on ns. häkkikäädästyks. Se on tehty eristämättömistä sauvoista ja yhdistetty molemmista päistä oikosulkurenkailla. Käädästyks on roottorin levypaketin pinnalla urissa ja se on alumiinista painevalumenetelmällä valettu tai kuparisauvoista oikosulkurenkaisiin juotettu. Kuvassa 21 on häkkikäädästyksen rakenne. /20, s. 6./



Kuva 21. Oikosulkumoottorin häkkikäänitys /21/

Sähkömoottoreissa kuten monissa muissakin sähkölaitteissa on kylkeen laitettu arvokilpi. Arvokilpi on selvitys sähkölaitteen oleellisista tiedoista, joiden avulla sähkölaitteen käyttäjä voi varmistua laitteen liittämiseen ja käyttämiseen vaikuttavista tiedoista. Merkinnöistä vastaa aina laitteen valmistaja. /46/

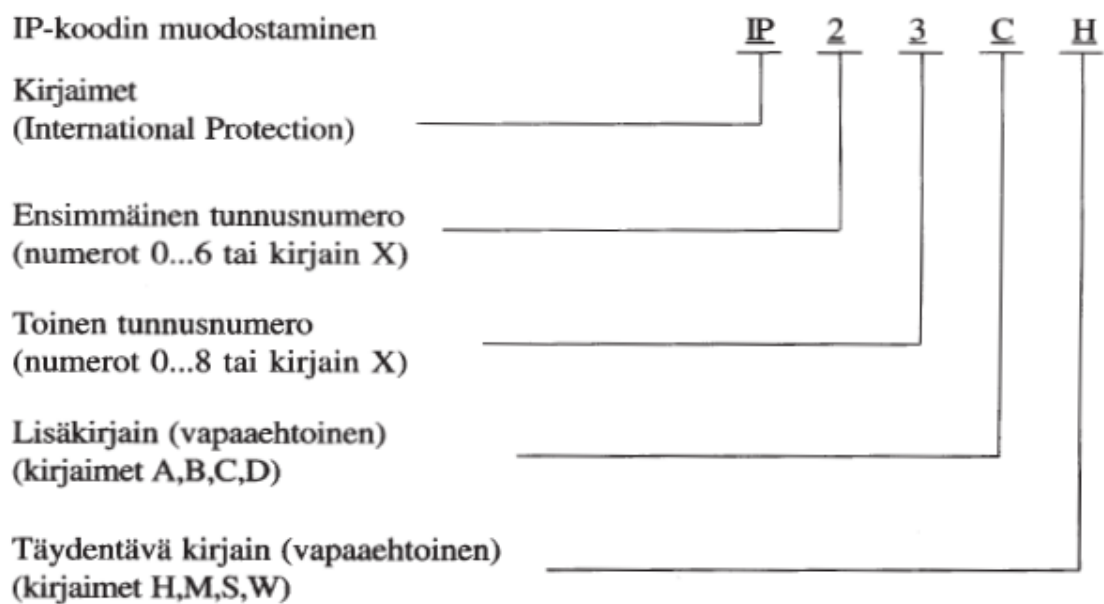
Arvokilvessä on oltava aina vähintään valmistajan nimi, kaupp nimi tai tavaranimi ja myös mallimerkintä, jota erityisesti tarvitaan hankittaessa sähkölaitteeseen varaosia tai tilattaessa huoltoa. Arvokilpeen merkitään myös mitoitusjännite voltteina (verkkojännite on Suomessa 230V), nimellistajuus (Euroopassa 50Hz) sekä suojausluokka. Lisäksi kilvessä voi olla virtakuormitusmerkintä (paljon laite enimmillään ottaa virtaa), tehomerkintä, sertifiointiyrityksen vapaaehtoinen tunnus, CE-merkintä sekä koteloitiluokka. Lisäksi laitteissa voi olla erillisiä varoitus- ja ohjekilpiä, joita tulee noudattaa. Kuvassa 22 on esitetty moottorin arvokilpi. /46/



Kuva 22. Moottorin arvokilpi /32/

5.1.9. Kotelointiluokitus

Sähkölaitteiden kotelointi suojaa sähköosia vierailta esineiltä, pölyltä, vedeltä ja kosteudelta, etteivät niiden eristeet vahingoittuisi eikä syntyisi palo- tai tapaturmavaaraa. Koteloinnin täytyy olla sitä tiiviimpi, mitä hienojakoisempaa vieraat aineet ovat ja mitä enemmän niitä siihen kohdistuu. Kotelointiluokituksessa käytetään IP-koodia, joka rakentuu kuvan 23 mukaan. /28, s. 18./



Jos tunnusnumeroa ei tarvitse ilmaista, se korvataan kirjaimella X tai kirjaimilla XX, jos molemmat tunnusnumerot jätetään pois.

Lisäkirjaimet ja täydentävät kirjaimet voidaan jättää pois korvaamatta niitä millään merkinnällä.

Kuva 23. Kotelointiluokituksessa käytetään IP-koodia /39, s. 13./

Taulukossa 2 on numeroiden ja kirjainten merkitys koteloituokituksessa, jonka avulla pystyy IP-koodin rakentamaan kuvan 23 rakenteen mukaan.

Taulukko 2. Koteloituokkien numeroiden ja kirjainten merkitys /39, s. 14./

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkösuojauksessa
Kirjaimet	IP	–	–
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäynniltä suojaamaton kun halkaisija ≥ 50 mm kun halkaisija $\geq 12,5$ mm kun halkaisija $\geq 2,5$ mm kun halkaisija $\geq 1,0$ mm pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat kosketussuojattu suojaamaton nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänkäynnin haitallisilta vaikutuksilta suojaamaton pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15 astetta) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	–
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)	A B C D	–	Vaaralliset osat kosketussuojattu nyrkiltä sormelta työkalulta langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys Suurjännitelaitte Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

5.2. Sähköpiirustukset

Piirustuksilla ja muilla dokumentaatioilla on keskeinen asema tekniikassa, jotta laitteiden valmistus ja asennus on helppoa, taloudellista ja turvallista. Piirustuksia tarvitaan uusia järjestelmiä suunniteltaessa ja asennettaessa sekä korjattaessa ja huollettaessa jo valmiiksi käytössä olevia asennuksia ja laitteita. Vikojen paikantamisessa on sähköpiirustuksilla erityisen tärkeä asema. /6, s. 134./

Piirustuksissa ja sähkökaavioissa sähköasennukset ja –laitteet sekä niiden osat esitetään piirrosmerkeillä. Jotta piirustukset olisivat yksiselitteisesti tulkittavia, niin piirrosmerkit ja piirustusten esitystavat ovat yhtenäistetty standardeilla. /6, s. 134./

Kaavioilla esitetään yleensä piirin rakenne ja toiminta. Yleisimpiä kaavioita ovat piiri- ja liitântäkaaviot, logiikkakaaviot sekä vuo- ja lohkokkaaviot. Jokaisella kaaviolla on ominaista symbolinen eli kaaviollinen esitystapa. Niissä esitetään laitteen komponentit standardisoiduilla piirrosmerkeillä. /6, s. 135./

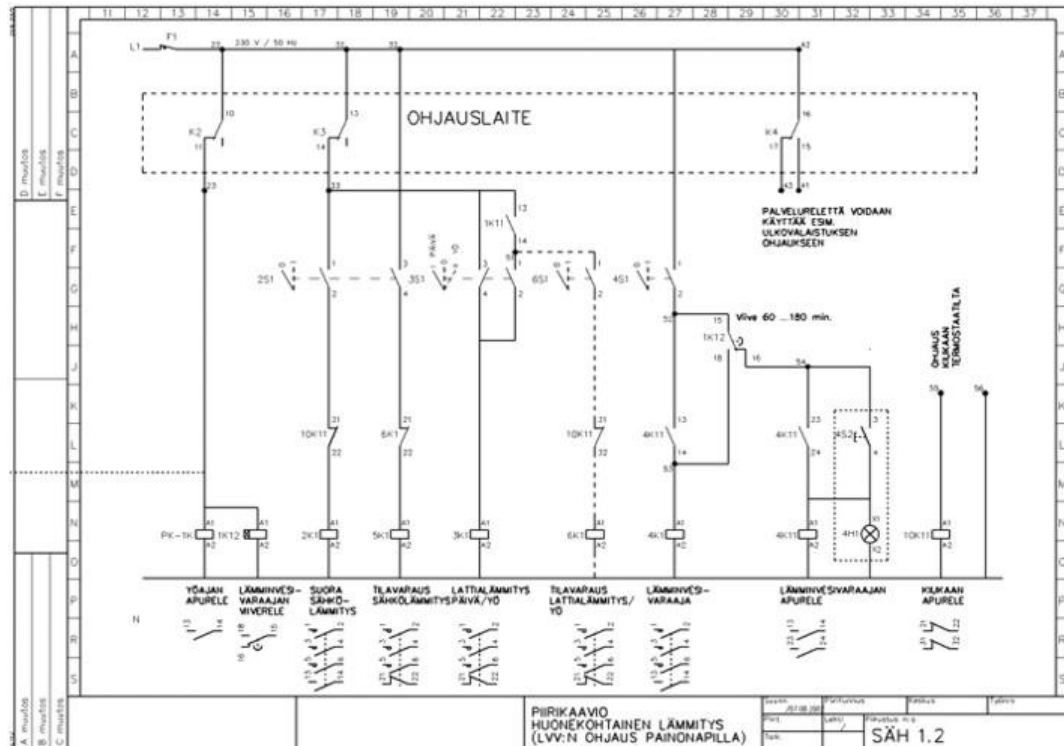
5.2.1. Piirikaavio

Piirikaavio on yksi tärkeimmistä sähkö- ja elektroniikka-alan kaavioista, joka on sähköpiirustuksien perusdokumentti. Piirikaavio osoittaa sähköisen virtapiirin komponenttien keskinäisen vaikutuksen ja niiden väliset fyysiset liitännät. Niissä ei huomioida komponenttien todellista kokoa, muotoa tai niiden sijaintia toisiinsa nähden, vaan ainoastaan keskinäinen sähköinen yhteys. /6, s. 136./, /38, s. 111./

Piirikaaviosta voi seurata sähkövirtapiirin kulkua ja laitteiden toimintaa. Piirikaaviossa käytetään komponenttikohtaisia määrättyjä piirrosmerkkejä ja moniviivaesitystä. Moniviivaesityksessä jokainen johdinyhteys esitetään erikseen omalla viivalla. /6, s. 136./

Vaikka piirikaavio toimii itsenäisenä sähköpiirustuksena, niin se on muiden sähköpiirustuksien lähtökohtana (mm. liitântäluettelot). Piirikaaviota käytetään paljon

myös koulutus-, huolto- ja käyttötoiminnassa. Kuvassa 24 on esitetty huonekohtaisen lämmityksen piirikaavio. /31, 3-3./



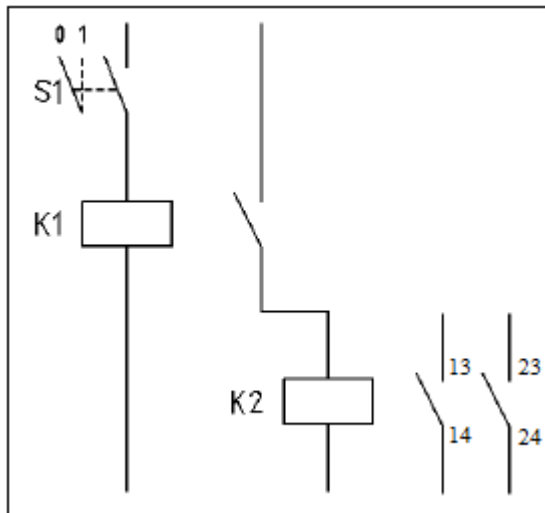
Kuva 24. Esimerkki huonekohtaisen lämmityksen piirikaaviosta /15/

