



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ENERGIATUTKIMUSKES- KUKSEN SÄHKÖSUODAT- TIMEN KÄYTTÖÖNOTTO

TEKIJÄ/T: Simo Repo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Simo Repo			
Työn nimi Energiatekniikan tutkimuskeskuksen sähkösuodattimen käyttöönotto			
Päiväys	3.12.2017	Sivumäärä/Liitteet	20/3
Ohjaaja(t) Markku Kosunen, Jukka Huttunen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Savonia-ammattikorkeakoulu. Työ käsittelee sähkösuodattimen käyttöönottoa Savonia-AMK:n Varkauden kampuksen energiatekniikan tutkimuskeskuksessa.</p> <p>Tämän työn tarkoituksena oli selvittää ja saada tutkimuskeskuksen sähkösuodattimen toimintakuntoiseksi. Työn tavoitteena oli yhdistää sähkösuodattimen osaksi automaatiojärjestelmää.</p> <p>Työssä käsitellään sähkösuodattimen laitteiden kaapelointia ja asennustyötä. Työssä esitellään tutkimuskeskuksen sähkösuodatinta ja kuvataan suodattimen toimintaperiaate. Työssä käsitellään myös sähkösuodattimen testiajojen tuloksia.</p>			
Avainsanat			
Sähkösuodatin, korkeataajuusmuuntaja, käyttöönotto			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Simo Repo			
Title of Thesis Commissioning of an Electrostatic Precipitator at the Energy Research Center			
Date	3.12.2017	Pages/Appendices	20/3
Supervisor(s) Markku Kosunen, Jukka Huttunen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Savonia University of Applied Sciences. This study covers the commissioning of an electrostatic precipitator at Savonia's energy research center in Varkaus.</p> <p>The purpose of this study was to investigate how the research center's electrostatic precipitator will become operational. The aim of the study was to integrate the precipitator into the automation system.</p> <p>The study reports the cabling and installation work of the electrostatic precipitator. The study introduces the energy research center's precipitator and describes the precipitator's operating principle. The results of the electrostatic precipitator test drives are also reported in the thesis.</p>			
Keywords			
Electrostatic precipitator, high frequency transformer, commissioning			

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA TERMIT	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tausta.....	7
1.2 Tavoitteet.....	7
1.3 Rajaukset	7
2 SÄHKÖSUODATTIN.....	8
2.1 Sähkösuodattimen rakenne ja laitteet.....	8
2.2 Sähkösuodattimen toimintakuvaus	9
3 SÄHKÖSUODATTIMEN ASENNUSTEN VIIMEISTELY	10
3.1 Korkeataajuusmuuntajan asennus.....	10
3.2 Turvakytkimien kiinnitys	10
3.3 Sähkösuodattimen kaapelointi	10
3.3.1 Kuljetinlaitteiden kaapelointi	11
3.3.2 Lämmitinjärjestelmien kaapelointi	11
3.3.3 Ravistinlaitteiden kaapelointi	12
3.3.4 Korkeataajuusmuuntajan kaapelointi	12
3.4 Maadoitusjohtimien asennus.....	13
3.5 Lankaravistimen paineilmaletkun asennus	13
3.6 Lämpötilanmittauksen asennus	13
3.7 Ohjauspaneelin kiinnitys.....	13
3.8 Sähkösuodattimen kaiteiden kiinnitys	14
3.9 Putkistomuutokset	14
4 SÄHKÖSUODATTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO	15
4.1 Sähkösuodattimen testaus.....	15
4.1.1 Korkeataajuusmuuntajan käyttöönotto	15
4.1.2 Apulaitteiden käyttöönotto.....	16
4.1.3 Automaatioliityntöjen testaus.....	16
4.2 Sähkösuodattimen testiajot	16
4.2.1 Sähkösuodattimen käynnistys	17
4.2.2 Testiajojen tulokset.....	17
5 YHTEENVETO.....	19

LÄHTEET	20
LIITE 1: PERIAATEKAAVIO SÄHKÖSUODATIN	21
LIITE 2: KAAPELILUETTELO SÄHKÖSUODATIN	22
LIITE 3: MAADOITUSKAAVIO SÄHKÖSUODATIN	23

LYHENTEET JA TERMIT

Apulaitekeskus:

Tutkimuskeskuksessa sijaitseva kaappi, jossa ovat apulaitteiden relelähdöt ja riviliittimet.

Ohjauspaneeli:

Näyttöpaneeli, jolla ohjataan korkeataajuusmuuntajaa.

Riviliitin:

Riviliitintä käytetään sähkökeskuksissa syöttöjen ja lähtöjen sekä kaapin oman johdotuksen välissä.

Modbus:

Sarjaliikenneprotokolla, jota käytetään yleisesti elektroniikkalaitteiden välisessä kommunikoinnissa.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikön yhteyteen on valmistumassa energiatutkimuskeskus. Keskus tarjoaa polttoaineiden tutkimiseen liittyviä palveluja yrityksille ja julkisen sektorin toimijoille. Keskuksessa voidaan tutkia hakkeen, turpeen, kierrätyspolttoaineiden ja pyrolyysiöljyn palamisesta muodostuvia päästöjä ja palamisen vaikutuksia materiaaleille. Keskuksesta löytyvät arina- ja leijupetikattila. Keskuksessa voidaan järjestää energiatekniikan koulutusta. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2014.)

