



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

**SÄHKÖTEKNIIKAN VERKKO-
OPETUSMATERIAALI KONE- JA
TUOTANTOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMAN
TARPEISIIN**

Kimmo Korpela

Opinnäytetyö

Toukokuu 2011

Kone- ja laiteautomaatio

Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Kimmo Korpela	Sähkötekniikan verkko-opetusmateriaali kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman tarpeisiin
Opinnäytetyö	33 sivua + 54 liitesivua
Työn ohjaaja	Olavi Kopponen
Työn tilaaja	Tampereen ammattikorkeakoulu
Valmistumisaika	Toukokuu 2011

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli osoittaa, kuinka Moodle-verkko-opetusohjelmaa voidaan käyttää osana opetuksessa Tampereen ammattikorkeakoulussa järjestettävällä sähkönkäyttö-laboraatoriokurssilla. Työssä haluttiin nykyaikaistaa oppimisympäristöä sekä helpottaa vuorovaikutusta muihin opiskelijoihin ja opettajaan opetusohjelman kautta. Ohjelma vapauttaa opiskelijat erillisen oppimateriaalin hankinnasta, sillä aikaisempi kirjallinen oppimateriaali liitettiin verkkokurssin sisältöön. Myös kurssilla tarvittavat mittauspöytäkirjat ja niiden palautus saatiin liitettyä osaksi verkko-opetusta.

Tämän työn alkuosiossa perehdytään Moodlen taustoihin, käyttöön ja ohjelman sisältämiin rooleihin ja käytettävyyteen. Tämän jälkeen perehdytään oppimisteorioihin ja -malleihin, jotka ovat ongelmaperustainen oppiminen, tutkiva oppiminen ja kognitiivinen oppiminen. Näistä kaksi ensimmäistä ovat oppimismalleja ja kognitiivinen oppiminen edustaa oppimisteoriaa. Tämä pedagoginen osio tukee kurssin tavoitetta saada oppijalle yhteys käytännön ja teorian tasoilla sekä edistää ongelmanratkaisukykyä. Viimeisessä osiossa tarkastellaan kurssin luomista ja hallinnointia sekä uudelleen muokkaamista.

Työtä käytettiin yhdessä opettajan ja opiskelijoiden kanssa aidossa oppimisympäristössä ja siihen saatiin käytännön kautta palautetta käyttäjiltä. Palautteen perusteella voitiin vielä haluttaessa tehdä muutoksia järjestelmään. Lopullinen palaute saatiin kurssin loputtua, jolloin opetettavan kurssin onnistuminen kulki käsi kädessä verkkokurssin onnistumisen kanssa. Näin ollen kurssi saatiin vielä viimeistelyä kurssilla käytettäviin mittalaitteisiin ja muuhun opetusympäristöönsä sopivaksi. Lopputuloksena saatiin kurssille aikaisempaa helpompi vuorovaikutus, tiedonhankinta ja käyttökokemus.

TAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and production engineering

Machine automation

Kimmo Korpela	Electrical Engineering e-learning material for machinery and production technology training needs
Thesis	33 pages + 54 appendices
Thesis supervisor	Olavi Kopponen
Co-operating company	TAMK
Graduation time	Maj 2011

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to show how Moodle learning environment can be used as a part of teaching. The aim was to modernize the teaching and ease the interaction between the teacher and the students in electrical application laboratory course taught in Tampere University of Applied Sciences. The learning material of the course which was previously only available only as a hard copy was added to Moodle. The laboratory log sheets and their return for evaluation was also incorporated to Moodle.

The background, usage, user roles and usability are introduced in the first part of the thesis. After that learning methods and models such as problem-based learning, progressive inquiry and cognitive learning. This pedagogical part creates the connection between the theoretical and practical learning in the course. The last part of the thesis explores the creation, management and updating the course in Moodle.

The work that this thesis is based on was done in actual learning environment with the teacher and the students of the course and feedback was acquired from them. The received feedback was used to perfect the layout of the material in Moodle. As a result the students of the course have improved interaction with the teacher, the course material is easily available and the learning experience is enhanced.

Keyword's: Moodle, webteaching, laboratory, electricity

Alkusanat

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Olavi Kopposta hänen antamistaan lukuisista neuvoista ja materiaaleista tätä opinnäytetyötä kohtaan. Haluan kiittää häntä myös tästä mahdollisuudesta osallistua tähän projektiluontoiseen kurssin luomiseen. Sekä haluan kiittää hänen oppilaitaan, joiden ansiosta olemme saaneet käytännön kautta kurssin toimivuudelle palautetta.

Haluan kiittää myös minun opinnäytetyö pariani Sergi Ausetia, joka on myös edesauttanut minun työni valmistumista, antamalla hyviä neuvoja ja jakamalla asiantuntijuutta. Hänen kanssaan on ollut ilo työskennellä, sekä viettää yhteistä aikaa hänen ollessaan Suomessa vaihto-opiskelussa.

Haluan kiittää myös Antti Impiötä, joka on jakanut minulle tietoteknistä asiantuntijuuttaan.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO.....	7
2 MOODLE.....	8
2.1 Moodle roolit.....	9
2.1.1 Opiskelijarooli.....	9
2.1.2 Opettajarooli.....	10
2.1.3 Vierailijarooli.....	12
2.1.4 Ylläpitäjärooli	12
2.2 Moodle aineistotyytit.....	13
2.3 Moodle aktiviteettityypit.....	14
3 OPPIMISMALLIT JA TEORIAT.....	16
3.1 Tutkiva oppiminen.....	16
3.1.2 Tutkivan oppimisen oppimisprosessi.....	17
3.2 Kognitiivinen oppiminen.....	17
3.2.1 Kognitiivisen oppimiskäsityksen taustaa.....	18
3.2.2 Skeemojen vaikutus.....	18
3.2.3 Oppimisprosessi ja Orientaatio.....	18
3.2.4 Tulosten prosessointi.....	19
3.3 Ongelmaperustainen oppiminen.....	19
3.3.1 Ongelmaperustaisen oppimisen kehitys Suomessa.....	19
3.3.2 Ryhmän toimiminen PBL- tehtävissä.....	20
3.3.3 Roolit PBL- tehtävissä.....	21
4 VERKKOKURSSIN LUOMINEN JA HALLINTA	22
4.1 Kurssinäkökulma.....	22
4.2 Kurssin hallinnointisarakeet.....	23
4.2.1 Henkilöt.....	23
4.2.2 Aktiviteetit.....	24
4.2.3 Ylläpito.....	24
4.2.4 Omat kurssini.....	26
4.3 Kurssimateriaalin lisäys.....	26
4.3.1 Tee uusi tekstisivu.....	27
4.3.2 Linkitä tiedostoon tai web-sivuun.....	27
4.3.3 Tentti.....	28
4.3.4 Kysymysten lisääminen tenttiin.....	29
4.3.5 Kysymyksien luominen.....	30
4.3.6 Wiki.....	30
4.4 Mittauspöytäkirjat.....	31
4.4.1 Tehtävien kirjaaminen.....	31
4.4.2 Tehtävien palautus.....	32
5. LÄHTEET.....	33

6. LIITTEET.....	34
6.1 Sisällysluettelo.....	34
6.2 Tasavirtapiirin tutkiminen, teoriaa (1.1-1.7).....	35
6.2.1 Tasavirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 1 ja 2.....	41
6.2.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 1 ja 2.....	43
6.2.3 Mittauspöytäkirjat työ 1 ja 2.....	44
6.3 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa (2.1-2.7).....	47
6.3.1 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 3, 4 ja 5 (2.8).....	59
6.3.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 3, 4 ja 5.....	63
6.3.3 Mittauspöytäkirjat työ 3, 4 ja 5.....	64
6.4 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa (3.1).....	66
6.4.1 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 6 ja 7 (3.2).....	72
6.4.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 6, 7.....	76
6.4.3 Mittauspöytäkirjat työ 6 ja 7.....	78
6.5 Ohjauskytkennät ja ylikuormitussuojaus, laboraatiotyöt 8, 9, 10 ja 11 (4.)	80
6.6 ST-kortistoon tutustuminen, laboraatiotyö 12 (5.).....	84
6.7 Kuvia opetustilanteista.....	85

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

1 JOHDANTO

Voidaan sanoa, että enää ei eletä verkko-opetuksen murrosaikaa, vaan että se on lähes väistämättä osana nykyaikaista opetusta. Verkko-opetusohjelmien kirjo on laaja, ja eri oppilaitoksissa käytettävät ohjelmat määräytyvät niiden käytettävyyden ja oppilaitosten tason ja tarpeiden mukaan. Yleinen käytäntö on, että oppilaitoksissa saataisiin standartoitua yhteinen opetusohjelma, jota voitaisiin käyttää eri oppiaineiden opetuksessa. Tämä käytäntö mahdollistaa sisäisen tiedonkulun sujuvuuden, aineistojen ja käyttöjärjestelmien yhteensopivuuden sekä helpottaa oppimisprosessin käsittelyä. Ei voida silti sanoa, että ollaan saavutettu jokin uudenlainen opetustaso tai -tyyli, joka olisi vielä tulevaisuuden oppimista, vaan opetusohjelmat kehittyvät koko ajan nopeaa vauhtia uusien tarpeiden ja innovaatioiden mukaan.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Moodle-opetusohjelman hallintaan ja kurssin luomiseen. Kurssin luominen tapahtui siten, että sitä sovellettiin meneillään olevaan opetukseen ja näin ollen saatiin välitön tulos kurssin onnistumisesta ja mahdollisista puutteista. Kurssin käyttäjinä toimivat aikuisopiskelijat, jotka olivat suorittamassa voimasähkö-laboraatiokurssia. Tämä antoi varmuuden siitä, että kurssi toimi käytännön opetuksessa ja oli näin ollen valmis kokonaisuus seuraaville oppilasryhmille.

Työn alkuosiossa kerrotaan ohjelman eri roolivaihtoehtoista ja niiden eri tehtävistä. Kappaleessa kolme perehdytään oppimisteorioihin ja -malleihin, joita yleisesti sovelletaan osana käytännön opettamista ja pyritään tehostamaan sitä. Työn loppuosiossa havainnollistetaan kurssin luomista sekä aineistojen liittämistä ja muokkaamista osaksi uutta oppimistapaa. Työn loppuun on liitetty kurssilla käytettävä oppimismateriaali ja oppilastöiden kytkentäkuvia.

2 MOODLE

Moodle on ilmainen internetpohjainen ohjelma, jolla luodaan virtuaalista opetusta verkkosivujen kautta. Moodle opetusohjelma on käännetty yli 80 eri kielelle. Moodle ohjelma on kaikille vapaasti ladattavissa Moodlen kotisivuilta, josta saadaan myös teknistä tukea sen käyttämiseen. Nämä ovat syitä Moodlen suosioon ja siksi se on myös kasvanut hyvin maailman laajuiseksi opetusvälineeksi, jolla on jo lähes 35 miljoonaa käyttäjää.

Moodlen käyttötarkoitukset ovat hyvin laajat, sekä muokattavuus erinomainen erilaisilla liitännäisohjelmilla. Moodlen tärkeimmiksi ominaisuuksiksi lasketaan myös sen kyky edistää vuorovaikutusta, helppous sisällön tuottamisessa, sekä materiaalin jakamisessa. Sana Moodle on lyhenne englannin kielen sanoista Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, jolla luonnehditaan sen perinpohjaista tarkoitusta. Moodle tukee kaikkia suurimpiä käyttöjärjestelmiä, kuten Windows- ja Mac -käyttöjärjestelmiä ja suurelta osin myös Linux käyttöjärjestelmää.

Ohjelmiston alullepanijana pidetään australialaista Martin Dougiamasia. Hänen kanssaan Moodlea ovat kehittäneet yli tuhannet asiantuntijat ympäri maailmaa, ja näin ollen ohjelmistosta on saatu muokattua toimiva ja kattava opetusohjelma. Moodlen kehitys alkoi vuodesta 1999, ja uudenaikaisella ohjelmistopäivityksellä 2001 lähtien.

Rekisteröityjä sivustoja	49.557
Maiden lukumäärä	211
Kurssien lukumäärä	3.901.343
Käyttäjien lukumäärä	38.053.301
Opettajien lukumäärä	1.126.893

Taulukko 1: Tilasto moodlesta 16.11.2010: <http://moodle.org/stats/>

2.1 Moodle roolit

Moodlen eri roolit ovat tarkoitettu ottamaan huomioon kunkin käyttäjäryhmän tarpeet ja oikeudet Moodle opiskelussa. Ylimpänä rooleista ja ns. täysin valtuuksin toimiva rooli on ylläpitäjä, josta lähtien sektiöt jaetaan aina pienimmiksi ja ohjatummiksi rooleiksi aina vierailijarooliin saakka. Rooleissa, kuten nimikin sanoo, on siis luokiteltu käyttäjäkunnat erikseen. Näistä jokainen käyttää itselleen tarkoitettua roolia, eli itsellensä tarkoitettua sovellusta.

2.1.1 Opiskelijarooli

Opiskelijana oleminen Moodlella on koitettu tehdä mahdollisimman johdonmukaiseksi, jotta jokainen ensikertalainenkin pääsisi mahdollisimman helposti alkuun Moodlen käytössä.

Opiskelijan käyttöoikeudet ovat rajattu mahdollisimman turvallisiksi, jotta ensikertalainenkaan ei pysty poistamaan tai tuhoamaan mitään tärkeää kurssisisällöstä. Näin opiskelijan on helpompi tutustua käyttämiseen ilman suurta pelkoa virheiden tekemisestä.

•Kurssin aloitus

Käyttö alkaa kun Moodleen kirjaudutaan omalla käyttäjätunnuksella *kirjaudu* -painikkeesta. Tämän jälkeen avautuu omat käyttäjätiedot, jotka ovat muokattavissa. Käyttäjätietoihin voi lisätä myös oman kuvansa, joka esiintyy nimiotsakkeissa muille. Kuva helpottaa huomattavasti tutustumista, sekä osallistujien tunnistamista. Kuva on lisättävissä muokkaussivun *kuva* -painikkeesta.

Tämän jälkeen osallistuja hakee oman kurssinsa kurssiluettelosta. Kurssin voi hakea joko kurssitunnuksella, nimellä tai selata kurssi kategorioista. Kun käyttäjä on ensimmäisen kerran kirjautunut omalle kurssilleen, niin se ilmestyy jatkossa ohjelman aloitus -sivulle ja näin sitä ei tarvitse enää hakea luettelosta uudestaan. Kurssille kirjautumisessa saatetaan kysyä salasanaa, eli kurssiavainta, jonka saa opettajalta tarvittaessa. Tämän jälkeen kurssin etusivu aukeaa ja kurssille lisätyt materiaalit ja aktiviteetit näkyvät kurssin keskipalstalla.

•Aktiviteetit ja materiaalien käyttö

Kurssin kaikki aktiviteetit ja materiaali ovat käytettävissä napsauttamalla niiden kohdalta. Aktiviteetin kohdalla on myös symboli, joka ilmaisee minkä tyyppinen kulloinenkin aktiviteetti on. Pääsääntöisesti aktiviteetit ovat tyypeiltään aineisto, keskustelu, tehtävät ja tenttityyppisiä. Aineisto tyyppisessä materiaalissa on yleensä kurssiin liittyvää teoriaa, joka antaa ohjausta mahdollisille kurssilla oleville tehtäville. Aineistotyyppinen materiaali on yleensä tekstiä ja kuvia, mutta siihen voidaan lisätä myös videoita ja äänitiedostoja. Keskusteluosioon voi lisätä kysymyksiä, vastauksia tai mietteitä kurssin asioista ja nämä ovat kaikkien kurssilaisten luettavissa. Keskusteluosio auttaa hyvin kaikkien ongelma-tilanteiden ratkaisuisissa. Tehtävä ja tentti tyyppiset aineistot ovat opettajan luomia kysymyksiä, jotka voivat vaihdella hyvin paljon. Kun nämä aktiviteetit on tehty ja palautettu, näkee opettaja kulloisenkin oppilaan tenttimenestyksen ja suorituksen. Tentti on monesti myös osana kurssin suorittamista ja arvostelua.

2.1.2 Opettajarooli

Opettajan rooli Moodlella on luoda oppilaille kurssi ja sen sisältö. Kyseisessä roolissa tarvitsee perehtyä ohjelman toimintaan huomattavasti tarkemmin ja syvällisemmin kuin oppilasroolissa. Kurssin tekemisessä on pääsääntöisesti kolme vaihetta, jotka ovat kurssin perustaminen, materiaalin ja aktiviteettien lisäys ja muokkaus, sekä kurssin arvioiminen. Näihin kaikkiin osa-alueisiin liittyy myös niihin tehtävät rajaukset, joita ovat kurssin ja tenttien aukeaminen, avainsanat, aikarajat, yrityskerrat, roolit, yms..

•Kurssin perustaminen

Kurssin perustaminen tapahtuu joko pyytämällä Moodle -ylläpidolta kurssipohjan tai sitten kurssiluettelon alareunasta olevasta ”Lisää uusi kurssi” -painikkeesta. Mikäli kyseistä painiketta ei ole sivustolla, niin silloin ei ole kurssinluomisoikeutta. Tämän oikeuden saa kuitenkin pyytämällä Moodle -ylläpidolta. Tämän jälkeen kurssille asetetaan perustiedot, joita listataan valmiiseen taulukkoon. Nämä kyseiset tiedot antavat rajat kurssin rooleista, tiedostokoosta, arvioinneista, kurssin saatavuudesta, sekä materiaalien hallinnasta.

Tämän jälkeen kurssille lisätään osallistujat ylläpidon *jaa rooleja* -toiminnon avulla. Kurssille osallistujilla pitää olla oma verkkotunnus jolla he pääsevät kirjautumaan kurssille. Tämän toiminnan avulla määritellään myös, kenellä on kurssille opettajanrooli ja kenellä oppilasrooli. Kurseilla voi lisätä useampiakin opettajia, mikäli samaa kurssia opettaa useampi eri opettaja.

•Kurssin sisällön lisäys ja muokkaus

Kurssin materiaalin ja aktiviteettien muokkaus tapahtuu, kun on ensin valittu *muokkaustila päälle* -toiminto. Tämän jälkeen lisätään tarvittava määrä numeroituja palstoja sivun keskilohkoon, joihin eri kurssi osa-alueiden materiaalit sijoitetaan. Kurssin materiaalin ja aktiviteettien lisäys tapahtuu *lisää aineisto-* ja *lisää aktiviteetti* -painikkeista. Tämän jälkeen painikkeiden alta esiintyy lista erilaisista materiaali ja aktiviteetti muodoista. Jokaista aiheosiota voidaan vielä muokata jälkeenpäin painamalla *muokkaa* -kuvaketta.

Tiedostoille Moodlella on oma tiedosto alueensa, mihin saa kerätä tarvitsemansa tiedostot. Eri osa-alueiden tiedostot on hyvä pitää omissa kansioissa, joka tuo paljon selkeyttä tiedosto osioon ja nopeuttaa sen käyttöä. Tiedostojen lisääminen omalta kovalevyltään tapahtuu *lisää tiedosto* -painikkeen avulla. Moodleen sopivien tiedosto tyyppien sopivuus on aika kattava, mutta silti joitakin oleellisia rajoitteita siinä esiintyy. Esimerkkinä word -tekstisivu muodossa ladattu tiedosto saattaa jättää kuvamateriaalin vallan pois tekstien joukosta. Näissä tapauksissa kannattaa yrittää soveltaa jotakin muuta formaattia, jotta haluttu tiedosto säilyttäisi alkuperäisen muotonsa. Tiedostoissa on myös hyvä ottaa huomioon niiden koko, sillä hitaalla yhteydellä suuren tiedoston lataaminen voi kestää useita minuutteja. Nämä tiedostot näkyvät oppilasroolissa oleville vasta silloin kun ne ovat linkitetty kurssin etusivulle omiin linkkeihinsä.

•Suoritusten arviointi

Kurssin tehtävien ja tenttien suorittamiselle voidaan määrittää omat pisteet ja pisterajat, joiden mukaan kokonaisarvosana muodostuu suorituksesta. Vaikka suoritus ei olisikaan tapahtunut moodlessa, voi tehtävien pisteet lisätä moodle järjestelmään, jonka jälkeen se laskee ne mukaan yhteispiste määrään moodle tehtävien kanssa.

Monivalinta kysymyksiin ja vaihtoehto kysymyksiin ohjelma laskee automaattisesti saadut pisteet yhteen ja kertoo jokaisen osallistujan yhteispistemäärän ja näyttää suorituksen. Sanallisiin tehtäviin opettaja antaa itse pisteityksen ja palautteen, jonka jälkeen ohjelma laskee annetut pisteet yhteen muiden tehtävien kanssa. Arvosanojen pisteitys tulee määrittää kurssin vaatimuksen perusteella, jonka opettaja saa itse päättää.

2.1.3 Vierailijarooli

Vierailija käyttäjällä ei ole tunnuksia Moodle kurssille, eikä häntä ole lisätty kurssin osallistujalistaan. Tämä henkilö voi silti tutustua kurssin sisältämiin aiheisiin, mutta ei voi olla mukana aktiivisena jäsenenä kurssilla. Henkilöllä on näin mahdollisuus ottaa selvää sisältääkö kurssi hänelle merkittäviä asioita ja päättää tämän pohjalta aikooko osallistua kurssille myöhemmin.

2.1.4 Ylläpitäjärooli

Ylläpitäjän roolissa oleva voi Moodlessa täysin rajoituksetta lisätä, poistaa ja muokata sovellutuksia. Tätä roolia pidetään kaikista korkeimpana rooliportaikossa ja sen käyttäjältä myös odotetaan eniten. Ylläpitäjän tehtäviin kuuluu siis jakaa opettajat, tehdä ohjelmisto päivitykset, luoda kurssipohjat, sekä jakaa eri rooleille eri oikeuksia. Tätä roolin haltijaa voidaan myös pitää ohjelmiston haltijana. Tämä ei kuitenkaan tarkoita että ylläpitäjiä olisi vain yksi, vaan sen oikeuden voi jakaa kaikille sitä tarvitseville.

2.2 Moodle aineistotyypit

- **Tee uusi tekstisivu**

Tekstisivu voidaan luoda Moodlen omalla editorilla, jolloin teksti voidaan kirjoittaa suoraan editoriin. Teksti voidaan myös kopioida tekstinkäsittelyohjelmasta tai muistiosta kopioi -liitä-toiminnolla.

- **Tee uusi web-sivu**

Uusi web-sivu luodaan kuten uusi tekstisivu. Sivut voivat sisältää tekstiä, kuvia, mutta myös ääntä videoita ja jopa pelejä. Tämä osio voi siis sisältää kaikkea sitä materiaalia mitä yleisesti muutkin websivustot.

- **Linkitä tiedostoon tai web-sivuun**

Tämän toiminnon avulla ladataan jokin tiedosto tiedostoalueelle, tai sitten se on suora linkki jollekin tietylle nettisivustolle. Tätä aineistotyyppiä käytetään yleensä silloin, kun halutaan liittää jotakin valmista materiaalia kurssille.

- **Näytä hakemisto**

Hakemistoa käytetään mikäli kurssilla on paljon ladattavia tiedostoja. Tämä on materiaaleille tarkoitettu alikansioina, jolloin kurssin yleiskuvasta tulee siistimpi.

- **Lisää ims -sisältöpaketti**

IMS-sisältöpaketit ovat IMS Content Packaging määrittelyn mukaisia oppimateriaali paketteja.

- **Lisää otsikko**

Lisää otsikolla voidaan tehdä etusivulle väliotsikoita, jotka selkeyttävät sivustoa. Tämä toiminto ei siis varsinaisesti ole aineisto.

2.3 Moodle aktiviteettityypit

- **Chat**

Chat -aktiviteetti on tarkoitettu reaaliajassa tapahtuvaan keskusteluun oppilaiden kesken.

- **Keskustelu alue**

Keskustelualue on paikka, johon voi jättää viestejä toisille käyttäjille. Viestit tallentuvat osioonsa ja ne voi käydä sieltä lukemassa milloin vain. Näin ollen viesteihin on mahdollista vastata, täydentää tai tehdä jatkokysyksiä.

- **Kysely**

Kyselyä voidaan käyttää jos halutaan ryhmältä jotakin mielipiteitä asioista. Yleisin käyttö kyselylle on yleensä kurssin palautteenanto.

- **Oppitunti**

Oppitunti -aktiviteettiin voi lisätä kysymyksiä tai tehtäviä, jotka etenevät johdonmukaisesti niitä tehdessä.

- **Sanasto**

Sanastoon voi kerätä kurssin avainsanoja, sanastoa, tärkeimmät aiheet yms. Tätä osiota voi käyttää lähes kaikkeen luettelomaiseen materiaaliin.

