

Niko Seppänen

Käyttökeskuksen järjestelmien käyttö verkon vianselvityksessä ja keskeytyksissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
19.3.2012

Alkulause

Tämä insinöörityö on tehty Helen Sähköverkko Oy:n (HSV) verkkotiedonhallintaryhmälle. Työ keskittyy Helen Sähköverkko Oy:n käyttökeskuksessa käytettäviin tietojärjestelmiin ja niiden käyttöön erilaisissa työtehtävissä. Työn ohjaajana toimi HSV:n verkkotiedon hallintapäällikkö Jari Martikainen ja työn valvojana Metropolia Ammattikorkeakoulun lehtori Sampsa Kupari. Haluan kiittää heitä hyvästä ohjauksesta ja varsinkin työni valvojaa Jari Martikaista asiantuntevasta palautteesta ja aktiivisesta työn ohjauksesta.

Kiitän verkon käyttäjäyksikköä haastatteluista ja varsinkin käyttökeskuksen henkilökuntaa saamistani haastatteluista ja materiaaleista. Lisäksi kiitän muita läheisiäni, jotka tukivat minua työn tekemisessä.

Helsingissä 19.3.2012

Niko Seppänen

Tekijä Otsikko	Niko Seppänen Käyttökeskuksen järjestelmien käyttö verkon vianselvityksessä ja keskeytyksissä
Sivumäärä Aika	39 sivua + 2 liitettä 19.3.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	verkkotiedon hallintapäällikkö Jari Martikainen lehtori Sampsa Kupari
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Helen Sähköverkko Oy:n verkkotiedonhallintaryhmälle. Työssä selvitettiin käyttökeskuksessa nykyisin käytettävät tietojärjestelmät sekä niiden käyttö sähköverkon vianselvityksessä ja suunnitelluissa kytkentä- ja keskeytystilanteissa. Insinöörityössä käytettiin verkon käyttöyksikön omia kokemuksia tietojärjestelmistä, käyttökeskuksen raportteja ja ohjeistuksia sekä pohjustettiin verkon vikatilanteita sähköteknisellä teoriaosuudella.</p> <p>Aluksi selvitettiin käyttökeskuksessa käytettävien tietojärjestelmien perustoiminnot ja käyttö käyttäjän näkökulmasta erilaisissa työtehtävissä. Työssä esiteltiin erilaisten vikalajien muodostumista esimerkkitalanteiden avulla. Sähköjakeluverkon häiriötilanteita pohjustettiin ensin teoriaosuudella, jonka jälkeen selostettiin vianhoito kokonaisuudessaan kullekin vikatyypille yhtä esimerkki tilannetta käyttäen. Esimerkkitalanteiksi valittiin sellaisia tilanteita, jotka kuvasivat parhaimmillaan tietojärjestelmien monipuolista käyttöä sähköjakeluhäiriön aikana.</p> <p>Seuraavaksi kuvattiin työaikaisten sähköverkon kytkentöjen tai -jakelukeskeytysten toteutus työn suunnittelusta aina valmistumiseen saakka. Työn lopuksi esitettiin tehtyjen haastattelujen ja kokemusten perusteella tietojärjestelmien ja toimintatapojen havaittuja puutteita sekä niihin kehitysratkaisuja.</p> <p>Työ antaa kokonaiskuvan käyttökeskuksen tietojärjestelmistä ja niiden käytöstä käyttäjän näkökulmasta käyttökeskuksen työtehtävissä.</p>	
Avainsanat	Helen Sähköverkko Oy, käyttökeskus, tietojärjestelmä, sähköjakeluhäiriö, kytkentäsuunnitelma

Author Title	Niko Seppänen Control Center Systems in Power Grid Trouble-Shooting and Interruptions
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 19 March 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jari Martikainen, Network Management Information Manager Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>This thesis was carried out for the Network Data Management group of Helen Sähköverkko Oy. This thesis describes the use of information systems currently used in the control center and their use in power grid failure reporting and in planned connection and interruption situations. In this thesis, the network control group's own experience of information systems, their own reports and guidelines were used, and the electro-technical theory section explains network fault situations.</p> <p>First, the use of the information systems in the control center is examined in different work tasks from the user's point of view. Different types of fault formation are introduced with the help of example situations. Electrical distribution network disruption situations are explained in the theory part first, and then the fault management is explained as a whole for each fault type with an example situation. As example situations, cases best describing the versatile use of information systems during power failure are used.</p> <p>The following sections describe the implementation of electricity connections or distribution interruptions from work design to execution and until completion. Finally, information systems and shortcomings as well as the development of solutions based on the interviews and experiences are presented.</p> <p>This thesis provides an overall picture of the control center information systems and their usage from the user's point of view in the control center work tasks.</p>	
Keywords	Control Center, information system, power failure, connection plan

SISÄLLYS

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helen Sähköverkko Oy	2
3	Käyttökeskuksen ympäristö ja tietojärjestelmien käyttö sähkönjakeluverkossa	3
3.1	Tietojärjestelmät	3
3.1.1	Käytönvalvontajärjestelmä	4
3.1.2	Xpower-tietojärjestelmä	4
3.1.3	PI-tietojärjestelmä	6
3.1.4	Työnohjausjärjestelmä	6
3.1.5	Rakennuttamisjärjestelmä	7
3.2	Tietojärjestelmien käyttö käyttökeskuksessa	7
4	Sähköverkon vikaprosessi	9
4.1	Vianaiheuttajat	10
4.2	Vikatyyppit	11
4.2.1	Maasulku	14
4.2.2	Oikosulku	17
4.2.3	Pienjänniteverkon viat	18
4.3	Sähkönjakeluverkon käyttövarmuus	19
4.4	Sähköverkon vianhoito	20

4.4.1	Laukaiseva häiriö	20
4.4.2	Hälyttävä häiriö	22
4.4.3	Puhelimitse saapuva vikailmoitus	23
5	Suunniteltu kytkentä tai keskeytys	26
5.1	Keskijänniteverkko	26
5.2	Pienjänniteverkko	28
6	Käyttökeskuksen muut järjestelmät	29
7	Havaitut ongelmakohdat käyttökeskuksen ympäristössä	29
7.1	Käytönvalvontajärjestelmä	30
7.2	Käytöntukijärjestelmä	31
7.3	Muut tietojärjestelmät	31
7.4	Puhelin ja yhteydenpito	31
7.5	Käytön toimintatavat	32
8	Ongelmakohtien kehitys	32
8.1	Käytönvalvontajärjestelmä	32
8.2	Käytöntukijärjestelmä	34
8.3	Muut tietojärjestelmät	35
8.4	Puhelin ja yhteydenpito	35
8.5	Käytön toimintatavat	35
9	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Kyt kentät ilausten käsittely rakentamiskohteissa

Liite 2. Keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kesto aika

Lyhenteet

AMR	<i>Automatic meter reading</i> ; automaattinen mittarinluenta
ATJ	asiakastietojärjestelmä
Helen	Helsingin Energia
HP	<i>HeadPower</i> ; työnohjauksen tietojärjestelmä
HSV	Helen Sähköverkko Oy
kj	keskijännite
KTJ	käytöntukijärjestelmä
KVJ	käytönvalvontajärjestelmä
pj	pienjännite
RKJ	rakennuttamisjärjestelmä
SEU	Suomen Energia-Urakointi Oy
sj	suurjännite
T-SAIDI	<i>System Average Interruption Duration Index</i> ; keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kestoaika (h/asiakas) tietyllä aikavälillä
VTJ	verkkotietojärjestelmä
WebTcc	<i>Web trouble call center</i> ; vikailmoituskeskus

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä kuvataan ja tutkitaan Helen Sähköverkko Oy:n Viikinmäen valvomon käyttökeskuksen tietojärjestelmien toimintoja sekä käyttöä sähköverkon vian selvityksessä ja jakeluverkon keskeytyksissä. Työ tehdään selvityksenä verkkotiedon hallintaryhmälle nykyisten tietojärjestelmien tilanteesta käyttäjän näkökulmasta ja kuvataan lopuksi kokonaistilannetta ja annetaan kehitysideoita. Tavoitteena on vähentää sähköverkon vian selvitykseen kuluva-aikaa ja tehostaa tietojärjestelmien käyttöä.

Käyttökeskus tarvitsee työkaluikseen monia erilaisia tietojärjestelmiä eri käyttötarpeisiin. Järjestelmien välillä on tärkeää olla hyvät rajapinnat ja yhteydet. Yhtenäiset ohjelmistot vähentävät huomattavasti työn eteenpäin viemiseen kuluva-aikaa.

Tavoitteena onkin suorittaa vian kirjaus yhdellä järjestelmällä, josta vian kohdetiedot voidaan hakea automaattisesti eri järjestelmästä vian analysointia ja jälkihoitoa varten. Näin saadaan sähköverkon vian selvitys nopeasti käyntiin, ja viankorjaus voi alkaa mahdollisimman nopeasti aiheuttaen mahdollisimman vähän vahinkoa viivästymisellään.

Käytönvalvonta- ja tukijärjestelmistä voidaan kerätä tietoa sähköverkon kytkennän tai vian tilasta ja käsitellä niitä myöhemmin analyttisemmin mallintamalla tilanne uudelleen. Sähköjakeluautomaation ja erilaisten tilatietojen avulla verkon käyttö nopeutuu huomattavasti. Siten prosessista saadaan kaikki hyöty irti, ja tilanne voidaan arkistoida ja hallinnoida eteenpäin parannuksia varten.

Viankoordinointi on osa käytöntukijärjestelmää, jolla raportoidaan ilmennyt sähköverkon vika ja lähetetään tieto viasta urakoitsijalle käsittelyyn ja korjattavaksi. Tähän on myös liitetty tilausjärjestelmä, jolla urakoitsija tai HSV laskuttaa kohdetta yhden tilausnumeron mukaisesti. Vikaprosessin aikana on monta askelta lopulliseen vian korjaamiseen ja tilanteen palauttamiseen. Hyvät tietojärjestelmät, joita käytetään tehokkaasti ja saumaton yhteistyö käyttökeskuksen ympäristön kanssa tarjoaa hyvän käyttövarmuuden ja nopean vian selvityksen sähköjakeluverkossa.

2 Helen Sähköverkko Oy

Helen Sähköverkko Oy kuuluu Helsingin kaupungin omistamaan Helsingin Energia -konserniin (Helen). Helsingin Energia koostuu seitsemästä pääliiketoiminnosta, viidestä erillisestä liiketoimintayksiköstä ja palvelutoiminnoista. Helen-konserniin kuuluvat lisäksi tytä- ja osakkuusyhtiöt Helen Sähköverkko Oy, Mitox Oy, Suomen Energia-Urakointi Oy (SEU), Vantaan Energia ja Oy ja Mankala Ab. [1.]

Tämä insinööriyksikkö koskettaa verkon käyttö -yksikköä (kuva 1), joka on vastuussa käyttötoiminnasta, relesuojauksesta, sähkön laadun valvonnasta sekä HSV:n tietojärjestelmien ylläpidosta ja kehityksestä.



Kuva 1. Helen Sähköverkko Oy:n organisaatio [2]

Helen Sähköverkko Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta sekä niihin liittyvistä verkopalveluista koko Helsingissä lukuun ottamatta Östersundomin liitosaluetta. Sähkönjakelualue kattaa noin 187 km^2 kokoisen alueen, jota syöttää 21 sähköasemaa. Vuonna 2010 Helen Sähköverkon sähkönjakelualueen kulutus oli 4 592 GWh ja huipputeho 813 MW.

Sähkönjakeluverkon huolto- ja rakennustyöt teetetään pääasiallisesti aliurakoitsijoilla. Siirtoverkon huolto- ja kunnossapitotyöt tehdään Helen-konsernin sisällä tai työt voidaan kilpailuttaa tarvittaessa muilla palveluntarjoajilla.

Helen Sähköverkko Oy:n päätoimipaikka sijaitsee Sörnäistenkadulla ja käyttötoiminnot on sijoitettu Sahamylyntien toimipisteeseen Viikinmäen sähköaseman yhteyteen. HSV:lla on henkilöstöä keskimäärin 108 hlöä, asiakkaita 350 344 ja liittymiä 30 819 kpl.

HSV:lla on pienjännitejohtoja (pj) 4 455 km, joista kaapeleita 96 % ja keskijännitejohtoja (kj) 1563 km, joista kaapeleita 99 %. Jakeluverkkoon on liitetty paikalliset 0,4-20 kV kulutusasiakkaat ja pientuotanto. HSV omistaa 110 kV:n suurjännitejohtoa (sj) 182 km:n verran, johon on liittynyt paikallinen jakeluverkko, paikallinen voimantuotanto ja 110 kV kulutusasiakkaat. [3.]

3 Käyttökeskuksen ympäristö ja tietojärjestelmien käyttö sähkönjakeluverkossa

HSV:n käyttökeskus sijaitsee Viikinmäen valvomossa, jossa työskentelevät käyttökeskuspäällikkö ja vuorossa vastaava käyttömestari. Käyttökeskuksesta tapahtuu kytkennän johto, kaukokäyttö ja valvonta. Tämän lisäksi käyttökeskus vastaa häiriötiedottamisesta, vikakeskustoiminnoista sekä sähköverkon paikalliskäytöstä. Käyttömestari vastaa työvuoronsa aikana Helsingin alueen sähkövoimajärjestelmästä ja sähköasemien valvonnasta, toiminnasta ja kaikista verkon käyttöön liittyvistä käyttötoimenpiteistä. Tehtäviin kuuluu myös häiriöiden selvitysten johtaminen sähköasemilla ja sähkönjakeluverkossa. [4.]

Käyttökeskuksen ympärillä työskentelevät yllämainittujen lisäksi verkkoteknikot, urakoitsijat, käytönsuunnittelu, verkkotiedon hallinta, suojausjärjestelmäyksikkö ja käytön johto. Nämä ryhmät tukevat käyttömestaria työssään ja antavat työpanoksensa omalla osaamisellaan.

3.1 Tietojärjestelmät

Käyttökeskus käyttää työssään jatkuvasti automaattisia tietojenkäsittelyohjelmia sähkönjakeluverkon tietojen käsittelyssä. Tietojärjestelmät ovat graafisia tietokantapohjaisia verkkotietojärjestelmiä, jotka käyttävät usein yhteistä tietokantaa. Osa tietojärjestelmistä on kahdennettuja, jolloin laitteen vikaantuminen ei aiheuta tietojärjestelmän käytön keskeytystä.

