

Digitaalinen sähköasema Helen Sähköverkko Oy:lle

Yhteenveto sisäisestä teknologiaselvityksestä

17.2.2023

Mika Loukkalahti ja työryhmä

17.2.2023

Sisällys

| | |
|--|---|
| Digitaalinen sähköasema Helen Sähköverkko Oy:lle | 2 |
| Yleistä | 2 |
| Prosessiväylä suurjännitteessä | 2 |
| Suurjännitteiset sensorit | 3 |
| Prosessiväylä keskijännitteellä | 3 |
| Keskijännitesensorit | 3 |
| Johtopäätökset | 4 |
| Lähteet: | 4 |
| Viitteet: | 4 |

17.2.2023

Digitaalinen sähköasema Helen Sähköverkko Oy:lle

Yleistä

Helen Sähköverkko Oy (Helen) on jakeluverkonhaltija, jonka toimialue on Helsingissä. Yhtiöllä on noin 415 000 sähköverkkoon liitettyä asiakasta Helsingin kaupunkialueella. Helenin sähkönjakelun toimitusvarmuus (SAIDI) on huippuluokkaa ollen viime vuosina keskimäärin noin 3 min asiakasta kohden vuodessa. Tämä toimitusvarmuustaso on osittain saavutettu korkean sähköasemien ja verkon automaatiotason ansiosta. Kaikki Helenin 110 kV/kj-sähköasemat on automatisoitu käyttäen hyväksi IEC 61850 -asemaväylää (spesifioitu vuonna 2007) tai sarjaliikennemuotoista automaatiota sekä numeerisia älykkäitä suojausten ja ohjauksen kenttälaitteita (IED) hyödyntäen.

Helen teki sisäisen teknologiaselvityksen vuoden 2021 ja osin vuoden 2022 aikana täysin digitaalisista sähköasemista. Tarkoituksena oli selvittää, saataisiinko uusiin sähköasemaprojekteihin toiminnallista tai taloudellista hyötyä spesifioimalla IEC 61850 -asemaväylän lisäksi IEC 61850 -prosessiväylä ja kojeistoihin pienitehoiset mittamuuntajat (Low Power Instrument Transformers) eli sensorit. Lisäksi selvitettiin, onko markkina tällaiselle ratkaisulle riittävän kypsä. Kaikki tulevat sähköasemaprojektit ovat 110 kV kaasueristeisiä (GIS) kojeistoja ja 20/10 kV keskijännitekojeistoja. Ilmaeristeiset 110 kV kytkinlaitokset ovat Helsingin alueelta katoamassa. Helen toteuttaa sähköasemaprojektit avaimet käteen -periaatteella, projektilpailutus kerrallaan. Yleensä sähköaseman alkuperäinen toimittaja jatkaa automaation osalta myös sen syvällisemmän kunnossapidon osalta. Sähköasemien prosessilaitteiden yleisessä kunnossapidossa toimii yksi kumppani.

Helenillä on kokemuksena aiheesta jo kaksi pientä digitaalista kojeistoa Kalasataman 10 kV rengasverkossa vuodelta 2018, viite 1. Lisäksi yksi pieni 110 kV distanssireleen prosessiväyläpilotti oli toteutettu jo vuonna 2016. Kokemukset molemmista projekteista olivat varsin hyvät.

Helen keskusteli selvityksen yhteydessä laitevalmistajista kuuden laitevalmistajan kanssa. Myös kunnossapitokumppanin kanssa oli keskusteluja. Selvityksestä tehtiin kattava sisäinen raportti vuonna 2022. Tämä dokumentti on yhteenvedo selvityksestä. Tuloksia esiteltiin myös elokuun 2022 CIGRE:n yleiskokouksen Suojaus- ja automaatiokomitean teknisessä kokouksessa. Nämä dokumentit ovat myös julkisesti nettisivuillamme, viitteet 2 ja 3.