Tutkimuskeskukseen kuuluu ECP Group Oy:n toimittama sähkösuodatin. Opinnäytetyötä aloittaessa suodatin oli asennuksiltaan keskeneräinen. Suodattimen apulaitteet oli mekaanisesti asennettu paikalleen, mutta suodattimen sähköistys- ja muut asennustyöt olivat vielä tekemättä.

1.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaikki ne työvaiheet, joilla energiatutkimuskeskuksen sähkösuodatin saadaan toimintakuntoiseksi. Tarkoituksena oli myös kytkeä suodatin automaatiojärjestelmään ja ymmärtää suodattimen toimintaperiaate.

1.3 Rajaukset

Tässä työssä kerrotut sähkösuodattimen käyttöönoton vaiheet koskevat vain Savonia-ammattikorkeakoulun energiatutkimuskeskuksen sähkösuodatinta. Työ keskittyy suodattimen kaapeloinnin ja asennusten kuvaamiseen sekä käyttöönotosta raportointiin.



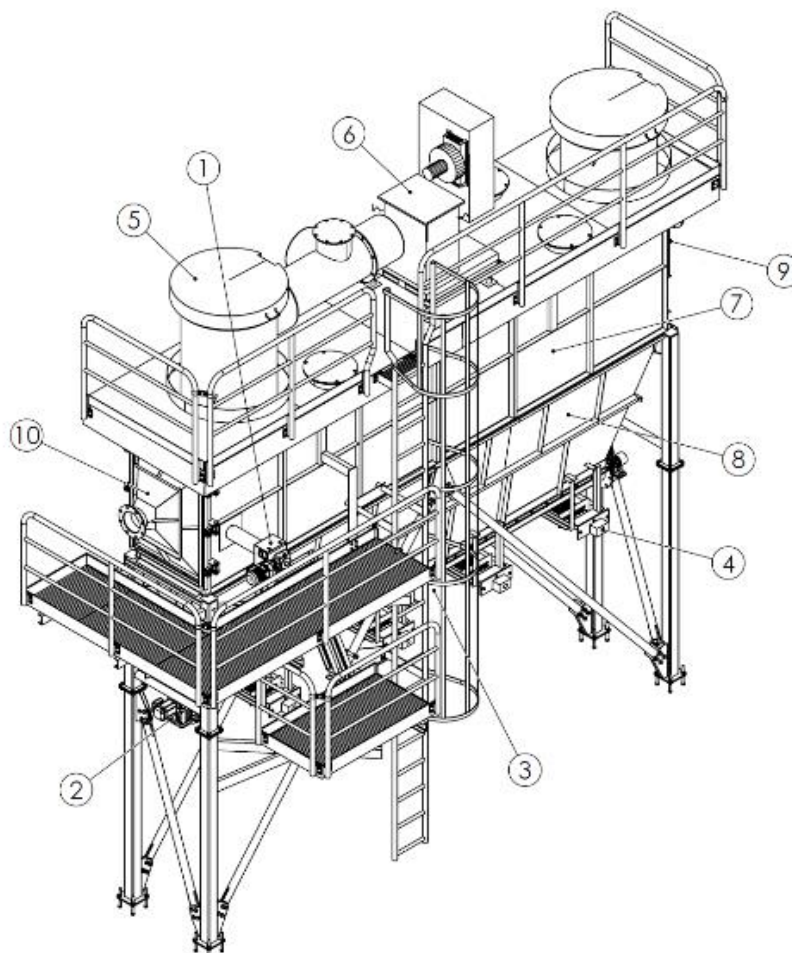
KUVA 1. Tutkimuskeskuksen sähkösuodatin

2 SÄHKÖSUODATIN

Sähkösuodatin on yksi yleisimmin käytetyistä savu- ja prosessikaasujen puhdistuslaitteista. Sähkösuodattimella varataan kiinteitä pölyhiukkasia sähköstaattisten voimien avulla ja sitä kautta erotetaan niitä kaasuista. Rakenteensa vuoksi sähkösuodatin on yleisin puhdistintyyppi kivihiili- ja biopolttovoimaloissa, soodakattiloissa ja meesauuneissa sekä sementti- ja terästeollisuudessa. (Päiviö.)

2.1 Sähkösuodattimen rakenne ja laitteet

Tutkimuskeskuksen sähkösuodatin on noin 8 metriä pitkä ja 7,5 metriä korkea. Suodattimen keskiosassa sijaitsee suodatinkammio (7), jossa savukaasujen puhdistus tapahtuu. Kammiosta löytyvät erotuslevyistöt sekä levy- ja lankaravistinjärjestelmät. Levyravistin (1) on varustettu kierukkavaihde-moottorilla. Lankaravistin toimii paineilmatoimisella mäntätäryllä, joka sijaitsee suodattimen katolla toisessa eristinsäilytyskammiossa (5). Samassa eristinsäilytyskammiossa on myös lämpötila-anturi. (Päiviö.)



