

LUT

Sähkötekniikka

BL30A1104 Laboratory Course in Electrical Power Engineering

RAPORTTI

11.02.2022

Laboratoriotyö**Verkostosuunnittelu ja omaisuudenhallinta 1.5 op**

	En- nakkotehtävä	Laboratorio- työskentely	Raportti	Kokonais- arvosana
0523399 Aleksandr Haapalainen				
0498110 Janne Riikonen				

Mitattu:

Palautettu:

Palautettu katsottavaksi/korjattavaksi: _____

Hyväksytty: _____

Tarkastaja: _____

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Ennakkotehtävät	3
1.1	Sähkönjakeluverkon kehittämisen haasteet	3
1.2	Nykytilan määrittämisen tavoitteet ja osatehtävät	4
1.3	Taustatietojen ja tietojärjestelmien rooli	5
1.4	Keskijännitejohtolähdön kehittämistekniikat	5
2.	Laboratorio-osuus	8
2.1	Sähkötekniinen tilanne	8
2.2	Sähkön laatu ja toimitusvarmuus	8
2.3	Mekaaninen kunto	9
3.	Tulosten analysointi	10
3.1	Tehonjakolaskenta	10
3.2	Vikavirtalaskenta	10
3.3	Sähköautojen ja aurinkotuotantolaitosten vaikutus jakeluverkkoon	13
4.	Palaute	14
	Lähteet	15

1. ENNAKKOTEHTÄVÄT

1.1 Sähkönjakeluverkon kehittämisen haasteet

Sähköverkkoliiketoiminta on valvottua luonnollista monopolitoimintaa. Alalla ei ole tehostamistarvetta kilpailun puutteen vuoksi, joten kohtuullinen hinnoittelu ja kustannustehokas toiminta turvataan taloudellisella valvonnalla. Sähköverkkoliiketoimintaa ohjaavaa lainsäädäntöä kutsutaan regulaatioksi ja se asettaa rajoituksia verkkoyhtiöiden sallittuun tuottotasoon. Sallittuun tuottotasoon vaikuttavat erilaiset investoinnit, sähkön laatu, toiminnan tehokkuus ja verkkoon sitoutunut pääoma. Kaikki nämä rajoitukset ovat haasteellisia jakeluverkon kehittämisen kannalta, mutta regulaation päätarkoituksena on kuitenkin saada verkkoyhtiöt investoimaan verkkoon, jolloin sähkön laatu pysyy hyvänä, mutta samalla kustannukset eivät nouse liian suuriksi.

Sähkön toimitusvarmuutta koskevat säädökset on pääosin määritelty sähkömarkkinalaissa, ja ne asettavat suuria haasteita jakeluverkon kehittämislle. Lainsäädännössä on määritelty aikarajat verkon asiakkaiden kokemille keskeytyksille. Jos sallitut keskeytysajat ylittyvät seuraavat siitä erilaiset sanktiot. Nämä sanktiot puolestaan vaikuttavat verkkoyhtiön liiketoimintaan ja täten kannustavat verkkoyhtiöitä kehittämään jakeluverkkoja.

Edellä mainittujen haasteiden lisäksi on olemassa myös teknisiä haasteita. Esimerkkinä tästä on se, että Suomen jakeluverkot ovat hyvin vanhoja ja kaipaavat uusimista. Vanha infrastruktuuri aiheuttaa haasteita sekä toimitusvarmuuden näkökulmasta, että taloudellisesta näkökulmasta. Verkon iäkkyyden lisäksi haasteena voidaan pitää tulevaisuudessa vahvistuvat trendit, kuten esimerkiksi henkilöasiakkaiden aurinkosähköjärjestelmät ja sähköautot. Molemmilla on kykyä aiheuttaa ylimääräisiä kuormia verkossa ja niihin varautuakseen on kehitettävä verkkoa. Vielä yhtenä haasteena verkon kehittämisen kannalta voidaan pitää kaupungistumista, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että ihmisiä muuttaa maaseuduilta kaupunkeihin. Tämä puolestaan aiheuttaa epävarmuutta jakeluverkon kehittämisessä, koska tulevaisuudessa haja-asutetuilla alueilla jakeluverkon käyttöaste pienenee.

