



LOISTEHON KOMPENSOINTIPARISTON MUUT- TAMINEN OPETUSKÄYTTÖÖN SOVELTUVAKSI

Janne Ketola

Ammatillisen opettajankoulutuksen
kehittämishanke
Huhtikuu 2013
Ammatillinen opettajakorkeakoulu
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Ketola Janne
Loistehon kompensointipariston muuttaminen opetuskäyttöön soveltuvaksi

Opettajankoulutuksen kehittämishanke 23 sivua + 1 liitesivua
Huhtikuu 2013

Työssä käsitellään loistehon kompensointipariston muuttamista opetuskäyttöön soveltuvaksi Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen sähkö- ja talotekniikan osastolle. Tarkoituksena on rakentaa kompensointiparistosta liikuteltava oppimisympäristö. Liikuteltavan oppimisympäristön avulla sähkölaitteiston koulutusta voidaan järjestää myös valtakunnallisesti.

Kompensointipariston muokkaaminen oppimisympäristöksi on useiden palautteiden perusteella tarpeellinen. Sähköverkkojen loistehon kompensointi mielletään vaikeaksi asiaksi. Oppimisympäristön avulla opiskelija voi tutustua laitteistoon ja opiskella kompensoinnin periaatteen.

Loistehon kompensointi eli kapasitiivisen loistehon tuottaminen induktiiviselle kuormitukselle on myös sähkönkäyttäjän etu. Loistehon kompensoinnilla on taloudellisia hyötyjä, esimerkiksi loistehomaksuilta välttyminen.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	OPPIMISYMPÄRISTÖ	5
3	LOISTEHON KOMPENSOINTI JA KOMPENSOINTILAITTEISTOT	7
	3.1 Kompensoimaton sähköverkko	7
	3.2 Kompensoitu sähköverkko	8
	3.3 Kompensointilaitteistot	9
	3.3.1 Kiinteä estokelaparisto	9
	3.3.2 Automatiikkaparisto ja automaattinen estokelaparisto	10
	3.3.3 Suodattimet.....	11
4	KOMPENSOINTILAITTEISTON VALINTA, TYÖTEHTÄVÄT, SUUNNITTELU JA OPPIMISYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN.....	12
	4.1 Kompensointilaitteiston valinta	12
	4.2 Kompensointilaitteistolla suoritettavat harjoitukset.....	13
	4.3 Kompensointilaitteiston ja oppimisympäristön suunnittelu	13
	4.3.1 Automatiikkapariston valinta	14
	4.3.2 Sähkökeskuksen ja virtamuuntajan valinta	14
	4.3.3 Sähköturvallisuuden huomioiminen	15
	4.4 Oppimisympäristön rakentaminen.....	16
5	KOKEMUKSIA OPPIMISYMPÄRISTÖSTÄ JA KEHITYSIDEOITA	19
	5.1 Ensimmäisiä kokemuksia oppimisympäristöstä	19
	5.2 Oppimisympäristön kehittäminen	21
6	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET	23
	LIITTEET	24

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on suunnitella ja muuttaa loistehon kompensointiparisto opetuskäyttöön soveltuvaksi. Kompensointiparisto suunnitellaan ja rakennetaan Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen sähkö- ja talotekniikan osastolle oppimisympäristöksi. Kompensointiparisto on liikuteltava, joten opetus- ja oppimisympäristönä voi olla myös sähkö- ja talotekniikka-alan yritykset.

Ajatus liikuteltavasta kompensointiparistosta on sähköalan opiskelijoiden ja sähköverkkoalalla työskentelevien palautteiden perusteella tarpeellinen. Loistehon kompensointi periaatteeltaan kuin toteutukseltaan mielletään vaikeaksi asiaksi. Lisäksi aidot kompensointiparistot ovat sähköisiltä osiltaan huonosti suojattuja, jolloin haasteena on henkilöturvallisuuden takaaminen oppimistilanteissa.

Oppimisympäristön tarkoituksena on luoda mahdollisuus sähköalan opiskelijoille ja ammattilaisille tutustua kompensointiparistoon todenmukaisin harjoituksin. Harjoitukset sisältäisivät pariston vianhakua, käyttöönottoa ja huoltotoimenpiteitä.

Oikein asennettu ja toimiva kompensointiparisto on myös suuren sähkönkäyttäjän etu. Kompensointiparistolla tuotetaan sähkölaitteistojen tarvitsema loisteho liittymispisteessä tai kuormituksen lähellä, jolloin loistehoa ei tarvitse ottaa jake-luverkosta. Tällöin sähkönkäyttäjät säästyvät loistehomaksuilta.

