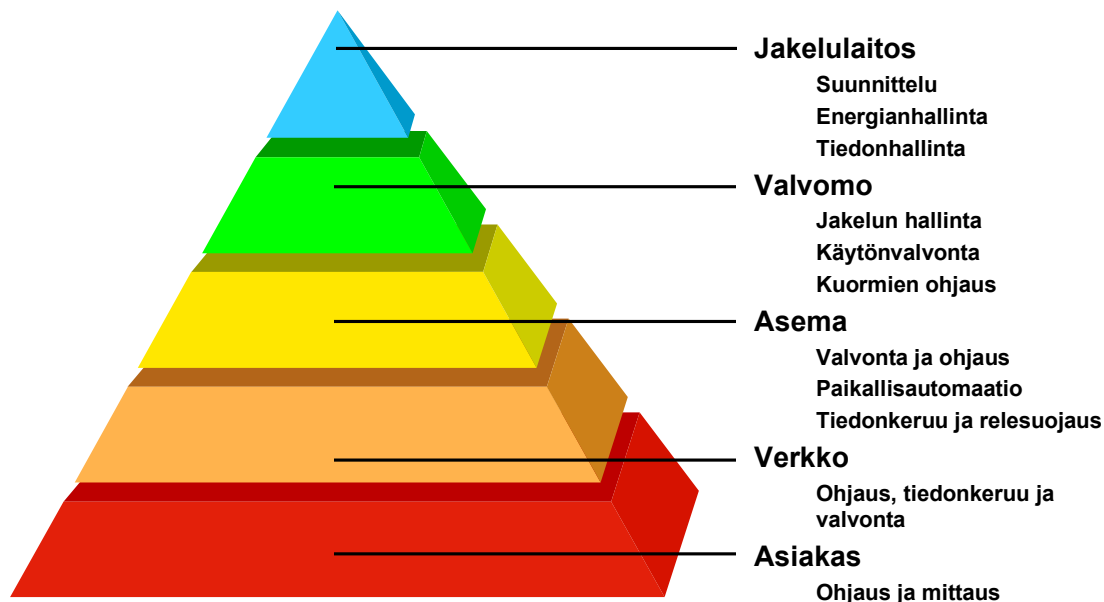


15. SÄHKÖNJAKELUVERKON AUTOMAATIO

15.1. Yleistä

Sähkönjakeluverkon automaatiolla eli jakeluautomaatiolla (DA, Distribution Automation) tarkoitetaan yleisesti erilaisten jakeluverkostojen hallintaa, käyttöä ja valvontaa. Sovellusalueet vaihtelevat sähkö- ja lämpöverkoista vesi- ja kaasuverkkoihin. Automaation perustoinnot ja -vaatimukset ovat kaikilla verkoilla samat; automaatiolla toteutetaan erilaisia ohjauksia ja mittauksia, välitetään tilatietoja ja hälytyksiä jne. Tämä esitys keskittyy kuitenkin keskijännitealueen sähköverkkojen jakeluautomaatioon, koska se on ABB:n ydinliiketoimintaa. Energianjakelun sovellusalueella jakeluautomaatio toteutetaan käytönvalvonta- ja johdolahtöautomaatio-osajärjestelmillä, joiden toimintoja tuetaan jakeluverkon hallintajärjestelmän käytöntukitoiminnoilla.

Keskijänniteverkon kokonaisvaltaista automatisointia kutsutaan nimellä DA-konsepti. DA-sopeutettu verkko rakentuu samaan automaatiojärjestelmään integroiduista tuotteista ja järjestelmistä. Näillä verkkoa voidaan ohjata ja hallita sekä toimittaa kustannustehokkaasti energiaa vastaamaan kulutustarvetta. Täydellinen DA-konsepti vastaa kaikkiin käyttötarpeisiin jakelulaitokselta asiakkaalle, (vrt. kuva 15.1a).



KUVA 15.1a. DA-konseptin järjestelmähierarkia.

15.2. Automatisoinnin perusteet

Keskijänniteverkon automatisointiin on periaatteessa kaksi pääsyötä:

- automatisointi säästää kustannuksia ja
- verkon automatisointi kohentaa verkon käytettävyyttä lähinnä parantamalla käyttöastetta ja lisäämällä luotettavuutta.

