



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SCADA-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ JA HYÖDYNTÄMINEN

Jonne Kirstua

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

KIRSTUA, JONNE:
SCADA-järjestelmän käyttö ja hyödyntäminen

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Marraskuu 2018

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ja perehdytään, kuinka TAKK:n sähköverkossa käytetään SCADA-järjestelmää. Tarkoituksena on kehittää harjoitus, jota pystytään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti osana sähkövoimatekniikan opintoja. Lisäksi opinnäytetyössä on tarkoitus perehdyttää harjoitustyön avulla, mitä käytönvalvojan tehtäviin kuuluu ja kuinka niitä hoidetaan yhteistyössä asentajaryhmän kanssa.

Opinnäytetyö käsittelee SCADA-järjestelmän käyttöä ja kuinka sitä käytetään siirtoverkolle. Siirtoverkon muiden komponenttien toimintoja tarkastellaan, jotta saadaan tarpeeksi laaja käsitys, kuinka SCADA-järjestelmää hyödyntäen, nähdään suojauslaitteiston toiminta näiden laitteiden kanssa. Tampereen ammattikorkeakoulun laboratorioharjoituksissa ei pääse tutustumaan siirtoverkkoon kovinkaan hyvin, joten työ nähtiin ajankohtaiseksi, jotta koulutusta pystytään kehittämään eteenpäin.

Lopputuloksena koottiin käytännönläheinen suunnitelma TAKK:n kentän hyödyntämiseksi Tamk:n harjoitustyönä. Harjoitustyössä opiskelija pääsee tutustumaan käytönvalvojan tehtäviin, sekä suunnittelemaan olemassa olevaan verkkoon kytkentäsuunnitelmaa. Kytkentäsuunnitelma tehdään Trimble-NIS ohjelmaa hyödyntäen, jotta opiskelija pääsee pohtimaan parhainta mahdollista toteutus vaihtoehtoa esim. muuntajan vaihdolle. Harjoituksessa opiskelija valitsee sopivan muuntopiirin ja tekee siihen muuntajan vaihtoon sopivan kytkentäsuunnitelman. Työ on tarkoitus toteuttaa siten, että mahdollisimman vähän asuntoja jää ilman sähköä ja mahdollisuuksien mukaisesti mikään toinen muuntaja ei puolestaan ylikuormitu liikaa, liian pitkäksi aikaa. Näiden harjoitusten johdosta opiskelija pääsee lähemmäs käytännön harjoittelua myös voimajohtojen parissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

KIRSTUA JONNE:
Utilization of Scada program

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 0 pages
November 2018

The aim of this thesis was to observe and research how to use SCADA system in TAKKs electrical grid. Meaning of this thesis was to improve exercises, which can be used in the school laboratory course. One of the most important process was to observe how the SCADA system can facilitate easier to control electrical grid. The thesis, also explains the importance of SCADA and its advantages. Furthermore, the SCADA system can be used with normal electrical grid protection system.

Students acquire knowledge about being a supervisor of an electrical grid system. It is important to know how other components work so it is easier to understand how SCADA system works with them. The electrical laboratory course gives students basic skills so there is not enough information and practical exercises. For this reason, this thesis is very important to improve teaching materials.

Final result was a great plan to use TAKKs electrical grid in TAMKs laboratory course. Students can learn how to become an overseer, and how to plan new coupling plan for TAKKs electrical grid. Students can also make the new coupling plan in Trimble NIS program. This exercise compels students to pick some transformer and make plan how to replace it without large power cuts. One important thing is that you can not overload the different transformer. In these exercises students can get more training and improve their skills in power grid systems.

Key words: scada, transformer circle, practical work, takk

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SCADA JÄRESTELMÄ	7
2.1	SCADA Hyödyntäminen	8
2.2	Käytön tukijärjestelmä	9
3	NETCONTROL 3000	10
3.1	Ominaisuudet	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
3.1.1	Tietojen hankinta.....	11
3.1.2	Hälytykset ja tapahtuman valvonta	11
3.1.3	Prosessikaaviot.....	12
3.1.4	Tietovarastojärjestelmä	13
3.1.5	Rakenne.....	10
4	TAKK:N sähköverkkomalli	14
4.1	Sähköverkkomallin komponentit.....	14
4.1.1	Linjaerotin NPS 14b ABB.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
4.1.2	Erotin.....	14
4.1.3	Katkaisija.....	15
4.1.4	Virtamuuntaja.....	16
4.1.5	Puistomuuntamo.....	17
5	TYÖTURVALLISUUS.....	18
5.1	Jännitteettömyyden toteaminen	19
5.1.1	Jännitteettömänä työskentely	19
5.1.2	Täydellinen erottaminen.....	19
5.1.3	Jännitteen kytkemisen estäminen.....	20
5.1.4	Työmaadoittaminen.....	20
5.2	Jännitteenkoettimen toiminta	21
5.3	Turvallisuusohje.....	22
5.3.1	Perehdytys ja opastus	22
5.3.2	Suojavarusteet	23
5.3.3	Työaikainen sähkötyöturvallisuuden valvonta.....	24
6	TAKK: N KENTÄN HARJOITUSKYTKENTÄ	25
6.1	Harjoitustyö	25
6.2	Työn aloittaminen	26
6.3	KytKentäsuunnitelma	27
6.4	Toteutusvaihe.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
6.5	Työn lopettaminen	30

LÄHTEET.....	34
--------------	----

LYHENTEET

DMS	Distribution Management system, käyttötukijärjestelmä
SCADA	Supervisory Control and data acquisition
TAKK	Tampereen aikuiskoulutuskeskus
Tamk	Tampereen ammattikorkeakoulu
UPS	Uninterruptible Power Supply. Katkeamaton sähkönsyöttö

1 JOHDANTO

Sähköverkon vaatimukset kasvavat kokoajan ja nykyään verkolta vaaditaan luotettavaa toimintaa jokaisessa tilanteessa. Sähköä on pystyttävä siirtämään kuluttajalle mahdollisimman luotettavasti ja mahdollisimman lyhyillä katkoilla. Tähän lopputulokseen voidaan päästä, kun verkko ja sen automatisointi suunnitellaan riittävän hyvin.

Verkon suojauksen apuna käytettävä SCADA-järjestelmä on vuosien saatossa kehittynyt paljon eteenpäin. Nykyään sen avulla nähdään verkon jokaisen suojalaitteen toiminta, joten verkolla oleva vika pystytään paikantamaan ja huoltamaan mahdollisimman nopeasti.

Opinnäytetyö nähtiin tarpeelliseksi, koska opetuksessa olisi hyvä päästä näkemään, miten verkkoa käytännössä valvotaan ja kuinka sen huoltotoimenpiteitä toteutetaan maastossa. Näin saadaan harjoitustöihin myös hieman lisää, käytännön näkemystä asioihin.

Opinnäytetyössä perehdytään, mitä hyötyjä SCADA-järjestelmästä on verkon suojauksen kannalta ja miten SCADA toimii osana muuta verkon suojausta. Opinnäytetyössä käydään myös läpi, mitä standardeja tarvitsee ottaa huomioon, kun suunnitellaan harjoitustyötä olemassa olevaan TAKK:n harjoituskentälle. Opinnäytetyön lopussa perehdytään käytönvalvojan tehtäviin.