2 OPPIMISYMPÄRISTÖ

Kehittämishankkeen ajatus oppimisympäristön suunnittelemisesta ja rakentamisesta on sähköverkkoalalla työskentelevien ja sähköalan opiskelijoiden palautteisiin perustuva. Oppimisympäristön on tarkoitus muuttaa vanhoja opetuskäytäntöjä ja antaa opiskelijalle itselleen avaimet ongelmien ratkaisemiseen ja kokonaisuuden ymmärtämiseen.

Oppimisympäristöllä tarkoitetaan paikkaa, tilaa, yhteisöä tai toimintakäytäntöä, jonka tarkoitus on edistää oppimista. Oppimisympäristö voidaan nähdä fyysisen tai virtuaalisen paikan tai tilan lisäksi myös ihmisten muodostamaksi yhteisöksi, joka muodostaa oppimista tukevan, vuorovaikutuksessa olevan verkoston. Opiskelun konteksti laajenee tällöin perinteisestä oppilaitosympäristöstä oppijan vapaa- ja työaikaan niveltäväksi joustavaksi kokonaisuudeksi. (Manninen ym. 2007, 15-16)

Oppimisympäristössä:

- korostuu oppijan oma aktiivisuus ja itse ohjattu opiskelu
- opiskelu tapahtuu ainakin osittain joko simuloitussa tai todellisessa reaaliympäristön tilanteessa
- opiskelijan on mahdollisuus olla suoraan vuorovaikutuksessa opittavan asian kanssa
- opetuksen suunnittelussa korostuu ongelma- ja oppiainekeksityyden sijaan
- opiskelu on kokonaisvaltainen ja pitkäkestoinen prosessi lyhytkestoisien oppituntien sijaan
- opiskelijan tukena on tukihenkilöitä ja asiantuntijoita
- opettajan rooli muuttuu tiedon jakajasta organisoijaksi ja tukihenkilöksi.

Kyse on pitkälti didaktisista muutoksista, joissa korostuvat oppilaskeskeinen, ongelmalähtöinen tutkiva oppiminen, sosiaalinen vuorovaikutus, yhteistoimin-

nallinen ja yhteisöllinen oppiminen sekä oppimisen siirtyminen tai verkottuminen myös luokkahuoneen ja oppilaitoksen ulkopuolelle. (Manninen ym. 2007, 19-20)

Oppimisympäristönäkökulmasta olisi olennaista kehittää ryhmä- ja tiimityöhön sekä sosiaaliseen vuorovaikutukseen pohjautuvia opetusmenetelmiä. Jaetun asiantuntijuuden idea soveltuu koulumaailmaan. Tutkijat peräänkuuluttavat jaetun asiantuntijuuden mallin hyödyntämistä koulutuksessa siten, että oppijat ovat aktiivisia tutkijoita eivätkä perinteiseen tapaan asiasisältöjen vastaanottajia. (Manninen ym. 2007, 49-50)

Oppimisympäristöajattelun vahvuus on siinä, että se siirtää huomion opettajan toiminnasta oppijan toimintaan ja oppimista tukevan ympäristön suunnitteluun. Keskipisteeseen nousee sitten opiskeluprosessi, luontainen oppiminen sekä oppijan ja ympäristön välinen vuorovaikutus. Ehkä perinteisen opettajajohtoisen opetuksen ongelma onkin ollut siinä, että opettaja on asettunut tai joutunut välittäväksi tekijäksi ympäristön ja oppijan väliin, jolloin ympäristön motivoiva ja soveltamisen mahdollisuuksia tarjoava luonne jää oppijalle hämäräksi tai yhteys puuttuu kokonaan. (Manninen ym. 2007, 121)

