

AUTOMAATIOASENTAJAN MITTAUS- JA VIANHAKU- KOULUTUS

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Tommi Sipilä

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SIPILÄ, TOMMI:

Automaatioasentajan mittaus- ja
vianhakukoulutus

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 55 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö on suunniteltu hollolalaisen sähköalan yrityksen tarpeiden mukaan. Työn tavoitteena oli toteuttaa ja suunnitella automaatioasentajan mittaus- sekä vianhakukoulutus sekä koulutuksessa tarvittava laitteisto ja materiaali. Koulutuksessa oli tarkoitus käydä läpi perinteiset mittaukset, joita sähkö ja automaatioasentaja joutuvat työssään tekemään.

Tarvetta kyseiselle kertauskoulutukselle on useammassakin teollisuuden yrityksessä, jossa työskentelee sähkö- sekä automaatioasentajia.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään ensimmäisenä sähkötyöturvallisuutta ja sen vaatimuksia sähkötyöturvallisuusstandardin näkökulmasta. Toisena tarkastellaan käyttöönottotarkastuksia sekä koulutusta varten suunniteltuja mittauksia ja vianhakutapauksia. Viimeinen teoreettisen osuuden luku käsittelee koulutuksen järjestämistä ja kouluttajana kehittymistä.

Opinnäytetyön loppuosuudessa on alustavasti esitetty, miten laitteisto oli tarkoitus rakentaa ja mitä mittauksia suorittaa sekä koulutuksen sisältö.

Opinnäytetyön tavoite toteutui sen osalta, että työssä saatiin suunniteltua ja toteutettua koulutukseen tarvittava teoria-aineisto sekä suunniteltua siihen tarvittava laitteisto. Opinnäytetyössä ei täysin päästy asetettuihin tavoitteisiin. Aikataulusta ja resursoinnista johtuen laitteiston rakentaminen sekä koulutuksen järjestäminen eivät toteutuneet tämän työn puitteissa. Työtä voidaan hyödyntää mittaus – ja vianhakukoulutuksiin yrityksissä.

Asiasanat: sähkötyöturvallisuus, käyttöönottotarkastus, vianhaku

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

SIPILÄ, TOMMI:

Troubleshoot and measurement training for automation technicians

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 55 pages, 2 pages of appendices

Spring 2015

ABSTRACT

This thesis was planned for meet the needs an electricity company from Hollola. The aim of this thesis was to engineer and implement measurement and troubleshoot training for automation technicians, as well as equipment and material required for training. The training was meant to go through the traditional measurements, which electrical / automation technicians are doing in their work. There is a need for this kind of refresher training in several industrial companies, which employs electrical and automation technicians.

The theoretical part of the thesis discusses the first electrical safety and its requirements from the electrical safety standard is point of view. Secondly, this thesis discusses inspect of the commissioning and the measurements and troubleshooting cases which were engineered for the training. The last chapter of the theoretical part considers the organizing and training. The final part of the thesis were initially introduces how the equipment was meant to build, and what measurements were meant to operate, and the content of training.

This thesis did not fully achieve the objectives that were set. Due to the schedule and allocation of the resources, implementing the equipment and organizing of the training did not take place within the framework of this study.

Key words: electrical safety, inspect of the commissioning, troubleshooting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS	3
2.1	Sähkötöitä tekevien henkilöiden luokittelu	4
2.2	Sähkötyöturvallisuus yrityksessä	5
2.3	Sähkötapaturmat	6
2.4	Tilaluokat teollisuudessa	8
2.5	Räjähdysvaaralliset tilat (Ex-tilat)	9
3	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	12
3.1	Aistinvarainen tarkastus	13
3.2	Testaukset	13
4	KOULUTUKSESSA KÄSITELTÄVÄT MITTAUKSET SEKÄ VIANHAKUTILANTEET	14
4.1	Suojajohtimen jatkuvuusmittaus	14
4.2	Eristysvastuksen (resistanssi) mittaus	15
4.3	Syötön automaattinen poiskytkentä (oikosulkuvirta)	18
4.4	Vikavirtasuojakytkin ja sen toiminnan testaus	20
4.4.1	Napaisuus ja kiertosuunnat	21
4.4.2	Toimintatestit	21
4.5	Moottorinsuojakytkin sekä moottorin käynnistys	22
4.5.1	Moottorinsuojakytkin	22
4.5.2	Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin suora käynnistys	23
4.5.3	Tähti-kolmiokäynnistys	23
4.6	Moottorin suunnanvaihtokytkentä	25
4.7	Taajuusmuuttajakäyttö	25
4.8	Ohjausjännitemuuntaja sekä maadoitus (400/230VAC)	28
4.9	Tasajännitelähde sekä maadoitus (230V/24V)	28
4.10	Induktiivinen anturi ja sen kytkentä	29
4.11	Analoginen tasavirtasignaali	30
4.11.1	Analogisen tasavirtasignaalin mittaaminen	31
4.11.2	Analogisen tasajännitesignaalin mittaaminen	32
5	KOULUTUKSEN JÄRJESTÄMINEN JA KOULUTTAJANA KEHITTYMINEN	33
5.1	Hyvä kouluttajuus	33

5.1.1	Ominaisuutena asiantuntemus	33
5.1.2	Ominaisuutena läsnäolo	34
5.1.3	Ominaisuutena arvostus	34
5.1.4	Ominaisuutena samaistuminen	35
5.1.5	Ominaisuutena innostus	35
5.1.6	Ominaisuutena nöyryys	35
5.2	Esiintyminen	36
5.3	Esiintymisvarmuuden kehittäminen	37
5.4	Oppimistavoitteet ja opetusmenetelmien valinta	38
5.5	Opittavan asian kokonaisuuden hahmottaminen	39
5.6	Oppijoiden aktiivisuuden edistäminen	40
6	KOULUTUKSESSA KÄYTETTÄVÄ LAITTEISTO	41
6.1	Maadoituksen jatkuvuusmittaus	41
6.2	Eristysvastusmittaus	41
6.3	Vikavirtatilanneselvitys	41
6.3.1	Vikavirtasuojakytkin laukeaa maavuodon takia	42
6.3.2	Vikavirtasuojakytkin on kytketty väärin	42
6.4	Moottorin suojakytkin laukeaa väärän moottorikytkennän takia	43
6.5	Moottorin suunnanvaihtokytkentä kytketty väärin	44
6.6	Puolijohderele ja logiikan lähtöpiiri	45
6.7	Taajuusmuuttajakytkennät	46
6.7.1	3-vaihe taajuusmuuttaja	46
6.7.2	1-vaihe taajuusmuuttaja	47
6.8	Ohjausjännitemuuntajan (400/230 V) maadoitus	48
6.9	Tasavirtalähteen (230/24 V) maadoitus	49
6.10	Induktiivisen anturin kytkentä sekä anturityypit	49
6.11	Analogisen tasavirtasignaalin mittaaminen	51
7	KOULUTUKSEN SISÄLTÖ	52
7.1	Koulutuksen aloitus ja esittäytyminen	52
7.2	Teoria	53
7.3	Käytännön mittausharjoitukset	53
7.4	Palauteosio ja koulutuksen päättäminen	53
8	YHTEENVETO	54

LÄHTEET

55

LIITTEET

56

1 JOHDANTO

Nykypäivänä teollisuuden sähkö- sekä automaatioasentajat kohtaavat päivittäisessä työssään erilaisia uusimpia teknologioita. Etenkin vianhakutilanteessa vikaa lähdetään usein hakemaan ensimmäiseksi uudemman teknologian osa-alueilta unohtaen aivan perusasiat. Useimmiten vika saattaa löytyä itsestään selvyyksinä pidettävistä perusasioista, jotka kuvitellaan olevan kunnossa. Näin ollen vianhakuun saattaa kulua liian paljon turhaa aikaa ja taloudellinen vaikutus kasvaa, kun tuotanto on pysähdyksissä. Tässä opinnäytetyössä perehdytään perusasioihin, jotka tulisi ensin huomioida vianhaku-tilanteissa.

Työ on alun perin suunniteltu hollolalaiselle sähkö- ja automaatioalan yritykselle. Aikataulun sekä resurssien puitteissa koulutusta ei kyetty järjestämään eikä koulutuksessa käytettävää laitteistoa rakentamaan tämän opinnäytetyön pohjalta. Koulutus oli tarkoitus järjestää yhden päivän mittaisena koulutuksena. Seuraavat perustilanteet valikoituivat käsiteltäviksi mittauksiksi, jotka oli tarkoitus käydä läpi koulutuksessa.

- suojajohtimen jatkuvuusmittaus
- eristysvastuksen mittaus
- oikosulkuvirran (syötön automaattisen poiskytkennän) mittaus
- vikavirtasuojakytkimen laukeamistilanteen selvitys
- moottorinsuojakytkimen laukeamistilanteen selvitys
- moottorin suunnanvaihtokytkennän toiminta
- moottorinohjauskytkentöjen vianhakumittaus
- taajuusmuuttajakäytön mittaus
- yksivaiheisen taajuusmuuttajan oikea kytkentä
- ohjausjännitemuuntajan maadoitus
- tasavirtalähteen maadoitus
- induktiivisen anturin kytkentä
- tasavirtasignaalin mittaaminen.

Työn teoriaosuudessa käsitellään sähköturvallisuutta, muutamia käyttöönottomittauksia sekä perusvianhakutilanteiden teoreettisia asioita, joiden pohjalta koulutus oli tarkoitus järjestää. Koulutuksen järjestämisen ja kouluttajana toimimisen teoreettista puolta käydään työssä läpi.

2 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

Suomessa sähköalan töistä ja sähkötyöturvallisuuden säännöistä määräävät sähkötyöturvallisuuslaki ja -asetus sekä työ- ja elinkeinoministeriön päätökset ja asetukset. Sähkötyöturvallisuuslain mukaan sähkölaitteet ja laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava, korjattava sekä huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle eikä omaisuudelle vaaraa. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 8.)

Sähköalan töiden tekeminen edellyttää alan ammattitaitovaatimusten lisäksi sitä, että työn tekijällä on ajan tasalla olevat tiedot sähkötyöturvallisuudesta. Tämä edellyttää säännöllistä kouluttautumista. Dokumenttina tästä pätevyydestä on Sähkötyöturvallisuuskortti SFS 6002, jonka saa läpäistyään koulutuksen pitäjän sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 mukaisen kirjallisen kokeen. Kortti on voimassa 5 vuotta kerrallaan.

SFS 6002-sähkötyöturvallisuusstandardi koskee kaikkia sähköalan töihin osallistuvia henkilöitä. Asentajien ja esimiesten lisäksi se koskee kaikkia työnjohto-, käyttötoiminta-, suunnittelu-, opetus- ja muissa asiantuntijatehtävissä toimivia sähköalan ammattilaisia. SFS 6001-suurjännitesähköasennustandardi koskee yli 1000 voltin suurjännitelaitteistoja suunnittelevia, rakentavia ja käyttäviä henkilöitä. Näin ollen kyseinen standardi ei koske tätä työtä.

Sähköasentajan on tunnettava sähköalan lainsäädäntö ja sähkötyöturvallisuusstandardi teknisen osaamisensa lisäksi. Sähköasentaja työskentelee jännitteisten osien läheisyydessä hyvin lähellä erilaisia epätoivottuja vaarallisia tilanteita, kuten sähköiskun saamista ja valokaaren syntymistä. Vahingon sattuessa on asentaja yleensä tehnyt väärin jotain joko tietämättömyyttään tai huolimattomuuttaan. (Mäkinen ym. 2009, 8.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä annetaan määräyksiä siitä, miten sähkötyöturvallisuus on toteutettava. Määräyksiä on noudatettava, jos työstä voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara. Tämän päätöksen turvallisuusvaatimusten katsotaan nykyisellään täyttyvän, jos työt toteutetaan noudattaen sähköturvallisuusviranomaisen kulloinkin luetteloimaa SFS 6002-sähkötyöturvallisuusstandardia. Sitä sovelletaan sähkölaitteistoihin tai niiden läheisyydessä työskentelyyn ja niiden käyttöön. Standardi on myös peruslähdekohdiltaan sama kaikissa EU-maissa, ja siinä on sovittu yleisesti noudatettavat pelisäännöt, kun sähkötöitä tehdään vaihtuvissa laitteistoissa, tilanteissa ja olosuhteissa. (Mäkinen ym. 2009, 8.)

2.1 Sähkötöitä tekevien henkilöiden luokittelu

SFS 6002:n luokituksessa sähkötöiden tekeminen luokitellaan kolmeen ryhmään. Näitä ovat sähköalan ammattihenkilö, opastettu henkilö sekä maallikko.

Sähköalan ammattihenkilön on täytettävä 1996 vuoden kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 516 mukaiset vaatimukset. Henkilöllä on oltava soveltuva koulutus ja kokemus, joiden perusteella hän kykenee arvioimaan riskit ja välttämään sähkön mahdollisesti aiheuttamat vaarat. Tämän lisäksi häneltä edellytetään tietoa ja kokemusta käytettävistä asennusmenetelmistä, -tarvikkeista ja työvälineistä. Tärkeitä ovat myös henkilön asenne turvallisuuteen, luotettavuus, huolellisuus ja vastuuntunto. Tehtäviinsä opastetun sähköalan ammattihenkilön katsotaan olevan riittävän ammattitaitoinen tekemään itsenäisesti oman alansa sähkö- ja käyttötöitä ja myös valvomaan niitä. (Mäkinen ym. 2009, 8.)

Opastettu henkilö on pätevyydeltään alan oppilaitoksesta työelämään tullut nuori henkilö, jolla tulee olla sähköalan koulutusta ja/tai työkokemusta. Kyseisten sähkötöiden tai käytön johtajan on arvioitava henkilön koulutus ja kokemus sähköalalta töitä ja valvontaa määrittäessään. Opastettu henkilö ei täytä kaikilta osin itsenäiseen työhön kykenevän ammattihenkilön vaatimuksia, vaikka ammattihenkilöt ovat opastaneet henkilön siten, että hän kykenee välttämään sähköön aiheuttamat vaarat.

(Mäkinen ym. 2009, 9.)

