

24.9.2014SÄHKÖLABORATORION TYÖSKENTELYOHJEET

Tämä ohje on tehty työkiertoisille kurssitoteutuksille, mutta sitä voidaan soveltaa myös muihin toteutusmuotoihin.

1. LABORATORIOTYÖSKENTELYN TARKOITUS

Laboraatioiden tarkoituksena on perehdyttää opiskelija:

- sähkösuureiden mittausten menetelmiin,
- sähkömittarien ja -mittausmenetelmien käyttöön,
- turvallisiin sähkötyötapoihin,
- käytännön sähkölaitteisiin,
- teknisten raporttien laadintaan
- sekä antaa tukea teoriaopetukselle.

2. TYÖRYHMÄT

Työt tehdään ryhmissä. Ryhmiin nimetään jokaista työtä varten etukäteen "kytkentämestari", sihteeri ja työturvallisuusvastuuhenkilö. Ryhmä- ja tehtäväjako merkitään näkyviin sekä mittauspöytäkirjaan että työselostukseen. Jos työryhmässä on vain kaksi jäsentä, toimii sihteeri myös työturvallisuusvastuuhenkilönä.

"Kytkenmäestari" vastaa kytkentöjen toteutuksesta.

Sihteeri

- huolehtii työn edistymisestä,
- suorittaa kytkentöjen alustavan tarkistuksen,
- pitää mittauspöytäkirjaa ja
- laatii varsinaisen työselostuksen.

Työturvallisuusvastuuhenkilö (TTVH)

- vastaa annettujen työturvallisuusohjeiden, erityisesti "Turvallisen työskentelyn pääsääntöjen", noudattamisesta. (luku 5)
- toteaa jännitteettömyydet.
- vastaa ryhmän jäsenten työkuuntoisuudesta.
- huolehtii vialliset laitteet korjattaviksi.
- ilmoittaa havaitsemistaan puutteista ohjaajalle.

Työnjaosta huolimatta vastaa työn onnistumisesta koko ryhmä yhdessä. Jotta kaikki hyötyisivät laboraatioista mahdollisimman paljon tehtäviä on vaihdettava työkerroittain ja kaikkien on osallistuttava töihin niin, että voivat omaksua esille tulevat asiat.

3. LABORAATION SUORITTAMINEN

Suorita laboraatiiosi työohjeessa esitetystä tai ohjaajan osoittamassa työpisteessä. Mikäli työohjeessa on esitetty laboratoriossa käytettäviä laitteita, työn suorittamisessa tulee käyttää ensisijaisesti kyseisiä laitteita.

Laboraation suorittamiseen voi tarvita laitteita, joita säilytetään toisella alueella. Laitteen toiselta laboraation alueelta saa hakea vain ohjaajan luvalla ja kyseinen laite palautetaan alkuperäiselle paikalleen välittömästi sen käytön päätyttyä.

Laboraation aikana ei saa tarpeettomasti kulkea eri laborointialueilla eikä häiritä muita laboratoriossa työskenteleviä.

Opiskelijoiden siirtyminen EC-alueelta EP-alueelle ja päinvastoin ilman ohjaajan lupaa on kielletty turvallisuussyistä.

Laboraation päätyttyä kaikki laitteet vietään niiden säilytyspaikoille (sijoituskoodi laitteessa), työpaikka siistitään ja laboraatiosta poistutaan välittömästi, jotta ei häiritä muita työskenteleviä.

4. POISSAOLOT

Laboratoriotyöt ovat pakollisia. Normaaliilta työvuorolta poissa olleen opiskelijan on ensitilassa otettava yhteyttä työn ohjaajaan sopiaukseen työn suorituksesta.

Jos poissaolo on tapahtunut luvallisin perustein (esim. lääkärin tai terveydenhoitajan todistus), voi ohjaaja harkintansa mukaan hyväksyä varsinaisen laboratoriotyöskentelyn tehdyksi. Ohjaaja voi harkintansa mukaan määrätä työhön liittyviä kirjallisia erillistehtäviä. Hyväksynnästä on ohjaajan annettava kuittaus.

Erityisesti on huomattava, että laboratorioon tulo sairaana on työturvallisuuden kannalta erittäin arveluttavaa. Huumaavien aineiden vaikutuksen alaisena ei ole laboratorioon mitään asiaa.