5.2.2. Piirikaavioiden esitystavat

Tärkeä näkökulma piirikaaviota laadittaessa on piirin osien sijoittelu. Sijoitteluun vaikuttaa se, mitä esitystapaa piirikaaviossa käytetään. Esitystavat jaotellaan seuraavasti:

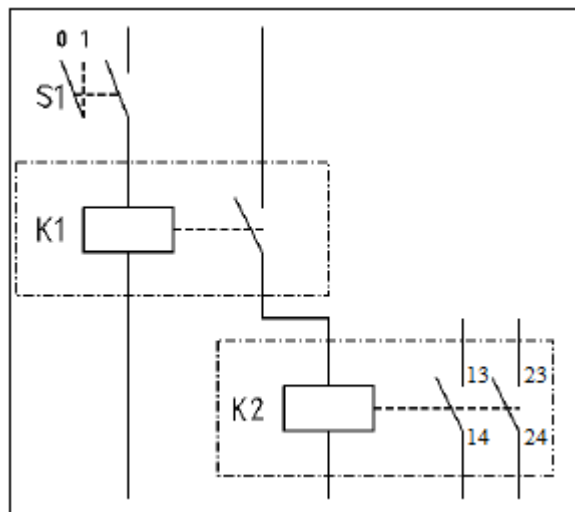
- koottu esitystapa
- sidottu esitystapa
- vapaa esitystapa. /30, s. 23./

Kootussa esitystavassa ohjauskytkimien koskettimet ja ohjauslaitteet on koottu yhdeksi kokonaisuudeksi toistensa välittömään läheisyyteen. Yksinkertaisessa piirikaaviossa voidaan kojeen kehäviiva ja mekaaninen kytkentäviiva jättää pois kuten kuvassa 25. /30, s. 24./



Kuva 25. Koottu esitystapa, esimerkki 1 /30, s. 24./

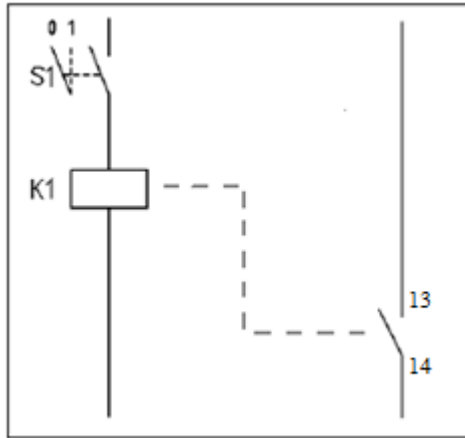
Kokonaisuuden yhteenkuuluvuutta voidaan myös korostaa rajaamalla kyseessä oleva laite kehäviivalla tai käyttämällä mekaanista kytkentää esittävää piirrosmerkkiä, sidontaviivaa kuvan 26 mukaisesti. /30, s. 24./



Kuva 26. Koottu esitystapa, esimerkki 2 /30, s. 24./

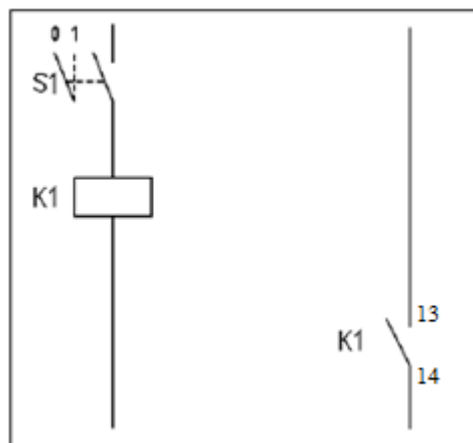
Sidotussa esitystavassa komponenttien yhteenkuuluvuutta ei piirretä toistensa välittömään läheisyyteen vaan ne yhdistetään toisiinsa sideviivalla, joka piirretään katkoviivalla kuten kuvassa 27. Piirrosmerkit ovat erillään ja siten järjestettyinä, että toimivien osien väliset mekaaniset yhteydet voidaan helposti piirtää. Mekaanisten kytkentöjen esittäminen

pelkästään suoria sideviivoja käyttäen aiheuttaa viivoihin mutkia ja risteämiä, jotka vähentävät piirin selvyttä. /6, s.140./, /30, s.24/



Kuva 27. Sidottu esitystapa /30, s. 24./

Vapaassa esitystavassa laitteen eri osia ei sidota yhteen sideviivalla, vaan osat sijoitetaan vapaasti piirustusalueelle siten, että piirit ovat mahdollisimman suoraviivaisia ja helposti luettavia. Laitteiden yhteenkuuluvuus ilmaistaan laitteen yksikkötunnuksen avulla. Esimerkiksi releeseen K1 kuuluvan koskettimen viereen merkitään sama tunnus K1 kuten kuvassa 28. /6, s. 141./



Kuva 28. Vapaa esitystapa /30, s. 24./

5.2.3. Yleiskaavio

Yleiskaavio on yksinkertainen, yleensä yksiviivaista esitystä käyttävä kaavio, joka esittää järjestelmän, asennuksen, laitteen jne. esimerkiksi sähköasemasta. Sen on osoitettava päätoimintojen ja/tai komponenttien väliset olennaiset suhteet. Tällainen kaavio voi toimia apuvälineenä koulutuksessa sekä huollon ja kunnossapidon tarpeissa. /30, s. 21./

Yleiskaavio voi olla lähtökohta tulevalle suunnittelutyölle, esimerkiksi entistä tarkempien kaavioiden, kuten piirikaavioiden laatimiselle. Yleiskaaviossa sähkölaitteiston laitteet esitetään todellisessa järjestyksessä. Kaaviossa esitetään päävirtapiirit sekä niihin liittyvät laitteet yleispiirrosmerkeillä. /30, s. 21./, /6, s. 137./

5.2.4. Toimintakaavio

Toimintakaavion on esitettävä minkä tahansa järjestelmän, asennuksen, laitteen, ohjelmiston jne. toiminnallisen käyttäytymisen yksityiskohdat, mutta ei tarvitse ottaa kuitenkaan huomioon, kuinka toiminnot toteutetaan. /30, s. 20./

Toimintakaaviota käytetään kuvaamaan mitä tahansa järjestelmää, asennusta, laitetta, ohjelmistoa jne. ja sitä käytetään useasti esittämään säätöjärjestelmiä, relelogiikkajärjestelmiä sekä binäärilogiikkajärjestelmiä. /30, s. 20./

Toimintakaavion on sisällettävä vaadittavat toimintojen piirrosmerkit niiden signaalien ja tärkeimpien ohjauspiirien liitännöiden kanssa. Todellisen tiedon, kuten sijainti, todelliset yksikkö- ja liitännätunnukset ja kokoonpanotieto ei tarvitse tavallisesti sisältyä toimintakaavioon. /30, s. 20./

5.2.5. Sähköpiirustusten lukeminen

Sähköpiirustusten lukutaito on oleellinen osa sähkötekniistä osaamista. Sähköpiirustusten lukutaitoa tarvitaan esimerkiksi vian paikallistamisessa sekä uusien laitteita ja järjestelmiä asennettaessa tai huollettaessa. Lukutaidon hallitseminen on sähkötekniikan ammattilaisen ehdoton edellytys. Peruseriaate sähköpiirustuksia lukiessa on, että niitä luetaan järjestelmällisesti ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle. Piirrosmerkkien tunnistaminen on välttämätöntä ymmärtääkseen sähköpiirustuksia.

Katkoviivalla rajatut alueet tarkoittavat, että alueella sijaitsevat komponentit sijaitsevat eri paikassa kuin muu laitteisto. Komponenttien vieressä vasemmalla oleva merkintä on komponentin tunnus (esimerkiksi H1, H2, H3 jne. ovat merkkilamppuja) ja piirrosmerkin ylä- ja alapuolella olevat numerot tarkoittavat komponentin riviliitinpaikkoja. Ohjauskaapeleiden johdinmerkinnät (esimerkiksi 1VA eli ensimmäinen valkoinen johdin) ilmoitetaan tarvittaessa myös sähköpiirustuksessa. Sähköpiirustuksen alalaitaan kirjoitetaan kaikki tarpeelliset tiedot (esimerkiksi nimi, päiväys jne.) dokumentaatioon liittyen.

5.2.6. Rakennuksen sähkölaitteistojen maadoitukset

Sähkölaitteistojen maadoituksilla ja potentiaalintasauksilla on erityinen rooli sähköasennusten turvallisuuden, toiminnan ja häiriöttömyyden kannalta. Maadoituksia käytetään vikasuojauksen (kosketusjännitesuojauksen) toteutukseen, ukkos- ja ylijännitesuojaukseen ja sähköasennusten häiriösuojaukseen. /45/

Maadoituksia koskevat suositukset ovat rakennusten pienjänniteasennusten osalta esitetty standardisarjassa SFS 6000. Muutokset maadoitusvaatimuksissa koskevat maadoituselektrodin rakennetta ja potentiaalintasausojohtimien mitoitus. /45/

Sanastostandardi IEC 60050-826 määrittelee näin maadoituselektrodin: ”Johtava osa, joka on sähköisessä yhteydessä maahan ja voi olla upotettu erityiseen johtavaan väliaineeseen, esimerkiksi betoniin. Jokaisessa sähköliittymässä tulee olla maadoituselektrodi. Samoin, jos sähköliittymän sisäisessä, rakennusten ulkopuolisessa verkossa käytetään PEN-

johdinta, maadoituselektrodi tulee olla jokaisen vähintään 200 metrin pituisen johtohaaran päässä tai enintään 200 metrin etäisyydellä siitä.” /45/

Pienjänniteliittymän maadoituselektrodille ei ole suosituksia suurimmasta sallitusta maadoitusresistanssista. Elektrodivaatimuksilla tähdätään ensisijaisesti mahdollisimman hyvään potentiaalintasausvaikutukseen. Pieni maadoitusresistanssin arvo parantaa silti laitteiston käytön turvallisuutta, mikäli PEN-johdin katkeaa jakeluverkossa. /45/

Perustusmaadoituselektrodilla tarkoitetaan tavallisesti suljetun renkaan muotoista johtavaa osaa, joka on upotettu joko maahan rakennusten perustusten alle tai ensisijaisesti upotettu rakennusten perustuksen betoniin. Maadoituselektrodin pienin poikkipinta on 16 mm^2 Cu tai 90 mm^2 kuumasinkittyä tai sitten ruostumatonta terästä. /45/

