



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Riku Kasittula

IEC 61850 -standardi palvelinkeskus- suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

17.4.2020

Tekijä Otsikko	Riku Kasittula IEC 61850 -standardi palvelinkeskussuunnittelussa
Sivumäärä Aika	34 sivua 17.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Matti Sinisalo lehtori Sampsa Kupari
<p>Insinöörityössä tutkittiin IEC 61850 -standardia, sekä sen vaikutuksia sähkösuunnitteluun. Työ tehtiin Granlund Oy:n Mission Critical osastolle, joka on erikoistunut palvelinkeskussuunnitteluun.</p> <p>IEC 61850 -standardi on ollut pitkään palvelinkeskussuunnittelussa mukana. Työn tarkoituksena oli tutkia standardia tarkemmin ja tukea jatkossa uusien projektien suunnittelua. Aluksi työssä tutkittiin standardin historiaa ja kehitystä. Tämän jälkeen käytiin läpi siihen liittyviä tiedonsiirtomenetelmiä ja toimintatapoja, joiden pohjalta luotiin mallikaavioita ja sen toimintaa havainnollistavia kuvia.</p> <p>Standardi määrittelee yhteisen kommunikointikielen sähköasema-automaatiolle, joka mahdollistaa eri laitevalmistajien älykkäiden laitteiden välisen kommunikoinnin. IEC 61850 on digitaalinen standardi, joka mahdollistaa sen toiminnan myös tulevaisuudessa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin luotua ohje standardista ja sen periaatteista sekä vaikutuksista sähkösuunnitteluun.</p>	
Avainsanat	IEC 61850, palvelinkeskus, konesali, sähköasema-automaatio

Author Title	Riku Kasittula IEC 61850 Standard in Data Center Design
Number of Pages Date	34 pages 17 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Matti Sinisalo, Group Manager Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>The thesis studied the IEC 61850 standard and its impact on electrical design. The thesis was done for Granlund Oy Mission Critical department, which specializes in data center design.</p> <p>The IEC 61850 standard has been involved in data center design for a long time. The goal of the thesis was to study the standard in more detail and to support the electrical design of new projects in the future. Initially, the work examined the history and development of the standard. The associated data models and functions were then examined to create model diagrams and pictures of its operation.</p> <p>The standard defines a common communication language for substation automation, which enables communication between intelligent electrical devices from different manufacturers. IEC 61850 is a digital standard that enables it to also function in the future.</p> <p>The result of this thesis was the development of description on the standard and its principles, as well as on the impact on electrical design.</p>	
Keywords	IEC 61850, data center, substation automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	IEC 61850 -standardi	1
2.1	Tausta ja kehitys	1
2.2	Toiminta	4
2.3	Tietoliikenneprotokollat	7
3	Verkkotopologiat	9
3.1	Rapid Spanning Tree Protocol	10
3.2	Parallel Redundancy Protocol	11
3.3	High-availability Seamless Redundancy	12
4	Palvelinkeskus	14
4.1	Vikasietoisuus	14
4.2	Sähkönjakeluperiaatteet	17
4.3	Aikasynkronointi	19
5	IEC 61850:n vaikutukset ja vaiheet sähkösuunnittelussa	20
5.1	Vaikutukset suunnitteluun	20
5.2	Järjestelmän toimintakuvaus	21
6	I/O-tiedot	28
6.1	Muuntajat	28
6.2	Suojareleet	28
6.3	Keskeytymätön virransyöttö	30
7	Yhteenveto	31

Lähteet

Lyhenteet

ACSI	<i>Abstract Communication Service Interface.</i> Palvelurajapinta.
GOOSE	<i>Generic Object Oriented System Event.</i> Tiedonsiirtoprotokolla horisontaalista viestintää varten IED-laitteiden välillä.
HMI	<i>Human Machine Interface.</i> Käyttöliittymä.
HSR	<i>High-availability Seamless Redundancy.</i> Rengasmainen redundanssi-protokolla.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission.</i> Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
IED	<i>Intelligent Electronic Device.</i> Älykäs sähkölaite.
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i> Kansainvälinen standardisointijärjestö.
PRP	<i>Parallel Redundancy Protocol.</i> Rinnakkaisredundanssi-protokolla.
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition.</i> Valvomo-ohjelmisto.
SCSM	<i>Specific Communication Service Mapping.</i> Viestintäpalvelun kartoitus.
SV	<i>Sampled Value.</i> Tiedonsiirtoprotokolla mittatietoja varten.

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on perehtyä tarkemmin IEC 61850 -standardiin, sekä siihen miten sitä voidaan hyödyntää palvelinkeskus-suunnittelussa. Palvelinkeskukset voi olla suuria laitoksia ja ne voi sisältää lukuisia konesaleja. Suurien sähkökuormien takia palvelinkeskusten sähköjakelu voi sisältää useita muuntamoita, jotka tarvitsevat tarkkaa valvontaa ja turvallisen käyttöympäristön. Usein palvelinkeskuksilta myös vaaditaan ympärivuorokautinen toiminta. Insinööriyössä käydään IEC 61850 -järjestelmän suunnitteluprosessi ja sen tehtävänä on toimia ohjeena tulevaisuuden suunnittelutehtävissä.

Insinööriyö on tehty Granlund Oy:lle. Granlund Oy on rakennus- ja kiinteistöalan asiantuntijakonserni, joka on Suomen markkinajohtaja esimerkiksi LVI-, sairaala- ja konesalisuunnittelussa. Yritys työllistää yli 1000 työntekijää ympäri Suomen.

2 IEC 61850 -standardi

2.1 Tausta ja kehitys

Sähkönjakeluverkon vakaan ja turvallisen toiminnan kannalta sen useiden erilaisten laitteistojen pitää pystyä kommunikoimaan keskenään. Teknologian kehittyessä 1900-luvun loppupuolella laitevalmistajat alkoivat kehittämään omia tiedonsiirtomenetelmiä sähköasema-automaation toiminnan parantamiseksi. Tämän seurauksena syntyi monia erilaisia väyläprotokollia, jotka olivat laitevalmistajakohtaisia, eikä muiden laitevalmistajien tuotteiden välinen älykäs kommunikointi ollut mahdollista.

Kansainvälinen sähkötekniikan toimikunta, eli IEC (International Electric Commission) alkoi kehittämään tähän ratkaisua, josta syntyi lopulta standardisarja IEC 61850. Se on standardisoitu viestintämenetelmä, joka on kehitetty tukemaan integroituja järjestelmiä, jotka koostuvat useiden laitevalmistajien IED-laitteista (Intelligent Electronic Device), ja jotka ovat kytköksissä toisiinsa tietoverkon kautta. (1.) IEC 61850 -standardin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2004, ja se määritteli sähköasemien kommunikointi menetelmät. Vuonna 2011 julkaistiin standardisarjan toinen osa, joka toi mukanaan uusia

ominaisuuksia ja paransi yhteensopivuutta. Tämän seurauksena syntyivät ensimmäiset digitaaliset sähköasemat. (2.)

IEC 61850 -standardi on kymmenenosaan ja sisältää noin 1200 sivua. Standardisarja sisältää paljon lainauksia ja viittauksia muista protokollista sekä standardeista ja sen tarkoitus on määrittää yhteinen toimintatapa laitevalmistajille ja suunnittelijoille sen ideasta ja periaatteista.

Taulukko 1. IEC 61850 -standardin osat. (3.)

Osa	Otsikko
1	Introduction and overview
2	Glossary
3	General requirements
4	System and project management
5	Communication requirements for functions and device models
6	Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs
7-1	Basic communication structure for substation and feeder equipment – Principles and models
7-2	Basic communication structure for substation and feeder equipment – Abstract communication service interface (ACSI)
7-3	Basic communication structure for substation and feeder equipment – Common data classes
7-4	Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes
8-1	Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO/IEC 9506-1 and ISO/IEC 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
9-1	Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link
9-2	Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3
10	Conformance testing

Taulukossa 1. on esitetty IEC 61850 -standardin osat. Kahdessa ensimmäisessä osassa tutustutaan IEC 61850 -standardiin ja käsitellään sen perusteita, periaatteita, sekä sanastoa. Osissa 3–5 kerrotaan standardin yleiset ja erityiset toiminnalliset vaatimukset sähköaseman tietoliikenteelle. Erilaisten vaatimuksien avulla tunnistetaan tarvittavat palvelut ja datamallit, sovellusprotokollat, siirtoverkko, datayhteydet ja fyysiset kerrokset, jotka täyttävät lopulta standardin yleiset vaatimukset. Osassa 4 käsitellään myös järjestelmän ja projektin hallintaan liittyviä asioita. Osat 6 ja 7 käsittelevät sähköaseman järjestelmän älykkäiden toimilaitteiden konfigurointikieltä ja käytettäviä tietomalleja. Osassa 8 kerrotaan erilaiset tiedonsiirto-protokollat ja menetelmät. Lisäksi osissa 8 ja 9

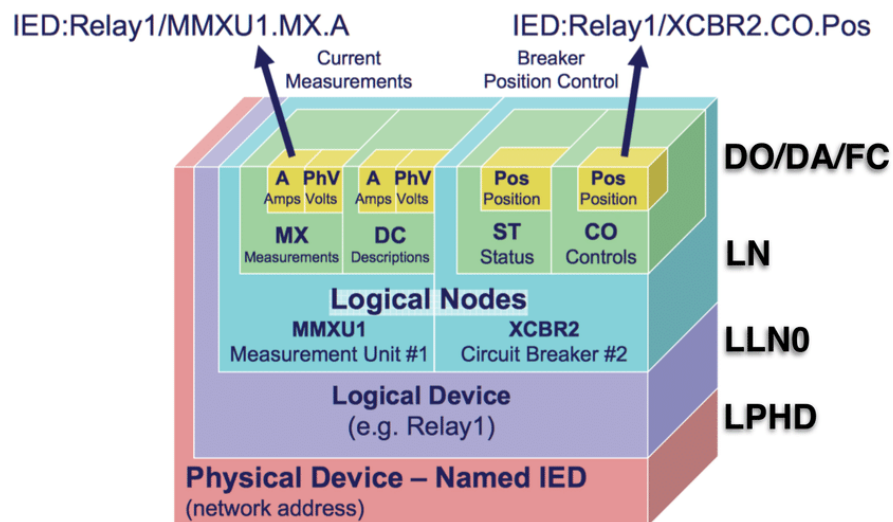
käsitellään SCSM (Specific Communication Service Mapping) -protokollaa, joka on kuvaus standardin datamalleille. Se on käytännössä rajapinta, joka vastaanottaa eri datamalleja, sekä muuntaa ja välittää ne muille laitteille. Osa 8.1 keskittyy MMS-protokollaan ja 9.1 taas SV (Sampled Values) -protokollaan. Viimeisessä osassa määritellään testausmenetelmä, jotta voidaan todeta yhdenmukaisuus asiakirjassa määritettyjen lukuisien eri protokollien kanssa. (4, s. 62.)

2.2 Toiminta

IEC 61850 on Ethernet-tekniikkaan perustuva protokolla, joka on suunniteltu tehostamaan sähköasemien valvontaa, mittauksia, suojauksia ja ohjauksia. IEC 61850 pääsääntöinen arkkitehtuuri perustuu abstraktiin tiedonsiirtoon (ACSI). Tämä tarkoittaa sitä, että tietoverkko vastaanottaa muun muassa älykkäiltä sähkölaitteilta tietoa eri muodoissa, jotka ovat riippumattomia mahdollisista muista standardiin kuuluvista protokollista. Abstraktit tiedon määritelmät kartoitetaan tämän jälkeen muille soveltuville protokollille, jotka pystyvät täyttämään tiedonsiirtovaatimukset. Tämä mahdollistaa älykkäiden sähkölaitteiden välisten keskustelujen toiminnan laitevalmistajasta riippumatta (4, s. 62.)