1.2 Nykytilan määrittelyn tavoitteet ja osatehtävät

Verkon nykytilan määrittelyllä pyritään saamaan kuva tarkasteltavan verkon sähkötekniisestä ja mekaanisesta tilasta nykytilanteesta. Nykytilan määrittely voidaan jakaa eri osatehtäviin, joita voivat olla esimerkiksi kuormitettavuuksien, jännitteenalennemien, häviöiden, vikavirtojen ja keskeytyskustannusten tarkastelu (Nykänen 2009). Tarkastelu voidaan suorittaa verkkotietojärjestelmän ja muiden laskennallisten menetelmien avulla. Verkon nykytila on tärkeä tietää, sillä se on lähtökohtana verkostosuunnittelulle. Tarkkojen lähtötietojen avulla verkkoa voidaan kehittää teknistaloudellisesti tehokkaasti ja investointilaskelmille saadaan hyvät perustelut. Verkon mekaanisen rakenteen ja kunnon tietäminen on myös tärkeää sähkötekniikan suorituskyvyn lisäksi. Esimerkiksi heikko pylvästys voi johtaa koko johdoreitin uusintaan tai orsirakenteiden vuoksi suuremman poikkipinta-alan käyttö ei ole mahdollista, joka vaikuttaisi merkittävästi johdinvaihdon kustannuksiin. (Lakervi & Partanen 2008)

Kuormitettavuuden tarkastelussa tutkitaan muuntajien ja johtojen kuormituksia ja verrataan niitä niille sallittuihin kuormitusvirtoihin. Näin voidaan tunnistaa vaurioiden mahdollisuudet tai huomata ylityöt. Jännitteenalennemien tarkastelu on tärkeää sillä jännitteenalennema vaikuttaa asiakkaiden sähkönlaatuun sekä keskijänniteverkoissa jakelumuuntajien ensiöjännitetasoon. Laskenta suoritetaan huipputehoilla, jotta huomataan ongelmalliset johtosuorat. (Lakervi & Partanen 2008) Teho- ja energiahäviöt aiheuttavat kustannuksia, jotka voivat olla perusteena investoinneille. Muuntajien ja johto-osuuksilla häviöt koostuvat kuormitushäviöistä sekä muuntajilla kuormituksesta riippumattomista tyhjäkäyntihäviöistä. Suuret kuormitukset voivat aiheuttaa suuria kuormitushäviöitä muuntajilla kulutuskeskittymissä, kun taas maaseudun sähköasemilla pitkien johto-osuuksien vuoksi johtojen aiheuttamat häviöt voivat olla merkittävämmässä roolissa. (Nykänen 2009) Oikosulkuvirtojen laskennan avulla voidaan selvittää johtojen oikosulkukestoisuus. Laskennan tuloksia verrataan johtimien oikosulkukestoisuuden arvoihin. Näin voidaan paikallistaa ongelmalliset johto-osuudet. Jos johto ei ole oikosulkukestoisin, tulee johto uusiksi tai usein myös releasetteluiden muutoksilla tai releistykseen uusimisella voidaan saavuttaa oikosulkukestoisuus. Maasulkuvirran tunteminen on edellytyksenä releasettelujen ja maadoitusresistanssien ohjearvoja määrittäessä. (Lakervi & Partanen 2008) Keskeytyskustannuksia laskemalla voidaan paikallistaa ongelmallisia johtolähtöjä tai alueita, joilla käyttövarmuutta parantavat toimenpiteet voisivat olla kannattavia. Johtokatuja leventäminen ja maakaapelointi vähentävät vikojen määrää, kun taas katkaisijoiden, erottimien ja uusien rengasyhteyksien avulla voidaan pienentää vikojen kestoajoja.

1.3 Taustatietojen ja tietojärjestelmien rooli

Verkostosuunnitteluun on kehitetty apuvälineiksi erilaisia verkkotietojärjestelmiä. Verkkotietojärjestelmät ovat tietojärjestelmiä, jotka sisältävät valtavan määrän dataa ja niissä on usein verkkosuunnitteluun ja dokumentointiin soveltuvia työkaluja. Ohjelmistojen käyttö on välttämätöntä, kun suunnitellaan ja saneerataan suuria kokonaisuuksia. Verkkotietojärjestelmät ovat nykypäivänä graafisia tietokantajärjestelmiä, joiden käyttöliittymä on karttapohjainen. Verkkotietojärjestelmiin voidaan yhdistää muut verkkoyhtiön tietojärjestelmät, kuten eri asiakastietojärjestelmät, käytöntuki ja -valvontajärjestelmä, materiaalitietojärjestelmä ja muita tietojärjestelmiä. (Lakervi & Partanen 2008)

Verkon nykytilan määrittämisessä ja pitkän aikaväline kehittämisessä verkkotietojärjestelmä on tärkeässä roolissa. Verkkotietojärjestelmästä saadaan tiedot esimerkiksi verkon topologiasta, komponenteista ja sijainneista. Verkkotietojärjestelmää voidaan myös käyttää verkostolaskennassa, suunnittelussa, omaisuudenhallinnassa sekä kunnossapidon suunnittelussa. Luvussa 1.2 mainitut nykytilan määrittämisen osatekijät voidaan kaikki määrittää verkkotietojärjestelmän avulla.