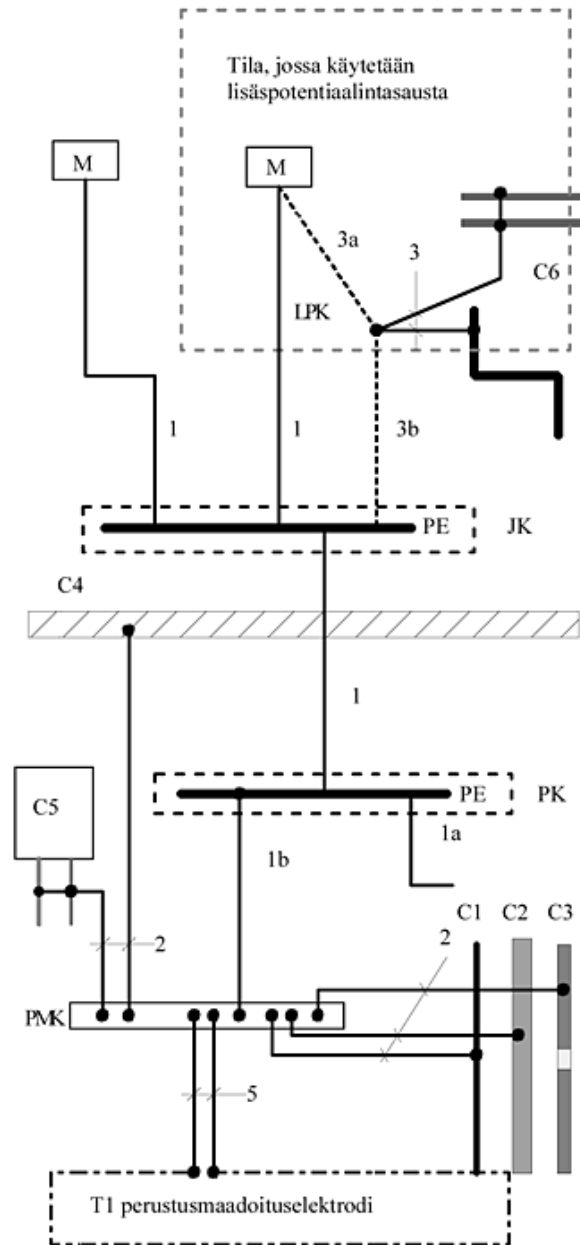
Maadoituselektrodi on liittymäkohtainen vaatimus, mutta silti suositellaan, että perustusmaadoituselektrodi tehtäisiin liittymän jokaiseen rakennukseen erikseen. Silloin elektrodin potentiaalintasausvaikutus ulottuu vain siihen rakennukseen, jonka yhteyteen se on rakennettu. Sähkösuunnitelmissa ja urakkasopimuksissa täytyy ottaa kantaa siihen, että tehdäänkö elektrodi jokaiselle rakennukselle. /45/

Potentiaalintasaus on rakennuskohtainen vaatimus ja sillä tarkoitetaan johtavien osien välistä sähköistä yhteyttä, jonka päämääränä on saavuttaa tasapotentiaali. Jokaisessa rakennuksessa täytyy tehdä suojaava potentiaalintasaus, johon liitetään:

- sähkölaitteiston suojajohdinjärjestelmä
- maadoitusjohdin
- rakennukseen tulevat metalliputket
- rakenteiden muut johtavat osat, jos ne ovat kosketeltavissa normaalitilanteessa
- metalliset keskuslämmitys- ja ilmanvaihtokanavat
- betonirakenteiden rakenneteräkset, jos liittäminen on mahdollista rakenteita rikkomatta. /45/

Maadoitus voi olla myös osana rakennuksen ukkos- ja ylijännitesuojausta. Jos rakennukseen tehdään ukkossuojaus, maadoituselektrodin täytyy olla yhteydessä liittymän sähkölaitteiston maadoituselektrodiin. Mikäli sähköasennukseen tehdään ylijännitesuojaus,

ylijännitesuojilta täytyy olla mahdollisimman lyhyt yhteys maadoituselektrodiin. Kuvassa 29 on esitetty rakennuksen maadoitusverkko, joka on oleellisin osa rakennuksen sähkölaitteiden maadoitusta. /45/



Kuva 29. Rakennuksen maadoitusverkko. M jännitteelle altis osa (sähkölaitteen osa), C muu johtava osa (esim. ulkoa tuleva putki tai laaja metallirakenne), PK pääkeskus, JK jakokeskus, PMK päämaadoituskisko, T1 perustusmaadoituselektrodi, 1 suojajohdin, 1a tuleva suojajohdin jakeluverkosta (voi olla myös PEN-johdin), 1b

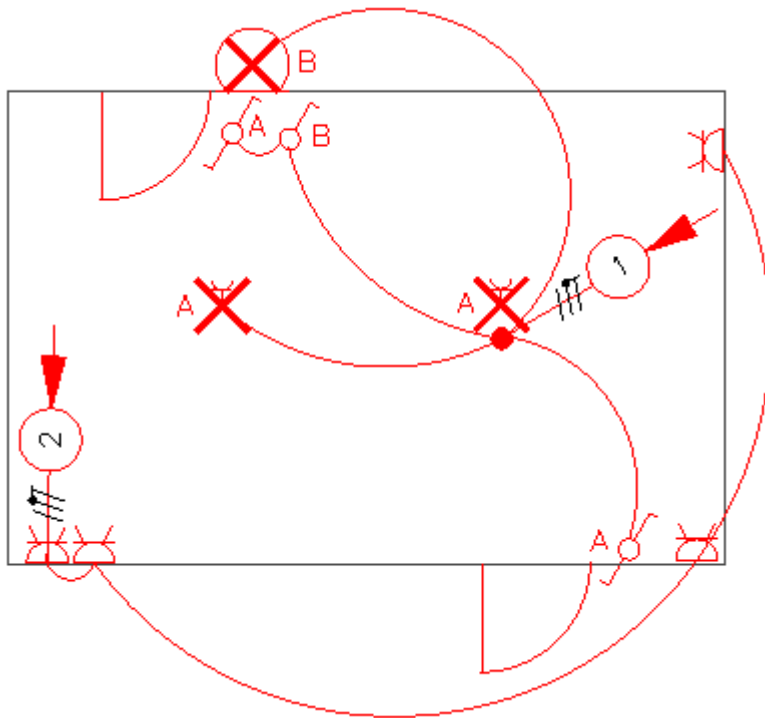
suojajohdin pääkeskuksen ja päämaadoituskiskon välillä, 2 suojaava potentiaalintasausjohdin, 3 lisäpotentiaalintasausjohdin, 5 maadoitusjohdin /45/

5.2.7. Yksinkertainen sähkösuunnitelma

Kiinteistöjen sähkösuunnittelu tehdään mm. tietokoneohjelmilla. Kuvassa 30 on yksinkertainen yhden huoneen sähkösuunnitelma, joka on tehty suunnitteluohjelmalla Cads. Kuvassa on kaksi vaihtokytkintä (A), joilla ohjataan huoneessa olevia molempia valaisimia. 1-kytkimellä (B) ohjataan taas ulkoseinässä olevaa valaisinta. Valaisimet ja kytkimet on kytketty yhteen toisen sisävalaisimen alla olevan jakorasian kautta ja pistorasiat ovat suoraan ketjutettu yhteen. Valaisimet ovat omana syöttöryhmänään (1) ja pistorasiat omanaan (2). Ryhmät ovat tavallisesti 1- tai kolmivaiheisia, joten sähkökomponentteja jaetaan ryhmän jokaiselle vaiheelle (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, jne.) Kolmevaiheisille sähkölaitteille (esimerkiksi liesi) täytyy tuoda kolme vaihetta ja siten se täyttää yhden ryhmän kokonaan.

Ryhmiä suunniteltaessa on otettava huomioon mahdollinen kuormitus nyt ja myös tulevaisuudessa. Sen mukaan määritetään, että kuinka monta valaisinta tai pistorasiaa yhteen ryhmään maksimissaan otetaan. Pistorasiaryhmiä suunniteltaessa on huomioitava, että mihin pistorasioita käytetään. Esimerkiksi mikroaaltouuni on jo sen verran suuritehoinen, että sille tarkoitettu pistorasia kannattaa laittaa yksin omaan ryhmään. Ryhmien kulutuskojeiden määrään vaikuttaa luonnollisesti myös suojalaitteen nimellisvirran suuruus. Sen vuoksi suositellaan, että mikäli suojalaitteen nimellisvirta on 10A, niin silloin ryhmässä saa olla maksimissaan 10 kulutuspistettä. Mikäli suojalaitteen nimellisvirta on 16A, niin maksimissaan 15 kulutuspistettä. /14/

Ryhmämerkinnässä näkyy myös johdinmerkintä, josta tietää minkälaisella kaapelilla/johtimilla asennus tehdään. Molemmille ryhmille tässä esimerkissä syötetään jännite tavallisella kolminapaisella kaapelilla, missä on vaihe, nolla ja suojamaa. Piirrosmerkkejä on lisää liitteessä 1.



Kuva 30. Huoneen sähkösuunnitelma

6. SÄHKÖASENNUSTEN PERUSTEET

Sähköasennusten perusteet on ensimmäinen lukion ja ammatillisen sähköalan perustutkinnon suorittaneille opiskelijoille yhteiseksi tarkoitettu sähköasennusopintojakso. Tällä opintojaksolla käsitellään mm. sähkölaitteistoissa käytettäviä jakelujärjestelmiä sekä kiinteistön sähköverkon tehomitoitusta.

6.1. Jakelujärjestelmät

Sähkölaitteistoissa käytettävät jakelujärjestelmät jaetaan maadoitustavan mukaan TN-, TT- tai IT-järjestelmäksi. Yleisessä sähkönjakelussa Suomessa käytetään TN-järjestelmiä. Teollisuudessa käytetään IT-järjestelmää, mutta TT-järjestelmä on Suomessa hyvin harvinainen. /37, s. 35./

Järjestelmien tunnuksissa käytettävät kirjainkoodit on määritelty seuraavasti:

Ensimmäinen kirjain on jakelujärjestelmän maadoitustapa.

T = vain yksi piste on yhdistetty suoraan maahan.

I = kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai pelkästään yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta. /37, s. 40./

Toinen kirjain on sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustapa.

T = jokainen jännitteelle altis osa on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta mikä on jakelujärjestelmän maadoitustapa.

N = jokainen jännitteelle altis osa on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen (vaihtosähköverkoissa tavallisesti maadoitettuun tähtipisteeseen.) /37, s. 40./

Mahdolliset lisäkirjaimet on nolla- ja suojajohtimen keskinäinen järjestely

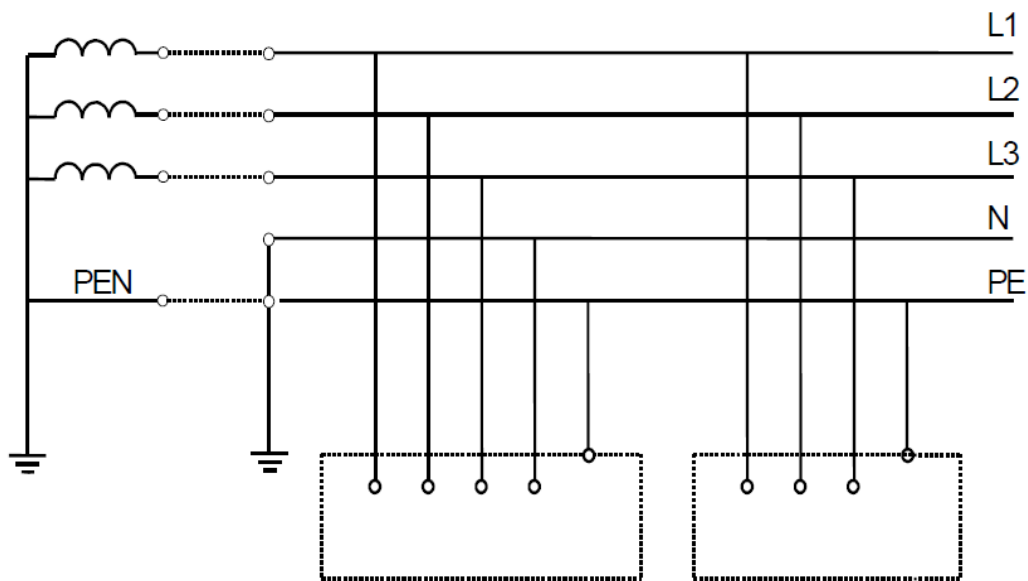
S = kokonaan erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet.

C = nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty vain yhteen johtimeen (PEN-johdin). /37, s. 40./

TN-järjestelmässä on yksi piste maadoitettu suoraan ja muut sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat ovat kytketty tähän pisteeseen suojamaadoitusjohtimella tai PEN-johtimella. Nolla- ja suojamaadoitusjohtimen keskinäisen järjestelyn perusteella erotetaan toisistaan kolme eri TN-järjestelmää, jotka ovat TN-S-, TN-C- ja TN-C-S- järjestelmät. /37, s. 35./

6.1.1. TN-S

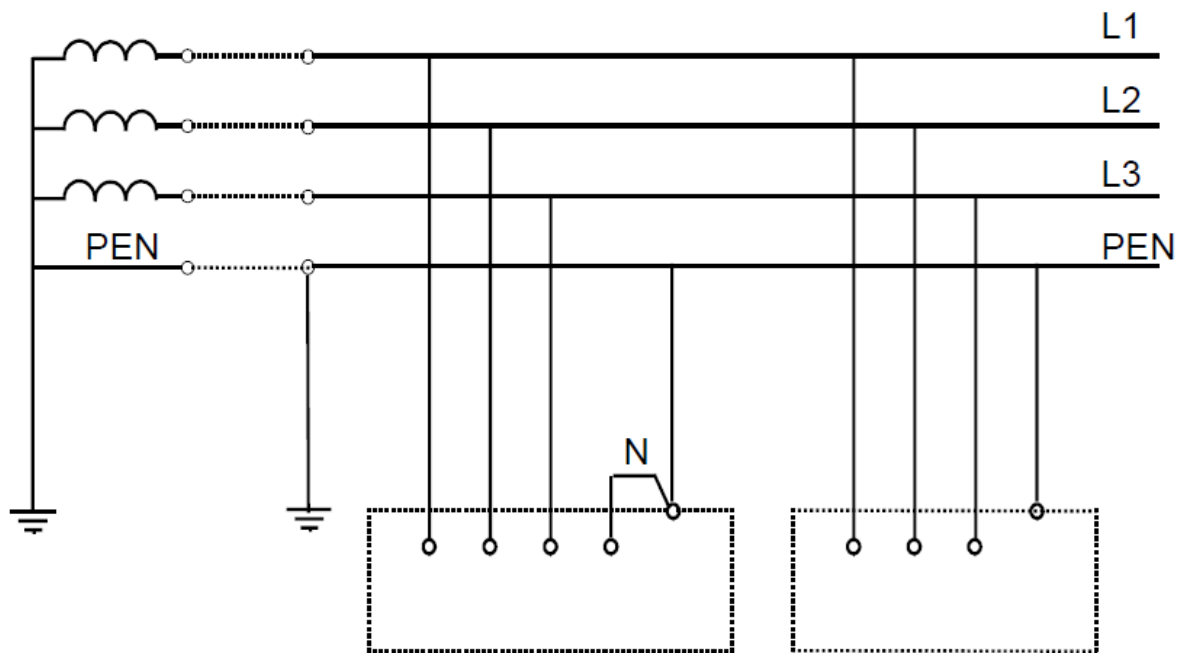
TN-S- järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä. Kiinteistöjen sähköasennuksissa käytetään nollajohdinta yleisesti TN-S- järjestelmässä. Kuitenkin esimerkiksi teollisuuden moottorikäytöissä sekä muissa symmetrisissä ja yliaallottomissa kuormissa nollajohdin on usein tarpeeton eikä sitä silloin käytetä. Kuvassa 31 on esitetty TN-S- järjestelmä. /37, s. 35./, /22/



Kuva 31. TN-S- järjestelmä /4, s. 37./

6.1.2. TN-C

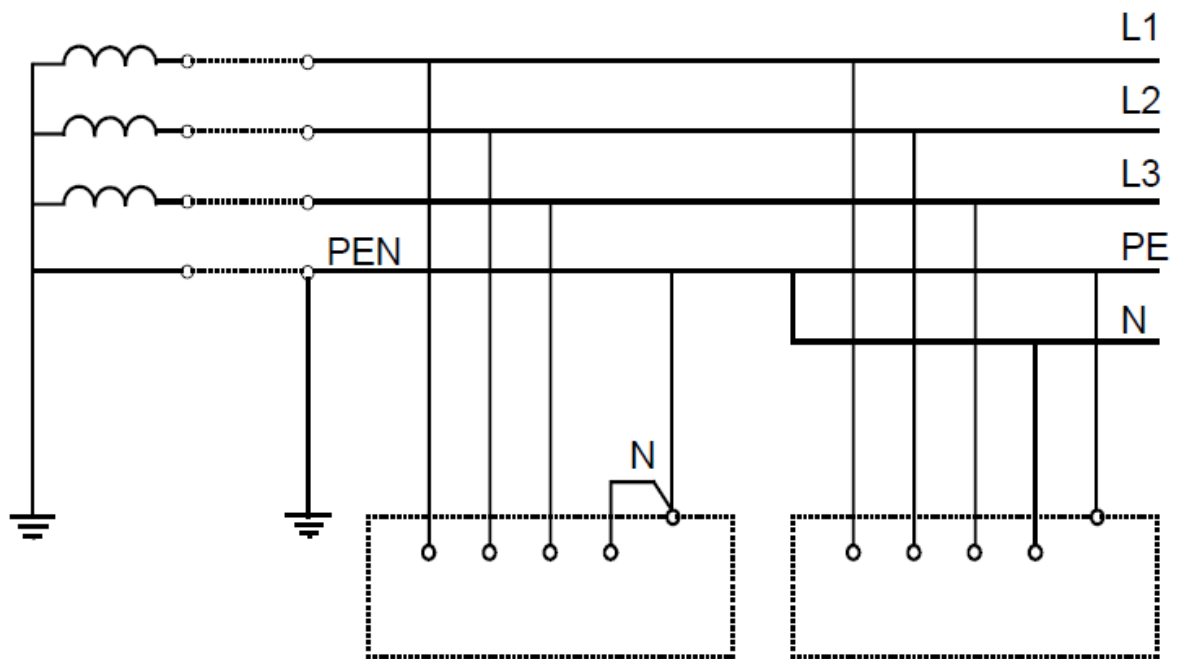
TN-C- järjestelmässä on nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot yhdistetty yhteen johtimeen (PEN) koko järjestelmässä. Kuvassa 32 on esitetty TN-C- järjestelmä. /37, s. 35./



Kuva 32. TN-C- järjestelmä /4, s. 37./

6.1.3. TN-C-S

TN-C-S-järjestelmä on edellä mainittujen TN-C- ja TN-S-järjestelmien yhdistelmä. Tällaisessa sekajärjestelmässä TN-C-järjestelmä on syöttävän verkon puolella TN-S-järjestelmään nähden aina, koska toisistaan erotettua nolla- ja suojajohdinta ei saa yhdistää uudelleen yhteiseksi PEN-johtimeksi. TN-C-S-järjestelmässä on nolla- ja suoja- maadoitusjohdintoiminnot yhdistetty yhteen johtimeen osassa järjestelmää. Kuvassa 33 on esitetty TN-C-S- järjestelmä. /23/, /37, s. 35./

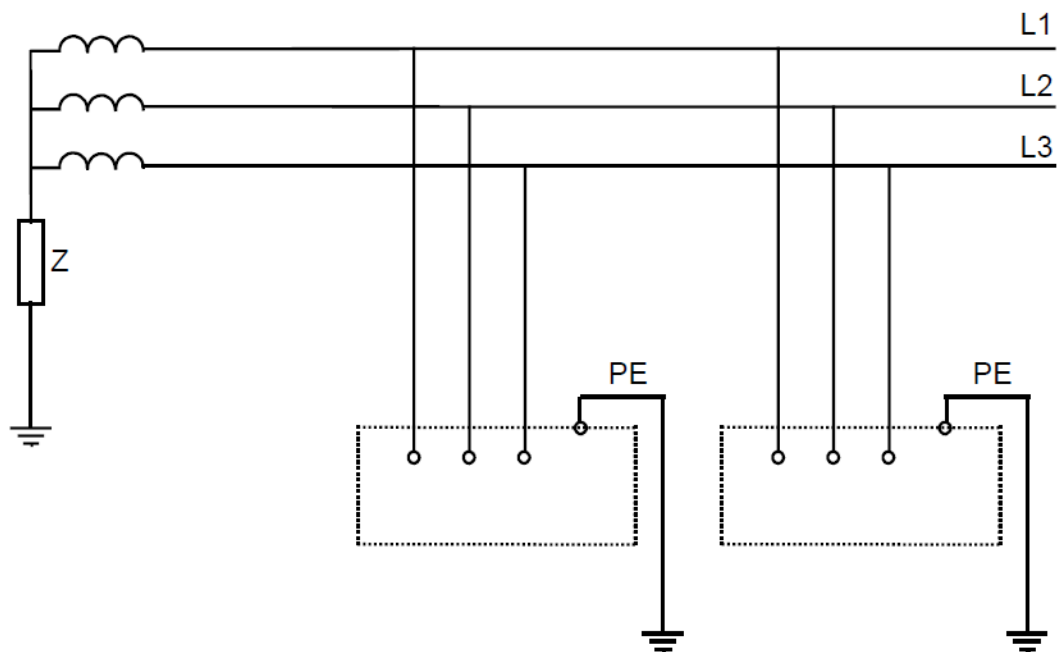


Kuva 33. TN-C-S- järjestelmä /4, s. 38./

6.1.4. IT-järjestelmä

IT-järjestelmässä, joka on esitetty kuvassa 34, ei ole yhtään jännitteistä osaa yhdistetty maahan suoraan. Järjestelmän yksi piste, tavallisesti nollapiste, voidaan yhdistää maahan impedanssin kautta suojaus- ja mittaustarkoituksia varten. IT-järjestelmä voi myös olla varustettu nollajohtimella. /4, s. 39./

Yksivaiheinen maasulku ei kuitenkaan aiheuta IT-järjestelmässä suoraa käyttökeskeytystä. Siitä syystä IT-järjestelmää käytetään käyttökeskeytyksille herkän prosessiteollisuuden sähkönjakelujärjestelmissä. IT-järjestelmien heikkoutena ovat kuitenkin yksivaiheisten vikojen paikantamisessa esiintyvät ongelmat. Yksivaiheinen maasulku aiheuttaa jänniteepäsymmetriaa. Mikäli kolmivaihejärjestelmän jonkin vaiheen kuormitus muuttuu epäsymmetriseksi jonkin kuormalaitteen vian (esimerkiksi käämin katkeamisen) takia, niin siitä aiheutuu sekä jännite- että virtaepäsymmetriaa. Tähän käytetään esimerkiksi epäsymmetriareleitä. /4, s. 40./