KUVA 2. Sähkösuodattimen rakenne

Suodatinkammion toisesta päästä löytyy tulosuppilo (9), josta savukaasut tulevat sisään suodattimeen. Tulosuppilossa on kaasunohjauslevyistöjä. (Päiviö.) Puhdistetut savukaasut poistuvat poistosuppilosta (10). Kammiion alapuolella on pohjasuppilo (8), jonne savukaasuista erotettu tuhka pudotetaan. Pohjasuppilossa sijaitsee ruuvikuljetin (2), joka kuljettaa tuhkan ulostuloaukolle. Sul-

kusyötin (3) säännöstelee ulostuloaukolla tuhkan putoamista tuhka-astiaan. Pohjasuppilon alaosassa toimii suppilolämmitin (4), johon kuuluu kolme lämmitysvastusta. Suppilolämmitin pitää suodattimessa oikeaa käyntilämpötilaa.

Suodattimen katolla sijaitsevaa kahta eristinlämmitintä käytetään kosteuden poistoon ja tasaamaan lämpötilaeroja eristimen sisä- ja ulkopintojen välillä. Katolla sijaitsee korkeataajuusmuuntaja (6), jolla syötetään suodattimen erotustilaan korkeaa tasasuunnattua jännitettä. Muuntajan ja eristinlämmitin välissä on suoja-putki, jossa korkeajännitteinen sähkövirta kulkee suodattimen emissiosysteemeille. (Päiviö.) Katolla on myös muuntajan keinokuorma, jolla muuntajan toimintapiste saadaan oikealle alueelle. Keinokuormaa tarvitaan, sillä suodatin itse ei kuormita muuntajaa riittävästi. (ECP Group. Savonia, ESP Käyttöönottoraportti.)

2.2 Sähkösuodattimen toimintakuvaus

Sähkösuodattimen toiminta perustuu savukaasujen johtamiseen maadoitettujen erotuslevyistöjen ja emissioelektrodien välisiin kaasusoliin. Emissioelektrodeja varataan negatiivisella korkeajännitteellä, joka on tavallisesti 50-100 kV:n välillä. Emissioelektrodeilla syntyy koronapurkaus, jonka seurauksena negatiiviset elektronit synnyttävät sähkövirran. Kun elektronit törmäävät kaasumolekyyleihin, ne ionisoituvat ja varaavat pölyhiukkaset negatiivisella varauksella. Tällöin negatiivisesti varautuneet pölyhiukkaset kulkeutuvat maadoitetuille erotuslevyille, joilta ne pudotetaan ravistamalla pohjasuppiloon. (ECP Group. ECP-42014003-900 Toimintakuvaus.) Pohjasuppilosta tuhka siirtyy ruuvikuljettimen ja sulkusyöttimen kuljettamana talteen kerättäväksi.

3 SÄHKÖSUODATTIMEN ASENNUSTEN VIIMEISTELY

3.1 Korkeataajuusmuuntajan asennus

Korkeataajuusmuuntaja ja muuntajan keinokuorma oli nostettava suodattimen katolle niille määrätuille paikoille. Muuntaja ja keinokuorma nostettiin nosturilla ylös katolle. Muuntajan ja toisen eristinlämmittimen väliin asetettiin iso suoja-putki, ja putken sisään asennettiin sähkölinja. Suoja-putken päät kiinnitettiin pulteilla muuntajaan, eristinlämmittimeen ja keinokuormaan.

Keinokuorman alle piti asentaa sen mukana tullut jalusta. Jalustan rakennetta piti muuttaa, jotta se mahtui keinokuorman alle. Jalustasta oli tehtävä hieman viisto, että se saatiin sopimaan keinokuorman ja lattia väliin. Kulmahiomakoneella tehtiin jalustaan tarvittavat muutokset, minkä jälkeen jalusta työnnettiin paikoilleen keinokuorman alle. Jalusta kiinnitettiin keinokuormaan pulteilla.

3.2 Turvakytkimien kiinnitys

Ennen kaapeloinnin aloittamista suodattimen apulaitteille täytyi asentaa turvakytkimet. Suodattimen alapuolelle keskuksen seinään asennettiin turvakytkimet sulkusyöttimelle, ruuvikuljettimelle ja suppilolämmittimelle. Eristinlämmittimen kytkin asennettiin suodattimen katolle, ja levyravistimen kytkin kiinnitettiin suodattimeen ravistusmoottorin viereen. Suppilo- ja eristinlämmittintä varten oli lisäksi asennettava riviliitinkotelot.



KUVA 3. Eristinlämmittimen turvakytkin ja riviliitinkotelo

3.3 Sähkösuodattimen kaapelointi

Sähkösuodattimen kaapeloinnissa käytettiin apuna periaatekaaviota (LIITE 1) ja kaapeliluetteloa (LIITE 2). Periaatekaaviosta ja kaapeliluettelosta nähtiin, mistä minne mikin kaapeli asennetaan ja minkä tyyppinen kaapeli mihinkin väliin tulee. Suodattimen muuntajalla ja apulaitteilla oli omat piirikaaviot, joiden perusteella kaapelit osattiin kytkeä oikeille riviliitinpaikoille.

Suodattimen laitteiden kaapeleiden asentaminen aloitettiin apulaitekeskukselta. Kaapelit täytyi mitoittaa sopivan pituisiksi, jotta ne riittivät suodattimen laitteille asti. Kaapelit kiinnitettiin nippusiteillä apulaitekeskuksen vieressä kulkeville kaapelihyllyille. Kaapelit asennettiin hyllyjä pitkin siten, että toisella puolella hyllyä kulkivat sähkökaapelit ja toisella signaalikaapelit. Hyllyt ulottuivat tutkimuskeskuksen seinään tehdylle reiälle, jonka läpi kaapelointi johdettiin tutkimuskeskuksen ulkopuolelle sähkösuodattimelle asti.