1.4 Keskijännitejohtolähdön kehittämistekniikat

Keskijännitejohtoa kehitettäessä on otettava huomioon se, että verkostokomponentit ovat yleensä pitkäkestoisia. Käytännössä järkevin tapa lähestyä kehittämisprosessia on tarkastella kustannustehokkuutta elinkaarikustannusten pohjalta. Kustannustehokkuutta tarkasteltaessa on huomioitava kaikki mahdolliset kustannuksia aiheuttavat tekijät, kuten häviökustannukset, investointikustannukset, keskeytyskustannukset ja kunnossapitokustannukset. Näiden lisäksi kehitystoimintaa rajoittavat lain määräämä korkein sallittu liikevaihto ja toimitusvarmuusvaatimukset.

Edellä mainituista tekijöistä sisäisiksi voidaan luokitella häviö-, investointi-, keskeytys- ja kunnossapitokustannukset. Näiden lisäksi oleellisia tekijöitä ovat verkostostrategia ja budjetti. Verkostostrategia tarkoittaa käytännössä sitä, miten yhtiö lähestyy erilaisia verkkoon liittyviä tilanteita, kuten esimerkiksi kehittämisprosessi. Tämä voi pitää sisällään esimerkiksi sen, millaisia johtotyyppejä verkon kehityksessä käytetään tai millaisia kehittämistapoja sovelletaan. Häviökustannuksia voidaan arvioida esimerkiksi alueen kuormitusennusteen perusteella ja keskeytyskustannuksia esimerkiksi vikatilastojen kautta. Sisäisten tekijöiden lisäksi on olemassa ulkoisia tekijöitä, joista oleellisin on väestökehitys, sillä se vaikuttaa kuormitusennusteisiin huomattavasti.

Johtojen ja pylväiden saneeraus on esitetyistä kehittämistekniikoista rajoitetuin, sillä se ei vaikuta KAH-kustannuksiin, ellei levennetä johtoreittiä tai käytetä päällystettyä johtoa. Tämän lisäksi verkkoa saneeratta vanha johtoreitti jää ennalleen, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että huoltoajakin pysyvät samana. Pylväsvaihdot voivat olla kustannustehokkain ratkaisu esimerkiksi tilanteissa, joissa johtokatu kulkee avoimella alueella ja keskeytysvaara on pieni. Myös pylväsvaihtojen edullisuuden vuoksi vaihdot ovat houkutteleva ratkaisu väestötappioalueilla, sillä muut tekniikat eivät välttämättä tuo tulevaisuudessa suuria KAH-kustannussäästöjä. Johdinvaihdotkin voivat olla taloudellisesti kannattava pelkästään häviökustannusten parantumisen näkökulmasta.

Johtoreitin tienvarteen siirtäminen parantaisi huoltoaikoja, sillä vikapaikalle pääsisi nopeammin. Tämän lisäksi tienvarteen siirtäminen vaikuttaisi positiivisesti myös vikamäärään, sillä tienvarressa puita on vain toisella puolella johtoa. Tienvarteen johtoa sijoittaessa voidaan myös huomioida todennäköinen myrskytuulien suunta ja sijoittaa johto siten, että tuuli puhaltaisi puut tien eikä johdon päälle. Tienvarteen siirto kasvattaa johtolähdön pituutta hieman, joten se vaatii enemmän ilmajohtoa ja uusia pylväitä. Tienvarteen rakentaessa kuitenkin on huomioitava myös maankäyttökorvaukset ja mahdollinen vastustus maisema- ja teiden kunnossapitoseikkojen vuoksi.

Päällystettyä avojohtoa käyttämällä voidaan pienentää KAH-kustannuksia, koska PAS pienentää johtolähdön ohimenevien vikojen määrää. Eristysrakenteen vuoksi johdinvälejä voidaan pienentää, joka mahdollistaa kapeamman johtokadun. PAS-johtojen ongelmana on kuitenkin se, että ne vaikeuttavat maasulkujen havaitsemista. Tämä siksi, että niiden eristepinnoite toimii vikaresistanssina ja täten pienentää maasulkuvirtaa ja nollajännitettä.