Maallikko eli sähköalalla ammattitaidoton henkilö ei ole ammattihenkilö eikä opastettu henkilö. Turvatekniikan keskus TUKESin mukaan maallikko saa tehdä vain tiettyjä pieniä sähkötöitä, mikäli osaa tehdä ne oikein ja turvallisesti. Maallikoille sallittuja sähkötöitä ovat muun muassa valaisimen sytyttimen ja lampun vaihto, yksivaiheisen jatkojohdon korjaus ja teko ja luotettavasti ja kokonaan jännitteettömäksi tehtyjen sähköasennusten purku. (Mäkinen ym. 2009, 9; Turvatekniikan keskus 2015b.)

2.2 Sähkötyöturvallisuus yrityksessä

Sähkötöiden tekeminen edellyttää aina vastuuhenkilöä, henkilöltä edellytetään pätevyydestä ja ilmoittautumista sähköturvallisuusviranomaisen (Tukes) rekisteriin. Sähköasennustöitä, kuten uudisasennuksia tehtäessä on vastuuhenkilönä sähköurakoitsijan sähkötöiden johtaja. Laajojen sähkölaitteistojen käytöstä vastaa sähkölaitteiston käytön johtaja. Hänen johdolla tehdään käyttötoimenpiteitä ja niihin verrattavia korjaustöitä, mutta ei sähköasennustöitä. (Mäkinen ym. 2009, 9.)

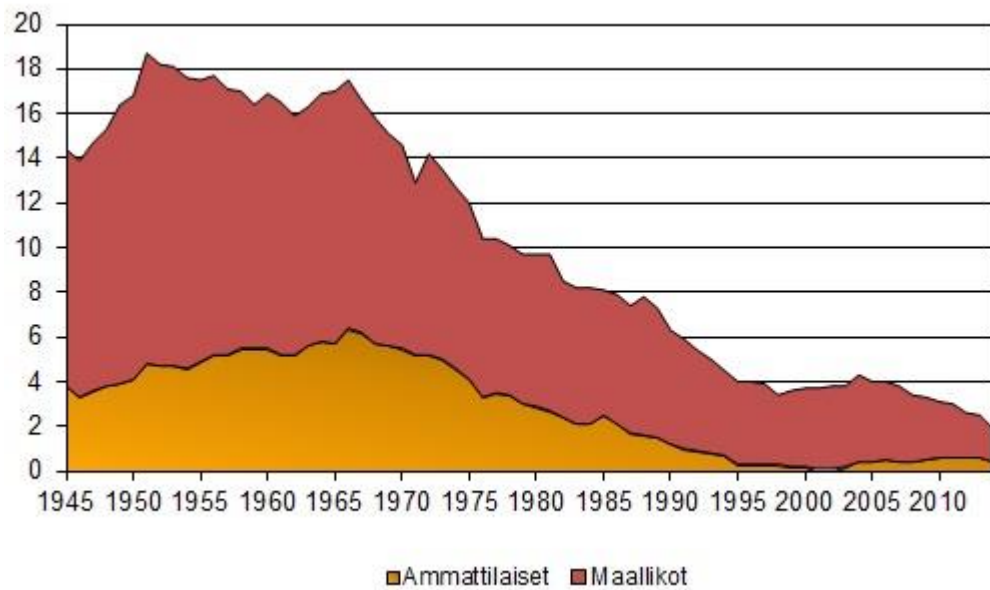
Työnantajan ja vastuuhenkilöiden tulee huolehtia, että sähkötöissä, sähkölaitteiston käytössä ja niiden huollossa noudatetaan turvallisuuslakia, sähköturvallisuuslakia ja niiden perusteella annettuja määräyksiä. Mikäli vastuuhenkilöt eivät itse johda töitä, on jokaista työtä varten nimettävä urakointiliikkeeseen työstä vastaava henkilö tai teollisuuslaitokseen käytöstä vastaava henkilö. Henkilöt voivat olla yrityksessä esimerkiksi työnjohtajina tai projektinhoitajina ja heidän on oltava sähköalan ammattihenkilöitä. (Mäkinen ym. 2009, 9.)

Lainsäädännössä ja sähkötyöturvallisuusstandardissa edellytetään lisäksi, että jokaisessa työkohteessa on sähköalan ammattihenkilö valvomassa turvallista työn suoritusta. Tätä henkilöä kutsutaan työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi. (Mäkinen ym. 2009, 9.)

2.3 Sähkötapaturmat

Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat ovat pitkän ajanjakson 1945–2010 tilaston mukaan vähentyneet tasaisesti 1990-luvun loppuun asti, jonka jälkehen määrä on vakiintunut 3 - 4 kuolemantapaukseen vuodessa. Neljän viimeisen vuosikymmenen aikana sähkötapaturmissa kuolleista henkilöistä 22 % on ollut sähköalan ammattilaisia.

Tukes (Turva- ja kemikaalivirasto) kerää- ja tilastoi tiedot Suomessa sattuneista sähkötapaturmista. Kuviossa 1 on graafisesti esitettyä kuolemaan johtaneet tapaturmat Suomessa vuosina 1941–2014, niin maallikoiden kuin ammattihenkilöiden osalta.



KUVIO 1. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat vuosina 1945–2014 (Turvatekniikan keskus 2015a.)

Vuosina 2002–2006 Tampereen teknillisen yliopiston Turvatekniikan laitos teki laajan sähkötyöturvallisuustutkimuksen. Tutkimuksessa selvitettiin sähköalan ammattihenkilöille tapahtuneiden sähkötapaturmien syitä ja etsittiin keinoja niiden ehkäisemiseksi. (Mäkinen ym. 2009, 17.)

Tutkimus osoitti, että suurimpina yksittäisinä riskeinä olivat kiire ja työskentely yksin. Kiirettä aiheuttavat huono työn suunnittelu, töiden jako ja niiden organisointi. Lisäksi töiden lisääntyminen ja monipuolistuminen, liian kireät aikataulut, väärät työtavat, asentajan painostaminen sekä henkilökunnan riittämättömyys lisäävät kiirettä. Kiire aiheuttaa hosumista ja huolimattomuutta, jolloin ihminen unohtaa asioita ja tekee virheitä (Mäkinen ym. 2009, 17).

Riskejä aiheuttavat myös väärät asenteet turvallisuutta kohtaan, vaihtuvat ja huonot työskentelyolosuhteet, kuten sää ja työkohteen sijainti, riskeihin tottuminen, ennalta-arvaamattomat muutokset työtehtävissä, urakaluonteinen työ, huonot työvälineet ja mittalaitteet sekä puutteellinen dokumentaatio. (Mäkinen ym. 2009, 17)

Sähkötöitä tehdään myös tietyissä jännitteisten laitteistojen osissa, vaikka lainsäädäntö ja sähkötyöturvallisuustandardi edellyttäisivät jännitteettömyyttä. Ongelmana on tällöin tottuminen tällaiseen työhön. Kun mitään ei ennenkään ole sattunut, tulee tunne, että työ on aina turvallista. Sähkötöiden tekeminen jännitteisessä laitteistossa on aina lainvastaista, jos työtä ei tehdä varsinaisena jännitetyönä. Jos kohteessa on riski olemassa, se ei poistu, vaikka työ tehtäisiin kuinka varovasti. Ihminen tai esine voi joka hetki ”heilahtaa vahingossa”, ”pudota”, ”livetä”, ”kompastua” tai ”osua”. (Mäkinen ym. 2009, 17.)

Suuri tekijä kunnossapidollisissa töissä on raha. Kustannussyistä tuotantolinjasta tai -laitoksesta ei voida ottaa sähköjä pois, vaan korjaukset ja mitaukset ”joudutaan” tekemään jännitteellisenä. Tämä aiheuttaa aina suuren vaaran tapaturmalle.

2.4 Tilaluokat teollisuudessa

Kuivana tilana teollisuudessa pidetään sellaista tilaa, jossa kosteutta ei ole niin paljon, että se tiivistyisi seiniin, kattoon tai sähkölaitteistojen pinnalle. Teollisuudessa kuiviksi tiloiksi luokitellaan esimerkiksi muuntamot, sähköpääkeskustilat sekä valvomot. (Mäkinen & Kallio 2004, 37.)

Kosteana tilana pidetään sellaisia tiloja, joissa kosteutta on vain sen verran vähän, ettei se pääse muodostumaan vesipisaroiksi. Tällaisia tiloja, joissa kosteutta tiivistyy seiniin, kattoihin taikka sähkölaitteiden pinnoille vain vähän, ovat esimerkiksi ulkovarastot. (Mäkinen & Kallio 2004, 37.)

Märässä tilassa seiniin, kattoon ja sähkölaitteiden pinnoille muodostuu pisaroita tiivistyneestä kosteudesta. Märässä tilassa sähkölaite voi altistua roiskevedelle. (Mäkinen & Kallio, 2004 37.)

Ulkotilassa sähkölaitteet altistuvat kosteudelle veden, tuulen sekä lämpötilanvaihteluiden takia. Ulkotiloiksi luokitellaan seinättömät ulkorakennukset. (Mäkinen & Kallio, 2004 37.)

Palovaaralliset tilat ovat tiloja, joissa käsitellään tai varastoidaan helposti palavia materiaaleja. Palovaarallisiksi tiloiksi luokitellaan esimerkiksi puu- sekä tekstiiliteollisuuden tilat, joissa on puu- sekä kangaspölyä. (Mäkinen & Kallio, 2004 37.)

Syövyttäviä aineita sisältävissä tiloissa käsitellään syövyttäviä kaasuja, nesteitä sekä muita vaarallisia aineita. Syövyttäviä aineita sisältäviksi tiloiksi luokitellaan esimerkiksi tilat, joissa käsitellään akkuja. (Mäkinen & Kallio, 2004 37.)

2.5 Räjähdyksivaaralliset tilat (Ex-tilat)

Useinkin tulee vastaan tapauksia, että koneiden sähkölaiteasennuksia, -korjauksia sekä huoltoja joudutaan tekemään räjähdysvaarallisiksi luokiteltuihin tiloihin. Näissä tapauksissa, kuten myös niissä, joissa jokin prosessin osa on räjähdysvaaralliseksi luokiteltu, on sähkölaitteiston asennuksessa noudatettava Räjähdyksivaarallisen tilojen sähkölaitteet standardin SFS-EN 60079–14 vaatimuksia. (Kauppila, Tiainen, & Ylinen 2009, 103.)

Tilat luokitellaan räjähdysvaarallisiksi silloin, kun kyseisessä tilassa voi vapautua ympäristöön palavia nesteitä, kaasuja, höyryjä sekä sumuja. Kun nämä pääsevät sekoittumaan ilman kanssa, saattaa syntyä räjähdyskel-poinen seos. Pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa puolestaan on hienoja-koista pölyä sekä ilman seosta, joka voi aiheuttaa räjähdysvaaran. Räjäh-dys syntyy, kun räjähtävän aineen ja hapen seos syttyy ja leviää tilassa olevaan seokseen. Syttymislähteeksi riittää kipinä tai valokaari sähkölait-teesta, ihmiseen varautunut staattinen sähkö tai vaikkapa liian kuuma säh-kölaitteen pinta. (Mäkinen & Kallio, 2004 37–38.)

Räjähdyksivaaralliset tilat merkitään yleisesti kuvion 2 mukaisella varoituskil-vellä.



KUVIO 2. Räjähdyksvaarallisen tilan varoituskilpi

Räjähdyksvaaralliset tilat jaetaan tilaluokkiin seuraavasti (Hietalahti 2013,14):

Tilaluokka 0 (Pölyräjähdystilaluokka 20)

Alue, jolla on räjähdysvaarallista kaasua tai pölyä jatkuvasti tai pitkiä aikoja. Tässä tilassa saa käyttää vain luokan Ex luonnostaan vaarattomia piirejä. Moottoreita ei siis saa käyttää.

Tilaluokka 1 (Pölyräjähdystilaluokka 21)

Alue, jolla esiintyy todennäköisesti räjähdysvaarallisia kaasuja tai pölyjä normaalin käytön aikana. Tässä tilassa voi käyttää luokkiin Exd, Exe ja Exp kuuluvia sähkölaitteita.

Tilaluokka 2 (Pölyräjähdystilaluokka 22)

Alue, jolla räjähdysvaarallista kaasua tai pölyä ei todennäköisesti esiinny normaalin käytön aikana ja kaasun mahdollinen esiintyminen kestää vain lyhyitä aikoja. Tilaluokissa 0 ja 1 sallittuja laitteita voi tietenkin käyttää. Jossakin olosuhteissa laitteiden rakenteen täytyy olla räjähdysuojattu.

Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteissa, suojajärjestelmissä ja asennustarvikkeissa on oltava valmistajan nimi ja osoite, sarja- tai tyyppimerkintä sekä mahdollinen sarjanumero ja valmistusvuosi. Tuotteissa on lisäksi oltava kirjainyhdistelmä EEx, joka osoittaa, että tuote täyttää standardien vaatimukset.

Ex-tiloissa käytettävissä laitteissa tulee olla kuvion 3 mukainen tunnus.



KUVIO 3. Ex-laitteissa esiintyvä tunnus

3 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Sähköasennuksesta tehtävän käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on varmistaa työn määräystenmukaisuus ja poistaa jopa inhimillisen erehdyksen tapaukset. Käyttöönottotarkastus tehdään aina ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön. Standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaan tehdyllä käyttöönottotarkastuksella täytetään kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen (KTMP 1193/1999) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Erikoistiloissa joudutaan edellä mainittujen standardinmukaisten tarkastusten lisäksi tekemään muissa yksin kyseisiä erikoistiloja koskevissa standardeissa mainittuja lisätarkastuksia. Tällaisia tiloja ovat lääkintä- ja räjähdysvaaralliset tilat. Lääkintätilojen osalta tulee noudattaa standardia SFS 6000-7-710: Lääkintätilat. Räjähdysvaarallisten tilojen osalta noudatetaan standardia SFS-EN 60079-17: Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. (St-käsikirja Nro 33 2007, 9.)

Käyttöönottotarkastuksen tekijän tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Hänen tulee olla sähköalan ammattilainen, joka tarvittavassa laajuudessa tuntee kyseiseen työhön liittyvät määräykset ja ohjeen. Käytännössä tulisi tarkastava henkilö tai henkilöt nimetä kohteeseen jo ennen kohteen sähköitöiden käynnistymistä. Muussa tapauksessa ei voida varmistua siitä, että jo työn alkuvaiheessa tarvittavat aistinvaraiset tarkastukset yleensä suoritetaan ja että tarkastuksen suorittajan pätevyys kyseisiin tarkastuksiin on riittävä. (St-käsikirja Nro 33 2007, 9.)