Säästöt rakennusvaiheessa

Automaatiolla voidaan säästää jo laitoksen rakennusvaiheessa huomattavia summia, koska kuormien hallintajärjestelmän (LMS, Load Management System) ja käytönvalvontajärjestelmän integroinnin ansiosta välttyään ylimääräisen valvomolaitteiston hankinnalta. Lisäsäästöjä syntyy saman käyttöliittymän käytöstä, koska henkilöstön koulutustarve ja järjestelmän ylläpitotarve vähenevät. Sähköaseman toteutuksessa voidaan uudella teknologialla

saavuttaa rakennus-, johdotus-, työ- ja käyttöönottosäästöjä. Samalla parannetaan oleellisesti koko sähköverkon käytettävyyttä laajemman lisäinformaation ansiosta.

Säästöt muutostilanteissa

Sähkölaitosten on sopeutettava oma toimintansa ympäristön muutoksiin, joita tapahtuu jatkuvasti (kantaverkkoa muutetaan, kuormitus tilanne muuttuu, laitos itse tekee muutoksia sähköasemillaan ja jakeluverkossaan). Näissä muutostilanteissa on syytä tehdä analyysi verkon tilasta, jonka jälkeen voidaan päättää sopeutustoimenpiteistä. Periaatteessa sopeutusvaihtoehtoja on kaksi:

- johdinverkon vaihtaminen tai vahvistaminen tai
- nykyisen verkon sopeuttaminen uusiin tarpeisiin paremmalla ohjauksella ja suo-
jauksella.

Kustannukset uuden vahvemman avojohdon vaihtamisesta n. 1 km:n matkalle vastaavat relesuojauksen vaihtamista yhdessä lähdössä, joten useissa tapauksissa halvempi ja yksinkertaisempi ratkaisu on nostaa verkon automaatioastetta.

Säästöt korjaus- ja ylläpitokustannuksissa

Korjaus- ja ylläpitokustannuksissa säästöjä tuo tehokas, käytännössä mikroprosessoripohjainen relesuojaus, joka nopeutensa, tarkkuutensa ja ohjelmoitavuutensa ansiosta mahdollistaa lyhyet laukaisuajat ja entistä pienemmät laukaisuportaiden välit. Tämä puolestaan

- vähentää johdinverkon termistä kuormitusta ⇒ oikosulkukestoisuus paranee ilman, että selektiivisyys kärsii,
- vähentää verkostovaurioita, mm. alumiinijohtimien säieaurioita oikosulun sat-
tuessa,
- auttaa minimoimaan johdinverkkojen häviöitä sallimalla sähköisiltä ominaisuuksiltaan parempien johtimien käytön, esim. Al 132-johtimet teräsvahvisteisten Al-johtimien sijasta,
- vähentää johdinpoikkipintojen vahvistamistarvetta oikosulkutehon noustessa muuntajavaihdon seurauksena ja
- alentaa muuntajien vikatiheyttä.

Verkostovikojen hallinta

Kauko-ohjattavilla erotinasemilla viat voidaan erottaa verkosta nopeasti valvomosta käsin. Keskimääräinen vianerotusaika on 5...30 min, kun valvomossa ei ole jatkuvaa päivystystä. Vianselvityksessä voidaan käyttää myös vianerotusautomaatiikkaa, joka perustuu kokeilukytkennän ja jälleenkytkennän käyttöön. Verkon vianselvitys tapahtuu tällöinkin kauko-ohjattavilla erotinasemilla. Vianselvitysautomaatiikka voi perustua valvomo- tai sähköasematasolta keskitetysti suoritettavaan kytkimien ohjaukseen tai erotinasemien paikallisautomaatiikkaan. Yhdessä vianilmaisimien kanssa automaatiikka pystyy itsenäisesti erottamaan viallisen johtohaaran verkosta. Vika saadaan erotettua muutamassa minuutissa.

Päivittäisen ylläpidon suunnittelu

Kauko-ohjattavat erotinasemat auttavat myös verkon korjaus- ja ylläpitotöissä, sillä ne mahdollistavat esim. rengasverkon luomisen ja jakelurajojen muuttamisen keskitetysti valvomosta käsin.

Käytönvalvonta

Sähkökaupan vapautumisen myötä on tullut yhä tärkeämmäksi saada keskitetty valvonta kaikille energiaan liittyville asioille (erilaiset käyttödokumentit, mm. päto- ja loistehon kirjaukset, kuormitusmalleihin pohjautuvien ennusteiden hyväksikäyttö ja ennusteiden tuottaminen, ostotehon valvonta ja siihen liittyvät ohjaukset, automatisoinnit ja hälytykset jne.). DA-konseptissa nämä voidaan toteuttaa käytönvalvonnan (NCS, Network Control System) avulla.