Maakaapelointi on useissa tapauksissa kallein aikaisemmin esitetyistä vaihtoehtoista, mutta se on myöskin hyvin toimintavarma. Toimintavarmuutensa vuoksi maakaapeli soveltuu hyvin tiheästi asutetuille alueille. Ongelmana on kuitenkin se, että jos vikoja syntyykin, niin niiden korjaamiseen kuluu useita tunteja. Tähän voidaan varautua rakentamalla varasyötöyhteyksiä maakaapelin ohi. Maakaapelointi kasvattaa verkon tuottamaa maasulkuvirtaa merkittävästi, jota on kompensoitava. Tämä kompensoinnin rakentamisen tarve kasvattaa kustannuksia entisestään, mutta hajautetun kompensoinnin mahdollisesti tuoman verkon etäkäytön lisääntyminen voi vähentää keskeytysaikoja.

Automaation lisääminen verkkoon voi olla hyvinkin edullista suhteessa siihen, kuinka paljon hyötyä siitä saadaan irti, ja sillä voidaan parantaa johdon toimintavarmuutta ja lyhentää asiakkaiden kokemien keskeytysten määrää. Automaatiolla ei kuitenkaan voida vaikuttaa verkossa syntyvien vikojen määrään. Automaation lisääminen voi tarkoittaa esimerkiksi

käsi­käyt­ttöisten erot­timien vaihtoa kauko-ohjatuksi tai kokonaan uusien erotinasemien rakentamista. Myös suo­jareleillä varustettuja katkaisijoita voidaan sijoittaa pylväisiin tai puis­tomuuntamoihin, jotka vähentävät asiakkaalle näkyvää vian­kesto­aikaa ja määriä.

2. LABORATORIO-OSUUS

Työn laboratorio-osuudessa suoritettiin verkkotietojärjestelmässä tehonjako- ja oikosulkulaskentoja Ritarin sähköaseman eri johtolähdöillä. Seuraavissa luvuissa esitetään laskennan tärkeimmät tulokset sekä käsitellään sähkön laatuun ja toimitusvarmuuteen liittyviä kysymyksiä verkkotietojärjestelmän tarjoamien tietojen näkökulmasta.

2.1 Sähkötekhninen tilanne

Ritarin sähköaseman kahdelle lähdölle, Heinäaho ja Vaskivesi, suoritettiin tehonjakolaskenta, josta voidaan nähdä lähtöjen huipputehot sekä suurimmat jännitteenalenemat. Tulokset on esitetty taulukossa 2.1. Vaskiveden lähdölle on suoritettu kaksi eri laskentaa, joista toinen perustuu nykyhetkeen ja toinen 20 vuoden päästä olevaan ennustettuun tilanteeseen.

Taulukko 2.1 Tehonjakolaskennan tiedot.

Lähdön nimi	Huipputeho [kW]	Jännitteenalenema [%]
1_14 Heinäaho	1711	0,24
1_11 Vaskivesi	882	2,41
1_11 Vaskivesi, 20a	2335	6,64

Vaskiveden lähdölle suoritettiin myös oikosulkulaskenta. Oikosulkulaskennasta voidaan nähdä verkon eri solmukohtien kolmi- ja kaksivaiheisten oikosulkujen suuruudet, joiden perusteella voidaan asettaa suojaus. Pienin kaksivaiheinen oikosulkuvirta on kiinnostava suure, sillä sen avulla määritetään releen havahtumisvirta, kuitenkin kuormitusvirta huomioiden. Kolmivaiheista oikosulkuvirtaa tarkastelemalla voidaan nähdä, onko verkko oikosulkukestoinen.

Vaskiveden lähdöllä pienin kaksivaiheinen oikosulkuvirta 260 A esiintyy 31 km päässä sähköasemalta sijaitsevassa verkon osassa. Tämä on riittävän paljon suurempi, kuin Vaskiveden nykyinen huippukuormavirta 25 A tai ennustettu huippukuorma 68 A, joten havahtuminen oikosulussa on mahdollista asetella releelle.

2.2 Sähkön laatu ja toimitusvarmuus

Suoritettujen laskentojen ja verkkotietojärjestelmän tarjoamien tietojen pohjalta voidaan pohtia, miltä verkon nykytila näyttää sähkön laadun ja sen toimitusvarmuuden näkökulmasta. Tehonjakolaskenta antaa tietoa sähkön laadusta jännitteenalenemien ja

jännitejäykkyyden muodossa. Toimitusvarmuutta voidaan tarkastella tutkimalla verkkotietojärjestelmässä verkon rakentamistekniikoita ja verkon sijaintia maastossa.

