

Samuli Holma

**MUUNTAMOAUTOMAATION HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISU-
DET OULUN SEUDUN SÄHKÖSSÄ**

MUUNTAMOAUTOMAATION HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISU- DET OULUN SEUDUN SÄHKÖSSÄ

Samuli Holma
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Samuli Holma

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Muuntamoautomaation
hyödyntämismahdollisuudet Oulun Seudun Sähkössä

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Utilization possibilities of secondary substation
automation in Oulun Seudun Sähkö

Työn ohjaajat: Heikki Kurki (OAMK), Risto Pirinen (OSS)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 34

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli ottaa selvää markkinoilla olevista muunta-
moautomaatiotratkaisuista ja niiden soveltuvuudesta Oulun Seudun Sähkön
käyttöön. Lisäksi työssä selvitettiin myös muita muuntamoautomaation hankin-
taan ja käyttöön liittyviä asioita.

Työssä tutkittiin eri laitetoimittajien muuntamoautomaatiotratkaisuiden ominai-
suuksia laitetoimittajilta saaduista materiaaleista ja verkkosivustoilta. Hintatie-
toja kysyttiin laitetoimittajilta erillisellä kyselylomakkeella. Lisäksi tietoa hankittiin
muihin verkkoyhtiöihin tehdyillä kyselyillä. Työssä käsiteltiin myös mm. muunta-
moautomaatiolaitteiden sijoittelua ja eri tiedonsiirtovaihtoehtoja.

Opinnäytetyössä saatiin hankittua tietoa muuntamoautomaatiolaitteiden hin-
noista ja ominaisuuksista sekä tiedonsiirtotratkaisuista. Opinnäytetyössä hankit-
tuja tietoja voidaan käyttää myöhemmissä Oulun Seudun Sähkön muuntamoau-
tomaatioon liittyvissä valinnoissa.

Asiasanat: muuntamo, automaatio, sähkö, mittaus, valvonta, ohjaus

ALKULAUSE

Haluan kiittää Oulun Seudun Sähköä mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta. Erityiskiitokset käyttöpäällikkö Risto Piriselle tuesta ja opastuksesta. Kiitos myös Heikki Kurjelle opinnäytetyön ohjauksesta.

Oulussa huhtikuussa 2019

Samuli Holma

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 JAKELUVERKKO	8
2.1 Verkostorakenteet	8
2.2 Erotin	8
2.3 Katkaisija	9
2.4 Jakelumuuntamo	9
3 JAKELUVERKON VIKATILANTEITA	10
3.1 Oikosulku	10
3.2 Maasulku	11
3.3 Keskijänniteverkon suojaus	12
4 TOIMITUSVARMUUSVAATIMUKSET	14
4.1 Sähkömarkkinalain vaatimukset	14
4.2 Toimitusvarmuusvaatimuksien toteuttaminen	14
5 KESKEYTYKSESTÄ AIHEUTUVA HAITTA	15
6 MUUNTAMOAUTOMAATION HYÖDYNTÄMINEN	16
6.1 Käytönhallintajärjestelmä	16
6.2 Ohjaustoiminnot	17
6.3 Vikaindikointi	17
6.4 Mittaustoiminnot ja valvonta	17
6.5 Tiedonsiirtoprotokollat	18
7 MUUNTAMOAUTOMAATIOLAITTEITA	19
7.1 ABB	19
7.2 Netcontrol	20
7.3 Shneider	21
7.4 P2 Engineering	22
7.5 Energineering	22
8 MUUNTAMOAUTOMAATIO OULUN SEUDUN SÄHKÖN KÄYTTÖÖN	23
8.1 Muuntamoautomaatiokysely	23
8.2 Olemassa olevat kaukokäyttökohteet	24
8.3 Aidon	26
8.4 Muuntamoautomaation sijoittelu	26

8.5 Tiedonsiirtoratkaisut	27
8.6 Laitteiden asennus	28
8.7 Kustannukset	29
9 TULOKSET	30
10 LOPPUSANAT	31
LÄHTEET	
LIITTEET	
Liite 1 Muuntamoautomaatiokysely	

1 JOHDANTO

Sähkömarkkinalain toimitusvarmuusvaatimusten kiristyttyä jakeluverkkoyhtiöiden on pitänyt tehdä investointeja toimitusvarmuuden parantamiseksi. Tekniikan kehittyessä verkkoyhtiöt voivat ottaa käyttöön myös uusia tapoja, joilla verkon käyttöä voidaan tehostaa ja keskeytysaikoja lyhentää. Muuntamoautomaatiolaitteiden lisääminen muuntamoille on yksi keino parantaa toimitusvarmuutta ja tehostaa verkon käyttöä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on ottaa selvää markkinoilla olevista muuntamoautomaatoratkaisuista, niiden ominaisuuksista ja soveltuvuudesta Oulun Seudun Sähkön käyttöön. Tarpeet, joihin muuntamoautomaation pitäisi vastata, ovat sähkön toimitusvarmuuden parantaminen, asiakkaiden kokeman keskeytysajan lyhentäminen ja verkon käytön tehostaminen vikatilanteissa. Lisäksi muuntamoautomaation avulla voidaan tehdä muuntamon ja sähköverkon valvontaan liittyviä mittauksia.

Oulun Seudun Sähkö on sähkön myyntiä ja jakelua sekä kaukolämpötoimintaa harjoittava osuuskunta. Keskusosuuskunta Oulun Seudun Sähkö on emo-yritys, joka vastaa sähkön tuotannosta ja myynnistä, kaukolämpötoiminnasta ja konsernin palveluista. Tytäryhtiöitä ovat Lakeuden Kuitu Oy ja sähkön jakeluun liittyvästä liiketoiminnasta vastaava Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy. (1.)

2 JAKELUVERKKO

2.1 Verkostorakenteet

Jakelujohdot ovat rakenteeltaan joko pylväiden varassa kulkevaa ilmajohtoverkkoa tai maan alle kaivettua kaapeliverkkoa. Kaapeloidussa keskijänniteverkossa vikoja on vähemmän kuin ilmajohdoilla toteutetussa, koska se kestää paremmin sään vaikutuksia. Kaapeliverkossa kuitenkin vikapaikan löytäminen on haastavampaa ja vian korjauksessa kestää keskimäärin kauemmin. Kaapeliverkon rakentaminen on myös kalliimpaa kuin ilmajohtoverkon. (2, s. 304–306.)

Sähköverkon rakentamisessa on kolme perustyyppiä, jotka ovat säteittäinen verkko, rengasverkko ja silmukoitu verkko. Säteittäisessä verkossa on selkeä rakenne ja se on helppo suojata. Siinä ei ole varasyöttömahdollisuutta ja siksi sen huollosta aiheutuu käyttökeskeytyksiä. Rengasverkossa ja silmukoidussa verkossa on paremmat varasyöttömahdollisuudet mutta ne ovat rakenteeltaan monimutkaisempia ja niissä on suuremmat oikosulkuvirrat. Rengasverkkorakennetta ja silmukoitua verkkorakennetta käytetään yleisesti yli 110 kV:n siirtoverkoissa. Keskijänniteverkko rakennetaan Suomessa yleensä rengasverkoksi mutta sitä käytetään säteittäisenä jakorajojen avulla. (3.)

2.2 Erotin

Erottimien tehtävänä on muodostaa luotettava avausväli, jolloin saadaan muodostettua jännitteetön alue turvallista työskentelyä varten. Ne on myös voitava lukita sekä kiinni- että auki-asentoon. Tavallista erotinta ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin sulkemiseen tai avaamiseen, eikä niiltä siksi vaadita virrankatkaisukykyä. (2, s.190.)