15.3. Verkostoautomaatiotoiminnot

Käytännössä verkostoautomaatio toteutetaan monen eri tason (mm. valvomo, verkko, alaseama) toiminnoilla, jotka on mahdollista toteuttaa myös asteittain. Verkostoautomaatiolla, joka on kokonaisuudessaan voimakkaan kehityksen alla, hallitaan lähinnä 20 kV verkkoa.

Verkostonhallinnan viisi päätehtävää ovat:

1. verkoston häiriötilanteiden selvittely,
2. keskijännitejakaiverkon käyttö,
3. sähköaseman kaukokäyttö ja paikallisautomaatio,
4. verkoston tilan seuranta ja
5. verkostonhallinnan tukitoiminnot.

Lisäksi automaatiotoiminnoilla on mahdollista vaikuttaa kuluttajien toimintaan. Tärkein näistä toiminnoista on *kysynnänhallinta* (DSM, Demand Side Management), jolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla pyritään vaikuttamaan kuluttajien tehon- ja energiantarpeeseen (esim. kuormituksenohjaus ja dynaamisten tariffien käyttö). Muita kuluttajan automaatiotoimintoja ovat mm. *laskutusmittareiden kaukoluku*, *kuormien ohjaustoiminnot* (esim. lämminvesivaraajat ja kiukaat) sekä *erilaiset kauko-ohjaukset* (mm. lukot) ja *hälytykset* (palo, murto). Mittareiden kaukoluku (AMR, Automatic Meter Reading) on perusteltua lähinnä suurten kuluttajien osalta, koska sen avulla laskutusta saadaan nopeutettua. Tariffien monipuolistuminen ja kysynnän hallintaan liittyvät toimenpiteet lisäävät tätä kaukoluenan tarvetta. Samoin vaikuttaa sähkömarkkinoiden vapautuminen, sillä kuluttajien pääsy vapaan kilpailun piiriin edellyttää energiamittausten kaukoluentaa. Näin ollen sähkökaupan vaatima mittarointi ja tasehallinta tulee yleismaailmallisesti olemaan lähinnä verkkoyhtiön vastuualuetta, mutta poikkeaviakin toimintamalleja on.

15.3.1. Verkoston häiriötilanteiden selvittely

Verkostoautomaatio nopeuttaa häiriön tunnistamista ja rajaamista sekä kuluttajien sähköjakelun palauttamista. Toiminnallisesti korkeimmalla tasolla ovat *erilaiset häiriönselvityksen tietojärjestelmät*, joiden tarkoituksena on kerätä verkon mittauksista ja alemman tason automaatiotoiminnoista saatavaa tietoa ja yhdistää sitä pysyvissä tietokannoissa oleviin tietoihin. Näin saadaan tieto esim. verkostossa olevan vian todennäköisestä sijainnista ja laajuudesta, sekä ohjeita kytkentöjen muuttamisesta. Nämä järjestelmät toimivat lähinnä operaattoreiden päätöksenteon tukena, mutta voivat (joissain tapauksissa) suorittaa kytkentöjä itsenäisesti. Niinpä verkostoautomaation toimintoja kutsutaan myöskin yleisesti käytön-tueksi.

Verkoston hälytysten käsittelyllä kerätään erilaisten mittausten ja suojauksen tuottamaa tietoa ja suodatetaan siitä olennaisin informaatio esille. Toiminnon merkitys kasvaa informaation määrän kasvaessa ja hallintajärjestelmien muuttuessa yhä monimutkaisemmiksi. Nykyään tietoa tuotetaan lähinnä operaattoreiden käyttöön, mutta tulevaisuudessa kommunikointi voi tapahtua suoraan korkeamman tason tietojärjestelmän kanssa. Tällöin asiantuntijajärjestelmät tuottavat valmiiksi jäsennettyä tietoa verkoston tilasta.

Kuluttajien vikailmoitusten käsittelyssä kootaan yhteen kuluttajien ilmoitusten sisältämää informaatiota. Kun näin saatuja tietoja verrataan verkkokuvaan, saadaan häiriön laajuus ja vian sijainti nopeasti hahmotettua. Tästä on hyötyä etenkin pienjänniteverkon vioissa, koska pienjännitepuolella on vähemmän varsinaisia mittauksia. Samalla operaattorit vapautuvat vianselvityksen tärkeimpiin ja kiireellisempiin tehtäviin.