5. VARSINAINEN LABORATORIOTYÖSKENTELY

5.1 Valmistelut

Jotta laboratoriotyön suoritukseen varattu aika pystyttäisiin käyttämään tehokkaasti, on lähes jokaiseen työhön laadittu työohje. Näitä monistetaan ja jaetaan kurssin opiskelijoille tarpeen mukaan.

Ennen laboratorioon tuloa on jokaisen valmistauduttava lukemalla työohje kokonaan (myös jälkitehtävät), tekemällä esitehtävät (yksi/ryhmä), suunnittelemalla tarvittavat kytkentäluonnokset ja kertaamalla asiaan liittyvää teoriaa. Asiaan liittyvä teoria-aineisto on suositeltavaa ottaa mukaan laboratorioon.

5.2 Kytken teko

Kytken laitevalinnan ja kokoamisen suorittavat aina opiskelijat itse työohjeen, ohjaajan hyväksymän kytkentäluonnoksen ja lisäohjeiden pohjalta.

Laboratoriolaitteet edustavat melkoista pääomaa ja niiden hankinta ja korjaus on useimmiten vaikeaa, hidasta ja kallista. Siksi laitteiden valinta, käsittely ja käyttö on suoritettava huolellisesti ja varovasti. Opiskelijoiden huolimattomuudesta ja ohjeiden

laiminlyönnistä aiheutuneet vahingot voidaan määrätä korvattaviksi. Epäselvyyksien ilmetessä on aina käännyttävä ohjaajan puoleen.

Laitevalinnassa on erityisesti tarkasteltava toisaalta ylikuormittumismahdollisuuksia ja toisaalta tarkkuustarvetta. Ylikuormittumista ei tapahdu, jos laitteen virta ja jännite eivät ylitä laitteen leimausarvoja.

Tarkkuuden suhteen laitteet jaetaan käyttö- ja tarkkuuslaitteisiin. Ensisijaisesti on käytettävä halpoja käyttölaitteita ja kalliimpiin tarkkuuslaitteisiin tulee siirtyä vasta, kun ilmenee selviä perusteita.

Kytkenän teosta vastaavana "kytkentämestarina" toimii jokainen ryhmän jäsen vuorollaan. Kytkentä tehdään muuten valmiiksi, mutta syöttöjohtimia ei kytketä sähkönsyöttöön. Valmis kytkentä on aina esitettävä ohjaajan tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi ennen syöttöjohtimien kytkemistä. Jos hyväksyntä laiminlyödään, jää vahinkovastuu ryhmälle.

5.3 Mittauksen suoritus

Mittaus aloitetaan kokeilemalla järjestelmän toimivuutta ja toimialueen sopivuutta. Samalla tarkistetaan myös mittarien alueet ja muiden komponenttien kuormitettavuuden riittävyys. Varsinainen mittaus tehdään työohjeen ja ohjaajan lisäohjeiden mukaisesti.

Jos kytkennässä tarvitaan muutoksia, on jännite katkaistava ja piiri todettava jännitteettömäksi ennen kuin johtimia siirretään. Muutoksen tekoon ja jännitteettömyyteen on aina saatava ohjaajan hyväksyntä. Ennen muutostyötä on jännitteettömät syöttöjohtimet irrotettava. Muutoksen jälkeen on saatava ohjaajan lupa jännitteen kytkemiseen muutoksen suuruudesta riippumatta. (EC-alueen heikko-virtalaitteilla ohjaajan ohjeiden mukaisesti)

PC:llä tehtävät konfiguroinnit ja parametroidit dokumentoidaan kuvankaappauksin. Mittausarvoista laaditaan mittauspöytäkirja. Jos syntyy virheitä, yllivivataan väärät merkinnät ja lisätään oikeat. Jotta jälkikäteen tuloksia selvitetäessä ei puuttuisi oleellisia tietoja, on asiat merkittävä muistiin tarkasti periaatteella: mieluummin liian paljon kuin liian vähän.

Mittausten aikana on syytä laskea lopputuloksia ja piirtää graafisesti esitettävistä kohteista kuvaajia, jotta paljastettaisiin karkeat virheet ja puuttuvat tiedot sekä nähtäisiin mittaussarjan tulosten riittävyys. Ohjelmien oikea toiminta todennetaan jälkiselostusta varten kuvankaappauksin.