Kuormaerotin on erotin, jonka tehtävänä, luotettavan avausvälin tekemisen lisäksi on kuormitusvirran katkaisu. Kuormaerotin on siis eräänlainen erottimen ja katkaisijan välimuoto. (2, s. 190.)

2.3 Katkaisija

Katkaisijat ovat virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen tarkoitettuja kytkinlaitteita. Niiden on pystyttävä katkaisemaan suurimmat mahdolliset verkossa esiintyvät virrat. Katkaisijat voivat toimia manuaalisesti ohjattuina tai automaattisesti esimerkiksi ylivirtareleen ohjaamina. Katkaisija pystyy avaamaan ja sulkemaan myös oikosulkupiirin, jolloin virta on moninkertainen mitoitusvirtaan verrattuna. (2, s.162.)

Katkaisijat voidaan jakaa ryhmiin sen perusteella, mitä väliainetta niiden katkaisukammiossa käytetään. Vanhimmat käytössä olevat katkaisijat ovat tyypiltään ilmakatkaisijoita. Niissä katkaisukärjet ovat normaalipaineessa ilmassa. Öljykatkaisimissa valokaari sammutetaan mineraaliöljyllä. Vähäöljykatkaisimessa valokaaren sammutus perustuu öljyn höyrystyessä syntyvään paineeseen ja siitä johutuvaan kaasun ja öljyn virtaukseen. Paineilmakatkaisijoissa käytetään paineilmaa valokaaren sammuttamiseen ja katkaisijan ohjaamiseen. SF-6-katkaisijoissa väliaine on palamatonta SF-6-kaasua. Tyhjiökatkaisijassa koskettimet on sijoitettu kammioon, jonka sisällä on tyhjiö. (2, s.168–182.)

2.4 Jakelumuuntamo

Jakelumuuntamolla keskijänniteverkon jännite, joka on yleensä 20 kV, muutetaan pienjänniteverkon 0,4 kV:n jännitteeksi. Ilmajohtoverkoissa muuntamona käytetään yleensä pylväsmuuntamoa ja kaapeliverkossa puistomuuntamoa.

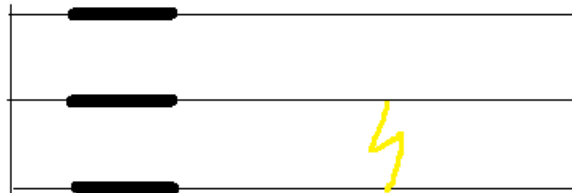
Jakelumuuntamon pääosat ovat keskijännitekojeisto, jakelumuuntaja ja pienjännitekojeisto (10). Keskijännitekojeistot ovat yleensä ilmaeristeisiä tai SF6-eristeisiä. SF6-eristeisen kojeiston etu ilmaeristeiseen verrattuna on usein pienempi tilan käyttö. (2, s. 120.)

3 JAKELUVERKON VIKATILANTEITA

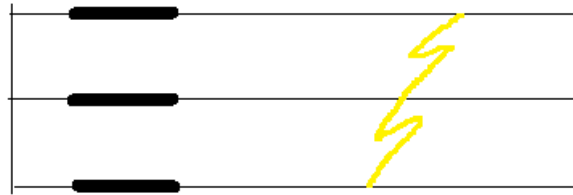
Täysin keskeytyksetöntä sähkönjakelua on mahdotonta toteuttaa. Sähkökatkon aiheuttaja on yleensä tekninen vika tai sään aiheuttama häiriötilanne, kuten puun kaatuminen linjalle. Joskus vian aiheuttaa myös ihmisen toiminta, kuten kaapelin katkeaminen kaivuutöiden yhteydessä. Suurin osa asiakkaalle keskeytyksen aiheuttavista vioista tapahtuu keskijänniteverkossa ja avojohdoilla, joten jakeluverkon kaapelointi on hyvä tapa parantaa sähkön toimitusvarmuutta. (4.)

3.1 Oikosulku

Oikosulku on vikatilanne, joka aiheuttaa suuren vikavirran ja on siksi haitallinen. Siinä vaiheet yhdistyvät johtavasti, jolloin virta kasvaa suureksi. Oikosulun aiheuttaja voi olla esimerkiksi salaman isku tai kaapelin eristeen rikkoutuminen kaivuutöiden yhteydessä. Oikosulkuvirran suuruus riippuu vikapaikan etäisyydestä sähköasemaan, koska johtojen ja muuntajien impedanssit rajoittavat oikosulkuvirtaa. Oikosulku voi olla kaksivaiheinen (kuva 1) tai kolmivaiheinen (kuva 2). (5, s.13.)



KUVA 1. Kaksivaiheinen oikosulku



KUVA 2. Kolmivaiheinen oikosulku

3.2 Maasulku

Kaapeloidussa keskijänniteverkossa yleisin, mutta myös yksi ilmajohtoverkossa esiintyvistä vikatilanteista on maasulku. Maasulussa vaihejohdin joutuu johtavaan yhteyteen maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan esineen kanssa. Maasulku aiheuttaa vikapaikan ympärille askeljännitteen, joka on hengenvaarallinen. Maasulkuvirran suuruus riippuu vikaresistanssista ja siitä, onko verkko maasta erotettu vai ns. sammutettu verkko, jolloin tähtipiste on maadoitettu virtaa rajoittavan kuristimen kautta. Lisäksi maasulkuvirran suuruutta rajoittavat johtimien ja muuntajien impedanssit. (5, s. 14.)

Koska maasulussa vikavirran ainoa kulkureitti on maakapasitanssin kautta, vikavirta on hyvin pieni. Jos vikapaikassa ei ole resistanssia, voidaan maasulkuvirran suuruus laskea kaavalla 1. (6, s. 6.)

$$I_{mf} = U_v \times 3\omega C_0$$

I_{mf} = maasulkuvirta

KAAVA 1

U_v = vaihejännite

ω = kulmataajuus

C_0 = maakapasitanssi/vaihe

Jos maasulussa on mukana vikaresistanssia, vikavirran suuruus on vielä pienempi ja vikaa voi olla vaikea havaita. Jos vikapaikassa on vikaresistanssia, maasulkuvirran suuruus lasketaan kaavalla 2. (5 s. 6.)

$$I_{mf} = \frac{3\omega C_0}{\sqrt{1 + (3\omega C_0 R_f)^2}} U_v$$

I_{mf} = maasulkuvirta

KAAVA 2

U_v = vaihejännite

ω = kulmataajuus

C_0 = maakapasitanssi/vaihe

R_f = vikaresistanssi

Myös jännitteet muuttuvat maasulun seurauksena. Viallisen vaiheen jännite pienenee ja terveissä vaiheissa jännite nousee. Myös tähtipisteessä nousee jännite, jonka suuruus riippuu vikavastuksen suuruudesta. Mitä pienempi vikavastus on, sitä suurempi on nollajännite. Jos vikaresistanssin suuruus on 0Ω , viallisen vaiheen jännite laskee nolnaan, tähtipisteen jännite nousee vaihejännitteen suuruiseksi ja terveissä vaiheissa pääjännitteen suuruiseksi. (6, s.8–9.)

Maasulku voi olla myös katkeileva, jolloin vikavirta syttyy ja sammuu toistuvasti. Tällainen vika voi olla vaikeaa havaita perinteisellä suojauksella, koska virran taajuus ja toisto väli vaihtelevat. (7, s. 29.)