- **SCORM**

SCORM aktiviteetti on tarkoitettu SCORM -muotoisia tiedostoja sisältävälle oppimateriaaleille.

- **Tehtävät**

Tehtäväaktiviteetti sisältää useita valmiita tehtävätyyppi malleja joita tehtäviä l aadittaessa on hyvä käyttää hyväkseen. Tehtävätyypit voivat olla sanallisia, vaihtoehtoratkaisuja tai tiedoston lähettämistyyppisiä. Tehtäville voi rajata palautustavan, niiden arvostelun ja aikataulun. Yleisesti ottaen tämä osio on hyvin paljon muokattavissa monen eri tyyppiseksi.

- **Tentti**

Tentti aktiviteetilla voidaan luoda kysymyssarjoja ja määrittää niihin oikeat vastaukset, sekä haluttu palaute. Tehtävien tyyppi, pisteytys sekä palaute on täysin muokattavissa haluamaansa muotoon. Kyseistä aktiviteettiä käytetään yleensä, kun halutaan saada selville kuinka hyvin opetettavat asiat ovat sisäistetty.

- **Tietokanta**

Tietokanta on tarkoitettu helpottamaan aiheosioiden jakamista erillisiin aihekortistoihin, jotka määrittelevät eri aiheiden materiaalit omiin osioihinsa. Tämän osion tarkoitus on selkeyttää ja helpottaa asioiden etsimistä.

- **Valinta**

Käytetään kun halutaan tehdä jokin päätös tai mielipide kysymys luokalta, eli niin sanottuihin äänestyksiin käytettävä aktiviteetti.

- **Wiki**

Wiki on yhteisöllisesti muokattavissa oleva sivusto. Sivustoa voidaan käyttää silloin kun yhteisesti halutaan tuottaa erilaisia dokumentteja.

3 OPPIMISMALLIT JA TEORIAT

Monesti toivotuin lähtökohta opetuksessa on saada yleisö ymmärtämään asiat sekä teorian, että käytännön tasolla, siten että he saavat selvän yhteyden niiden välillä. On selvää että tiedon jakamisen onnistumisessa on saatava kohdehenkilöiden fyysiset- ja henkiset aistit positiivisesti heräämään opetettavaan aiheeseen. Tämän vuoksi on kehitetty paljon erilaisia opetusmalleja ja pyritty luomaan mahdollisimman hyvät oppimista kehittävät oppimisympäristöt. Näitä asioita valittaessa on otetta huomioon haluttu lopputulos ja henkilöiden eri tarpeet oppimiselle. Oikean opetustavan valitsemisen lisäksi on myös huomioitava käytössä olevat ajallisten sekä materiaalisten resurssien määrät.

Laboratoriollisilla opetuksilla tarkoitetaan, että perehdytään konkreettisesti käytännön asioihin. Useasti laboratoriotyöt toteutetaan ryhmätyöskentelynä, jossa ryhmä yhdessä pohtii eri ratkaisuvaihtoehtoja, tiedonhankintaa, ryhmän rooleja, sekä harjaannutetaan sosiaalisia taitoja ryhmähengen luomisessa. On siis selvää että pelkän tehtävän sisältävän käytännön harjoitteiden lisäksi opitaan työelämässä tarvittavia työskentelytapoja. Tässä osiossa perehdytään juuri käytännön kautta oppimiseen tarkoitettuihin oppimismalleihin ja teorioihin.

3.1 Tutkiva oppiminen

Tutkiva oppiminen on pedagoginen malli, jonka tarkoituksena on johdattaa oppijat yhteisölliseen tiedon tuottamiseen. Malli korostaa pyrkimystä ymmärtää tutkimuksen kohteena olevien ilmiöiden tai ratkaisuiden monimutkaisia ongelmia. Työskentely kohdistuu käsitteellisten ongelmien ratkaisuun, joita ei aikaisemman tietopohjan, kuten opettajan tiedon tai oppikirjan, avulla voida ratkaista, vaan se vaatii uuden tiedon etsimistä ja keräämistä eri tietolähteistä. Työskentely syvenee prosessina, joka on omien kysymysten ja selitysten sekä kerätyn informaation vuorovaikutusta ja jakamista. Koska työskentely on yhteisöllistä, jaetaan yksilöiden tiedot ja niistä saadaan luotua mahdollisimman pätevä kokonaisuus. Oppijalle muodostuu prosessin aikana kyky käsitellä laajoja asiasisältöjä sekä harjoittaa onnistunutta tiedonrakentelua. Hyvin tärkeää on myös opettajan rooli prosessin ohjaajana.

3.1.2 Tutkivan oppimisen oppimisprosessi

Tutkiva oppiminen on parhaimmillaan vaiheittain etenevä prosessi. Tehtävänannon kysymykset ja niiden muodostavat ongelmat muuttuvat vähitellen täsmällisiksi ja tarkasti perustelluiksi vastauksiksi ja tuloksiksi. Tutkivan oppimisen kulku voidaan jakaa oppimisprosessin eri vaiheisiin.

Oppimisprosessi alkaa kontekstin luomisella. Konteksti tarkoittaa tutkivan oppimisen pohjalta tutkimusongelman liittämistä ja vertailua laaja-alaisesti merkittäviin ongelmiin, sekä tavoitteiden asettamista. Kun oppijaryhmä on käsitellyt aiheen perusrakenteen, siirrytään ongelman määrittämiseen. Ongelman määrittäminen on yksi tärkeimmistä prosessin vaiheista, sillä jos määrittäminen on vajanainen tai väärä, on työn tulos myös automaattisesti epäonnistunut. Ongelman määrittämisen vaiheessa ryhmä luo kysymykset, joiden kautta ongelmaa lähdetään selvittämään. Asetettujen kysymysten ja vaatimusten tulee olla mahdollisimman vaativia ja paljon työstettäviä, jotta työn tulos olisi korkealaatuinen.

Kun prosessi on edennyt ja oppija on kerännyt tietoa sekä käsitellyt sitä, siirrytään kriittiseen arviointiin. Kriittisen arvioinnin tavoitteena on löytää eri osa-alueiden heikkoudet ja tämän pohjalta aloittaa syventävän tiedon etsintä.

Oppimisprosessin lopuksi tehdään yhteenvetoa sekä omasta että yhteisestä oppimisesta, sekä tarkennetaan sen pohjalta teorioita, sekä tuloksia jaetun asiantuntijuuden kautta.

3.2 Kognitiivinen oppiminen

Kognitiivinen oppiminen voidaan jaotella karkeasti kolmeen pääosaan: taustatekijät, oppimisprosessi ja oppimisen tulokset. Näille kolmelle osa-alueelle luo pohjan oppijan sosiaalinen ympäristö sekä hänen oppimiskulttuurinsa. Kognitiivisessa oppimisessä kiinnitetään huomiota erityisesti oppimisprosessin laatuun. Oppiminen onkin näin ollen aktiivista ja tavoitteellista toimintaa. Oppija valikoi, selittää sekä konstruoi eli käsittelee rakenteellisesti prosessin tietoa (Hakkarainen, Bollström-Huttunen & Pyysalo 2005).

3.2.1 Kognitiivisen oppimiskäsityksen taustaa

Kognitiivinen, eli ajattelun, muistin ja kielen tutkimukseen keskittynyt suuntaus alkoi kehittyä 1950- luvulla. Suuntaus korosti lähinnä tiedon taltioitumista muistiin tietynlaisten prosessien seurauksena. Kyseisen suuntauksen edustajat eivät pyrkineet luomaan yhtä eheää selvitystä sille, kuinka oppiminen tapahtuu, vaan korostivat kunkin oppimistilanteen yksilöllisyyttä. Myös oppijan oma toiminta ja sisäiset mallit käsitettiin keskeisiksi oppimisen kannalta. Kognitiivinen suuntaus vaikuttaa myös nykyisissä oppimiskäsityksissä ja on myös varsin suosittu ja toimivaksi havaittu oppimiskäytäntöjen malli sekä pohja.

3.2.2 Skeemojen vaikutus

Oppijan omilla henkilökohtaisilla taustatekijöillä eli skeemoilla, on suuri vaikutus opiskeluprosessin kulkuun. Tällaisia tekijöitä ovat mm. aikaisemmat tiedot, taidot, kyvyt ja tunne-elämä. Näiden pohjalta oppija muodostaa suhtautumisensa opiskelun tekijöihin, kuten opetusmenetelmään ja oppimateriaaleihin. Monipuoliset opiskelu- ja opettamismenetelmät tukevat oppijoiden erilaisia skeemoja, ja ovat täten toimivia.

3.2.3 Oppimisprosessi ja Orientaatio

Oppimisprosessissa keskeisiä ovat kognitiiviset eli tiedonkäsittelyyn liittyvät toiminnot, kuten ajattelu ja muistitoiminnot. Ihanteellisessa tapauksessa oppijan ajattelu kehittyy ja käsitykset opittavista asioista muuttuvat. Tämä johtaa oppimistuloksiin. Näitä ajattelun ja käsityksen muutoksia ei välttämättä pyritä varsinaisesti opetuksen kautta muokkaamaan, vaan ne opitaan tiedostamatta, käytännön prosessien ja tehtävien yhteydessä. On tärkeää että heti työtehtävän alussa oppijalle hahmottuu oikeanlainen orientaatiopohja. Orientaatiopohjan luominen on opettajan vastuulla. Orientaatiopohjan voi luoda esimerkiksi hyvällä mallintamisella luomalla: kaavakuva, sisällysluettelo, pienoismalli tai hyvä esimerkki. Oleellista on, että orientaatiopohja antaa selkeän kokonaiskuvan opittavan asian rakenteesta ja yhteyksistä.

3.2.4 Tulosten prosessointi

Viimeisessä kognitiivisen oppimisen vaiheessa korostuu voimakkaasti tulosten reflektointi. Reflektointi tarkoittaa oppijan omaa oman työprosessin pohdintaa ja läpikäymistä tulosten pohjalta. Erityisesti kehittymisalueiden arviointi korostuvat, kuten mitä pitäisi vielä oppia, sekä ammatillisten perusteiden etsiminen, kuten miksi toimia tietyissä tilanteissa tietyllä tavalla. Oppija vertailee näin ollen henkilökohtaisten ajatustensa ja toimintansa vuorovaikutusta (Lindblom-Ylänne, Niemelä & Päivänsalo 2011).

3.3 Ongelmaperustainen oppiminen

Ongelmaperustainen oppiminen tunnetaan myös PBL -oppimismuotona, joka on lyhenne englannin kielen sanoista *Problem Based Learning*. Ongelmaperustaisen oppimisen peruslähtökohtana on, että oppiminen käynnistyy ja tapahtuu ongelmanratkaisun kautta. Tämä opetusmalli antaa käytännön läheisyytensä vuoksi perusteellisen ja toimivan kyvyn ratkaista ongelmia myös työelämässä.

Ongelmaperustaisella oppimisella on useita erilaisia pyrkimyksiä, joita pidetään osana niin sanottua korkeamman tason oppimista. Näitä pyrkimyksiä ovat mm. lisääntynyt opitun muistaminen, havainnointiin perustuva muistaminen ja asioiden kokonaisvaltainen ymmärtäminen. On myös tehty havaintoja, että tämä oppimismalli lisää myös tehokkaasti vuorovaikutus taitoja ja ryhmässä työskentely taitoja, sekä oma-aloitteellisuutta luontaisen kiinnostuksen kautta. Oppimisen toimivuutta seurataan ryhmän sisäisillä roolijaoilla, joita vaihdetaan tietyin väliajoin. Ongelmaperustainen oppiminen on ihanteellisessa tapauksessa monipuolista, tehokasta ja toimivaa ryhmätyöskentelyä.

3.3.1 Ongelmaperustaisen oppimisen kehitys Suomessa

Ongelmaperustainen oppiminen on levinnyt alkuaajoistaan 1960-luvulta lähtien erilaisina variaatioina ympäri maailmaa, silti säilyttäen yleispiirteensä. Yksi merkittävimmistä ja muokkautumattomana selviytyneistä tämän oppimissuuntauksen päätavoitteista on pyrkiä

luomaan yhteys oppimisen ja työelämän ongelmien välillä ja näin ollen luoda oppijalle tukeva pohja työelämän tehtäville pureutumalla ongelmakeskeisiin työtehtäviin. Suomessa kyseistä oppimistapaa ovat kehittäneet ProBell- niminen 15 hengen tutkimusryhmä Tampereen yliopistossa. Kyseinen ryhmä perustettiin vuonna 2000, ja jota myöhemmin on rahoittanut Suomen Akatemien Life as Learning vuosiksi 2002-2006. Tänä aikana ryhmä on järjestänyt vuosittain useita kongresseja, joihin pääosin ovat osallistuneet tuolloin lähes sadan ihmisen yleisönä suomalaiset opettajat.

Vuonna 2003 alettiin ideoimaan kehittämis- ja koulutushanketta pääosin opettajille, jossa olisi yhdistynyt PBL- ja IT-projekti, PBL-IT-projektiksi. Vuonna 2006 ryhmä toteutti konferenssin yhdessä Web-SeaL:n(Web seaching, information Literacy and learning) kanssa, jolloin oppimistapa liitettiin verkkoympäristöön. Nämä tutkimusryhmät saivat Suomen Akatemien tutkimusrahoitusta vuosina 2006-2010 ja tutkimus nimettiin PBL-IT-projektiksi.

3.3.2 Ryhmän toimiminen PBL- tehtävissä

Oppijaryhmän keskeinen lähtökohta PBL:ssä on tiedon jakaminen, käsittely ja rakentelu yhdessä ryhmän sisällä ongelman ratkaisemiseksi. Ryhmän jäsenten omat henkilökohtaiset tietoperustat muodostuvat oppijoiden kokemusten, ulkoisten sekä tehtävän sisäisten tietolähteiden pohjalta ja muodostavat yhdessä koko ryhmän käytössä olevan potentiaalisen tietokannan. Tietokannan ja uuden tiedon käsittelyyn vaikuttavat olennaisesti ryhmän jäsenten vuorovaikutussuhteet, ryhmän koko ja statussuhteet. Tietokantojen vaihtelevuus ryhmän sisällä on siis huomattavaa. Tietojen yhtenäistämisen kannalta onkin tärkeää ryhmän yksilöiden aktiivinen merkitysten ja perusteiden etsiminen oman sekä ryhmän tietokannan tukemiseksi. Tiedonhankinnan prosessista voidaan erottaa erilaisia havaitsemiseen keskeisesti kontekstissa olevia oppimisen keinoja eli kognitiivisia kokemuksia, tunnekokemuksia sekä myös fyysisiä kokemuksia. Näiden kokemusten pohjalta ryhmä alkaa rakentaa työn perusrakennetta ja ongelmanratkaisu käynnistyy.

4 VERKKOKURSSIN LUOMINEN JA HALLINTA

4.1 Kurssinäkömä

Kurssin aloitus sivusto, eli niin sanottu kurssinrunko avautuu heti kurssille kirjautumisen jälkeen. Aloitus sivustolta näkyy kaikki kurssissa käytettävä materiaali ja sisältö. Jokainen aiheryhmä on jaoteltu omiin sarakkeihinsa ja otsakkeisiin kurssin selkeyttämisen vuoksi. Kyseinen kurssi on tehty kahdella eri kielellä, jotka ovat suomi ja englanti. Jokainen linkki sisältää linkin otsakkeen ja linkin logon edustamaa materiaalia ja avautuu napsauttamalla sitä.

The screenshot shows the Moodle interface for course K-11054 Sähkötekniikka K. The top navigation bar includes the course name and a user profile for Kimmo Korpela. The left sidebar contains several menu items: 'Henkilöt' (Users), 'Aktiviteetit' (Activities) with sub-items like 'Aineistot', 'Keskustelualueet', 'Tehtävät', 'Tentit', and 'Wikit'; 'Ylläpito' (Administration) with 'Arviointi' and 'Käyttäjätiedot'; and 'Omat kurssini' (My courses) with 'K-11054 Sähkötekniikka K', 'Laboraatio-kysymyspankki, Olavi Kopponen (meta-kurssi)', and 'Omat kurssini'. The main content area is titled 'Aiheen kuvaus' and lists two main topics: '1 Laboratorion opetusjärjestelyt, Sähköturvallisuus' and '2 Tasavirtapiirin tutkiminen'. The right sidebar contains 'Viimeisimmät uutiset' (Latest news), 'Tulevat tapahtumat' (Upcoming events), and 'Viimeisimmät tapahtumat' (Latest events).

Kuvio 2: Kurssin aloitussivu suomenkielisestä versiosta.

Samalta aloitussivulta löytyy myös englanninkielinen versio, suomenkielisen version alapuolelta. Huomattavaa on, että englanninkielinen versio ei ole suora käännös suomenkielisestä versiosta, mutta sisällön ydin ja tehtävät ovat samoja. Näin ollen ei ole merkitystä kumpaa versiota haluaa käyttää suorittaessaan kurssia.

7	Rules and instructions for electrical laboratory Rules and instructions for electrical laboratory Table of contents English Wiki	<input type="checkbox"/>
8	DC power circuit testing DC power circuit testing DC power circuits testing lab 1,2 DC Power circuit examination of the work 1,2	<input type="checkbox"/>
9	Single-phase AC circuit testing Single-phase AC circuit testing theory Single-phase AC circuit lab 3,4 and 5 Single-phase AC series circuits Single-phase AC parallel circuits	<input type="checkbox"/>
10	Three-phase AC circuit testing Three-phase AC circuit testing theory Three-phase AC circuit Lab 6,7 Three-phase AC circuit work 6,7	<input type="checkbox"/>
11	Control connections and overload protection Control connections and overload protection lab 8,9,10,11 and 12	<input type="checkbox"/>

Kuvio 3: Kurssin aloitussivu englanninkielisestä versiosta.

4.2 Kurssin hallinnointisarakeet

4.2.1 Henkilöt

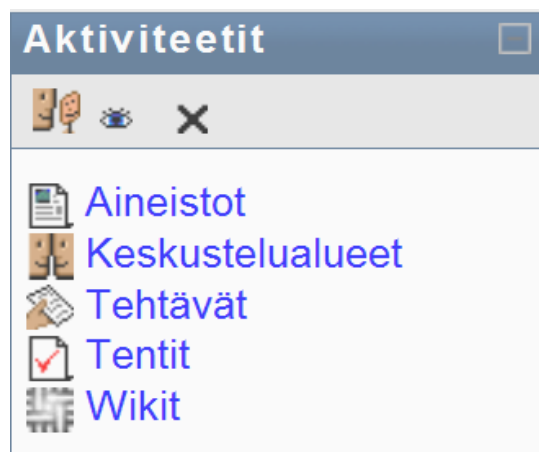
Henkilöt sarakkeessa on *osallistujat* -linkki, joka on linkkinä aakkoselliseen luetteloon kaikista kurssilla osallistuneista henkilöistä. Tämän aakkosellisen luettelon on tarkoitus olla osana arkistointia kyseisen kurssin suorittaneista henkilöistä, ja sen kautta voi myös suorittaa tiettyjä toimintoja, esimerkiksi lähettää viestejä henkilöille yms..



Kuvio 4: Linkki aakkoselliseen luetteloon kurssilaisista

4.2.2 Aktiviteetit

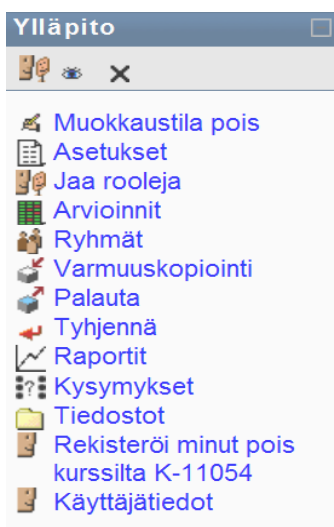
Aktiviteetti sarakkeeseen listautuu kaikki kurssilla käytettävissä olevat ja siihen lisätyt materiaalityypit. Jokaisen linkin alta listautuu kurssille lisätyt kutakin aineistoa edustavat materiaalit. Sarakkeen koostumus riippuu siitä mitä asioita kurssille on lisätty. Esimerkiksi *tentit* -osio listaa kurssille kaikki lisätyt tentti -tyyppiset materiaalit esimerkiksi kurssin väli- ja lopputentit.



Kuvio 5: Aktiviteettisarake

4.2.3 Ylläpito

Ylläpitosarakkeessa ovat kurssin muokkaamiseen tarvittavia toimintoja. Näiden avulla voi määrittää kurssin ulkoasuun, termistöön ja sisältöön liittyviä asioita. Normaalisti kurssin luominen aloitetaan ylläpidon asetukset kohdasta, jossa määritellään kurssin keskeisimmät asetukset.



Kuvio 6: Ylläpitosarake

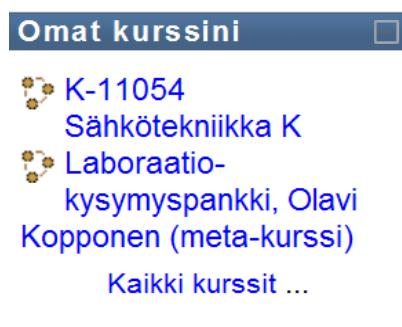
- ”**Muokkaustila päälle**” toiminto antaa mahdollisuuden tehdä muutoksia kurssin sisällölle.
- ”**Asetukset**” voi muokata kurssin asetuksia, jotka vaikuttavat kurssin ulkoasuun, sekä toiminnoihin. Asetukset valikosta klikkaamalla voidaan muokata ja asettaa mm. seuraavia asioita:
 - ”**Koko Nimi**” kurssin nimi, näkyy kurssin aikana ylätunnisteessa.
 - ”**Lyhenne**” käytetään yleensä kurssin ns. koodina, joka näkyy kurssiluettelossa ja sama lyhyt nimi voi esiintyä vain yhdellä kurssilla.
 - ”**Kurssin koodi**” toimii kuten kurssin lyhenne, mutta täytetään lähinnä numeroina, kun halutaan verrata kurssia joihinkin ulkoisiin tietokantoihin.
 - ”**Muoto**” Valitaan kurssille tietynlainen kurssipohja kurssipohjaluetelosta.
 - ”**Kurssin aloituspäivämäärä**” määrittellään kurssin aloituspäivämäärä.
 - ”**Kurssille rekisteröityminen**” määrittellään kurssille rekisteröityminen ja mahdollisesti kyseiselle tapahtumalle rajata tietty aikaväli.
 - ”**Rekisteröitymisen kesto**” voidaan rajoittaa rekisteröitymisen kestoa.

 - ”**Ryhmät**” voidaan määrittää ryhmäasetuksia.
 - ”**Saatavuus**” määrittellään kurssin saatavuus, sekä kurssille pääsyyn tarvittavat avainsanat.
- ”**Jaa rooleja**” voidaan jakaa eri rooleja käyttäjien kesken, kuten opettaja- ja oppilasroolit.
- ”**Arvioinnit**” antaa käyttöön arvosanojen yhteenvetotaulukkon.
- ”**Ryhmät**” voidaan muodostaa käyttäjistä ryhmiä, ja näin muokata eri ominaisuuksia eri ryhmille.
- ”**Varmuuskopioinnit**” luodusta kurssista voidaan halutessa tehdä tallenne, jota voidaan käyttää sellaisenaan uudelleen.
- ”**Palauta**” palautetaan varmuuskopio kurssiksi.
- ”**Tyhjennä**” voidaan tyhjentää kurssilla olevat tiedostot. Toiminto voidaan kohdistaa esim. opiskelijoihin, tapahtumiin, keskustelu alueisiin yms..
- ”**Raportit**” saadaan tietoa työtilan tapahtumista. Voidaan määrittellä tapahtumat ja aika, osallistumisen sekä aktiviteettityypin mukaan.
- ”**Kysymykset**” saadaan avattua kurssille luotu kysymyspankki, joka sisältää valmiita kysymyksiä kurssin luomiseen.
- ”**Tiedostot**” osioon voidaan tallentaa valmista kurssimateriaalia ns. varastoon, jonka voi siirtää halutessa muokata ja siirtää kurssille käytettäväksi.

- ”Rekisteröi minut pois kurssilta” voidaan poistaa kurssin osallistujalistalta.
- ”Käyttäjätiedot” nähdään oma käyttäjäprofiili ja voidaan muokata sitä halutunlaiseksi.