3.1.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmän (KVJ) tehtävänä on sähköjakeluverkon reaaliaikainen valvonta ja sähköverkon ohjaus. Valvonnan avulla saadaan ajantasaista tietoa sähköjakeluprosessista ja sähköverkon ohjauksesta on hyötyä etäkäytössä.

Käytönvalvontajärjestelmän päätoimintoja ovat

- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kauko-ohjaukset
- kaukomittaukset
- kaukoasettelut
- raportointi.

[5, s. 235–236.]

3.1.2 Xpower-tietojärjestelmä

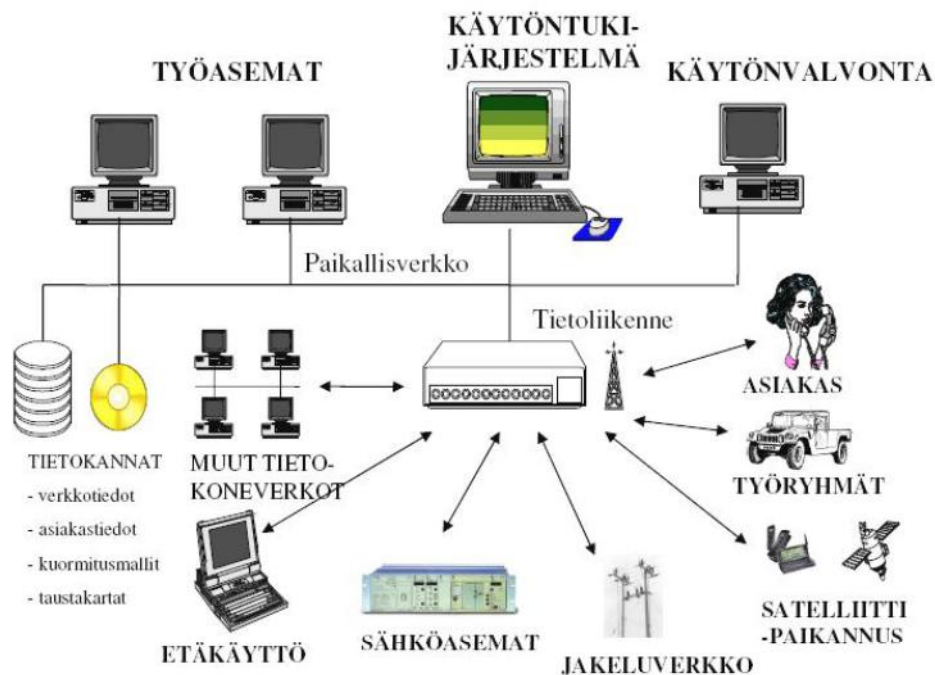
Xpower-verkkotietojärjestelmä (VTJ) koostuu tietokannasta, tietokannan hallintajärjestelmästä ja sovellusohjelmista. Pääkohdat VTJ:ssä ovat ylläpito-, suunnittelu- ja laskentasovellukset. Eri sovelluksilla toteutetaan eri toimintoja, mutta näillä on samankaltainen käyttöliittymä keskenään, ja tietojen siirto toimii järjestelmien sisällä hyvin.

Xpower-sovellusta käytetään verkostosuunnittelun perustyökaluna. Sovelluksessa on monia käyttöominaisuuksia mukaan lukien kytkentä- ja verkkokartat, verkon suunnitellut rakennustyöt ja sillä voidaan luoda yhteenvetoja verkonkomponenttien lukumääristä. Käyttöliittymä sisältää erilaisia kaavioita ja karttapohjia sähköjakeluverkosta sekä tietoa verkonkomponenteista.

Tekla Xpower DMS on käytöntukijärjestelmä (KTJ). Se toimii verkkotietojärjestelmän käyttö- ja laskentasovelluksena. Järjestelmän avulla nähdään sähköverkon reaaliaikainen kytkentätilanne ja verkon jakorajat. DMS:ssä suuressa osassa ovat keskeytysten hallinta ja tilastointi.

HSV:ssa ollaan ottamassa vuoden 2012 aikana käyttöön AMR-tekniikka eli automaattinen mittarinluenta, jolla voidaan muun muassa lukea asiakkaan mittarin energiatietoja ja ohjata mittarin toimintoja. Tekniikan avulla saadaan myös kaikki mittarihälytykset etäluentana verkkoyhtiön tietoon.

Käytöntukijärjestelmän perustana on eri tietojärjestelmien hyödyntäminen ja niiden väliset rajapinnat. Kuvassa 2 on pelkistetty malli käytöntukijärjestelmän ympäristöstä:



Kuva 2. Käytöntukijärjestelmän yhteydet eri tietolähteisiin [5, s. 237]

Käytöntukijärjestelmä hyödyntää käytönvalvonta-, asiakastieto-, karttatieto- ja verkko-tietojärjestelmiä. KTJ:lla luodaan ja ylläpidetään tietokantoja tapahtumista ja häiriöistä, joilla pidetään muut yksiköt ajan tasalla toiminnasta.

WebTcc (Web trouble call center) on vikailmoitusten vastaanottamiseen suunniteltu sovellus. Se on alun perin tehty asiakaspalvelua ajatellen, jolla tiedotetaan vianhoidosta ja viankoordinoinnista eteenpäin. Sovellus on käyttäjäystävällisempi kuin perinteinen käytöntukijärjestelmä ja sisältää ainoastaan ominaisuudet ilmoitusten kirjaamiseen.

3.1.3 PI-tietojärjestelmä

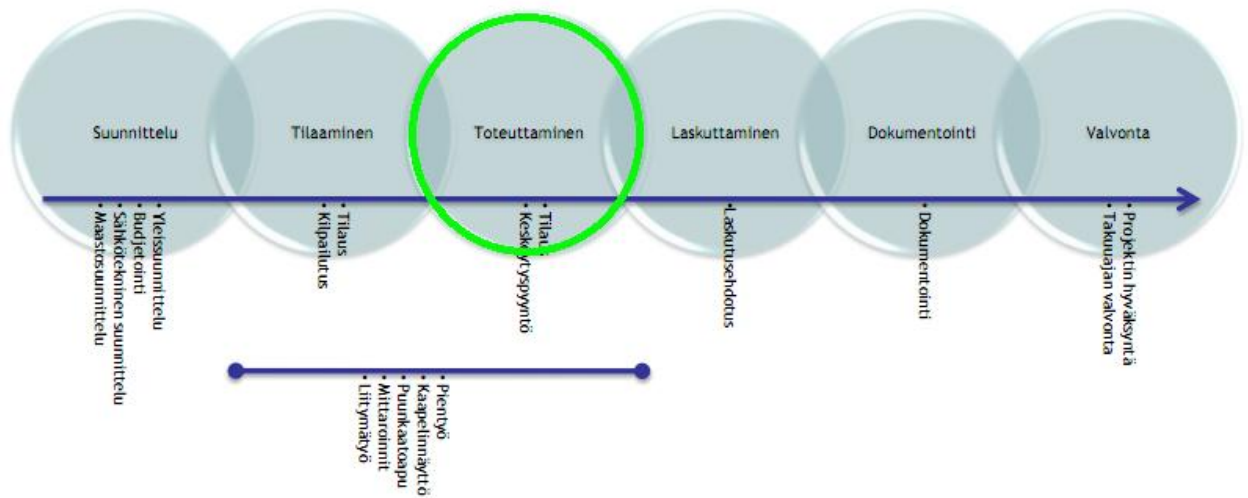
PI-tietojärjestelmä on hyvä työkalu käyttömestarin päätöksenteon apuna. Pi-järjestelmä on excel-pohjainen työkalu, jolla saadaan reaaliaikaista mittaustietoa monista eri sähköjakeluverkon komponenteista. Tietojärjestelmällä voidaan suorittaa erilaisia laskelmia, joita voidaan muodostaa ja yhdistellä mittaustiedoista. Sovellus sisältää erilaisia suodattimia, aikajaksoja ja raja-arvoja, joita käyttäjä voi itse määrittellä. Käytännössä mittauksia voi olla niin paljon kuin sähköaseman lähtöjen komponentit lähettävät mittaustietoa. Mittaustiedot ovat samat kuin käytönvalvontajärjestelmässäkin, mutta PI-järjestelmä on enemmän mittaustietojen analysointiin ja laskentaan tarkoitettu sovellus. Mittaustietoja ovat muun muassa vaihejännitteet, -virrat, taajuus, tehot ja vikapaikan laskennallinen etäisyys johtolähdöstä.

Ohjelmalla on mahdollista luoda historiatiedoista erilaisia kuormituskäyriä ja graafisia summalaskelmia, jotka on muodostettu esimerkiksi muuntajien virtojen tuntikeskiarvoista tai huippuarvoista. Järjestelmä päivittyy kaikista muuttuvista mittaustiedoista, joista se luo automaattisesti tuntikeskiarvoja verkostolaskentaa varten. [17.]

3.1.4 Työnohjausjärjestelmä

HeadPower on työnohjauksen tietojärjestelmä, joka on töiden suunnittelu-, kilpailutus- ja laskutusohjelma. Sovellus on räätälöity vastaamaan sähköjakeluverkon tarpeita ja siihen on koottu tarpeellisimmat ominaisuudet käyttöön. Kaikki tilattavien töiden vianselvitykset ja -korjaukset kirjataan HP:iin urakoitsijan koottavaksi ja laskutettavaksi.

Kuvassa 3 (ks. seur. s.) esitetään HeadPower-sovelluksen kaikki työtilauksen päävaiheet, jotka voidaan toteuttaa sovelluksella. Kuvassa on toteutettu koko projektin eteneminen suunnittelusta aina valvontaan ja projektin hyväksyntään asti. HeadPower-sovellusta käytetään HSV:lla pääasiassa laskuttamiseen ja dokumentointiin töistä aiheutuneiden kulujen seurantaan. Käyttöön kuuluu projektin dokumentoinnin lisäksi projektin lajittelu kuukausittaista koontilaskutusta varten.



Kuva 3. HeadPower tilavaiheet [7]

3.1.5 Rakennuttamisjärjestelmä

Exact-rakennuttamisjärjestelmä (RKJ) on rakentamisen työnohjausjärjestelmä, jota käytetään sähköverkon rakennusprojektien suunnitteluun, toteutukseen ja laskutukseen. Sovelluksen avulla sähköverkon suunnitelmat muunnetaan rakennusprojekteiksi, joista ne pilkotaan osakokonaisuuksiksi ja hankkeiksi.

Tietojärjestelmää voidaan käyttää esimerkiksi sähköverkon vianhoidollisen työn toteutukseen, materiaaliseurantaan ja laskuttamiseen. Projekteille luodaan työn edetessä kustannuslaskelmia, materiaalimenoja ja työkuluja. Projekteista luodaan koontilasku, joka sisältää kuluvan kuukauden kaikki työerät ja -kulut.

3.2 Tietojärjestelmien käyttö käyttökeskuksessa

Sähkönjakeluverkonhäiriön aikana käyttökeskus hyödyntää monia eri järjestelmiä, jotka sitoutuvat käytöntukijärjestelmään ja sen ympäristöön. Oleellisin työkalu on käytönvalvontajärjestelmä, jolla voidaan hallita verkon kytkentätilannetta varsinkin silloin, kun pitää tietää verkon kytkentätilatiedot.

Kauko-ohjaustoiminnoilla voidaan ohjata sähköasemilla ja verkossa olevia kauko-ohjattavia kytkinlaitteita eri tila-asentoihin. Kauko-ohjauksella voidaan myös ohjata sähköaseman päämuuntajan kuorma toiselle päämuuntajalle tai eri sähköasemalle ja näin keventää muuntajien kuormaa tai varautua tulevaan kuormitushuippuun tai päämuuntajan käyttökatkoon.

KVJ sisältää reaaliaikaisen kaukomittauksen, joka koostuu lähinnä sähköasemien kiskojännitteen ja keskijännitelähtöjen virtamittauksista. Lisäksi käyttökeskuksesta pystytään kaukoasettelemaan suojareleiden asetteluarvoja, jos suojareleissä on tähän mahdollisuus. Tietojärjestelmä kerää tietoa arkistoon sähköjakeluverkon kytkennän tilamuutoksista ja tapahtumista, josta voidaan luoda raportti tapahtumasarjan lähempää tarkastelua varten esimerkiksi sähköjakeluhäiriön jälkeen. [5, s. 235–236.]

Käyttökeskus voi käyttää kytkentäsarjan tarkastelussa apunaan PI-järjestelmää, jolla se voi luoda esimerkiksi graafisia esityksiä virtojen muutoksista. Sähköjakeluhäiriön kanalta PI-järjestelmää voidaan käyttää esimerkiksi kahden eri johtolähdön virta-arvojen summaamiseen, kun kuormat siirretään yhden johtolähdön perään. Järjestelmästä nähdään nopeasti yhdellä silmäyksellä verkon komponenttien asetellut virtarajat ja mahdolliset ylitykset kytkennän toteutuessa. Tilanne voi muodostua, kun jakorajoja pitää muuttaa nopeasti häiriön vuoksi, mutta muuntajien tai johtolähtöjen kuormitettavuudet asettavat rajaehdoja kytkennöille. Käyttömestari voi hyödyntää PI-järjestelmän laskentaominaisuuksia häiriötilanteessa, jolloin se antaa tukea päätösten tekoon. [6.]

Käyttökeskuksen perustana on käytönvalvontajärjestelmän lisäksi käytöntukijärjestelmä, jolla hyödynnetään eri tietojärjestelmien tietoa. KTJ:llä ylläpidetään ja seurataan keskijänniteverkon kytkentätilaa, lasketaan verkon sähkötekniisiä tiloja (esim. maasulku- ja vikavirrat), suoritetaan verkon analyysia ja luodaan kytkentä- tai tapahtumaprosessien tietokantoja ja ylläpidetään niitä.