Ryhmän tulisi pyrkiä jo laboraation aikana analysoimaan tuloksien järkevyyttä, teorianmukaisuutta, ja syitä mahdollisiin poikkeavuuksiin sekä etsimään vastaukset esille tuleviin kysymyksiin.

Oppilailla voi olla omat kannettavat PC:t mukana laboraatioissa.

5.4 Työn päättäminen

Työtä päätettäessä turvallisuusvastuuhenkilö kytkee jännitteet pois päältä ja toteaa jännitteettömyyden.

Ohjaajalta pyydetään lupa kytkennän purkamiseen. Luvan jälkeen purkaminen aloitetaan irrottamalla ensiksi syöttöjohtimet jännitelähteestä.

Laitteista poistetaan omat merkinnät. Sitten laitteet, esitteet ja käyttöohjeet viedään niille varatuille paikoille. Mittajohtimet järjestellään värien ja pituuden mukaisesti omiin telineisiin. Hyvän tavan mukaisesti työpaikka siistitään ja järjestellään (myös jakkarat paikoilleen) ennen poistumista.

Viimeiseksi koko ryhmä yhdessä hakee ohjaajalta suoritusmerkinnän. Laboratoriosta saa poistua vasta ohjaajan annettua siihen luvan.

TYÖTURVALLISUUDESTA

6.1 Työturvallisuus jännitteettömässä laitoksessa

Sähkötyöt jaetaan käyttötoimenpiteisiin, töihin jännitteettömässä laitoksessa, töihin jännitteisten osien välittömässä läheisyydessä ja jännitetöihin.

Jännitetyöt on oppilaitoksen laboratoriossa ehdottomasti kielletty. Kaikki laboratorion kytkentä- ja muutostyöt tehdään jännitteettöminä.

Jännitteettömyyden varmistamiseksi on katkaisun jälkeen:

- TTVH:n todettava kytkennän jännitteettömyys,
- haettava jännitteettömyydelle valvojan hyväksyntä,
- aloitettava purkutyöt purkuluvan jälkeen syöttöasteesta,
- käsiteltävä johtimia aina eristetyistä liittimistä.

6.2 Käyttötoimenpiteet

Laboratoriossa käyttötoimenpiteitä ovat mittaukset valmiilla kytkennällä. Työturvallisuus riippuu oleellisesti erehtymis- ja vahinkoriskistä, jota voidaan pienentää seuraavasti:

Käytetään tarkoituksenmukaisia laitteita.

Laaditaan johdotukset selkeästi värejä käyttäen.

-ER1, EP1-2, EP5-7-laboratorioissa käytetään aina johtimia, jotka ovat irrotettuina kosketussuojaiset.

-EP3-4 ja EC1-6-laboratorioissa käytetään vastaavia johtimia yli 50 V:n jännitteille, mutta pienten jännitteiden (<50V) ja pienten virtojen johdottamiseen käytetään kosketussuojaamattomilla 2 mm:n banaani liittimillä varustettuja johtimia.

Vialliseksi havaittu johdin on toimitettava korjattavaksi.

Suojamaadoitetaan metallikuoriset laitteet (KeVi-johdin).

Kuljetetaan johtimet pöydillä ja estetään hankalien "ilmajohtojen" synty.

Vältetään turhia komponentteja (mm. tarpeettomia perättäisiä kytkimiä).

Viedään ylimääräiset johdot ja laitteet pois.

Sijoitetaan käyttölaitteet (kytkimet, säätimet..) selkeästi ja helposti käsiteltäviksi.

Säilytetään työpaikan yleinen siisteys ja järjestys.

Perehdytään huolella kytkennän osiin ja toimintaan.

Kytetään:

Järjestelmällisesti.

Virtapiiri kerrallaan alusta loppuun.

Ensiksi pääpiirit.

Toiseksi virtamuuntajien toisiopiirit.

Kolmanneksi ohjauspiirit (jännitemittaukset, ohjausjännitteet, yms).

Viimeiseksi jännitelähteeseen kytkennän tarkistuttamisen jälkeen.

Edellä olevan perusteella on tärkeätä, että jokainen kytkentä on ohjaajan hyväksymä ja ensikokeilu tehdään ohjaajan valvonnassa.