Myrskyissä vika-alttiit rakenteet heikentävät toimitusvarmuutta ja nämä rakenteet sekä niiden sijainnit ovat verkkotietojärjestelmässä nähtävissä. Lähes myrskyvarmoiksi rakenteiksi voidaan luokitella maakaapeli, ilmajohto pellolla, ylileveällä johtokadulla tai tien varressa. Kauko-ohjattujen erottimien sekä katkaisijoiden sijainnit näkyvät myös järjestelmässä ja niiden sijoittelu vaikuttaa asiakkaiden kokemien keskeytysten pituuksiin.

Toimitusvarmuuskriteereiden saavuttamiseksi on verkkoa saneerattava myrskyvarmoilla rakenteilla siten, että suurmyrskyn tapahtuessa oma sekä palveluntuottajien kunnossapitokapasiteetti ei rasitu liikaa ja viat saadaan korjattua lain vaatimissa ajoissa. Tämä vaatii arviointia, jossa määritetään myrskyvarman verkon tarvittavat asteet keski- ja pienjänniteverkoissa, jotka antavat suuntaviivat verkon saneeraussuunnittelulle.

2.3 Mekaaninen kunto

Jakeluverkoissa ilmajohdot istuvat eri ikäisten ja kuntoisten pylväiden päällä orsilla. Pylväiden asennusvuosi on tärkeä tieto, sillä vanhat tai huonokuntoiset pylväät ovat saneerattava uusin. Huonokuntoiset pylväät on maastossa merkitty yhdellä tai kahdella pylvään ympärille laitetulla nauhalla ja nämä tiedot löytyvät myös verkkotietojärjestelmästä. Tämä saneeraus-tarve luo mahdollisuuden verkkorakenteen muuttamiselle, sillä vanhojen pylväiden korvaus-investointi saa esimerkiksi maakaapeloinnin tai ilmajohdon siirtämisen tienvarteen näyttäytymään edullisemmalta, kuin vielä paljon nykykäyttöarvoa omaavan verkon purkaminen. Näin vanhojen tai huonokuntoisten pylväiden saneeraaminen myrskyvarmaksi on taloudellisesti järkevä tapa lähestyä toimitusvarmuusvaatimusten ratkaisua.

3. TULOSTEN ANALYSOINTI

3.1 Tehonjakolaskenta

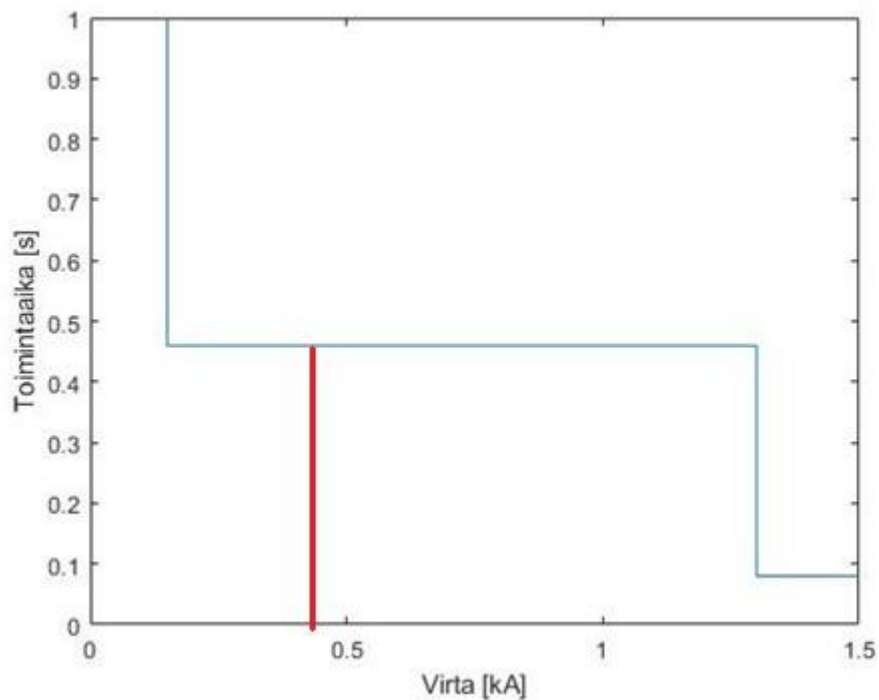
Tehonjakolaskennan tulokset voivat olla pitämättä paikkaansa useammasta eri syystä, joten niitä tulisi epäillä ennen, kuin niiden perusteella aletaan suunnitella verkkoa. Koska tehonjakolaskenta pohjautuu pitkälti asiakkaiden kuormitusprofiilien hyödyntämiseen, voi käydä niin, että tiettyjen asiakkaiden kohdalla nämä kuormitusennusteet eivät pidäkään paikkaansa ja laskenta tulee olemaan virheellinen. Kuormitusprofiilit ovat ennalta määritettyjä malleja tietyille asiakkaille ja voivat monesti olla vain suuntaa antavia. Esimerkiksi, jos asiakas vaihtaa asunossaan lämmitysjärjestelmää eikä ilmoita siitä verkkoyhtiölle, niin tämän asiakkaan kuormitusprofiili tulee muuttumaan suuresti ja näin ollen vaikuttaa tehonjakolaskennan onnistumiseen. Tehonjakolaskennan avulla voidaan siis saada vain karkea kuva todellisesta tilanteesta ja todellinen tehonjaon tilanne tulee mitata suoraan verkosta. Tehonjakolaskennan aikana syntyviä poikkeamia voidaan lähteä selvittämään esimerkiksi vertailemalla tuloksia aikaisempiin samankaltaisiin tilanteisiin SCADA:n tallenteiden avulla. Tämän lisäksi pitää varmistua kuormitusprofiilien oikeellisuudesta ja siitä, että verkon kytkentätilanne on tehonjakolaskennan tilanteen mukainen. SCADA:sta saatu huipputeho voi olla poikkeuksellisen kytkentätilanteen aiheuttama eikä siten kuvasta tavallista huipputehoa.