Sähköjakeluverkon häiriötilanteita varten käytöntukijärjestelmästä hyödynnetään laskennallista vikapaikan määrittystä, tapahtuma-analyysia, varasyöttöjen suunnittelua ja tapahtumaraportointia. Suunnitelluista sähköjakelukeskeytyksistä luodaan työ KTJ:ään ja ylläpidetään tietokantaa työn loppuun asti. KTJ:llä voidaan laatia tarkkoja raportteja vian eri asiakkaille aiheuttamista keskeytyksistä ja keskeytyskustannuksista, sillä vian selvityksen aikana tehdyt kytkennät tallentuvat automaattisesti KTJ:n tietokantaan.

Käyttökeskus luo kaikille suoritettaville töille HeadPower-projektin laskutusta varten. Töille käytetään nimitystä viankorjaukset, joka on yleisnimitys kaikille vianselvitykseen ja -korjaukseen liittyvissä tehtävissä. Uuden projektin luonti tekee automaattisesti juoksevan id-numeron uudelle työlle. Käytöntukijärjestelmästä tuodaan pikalinkki id-numeroineen HeadPower-projektille. KTJ sisältää tarkemmat tiedot viasta ja laskutukseen tarvittavat tiedot kootaan HeadPoweriin.

Headpower-työnohjaussovelluksessa työn tietoja voidaan muokata ja päivittää niin pitkään kuin työtä ei tallenneta tietokantaan. Työ pitää sisällään pakollisia tietokenttiä, joiden täytön yritys on ennalta määrännyt. Työstä täydennetään perustietoja kuten kohteen vikatiedot ja asiakastiedot, jossa se kohdistetaan oikeaan yksikköön ja se lähetetään urakoitsijalle hyväksyttäväksi.

Urakoitsija kirjaa työstä aiheutuneet toimenpiteet ja kustannukset projektin numerolle. Projektiin voidaan lisätä yksioita, liitteitä ja kommentteja. Työn tilaa ja etenemistä voidaan valvoa työnohjauksen valvontaominaisuuden avulla, joka päivittyy työn tilojen muutoksista.

Urakoitsija luo jokaisesta tilatusta työstä laskutusehdotuksen työn päätteeksi, joka sisältää kaikki laskutustiedot työstä. Laskutusehdotus tehdään projektikohtaisesti ja se lähetetään verkkoyhtiölle tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi.

Verkkoyhtiön vastuulle jää laskutustietojen tarkastaminen laskuerittelystä, joka sisältää työlle laskutetut yksikkömäärät ja -hinnat. Verkkoyhtiö kokoaa kuukausittain koontilaskun, sisältäen kaikki kuluvan kuun työt yksiköittäin ja käsittelee laskun rakennuttamisjärjestelmässä. [7.]

4 Sähköverkon vikaprosessi

Sähkönjakeluverkossa tapahtuu ajoittain verkkokomponenttien vikaantumisia ja erilaisien vikojen aiheuttamia keskeytyksiä. HSV:n käyttökeskus valvoo ja vastaa koko verkon toiminnasta ja toimivuudesta omalla jakelualueellaan.

Sähköverkkoa huolletaan jatkuvasti ja pyritään kehittämään erilaisia suojausmenetelmiä. Luotettavuus on isossa roolissa sähkönjakelussa ja tätä voidaan parantaa rakentamalla verkkoa monin eri tavoin.

Sähkönjakelun turvaamiseksi käytetään rengassyöttöjä keskijänniteverkossa sekä kaikkein tärkeimpiin kohteisiin rakennetaan varasyöttö tai varavoimajärjestelmä. Keskijänniteverkon rengassyöttö muodostuu kahdesta tai useammasta johtolähdöstä, sähköaseman kiskostosta ja eri päämuuntajista. Rengassyöttö on korvaava tai vaihtoehtoinen reitti muuntamon syötölle. Rengassyöttö lyhentää keskeytysaikoja, sillä vikaantuneen sähköverkon osan erotus muusta verkosta on tapahduttava ripeästi. Sähkönjakelukeskeytyksistä aiheutuu aina haittaa niin kuluttajalle kuin verkonhaltijalle.

4.1 Vianaiheuttajat

Kuluttajalle aiheutuvista keskeytyksistä yli 90 % on keskijänniteverkon vikoja, jotka johtuvat suurimmaksi osaksi kaapelivioista ja kaivuvaurioista. Sähkönjakelukeskeytyksiä aiheuttavat maanrakennustyöt, luonnontapahtumat ja tekniset viat.

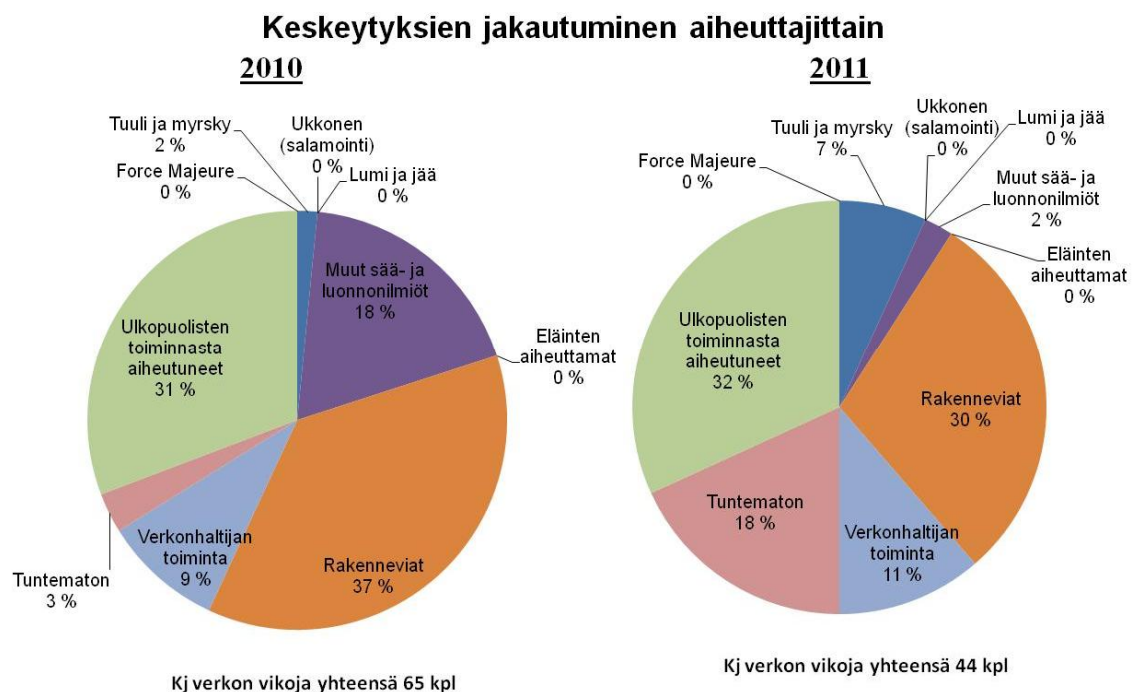
Kaapeloinnilla on saatu parannettua sähkönjakelun luotettavuutta verraten luonnon aiheuttamiin vikoihin ilmajohto-osuuksilla. Ilmajohtimet ovat herkkiä luonnon aiheuttamille vioille, jotka voivat aiheutua puun kaatumisesta siirtolinjalle, lumikuormasta, tuulesta tai eläimistä. Salammat aiheuttavat ilmastollisia ylijännitteitä ilmajohtimiin.

Pahimpia riskejä maakaapelille onkin kaivutyöskentely. Pääkaupunkiseudulla rakennetaan jatkuvasti ja usein kaivajalta unohtuu kiireessä tilata kaapelin tutkaus etukäteen ja varovaisuus kaivaessa.

Toinen suuri vikojen aiheuttaja on rakenneviat, joihin luetaan esimerkiksi kaapelijatkosten ja -päätteiden vikaantumiset ja muuntajien viat. Kaapelin jatkon tai päätteen virheellinen asennustyö tai kaapelin eristeen raapaisu kaivinkoneella voi aiheuttaa vian, joka voi ilmetä pitkänkin ajan kuluttua kosteuden päästessä kaapelin sisälle. Erittäin harvinainen vika on osittaispurkausten aiheuttaman eristevauriot, jotka syntyvät kaapelin heikkenemisestä. Kaapelin eriste saattaa heiketä, mikäli kaapelia kuormitetaan pitkiä aikoja nimelliskuormaa suuremmalla kuormalla.

Jännitteiset avonaiset kiskostorakenteet ovat myös alttiita pieneläimille. Pieneläin voi aiheuttaa oikosulun tai maasulun joutuessaan kosketuksiin jännitteisen muuntajakiskon tai avokojeiston kanssa ja siten muodostaen sähköjakelukeskeytyksen riippuen lähtötyypistä.

Kuvassa 4 on HSV:n keskijänniteverkon vikojen aiheuttamien odottamattomien keskeytyksien jakautuminen vikalajeittain vuosina 2010 ja 2011. Vikojen lukumäärät vaihtelevat vuosittain, mutta maakaapelointi parantaa luotettavuutta ilmastollisten riskien kannalta. On mahdotonta ennustaa tulevan vuoden keskeytyksien jakautumista. [8.]

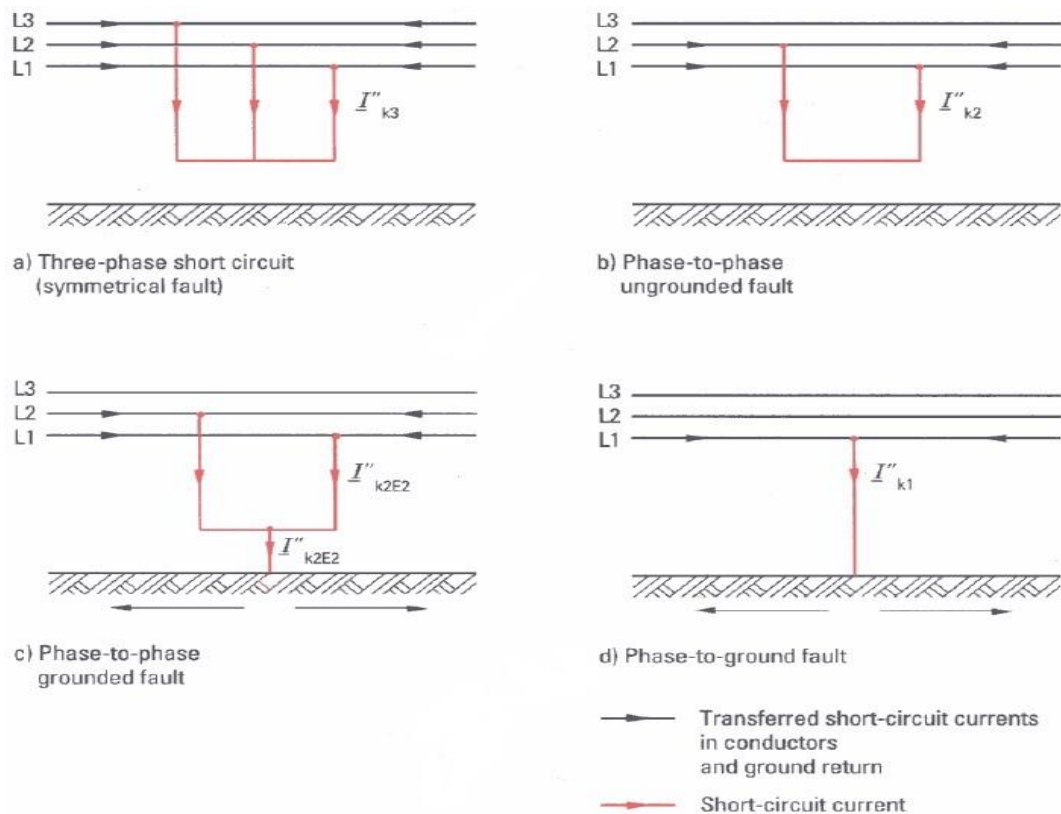


Kuva 4. Kj-verkon viat vikalajeittain [9]

4.2 Vikatyypit

Kolmivaiheissa verkossa voi esiintyä maasulkuja ja oikosulkuja. Oikosulku muodostuu, kun kaksi tai kolme vaihejohtinta on yhteydessä toisiinsa suoraan tai vikaimpedanssin kautta. Maasulku muodostuu vaihejohtimen kosketuksiin maan kanssa. Kolmivaiheinen oikosulku on symmetrinen vika, kun taas kaksi- tai yksivaiheiset oikosulut ovat epäsymmetrisiä.

Kuvassa 5 on punaisella viivoituksella vikavirran kulkema reitti ja suunta ja mustalla nuoliviivoituksella virtojen kulkema suunta johtimissa. Kuvan a tapauksessa *Three-phase short circuit (symmetrical fault)* tapahtuu kolmivaiheinen oikosulku. B kohdassa *Phase-to-phase* kaksi vaihetta on keskenään oikosulussa. C kohdassa *Phase-to-phase grounded fault* tapahtuu kaksoismaasulku, jossa kaksi vaihetta on yhteydessä maahan. D kohdassa *Phase-to-ground fault* yksi vaihejohtin on maan kanssa yhteydessä muodostaen maasulun.



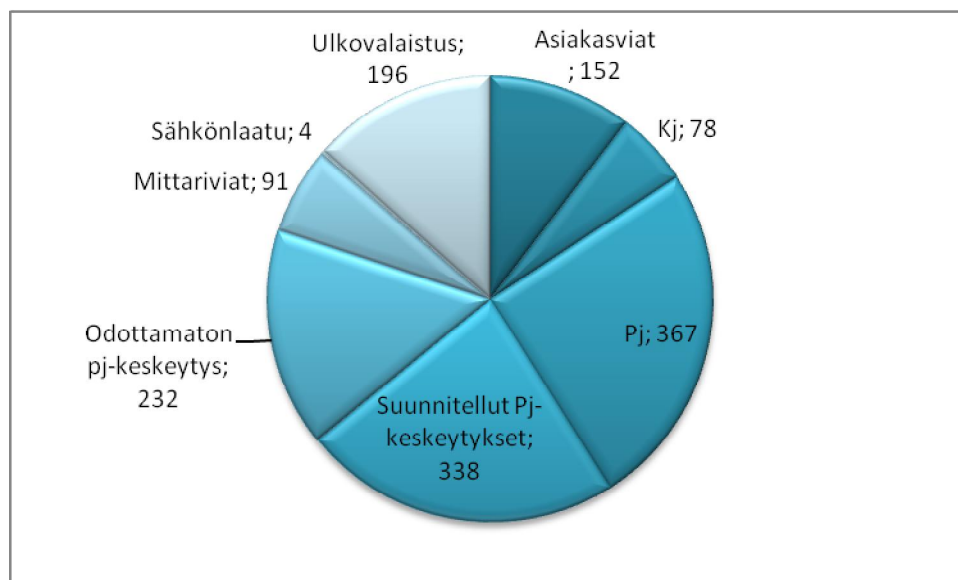
Kuva 5. Sähkönjakeluverkon vikatyypit [10]

Kuvissa 6 ja 7 (ks. s. 13 ja 14) on kuvattu HSV:n verkossa tapahtuvien vikalajien jakautuminen ympyräpiirroksena vuosina 2010 ja 2011. Kuvien suurimpia sektoreita ovat pj ja suunnitellut pj-keskeytykset, joista kummastakaan ei aiheudu asiakkaalle odottamatonta sähkönjakelukeskeytystä. Pj-sektorin alle on listattu erilaisia pienjänniteverkon vikoja esimerkiksi asiakkaan tekemät ilmoitukset tai korjauspyynnöt.