6.3 Työskentely suurjännitelaboratoriossa

Suurjännitetöissä on noudatettava seuraavia lisäsääntöjä:

Paikalla tulee olla aina vähintään kaksi henkilöä, jotka osaavat poistaa jännitteen.

Ennen kytkentätöihin ryhtymistä on jännitteelle alttiit osat työmaadoitettava.

Ensimmäisen jännitteen kytkennän tekee aina ohjaaja.

Suurjännitelaboratoriossa ei saa olla ulkopuolisia henkilöitä.

6.4 Erikoispiirteiden huomioon ottaminen

Piirejä, jotka eivät saa koskaan katketa virrallisina:

tasavirtakoneiden magnetointipiirit; katkeaminen aiheuttaa valokaaren, ylijännitteen ja tasavirtamoottorin ryntäämisen.

virtamuuntajien toisiopiirit: katkaisu aiheuttaa ylijännitteitä, muuntajan lämpenemistä, remanenssia, kyllästymistä ja mittausvirheitä.

Mittauspisteen (ja kytkennän) muuttamisen helpottaminen

sijoitetaan ohjauspiirien liittimet päälle ja pääpiiriin liittimet alle.

käytetään vaihtokytkimiä.

Kytkentävirtasysäykset on johdettava virtamittausten ohi ohituskytkimillä mm. moottorien käynnistyksissä ja kondensaattorien kytkemisissä.

Pienitehoisissa piireissä voi kosketuskohdan lämpeneminen aiheuttaa häiritsevän lämpöjännitteen, joka eliminoidaan kahteen suuntaan mittauksella ja keskiarvolla.

7. TYÖN HYVÄKSYMINEN JA LABORATORIOSELOSTUKSET

7.1 YLEISTÄ

Laboratoriokurssi sisältää useita laboratoriotöitä, joiden suoritus muodostuu

- esitehtävistä,
- varsinaisesta laboratoriotyöskentelystä,

- jälkitechävistä (ei kaikissa töissä)
- lopullisesta työselostuksesta

Ryhmän sihteeri tekee yhden laboratorioselostuksen, ellei ohjaaja anna erillisiä ohjeita kyseisestä työstä. Esitehtävien vastaukset on luovutettava ohjaajan tarkistettaviksi kurssilla sovitulla tavalla. Jälkitechävien vastaukset luovutetaan lopullisen laboratorioselostuksen yhteydessä. Laboratoriotyöskentely suoritetaan ryhmissä.

Työselostus tulisi tehdä mahdollisimman pian laboratoriotyön jälkeen, koska asiat ehtivät muutoin unohtua ja/tai mittauspöytäkirja saattaa osoittautua puutteelliseksi.

Työselostus tulee tehdä tekstinkäsittelyllä. Kytkenäkuvat ja mittasuureiden kuvaajat voivat olla siististi käsin piirrettyjä, mutta mieluummin piirto-ohjelmilla tuotettuja.

7.2 TYÖN HYVÄKSYMINEN

Laboratorioperiodin alussa kopioidaan kaikille kuittauslista, johon ohjaaja antaa ryhmän jäsenille suoritusmerkinnän suoritetusta laboratoriotyöskentelystä sekä sihteerille merkinnän luovutetusta laboratorioselostuksesta yleensä opintoporttaalin kautta.

Laboratorioselostus, joka koostuu kansilehdestä, esi- ja jälkitechävien ratkaisuista sekä työselostuksesta, on luovutettava seuraavan laboratoriotyön alussa tai ohjaajan ilmoittamana muuna aikana.

Laboratorioselostukset on luovutettava viimeistään sen periodin aikana kun työ on suoritettu. Puuttuva suoritus merkitsee keskeneräistä laboratoriokurssia ja aiheuttaa arvosanan hylätty.

7.3 ESI- JA JÄLKITEHTÄVÄT

Esitechävien tarkoituksena on perehdyttää työryhmän jäsenet etukäteen työn aihepiiriin ja/tai valmistella mittauksia etukäteen. Esitechäviin tulee ryhmän kaikkien jäsenten tutustua ennen työn tekoa niin perusteellisesti, että laboratoriotyöskentely sujuu täyspainoisesti.

Jälkitechävien tarkoituksena on kiinnittää työryhmän huomio työn tärkeimpiin ominaisuuksiin tai laitteiden rakenteisiin. Jälkitechävien vastauksia kannattaa miettiä jo laboratoriossa ja ne luovutetaan laboratorioselostuksen yhteydessä.