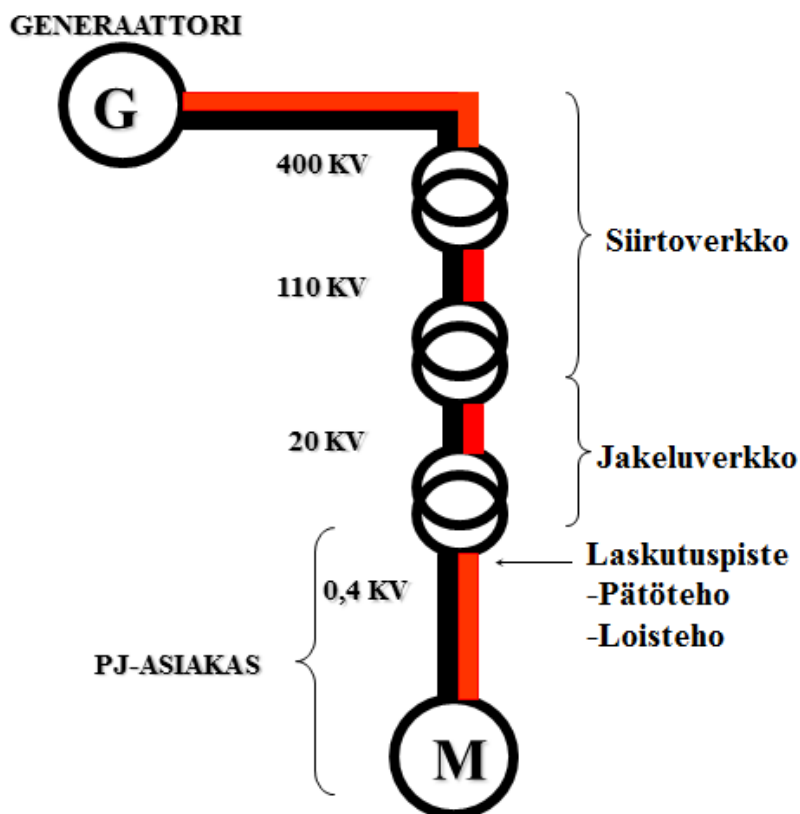
Oppimisympäristön tulisi olla sen verran oppijan tavallisesta toimintaympäristöstä poikkeava, että se haastaa oppijan ylittämään omia rajojaan, jotta oppiminen voisi tuoda onnistumisen elämyksiä. Omalla kotipihalla tapahtuva ”elämyskoulutus” ei siten ole välttämättä paras idea. Kaikessa oppimisessa ympäristön tulisi siis tarjota sellaisia oppimishaasteita, että ne ovat sopivan haastavia mutta eivät ylivoimaisia. (Manninen ym. 2007, 122)

3 LOISTEHON KOMPENSOINTI JA KOMPENSOINTILAITTEISTOT

Kulutuslaitteet, kuten sähkömoottorit ja purkausvalaisimet tarvitsevat pätötehon lisäksi myös loistehoa. Esimerkiksi kolmevaiheisissa sähkömoottoreissa mekaanisen työn tekee pätöteho. Loistehoa tarvitaan moottorin toimintaan tarvittavan magneettikentän ylläpitämiseen. Kuormitusten tarvitsema loisteho voidaan tuottaa paikallisesti erilaisilla kompensointilaitteistoilla. Toimivalla ja oikein asennetulla kompensointilaitteistolla voidaan välttyä loistehomaksuilta, joten kompensointilaitteistojen oikeasta toiminnasta on myös taloudellisia hyötyjä.

3.1 Kompensoimaton sähköverkko

Kompensoimattomassa sähköverkossa myös loisteho tuotetaan voimalaitosten generaattoreilla pätötehon lisäksi. Siirrettävän pätötehon lisäksi myös loisteho kuormittaa jakeluverkkoa ja siirtoverkkoa.

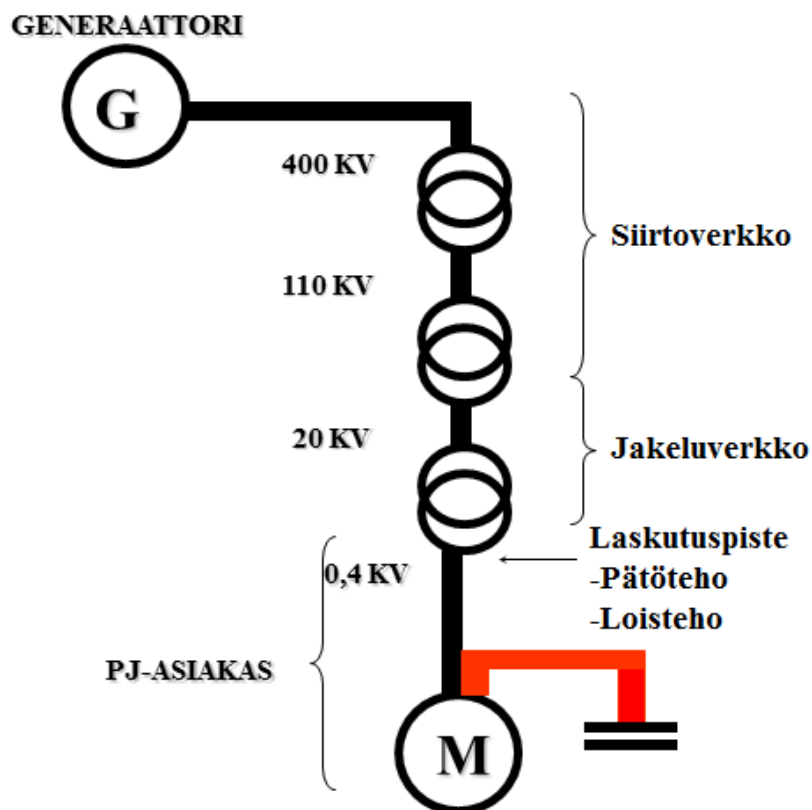


Kuva 1. Kompensoimaton sähköverkko. (Nokian Capacitors luentomateriaalit)