3.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tai oikeastaan silmämääräistä tarkastusta suoritetaan koko asennusajan aikana. Aistinvarainen tarkastus on laajin käyttöönottotarkastuksiin kuuluva osa-alue. Yleisohjeena aistinvaraisten tarkastusten kohdentumisesta voidaan sanoa, että ne kohdistuvat pääosin merkintöihin, dokumentaatioon, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosketus- ja palosuojaukseen, mutta myös moniin muihin tapauskohtaisesti esiin tuleviin vaatimuksiin. (St-käsikirja Nro 33 2007, 11.)

3.2 Testaukset

Käyttöönottotarkastukseen liittyy aistinvaraisten tarkastusten lisäksi erilaisia mittauksia ja toimintatestejä. Osa mittauksista voidaan korvata laskennallisesti osoitettujen arvojen perusteella. Voi toki olla järkevää niissäkin tapauksissa tehdä jotain pistokoeluontoisia tarkistusmittauksia varmistamaan, että laskennassa käytetyt lähtöarvot ja muut tiedot ovat olleet oikeita. Mittaamalla voidaan todeta suojajohtimen jatkuvuus, eristysresistanssi, silmukkaimpedanssi, oikosulkuvirta ja kiertosuunta. Samoin vikavirtasuojien tarkastuksiin liittyy toiminnallisten kokeiden lisäksi aina mittauksia. (St-käsikirja Nro 33 2007, 17.)

4 KOULUTUKSESSA KÄSITELTÄVÄT MITTAUKSET SEKÄ VIANHAKUTILANTEEET

4.1 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Suojajohtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintasausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan laitekohtaisesti, näin ollen ketjutetussa suojajohdinjärjestelmässä on suojajohtimen jatkuvuus varmistettava jokaiselta laitteelta tai pistorasialta erikseen. Jatkuvuusmittauksien takia ei suojajohtimia tarvitse irrottaa kytkennästä. Sen sijaan TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys on muistettava irrottaa jatkuvuusmittausten ajaksi samoin kuin eristysresistanssin mittauksen yhteydessäkin. Ellei näin tehdä, ei nolla- ja suojamaadoitusjohtimen mahdollista vaihtumista keskenään voida mittauksillakaan havaita. (Kauppila ym. 2009, 169–170.)

Mittauksissa on käytettävä standardien EN 61557 mukaisia mittalaitteita. Tämä vaatimus koskee kaikkia käyttöönottotarkastuksissa tehtäviä mittauksia ja edellyttää esimerkiksi suojajohtimien jatkuvuusmittauksissa käytettäväksi vähintään 200 mA:n mittausvirtaa. (Kauppila ym. 2009, 170.)

Jatkuvuusmittauksessa mitataan yleisimmin kuparijohtimen resistanssia ja tästä syystä mittaustulokset ovat arvoltaan varsin pieniä. Yleisesti mittaustulokset vaihtelevat arvoissaan 0 - 2Ω . Vain poikkeuksellisen pitkillä johdinpituuksilla voi arvo ylittää 2Ω . Resistanssiarvo riippuu olennaisesti mitattavan johtimen tyypistä, poikkipinta-alasta sekä mittausetäisyydestä. Suurilla poikkipinta-aloiltaan olevilla johtimilla resistanssiarvo saattaa pidemmälläkin mittausetäisyydellä olla pienempi kuin pienemmällä poikkipinta-alaltaan olevalla kaapelilla samalla mittausetäisyydellä. (St-käsikirja Nro 33 2007, 18.)

Mittauslaitteistosta riippuen käytettävien mittajohtimien resistanssi voidaan joko kompensoida tai mittajohtimien resistanssi on vähennettävä mittaus-tuloksesta. Ensimmäinen mittaus suositellaankin tehtäväksi aina mittajohti-mien päät yhdessä. Tällöin havaitaan, onko kompensointi tehty, tai toi-saalta huomataan, että kyseinen mittausjohtimien resistanssiarvo on aina muistettava vähentää saadusta mittaustuloksesta. (Kauppila ym. 2009, 170.)

Kunnolla tehty liitos on mittauksessa kaiken a ja o, sillä pienikin ylimeno-vastus voi vaikuttaa saatuun mittaustulokseen jopa hyvinkin merkittävästi, näin ollen liitoksiin on kiinnitettävä huomiota. Käytettäviä mittapäitä tulee olla riittävän laaja valikoima, jotta voidaan valita aina kohteeseen parhai-ten soveltuva mittapää. Jos mittapää joudutaan vaihtamaan kesken mit-tauksien, on varmintä joko kompensoida mittajohtimet tai mitata mittajohti-mien resistanssi uudelleen. (Kauppila ym. 2009, 170–171.)

Suurilla johtopituuksilla on järkevää käyttää mitta-apujohtimena esimer-kiksi johdon yhtä vaihejohdinta, näin ollen välttyään siltä että joudutaan käyttämään yli pitkiä mittajohtimia. Suojajohtimen kytkennän sijoituessa laitekoteloinnin sisälle voi olla parasta mitata sen jatkuvuus johdinta lait-teeseen kytkettäessä, koska silloin välttyään helposti turhilta laitekoteloin-nin avauksilta ja uudelleen sulkemisilta pelkkää mittausta varten. On myös mahdollista, että suojajohtimen jatkuvuusmittaus tehdään johtavasta laite-rungosta, mikä joissain tapauksissa voi olla paras vaihtoehto. (Kauppila ym. 2009, 171.)

4.2 Eristysvastuksen (resistanssi) mittaus

Vaikka standardissa eristysresistanssin mittaus onkin mainittu tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittausten jälkeen, on varsinkin pienemmissä ko-konaisuuksissa järkevää tehdä eristysresistanssimittaus ensimmäisenä mittaauksena (Kauppila ym. 2009, 173).

Jos eristysresistanssimittaus tehdään ensimmäisenä mittauksena, tulee varmistaa, että nolla- ja PE-johtimet on eriytetty toisistaan. Eristysresistanssi on mitattava kaikkien jännitteisten johtimien (L1-L2-L3) ja maan väliltä. TN-S-järjestelmässä myös nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. TN-C-järjestelmässä PEN-johdinta pidetään osana maata. Mittauksen aikana äärijohtimet ja nollajohtimet saa kytkeä yhteen (rinnan). (Kauppila ym. 2009, 173.)

Jotta mittauksista saadaan riittävän kattavia, on saatava kontaktorit ja releet vetämään. Jos releen tai kontaktorin koskettimet voidaan sulkea mekaanisesti, painetaan ne yleensä kiinni jollain työkalulla, esimerkiksi ruuvi-meisselin päällä. Nykyisin on käytössä myös sellaisia kontaktoreita ja releitä, joita ei voida mekaanisesti sulkea. Tällöin on erikseen mitattava releen tai kontaktorin jälkeinen asennus. Myös sulakkeet, johdonsuojat ja vikavirtasuojat on saatava johtamaan. Kentällä sijaitsevat kytkimet on oltava johtavana. Myös maadoittamattoman suojajohtimen sekä maan välinen eristysresistanssi on tarkastettava. Tässäkin tapauksessa noudatetaan taulukon 1 arvoja.

TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Kauppila ym. 2009, 174)

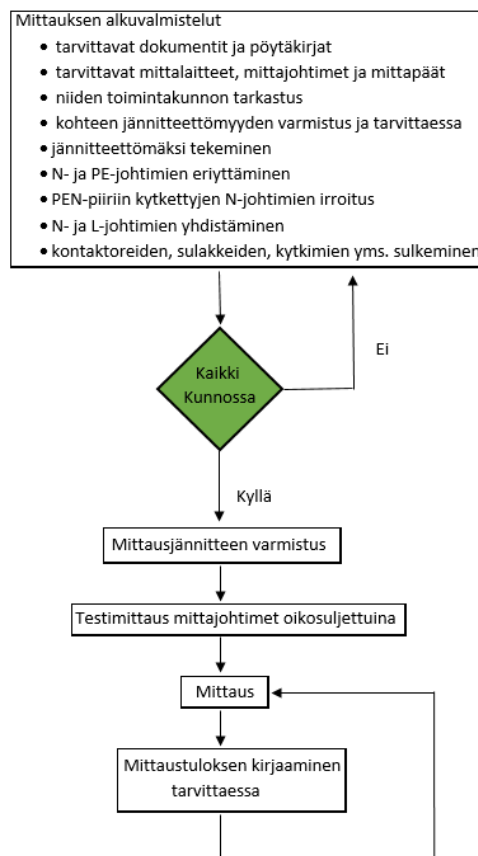
Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Mikäli piirissä on laitteita, jotka saattavat vaikuttaa testin tuloksiin tai voivat rikkoontua testausjännitteestä, on ne pyrittävä erottamaan piiristä testauksen ajaksi. Tällaisia elektroniikkaa sisältäviä laitteita voivat olla muun muassa taajuusmuuttajat, termostaatit, elektroniset liitännälaitteet, ylijännitesuojat sekä herkät mittalaitteet.

Mikäli näitä laitteita ei voida kohtuudella erottaa, voidaan mittaus tehdä käyttäen 500 V:n koejännitteen sijasta 250 V:n koejännitettä. Tällöin eristysresistanssin arvon tulee olla kuitenkin $\geq 1 \text{ M}\Omega$. Käytännössä liitälaitteiden rikkoutumiset eristysresistanssia mitattaessa ovat hyvin harvinaisia.

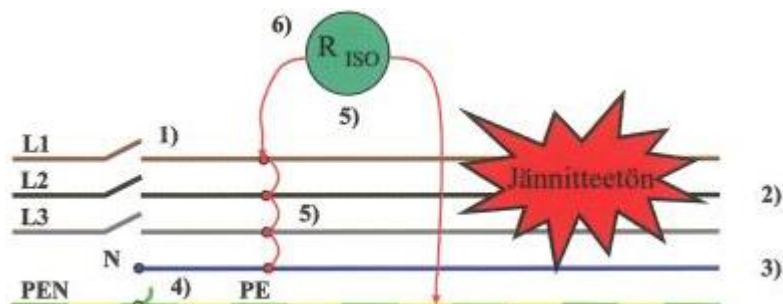
Jos kerralla tehtävässä koko laitteistoa käsittävässä mittauksessa ei saavuteta taulukon mukaista eristysresistanssin arvoa, tulee mittauksia tehdä pienempi ryhmä kerrallaan niin, että taulukon antama minimiarvo saavutetaan. Yksittäistä ryhmäjohtotasoa pienemmäksi ei mittausaluetta saa kuitenkaan pienentää. Jos tällöinkään ei vielä saavuteta standardin mukaista eristysresistanssin arvoa, tulee syy selvittää ja vika poistaa ennen kohteen luovutusta varsinaiseen käyttöön. (Kauppila ym. 2009, 175.)

Kuviossa 4 on esitetty kaaviomuodossa eristysresistanssin mittausjärjestys.



KUVIO 4. Eristysresistanssin mittaamisjärjestys (Kauppila ym. 2009, 175)

Kuviossa 5 on esitettyinä kuvioon merkittynä mittauksessa tehtävät toimenpiteet.



KUVIO 5. Havainnekuva mittauksessa tehtävistä toimenpiteistä

1. Tee laitteisto jännitteettömäksi.
2. Varmista mitattavan alueen kytkimien ja varokkeiden tila.
3. Varmista, että nollassa ei ole jännitteellisiä laitteistoja.
4. Irrota N-PE yhdistys.
5. Tee mittauskytkennät (nolla ja vaihejohtimien yhdistys ei välttämättömänä).
6. Suorita mittaukset.
7. Palauta laitteisto toimintakuntoon.
8. Varmista N- ja PE-johtimien yhdessäolo mittaamalla.

4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä (oikosulkuvirta)

Sähköjärjestelmän tulee olla suojattu niin, että siihen syntynyt vika kytkeytyy tietyssä ajassa automaattisesti pois tai sen virta rajoittuu vaarattoman pieneksi. Syötön automaattinen poiskytkentä tarkastetaan testaamalla.

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan mittaus tehdään, kun piiriin on kytketty jännite. Mittaus tulee tehdä piirin nimellistaajuudella.

Syöttöpiiristä mitataan oikosulkuimpedanssi ja -virta. Saatua oikosulkuvirtaa verrataan syöttöä suojaavan sulakkeen laukaisuvirtataulukkoon, jolloin arvon tulee olla vähintään yhtä suuri kuin taulukossa on määritelty. Mikäli samassa piirissä on useita laitteita, tulee mittaus suorittaa kauimmaisesta pisteestä, koska oikosulkuvirta on pienin juuri tuolla. Mikäli jostain syystä vaadittua laukaisuvirtaa ei mittauksella saavuteta, on sulakkeen tyyppi vaihdettava laukaisukäyrältään nopeampaan.

Mikäli järjestelmään on asennettu vikavirtasuojaja, on sen toimintamittaus suoritettava samanaikaisesti syötön automaattisen poiskytkennän mittauksen yhteydessä. Ennen vikavirtapiirin impedanssin mittausta on huomioitava että suojajohtimen jatkuvuus on mitattu ennen kyseessä olevaa mittausta.

Tilanteessa, jossa mitataan vikavirtapiirin impedanssi, on mittaus suoritettava piirin nimellistaajuudella. Mittausta ei tarvitse tehdä kattavana. Ääritapauksessa voidaan joutua tekemään jokaista sulakekokoa ja -tyyppiä sekä johdintyyppiä ja -poikkipinta-alaa kohden yksi tai useampi mittaus, ellei muuten voida varmistua kaikissa tapauksissa nopean poiskytkennän toteutumisesta. Näin laajaa mittausta joudutaan kuitenkin tekemään harvoin. (St-käsikirja Nro 33 2007, 31.)

Peruslähdekohtana voidaankin pitää mittauksen suorittamista jokaisesta keskuksista ja muutamaa mittausta kunkin keskuksen epäedullisimmiksi arvioiduista pisteistä. Tällaiset pisteet löytyvät yleensä ryhmäjohtojen ollessa pitkiä ja johdinpoikkipintojen pieniä. (St-käsikirja Nro 33 2007, 31.)

Mitatun vikavirtapiirin impedanssin on oltava TN-järjestelmässä sellainen, että syötön poiskytkentä tapahtuu standardin edellyttämässä ajassa (St-käsikirja Nro 33 2007, 31).