4.2.4 Omat kurssini

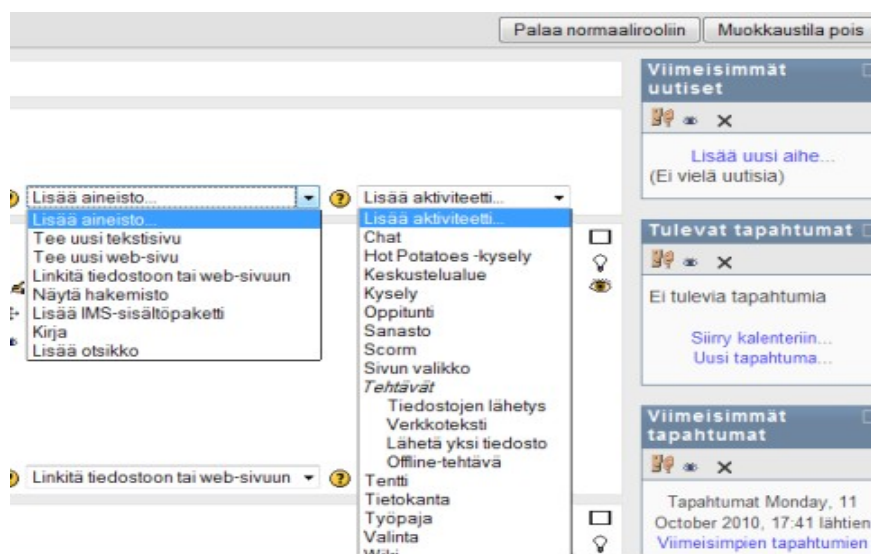
Omat kurssini osiosta nähdään omat aktiivisena olevat osallistumiset kursseille.



Kuvio 7: Omat kurssini

4.3 Kurssimateriaalin lisäys

Kurssille lisättävät materiaalit lisätään silloin, kun on opettaja moodissa ja valittu muokkaustila päälle, jolloin kurssipalstoille ilmestyy valikko valittavista aineisto- tai aktiviteettityypeistä. Aineistojen tyypeissä tulee ottaa huomioon lisättävän tiedoston tyyppi ja niiden yhteensopivuus ohjelman kanssa.



Kuvio 8: Kurssin ollessa muokkaustilassa sarakkeisiin ilmestyy lista lisättävistä materiaalityypeistä.

4.3.1 Tee uusi tekstisivu

Tekstisivu koostuu yksinkertaisesta tekstistä, joka voidaan luoda siihen tarkoitettuun osioon. Ohjelma määrittää punaisella tähdellä sivun luomisessa pakolliset kentät, kuten että sivulla tulee olla nimi eli pääotsikko, joka näkyy kurssirungossa. Sivun luomisessa voidaan määrittää myös halutaanko sivu aukeavan uuteen ikkunaan vai kurssin pääkehysten sisälle. Tekstimuodolle annetaan vaihtoehtoisiksi joko pelkkänä tekstinä tai html -koodin avulla muokattuna. Html -koodilla muokattava teksti voi sisältää linkkejä eri sivustoille, sekä muuttaa esimerkiksi hymiömerkinnät kuvaksi.

The screenshot shows a web page creation interface. At the top, there is a header "Lisätään uusi Aineisto" with a help icon. Below this, the form is divided into two main sections: "Yleistä" and "Tee uusi tekstisivu".

In the "Yleistä" section, there is a "Nimi*" field with the text "Otsikko" entered. Below it is a "Yhteenveto" field with a help icon. A rich text editor is present with the text "Esimerkki!". Below the editor, there is a "Polku: body" field with a help icon.

In the "Tee uusi tekstisivu" section, there is a "Teksti*" field with the text "Vaadittu :-)" entered.

Kuvio 9: Uuden tekstisivun luominen.

4.3.2 Linkitä tiedostoon tai web-sivuun

Materiaaliin voidaan lisätä suoria linkkejä ulkoisiin www-osoitteisiin, tai kurssin tiedostohallinnassa sijaitseviin tiedostoihin. Mikäli halutaan linkittää johonkin ulkoiseen web -sivustoon, merkitään *sijainti* -kohtaan haluttu www-osoite. Tiedostohallinnoissa oleviin tiedostoihin linkittäminen tapahtuu *valitse tai lähetä tiedosto* -painikkeesta.

Tiedostohallinnasta haluttu tiedosto linkitetään *Valitse* -painikkeesta, jolloin tiedoston linkki ilmestyy jo mainittuun *sijainti* -kohtaan. Tiedostohallintoon uusien tiedostojen lataaminen tapahtuu *hae tiedosto* -painikkeesta, josta pääsee lataamaan kovalevylle tallennettuja tiedostoja.

<input type="checkbox"/>	Tasavirtapiirin_tutkiminen_laboraatioty_t_1_ ja_2.pdf	39Kt	17 February 2010, 13:32	Valitse
<input type="checkbox"/>	Yksivaiheisen_vaihtovirtapiirin_tutkiminen_ ja_ laboraatioty_t_3_4_ ja_5.pdf	40.2Kt	17 February 2010, 13:33	Valitse
<input type="checkbox"/>	Yksivaiheisen_vaihtovirtapiirin_tutkiminen_ ja_ teoriaa.pdf	87.9Kt	17 February 2010, 13:34	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5030_1_-_DC_Power_circuit_examination_of_the_work_1_2.xls	33.5Kt	19 March 2010, 17:28	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5070_Ty_5_Yksivaiheinen_vaihtosahkopiiiri_s_hk_tehon_mittaaminen.xls	62Kt	16 April 2010, 18:02	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5120_3_-_Three-phase_ac_circuit_work_6_7.xls	38.5Kt	19 March 2010, 17:28	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5120_Ty_6_ ja_7_Kolmivaiheinen_vaihtosahkopiiiri.xls	44Kt	16 April 2010, 15:13	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5405_tasa.doc	535.5Kt	2 February 2010, 20:01	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5410_tasavirtapiirin_tutkiminen_peruslakimenetelm_.doc	706Kt	15 February 2010, 18:07	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5445_Kolmivaiheinen_vaihtos_hk_piiri_lopullinen.pdf	111.3Kt	15 April 2010, 16:59	Valitse
<input type="checkbox"/>	f5445_Kolmivaiheinen_vaihtos_hk_piiri.pdf	109.4Kt	15 April 2010, 16:36	Valitse
<input type="checkbox"/>	f6001_2_-_Single-phase_AC_series_circuits.xls	65.5Kt	19 March 2010, 17:29	Valitse
<input type="checkbox"/>	f6002_2_-_Single-phase_AC_parallel_circuits.xls	105Kt	19 March 2010, 17:29	Valitse
<input type="checkbox"/>	f7003_linkkej_.doc	24Kt	10 April 2010, 13:53	Valitse
<input type="checkbox"/>	kolmivaihe_teoriaa_15.4.pdf	143.9Kt	15 April 2010, 17:58	Valitse
<input type="checkbox"/>	new.zip	9.4Kt	11 February 2010, 13:25	Valitse Pura Lista Palauta
<input type="checkbox"/>	r061_Tasavirtapiirin_tutkiminen_kuvat_.ppt	143.5Kt	22 April 2010, 17:15	Valitse

Valituilla tiedostoilla...

Kuvio 10: Tiedoston hallinnassa sijaitsevat kurssimateriaalit.

4.3.3 Tentti

Tentti -työkalun avulla voidaan tehdä erityyppisiä tehtäviä ja kokeita, sekä kerätä oppilaiden mielipiteitä asioista. Tehtävätyypit voivat olla erilaisia; numeraalisia -, laskettuja-, monivalinta-, tosi/epätosi-, essee-, yhdistämis-, aukko- tai lyhytvastaustehtäviä.

Tentin luominen aloitetaan valitsemaan *lisää aktiviteetti* -valikosta kohta *tentti*. Tämän jälkeen tentille muokataan ns. runko jossa määritellään kurssin otsikko, johdanto, aikarajat, yrityskerrat, sekoitetaanko kysymyksiä, salasana ja arviointitapa. Lisäksi muokataan tentin suorituksen jälkeen tapahtuva yleinen palaute, jossa määritellään oppilaiden onnistumisprosentteille halutut rajat arvosanoille. Halutut tenttiasetukset tallennetaan *tallenna ja palaa kurssille* tai *tallenna ja näytä* -painikkeesta, jonka jälkeen aktiviteetti näkyy kurssin keskipalstalla.

Ajastus

* Edistyneet ominaisuudet

Avaa tentti ? 28 - October - 2010 - 15 - 30 Poista käytöstä
 Sulje tentti ? 28 - October - 2010 - 15 - 30 Poista käytöstä
 Aikaraja (minuuttia) ? 0 Ota käyttöön

Näytä

Montako kysymystä sivulla? ? Rajoittamaton -
 Sekoita kysymykset ? Ei -
 Sekoita kysymysten sisällä ? Kyllä
Ei
Kyllä

Yritykset

* Edistyneet ominaisuudet

Montako yritystä sallittu? ? Rajoittamaton -
 Mukautuva tila ? Ei -

Kuvio 11: Tentin asetusten muokkausvalikko

4.3.4 Kysymysten lisääminen tenttiin

Kysymysten lisääminen tenttiin, tapahtuu kun aukaistaan ensin luotu tenttiaktiiviteetti, eli niin sanottu tenttirunko. Tämän jälkeen avautuu kysymyspankki, josta voidaan siirtää jo luotuja kysymyksiä tenttiin. Kysymysten lisääminen tapahtuu kun valitaan halutut kysymykset rastittamalla niiden valintaruutua ja valitaan lopuksi *lisää tenttiin* -painikkeella. Tenti tallennetaan *tallenna muutokset* -painikkeesta, jonka jälkeen se on käytettävissä.

<<	>>	🔍	🔄	✕	<input type="checkbox"/>	036. Tasavirtapiirin tutkiminen	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input checked="" type="checkbox"/>	037. Tasavirtapiirin tutkiminen	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input checked="" type="checkbox"/>	038. Tasavirtapiirin tutkiminen	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input checked="" type="checkbox"/>	039. Tasavirtapiirin tutkiminen	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input type="checkbox"/>	040. Tasavirtapiirin tutkiminen	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input checked="" type="checkbox"/>	041. Tasavirtapiirin tutkiminen (kuva)	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input type="checkbox"/>	Valitse 042. Tasavirtapiirin tutkiminen (kuva)	☰
<<	>>	🔍	🔄	✕	<input type="checkbox"/>	043. Tasavirtapiirin tutkiminen (kuva)	☰

Sivu: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Seuraava)
Näytä kaikki 181

[Valitse kaikki / Poista valinta kaikista](#)

Valinnalla:

◀ Lisää tenttiin
Poista
Siirrä >>
K-11054 Sähkötekniikka-K (181) ▾

Lisää 1 ▾ satunnaista kysymystä Lisää ?

Kuvio 12: Kysymyspankki, lista luoduista kysymyksistä

4.3.5 Kysymyksien luominen

Uusien kysymyksien luominen tapahtuu **kysymyspankki** -välilehdellä, *luo uusi kysymys* -valikosta. Kyseisestä valikosta avautuu lista saatavilla olevista tenttityypeistä, joista avautuu kullekin kysymystyypille ominainen sivusto, josta kysymys ja sen asetukset voidaan määrittellä. Luotu kysymys tallennetaan *tallenna* -painikkeesta, jonka jälkeen kysymys on käytettävissä kysymyspankista.

Kysymyspankki

Kategoria K-11054 Sähkötekniikka-K (181) ▾

Näytä myös kysymykset alakategorioista

Näytä myös vanhat kysymykset

Näytä kysymyksen teksti kysymysten luettelossa

K-11054 Sähkötekniikka-K

Luo uusi kysymys Essee ▾ ?

Sivu: Valitse...

Lasku

Kuvaus

Essee

Tapahtuma Kysymys	Tyyppi
150. Eri... Suome...	Yhteensopivat vastaukset
152. Eri... Numeerinen	Embedded answers (Cloze)
400. A... Satunnaistetut yhteensopivat lyhytvastaukset Tosi/Epätosi	Monivalinta
	Lyhyt vastaus
	Numeerinen
	Satunnaistetut yhteensopivat lyhytvastaukset
	Tosi/Epätosi

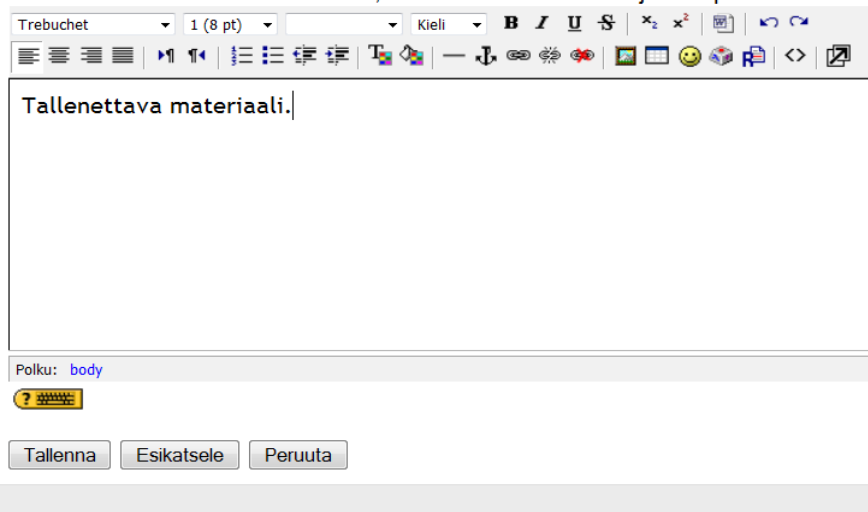
Kuvio 13: Kysymystyypin valitseminen luettelosta

4.3.6 Wiki

Wiki luodaan *Lisää aktiviteetti* -valikosta aivan kuten muutkin aktiviteetit. Wiki on tarkoitettu kaikkien kurssilaisten käyttöön, jossa jokaisella on luku- ja kirjoitusoikeudet. Tähän osioon jokaisella on mahdollisuus jakaa muille haluamiaan tietoja ja myöhemmin halutessaan muokata tai lisätä niitä. Tietoja on mahdollista lisätä valitsemalla aktiviteetin *muokkaa* -välilehti, tuottaa haluttu aineisto web -editoriin ja tallentaa *tallenna* -painikkeesta.

Muokataan sivua 'Testiwiki'

Älä murehdi liikaa tekstin muotoilua, voit muokata sivua aina jälkepäin.



Tallennettava materiaali.

Polku: body

Tallenna Esikatsele Peruuta

Kuvio 14: Materiaalin lisääminen wiki-tietokantaan

4.4 Mittauspöytäkirjat

4.4.1 Tehtävien kirjaaminen

Laboratiotöiden tarkoitus on havainnollistaa sähkökaavoja ja -lakeja, sekä antaa opetusta sähköön konkreettisesta kytkennästä. Laboratiotöitä kurssilla on seitsemän kappaletta, jotka käsittelevät tasavirtapiirin, yksivaiheisen vaihtovirtapiirin, sekä kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin. Jokaiseen työhön on annettu erikseen sähkökaavat ja sanallinen selitys, jonka perusteella oppilasryhmät rakentavat omat sähkökytkentänsä ja tekevät mittauksensa. Mittauksien kirjaamista varten on tehty erillinen mittauspöytäkirja exceltaulukko-ohjelmalla, joka helpottaa tuloksien kirjaamista ja haluttujen arvojen laskemista. Opetusmateriaalin saaminen, mittauksien kirjaaminen ja tentit tapahtuvat kaikki moodle opetusohjelmassa.

Tehtäviä helpottamaan on exceltaulukko-ohjelmaan sisällytetty kaavat niin, että ohjelma laskee mittaustuloksista halutut lopputulokset. Tämä toiminto on tarkoitettu antamaan varmuuden oikeista mittaustavoista ja kytkennöistä.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	Aihe:	Tasasähköpiirin tutkiminen								
5	Opettaja :	Olavi Kopponen								
6	Päiväys :									
7	Luokka ▶									
8	Ryhmä / Opiskelijoiden nimet :									
9	Vihreään ruutuun on merkittävä ko. lukuarvo									
10	Huomautus: Laskentakaavat merkitty keltaisella värillä, älä tuhoa niitä.									
11	Työ 1. Mittaukset									
12	VAIHTOKY T-KIN	MITATTU VIRTA (mA)	LASKETTU KOKONAI SVI RTA = I (mA)	MITATTU JÄNNITE = U (V)	RESISTANS-SI 1 = R1 (Ohmi)	RESISTANS-SI 2 = R2 (Ohmi)	KOKONAI-SRESISTANS-SI = R (Ohmi)	* =E13+F13		
13	Asento 1	2,0	500,0	2	2	2	4	* =(1/E14+1/F14)^-1		
14	Asento 2	2,0	6,3	2	630	650	320			
15					* Asento 1: Kokonaisresistanssi = R =R1+R2					
16	Asennossa 1 vastukset kytketty sarjaan				* Asento 2: Kokonaisresistanssi = R =(1/R1+1/R2)^-1					
17	Asennossa 2 vastukset kytketty rinnan				Asento 1: Kokonaisvirta I = U*1000/R					
18					Asento 2: Kokonaisvirta I = U*1000/R					

Kuvio 15: Esimerkki kuvio laboraatiotöiden mittauspöytäkirjaan sisällytetyistä kaavoista.

4.4.2 Tehtävien palautus

Moodlen omat aktiviteetti tyyppiset tehtävät palautuvat tehtävän suorituksen jälkeen olevasta *palauta* -painikkeesta. Tiedosto tyyppinen tehtävä, kuten edellä mainittu *mittauspöytäkirjan* palautus aloitetaan ensin tallentamalla ne omalle kiintolevyllä. Tämän jälkeen valitaan *tehtävien palautus* -aktiviteetti, josta itse palauttaminen tapahtuu. Aktiviteetin pääsivulta painetaan *selaa* -painiketta, valitaan haluttu tiedosto omalta kiintolevyiltä, napsauttamalla *Avaa* - ja lopuksi *Lähetä tämä tiedosto* -painiketta. Tämän jälkeen tiedosto siirtyy opettajan katseltavaksi ja arvioitavaksi. Kun opettaja on arvioinut tehtävän hän lähettää siitä arvioinnin ja palautteen, joka näkyy tehtävän pääsivulla. Kurssin kaikkien tehtävien palautteet ja pistemäärät näkyvät myös napsauttamalla ylläpito lohkon *Arvioinnit* -linkkiä.

5. LÄHTEET

1. AURA, L. & TONTERI, A. (2005) *Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet*, WSOY Helsinki.
2. HAKKARAINEN, K. BOLLSTRÖM-HUTTUNEN, M. PYYSALO, R. & LONKA, K. (2005) *Tutkivaoppiminen käytännössä*, WSOY/ WS Bookwell Oy Porvoo.
3. KAREVAARA, S. (2009) *Moodlen perusteet*, paino: Esa Print Oy Tampere, kustantaja: Oy Finn Lectura Ab
4. LINDBLOM-YLÄNNE, S. NIEMELÄ R. & PÄIVÄNSALO, T-M. (2011), *PS lukion psykologia 1*, Kustannusosakeyhtiö Otava.
5. MOODLE 2010 [online] [viitattu 10/2010]. <http://moodle.org/about/>
6. MOODLE 2010 [online] [viitattu 10/2010]. <http://moodle.org/stats/>
7. MOODLE 2010 [online] [viitattu 10/2010]. http://docs.moodle.org/en/Main_Page
8. POIKELA, E. & ÖYSTILÄ, S. (2001) *Tutkiminen on oppimista, ja oppiminen on tutkimista*. Tampereen yliopistopaino, Juvenes Print Oy.
9. PORTIMOJÄRVI, T. (2006) *Ongelmaperustaisen oppimisen verkko*, Kansi: Mikko kurkela, Iris Puusti, taitto: Iris Puusti, Timo Portimojärvi, Tampereen yliopistopaino Oy.
10. ProBell 2010 [online] [viitattu 10/2010].
http://www.uta.fi/~hotipo/wpbl/raportti_perusteet.htm
11. Tamk 2010 [online] [viitattu 2011]. <http://moodle.tamk.fi/course/view.php?id=150>

6. LIITTEET

6.1 Sisällysluettelo

*Tampereen ammattikorkeakoulu, Teknologiateollisuus
Kone- ja tuotantotekniikka
K-11054 Sähkötekniikka, 5 op, Olavi Kopponen
Laboraatiotyöt*

Sisällysluettelo

<i>1.1-1.7 Tasavirtapiirin tutkiminen, teoriaa</i>	<i>2-7</i>
<i>1.8 Tasavirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 1 ja 2</i>	<i>8-9</i>
<i>2.1-2.7 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa</i>	<i>10-21</i>
<i>2.8 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 3, 4 ja 5</i>	<i>22-26</i>
<i>3.1 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa</i>	<i>27-32</i>
<i>3.2 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 6 ja 7</i>	<i>33-36</i>
<i>4. Ohjauskytkennät ja ylikuormitussuojaus, laboraatiotyöt 8, 9, 10 ja 11</i>	<i>37-41</i>
<i>5. ST-kortisto, laboraatiotyö 12</i>	<i>41</i>

6.2 Tasavirtapiirin tutkiminen, teoriaa (1.1-1.7)

1. Tasavirtapiirin tutkiminen

1.1 Ohmin laki

Ohmin laki selvittää virran, jännitteen ja resistanssin välisen yhteyden. Esim. jos teemme mittauksia jossa resistanssin arvo on vakio ja jännitettä säädetään, niin huomaamme, että **vastuksen läpi kulkeva sähkövirta on suoraan verrannollinen vastuksen yli vaikuttavaan jännitteeseen**. Jos taas jännite on vakio ja resistanssia säädetään, niin huomaamme, että **sähkövirta on kääntäen verrannollinen resistanssin suuruuteen**.



Muistikolmion avulla voidaan helposti laskea kysyttyä suuretta.

Kuva 1. Muistikolmio.

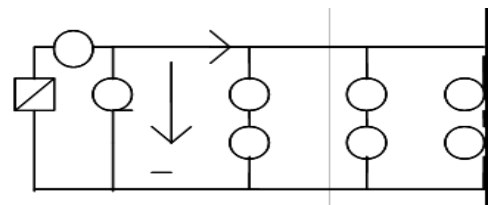
1.2 Kirchhoffin virtalaki (I laki)

Kun kytkemme rinnankytkennällä esim. kolme lamppua ja mittaamme virtapiirin jännitteitä ja virtoja, huomaamme, että jokaiseen lamppuun vaikuttaa sama jännite. Huomaamme myös että jokaisen lampun läpi kulkee eri virta, ja tästä päätellen toteamme, että lamppu virtojen summa on virtapiirin kokonaisvirta. Eli Kirchhoffin laki kuuluu näin: **Pisteeseen tulevien virtojen summa on yhtäsuuri kuin pisteestä lähtevien virtojen summa**.

$$\mathbf{I = I_1 + I_2 + I_3}$$

Ohmin lain perusteella voimme myös laskea lamppujen resistanssit, sekä kytkennän kokonaisresistanssin.

Esim. Lamppu 1: $R_1 = \frac{U}{I_1}$ jne... Kokonaisresistanssi $R = \frac{U}{I}$



Kuva 2. Kirchhoffin virtalaki.

Kokonaisresistanssi voidaan laskea myös kaavalla, jossa kokonaisresistanssin käänteisarvo saadaan, kun osaresistanssien käänteisarvot lasketaan yhteen: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

1.3 Kirchhoffin jännitelaki (II laki)

Kun kytkemme vastuksia sarjaan ja tutkimme virtapiiriä mittauksin, niin huomaamme, että kummankin vastuksen läpi kulkee sama virta. Huomaamme myös, että vastuksiin vaikuttaa eri suuruiset jännitteet ja näiden jännitteiden summa on sama kuin syöttöjännite. **Eli sarjaankytkennässä syöttöjännite on osajännitteiden summa**.

$$\mathbf{U = U_1 + U_2 \dots}$$

Vastusten yhteinen resistanssi on rinnankytkennässä $R = R_1 + R_2$

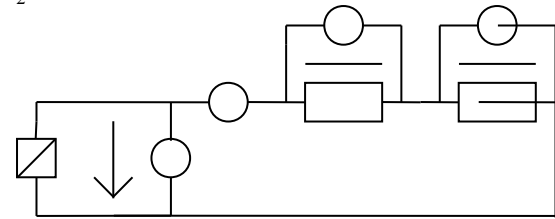
Virtapiirin kokonaisresistanssi on $R = \frac{U}{I} = \frac{\text{Syöttöjännite}}{\text{Virta}}$

Vastuksiin vaikuttavat jännitteet:

$$U_1 = R_1 * I \quad \text{ja} \quad U_2 = R_2 * I$$

Rinnankytkennästä: Mitä suurempi osan resistanssi, sitä suurempi jännite siihen vaikuttaa.

Kuva 3. Kirchoffin jännitelaki.