Kuva 34. IT-järjestelmä /4, s. 39./

6.2. Kiinteistön sähköverkon tehomitoitus

Kiinteistön sähköverkon mitoitus tehdään aina kohteen käyttötarkoituksen mukaan. Huipputeho (suurin yhtä aikaa verkkoon kytketty teho) samankokoisessa kiinteistössä voi vaihdella huomattavasti. Lisäksi myös kiinteistössä olevien kuluttajien sähkötarpeet ja käyttäjät vaihtelevat. Esimerkiksi samankokoisessa liikekiinteistössä voi olla ravintola tai kangaskauppa ja niiden käyttämien laitteiden sähkötarpeet ovat aivan erilaiset. /16/

6.2.1. Liittymän mitoitus

Koko kiinteistön huipputehon mukaan määritetään tarvittavat pääsulakkeet. Liittymän mitoitukseen vaikuttavat mm. seuraavat asiat; liittymismaksut, laajenemismahdollisuudet, rakentamiskustannukset, jakeluverkon mitoitus ja laitekustannukset. /16/

Liittymän mitoituksen vaiheessa ei vielä yleensä ole tarkasti tiedossa kuormituksen tehokerroin. Jos muuta tietoa ei ole, niin virtoja laskettaessa voidaan käyttää seuraavia arvoja: asuminen $\cos\varphi=0,95$, liiketila $\cos\varphi=0,87$, pienteollisuus $\cos\varphi=0,75$. /16/

6.2.2. Asuinkiinteistön mitoitus

Asuinkiinteistöjen huipputehon määrittäminen perustuu kokemusperäisiin arvioihin. Rakennuksen koolla, huoneistojen lukumäärällä sekä lämmitystavalla on kokonaistehon kannalta suuri merkitys. Asuinkiinteistöissä on tyypillistä se, ettei kaikkien huoneistojen huipputeho ole samanaikaisesti käytössä ja silloin kokonaistehosta tulee pienempi mitä huoneistojen yhteenlaskettu huipputeho on. /16/

Suomen sähkölaitosyhdistys (nykyinen Sähköenergialiitto ry Sener) on julkaissut laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämistä varten (liite 2). Asuinhuoneistoissa ei huipputeho ole kuitenkaan suoraan verrannollinen asunnon kokoon, koska pienessä huoneistossa on tavallisesti myös samat suuritehoiset kodinkoneet kuin suuremmassakin huoneistossa (keittölaitteet, pesukoneet yms.) /16/

Huoneistojen ryhmäkeskusten huipputehojen määrittely perustuu:

Huoneistokohtaisiin peruskuormiin:

- ”Kojekuorma” eli keittiön lämpökojeet, kodin kylmälaitteet, vaatehuollon sähkölaitteet, kodin elektroniikkalaitteet sekä muut kodin sähkölaitteet.
- ”Sähkölämpökuorma” eli sähkökiuas, sähköinen lämminvesivaraaja, auton sähkölämmityslaitteet /16/

Sekä pinta-alariippuviin kuormiin:

- ”Valaistuskuorma” eli valaistus
- ”Sähkölämpökuorma” eli sähkölämmitys
- ”Kojekuorma” eli LVI-laitteet /16/

6.3. Kosketus- ja kosketusjännitesuojaus

Sähkökäyttäjän suojaaminen sähköiskulta voidaan jakaa kahteen eri lähestymistapaan. Ensimmäisessä tavassa pyritään estämään käyttäjän suora kosketus jännitteisiin osiin (kosketussuojaus). Toisessa tavassa kosketusjännitesuojauksen avulla rajoitetaan vian seurauksena syntyvä jännite niin pieneksi, ettei se jännitteistä osaa kosketettaessa aiheuta henkilölle tai kotieläimelle vaaraa. Pienoisjännitteeksi kutsutaan kosketussuojauksen ja kosketusjännitesuojauksen yhdistelmää. /23/

SELV- ja PELV-pienoisjännitejärjestelmiä käytetään yhdistettyyn kosketus- ja kosketusjännitesuojaukseen. SELV-piiri ja sen jännitteelle alttiit osat ei ole maadoitettu, mutta PELV-piiri ja sen jännitteelle alttiit osat voivat olla maadoitettu. Nimellisjännite saa näissä pienoisjännitejärjestelmissä olla vaihtojännitteellä korkeintaan 50 V tai tasajännitteellä korkeintaan 120 V. Pienen nimellisjännitteen käyttö ei pelkästään riitä, vaan täytyy myös varmistaa jännitteen säilyminen pienenä järjestelmässä. Lisäksi järjestelmä täytyy olla erotettu suurempijännitteisistä piireistä. /23/

6.3.1. Syötön automaattinen poiskytkentä

Suojaus syötön automaattisesti toimivan poiskytkennän avulla on yleisin sähköasennuksissa käytetty kosketusjännitesuojausmenetelmä. Aikaisemmin tämän menetelmän mukaisista suojausehdoista on yleisesti käytetty nimitystä ”nollausehto” ja silloin on puhuttu ”nollausehtojen toteuttamisesta”. Kyseessä on kuitenkin ennen ollut vain vaatimus vian nopeasta poiskytkennästä tai kosketusjännitteen rajoittamisesta. /23/

Eristysvian takia aiheutunut vikavirta ja syntyvä kosketusjännite on poistettava niin nopeasti, ettei se ehdi aiheuttaa vaaraa ihmiselle. Suojausmenetelmän on täytettävä kaksi ehtoa, jotta se toimisi kunnolla:

1. Virtapiirissä täytyy olla johtava yhteys (suunniteltu vikavirtapiiri), joka mahdollistaa vikavirran etenemisen. Käytetystä maadoitusjärjestelmästä riippuu vikavirtapiirin rakenne. Tämä ehto kuitenkin edellyttää kaikkien asennuksesta

syötettävien sähkölaitteiden jännitteelle alttiiden osien kytkemistä suojajohtimella maadoitusjärjestelmään siten, että syntyy vikavirtapiiri.

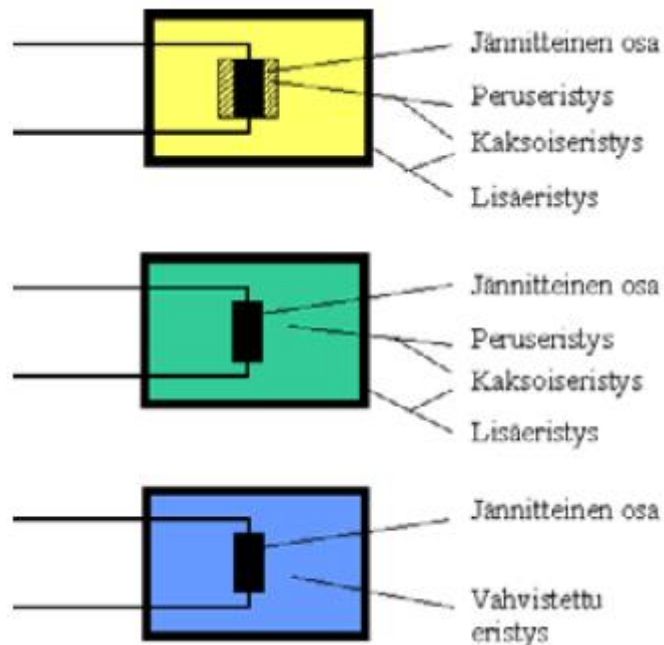
2. Vikavirta kytketään pois sopivalla suojalaitteella. Poiskytkentäaika koskeva vaatimus riippuu kuitenkin eri tekijöistä kuten esimerkiksi kosketusjännitteestä. Sallittu kosketusjännite ja sen kesto aika perustuu valmiisiin tutkimuksiin sähkövirran vaikutuksesta ihmiseen. Pisimmät poiskytkentäajat on esitetty taulukossa 3. Tämä ehto edellyttää sellaisten suojalaitteiden asentamista, joiden ominaisuudet täyttävät annetut vaatimukset erilaisissa maadoitusjärjestelmissä. /23/

Taulukko 3. Pisimmät sallitut poiskytkentäajat TN-järjestelmässä /23/

Nimellisjännite U_0 [V]	Poiskytkentäaika [s]
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
490	0,1

6.3.2. Suojaus käyttämällä suojaeristystä

Tällä suojausmenetelmällä pyritään estämään vaarallisen kosketusjännitteen syntymisen käyttämällä peruseristykseen lisäksi lisäeristystä tai käyttämällä vahvistettua eristystä sähkölaitteessa. Kuvassa 35 on esitetty erilaisia suojaeristyksiä. Suojaeristyksen käyttäminen on vaihtoehtoinen kosketusjännitesuojausmenetelmä esimerkiksi syötön nopealle poiskytkennälle. /23/



Kuva 35. Suojaeristysten käyttäminen /23/

6.3.3. Suojausluokat

Käytettävien sähkölaitteiden suojausluokat liittyvät myös kosketusjännitesuojaukseen. Suojausluokkia on olemassa neljä erilaista, joilla kaikilla on oma suojaustarkoituksensa. /23/

Suojausluokka 0, jossa suojaus sähköiskulta on pelkästään laitteen peruseristysten varassa. Tässä suojausluokassa mahdollisia jännitteelle alttiita osia ei yhdistetä ollenkaan kiinteän verkon suojajohtimeen. Mikäli peruseristys vioittuu, niin turvallisuus riippuu silloin käyttöolosuhteista. /23/

Suojausluokka I, jossa suojaus sähköiskulta ei ole pelkästään laitteen peruseristysten varassa, vaan laitteessa on lisäsuojarakenne. Sen avulla jännitteelle alttiit osat pystytään yhdistämään kiinteän verkon suojajohtimeen siten, etteivät jännitteelle alttiit osat voi tulla jännitteisiksi edes laitteen peruseristysten vioituessa. /23/

Suojausluokka II, jossa suojaus sähköiskulta ei ole pelkästään laitteen peruseristysten varassa, vaan laitteessa on joko kaksoiseristys tai vahvistettu eristys. Laitteessa ei ole

ollenkaan suojamaadoitusmahdollisuutta, eikä suojaus saa myöskään riippua käyttöolosuhteista. /23/

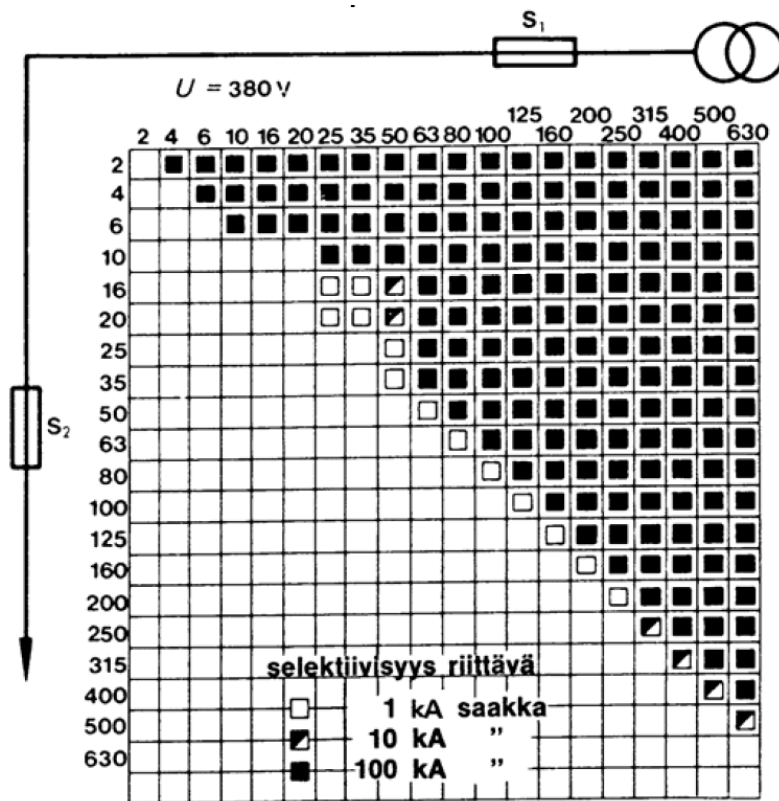
Suojausluokka III, jossa suojaus sähköiskulta on toteutettu SELV tai PELV pienoisjännitejärjestelmän avulla, jolloin suuremman jännitteen syntyminen on kokonaan estetty. /23/