Kuvan 1 mukaisesti loistehon siirtäminen aiheuttaa lisähäviöitä jakeluverkko- ja siirtoverkkoyhtiöille. Häviöiden ja sähköverkon kuormittamisen vuoksi loistehon kuluttajia ohjataan tuottamaan kuormitusten tarvitsema loisteho lähellä kulutus- pistettä. Ohjaaminen kompensoinnin toteuttamiseksi asiakkaan sähköliittymällä suoritetaan loistehotariffilla, jolloin jakeluverkossa siirretystä ja kuormitusten tarvitsemasta loistehosta on maksettava loistehomaksuja.

3.2 Kompensoitu sähköverkko

Kompensoidussa sähköverkossa kuormitusten tarvitsema loisteho tuotetaan kondensaattoreilla kuormitusten tarvitsema loisteho.



Kuva 2. Kompensoitu sähköverkko. (Nokian Capacitors luentomateriaalit)

Kuvan 2 mukaisesti kompensoidussa sähköverkossa jakelu- ja siirtoverkkoyhtiöille aiheutuvat häviötehot muodostuvat pätötehon siirrosta. Asiakas välttyy myös loistehomaksuilta.

3.3 Kompensointilaitteistot

Loistehon tuottamiseksi kuormitukselle on valmistettu erilaisia kompensointilaitteistoja. Kapasitiivisen loistehon tuottamisen lisäksi laitteistoratkaisuilla voidaan myös estää erilaisia sähköverkon häiriötilanteita ja suodattaa erilaisia häiriöitä sähköverkosta pois. Oikealla kompensointilaitteistolla voidaan pitää myös sähköverkkojen jännitteen laatu hyvänä.

3.3.1 Kiinteä estokelaparisto

Kiinteää estokelaparistoa käytetään yksittäisten vakioitehoisten laitteiden tai laiteryhmiä kompensoinniseksi. Kiinteä estokelaparisto on kompensointiteholtaan vakioitehoinen ja estokelaparistolla voidaan välttyä haitallisilta värähtelyilmiöiltä kompensointilaitteiston ja kuormitusten välillä.



Kuva 3. Kiinteä estokelaparisto. (Alstom Grid Oy)

3.3.2 Automaattikaparisto ja automaattinen estokelaparisto

Automaattikaparistoa käytetään keskitettyyn loistehon kompensointiin. Automaattikaparisto kytketään pääkeskuksen tai ryhmäkeskuksen yhteyteen. Automaattikapariston kondensaattoriportaita kytketään sähköverkkoon loistehotarpeen mukaisesti. Automaattikapariston kondensaattoriportaiden käyttöä ohjataan loistehosäätäjällä.



Kuva 4. Automaattinen loistehonsäädin. (Nokian Capacitors luentomateriaalit)

Estokelaparisto on automaattikaparisto, jossa on mitoitettu nimensä mukaisesti kuristin kondensaattoriportaiden eteen estämään sähköverkon kuormitusten ja kompensointilaitteiston väliset sähköiset värähtelyt. Estokelaparistoa käytetään jännitteen laadultaan huonommassa sähköverkossa kuin tavallista automaattikaparistoa. Uudisasennuksissa asennetaan käytännössä aina estokelaparistoja.



Kuva 5. Automaattinen estokelaparisto kontaktoriohjauksella. (Nokian Capacitors luentomateriaalit)

Estokelapariston kondensaattoriyksiköjä voidaan kytkeä sähköverkkoon kontaktorien tai tyristorien avulla. Kompensointipariston valintaan vaikuttavat kuormitusten tarvitseman loistehon lisäksi kuormituksen muutosnopeus. Tehoelektronisilla kytkinlaitteilla valmistetut estokelaparistot ovat tyristoriohjattuja nopeamman kytkentävasteen aikaansaamiseksi.

3.3.3 Suodattimet

Sähköverkkojen kompensointilaitteistoina käytetään myös erilaisia suodatinparistoja ja suodattimia. Suodatinpariston tehtävänä on loistehon tuottamisen lisäksi toimia suodattimena poistamalla haitallisia sähköverkossa esiintyviä yli-aaltovirtoja. Suodattimet ovat joko hitaampiin sähkökäyttöihin soveltuvia passiivisuodattimia tai nopeampiin sähkökäyttöihin tarkoitettuja tehoelektronikalla toteutettuja aktiivisuodattimia.