1.4 Wheatstonen silta

Eräissä tekniikan mittauksissa, esimerkiksi jännitys-venymä-mittauksissa, on pystyttävä määrittämään resistanssi tai resistanssin muutos erittäin tarkasti. Tähän sopiva mittausspiiri on Wheatstonen silta.

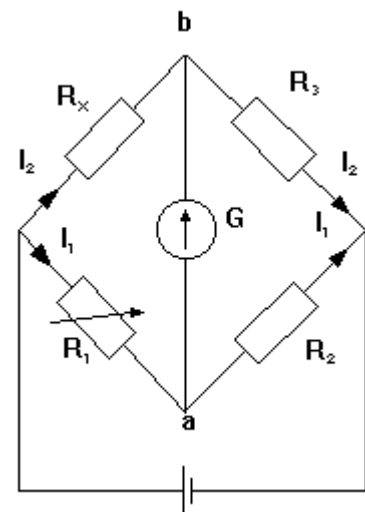
1.4.1 Toimintaperiaate

Neljä vastusta on kytketty mittaussillaksi, jossa on herkkä galvanometri ja sähkölähde alla olevan kuvan mukaisesti.

Yksi vastuksista on säädettävä. Sitä muuttamalla etsitään tilanne, jolloin galvanometri on virraton. Silloin pisteiden a ja b välinen potentiaaliero on nolla, mikä merkitsee vastusten jännitteille yhtälöitä: $I_1 R_1 = I_2 R_x$ ja $I_1 R_2 = I_2 R_3$. Kun yhtälöt jaetaan keskenään, virrat supistuvat ja R_x voidaan ratkaista:

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

Jännitys-venymä-mittauksissa silta ensin tasapainotetaan. Jännitystilanne aiheuttaa vastuksiin resistanssin muutoksen, jolloin silta joutuu pois tasapainosta. Poikkeamajännitteestä voidaan laskea resistanssin muutos ja siitä edelleen sen aiheuttanut jännitys.



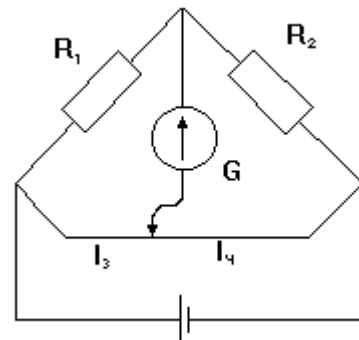
Kuva4. Wheatstonen silta.

1.4.2 Yleismittasilta

Yleismittariksi tarkoitettussa Wheatstonen sillassa käytetään vertailuvastuksena tappivastusta ja säätövastuksena liukulankaa. Liukulankaa pitkin liikkuvan harjan nuppi on varustettu asteikolla, josta langan osien suhde voidaan lukea. Tasapainossa on

$$R_1 = R_2 \frac{l_3}{l_4}$$

missä R_1 = mitattava resistanssi, R_2 = tappivastuksen resistanssi, l_3 ja l_4 = liukulangan vastaavien osien pituudet.



Kuva 5. Yleismittasilta.

Virtalähteenä on yleismittasillassa pieni kuivapari. Yleismittasilta, kuten tämä mittaustapa yleensä, soveltuu vain pienitehoisten vastusten mittaamiseen.

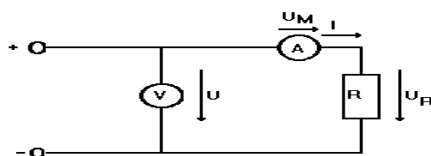
1.5 Resistanssin mittaaminen voltti- ja ampeerimittarilla

Kytkennot voidaan suorittaa kahdella eri tavalla

1.5.1 Pitkäkytkentä

Kytetään ampeerimittari volttimittarin jälkeen. Käytetään mitattaessa suuria resistansseja.

$$R = \frac{U}{I} - R_{iA}$$



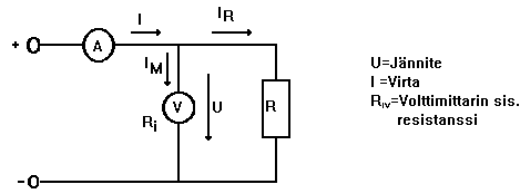
U=Jännite
I=Virta
 R_{iA} =ampeerimittarin sis.
resistanssi

Kuva 6. Pitkäkytkentä.

1.5.2 Lyhyt kytkentä

Kytetään ampeerimittari ennen volttimittaria. Käytetään mitattaessa pieniä resistansseja.

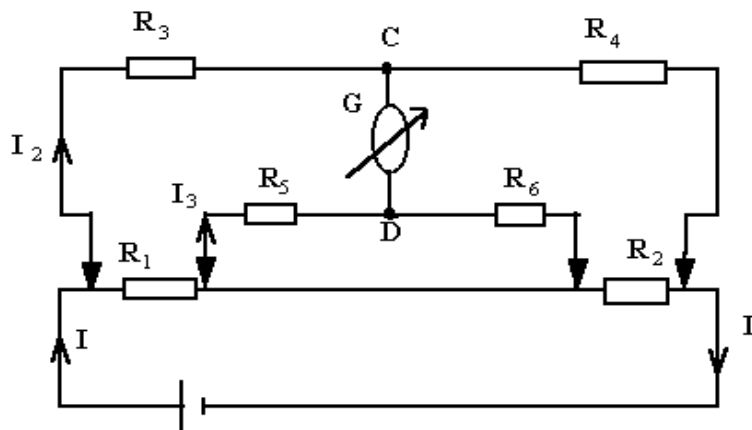
$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_{iv}}}$$



Kuva 7. Lyhyt kytkentä

1.6 THOMSONIN SILTA ELI KEVININ SILTA

Thomsonin silta on tarkoitettu pienten vastusten (alle 100 Ω) mittaamiseen. Virta I (kuva) on tehtävä suureksi, jotta jännitehäviö mitattavassa vastuksessa R₁ olisi riittävän suuri. Ylimenovastusten kytkeytymisen estämiseksi jännite mitataan galvanometripiiriin piikkijohtimilla virtaliitännän sisäpuolelta (nuolipäiset johtimet).



Kuva 8. Thomsonin silta.

Sillan tasapainoyhtälöt voidaan saada lähtemällä siitä, galvanometrin navat C ja D ovat samassa potentiaalissa, eli:

$$\begin{aligned}R_3 \cdot I_2 &= R_1 \cdot (I - I_2) + R_5 \cdot I_3 \\R_4 \cdot I_2 &= R_2 \cdot (I - I_2) + R_6 \cdot I_3\end{aligned}$$

Haetaan tasapaino siten, että:

$$\frac{R_5}{R_3} = \frac{R_6}{R_4} = K$$

Saadaan mitattavaksi vastukseksi:

$$R_1 = R_2 \cdot R_3 / R_4$$

Ylimenovastukset määräävät mitattavan vastuksen pienimmän arvon. Pienillä vastuksilla (luokkaa $\mu\Omega$) mittausvirta on sadoissa ampeereissa. Mittaustarkkuus sekä Thomsonin, että Wheatstonen sillalla sarjatuotannossa valmistetuissa silloissa on luokkaa 0,01 %. Laboratorio-olosuhteissa voidaan saavuttaa tarkkuus 10 ppm. (parts per million).

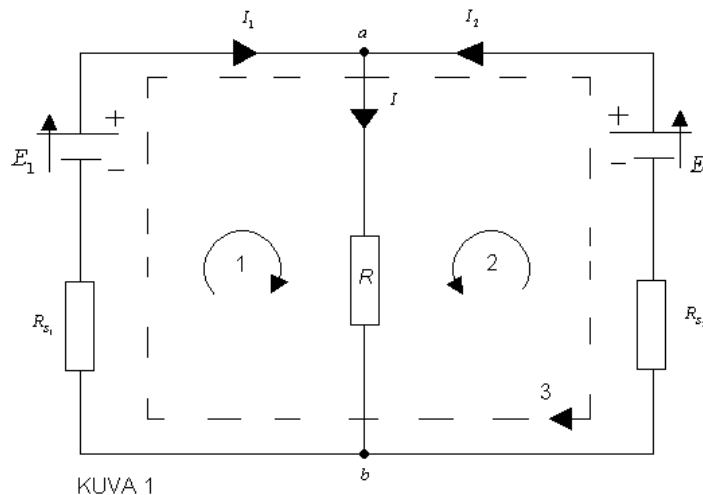
1.7 Peruslakimenetelmä

Virtapiirejä voidaan käsitellä peruslakien, Ohmin ja Kirchhoffin lakien avulla. Tätä menetelmää nimitetään peruslakimenetelmäksi.

Kuva 8 esittää sähköverkkoa, jossa on kolme haaraa ja kaksi solmupistettä. Merkitään:

s = verkon solmu- eli haaroituspisteiden lukumäärä

k = haarojen lukumäärä



Kuva 8. Sähköverkko

Laskelmia varten tarvittavat lähtöyhtälöt saadaan Kirchhoffin lakien perusteella. Jokaiselle solmu- eli haaroituspisteelle voidaan kirjoittaa Kirchhoffin virtalain mukainen yhtälö, mutta osa niistä yhtälöistä on identtisiä, joten kaikkia ei voida laskuissa käyttää hyväksi.

Esimerkiksi Kuvan 1 solmupisteille a ja b saadaan yhtälöt:

$$a) I_1 + I_2 = I$$

$$b) I = I_1 + I_2$$

Ne ovat siis identtisiä, ja niistä voidaan vain toista käyttää laskussa.

Kirchhoffin virtalain perusteella saadaan niin monta yhtälöä kuin verkossa on riippumattomia solmupisteitä, eli $p = s - 1$, jossa p on riippumattomien solmupisteiden määrä.

Jokaiselle verkon silmukalle voidaan kirjoittaa Kirchhoffin jännitelain mukainen yhtälö.

Kuvan 1 verkossa on kolme silmukkaa, joille voidaan kirjoittaa seuraavat yhtälöt:

$$1) E_1 = I_1 R_{s_1} + IR$$

$$2) E_2 = I_2 R_{s_2} + IR$$

$$3) E_1 - E_2 = I_1 R_{s_1} - I_2 R_{s_2}$$

Kirchhoffin jännitelain perusteella saadaan niin monta yhtälöä kuin verkossa on riippumattomia silmukoita, eli $m = k - p$, jossa m on riippumattomien silmukkoiden lukumäärä.

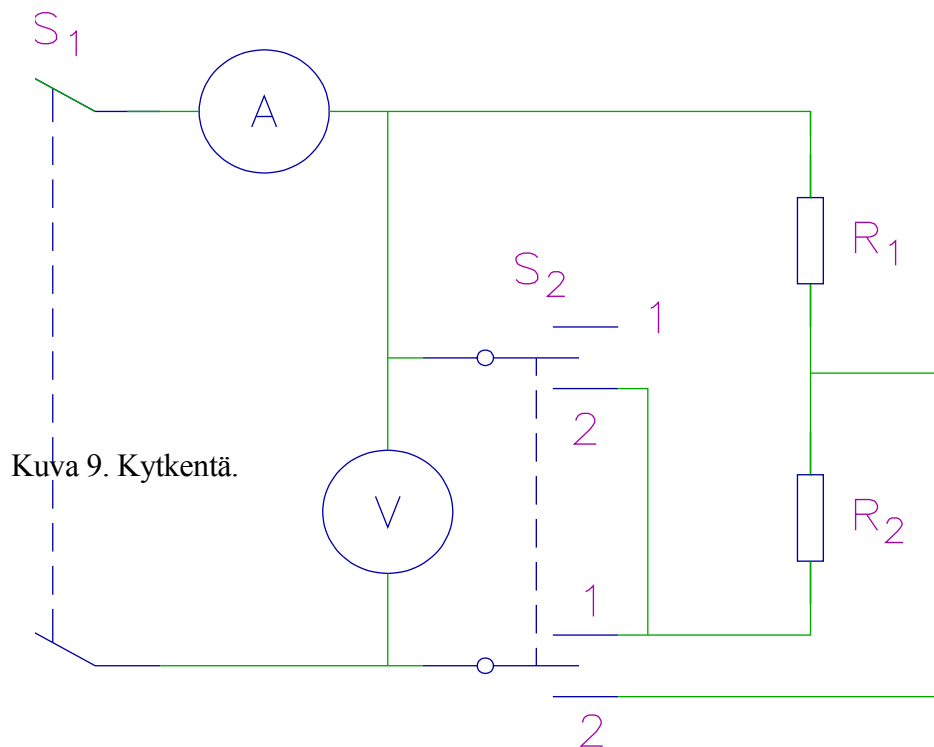
Kirchhoffin lakien avulla saadaan siis laskuja varten laadituksi $p + m$ yhtälöä, joten yhtä monta tuntematonta suuretta pystytään verkosta ratkaisemaan. Mikäli tuntemattomia suureita on enemmän, on laadittava lisäyhtälöitä Ohmin lain tai teho- ja työyhtälöiden perusteella.

6.2.1 Tasavirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 1 ja 2

Töiden tarkoituksena on selvittää Ohmin ja Kirchhoffin lakeja.

1.8.1 Työ 1: Ohmin laki

Kuvan 9 mukaisessa kytkennässä mitataan virta ja jännite, kun vaihtokytkin S2 on asennossa 1 (resistanssit sarjassa) ja asennossa 2 (resistanssit rinnakkain). Kytkimen S2 saa kiertää asennosta toiseen vasta sitten, kun työpaikkataulun kytkin S1 on avattu.

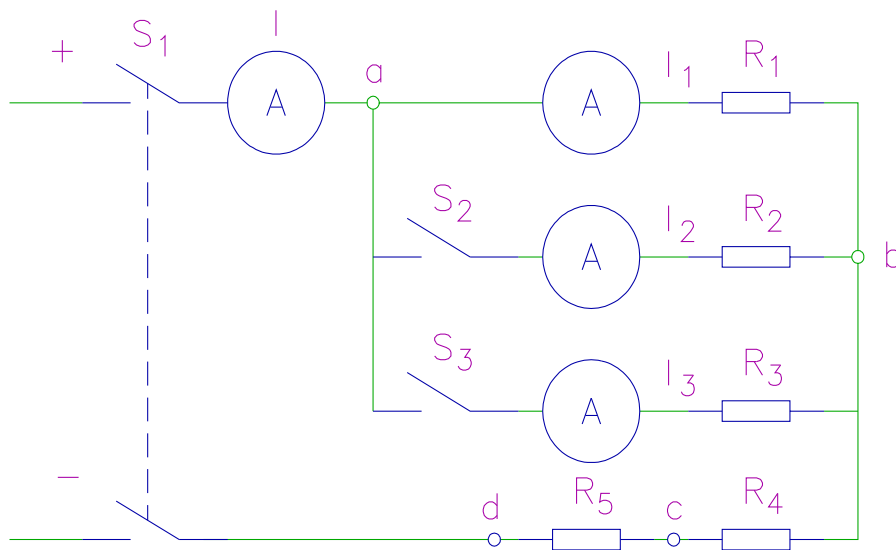


1.8.2 Työ 2: Kirchhoffin lait.

Kuvan 10 mukaisessa kytkennässä mitataan virrat I , I_1 , I_2 ja I_3 sekä jännitteet U_{ab} , U_{bc} , U_{cd} ja U_{ad} seuraavissa tapauksissa:

1. Kytkimet S2 ja S3 ovat auki.
2. Kytkin S2 on kiinni ja kytkin S3 on auki.
3. Kytkimet S2 ja S3 ovat kiinni.

Kytkimet S2 ja S3 saa avata vasta sitten, kun työpaikkataulun kytkin S1 on avattu.



Kuva 10. KytKentä.

1.8.3 Tehtävät

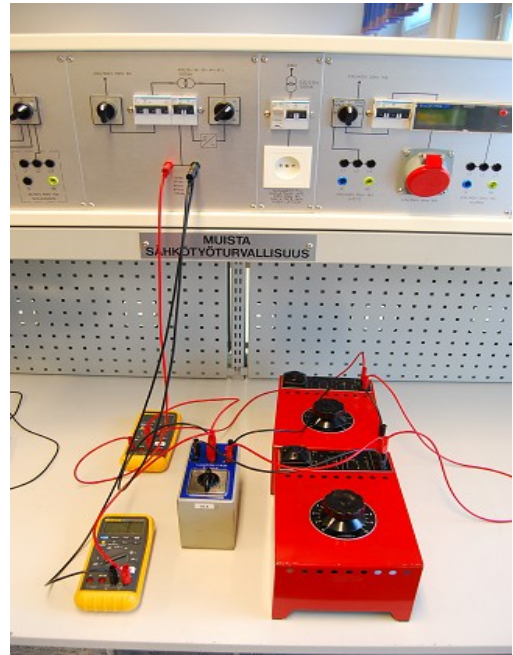
Työ1.

1. Laske resistanssien R_1 ja R_2 suuruus mittausten 1.8.1 nojalla. V-mittarin sisäinen resistanssi oletetaan äärettömän suureksi.
2. Tallenna mittaukset mittauspöytäkirjaan.
3. Tee tasavirtapiireihin liittyvä laskuharjoitus. Tehtävän saat opettajalta.

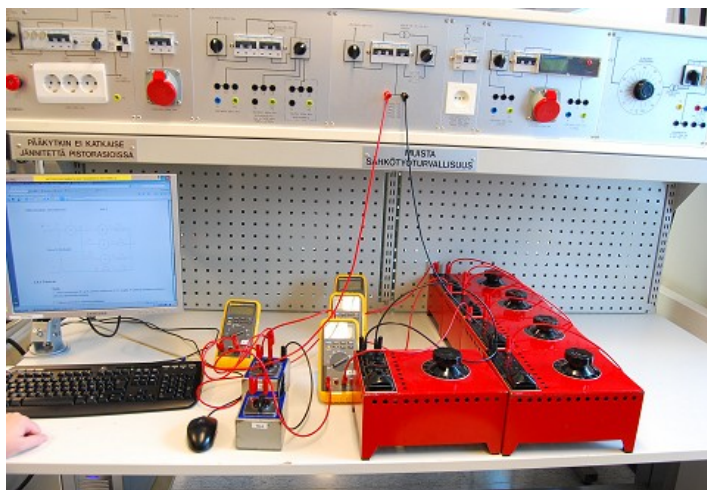
Työ 2.

4. Osoita mittausten 1.8.2 nojalla Kirchhoffin lakien paikkansapitävyys.
5. Esitä graafisesti pisteiden a, b, c ja d potentiaali mittauksiin 1.8.2 nojautuen siinä tapauksessa, että pisteen c potentiaali on nolla.
6. Mitataan vastusten $R_1 - R_5$ arvot seuraavilla laitteilla
 - 6.1 Normameter R1 (säilytyspaikka 2-1). Laitteeseen kytketään 12 VDC jännite.
 - 6.2 Vastusmittari Siemens (säilytyspaikka 2-1).
 - 6.3 Yleismittari Fluke 87 IV (säilytyspaikka esim. 17-1).
 - 6.4 Analogiamittari 4313 (säilytyspaikka 27-1).
 - 6.5 Yleismittari MX56 Metrix (säilytyspaikka 24-1).
7. Tallenna mittaukset mittauspöytäkirjaan.

6.2.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 1 ja 2



Vasemmassa kuvassa on nostettu pöydälle oppilaiden käyttämät komponentit työtä 1. varten. Oikeanpuoleinen kuva on oppilaiden tekemä valmis kytkentä, josta mittaustulokset ovat saatu lukemalla fluke -yleismittaria.



Vasemmanpuoleinen kuva on oppilaiden kytkemästä laboraatiotyöstä kaksi otettu kuva, joka on todettu oikein tehdyksi kytkennäksi. Taustalla näkyy heidän kirjaamansa mittauspöytäkirja tietokoneen näyttörudussa. Oikeanpuoleinen kuva on lähikuva heidän käyttämästään yleismittarista.

6.2.3 Mittauspöytäkirjat työ 1 ja 2

Huomautus: Laskentakaavat merkitty keltaisella värillä, älä tuhoa niitä.

Työ 1. Mittaukset

VAIHTOKYTKIN	MITATTU VIRTA (mA)	LASKETTU KOKONAISVIRTA = I (mA)	MITATTU JÄNNITE = U (V)	RESISTANS-SI 1 = R1 (Ohmi)	RESISTANS-SI 2 = R2 (Ohmi)	KOKONAIS-RESISTANS-SI = R (Ohmi)
Asento 1		#JAKO/0!				0
Asento 2		#JAKO/0!				#JAKO/0!

Asennossa 1 vastukset kytketty sarjaan

Asennossa 2 vastukset kytketty rinnan

Asento 1: Kokonaisresistanssi = $R = R1 + R2$

Asento 2: Kokonaisresistanssi = $R = (1/R1 + 1/R2)^{-1}$

Asento 1: Kokonaisvirta $I = U * 1000 / R$

Asento 2: Kokonaisvirta $I = U * 1000 / R$

LASKETTU RESISTANS-SI 1 = R1 _{LASK} (Ohmi)	LASKETTU RESISTANS-SI 2 = R2 _{LASK} (Ohmi)	KOKONAIS-RESISTANS-SI = R _{LASK} (Ohmi)
#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!

R1
laskentakaavassa
neliöjuuren sisällä olevan lausekkeen arvo

#JAKO/0!

Jos tämä arvo on negatiivinen, ei neliöjuurella ole reaaliarvoa.

$$R1 = (1000 * U1 / I1) / 2 - \sqrt{((1000 * U1 / I1) * (1000 * U1 / I1) - 4 * (1000 * 1000 * U2 * U1 / (I1 * I2)))} / 2$$

$$R2 = 1000 * U1 / I1 - R1$$

Työ 2. MITTAUKSET

Asennossa 1 kytkimet S2 ja S3 ovat auki

						mitattu	laskettu	Jännite = U
						0	#JAKO/0!	

$$R = R1 + R4 + R5$$

$$I1 = U/R$$

Mitatut arvot

U_{ab}	U_{bc}	Jännite U	U_{ad}

Lasketut arvot

U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	Jännite U
#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
$U(ab) = I1 * R1$		$U(cd) = I1 * R5$	
$U(bc) = I1 * R4$		$U(ad) = I1 * R$	

Asennossa 2 kytkin S2 on kiinni ja kytkin S3 on auki

R1	R2	R3	R4	R5	R	Virta I_1	Virta I_1	Virta I_2	Virta I_2	Virta I	Virta I
ohm	ohm	ohm	ohm	ohm	(Ohmi)	mitattu (A)	laskettu (A)	mitattu (A)	laskettu (A)	mitattu (A)	laskettu (A)
					#JAKO/0!		#JAKO/0!		0,000		#JAKO/0!

$$I1 = R2 * I / (R1 + R2)$$

$$I2 = I - I1$$

$$I = U(ad) / R$$

6.3 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa (2.1-2.7)

2. YKSIVAIHEISEN VAIHTOSÄHKÖPIIRIN TUTKIMINEN

2.1 Yleistä

Työn tarkoituksena on selventää resistanssin, induktanssin ja kapasitanssin käyttäytymistä vaihtosähköpiirissä, sekä osoittaa Ohmin ja Kirchhoffin lakien paikkansapitävyys.

2.2 RLC-Sarjakytkentä

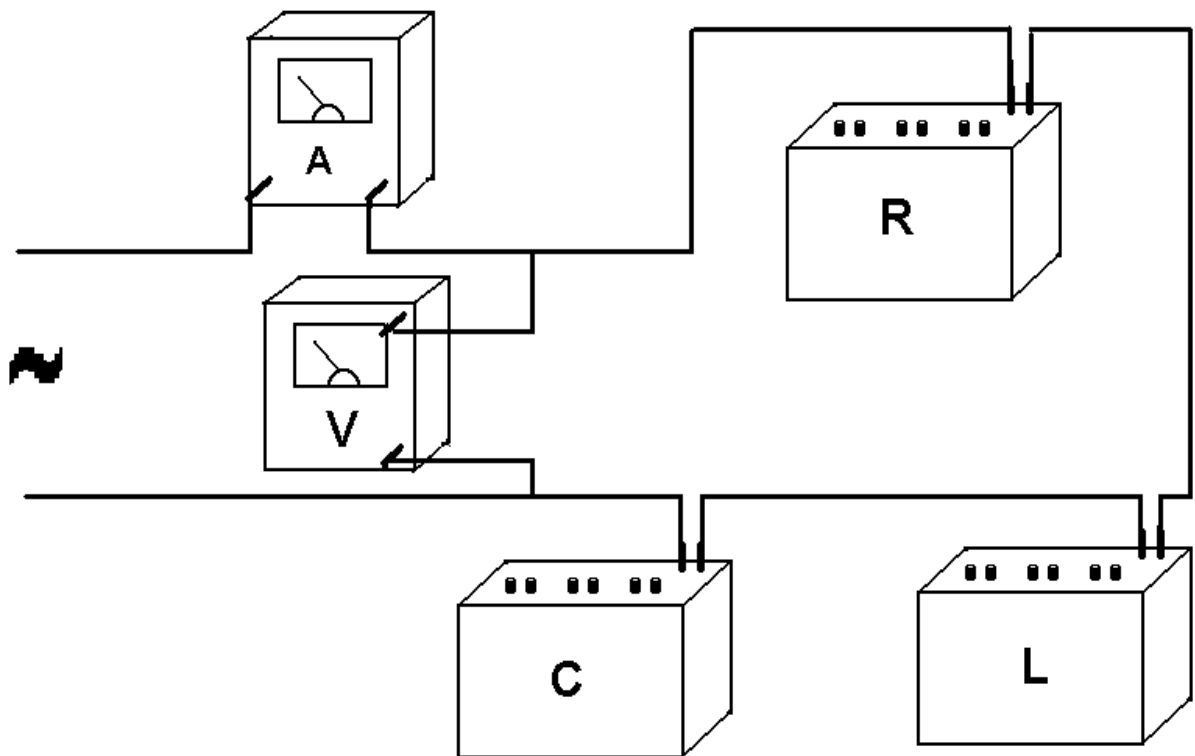
Ennen virran kytkemistä tarkastetaan kytkentä teoreettisesti laskemalla. Tarkastuksella vältetään virran ja jännitteen liiallinen kasvu.