2 SCADA JÄRESTELMÄ

SCADA- järjestelmien (Supervisory Control and data acquisition) tarkoitus on valvoa ja ohjata verkolla olevia suojalaitteita etänä, jotta asentajan ei tarvitse käydä palauttamassa jokaista relettä paikan päällä. SCADA- järjestelmä auttaa pitämään verkon tilanteen ajan tasalla ja käyttäjä tietää välittömästi, jos suojalaite on jostain lauennut. Yleisimmät käyttökohteet ovat sähkönjakelussa, kaasunjakelussa, jäteveden käsittelyssä sekä erityyppisissä valmistustehtävissä. Näissä tyypillisesti tarvitaan erittäin tarkkaa sekä huolellista ohjausta. Varsinkin energian siirrossa katkot ovat hyvinkin todennäköisiä jo pelkästään katkenneista oksista johtuvan maasulun vuoksi. Asiakkaat on pidettävä tyytyväisenä, joten katkot olisi syytä havaita valvomolla mahdollisimman nopeasti. Katkot saadaan pysymään todella lyhyinä, koska järjestelmää käyttäen voidaan kytkinlaitteita hallita helpokäyttöisesti etäohjauksella. (Satel n.d)

SCADA- järjestelmän näkymä ja käyttö tarvitsevat suunnitella laadukkaasti, jotta käyttäjän on helppo nähdä ohjelmasta mahdolliset viat ja ohjelman käyttäminen on tarpeeksi selkeää. Eräs sovelluksen tarjoaja lupaa käyttäjän näkymään äänimerkin, mikäli verkolla tai laitteistoissa sattuu jotain poikkeavaa, joten ohjelmaa voi muokata helposti omien tarpeiden mukaisesti.

Verkolla olevien kauko-ohjain laitteiden tila päivittyy SCADA- järjestelmään automaattisesti. Käsien ohjattavien laitteiden tilatiedot on kuitenkin päivitettävä järjestelmään manuaalisesti. Kauko-ohjaustoiminnoilla voidaan ohjata verkon kytkinlaitteita tarpeen vaatiessa, joko päälle tai pois. Kaukoasettelulla pystytään asettelemaan releen tai kytkinlaitteen asetteluarvoja. Tällä pystytään hyvin reagoimaan verkossa tapahtuviin muutoksiin. (Lakervi & Partanen 2009)

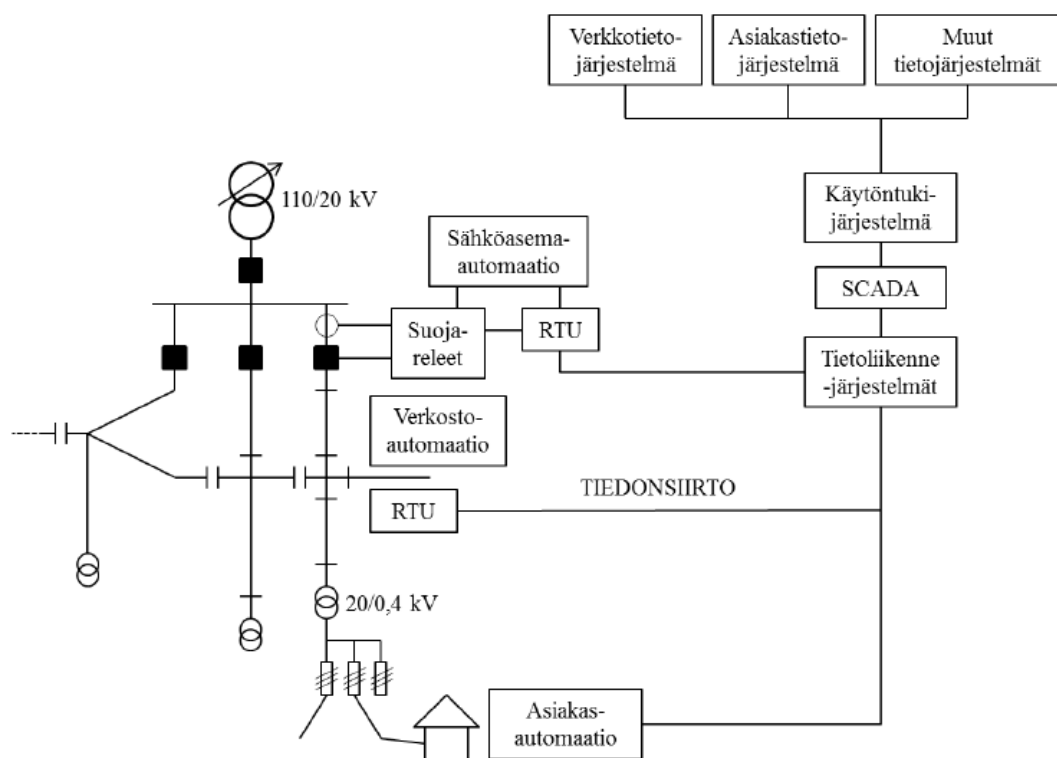
SCADA- järjestelmien etäkäytettävyys lisää kuitenkin hieman järjestelmän turvallisuusriskejä, koska laitteiden suojaustasoon tarvitsee kiinnittää erityistä huomiota. Vuonna 2012 sattuneessa tapahtumassa oli SCADA- järjestelmän suojaus jätetty huolimattomalle tasolle, josta tuli huomattava tietoturvariski. Tapauksesta uutisoitiin ja nykyään kyseisten järjestelmien suojaukseen on kiinnitetty yhä enemmän huomiota, jottei vastaavaa tapahtumaa sattuisi toista kertaa. Ulkopuolisten pääsy esimerkiksi ydinvoimalan järjestelmään saattaa aiheuttaa mittavia ongelmia.

2.1 SCADA Hyödyntäminen

Käytönvalvontajärjestelmä SCADA:n päätehtävänä on jakeluverkkojen reaaliaikainen valvonta. Tärkeimpiä tehtäviä ovat:

- tapahtumatietojen hallitseminen
- verkolla tapahtuvien kytkentätilanteiden hallinta
- kauko-ohjaukset
- kaukomittaukset
- kaukoasettelut
- raportointi

Kuvassa 1 on esitetty, kuinka SCADA-järjestelmää hyödynnetään jakeluverkkoautomaatiossa. SCADA-järjestelmää pystytään käyttämään tehokkaasti, kun se ei valvo verkkoa yksin vaan sen rinnalla toimii verkkotieto-, asiakastieto- ja käytöntukijärjestelmät



KUVA 1. Sähkönjakeluautomaation toimintatasot (Lakervi & Partanen 2009:233.)

SCADA on tietojärjestelmä, johon sisältyy varmennetut tietokoneet, sovellukset käyttöliittymät ja liittymiset olemassa olevaan tiedonsiirtojärjestelmään. SCADAN tarkoitus on toimia sähkönjakelun reaaliaikaisena valvontatietokoneena, jonka avulla käyttäjän on mahdollista saada ajankohtaista tietoa verkon prosessista ja tarvittaessa toteuttaa verkon vaatimia toimenpiteitä. Verkon ylläpitäminen ja toimintojen reaaliaikainen seuraaminen asettaa järjestelmälle korkeat luotettavuusvaatimukset. Järjestelmän pitää pystyä toimimaan luotettavasti, vaikka jakeluverkon muilla laitteilla ilmenee ongelmia. Tällaisia vikoja voivat olla esimerkiksi pitkään johtunut maasulku, joka katkaisee käyttäjältä sähköt ja niiden aiheuttamat tietoliikenne yhteyksien häiriöt. Tästä syystä SCADA- järjestelmän tietokoneet ovat kahdennettuja. Toisen koneen vikaantuessa järjestelmään pystytään valvomaan toisella koneella. Tietokoneet ovat varustettu UPS- järjestelmällä, joka takaa laitteille pitkän toiminta-ajan, vaikka muuten järjestelmällä olisi sähkökatkos.

(Lakervi & Partanen 2009:236.)

2.2 Käytön tukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmä DMS (Distribution Management system) on SCADA järjestelmän tukena käytettävä älykäs päätöksenteko-ohjelma, jonka avulla pystytään tekemään monipuolisia päättelytoimintoja. Käytöntukijärjestelmän isoin ero SCADA- järjestelmään on se, että siinä on huomattavasti paljon enemmän älyä. DMS ei kuitenkaan pysty toimimaan yksin vaan tarvitsee aina rinnalleen SCADA:n, jotta se onnistuu ohjaamaan prosessin vaativaa toimintaa ja keräämään samalla tietoa käynnissä olevasta prosessista. DMS:n avulla pystytään mm. paikantamaan keskijänniteverkolla tapahtunut oikosulku.