Ilmoituslajit voivat olla kunnossapitoon tai ilkivaltaan liittyviä, esimerkiksi rikkoutuneet jakokaapit. Kj-vikalajin alla on samankaltaisesti kuin pj-sektorin lailla työn aikaiset ilmoitukset ja kirjaukset, jotka eivät liity sähkönjakeluun.

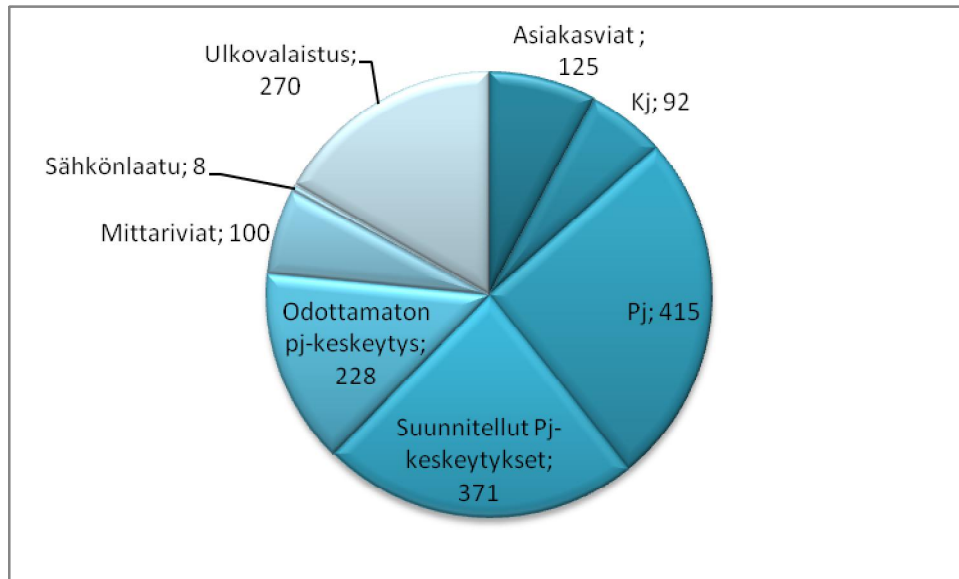
Suunnitellut pj-keskeytykset ovat asiakkaan tai urakoitsijan tilaamia pienjännitekeskeytyksiä liittymäpisteeseen, joista on aina ilmoitettu asiakkaita etukäteen postitse. Odottamattomat pj-keskeytykset ovat keskeytyksiä, jotka ovat johtuneen kj-verkon odottamattomasta keskeytyksestä tai pj-verkon viasta.

Asiakasviat tarkoittavat asiakkaan omasta toiminnasta tai laitteistosta aiheutuneen sähkökatkon korjauksen. Toisinaan asiakkaalla on sähkölaatuun liittyviä ongelmia, jotka voivat aiheuttaa laitteiston rikkoutumisen. Mittariviit voivat johtua viallisesta mittarista tai sen ohjauksesta.



Kuva 6. Vuoden 2010 vikalajien jakauma HSV:n verkossa [11]

Vuonna 2010 havaittiin eniten pj-verkkoon kohdistuvia ilmoituksia tai vikoja. Toiseksi eniten oli pienjänniteverkon suunniteltuja keskeytyksiä.



Kuva 7. Vuoden 2011 vikalajien jakauma HSV:n verkossa [11]

Vikalajien lukumäärissä ei tapahtunut suuria muutoksia vuosien 2010 ja 2011 välillä. Ulkovalaistukseen liittyviä vikoja kirjattiin hieman enemmän vuonna 2011, joita oli 270 kappaletta. Ulkovalaistukseen liittyvät viat koskivat muun muassa ulkovalaistushäiriöitä, -ohjausta tai ulkovalaistuskeskuksia.

4.2.1 Maasulku

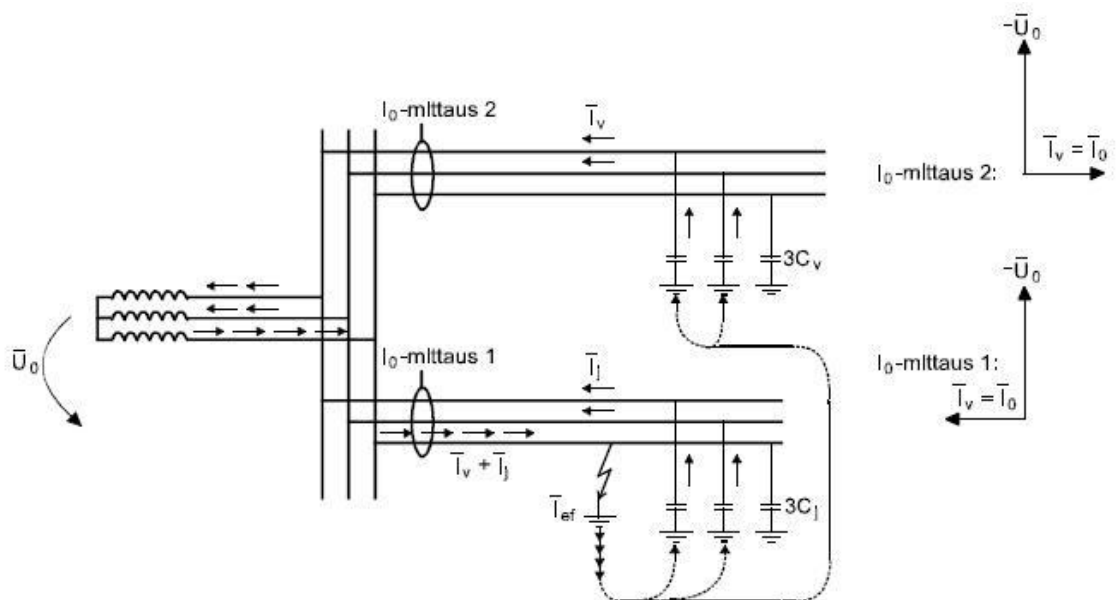
Maasululla tarkoitetaan jännitteisen osan ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan välistä eristevikaa. Maasulusta aiheutuvia vaara- tai haittilanteita aiheuttavat vikapaikkaan ja sen ympäristöön syntyvät jännitteet, maasulussa syntyvät ylijännitteet sekä maasulkuvirran aiheuttamat lämpövaikutukset.

Terveessä verkossa vaihejännitteet ovat maahan nähden symmetrisiä eli niiden summa on joka hetki nolla. Maasulun aikana terveiden vaiheiden jännitteet maahan nähden kasvavat, josta seuraa varausvirtojen summan poikkeaminen nolasta. Epäsymmetrian seurauksena osa varausvirtaa kulkee vikapaikan kautta maahan muodostaen maasulkuvirran. [12.]

Maasulkuvirtoja pyritään pitämään kurissa rakentamalla uusia sähköasemia tai käytetään verkon tähtipisteissä sijaitsevia kuristimia. Alle 60 A maasulkuvirroilla voidaan vielä HSV:n mukaisesti suorittaa erotinkytkentöjä, muutoin katkon kautta.

Maasulun alkutransientin aikana jännitehuippu voi olla useita kertoja normaalitilan jännitteen huippuarvoa suurempi. Tämä saattaa näkyä lähdössä oikosulkuna, jolloin lähtö muuttuu jännitteettömäksi.

Kuvassa 8 esitetään maasulkuvirran muodostuminen maasta erotetussa verkossa. Osoitinpiirroksessa virran positiivinen suunta on kiskostosta johdolle päin.



Kuva 8. Maasulkuvirran muodostuminen maasta erotetussa verkossa [12]

Maasulkuvirran suuruus määräytyy verkon maakapasitanssin suuruudesta. Maakaapeleilla on avojohtoja suurempi maakapasitanssi, joten niissä esiintyy suurempia maasulkuvirtoja.

Maasulkuvirran itseisarvo maasta erotetussa verkossa suorassa maasulussa voidaan laskea yhtälöllä 1.

$$I_e = \sqrt{3}\omega C_0 U \quad (1)$$

,jossa

I_e on maasulkuvirta

C_0 on verkon yhden vaiheen maakapasitanssi

U on verkon pääjännite

ω on taajuus.

Tässä yhtälössä oletetaan vika vikaresistanssittomaksi. Maasulkuvirran määrittämiseksi tarvitaan tiedot kaapelilajista ja kaapelin pituudesta. Kaapeleille on myös valmiita laskettuja maasulkuvirran suuruuksia eri taulukoissa kaapelilajeittain. [12.]

Kaapeliverkossa tyypillisin maasulun aiheuttaja on kaivutyöskentely. Maasulku muodostuu, kun kaapelin vaiheen eristys rikkoutuu kaivaessa ja maan ja yhden vaiheen välille muodostuu oikosulku.

HSV:n 10 kV:n sähköverkko on maasulussa hälyttävä eli vian sattuessa johtolähdöt havahtuvat, mutta katkaisijat eivät laukaise. Tunnelissa sijaitseva 10 kV:n linja on laukaiseva luonnollisesti kulkuyhteyksien takia.

Vian sattuessa ensimmäisenä sähköaseman johtolähtöjen suojalaitteet havahtuvat, josta tulee hälytystieto käyttökeskukseen. Hälyttävä vika voidaan jättää päälle jännitteisenä jos siitä ei aiheudu kohtuutonta vaaraa. Käyttökeskuksella ja verkkoteknikoilla on kaksi tuntia aikaa korjata maasulun aiheuttama vika, minkä jälkeen vika korjataan katkon kautta, ettei aiheuteta kohtuutonta vaaraa muille.

Jos vikaa pidetään päällä, se kuormittaa tarpeettomasti syöttävää muuntajaa ja voi aiheuttaa kaksoismaasulun. Kaksoismaasulussa verkossa tapahtuu samanaikaisesti kaksi eri maasulkua ja maasulusta johtuen vaihejännitteet nousevat jolloin se kuormittaa helposti verkon heikkoja komponentteja ja esimerkiksi kaapelipääte tai -jatko voi rikkoutua muodostaen oikosulun.

20 kV:n verkossa lähdöt ovat maasulusta laukeavia, jolloin katkaisijat katkaisevat jännitteen lähdöstä vian sattuessa. Sähköasemilla, joilla on kompensointimenetelmä kaikki lähdöt ovat hälyttäviä. Nykyisellään Pukinmäen sähköasemalla on ainoastaan kompensointi käytössä, mutta tekniikka tullaan ottamaan käyttöön muillakin asemilla tulevaisuudessa.

4.2.2 Oikosulku

Sähköverkkoa eniten rasittava vika on symmetrinen 3-vaiheinen oikosulku, joka on aina kytkettävä pois mahdollisimman nopeasti. Oikosulku alkaa sysäyoikosulkuvirralla, josta se vaimenee jatkuvan tilan oikosulkuvirraksi. Sysäyoikosulkuvirrassa esiintyvää virtaa käytetään laskentaperusteena, jolla voidaan laskea suurimmat oikosulussa esiintyvät mekaaniset rasitukset. Oikosulkuteho rasittaa sähkönjakeluverkossa sähköasemilla sijaitsevia katkaisijoita, kytkinlaitosten kojeita ja laitteita.

Oikosulun aiheuttaman vikavirran suuruus riippuu, miten lähellä vika tapahtuu syöttävän sähköaseman kiskostoa ja syöttävän päämuuntajan koosta. Oikosulkukohdan oikosulkuvirta I_k voidaan laskea Theveninin-menetelmällä, jolloin oikosulkuvirran arvo lasketaan yhtälöllä 2.

$$\bar{I}_k = \frac{\bar{U}_v}{\bar{Z}_f + \bar{Z}_i} \quad (2)$$

,jossa

U_v on vikakohdan jännite ennen vikaa

Z_i on vikakohdan impedanssi vikakohdasta laskettuna

Z_f on vikaimpedanssi.

[13, s. 159–161.]

Oikosulku voi aiheutua kaivutyöskentelystä, kun johtimessa yhdistyy vähintään kaksi vaihetta keskenään suoraan tai maan kautta. Muita aiheuttajia ovat laitteiden toimintahäiriöt tai virhetoiminnat ja ilmastolliset syyt.

HSV:lla on pikajälleenkytkentämahdollisuus vielä muutamilla johtolähdöillä. Jälleenkytkentä on käytössä vain ilmajohdoilla tai maakaapelilla joka on tunnelissa. Pikajälleenkytkennät toimivat jolloin katkaisija laukeaa pieneksi hetkeksi ja jännite yritetään palauttaa johtimeen, jos jännite ei palaudu muodostuu keskeytys. HSV:lla kummatkin (10 & 20) keskijänniteverkon tasot ovat oikosulusta laukeavia.

Kahden vaiheen rikkoutuessa esimerkiksi kaivutyön seurauksena, vika aiheuttaa oikosulun. Oikosulun aiheuttama sähkönjakelukeskeytys yritetään palauttaa erottamalla vikapaikka terveestä verkosta käyttökeskuksen käyttömestarin, tietojärjestelmien, muuntamoautomaation ja verkkoteknikoiden avulla.