Ensin tutkitaan RLC-sarjakytkentää vaihtovirtapiirissä. Tällaisessa kytkennässä on otettava huomioon mahdollinen jänniteresonanssi, joka syntyy kun induktiivinen ja kapasitiivinen reaktanssi on yhtäsuuri.

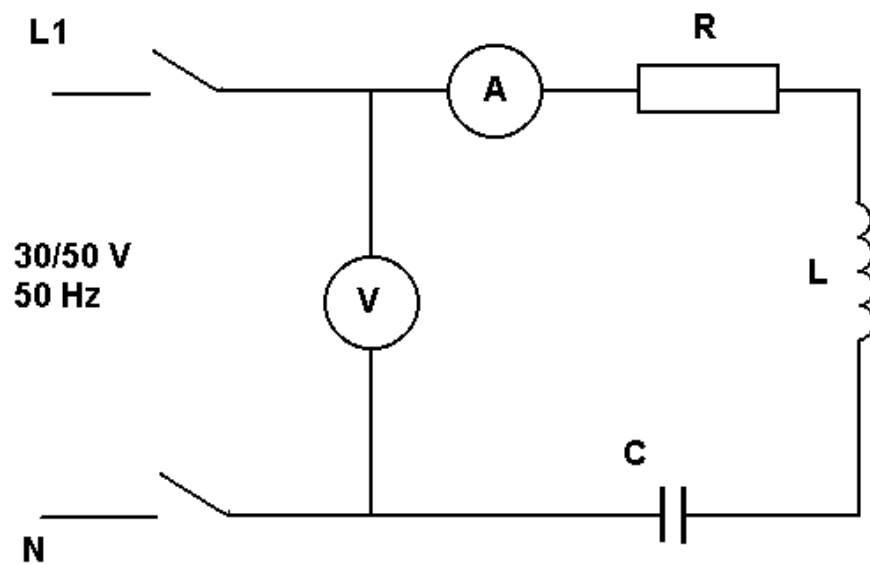
Reaktanssit saadaan käytettyjen komponenttien tyyppikilvistä ja resonanssitaajuus saadaan laskettua seuraavasta kaavasta.

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Näin vältetään mahdollisen vaaratilanne, jossa jännitteen kapasitanssin ja induktanssin yli saattaisivat nousta vaarallisen suuriksi.



Kuva 11. Sarjakytkentä.



Kuva 12. Sarjakytkentä.

Kun kytkentä on valmis, tarkistetaan ja lasketaan arvot teoreettisesti.

Mittaus 1. $X_L < X_C$

Esimerkiksi $X_C = 530 \Omega$ $X_L = 265 \Omega$ $R = 800 \Omega$

Piirin kokonaisimpedanssi:

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= \bar{R} \angle 0^\circ + \bar{X}_C \angle -90^\circ + \bar{X}_L \angle 90^\circ \\ &= 800\Omega \angle 0^\circ + 530\Omega \angle -90^\circ + 265\Omega \angle 90^\circ \\ &= 842,7\Omega \angle -18,3^\circ\end{aligned}$$

Piirin virta:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}} = \frac{30V \angle 0^\circ}{842,7\Omega \angle -18,3^\circ} = 0,0356A \angle 18,32^\circ$$

Komponenttien jännitteet:

$$\begin{aligned}\bar{U}_R &= \bar{I}\bar{R} = 0,0356A \angle 18,32^\circ \cdot 800\Omega \angle 0^\circ = 28,48V \angle 18,32^\circ \\ \bar{U}_C &= \bar{I}\bar{X}_C = 0,0356A \angle 18,32^\circ \cdot 530\Omega \angle -90^\circ = 18,87V \angle -71,68^\circ \\ \bar{U}_L &= \bar{I}\bar{X}_L = 0,0356A \angle 18,32^\circ \cdot 265\Omega \angle 90^\circ = 9,43V \angle 108,32^\circ\end{aligned}$$

Tarkistus

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_C + \bar{U}_L = 28,48V \angle 18,32^\circ + 18,87V \angle -71,68^\circ + 9,43V \angle 108,32^\circ = 30V \angle 0^\circ$$

Kytkenän resonanssitaajuus:

$$\begin{aligned}\bar{X}_L &= 2\pi fL \Leftrightarrow L = \frac{\bar{X}_L}{2\pi f} = \frac{265\Omega}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s}} = 0,844 \frac{Vs}{A} = 0,844H \\ \bar{X}_C &= \frac{1}{2\pi fC} \Leftrightarrow C = \frac{1}{2\pi f\bar{X}_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 530\Omega} = 6,0 \cdot 10^{-6} \frac{As}{V} = 6,0\mu F \\ f_R &= \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{0,844 \frac{Vs}{A} \cdot 6,0 \cdot 10^{-6} \frac{As}{V}}} = 70,7 \frac{1}{s}\end{aligned}$$

Piirin virta resonanssitaajuudella:

Koska $X_C = X_L \Rightarrow X = 0$ eli piirin impedanssi resonanssitaajuudella pelkkä resistanssi, joten virta on suurimmillaan eli

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{R} = \frac{30V \angle 0^\circ}{800\Omega \angle 0^\circ} = 0,0375A \angle 0^\circ$$

Mittaus 2. $X_L > X_C$

$$\text{Esimerkiksi } X_C = 265 \, \Omega \quad X_L = 530 \, \Omega \quad R = 800 \, \Omega$$

Piirin kokonais impedanssi

$$\begin{aligned} \bar{Z} &= \bar{R} \angle 0^\circ + \bar{X}_C \angle -90^\circ + \bar{X}_L \angle 90^\circ \\ &= 800 \Omega \angle 0^\circ + 265 \Omega \angle -90^\circ + 530 \Omega \angle 90^\circ \\ &= 842,7 \Omega \angle 18,3^\circ \end{aligned}$$

Piirin virta:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}} = \frac{30V \angle 0^\circ}{842,7 \Omega \angle 18,3^\circ} = 0,0356A \angle -18,32^\circ$$

Komponenttien jännitteet:

$$\begin{aligned} \bar{U}_R &= \bar{I} \bar{R} = 28,48V \angle -18,32^\circ \\ \bar{U}_C &= \bar{I} \bar{X}_C = 9,434V \angle -108,32^\circ \\ \bar{U}_L &= \bar{I} \bar{X}_L = 18,87V \angle 71,68^\circ \end{aligned}$$

Kytkenän resonanssitaajuus

$$\begin{aligned} \bar{X}_L &= 2\pi fL \Leftrightarrow L = \frac{\bar{X}_L}{2\pi f} = 1,687H \left(\frac{Vs}{A}\right) \\ \bar{X}_C &= \frac{1}{2\pi fC} \Leftrightarrow C = \frac{1}{2\pi f \bar{X}_C} = 1,201 \times 10^{-5} F \left(\frac{As}{V}\right) \\ F_R &= \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 35,4 \frac{1}{s} \end{aligned}$$

Virta resonanssitaajuudella on sama kuin edellisillä komponenteilla eli 0,0375A

Tämän jälkeen suoritetaan mittaukset. Käytännössä vaihdellaan komponenttien arvoja valituissa rajoissa.

Mittaus 1. $X_C > X_L$ *Esimerkiksi* $X_C = 530 \Omega$ $X_L = 265 \Omega$ $R = 800 \Omega$

$$\begin{aligned} I &= 33 \text{ mA} \\ U &= 28.5 \text{ V} \\ U_C &= 17.6 \text{ V} \\ U_L &= 8.6 \text{ V} \\ U_R &= 27,1 \text{ V} \end{aligned}$$

Mittaus 2. $X_L > X_C$ *Esimerkiksi* $X_C = 265 \Omega$ $X_L = 530 \Omega$ $R = 800 \Omega$

$$\begin{aligned} I &= 31 \text{ mA} \\ U &= 28.5 \text{ V} \\ U_C &= 8.95 \text{ V} \\ U_L &= 17.58 \text{ V} \\ U_R &= 27.2 \text{ V} \end{aligned}$$

2.3 RLC-Rinnankytkentä

Rinnankytkennässä suoretaan vastaavasti ensin virtaresonanssitilanteen huomioon ottaminen, joka tässäkin kytkennässä ilmenee kapasitiivisen- ja induktiivisen reaktanssin ollessa yhtä suuria. Resonanssi taajuus on seuraavan kaavan mukainen

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Valmis kytkentä tarkistetaan ja lasketaan teoreettiset arvot ennen mittauksen suorittamista.

Suoritetaan mittaukset valituilla arvoilla ja tehdään mittauspöytäkirjan.

Mittaus 1. $X_L > X_C$

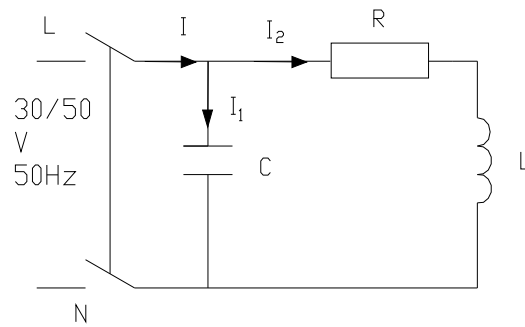
Esimerkiksi $X_C = 265 \Omega$ $X_L = 530 \Omega$ $R = 800 \Omega$

$$\begin{aligned} I_1 &= 98 \text{ mA} \\ I_2 &= 27,2 \text{ mA} \\ I_3 &= 110 \text{ mA} \\ U &= 28,5 \text{ V} \end{aligned}$$

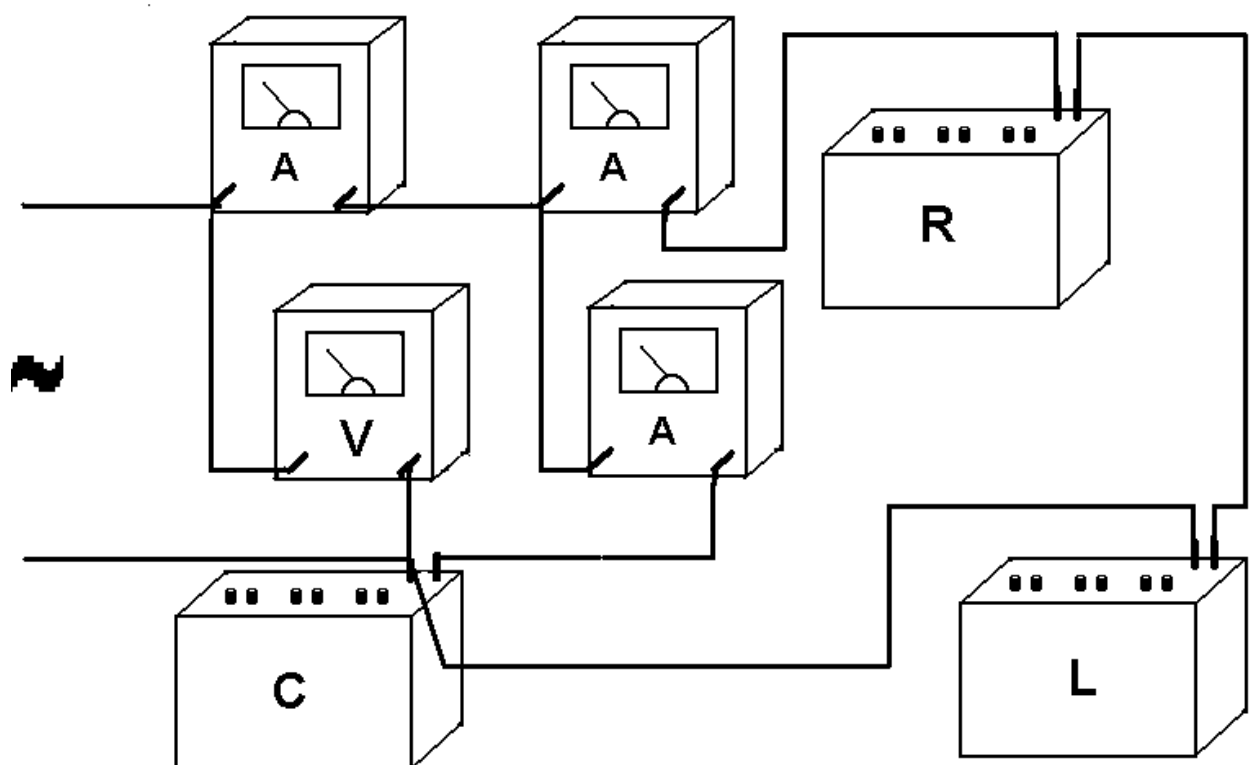
Mittaus 2. $X_L < X_C$

Esimerkiksi $X_C = 530 \Omega$ $X_L = 265 \Omega$ $R = 800 \Omega$

$$\begin{aligned} I_1 &= 51,7 \text{ mA} \\ I_2 &= 31,0 \text{ mA} \\ I_3 &= 55,2 \text{ mA} \\ U &= 28,5 \text{ V} \end{aligned}$$



Kuva 13. Rinnankytkentä



Kuva 14. Rinnankytkentä.

Teoreettiset arvot rinnankytkennässä**Mittaus 1.** $X_L > X_C$ esim. $R = 800\Omega$, $X_L = 530\Omega$, $X_C = 265\Omega$

Piirin kokonaisimpedanssi :

$$\frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{(\bar{R} + \bar{X}_L)} + \frac{1}{\bar{X}_C} \Leftrightarrow \bar{Z} = \frac{\bar{X}_C(\bar{R} + \bar{X}_L)}{\bar{X}_C + \bar{R} + \bar{X}_L} = \frac{265\Omega \angle -90^\circ (800\Omega \angle 0^\circ + 530\Omega \angle 90^\circ)}{265\Omega \angle -90^\circ + 800\Omega \angle 0^\circ + 530\Omega \angle 90^\circ}$$

$$= 301,8\Omega \angle -74,8^\circ$$

Piirin osa virrat saadaan vaihtosähköpiirin Ohmin laista:

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}}{\bar{X}_C} = \frac{30V \angle 0^\circ}{265\Omega \angle -90^\circ} = 0,113A \angle 90^\circ$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{U} \angle 0^\circ}{\bar{R} \angle 0^\circ + \bar{X}_L \angle 90^\circ} = \frac{30V \angle 0^\circ}{800\Omega \angle 0^\circ + 530\Omega \angle 90^\circ} = 0,031A \angle -33,5^\circ$$

Kirchoffin virtalain mukaan $I = I_1 + I_2$, joten piirin kokonaisvirraksi saadaan

$$0,113A \angle 90^\circ + 0,031A \angle -33,5^\circ = 0,099A \angle 74,9^\circ$$

resistanssin ja induktanssin yli vaikuttavat jännitteet:

$$\bar{U}_R = \bar{R} \bar{I}_2 = 800\Omega \angle 0^\circ \cdot 0,031A \angle -33,5^\circ = 24,8V \angle -33,5^\circ$$

$$\bar{U}_L = \bar{X}_L \bar{I}_2 = 530\Omega \angle 90^\circ \cdot 0,031A \angle -33,5^\circ = 16,43V \angle 56,5^\circ$$

Värahtelypiirin resonanssitaajuus:

$$L = \frac{\bar{X}_L}{2\pi f} = \frac{530 \frac{V}{A}}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s}} = 1,687H \text{ ja } C = \frac{1}{2\pi f \bar{X}_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 265 \frac{V}{A}} = 1,201 \times 10^{-5} F$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 35,4Hz$$

Mittaus 2. $X_C > X_L$ esim. $R = 800\Omega$, $X_C = 530\Omega$, $X_L = 265\Omega$

piirin kokonaisimpedanssi:

$$\bar{Z} = \frac{530\Omega \angle -90^\circ (800\Omega \angle 0^\circ + 265\Omega \angle 90^\circ)}{530\Omega \angle -90^\circ + 800\Omega \angle 0^\circ + 265\Omega \angle 90^\circ} = 530\Omega \angle -53,3^\circ$$

osavirrat:

$$\bar{I}_1 = \frac{30V \angle 0^\circ}{530\Omega \angle -90^\circ} = 0,0566A \angle 90^\circ,$$

$$\bar{I}_2 = \frac{30V \angle 0^\circ}{800\Omega \angle 0^\circ + 265\Omega \angle 90^\circ} = 0,0356A \angle -18,3^\circ, \text{ joten kokonaisvirta on}$$

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 0,0566A \angle 90^\circ + 0,0356A \angle -18,3^\circ = 0,0566A \angle 53,3^\circ$$

resistanssin ja induktanssin yli vaikuttavat jännitteet:

$$\bar{U}_R = 800\Omega \angle 0^\circ \cdot 0,0356A \angle -18,3^\circ = 28,48V \angle -18,3^\circ$$

$$\bar{U}_L = 265\Omega \angle 90^\circ \cdot 0,0356A \angle -18,3^\circ = 9,43V \angle 71,7^\circ$$

Taivutettaessa johdin käämiksi siten, että virta kulkee kaikissa johdinkierroksissa samaan suuntaan magneettivuo johtimen ympärillä vahvistuu ja induktanssi suurenee. Induktanssiin vaikuttaa myös käämin sisällä olevan aineen permeabiliteetti. Induktanssi saadaan laskettua kaavalla

$$L = \frac{\mu AN^2}{l}$$

jossa

L = induktanssi

μ = permeabiliteetti

N = johdinkierrosten lkm

A = sydämen poikkipinta-ala

l = sydämen keskiviivan pituus

kaavasta nähdään, että induktanssiin vaikuttaa oleellisesti sydän aine. Tämä taas johtuu siitä, että mitä paremmin sydänaine johtaa magneettikenttäviivoja sitä suurempi magneettivuo saadaan syntymään. Tällöin magneettivuo on

$$\Phi = \mu \frac{NI}{l} A$$

jossa I on virta edellisten lisäksi. Asettaessa rautasydän käämin sisälle saadaan hajakenttäviivojen määrä vähenemään ja vuontiheys kasvamaan. Tällöin myös induktanssi kasvaa, joten fysikaalinen syy induktanssin muutokseen on magneettivuon tiheyden muutos.

2.4 Sarjaan kytkettyjen kondensaattoreiden kapasitanssi.

Tiedetään että kondensaattorin kapasitanssi on riippuvainen johdelevyjen pinta-alasta, levyjen välimatkasta ja eristeen permittiivisyydestä seuraavan kaavan mukaisesti.

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{l}$$

jossa C= kapasitanssi , l = välimatka ja ϵ = permittiivisyys

Tällöin voidaan yksinkertaistaa johtava osuus pois kytkennästä, jolloin kaavan mukaisesti kapasitanssi muuttuu käänteisesti suhteessa levyjen välimatkaan.

Oletetaan että kytketään sarjaan permittiivisyydeltään ja pinta-alaltaan samankokoisia kapasitansseja, joissa kapasitanssin ero on saatu aikaan levyjen välimatkaa muuttamalla. Tällöin saadaan kapasitanssien kaava samannimiseksi. Voitaisiin myös muuttaa muita arvoja, mutta se vain mutkistaisi todistusta lisäten siihen myös pinta-alan ja permittiivisyyden suhteen summia jotka itse todistuksen kannalta ovat merkityksettömiä. Siis

$$\frac{1}{C} = \frac{l_1}{\epsilon \cdot A} + \frac{l_2}{\epsilon \cdot A} + \dots + \frac{l_n}{\epsilon \cdot A} = \sum \frac{l_n}{\epsilon \cdot A}, \text{ toisaalta } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum \frac{l_n}{\epsilon \cdot A}$$

siis kaava on osoitettu oikeaksi.

2.5 Vastuskomponenttien osoitinesitys

Resistanssi:

Resistanssin kautta kulkeva virta on saman vaiheinen kuin resistanssiin vaikuttava jännite. Siis

$$\bar{U} = U \angle \varphi$$

$$\bar{I} = I \angle \varphi$$

resistanssi on :

$$\bar{R} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{U \angle \varphi}{I \angle \varphi} = R \angle 0^\circ = R + j0 = R$$

resistanssin vaihekulma on siis nolla.

Induktanssi:

Induktanssin kautta kulkeva virta on 90 astetta induktanssiin vaikuttavaa jännitettäjäljessä. Siis

$$\bar{U} = U \angle \varphi$$

$$\bar{I} = I \angle \varphi - 90^\circ$$

Näistä saadaan induktiivinen reaktanssi

$$\bar{X}_L = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{U \angle \varphi}{I \angle \varphi - 90^\circ} = X \angle 90^\circ = 0 + jX_L = j\omega L$$

Induktiivisen reaktanssin vaihekulma on siis 90 astetta ja se on positiivinen imaginääriluku.

Kapasitanssi:

Kapasitanssin kautta kulkeva virta on 90 astetta kapasitanssiin vaikuttavan jännitteen edellä.

$$\bar{U} = U \angle \varphi$$

$$\bar{I} = I \angle \varphi + 90^\circ$$

Näistä saadaan kapasitiivinen reaktanssi

$$\bar{X}_C = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{U \angle \varphi}{I \angle \varphi + 90^\circ} = X_C \angle -90^\circ = 0 - jX_C = -\frac{j}{\omega C}$$

Kapasitiivisen reaktanssin vaihekulma on siis -90 astetta ja todetaan, että se negatiivinen imaginääriluku.

Impedanssi:

Esim. jos edelliset on kytketty sarjaan

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C = \bar{I}(R + j(X_L - X_C))$$

$$\text{suure } \bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = R + j(X_L - X_C) = R + jX = Z \angle \varphi$$

on kytkennän impedanssi eli vaihtovirtavastus. Nyt voidaan kirjoittaa

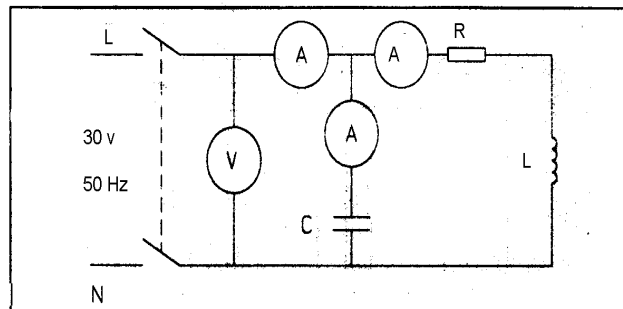
$$\bar{U} = \bar{I}\bar{Z}$$

joka vastaa Ohmin lakia $U=IR$.

2.6 Yksivaiheinen vaihtosähköpiiri, rinnankytkentä

2.6.1. Teoria

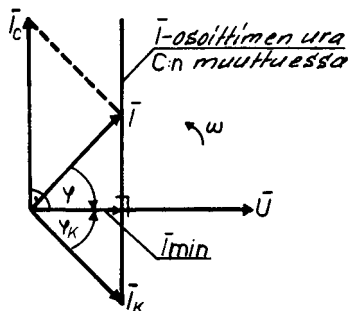
Laboraatiotyössä kytketään viereisen kuvan mukainen kytkentä. Kytkennästä mitataan kokonaisjännite, kokonaisvirta ja kondensaattorille ja vastukselle menevät virrat. Kuvassa kytkennän kela haarassa oleva vastus voisi kuvata kelan resistanssia.



Kuva 15. Rinnankytkentä.