KUVA 4. Apulaitekeskukselta lähteviä kaapeleita

Keskuksen seinään tehty reikä sijaitsi suodattimen katon tasolla. Eristinlämmittimen kaapeli asennettiin suodattimen katolle. Sulkusyöttimen, ruuvikuljettimen, suppilolämmittimen ja levyravistimen kaapelit asennettiin kaapelihyllyä pitkin suodattimen alaosaan. Suodattimen apulaitteet kaapelointiin turvakytkimien kautta ennen laitteelle menoa. Turvakytkimille asennettiin syöttökaapeleiden lisäksi kytkimien asentotieto-kaapelit.

3.3.1 Kuljetinlaitteiden kaapelointi

Sulkusyöttimen ja ruuvikuljettimen kaapelit kytkettiin niiden omaan turvakytkimiin. Turvakytkimiltä kaapelit jatkuivat suodattimen pohjan suoja-putkia pitkin moottoreille. Sulkusyöttimellä ja ruuvikuljettimella oli myös omat pyörintävahdit. Pyörintävahdeihin kytkettiin apulaitekeskukselta vedetyt signaalikaapelit.

3.3.2 Lämmitinjärjestelmien kaapelointi

Suppilo- ja eristinlämmittimen turvakytkimiltä kaapelit yhdistettiin riviliitinkoteloihin. Suppilolämmittimen kotelolta asennettiin lämmönkestävät kaapelit kolmelle lämmitysvastukselle. Eristinlämmittimen kotelolta kaapeli jakautui kahdelle suodattimen katolla olevalle lämmittimelle. Toisen eristinlämmittimen kaapelia varten täytyi kiinnittää pitkä suoja-putki tutkimuskeskuksen seinään. Kumpaa-kin eristinlämmittintä asennettiin kiertämään suoja-putket, joita pitkin kaapelit kulkivat lämmittimien

kylkeen asennetuille koteluille. Koteloilta kaapelit jatkuivat lämmönkestävinä eristinlämmittimen vastuksille.

3.3.3 Ravistinlaitteiden kaapelointi

Levyravistinta varten suojaputket kiinnitettiin suodattimen runkoon. Suojaputkien korokepitimet ruuvattiin itseporautuvilla ruuveilla kiinni runkoon, minkä jälkeen suojaputket kiinnitettiin korokepitimille. Suojaputket asetettiin kulkemaan suodattimen tukijalkaa pitkin levyravistimelle. Levyravistimen kaapeli työnnettiin suojaputkea pitkin turvakytkimelle, josta kaapelointi jatkettiin kierukkavaihde-moottorille.

Lankaravistimen kaapeli asennettiin apulaitekeskukselta magneettiventtiilille. Kaapelointi tehtiin magneettiventtiilille laitoksen toiseen päähän. Magneettiventtiili oli kiinnitetty metallilevyyn yhdessä muiden sen oheislaitteiden kanssa.



KUVA 5. Lankaravistimen magneettiventtiili oheislaitteineen

3.3.4 Korkeataajuusmuuntajan kaapelointi

Korkeataajuusmuuntajan sähkönsyöttökaapeli asennettiin tutkimuslaitoksen pääkeskukselta muuntajalle. Muuntajan kaapeleille oli kiinnitettävä suojaputkia laitoksen seinään ja suodattimen katolle. Suojaputket asennettiin kulkemaan suodattimen katon lattiaa pitkin muuntajalle. Muuntajan kytkentäkaapissa oli valmiiksi tehdyt reiät kaapeleiden läpivientjä varten.

Muuntajan kaapin läpivientireikiin kiinnitettiin holkkitiivisteet. Muuntajan sähkökaapeli ei kuitenkaan mahtunut kulkemaan holkkitiivisteestä, joten toista läpivientä täytyi suurentaa, jotta isompi holkkitiiviste saatiin sopimaan läpivientireikään ja sähkökaapeli mahtui holkkitiivisten läpi. Toisen holkkitiivisten kautta muuntajalle vedettiin useampi signaalikaapeli. Sähkökaapeli ja signaalikaapelit kytkettiin kaappiin niille tarkoitetuille paikoille.

3.4 Maadoitusjohtimien asennus

Maadoitus suoritettiin maadoituskaavion (LIITE 3) avulla. Suodattimen katolle oli asennettava useita maadoitusjohtimia. Korkeajännitteisen sähkölinjan suojaputkesta täytyi maadoittaa teräsvaijereilla kaikki luukunkannet ja laipat. Myös eristinlämmitin ja keinokuorma maadoitettiin. Eristinlämmittimeltä asennettiin muuntajalle maadoitusjohdin, jolle piti asentaa myös suojaputkia. Muuntajalta asennettiin johdin tutkimuslaitoksen maadoituskiskoon. Laitoksen seinään täytyi porata reikä, jonka kautta johdin saatiin maadoituskiskolle.