Datamallin rakenne

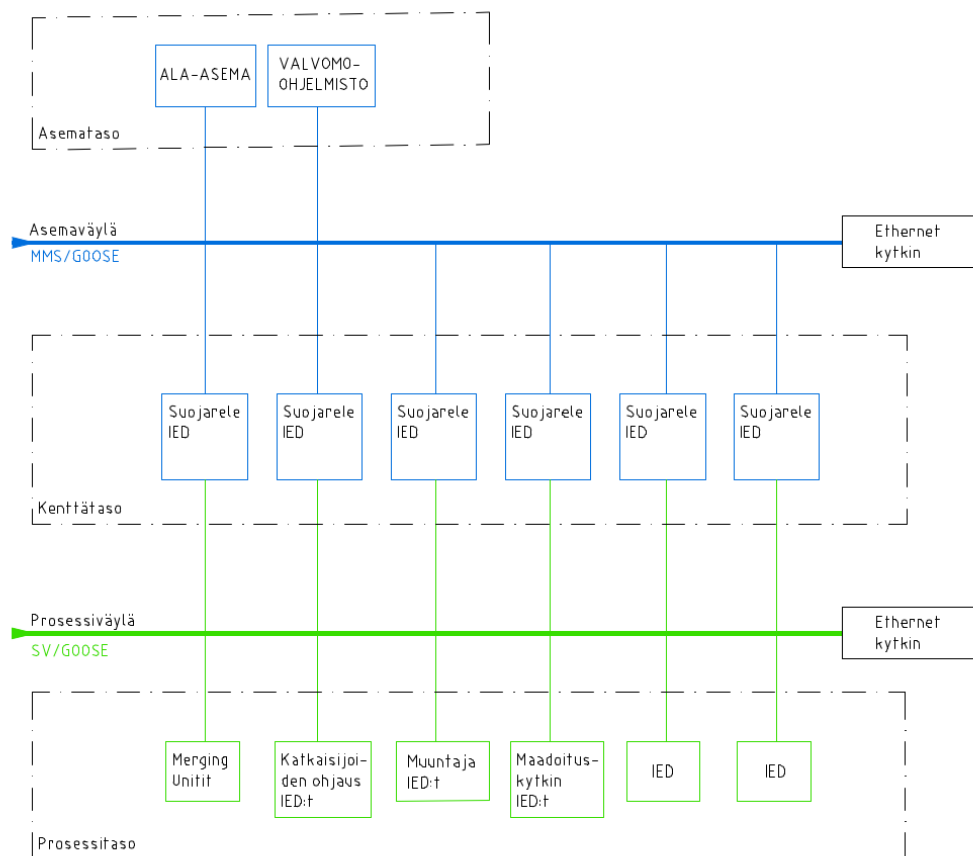
Datamallin rakenne koostuu fyysisistä laitteista, ja niiden sisältämistä loogisista soluista ja funktioista. Fyysisiä laitteita ovat IED-laitteet, HMI, SCADA sekä muut tietoverkkoon kytkeytyvät laitteet. Fyysisen laitteen ominaisuuksia kuvaava solmu on nimeltään LPHD. Järjestelmässä IED-laitteilla on jokaisella omat yksilölliset IP-osoitteensa ja vähintään yksi looginen laite (LLN0). Jos fyysinen laite olisi esimerkiksi IED-laite, niin tässä tapauksessa looginen laite voi olla suojarеле. Loogisella laitteella on aina vähintään yksi ominaisuuksia kuvaava solmu (LN), joka voi esimerkiksi suojarелеellä olla mittamuuntaja tai johdonsuojakatkaisija. Mittamuuntajalla tai johdonsuojakatkaisijalla on taas niiden toimintaa kuvaavat solmut, joita ovat muun muassa mittatiedot, sekä katkaisijan tilatieto. Loogiset solmut ja funktiot muodostavat viestin, joka kertoo laitteen tilan muille järjestelmän laitteille ja tarvittaessa toiset fyysiset laitteet voivat reagoida viesteihin. (5, s. 44.) Esimerkki IEC 61850 -standardin datamallista on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. IEC 61850 -standardin mukainen IED-laitteen datamalli (5, s. 44).

Sähköasema-automaation rakenne

IEC 61850 -standardin mukaisen sähköasema-automaation rakenne koostuu kolmesta eri tasosta, joita ovat asema-, prosessi- ja kenttätaso (kuva 2). Asematasolla sijaitsevat valvontalaitteistot ja -ohjelmistot. Kenttätasolla ovat IED-laitteet, kuten esimerkiksi suojareleet, jotka vastaanottavat tietoa prosessiväylältä ja välittävät sitä eteenpäin asemaväylälle. Prosessitasolla sijaitsevat kenttälaitteet, kuten esimerkiksi muuntajat johdonsuojakatkaisijat, mittamuuntajat ja remote I/O-yksiköt. Järjestelmässä voi olla omat erilliset verkkokytkimet prosessi- ja asematasolle, tai ne voivat toimia yhteisellä verkkokytkimellä. (6, s.4.)

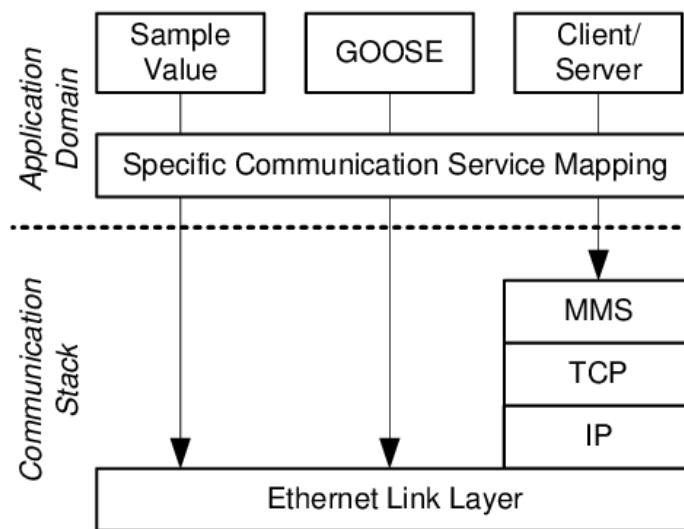


Kuva 2. IEC 61850 -standardin mukaisen sähköasema-automaation rakenne. Kuva muokattu lähteestä (6, s. 4).

2.3 Tietoliikenneprotokollat

SCSM

SCSM eli Specific Communication Service Mapping on kuvaus IEC 61850 -standardin datamalleille. Sen avulla määritellään, kuinka kuvataan esimerkiksi GOOSE-, SV- tai MMS-protokollissa tuleva datamalli ISO/IEC 8802-3 Ethernet -protokollan paketteina, joka taas lähetetään eteenpäin verkon kautta muille verkon laitteille (kuva 3). (7, s.3.)



Kuva 3. IEC 61850 -standardin tietoliikenneprofiilit (7, s. 3.).

GOOSE

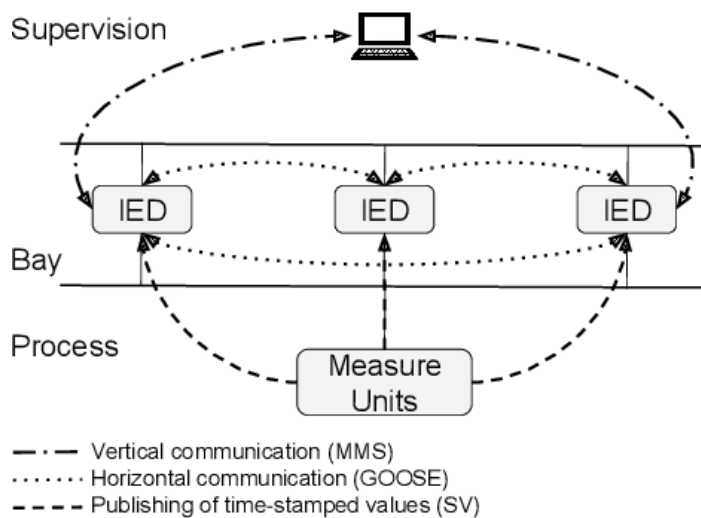
GOOSE (Generic Object Oriented System Event) -protokolla on tiedonsiirtomenetelmä, jota järjestelmän älykkäät toimilaitteet hyödyntävät. Sitä kutsutaan horisontaaliseksi tiedonsiirroksi, koska tieto pystyy kulkemaan myös suoraan toimilaitteiden välillä, jolloin datan ei välttämättä tarvitse kulkea minkään pääjärjestelmän kautta. GOOSE-protokollan myötä sähköisten lukituskaapeleiden määrä vähenee huomattavasti, sillä aikaisemmin toteutetut lukuisat kupariset yhteydet IED-laitteiden välillä voidaan korvata valokuitukaapeleilla, jotka vähentävät kustannuksia suuresti kaapeloinnin osalta. GOOSE-protokollan etuja ovat sen joustavuus, reaaliaikainen diagnostiikka ja nopeampi suorituskyky. GOOSE-protokolla mahdollistaa myös tulevaisuudessa järjestelmän uudelleen ohjelmoinnin ilman, että fyysisiä kytkentöjä pitäisi muuttaa.

MMS

MMS eli Manufacturing Message Specification viestintää hyödynnetään kenttätason IED-laitteilta viestimiseen ylemmälle tasolle, esimerkiksi ala-asemalle. Tätä viestintää kutsutaan myös nimellä client-server (asiakas-palvelin) väliseksi raportoinniksi. Sähköasemalla myös suojarleet välittävät tiedon valvomoon hyödyntäen MMS-protokollaa. (5; s.44; 8.)

SV

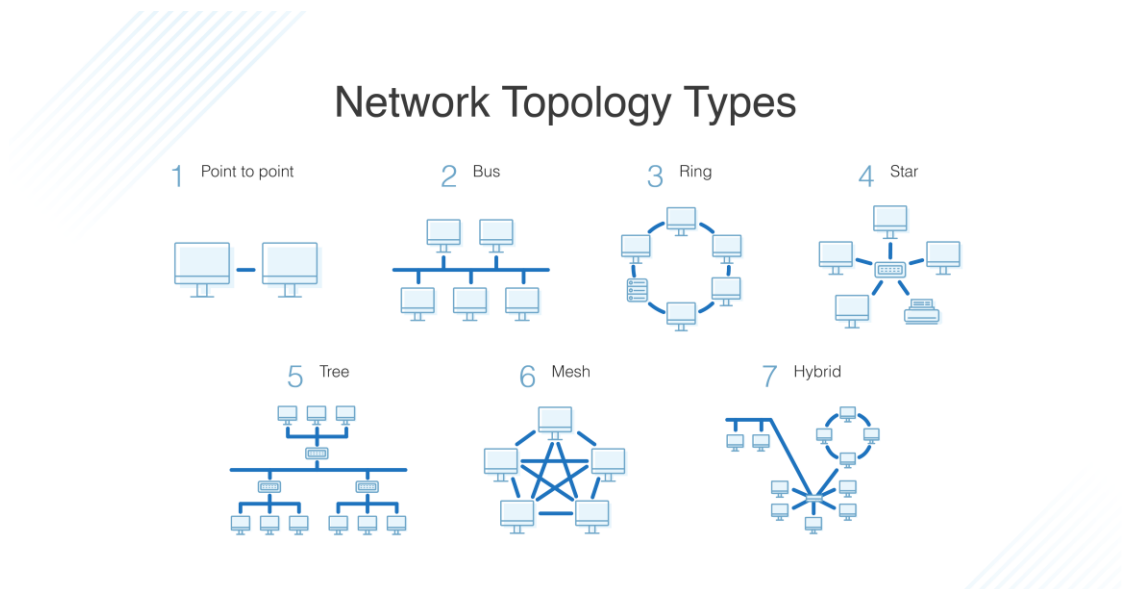
SV eli Sampled Values -protokollaa hyödynnetään mittamuuntajissa (kuva 4). Sen avulla prosessitasolla mitatut analogiset arvot saadaan kenttätason IED-laitteille digitaalisina. Mittamuuntajat on mahdollista kytkeä suoraan suojarleeseen tai monia mittamuuntajia yhdistävään Merging Unitiin. Merging Unitiin kytketään käytössä olevat virta- ja jännitemuuntajat, jonka jälkeen se liitetään valokuitu- tai Ethernet-kaapelilla tietoverkkoon. (7, s.3; 8.)