Vian automaattisen poiskytkennän ohella yleisesti kosketusjännitesuojaukseen käytetty tapa on suojausluokan II (suojaeristys) laitteiden käyttäminen. Suojausluokan I laitteita (peruseristys) voidaan käyttää yhdessä syötön automaattisen poiskytkennän kanssa. Suojausluokan 0 laitteita ei nykyään uusissa asennuksissa saa käyttää kuin ainoastaan erikoistapauksissa. Vanhoissa asuinrakennuksissa on kuitenkin edelleen jatkuvassa käytössä runsaasti erilaisia 0-luokan laitteita. 0-luokan laitteen tunnistaa parhaiten pistotulpasta, joka ei sovi suojamaadoitettuun pistorasiaan. Uusissa asennuksissa sallitaan ainoastaan suojamaadoitetut pistorasiat (TN-S-järjestelmä). /23/

6.4. Selektiivisyys

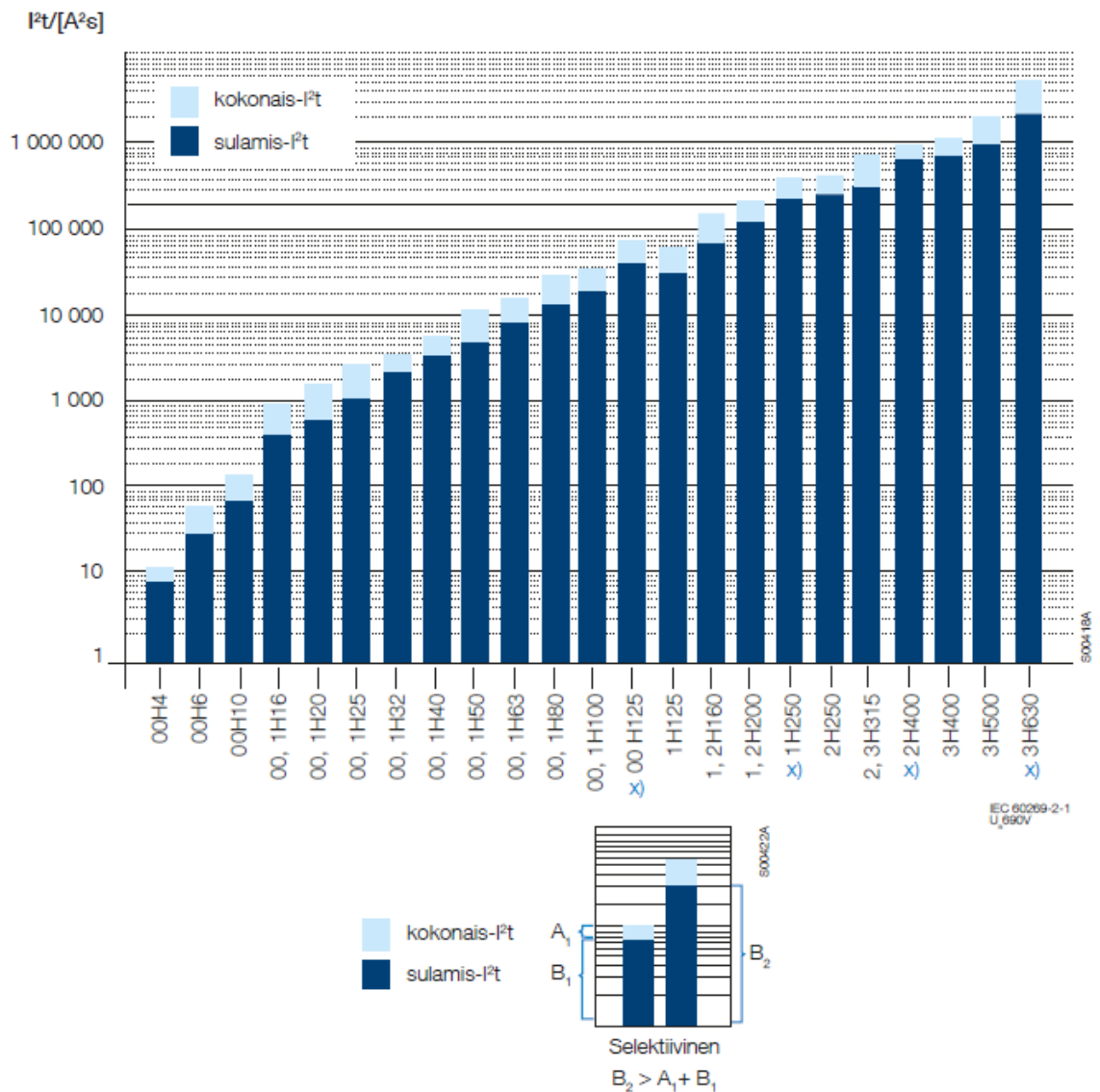
Selektiivisyys tarkoittaa, että sähköverkon vikatilanteesta aiheutuvat häiriöt pyritään rajaamaan mahdollisimman pienelle alueelle, ts. irrottamaan mahdollisimman pieni osa verkosta, jolloin muu osa verkosta on kuitenkin normaalissa käytössä. Esimerkiksi, kun kytkettyä on muutama katkaisija peräkkäin, ne ovat selektiivisiä silloin, kun lähimpänä vikakohtaa oleva katkaisija toimii. /35/

Kuvassa 36 on esitetty sulakkeiden selektiivisyystaulukko, jonka avulla pystyy varmistamaan selektiivisyyden. Taulukossa S_1 tarkoittaa ensimmäistä sulaketta ja S_2 seuraavaa sulaketta. Esimerkiksi sulake jakokaapilla on 125 A ja talossa oleva 80A sulake on selektiivinen 100kA:iin saakka. Mikäli talossa oleva sulake olisi 100A, niin se olisi selektiivinen 1kA:iin saakka.



Kuva 36. Selektiivisyystaulukko

ABB:n kahvasulakkeille on olemassa myös omat selektiivisyystaulukot. Taulukot löytyvät muun muassa ABB:n Internet-sivustolta. Kuten kuvan 37 pienempi taulukko osoittaa, niin selektiivisyys toimii kun seuraavan palkin tummansininen osa B_2 on isompi kuin edellisen palkin tummansininen ja vaaleansininen (A_1+B_1) palkki yhteensä.



Kuva 37. I^2t -arvot, 690 V, gG- sulakkeet OFAA_H_ ja OFAA_H_-H20, koot 00...3 /1, s. 41./

6.5. Jännitteenalenema

Jännitteenalenema aiheuttaa jo muutamia kymmeniä metrejä pitemmissä johdoissa johdinpoikkipinnan suurentamisen tarpeen kuormitettavuuden perusteella määritellystä poikkipinnasta. Erityisesti, kun käytetään pienoisjännitteitä esimerkiksi valaistusratkaisuissa, jolloin virrat ovat suuria, niin jännitteenalenemat tulevat hyvinkin lyhyissä johdoissa suuriksi. /13/

Jakelujännitteen ominaisuudet on määritetty standardissa SFS 50 160 (”Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet”). Kyseisen standardin mukaan normaaleissa käyttöolosuhteissa, lukuun ottamatta kuitenkaan vikatapauksia ja keskeytyksiä, pienjännitejakeluverkossa jokaisen viikon aikana 95% jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvoista tulee olla välillä $U_n \pm 10\%$. /37, s. 167./

Standardi SFS 6000-525 suosittelee, että jännitteenalenema ei saisi olla sähkölaitteiston liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä suurempi kuin 4% sähkölaitteiston nimellisjännitteestä. /37, s. 167./

Jännitteenaleneman laskemiseen voidaan käyttää seuraavia kaavoja: /37, s. 167./

$$\text{Tasajännitteellä: } \Delta U = I \times 2 \times r \times l \quad (1)$$

$$\text{Yksivaiheisella vaihtojännitteellä: } \Delta U = I \times 2 \times l \times (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (2)$$

$$\text{Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä: } \Delta U = I \times l \times \sqrt{3} \times (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (3)$$

$$\text{Suhteellinen jännitteenalenema: } \Delta u = \frac{\Delta U}{U_N} \times 100\% \quad (4)$$

Mikäli siirtoetäisyys on suhteellisen lyhyt (avojohdoilla < 100km ja kaapeleilla <20km), niin voidaan jännitteenalenema saada riittävän tarkasti yhtälöllä: /5, s. 1./

$$U_h = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = I_p R + I_q X \quad (5)$$

U_h = vaihejännitteen alenema

I_p = kuormitusvirran pätökomponentti

I_q = kuormitusvirran loiskomponentti

R = johdon kokonaisresistanssi/vaihe

X = johdon kokonaisreaktanssi/vaihe

6.6. Maallikolle sallitut sähkötyöt

Sähkötöiden suorittaminen kuuluu normaalisti alan ammattilaisille. Maallikollakin on kuitenkin lupa tehdä joitakin sähkötöitä, mutta täytyy varmasti tietää osaavansa tehdä ne. Mikäli omista taidoista on yhtään epäilyksen aihetta, niin silloin työt kannattaa teettää ammattilaisilla, koska virheellinen sähkötyö voi aiheuttaa pahimmillaan hengen- ja palovaaran. Tekijä on aina vastuussa tekemistään sähkötöistä. /23/

Maallikolle sallittuja sähkötöitä ovat asunnon sulakkeen vaihtaminen pääsääntöisesti jännitteettömänä. Sulakkeen voi maallikko vaihtaa pienjännitelaitteistoissa myös tarkistamatta jännitteettömyyttä, jos sulake on asennettu siten, että kosketussuojaus toteutuu eikä oikosulusta aiheudu vaaraa. Muita maallikolle sallittuja sähkötöitä ovat pistorasian ja valaisinkytkimen kannen vaihtaminen, sähkölaitteen rikkoutuneen pistotulpan ja johdon vaihtaminen, yksivaiheiden jatkojohdon valmistaminen ja korjaaminen, valaisinjohdon välilytkimen vaihtaminen, valaisimen kiinnittäminen sokeripalaan, sokeripalan korvaaminen valaisinliitinpistorasialla ja valaisinpistotulpan vaihtaminen. /34, s. 614./, /23/

Näitäkin em. sähkötöitä saa siis tehdä vain ja ainoastaan, jos varmasti tietää osaavansa tehdä niitä. Sähkö on aina katkaistava tai sähkölaite irrotettava verkosta, jonka jälkeen täytyy vielä todeta jännitteettömyys esimerkiksi mittaamalla ennen sähkötyön aloittamista. Suojamaadoitetun jatkojohdon valmistamisessa ja korjaamisessa pitää olla erityisen huolellinen, sillä väärin tehty jatkojohto on hengenvaarallinen. Suuri osa sähkötapaturmista johtuu juuri itse tehdyistä jatkojohdoista. /23/