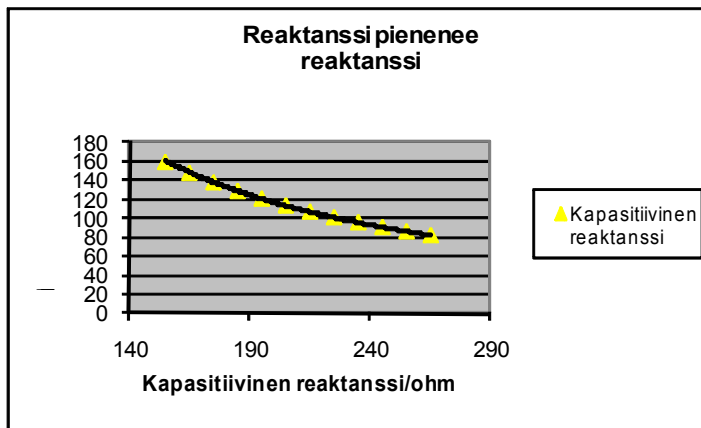
Tässä tapauksessa kelan virta on $I_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$. Kondensaattorin virta on $I_C = UC\omega$.

Kytkennän ottama virta on osavirtojen summa. Kun jännite U ja taajuus f pysyvät vakioina, kapasitanssin C kasvaessa, kokonaisvirta kasvaa, koska kapasitiivinen reaktanssi on kääntäen verrannollinen kapasitanssiin C ja päinvastoin.



Kuva 16. Kokonaisvirran muutos.

Kuva 16 esittää kyseistä tapahtumaa. Kuvassa 16 on kokonaisvirta kuvattu reaktanssin suhteen. Kuvaajassa kapasitanssi kasvaa oikealta vasemmalle.



Kuva 17. Kokonaisvirta, reaktanssin kasvaessa.

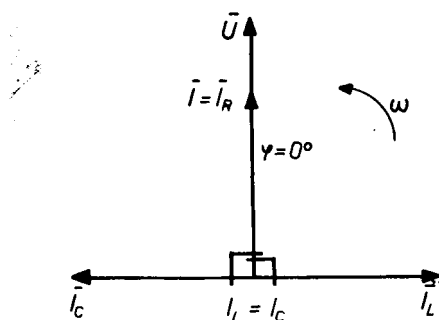
Kun kapasitiivinen reaktanssi on suurempi kuin induktiivinen reaktanssi, kulkee kondensaattorin läpi suurempi virta. Kun taas induktiivinen reaktanssi on suurempi kuin kapasitiivinen reaktanssi, kulkee kelan läpi suurempi virta. Kondensaattorin reaktanssi voidaan laskea kun tunnetaan kapasitanssi ja kulmataajuus, kaavalla

$x_c = \frac{1}{C\omega}$. Kelan reaktanssi voidaan taas laskea kaavalla $x_L = L\omega$, missä L on induktanssi ja ω on kulmataajuus.

2.7 Rinnakkaisresonanssi

Rinnakkais- eli virtaresonanssi syntyy, kun induktiivinen ja kapasitiivinen reaktanssi ovat yhtä suuret. Rinnakkaisresonanssin ehto on siis sama kuin sarjaresonanssin. $L\omega = \frac{1}{C\omega}$.

Tämän ehdon ollessa täytetty on jännite ja virta samanvaiheisia. Resonanssi tilanteessa induktiivinen ja kapasitiivinen virta kumoavat toisensa. $I_L = I_C$. Kytkennän ottama kokonaisvirta on sama kuin resistiivinen virta. Kuten huomataan virtaresonanssi ei muodostu kytkennän millekään komponentille vaaralliseksi. Resonanssi tilanteessa kokonaisvirta saavuttaa minimiarvonsa. Kuvassa



Kuva 18 Resonanssitila

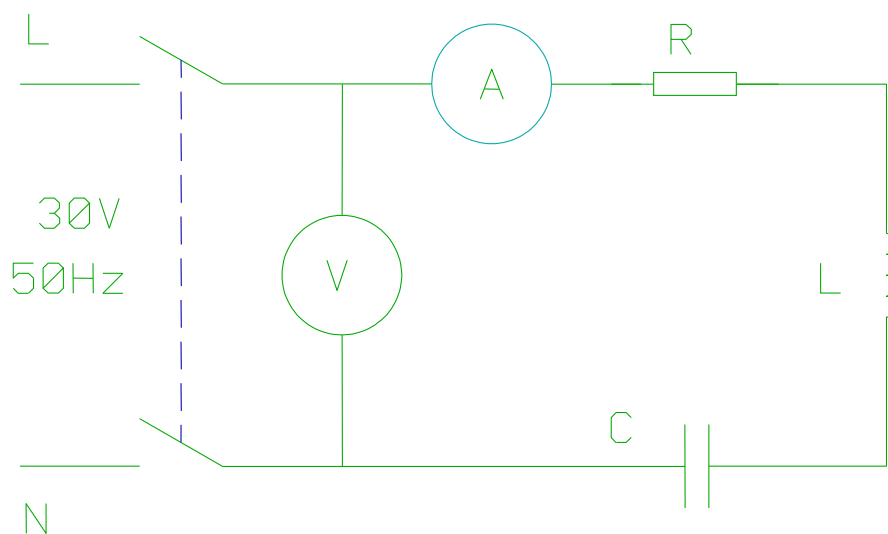
18. on vektoreilla esitettyä resonanssi tila. Kondensaattorin ja kelan läpi kulkee sama virta, mutta 180 asteen vaihesiirrolla. Virrat kumoavat toisensa, joten kokonaisvirta on vastuksen läpi kulkeva virta. Kokonaisvirran vaihesiirto jännitteeseen nähden riippuu kytkennässä kondensaattorin ja kelan arvoista. Jos kondensaattorin kapasitanssi kasvaa, kokonaisvirta siirtyy jännitteen edelle. Käytännössä tilannetta nimitetään kompensoinniksi. Silloin kelan induktiivinen virta on kokonaan tai osittain kumottu eli kompensoitu, kompensoimiskondensaattoreilla. Jos kelan induktiivinen virta on täydellisesti kompensoitu otetaan sähkölähteestä vain resistiivinen virta I_{\min} . Näin rasitetaan sähkönsiirtolaitteita vähemmän kuin ilman kompensointia

6.3.1 Yksivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 3, 4 ja 5 (2.8)

Työn tarkoituksena on selvittää resistanssin, induktanssin ja kapasitanssin käyttäytymistä vaihtovirtapiirissä, sekä osoittaa Ohmin ja Kirchhoffin lakien paikkansapitävyys.

2.8.1 Sarjakytkentä, laboraatiotyö 3

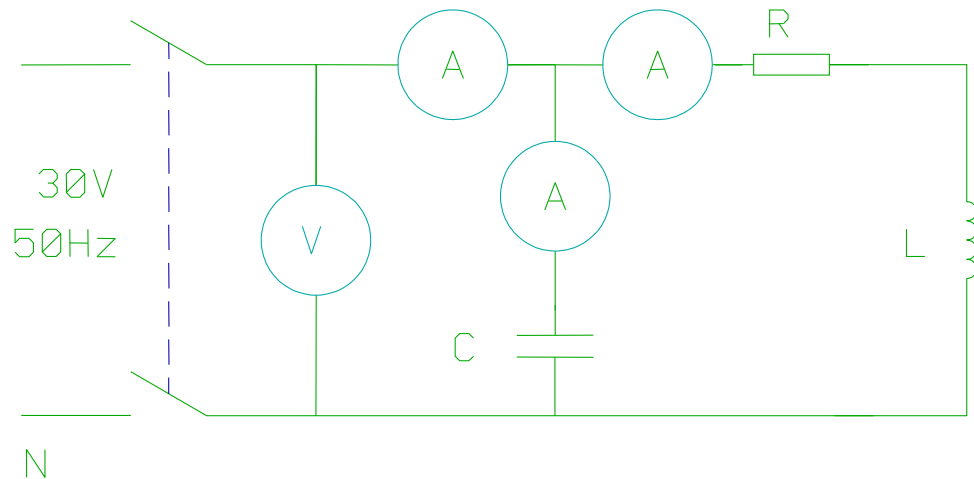
Kuvan 19 esittämässä virtapiirissä mitataan kytkennän kokonaisvirta ja -jännite sekä osajännitteet U_R , U_L , ja U_C . Mittaus suoritetaan kahdella kapasitiivisen reaktanssin X_C arvolla: $X_C < X_L$ ja $X_C > X_L$. **Varo jänniteresonanssia, jossa $X_C = X_L$, koska osajännitteet voivat nousta vaarallisen suuriksi!**



Kuva 19. Sarjakytkentä

2.8.2 Rinnankytkentä, laboraatiotyö 4

Kuvan 20 esittämässä virtapiirissä ovat R, L ja C samansuuruiset kuin kohdassa 2.8.1 Mitataan kytkennän kokonaisvirta ja -jännite sekä virrat $I_R = I_L$ ja I_C sekä jännitteet U_R ja U_L . Mittaus suoritetaan kahdella kapasitiivisen reaktanssin X_C arvolla: $X_C < X_L$ ja $X_C > X_L$. **Varo virtaresonanssia, jossa $X_C = X_L$.**



Kuva 20. Rinnankytkentä.

2.8.3 Sähkötehon mittaaminen, laboraatiotyö 5

Jännitteen ja virran samanhetkisten arvojen tulo määrittää sähkötehon. Tasasähköllä, jolloin jännite ja virta ovat aina samenvaiheiset, saadaan teho V- ja A- mittarien osoituksen tulona. Vaihtosähköllä, V- ja A- mittarien osoittaessa tehollisarvoja, on niiden tulo kerrottava vaihesiirtokulman kosinilla eli tehokertoimella.

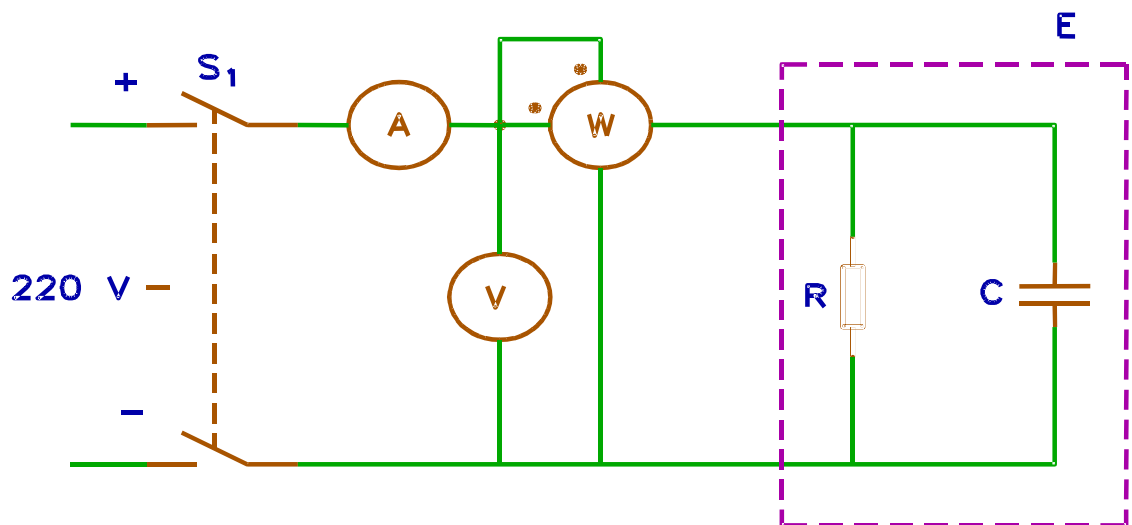
Sähködynaaminen mittari, joka itse asiassa käsittää sekä jännite- että virtamittarin, suorittaa automaattisesti em. kertolaskun. Se soveltuukin mainiosti tehomittariksi sekä tasa- että vaihtosähköllä.

Koska jännite ja virta ovat osoitinsuureita, on niiden tulokin osoitinsuure. Tämä on otettava huomioon W-mittarin kytkennässä. Jännite- ja virtapuolen vastinnapaisuus on sekä kytkentäkaaviossa että mittarissa osoitettava sopivalla merkillä. Oletetulla tehon virtaussuunnalla saadaan merkinnän mukaisella kytkennällä positiivinen näyttämä. Jos näyttämä kaikesta huolimatta on negatiivinen, ei teho kulje oletettuun suuntaan. Tällöin se varustetaan -etumerkillä.

2.8.3.1 Tehon mittaaminen tasasähköllä

Kuvan 21 kytkentää käyttäen mitataan kuormituksen E virta, jännite ja teho, kun kytkentään vaikuttaa 48V tasajännite. Suoritetaan mittaukset siten, että pidetään R vakiona ja muutetaan C:n arvoa.

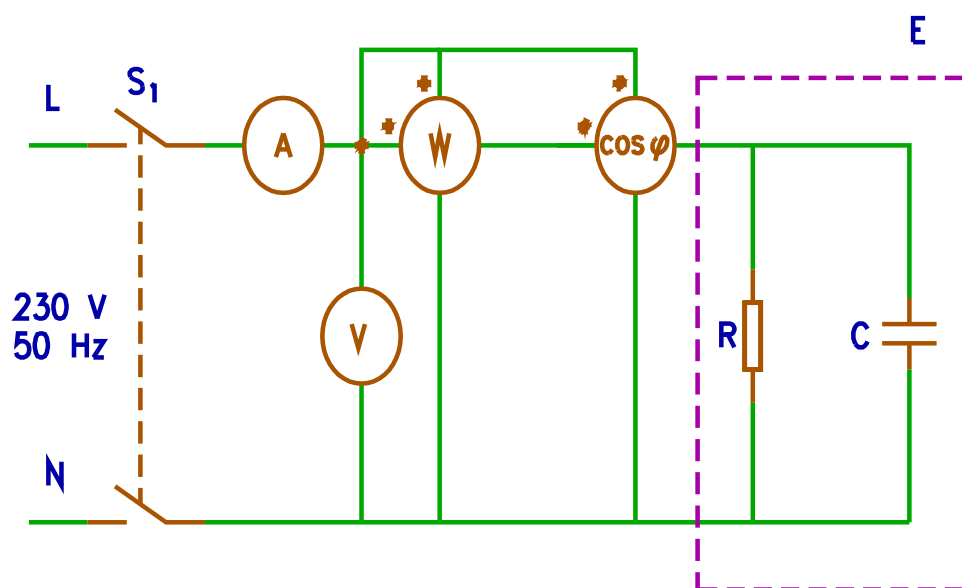
Vaihdetaan jännitekäämin navat W-mittarissa keskenään ja tarkataan seurauksia.



Kuva 21. Kytentäkaavio, syöttöjännite 48 VDC.

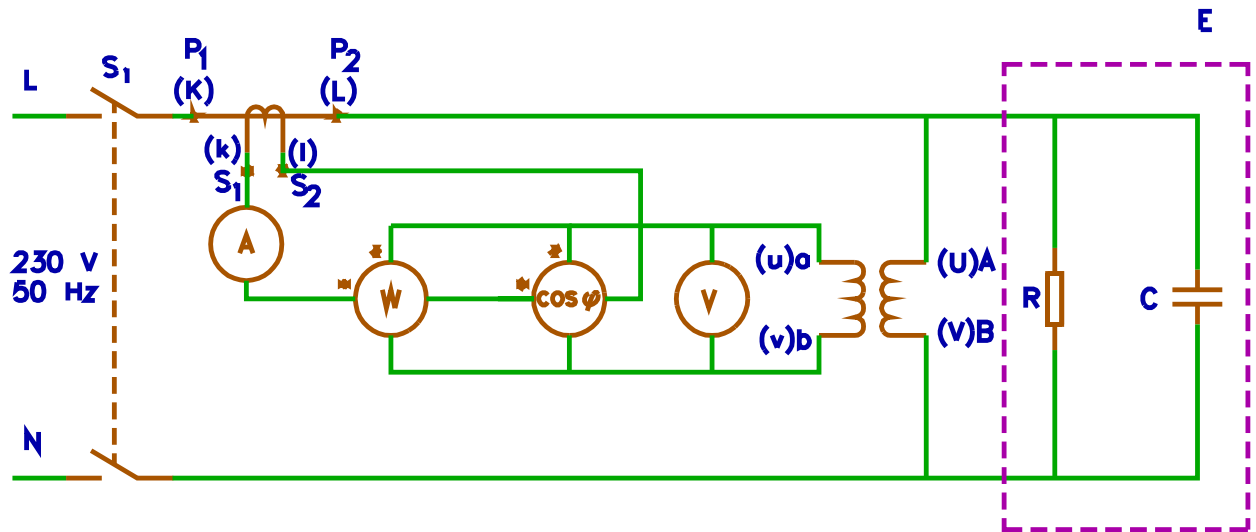
2.8.3.2 Tehon mittaaminen vaihtosähköllä

Kuvan 22 kytentää käyttäen mitataan edellisessä kohdassa käytetyn kuormituksen virta, jännite, teho ja tehokerroin, kun kytkentään vaikuttaa 230 V 50 Hz vaihtojännite.



Kuva 22. Kytentäkaavio.

2.8.3.3 Tehon mittaaminen mittamuuntajia käyttäen



Kuva 23. Kytentäkaavio.

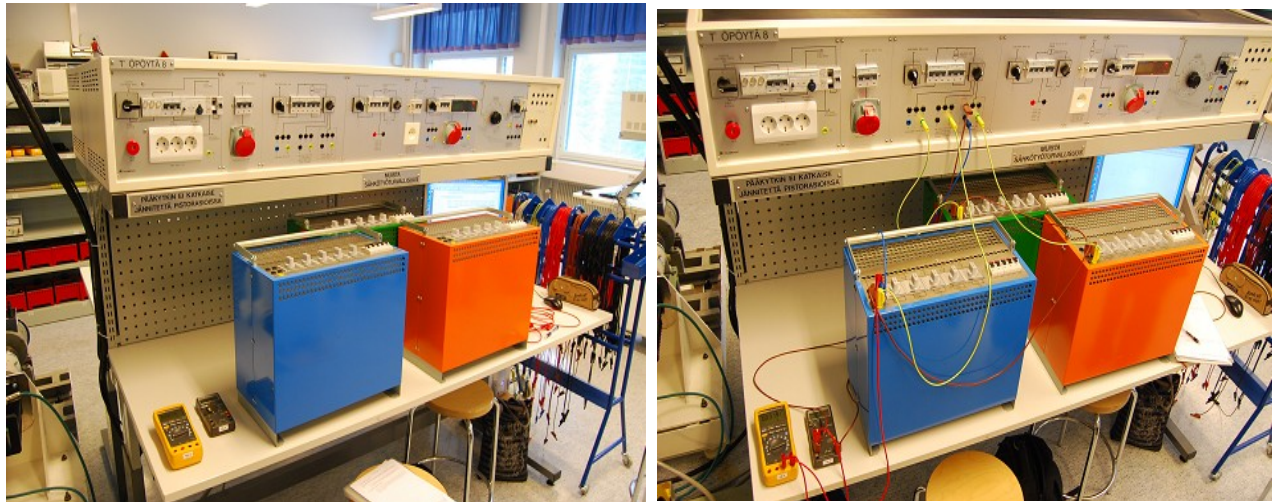
Kuvan 23 kytkennällä mitataan edellisissä kohdissa käytetyn kuormituksen virta, jännite, teho ja tehokerroin mittamuuntajia käyttäen. Myös mittamuuntajien muuntosuhde merkitään mittauspöytäkirjaan.

2.8.3.4 Tehtävät

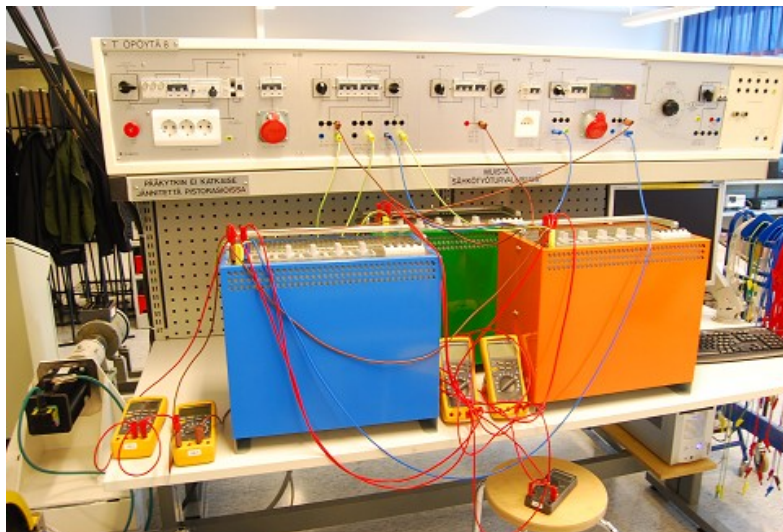
Laboraatiotyöt 3, 4 ja 5

- Piirrä jännitteitä ja virtoja kuvaavat osoitinpiirrookset kaikissa edellä mainituissa mittauksissa. Piirroksiin on merkittävä mittakaavat.
- Pätevätkö - ja millaisin edellytyksin - Ohmin ja Kirchhoffin lait myöskin vaihtosähköllä?
- Kuinka suuri on kytkennän 2.8.1 kokonaisvirta resonanssitaajuudella?
- Laske induktanssin L suuruus.
- Selosta minkä fysikaalisen syyn vuoksi käämin induktanssi muuttuu, jos sen sisälle asetetaan rautasydän.
- Tutki mittauksen 2.8.3.1 perusteella saadaanko tasasähkön teho jännitteen ja virran tulona. Tarkastelussa on kiinnitettävä huomiota mittareiden tarkkuusluokkaan.
- Laske kuormituksen vaihesiirto mittauksen 2.8.3.2 perusteella ja vertaa saatua tulosta tehokerroinmittarin osoitukseen.
- Piirrä mittauksiin 2.8.3.2 nojautuen jännitteen, virran ja tehon vaihtelukäyrät. Määritä tehon vaihtelukäyrästä sen keskiarvo ja vertaa sitä W -mittarin osoitukseen.
- Laske kuormituksen teho mittauksen 2.8.3.3 perusteella ja vertaa tulosta mittauksesta 2.8.3.2 saatuun tulokseen.
- Luettele joitakin perusteita mittamuuntajien käytölle.
- Miksi tasasähköllä ei käytetä normaaleja virta- ja jännitemuuntajia?
- Tallenna tulokset mittauspöytäkirjaan.

6.3.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 3, 4 ja 5



Vasemman puolisessa kuvassa on nostettu pöydälle laboraatiotyö kolmoseen tarvittavat komponentti. Oikein puolisessa kuvassa on tehty tehtävään kolme kuuluvat kytkennät.



Kuvassa näkyy laboraatiotyö neljä, mutta kytkennöihin on tehty muutoksia jotka eivät ole ohjeen mukaisia. Tehtävässä on tarkoitus uuden ryhmän etsiä tehdyt virheet, joita aikaisempi työryhmä on tehnyt kytkennöihin. Tehtävän tarkoitus on havainnollistaa virheet ja oppia korjaamaan virheelliset kytkennät. Selkeimpänä virheenä kuvassa näkyy ns. sotkuinen ja epäjärjestelmällinen johdotus, joka ei kuulu normaaliin laboraatiotöihin.

6.3.3 Mittauspöytäkirjat työ 3, 4 ja 5

Laboratoriotyö 3 f6000 Muutos pvm 15.12.2006 Tekijät
 Yksivaiheinen vaihtosähköpiiri Luokka
 Sarjakytkenä Päivämäärä

Vaaleanvihreään ruutuun täydennä tiedot Siniset ruudut: Otsakkeet, lähtötiedot (ei muuteta)

Huomatus: Laskentakaavat on merkitty keltaisella, älä tuhoa kaavoja.

Mittalaite	Suure	Tunnus	Yksikkö	Mittaus 1 Lukuarvo	Mittaus 2 Lukuarvo	Komponentti	Laskentakaava
Taulumittari	Jännite	U	V				
Pöytämittari	Jännite	U	V				
Laskettu	Jännite	U_L	V	0,00	0,00		Kaava 1
Pöytämittari	Jännite	U_L	V				
Laskettu	Jännite	U_R	V	0,00	0,00		Kaava 2
Pöytämittari	Jännite	U_R	V				
Laskettu	Jännite	U_C	V	0,00	0,00		Kaava 3
Pöytämittari	Jännite	U_C	V				
	Resistanssi	R	Ω			Vastus	
	Induktiivinen reaktanssi	X_L	Ω			Induktanssi	
	Kapasiivinen reaktanssi	X_C	Ω			Kapasitanssi	
Laskettu	Virta	I	mA	#JAKO/0!	#JAKO/0!		Kaava 4
Taulumittari	Virta	I	mA				
Pöytämittari	Virta	I	mA				
Kaava 1	$U_L = I \cdot X_L / 1000$						
Kaava 2	$U_R = I \cdot R / 1000$						
Kaava 3	$U_C = I \cdot X_C / 1000$						
Kaava 4	$I = 1000 \cdot U / \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)}$						
				Mittaus 1	$X_c < X_L$		
				Mittaus 2	$X_c > X_L$		

Laboratoriotyö 4 f6002
 Yksivaiheinen vaihtosähköpiiri
 Rinnankytkentä

Muutos pvm
 Luokka
 Päivämäärä

17.11.2006 Tekijät

Vaaleanvihreään ruutuun täydennä tiedot

Siniset ruudut: Otsakkeet, lähtötiedot (ei muuteta)

Huomatus: Laskentakaavat on merkitty keltaisella, älä tuhoa kaavoja.