3.3 Keskijänniteverkon suojaus

Sähköverkkoon tullut vika voi vaarantaa henkilöturvallisuutta tai rikkoa verkon komponentteja. Siksi vikaantunut verkon osa on pystyttävä erottamaan terveestä verkosta mahdollisimman nopeasti. Keskijänniteverkon suojaus toteutetaan yleensä sähköasemalle sijoitetuilla suojaroleilla, jotka tarkkailevat verkon tilaa niihin määriteltyjen asettelu-arvojen perusteella. Kun verkko vikaantuu, asetteluarvot ylittyvät ja rele ohjaa katkaisijalle laukaisusignaalin tai antaa hälytyksen. (8, s. 6.)

Relesuojauksessa on tärkeää, että sen toiminta on selektiivistä, luotettavaa ja riittävän nopeaa. Sen myös pitää kattaa koko suojattava järjestelmä. Vanhimmat suojareleet ovat toiminnaltaan sähkömekaanisia tai staattisia releitä. Nykyaikaiset mikroprosessoritekniikalla toteutetut releet hyödyntävät digitaalista signaalinkäsittelyä suojaustoiminnoissaan ja niihin voidaan myös yhdistää erilaisia mitaus- ja ohjaustoimintoja. (8, s. 6.)

4 TOIMITUSVARMUUSVAATIMUKSET

4.1 Sähkömarkkinalain vaatimukset

Vuonna 2013 tehtiin sähkömarkkinalakiin muutoksia, joiden seurauksena sähköverkkoyhtiöiden on parannettava sähkön toimitusvarmuutta. Yksi merkittävä lisäys oli se, että jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saa aiheuttaa yli kuuden tunnin keskeytystä asemakaava-alueella. Myöskään asemakaava-alueen ulkopuolella katkos ei saa kestää yli 36 tuntia. (9.)

Koko jakeluverkkoyhtiön vastuualueella toimitusvarmuusvaatimukset on täytettävä viimeistään 31.12.2028. Sähkömarkkinalakiin on kirjattu myös siirtymäsäännös, jonka mukaan vaatimusten on täytettävä 50 prosentilla asiakkaista viimeistään 31.12.2019 ja 75 prosentilla asiakkaista 31.12.2023 mennessä. Vapaa-ajan asuntoja ei tarvitse laskea mukaan välitavoitteisiin. Jakeluverkkoyhtiöillä on mahdollisuus hakea jatkoaikaa toimitusvarmuusvaatimusten täyttämiseen, mutta siihen tarvitaan hyvät perustelut. (9.)

4.2 Toimitusvarmuusvaatimuksien toteuttaminen

Sähkömarkkinalaki velvoittaa jakeluverkkoyhtiöitä laatimaan jakeluverkolle kehittämissuunnitelman, joka on toimitettava energiavirastolle. Kehittämissuunnitelmaan kirjataan kahden vuoden jaksoihin jaoteltuina yksityiskohtaiset toimenpiteet toimitusvarmuusvaatimusten toteuttamiseksi. (9.)

Mahdollisuuksia toimitusvarmuuden parantamiseen jakeluverkossa voivat olla esimerkiksi maakaapelointi, silmukoitu verkko sekä "puuvarmat" ilmajohtoreitit. Yksi tapa toimitusvarmuuden parantamiseen on muuntamoautomaation lisääminen. (10. s. 26–27.)

5 KESKEYTYKSESTÄ AIHEUTUVA HAITTA

Sähkön käytön luonne on muuttunut paljon viimeisen kymmenen vuoden aikana. Elektroniikka ja tietotekniikka on lisääntynyt kovaa vauhtia ja maatalouden luonne on muuttunut lähemmäs teollista toimintaa. Siksi sähkönjakelun luotettavuus ja toimitusvarmuus on muuttunut entistä tärkeämmäksi. (11, s. 5.)

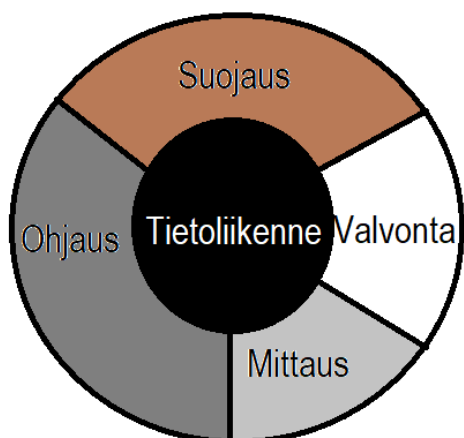
Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuvan haitan suuruuteen vaikuttavat erityisesti keskeytyksen luonne, keskeytysajankohta sekä sähkönkäytön luonne. Jos keskeytyksestä on voitu ilmoittaa ennakkoon, voivat asiakkaat varautua keskeytykseen ja näin aiheutuva haittakin on pienempi. Myös tieto keskeytyksen kestosta voi pienentää keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa. Keskeytysajankohta vaikuttaa keskeytyksestä aiheutuvan haitan suuruuteen luonnollisesti siksi, että asiakkaiden sähkön tarve vaihtelee riippuen vuodenajasta, viikonpäivästä ja vuorokauden ajasta. (11, s.5)

Sähkönkäytön luonne vaikuttaa suuresti keskeytyksen aiheuttamaan haittaan. Suomessa sähkönjakelun asiakkaat jaetaan sähkön käytön mukaan yleensä viiteen ryhmään, joita ovat kotitalous, maatalous, julkinen talous ja teollisuus. Ryhmien sisälläkin sähkönkäyttö voi kuitenkin olla hyvinkin erilaista. Keskeytysten aiheuttamia haittoja voidaan arvioida useilla eri menetelmillä, kuten epäsuorilla analyttisillä menetelmillä, tapaustutkimuksilla ja asiakaskyselyillä. (11, s. 6–7.)

6 MUUNTAMOAUTOMAATION HYÖDYNTÄMINEN

Muuntamoautomaatio on jakelumuuntamolle sijoitettava automaatiolaitteisto, jota voidaan käyttää jakelumuuntamon ja sitä lähellä olevan sähköverkon monitorointiin, suojaukseen ja ohjaukseen. Sähkönjakeluverkon automaation voidaan ajatella koostuvan viidestä eri osa-alueesta, joita ovat suojaus, ohjaus, mittaus, valvonta sekä tietoliikenne (kuva 3). (12, s.1.)

Tärkeimpiä syitä automaation lisäämiselle jakeluverkkoon on yleensä kustannusten vähentäminen ja verkon käytettävyyden parantaminen. Automaatiosta on hyötyä niin vikatilanteissa kuin normaalissa verkon käytössä ja huoltotöissä. (13, s. 1.)



KUVA 3. Muuntamoautomaation osa-alueet (12)

6.1 Käytönhallintajärjestelmä

Käytönhallintajärjestelmä on tarkoitettu sähköverkon keskitettyyn valvontaan ja ohjaukseen. Esimerkiksi muuntamoautomaatiolaitteilla kerätyt mittaus-, ja tilatiedot tieto lähetetään SCADAan (Supervisory Control and Data Acquisition), josta niitä voi keskitetysti seurata ja käsitellä. Perustoimintoja ovat lisäksi mm. ohjaustoimintojen välittäminen kuten erottimien ohjaus, hälytysten käsittely, tietojen tallentaminen ja erilaiset laskentatehtävät.

SCADA:ssa on tallennettuna verkon rakenteet sekä mittaus- ja tilatiedot. Käytönhallintajärjestelmä koostuu valvomossa sijaitsevasta keskusasemasta ja ala-asemista sekä niiden välisestä tietoliikenteestä. (8.)