Kuva 4. IEC 61850 -standardin tietoliikenneprotokollat (8).

3 Verkkotopologiat

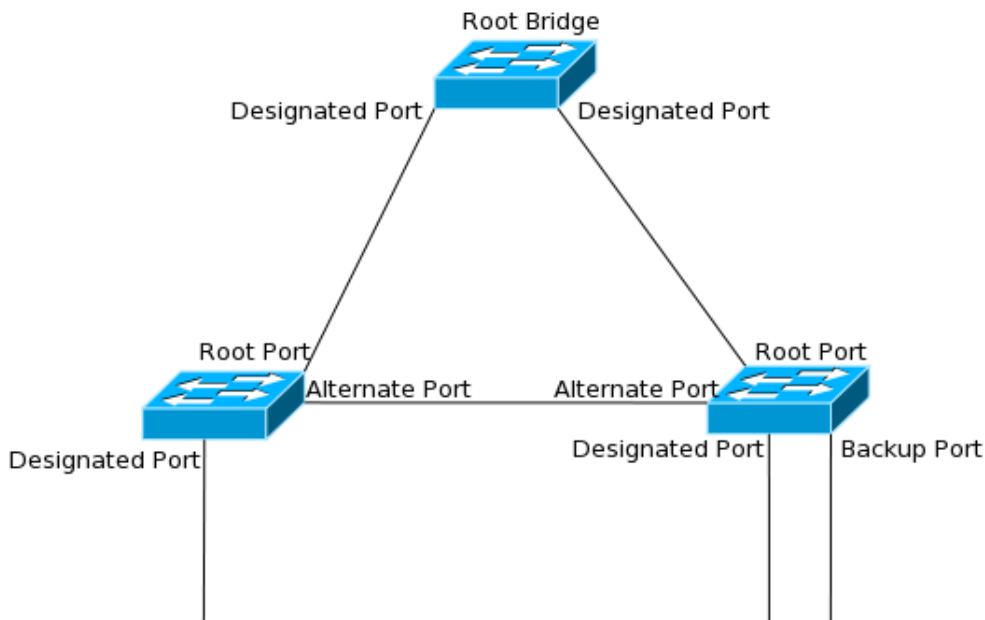
Tavallisimmat verkkotopologian muodot ovat tähti-, väylä- ja rengastopologiat (kuva 5). Palvelinkeskuksissa käytetään useimmiten redundanttisia verkkotopologioita, joilla on parempi vikasietoisuus. IEC 61850:n myötä vaaditaan myös yhä parempaa vikasietoisuutta ja nopeampia toiminta-aikoja. Palvelinkeskuksen IED-laitteiden tietoverkko voi muodostua yhdestä tai useamman verkkotopologian yhdistelmästä. Tärkeintä on luoda järjestelmä, joka on lähes immuuni virheille. Tässä luvussa käsitellään redundanssiverkkotopologioita. Redundanssiprotokollien menetelmiä on kahta eri mallia, dynaaminen ja staattinen redundanssiluokka, joka määräytyy niiden toimintatapojen perusteella. Dynaamisessa redundanssimenetelmässä vikatilanteen sattuessa viesti kulkee eri portin kautta, kun taas staattisessa redundanssimenetelmässä viesti kulkee toisen tietoliikennereitin kautta (9.).



Kuva 5. Verkkotopologiat (9).

3.1 Rapid Spanning Tree Protocol

Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP-protokolla) on rengasmuotoinen redundanssiprotokolla, joka on myös yleisin sähkönjakelussa käytetty redundanssiprotokolla. Se on kehitetty aikaisemmin toimineesta STP (Spanning Tree Protocol) -protokollasta. Kuvassa 6 on esitetty RSTP-protokollan rakenne. RSTP-protokolla koostuu useammasta kytkimestä, joiden välillä on tietoliikenneyhteys. RSTP-protokollassa valitaan yksi kytkin, joka on root-kytkin. Root-kytkimeen liitetään muut verkon kytkimet. Kytkimillä on DP- (Designated Port) ja AP (Alternative Port) -portit. Vikatilanteen sattuessa yhteys kulkee vaihtoehdoisen AP-portin kautta. RSTP-protokolla soveltuu IEC 61850 järjestelmässä asiakaspalvelin viestintään, mutta kuitenkin kriittisimmät toiminnot SCADA-järjestelmän kautta vaativat paremman vikasetokyvyn ja nopeamman vasteajan, jotka voidaan saavuttaa vain PRP- ja HSR-redundanssiprotokollilla. (10, s. 2.)

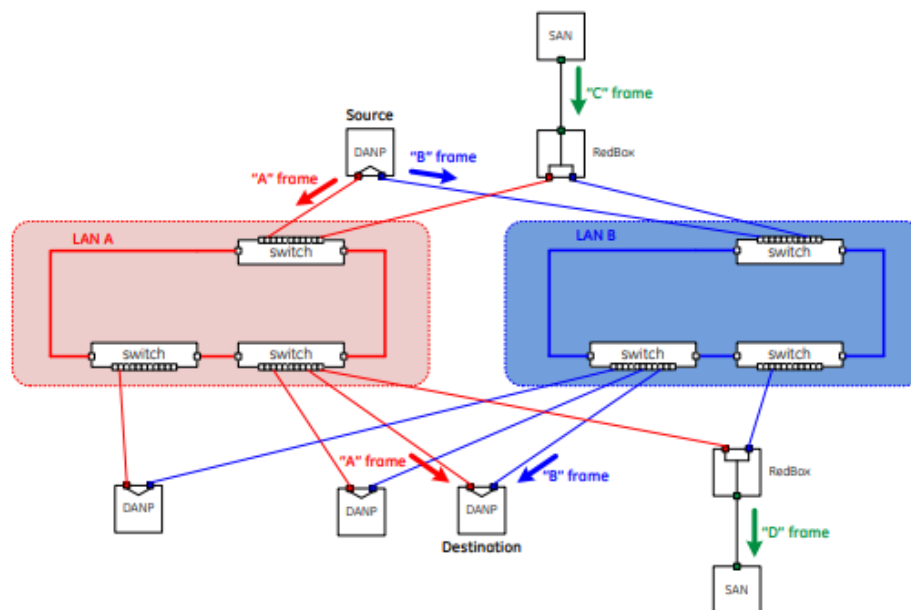


Kuva 6. RSTP-protokolla (11).

3.2 Parallel Redundancy Protocol

Parallel Redundancy Protocol eli PRP-protokolla on staattinen tähtitopologiamuotoinen verkko (kuva 7). Siinä tietoliikenneyhteydet on kahdennettu ja ne toimivat rinnakkain. PRP-protokollan rakenne koostuu kahdesta erillisestä lähiverkosta, joissa kulkee samat viesti paketit. Laite, joka käyttää PRP-protokollaa on nimeltään DANP (Doubly Attached node with PRP). Laite, joka on mahdollista kytkeä suoraan vain toiseen käytössä olevaan lähiverkkoon, on nimeltään SAN (Single Attached Node). Useimmiten DANP:t ovat kriittisiä laitteita, jotka vaativat kahdennuksen ja SAN:t vähemmän kriittisiä. Kuitenkin SAN-laite on mahdollista kytkeä PRP verkkoon käyttäen erillistä redundanttista kytkintä (Red-Box), joka käyttäytyy DANP-laitteen tavoin. (10, s. 5.)

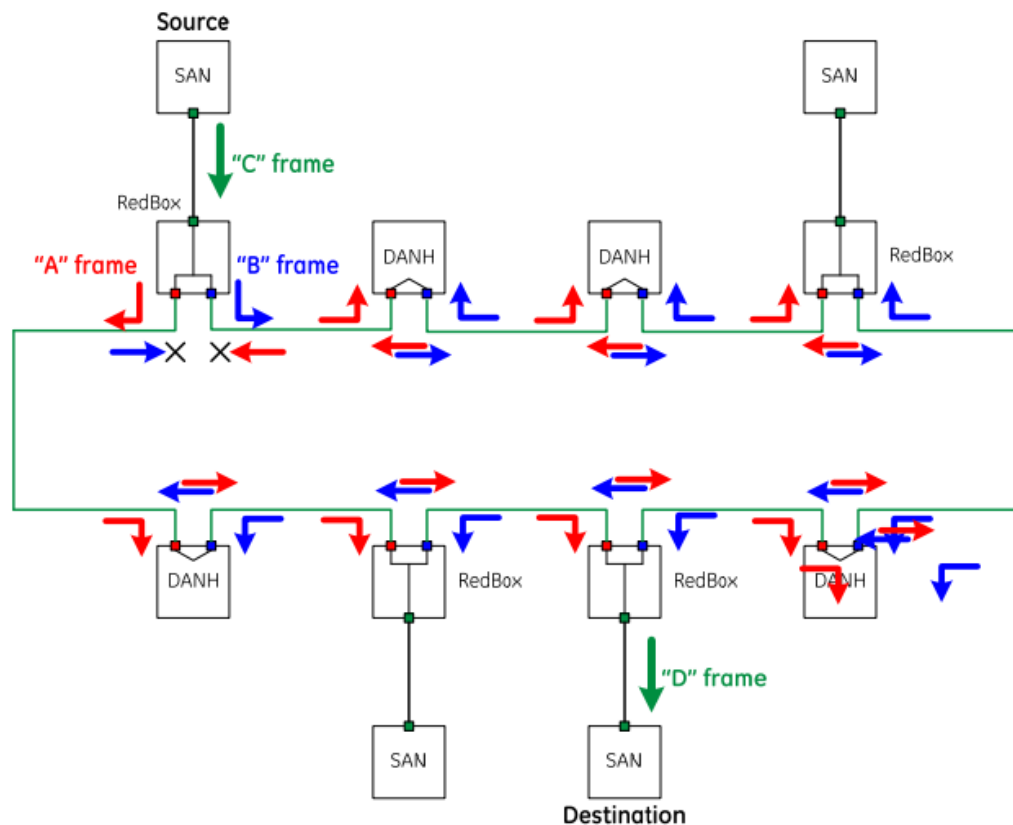
PRP-protokollan etuina ovat sen erinomainen vikasietoisuus, sillä jos toinen tietoliikenneyhteys katkeaa, niin verkon palautumisaika on välitön kahdennuksen ansiosta. Kuitenkin kahdennettu verkko tarkoittaa sitä, että tarvitaan kaksinkertainen määrä kytkimiä, sekä muun muassa laitteilla täytyy olla kaksi erillistä IP-osoitetta. Tämän takia, PRP:n hankintakustannukset ovat suuremmat, kuin RSTP- ja HSR-protokollien. Myös järjestelmän monimutkaisuus voi tuoda vaikeuksia sen konfigurointiin.