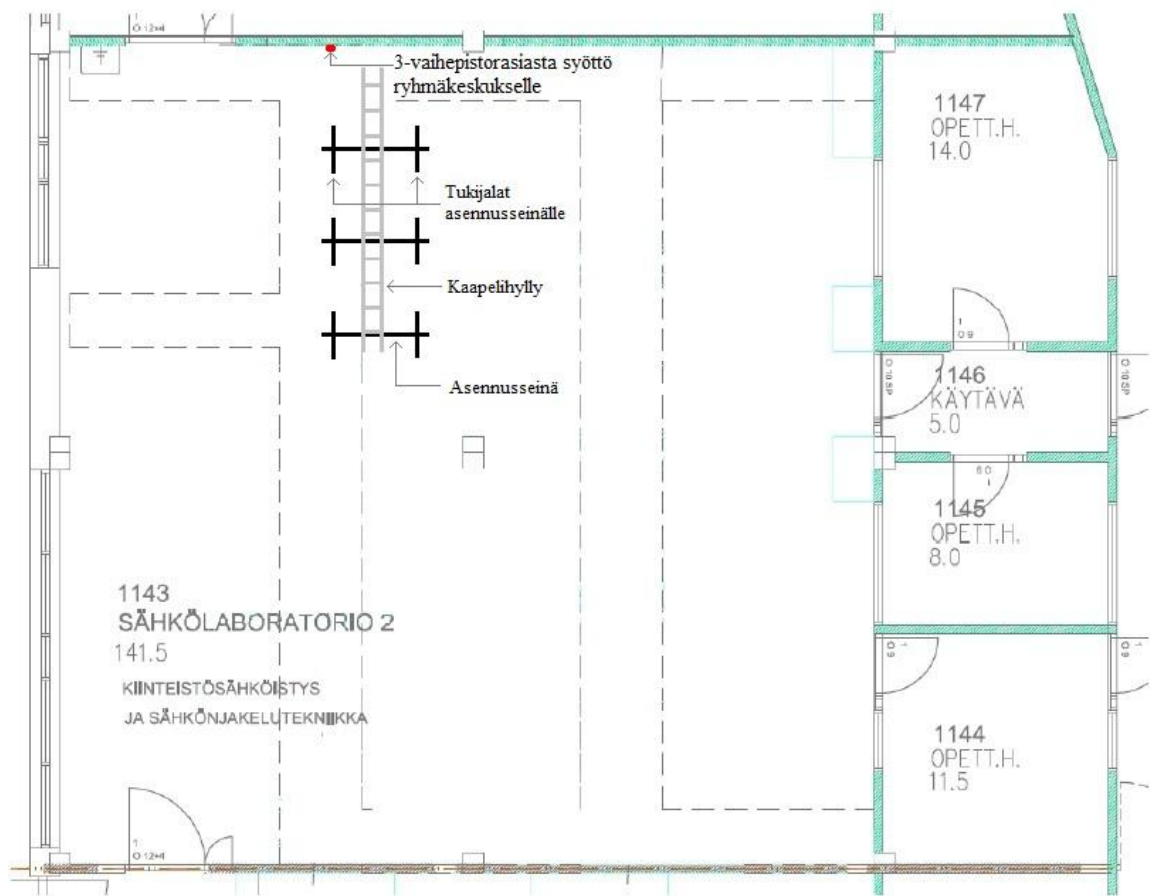
Suojakosketinpistorasioilla varustetuissa tiloissa johdon täytyy olla kolminapainen ja pistotulpan sekä jatkopistorasian täytyy olla varustettu suojakoskettimilla. Suojakosketinpistorasiaan sopiva, kaksinapaisen liitäntäjohdon päähän asennettu pistotulppa on erittäin vaarallinen. Seuraukset saattavat olla hyvin kohtalokkaat, jos tällaiseen jatkojohtoon kytkettyyn suojamaadoitettuun sähkölaitteeseen tulee eristysvika, koska suojamaadoituspiiri ei tässä tapauksessa ole kunnossa. Toinen erittäin

huomionarvoinen asia on varmistaa, että kolminapaisen johdon johtimet on kytketty oikein. /23/

Lisätietoja maallikoille sallituista sähkötoista löytyy Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukesin) Internet-sivustolta.

7. OPPIMISYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU

Kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö tulee kiinteistösähköistyksen laboratorioon, jonka pohjapiirros on kuva 38. Syöttö ryhmäkeskuksille otetaan seinässä valmiina olevasta 3-vaiheisesta pistorasiasta. Syöttökaapelina on Drakaflex H07RN-F 5G2,5 ja sen toiseen päähän laitetaan 16A 3-vaiheinen pistotulppa, että sähköverkkoon kytkeminen onnistuu.



Kuva 38. Sähkölaboratorion 2 pohjapiirros. /12, s. 48./

Asennuseiniä tulee kolme kappaletta ja niissä työskennellään molemmin puolin eli kuusi opiskelijaa/ryhmää voi yhtä aikaa tehdä asennuksia. Asennuseinät tehdään vanerista ja ne pysyvät pystyssä tukijalkojen ansiosta. Alumiininen kaapelihylly sijoitetaan asennuseiniä päälle ja kiinnitetään asennuseiniin esimerkiksi kulmarautojen avulla. Kaapelihyllyä käyttäen saadaan syöttökaapeli vietyä helposti viimeiselle ryhmäkeskukselle asti. Kolmen jakorasian avulla saadaan syöttökaapeli haaroitettua jokaiselle keskukselle. Jakorasioiden sisällä johdinliitokset tehdään sokeripalojen avulla.

Kun syöttökaapeli tuodaan ryhmäkeskuksen sisään, niin vaihejohtimet kytketään jo valmiiksi sulakkeille, nollajohdin nollakiskoon ja maajohdin potentiaalintasauskiskoon. Tällä varmistetaan se, etteivät syöttökaapelin johtimet jää jännitteisinä vapaiksi keskuksen sisälle, jos jostain syystä syöttökaapelin 3-vaiheinen pistotulppa kytketään sähköverkkoon. Myös ryhmäkeskuksen runko maadoitetaan valmiiksi.

Ryhmäkeskuksen sisällä olevaan pohjalevyyn kiinnitetään 1-2 DIN-kiskoa. Näihin kiskoihin sitten kiinnitetään kaksi C10 johdonsuojakatkaisijaa sekä yksi C16 johdonsuojakatkaisija. Pistorasiakytkentää varten on yksi vikavirtasuojakytkin 25A/30mA ja askelrele valaistuksen ohjaukseen. Lisäksi on vielä potentiaalintasauskisko ja nollakisko.

8. YHTEENVETO

Opinnäytetyön perustana oli Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun, Tekniikan yksikön, sähkölaboratorioiden kehittämishanke, jonka yhteydessä uusitaan ja täydennetään laboratoriotilojen opetuslaitteistoa. Tehtävänä oli suunnitella kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö, joka rakennetaan sähkövoimatekniikan kiinteistösähköistyksen laboratorioon.

Olen lukion suorittanut ja tuloin opiskelemaan ilman sähkötekniistä taustaa, joten minulla oli omakohtaiset kokemukset ja siten asiantuntijuus tehdä opinnäytetyö käytännön sähköasennuksiin. Käytännön sähkötyöt –opintojakso on tarkoitettu lukion suorittaneille opiskelijoille ja painopiste asetettiin tälle opintojaksolle. Suunnittelin opinnäytetyössä tämän opintojakson teorian sekä harjoitustyöt ja –tehtävät sähkötekniikan perusteista lähtien. Teoriaosassa perehdytään yleisesti eri sähköasennuskomponentteihin, niiden käyttötarkoituksiin ja toimintoihin. Lisäksi käsitellään erilaisia sähköpiirustuksia ja niiden tulkitsemista. Ammatillisen sähköalan perustutkinnon suorittaneet osallistuvat seuraavalle opintojaksolle, sähköasennusten perusteet, jonka teoriaosassa perehdytään jakelujärjestelmiin sekä kiinteistön tehomitoitukseen.

Työ onnistui hyvin ja tavoitteet saavutettiin asetetussa aikataulussa. Lopputuloksena opinnäytetyöprosessin aikana suunnittelin kahdeksan erilaista opintojaksoja tukevaa harjoitustyötä sekä aiheeseen liittyviä kirjallisia ja käytännönläheisiä harjoitustehtäviä. Lisäksi suunniteltiin ja hankittiin oikeat työvälineet sisältävät työkalulaukut harjoitustöiden suorittamista varten. Työn lopputuloksena tein myös laboratoriotyöohjeet harjoitustöihin.

Kiinteistösähköistyksen oppimisympäristö tullaan toteuttamaan tulevaisuudessa tämän opinnäytetyön suunnitelmien pohjalta. Opiskelijat toteuttavat oppimisympäristön opetussuunnitelmaan kuuluvilla projektikursseilla. Työssä suunnitellut harjoitustehtävät ovat pohjana opettajille, kun he suunnittelevat esimerkiksi kotitehtäviä oppilaille.

9. LÄHDELUETTELO

/1/ ABB, Kahvasulakkeet, [PDF],

[[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/\\$file/1SCC317002C1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/$file/1SCC317002C1801.pdf)], 2.4.2012.

/2/ ABB, Lämpöreleet, [WWW-dokumentti],

[<http://www.abb.fi/product/seitp329/3a6d410be311cdfec1256ffe00467f2c.aspx?productLanguage=fi&country=FI>], 23.1.2012.

/3/ ABB, Turvakytkin, [WWW-dokumentti],

[<http://www.abb.fi/product/seitp329/420edb4f89fc0d6ac1256ffe0049500f.aspx>], 13.3.2012.

/4/ ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Jakelujärjestelmät, [PDF],

[http://heikki.pp.fi/abb/035_0007.pdf], 16.3.2012.

/5/ ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Sähköjohtojen mitoittaminen, [PDF],

[http://heikki.pp.fi/abb/191_0007.pdf], 30.3.2012.

/6/ Ahoranta, Jukka, Sähköasennustekniikka, 9. uudistettu painos, WSOYpro Oy, 2011.

/7/ Aura, Lauri, Tonteri, Antti J., Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet, 1. Painos, WSOY, 1996.

/8/ Bunkka.fi –verkkokauppa, aikarele, [WWW-dokumentti],

[<http://www.bunkka.fi/ohjaus-ja-s-t-kojeet/abb/aikarele-e234ct-mfd-abb-pj-kojeet>], 25.1.2012.

/9/ Bunkka.fi -verkkokauppa, pistorasia, [WWW-dokumentti],

[<http://www.bunkka.fi/kuivantilan-pintarasiat/abb/pistorasia-1-os-jussi>], 10.4.2012.

/10/ Bunkka.fi -verkkokauppa, pistorasia, [WWW-dokumentti],

[<http://www.bunkka.fi/kuivantilan-upporasiat/schneider/pistorasia-uusi-vakio-1-os-0-luokka>], 10.4.2012.

/11/ Draka, Tuotteet, [WWW-dokumentti],

[http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/navigaatio/Tuotteet/index.html], 30.1.2012.

/12/ Etto, Jaakko, Sähkötekniikan insinöörikoulutuksen oppimisympäristöjen kehittäminen, [PDF],

[<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21549/EttoJaakko.pdf?sequence=1>], 2.4.2012

/13/ Harsia, Pirkko, Aleneman laskeminen, [WWW-dokumentti],

[<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1132057231100/1132058059176/1132059476614/1133272908995.html>], 20.3.2012.

/14/ Harsia, Pirkko, Ryhmitys, [WWW-dokumentti],

[<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1149070502461/1149672948354/1149677905022/1149677950189.html>], 20.3.2012.