(Miettinen Diplomityö).

3 NETCONTROL 3000

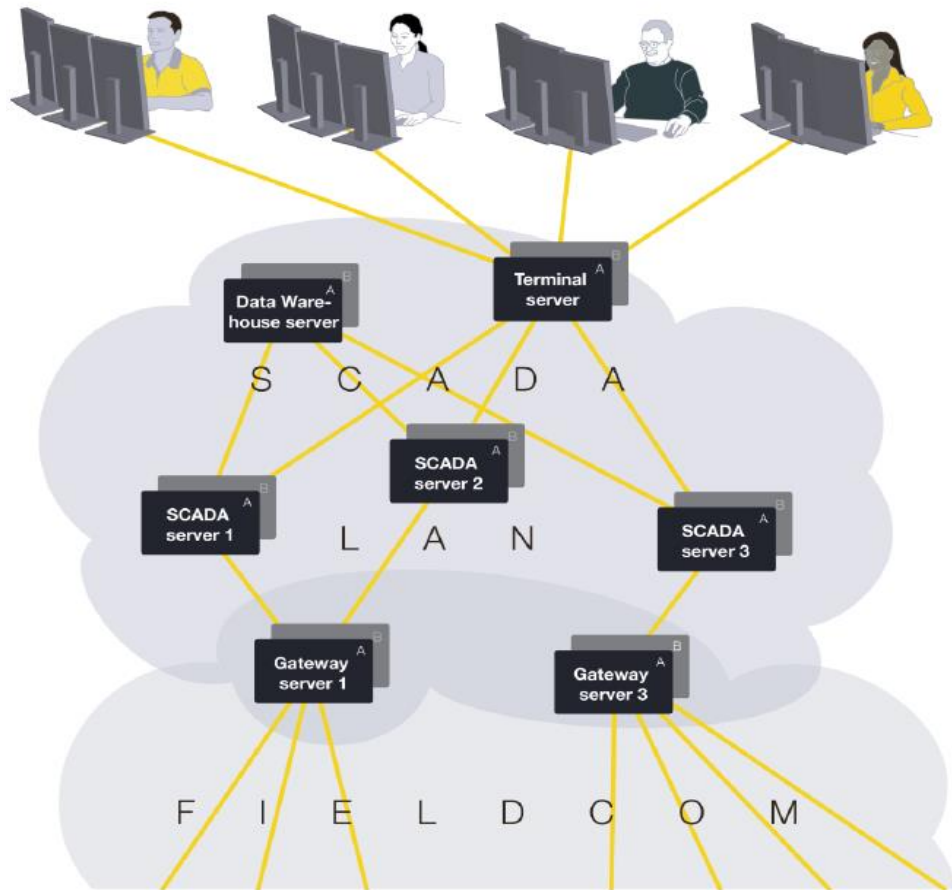
Netcon 3000 on täysin reaaliajassa toimiva sovelluspaketti, jonka avulla voidaan tuoda kaikki tieto verkon tilanteesta. Netcon 3000 sisältää kaikki tarvittavat ominaisuudet, jota tarvitaan korkeaan käytettävyyteen ja turvallisuuteen. Kaikki Scada järjestelmän palvelut voidaan kahdentaa (duplicated). Järjestelmän skaalautuvuuden takia voidaan olemassa olevaa järjestelmää päivittää.(Netcontrol Oy 2016)

3.1 Rakenne

Netcon 3000 toiminnot voidaan jaotella palveluiksi, jotka käsittelevät eri fyysisiä ja virtuaalisia palvelimia. Tällainen rakenne mahdollistaa järjestelmän skaalautuvan laajuuden ja tekee siitä vaatimuksien mukaisen. Tärkeimmät palvelut, jotka Netcontrol 3000 sisältää ovat:

- SCADA palvelu
- DWH (data warehouse) palvelu
- GW palvelu

SCADA- järjestelmä toimii omana palveluna, joka toimii reaaliajassa näyttäen prosessin tilanteen. DWH palvelut tallentavat historiatietoja, jotta järjestelmä voi tehdä tarvittaessa raporttia aikaisemmasta tapahtumasta. GW:n tarkoitus on kommunikoida prosessissa vaadittavien laitteiden kanssa. GW serverit voivat joskus sisältää palomuurin, reitittimen tai jonkun muun kommunikointi sovelluksen. Alla olevassa kuvassa on esitetty tyypillisen netcon 3000- järjestelmän topologia eli rakennekuva.(Netcontrol Oy 2016)



KUVA 2 Esimerkki Netcon 3000 topologiasta .(Netcontrol Oy 2016).

3.2 Tietojen hankinta

Käyttämällä NFE(The Netcontrol software used for communication with remote terminals), Netcon 3000 tietokone voidaan yhdistää sähköasemien nykyisiin suurimpiin osiin laitteista. Netcon 3000 pystytään myös yhdistämään prosesseihin, koska jokaiset digitaaliset ja analogiset arvot saavat aikaleiman, jolla voidaan taata niiden laatu ja paikannus. (Netcontrol prosyyri)

3.3 Hälytykset ja tapahtuman valvonta

Kaikki datapisteet voidaan konfiguroida aiheuttamaan hälytyksen tai tapahtuman. Analogisille tiedoille voidaan asettaa kynnystieto, jonka jälkeen ohjelma suorittaa hälytyksen tai toimenpiteen

Netcon 3000 hälytys ja tapahtumamikrot ovat ergonomisesti suunniteltu, jotta käyttäjää voidaan varoittaa nopeasti ongelman sattuessa. Käyttäjä voi kuitenkin suodatustoimintojen avulla poistaa ennenaikaiset hälytykset. Hälytyksien selvittämisen nopeutta helpottaa se, että toimintasuunnitelmat voidaan lokeroida erillisiin toimintoihin riippuen hälytyksen laadusta ja kiireellisyydestä riippuen. Kaikki hälytykset ovat automaattisesti aikaleimattu ja ne ovat samanaikaisesti käytössä kaikilla asiakassovelluksilla. (Netcontrol prosyyri s.5)

3.4 Prosessikaaviot

Netcon 3000 sisältää työtilassa piirto-ohjelman, joka sisältää työkaluja ja toimintoja, joilla voidaan piirtää korkealaatuisia kaavioita helpottamaan kommunikointia. Työtilassa pystytään rakentamaan prosessikaavioita, joissa voidaan esittää sähköasemalla olevia laitteita ja kuinka ne on yhdistetty toisiinsa. Datapisteitä voidaan yhdistää symbolien ominaisuuksien avulla, jotta voidaan luoda animoituja kaavioita, jotka edustavat prosessin nykyistä tilaa. Kuvassa 2 on esitetty Netcontrol paneelin asemakuva verkon tilanteesta.



KUVA 2. Asemakaavanäkymä Netcontrollin paneelissa

3.5 Tietovarastojärjestelmä

Netcontrol 3000 tietojärjestelmään tallennetut tiedot ovat saatavilla online esityksille ja mahdolliseen vientiin ulkopuolelle. Aikaisempia tietoja voidaan esittää erilaisilla tavoilla. Suodatusten avulla tapahtuma kohdasta voidaan suodattaa ja lajitella tapahtumia, jotta käyttäjän on helpompi analysoida tapahtumia. Netcon 3000:n REPO teknologia voi tuoda aikaisempia tietoja tai niiden osia ja luoda niistä raportteja.(Netcontrol Oy 2016)

4 TAKK:N SÄHKÖVERKKOMALLI

TAKK:n kentälle on mallinnettu siirtoverkko, jossa pystytään näkemään, mitä toimenpiteitä vaaditaan, jotta saadaan verkon tietty osa kytkettyä jännitteettömäksi. TAKK järjestelee myös koulutuksia verkostoasentajille kyseisellä kentällä. Joten kentän käyttö on hyvin monipuolista.