Mittalaite	Suure	Tunnus	Yksikkö	Mittaus 1 Lukuarvo	Mittaus 2 Lukuarvo	Komponentti	Laskentakaava
Rinnankytkentä		Tehtävä 2.2					
Nimellisjännite		U	V	30	30		
Taulumittari	Jännite	U	V				
Pöytämittari	Jännite	U	V				
Pöytämittari (huom. 1)	Jännite	U _R	V				
Pöytämittari (huom. 1)	Jännite	U _L	V				
Laskettu	Virta	I	mA	#JAKO/0!	#JAKO/0!		Kaava 1
Taulumittari	Virta	I	mA				
Pöytämittari	Virta	I	mA				
Laskettu	Virta	I _R	mA	#JAKO/0!	#JAKO/0!		Kaava 2
Pöytämittari	Virta	I _R	mA				
Laskettu	Virta	I _C	mA	#JAKO/0!	#JAKO/0!		Kaava 3
Pöytämittari	Virta	I _C	mA				
	Resistanssi	R	Ω			Vastus	
	Induktiivinen reaktanssi	X _L	Ω			Induktanssi	
	Kapasiivinen reaktanssi	X _C	Ω			Kapazitanssi	

Huom.1 = asennetaan erillinen jännitemittari ko. komponentin napojen väliin.

Kaava 1

$$I = \frac{1000 \cdot U (R^2 + (X_L - X_C)^2)}{\sqrt{(R X_C)^2 + (R^2 X_C + X_L^2 X_C - X_L X_C^2)^2}}$$

Kaava 2

$$I_R = \frac{1000 \cdot U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Kaava 3

$$I_C = \frac{1000 \cdot U}{X_C}$$

6.4 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, teoriaa (3.1)

3. Kolmivaiheinen vaihtosähköpiiri

3.1 Vaihtovirtapiirin tutkiminen

3.1.1 Tähtikytkennän laskukaavat

Kun *käämijännitteitä* merkitään yleisesti U_k ja *pääjännitettä* U :lla, saadaan tähtikytkennässä $U = \sqrt{3}U_k \approx 1,73U_k$ (1)

Kolmivaihejärjestelmässä tähtikytkennän äärijohtimessa kulkee sama virta kuin vastaavassa käämissä, joten

$$\left. \begin{array}{l} U = \sqrt{3}U_k \\ I = I_k \end{array} \right\} \text{tähtikytkennässä} \quad (2)$$

Voimansiirtotehtäviä käsiteltäessä *kuvitellaan kolmivaiheinen kuormitus aina tähteen kytketyksi*. Äärijohtimien välistä jännitettä nimitetään silloin *pääjännitteeksi* ja äärijohtimen ja nollajohtimen välistä jännitettä *vaihejännitteeksi*. *Päävirta* I ja *vaihevirta* I_v ovat silloin sama virta. Kun käytetään näitä merkkejä, tulevat tähtikytkennän yhtälöt (2) muotoon

$$U = \sqrt{3}U_v \quad (3)$$

$$I = I_v \quad (4)$$

Kun puhutaan kolmivaihekuormituksen jännitteestä ja virrasta, tarkoitetaan pääjännitettä U ja päävirtaa $I=I_v$, jos ei muuta mainita.

Kolmivaihejärjestelmän teho on vaiheiden tehojen summa. Siis

$$\begin{aligned} P &= P_I + P_{II} + P_{III} \\ &= U_{Ik} I_{Ik} \cos \varphi_I + U_{IIk} I_{IIk} \cos \varphi_{II} + U_{IIIk} I_{IIIk} \cos \varphi_{III} \end{aligned} \quad (5)$$

Tässä yhtälössä virrat ovat käämivirtoja, jännitteet käämijännitteitä ja kulmat φ vaihesiirtokulmia *käämijännitteiden ja -virtojen välillä*.

Jos vaiheiden kuormitukset ovat symmetriset, niin

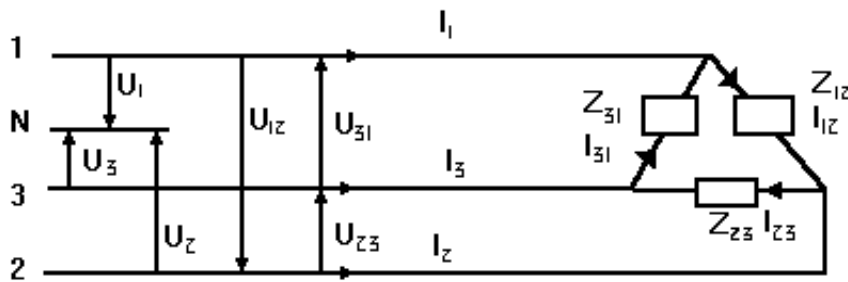
$$\begin{aligned} I_{Ik} &= I_{IIk} = I_{IIIk} = I_k, \\ U_{Ik} &= U_{IIk} = U_{IIIk} = U_k, \\ \varphi_I &= \varphi_{II} = \varphi_{III} = \varphi_k \\ \rightarrow P &= 3U_k I_k \cos \varphi \end{aligned} \quad (6)$$

Sijoittamalla tähän U_k ja I_k yhtälöistä (2) saadaan symmetrisesti kuormitetun tähtikytkennän tehon yhtälöksi

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (7)$$

3.1.2 Kolmiokytkentä

Kolmiokytkennässä kuormituksen vaiheet muodostavat impedansseista Z_{12} , Z_{23} ja Z_{31} , joihin vaikuttavat vaihejännitteet ovat järjestelmän pääjännitteitä. Nämä vaihejännitteet muodostavat impedansseihin vaihevirrat I_{12} , I_{23} ja I_{31} , joiden positiiviset suunnat ovat pääjännitteiden (=impedanssien vaihejännitteiden) positiivisten suuntien mukaiset. Siten virran I_{12} positiivinen suunta on pääjännitteen U_{12} mukaan, I_{23} :n suunta pääjännitteen U_{23} mukaan jne. Impedanssien vaihevirroista muodostuvat johtimien virrat, joita kutsutaan päävirroiksi.



Kuva 24. Kolmiokytkentä.

- $U_{1,2,3}$ = Vaihejännitteet
- $I_{1,2,3}$ = Päävirrat
- $U_{12,23,31}$ = Pääjännitteet
- $I_{12,23,31}$ = Vaihevirrat
- $Z_{1,2,3}$ = Impedanssit

3.1.3 Sähkötehon mittaaminen, taulumerkinnät

MITTAREISTA: (Yleisestä rakenteesta ja taulumerkinnöitä)

Mittauksen kannalta on välttämätöntä että mittaaaja tuntee mittarin/-rit niin hyvin että osaa suorittaa mittarien valinnan ja tietää virheiden syntyminen mahdollisuuden.

MITTARIEN YLEINEN RAKENNE:

Yleensä mittareista voidaan erottaa seuraavat perusosat:

-Anturi, joka muuttaa mitattavan suureen mittauselimelle sopivaksi.

-Välityselimet välittävät anturin antaman tiedon mittauselimelle.

Sähköinen/mekaaninen

-Mittauselin suorittaa mittauksen.

-Osoitinkoneisto antaa tiedon mittauselimen tuloksista.

-Asteikko

-Rekisteröintilaitteet, esim. piirturit,printerit,yms.

-Säätölaitteet, esim rajakoskettimet yms

TAULUMERKINNÄT on esitetty kuvassa 25.

Kiertokääntämimittari		Rautasuojus	
Ristikkääntämimittari		Sähköstaattinen suojus	
Kiertomagneettimittari		Astaattinen mittari	osl
Kierloroutamittari		Tasavirtamittari	—
Sähködynaminen mittari		Vaikevirtamittari	
Rautasydäminen sähködynaminen mittari		Yleisvirta - mittari	
Sähködynaminen ristikkääntämimittari		3~ mittari, jossa yksi mittarikoneisto	
Rautasydäminen sähködynaminen ristikkääntämimittari		3~ mittari, jossa kaksi koneistoa	
Induktioimittari		3~ mittari, jossa kolme koneistoa	
Kaksimetallimittari		Pystysuora käyttöasento	
Sähköstaattinen mittari		Vaatasuora käyttöasento	
Värvähdinmittari		Vino käyttöasento kallistus 60° vaatasuorasta	
Termomuunnin		Osoittimen nolous	
Termomuunninkiertokääntämimittari		Koeduryännite Numero tähdeissä = Koestusjännite kV, ilman numeroa = 500V	
Eristetty termomuunnin		Tasasuunninkiertokääntämimittari	
Tasasuunnin			

Jotta mittarin rakenne ne käyttö selviäisi ilman mittarin purkamista niin sitä varten on mittarin tauluun merkkitty oheisia merkkejä. Näiden lisäksi merkitään tarkkuusluokka. Pelkkä luku ilmoittaa suurimman sallitun virheen asteikon loppuarvosta. Rengastettu luku ilmoittaa suurimman sallitun virheen laskettuna mitatusta arvosta. Kulmaan merkityssä luvussa on osoittimen kiertymiskulma tarkastelu perusteena.

Kuva 25. Taulumerkinnät.

3.1.4 SÄHKÖTEHON MITTAAMINEN

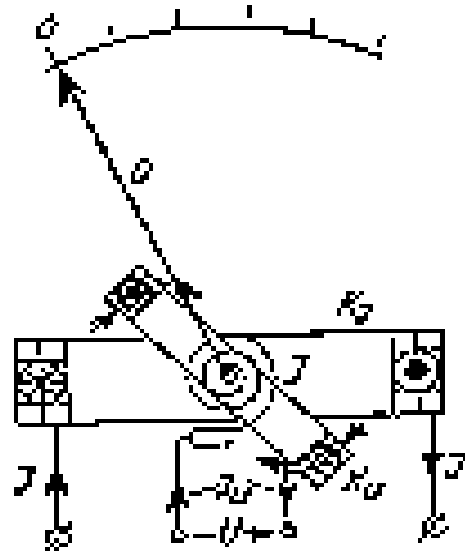
Välineet: Wattimittari, jonka pääosina on kaksi käämiä. Toisen käämin läpi johdetaan mitattavan tehon virta. Toiseen pannaan vaikuttamaan kuormituksen vaikuttava jännite. *Virtakäämi* K_I , yhdistetään ampeerimittarin tavoin ja jännitekäämi yhdistetään, kuten volttimittari. Usein wattimittari osoittaa tehon joko kilo- tai megawatteina, jolloin sitä sanotaan kilo- tai megawattimittariksi.

Sähködynaamisen wattimittarin rakenne:

(Viereinen kuva) Mittari perustuu kahden virrallisen johdinkäämin väliseen voimavaikutukseen. Virtakäämi K_I on kiinteä ja jännitekäämi K_U liikkuu akselinsa ympäri. K_U :n läpi johdetaan virta akselin päissä olevien kierukkajousien J kautta. Nämä jouset saavat aikaan myös mittarin toiminnalle välttämättömän sähkövääntömomenttia vastustavan vastavääntömomentin. Näiden kahden vääntömomentin keskinäinen tasapaino määrää liikkuvan käämin, ja siihen kiinnitetyn osoittimen O asennon, siis mittarin osoituksen.

Mittarin sähkövääntömomentin selittämiseksi oletetaan virtojen käämeissä kulkevan kuvaan piirrettyjen nuolten suuntaan. Käämin K_I läpi

kulkee virta I ja käämin K_U läpi virta $I_U = \frac{U}{R_U}$, jossa R_U on jännitekäämin resis-



Kuva 26. Tehon mittaaminen.

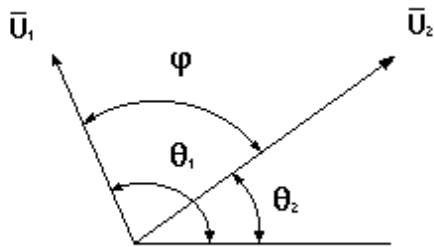
tanssi. Koska samansuuntaiset virrat vetävät ja päinvastaiset virrat työntävät toisiaan, vaikuttaa liikkuvaan käämiin K_U myötäpäivään vääntävä vääntömomentti. Käämi K_U kääntyy siksi, kunnes jouset J ovat niin kiristyneet, että niiden vastavääntömomentti on tullut yhtä suureksi kuin sähkövääntömomentti.

Sähkövääntömomentti kasvaa sekä I :n, että I_U :n, siis myös niiden tulon $I I_U$ kasvaessa.

Koska I_U on suoraan verrannollinen jännitteeseen U , kasvaa sähkövääntömomentti myös tulon $I U$ eli kuormituksen ottaman tehon kasvaessa. Liikkuva käämi ja osoitin tekevät siis sitä suuremman heilahduksen, mitä suurempi teho on. Mittarin asteikolta voidaan mitattava teho lukea.

3.1.5 OSOITINPIIRROKSET

Yleistä



Kuva 27. Osoitinpiirros.

Osoitin on havainnollinen ja laskuja helpottava tapa kuvata vaihtovirtapiiriä.

1. Osoitin piirretään siten, että sen pituus on virran tai jännitteen tehollisarvon tai vaihtoehtoisesti huippuarvon suuruinen (viereinen kuva).

2. Osoittimen oletetaan pyörivän vastapäivään kulmanopeudella $\omega = 2\pi f$ eli f kierrosta sekunnissa. f on vaihtojännitteen taajuus.

3. Piirroksen merkitty *vaihekulma* ilmoittaa osoittimen kulma-aseman vertailusuuntaan nähden. Tavallisesti valitaan, että vaihekulma $\theta = 0$, kun $t = 0$. Ajanhetkellä t vaihekulma on $\theta = \omega t$.

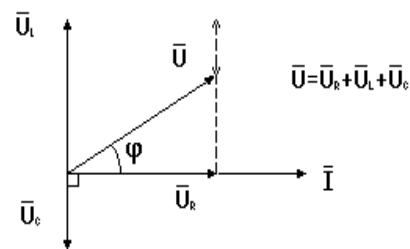
4. *Vaihe-ero* on kahden osoittimen välinen kulma φ . Esimerkiksi kahden jännitteen välinen vaihe-ero johtuu siitä, että jännitteiden huippuarvot sattuvat eri ajanhetkiksi. Kun osoittimien kuvaamilla jännitteillä on sama taajuus, vaihe-ero pysyy vakiona.

3.1.5.1 Esimerkki osoitinpiirroksista

Kuva 28 on *resistanssin, induktanssin ja kapasitanssin* sarjakytkenän osoitinpiirros. Osajännitteet ovat 90° vaihe-erossa toisiinsa nähden. Kytkenän kokonaisjännite saadaan jännitevektorien summana. Kuten kuvasta näkyy voidaan kokonaisjännitteen skalaariarvo laskea pythagoran lauseen avulla:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} .$$

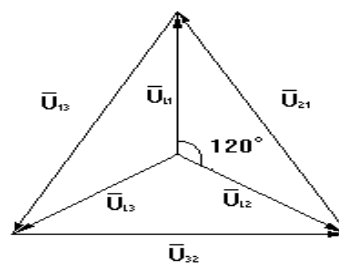
Kuten tämä esimerkki osoittaa, osoitinpiirrokseshelpottavat erilaisten vaihtovirtapiirilaskujen ymmärtämistä.



Kuva 28. Osoitinpiirros.

3.1.5.2 Kolmivaihejärjestelmän osoitinpiirros

Viereinen kuva on tähtikytkennän osoitinpiirros. Siinä ovat vaihejännitteet U_{L1} , U_{L2} ja U_{L3} 120° vaihe-eroissa toisiinsa nähden. Vaihejännite on vaiheen ja nollajohtimen välinen jännite. U_{13} , U_{32} ja U_{21} ovat pääjännitteitä eli kahden vaiheen välisiä jännitteitä.



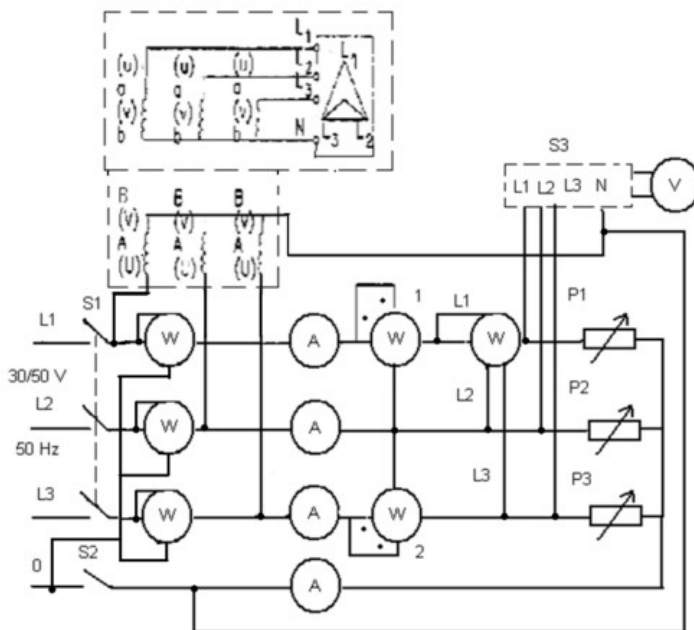
Kuva 29. Osoitinpiirros.

6.4.1 Kolmivaiheisen vaihtovirtapiirin tutkiminen, laboraatiotyöt 6 ja 7 (3.2)

Kolmivaiheisen kuormituksen tavanomaiset kytkennät ovat tähti- eli Y-kytkentä ja kolmio- eli D-kytkentä. Tähtikytkennässä voi olla virrallinen nollajohdin, joka yhdistetään tähtipisteeseen. Kolmiokytkennässä ei ole virrallista nollajohdinta. Nollajohtimettomassa kytkennässä kolmivaiheteho voidaan aina mitata kaksivattimittarikeinolla eli Aaron-kytkennällä. Kokonaisteho on mittareiden osoitusten (etumerkkeineen) summa.

3.2.1 Tähtikytkentä, laboraatiotyö 6

Kolmivaiheinen tähtikytkentä:



Kuva 30. Tähtikytkentä.

Kuva 30. Tähtikytkentä.

Työssä käytetään kuvan 30 mukaista mittauskytkentää. Mitataan kaikki pää- ja vaihejännitteet, tehot ja virrat sekä merkitään mittauspöytäkirjaan epäsymmetriamittarin osoitus, kun kuormitusresistansseja säädetään

seuraavan taulukon mukaisesti.

Mittaus	P1 /W	P2 /W	P3 /W	Huomautus
a	220	220	220	Kytkin S2 auki
b	220	220	220	Kytkin S2 kiinni
c	220	480	880	Kytkin S2 auki
d	220	480	880	Kytkin S2 kiinni
e	0	480	480	Kytkin S2 auki
f	0	0	480	Kytkin S2 auki

3.2.2 Kolmiokytkentä, laboraatiotyö 7

Työssä käytetään kuvan 31 mukaista mittauskytkentää. Mitataan kaikki pää- ja vaihejännitteet, tehot ja virrat sekä merkitään mittauspöytäkirjaan epäsymmetriamittarin osoitus, kun kuormitusresistansseja säädetään taulukon mukaisesti.

Mittaus	P1/W	P2 /W	P3 /W
a	220	220	220
b	220	480	625
c	0	480	480
d	0	0	480

Tehtävät

1.

Laske kuormituksen kokonaisteho kohdissa 3.2.1a, 3.2.1b, 3.2.1c, 3.2.1d ja 3.2.2b, vertaa sitä wattimittareiden näyttämäsommaan sekä perustele mahdolliset eroavuudet. Kaikissa vaiheissa on resistiivinen kuormitus.

2.

Piirrä jännitteiden ja virtojen osoitinpiirrokset mittausten 3.2.1a, 3.2.1c, 3.2.2a ja 3.2.2b nojalla. Merkitse piirrokseen pääjännitteen ja päävirran välisen kulman suuruus mittauksessa 3.2.2a.

Tähtikytkennän osoitinpiirros piirretään siten, että ensin piirretään tasasivuinen kolmio, jonka sivun pituus on verrannollinen pääjännitteeseen. Tämän jälkeen kolmion kärjet keskipisteenä piirretään ympyrän kaaret, joiden säteet ovat verrannolliset mitattuihin vaihejännitteisiin. Kaarien leikkauspiste ilmoittaa tähtipisteen paikan

(vertaa epäsymmetriamittarin osoitukseen). Suhteellinen tarkkuus paranee, kun kaikki jännitemittaukset suoritetaan samalla volttimittarilla. Virran osoittimet sijoitetaan jännitekuvioon oikeaan vaihesiirtokulmaan siten, että yhteinen piste on tähtipisteessä.

3.

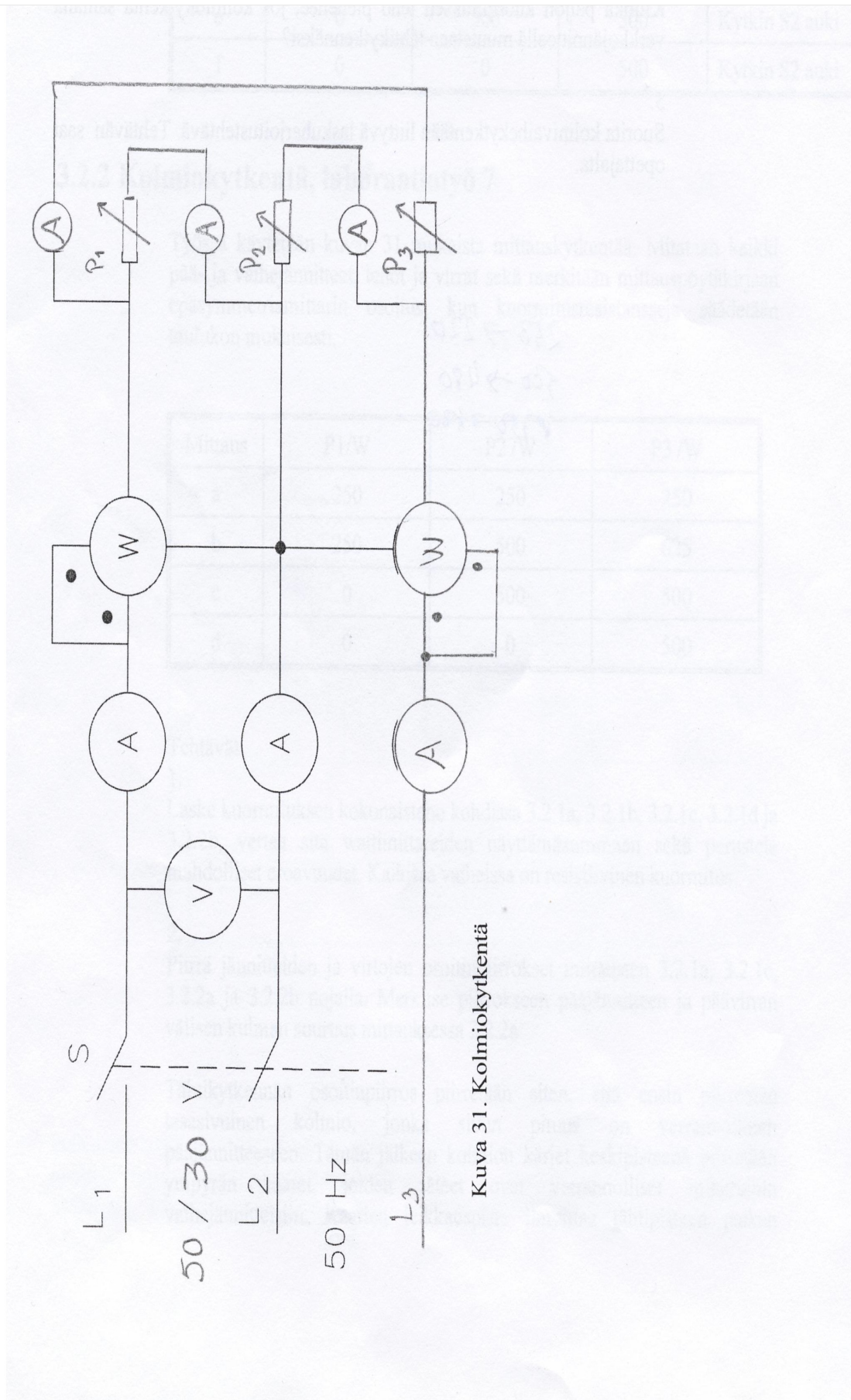
Mistä syystä I_R on erisuuri mittauksessa 3.2.1a ja 3.2.1c, vaikka P1 on molemmissa saman suuruinen?