Annettuja suojalaitteen toiminta-aika-arvoja on normaalissa kiinteistön pienjänniteverkossa kaksi: 0,4 ja 5 sekuntia. Johdonsuojakatkaisijaa käytettäessä käytettävällä aika-arviolla ei ole siinä mielessä merkitystä, että suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta-arvio on sama molemmilla aika-arvoilla. Tulppa- ja kahvasulakkeilla tilanne on toinen. Saavuttaakseen lyhemmän toiminta-ajan tulee tulppa- ja kahvasulakkeilla olla huomattavasti suurempi oikosulkuvirran arvo kuin mitä pidemmällä toiminta-ajalla vaaditaan. (St-käsikirja Nro 33 2007, 32.)

5 s:n laukaisuaikaa saadaan käyttää jakokeskuksia syöttävillä johdoilla, lisäksi 5 s:n laukaisuaikaa voidaan käyttää yli 32 A:n ryhmäjohdoissa. Kaikissa muissa tapauksissa laukaisuaikana käytetään 0,4 s:a. Liitteissä 1 ja 2 olevissa taulukoissa 2 ja 3 on esitettyä pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden sekä tulppasulakkeiden toimintavirrat sekä vaaditut mitatut arvot.

4.4 Vikavirtasuojakytkin ja sen toiminnan testaus

Vikavirtasuojaukseen käytetään yhdessä kosketussuojauksen kanssa. Vikavirtasuojauksen tarkoituksena on suojata ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta vaaralliselta kosketusjännitteeltä sekä palovaaralta.

Jokainen vikavirtasuojaja on tarkastettava ja testattava. Tarkastukseen kuuluu vikavirtasuojassa olevan testipainikkeen toiminnan tarkastus. Lisäksi tulee mittaamalla varmistua, että laite toimii nimellistoimintavirrallaan. Henkilösuojauksessa käytettäviä nimellistoimintavirtoja ovat 10 mA sekä 30 mA, palosuojauksessa käytettäviä nimellisvirtoja puolestaan ovat 100 mA, 300 mA sekä 500 mA. Poiskytkentäaika suositellaan mitattavaksi kaikissa tapauksissa, mutta se on tehtävä aina seuraavissa tapauksissa:

- Kun käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia.
- Olemassa olevien asennusten muutos- ja laajennustöissä, joissa olemassa olevia vikavirtasuojia käytetään muutos- ja laajennusosien poiskytkentälaitteina.
- Kun vikavirtasuojaa käytetään vikasuojaukseen ja lisäsuojaukseen.

(St-käsikirja Nro 33 2007, 34.)

4.4.1 Napaisuus ja kiertosuunnat

Yksinapaisten kytkimien asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Näin ollen on syytä tarkistaa, että yksinapaiset kytkimet on kytketty vaihejohtimiin. Käytännössä tämän asian varmistaminen on tehtävä kytkinlaitetta asennettaessa sekä silmämääräisen tarkistuksen yhteydessä. (St-käsikirja Nro 33 2007, 34.)

Monivaiheisissa piireissä on tarkistettava, että vaiheiden (L1, L2 ja L3) kiertosuunta säilyy. Kiertosuunta tarkistetaan aina, kun keskukseseen tulee kolmivaiheinen syöttö. Keskuksista ja vastaavista paikoista kiertosuunnan oikeellisuuden mittaaminen on usein helpointa tehdä jännitteenkoettimilla, joilla kyseinen mittaus voidaan suorittaa käyttäen vain kahta mittapäätä. (St-käsikirja Nro 33 2007, 34 – 35.)

4.4.2 Toimintatestit

Erilaisille asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille, on tehtävä toimintatestit sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein niille asetettujen vaatimusten mukaan. Suojalaitteille on myös tehtävä tarpeen mukaan toiminnalliset kokeet sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein. Toimintatesteillä tarkastetaan myös toiminnalliset kokonaisuudet. (St-käsikirja Nro 33 2007, 35.)

4.5 Moottorinsuojakytkin sekä moottorin käynnistys

4.5.1 Moottorinsuojakytkin

Moottorinsuojakytkimiä käytetään yleisimmin yksi- ja kolmivaihemoottorien suoraan käynnistämiseen ja pysäyttämiseen sekä moottorin ylikuormituksen valvontaan. Niiden perusmalleina ovat seuraavat:

- Termiset laukaisijat: Laitteessa on bimetallin ympärille kierretty lanka, jossa kulkee moottorin virta. Langan lämmitessä liuska tai puu ja laukaisee mekaanisen kytkimen. Termisen laukaisun virta-arvo säädetään käsin laitteen asetteluruuvista. Laukaisun jälkeen laite viritetään käsin uudelleen.
- Termisellä ja magneettisella pikalaukaisulla varustetut laukaisijat: Laitteessa on terminen laukaisija sekä rele, joka laukaisee virran yhtäkkisellä suurella kuormitusvirralla. Termisen laukaisun virta-arvo säädetään käsin laitteen asetteluruuvista. Magneettisen pikalaukaisun arvo on kiinteästi asetettu. Laukaisun jälkeen laite viritetään käsin tai se voi olla automaattisesti viritettyä. (Mäkinen ym. 2009, 95.)

Moottorinsuojakytkin asetellaan moottorin arvokilvessä olevan nimellisvirran mukaan. Se laukeaa herkästi jo pienestäkin ylivirrasta ja estää näin moottoria ylikuormittumasta ja palamasta. (Mäkinen & Kallio 2004, 117.)

Moottorinsuojakytkimiä valmistetaan 3-napaisina rakenteina, säätöalueeltaan 0,09 - 100 A:n nimellisvirroille, 230 – 690 V:n nimellisjännitteille sekä 50 – 100 kA:n katkaisukäyrille. (Mäkinen ym. 2009, 95.)

Koska laitteen toiminta perustuu lämpötilaan, on myös ympäristön lämpötilalla merkitystä. Moottorinsuojakytkimet suunnitellaan yleensä +20 °C:n lämpötiloille. Jos ympäristö on lämpimämpi, on säädettävää nimellisvirta-arvoa lisättävä valmistajan ohjeiden mukaan. Moottorinsuojakytkin voi olla myös lämpötilakompensoitu, jolloin se säättää itse itsensä ympäröivän lämpötilan mukaan. (Mäkinen & Kallio 2004, 117.)

Moottorinsuojakytkin korvaa moottorilähdössä oikosulkusuojauksena sulakkeet ja ylikuormitussuojauksena lämpöreleen.

4.5.2 Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin suora käynnistys

Teollisuudessa kolmivaiheisen oikosulkumoottorin yleisin käynnistystapa on suora käynnistys verkkoon (DOL = Direct On Line). Sen haittana on moottorin ottama korkea käynnistysvirtapiikki, joka on 5 - 10-kertainen koneen nimellisvirtaan verrattuna, sekä moottorikäytön mekaniikkaa rasittava käynnistyssäys.

Erikoisesti suurten moottorien kohdalla suora käynnistys voi aiheuttaa hankaluuksia käynnistysvirtasäysäksen ja vääntömomenttiheilahtelujen muodossa. Suoran käynnistykseen etuja ovat yksinkertaiset kytkentälaitteet, suuri vääntömomentti ja nopea käynnistyminen. Syöttöjohdon sulakkeet täytyy mitoittaa niin, että ne eivät laukea moottoria suoraan käynnistettäessä. Käynnistysvirtasäysäys aiheuttaa usein huomattavan suuren jännitteen aleneman syöttävässä pienjänniteverkossa, mikä voi häiritä muiden samaan verkkoon liitettyjen laitteiden toimintaa. (Hietalahti 2013, 129–130.)

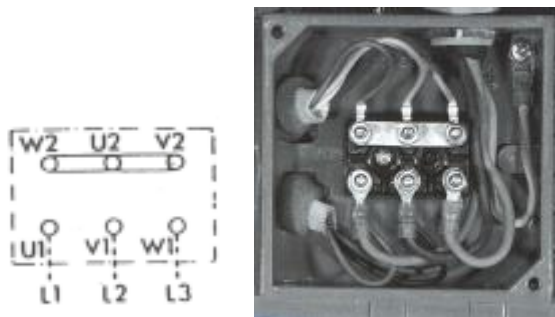
4.5.3 Tähti-kolmiökäynnistys

Kun suoraa käynnistys ei jostain syystä voida käyttää, on lähinnä seuraava käynnistystapa tähti-kolmiökäynnistys. Jos moottorin käämityksen kytkentä nimellisjännitteellä on kolmio, niin kytkettäessä käämitys tähteen on käämin saama jännite laskettavissa kaavalla (1). (Hietalahti 2013, 130.)

$$U_{\text{käämi}} = \frac{U_{\text{nimellinen}}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

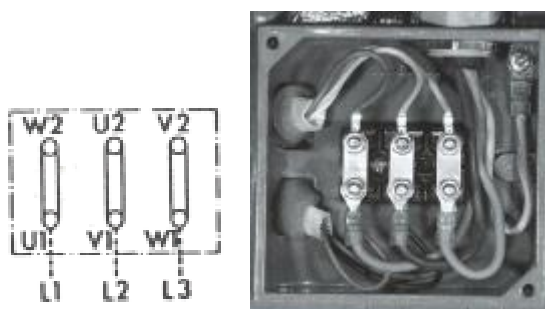
Kun moottori on saavuttanut lähes loppunopeutensa, muutetaan käämityksen kytkentä kolmioksi. Tämän jälkeen moottoria voidaan kuormittaa normaalisti. Y/D-käynnistys on siinä suhteessa erikoinen, että käynnistysvirta pienenee 1/3-osaan ja momentti myös 1/3-osaan nimellisjännitettä vastaavasta arvosta. Tähti-kolmiokäynnistystä voidaan käyttää, jos moottorin kytkentä on sopiva ja pienentynyt vääntömomentti riittää kuorman käynnistämiseen. (Hietalahti 2013, 129–130.)

Kuviossa 6 on esitetty, miten moottorin kytkentäliuskat tulee kytkeä kytketäessä moottori tähteen.



KUVIO 6. Tähtikytkentä (Kauppila ym. 2009, 21; Mäkinen ym. 2009, 118)

Kuviossa 7 on esitetty, miten moottorin kytkentäliuskat tulee kytkeä kytketäessä moottori kolmioon.



KUVIO 7. Kolmiokytkentä (Kauppila ym. 2009, 21; Mäkinen ym. 2009, 118)

4.6 Moottorin suunnanvaihtokytkentä

Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin pyörimissuunta muutetaan vaihtamalla minkä tahansa kahden vaiheen keskinäistä järjestystä. Kirjoittamattomana sääntönä sähkösuunnittelijoiden ja asentajien keskuudessa pidetään, että L1- ja L3-vaiheiden keskinäinen järjestys muutetaan suunnanvaihtokytkennässä. Suunnanvaihtokäynnistys on luonteeltaan suora käynnistys verkkoon. (Mäkinen ym. 2009, 133.)

Suunnanvaihtokäynnistys voidaan toteuttaa joko käsikäyttöisellä suunnanvaihtokytkimellä. Kytkimelle tulee verkkosyöttö ja siitä viedään moottorille yksi kolmivaihekaapeli. Kytkin vaihtaa kahden vaiheen keskinäistä järjestystä. Tai kauko-ohjattavasti kahdella kontaktorilla, jotka vaihtavat kahden vaiheen keskinäistä järjestystä.

(Mäkinen ym. 2009, 133.)

Jos moottorikäytössä käytetään etusuojana tulppa- tai kahvasulakkeita, suositeltavaa olisi käyttää vaihevahtia kontaktoreilla ohjatuissa moottorikäytöissä. Vaihevahti havaitsee, jos jokin etusulakkeista on palanut ja näin ollen estää moottoria käynnistymästä vinokuormalla.

4.7 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttaja on tehoelektroniikan laite, jolla säädetään kolmivaiheisen oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttajalla voidaan monipuolisesti säätää moottorin kiihtyvyyttä käynnistyksissä.

Oikosulkumoottorin ja taajuusmuuttajan yhdistelmä on hyvä ja taloudellinen ratkaisu lähes kaikkiin teollisuuden moottorisovelluksiin, koska taajuusmuuttajan avulla pyörimisnopeutta voidaan helposti säätää. Oikosulkumoottorin pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen taajuuteen, joten muuttamalla portaattomasti moottorin taajuutta sen pyörimisnopeus muuttuu vastaavasti.

Käytännössä myös taajuusmuuttaja on lähes huoltovapaa, sillä jatkuvassakaan käytössä olevaa taajuusmuuttajaa ei tarvitse säännöllisesti huoltaa. Taajuusmuuttajan avulla myös kaikki moottorin käynnistykseen liittyvät ongelmat on ratkaistu, sillä moottori voidaan käynnistää ja pysäyttää pehmeästi ja tarkasti moottorin kuormituksesta riippumatta. Jopa raskas käyttö voidaan saada tarvittaessa käyntiin niin, ettei moottorin nimellisvirtaa ylitetä. (Kauppila ym. 2009, 37.)

Taajuusmuuttaja ohjaa moottorin toimintaa ja suojaa sen erilaisilta vikatilanteilta, kuten ylikuormitukselta tai jumitilanteelta. Taajuusmuuttajan käyttöönottovaiheessa muuttajalle syötetään tiedot koneen ominaisarvoista, kuten nimellisestä nopeudesta, taajuudesta, jännitteestä ja tehosta. (Hieta-lahti 2013, 75.)

Taajuusmuuttajaa käyttämällä saadaan seuraavia etuja:

Pieni moottorin käynnistysvirta ja alhainen verkon jännitteen alenema: Kolmivaiheinen oikosulkumoottori ottaa suorassa käynnistyksessä suuren käynnistysvirran. Se on moottorille ominainen, eikä siihen vaikuta käytettävä työlaite. Taajuusmuuttajalla säädetään taajuutta ja virtaa siten, että moottori kiihtyy prosessin kannalta edullisesti. Käynnistysvirta pysyy kohtuullisena eikä sähköverkon jännite alene.

Työlaitteita ja prosessiaineita rasittamaton käynnistys ja pysäytys: Hidas kiihdytys poistaa esimerkiksi pumppukäytöissä nesteiden paineiskut putkistoissa. Kuljetin-, ruuvi- ja vaihteistokäytöissä vähenevät mm. hammaspyörien ja kiilahihnojen mekaaniset rasitukset ja rikkoutumiset. Moottori voidaan myös pysäyttää pehmeästi.

Portaaton ja tarkka pyörimisnopeuden säätö, tuotannon kasvattaminen: Moottorin pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti. Yleisin säätöalue on 0-50 Hz, mutta taajuutta voidaan säätää jopa 500 Hz saakka. Tarkka pyörimisnopeuden säätö parantaa prosessin ominaisuuksia ja lopputuotteen laatua. Jos prosessi sallii nopeuden korottamisen, voidaan myös tuotantoa lisätä.