4.1 Sähköverkkomallin komponentit

Sähköverkkoon sisältyy paljon muutakin, kuin pelkkää johtoa. Jotta verkosta saadaan mahdollisimman toimiva ja helppohuoltoinen, on verkolle asennettava erilaisia komponentteja. Seuraavissa kappaleissa on esitelty muutaman TAKK:n kentältä löytyvän komponentin käyttötarkoitus.

4.1.1 Erotin

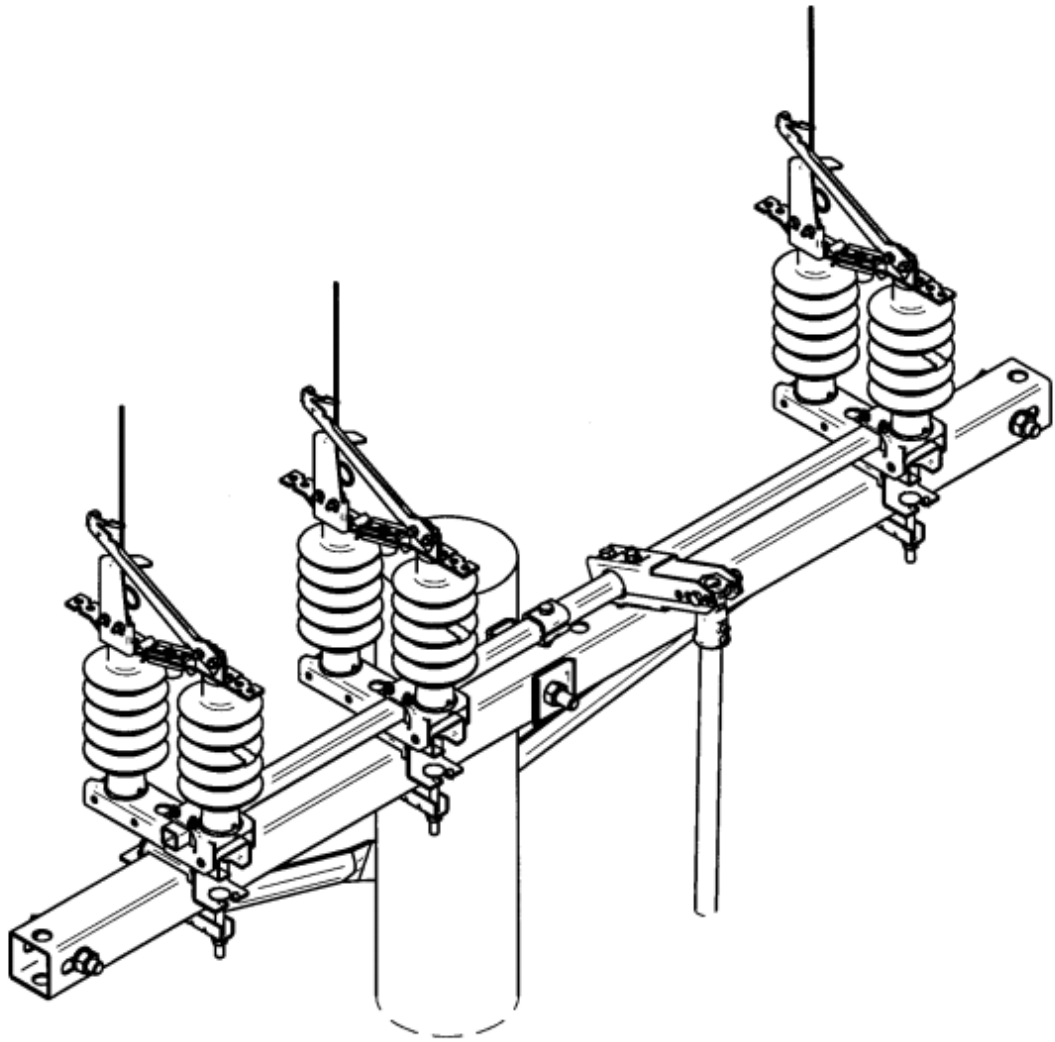
Erotin on mekaanisesti toimiva suojalaite, jonka avulla pystytään tekemään kohteeseen luotettava erotusväli, jotta kohde saadaan jännitteettömäksi. Kun erotin on kiinni, sen jännitteen- ja virrankesto pitää suunnitella siten, että se pystyy kuljettamaan kuormitus- sekä oikosulkuvirran. Erottimella ei kuitenkaan saa katkaista virrallista johtoa.

Erottimelta vaadittavia ominaisuuksia ovat

- Erotin pitää pystyä lukitsemaan, jotta sen vaaraa aiheuttava käyttö pystytään estämään mahdollisimman luotettavasti.
- Erottimessa pitää olla selvästi havaittavissa oleva avausväli tai luotettava mekaanisesti rakennettu asennonosoitus
- Erottimen avausvälin jännitteenkestolujuuden on oltava suurempi kuin sen ympäröivän eristyksen suuruus.

Tyypillisesti jakeluverkolla esiintyviä erotinmalleja ovat kuormanerotin, muuntajaerotin, linjaerotin ja maadoituserotin.

(Siemens sähkönsiirto)



KUVA 2. TAKK:n kentällä käytettävä linjaerotin NPs 24B (ABB asennusohje)

4.1.2 Katkaisija

Katkaisijan tehtävänä ovat nimensä mukaisesti katkaista virran kulku eteenpäin ja erottaa kuorma. Katkaisija pystyy toimimaan rikkoutumatta, vaikka vikatilanteessa sen läpi kulkeva virta on moninkertainen katkaisijan nimellisvirtaan nähden.

Katkaisijan tyypillisiä ohjaustapoja ovat joko automaatti- tai käsiohjaus moottorin avulla. Jos käytössä on automaatti, tulee katkaisijalle ohjetieto olemassa olevan suojarleen kautta. Suojarele täytyy yhdistää mittamuuntajaan, koska suojarle ei kestä yhtä suuria virtoja katkaisijan kanssa.

Katkaisijan katkaisutapahtuman vaiheet

- Kontaktorien kärjet liikkuvat etäämmäksi, jolloin kärkien ylimenovastus kasvaa
- Kärjissä vaikuttava tehohäviö kasvaa alla olevan kaavan mukaisesti

$$P = I^2 \cdot R, \quad (1)$$

Jossa P on kytkennässä vaikuttava tehohäviö, I on virtapiirissä menevä virta ja R on kärkien vastus.

- Kärjet rupeavat lämpenemään, joka johtaa koskettimien sulamiseen
 - Metalli höyrystyy ja aiheuttaa kärkien välille valokaaren
 - Koskettimien välin kasvaessa lähtee valokaari kulkeutumaan ilman läpi toiseen kärkeen
 - Valokaaren sammuttaminen
- (Katkaisutapahtuma pdf)

4.1.3 Virtamuuntaja

Virtamuuntajia käytetään verkolla, jotta saadaan helposti liitettyä mittauksiin ja valvontaan liittyvät komponentit osaksi suurjänniteverkkoa. Virtamuuntaja muuntaa verkon virran riittävän pieneksi releille ja mittareille.

Virtamuuntajan nimellistaakka ilmoittaa muuntajan kuormitettavuuden. Nimellistaakka on suurin kuormitusimpedanssi, jolla muuntajaa voidaan kuormittaa sen pysyessä vielä tarkkuusluokassa. Taakka muodostuu toisioon kytketyistä mittalaitteista ja kaapeleista.