4 KOMPENSOINTILAITTEISTON VALINTA, TYÖTEHTÄVÄT, SUUNNITTELU JA OPPIMISYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN

Kompensointilaitteiston valintaan vaikuttavat sähkötyöturvallisuus, sähkölaitteistojen käyttöaste ja jännitetaso. Oppimisympäristö rakennetaan kiinteistösähköasentajien ja sähköverkostoasentajien koulutustarpeita varten, unohtamatta yrityksille ja asiantuntijoille suunnattua koulutusta. Valintaperusteluina on myös pariston fyysinen koko liikuteltavan oppimisympäristön toteuttamiseksi.

4.1 Kompensointilaitteiston valinta

Oppimisympäristön kompensointilaitteistoksi valittiin automatiikkaparisto yksinkertaisen rakenteensa ja toimintansa vuoksi. Sähkötyöturvallisuuden varmistamiseksi estokelaparisto olisi ollut liian avonainen ja jännitteiset osat helposti koskettavissa. Perusautomatiikkaparistossa ovat loistehonsäädin, porrassulakkeet ja kytkinlaitteet paremmin koteloidut.



Kuva 6. Esimerkkikuva automatiikkaparistosta. (Nokian Capacitors luentomateriaalit)

Automatiikkaparistoja on valmistettu 1970-luvulta lähtien ja nykyiset tekniikaltaan lähes samanlaiset estokelaparistot ovat yleisimmät uudisasennuksissa ja saneerauksissa käytetyt kompensointilaitteistot. Oppimisympäristön tarkoituksena on keskittyä yleisimpään ja yksinkertaiseen kompensointilaitteistoon, jonka parissa suurin osa sähköalan ammattilaisista tulee toimimaan.

4.2 Kompensointilaitteistolla suoritettavat harjoitukset

Kompensointilaitteistolla suoritetaan harjoituksina:

- Aistinvaraiset tarkastukset
- Porrassulakkeiden mittaus
- Kytkinlaitteiden mittaus
- Kondensaattoriportaiden virtamittaus
- Kondensaattoriportaiden kapasitanssimittaus
- Automaattisen loistehosäätäjän virittäminen

Harjoitusten perusteella suoritetaan tarvittavia muutoksia ja lisäyksiä kompensointilaitteistolle. Muutosten tarkoituksena on helpottaa harjoitusten toteuttamista, mutta myös varmistaa sähkötyöturvallisuuden jännitteisessä sähkölaitteistossa.

4.3 Kompensointilaitteiston ja oppimisympäristön suunnittelu

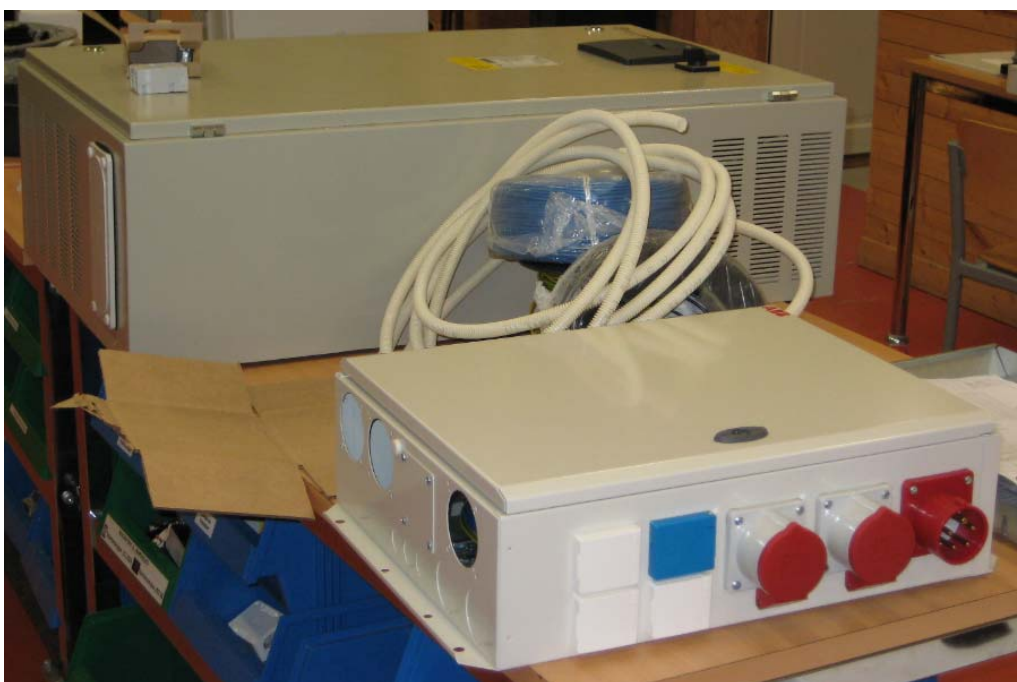
Automatiikkaparistot ja sähkökeskukset ovat yleensä kiinteästi asennettuina sähkötiloihin. Siirrettävän oppimisympäristön toteuttamiseksi sähkölaitteistot sijoitetaan pyörillä varustettuun telineeseen. Oppimisympäristön sähkön syöttökaapelointi ja keinokuormitusten liittäminen on suoritettava tilapäisasennusmääräysten mukaisesti pienjännitesähköstandardin SFS 6000 mukaisesti.