Sähköenergian säästö: Erilaisten laitteiden tehon tai tuoton säätö kannattaa tehdä moottorin pyörimisnopeuden säädöllä. Moottori pyörii sillä nopeudella, minkä kuormitus vaatii. Suurimmat energiansäästöt saavutetaan laitteilla, joiden kuomamomenttikäyrä on neliöllinen. Tällöin kuormitus lisääntyy pyörimisnopeuden neliöön ja tehon kulutus pyörimisnopeuden kuutioon.

Kauko-ohjausmahdollisuus: Taajuusmuuttaja voidaan liittää osaksi automaatio- tai ohjausjärjestelmää analogia- ja binääri viestien tai kenttäväylän avulla.

Taajuusmuuttajan ohjelmoitavuus: Taajuusmuuttajan tulot ja lähdöt ovat yleensä vapaasti ohjelmoitavissa.

Vähäinen huoltotarve: Taajuusmuuttajan huolto on silmämääräistä tarkastamista aika ajoin. Puhallin ja ilmansuodatin vaihdetaan tarvittaessa.

(Mäkinen ym. 2009, 139–140.)

Yksivaiheiset taajuusmuuttajat ovat toimintaperiaatteeltaan pääosin samanlaisia kuin kolmivaiheisetkin. Nämä vaativat vain toimiakseen yhden vaiheen ja nollan. Muuttaja itsessään muuttaa ulos tulevan jännitteen kolmivaiheiselle moottorille käypäiseksi. Yksivaiheisia taajuusmuuttajia käytetään pääosin yksinkertaisissa laitteissa, kuten automaattiporteissa, kuntoilulaitteissa, porealtaissa sekä pizzauuneissa.

4.8 Ohjausjännitemuuntaja sekä maadoitus (400/230VAC)

Ohjausjännitemuuntajaa käytetään erottamaan ohjauspiiri galvaanisesti pääpiiristä. Joissain tapauksissa joissa verkon oikosulkuteho on pieni, voidaan ohjausjännitemuuntaja jättää pois. Tällöin tarvittava ohjausjännite otetaan lähdön vaihejännitteestä.

Ohjausjännitemuuntajan nimellistehon tulee vastata kaikkien yhtä aikaa päälle kytkettyjen kontaktoreiden pitotehoa, merkkilamppujen tehoa ja suurimman kontaktorin vetotehoa.

Ohjausjännitemuuntajan erotus päävirtapiiristä voidaan toteuttaa erotuskytkimellä. Muuntajan ensiöpuoli suojataan sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla. Toisiopuolella toinen napa maadoitetaan ja toinen napa suojataan oikosulkusuojalla.

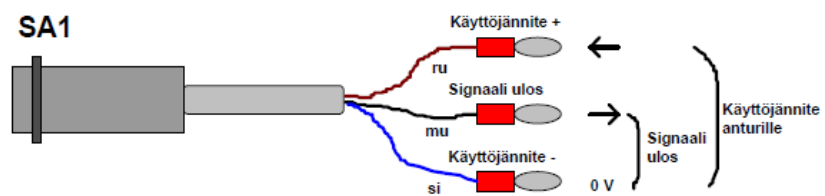
4.9 Tasajännitelähde sekä maadoitus (230V/24V)

Yksikkösäätimien, ohjelmoitavien logiikoiden ja automaatiojärjestelmien yhteydessä käytetään tasajännitelähteitä. Niitä tarvitaan lähettimien standardiviestin muodostamiseen, kosketintiedon lukujännitteeksi ja ohjausviestin muodostamiseen toimilaitteille sekä moottorin- ja venttiiliohjauksiin. Esimerkiksi automaatiojärjestelmän oma virtalähde syöttää vain keskusyksikköä ja kortteja yhdistävää väylää. (Mäkinen ym. 2009, 164.)

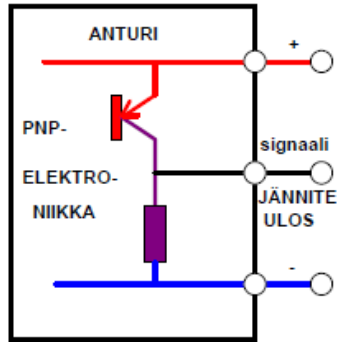
Yksivaiheisten jännitelähteiden syöttöjännite on 100 – 240 VAC, ja niiden lähtöjännite on yleisesti 5 - 24 VDC ja lähtövirta 0,5 - 10 A. Jännitelähteen tulopuoli suojataan sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla. Lähtöpuoli suojataan piirikohtaisilla sulakkeilla. (Mäkinen ym. 2009, 164.)

4.10 Induktiivinen anturi ja sen kytkentä

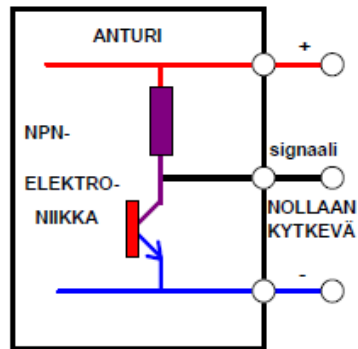
Induktiivisia antureita on kahta perustyyppiä: PNP ja NPN. Kummatkin anturityypit liitetään ympäröivään järjestelmään kolmella johtimella. Kumpikin anturityyppi tarvitsee toimiakseen ruskeajohtimisen plus- (+), sekä sinijoh- timisen miinus (-) potentiaalin, kolmas eli musta johdin on anturilta ulos tu- leva signaali. Anturin sisään rakennettu elektroniikka muodostaa anturin tunnistusosan eteen magneettikentän. Tuotaessa metalliesine magneetti- kenttään muuttuu magneettikentän ominaisuudet. Kun muutos on riittävän suuri ja näin ollen ylittää se kynnyksarvon, muuttaa anturin elektroniikka lähdön tilan toiseksi. Kytkimenä anturissa toimii transistori. Toisin sanoen, kun PNP-tyyppinen anturi havaitsee metalliesineen, kytkintransistori me- nee johtavaan tilaan ja näin ollen signaalijohtimeen kytkeytyy plus (+) jän- nite. NPN-tyyppinen anturi toimii päinvastoin. PNP-tyyppisestä anturista käytetäänkin nimitystä plussaan kytkävä anturi, (kuvio 9) ja NPN- tyyppisestä anturista vastaavasti miinukseen kytkävä anturi, (kuvio 10). Kuviossa 8 on esitettyä periaatekuva yleisimmin käytetystä induktiivisesta lieriöanturista. (Koivuviita 2015)



KUVIO 8. Induktiivinen lieriöanturi (Koivuviita 2015)



KUVIO 9. PNP-tyyppisen anturin kytkentäkuva (Koivuviita 2015)



KUVIO 10. NPN-tyyppisen anturin kytkentäkuva (Koivuviita 2015)

4.11 Analoginen tasavirtasignaali

Yleisin teollisuusprosessien mittaus-, ohjaus- ja säätöjärjestelmissä käytetyistä viestityypeistä on analoginen tasavirtasignaali (standardivirtaviesti, milliampeeriviesti). Tämä standardoitu järjestelmä tuli teollisuuden käyttöön 1960-luvulla. (Mäkinen ym. 2009, 157.)

Analogisen tasavirtasignaalin pienin arvo on 4 mA ja suurin 20 mA, ja signaali voi saada äärettömän määrän lukuarvoja näiden välissä. Eräissä sovelluksissa käytetään myös arvoa 0 - 20 mA, mutta sen käyttö ei ole suositavaa. (Mäkinen ym. 2009, 157.)

Tasavirtasignaali muodostetaan yleensä viritettävillä mittalähettimillä tai muuntimilla. Niiden tehtävänä on muuttaa jokin ”heikko” sähköinen suure ”vahvaksi” tasavirtaviestiksi. Lähettimien mittausalueet valitaan niin, että ulostulosignaali pysyy sallituissa rajoissa prosessiarvosta riippumatta. (Mäkinen ym. 2009, 157.)

Pienten signaalitasojen vuoksi on kaapelina käytettävä symmetrisesti parikierrettyä ja häiriösuojattua instrumentointikaapelia. Erittäin häiriöalttiissa kohteissa käytetään kaapelia, jossa jokainen pari on suojattu alumiininauhalla sekä maadoitusjohtimella ja parien päällä on yhtenäinen alumiininauha ja maadoitusjohdin. Kaapeleiden häiriösuojausmaadoitukset tehdään yleensä vain lähtöpäässä ja niitä jatketaan kaikissa välillä olevissa kenttäkoteloissa. Kenttälaitteen puoleinen maadoitusjohdin eristetään laitteen rungosta, jotta estetään häiriöilmukoiden syntyminen. Kenttäinstrumenttilaitteiden häiriönestomaadoitus on eri asia kuin laitteiden suojamaadoitus, ja niiden toteutus poikkeaa myös toisistaan. Häiriönestomaadoitukset kytketään automaatiotilassa omaan maadoituskiskoonsa, jota kutsutaan FU maadoitukseksi (Functional Earthing) ja laitteiden suojamaadoitukset omaan PE kiskoonsa. Nämä yhdistetään koko laitoksen yhteiseen maadoituskiskoon. (Mäkinen ym. 2009, 157–158.)

4.11.1 Analogisen tasavirtasignaalin mittaaminen

Analogista tasavirtasignaalia joudutaan mittaamaan vikojen etsinnässä ja piirien virittämisessä. Mittauspiireissä saattaa joissain tapauksissa olla katkaistavat riviliittimet, joissa on mittaholkit. Kyseisessä tapauksessa yleismittarin mittajohtimet työnnetään riviliittimen mittausholkkeihin. Tämän jälkeen riviliitin katkaistaan, jolloin piirin virta kulkee yleismittarin kautta.

Mitattaessa on varmistettava että yleismittari on milliampeerialueella (DC), mittarin sulake on varmasti ehjä sekä mittajohtimet ovat ehjät. Jos mittarin sulake on palanut tai mittajohtimet vialliset, piirin toiminta katkeaa ja se voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa koko prosessin pysähtymisen.

Tasavirtasignaalia voidaan mitata myös pihtivirtamittarilla. Tällöin johdin, josta signaalia mitataan, asetetaan kulkemaan mittarin mittaussilmukan lävitse. Kyseinen mittaustapa ei aiheuta prosessille vaaratilanteita, vaikka mittari ei olisikaan kunnossa.

4.11.2 Analogisen tasajännitesignaalin mittaaminen

Mittausta aloitettaessa on varmistuttava, että yleismittari on jännitteenmittausalueella (DC), mittarin sulake on ehjä ja mittajohtimien napaisuus on oikea. Jos yleismittari on virta-alueella, mittaussiiri menee välittömästi oikea sulkkuun, lähetin voi vaurioitua ja prosessi pysähtyä.

Jos mittaustulos on suorassa mittauksessa alle 4 mA tai yli 20 mA tai välillisessä mittauksessa alle 1 V tai yli 5 V, on mittaussiirissä jotain vikaa (johdinkatkos, lähetinvika, syöttöjännite puuttuu). Mittaussuurelle viritetty lähetin antaa jatkuvasti prosessin hetkellisarvolle verrannollisen virtaviestin. (Mäkinen ym. 2009, 158.)

5 KOULUTUKSEN JÄRJESTÄMINEN JA KOULUTTAJANA KEHITTYMINEN

5.1 Hyvä kouluttajuus

Perusta hyvälle kouluttajuudelle muodostuu seuraavista ominaisuuksista: asiantuntemus, läsnäolo, arvostus, samaistuminen, innostus ja nöyryys. Piirteet, jotka liittyvät hyvään kouluttajuuteen, eivät ole henkilöiden persoonallisuuden piirteitä vaan pikemminkin ne kuvaavat tapaa, jolla he suhtautuvat itseensä, oppijoihinsa ja asiantuntemukseensa. Ulospäin suuntautunut, hiljainen, karismaattinen, taustalla pysyttelevä, huumorintajuinen tai korostetun asiallinen, näitä kaikkia voi olla hyvä kouluttaja. (Kupias 2008, 11–12.)

5.1.1 Ominaisuutena asiantuntemus

Kouluttajan kannattaa ehdottomasti kartoittaa osallistujien osaaminen koulutuksen alussa ja hyödyntää tätä osaamista kouluttaessaan. Oppijoiden aiempia näkökulmia on tarkoitus yhdistää kouluttajan asiantuntemuksen kanssa. Oma asiantuntemustaan hän voi käyttää siten, että hän tukee oppijoita kehittymään ja pääsemään koulutukselle asetettuihin tavoitteisiin. Parhaillaan kouluttajan asiantuntemus voi olla sisällöllistä asiantuntemusta tai oppimisprosessin ohjaamiseen liittyvää asiantuntemusta. Jos kouluttaja on kutsuttu asiantuntijakouluttajaksi, hänen täytyy tuntea riittävästi käsiteltävä asia, mutta hän ei voi eikä hänen tarvitse tietää kaikkea siitä. (Kupias 2008, 12.)

5.1.2 Ominaisuutena läsnäolo

Parhaiten kouluttajan läsnäolo tapahtuu ottamalla kontaktia oppijoihin, asettumalla vuorovaikutukseen. Vuorovaikutteinen koulutus tuottaa aina uudenlaisia näkökulmia ja ennakoimattomia tilanteita. Tällä tavoin kaikki koulutukset ovat ainutkertaisia ja vaativat myös kouluttajalta keskittyneisyyttä ja läsnäoloa. Läsnäolo ja keskittyneisyys välittyvät oppijoille sanallisen ja sanattoman viestinnän kautta. Läsnä olevan kouluttajan luonteva katsekontakti, sanaton kehon kieli ja puherytmi viestittävät koko ajan, että hän on aidosti oppijoiden käytettävissä ja heitä varten. Toisinaan myös tyylikkäästä ja sujuvastakin koulutuksesta jää puuttumaan jotain. Kouluttaja voi olla sujuvasanainen ja taitava esiintyjä olematta läsnä. Tällaisia haasteellisia tilanteita syntyy silloin, kun sama koulutus toistuu usein lyhyen ajan sisällä. Tämä voi johtaa liialliseen rutinoitumiseen ja poissaolevuuteen, eikä kouluttaja enää tiedä, mitä on juuri sen hetkisen ryhmän kanssa puhunut ja mitä ei. (Kupias 2008, 13–14.)