4.2.3 Pienjänniteverkon viat

Pienjänniteverkon vioista aiheutuu haittaa niin julkisille aloille kuin kotitalouksillekin. Haitan vahingollisuus, mahdollisen sähkönjakelukeskeytyksen aiheuttama haitta ja viasta aiheutuneet kustannukset riippuvat vikalajista. Esimerkiksi sähkökatko voi aiheuttaa jakeluasiakkaan käynnissä olevan työn menetyksen tai estää työn tekemistä, kun taas ulkovalaistushäiriöt eivät vaikuta suoranaisesti työn tekemiseen.

Suurempia pienjännitekeskeytyksiä aiheuttavat kj-verkon odottamattomat sähkönjakelukeskeytykset ja pienjännitepuolella jakokaappien tuhoutumiset kolarin tai tulipalon takia. Jos jakokaappia ei saada heti toimintaan vian ilmetessä, siirretään verkon jakorajaa tai tehdään kaappiin väliaikaiset kytkennät asiakkaiden lähtöihin.

Odottamattomat sähkönjakelukeskeytykset ilmenevät nimensä mukaisesti sähkökatkona asiakkaalla. Sähkönjakelukeskeytys voi johtua asiakkaan itse aiheutetusta viasta omassa sähköjärjestelmässä tai ulkoisesta tekijästä, joka voi olla sähkönjakeluverkon häiriö tai ulkopuolisen aiheuttamasta viasta johtuva sähkökatko.

Viasta aiheutuneet sähkökatkot ilmenevät sulakkeen palamisena jakokaapissa tai asiakkaan pää- tai jakokeskuksessa. Jakokaapin liittymävarokkeen palaminen voi johtua kaivuauriosta tai asiakkaan aiheuttamasta tai laitteen viasta liittymässä.

Toisinaan sähkömittarit vikaantuvat, ja ne joudutaan vaihtamaan. Tulevaisuudessa AMR-tekniikka helpottaa mittarivikojen selvittämistä, kun kulutuspaikkaa voidaan jo seurata ja analysoida käyttökeskuksen käytöntukijärjestelmän avulla. Mittarilta saadaan kulutuspisteestä muun muassa hälytystiedot, jännitteen laadun mittaukset, kuorien ohjaukset ja keskeytyksien rekisteröinnit.

Pienjänniteverkossa vian laajuus rajoittuu muutamille kuluttajille, mutta ilmajohdoilla voi tapahtua laajempiakin keskeytyksiä esimerkiksi saaristossa. Ilmajohdot ovat herkempiä vikaantumisille, sillä ilmajohdolle kaatunut puu tai lumikuorma aiheuttaa ongelmia sähkönjakelussa.

4.3 Sähkönjakeluverkon käyttövarmuus

Sähkönjakeluverkon käyttövarmuus on HSV:lla hyvin luotettavaa suuresta maakaapelointiasteesta johtuen, jolla on saatu minimoitua sääolosuhteiden haitat. Maakaapelointi on silti alttiina kaivuaurioille, joista muodostuu suurin osa keskijänniteverkon odottamattomista keskeytyksistä.

Keskeytyksen pituuteen vaikuttaa vikatyypin eli onko kyseessä maasulun vai oikosulun aiheuttama vika. Oikosulun aiheuttamia keskeytyksiä voidaan joutua korjaamaan pidempään ylivirrasta rikkoutuneiden verkon komponenttien takia ja vikapaikan turvallisen erottamisen vuoksi.

Suomessa verkkoyhtiö tilastoi tyypillisesti keskeytykset T-SAIFI, T-SAIDI ja T-CAIDI. Näistä tunnusluvuista verkkoyhtiö toimittaa energiamarkkinavirastolle T-SAIFI ja T-SAIDI tunnusluvut. Liitteessä 2 on esitetään vuosien 2003–2011 HSV:n kokemat keskeytykset keskeytystyyppinä T-SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). SAIDI on keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kesto-aika (h/asiakas) tietyllä aikavälillä. Tunnusluvuissa ei ole huomioitu pienjänniteverkosta johtuvia keskeytyksiä.

Helsingin Energiassa on asetettu tavoite, jossa yritetään pitää keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kestoaika alle asetetun rajan. Vuoden 2015 SAIDI tavoite on 6,0 minuuttia, kun viime vuoden toteutunut SAIDI oli 5,52 minuuttia.

4.4 Sähköverkon vianhoito

Eteneminen vianselvityksessä ja -korjauksessa riippuu täysin jännitetasosta, sähköaseman lähtötyypistä ja vikatyypistä. 20 kV:n verkon kaikki häiriöt tai 10 kV:n tunnelissa sijaitseva johto-osuuden häiriö aiheuttaa sähköasemalla lähdön jännitteen katkeamisen pois lukien kumminkin kompensointimenetelmällä toteutetut sähköasemat. Sähköasemilla, joilla on kompensointimenetelmä tai perinteisellä 10 kV:n sähköasemalla tapahtuva maasulku ei aiheuta jännitteen katkeamista vaan se näkyy hälytyksenä käyttökokeskuksessa.

Pienjänniteverkon häiriöt ja ongelmatilanteet käsitellään vikakeskuksessa, josta ohjataan viankorjaus urakoitsijalle tai HSV:n sisäisille yksiköille. Saapuvat pj-häiriöilmoitukset käsitellään tapauskohtaisesti vikakeskuksessa hyödyntäen HSV:n yhteistyökumppaneita ja käytössä olevia tietojärjestelmiä.

4.4.1 Laukaiseva häiriö

Otetaan esimerkiksi 20 kV:n kompensoimattomalla verkolla tapahtuva oikosulku. Keski-jänniteverkon vian sattuessa ensimmäisenä käytönvalvontajärjestelmä havaitsee kaapelivälin vian. KTJ päivittää reaaliaikaisesti sähköaseman johtolähtöjen tilatietoja ja jännitekatko erottuu verkkokartalla ja karttapohjalla selkeästi jännitteisistä lähdöistä.

KVJ:n hälytyslistasta voidaan päätellä heti häiriön tyyppi ja saadaan kuva sähköverkon viasta. KJ-muuntamoautomaatio lähettää oikosulku- ja maasulkuindikaattorien vikatie-dot ja muuntamohälytykset suoraan käytönvalvontajärjestelmään.

Häiriötilanteessa käyttökokeskuksen vastaava käyttömestari johtaa häiriön selvitystä. Käyttömestari analysoi tilanteen, ilmoittaa soittamalla varallaolijoille tai päivystäjille häiriöstä. Ilmoitus häiriöstä tehdään myös soittamalla hätäkeskukseen, mikäli kohteen prioriteetti tai vaaratilanne sitä vaatii.

Sähkönjakelukeskeytyksestä tulee automaattisesti tieto HSV:n internetsivuille käyttötukijärjestelmän tietoihin perustuen. Tämän lisäksi käyttömestari tekee puhelintiedotteen Merlin-tietojärjestelmästä. Järjestelmä luo automaattisen häiriötiedotteen käyttökeskuksen asiakaspalvelunumeroon saapuville puheluille. Vastaajaan on ennalta nauhoitettu vaihtoehtoisia sanoja, kuten sähköasemia, johtolähtöjen nimet ja keskeytystä koskevia kaupunginosia. Tietoja yhdistelemällä vikaan liittyvä tiedote muodostetaan tarkasti ja sitä voidaan päivittää kytkentätilan muuttuessa. Käyttömestari ilmoittaa viikovastaavalle häiriöstä, joka vastaa häiriön tiedottamisesta medialle.

Verkolle lähetetty verkkokäyttäjä etsii vikaantuneen erotinvälin hyödyntäen oikosulkuilmaisimia. Verkkokäyttäjä hyödyntää vianselvityksessä päivittyviä tietojärjestelmiä kannettavalla tietokoneella ja on yhteydessä käyttökeskukseen puhelimen tai radiopuhelimen kautta. Käyttökeskus hallitsee työryhmien etenemistä paikannin- ja puhelintietojen avulla. Käyttömestarin ja verkkokäyttäjän vianselvityksen aikana saadaan hyvä kuva häiriön laajuudesta ja käyttömestari päivittää ja ylläpitää vikatietoja KTJ:ään. Syötettävää verkkoa lyhennetään työn edetessä ja suoritetaan jännitteen pikainen palautus terveeseen verkkoon jättäen vikaantunut erotinväli irti muusta verkosta.

Kun vika on saatu turvallisesti erotettua, tilataan urakoitsija korjaamaan vikaantunut verkon osa. Urakoitsija ilmoittaa työn valmistumisesta käyttökeskukseen, jonka jälkeen suoritetaan palautuskytkennät. Katkon päätyttyä kuitataan muuntamoidikaattorit ja -releet.

Tarvittavien palautuskytkentöjen jälkeen käyttökeskus päivittää vikatiedot häiriötieto-, laskutusmääräin- ja käytöntukijärjestelmiin. Häiriötietojärjestelmä päivittyy katkon päätyttyä ja kirjaa keskeytysajat muistiin.

Käyttökeskus täydentää häiriöraportin, päivittää kytkennän muutokset ja tekee muistiot käytöntukijärjestelmään. KTJ luo automaattisesti häiriöraportin, josta pystytään näkemään vian yksityiskohtaisia tietoja kuten vian eri asiakkaille aiheuttamista keskeytyksistä ja keskeytyskustannuksista, vikojen aiheuttajista, vikapaikoista sekä vikaantuneista komponenteista. Laskutusmääräin tehdään HeadPower-työnohjaussovelluksella, joka kohdistetaan oikeaan laskutettavaan vikalajiin. Verkkoteknikot suorittavat digitoinnit verkkotietojärjestelmään, mikäli sähköverkon komponentteihin tehtiin muutoksia.

4.4.2 Hälyttävä häiriö

Otetaan esimerkiksi 10 kV:n maasulkutilanne. Maasulkuvian syntyessä käytönvalvontajärjestelmä saa tiedon maasulkuindikaattorien havahtumisista ja muuntamohälytyksistä, sekä muista sähköjakeluverkon tilatiedoista. Tämä ei katkaise jännitettä johtolähdöstä, mikäli maasulkujännitteen liian suuri alkutransientti ei johda tilannetta oikosulkuun.

Vikapaikka on toisinaan tiedossa, jos kyseessä on esimerkiksi kaivuvaurion aiheuttama maasulku ja olettaen kaivajan tehneen ilmoituksen käyttökeskukseen puhelimitse tekemästään kaapelivauriosta. Tällöin vikapaikan etsintä ja vianerotus muusta jakeluverkosta nopeutuu huomattavasti.

Vikapaikan etsimistä helpottaa maasulkuindikaattorit, jotka indikoivat kun maasulkuvirta kulkee muuntamon lävitse. Muuntamoautomaatio lähettää indikoinnit automaattisesti käytönvalvontajärjestelmään. Automaation ja KVJ:än avulla saadaan vika-alue rajattua tehokkaasti, ennen kuin lähdetään kentälle selvittämään vikaa. Käytönvalvontajärjestelmän hälytysten ja mahdollisten asiakasilmoitusten perusteella käyttömestari arvioi häiriön ja ilmoittaa siitä puhelimitse varallaolijoille tai päivystäjille. Käyttömestarin ei ole syytä luoda automaattista puhelintiedotetta häiriöstä, sillä kaikilla verkkokäyttäjillä on sähköjakelun normaalitila.

Käyttömestari ja verkon kytkijät rajaavat vikaa käytönvalvontajärjestelmään tulevien hälytysten ja käytöntukijärjestelmän karttapohjan avulla. Kaukokäytettävät muuntamot nopeuttavat häiriön rajaamista ja muuntamoissa, joissa automaatiota ei ole verkon kytkijät suorittavat kytkennät paikallisesti. Kaukokäytettävien muuntamoiden johtolähtöjä voidaan ohjata auki ja kiinni KVJ:än avulla välittömästi.

Vikaväli haarukoidaan siirtämällä jakorajoja kaukokäytön avulla tai jos muuntamossa ei ole kaukokäyttöä, verkkoteknikot suorittavat työn käsin. Jakorajoja siirretään siten, että puolitetaan johto-osuus kahdelle eri lähdölle, jolloin maasulkuhavahtuma jää vikaantuneelle johtolähdölle. Tätä jatketaan niin kauan, että vikaantunut johto-osuus tai verkonosa on löydetty, jonka jälkeen se erotetaan muusta jakeluverkosta.

Erotuksen jälkeen etsitään vikapaikka tarkemmin ja aloitetaan korjaustyöt pikimmiten, jos kyseessä on riskialtis johto tai säteittäissyötössä on paljon kuluttajia, joka saattaa kuormittaa lähtöä tarpeettomasti. Häiriön jälkeen kuitataan muuntamoreleet ja -indikaattorit.

Työn lopuksi käyttökeskus tekee tapahtumasta häiriöraportin ja päivittää uudet jakorajamuutokset KTJ:ään. Työstä tehdään laskutusmääräin HeadPower työnhousjärjelmällä, jossa määritellään laskutettava kohde ja tehdyt työyksiköt.

4.4.3 Puhelimitse saapuva vikailmoitus

Käyttökeskukseen saapuu paljon puheluita ja tiedotteita monilta eri toimijoilta, työryhmiltä ja asiakkailta. Saapuvien puheluiden yleisimmät tyypit ovat seuraavat pääpiirteittäin.

Kj

- kaivuvario ilmoitukset
- työn aikaiset ilmoitukset
- vikailmoitukset
- asiakkaan ilmoitukset

Pj

- asiakkaan kokema sähkönjakelun häiriö
- ilmoitukset
- tiedustelut

Uv

- ulkovalaistushäiriö tai poikkeama
- vahinkoilmoitukset

Mittariviat

- sähkönsyöttöön tai -tariffiin liittyviä asioita
- sähkönjakeluhäiriö

Sähkön laatu

- poikkeama sähkönjakelussa
- sähkötekniset kysymykset

Saapuvat ilmoitukset

- ulkopuolisen tekemät ilmoitukset, jotka saattavat vaikuttaa HSV:n verkkoon.

Urakoitsijoilla ja erilaisissa yhteisprojekteissa työskentelevillä henkilöillä on suora numero käyttökeskukseen, josta tavoittaa päivystävän käyttömestarin vuorokauden ympäri. Erinäiset kytkentätyöt ja töiden muutokset pitää ilmoittaa käyttökeskukseen, sillä käyttömestari on vastuussa verkolla tapahtuvasta toiminnasta. Kulunvalvonta on erityisen tärkeää muuntamoissa ja sähköasemilla. Kulunvalvonta ja sen rinnakkaisohjelmat ovat hyviä työkaluja kokonaiskuvan hallinnointiin.