/15/ Harsia, Pirkko, Sähkölämmityksen peruskurssi, [WWW-dokumentti],

[<http://www.amk.fi/opintojaksot/0505015/1119948180490/1119959757290/1119959880369/1119962385334.html>], 17.1.2012.

/16/ Harsia, Pirkko, Tehomitoitus, [WWW-dokumentti],

[<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1113391621636/1150111126448/1150111210984.html>], 10.2.2012.

/17/ Jakorasia.net-verkkokauppa, ABB lämpörele, [WWW-dokumentti],

[<http://www.jakorasia.net/moottoritarvikkeet/abb-lamporele-1-30-1-80-a.html>], 23.1.2012.

/18/ Juha-Elektro Oy, Nokkakytkimet, [WWW-dokumentti], [<http://tuotteet.juha-elektro.fi/documents/datasheets/Koncar/Nokkakytkimet.pdf>], 23.1.2012.

/19/ Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, [WWW-dokumentti], [<http://www.token.fi/Suomeksi/Etusivu.iw3>], 17.1.2012.

/20/ Konttinen, Juha, Vaihtosähkökoneen huolto ja koestus, [PDF], [<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9793/Konttinen.Juha.pdf?sequence=2>], 7.2.2012.

/21/ Korpinen, Leena, Sähkökoneet osa 1, [PDF], [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf], 4.2.2012.

/22/ Korpinen, Leena, Sähkökoneet osa 2, [PDF], [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf], 4.2.2012

/23/ Korpinen, Leena, Sähköturvallisuus, [PDF], [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf], 13.3.2012.

/24/ Omron, painikekytkimet, [WWW-dokumentti], [http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/switching_components/pushbutton_switches/pushbutton_switches/a22/default.html], 20.1.2012.

/25/ Omron , tuotteet, [WWW-dokumentti], [http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/switching_components/electromechanical_relays/sealed_latching_plug_in_relays/mk-sx/default.html], 24.1.2012.

/26/ Omron, Turvasovellusten käsikirja, [PDF], [<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=h%C3%A4t%C3%A4seis%20painike&source=web&cd=3&ved=0CEsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fdownloads.industrial.omron.eu%2F%2FProducts%2FSafety%2FE02E%2FE02E-FI->

01%2BSafety_Guide.pdf&ei=AFtgT8_zJcnb4QSP-6C1Dg&usg=AFQjCNH8eqS_8cfFl-7VtWCVRWOf3yvsOw&cad=rja], 14.3.2012.

/27/ Opetushallitus, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, [PDF], [http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf], 2.4.2012.

/28/ Opetushallitus, Sähkötyöturvallisuuden perusteet toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa, [PDF], [http://www.sedu.fi/tyoturvallisuus/mukana/sahko.pdf], 28.3.2012.

/29/ Partco.biz-verkkokauppa, lasiputkisulakkeet, [WWW-dokumentti], [http://www.partco.biz/verkkokauppa/product_info.php?cPath=1629_1630_1287&products_id=6467], 4.2.2012.

/30/ Peltomaa, Toni, Piirrosmerkkikirjastojen luominen, [PDF], [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9871/TMP.objres.588.pdf?sequence=2], 17.1.2012.

/31/ Pere, Aimo, Sähköpiirustus, 5. painos, Kirpe Oy, 1998.

/32/ Photobucket, Motors rating plate, [WWW-dokumentti], [http://media.photobucket.com/image/motors%20rating%20plate/drunkan101/motorstartplate-1.jpg], 2.4.2012.

/33/ Schmursal, Ajankohtaista teknistä tietoa, hätä-seis, [PDF], [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=ajankohtaista%20teknist%C3%A4%20tietoa%20schmursal&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.schmursal.fi%2Fcms7%2Fopencms%2Fmedia%2Floader%3Fid%3D453%26type%3Dpdf%26download%3Dtrue&ei=JN15T6C7Jabj4QTDs83_Dg&usg=AFQjCNGYuzjxHa1HsiB27qZTxL5yjCp8Bw&cad=rja], 14.3.2012.

/34/ SFS-käsikirja 600, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 1. painos, SFS ry, 2007.

/35/ Suomen virtuaaliammattikorkeakoulu, Ylivirtasuojaus, [DOC-dokumentti],
[www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/5hNnuVhBY/ylivirtasuojaus.doc],
19.3.2012.

/36/ Sähköala, Savuimurin turvakytkin, [WWW-dokumentti],
[http://www.sahkoala.fi/koti/kysymys-vastaus/kysy-vastaa/sekalaiset/fi_FI/turvakytkin/]
13.3.2012.

/37/ Sähköinfo, Sähköasennukset, Sarjanumero 1, Kirjapaino, 2010.

/38/ Sähköinfo, Sähköasennukset, Sarjanumero 4, Kirjapaino, 2010.

/39/ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, Sähköturvallisuusmääräykset kuvina, [PDF],
[http://www.oamk.fi/~hannul/RAT_sahko/Sahkoturv_kuvina.pdf], 16.3.2012.

/40/ Sähkönumerot.fi, Kontaktori, [WWW-dokumentti],
[<http://www.sahkonumerot.fi/3705802/>], 10.4.2012

/41/ Sähkötuoite.fi-verkkokauppa, Johdonsuojakatkaisija, [WWW-dokumentti],
[http://sahkotuoite.fi/kauppa/index.php?main_page=product_info&cPath=99989_100143_100150&products_id=3250606], 9.2.2012.

/42/ Sähkötuoite.fi-verkkokauppa, Vikavirtasuoja, [WWW-dokumentti],
[http://sahkotuoite.fi/kauppa/index.php?main_page=product_info&cPath=99989_100143_100151&products_id=3268324], 15.3.2012.

/43/ Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry, Vikavirtasuoja, [WWW-dokumentti],
[http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/vikavirtasuoja/],
13.3.2012.

/44/ Taloon.com-verkkokauppa, LED-lamppu, [WWW-dokumentti],
[<http://www.taloon.com/led-lamppu-osram-decospot-0.6w-230v-e14/S-4739004/dp>],
11.4.2012

/45/ Tiainen, Esa, Rakennuksen sähkölaitteistojen maadoitukset, [WWW],
[http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/asennukset/fi_FI/maadoitukset/],
23.2.2012.

/46/ Tukes, Arvokilpi, [WWW-dokumentti],
[<http://www.tukes.fi/sahkotuoteopas/arvokilpi.html>], 16.3.2012.

/47/ Tukes, Kodin monenlaiset pistorasiat, [WWW],
[http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/kodin_monenlaiset_pistorasiat/], 12.3.2012.

/48/ Tukes, Sulakkeet ja suojakytkimet, [WWW-dokumentti],
[http://www.tukes.fi/kodinsahkoturvallisuus/1_2.html], 4.2.2012.

/49/ Tukes, Sähkö kotona, [PDF],
[http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/sahkokotona.pdf],
16.1.2012.

/50/ Valaisinliike.fi-verkkokauppa, Kahvasulake, [WWW-dokumentti],
[<http://www.valaisinliike.fi/tuotteet/sulakkeet-kahvasulakkeet/kahvasulake-00-3-kpl->],
5.2.2012.

10. LIITELUETTELO

Liite 1 Sähkökomponenttien piirrosmerkit

Liite 2 Laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämistä varten

Sähkökomponenttien piirrosmerkit

Seuraavassa on esitelty yleisimpiä sähkölaitteiden symboleja, joita käytetään mm. sähkösuunnitelmissa.



Pinta-asennus



Uppoasennus

Pistorasiat:



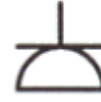
Yksiosainen maadoittamaton



Kaksiosainen maadoittamaton



Kolmeosainen maadoittamaton



Yksiosainen maadoitettu



Kaksiosainen maadoitettu



Kolmeosainen maadoitettu

Kytkimet:



Yksinapainen kytkin (1-kytkin)



Vaihtokytkin (6-kytkin)



Ristikytkin (7-kytkin)



Kruunukytkin (5-kytkin)

Valopisteet:



Valopisteen yleismerkki



Seinävalopiste



Valaisinpistorasia,
maadoittamaton



Valaisinpistorasia,
maadoitettu

Valaisimet:



Valaisimen yleismerkki



Valaisin, asennettu upotetun
jakorasian päälle.



Valaisin, pitää sisällään
jakorasian

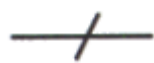


Seinävalaisin



Loisteputkivalaisin, yksiputkinen

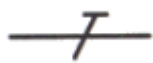
Johdinmerkinnät:



Vaihejohdin (L)



Nollajohdin (N)



Suojajohdin (PE)



Kaapeli, kolme vaihejohdinta + nollajohdin ja suojamaa



Uppoasennettu jakorasia



Ryhmän syöttömerkintä

Sähkökojeet, lämpölaitteet, sähkökeskus:



Sähkökojeen yleismerkki



Jääkaappi



Astianpesukone



Vaatteidenpesukone



Liesi



Lämminvesivaraaja



Kiuas



Sähkölämmitin, varustettu termostaatilla



Ovella varustettu sähkökeskus

Telejärjestelmät:



Telerasia, pinta-asennus



Puhelinrasia



Antennirasia



Kaiutinpistorasia

Laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämistä varten

Suomen sähkölaitosyhdistys ry:n (nykyinen Sähköenerialiitto ry Sener) julkaisemat laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämistä varten (lähde: ST13.31).

Asuinrakennukset		Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot:	Huipputeho [kW]	A_{krs} = kerrosala [m ²]
1 Ilman kiukaita	$P_{max} = P_{va} + 17 * A_{krs} / 1000$ $P_{va} = 65 \text{ kW}$	Soveltuu, jos A_{krs} on vähintään 2500 m ² . Pienemmissä P_{va} korvataan arvolla: $P_v = A_{krs} / 2500 * P_{va}$; P_v vähintään 30 kW
2 Huoneistokohtaiset kiukaat	$P_{max} = P_{va} + 24 * A_{krs} / 1000$ $P_{va} = 90 \text{ kW}$	
Pienet rivitalot:	Huipputeho [kW]	Rivitalot, joissa 5-15 huoneistoa; $A_{läm}$ = lämmitetty pinta-ala [m ²]
1 Ei sähkölämmitystä, kiuas on	$P_{max} = 30 + 26 * A_{läm} / 1000$	
2 Suora sähkölämmitys, kiuas	$P_{max} = 30 + 64 * A_{läm} / 1000$	Käyttöveden lämmitys jatkuvana tai yöllä
3 Suora sähkölämmitys, kiuas tai kiuasvaraus	$P_{max} = 30 + 49 * A_{läm} / 1000$	Käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot ja erittäin pienet rivitalot:	Huipputeho [kW]	Maksimi 4 rivitalohuoneistoa tai omakotitalot; $A_{läm}$ = lämmitetty pinta-ala [m ²]
1 Ei sähkölämmitystä, kiuas on	$P_{max} = 7,5 + 26 * A_{läm} / 1000$	
2 Suorasähkölämmitys, kiuas	$P_{max} = 7,5 + 64 * A_{läm} / 1000$	Käyttöveden lämmitys jatkuvana tai yöllä
3 Suora sähkölämmitys, kiuas tai kiuasvaraus	$P_{max} = 7,5 + 49 * A_{läm} / 1000$	Käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet:		N_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä P_{pys} = pysäköintialueen huipputeho [kW]
1 Pysäköintialue	$P_{pys} = 10 + 0,5 * N_{auto}$	
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida $\cos \phi = 0,96$.		