6.2 Ohjaustoiminnot

Muuntamoautomaatiolaitteistojen avulla on mahdollista toteuttaa kytkinlaitteiden kauko- ja paikallisohjausta. Erottimien kaukokäytön avulla viallisen verkon osan erottaminen onnistuu nopeasti ja verkon terveen osan keskeytysaika lyhenee ja keskeytyksestä aiheutuva haitta pienenee.

Erottimien kaukokäytöstä on hyötyä myös verkon korjaustöissä ja ylläpidossa, koska niillä voidaan muuttaa jakelurajoja helposti valvomosta käsin (13, s. 2). Kytkinlaitteiden kaukokäyttöä on ollut jakeluverkossa jo kauan. Myös Oulun Seudun Sähkön jakeluverkossa on ennestään kaukokäyttöisiä erotinasemia ja maastokatkaisijoita.

6.3 Vikaindikointi

Muuntamoautomaatioon on mahdollista lisätä keskijänniteverkon vikoja indikoivia mittareita, joiden toiminta perustuu vikavirtojen havaitsemiseen ja mittaukseen. Vikaindikaattori havaitsee vian kaapeliverkossa ja kertoo vikapaikan suunnan mittauskohdasta, jolloin vian poiskytkentä voidaan tehdä turvallisesti. Useiden valmistajien vikaindikointilaitteet laskevat myös vikareaktanssin, jonka perusteella voidaan arvioida vikapaikan etäisyyttä.

Perinteisten mittaustapojen lisäksi markkinoille on tullut adminttanssiin perustuvia vikaindikointimenetelmiä, jolloin saadaan esille myös sellaiset viat, joita perinteisillä menetelmillä on vaikea havaita. Näitä vikoja ovat esimerkiksi katkeilevat maasulut. (14; 15.)

6.4 Mittaustoiminnot ja valvonta

Muuntamoautomaatiolaitteistoilla on mahdollista saada etäluettua paljon tietoa pien- ja keskijänniteverkosta sekä muuntamon kunnosta. Mahdollisia mittauksia ovat mm. Keski- ja pienjännitepuolen virta- ja jännitemittaukset sekä sähkönlaa-

tumittaukset. Muuntamon valvontaan kuuluvat esimerkiksi muuntajan lämpötilamittaus sekä kulunvalvonta eli ovien tilatiedot. Mittauksia varten muuntamoon on asennettava erilaisia sensoreita ja rajakytkimiä. (15; 16.)

Virta- ja jännitemittauksiin voidaan käyttää mittamuuntajia tai antureita. Jälki-asennettavissa ratkaisuissa mittaukset tehdään yleensä erilaisilla antureilla. Virtamuuntajat ovat muuntajia, jotka muuttavat virta- tai jännitearvon mittausta varten pienemmäksi, mittalaitteelle sopivaksi arvoksi.

Virran mittauksessa käytettäviä antureita ovat mm. Rogowski-kela ja Hall-anturi. Ne ovat johtimen ympärille asetettavia antureita, joista saatua tietoa käsittelemällä saadaan todellinen virran arvo. Jännitemittauksessa käytettäviä antureita ovat esim. resistiiviset jännitteenjakajat ja kapasitiiviset jännitteenjakajat. (17.)

6.5 Tiedonsiirtoprotokollat

Tavallisimpia muuntamoautomaation ala-asemien ja käytönvalvontajärjestelmän välisiä tiedonsiirtoprotokollia ovat IEC 60870-5-101 ja IEC 60870-5-104. Lisäksi muuntamon sisällä ala-aseman ja laitteiden välillä voi olla käytössä muita tiedonsiirtoprotokollia kuten Modbus ja SPA protokolla.

IEC 60870-5-101 on sarjaliikenneprotokolla, joka on suunniteltu valvomon ja ala-aseman väliseen tiedonsiirtoon. Protokolla voi toimia joko balansoimattomassa verkossa, jolloin käytönvalvontajärjestelmä kontrolloi liikennettä, tai balansoidussa verkossa, jolloin ala-asemat voivat itsenäisesti aloittaa tietoliikenteen. (18.)

IEC60870-5-104 on toiminnaltaan melko samanlainen kuin IEC 60870-5-101, mutta se on TCP/IP-protokolla, joten se toimii myös Ethernet-verkossa. Se on myös nopeampi. Lisäksi se mahdollistaa symmetrisen tiedon siirron, jossa laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa tietoa yhtäaikaisesti. (18.)

7 MUUNTAMOAUTOMAATIOLAITTEITA

7.1 ABB

ABB:n muuntamoautomaatiototeutukset jaetaan neljään toiminnalliseen tasoon (kuva 4). Tasoon yksi kuuluvat kj-vikaindikaattorit, tilatiedot ja hälytykset sekä pj-mittaukset. Tasolla kaksi on lisäksi erotinten ohjaustoiminto. (19.)



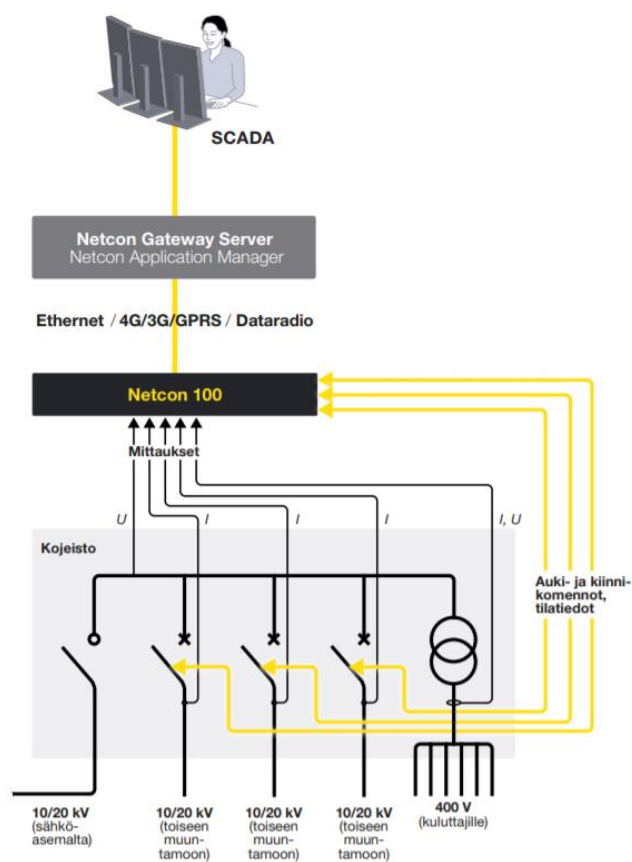
KUVA 4. ABB:n muuntamoautomaation toiminnalliset tasot (20)

Tasoon kolme kuuluu tarkempaa vian paikannusta ja kj-mittauksia. Tason kolme toteutukseen voidaan käyttää ARC 600-ohjauslaitetta, jossa on yhdistettynä kommunikointi-, ohjaus- ja valvontatoiminnot. ARC 600-ohjauslaitteeseen voidaan yhdistää lisä-I/O -yksikköön RIO 600, jolloin saadaan toteutettua lisää toiminnallisuutta ja tehostettua vianpaikannusta. RIO 600 kertoo vian suunnan ja vian tyyppin. (19.)

Tasolla neljä kaukokäyttöyksikkönä toimii suojaus-, ohjaus- ja valvontalaite REC 615, jolla voidaan tehdä erilaisia ohjauksia, valvontaa ja toteuttaa suojaustoimintoja katkaisijoilla. Lisä- I/O-yksikkönä on RIO 600, jolla saadaan myös kerättyä tilatietoja ja toteutettua hälytystoimintoja sekä vianpaikannusta (19.)