5.1.3 Ominaisuutena arvostus

Ensisijaisesti arvostus pitää sisällään oppijoiden, mutta myös oman itsensä ja oman asiansa arvostamisen. Oppijoiden asiantuntijuuden aliarviointi ja ylimielinen käyttäytyminen ovat asioita, joita yleensä kouluttaja ei saa anteeksi. Koulutuksen onnistumisen edellytykset vähenevät, mikäli oppijoiden asiantuntemuksen mitätöi ja jättää huomioimatta. Aikuisilla oppijoilla on paljon asiantuntemusta ja kokemuksia. Ne voivat olla eri alueelta kuin kouluttajan, mutta usein ne ovat jopa samalta alueelta. Kouluttajan tulee myös arvostaa itseään ja asiantuntijuuttaan, mikä lisää hänen vakuuttavuuttaan osallistujien silmissä. (Kupias 2008, 14.)

5.1.4 Ominaisuutena samaistuminen

Kouluttajan on puhuttava samanlaista kieltä oppijoiden kanssa ja pystyttävä käyttämään esimerkkejä heidän työtodellisuudestaan. Kouluttajan ei tarvitse aina itse keksiä esimerkkejä, vaan hän voi myös hyödyntää osallistujien kokemuksia ja pyytää heitä kertomaan aiheeseen ja teemoihin sopivia esimerkkejä. Esimerkkien kautta hyvään kouluttajaan on helppo samaistua. Hän on perehtynyt etukäteen oppijoiden maailmaan ja pystyy hyödyntämään tätä tietoa koulutustilaisuudessa. Kouluttaja toimii välittäjänä opiskeltavan asian ja oppijoiden todellisuuden välillä. (Kupias 2008, 15.)

5.1.5 Ominaisuutena innostus

Oppijalle jokainen tilaisuus on ainutkertainen. Vaikka kouluttaja saattaa joutua kouluttamaan saman koulutuksen monta kertaa peräjälkeen, se voi lannistaa hänen innostustaan. Innostuneisuus näkyy kiinnostuksena oppijoita, opiskeluisälttöä ja kouluttajana toimimista kohtaan ja voi innostaa myös oppijoita. Oppijoiden innostuksen voi puolestaan tappaa ei-innostunut kouluttaja. Innostuneisuus näkyy ja kuuluu jokaisesta omalla persoonallisella tavalla, kuten äänensävyistä, rytmityksestä tai eleistä. (Kupias 2008, 15–16.)

5.1.6 Ominaisuutena nöyryys

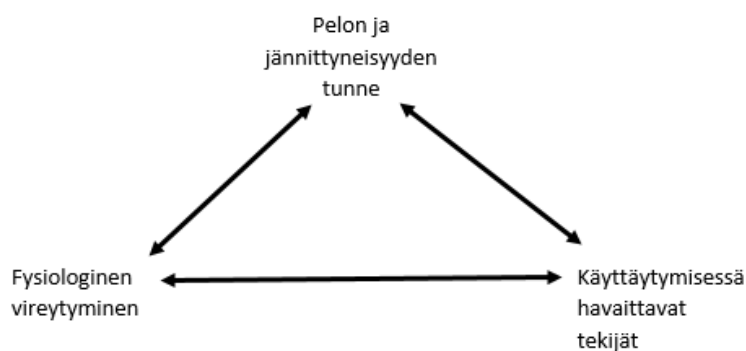
Kouluttaja on aina koulutustilanteessa oppijoita, ei itseään tai asiaansa varten. Hyvällä kouluttajalla voi olla paljon kokemusta ja osaamista, mutta hänen on oltava sopivasti nöyrä, koska hänen tehtävänä on auttaa ja tukea oppijoita heidän oppimisessaan. (Kupias 2008, 16.)

5.2 Esiintyminen

Aloittelevaa kouluttajaa askarruttaa yleensä ensimmäisenä eniten esiintyminen ja siihen liittyvä jännittäminen. Vaikka esiintymisvalmiuksia tarvitaankin kouluttajan työssä, on oivallettava, ettei kouluttajan pääasiallinen tehtävä ole esiintyminen, vaan oppimista edistävän vuorovaikutuksen käynnistäminen ja ohjaaminen. (Kupias 2008, 17.)

Kaikkia jännittää esiintyminen ainakin joskus; tämä tieto saattaa helpottaa useimpia kouluttajia. Jännittäminen on kouluttajalle ja esiintyjälle normaali ilmiö ja olotila. Persoonaa- ja tilannekohtaisesti vaihtelee hyvin paljon se, millaisia merkityksiä esiintymisjännitykselle annamme ja miten se vaikuttaa toimintaamme kouluttajina. (Kupias 2008, 17.)

Esiintymisjännitys ilmenee eri ihmisillä eri lailla. Joillain jännitys saattaa tulla esille fyysisesti muun muassa sydämen sykkeen kiihtymisellä, verenpaineen nousulla ja hengitysrytmin muuttumisella. Toisilla ihmisillä taas jännitys saattaa tulla esille käyttäytymisessä, joita on muun muassa runsas takeltelu, toistuva sanoissa sekaantuminen, ajatuksen katkeilu, käsien vapina, äänen väriseminen ja hikoilu. Kuvio 11 havainnollistaa kolmea ulottuvuutta esiintymisjännityksessä. (Kupias 2008, 18.)



KUVIO 11. Esiintymisjännityksen 3 ulottuvuutta (Kupias 2008, 18)

5.3 Esiintymisvarmuuden kehittäminen

Esiintymisvarmuutta saa lisää yleensä esiintymällä ja analysoimalla omia esiintymistilanteita. Olennaista on viestien perillemeno ja asioiden jakaminen, mitään erityistä ei edellytetä esiintyjältä. Kahtena ensimmäisenä askeleena esiintymisvarmuuden lisäämiseksi voidaan pitää jännityksen hyväksymistä ja huomion siirtämistä pois itsestä. Riittää kun hän ottaa kanssaviestijänsä huomioon esimerkiksi pyrkimällä esittämään asiansa niin, että hän lisää kuuntelijoidensa mahdollisuuksia ymmärtää ja osallistua. Tässä on muutamia hyviksi koettuja vinkkejä esiintymisvarmuuden kehittämiseen:

- Myönteinen asennoituminen kaikkeen tilaisuuteen liittyvään: itseesi, asiantuntijuuteesi ja oppijoihin.
- Huomion painopisteen keskittäminen tilaisuuden tavoitteeseen ja oppijoihin, eli siihen, mitä varten koulutustilaisuuteen on kokoonnuttu.
- Huolellisesti valmistautuminen, miettimällä aiheitasi ja oppijoiden näkökulmaa etukäteen.
- Selkeä etukäteisjärjestely tai kokonaisuuden hahmottaminen koulutuksen alussa auttaa usein ratkaisevasti oppijoiden kiinnostuksen herättämisessä.
- Mielikuvaharjoittelulla voi lisätä esiintymisvarmuutta.
- Luontevan katsekontaktin ottaminen oppijoihin ja rauhoita ensimmäiset hetket luokan edessä.
- Järjestämällä koulutuksen alkuun oppijoiden omaa työskentelyä tai ottamalla heihin kontaktia kysymällä jotain yleisluotoista käsiteltävästä asiasta.
- Kiinnittämällä erityisesti alussa huomio myönteisesti suhtautuviin.
- Esiintymistilanteessa tietoinen rauhallinen hallittu liikkuminen auttaa purkamaan virtaavaa energiaa.
- Valmistautumalla siihen, että sinulla on asiasta enemmän tietoa, näkökulmia tai jopa harjoituksia, mitä suunnittelet koulutuksessa käytävän läpi.

- Luottamalla siihen, että jännittämisestäsi näkyy vain murto-osa ulospäin.
- Luottamalla siihen, että jännittäminen helpottaa, kun olet päässyt vauhtiin.
- Luottamalla siihen, että oppijat ovat puolellasi.
- Olemalla oma itsesi ja usko itseesi.
- Selvittämällä koulutustilan laitteisto etukäteen ja tutustu koulutustilaan etukäteen, mikäli se on mahdollista.
- Pohtimalla etukäteen tilannetta, jos tulee sellainen kysymys, johon ei osaa heti vastata.

(Kupias 2008, 19–21.)

5.4 Oppimistavoitteet ja opetusmenetelmien valinta

Oppimismenetelmä on apuväline oppimistavoitteen saavuttamiseksi. Useilla eri menetelmillä voidaan tukea oppimista ja opetusta. Olennaisinta opetusmenetelmän valinnassa on aina se, mihin tarkoitukseen sitä kulloinkin tarvitaan. Kouluttaja saattaa käyttää menetelmää, johon on ihastunut, vaikka jokin toinen menetelmä sopisi kyseiseen koulutustilanteeseen paremmin. Käytettävä koulutus- tai työskentelymenetelmä tulisi valita oppimistavoitteiden ja oppimisprosessin vaiheiden mukaan. Opetusmenetelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: toistava oppiminen, ymmärtävä ja soveltava oppiminen sekä luova oppiminen. (Kupias 2008, 36.)

Toistavassa oppimisessä tavoitteena voi olla, että oppijat koulutuksen jälkeen tietävät asian, jota on opetettu. Toistavan oppimisen voidaan pitää esimerkiksi uuden tietoteknisen sovellusohjelman opiskelua. Tällöin yleensä riittää asiasta kertominen, jolloin oppijat tietävät ja tunnistavat asian, kun se tulee uudelleen vastaan. (Kupias 2008 36–37.)

Ymmärtävässä ja soveltavassa oppimisessä tavoitteena on, että oppijat ymmärtävät asian, jota koulutetaan. Tällöin oppijat on saatava pohtimaan ja soveltamaan opittavaa asiaa oman toimintansa ja työyhteisönsä kan-

nalta, jäljittely ja ulkoa opettelu eivät riitä. Tämä on huomattavasti haastavampi oppimismenetelmä oppijalle. Häneltä vaaditaan aktiivista asioiden työstämistä.

Tällaisissa tapauksissa on hyvä valita menetelmät, joissa oppijat joutuvat pohtimaan ja tarkastelemaan opittavaa asiaa. Kyseisiä menetelmiä ovat muun muassa aktivoivat luennot, harjoitukset, keskustelut, ryhmätyöt ja pohdintatehtävät. (Kupias 2008, 37.)

Luovan oppimisen tavoitteena on, että oppijat oppivat arvioimaan opittavaa asiaa. Oppijoita voidaan rohkaista arvioimaan ja suhtautumaan kriittisesti opittavaan asiaan. Koulutuksen on hyvä liittää menetelmiä, joilla pystytään vahvistamaan arvioivaa ja kriittistä näkökulmaa. Tällaisia menetelmiä ovat muun muassa väittely, aivoriihi ja reflektiivinen ryhmä. (Kupias 2008, 38.)

Oppijat voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen mukaan miten he oppivat koulutettavan asian parhaiten. Auditiviset oppijat omaksuvat tiedon parhaiten kuulemansa perusteella. Visuaaliset oppijat puolestaan omaksuvat tiedon parhaiten näkemänsä perusteella. Kokemuksellinen oppiminen on yleisin tiedon omaksuntatapa. Kokemuksellisessa oppimisessa oppijat omaksuvat tiedon fyysisen tekemisen tai kokemuksen perusteella. (Kupias 2008, 38.)

5.5 Opittavan asian kokonaisuuden hahmottaminen

Oppimista voi edistää koulutuksen alussa esitettävä kokonaishahmotus opiskeltavasta aihepiiristä. Yksinkertaisimmillaan se on eräänlainen luetelo koulutuksen sisällöstä. Tehokas tapa hahmottaa kokonaisuutta on kertoa tarina koulutuksen alussa. Hyvin valittuun tarinaan voi saada sisällytettyä kaikki olennaiset asiat, joita ollaan opiskelemassa. Kokonaishahmotuksen voi muodostaa myös yhdessä ryhmän kanssa, jolloin kouluttaja voi pyytää opiskelijoita kirjoittamaan esimerkiksi liimalapuille, mitä asioita käsiteltävästä teemasta he tietävät tai mitä siitä tulee mieleen. Tämä tapa

voi auttaa opiskelijoita aktivoimaan aiempaa osaamistaan sekä laajentamaan omaa näkemystään, kun laput käydään läpi ryhmän kanssa ja kuullaan muiden aiempia kokemuksia ja osaamista opiskeltavasta teemasta. (Kupias 2008, 58–60.)

Case-opetuksessa opiskelijat käsittelevät kuvattua esimerkkitapausta, joka parhaimmillaan on kuvaus todellisuudessa tapahtuneesta asiasta. Käsitellessään tapausta opiskelijat soveltavat siihen aiempaa osaamistaan, kokemuksiaan ja koulutuksessa oppimaansa. Tämän kautta he voivat havaita osaamisessaan olevia puutteita tai aktivoida aiempaa osaamistaan. Joskus osallistujilta koulutustilanteessa spontaanisti saadut tapaukset ovat oppimisen kannalta oivallisia caseja. Todellisen tapauksen pohjalta voidaan kirjata keskeiset asiat kaikkien nähtäville, minkä jälkeen kaikki voivat yhdessä lähteä ratkaisemaan ja analysoimaan tapausta. (Kupias 2008, 82–83.)

5.6 Oppijoiden aktiivisuuden edistäminen

Mikäli koulutuksessa on tavoitteena, että oppijat pystyvät soveltamaan oppimiansa asioita työssään, edellytetään vastuuta omasta oppimisesta. Kouluttaja voi valita sellaisia työmenetelmiä, jotka tukevat oppijoiden aktiivisuutta. Aktivoiva ja vuorovaikutteinen koulutus pitää sisällään yllätyksiä. Koulutuksessa voi nousta esiin sellaisia näkökulmia, joita kouluttaja ei ole huomionnut etukäteen tai jotka menevät ohi hänen osaamisalueensa. Kouluttaja ei voi eikä hänen tarvitse olla kaikkien alojen asiantuntija. Oppijoiden asiantuntemusta kannattaa hyödyntää koulutuksen kuluessa. (Kupias 2008, 125–128.)

Kouluttaja voi tukea hyvää oppimisilmapiiriä osoittamalla arvostusta ja kysymällä ja kuuntelemalla oppijoiden näkemyksiä. Hyvä oppimistilanne edellyttää ainakin jonkin verran vuorovaikutusta kouluttajan ja oppijoiden välillä. Oppijoiden kokemuksia ja osaamista kannattaa hyödyntää käyttämällä sellaisia työskentelytapoja, jotka mahdollistavat keskinäisen vuorovaikutuksen esimerkiksi pienryhmissä. (Kupias 2008, 125–128.)