3.2 Vikavirtalaskenta

Kuten tehonjakolaskennassakin, vikavirtalaskennan tulokset voivat poiketa todellisista arvoista. Tulosten oikeellisuus on syytä varmistaa, sillä virheelliset tulokset ovat kohtalokkaita verkon suojaukselle ja selektiivisyydelle, sekä heikentävät oikosulun vikapaikan paikannusta. Vikavirtalaskennan oikeellisuudesta voidaan varmistua monin eri tavoin. Kuten tehonjakolaskennassakin, voidaan tuloksia verrata aiempiin samankaltaisiin tilanteisiin, mutta on tärkeää varmistua siitä, että edelliset asetteluarvot ovat paikkansapitäviä. Tämän lisäksi tulee varmistua, että kaikki verkon komponentit vastaavat todellista tilannetta ja että verkon kytkentätilanne on halutunlainen. Jakeluverkko on oikosulkukestoinen, jos verkoston missään osassa ei ylitetä johtimien tai muiden komponenttien termistä kuormitettavuutta oikosulkuvirran ekvivalenttinen vaikutusaika huomioiden. Suurin mahdollinen oikosulkuvirta syntyy vastuksettomassa kolmivaiheisessa oikosulussa ja oikosulkuvirran arvo pienenee sähköasemalta verkossa kauemmaksi mennessä johtojen impedanssin vuoksi.

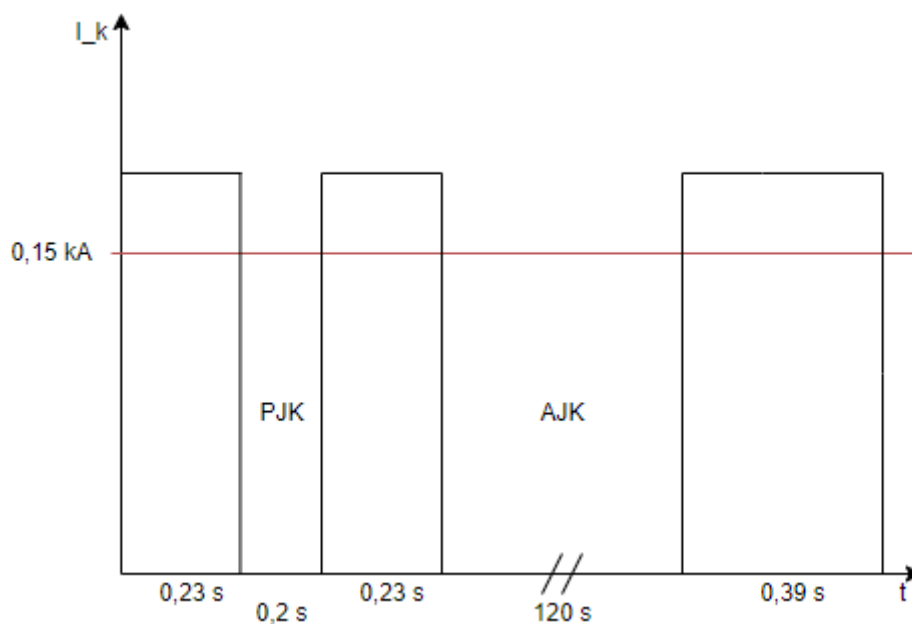
Tarkastellaan Ritarin sähköaseman Vaskiveden johtolähdön loppupuolella tapahtuvaa kolmivaiheista oikosulkua. Noin 30 km päässä sähköasemalta verkossa oikosulkuvirta on pienimmillään 300 A suuruusluokkaa. Kuva 3.1 esittää johtolähtöä suojaavan releen toimintakarakteristikaa ja siihen on punaisella merkitty releen havaitsema oikosulkuvirta. 300 A