3.5 Lankaravistimen paineilmaletkun asennus

Paineilmaletku asennettiin magneettiventtiililtä eristinlämmittimen mäntätärylle. Laitoksen seinään tehtiin reikä, josta letku pääsi suoraan eristinlämmittimelle. Lämmittimen kylkeen kiinnitettiin uusia suojaputkia letkulle. Lämmittimessä oli valmis reikä, josta letku vietiin sisään. Letku kiinnitettiin liittimellä eristinkammion keskellä olevaan täryyn. Paineilmaletkua varten tehdyt reiät tiivistettiin silikonimassalla.

3.6 Lämpötilanmittauksen asennus

Suodattimen toiseen eristinlämmittimeen asennettiin lämpötila-anturi. Anturille täytyi porata reikä eristinlämmittimen kylkeen. Reikä porattiin lämmittimen sisäpuolelta päin. Tämän jälkeen anturia varten tehty yhdeputki hitsattiin kiinni reikään ja anturi kierrettiin kiinni yhteeseen. Lämpötila-anturi kytkettiin signaalikaapelilla laitoksen kenttäkotelo 3:een.

3.7 Ohjauspaneelin kiinnitys

Ohjauspaneeli kiinnitettiin apulaitekeskuksen oveen. Paneelia varten oveen täytyi sahata aukko reikäsahalla, jotta paneelin takana olevat liittimet saatiin näkyviin. Ohjauspaneeli kiinnitettiin oveen ruuveilla, ja ohjauspaneelilta vedettiin RJ45-kaapeli paneelin liitäntälaitteelle, joka oli sijoitettu myös apulaitekeskukseen.



KUVA 6. Apulaitekeskus ja ohjauspaneeli

3.8 Sähkösuodattimen kaiteiden kiinnitys

Suodattimen kaiteet oli muuten asennettu paikoilleen, mutta katon kaiteista puuttui kiinnitys parista kohdasta. Suodattimen kattoon poratut valmiit reiät eivät osuneet kohdakkain kaiteen kiinnityskohdan reikien kanssa. Ensimmäisessä kohdassa reiät saatiin kohdakkain rautakangen avulla, ja toisessa kohdassa kattoon porattiin uudet reiät kaiteen kiinnityskohtaa varten. Tämän jälkeen kaide voitiin kiinnittää pulteilla kattoon.

3.9 Putkistomuutokset

Sähkösuodattimen tulo- ja poistoputket olivat yhdistämättä suodattimen ja tutkimuskeskuksen välillä. Putkien päät eivät osuneet suodattimen tulo- ja poistosuppilon laippaan, koska ne olivat eri korkeudella toisistaan. Putkiin suunniteltiin uudet sovitinkappaleet, joilla putkien korkeutta saatiin nostettua ja putket voitiin yhdistää suodattimeen. Savukaasuputkille tehtiin vielä lisäksi eristyksiset tutkimuskeskuksen sisä- ja ulkopuolelle.

4 SÄHKÖSUODATTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönotto on prosessi, jolla varmistetaan sähkösuodattimen laitteiston toimivuus. Käyttöönotossa suodattimen laitteisto ja asennukset testataan omistajan operatiivisten vaatimusten mukaisesti.

4.1 Sähkösuodattimen testaus

Asennustöiden valmistumisen jälkeen ECP Group suoritti suodattimen käyttöönoton. Käyttöönottoon kuului muuntajan, apulaiteiden ja automaatioliityntöjen testaaminen. Ohjelmaan kuului muun muassa säätöparametrien asettelua, virta- ja jännitekäyrien ajamista ja virtamittausten tekemistä.

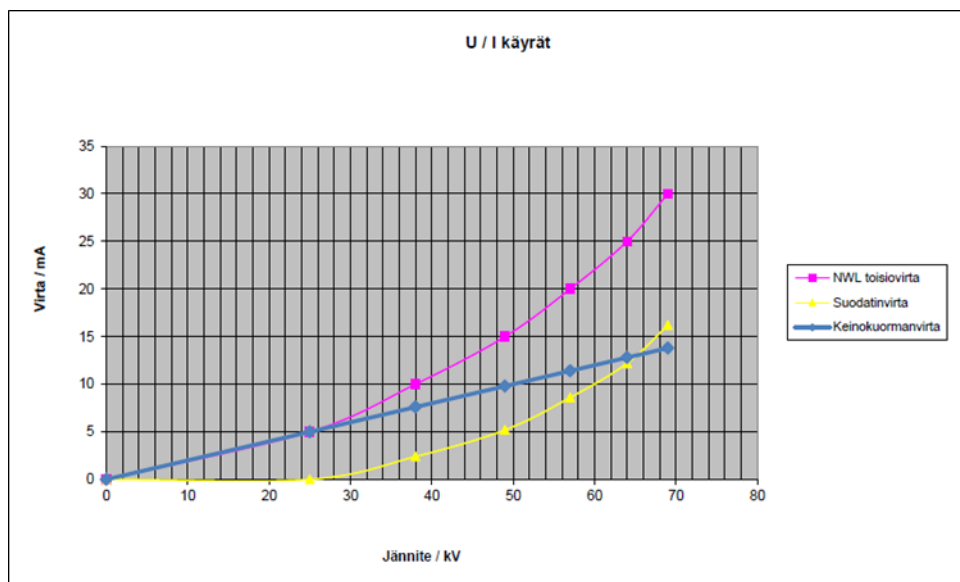
4.1.1 Korkeataajuusmuuntajan käyttöönotto

Muuntajan ja suodattimen maadoitukset tarkastettiin, ja ne olivat kunnossa. Muuntaja koekäytettiin apulaitekeskuksen ohjauspaneelista, ja muuntajan syöttöjännite mitattiin. Muuntajalle ajettiin jännite/virtakäyrät, joiden arvot olivat normaaleita. Säätöparametrit aseteltiin ja kirjattiin ylös. Automaatiokytkennöistä testattiin häiriö, häiriön kuittaus, start, stop ja käy-tieto. Muuntajan toiminta tarkastettiin mittaamalla toisiomittasignaalit oskilloskoopilla.