Prosessiväylä suurjännitteessä

Projektissa suunniteltiin alustavasti mahdollisia IEC 61850 -prosessiväyläarkkitehtuureja Helenin tarpeisiin. Arkkitehtuurilta vaaditaan suurta luotettavuutta, koska suojaustoiminnot ovat riippuvaisia prosessiväylän toimivuudesta. Parallel Redundancy Protocol (PRP) -redundanssiarkkitehtuuri, kaksoistähtiperiaatteen mukainen liikennöintiarkkitehtuuri, olisi todennäköisesti tarpeellinen tällä tasolla. Tällä hetkellä Helenin asemaväylässä ei käytetä varsinaisia redundanssiprotokollia, vaan Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) -tason katkon kautta tehtävä redundanssiarkkitehtuuri on ollut riittävä. Kenttälaitteiden toiminnallista integraatiota tulisi myös kehittää yhdistämällä nykyään erillinen kennon ohjausyksikkö toiseen suojauskenttäyksikköön, kaksi suojaustoimintoa pitäisi olla silti edelleen fyysisesti erillisinä. Prosessiväylässä tarvitaan myös mikrosekuntitason tarkkaa ja varmistettua aikasynkronointia Precision Time (PTP) -protokollaa hyödyntäen. Kenttälaitteiden, prosessiväylän ja mittaukset digitalisoivien muunninyksiköiden (Merging Unit, MU)

17.2.2023

tyypit ja rakenneperiaatteet (erillinen, integroitu) eroavat valmistajittain. Testaaminen (käyttöönottoon, korjauksiin/laajennuksiin liittyvät testaukset ja määräaikaistestaukset) on myös yksi osa-alue, jossa pitää kehittyä testaajien osaamisen ja testauslaitteistojen saralla.

Suurjännitteinen prosessiväylä jäisi silti varsin monimutkaiseksi. Suomessa ei ole myöskään vielä toimittajien puolella kokemusta IEC 61850 -prosessiväyläprojekteista. IEC 61850 -prosessiväylä ei tuo Helenin tapauksessa rahallisia hyötyjä, koska johdotusmatkat ovat GIS-kojeistojen ja kj-kojeistojen osalta lyhyitä: kenttälaitteet ovat kojeiston toisiolaitekaapissa tai kojeistotilassa sijaitsevassa relekaapissa. Toisaalta, jos 110 kV kojeistossa olisi valmiina pienitehoiset mittamuuntajat, prosessiväylä tulisi sitä kautta tarpeelliseksi.

Suurjännitteiset sensorit (viite 4)

Pientehoisten mittamuuntajien (LPIT, sensori) katsotaan tuovan paljon hyötyjä. Kaasueristeisissä kojeistoissa käytetään yleensä Rogowskisensoria virtamittaukseen ja kapasitiivista jännitteenjakajaa jännitemittaukseen. Sensorit tuottavat pientehoista analogiasignaalia, esim. 150 mV nimellistaso, jota ei voi siirtää pitkiä matkoja. Kun sensoreita verrataan perinteisiin mittamuuntajiin, voidaan todeta niiden olevan selvästi pienempikokoisia ja keveämpiä, niiden sisältämä kaasumäärä on pienempi, niissä on laaja skaala eri primäärivirroille (energiamittaustarkkuuskin löytyy suurjännitteellä), ne ovat turvallisempia ja tarvittavan johdotuksen määrä on hieman pienempi. Myös uuden IEC 61869 -mittamuuntajastandardin soveltaminen on parhaillaan menossa sensorien osalta. Valmistajilla on hieman erilaisia tekniikoita toteutuksessa. GIS-kojeistoon integroidut mittamuuntajat on joko tehty omissa kaasutiloissaan tai integroitu läpivienteihin. Pienten valmistusmäärien takia hintatasot ovat vielä samoja tai kalliimpia verrattuna perinteisiin mittamuuntajiin. Asennettuja sovelluksia on myös vielä vähän. Suurin kustannussäästö tulisi todennäköisesti tilantarpeen pienemisestä.