4.3.1 Automatiikkapariston valinta

Automatiikkaparistoksi valitaan Alstom Grid Oy:n valmistama kokonaisteholtaan 7,5 kvar paristo, jossa on kolme kondensaattoryksikköä. Automatiikkaparisto on seinäkiinnitteinen, jolloin se voidaan kiinnittää pyörillä varustettuun telineeseen. Automatiikkaparisto on varustettu automaattisella loistehon säätäjällä NC-12. Oppimisympäristöön valittu automatiikkaparisto on valmistettu oppimisympäristöä varten, joten samanlaisia paristoja ei ole kiinteistöihin asennettuina.

4.3.2 Sähkökeskuksen ja virtamuuntajan valinta

Sähkökeskukseksi valitaan pistorasiaryhmillä varustettu ABB:n valmistama työmaasähkökeskus T40P4V. Sähkökeskus on seinäkiinnitteinen ja sähkökeskukseen on mahdollisuus lisätä pistorasiaryhmiä sopivien kuormitusten liittämiseksi. Sähkökeskukseen lisätään myös kuormitusvirtaa mittaava virtamuuntaja, joka liitetään kompensointilaitteiston säätäjälle. Virtamuuntajan muuntosuhde on 50/5 A, joka valitaan sähkökeskuksen nimellisvirran 40 A mukaisesti.



Kuva 7. Automatiikkaparisto ja sähkökeskus.

Kuvassa 7 automatiikkaparisto ja sähkökeskus ovat kiinnittämättä pyörillä varustettuun telineeseen. Sähkökeskukselle lisätään pistorasiaryhmiä ja jo olemassa olevat pistorasiaryhmät siirretään sähkökeskuksen alapuolelta sivuseinälle.

Sähkökeskukselle lisätään yksi johdonsuojakatkaisija automaattisen loistehosäättäjän tarvitsemalle jännitteen mittaukselle. Loistehosäättäjän tehomittaukset tarvitsevat virtamuuntaja- ja jännitemittauksen. Sähkökeskukselle varataan yksi kolmevaiheinen pistorasia sähkölaitteiston liittämiseksi jakeluverkkoon kolmivaiheisella jatkojohdolla.

4.3.3 Sähköturvallisuuden huomioiminen

Pienjännitejakelujärjestelmään liitettävä sähkölaitteisto asettaa vaatimuksensa sähkötyöturvallisuuden täyttämiseksi. Siirrettävä sähkölaitteisto on suojattava 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Vikavirtasuojaus koko sähkölaitteistolle toteutetaan joko syöttävään sähkökeskukseen sijoitetulla kiinteällä vikavirtasuojakytkimellä tai sähkölaitteistoon kytkettävällä siirrettävällä vikavirtasuojakytkimellä.

Sähkökeskuksen pistorasiat, joihin erilaiset keinokuormitukset ovat kytkettävissä, suojataan 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Vikavirtasuojakytkin on asennettu jo tehtaalla sähkökeskukseen valmiiksi.

Kondensaattoriyksiköiden jäännösvaraukset purkautuvat kolmen minuutin kuluessa sähköverkosta irrotettaessa. Kapasitanssimittauksia varten kondensaattoriyksiköiden johtimet on myös kosketussuojattava. Kapasitanssimittausta varten on käytettävä ns. pikaliittimiä, jotka täyttävät kosketussuojauksen vaatimukset.

Harjoitustyöt ja mittaukset tulee suorittaa valvonnan alaisena. Sähkölaitteiston kouluttajan on hallittava harjoitustyöhön ja mittaukseen liittyvät työtehtävät ja tunnettava laitteiston rakenne. Yksi tärkeimmistä oppimisympäristöön ja sähkölaitteistojen käyttöön liittyvistä asioista on sähkötyöturvallisuus.