Pääkaupunkiseudulla maanrakennusurakoitsijoilla on vikakeskuksen numero, johon tulee soittaa jos vahingoittaa työn aikana kaapelia. Tämä helpottaa käyttökeskuksen vianetsintää ja säästää myöhemmiltä mahdollisilta ongelmilta kaapelin vikaantuessa.

Asiakaspuhelut saapuvat suoraan vikakeskukseen, joka on arkipäivisin työaikana palveluntuottajilla ja muuna aikana se siirretään käyttökeskuksen tehtäväksi. Pienjänniteverkossa tapahtuvista vioista verkkoyhtiö saa tiedon sähkönkäyttäjien soittamien ilmoitusten perusteella. Tilanne on kuitenkin muuttumassa, kun lisääntyvä AMR-tekniikka (automaattinen mittarinluku) sisältää monia apuvälineitä pienjänniteverkon valvontaan.

Vikakeskuksella on monia tietojärjestelmiä apunaan, jotka helpottavat vian analysointia ja selvitystä. Vikakeskus selvittää asiakkaan vian alkuperää käyttäen apunaan käytönvalvonta- ja tukijärjestelmiä, joista nähdään verkon reaaliaikainen kytkentätila.

Vikakeskus käyttää apunaan tietojärjestelmiä, joilla voidaan lukea käyttöpaikan energia-, asiakas- ja historiatietoja ja niillä voidaan etäkytkä mittari verkkoon. Pääsovelluksina käytetään Forum- ja Melt -tietojärjestelmiä. Forum-sovellus on asiakastietojärjestelmä, joka antaa tietoja asiakkaan kytkeätilasta ja käyttöpaikasta. Melt -tietojärjestelmällä voidaan etäkäytettävä mittari kytkeä tai irrottaa verkosta.

Jos vikakeskus päätyy vian sijaitsevan fyysisesti HSV:n verkossa, lähetetään urakoitsija tai päivystäjä paikalle selvittämään vikaa. Tiedot vikapaikasta, jakokaapin sulakkeista ja asiakkaan ilmoittamasta häiriöilmoituksen tiedoista ilmoitetaan verkolle lähetetylle henkilölle.

Pj-verkon vikatilanteessa päivystäjä voi tarkastella pienjänniteverkon tilaa monien verkkotyökalujen avulla, kuten verkkotietojärjestelmän ja käytöntukijärjestelmän avulla. Verkkotietojärjestelmällä nähdään uv-verkko, pj-verkko, kj-verkko ja sj-verkko. Ohjelman avulla voidaan selvittää mistä jakokaapista ja muuntamosta liittymän syöttö saadaan. Sillä voidaan tarkistaa esimerkiksi kohteen pj-keskuksen lähtötiedot ja niiden sulakkeet. Sulakkeiden sijainnin ja asiakkaan häiriöilmoituksen perusteella voidaan määrittää viallinen johto-osa. Työn päätyttyä, työstä tehdään laskutusmääräin työohjausjärjestelmällä ja kohdistetaan lasku vikatyypin mukaan. [5, s. 245.]

Asiakkaat ottavat yhteyttä verkkoyhtiöön monissa muissakin sähkönjakeluun liittyvissä ongelmissa, kuten sähkönlaatuun ja käyttöön liittyvissä asioissa. Häiriö ei aina tarkoita sähkönjakelukeskeytystä, kun kyseessä on esimerkiksi jännitetaso vaihtelua ja muita poikkeavia ilmiöitä. Käyttökeskus käyttää häiriön selvityksessä apunaan asiakastietojärjestelmää ja etäluentaa ja ilmoittaa tarvittaessa asiakkaan kokemasta häiriöistä sähkön laadusta vastaavalle ryhmälle.

Vikakeskukseen saapuu monia puheluita koskien mm. ulkovalaistuongelmia. Ongelmia voivat olla ulkovalaistuksen ohjaukseen ja sammuneisiin katuvaloihin liittyvät asiat. Helsingin Energialla on oma ulkovalaistusyksikkö, joka vastaa pääkaupunkiseudun ulkovalaistuksen toiminnasta.

Asiakkailta saadaan myös hyödyllistä tietoa HSV:n omaisuuteen kohdistuneesta ilkival-
lasta. Vikalajille kirjataan tyypillisesti avonaiset jakokaappien ovet ja vahingoitetut ja-
kokaapit, sekä monia muita huomautuksia. HSV:n isot asiakkaat (sisäiset ja ulkoiset)
tekevät ilmoituksia käyttökeskukselle puhelimitse tai sähköpostitse, kun heidän toimin-
tansa saattaa vaikuttaa HSV:n verkkoon, esim. ABB:n koestukset.

5 Suunniteltu kytkentä tai keskeytys

Tavoitteena on, ettei HSV aiheuta omalla toiminnallaan vikakeskeytyksiä asiakkailleen,
eikä aiheuta vaaraa verkolla työskenteleville henkilöille. Tämän ehkäisemäksi tehdään
aina kytkentäsuunnitelma kun tehdään töitä keski- ja suurjänniteverkossa.

Nämä ovat työkeskeytyksiä eli suunniteltuja kytkentöjä, jolloin tehdään verkossa esi-
merkiksi muutos- tai korjaustöitä. Suunniteltu keskeytys voidaan rajata muusta sähkön-
jakelupiiristä jakorajojen avulla jolloin keskeytys ei aiheuta katkoa muille. Työskentely
voidaan rajata sellaiseen ajankohtaan esimerkiksi yöaikaan, jolloin siitä aiheutuu mah-
dollisimman vähän haittaa tai rahallista tappiota asiakkaalle.

5.1 Keski-jänniteverkko

Liitteessä 1 on esitetty jakeluverkon rakentamisen kytkentätilauksen kulkukaavio. Kaa-
viossa on esitetty kytkentätilauksen eteneminen tilausvaiheesta aina työn vastaanot-
toon. Keskeytysuunnitelmia laaditaan moniin eri keski-jänniteverkon rakennus- ja huol-
totöihin esimerkiksi uuden muuntamon lisääminen verkkoon tai keski-jännitekaapelin
siirto.

Rakennuttaja voi olla HSV:oon kuuluva tai ulkopuolinen. Rakennuttaja tilaa työsuori-
tuksen urakoitsijalta ja urakoitsija lähettää täytetyn kytkentätilauksen HSV:n käyttökes-
kukseen. Keskeytys- ja kytkentätilaukset tehdään täyttämällä verkkolomake HSV:n in-
ternetsivuilla ja lähetetään se sähköpostilla käyttökeskukseen. Käyttökeskus ottaa tila-
uksen käsittelyyn ja päättää hyväksyykö tilauksen sellaisenaan tai ottaako se yhteyttä
tilaajaan.

Käytönsuunnittelu on yhteydessä tilaajaan ja palveluntuottajaan. Nykyisellään 110 kV:n verkon ylläpidosta vastaa Helen Service. Jos kyseessä on isompi hanke, työstä pidetään yhteinen aloituspalaveri. Käyttökeskus on tarvittaessa yhteydessä palveluntarjoajaan ja selvittää mahdolliset ristiriidat ja epäselvyydet. Käyttömestari suorittaa käyttövarmuus-tarkastelun 110 kV töistä, jossa lasketaan tehonjako sähköverkossa.

Tilaus kirjataan DMS:ssä omaksi projektiikseen ja jokaiselle työlle luodaan oma ID-numero. Keskeytyslaji merkitään, jotta seuraavissa vaiheissa nähdään, kenen omistamaan verkkoon keskeytys kohdistuu. Keskeytyslaji valitaan työn mukaan, joista kustakin aiheutuu erilaisia toimenpiteitä.

Keskeytyslajit

- Oman verkon suunniteltu keskeytys
Asiakkaalle on etukäteen ilmoitettu sähköjakelun keskeytyksestä. Jos keskeytysalue on odotettua laajempi, voi asiakas kärsiä siitä kj-verkon odottamattomana keskeytyksenä.
- Asiakkaan verkon suunniteltu keskeytys
Suunniteltu keskeytys, joka koskee vain tilaajaa. [14.]

Toisinaan kytkennät voidaan suorittaa ilman keskeytystä, joka ei aiheuta jännitekatkoa verkkoon esimerkiksi muuntamon lisääminen verkkoon. Verkon rengassyötön avulla saadaan sähkönsyöttö turvattu kuluttajalle toisen muuntopiirin avulla. Verkon jakorajojen muutoksia ja katkaisijoiden kytkentöjä voidaan suorittaa kaukokäytöllä, mutta käytännössä kaikilla muuntamoilla ei ole kaukokäyttöyhteyttä. Tällöin verkkoteknikko hoitaa kytkennät paikan päältä. Muuntamoiden kaukokäytettävyys on nykyisellään luokkaa 5 % noin 2 480:sta muuntamosta.

Tyypillisimpiä suunniteltujen keskijännitekeskeytyksien syitä ovat asiakasmuuntamoiden määräaikaishuollot, erilaiset koestukset, muuntamoautomaatioasennukset, kj-kaapelien siirrot, jatkamiset ja uudistukset sekä muuntamoiden lisäykset verkkoon.

Käyttökeskus hyväksyy kytkentätilauksen ja verkkoteknikot tekevät työhön keskeytys-suunnitelman käytöntukijärjestelmän avulla. Kytkentäohjelma askeletaan KTJ:ssä työn edetessä ja kytkennät suoritetaan käytönvalvontajärjestelmässä kaukokäyttönä. Ohjelmalla porrastetaan jokainen kytkennän osa erikseen, esimerkiksi muuntamon huolto. Käyttömestari toimii kytkennänjohtajana koko sj- tai kj -verkon kytkentätöiden ajan.

Kytkentäsuunnitelmassa tulee olla yhteyshenkilöt ja heidän yhteystietonsa, milloin työ tehdään ja mitä tehdään. Tämän avulla kaikki työn parissa työskentelevät henkilöt tietävät missä vaiheessa työtä ollaan menossa ja saavat tietoonsa vastaavat henkilöt työn eri osa-alueilla. Kaikilla työhön liittyvillä henkilöillä on keskeytysuunnitelma käytössään ja käyttömestari tukeutuu tähän kytkentöjä tehdessään kaukokäytöllä. Suunnitelmien tekemiseen on annettu tietyt standardit ja termit, joiden avulla vastaava käyttömestari suoriutuu tehtävästään ongelmitta. Yhtenäinen ja selkeä kytkentäohjelma auttaa myös verkolla työskenteleviä.

Urakoitsija suorittaa työaloituskytkennät ja rakentamistyön. Huollon jälkeen suoritetaan kytkennät päivittäisessä järjestyksessä taas porrastaen ja tehdään käyttöönotto-tarkastus. Työn lopuksi valmis työ luovutetaan rakennuttajalle.

5.2 Pienjänniteverkko

Suunniteltuja pienjännitekeskeytyksiä tilataan yksittäisiä liittymiä tai syöttävää keskusta varten, joka halutaan jännitteettömäksi suoritettavan työn ajaksi. Urakoitsija tiedottaa kaikkia asiakkaita etukäteen postitse ennen katkoa, joita sähkönjakelukatko koskettaa.

Keskeytystilauksen voi tehdä HSV:n internetsivuilla tai ottamalla yhteyttä liittymäpalveluihin puhelimitse. Tilaajan on jätettävä keskeytyspyyntö vähintään kahta arkipäivää aiemmin. Tällöin liittymäpalveluilla on aikaa käsitellä tilaus ja urakoitsija saa tiedon työstä tarpeeksi ajoissa.

Tilaus kirjataan käytöntukijärjestelmään, josta viedään projektin id-numero työnohjausjärjestelmään. Molempien tietojärjestelmien tietokannat ovat tällöin käytössä yhteisen tunnisteiden avulla. Urakoitsija saa kohde- ja tilaustiedot WebTcc:sta tai KTJ:stä sekä varmistuksen puhelimitse liittymäpalveluilta, minkä jälkeen urakoitsija on yhteydessä asiakkaaseen suunnitellun sähkönjakelukeskeytyksen yhteydessä.

Pienjännitekatkot tehdään erilaisten kytkinlaitteiden avulla kytkemällä tilattu liittymä jännitteettömäksi. Sähkönjakelukeskeytyksen jälkeen urakoitsija ilmoittaa käyttökeskukselle työn valmistumisesta. Urakoitsija kohdistaa laskutettavat työerät ja tarvikkeet työnohjaustietojärjestelmään työn numeron alle töiden edetessä ja laskuttaa alkuperäistä työn tilaajaa työn valmistuttua.

6 Käyttökeskuksen muut järjestelmät

Käyttökeskuksen ja käyttöhenkilöiden yhteydenpito tapahtuu pääasiassa lankapuhelien ja GSM-puhelien avulla. Käyttötilanteissa, joissa on mukana useita henkilöitä ja- tai ryhmiä kommunikointi tapahtuu tarvittaessa Tetra-puhelimilla. Tetra ja Virve toimivat normaalisti varajärjestelminä.

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) on ammattikäyttöön suunnattu digitaalinen puheradioverkko, joka mahdollistaa yhdensuuntaiset radiopuhelut sekä kahdensuuntaiset puhelut päätteiden välillä ja toimii myös monen radiopuhelimen ryhmäpuheluissa.

VIRVE on Suomen viranomaisradioverkko, joka perustuu Tetra:n tekniikkaan. Virve on koko maan kattava radioverkko ja se omaa hyvät suojaus- ja verkon datapalvelut.

7 Havaitut ongelmakohdat käyttökeskuksen ympäristössä

Insinöörityön edetessä ilmeni muutamia epäkohtia eri tietojärjestelmistä ja toimintatavoista, joille on syytä antaa ajatusarvoa kasvavan kehityksen kannalta. Puuttamalla havaittuihin puutteisiin luodaan toimivampi työympäristö ja toimintatapa, joilla vähennetään mekaanista työtä työntekijän kannalta ja nopeutetaan käyttökeskuksen toimintaa työtehtävissä.

7.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmän toimintaa tutkiessa ilmeni ongelmaksi hälytysten suuri lukumäärä. Hälytyksiä tulee KVJ:ään päivän aikana paljon ja pahimmassa tapauksessa osa hälytyksistä on luokittelemattomia. Häiriön aikana on tärkeää pystyä suodattamaan hälytystiedot näkyviin esimerkiksi tietyllä sähköasemalla, jonka johtolähdöllä häiriö tapahtuu.