Prosessiväylä keskijännitteellä

Ainoastaan yksi valmistaja käyttää tällä hetkellä IEC 61850 -prosessiväylää keskijännitteellä. Prosessiväylän tarkoituksena on jakaa sensorijännitemittauksen sisältävän kentän jännitetiedot digitaalisena muiden jännitemuuntajattomien kennojen laitteille. Prosessiväylä on fyysisesti yhdistetty asemaväylään. Tässä ratkaisussa digitalisoiva muunninyksikkö on integroitu kenttäyksikköön (IED). Keskijännitteelle on olemassa myös toinen sovellus, jossa prosessiväylää on käytetty. Siinä koko keskijännitesuojaus on keskitetty yhteen tai kahteen asematietokoneeseen, prosessiväylän kautta tuodaan mittauksien tiedot keskustietokoneille. Niillä on kuitenkin vielä rajallinen kapasiteetti kennomäärän suhteen, toimintojen virtualisointi voi laajentaa tätä. Riskinä on vielä toimintojen keskittyminen liian harvoihin laitteisiin, toisaalta kustannussäästöjä tässä sovelluksessa olisi odotettavissa.

Muut valmistajat eivät vielä käytä prosessiväylää keskijännitteellä, koska ne aikovat asentaa tulevissa kojeistoissaan jännitesensorit jokaiseen tarvittavaan kennoon, jolloin prosessiväylää ei tarvita ollenkaan jännitteen jakamiseen.

Keskijännitesensorit

Keskijännitteelläkin virtamittauksen Rogowskisensorit ja jännitteenjakajat (resistiiviset tai kapasitiiviset) ovat yleisimpiä sensortyyppisiä. Käytetään joko erillisiä virta- ja jännitesensoreita tai osa valmistajista kehittää jokaiseen kennoon asennettavia virran ja jännitemittauksen kombisensoreita. Keskijännitteellä suurin

17.2.2023

taloudellinen sensorihyöty tulisi mahdollisuudesta jättää pois erilliset kiskojännitemittauskennot pienemmän tilantarpeen ja räjähtämisriskin poistumisen ansiosta. Helenin tapauksessa tämä merkitsisi 4 kennon vähentämistä 2-kiskoisilla ja 2-ryhmäisillä keskijännitesähköasemilla. Sensorien hintatason todettiin olevan suurin piirtein saman kuin perinteisillä mittamuuntajilla.

Johtopäätökset

Markkina ei näyttäisi olevan vielä aivan valmis sensoreille ja IEC 61850 -prosessiväylälle. Ei ole vielä riittävästi toisiinsa verrattavia kaupallisia sovelluksia eikä ole toimittajienkaan puolella juuri kokemusta tehdyistä projekteista, ainakaan Suomessa. Teknologioita ja järjestelmiä on saatavissa, mutta ne eivät ole toisiinsa suoraan verrattavissa. Helenille sensorit olisivat se tekijä, joka toisi taloudellisen kannattavuuden täysin digitaalisille suurjännite-GIS ja kj-sähköasemille, mutta sensorimarkkinakaan ei ole vielä valmis.

Ei siis ole mahdollista vielä spesifioida täysin digitaalista sähköasemaa Helenin seuraaviin 110 kV/kj-sähköasemaprojekteihin, ainoastaan optiomahdollisuus voisi olla olemassa. Helen odottaa markkinan nopeaa kehittymistä sensoreissa ja IEC 61850 -prosessiväylässä. Lisäksi sensorien edut pitäisi ottaa selvästi enemmän esille myös suojaus- ja automaatioyhteisössä, koska nyt asia on jäänyt primääripuolen asiantuntijoille. Tätä kautta digitaalisen sähköaseman kokonaisuutta saataisiin edistettyä piloteista käytännön toteutuksiin, joista saataisiin toiminnallisia ja taloudellisia hyötyjä.

Lähteet:

1. Digitaalinen sähköasema Helen Sähköverkko Oy:lle, 27.5.2022, sisäinen raportti, 19 s.

Viitteet:

1. Loukkahti et al., Digitalization in Power Distribution Systems: the Kalasatama Smart Grid Project. CIGRE 2018 Session paper no. B5-204.
2. Loukkahti, Digital Substation Study 2022 dokumentti, julkaistu 2.9.2022, CIGRE:n yleiskokous
3. Loukkahti, Digital Substation Study 2022 Powerpoint-esitys, julkaistu 2.9.2022, CIGRE:n yleiskokous
4. Luescher et al., LPIT applications in HV GAS insulated Switchgear, CIGRE Brochure no. 814, 2020