7.4 TYÖSELOSTUS

Työselostus muodostuu osista: yleistä, mittaukset ja tulokset, analysointi sekä liitteet.

Yleistä osassa selvitetään lyhyesti työn päätavoitteita, siihen liittyvää teoriaa sekä tutkitun kohteen rakenne- ja leimausarvoja.

Mittaus- ja tulos-osassa selvitetään suoritustapaa ja esitetään puhtaaksi piirrettyinä käytetyt kytkennät, joista tulee ilmetä kytkennän toiminta ja käytetyt laitteet. Käytettyjen kojeiden arvojen tulee näkyä ainakin mittauspöytäkirjassa.

Lisäksi esitetään tai johdetaan tulostuksessa tarvittavat laskukaavat, jos ne eivät esiinny jo yleisessä osassa. Käytetyt symbolit on myös esiteltävä. Lopuksi lasketaan esimerkki, josta selviää tulosten selvitystapa.

Kunkin mittauksen yhteydessä esitetään tulokset taulukoina ja sopivilta osin graafisesti. Taulukot ja kuvat numeroidaan ja varustetaan selväkielisillä sanallisilla otsikoilla. Graafisissa esityksissä käytetään joko tekstinkäsittely- ja taulukko-laskentaohjelmien suomia esitysmahdollisuuksia, käsin tehtyä kuvaajaa millimetripaperille tai tulostuslaitteiden suoraan tulostamia kuvaajia.

Mittaukset on analysoitava kunkin mittauskohdan lopuksi. Analysoinnissa on kiinnitettävä huomiota esimerkiksi seuraaviin asioihin:

- onko lopputulos teorian ja käytännön ennakkotietojen mukainen.
- jos poikkeavuuksia teoriasta on, mistä ne mahdollisesti johtuvat.
- jos jokin on mennyt pieleen, mistä se on saattanut johtua, mitä siitä on opittu.
- mitä käytännön mitoitus-, sovellutus- ja/tai rajoitukseikkoja mittaus toi esille.
- -virhetarkastelu on suositeltavaa, mikäli työn luonne sitä edellyttää.

Liiteosaan tulee mittauspöytäkirja ja sellaiset liitekuvat, jotka eivät järkevästi sovi itse selostuksen mittaus- ja tulostusosaan.

7.5 SELOSTUKSEN TARKISTUKSESTA

Ohjaaja tarkistaa selostukset ja palauttaa ne työryhmälle. Työryhmän on sopivalla tavalla selostuksia kierrättämällä varmistuttava siitä, että kukin ryhmän jäsen voi tutustua selostuksiin.

Selostusten arvostelussa kiinnitetään huomiota erityisesti asian esitystavan selkeyteen ja asian analysointiin. Selostus ei saa olla pelkkä puhtaaksikirjoitettu mittauspöytäkirja.

8. GRAAFISESTA ESITYKSESTÄ

Mittaustulosten esittäminen yksinomaan taulukon muodossa ei anna suureiden muuttumisesta tarpeeksi havainnollista kuvaa. Tästä syystä on pyrittävä esim. laboratoriomittausten lopulliset tulokset esittämään aina, kun se vain on mahdollista, myös graafisesti. Oppilaitoksessa tämä esitys kuuluu työselostukseen, teollisuudessa laborointipöytäkirjaan.

8.1 ERILAISIA GRAAFISIA ESITYKSIÄ

Yhden riippumattoman muuttujan funktio voidaan esittää seuraavia graafisia menetelmiä käyttäen:

- käyrät ja käyrästöt jatkuville funktioille.

- porraskuvaajat, epäjatkuville funktioille.
- pylväsdiagrammit, usean muuttujan summan esittämiseksi.
- sektoridiagrammit, prosentuaalisen jakaantumisen esittämiseksi.

Seuraavassa käsitellään vain käyriä ja käyrästöjä koskevia asioita.

8.2 KOORDINAATISTO

Koordinaattiakseleista on muistettava, että vaakasuora eli abskissa-akseli on argumenttia eli vapaata muuttujaa varten ja pystysuoralla eli ordinaatta-akselilla on sen funktion arvoja, jonka riippuvuutta argumentista esitetään.