6 KOULUTUKSESSA KÄYTETTÄVÄ LAITTEISTO

Koulutuksessa käytettävä laitteisto oli tarkoitus rakentaa Lahden ammatti-korkeakoulun tiloihin, näin ollen laitteistoa olisi pystytty käyttämään mahdollisesti jatkossa opetuskäytössä. Jotta laitteistosta olisi saatu mahdollisimman totuuden mukainen, eikä siinä olisi pelkkä käsiteltävä asia esillä, oli tarkoitus käyttää mahdollisimman paljon hyväksi ensimmäisen vuosikurssin oppilaiden rakentamia mekatronisia laitteita. Näin ollen vikatilanteet tuntuvat aidoimmilta, kun laitteella on jokin toiminnallinen periaate. Alla pääpiirteittäin esitettynä, miten koulutuksessa oli tarkoitus käydä läpi opetettavat mittaus- ja vikatapaukset.

6.1 Maadoituksen jatkuvuusmittaus

Koulutuksen maadoituksen jatkuvuusmittauksen osiossa tarkoituksena on, että oppija pääsee itse mittaamaan maadoituksen jatkuvuuden laitteesta. Laitteessa maadoitus haarautuu muutamaa eri pisteeseen, näin ollen mittauspisteitä olisi useampi ja mitattava piiri sisältäisi riviliittimiä sekä maadoituskiskoja.

6.2 Eristysvastusmittaus

Koulutuksen eristysvastusmittauksen osiossa, kuten edellisessäkin, tarkoituksena on, että oppija pääsee itse tekemään eristysvastusmittauksen yksinkertaisesta laitteesta. Näin ollen oppijalle muodostuu kuva, miten mitaus suoritetaan, eikä itse mittaustyössä mene kauan aikaa.

6.3 Vikavirtatilanneselvitys

Koulutuksen vikavirtalinnaselvitys osiossa on tarkoitus tarkastella kahta yleisintä syytä, miksi vikavirtasuojakytkin laukeaa. Yleisin tapaus on, että vikavirtasuojakytkin laukeaa maavuodon takia.

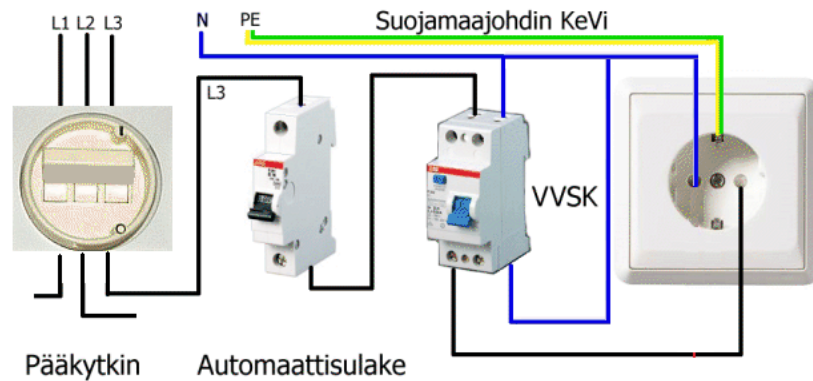
Toinen tarkasteltava tapaus on, että vikavirtasuojakytkin laukeaa väärin kytketyn nollan takia. Tilanteet tulevat hyvin usein esille kiinteistösähkön puolella, mutta kertauksen vuoksi otimme tilanteet esille tässä työssä.

6.3.1 Vikavirtasuojakytkin laukeaa maavuodon takia

Tässä vikavirtatilanteen toisessa osiossa oppijan on selvitettävä, miksi vikavirtasuojakytkin laukeaa. Kytkennät on toteutettu oikein, mutta laitteessa on maavuoto, jonka seurauksena vikavirtasuojakytkin laukeaa.

6.3.2 Vikavirtasuojakytkin on kytketty väärin

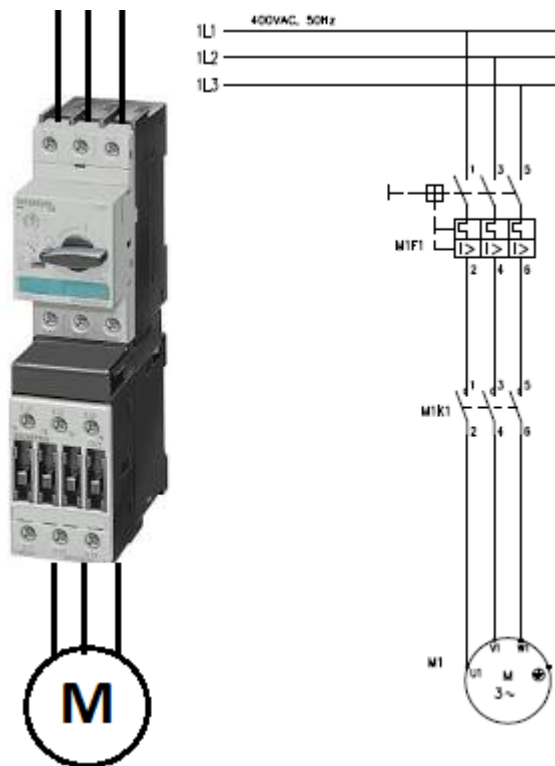
Tapaus, missä vikavirtasuojakytkin on kytketty väärin tulee vastaan hyvin usein sähköasennuksen tai laitteen käyttöönottovaiheessa kun jännitteitä kytketään päälle. Laitteistossa vikavirtasuojakytkimen toisiopuolelta lähtevä nollajohdin on kytketty takaisin nollakiskoon, kuvion 12 osoittamalla tavalla, mistä puolestaan nollajohdin on kytketty pistorasialle.



KUVIO 12. Vikavirtasuojakytkimen kytkentäkuva

6.4 Moottorin suojajytkin laukeaa väärän moottorikytkennän takia

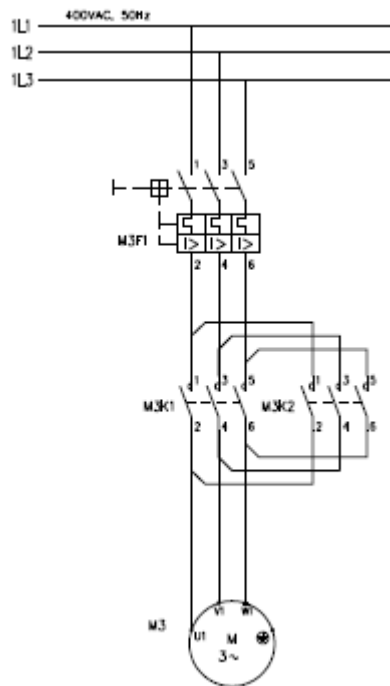
Koulutuksen moottorisuojajytkin osiossa on tarkoitus osoittaa, minkälainen vaikutus on moottorin kytkentätavalla. Moottorisuojajytkin on mitoitettu oikein moottorin tähtikytkennässä ottamaan virtaan nähden, mutta moottori on kytketty kolmioon tähden sijasta. Näin ollen moottori ottaa käynnistyessään suuremman virran ja moottorisuojajytkin laukeaa käynnistettäessä moottoria. Tehtävässä oppijan on selvitettävä syy, miksi moottorisuojajytkin laukeaa. Kuviossa 13 kuvattuna kyseinen kytkentä.



KUVIO 13. Moottorin suora kytkentä

6.5 Moottorin suunnanvaihtokytkentä kytketty väärin

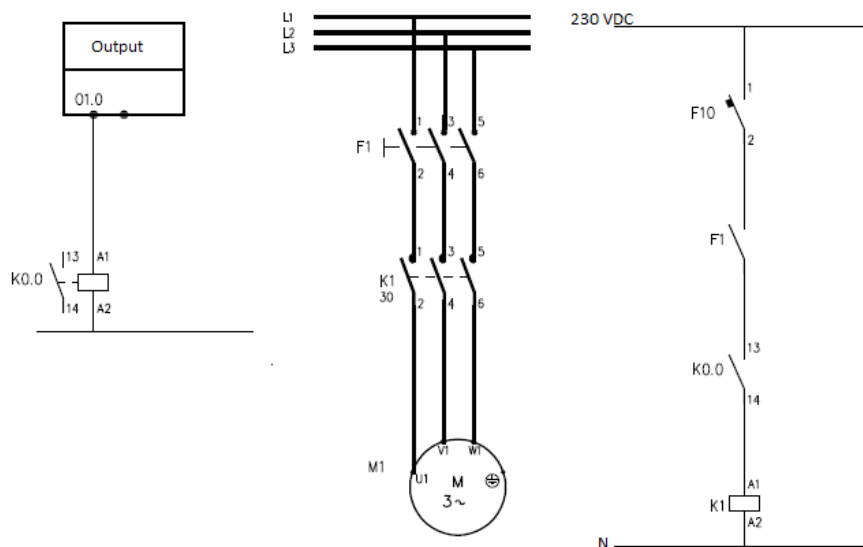
Koulutuksen moottorin suunnanvaihtokytkennän osiossa oppijan on selvitettävä, miksi oikosulkumoottori pyörii suunnanvaihdosta huolimatta samaan suuntaan kummassakin asennossa. Kytettäessä suunnanvaihtoa on tapahtunut pieni virhe, mikä käy helposti kokeneemmallekin asentajalle kytkettäessä johtimia kontaktoreille. Oikeaoppisessa kytkennässä suunnanvaihdossa kaksi vaihetta kytketään ristiin, näin ollen saadaan moottori pyörimään vastakkaiseen suuntaan. Tässä tapauksessa, kuten kuvioista 14 nähdään, moottorille menevät vaihejohtimet kulkevat kummankin kontaktorin kautta mutta ne kaksi olennaista vaihetta eivät mene ristiin.



KUVIO 14. Suunnanvaihtokytkentä

6.6 Puolijohderele ja logiikan lähtöpiiri

Koulutuksen tässä osiossa on tarkoituksena tarkastella puolijohdereleen toimintaa. Puolijohdereleen K0.0 kärkien kautta kulkee ohjausvirtapiirin 230 VDC:n jännite. Kuvion 15 mukaisessa tilanteessa puolijohde antaa 230VDC jännitteen releen toisiopuolelle, jos ei se ole kytkeytyneenä maihin releen kautta. Puolijohdereleenä kytkennässä toimii K0.0. Oppijan tulee tarkastella tässä osiossa, miten kontaktorille K1 tulee ohjausjännite siinä tapauksessa, kun logiikka ei ohjaa relettä K0.0, sekä tarkastella mitaamalla, miten käyttäytyy releen K0.0 toisiopuoli, kun releen liittimestä 14 irrotetaan kontaktorille K1 menevä johdin.



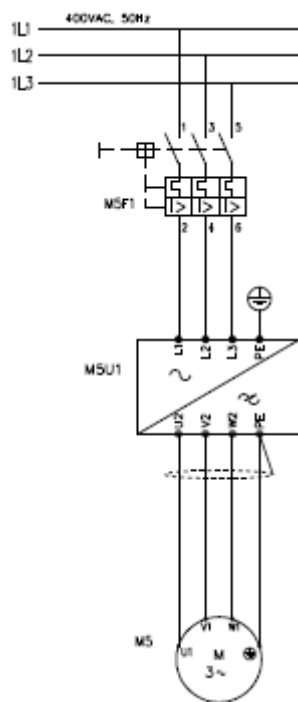
KUVIO 15. Puolijohderele ohjausvirtapiirissä

6.7 Taajuusmuuttajakytkennät

Koulutuksen taajuusmuutta osiossa käsitellään kahta perustaajuusmuuttaja tapausta, teollisuudessa yleisemmin käytettyä kolmivaiheitaajuusmuuttajaa sekä pienemmissä sovelluksissa käytettävää yksivaiheista taajuusmuuttajaa ja niihin liittyviä kytkentöjä sekä taajuusmuuttajan parametroitinta.

6.7.1 3-vaihe taajuusmuuttaja

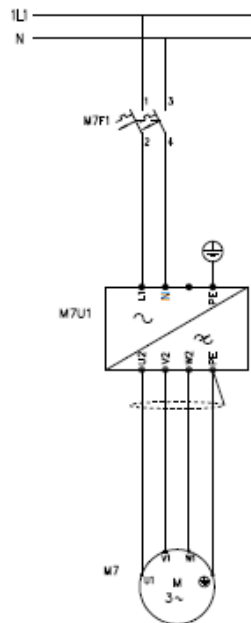
Koulutuksen ensimmäisessä taajuusmuuttaja osiossa on tarkoitus oppijalle tuoda tutuksi kolmivaiheisen taajuusmuuttajan kytkennät parametointi sekä lähdön mittaus. Kuviossa 16 on esitetty kolmivaiheisen taajuusmuuttajan päävirtapiirin kytkentä.



KUVIO 16. Kolmivaiheinen taajuusmuuttaja

6.7.2 1-vaihe taajuusmuuttaja

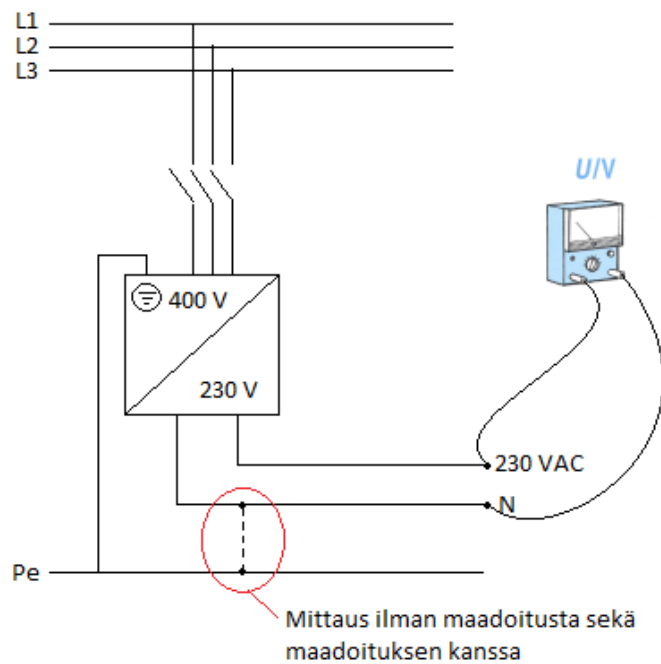
Koulutuksen toisessa taajuusmuuttajiin liittyvässä osiossa oppija pääsee itse selvittämään, missä on vika, kun moottori ei pyöri. Taajuusmuuttajan parametointi tehdään tarkoituksella väärin, oppija saa tarkistaa moottorin kytkennän oikeellisuuden, eli kuuluuko moottori kytkeä tähteen vai kolmioon. Kuviossa 17 on esitettyä yksivaiheisen taajuusmuuttajan päävirtapiirin kytkentä.