oikosulkuvirta ylittää releen havahtumisvirran aikalaukaisulle, joka on 150 A, mutta ei ole tarpeeksi suuri pikalaukaisun havahtumiseen. Pika- ja aikajälleenkytkennän kerrotaan olevan käytössä.



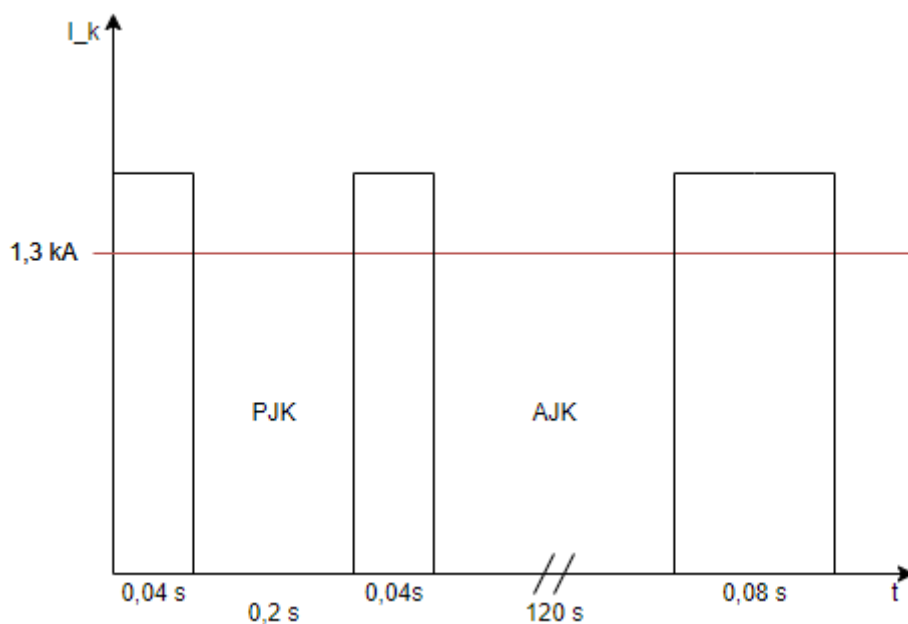
Kuva 3.1 Releen toimintakarakteristika ja johtolähdön lopussa havaittu oikosulkuvirta.

Aikalaukaisun toimintasekvenssi vikatilanteessa on esitetty kuvassa 3.2. Oikosulun kestoajaksi ennen aikajälleenkytkentää on kerrottu 0,46 s, joiden välissä tapahtuu myös pikajälleenkytkentä kuvan mukaisesti. Aikajälleenkytkennän jälkeen oikosulun kesto-aika on 0,39 s.



Kuva 3.2 Aikalaukaisun toimintasekvenssi.

Pikalaukaisun toimintasekvenssi on esitetty kuvassa 3.3. Pikalaukaisun havahtumisraja on 1300 A .



Johtolähdön oikosulkulaskenta kertoo, että verkko on oikosulkukestoinen, koska termiset kuormitettavuudet eivät ylitä millään johto-osalla pika- tai aikalaukaisulla, joten pidetään releen asettelu ennallaan. Laskenta ilmoittaa joillakin johto-osuuksilla selektiivisyyden puutteesta, mutta tähän emme löytäneet syytä, sillä verkkotopologiaa ei ole saatavilla tai muista katkaisijoista tietoa.