Verkoston vikojen indikointi sisältää sekä sähköasemalla että keskijänniteverkossa tapahtuvan vikojen havainnoinnin. Tärkeimpänä kohteena ovat suuren ylimenoresistanssin kautta tapahtuvat maasulut ja johdinkatkokset, joita on vaikea perinteisin keinoin havaita.

Verkoston vikojen etäisyyden laskenta tuottaa tiedon oikosulkujen ja pienen vikaresistanssin omaavien maasulkujen etäisyydestä sähköasemalta. Mittaukset tehdään pääasiassa numeeristen suojareleiden avulla hyödyntäen sähköasemilla jo ennestään olevia mittamuuntajia, ja tiedonsiirto tapahtuu kaukokäyttöjärjestelmän kautta.

Verkossa olevien vikaindikaattorien kaukoluenta tarkoittaa vikapaikan sijaintia verkossa, ja helpottaa automaattisia vianerotustoimintoja.

Vianerotustoiminnot tapahtuvat sekä operaattorien valvonnassa kauko-ohjattavilla erottimilla että automaattisesti.

15.3.2. Keskijännitejakeluverkon käyttö

Automaatiolla voidaan helpottaa ja järjeistää verkon käyttötoimintoja. Samalla pyritään optimoimaan verkon hetkellistä tilaa.

Verkon erottimien kaukokäyttö nopeuttaa kytkentämuutosten tekoa. Suurin merkitys tällä on vikatilanteiden yhteydessä, mutta merkittävää työn nopeutuminen on myös normaalien huolto- ja korjaustöiden yhteydessä.

Jakeluverkon jännitteensäätö pyrkii pitämään jännitetason mahdollisimman hyvin sallituissa rajoissa jakeluverkon loppupäässä (= kuluttajalla). Jännitteensäädöllä myös vaikutaan verkoston häviöihin ja joissain tapauksissa sitä voidaan käyttää huipunleikkaukseen.

Loistehon kompensointi on automaation ansiosta helpommin ohjattavissa. Tämän takia on aikaisempaa helpompi sijoittaa kondensaattoreita keskijännitejakeluverkkoon, esim. erotinasemien yhteyteen.

Verkon käyttötilanteen optimointi sisältää jännitteen, loistehon ja kytkentätilanteen optimoinnin. Pyrkimyksenä on, että kokonaishäviöt olisivat minimissään. Lisäksi mahdollisen vikatilanteen aiheuttamat haitat pyritään saamaan vähäisiksi.

Verkon käyttöpäiväkirja sisältää historiatiedot verkon ohjauksista ja häiriötapahtumista. Päiväkirjan tuottaminen on mahdollisuus pääosin automatisoida.

Verkon kytkentöjen suunnittelu voidaan toteuttaa tietokoneavusteisesti. Ajantasalla olevan jakeluverkkomallilla voidaan aiotut kytkentämuutokset tarkistaa välittömästi. Tämä puolestaan nopeuttaa suunnitelmien tekemistä ja pienentää virhetoimintojen riskiä. Samalla tavoin voidaan suunnitella myös määräaikaiset huoltotyöt.

Verkon suojaus voidaan tarkistaa ja sopeuttaa kytkentätilanteisiin kaukoasetteluja hyväksi käyttäen. Esimerkiksi varasyöttönä toimivan johtolähdön releasettelut muutetaan käyttötilanteen mukaan.

15.3.3. Kaukokäyttö ja sähköasemien paikallisautomaatio

Sähköasemien kaukokäyttö (SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition) on vaikiintunutta tekniikkaa, joka sisältää tavallisesti katkaisijoiden ja erottimien kauko-ohjauksen, muuntajien käännyttämien kauko-ohjauksen sekä erilaisia mittauksia sähköaseman kiskostosta ja johtolähdöistä. Kaukokäyttöjärjestelmät muodostavat mahdollisimman reaaliaikaisen liittymän jakeluprosessin tärkeimpiin osiin. Kaukokäyttöjärjestelmille ominaisimpia kehityspiirteitä ovat integraatio ja laajeneminen. Kaukokäyttö liittyy yhä kiinteämmin muihin järjestelmiin, kuten relesuojauksen paikalliseen ohjauskeskukseen sekä verkostoerottimien ja kuormituksen ohjausjärjestelmään. Laajeneminen tarkoittaa sitä, että kaukokäytön piiriin tulee yhä uusia tietoja, esim. paikallisia sääasemia.