4.4 Oppimisympäristön rakentaminen

Kompensointiparisto ja sähkökeskus kiinnitettiin pyörillä varustettuun telineeseen. Sähkölaitteiston kokonaispainoksi telineineen tuli n. 50 kg, joten siirrettäväksikin sähkölaitteistoksi massaa on paljon. Etenkin kuljetuksissa esimerkiksi yrityskoulutuksia varten on peräkärryyn tai pakettiautoon nostettaessa oltava kaksi henkilöä laitteiston massan ja korkeahkon muodon vuoksi. Sähkölaitteiston kokonaiskorkeus lattian pinnasta on n. 190 cm.



Kuva 8. Kompensointiparisto ja sähkökeskus sijoitettuina telineeseen.

Kuvassa 8 sähkökeskuksen suojalevyt ovat pois paikoiltaan käyttöönottotarkastuksen vuoksi. Sähkökeskukseen on lisätty johdonsuojakatkaisijat, virtamuuntaaja, pistorasiat keinokuormituksien liittämistä varten ja liitäntäjohtimet kompensointiparistolle. Kompensointiparisto on kytketty sähkökeskuksen rinnalle ja kompensointipariston säätäjälle on johdotettu jännite- ja virtatieto sähkökeskuksesta kompensointipariston riviliittimille. Kompensointipariston johdotuskuva on esitetty liitteessä 1.

Kompensointiparisto on valmistettu tehtaalla kosketussuojatuksi oppimisympäristön turvallisuuden parantamiseksi. Kondensaattoriportaiden kapasitanssimitauksia varten kytkinlaitteen ja kondensaattoriportaiden välisiin kaapelointeihin asennettiin pikaliittimet. Lisäksi virtamittauksia varten pikaliittimien väliset kaapeloinnit ovat normaalia pidemmät.



Kuva 8. Kytkinlaitteiden ja kondensaattoriportaiden välinen kaapelointi.

Kuvan 8 valkoiset pikaliittimet ovat kunnonvalvontamittausten lisäksi myös helpottamassa komponenttien vaihtoa opetustilanteissa. Kondensaattoreihin ja kytkinlaitteisiin järjestetään erilaisia vikoja liittämällä viallisia komponentteja kompensointilaitteistoon kiinni. Tällöin esimerkiksi tutkintotilaisuudessa voidaan muuttaa vikojen paikkaa ja laatua.

5 KOKEMUKSIA OPPIMISYMPÄRISTÖSTÄ JA KEHITYSIDEOITA

5.1 Ensimmäisiä kokemuksia oppimisympäristöstä

Opetus- ja oppimiskäyttöön rakennettua sähkölaitteistoa kokeiltiin ensimmäisen kerran yrityksille suunnatussa koulutuksessa marraskuussa 2012. Koulutuksen kesto oli kaksi päivää, joista ensimmäisenä päivänä loistehon kompensointia ja kompensointilaitteistoja käytiin teoriassa lävitse ja toisena päivänä oli käytännön harjoituksia.

Sähkölaitteiston siirreltävyys tasaisella lattialla ja käytävien väliköissä oli helppoa, sähkölaitteiston kuljettaminen henkilöauton peräkärnyssä sen sijaan oli vaikeampaa. Sähkölaitteiston nostamiseen tarvittiin kaksi henkilöä. Suunnitteluvaiheessa olisi voinut miettiä kompensointipariston ja sähkökeskuksen rakentamista eri osista, jolloin esimerkiksi kolmessa osassa kuljetettuna sähkölaitteiston olisi ollut mahdollista kuljettaa yksinkin. Kompensointipariston koko on melko suuri, joka olisi varmasti mahdollista rakentaa myös pienemmäksi.

Opetuskäyttöön rakennettu kompensointiparisto tuki hyvin teoriaopetusta ensimmäisenä päivänä. Laitteistosta oli helppo esittää esimerkkejä ja näyttää komponentit ja pariston rakenteen opiskelijoille painetun opiskelumateriaalin lisäksi. Kysymyksien avulla ja todelliseen laitteistoon tutustumalla opiskelijoiden oli helpompaa ymmärtää pariston rakenne kuin pelkän kirjallisen materiaalin avulla.



Kuva 10. Sähkölaitteisto keinokuormituksineen.

Käytännön harjoituksessa opiskelijoiden tehtävänä oli kartoittaa kompensointilaitteiston kuntoa aistinvaraisin tarkastuksin ja mittauksin sekä virittää kompensointilaitteiston säätäjä oikeisiin asetteluarvoihin. Jännitteisessä sähkölaitteistossa suoritettavat harjoitukset herättivät aktiivista keskustelua. Kompensointilaitteistojen huoltoja ja uudisasennuksia aikaisemmin tehneet opiskelijat halusivat syventää tietämystään kysyen jopa pariston mitoittamiseen ja suunnitteluun liittyviä asioita. Koulutuspäivät olivat hyvää verkostojen ympärille rakennettua op-

pimista, jolloin tietoja ja taitoja jaettiin kaikkien koulutukseen osallistuneiden kesken.