7.2 Netcontrol

Netcon 100 on keskijänniteverkon valvontaan ja ohjaukseen sekä pienjänniteverkon valvontaan kehitetty laite (kuva 5). Päämoduuliin kuuluu yhteensä neljä tai kuusi korttipaikkaa, joista kahteen menee aina GW102 pääprosessoriyksikkö ja PS152 virtalähdeyksikkö. Muihin korttipaikkoihin voi sijoittaa tarpeen mukaan erilaisia mittaus-, ohjaus- ja tietoliikenneyksiköitä. (15.)



KUVA 5. Netcon 100 (15)

FDM112 on keskijänniteverkon valvontaan tarkoitettu kortti. Siinä on 12 analogiatuloa virta- ja jännitesensoreille. Mahdollisia mittauksia ovat virta-, jännite-, teho- ja energiamittaukset. Yksikkö havaitsee viat ja laskee vikareaktanssin. Tiedot vioista tallentuvat häiriötallenteisiin. (15.)

RCM130-kortin avulla voidaan kauko-ohjata neljää erotinta tai katkaisijaa. Siinä on 22 digitaalituloa ja 8 kosketinlähtöä. (15.)

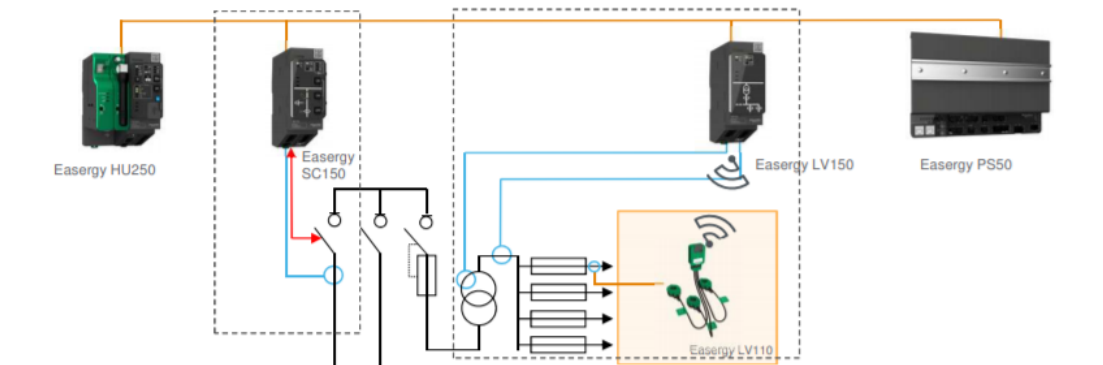
LVM111-kortti on tarkoitettu pienjänniteverkon sähkön laadun mittaukseen ja häiriöiden tallentamiseen. Siihen kuuluu pj-verkon kolmivaiheinen jännite- ja virtamittaus, neljä lämpötilan mittaustuloa ja puhaltimen ohjauslähtö. (15.)

7.3 Schneider

Easergy T300 on Schneiderin modulaarinen muuntamoautomaattioratkaisu (kuva 6). Laite voidaan muokata eri käyttötarpeita vastaavaksi lisäämällä siihen tarvittavia moduuleita. Päämoduuli on Easergy HU250, joka on yhteydessä käyttökeskukseen. Päämoduulilla voidaan lisäksi toteuttaa esim. ovien tilatietojen seuranta ja muuntajan lämpötilan seuranta. Virtalähdemoduulina on Easergy PS50. (16.)

Easergy SC150 huolehtii kaikkien kytkinlaitteiden ohjauksesta ja valvonnasta. Myös virranmittaus, jännitteenmittaus, sähkön laadun mittaus sekä vikaantuneen johtimen havaitseminen tapahtuvat tässä moduulissa.

Easergy LV150 mittaa pienjännitepuolelta jännitettä, virtaa ja tehoa sekä sähkön laatua. (16.)



KUVA 6. Easergy T300 (16)

7.4 P2 Engineering

P2 Engineering Oy toimittaa markkinoille Aapeli Muuntamoautomaatioyksikköä, jossa ohjaus- ja kommunikointiyksikkönä on Wago CPU 750-8202 ohjelmoitava logiikka. Automaatioyksiköllä on mahdollista toteuttaa mm. erottimien ohjausta, katkaisijasovelluksia suojarieheen avulla sekä erilaisia mittaustoimintoja, kuten sähkön laadun mittausta ja muuntajan lämpötilamittaus. (21.)

Aapeliin voidaan lisätä Horstmann Sigma D++ tai Compass B2.0-vikaindikaattori. Vikaindikaattorit tunnistavat verkossa olevan oikosulun tai maasulun. (21.)

7.5 Energineering

EG tuoteperhe on Energineering Oy:n toimittama erotinasemille ja muuntamoille suunniteltu kaukokäytön ala-asemaan perustuva laitteisto. Sillä voidaan valvoa, ennustaa ja hallita jakeluverkossa esiintyviä häiriötilanteita. (22.)

EG tuoteperheen laitteissa on pohjana Beckhoff CX9020 ohjelmoitava logiikka. Myös EG tuoteperhe on muokattavissa tilaajan tarpeiden mukaan. Mahdollisuuksia kaukokäytön lisäksi on mm. muuntamonvalvonta mittauksineen ja vikaindikaattorit. (22.)

8 MUUNTAMOAUTOMAATIO OULUN SEUDUN SÄHKÖN KÄYTTÖÖN

Ennen työn aloittamista listattiin seuraavanlaisia tarpeita, joihin muuntamoautomaation pitäisi vastata:

- toimitusvarmuuden parantaminen (vian rajausta esim. 6h alueen ulkopuolelle)
- keskeytysajan lyhentäminen
- verkon käytön tehostaminen vikatilanteiden hallinnassa (esim. kj- verkon vian indikointi, erottimien ohjaus- ja tilatiedot, mahdolliset katkaisijasovelukset)
- yhteensopivuus eri valmistajien kojeistojen automatisoinnissa
- muuntamoiden kunnonvalvonnan tehostaminen (esim. lämpötila-, sähkön laatu-, virta- ja jännitemittaukset)
- laitteiden täytyy olla yhteensopivia ABB:n Micro SCADA Pro SYS 600 Control System ohjelmiston kanssa.