4.

Kuinka paljon kuormituksen teho pienenee, jos kolmiokytkentä samalla verkkojännitteellä muutetaan tähtikytkennäksi?

5.

Suorita kolmivaihekytkentään liittyvä laskuharjoitustehtävä. Tehtävän saat opettajalta.

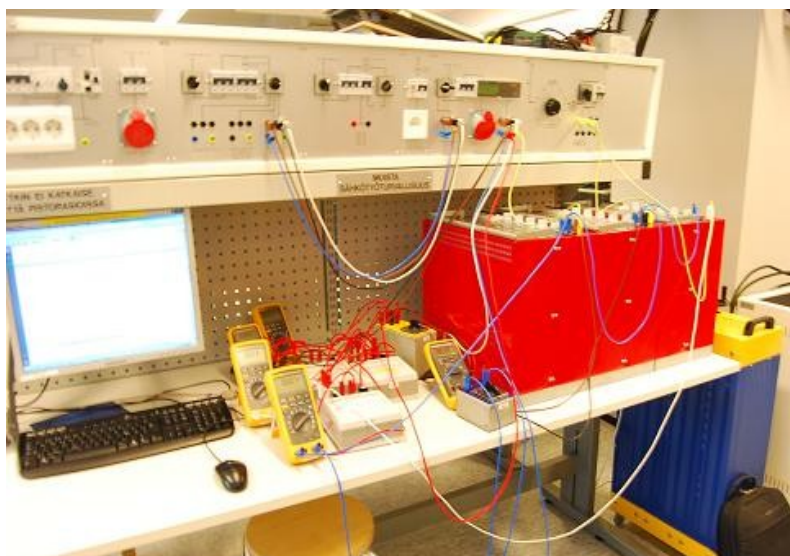


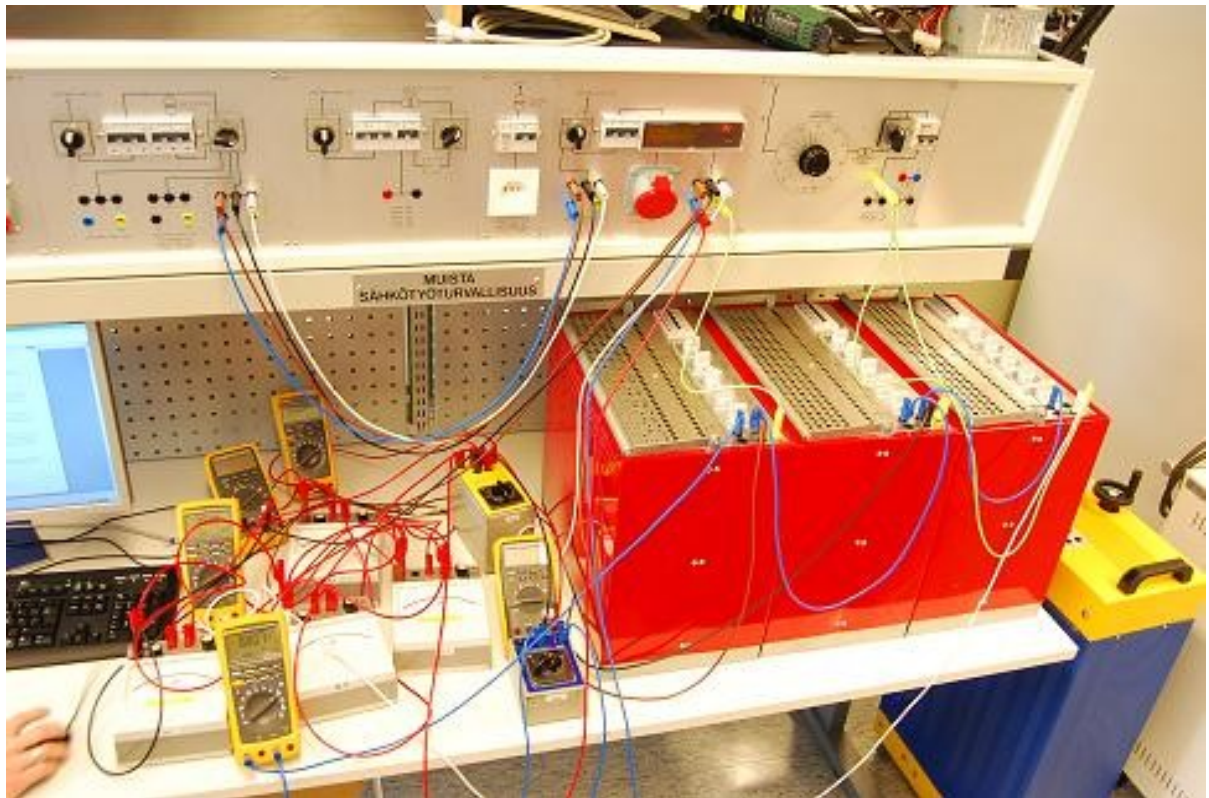
Kuva 31. Kolmiokytkentä

6.4.2 Kuvia oppilaiden kytkennöistä, laboraatiotyöt 6, 7



Yläpuolella olevassa kuvassa on laboraatiotyöhön 6 tarvittavat komponentit. Alapuolella olevassa kuvassa on laboraatiotyö 6. komponentit, johon oppilaat ovat tehneet tarvittavat kytkennät. Opettaja on tarkistanut ja oikeaksi todennut kyseiset kytkennät, ja tehtävään kuuluvat mittaukset ollaan voitu suorittaa.





Yläpuolella olevat kuva on laboraatiotyö 7., ja siihen on tehty virheellisiä muutoksia. Muutokset on tehty seuraavaa ryhmää varten, jonka tarkoitus on korjata havaitsemansa virheet.

KOLMIOKYTKENTÄ Työ 7

MITATUT ARVOT											
Mittaus	I_1	I_2	I_3	I_{1V}	I_{2V}	I_{3V}	U_{12}	U_{23}	U_{31}	P_1	P_2
	A	A	A	A	A	A	V	V	V	W	W
a											
b											
c											
d											

a : $P_1 = 250 \text{ W}, P_2 = 250 \text{ W}, P_3 = 250 \text{ W}$

b : $P_1 = 250 \text{ W}, P_2 = 500 \text{ W}, P_3 = 625 \text{ W}$

c : $P_1 = 0 \text{ W}, P_2 = 500 \text{ W}, P_3 = 500 \text{ W}$

d : $P_1 = 0 \text{ W}, P_2 = 0 \text{ W}, P_3 = 500 \text{ W}$

I = päävirtojen keskiarvo

I_{1V} = haaravirta L1-L2

I_1 = vaiheen L1 päävirta

U = pääjännitteiden keskiarvo

I_{2V} = haaravirta L2-L3

I_2 = vaiheen L2 päävirta

U_{12} = pääjännite L1-L2

I_{3V} = haaravirta L3-L1

I_3 = vaiheen L3 päävirta

U_{23} = pääjännite L2-L3

U_{31} = pääjännite L3-L1

Mittaus	Lasketut arvot					Mitatut arvot		
	P_{1V}	P_{2V}	P_{3V}	ΣP_{nV}	$P_1 + P_2$	P_{taulu}	P_{3vaihe}	P_{3vaihe}
	W	W	W	W	W	W	W	oikein/väärin
a								
b								
c								
d								

a : $P_1 = 250 \text{ W}, P_2 = 250 \text{ W}, P_3 = 250 \text{ W}$

b : $P_1 = 250 \text{ W}, P_2 = 500 \text{ W}, P_3 = 625 \text{ W}$

c : $P_1 = 0 \text{ W}, P_2 = 500 \text{ W}, P_3 = 500 \text{ W}$

d : $P_1 = 0 \text{ W}, P_2 = 0 \text{ W}, P_3 = 500 \text{ W}$

Missä tilanteessa kolmivaiheinen wattimittari näyttää tehollukeman oikein

--

6.5 Ohjauskytkennät ja ylikuormitussuojaus, laboraatiotyöt 8, 9, 10 ja 11 (4.)

4. OHJAUSKYTKENNÄT JA YLIKUORMITUSSUOJAUS

Työn tarkoituksena on:

1. Tutustuttaa muutamia epätahtimoottorin ohjauskytkentöihin sekä piirikaavioiden luentaan ja laadintaan.
2. Tutustuttaa epätahtimoottorin ylikuormitussuojaukseen sekä suojan viritukseen ja koestukseen.

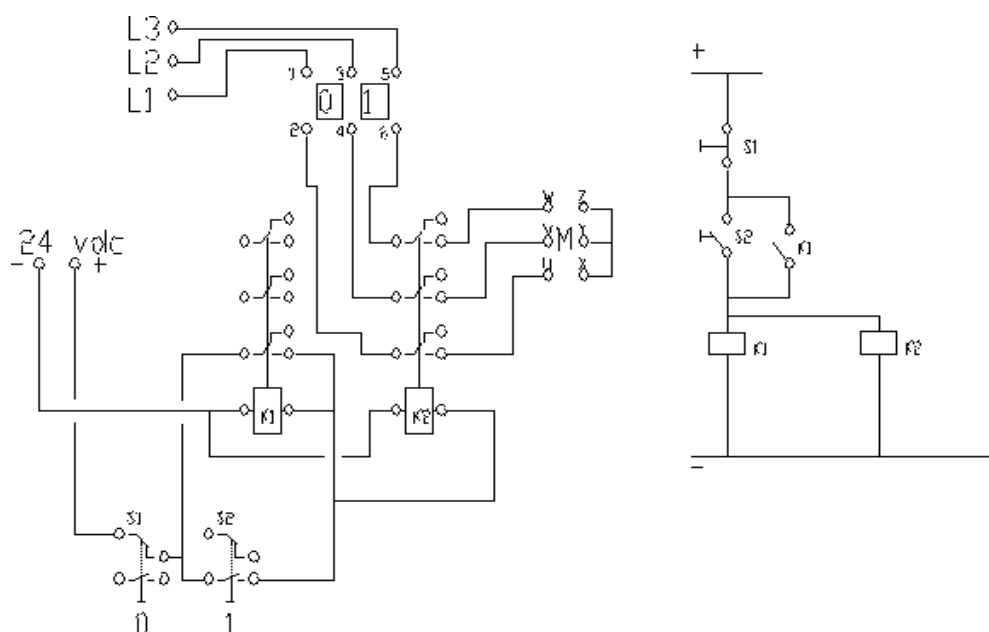
4.1 Tarvikeluettelo

- Painikeryhmä (7 V 2)
- Koskettimet $U_{\max} = 250 \text{ VAC}$, $I_{\max} = 10 \text{ A}$ (17 O 6)
- Moottorinsuojakytkin virranrajoittajalla (7 O 1)
- Moottori

4.2 Ohjauskytkennät

4.2.2 Oikosulkumoottorin käynnistys, laboraatiotyö 8

Rakennetaan kuvan 32 mukainen kytkentä, joka toteuttaa oikosulkumoottorin käynnistys- ja pysäytyksen.

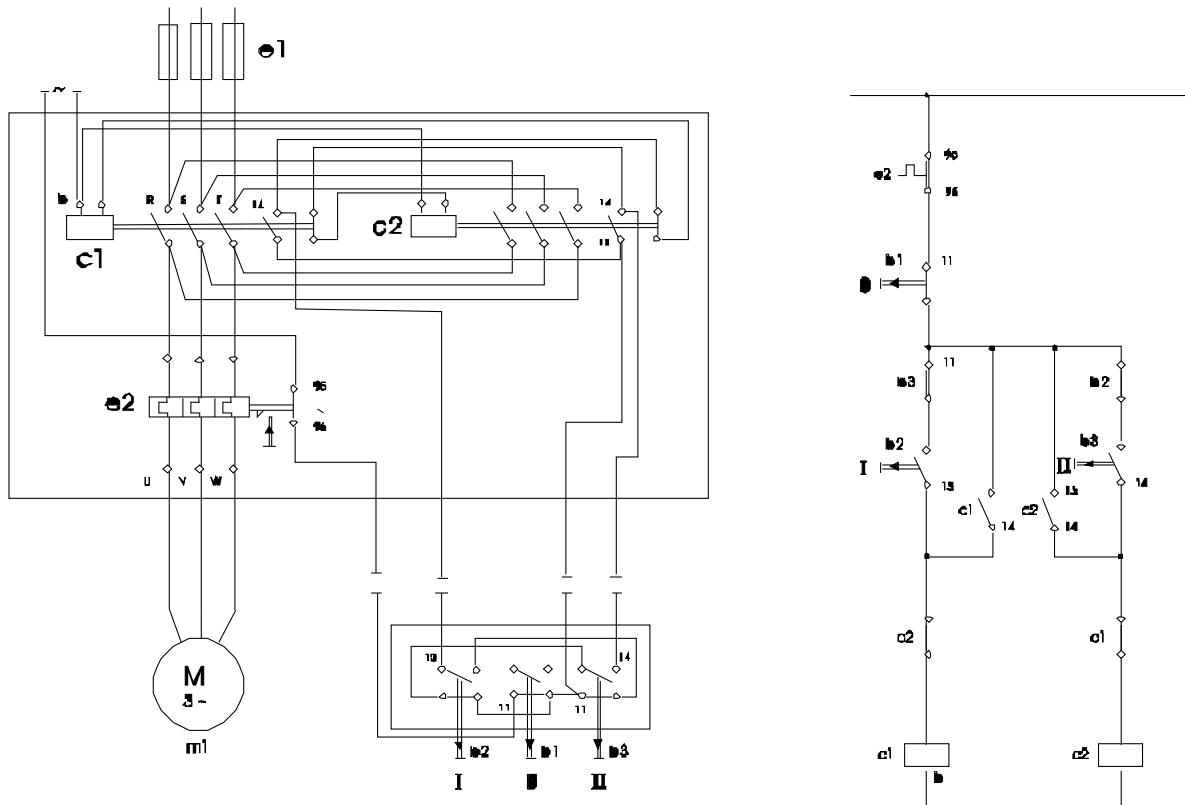


Kuva 32. Ohjauskytkentä.

KUVA 12.11

4.2.3 Oikosulkumoottorin suunnanvaihto, laboraatiotyö 9

Rakennetaan kuvan 32 mukainen kytkentä, jossa ohjauspainikkeita käyttäen toteutetaan kontaktoreitten vuorottainen kiinniohjaus oikosulkumoottorin suunnanvaihtokäytössä. Kytkentä on siten suunniteltu, että molemmat kontaktorit eivät voi olla samanaikaisesti sulkeutuneena. Avaaminen suoritetaan yhteisellä pysäytyspainikkeella.



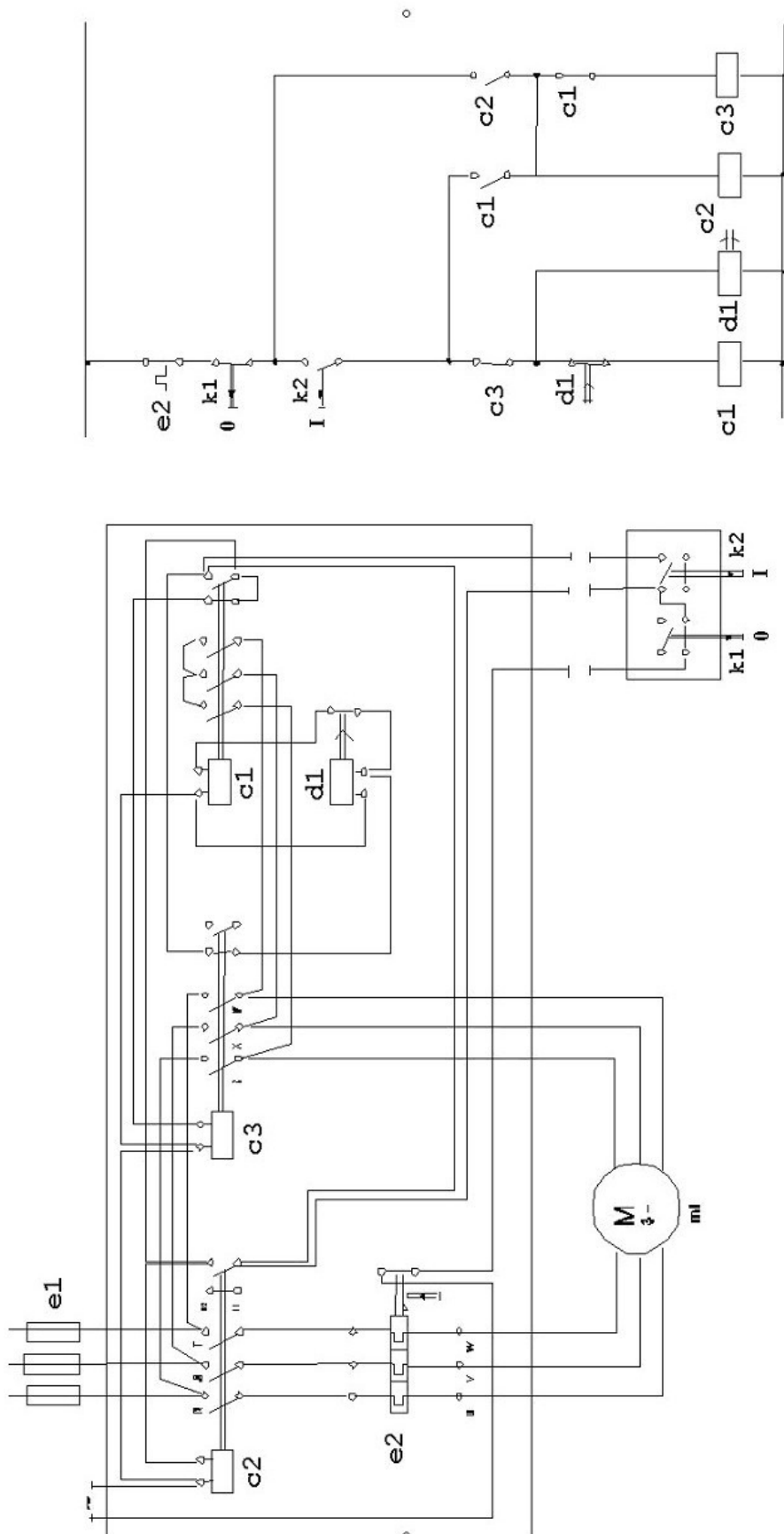
Kuva 12.12

Kuva 32. Suunnanvaihtokytkentä.

4.2.4 Oikosulkumoottorin Y/D-käynnistys, laboraatiotyö 10

Rakennetaan kuvan 33 mukainen kytkentä, jossa ohjauspainikkeita ja vetohidastettua relettä käyttäen toteutetaan kontaktoreiden ohjaus oikosulkumoottorin automaattisessa Y/D-käynnistyksessä. Käynnistytksen alussa moottori kytketään tähteen ja säädetyn kiihdytysajan kuluttua kolmioon, mikä on sen nimellisjännitettä vastaava kytkentä.

Huomaa: Kolmiokytkennässä oikosulkumoottorin käämiin vaikuttaa pääjännite, joten tässä kytkennässä on laboratorion koneilla käytettävä 220/127 V vaihtosähköverkkoa.



Kuva 33. Tähti-kolmio kytkentä.

4.2.5 Ylikuormitussuojan koestus, laboraatiotyö 11

Ylikuormitussuoja muodostaa suojattavan kohteen termisen mallin, mikä tarkoittaa sitä, että sen lämpenemiskäyrä vastaa mahdollisimman tarkoin suojattavan kohteen lämpenemiskäyrää. Varmuussyistä tulee suojan lämpöaikavakio olla sama kuin suojattavan kohteen.

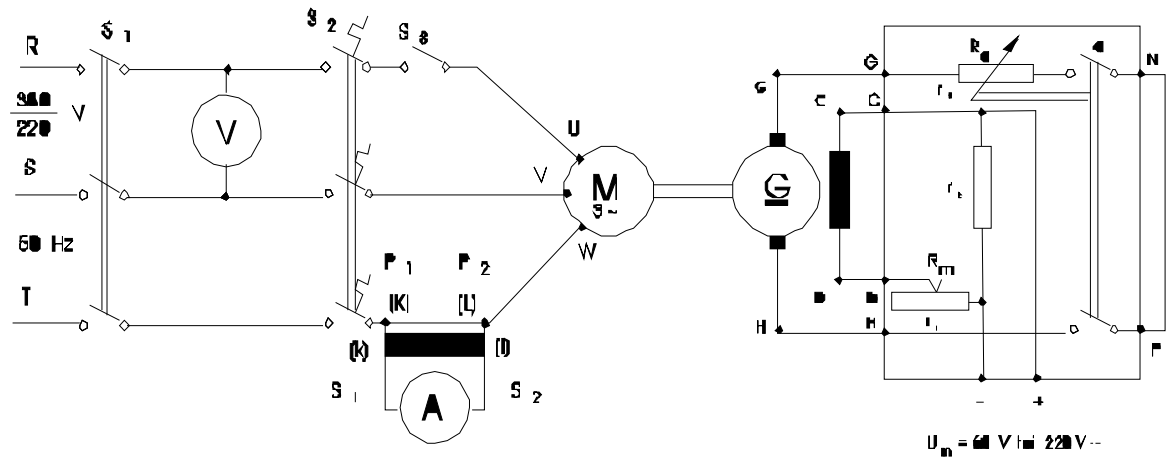
Ylikuormitussuojien lämpöreleet rakennetaan monesti tietyn virta-alueen peittäviksi. Tällöin on kussakin tapauksessa suoritettava suojan konekohtainen viritys, suojauskohteen nimellisvirran mukaan. Virityksen jälkeen on kokeellisesti varmistauduttava suojan toiminnasta. VDE 0660-normissa on kolmivaiheisille suojakytkimille annettu seuraavat havahtumisarvot:

Virta-asetteluarvon Kerrannainen	Toiminta- aika	Alkutila	Huomautus
1.05	> 2 h	Kylmä	
1.20	< 2 h	Lämmin	
1.50	< 2 min	Lämmin	
6.00	> 2 s	Kylmä	kevyt käynnistys
6.00	> 5 s	Kylmä	raskas käynnistys
2.00	< 30 s	Kylmä	asemakytkimet

4.2.5.1 Koestuksen suoritus

Rakenna kuva 34 mukainen kytkentä.

Moottorinsuojakytkimen S_2 lämpöreleet viritetään oikosulkumoottorin nimellisvirran mukaan. Kytkimet S_2 ja S_3 suljetaan ja moottori käynnistetään verkkokytkimellä S_1 . Jarrugeneraattorille lisätään kuormitusta ankkuripiirin resistanssia pienentämällä, kunnes moottorin vääntömomentti on nimellinen. Mitataan jännite, virta, pyörimisnopeus ja momentti. Tämän jälkeen kytkin S_3 avataan. Mitataan muuttuneissa olosuhteissa kyseiset suureet sekä lisäksi aika, jonka kuluttua suojakytkin avautuu. Sama toistetaan n. 10 % pienemmällä kuormituksella. Jatketaan kuormituksen pienentämistä n. 10 % portain kunnes lämpörele ei enää suorita laukaisua kohtuullisessa ajassa (n. 10 min). Kokeen aikana suojakytkimen kansi on suljettava.



Kuva 12.21

Kuva 34. Koestuskytkentä.

Tehtävät:

1. Piirrä kytkentäkaavio, jossa 3-vaiheisen epätahtimoottorin käynnistys ja pysäytys tapahtuu kahdesta toisistaan etäällä olevasta käyttöpisteestä.

2. Piirrä virittämäsi suojakytkimen ominaiskäyrä

$$t = f(I)$$

sekä samaan koordinaatistoon normiarvoihin perustuva käyrä ($t =$ laukaisuaika).

Mitä voit päätellä virityksen onnistumisesta ?

Käytä tehtävässä puolilogaritmista koordinaatistoa.

3. Milloin voidaan käyttää mekaanisia suojakytkimiä, milloin on käytettävä kontaktoreita eli kelakytkimiä ?

6.6 ST-kortistoon tutustuminen, laboraatiotyö 12 (5.)

Tee ST-kortistoon tutustuminen opettajan antamien ohjeiden mukaisesti.

6.7 Kuvia opetustilanteista

Seuraavat kuvat ovat opetustilanteissa otettuja kurssilaisten kuvia. Kuvissa kurssilaiset tekevät kurssiin kuuluvia kytkennöitä ja niihin liittyviä erinäisiä tehtäviä.