KUVIO 17. Yksivaiheinen taajuusmuuttaja

6.8 Ohjaujännitemuuntajan (400/230 V) maadoitus

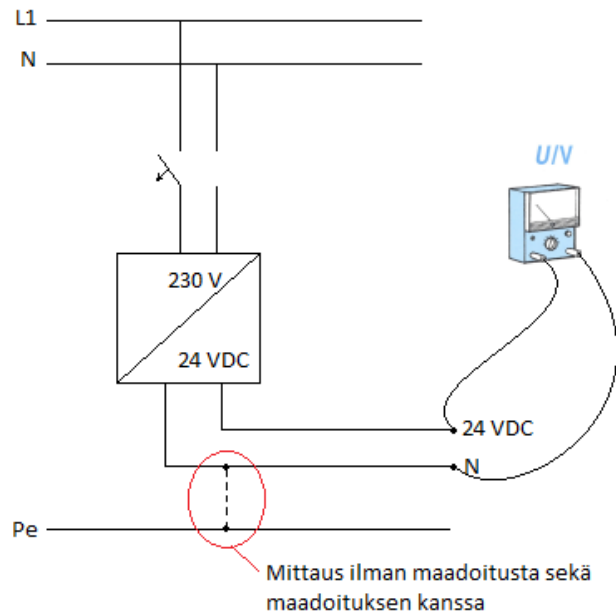
Koulutuksen kyseisessä osiossa on tarkoitus mittaamalla selvittää, miten muuntaja käyttäytyy silloin kun toisiopuolen N (nolla) on yhdistetty Pe maadoituksen kanssa ja ilman maadoitusta. Puhekielen termein selvitetään nollan kellumista. Muuntajalle syötetään 3 vaihetta, 400 V ja toisiopuoli 230 V kytketään riviliittimille, joista mitataan jännite. Kuviossa 18 on esitetty mittaustoimenpide.



KUVIO 18. Jännitteen mittaus muuntajalta

6.9 Tasavirtalähteen (230/24 V) maadoitus

Koulutuksen tässäkin osiossa, kuten edellisessä, on tarkoitus mitata, miten toisiopuolen jännite, käyttäytyy kun nolla on yhdistetty suojajohtimen kanssa ja ilman. Kuviossa 19 kuvattuna kyseinen mittaustoimenpide.

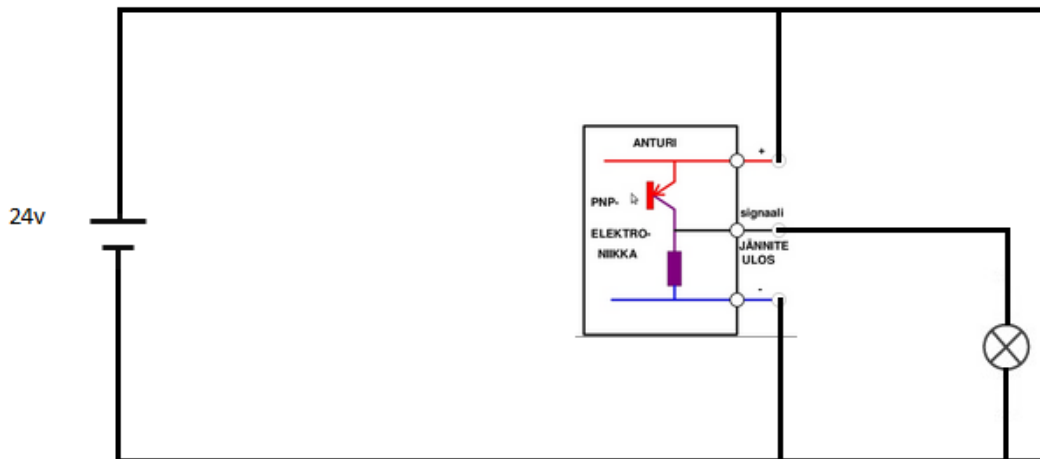


KUVIO 19. Jännitteen mittaus tasajännitelähteeltä

6.10 Induktiivisen anturin kytkentä sekä anturityypit

Koulutuksen induktiivisen anturin osiossa on tarkoituksena, että koulutettava pääsee itse kytkemään ja kokeilemaan eri anturityypin ominaisuuksia. Anturityypeiksi valitsimme pnp- ja npn-tyyppisiä induktiivisia antureita eri tunnistusetäisyydellä sekä kapasitiivisen anturin. Antureissa on valmistajan merkinnät, mutta antureihin ei millään tavalla merkitä, mistä anturityypistä on kyse, vaan koulutettavan on itse kokeilemalla selvitettävä, mistä anturista on kyse.

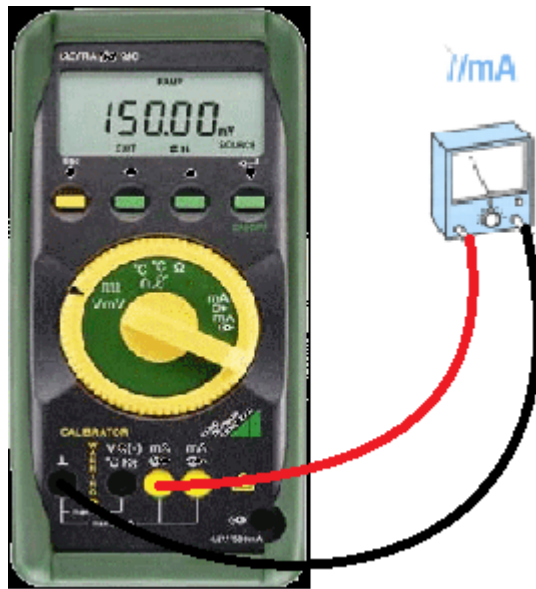
Laitteistona tähän osioon ei suunniteltu mitään erityistä laitteistoa, vaan tasajännitelähteellä luodaan 24 voltin tasajännite, joka tuodaan riviliittimiin, joihin kytketään anturi kiinni. Anturilta signaalijohdin kytketään merkkilamppuun, joka indikoi anturin ulos tulevaa signaalia. Kuviossa 20 on esitettyä karkeasti kyseinen kytkentä.



KUVIO 20. Havainnekuva induktiivisen anturin testauslaitteistosta

6.11 Analogisen tasavirtasignaalin mittaus

Koulutuksen viimeisen aiheen mittauslaitteisto on hyvin yksinkertainen. Tasavirtasignaalia syöttävänä laitteena käytetään Metrahit 18C kalibraattoria, jolla pystyy syöttämään milliampeeriviestiä laitteesta ulospäin. Kytämme kalibraattorin riviliittimiin, mistä mittaukset pystyy suorittamaan tavallisella yleismittarilla sekä pihtiampeerimittarilla. Kuviossa 21 kuva kyseisestä kalibraattorista sekä havainnekuva mittaustoimenpiteestä.



KUVIO 21. Pelkistetty havainnekuva analogisen tasavirtasignaalin mittauksesta

7 KOULUTUKSEN SISÄLTÖ

Koulutusta aloitettiin suunnittelemaan sen takia, että niin sähkö- kuin automaatioasentajat saattavat helposti unohtaa vianhakutilanteissa perinteiset perusasiat. Vikaa lähdetään usein etsimään hienojakoisen automaation tai elektroniikan puolelta, vaikka ensin pitäisi tarkistaa perusasiat.

Tässä osiossa on alustava suunnitelma, miten koulutus oli tarkoitus viedä läpi. Koulutus pyrittäisiin järjestämään vuorovaikutteiseksi ja pyritään osallistamaan jokainen osallistuja keskusteluun mukaan ja tuomaan omia näkökulmiaan koulutuksessa käsiteltäviin asioihin. Jokainen koulutukseen osallistuva henkilö toimii työssään jonkinlaisessa asiakas-toimittaja suhteessa. Koulutuksessa pyritään käymään keskustelun kautta läpi asiakas-kohtaisia esimerkkejä sekä mahdollisia haastavia asiakastilanteita. Koulutuspäivän runko muodostuu neljästä osiosta seuraavasti: alkusanat ja esittäytyminen, teoriaosuus, käytännön harjoitukset ja lopuksi palauteosio sekä koulutuksen päättäminen.

7.1 Koulutuksen aloitus ja esittäytyminen

Koulutuksen alussa aamulla ensimmäisenä pidetään pieni esittäytymistilaisuus, jolloin jokainen esittäytyy ja kertoo hieman itsestään, työstään, kokemuksistaan käsiteltäviin asioihin sekä odotuksia koulutukselta. Osallistujat ovat jo toisilleen entuudestaan tuttuja, mutta esittäytyminen pidetään siitä syystä, että kouluttaja oppii tuntemaan koulutettavia henkilöitä ja pääsee kuulemaan, mitä kukin tekee omassa organisaatiossaan työkseen. Odotuksia koulutukselta -kysymyksellä saa kouluttaja tietoonsa, mitä kukakin odottaa koulutukselta ja pystyy ottamaan nämä huomioon seuraavaa koulutustilaisuutta suunnitellessa.

7.2 Teoria

Teoriaosuudessa käydään luokkahuoneessa läpi koulutettavia aiheita opinnäytetyön alussa käsitellyn teorian pohjalta. Kyseinen osuus pyritään pitämään vuorovaikutteisena, jolloin jokainen osallistuja tuo omakohtaisia kokemuksiaan kyseisistä tilanteista esille. Tarkoituksena olisi, että jokainen osallistuja kertoisi havaitsemistaan ongelmatilanteista ja niistä saataisiin keskustelua ja mahdollisesti muiden kokemusten kautta yhdessä ratkaistua ongelmatilanteita.

7.3 Käytännön mittausharjoitukset

Mittaukset toteutetaan rastiluontoisesti, jossa jokainen osallistuja kiertää vuorollaan kaikilla mittauspisteillä. Jokaisesta koulutettavasta aiheesta on pieni mittausharjoitus, jossa osallistujat pääsevät käytännössä tutustumaan koulutuksessa käsiteltyihin aiheisiin. Jokainen osallistuja saa rastille lähtiessään kysymyspaperin, jossa on pieni kysymys jokaisesta mitattavasta aiheesta. Vastaus kysymykseen löytyy mittaamalla tai muuten testaamalla kyseisellä pisteellä olevaa asiaa. Näin ollen koulutuksessa saadaan järjestettyä pieni leikkimielinen kilpailutilanne rastien suorittamisesta.

7.4 Palauteosio ja koulutuksen päättäminen

Käytännön harjoitusten jälkeen siirrytään mittauslaboratoriosta takaisin luokkatilaan, jossa käydään läpi mittaustulokset ja oikeat vastaukset kysymyspaperissa olleisiin kysymyksiin. Koulutuksen lopuksi käydään vuorovaikutteisesti keskustelemalla läpi, miten odotukset koulutukselta täyttyivät sekä pienimuotoinen palautetilaisuus koulutuksesta. Saatuja palautteita hyödynnetään seuraavaa koulutustilaisuutta suunniteltaessa.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi ja kerrata teollisuudessa työskenteleville sähkö- ja automaatioasentajille perus käyttöönottomittauksia sekä muutamia yleisimpiä vianhakumittauksia. Työssä pyrittiin käytännön läheiseen näkökulmaan käsittelemällä yleisimpiä pulmatilanteita, joita asentaja työssään kohtaa. Työssä selvitettiin sähköalan ohjeita ja määräyksiä.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää yrityksissä tai oppilaitoksissa vianhaku-tilanteiden opetuksessa.

Työn suunnittelu ja teoreettisen osuuden kirjoitus alkoi hyvin aikaisessa vaiheessa. Työ tuntui aluksi melko helpolta toteuttaa yli kymmenvuotisen työhistorian pohjalta. Työssä käsiteltävät aiheet olivat käytännön kannalta tuttuja ja työssä vastaan tulleita, mutta teorian hankkiminen käytännössä opittujen asioiden rinnalle oli loppujen lopuksi yllättävän työlästä. Työ antoi itselleni hyvää ja tarpeellista kertausta standardien, lakien ja asetusten muodossa käyttöönotto- ja vianhakumittauksiin. Monesti tässä työssä käsiteltävät aiheet tulevat asentajille tutuiksi työtä tehdessä ja kantapäähän kautta oppiessa, joten hyvin monelle asentajalle kertaus työssä käsiteltävistä aiheista olisi määrääjoin tarpeen.

Alkuperäisen aikataulun mukaan koulutuksessa käytettävän laitteiston rakentaminen sekä itse koulutukset olisivat sisältyneet myös tähän opinnäytetyöhön. Sekä aikataulusta että resursoinnista johtuen tässä työssä käsitellään pelkästään teoriaa kyseisistä aiheista.

LÄHTEET

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

Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T. 2009. Sähköasennukset 3. Espoo: Sähköinfo.

Koivuviita, K. 2015. Anturikytkennän informaatiota. [Viitattu 12.3.2015]. Saatavissa: http://personal.inet.fi/yritys/kkov.eduserver/yhteyden/s7_200_infoa2.pdf

Kupias, P. 2008. Kouluttajana kehittyminen. 2. painos. Helsinki: Palmenia.

Mäkinen, M. J. J. & Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava.

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

St-käsikirja nro 33. 2007. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Sähkötieto Ry. 2 painos. Espoo: Sähköinfo.

Turvatekniikan keskus. 2015a. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat. [viitattu 11.3.2015]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/kuva-sahkotapaturmat/>

Turvatekniikan keskus. 2015b. Tee se itse sähkötyöt. [viitattu 10.4.2015]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Kuluttajille/Sisustus-ja-remontointi/Tee-se-itse--sahkotyot/>

LIITTEET

LIITE 1. Pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot

LIITE 2. Pienimmät Gg-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot

LIITE 1. Pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot

TAULUKKO 1. Pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (St-käsikirja Nro 33, 2007, 33)

Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

LIITE 2. Pienimmät Gg-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot

TAULUKKO 1. Pienimmät Gg-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (St-käsikirja Nro 33, 2007, 33)

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375