Kuva 7. PRP-protokolla (10, s. 5).

3.3 High-availability Seamless Redundancy

High-availability Seamless Redundancy Protocol eli HSR-protokolla on staattinen rengastopologia (kuva 8). HSR-protokollassa on samalla tavalla kahdennetut paketit, kuin edellä mainitussa PRP-protokollassa, mutta toisin kuin PRP, HSR on suunniteltu ensisijaisesti rengastopologioihin. Rengastopologian ansiosta HSR:ssä ei tarvitse olla tuplamäärää verkkokytкимиä ja tietoliikennekaapeleita. HSR-protokollassa viestit lähetetään kahteen suuntaan (A ja B) renkaassa, joten jos toinen yhteys vikaantuu, niin viesti pääsee perille toista kautta. Jottei järjestelmässä tulisi päällekkäisiä viestejä, niin laite poistaa viestin sen jälkeen, kun se on vastaanottanut sen. Laite, joka käyttää HSR-protokollaa, on nimeltään DANH (Doubly Attached node with HSR) (10, s. 8).



Kuva 8. HSR-protokolla (10, s. 8).

Protokollan valinta ja käyttö konesaleissa

Yhteenvetona HSR-protokollan toteuttaminen on halvempaa kuin PRP-protokollan, sillä PRP tarvitsee kahdennetut verkkokytkimet ja tietoliikennekaapelit. Kuitenkin PRP on vikasietoisuudeltaan parempi tuplattujen laitteiden ansiosta ja asennettavuudeltaan joustavampi järjestelmä, sillä HSR vaatii rengasmaisen kytkennän, jolloin lisäykset tai muutokset voi tuoda omat ongelmansa asennusvaiheessa. Konesaleissa hyödynnetään usein näiden kahden protokollan hybridiä, jolloin suunnittelu ja toteutus saadaan tehtyä joustavammin ja monipuolisemmin. Esimerkiksi suoja-areleiden väliset kaapeloinnit toteutetaan yhdellä tai useammalla HSR-renkaalla ja verkkokytkimet ovat kahdennettuja paremman vikasietoisuuden takia. Taulukossa 2 vertaillaan HSR- ja PRP-protokollien tuomia etuja sekä haittoja.

Taulukko 2. HSR- ja PRP-protokollien edut ja haitat.

HSR	PRP
Edut - Kustannustehokkaampi - Helpompi suunnitella ja toteuttaa Haitat - Jos renkaan molempien päiden kaapelit vikaantuvat niin järjestelmä ei toimi - Lisätyöt rengasmaisen verkon takia voivat olla hankalampia toteuttaa	Edut - Vikasietoisuus on parempi kahdennettujen verkkokytkimien, sekä kaapeleiden ansiosta - Lisätyöt ovat helpompia tähtimäisen verkon ansiosta Haitat - Suuremmat kustannukset - Monimutkaisempi konfigurointi ja käyttöönotto

4 Palvelinkeskus

Palvelinkeskus on rakennus, joka voi sisältää yhden tai useamman konesalin. Konesali on laitetila, joka koostuu IT-laitteista, sekä niiden vara- ja suojausjärjestelmistä. IT-laitteisto sisältää palvelimia, tallennusjärjestelmiä sekä tietoliikennelaitteita. Konesaleja käytetään suurien data määrien käsittelyyn yleensä tietoliikenne-, varmistus- ja tallennuskapasiteettipalveluissa. Konesalit voivat olla yksityisessä käytössä tai palvelintarjoajat voivat vuokrata kapasiteettiaan muille asiakkaille. Konesalin laitteiden on toimittava luotettavasti ja varmasti ympäri kellon, mikä vaatii vakaita olosuhteita, jatkuvaa valvontaa ja hyviä suojausjärjestelmiä. (12, s. 5.)

4.1 Vikasietoisuus

Konesaleilta vaaditaan useimmiten ympärivuorokautinen toiminta ja katkeamaton sähkönsyöttö, joka tuo erilaisia lisähaasteita suunnitteluun. On olemassa useita erilaisia ohjeistuksia liittyen palvelinkeskusten vikasietoisuuteen, kuten EN 50600, TIA, BICSI ja Uptime Institute. Uptime Instituten laatima neliportainen Tier-luokitus on näistä globaalisti tunnetuin ja hyvä perusta konesalien suunnitteluun.

Tier-luokituksessa korkein taso on Tier IV ja se takaa konesalin toiminnan suurienkin sähkönjakelu tai virtalähde vikojen aikana. Tier-tasot käsittelevät myös redundanttisuutta, eli varmennettuja sähkö- ja tietoverkkoja, sekä myös jäähdytystä. Redundanttisuutta kuvataan tyypillisesti termeillä N, N+1, 2N, 2N+1 jne. Numero ennen N-kirjainta (Need) kertoo käytössä olevien jakelujärjestelmien määrän ja N-kirjaimen jälkeinen numero taas vaihtoehtoisten (R) jakelujärjestelmien määrän. Jakelujärjestelmä koostuu muuntamoista ja jakeluteistä. Sähkönjakelulla, jäähdytyksellä ja varavoimalla voi olla eri tason redundanssit, mutta laitoksen kokonaisuuden määrittelee sen heikoin taso. (13, s. 10–11.)

Uptime Institututen laatimilla Tier-luokituksilla on seuraavanlaiset vaatimukset (13):

Tier I: Perusjärjestelmä

Tier I-palvelinkeskus sisältää ei-redundanttisia komponentteja, sekä yhden, ei-redundanttisen jakelun kriittiselle kuormalle. Palvelinkeskus sisältää erillisen tilan IT-laitteille, UPS-laitteiston suodattamaan virtapiikkejä ja tukemaan hetkellisiä katkoksia, erilliset jäähdytyslaitteet, sekä varavoimatuotannon, esimerkiksi UPS-laitteiston tai varavoimageraattorin suojaamaan kriittisiä kuormia pidemmiltä sähkökatkoilta.

Suunnitellut huoltotilanteet aiheuttavat suurimman osan tai koko järjestelmän sammumisen vaikuttaen kriittiseen ympäristöön ja loppukäyttäjiin.

Kohteen infrastruktuuri on katkaistava kokonaan vuosittain, jotta tarvittavat ennaltaehkäisevät huolto- ja korjaustyöt voidaan suorittaa turvallisesti. Kiireelliset tilanteet saattavat vaatia useammin katkoksia. Jos huoltoa ei suoriteta säännöllisesti, ennakoimattomien häiriöiden riskit ja niitä seuraavat sähkökatkokset lisääntyvät.

Tier II: Redundanttinen järjestelmä

Tier II-palvelinkeskuksessa on redundanttisen kapasiteetin komponentteja ja yksi, ei-redundanttinen jakelu, joka palvelee kriittisiä laitteita. Redundanttisia komponentteja ovat varasähköntuotanto, UPS-moduulit ja energian varastointi, jäähdyttimet, pumpput, jäähdytysyksiköt ja polttoainesäiliöt. Lisäksi vaaditaan 12 tunnin ajaksi varavoimaa.

Suunnitelluissa huoltotilanteissa redundanttiset komponentit voidaan huoltaa ilman, että siitä aiheutuu haittaa kriittiselle ympäristölle. Sähkönjakelun irtikytentä huollon tai muun työn aikana aiheuttaa kriittisen kuorman sammumisen.

Tier III: Samanaikaisesti huollettavissa oleva järjestelmä

Tier III-luokan palvelinkeskuksessa on redundanttisten kapasiteetin komponentteja ja useita yksittäisiä sähköjakelureittejä kriittisille laitteille. Vain yhden sähköjakelun pitää palvella kriittistä kuormaa samanaikaisesti. Kaikki IT-laitteiden sähkönsyötöt ovat varmennettuja. Lisäksi vaaditaan 12 tunnin ajaksi varavoimaa.

Suunnitellut huoltotilanteet voidaan toteuttaa ilman, että se vaikuttaa järjestelmän kriittisten laitteiden toimintaan.

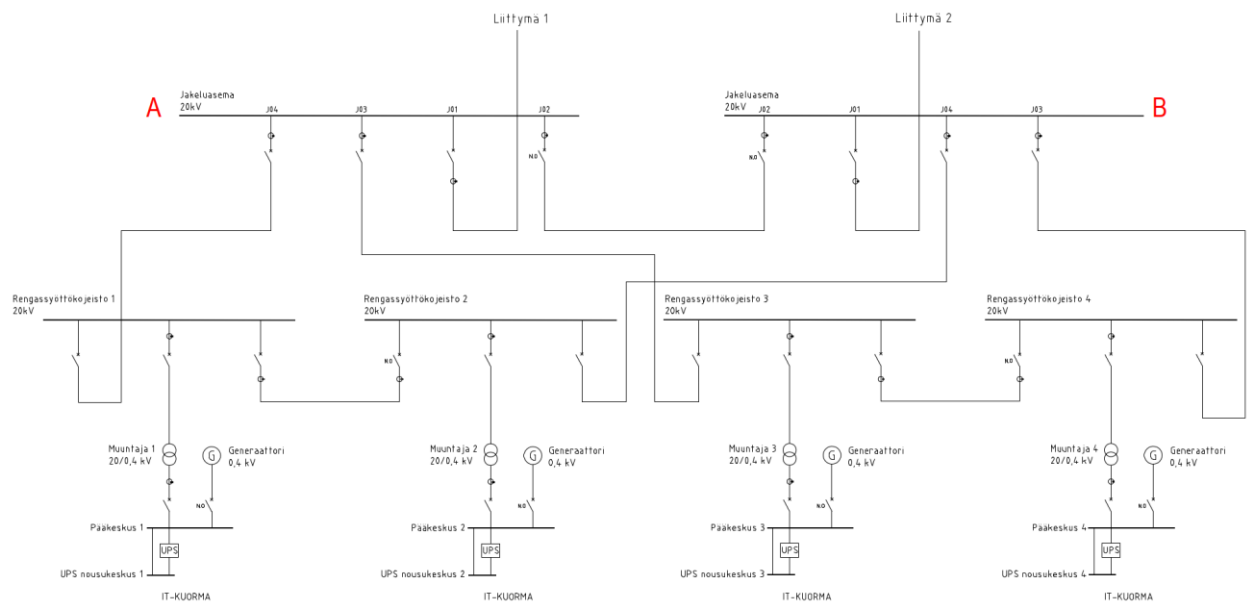
Tier IV: Vikasietoinen järjestelmä

Tier IV-palvelinkeskus on rakenteeltaan samanlainen kuin Tier III:ssa, lisäten vikatoleranssin järjestelmään. Vikatoleranssilla tarkoitetaan sitä, että yksittäisten laitteiden tai jakelun vikatilanteista ei aiheudu vaikutuksia IT-laitteisiin. Lisäksi vaaditaan 12 tunnin ajaksi varavoimaa.