Kattila ei ajossa, lämpötila suodattimessa 0°C

Sähkösuodatin					
Toisiovirta / mA (NWL muuntaja)	Kenttä A Toisiovirta /mA Suodatinvirta	Kenttä A Jännite / kV	Kenttä A Ensiövirta / A	Kenttä A Duty cycle / %	Kenttä A Keinokuorman virta I_{kk} / mA
0	0	0	0	0	0
5	0	25	0	6	5
10	2,4	38	0	12	7,6
15	5,2	49	1	27	9,8
20	8,6	57	2	42	11,4
25	12,2	64	2	47	12,8
30	16,2	69	3	53	13,8
35					
40					
45					
50					

TAULUKKO 1. Muuntajan mA- ja kV-mittaukset



KAAVIO 1. Muuntajalle ajetut U/I-käyrät

4.1.2 Apulaitteiden käyttöönotto

Eristin- ja suppilolämmittimistä mitattiin lämmitysten vaihevirrät. Nimellisvirtaan nähden mittaukset osoittivat eristin- ja suppilolämmittimien vastusten olevan kunnossa. Eristinlämmittimen vastuksen lämpeneminen myös todettiin käsin kokeilemalla.

Levyravistimen pyörintäsuunta tarkastettiin, ja ravistusmoottorin vaihevirta mitattiin. Levyravistimen ravistussekvenssiksi asetettiin 12 minuutin tauko ja 62 sekunnin ravistus. Lankaravistimesta tarkastettiin paineilmatäryn toiminta. Paineilman paine oli 6 baaria. Ravistussekvenssiksi lankaravistimelle asetettiin 8 minuutin tauko ja 5 sekunnin ravistus. Levy- ja lankaravistimien todettiin toimivan oikein.

Sulkusyöttimestä ja ruuvikuljettimesta tarkastettiin pyörintäsuunnat, ja moottorien vaihevirrät mitattiin. Moottorien havaittiin toimivan oikein. Myös pyörintävahtien signaalit automaatioon olivat kunnossa.

4.1.3 Automaatioliityntöjen testaus

Kaikkien laitteiden automaatioliitynnät tarkastettiin ja testattiin. Laitteiden ohjauksien toimivuus automaatiojärjestelmästä päälle ja pois testattiin. Muuntajan hälytyksien ja käyntitiedon toimivuus tarkistettiin. Muuntajaa ei ollut vielä kytketty Modbus-väylällä automaatiojärjestelmään, joten väylää ei voitu testata. Apulaitteiden hälytys, käyntitieto ja käynnistysvalmius tarkastettiin.

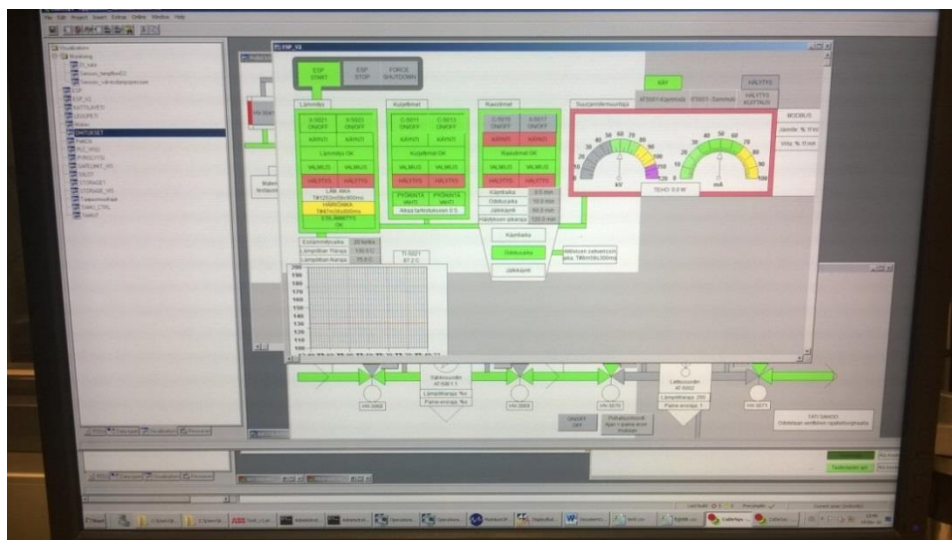
4.2 Sähkösuodattimen testiajot

Tutkimuskeskuksessa suoritettiin 14.12.2016 testiajot arinakattilalle ja sähkösuodattimelle. Polttoaineena kattilassa käytettiin pellettiä. Testiajot aloitettiin kattilan syyttämällä, ja testit kestivät 3,5 tuntia.