Käytönvalvontajärjestelmän verkostolaskentaominaisuudella voidaan laskea nykytilanteen mukainen tehonjako, mutta sillä ei pystytä helposti ennakoimaan esimerkiksi kuormien muutoksia verkossa kahden päivän päästä. KVJ:än verkostolaskenta on tällä hetkellä käytössä ainoastaan englanninkielisenä. Kielituen puute voi laskea tai jopa estää laskentaominaisuuden tehokkaan käytön.

KVJ sisältää eroavaisuuksia merkintätavoissa ohjelman sisällä. Sähköasemien johtolähtösymbolit ja merkintätavat voivat vaihdella keskenään ja osassa lähdöistä puuttuu oleelliset tilatiedot. Symbolit voivat hämätä käyttäjää erilaisilla merkintätavoillaan, mikä hidastaa sujuvaa käyttöä. [15.]

Maasulkujen paikannusta ei ole vielä otettu käyttöön laajasti maakaapeliverkossa. Maasulun erilaisia paikannustekniikoita on jo olemassa ja niistä on hyviä kokemuksia avojohdoilla. Maakaapeliverkolla maasulkupaikannuksen on toimittava sekä maasta erotetussa että kompensoidussa verkossa. Haasteeksi muodostuu suuriresistanssiset ja katkeilevat maasulut, joita paikannuslaitteilla on vaikea havaita. Maakaapeliverkon maasulkupaikannus perustuu transienttien, harmonisten komponenttien ja pätökomponenttien havainnointiin. Ilmajohtoverkon maasulkujen paikantamiseen käytetään kulkuaaltoilmiöön perustuvaa tekniikkaa, maasulun transienttien mittausta ja perusaaltoa mitattavia menetelmiä, sekä maasulun resistanssi on pienempi kuin maakaapelilla.

Käytönvalvontajärjestelmässä on käytössä oikosulun etäisyysnäyttö, joka ilmoittaa vian vikapaikan etäisyyden sähköasemalta. Järjestelmää voidaan kehittää tarkemmaksi ja tehokkaammaksi.

7.2 Käytöntukijärjestelmä

Vikakirjauksia tehdessä käytöntukijärjestelmään ohjelma sisältää paljon täydennettäviä tekstilaatikoita ja vetovalikoita, jotka antavat lisätietoa työn sijainnista ja tiedoista. Kohteen paikka- tai asiakastiedot voivat jäädä täydentämättä käyttäjän huolimattomuuden tai epätietoisuuden vuoksi. Tämä hankaloittaa etsi-toimintoa käyttäessä, kun halutaan suodattaa tietyt tietokentät näkyviin työstä. [16.]

WebTcc on pelkistetty ohjelma, jossa töiden korjaus ja muokkaus on haasteellista. Ohjelma ei tallenna syötettyjä kohdetietoja ennen kuin käyttäjä on hyväksynyt työn, joka estää muun ohjelman käytön sillä hetkellä. Vikakirjauksien täyttöaste on käyttäjän vastuulla.

Käytöntukijärjestelmän päivitys aiheuttaa käyttökatkon ohjelmaan. Käyttökatkon aikana monipuolinen tieto sähköverkon toiminnoista vähenee. Ongelmia saattaa myös ilmantua uusien tietojärjestelmien päivitysten aikana. Eri tietojärjestelmien yhteydet pitää olla kunnossa sähkönjakelun käyttövarmuuden turvaamiseksi. [17.]

Sähköverkolla on lisääntyvä jakeluautomaation tarve pien- ja keskijänniteverkoissa. Vianilmaisimet ja kauko-ohjaukset muuntamoilla ovat suuremmassa roolissa nykypäivänä kuin aiemmin, joten muuntamo- ja asiakasautomaatiota tulee hyödyntää tehokkaasti. Pienjännitevikojen ilmoittaminen on tällä hetkellä asiakkaan vastuulla.

7.3 Muut tietojärjestelmät

Forum-tietojärjestelmän on käyttöliittymä epäselvä ja epävaka. Tietojärjestelmää on laajennettu vastaamaan eri toimialoja ja toimintoja, jotka on liitetty vanhan käyttöliittymän päälle. Tietojärjestelmä ei toimi yhtenäisesti ja joustavasti.

7.4 Puhelin ja yhteydenpito

Käyttökeskuksen yhteydenpitovälineet kaipaavat päivitystä. Pöytäpuhelin ja yhden numeron vastausmenetelmä on vanhanaikainen. Tällä hetkellä saapuvien puheluiden joukosta ei voi valita tiettyä numeroa vaan on vastattava ensimmäiseen.

7.5 Käytön toimintatavat

Käyttökeskuksella on käytössään erilaisia ohjeistuksia eri tilanteita varten, mutta esimerkiksi odotettavaa sääolosuhteiden äkillistä muutosta varten tulisi käyttää tehokkaammin tietojärjestelmien ja yhteistyökumppaneiden tietoja apuna. Sääolosuhteiden muutokset vaikuttavat lähinnä ilmajohto- ja ulkovalaistuverkkoihin. Häiriön aikana päätöksenteko ja kaikki käyttötoiminnot ovat käyttömestarin vastuulla.

8 Ongelmakohtien kehitys

Seuraavaksi esitellään erilaisia toimenpide- ja parannusehdotuksia, jotka liittyvät esitettyihin havaittuihin puutteisiin. Parannusehdotuksia esitetään tietojärjestelmistä, niiden käyttöympäristöstä ja toimintatavoista. Osa ehdotuksista on jo tulossa käyttöön tulevaisuudessa, mutta niitä on silti syytä pohtia jatkokehityksen kannalta.

8.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmän suuren hälytyslistauksen vuoksi kaikki vanhat ja uudet hälytysmallit on syytä luokitella tasojen mukaan. Suodatusominaisuuksia on syytä kehittää tärkeiden hälytysten ja häiriöiden varalle, jotta toiminta ja selkeys nousevat etusijalle.

KVJ:n verkostolaskentaominaisuus on varsin käyttökelpoinen tämän hetkisen verkkotilanteen laskentaan, mutta toivottavaa olisi hyödyntää laskentaa kuvitelluissa kytkentätilanteissa, jotka tapahtuvat tulevaisuudessa. Laskentamallia voitaisiin hyödyntää asetelemalla ohjelmaan esiasetettuja verkon kuormituksia esimerkiksi kesä- ja talviaikojen keskimääräiset kuormitukset tai yksittäisen voimalaitoksen kuorma täydessä tuotannossa ja voimalaitoksen kuorma huoltoseisokin aikana. Edellä asetetuilla arvoilla voidaan mallintaa raja-arvot, jotka voivat tulla kysymykseen kytkentöjä tehdessä tiettyinä kytkentäaikoina.

Verkostolaskenta on nykyisellään selkeä käyttää, mutta ominaisuus on ainoastaan englanninkielinen. Ohjelmaan voidaan teettää kielituki tai vaihtoehtoisesti koulutetaan henkilökuntaa enemmän käyttämään kaikkia ohjelman ominaisuuksia kielestä huolimatta. Koulutus on kokonaisuutena silti kannattavampi vaihtoehto, sillä se kehittää työntekijän kielitaitoa muitakin tilanteita varten. [15.]

KVJ:än symbolit on syytä olla yhteneväiset kaikkien asemien kesken. Kaikissa lähdoissa tulee olla yhtä paljon symboleita varman kytkentätilan varmistamiseksi. Sovellusta käyttävän yrityksen tulisi tehdä muutokset tietojärjestelmään itse.

Verkostoautomaation ansiosta maasulkuvian paikannus on mahdollista maasta erotetulla ja kompensoidulla verkolla. Maasulun paikannuslaitteisto on käytössä 10 kV:n muuntamoilla ja kompensoiduilla 20 kV:n sähköasemilla. Lisäämällä kauko-ohjattavia erottimia ja maasulun vikailmaisimia lisätään maasulun paikantamisesta saatavia hyötyjä. Maasulkuvian indikoinnit näkyvät käytönvalvontajärjestelmässä, jonka ansiosta vikapaikka voidaan rajata yhdessä kauko-ohjattavien erottimien kanssa aiempaa tehokkaammin ja tarkemmin tietyille erotinvälille.

Oikosulun etäisyyslaskenta on hyvä apuväline vikapaikkaa rajatessa kun ylivirran distanssi- ja indikointireleistä saadaan vikapaikan etäisyystieto käyttökeskukseen. Laskennallinen vikapaikka näkyy nykyisellään KVJ:än sähköaseman kiskostosta mitattuna. Käytöntukijärjestelmän verkkokartasta voidaan laskea etäisyys käyttämällä vikapaikan laskennallista etäisyyttä piirtämällä matka käsin seuraamalla johtolähtöä. Menetelmä on selvästi epätarkka ja lisää vian selvitykseen kuluva aikaa. Järjestelmien välillä on jo hyvä rajapinta, joten etäisyystieto olisi mahdollista siirtää KVJ:stä karttapohjalle. Vian selvitystä nopeuttaa jos vikapaikka esitetään kartalla automaattisesti. Karttapohjalla näkyvän vikapaikan ansiosta käyttökeskus voi nopeasti ohjata verkonkorjaajan oikealle muuntamolle. [18.]

Muuntamoautomaation rooli kasvaa koko ajan sähkönjakelutekniikassa, jossa isossa osassa vikailmaisimet ja erottimien kauko-ohjaukset. Oikosulku- ja maasulkuindikaattoreita tulee lisätä, jolloin vianerottaminen nopeutuu huomattavasti. Tekniikkaa voidaan kehittää automaattiseksi, jolloin esimerkiksi vikojen erottaminen terveestä verkosta tapahtuu automaattisesti tai ehdottaa käyttäjälle tehtäviä kytkentöjä, jonka jälkeen käyttäjä hyväksyy tai hylkää kytkennän.

8.2 Käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmän vikakirjauksille pitää luoda yhteinen toimintamalli, josta pidetään kiinni. Vaihtoehtoisesti käytöntukijärjestelmään voidaan asettaa pakollisia vetovavaliikoita, jotka pitää valita ennen kuin työ voidaan tallentaa tietokantaan. Pakolliset tunnukset helpottavat vanhojen töiden etsimistä tietokannasta, kun havaitaan heti yhteinen tekijä, esimerkiksi jakokaapin numero, jossa vian lähtö sijaitsee.

WebTcc:ssa on ominaisuus hakea asiakastietoja Helen:in asiakastietokannasta, joka sisältää asiakkaan yhteystiedot. Tietojärjestelmä rajoittuu pelkästään henkilöihin, joilla on voimassa oleva sopimus Helsingin Energian kanssa. Sovellusta voidaan jatko kehittää laajentamalla asiakastietojärjestelmän tietoja muista tietokannoista ja vastaamaan vikakeskuksen tarpeita paremmin tai siirrytään lopullisesti käyttämään käytöntukijärjestelmää kaikkiin kirjauksiin.

Suunniteltuja keskeytyksiä varten toivotaan älykästä tietolomaketta käytöntukijärjestelmään. Tietolomakkeeseen valitaan keskeytyksen kohde, jossa on esiasetettu osoite, muuntamon johtolähdöt ja käyttöhistoria. Kun luodaan uusi suunniteltu keskeytys valitulle muuntamolle, kaavakkeeseen ilmestyy automaattisesti perustiedot, jonka jälkeen täydennetään tulevan työn tiedot. Toista jää tieto muuntamon tietoihin ja käyttöhistoriasta saadaan nopeasti katsaus kohteeseen tehdyistä toimenpiteistä. [16.]

Käytöntukijärjestelmässä ja sen ympäristön tietokannoissa tapahtuu päivityksiä, jotka tuottavat toisinaan yhteensovitus ongelmia. KTJ on kytköksissä verkkotieto-, käytönvalvonta järjestelmien kanssa. Päällimmäisenä työaseman käyttöjärjestelmän sujuva toiminta käytöntukijärjestelmän kanssa on erittäin tärkeää. Yhteensovitus ongelmat selvitetään ja korjataan valmistajan kanssa.

Lisääntyvän pienjännitekuluttajan automaattisen mittarinluennan avulla saadaan kaikki kaukoluennan hyödyt. Tulevaisuudessa voidaan käyttää pienjänniteverkon vianselvityksessä myös automaatioon perustuvia mittauksia ja ilmaisimia, jonka AMR mahdollistaa. Mittarit lähettävät tietoa laatupoikkeamista, jännitteen alenemista ja sähkökatkoista. Pj-asiakkaan vianselvitys alkaa jo, ennen kuin asiakas on ehtinyt reagoida vikaan. Älykään mittaroinnin ansiosta verkkokäskylaite muuttuu tarpeettomaksi, sillä mittarin tariffia, aikasähköä ja monia muita ominaisuuksia voidaan ohjata AMR:n avulla.

8.3 Muut tietojärjestelmät

Forum-asiakastietojärjestelmää tulisi kehittää toimivammaksi kokonaisuudeksi. Ohjelmassa olisi hyvä olla erillään sovelluksen peruskomponentit, jotka riittävät lähinnä kytkentätilan ja asiakastietojen tarkasteluun ja näin ohjelman käyttö pysyisi kevyenä ja selkeänä.

8.4 Puhelin ja yhteydenpito

Puhelinjärjestelmässä on aika siirtyä langattomaan aikakauteen. Käyttömestari tarvitsee kummatkin kädet käyttöönsä kytkentöjä tehdessä tehokasta käyttöä varten. Kuulokemikrofoni varustettuna vastausnapilla kytkettynä vastausjärjestelmään antaa käyttäjälle vapautta työpisteen ympäristössä ja lyhentää vastausaikaa. Käyttökeskus on saamassa käyttöönsä puhelinohjelmiston, joka näyttää ruudulla saapuvat puhelut. Ohjelmasta voidaan priorisoida saapuvat puhelut ja valita puhelu, johon halutaan vastata ensiksi. [17.]