Virtamuuntajan taakan kasvaessa alkaa muuntajan sydän kyllästyä. Kyllästymistä tapahtuu mittaussydämellä. Virtamuuntajan sydämen kyllästymisellä suojataan mittalaitteita, koska vikatilanteissa virran voimakas kasvu saattaa pahimmassa tapauksessa rikkoa perässä olevan laitteiston.

4.1.4 Puistomuuntamo

TAKK:n kentälle tulevaan TUOMI nimiseen muuntajaan tulee 20kV syöttö. Muuntajassa oleva ensiöpuoli pidetään aina jännitteisenä, joten muuntajalla työskentely vaatii erityistä huolellisuutta. Muuntajalta syötetään koko TAKK: kenttää.



KUVA 4. TAKK:lla oleva TUOMI puistomuuntamo

5 TYÖTURVALLISUUS

Sähköverkolla tapahtuvat tapaturmat voidaan jaotella kahteen päätapaturmaan. Ne ovat sähköiskutapaturma ja valokaaritapaturmiin. Nämä tapaturmat ovat molemmat likimain yhtä yleisiä.(Sähköala,sähköturvallisuus)

Jotta sähköalalla voi työskennellä, on asentajalla oltava ammattitaitovaatimusten lisäksi ajan tasalla olevat tiedot sähkötyöturvallisuudesta. Jotta asentaja on aina ajan tasalla, olisi sähkötyöturvallisuuskoulutus uusittava viiden vuoden välein.(Sähköala,sähköturvallisuus)

Oikea sähkötyöturvallisuus muodostuu vaatimusten mukaisista työskentelytavoista, työvälineistä, suojavarusteista sekä asentajan oikeasta asenteesta työturvallisuutta kohtaan. Jotta päästään mahdollisimman hyvään lopputulokseen, edellyttää se selkeää vastuiden tunnistamista ja näistä vastuista huolehtimista.(Sähköala,sähköturvallisuus)

Sähkötöiden johtajan sekä käytön johtajan on tunnettava päivitetty ja voimassa oleva sähköturvallisuutta koskevat vaatimukset sekä ylläpidettävä ammattitaitoa. Käytön johtajana toimiminen vaatii hyväksytysti suoritettua sähköpätevyys yksi tutkinnon sekä:

- a) Soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon, sähkövoima-alan insinöörin tai sähkövoima-alan teknikon tutkinnon; ja
- b) ammatillisen tutkinnon jälkeen minimissään kahden vuoden mittaisen riittävän laajan sähkötöiden johtamiseen perehdyttävän työkokemuksen, josta vähintään vuosi on kerrytetty yli 1000 voltin vaihtojännitteen tai yli 1500 voltin tasajännitteen parissa.

(Finlex laki)

5.1 Jännitteettömyyden toteaminen

Eräs tärkeimpiä sähkötyöturvallisuutta ylläpitävä työskentelytapa on jännitteettömyyden toteaminen. Se lisää huomattavasti työskentelyturvallisuutta ja sen noudattaminen vähentää huomattavasti tapaturmien määrää.

5.1.1 Jännitteettömänä työskentely

Kun työkohde on tarkkaan määritelty, on sille tehtävä viisi tärkeää toimenpidettä. Ne on tehtävä alla olevassa järjestyksessä, ellei ole perusteltuja syitä toimia jollain muulla tavalla. Tärkeimmät toimenpiteet ovat:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- työmaadoittaminen
- suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta.

Jokaisen työhön osallistuvan henkilön pitää olla ammattitaitoinen, opastettu, tai ammattihenkilön valvoma (SFS 6002,25).

5.1.2 Täydellinen erottaminen

Se osa sähkölaitteistoa missä työ aiotaan tehdä, on erotettava kaikista siihen tulevista syöttöistä. Erottaminen pitää tehdä käyttäen ilmapäliä tai vastaavaa eristystä, jolla varmistetaan, ettei erotuskohta voi pettää sähköisesti(SFS 6002, 25).

Kansallisena lisävaatimuksena kuitenkin on, että jos työkohde on jännitteetön vian tai muun syyn kuin erottamisen takia, työkohdetta ei voida pitää jännitteettömänä vaan siihen on suhtauduttava vastaavalla tavalla kuin jännitteiseen osaan (SFS 6002, 25).

Jos jännitteen kytkeminen voi tapahtua monesta suunnasta, on pidettävä huolta, että jännite ei pääse kulkeutumaan esim. rinnankytkettyjen muuntajien, varavoimalaitteiston tai aurinkosähkölaitteiston kautta työpisteeseen (SFS 6002, 25).

Työkohde on erotettava käyttöjännitteestä erottimella, erotuskytkimellä, poistamalla sulakkeet, erottamiseen soveltuvalla katkaisijalla, vikavirtasuojalla tai muulla luotettavalla tavalla (SFS 6002, 25).

5.1.3 Jännitteen kytkemisen estäminen

Kaikki sähkölaitteiston erottamiseen jännitteettömänä työskentelyä varten käytetyt kytkinlaitteet pitää varmistaa, että uudelleen kytkeminen ei ole mahdollista. Varmin tapa on laittaa lukko kyseiseen lähtöön, mutta mikäli lukon saaminen on mahdotonta, pitää käyttää vastaavia vakiintuneen käytännön mukaista toimenpidettä uudelleen kytkennän estämiseksi. Jos käytetään kauko-ohjauslaitteita estämään uudelleen kytkentä, laitteiden paikalliskäyttö pitää estää.

Kansallisia lisävaatimuksena on, että jännitteen kytkeminen työkohteeseen estetään poistamalla sulakkeet, avaamalla erottamiseen käytetty kytkinlaite ja lukitsemalla sen sijaintitila tai jakeluverkoissa, joissa käytetään kauko-ohjausta, voidaan käyttää luotettavaa kauko-ohjauksen estoa.

(SFS 6002, 26)

5.1.4 Työmaadoittaminen

Suurjännitelaitteistoissa pitää työmaadoittaa kaikki osat, joissa työskennellään. Työmaadoituslaitteet pitää ensin kytkeä maadoituspisteeseen ja vasta tämän jälkeen maadoitettaviin osiin. Laitteiden poistaminen tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä.

Työmaadoituslaitteiden pitää olla aina nähtävissä työpisteeltä. Jos tämä ei ole mahdollista on työmaadoitus asennettava niin lähelle työpistettä kuin mahdollista.

Työmaadoitusvälineiden on täytettävä standardin SFS-EN61219 tai SFS-EN 61230 vaatimukset.

Kaikissa tapauksissa on varmistettava, että työmaadoituslaitteiden yhdistämiseen käytettävät kaapelit ja liittimet ovat tarkoituksenmukaisia ja sopivia käyttökohteen vikavirtojen arvoihin.

Työmaadoitusvälineiden luotettava kiinnipysyminen työn aikana on varmistettava. Jos mittauksen aikana työmaadoitus irrotetaan, on ryhdyttävä tarvittaviin lisätoimenpiteisiin, jotta kohteen turvallisuus pystytään takaamaan (Turvallisuusopas pdf)

5.2 Jännitteenkoettimen toiminta

Jännitteisten osien läheisyydessä toimiminen aiheuttaa väärällä käytöllä hengenvaaran, joten jännitteenkoetinta saa käyttää ainoastaan tehtävään opastettu henkilö tai sähköalan ammattilainen. Tästäkin huolimatta jokainen koetin on hieman erilainen, joten siihen pitää perehtyä huolella ennen toimenpiteen aloittamista. Ohjeistus auttaa mittaamaan jännitteen oikein sekä antaa tietoa, kuinka jännite saadaan mitattua turvallisesti. Jännitteenkoetin on aina ennen mittauksia tarkistettava, jotta saadaan luotettava tulos eikä se aiheuta kenellekään hengenvaaraa.