Palvelinkeskusten kustannukset ja toiminnallinen monimutkaisuus kasvaa jokaisella Tier-tasolla. Palvelinkeskuksen omistaja määrittelee tason, joka sopii hänen yrityksensä tarpeisiin. Suurempi Tier-luokka ei aina meinaa sitä, että palvelinkeskus olisi parempi, sillä yritykset voivat yli-investoida rakentamiseen ja ottaa liian paljon riskejä.

4.2 Sähkönjakeluperiaatteet

Datakeskuksen sähkönjakelu koostuu muuntajista, UPS-laitteista ja varavoimageneraattoreista. Suurissa palvelinkeskuksissa voi olla lukuisia muuntamoita, joissa jännitteet voi vaihdella 10—110 kV:n välillä riippuen laitoksen tehon tarpeesta ja mahdollisista muista laitoskohtaisista vaatimuksista. Kahdennetussa ratkaisussa laitoksen suurjännitejakokeskille suunnitellaan kaksi liittymää eri syöttökohteista. Syötöt voivat toimia rinnan kytkettynä tai toinen voi olla varalla. Syöttökaapelit mitoitetaan kuitenkin kestäämään tarvittaessa yksin koko laitoksen tehon. Sähköliittymien määrä ei vaikuta laitoksen Tier-luokitukseen. Jakoasemilta sähkönsyöttö kulkee joko suoraan tai rengassyöttökojeistojen kautta muuntamoille. Hyvin suunnitellussa ja toteutetussa järjestelmässä vikatilanteista ei aiheudu haittaa kriittiselle kuormalle, sillä sähkönsyöttö vaihtuu nopeasti ja luotettavasti vaihtoehtoiseen syöttöön. Lähtökohtaisesti pyritään useimmiten suunnittelemaan palvelinkeskus vähintään Tier III -luokan mukaisesti, tämä johtuu pääasiassa asiakaskunnan vaatimustasosta. Sähkönjakelun redundanttisuus suunnitellaan kuitenkin myös tilaajan vaatimusten ja sen hetkisen budjetin asettamissa rajoissa. Kuvasta 9 nähdään esimerkki tyypillisestä sähkönjakelukaaviosta palvelinkeskuksessa. Laitoksen jakelukeskille 1 ja 2 tulee omat liittymiskaapelit ja jakeluasemat ovat yhdistetty toisiinsa. Tämä varmistaa jakeluaseman jatkuvan toiminnan myös, toisen jakeluaseman ollessa pois käytöstä.



Kuva 9. Esimerkki palvelinkeskuksen sähkönjakelukaaviosta, jossa on varmennettu pienjännitejakelujärjestelmä.

Kiinteistössä on neljä eri pienjännitepääkeskusta, joihin jokaiseen on liitetty oma generaattorinsa, sekä UPS-varmistukset. Jokainen pienjännitepääkeskus pystyy toimimaan itsenäisesti ilman verkkosähköä. Kaikki UPS-laitteet, generaattorikeskukset, pääkeskukset ja niiden alaiset ryhmäkeskukset suositellaan olevan värikoodattuja. Esimerkiksi pääkeskus 1 ja siihen liittyvät laitteistot, kuten UPS 1, generaattori 1 ja ryhmäkeskukset voivat olla punaisia ja pääkeskus 2:lla taas sinisiä jne. Datakeskukset voivat olla hyvinkin suuria laitoksia ja värikoodaaminen helpottaa huoltotilanteita. Keskijännitejakelukaapelit kulkevat rengassyöttökojeistojen kautta muuntajille ja edelleen pienjännitepääkeskussille. Rengassyöttökojeistot ovat yhdistetty toisiinsa muodostaen jakoasemien kanssa rengasmaisen sähkönjakelun. Jos esimerkiksi jakoaseman 1 ja rengassyöttökojeiston 1 välisessä yhteydessä tapahtuisi vika, niin saataisi sähkönsyöttö vaihdettua kulkemaan vaihtoehtoista reittiä pitkin, jonka seurauksena tässä tapauksessa jakoaseman 1 katkaisija avataan ja rengassyöttökojeiston 2 N.O. (Normally Open) -katkaisija suljetaan. Tämän jälkeen sähkönsyöttö jatkuu normaalisti ja vika voidaan korjata. Myös huoltotilanteissa voidaan sähkönsyöttö ohjata kulkemaan vaihtoehtoista reittiä pitkin.

Jos esimerkiksi molemmissa liittymissä tapahtuisi vikatilanne ja tulisi täydellinen sähkökatkos, niin pääkeskukset ovat UPS- ja generaattorivarmennettuja. Sähkökatkostilanteessa UPS-akusto syöttäisi kuormaa sen ajan, kunnes generaattori on täysin käynnissä ja kytkeytynyt.

4.3 Aikasynkronointi

Jotta älykkäät suojalaitteistot toimisivat samanaikaisesti ja mahdollisimman pienellä viiveellä, on järjestelmään sisällytettävä aikasynkronointi. Aikasynkronoinnin tavoitteena on asettaa prosessitason laitteiden kellot samaan aikaan, kuin asematasolla. Näin ollen aikakriittiset viestit, kuten esimerkiksi mittaustiedot kulkisivat mahdollisimman nopeasti asematasolle ja tarvittavat toiminnot tapahtuisivat ilman viivettä. IEC 61850-prosessiverkolle on määritelty aikasynkronoinnille kolme eri tarkkuutta, jotka ovat T3, T4 ja T5. (14.)

T3-tarkkuus on $\pm 25 \mu\text{s}$ ja sillä ei ole mitään tiettyä määriteltyä käyttötarkoitusta standardissa. Sampled Values-protokollan näytteen aikaleimaukseen vaadittava tarkkuus on T5, joka vastaa $\pm 1 \mu\text{s}$ ja se voidaan saavuttaa hyödyntäen PTP (Precision Time Protocol) -protokollaa. (14.)

PTP-protokolla on määritelty IEEE 1588-2002 -standardissa ja sitä hyödynnetään tietoverkoissa. Sen aikatarkkuus voi olla jopa alle mikrosekunnin luokkaa. Sähköasemalla aikasynkronointi saadaan toteutettua järjestelmään asennettavalla master-kellolla, joka välittää aikatietoa eteenpäin prosessitason slave-kelloille, johon kaikki tietoverkossa olevat laitteet synkronoidaan. Master-kello voi saada aikansa muun muassa verkosta tai GPS-antennin kautta. (14.)

5 IEC 61850:n vaikutukset ja vaiheet sähkösuunnittelussa

IEC 61850 -standardi oli alun perin suunniteltu vain sähköasemien sisäiseen kommunikointiin. Myöhemmin huomattiin, että se tuo mukanaan etuja, joita olisi hyvä hyödyntää myös muissa kohteissa, kuten palvelinkeskuksissa. Tärkeimpiä etuja ovat seuraavat (15, s. 2):

Yhteensopivuus

Aikaisemmin eri laitevalmistajien IED-laitteet noudattivat omia kommunikointi menetelmiä, eikä ne keskustelleet muiden valmistajien IED-laitteiden kanssa. IEC 61850 -standardin myötä laitevalmistajat ovat kehittäneet tuotteita, jotka hyödyntävät yhteisiä standardisoituja tiedonsiirtomenetelmiä ja jotka ovat yhteensopivia muiden valmistajien tuotteiden kanssa. Tämä helpottaa tulevaisuuden huoltotilanteissa, jolloin viallinen laite voidaan korvata muulla, kuin saman valmistajan tuotteella.

Enemmän kuin pelkkä kommunikointiprotokolla

IEC 61850-standardi tarjoaa muutakin kuin pelkän protokollan kommunikointiin. Se määrittää täydellisen arkkitehtuurin, johon kuuluu protokolla, tietojen mallinnus ja standardoitujen funktioiden esittäminen. Järjestelmän toimintaa voidaan visualisoida esimerkiksi kiinteistön SCADA-järjestelmässä.

Kestää tulevaisuudessa

Koska IEC 61850 on digitaalinen standardi, se mahdollistaa yhteensopivuuden erilaisten tiedonsiirtomenetelmien kanssa tulevaisuudessakin. Tänä päivänä palvelinkeskuksset hyödyntävät Ethernet-tekniikkaa, mutta tulevaisuudessa kommunikointi voidaan toteuttaa myös esimerkiksi langattomasti tai pilvipalveluiden avulla.

5.1 Vaikutukset suunnitteluun

IEC 61850 -standardin myötä laitteistojen väliset ristiinlukitus- ja indikointikaapeloinnit vähenevät, mikä vaikuttaa sekä asennuskustannuksiin, kuin myös suunnitteluun ja

siihen liittyvään dokumentointiin. Vähäisempi kaapelointi vaikuttaa myös keskuksien koihin ja malleihin, sekä johtoteihin. Myös mahdolliset järjestelmän toiminnallisuuteen liittyvät muutokset ja lisäykset saadaan toteutettua helpommin, sillä järjestelmän uudelleenkonfigurointi voidaan toteuttaa ohjelmallisesti eikä välttämättä tarvitse muuttaa fyysisiä kytkentöjä. IEC 61850:n avulla saadaan myös energiatehokkaampia järjestelmiä, sillä muun muassa mittaukset, sekä valvonta on huomattavasti tarkempaa ja laajempaa. Jatkuvan valvonnan takia voidaan välttyä suuriltakin vikatilanteilta, sillä tallennettujen lokitietojen ja ohjelmoinnin avulla voidaan mahdollisiin tuleviin ongelmiin varautua jo hyvissä ajoin.

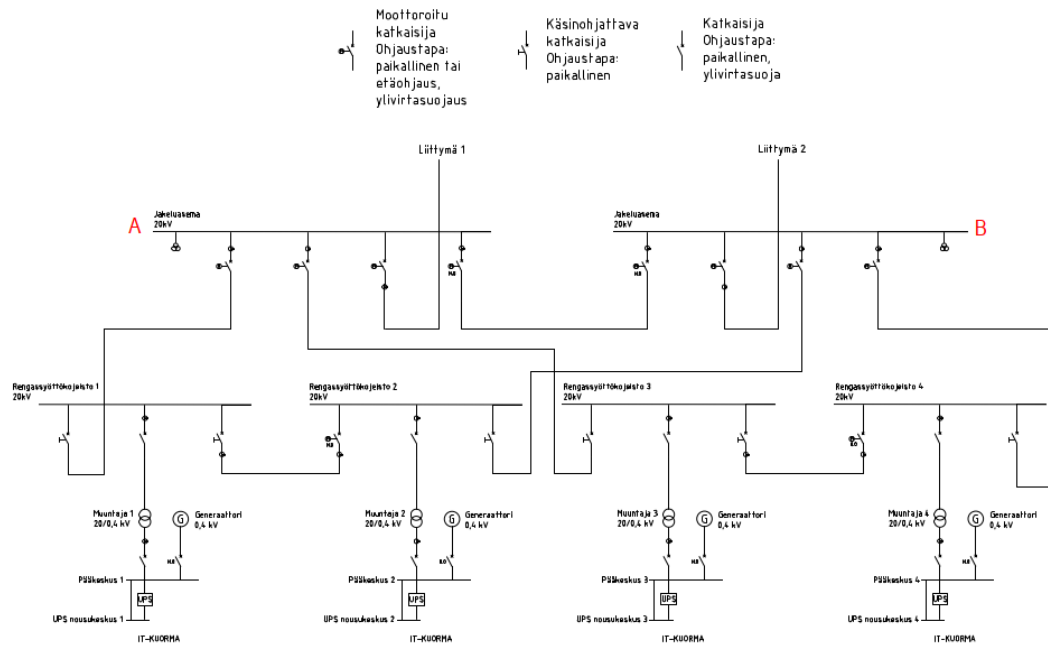
5.2 Järjestelmän toimintakuvaus

Projektin alkuvaiheessa selvitetään järjestelmän toiminnalliset vaatimukset, laajuus, redundanttisuus ja toimintaperiaatteet, joiden avulla tehdään luonnospiirustus jakelukavioista. Tier-luokitukset ohjaavat suunnittelua.