4.2.1 Sähkösuodattimen käynnistys

Suodattimen eristin- ja suppilolämmittimen vastukset oli laitettu päälle automaatiojärjestelmästä jo testiajoja edeltävänä päivänä. Vastusten täytyy olla päällä vähintään 24 tuntia ennen suodattimen käynnistystä. (ECP Group. ECP-42014003-900 Toimintakuvaus.) Apulaitekeskuksen kaikkien kytkinten oli oltava A (auto) -asennossa, kun suodatinta ohjattiin automaatiojärjestelmästä.

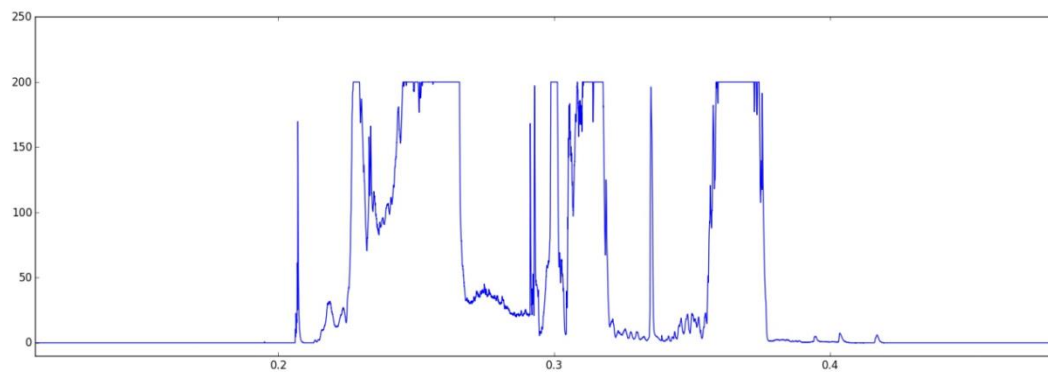
Seuraavassa vaiheessa käynnistettiin sulkusyötin ja ruuvikuljetin. Sulkusyötin ja ruuvikuljetin pyörintävahdeilta tuli käyntitieto valvomoon. Seuraavaksi käynnistettiin korkeataajuusmuuntaja, ja muuntajan käyntitieto tarkastettiin. Levy- ja lankaravistin käynnistettiin samaan aikaan muuntajan kanssa. Tämän lisäksi oli valvottava, ettei muuntajalta tule yleishälytystä.



KUVA 7. Sähkösuodattimen käyttöliittymä valvomossa

4.2.2 Testiajojen tulokset

Savukaasut ohjattiin sähkösuodattimen läpi, ja suoritettiin hiukkasmittaus. Mittauksen arvot vaihtelivat niin paljon, ettei suodattimen toiminnasta saatu selkeää kuvaa. Letkusuodattimen paineilmapuhdistuspuulssin huomattiin häiritsevän hiukkasmittausta. Kaaviossa 2 graafinen kuvaaja esittää savukaasujen hiukkasmittausta. Savukaasut ohjataan kohdassa ~ 0.27 sähkösuodattimen läpi. Tämän seurauksena hiukkaset putoavat $25\text{--}40\text{ mg/m}^3$ tasolle. Testiajojen jälkeen voitiin todeta, että sähkösuodatin vaatii vielä tarkempaa testausta.



KAAVIO 2. Savukaasujen hiukkasmittaus

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli saada Savonia-ammattikorkeakoulun energiatutkimuskeskuksen sähkösuodatin toimintakuntoon ja kytkeä suodatin automaatiojärjestelmään. Tämä tavoite täyttyi, sillä kaikki suodattimen laitteet saatiin kaapeloitua ja asennettua paikoilleen. Suodattimen valvonta ja ohjaus automaatiojärjestelmästä saatiin testattua ja toimivaksi.

Suodattimen laitteiden kaapelointien ja asennuksien toteuttaminen oli pääosin helppoa, sillä suunnitellut töiden tekemiseksi olivat valmiina. Kaapeleiden asentamisessa käytettiin apuna periaatekaaviota, kaapeliluetteloa ja piirikaavioita. Joidenkin töiden tekemiseen tarvittiin lisäohjeita ECP Groupilta, kuten lämpötila-anturin sijoittamisesta eristinlämmittimeen.

Työ vaati myös itsenäistä suunnittelua. Muuntajan ja levyravistimen suojaputkituksien toteutusta täytyi miettiä. Haastavimpia vaiheita opinnäytetyössä olivat keinokuorman jalustan, eristinlämmittimen ja muuntajan muutostöiden suunnittelu ja toteutus. Haastavaa oli myös lankaravistimen magneettiventtiilin kaapelin asentaminen vaikeiden asennusteknisten olosuhteiden vuoksi.

Suodattimen käyttöönotto suoritettiin ilman ongelmia. Kaikki laitteet toimivat testeissä normaalisti. Ainoastaan muuntajan Modbus-väylää ei ollut vielä asennettu ja kytketty, minkä vuoksi muuntajan mA- ja kV-arvoja ei saatu automaatiojärjestelmään.

Testiajoissa tehty hiukkasmittaus ei antanut selkeää kuvaa sähkösuodattimen toiminnasta. Savukaasujen ohjaaminen suodattimen läpi pudotti hiukkasten määrää, mutta mittauksessa esiintyi häiriöitä. Suodattimen toimivuuden todettiin tarvitsevan lisää testausta.