8.1 Muuntamoautomaatiokysely

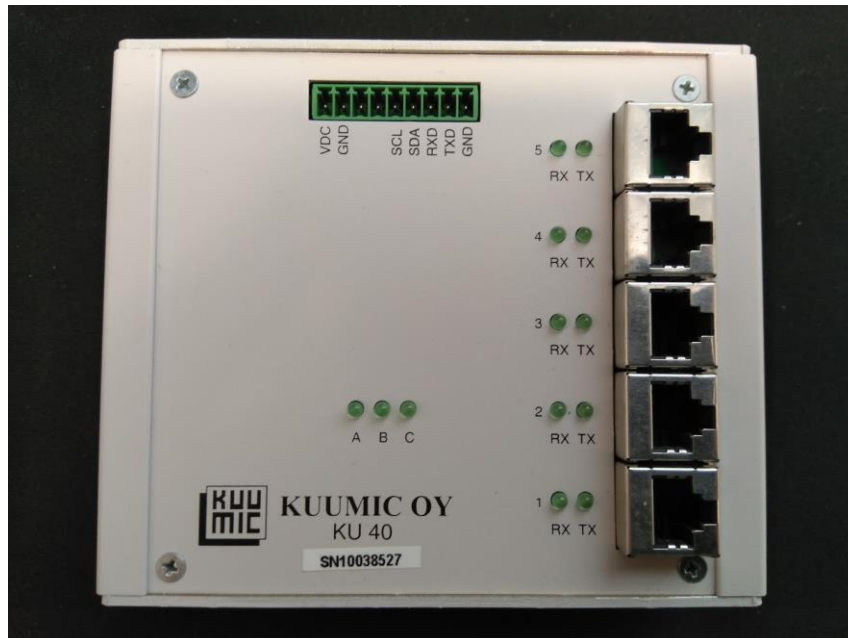
Muuntamoautomaatiosta ja siihen liittyvistä kokemuksista tehtiin Google Forms kysely (liite 1), joka lähetettiin usean verkkoyhtiön edustajille, joista neljä vastasi kyselyyn. Kyselyssä kysyttiin esimerkiksi, minkä laitetoimittajan laitteita on käytetty, millaisia kokemuksia kyseisistä laitteistoista on ollut ja millaisia hyötyjä sillä on saavutettu sekä mikä on tärkeää muuntamoautomaatiolaitteiston valinnassa.

Vika-alueen rajaaminen nopeasti oli yleinen vastaus kohtaan, jossa kysyttiin, mitä hyötyjä muuntamoautomaation avulla on saavutettu. Tärkeinä asioina muuntamoautomaatiolaitteita valittaessa, kyselyn vastaajat pitivät mm. luotettavuutta, käytön selkeyttä, hinnan kohtuullisuutta ja sitä, että toimittajalta saa tarvittaessa varaosia ja käytön tukea.

8.2 Olemassa olevat kaukokäyttökohteet

Oulun Seudun Sähköllä on ennestään erotinten kaukokäyttöä verkon solmukohdissa ja joitakin maastokatkaisijoita, jotka ovat kaukokäyttöisiä. Erotinten kaukokäyttötoiminnot on toteutettu KUUMIC RTU 40 -erotinala-asemilla, joista lähtee ohjaus erottimien moottoriohjaimille. (23.)

Ala-aseman keskusyksikkönä toimii KUUMIC KU40. Se on yleiskäyttöinen CPU, jossa on viisi sarjaporttia ja I/O korttiväylä (kuva 7). KU40 voi toimia myös protokollamuuntimena, jolloin se muuttaa esimerkiksi asematason SPA-protokollan kaukokäyttöyhteydelle sopivaksi IEC-101-protokollaksi. (24.)



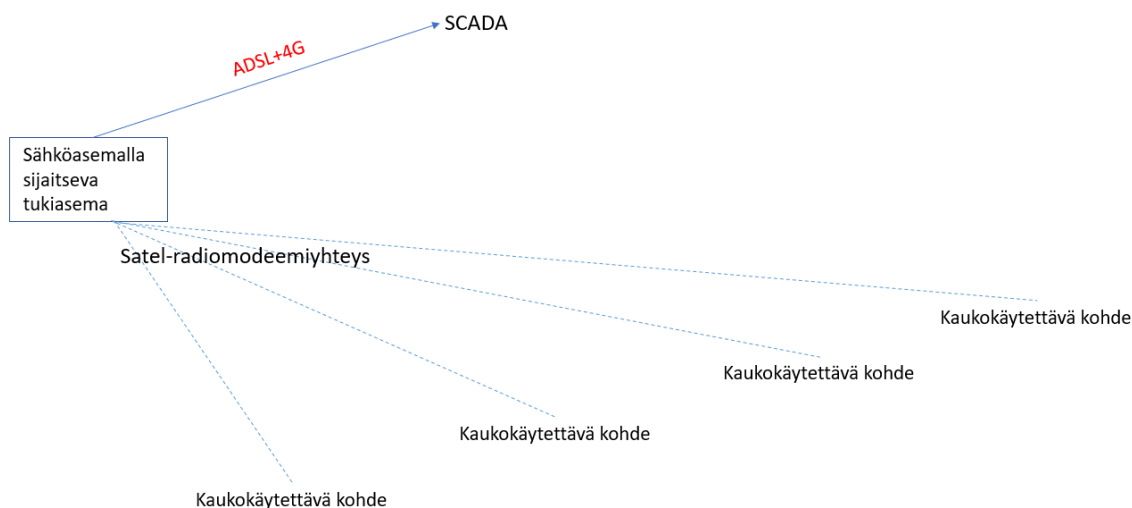
KUVA 7. K40-keskusyksikkö

Nykyisissä kaukokäytettävissä kohteissa tiedonsiirto tapahtuu SATEL-radiomodeemilla (kuva 8). Radiomodeemi viestii UHF-taajuuksilla (330 – 470 MHz) ja käyttää IEC 60870-5-101-tiedonsiirtoprotokollaa.



KUVA 8. SATEL-radiomodeemi

Satel-radiomodeemit sijaitsevat kaukokäytettävissä kohteissa ja ovat sähköasemalla sijaitsevaan tukiasemaan yhteydessä radioaalloilla. Tukiaseman ja SCADA:n välinen tiedonsiirto on toteutettu 4G- tai ADSL-verkolla (kuva 9).



KUVA 9. Periaatekuva nykyisestä tiedonsiirtotavasta

8.3 Aidon

Oulun Seudun Sähköllä on käyttöpaikoilla Aidonin etäluettavia mittareita, jotka mittaavat esimerkiksi sähkön kulutusta. Käyttöpaikoille sijoitettavien mittareiden lisäksi voi muuntamolle sijoittaa Aidon 6550-mittarin, jolla voidaan valvoa pienjännitepuolen sähköverkkoa monipuolisesti (25).

Mittarilla voidaan seurata koko pienjännitepuolen sähkön kulutusta ja sähköverkkoa. Sen avulla voidaan huomata pienjänniteverkossa tai käyttöpaikoilla sijaitsevista mittareissa olevia vikoja tai muita poikkeamia. Mittariin voidaan asentaa myös lisälaitte, jolla saadaan lisää toiminnallisuutta ja voidaan lukea I/O-tietoja muista laitteista. Mittarissa on lisäksi RS485-kanava, johon voidaan liittää muita mittalaitteita kuten vikailmaisimia. (25.)

8.4 Muuntamoautomaation sijoittelu

Muuntamoautomaatiolaitteiden asentaminen muuntamoille on kallista, joten niiden asentaminen kaikille muuntamoille ei liene kannattavaa. Oulun Seudun Sähkön verkon alueelta tarkasteltiin suurimpia asemakaava-alueita muuntamoauto-

maatiolaitteistojen sijoittelua ajatellen. Asemakaava-alueilta valittiin muuntamoita, joille voisi olla järkevää sijoittaa muuntamoautomaatiolaitteistoja. Muuntamot valittiin seuraavilla perusteilla:

- muuntamot, joissa on ennestään kaukokäyttöä
- verkon solmukohdat (muuntamot, joista lähtee useampi haara muille muuntamoille)
- johtohaarat, joissa on yli viisi muuntamoita ketjussa
- paikat, joissa johto jatkaa asemakaava-alueen jälkeen ilmajohtona asemakaava-alueen ulkopuolelle

Ennestään kaukokäytettävät kohteet ovat luonnollisesti paikoissa, jotka ovat verkon solmukohtia tai jotka ovat jostain muusta syystä valikoituneet etäkäytettäviksi kohteiksi. Näihin kohteisiin on järkevää sijoittaa muuntamoautomaatiolaitteita. Vaihtoehtoisesti ennestään kaukokäytettäviin kohteisiin voisi jättää nykyiset KUUMIC-ala-asetat ja lisätä vian ilmaisimia sekä muuntamonvalvontamittauksia.