IEC 61850-suunnittelun kannalta tärkeitä lähtötietoja ovat järjestelmän IED-laitteiden määrät ja tyypit, ja se kuinka monipuolisesti laitoksen halutaan toimivan. Lähtötietojen selvitysten jälkeen tehdään yleensä järjestelmän toimintakuvaus.

Toimintakuvaus tehdään joko selostuksen, kaavion tai molempien muodossa. Toimintakuvauksessa kerrotaan yksinkertaisesti, kuinka laitos on suunniteltu toimimaan eri toiminta- ja kytkentätiloissa, sekä esitetään erilaisia skenaarioita. Eräs skenaario voisi olla esimerkiksi, jos kriittisen kuorman, kuten pääkeskuksen muuntajan keskijännitejakelussa olisi katkos vika- tai huoltotilanteen takia ja tämän seurauksena sähkönsyöttö joudutaan ohjaamaan toista reittiä pitkin kuormalle. Tässä tilanteessa saadaan sähkönsyötön vaihto tehtyä paikallisesti, kauko-ohjauksella tai automaattisesti suojareleiden välisen GOOSE-viestien avulla. Suuressa laitoksessa keskijännitejakeluja ja niiden toimintatiloja voi olla lukuisia ja ne pyritään esittämään kaavioissa. Kun ehdotetut toimintatilat on sovittu, saadaan määriteltäviä keskijännitelaitteiden tarkemmat tiedot ja vietyä suunnitelmia eteenpäin.

KATKAISIJA TYYPIT



Kuva 10. Katkaisijat.

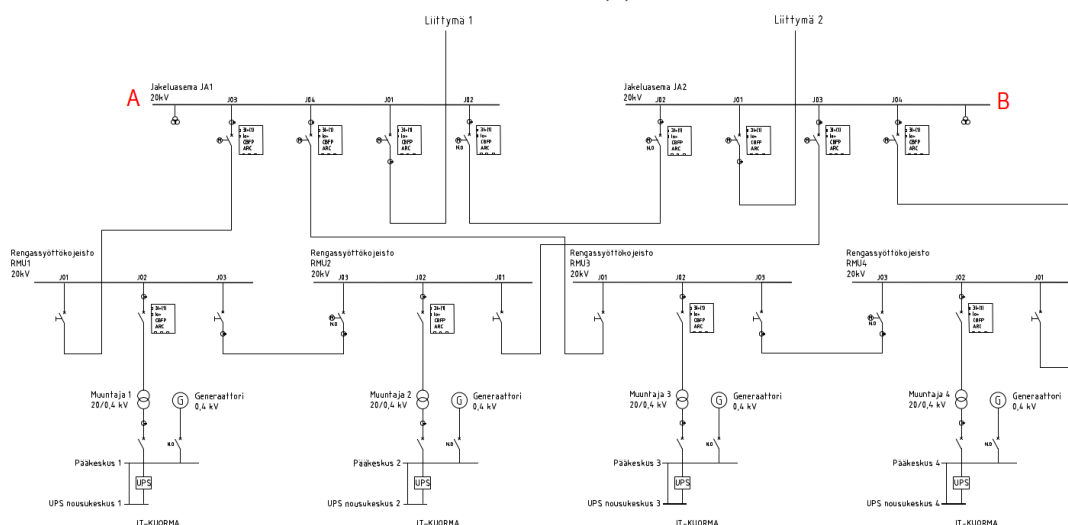
Kuvassa 10 on esitetty suunnitellut katkaisijatyypit ja kerrottu niiden eri ohjaus- ja toimintatavat. Moottoroidut katkaisijat jakeluasemilla ja rengassyöttökojeistojen välisissä yhteyksissä mahdollistavat niiden ohjelmallisen toiminnan ja ovat näin ollen pakollisia järjestelmässä. Käsin ohjatut katkaisijat voidaan sijoittaa esimerkiksi rengassyöttökojeistojen välisten kaapelilähtöjen toiseen päähän, sillä ne ovat jatkuvasti kiinni asennossa normaali tilanteessa.

SUOJARELEET

ABB REF615
Elektroninen suojarile (IED)

Virta- ja jännitemittaukset
Valokaarisuojaus
Katkaisijan ohjaukset ja lukitukset

Suojareleet liitetään Ethernet-yhteydellä
laitoksen IEC 61850 järjestelmään

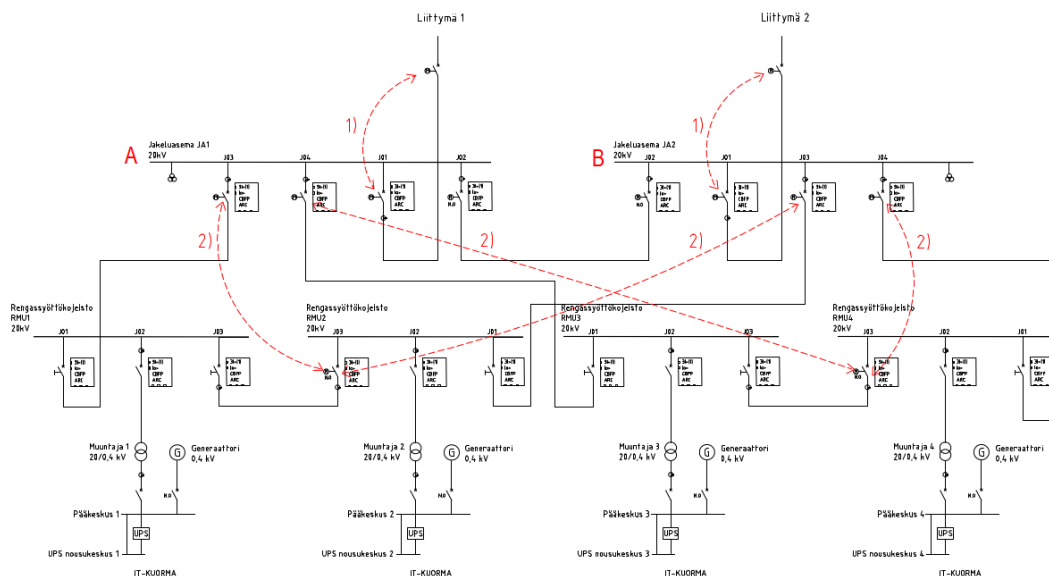


Kuva 11. Suojareleet.

Kuvassa 11 on esitetty lähtöjen suojarileet. Jotta saataisiin tarkemmat suunnitelmat tätä insinöörityötä varten, niin suojarileiden esimerkkimalliksi on valittu ABB REF615. Rengassyöttökojeistojen tulot, sekä niiden väliset lähdöt voidaan toteuttaa mekaanisilla tai moottoroiduilla kuormanerottimilla. Suojareleiden ja niihin kytkettävien kenttälaitteiden avulla voidaan toteuttaa tarvittavat mittaukset, valvonnat sekä ohjaukset. Suojareleiden avulla kerätään liitetyistä laitteista tulevaa dataa, kuten mittaustietoja, ja välitetään ne eteenpäin tietoverkkoon tai suoraan toisille suojalaitteille. Datamallien tapaan suunnittelija luo I/O (Input/output) -listan, jossa luetellaan mitä tietoja ja toimintoja tarvitaan mistäkin laitteesta. I/O-tiedoista kerrotaan tarkemmin luvussa 6.

LUKITUKSET JA OHJAUKSET

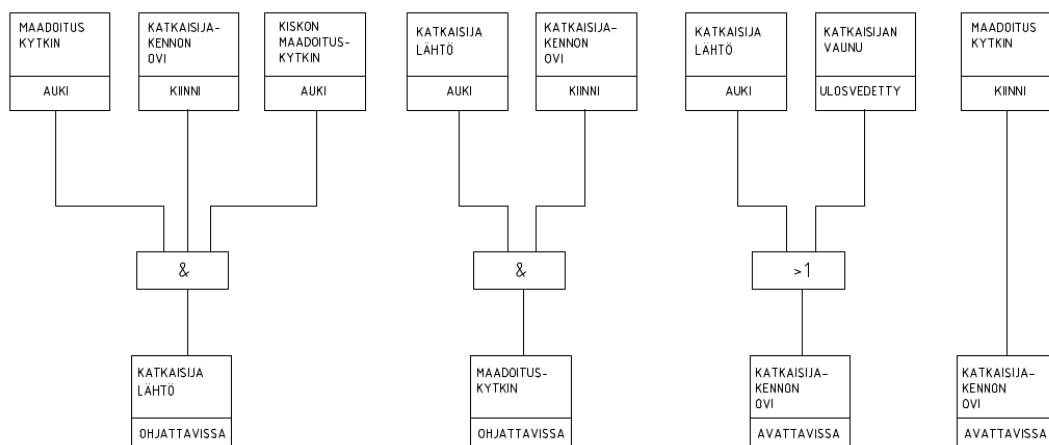
- 1) Lukitus: Katkaisijan asennon muutos vaikuttaa myös toiseen katkaisijaan
- 2) Ohjaus: Kun A tai B jakeluaseman katkaisijat toimivat ylivirrasta: Ei vaikutusta rengassyöttökojeiston katkaisijoihin.
Kun A tai B jakeluaseman katkaisijoita ohjataan manuaalisesti tai ohjelmallisesti: Rengassyöttökojeiston katkaisija sulkeutuu.



Kuva 12. Järjestelmässä toteutettavat katkaisijoiden ohjaukset ja lukitukset.

Kuvassa 12 on esitetty suojareleiden toiminnot ohjaus- ja lukitustilanteissa. Lukituksilla saadaan toteutettua turvalliset syötönvaihdot ja huoltotilanteet. Yllä olevassa esimerkissä on esitetty kaksi eri toimintatilaa. Lukituksella tarkoitetaan sitä, että kun esimerkiksi liittymän 1 katkaisija avataan, niin myös jakoaseman 1 tulo katkaisija aukeaa. Kun järjestelmässä on useampi sähkönsyöttö, niin ohjaukset ja lukitukset ovat tärkeitä turvallisuuden ja toiminnan kannalta. Ohjauksien avulla saadaan syötönvaihdot tehtyä automaattisesti.