Sähköaseman paikallisautomaatio (SA, Substation Automation) mahdollistaa sähköaseman paikallisohjauksen. Se ylläpitää ja liittää sähköaseman tarkan kellonajan osaksi kokonaisjärjestelmän aikajärjestelmää. Paikallisautomaatiolla toteutetuilla sekvenssiohjauksilla minimoidaan sekä taloudellisia että turvallisuusriskejä. Sillä toteutetaan myös paikalliset ylläpitotoiminnot, kuten jännitteensäätö ja tapahtuma- ja hälytyskäsittely.

15.3.4 Verkoston tilan seuranta

Verkoston tilan seurantaan luetaan lähinnä verkon normaalitilan seurantaan liittyvät toiminnot ja verkoston ylläpidon ja suunnittelun tarpeisiin tuotettavat toiminnot.

Verkkokartan ylläpito tietokoneella säästää merkittävästi työtä. Tällöin voidaan verkon uusien osien suunnittelu toteuttaa käyttämällä vanhaa tietokantaa pohjana.

KytKentätilan ylläpito voidaan myös toteuttaa tietokoneen graafisella näytöllä siten, että kytkentämuutosten vaikutus verkon jakorajoihin saadaan välittömästi näkyviin. Käytännössä tämä tapahtuu esim. värityksellä sähköaseman vierekkäiset lähdöt eri väreillä, jolloin tilannekuva on mahdollisimman havainnollinen.

Verkkotietojärjestelmällä, joka liitetään sähkölaitosautomaatioon, voidaan toteuttaa myös verkoston suunnittelu- ja seurantalaskenta. Seurantalaskentaan kuuluu mm. vikavirtojen laskenta sekä vastaava oikosulku- ja maasulkureleistyksen asettelujen tarkistus.

Jakeluverkon kuorman estimoinnin tarkoituksena on tuottaa saatavilla olevia taustatietoja hyväksi käyttäen mahdollisimman hyvä arvio verkon eri osien tehovirtaamista. Kuorman estimointi on perustoiminto, jonka tuloksia monet muut automaatiotoiminnot käyttävät hyväkseen.

Sähköverkon kuormien ennustaminen on tarpeen verkon käytön optimoimiseksi lyhyellä tähtämellä ja verkostoinvestointien kohdistamiseksi pitkällä tähtämellä. Ennustaminen perustuu kuorman estimoinnin tuloksiin ja kuluttajien taustatietoihin. Automaatio helpottaa myös *kuormitustutkimusta*, joka on tarpeen säännöllisesti käyttäytyvien kuluttajatyypin mallikuormituskäyrien ylläpitämiseksi.

Verkon komponenttien kaukovalvonta voidaan toteuttaa joko suoraan mittauksin tai tilaestimoinnilla. Eräs valvottava kohde on jakelumuuntaja, jonka kuormitukselle saadaan tilaestimoinnilla hyvä arvio, mikäli sen kuorma on säännöllisesti käyttäytyvää tyyppiä. Muutoin seurannan on perustuttava paikan päällä tapahtuviin mittauksiin, jotka ovat joko kiinteitä tai siirrettäviä.

Sähkön laatutekijöiden valvonta on tarpeellista laatustandardien ja tuotevastuulainsäädännön kehittyessä. Sähkön laatua voidaan seurata laskentamalleilla ja siirrettävillä mittauksilla.

15.4. Verkostoautomaation tekniikka

Seuraavassa tarkastellaan eri verkostoautomaatiotoimintojen vaatimaa toteutusympäristöä sekä tekniikkaa. Aluksi tarkastellaan eri tietojärjestelmiä ja sen jälkeen luodaan katsaus tiedonsiirtotekniikoiden tilanteeseen. Lopuksi tarkastellaan eri automaatiotoimintojen toteutusta mallijärjestelmässä.

15.4.1. Tietojärjestelmät

Jakelun hallintaan tarvitaan useita järjestelmiä, jotka suorittavat informaation keruuta, käsittelyä, taltiointia ja välitystä. Seuraavassa on esitelty keskeisessä vuorovaikutussuhteessa olevat jakeluverkon automaation (DA) tietojärjestelmät.

Jakeluverkon hallintajärjestelmä (DMS, Distribution Management System) eli verkostoautomaatio palvelee muita järjestelmiä tarjoten käytöntukipalveluja sähköverkon valvontaan ja suunnitteluun. Ne sisältävät kytkentätilan ylläpitoon, verkkotopologian hallintaan, vianhallintaan, raportointiin ja tilastointiin liittyviä tietoja. Nämä järjestelmät perustuvat tavallisesti käytönvalvonta- ja verkkotietojärjestelmien ylläpitämien tietojen hyväksikäyttöön.