5.2 Oppimisympäristön kehittäminen

Ensimmäinen koulutus vahvisti sähkölaitteiston hyvän toimivuuden oppimisympäristönä pienistä fyysiseen liikuteltavuuteen liittyvistä haasteista huolimatta. Sähkölaitteisto rakennettiin Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen sähkö- ja talotekniikan opiskelijoiden avustuksella. Opiskelijat saivat käytännön läheistä oppia jakokeskukseen liittyvästä asennuksesta ja kompensointilaitteiston rakenteesta.

Sähkölaitteistolle ja oppimisympäristölle on suunnitteilla:

- Sähkölaitteiston käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät harjoitustyöt. Ohjeistuksen laatimisessa voisi hyödyntää videomateriaalia ja sähköistä verkko-opetusympäristöä.
- Sähköpiirustusten ja sähkökaavioiden laadinta
- Harjoituksiin soveltuvien keinokuormitusten suunnittelu

Oppimisympäristöön liittyvät materiaalit olisi hyvä tuottaa myös englannin kielellä. Näin voitaisiin integroida myös aineopintojen lisäksi kieliopintoja. Käytännön tekniikan sanastoa tarvitaan usein muissakin sähkölaitteistoissa, joiden ohjeet ja dokumentit ovat kääntämättä suomeksi.

Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksessa suoritettavaa kompensointikoulutusta varten varataan sähkö- ja talotekniikan harjoitushallista oma paikka, jossa kompensointilaitteisto on kouluttajien ja opiskelijoiden käytettävissä.

6 YHTEENVETO

Kompensointipariston valinta ja rakentaminen siirrettäväksi oppimisympäristöksi oli ajankohtainen ja tärkeä kehittämistehtävä. Palautteiden perusteella sähköalan ammattihenkilöt ovat kokeneet kompensointiasiat vaikeaksi asiaksi. Teoreettisen opetuksen lisäksi halutaan opiskella ja oppia loistehon kompensointilaitteistojen tekniikkaa, jolloin ajatus sähkölaitteiston rakentamisesta oli perusteltua.

Oppimisympäristön ajatus on murtaa vanhempia käsityksiä opettajakeskeisestä oppimisesta omaan aktiiviseen oppimiseen kokeilemalla ja harjoittelemalla asioita sekä itsenäisesti että ohjattuna. Opettajan rooli muuttuu ohjaavaksi valmentajaksi ja opiskelija itse ottaa enemmän vastuuta oppimistilanteestaan.

Kehittämishankkeessa suunnitellun ja rakennetun sähkölaitteiston toimivuutta kokeiltiin sähkön laatuun ja loistehon kompensointiin liittyvässä yrityskoulutuksessa. Kokemukset oppimisympäristöstä olivat positiiviset kurssipalautteiden mukaisesti. Teoriaopintoihin kaivattiin enemmän asiantuntijuutta, mutta käytännön harjoitus sähkölaitteistolla sai kiitosta.

Opetusmateriaalia ja dokumentointia ei käsitelty tässä kehittämishankkeessa. Oppimisympäristöön laaditaan kirjalliset opetusmateriaalit ja käytännön harjoituksia varten myös mahdollinen videomateriaali. Lisäksi oppimisympäristöön suunnitellaan helposti liitettävät ja liikuteltavat keinokuormitukset.

Säävarmojen jakeluverkkojen kaapelointi asettaa haasteensa jakeluverkkojen loistehotasapainolle, tällöin kaapeliverkkoihin olisi tuotettava induktiivista loistehoa reaktorien ja kuristimien avulla. Jakelumuuntamoon rakennettu jakeluverkkojen kompensointiin keskittyvä oppimisympäristö olisi seuraava mahdollinen oppimisympäristön toteuttaminen Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen sähkö- ja talotekniikan osastolle.

LÄHTEET

Manninen, J., Burman A., Koivunen, A., Kuittinen E., Luukannel, S., Passi, S. & Särkkä, H. 2007. Oppimista tukevat ympäristöt. Johdatus oppimisympäristöajatteluun. Helsinki: Opetushallitus

Seesvuori R., Böstman R., Hiltunen I., Laitinen M., Mäkinen A., Salovaara A. ja Sotikov J. 1999. Loistehon kompensointi ja yliaaltojen rajoittaminen. Raportti. Helsinki: Sähköenergialiitto ry SENER.

Hiltunen, I., Huuska, R. 2007. Sähkön laatu ja häiriöt sekä loistehon kompensointi. Nokian Capacitors, luentomateriaalit.