3.3 Sähköautojen ja aurinkotuotantolaitosten vaikutus jakeluverkkoon

Verkkotietojärjestelmässä kuluttajatuottajat ovat tiedossa sillä pientuotannon liittäminen verkkoon tulee olla verkkoyhtiön tiedossa. Pientuotannon sijainti on siis hyvin tarkkaan tiedossa. Aurinkovoimaa on myös suhteellisen helppoa mallintaa, kun asiakkaan voimalan tiedot ovat tiedossa. Näin tuotannon verkkovaikutukset voidaan huomioida. Aurinkovoimala voi nostaa jännitettä muuntopiirissä, jossa se sijaitsee. Tämä on positiivinen asia siinä tapauksessa, jos se sijaitsee kaukana muuntamolta, missä jännitteenalenema voi olla merkittävä. Kuitenkin, jos aurinkovoimaloita on useampi, voi jännite nousta liian suureksi ja rikkoa verkkoon kytkettyjä laitteita. Tilannetta voidaan tarkastella esimerkiksi vertaamalla tuotannon ja kuormituksen suhdetta. Verkkoon liitetty tuotantolaitos vaikuttaa myös oikosulkuvirtoihin, mikä voi aiheuttaa virheellistä toimintaa suojauksiin. Perinteisesti jakeluverkon suojaus on suunniteltu niin, että syöttösuunta on isoista voimalaitoksista kohti kuluttajaa (Lakervi & Partanen 2008).

Sähköautojen verkkovaikutusten mallintaminen on haasteellisempaa, koska verkkoyhtiöllä harvoin on tiedossa ne asiakkaat jotka omistavat sähköauton. Sähköautojen verkkovaikutuksia on tutkittu laajasti ja niistä voi arvioida eri penetraatioasteiden vaikutuksia verkkoon. Yleisesti voidaan sanoa, että sähköautolataaminen kasvattaa muuntopiirin huipputehoa. Pahimmassa tilanteessa sähköautot voidaan kytkeä samanaikaisesti lautaukseen, jolloin verkko ylikuormittuu. Ratkaisu tähän tilanteeseen olisi älykäs latausjärjestelmä, joka sisältäisi latausaseman ja verkon välisen kommunikoinnin. Sähköautojen ilmaantuvuutta voi arvioida esimerkiksi avoimen alueellisen keskitulotaso-datan avulla. Korkeamman tulotason alueilla sähköautot todennäköisesti yleistyvät muita alueita nopeammin.

4. PALAUTE

Koronatilanteen takia tämä laboratoriotyö suoritettiin etäyhteyden välityksellä, mutta siitä huolimatta työn suorittaminen onnistui hyvin. Itse työn aikana käytiin rakentavaa keskustelua verkostosuunnittelun ja omaisuudenhallinnan peruseräperiaatteista, sekä saatiin tietoa alan tietojärjestelmistä ja sovelluksista. Etäyhteyden takia varsinainen tietojärjestelmän käsitteelyosuus jäi olemattomaksi, minkä takia ei työstä saanut kaikkea irti. Kokonaisuudessaan työ oli kuitenkin hyvin mielenkiintoinen ja hyvin suunniteltu, sekä tuki ja laajensi aiemmilta koulukursseilta kerättyä tietoa. Kritisoiavana asiana voidaan nähdä nimenomaan se, että tällainen työ ei oikein sovi etäyhteyden kautta suoritettavaksi. Käytännön kokemus on yhtä tärkeää, kuin teoria ja se, että työn aikana ei itse päässyt ”räpeltämään” ohjelmistoa on iso miinus. Yleisestikin tämän opintohaaran kursseilla puhutaan paljon verkkotieto- ja käytöntukijärjestelmistä ja muista tietojärjestelmistä, mutta näitä ei koulumaailmassa pääse itse käyttämään tai näkemään. Tai jos pääsee niin tutustuminen hyvin rajoittunutta. Näin ymmärrys niiden sisällöstä, mahdollisuuksista ja rajoitteista jää heikoksi. Nämä tulevat varmasti monilla vastaan työelämässä, joten niihin paremmin tutustuminen jo labroissa mielestäni edistäisi koettua oppimista.

LÄHTEET

(Energiateollisuus 2010) Sähkön toimitusvarmuus 2030, jakeluverkon suunnittelupe-
rusteet. Saatavilla: [https://energia.fi/files/733/Sahkon_toimitusvarmuus_2030_Suosi-
tus_20100827.pdf](https://energia.fi/files/733/Sahkon_toimitusvarmuus_2030_Suosi-
tus_20100827.pdf)

(Lakervi & Partanen 2008) Erkki Lakervi, Jarmo Partanen, Sähkönjakelutekniikka, Ota-
tieto Oy, 2008.

(Nykänen 2009) Kaisa Nykänen, Vaasan Sähköverkko Oy:n keskijänniteverkon nyky-
tilan määrittäminen sekä kehittämissuunnitelma käyttövarmuuden näkökulmasta, diplomityö,
2009. Saatavilla: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/47336>