Verkkotietojärjestelmä (NIS, Network Information System) sisältää verkon laskennalliseen käsittelyyn tarvittavat toiminnot ja tietokannat, jotka sisältävät teknillisiä tietoja sähköasemilta, keskijänniteverkosta, muuntamoilta ja pienjänniteverkosta aina asiakkaalle saakka. Verkkotietojärjestelmän pääasialliset toiminnot ovat verkon suunnittelu, ylläpito ja seurantalaskenta. Lisäksi järjestelmä sisältää mm. verkon kunnossapidon ja rakentamisen suunnittelutoimintoja. Nykyisin verkkotietojärjestelmä perustuu usein paikkatiedon hallintaan, ja graafisen käyttöliittymän avulla informaatio voidaan havainnollistaa karttapohjalla maastotietojärjestelmän (GIS, Geographical Information System) tapaan GIS-toiminnallisuudella.

Käytönvalvontajärjestelmillä (NCS) kerätään valvomoon reaaliaikaista tietoa sähköasemilta ja verkosta sekä lähetetään ohjauksia sähköasemille ja verkkoon. Käytönvalvontajärjestelmän tietokannoissa säilytetään mittaus- ja tilatietoja, parametreja yms. Koska mittaus-tietoja tulee jatkuvasti, tallennetaan tietokantaan vain uusimmat tiedot tietyltä ajanjaksolta. Käytönvalvontajärjestelmän tietokannalta vaaditaan, että verkon tilamuutokset on saatava vietyä mahdollisimman tehokkaasti ja luotettavasti tietokantaan ja toisaalta tietokannan rakenteen on oltava mahdollisimman joustava, jotta siihen saadaan liitettyä erilaisia sovelluksia.

Johtolähtöautomaation (FA, Feeder Automation) päätehtävänä on rajoittaa verkostossa olevan vian vaikutusalueita ja -aikaa. Lisäksi järjestelmällä voidaan ehkäistä verkostossa olevia vikoja. Toiminnallisuuden hallintaan hyödynnetään jakeluverkostossa sijaitsevia toimilaitteita ja kaukokäytön päätelaitteita. DMS:n käytöntukipalvelut täydentävät johtolähtöautomaation toimintoja.

Asiakastietojärjestelmä (CIS, Customer Information System) sisältää sähkölaitoksen asiakkaiden perustiedot. Tätä järjestelmää voidaan pitää jopa sähkölaitoksen tärkeimpänä, koska laitoksen taloudenpito ja laskutus perustuvat tähän järjestelmään talletettuihin tietoihin. Näitä tietoja käytetään myös verkon kuormituksen arvioinnin pohjana.

Sähkönjakelun energianhallintajärjestelmillä (DEM, Distribution Energy Management) optimoidaan laitoksen energianhankintaa ja seurataan energiankäyttöä silloin, kun hankin-

talähteitä on useita ja optimointi monimutkaista. Erytisesti sähkökaupan vapautuminen asettaa paineita näiden järjestelmien kehittämiseksi. Verkkoyhtiölle ja myyntiyhtiölle tarvitaan erilliset sähkökaupan sovellukset. Verkkoyhtiön tapauksessa keskeisin toiminto on jakeluverkon energiataseiden muodostaminen alueellista taselaskentaa varten.

15.4.2. Tiedonsiirtotekniikat

Tiedonsiirrossa voidaan hyödyntää lähes kaikkia tunnettuja tekniikoita, mutta tärkeimmät pohjautuvat langattomaan tiedonsiirtoon. Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti tarkasteltu muutamia yleisimpiä keski- ja pienjänniteverkkojen tiedonsiirtotekniikoita ja taulukossa 15.4a on vertailtu niiden tiedonsiirtonopeuksia.

Paikallisverkko (LAN, Local Area Network) on hajautetun järjestelmän tehokkain tiedonsiirtoratkaisu. Ko. tiedonsiirtoverkkoa käytetään nykyisin myös tehokasta tiedonsiirtoa tarvitsevien lähialueen asemien tietoliikenneyhteyksissä esim. kaupunkilaitoksilla.

Radiolinkki yhteydellä voidaan muodostaa samanaikaisesti useita puhe- tai datayhteyksiä. Korkeasta hankintahinnasta johtuen sitä käytetään lähinnä sähköaseman ja valvomon välisissä yhteyksissä.