TAKK:lla on käytössä TAG 220 mallinen jännitteenkoetin, joka toimii yhdellä 9 voltin 6LR61 paristolla. Paristot on vaihdettava säännöllisesti, jotta vältetään paristojen napojen hapettuminen, sekä saadaan luotettava mittaustulos. Ennen mittauksia paristojen testaamisen lisäksi on testattava, että mittari on silmämääräisesti kunnossa. Kun mittari on testattu silmämääräisesti pitää se muistaa myös tarkistaa mittaamalla. TAG 220:ssa on testauspainike ja mittari ilmaisevat jännitteen LED-valoilla sekä äänimerkillä. Laitteen toiminta mukautuu automaattisesti jännitealueeseen, mikäli jännite on välillä 3-80 kV. Kuvassa kolme on esitetty TAG 220 jännitteenkoetin.

(Stalskog, jännitteenkoetin)



KUVA 4. TAG 220 jännitteenkoetin

5.3 Turvallisuusohje

TAKK:n kentälle on tehty turvallisuusohje, jota noudattamalla vältetään tapaturmilta. Sen avulla kaikille on selvää, mitä kentällä saa tehdä ja kuka on vastuussa jos mistäkin. Turvallisuusohje on käytävä kaikkien kanssa läpi ennen harjoitustyön aloittamista.

5.3.1 Perehdytys ja opastus

Ennen harjoitusten alkamista nimetään kirjallisesti, kuka tulee toimimaan työaikaisena sähkötyöturvallisuuden valvojana. Tämän vastuulla on perehdyttää henkilöt sähkökentän kytkentätilanteeseen, josta pystytään arvioimaan mahdolliset työtehtäviin liittyvät työturvallisuusriskit. (Jaana Harjun pdf)

Verkon jännitteiset ja jännitteettömät osiot on varmistettava aina mittaamalla ja mittarin toiminta pitää olla varmistettu ennen kentällä käytäviä mittauksia. Käytönjohtajan on hyväksyttävä kirjallinen kytkentäohjelma ennakoon ennen mittauksia.

Työkohde pitää työmaadoittaa kirjallisten ohjeiden mukaisesti, jonka jälkeen jännitteetön verkon osa pitää muistaa lukita ja merkitä ”älä kytke työ käynnissä” lapuin. Muistetaan tarkastaa ennen työharjoituksia, että erottimien, pylväiden kytkimien ja työvälineiden

kunto on asianmukainen silmämääräisesti, mikäli ilmenee vikoja tai puutteita, niistä on heti ilmoitettava vastuuhenkilölle.

Mikäli joudutaan kiipeämään pylvääseen, on varmistettava pylvään kunto. Ensimmäiseksi koputellaan vasaralla pylvääseen, jotta voidaan varmistua, että pylväs ei ole laho. Tämän jälkeen testataan, että pylväs pysyy pystyssä vetämällä vaijeria käsin. Tällä toimenpiteellä voidaan todeta haruksien olevan tarpeeksi kireät. Viimeisenä varmistuksena kaivetaan hieman maata pois pylvään juuresta, josta voidaan varmistaa, että pylvään tyvi ei ole mennyt poikki. (SFS 6002 30)

Mikäli pylväästä löytyy yksi keltainen merkintänauha n.1.5m korkeudelta maasta, on pylväs tuettava ennen siihen kiipeämistä. Hyväksyttäviä tuenta menetelmiä ovat mm. tilapäiset harukset kolmelta eri suunnalta tai tuenta kaivinkoneella. Jos pylvääseen on laitettu kaksi keltaista merkkinauhaa n.1,5m korkeuteen, pylvääseen ei saa kiivetä vaan työ on tehtävä nostokorista.(SFS 6002 30)

Kun työ on saatu valmiiksi, on kaikille henkilöille, joita ei enää tarvita, ilmoitettava työ päättyneeksi eikä työn tekeminen ole enää sallittua. Kaikki työnteon aikana käytetyt työvälineet ja kojeet on poistettava. Vasta näiden toimien jälkeen voidaan aloittaa toimenpiteet, jännitteen kytkemiseksi takaisin. (SFS 6002 30)

Kaikki työalueella olevat suojalaitteet pitää poistaa. Kaikki kytkennässä käytetyt lukot sekä mahdolliset kilvet, joita käytettiin työn aikana pitää myös poistaa. Kun on poistettu joku toimenpiteistä, pitää laitteistoa käsitellä siten kuin se olisi jännitteellinen. Kun työsuoritukselta vastaava henkilö on varmistunut siitä, että työ on valmis ja siihen voidaan kytkeä jännite, hänen tulee tehdä ilmoitus käyttöä valvovalle henkilölle. (SFS 6002 30)

5.3.2 Suojavarusteet

Kaikissa sähkökentällä tapahtuvissa harjoituksissa käytetään aina suojakypärää, turvajalkineita ja asianmukaista suojavaatetusta. Ennen harjoituksen aloittamista tarkistetaan suojavälineiden asiallinen kunto silmämääräisesti, mikäli varusteissa havaitaan puutteita tai se on viallinen, vaihdetaan se ehjään. Viallisesta suojavarusteesta pitää tehdä ilmoitus TAKK:n vastuuhenkilölle.

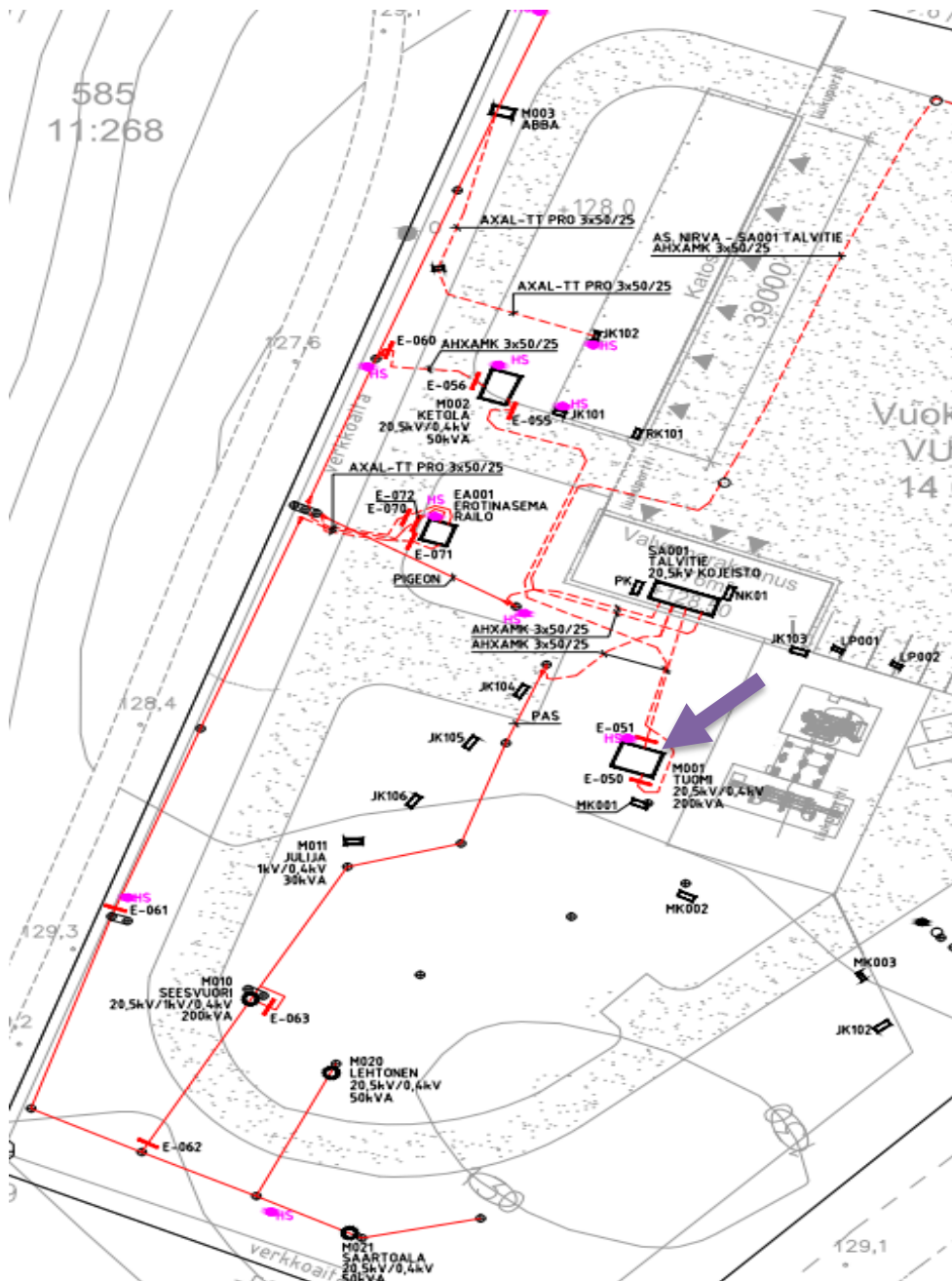
5.3.3 Työaikainen sähkötyöturvallisuuden valvonta