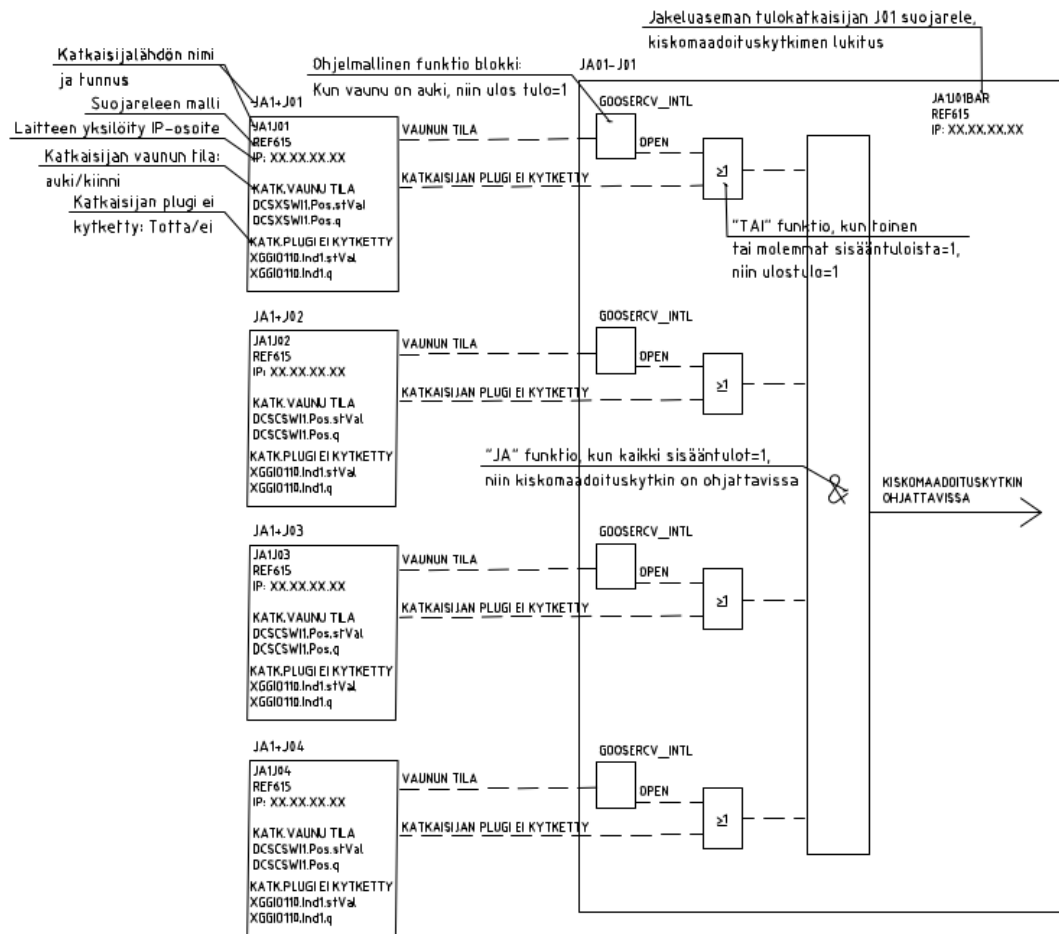
LÄHDÖN LUKITUKSET



Kuva 13. Lukituskaavio.

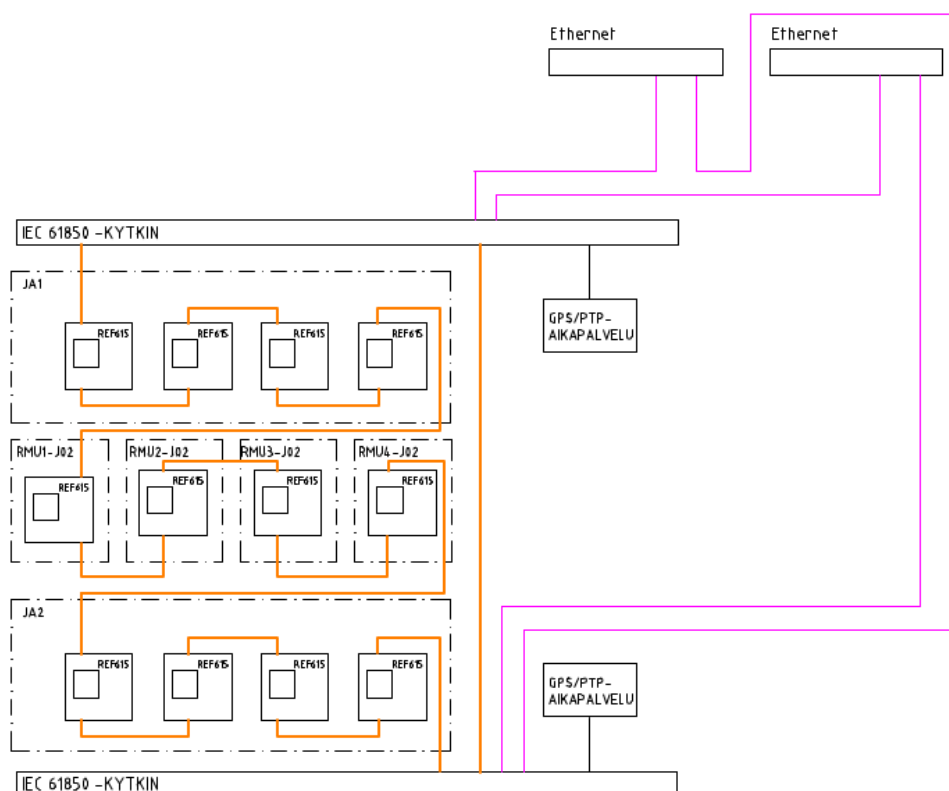
Toimintakuvauksen selkeyttämiseksi voidaan tehdä myös logiikkakaavio eri ohjauksista ja lukituksista. Tämä kaavio helpottaa myös järjestelmän ohjelmointia myöhemmin, sillä mallista nähdään suoraan tarvittavat toiminnot, jotka muunnetaan vain myöhemmin IEC 61850 mukaiseen konfigurointikieleen. Lukitukset ohjelmoidaan myös esimerkiksi maadoituskatkaisijoihin ja keskusten katkaisija kennojen oviin, kuten kuvasta 13 nähdään. Tällöin maadoituskytkintä ei ole mahdollista sulkea, ennen kuin sähkönsyöttö on katkaistu ja kojeiston kansi on myös lukittu niin kauan, kunnes maadoituskytkin saadaan suljettua. Lukitukset varmistavat sen, että huoltotilanteissa ei voi sattua hengenvaarallisia tilanteita. Vastaavanlaisia kaavioita tehdään tarvittaessa myös muistakin halutuista toiminnoista. Lukituskaavion avulla esitetään laitevalmistajalle tai urakoitsijalle toiminta periaatteet, joiden avulla järjestelmä voidaan ohjelmoida käyttäen IEC 61850 -standardiin soveltuvaa ohjelmistoa.

KISKOMAADOITUSKYTKIMEN LUKITUS GOOSE-KAAVIO



Kuva 14. Kiskomaadoituskytkimen lukituksen GOOSE-kaavio.

Kuvassa 14 on esimerkki kiskomaadoituskytkimen lukituksen GOOSE-kaaviosta. GOOSE-kaavioiden avulla voidaan toteuttaa tarvittavien toimintojen ohjelmoinnit, sekä käyttöönnotot. Kaaviot tekee yleensä laitevalmistaja, mutta myös suunnittelija tai urakoitsija voi ne tehdä, riippuen siitä miten on sovittu. GOOSE-kaavio sisältää muun muassa laitteiden tunnuksia, IP-osoitteita, ohjelmoidut toiminnot, sekä halutun lopputuloksen.



Kuva 15. Suojareleiden verkkotopologia.

Kuvassa 15 on esitetty laitoksen IEC 61850-järjestelmän verkkotopologia. Suunniteltu topologia on rengasmainen redundanssitopologia, jossa on kahdennetut IEC 61850 -kytkimet, sekä niihin kytkettävät tietoverkkokaapelit ovat kahdennettuja jatkuvan toiminnan varmistamiseksi. Suojareleet on kytketty sarjaan ja IEC 61850-kytkimet ovat kytketty yhteen, näin muodostaen rengasmaisen verkkotopologian. Kuvassa 15 suojareleiden väliset kaapelit ovat kuitukaapeleita.

6 I/O-tiedot

Datakeskuksen suuruudesta ja järjestelmän laajuudesta riippuen sen sähköjakelujärjestelmä voi sisältää lukuisia suoja-areleita, katkaisijoita, muuntajia ja muita sähkölaitteita. Laitteilta vaaditaan niiden toimintatilaa tai ohjauksia kuvaavia tietoja, joita kutsutaan I/O:ksi. Yksi I/O voi olla esimerkiksi katkaisijan asennon tilatieto. Suunnittelija kerää luettelon, jossa listataan jokaisesta komponentista tarvittavat tiedot. I/O-luettelo auttaa urakoitsijaa ja keskusvalmistajaa toteuttamaan työn halutulla tavalla. I/O:ta on kahta eri mallia; soft, eli ohjelmalliset I/O:t ja hard, eli fyysisillä kaapeleilla toteutettavat I/O:t. Molemmista laaditaan omat luettelot, joissa kerrotaan toimintojen lisäksi myös muun muassa se, halutaanko tieto visualisoida, sekä tallentaa muistiin.

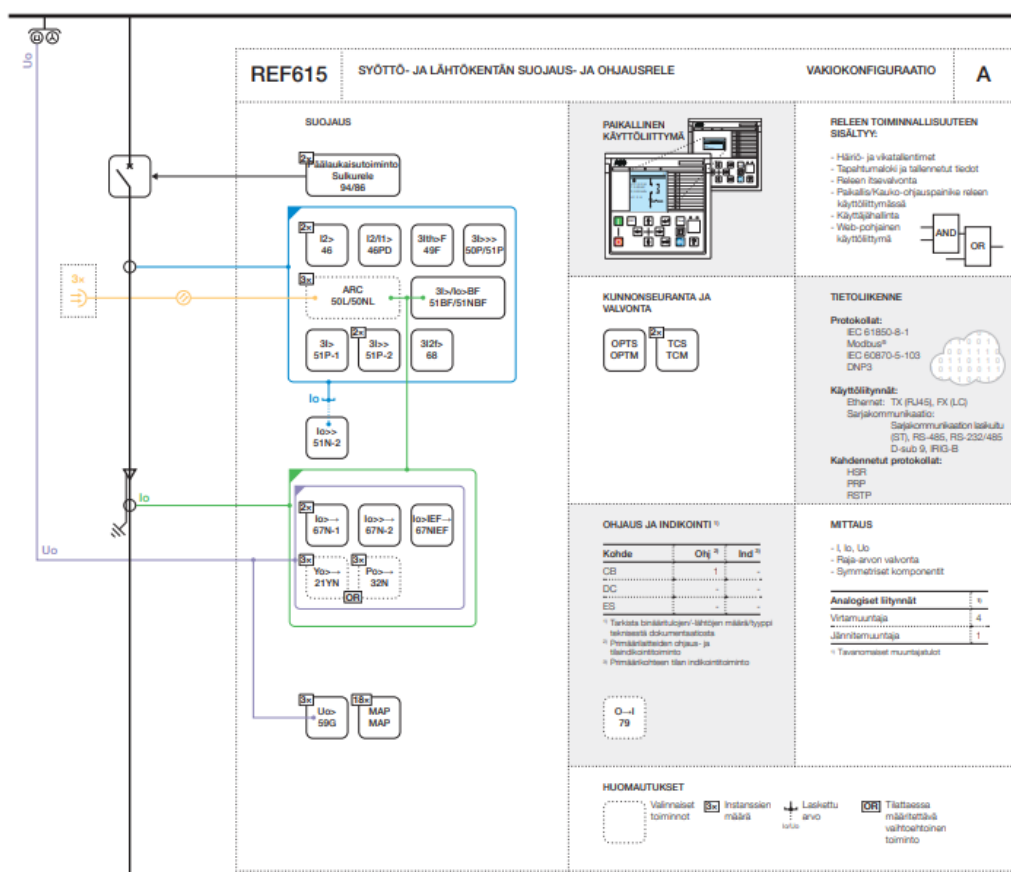
Tässä luvussa käsitellään eri laitteista tarvittavia I/O tietoja.