8.3 ASTEIKOT JA MITTAKAAVAT

Asteikko on valittava siten, että nollopiste näkyy koordinaattiakselilla. Katkaistua asteikkoa saa käyttää vain eräissä poikkeustapauksissa.

Erilaisia asteikkoja ovat esimerkiksi:

- suoraviivainen eli lineaarinen asteikko
- neliöasteikko
- kuutioasteikko
- logaritminen asteikko

Asteikon pitää:

- olla riittävän selvä ja havainnollinen,
- antaa tarvittava lukematarkkuus,
- hajottaa mittauspisteet yli koko esitystavan.

Lukemisen helpottamiseksi saa yhtä yksikköä tai sen kymmenkerrannaista

(x 10, x 100, x 0.01 jne) vastata vain 1, 2 tai 5 ruudun pituinen matka.

Suoraviivaisilla asteikoilla olisi numeroitaessa käytettävä seuraavia lukusarjoja:

- -0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, jne
- -tai näiden kymmenkerrannaisia

Samalle akselille voidaan sijoittaa kaksi asteikkoa sen eri puolille.

Asteikon viereen on merkittävä:

- vastaava suure,
- mittayksikkö ja sen
- kerroin (kymmenen potenssi)

Esim. U/V, P/W , asteikkoon tulevat pelkät lukuarvot.

8.4 MITTAUSPISTEET

Mittauspisteet on merkittävä selvästi ja piirrettävä kohtuullisen suurina. Jokainen piste merkitään näkyviin, vaikka se ei osuisikaan tulevalle kuvaajalle. Kaikki pisteet eivät osu tarkasti kuvaajalle jo mittausteknillisistä syistä. Kuvaaja ei saa peittää pisteitä näkymättömiin, vaan pisteiden on oltava selvästi näkyvissä vielä kuvaajan piirtämisen

jälkeenkin. Eri kuvaajille kuuluvat pisteet on syytä erottaa toisistaan piirtämällä ne erilaisilla merkillä, esim. o, x, Δ, , tai eri väreillä.

8.5 KUVAAJIEN PIIRTÄMINEN

Jatkuva kuvaaja piirretään mittauspisteiden kautta käyttäen viivainta tai käyräviivainta. Joskus joudutaan kuvaaja piirtämään mittauspisteiden "painopistekuvaajana". On aina laboratoriotyön kestäessä tai heti sen päätyttyä syytä piirtää tuloksista alustava kuvaaja, jolloin saadaan tuoreeltaan esille mahdolliset mittausvirheet ja mittaukset voidaan uusina virheellisiltä osiltaan. Mittausten tuloksia ei kuitenkaan pidä "reduoida" sellaisiksi, että kuvaajista saadaan kauniin näköisiä. Eihän tällainen vääristely voi tulla työelämässäkään kysymykseen.

On jo opiskeluaikana totuttauduttava siihen, että esitettyjen tulosten on oltava luotettavia, olkoonpa ne työn tilaajan kannalta kuinka epämiellyttäviä tahansa.

Samaa asiaa esittävät kuvaajat on piirrettävä samaan koordinaatistoon, jotta vertailu olisi helppoa. Samoin on syytä menetellä myös silloin, kun tarkastellaan jonkin laitteen eri suureiden muuttumista saman argumentin funktiona.

Esim. oikosulkumoottorin $n = f(P_2)$, $\cos(\varphi) = f(P_2)$, $I = f(P_2)$, $s = f(P_2)$.

8.6 LISÄTIEDOT

Otsikko on aina välttämätön. Täytyyhän lukijan tietää, mitä kuva esittää.

Graafiseen esitykseen on syytä kirjoittaa kohtuullinen määrä selityksiä. Numerot, jotka viittaavat johonkin tekstiin, tekevät esityksen epähavainnolliseksi ja tarkastelun työlääksi. Sen sijaan pieni kaaviokuva tai kytkentäkaavio sopii hyvin selitykseksi.

Jokaisen kuvaajan viereen tulee merkitä, mistä kuvaajasta on kysymys, esim.

$U = f(I)$.

Nämä ohjeet on päivitetty 28.8.2014

Elektroniikka ja tietotekniikan laboratorion (EC-laboraation) johtaja

Antti Virtanen

Martti Mustonen

Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorion (EP-laboraatio) johtaja

Kari Jokinen

Laboratorion sähkötöiden johtaja

Markku Suistala