Ennen töiden aloittamista on kentän valvojan käytävä ryhmän kanssa läpi turvallisuusohje ja huolehtia, että jokainen paikallaoleva noudattaa ohjetta harjoitusten aikana. Kun turvallisuusohje on käyty läpi antaa valvoja luvan työn aloittamiselle ja töiden päätyttyä myös sen lopettamiselle. Tarpeen vaatiessa valvoja on velvollinen myös keskeyttämään työnteon, mikäli tilanne sen vaatii. Valvojan on oltava koko harjoituksen ajan läsnä. Mikäli valvoja joutuu jostain syystä lähtemään, joutuu hän nimeämään tilapäisen vastuuhenkilön itsensä tilalle.

6 TAKK: N KENTÄN HARJOITUSKYTKENTÄ

6.1 Harjoitustyö

TAKK:n kentällä on tarkoitus tehdä harjoitustyö, jonka tarkoituksena on saada M021 Saartoalan muuntaja jännitteettömäksi, jotta siellä voidaan suorittaa mahdolliset huolto- toimenpiteet. Kuvassa 5 on esitetty TAKK:n kentän 20 kV- linjan maastokartta ja työn aloituspiste.



KUVA5. TAKK:n verkon maastokartta (Jaana Harjun pdf)

Harjoitustyön tarkoituksena on perehdyttää oppilaat käytönvalvojan tehtäviin ja antaa kokonaiskuva, kuinka asentajat kentällä toimivat käytönvalvojien kanssa yhteistyössä. Harjoitustyössä sekä käytönvalvoja ryhmällä sekä asentajaryhmältä löytyvät radiopuhelimet, joiden avulla on helppo kommunikoida kentän tapahtumista.

Asentajaryhmän tarkoituksena on kulkea maastossa toteamassa jännitteettömyys ja varmistaa, että haluttu alue saadaan jännitteettömäksi. Ryhmän on työskenneltävä huolellisesti, koska ensimmäiseen testattavaan muuntajaan tulee 20 kv jännite. Ryhmän asennustarvikkeet, sekä koettimien toiminta on testattava ennen kentälle siirtymistä, jotta niihin voi täydellisesti luottaa.

Käytönvalvojaryhmä puolestaan perehdytetään, kuinka käytönvalvoja toimii mittauksien aikana. Ryhmä näkee SCADA- näytöltä kaiken mitä maastossa tapahtuu. Joten ryhmä on koko ajan tietoinen, mikä katkaisija on auki ja jos verkolla tulee vikatilanne, näkyy sekin suoraan näytöltä. Ryhmien välinen kommunikointi on tarkoitus toteuttaa radiopuhelinten välityksellä, jotta tilanteesta saataisiin mahdollisimman todenmukainen. Kommunikointi on erittäin tärkeää ryhmien välillä, jotta vältetään mahdollisilta epäselvyyksiltä.

6.2 Työn aloittaminen

Työ aloitetaan käymällä ensin perehdytys läpi, joka sisältää kentällä liikkumisen ja toimimisen turvallisesti sekä perehdyttää jokaisen ryhmän jäsenen omaan tehtäväänsä. Perehdytyksen jälkeen testataan kytkennässä tarvittavien laitteiden toimivuus ja aloitetaan kytkentäsuunnitelman noudattaminen. Työ etenee aloittamalla Tuomi muuntamon jännitteen testauksella, josta edetään suunnitelman mukaisesti kohti huoltoa tarvitsevaa Saartoalan muuntamo.

6.3 KytKentäsuunnitelma

KytKentäsuunnitelma on suunnitelma siitä mitä ollaan tekemässä ja kuinka se aiotaan toteuttaa. Suunnitelmassa on kerrottu, millaisella aikataululla työ aiotaan toteuttaa ja syy mahdolliselle keskeytykselle. KytKentäsuunnitelmasta käy ilmi, kuka on suunnitellut ja kuka on tarkastanut. KytKentäsuunnitelman tekeminen helpottaa paikan päällä tehtävää työtä ja siinä kerrotaan tarkka järjestys, kuinka huoltotyöt aiotaan toteuttaa ja kuka on tekemässä mitäkin vaihetta.

TAKK:n sähkökentälle on tehty harjoitusta varten kytKentäsuunnitelma, jossa kerrotaan työn tavoitteesta, mitkä ovat työn vaiheet ja missä järjestyksessä ne aiotaan toteuttaa. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty TAKK:n kentän kytKentäsuunnitelma.

Perustiedot

ID	
Nimi	Pylväsmuuntamon M021 Saartoala muuntajan vaihto. Työkeskeytys koskee myös M020 Lehtonen. Muuntajassa ei ole muuntajaerotinta.
Versionumero	KJ 20 kV
Keskeytyslaji	XX.XX.2018 klo XX
Suunniteltu alkamisaika	XX.XX.2018 klo XX
Suunniteltu päättymisaika	
Kuvaus	Pylväsmuuntaja M021 Saartoalan muuntaja 50 kVA suurennetaan 100 kVA:n. Tehdään 20 kV työkeskeytys
Suunnittelija	Jaana Harju puhelin 044 7906 610
Tarkastaja	Jaana Harju puhelin 044 7906 610
Muokattu	11.6.2018

Kytkenämääräys

Kytkenän johtaja	Käytön valvoja XXXXX ja puhelin XXX
-------------------------	-------------------------------------

Toimeksiannot

Kuvaus	Yhtiö ja nimi	Rooli	GSM
	TAKK Jaana Harju	Käytön johtaja	0447906610
		Työn tilaaja	
		Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja	
		Työryhmän jäsen	
		Valmisteluluvan myöntäjä	

Suunnitellut toimenpiteet

Nro	Aika ja tekijä	Toimenpiteet	Osoite
1		Testaa 20KV JÄNNITE, 20 kV JÄNNITTEENKOETTIMELLA (opastus ja perehdytys!)	M001 TUOMI E-050
2		TARKASTA EROTIN M001 TUOMI E-050 ON KIINNI	M001 TUOMI

KUVA6. Kytkenäsuunnitelman ensimmäinen osa (Jaana Harjun Pdf materiaali)