8.5 Käytön toimintatavat

Paremmen muuntamoautomaation avulla voidaan seurata muuntamon komponenttien tiloja ja mittaustietoja. Tietojen avulla suoritetaan ennakoivia huoltoja tai varaudutaan mahdollisiin vikaantumisiin. Käyttökeskus saa tietoa tulevista myrskyistä ilmatieteenlaitoksesta, mikä otetaan huomioon päivystysvahvuutta suunniteltaessa. Varautuminen koskee lähinnä ilmajohto- ja ulkovalaistusverkkoa. Yhteistyökumppaneiden ennakkotiedot tulee hyödyntää ja ottaa aikaisempaa tehokkaammin huomioon.

Automaation lisääntyessä käytönvalvontajärjestelmä voisi auttaa käyttömestaria päätöksenteossa tai suorittaa palautuskytkentöjä itsenäisesti. Tämä edellyttää täydellistä muuntamoiden kauko-ohjausta. [15.]

Eri yksiköiden välistä yhteistyötä ja varsinkin tiedonkulkua tulisi kehittää joustavan työn teon mahdollistamaksi. Usein tieto kulkee hyvin yksikön sisällä, mutta yhteistyökumppanit saavat tiedon viimeisenä. [17.]

Käyttömestari voi tarpeen tullen tukeutua varatutumissuunnitelmiin. Käyttökeskus voi käyttää PI- tai käytönvalvontajärjestelmän historiatietoja häiriön aikana, esimerkiksi kun muuntaja tippuu verkosta. Järjestelmällä voidaan myös etukäteen mallintaa tilanne.

9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä oli tarkoituksena käyttökeskuksen tietojärjestelmien kartoittaminen ja käyttö vianselvityksessä. Työn alussa kuvattiin eri tietojärjestelmät, ja mikä niiden käyttöaste on käyttökeskuksessa eri käyttötilanteissa. Lukijalle selvitettiin erilaisia sähköjakeluverkon häiriöitä ja eri sähköverkon vikatyypin perusteet aiheuttajittain, vikaprosessin kokonaiskuvan hahmottamista varten.

Tiedossa oli ohjelmien suuri määrä ja yhteensopivuusongelmista kasvanut työn määrä. Tietojärjestelmiin tehdään jatkuvasti päivityksiä ja sovellusten käyttövarmuus on turvattu muutoksista huolimatta. Käytön estyminen voi hidastaa tai jopa estää sujuvan sähköjakeluverkon häiriön selvittämistä. Haastatteluista ilmeni tietojärjestelmissä piilevät yleisimmät ongelmat ja käyttöön liittyviä pulmia. Esitellyt kehitysehdotukset ovat lähinnä parannuksia tietojärjestelmien tehokkaampaan käyttöön. Pienillä ohjelmistomuutoksilla ja käyttöohjeistuksilla saadaan vianselvitykseen kuluva aika supistettua.

Vikaprosessissa on esitetty sähköjakeluverkon yleisimmät häiriöt eri jännitetasoilla ja kuinka niitä vastaan varaudutaan. Maasta erotetussa maakaapeliverkossa on omanlaisia varautumistapoja ja suojausmenetelmiä verrattuna perinteiseen avoverkkoon. Maakaapeliverkko luo käyttövarman sähköjakelun, mutta vikapaikat voivat joskus olla haastavia löytää. Muuntamoautomaation ja tehokkaan työryhmän kanssa käyttökeskus rajaa sähköverkon vian nopeasti irti verkosta ja palauttaa sähköverkkoon normaalin tilan.

Tulevaisuudessa oikosulku- ja maasulkupaikantimet ja vikatyypin suunnannäyttäjät tulevat lisääntymään. Kehittyvän verkostoautomaation avulla voidaan selvittää sähköjakeluverkon häiriöitä tehokkaasti niin pienjänniteverkossa kuin keskijänniteverkossa. Hälytykset saapuvat automaattisesti käytönvalvontajärjestelmään ja siten käyttökeskus pystyy reagoimaan nopeasti verkolla tapahtuviin muutoksiin.

Tietojärjestelmien tehokas käyttö ja yhteistyökumppaneiden hyvä yhteistyö luo hyvän pohjan suorittaa keskeytyksien suunnittelua ja toteutuksia. Sulautuvat tietokannat ja laajat tietokannat lisäävät selkeyttä työntiedoista ja kohdepaikasta. Tavoitteena on lisätä älyä ja erilaisia paikkatietoja jo työn tilaukseen.

Kehityskohteet ovat pääosin tietojärjestelmien kehitykseen ja muuntamoautomaation lisääntymiseen liittyviä asioita, mutta tärkeintä on myös pitää henkilökunta ajan tasalla uuden tekniikan lisääntyessä. Selkeät toimintatavat käyttökeskuksessa kuin myös yhteistyökumppaneiden välillä selkeyttävät työn kuvaa ja tehostavat ajankäyttöä.

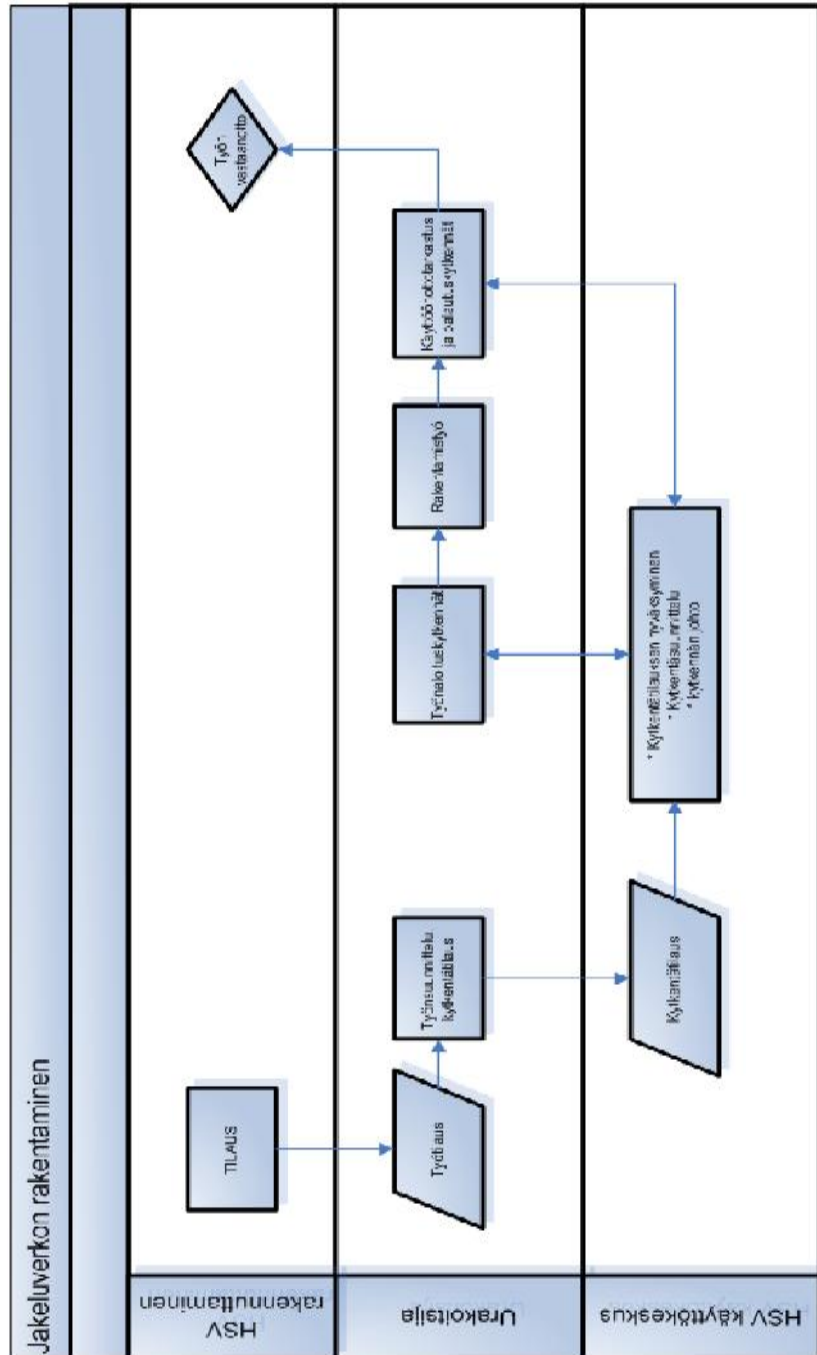
Nykyisellään käyttökeskuksen tietojärjestelmät mahdollistavat tehokkaan verkon käytön, mutta tilannetta voi aina parantaa. Tässä työssä on esitetty yleisimpiä vikaantumisen syitä ja niihin varautumista eri toimintatavoin. Viallisen jakeluverkon korjaaminen vaatii käyttäjältä jatkuvaa kiinnostusta pitää tietotaito ajan tasalla ja pyrkiä tietojärjestelmien tehokkaaseen käyttöön.

Lähteet

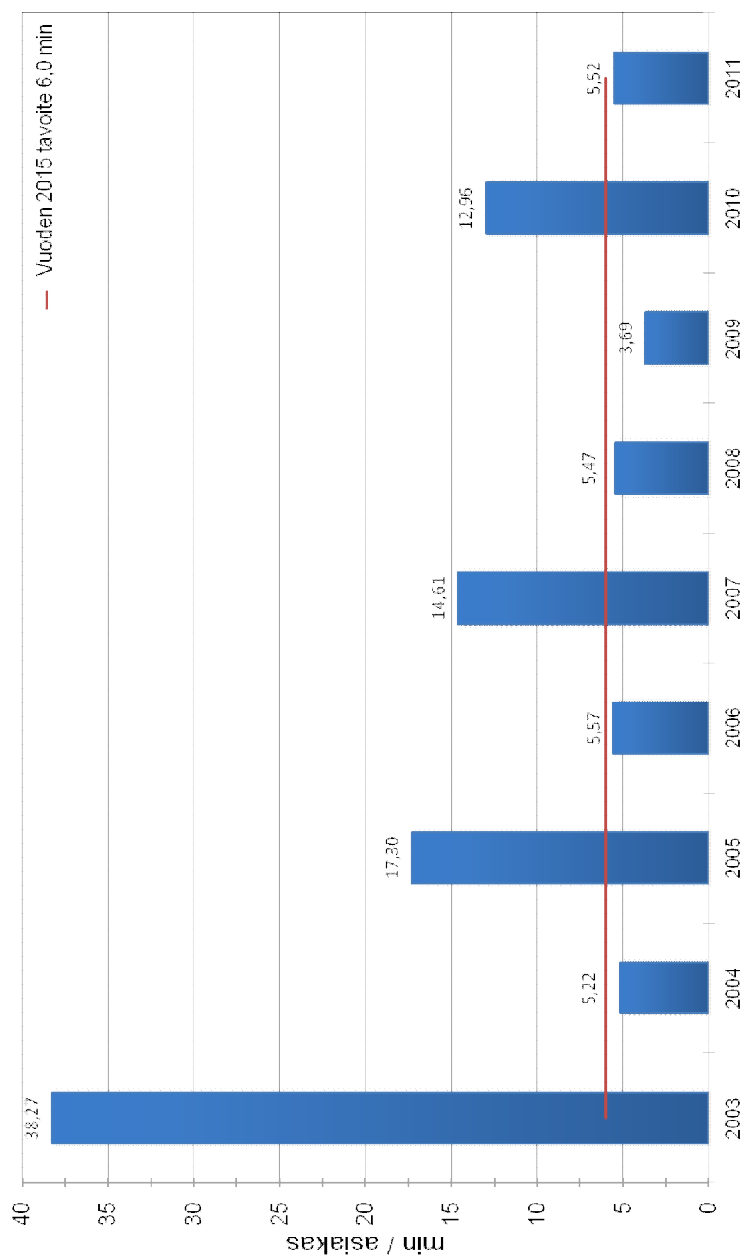
- 1 Helsingin Energian liiketoimintaorganisaatio. Verkkodokumentti. Helsingin Energia. <<http://www.helen.fi/yritys/organisaatio.html>> Luettu 23.9.2011
- 2 Helen Sähköverkko Oy:n organisaatio 9.11.2011. Sisäinen verkkodokumentti. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 3 Helen Sähköverkko Oy:n yritysesitys 15.6.2011. Sisäinen dokumentti. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 4 Toiminta käyttökeskuksessa. 24.1.2011. Sisäinen dokumentti. Mika Huttu. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 5 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Haka-paino.
- 6 Oksanen, Aki. 2012. Vastaava käyttömestari. PI-järjestelmä. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 11.1.2012.
- 7 HeadPower työnohjaus: verkkoyhtiö, käyttöohje. Sisäinen verkkodokumentti. HeadPower Oy, Espoo.
- 8 Sähkötakat ja jakelun keskeytys. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <<http://www.energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkat-ja-jakelun-keskeytykset>> Luettu 7.10.2011
- 9 Häiriöyhteenvedot 23.1.2012. Sisäinen dokumentti. Pakarinen Kirsi. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 10 Seip, s. Günther, Wiley, John & Son Electrical Installation Handbook. 2000. Berlin
- 11 Vikalajit vuositasonalla 20.12.2011. Sisäinen dokumentti. Huttu Mika. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 12 ABB TTT – käsikirja. Verkkodokumentti. Abb Oy. Luettu 23.11.
- 13 Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 1993. Sähkölaitostekniikka. Porvoo: WSOY.
- 14 Keskeytysten käsittely 20.5.2008. Sisäinen dokumentti. Vepsäläinen Jukka. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.
- 15 Rita, Toni. Vastaava käyttömestari. Käyttökeskuksen tietojärjestelmät. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 20.1.2012.

- 16 Vepsäläinen, Jukka. Kunnossapitoinsinööri. Käyttökeskuksen tietojärjestelmät. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 24.1.2012.
- 17 Repetti, Niko. Käyttöinsinööri. Käyttökeskuksen tietojärjestelmät. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 20.1.2012.
- 18 Luukkonen, Jyri. Vastaava käyttömestari. Käyttökeskuksen tietojärjestelmät. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki. Haastattelu 24.1.2012.
- 19 Käyttökeskuksen ajankohtaista muistio 15.9.2011. Sisäinen dokumentti. Huttu Mika. Helen Sähköverkko Oy, Helsinki.

Liite 1. Kytkenätilausten käsittely rakentamiskohteissa [19]



Liite 2. Keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kestoaika [9]

T-Saidi_{ep} vuosina 2003 - 2011

Energialainvoimassa olevat tilastot vuodesta 2003 vuodesta alkaen.