Langallinen kiinteä yhteys vuokrataan televerkon haltijalta tai rakennetaan ja ylläpidetään itse. Yhteysmuoto vaatii kiinteän yhteyden modeemit.

Valintaista puhelinverkkoa käytettäessä pitää kohteessa olla puhelinliittymä ja yhteyden molemmissa päissä modeemi. Perinteisten modeemiratkaisujen rinnalla voidaan käyttää digitaalista ISDN-tekniikka (Integrated Services Digital Network).

Yleisen dataverkon siirtopalvelut hankitaan teleoperaattorilta. Palvelun hinta riippuu siirtonopeudesta ja -etäisyydestä.

Puheradiota on yleisesti käytetty erotinasemien kauko-ohjaukseen siten, että äänitaajuihin ohjaussignaali on lähetetty puheliikenteen lomassa. Menetelmä vaatii vain pieniä lisäinvestointeja, sillä sähkölaitoksella on tavallisesti jo olemassa radioverkko. Tiedonsiirto vaatii periaatteessa näköyhteyden lähettäjän ja vastaanottajan välille. Tämän takia tukiasemia on oltava n. 40 km:n välein. Lisäksi menetelmän käyttöä rajoittavat tarvittavat liikennöintiluvat.

Pakettiradioverkkoa käytetään myös verkostoautomaation tarpeisiin. Siinä sanoman kulku tapahtuu hyppäyksittäin ala-asemalta toiselle. Ruuhkautumisen välttämiseksi on määriteltävä, että ala-asemat saavat lähettää tietoa vain pyydettyä. Tällöin verkon keskipisteessä oleva asema joutuu siirtämään kaiken liikenteen lävitseen ja verkossa voi liikkua vain yksi sanoma kerrallaan.

Kantaaaltoyhteyttä (DLC, Distribution Line Carrier) käytetään jakeluverkossa tyypillisimmin kuormituksen ja katuvalojen ohjauksessa. Kaksisuuntaisten järjestelmien kehittämisen myötä sitä on alettu käyttää myös automaattisen mittarinluennan toteutukseen. Käytetyt taajuudet ovat 1-(5)-10 kHz. Tiedonsiirto on perinteisesti hoidettu samalla järjestelmällä sekä keski- että pienjänniteverkoissa.

Hybridijärjestelmässä liikennöinti pienjänniteverkossa tapahtuu suppealla kantaaltojärjestelmällä. Tällöin riittää, kun ylemmältä tasolta on olemassa yhteys mihin tahansa yhteen pisteeseen muuntopiirissä.

Valokuitu on vakioratkaisu sähköaseman sisäisessä tiedonsiirrossa ja kantaverkon siirtoyhteyksillä sekä televerkkojen runkoyhteyksillä. Valokuitukaapeli asennetaan nykyään

usein maahan muun kaapeliasennuksen yhteydessä odottamaan myöhempää käyttöön-
toa.

Taulukko 15.4a. Tiedonsiirtotekniikoiden siirtonopeudet.

Tekniikka	Siirtonopeus (tyypillinen)
Paikallisverkko (LAN)	10 Mbit/s
Radiolinkki	...2 Mbit/s
Langallinen kiinteä yhteys	9,6 kbit/s...2 Mbit/s
Valinnainen puhelinverkko	≤64 kbit/s
ISDN	64 / 128 kbit/s
Yleisen dataverkon siirtopalvelut	1,2 kbit/s...155 Mbit/s
Puheradio	1200 bit/s
Pakettiradioverkko	9600 bit/s
Kantoaaltoyhteys	15...50...9600 bit/s

15.5. Esimerkkijärjestelmä

15.5.1. Käytönvalvontajärjestelmä

Tämän päivän ja tulevaisuuden haasteisiin käytönvalvonnan alueella vastaavat järjestelmät, jotka soveltuvat energianhallintaan, automaattiseen mittarinluentaan, sähkö- ja kaukolämpöverkkojen kaukokäyttöön, sähköasema- ja verkostoautomaatioon sekä lämpökeskusautomaatioon. Avoin hajautettu järjestelmärakenne mahdollistaa liitännät myös muihin järjestelmiin. Kolmannen osapuolen liitännöistä voidaan mainita eri tukiohjelmistoihin toteutetut liitännät: esim. käytöntukijärjestelmät, verkkokäskyohjelmisto, energianhallintaohjelmisto ja asiakastietojärjestelmä. Paikallisverkkoliitännät toimistoverkkoon mahdollistaa myös PC-ohjelmistojen ja kaukokäytön välisen tiedon välityksen. Avoin rakenne antaa mahdollisuuden käyttää kaukokäytön tietokantaa muissa sovelluksissa. Sen kautta on toteutettavissa muiden tietokantojen hyödyntäminen kaukokäyttösovelluksissa ja tehokkaat liitännät myös suoraan eri toimittajien sovellusten välillä.