3	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS AVAA SA001 TALVITIE J03 KATKAISIJA	TALVITIE SA
4		M001 TUOMI E-051 EROTIN KIINNI	M001 TUOMI
5	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS AVAA SA001 TALVITIE J02 KATKAISIJA	SA001 TALVITIE
6	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS AVAA SA001 TALVITIE J04 KATKAISIJA	SA001 TALVITIE
7	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS AVAA SA001 TALVITIE J05KATKAISIJA	SA001 TALVITIE
8		AVAA LINJAEROTIN E-062 AUKI ASENNA LUKKO JA LAPPU	LINJAEROTIN E-062
9	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS KATKAISIJAN SA001 TALVITIE J03 KATKAISIJA KIINNI	SA001 TALVITIE
10	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS KATKAISIJAN SA001 TALVITIE J04 KATKAISIJA KIINNI	SA001 TALVITIE
11		M002 KETOLA EROTIN E-055 KIINNI	M002 KETOLA
12		TARKISTA M002 KETOLA EROTIN E-056 AUKI	M002 KETOLA
13		TARKISTA EROTIN E-060 KIINNI	E-060
14	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS SULJE RAILO EA001 E-071 KIINNI	EA001 RAILO
15	KÄYTÖNVALVOJA	KÄYTTÖKESKUS SULJE RAILO EA001 E-072 KIINNI	EA001 RAILO
16		AVAA LINJA EROTIN E-0-61 ASETA LUKKO JA LAPPU	E-061
17		TOTEA JÄNNITTEETTÖMYYS JA ASENNA SIIRRETTÄVÄT TYÖMAADOITUKSET	M021 SAARTOALA
18		ALOITA TYÖT	M021 SAARTOALA

KUVA7. KytKentäsuunnitelman toinen osa (Jaana Harjun Pdf materiaali)

Kuten suunnitelmasta nähdään, on työlle ensin nimettävä vastuuhenkilöt ja työryhmän jäsenet. Perehdytyksen jälkeen työ toteutetaan noudattamalla kytKentäsuunnitelman jo-
kaista kohtaa. Suunnitelmassa on hyvin selkeästi esitetty, mitkä ovat käytönvalvojan teh-
tävät ja mitkä osat kuuluvat maastossa kulkevalle asentajaryhmälle.

6.4 Työn lopettaminen

Kun korjaustyöt on suoritettu ja tarkastettu, voi käytönjohtaja antaa luvan sähköjen palautukselle kyseiseen pisteeseen. Työn palautus tehdään kytkentäsuunnitelman mukaisesti, mutta päinvastaisessa järjestyksessä.

Kaikki työalueella olevat maadoitus- ja suojalaitteet pitää poistaa. Poistaminen aloitetaan työalueesta ja edetään järjestyksessä pois päin, poistaen samalla kaikki mahdolliset käytössä olleet lukot tai käynnistykseen estävät laitteet.

(SFS 6002 30)

Kun laitteistosta on poistettu, joku edellä olevista toimenpiteistä, on laitteistoa käsiteltävä siten kuin se olisi jännitteinen.

(SFS 6002 30)

Kun työsuorituksista vastuussa oleva henkilö on varmistunut, työn valmistumisesta ja siitä, että työkohteeseen voidaan kytkeä jännite, on hänen tehtävä ilmoitus käytönvalvojalle. Tämä ilmoitus pitää sisällään tiedon, työkohteen valmistumisesta, sekä laitteisto voidaan kytkeä jännitteiseksi. Mikäli työtä on suorittamassa useita ryhmiä, työmaadoituksen saa poistaa vain yhden koko työaluetta valvovan henkilön luvan myöntämänä.

(SFS 6002 30)

7 HARJOITUSTYÖN RUNKO TAMK:lla

Tamk:n harjoitustyössä oppilaan olisi tarkoitus valita Trimble-NIS ohjelmaa hyödyntäen olemassa olevasta verkosta muuntopiiri ja suunnitella sille kytkentäsuunnitelma. Suunnitelmassa tulisi ottaa huomioon, missä osassa verkkoa mahdollisesti huoltotoimenpiteitä tehdään ja kuinka kyseinen verkon osa saadaan jännitteettömäksi. Työssä tulisi myös ottaa huomioon, että välttyttäisiin mahdollisimman laajalta sähkökatkokselta, varsinkin sellaisissa verkon osissa, johon huoltotoimenpiteet eivät pitäisi vaikuttaa.

Jos työssä päädytään tekemään huoltotöitä päämuuntajalle, on otettava huomioon mille muuntajalle kyseinen kuorma voidaan siirtää, jotta vältytään ylikuormittamasta uutta muuntajaa. Sekä mahdollisimman vähän asuntoja jäisi ilman sähköä.

Harjoitustyö on hyvä aloittaa tutkimalla TAKK:n kentälle tehtyä kytkentäsuunnitelmaa ja perehtyä, mitä kytkentäsuunnitelmassa pitää olla mainittuna. Kytkentäsuunnitelmaa varten kannattaa laatia mahdollisimman selkeä pohja, johon on helppo täyttää sovitut tiedot, sekä toimenpiteet. Suunnitelmassa pitää mainita hyvin selkeästi, mitä ollaan tekemässä ja missä, jotta vältytään mahdollisilta sekaannuksilta.

Muuntopiiri kannattaa aluksi valita, vaikka Teiskon alueelta, jotta suunnitelman tekeminen pysyy mahdollisimman yksinkertaisena. Alla olevassa kuvassa on esitetty muuntopiiri keskustan alueelta, josta pystytään havainnollistamaan, että yhdelle muuntajalle voi tulla kaapeleita monestakin eri suunnasta.



KUVA X. Muuntopiiri keskustan alueelta.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella toimiva harjoitustyö olemassa olevaan verkkoon, jotta saataisiin koulutusta laajennettua käytännönläheisempään suuntaan. Tutkielman mukaan kyseinen harjoitustyö olisi mahdollista toteuttaa yhteistyössä TAKK:n kanssa. Työssä on tarkoitus perehdyttää opiskelija käytönvalvojan tehtäviin, sekä saada kokemusta kentällä työskentelystä, kuten jännitteettömyyden toteamisesta.

Työssä tutustuttiin SCADA- järjestelmään ja kuinka se toimii osana muuta suojauslaitteistoa verkolla. Työssä perehdytetään ensin turvallisuusoppaaseen ja kuinka kentällä toimitaan turvallisesti. Perehdytyksessä käydään läpi harjoitustyön kytkentäsuunnitelma, jossa selviää mitä tehdään missäkin vaiheessa ja kuka kyseisen työtehtävän toteuttaa.

Työ on tarkoitus järjestää yhden päivän mittaisena osana sähköjakeluverkko kurssia.

LÄHTEET

ABB.2000-03 pdf. Ladattu 20.05.2018
www.abb.com/mediumvoltage

Finlex.2010.Laki

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100351>

Harju,J. Perehdytys ja turvallisuus pdf. Ladattu 20.05.2018

Harju, J. Turvallisuusopas.2018.Ladattu.20.5.2018.

Lakervi & Partanen 2009, Sähkönjakelutekniikka. 3. painos. Otatieto-sarja.

Miettinen, J Sähköverkkojen käytöntuki- ja käytönvalvontajärjestelmien käyttöönotto. Kandityö.2011.

Netcontrol Oy.2016.Netcon 3000 Product description. Ladattu 24.4.2018

SFS-EN 6002.2015. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Sähköllyöturvallisuus.3.painos

Satel. N.d. Luotettavaa toimintakriittistä tiedonsiirtoa.
<https://www.satel.com/fi/sovellukset/scada/>

SFS-EN 6001.2015. . Suomen Standardisoimisliitto SFS. Suurjännitesähköasennukset.4.painos

Siemens. 2017. Katkaisijat.

http://www.siemens.fi/fi/energy/sahkon_siirto/suurjannitetuotteet.htm, luettu 20.09.2018

Stalskog jännitteenkoetin Tag220. Luettu 22.09.2018
<http://www.stalskog.se/page438.aspx>

Sähköala.Sähköturvallisuus. Luettu 15.09.2018
http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Sahkotyoturvallisuus/fi_FI/Sahkotyoturvallisuus
Liite 1. Otsikko