6.1 Muuntajat

Muuntajilta tarvitaan kiinteistön hallintajärjestelmään käämien lämpötilojen seuranta ja tilatieto. Käämien lämpötilan seuranta voidaan asettaa esimerkiksi havahtumaan eli ilmoittamaan, jos muuntajassa tapahtuu jotain normaalista poikkeavaa, ja vikatilanteessa hälyttämään. Hälytys tilannetta varten ohjelmoidaan esimerkiksi suoja-arele reagoimaan siihen avaamalla muuntajaa syöttävän katkaisijan. Mittatietoja myös voidaan tarkkailla rakennuksen SCADA -järjestelmästä käsin.

6.2 Suoja-areleet

Suoja-areleet on suunniteltu sähkövoimajärjestelmien suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan. Suoja-areleiden avulla valvotaan ja ohjataan katkaisijoita. Niillä kerätään myös lokitietoja häiriö- ja vikatilanteista. Vanhemmat suoja-areleet ovat sähkömekaanisia, jotka ovat epätarkkoja, eivätkä sisällä älyä ollenkaan. Nykyaikaiset suoja-areleet sisältävät mikroprosessorin, joka mahdollistaa useampien suojaustoimintojen integroimisen samaan IED-laitteeseen. Suoja-areleiden muita toimintoja on muun muassa valokaa-risuojaus, virta- ja jännitemittaukset, sekä kunnon seuranta ja valvonta. Kuvassa 16 on ABB:n tuoteoppaasta otettu kuvankaappaus REF615-suoja-areleen ominaisuuksista sen vakiokonfiguraatiossa A.



Kuva 16. ABB REF615 suojareleen vakiokonfiguraation A toiminnallinen yleiskatsaus (16, s. 4).

Suojareleisiin kytketään tarvittavat kärkitiedot ja mittamuuntajat, jotka suojarele muuntaa IEC 61850-väylään yhteensopivaan muotoon. Valmistajan tuotetiedoissa ilmoitetaan, onko kyseinen laite IEC 61850-yhteensopiva. Suojareleet yhdistetään toisiinsa valokuitukaapeleilla rengas- tai tähtikytkennällä, jotta horisontaaliset GOOSE-viestit kulkevat suojareleeltä seuraavalle. Suojareleiltä saatavia I/O-tietoja on lukuisia, ja niistä yleisimpiä ovat muun muassa katkaisijan tilatiedot, ohjaukset ja lukitukset, katkaisijan vaunun tilatieto, maadoituskatkaisijan tilatieto, valokaarisuojaukset ja mittamuuntajien tiedot. Suojarele voidaan asettaa havahtumaan, hälyttämään ja reagoimaan erilaisista sille määritellyistä asetuksista. Laitevalmistajilla löytyy omat ohjelmistonsa IEC 61850-järjestelmän ohjelmointiin, joka esimerkiksi ABB:lla on PCM600.

6.3 Keskeytymätön virransyöttö

UPS (Uninterruptible Power Supply), eli keskeytymätön virransyöttö koostuu tasasuuntaajasta sekä sen akustosta. UPS-laitteita käytetään myös muun muassa lentokoneissa ja sairaaloissa. Datakeskuksissa UPS-laitteiston tehtävänä on varmistaa, että kriittiset IT-laitteet, eivät sammuisi sähkönjakelun häiriötilanteiden aikana. UPS-järjestelmässä on yksi tai useampi tasa- ja vaihtosuuntaaja. Vaihtosähköjärjestelmässä akkuja ladataan verkkovirralla, jolloin UPS-laite muuntaa vaihtosähkön tasasuuntaajan avulla tasasähköksi. UPS-laite voi muuntaa tasasähköä akustolta vaihtosähköksi, jolloin se voi muun muassa toimia verkon tukena tai virtalähteenä. Yleensä UPS-järjestelmän lisäksi tulee varavoimageneraattorit. Suurempien kuormien ja toiminta-aikojen vaatiessa tulevat generaattorit halvemmiksi. Sähkökatkoksen aikana UPS syöttää verkkoa, kunnes generaattori on täysin käynnistynyt.

UPS-laitteet ovat olennainen osa datakeskuksia. UPS-laitteisto mitoitetaan yleensä suurissa laitoksissa toimimaan vain joitain minuutteja, sillä tehon tarve voi olla niin suuri datakeskuksissa, että akustojen hinta tulisi liian suureksi. Jokaisella pääkeskuksella on yleensä oma UPS-pääkeskus ja akusto. Akusto voidaan sijoittaa omaan huoneeseen, sillä se voi vaatia runsaamman jäähdytyksen, sekä vie paljon tilaa. UPS-laitteilta tarvittavat I/O-tiedot ovat esimerkiksi akkumoodi, UPS ohituskytkentä, kaksoismuunnos, huoltovika tai pysäyttävä vika tiedot. Akustolta tarvitaan taas pääkatkaisijan tilatieto ja akkuketjujen tilatieto.

7 Yhteenveto

Insinööriyön päätarkoituksena oli tutkia tarkemmin IEC 61850 -standardia ja sitä, kuinka voidaan hyödyntää palvelinkeskussuunnittelussa.

IEC 61850 -standardi kehitettiin sitä varten, että löytyisi yhteinen konfigurointikieli sähköasema-automaatioon. Sen kehitys jatkuu yhä ja laitevalmistajat tuovat markkinoille koko ajan uusia tuotteita.

Vaikka IEC 61850 -standardia voi soveltaa enemmän keskijännitejakelujärjestelmissä, niin siitä on myös paljon hyötyä pienjännitejakelussa. Perinteisen konventionaalisen ja digitaalisen sähköasema-automaation erot ovat huomattavat, sillä IEC 61850 mahdollistaa täysin digitaalisetkin sähköasemat. ABB:n julkaiseman artikkelin mukaan IEC 61850-järjestelmää hyödyntämällä sähköasemilla voidaan säästää kaapeloinnissa suojarileiden ja kytkinasemien välillä jopa 80 %. (2.) Sähköasemat ja datakeskukset ovat käyttötarkoitukseltaan erilaisia kohteita, mutta kuitenkin standardin tuomat edut, kuten laitteiden yhteensopivuus ja näin ollen huoltokustannukset pienenevät. Lisäksi järjestelmä on helpompi suunnitella ja toteuttaa. Jälkeenpäin tehtävät muutokset voi olla mahdollista tehdä myös ohjelmallisesti, eikä välttämättä tarvitse vaihtaa fyysisiä kytkentöjä. GOOSE-viestien avulla saadaan tuotua jokaiselta suojarileeltä reaaliaikaiset mittaustiedot kohteen kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Järjestelmän voi ohjelmoida myös tallentamaan rekisteriin mittaus lokitietoja ja näin ollen valvomaan laitteiston jatkuvaa toimintaa ja ennakoida mahdollisia tulevia vikoja. Palvelinkeskusten ylläpitokustannusten sekä kriittisten laitteiden toiminnan kannalta takia on tärkeää, että laitoksessa on luotettava sähköautomaatiojärjestelmä, jota pystyy tulevaisuudessa huoltamaan helpommin ja monipuolisemmin.

Lähteet

- 1 IEC 61850 -standardi. 2020. Verkkoaineisto. Schneider Electric.
<<https://www.se.com/fi/fi/product-range-presentation/60793-iec-61850--standardi>>
Luettu 30.1.2020.
- 2 IEC 61850 edition 2 – The standard evolves and so does the industry. 2018. Verkkoaineisto. ABB. <<https://new.abb.com/news/detail/6492/iec-61850-edition-2-the-standard-evolves-and-so-does-the-industry>>
- 3 IEC TR 61850-1:2013. Communication networks and systems for power utility automation – Part 1: Introduction and Overview. 2013. Verkkoaineisto. <https://websites.tore.iec.ch/p-preview/info_iec61850-1%7Bed1.0%7Den.pdf>
- 4 Adamiak, Mark; Baigent Drew. IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substations: An Overview for Users. 2009. Verkkoaineisto. Grid Solutions. <<https://www.gegridsolutions.com/multilin/journals/issues/spring09/iec61850.pdf>>
- 5 Tebekaemi, Eniye; Wijesekera, Duminda. 2016. Designing An IEC 61850 Based Power Distribution Substation Simulation/Emulation Testbed for Cyber-Physical Security Studies. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Structural-Composition-of-an-IEC-61850-based-IED_fig2_316167202>
- 6 Shrivastava, Vikas. 2018. Future Trends to Smart Grid Automation Architecture By IEC 61850. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-IEC-61850-Substation-Automation-System-with-Station-Bus-and-Process-Bus_fig3_325069210>
- 7 Brüdinger, Roland. 2013. Integrating PV into the Smart Grid – Implementation of and IEC 61850 Interface for Large Scale PV Inverters. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/IEC-61850-communication-services-7_fig4_257890947>

- 8 Impact of IEC 61850 GOOSE communication quality on decentralized reactive power control in smart distribution grids – A co-simulation study. 2016. Verkkoaineisto. Semantic Scholar. <<https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-IEC-61850-GOOSE-communication-quality-on-Peirelinck-Bratcu/186ffaa5d274b29b6664c0691fa2be8ace880efc>>

- 9 What Is Network Topology? 2019. Verkkoaineisto. DNSstuff. <<https://www.dnsstuff.com/what-is-network-topology>>

- 10 Hunt, Rich; Bogdan Popescu. 2015. Comparison of PRP and HSR Networks for Protection and Control Applications. Verkkoaineisto. Aventri. <https://na.events-cloud.com/file_uploads/21893ab38e0b7ba63a8c74d922f6d07f_hun_pap.pdf>

- 11 6-5 Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) – 802.1w. Verkkoaineisto. Free CCNA Study Guide. <<https://www.freeccnastudyguide.com/study-guides/ccna/ch6/6-5-rapid-spanning-tree-protocol-rstp-802-1w/>> Luettu 2.4.2020.

- 12 Energiatehokas konesali. 2011. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas_konesali.pdf>

- 13 Tier Standard: Topology. 2018. Verkkoaineisto. Uptime Institute. <<https://uptimeinstitute.com/publications/asset/tier-standard-topology>>

- 14 Precision timing for IEC 61850 smart substation environments. Verkkoaineisto. Industrial ethernet book. <<https://iebmedia.com/index.php?id=10142&tpl=2&showdetail=true&parentid=74&themeid=255>> Luettu 1.4.2020.

- 15 IEC 61850 standard lets data center devices change functions and talk to all their neighbors. 2015. Verkkoaineisto. ABB. <https://library.e.abb.com/public/0faaa8d8dc774774a31e532c9e16547f/ABB-1499-WPO_New_standard_lets_data_center_devices.pdf>

- 16 IEC 61850 615 series Engineering Guide. 2009. Verkkoaineisto. ABB. <[https://library.e.abb.com/public-f5dcf411ba594a388a7b8cc315ac01d3/REF615_pg_758316_Fla.pdf?x-sign=Bw6E64UfUQvQYid7CzRJte2/DUIXYkAvv2xnD-cQauKCKmP3D7sOloO8NtFFdDBU2](https://library.e.abb.com/public/f5dcf411ba594a388a7b8cc315ac01d3/REF615_pg_758316_Fla.pdf?x-sign=Bw6E64UfUQvQYid7CzRJte2/DUIXYkAvv2xnD-cQauKCKmP3D7sOloO8NtFFdDBU2)>