Asemakaava-alueen reunalla, jossa sähkölinja jatkaa ilmajohtona asemakaava-alueen ulkopuolelle, on järkevää sijoittaa vähintään erotinten kaukokäyttöä. Joissakin tapauksissa voi olla järkevää sijoittaa asemakaava-alueen reunalle kaukokäytettävä katkaisija. Asemakaava-alueen ulkopuolella tuleva vika on pystyttävä rajaamaan pois asemakaava-alueelta, koska asemakaava-alueella on sähkömarkkinalain mukaan tiukemmat vaatimukset sähkökatkosten suhteen.

8.5 Tiedonsiirtoratkaisut

Muuntamoautomaation tiedonsiirtoon on olemassa useita mahdollisuuksia. Mahdollisia tiedonsiirtokeinoja voisivat olla kiinteät langalliset verkot, julkiset langattomat verkot ja yksityiset langattomat verkot. (26.)

Esimerkiksi radiomodeemiverkko on yksityinen, langaton tiedonsiirtoyhteys. Nykyisissä kaukokäyttökohteissa olevia radiomodeemeja voisi käyttää myös uusissa muuntamoautomaatoratkaisuissa. Yksi radiomodeemin hyvistä ominai-

suuksista on, että se toimii luultavasti myös poikkeusoloissa (23.) Lisäksi Radiomodeemien käytöstä on kokemusta jo pitkältä ajalta, joten niiden käyttö on ennestään tuttua.

Mobiilitiedonsiirto on yksi esimerkki julkisesta, langattomasta tiedonsiirtokeinoista. Esimerkiksi ABB:n Arctic-tuoteperhe perustuu mobiiliverkoissa tehtävään tiedonsiirtoon. Vaikka mobiilitiedonsiirto käyttää julkista matkapuhelinverkkoa, voidaan kuitenkin viestiliikenne tehdä täysin yksityiseksi. (26.)

Paras tiedonsiirtoyhteys olisi todennäköisesti valokuituyhteys. Oulun Seudun Sähkön tytäryhtiö Lakeuden Kuitu Oy ja Muhoskuitu Oy rakentavat valokuituverkkoa keskijännitelinjojen maakaapeloinnin yhteydessä, joten valokuituyhteys muuntamoille ja sähköasemille olisi mahdollista toteuttaa samanaikaisesti. Opin näytetyön yhteydessä selvitettiin valokuituyhteyden saatavuutta eräälle alueelle, jolla sijaitsee useita potentiaalisia muuntamoautomaatiokohteita. Selvisi, että valokuituyhteys olisi mahdollista toteuttaa, mutta se ei ole järkevä vaihtoehto, koska sen kustannukset olisivat selvästi kalliimmat verrattuna nykyisen radiomodeemiverkon kustannuksiin. (23).

Jonkinlaisella vuokrausjärjestelyllä tai omaan käyttöön rakennetulla verkolla valokuituyhteys voisi olla toteutettavissa. Muuntamoautomaatiokohteista tehtiin kaavio, jossa oli luonnos kuituyhteyden tarpeista. Kaaviota voidaan käyttää apuna myöhemmässä selvitystyössä.

8.6 Laitteiden asennus

Uusiin puistomuuntamoihin tulevat muuntamoautomaatiolaitteistot olisi hyvä saada asennettua jo muuntamotehtaalla, jotta niiden toiminta voidaan koestaa jo ennen käyttöönottoa. Myös SCADA yhteys olisi hyvä testata jo ennen käyttöönottoa valmistajan toimesta tehtaalla. Laitteistojen koestusmahdollisuutta tiedusteltiin usealta laitetoimittajalta, jotka kaikki kertoivat sen onnistuvan.

Olemassa oleville muuntamoille tulevien laitteiden pitäisi olla helposti jälkiasennettavia. Virran mittauksissa voidaan käyttää mm. Rogowski-kehoja, jotka voidaan pujottaa johdon ympärille helposti jälkiasennusvaiheessa. Jännitteen mittauksessa voidaan käyttää kapasitiivisia jänniteantureita.

Koska nykyisin kaukokäytettävät kohteet ovat toimivia ja melko uusia, yksi vaihtoehto voisi olla vanhojen kaukokäyttöyksiköiden jättäminen paikoilleen ja toiminnallisuuden lisääminen muilla laitteilla (23). KU40-keskusyksikköön on mahdollista liittää erilaisia valvonta- ja hälytystietoja. Lisäksi sen alaisuuteen voi yhdistää muita laitteita esim. SPA- väylän kautta. Esimerkiksi näin voitaisiin lisätä valvontaa jo valmiiksi kaukokäytettäville muuntamoille.

8.7 Kustannukset

Laitteiden hankinnasta johtuvien kustannusten arviointia varten otettiin tarkasteluun eräs asemakaava-alue, jonne on lähitulevaisuudessa tulossa kaapelointitöitä ja siksi myös uusia puistomuuntamoita. Alueelta valittiin muuntamot, joille voisi olla järkevää sijoittaa muuntamoautomaatiolaitteistoja.

Valittujen muuntamoiden pohjalta tehtiin Exceliin täytettävä pohja (liite 2), johon oli tarkoitus kerätä suuntaa antavia hintatietoja muuntamoautomaation eri toiminnallisille tasoille. Excel-pohja lähetettiin muuntamoautomaatiolaitteistojen toimittajille täytettäväksi. Valmistajien hintatiedot ovat salaisia, joten niitä ei käsitellä tässä raportissa. Laitteistojen hintojen lisäksi kustannuksia tulee myös esimerkiksi asennustöistä ja SCADA-töistä

9 TULOKSET

Opinnäytetyössä saatiin esille tietoja, joita voidaan käyttää tulevissa muuntamo-automaatiota koskevissa valinnoissa. Muuntamoautomaatiolaitteet ovat hyvin muokattavissa ja useilla eri laitteilla voidaan saada toteutettua vaaditut toiminnallisuudet. Oulun Seudun Sähkön käyttöön soveltuvia laitteita todettiin olevan useita.

Merkittäviä laitevalintaan vaikuttavia tekijöitä on esimerkiksi laitteiston ja siihen liittyvien oheistuotteiden hinta. Myös se, että laitetoimittaja on helposti tavoitettavissa ja laitteistoon liittyvää tukea on helposti saatavissa, ovat tärkeitä asioita laitetoimittajaa valittaessa.

Opinnäytetyössä kysyttiin kokemuksia erillisellä kyselylomakkeella muista verkkoyhtiöistä. Lisäksi sähköpostilla kysyttiin laitetoimittajien referensseissä mainittujen verkkoyhtiöiden edustajilta kokemuksia kyseisten laitetoimittajien laitteista. Myös tätä kokemusperäistä tietoa voidaan hyödyntää muuntamoautomaatioon liittyvien ratkaisujen tekemisessä.

10 LOPPUSANAT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa selvää markkinoilla olevista muuntamoautomaatoratkaisuista ja niiden soveltuvuudesta Oulun Seudun Sähkön käyttöön. Muuntamoautomaatoratkaisujen tuli vastata työn alussa listattuihin tarpeisiin, joita olivat sähkön toimitusvarmuuden parantaminen, asiakkaiden koeman keskeytysajan lyhentäminen ja verkon käytön tehostaminen vikatilanteissa. Lisäksi muuntamoautomaation oli tarkoitus mahdollistaa muuntamon ja sähköverkon valvontaan liittyviä mittauksia.