LÄHTEET

Savonia-ammattikorkeakoulu. Energiatutkimuskeskuksen esite (2014). [Viitattu 2017-11-27]
Saatavissa:

http://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/tki_ja_palvelut/SAVONIA_energiatutkimuskeskuksen_esite_A5_2014_web.pdf

PÄIVIÖ, Pekka, ECP Group. Sähkösuodattimien tyypillisimmät viat ja vauriot. [Viitattu 2017-11-27]
Saatavissa:

<https://ecpgroup.eu/wp-content/uploads/2017/11/artikkeli.pdf>

ECP Group. ECP-42014003-900 Toimintakuvaus. [Viitattu 2017-12-2]

ECP Group. Savonia, ESP Käyttöönottoraportti. [Viitattu 2017-11-30]

LIITE 2: KAAPELILUETTELO SÄHKÖSUODATIN

SÄHKÖSUODATIN AT5001
KAAPELILUETTELO

DOKUMENTTI NO.: ECP-42014003-903

ASIAKAS: SAVONIA AMK

PVM: 31.2015

PAIKKAKUNTA: VARKAUS

TEHNTY: ECP / JV/

ENERGIATUTKIMUSKESKUS

HYVÄKSYNTY:

REV.	PVM.	TEHNTY
A	29.11.2015	ECP / JV

TUUNNUS	KAAPELI	TYYPPI	MISTÄ	MINNE	ARV/PITUUS	TIEDOT			HUOMIOITAVAA	REV
						MIT/PITUUS	REITTI			
AT5001.1W1		MCMK 3x2,5/2,5	Pääsuksu	AT-5001.1					Muuntajan syöttö	
AT5001.1W2		JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5	AT-5001.1	X-5019					NWL-väjä (ohjainparelli)	
AT5001.1W3		JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5	ESP I/O sarjatele	AT-5001.1					Modbus-väjä	A
AT5001.1W8		MNO 7 x 1,5	X-5019	AT-5001.1					Start / Stop / Hälyytys	A
AT5001.1W7		KJAAW 2x(2+1)x0,5	ESP I/O sarjatele	AT-5001.1					Hälytyk / Käy-tieto	A
AT5001.1W4		MK 500U keuli	suodatimen runko	AT-5001.1					Maadoitus	
AT5001.1W5		MK 500U keuli	päänaadoituskeskus	AT-5001.1					Maadoitus	
AT5001.1W6		MK 500U keuli	suodatimen runko	suodatinsuojusvetko					Maadoitus	
X5021.W1		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5021-Q10					Erstärkennitys syöttö	
X5021.W2		MCMK 3x1,5/1,5	X-5021-Q1	X-5021-Q10						
X5021.W3		MCMK 3x1,5/1,5	X-5021.1F4	X-5021.1F4						
X5021.W4		MCMK 2x1,5/1,5	X-5021.R1	X-5021.R2						
T5021.W1		JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5	DCS	T1-5021						
X5021.W10		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	X-5021-Q10					PT100 lämpömittaus	
X5023.W1		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5023-Q10					Turvaajän asennotele	
X5023.W2		MCMK 3x1,5/1,5	X-5023-Q1	X-5023-Q10					Pohjasuojelaimennys syöttö	
X5023.W3		SHE 3x1,5	X-5023-Q1	X-5023-Q10						
X5023.W4		SHE 3x1,5	X-5023-Q1	X-5023-Q10					Lämmittelevä kaapeli 180°C	
X5023.W5		SHE 3x1,5	X-5023-Q1	X-5023-Q10					Lämmittelevä kaapeli 180°C	
X5023.W6		SHE 3x1,5	X-5023-Q1	X-5023-Q10					Lämmittelevä kaapeli 180°C	
X5023.W10		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	X-5021-Q10					Turvaajän asennotele	
V5017.W1		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	V-5017					Lamparavainin syöttö	
X5016.W1		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5015-Q10					Levyraavinin syöttö	
X5016.W2		MCMK 3x1,5/1,5	X-5015-Q1	X-5015					Turvaajän asennotele	
X5013.W10		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	X-5015-Q10					Turvaajän asennotele	
X5013.W2		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5013-Q10					Sulkyajän syöttö	
X5013.W10		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	X-5013-Q10					Turvaajän asennotele	
SS5013.W11		JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5	X-5019	SS-5013					Pyginnäjähti	
X5011.W1		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5011-Q10					Ruuvijän syöttö	
X5011.W2		MCMK 3x1,5/1,5	X-5019	X-5011					Turvaajän asennotele	
X5011.W10		MCMK 2x1,5/1,5	X-5019	X-5011-Q10					Pyginnäjähti	
SS5011.W11		JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5	X-5019	SS-5011					Apulähtösuksen syöttö	A
X5019.W1		MCMK 4x0,6	Pääsuksu	X-5019					Signaalirunkokaapeli 1	A
ESP.W1		JAMAK 28x(2+1)x0,5+0,5	ESP I/O sarjatele	X-5019					Signaalirunkokaapeli 2	A
ESP.W2		JAMAK 28x(2+1)x0,5+0,5	ESP I/O sarjatele	X-5019						A