Työssä selvitettiin markkinoilla olevia muuntamoautomaatoratkaisuja ja niiden ominaisuuksia, sekä niiden soveltuvuutta Oulun Seudun Sähkön käyttöön. Lisäksi selvitettiin muita muuntamoautomaation käyttöönottoon liittyviä asioita, kuten tiedonsiirtotapoja. Oulun Seudun Sähkön käyttöön soveltuvia käyttökelpoisia muuntamoautomaatoratkaisuja todettiin olevan useita. Opinnäytetyössä saatiin kerättyä tietoa, jota on mahdollista hyödyntää Oulun Seudun Sähkön myöhemmissä muuntamoautomaatioon liittyvissä ratkaisuissa. Aihetta tutkiessa tuli vastaan paljon uusia asioita, joiden opiskeluun ja tutkimiseen meni aikaa, mutta samalla myös opin paljon uutta.

LÄHTEET

1. Oulun Seudun Sähkö. Vuosikertomus 2018. E-julkaisu. Saatavilla: <https://www.oulunseudunsahko.fi/info/e-julkaisut.html> Hakupäivä: 24.4.2019
2. Elovaara, Jarmo – Haarala, Liisa 2011. Sähköverkot 2. Helsinki: Otatieto.
3. ABB:n TTT-käsikirja 2000. Sähköasemat, kojeistot ja muuntamot. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/13_S%84hk%94asemat-kojaistot-muuntamot.pdf Hakupäivä: 15.3.2019
4. Energiateollisuus. Yleistietoa häiriöistä. Saatavissa: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkokatkot Hakupäivä: 25.2.2019
5. ELEC-E8419 Sähkönsiirtojärjestelmät 1. Viat ja häiriöt. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/149452/mod_resource/content/3/Luento_Viat_2015_v05.pdf Hakupäivä 25.2.2019
6. Partanen Jarmo. Sähkönjakelutekniikka maasulkusuojaus. <https://docplayer.fi/11512091-BI20a0500-sahkonjakelutekniikka.html> Hakupäivä 26.2.2019
7. Lågland, Henry 2015. Verkonparannusvaihtoehdot. Saatavissa: http://liipas.uwasa.fi/~kauhanie/Verkonparannusvaihtoehdot_v_1.pdf Hakupäivä: 8.3.2019
8. Korpinen, Leena. Sähköverkon automaatio ja suojaus. Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automatio_ja_suojaus.pdf Hakupäivä: 14.3.2019
9. Sähkömarkkinalaki. L588/9.8.2013. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>. Hakupäivä 16.2.2019
10. Sähkönsiirtohinnot ja toimitusvarmuus. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. Energia 43/2018. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161178/43_18_Sahkonsiirtohinnot_ja_toimitusvarmuus.pdf. Hakupäivä 16.2.2019.

11. Silvast, Antti – Heine, Pirjo – Lehtonen, Matti – Kivikko, Kimmo – Mäkinen, Antti – Järventausta, Pertti 2005. Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/31-sahkonjakelun-keskeytyksista-aiheutuva-haitta> Hakupäivä: 7.3.2019
12. Strauss, Copus 2003. Practical Electrical Network Automation and Communication Systems. Saatavissa: <https://ebookcentral-proquest-com.ezp.oamk.fi:2047/lib/oamk-ebooks/reader.action?docID=288879> hakupäivä: 14.3.2019.
13. ABB:n TTT-käsikirja 2000. Sähkönjakeluverkon automaatio. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf Hakupäivä:19.3.2019
14. Aaltonen, Janne – Wahlroos Ari. Kohti älykkäämpää sähköverkkoa. Saatavissa: <http://www.abb.com/cawp/seitp202/3744b70eacf2ed42c125806f004ef01d.aspx> Hakupäivä: 20.3.2019
15. Netcontrol. Netcon100. Älykäs ratkaisu sähkönjakeluautomaatioon. Esite. Saatavissa: https://www.netcontrol.com/files/1715/1999/3518/M00104-BR-FI-11_Netcon-100-brochure.pdf Hakupäivä: 20.3.2019
16. Moisio, Jari. Easergy T300 Muuntamoautomaatio. Diaesitys
17. ABB:n TTT-käsikirja. Mittaus-, ohjaus- ja suojauslaitteet 2000. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/10_1_Mittaus-%20ohjaus-%20ja%20suojalaitteet.pdf Hakupäivä:27.3.2019
18. Launonen, Antti 2016. Sähköaseman ala-asetat ja niiden konfigurointi. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112819/Launonen_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y Hakupäivä:17.4.2019
19. Holmlund, Jarkko. ABB Suomi 2016. Älykkäämpää vianhallintaa kaapeliverkossa. Webinaaritalenne. Saatavissa:https://www.youtube.com/watch?v=dPs_r7xTYDo&t=542s Hakupäivä:29.3.2019
20. Östergård, Mats 2017. Myyntipäällikkö, ABB Domestic Sales. Verkostoautomaatio, Älyä verkkoon. Diaesitys

21. P2 Engineering Oy. Aapeli muuntamoautomaatio. Esite. Saatavilla: <https://p2engineering.fi/wp-content/uploads/2019/01/P2-Engineering-Oy-Aapeli-140119.pdf> Hakupäivä: 19.3.2019
22. Energineering. It`s all about Control. Esite. Saatavilla: http://energineering.fi/site/images/Energineering_esite_A5_0114_web.pdf Hakupäivä: 29.3.2019
23. Pirinen, Risto 2019. Käyttöpäällikkö, Oulun Seudun Sähkö. Keskustelut opinnäytetyön tekemisen yhteydessä.
24. Kuumic. Extranet. Saatavilla: http://www.kuumic.fi/sirotin_sivut/index.php?tk_polku=49 Hakupäivä: 29.4.2019
25. Pitkänen, Juha 2019. Aidon Oy. Muuntamoille sijoitettavat laitteet. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Samuli Holma. 3.4.2019.
26. Elo, Timo 2018. Myyntipäällikkö, ABB. Sähkönjakelun automaatio mobiiliverkkoja hyödyntäen. Webinaaritallenne. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=QQnTHhUhTfg&list=PL2RGHH0UN-wdZp_MPgs52j9Q6wGqUN5RY&index=24 Hakupäivä: 24.4.2019

Muuntamo-automaatiokysely

1. Vastaajan tiedot (yhtiö, vastaajan nimi, yhteystiedot)

Kirjoita vastaus

2. Onko teillä käytössä muuntamoautomaatoratkaisuja?

kyllä

ei

3. Mitä eri toimintoja/mittauksia muuntamo-automaatiosovelluksissanne on?

Erottimien ohjaus- ja tilatiedot

Katkaisijan ohjaus- ja tilatiedot

KJ verkon vian indikointi

KJ virta ja jännite mittaus

PJ virta ja jännite mittaus

lämpötilan mittaus

sähkön laadun mittaus

Muu

4. Mitä /minkä laitetoimittajan muuntamo-automaattioratkaisuja käytätte?

Kirjoita vastaus

5. Mitä hyötyjä muuntamo-automaatiolla on saavutettu?

Kirjoita vastaus

6. Onko käyttämissänne ratkaisuissa ollut ongelmia, jos on millaisia?

Kirjoita vastaus

7. Kuinka olette integroineet muuntamoautomaation osaksi SCADA ja DMS järjestelmiä?

Kirjoita vastaus

8. Millaisia asioita pidätte tärkeinä muuntamoautomaattioratkaisua valittaessa?

Kirjoita vastaus