Laitteet

Järjestelmän perusratkaisussa valvomossa on skaalattavat palvelin-/ työasematietokoneet. Tietoliikennettä varten on oma tietokone, johon tietoliikenneyksiköt voidaan asentaa. Tietoliikenneyksikkö on omalla prosessorilla ja muistilla varustettu itsenäinen yksikkö, jota käytetään ala-asemien ja tulostuslaitteiden liitännään. Sekä tietoliikenneyksiköt että tietokoneet voidaan haluttaessa myös varmentaa. Tässä kuvattu järjestelmä on ns. hajautettu järjestelmä, joka pohjautuu paikallisväyläratkaisuun (esim. TCP/IP). Tämä väyläratkaisu tukee myös muiden tietojärjestelmien liittämistä osaksi kokonaiskonseptia (DA-konsepti).

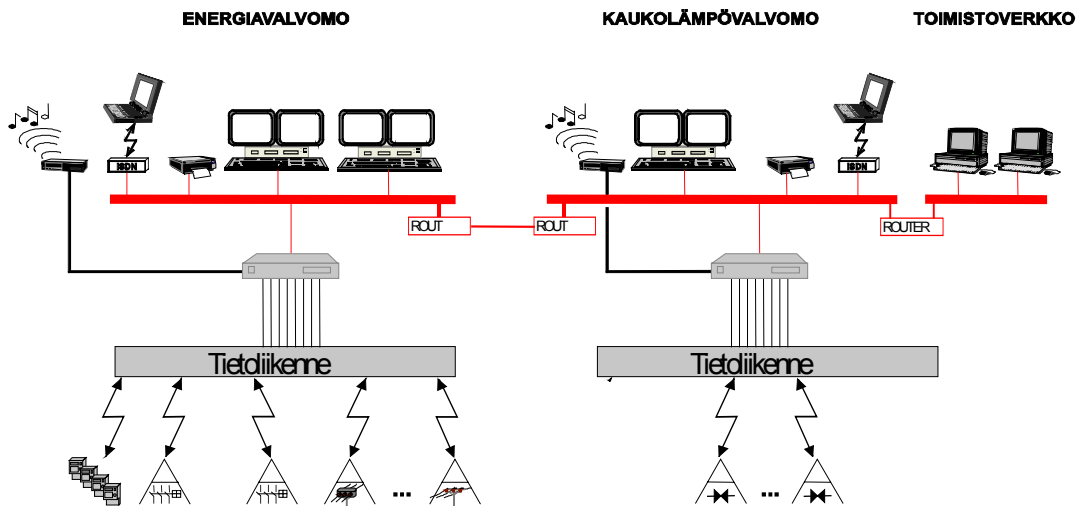
Ohjelmistot

Valvomo-ohjelmistojen käyttöliittymät (HMI, Human-Machine Interface) ovat täysgraafisia. Ohjelmistot tukevat sovellusten kuumavarmennusta. Sovellus sisältää tietyn sovellusalueen (esim. sähkö tai kaukolämpö) kuvat, tietokannat, raportit jne. Kuumavarmennetussa järjestelmässä käytössä olevaa reaaliaikaista sovellusta vastaavaan varjostavaan sovellukseen päivitetään kaikki muuttuvat sovelluskohtaiset tiedot. Päivitys koskee sekä levytiedostoja että keskusmuistissa olevia tietoja. Järjestelmässä voidaan myös reaaliaikaista toimintaa häiritsemättä ottaa tietokantojen eheyden varmistamiseksi sovelluksesta varmuusko-

pioita ja testata uusia sovelluksia. Lisäksi ohjelmistossa on WatchDog-sovellus, joka valvoo muiden sovellusten toimintaa.

Sovellukset

Perusohjelmiston lisäksi on käytössä työkaluohjelmilla rakennettuja sovelluksia. Vakiosovelluksia ovat erilaiset kirjastoidut ratkaisut. Esim. prosessiohjaukseen (sähköverkko, katkaisijat, erottimet ja muut toimilaitteet) on kehitetty toimintolohkot, jotka ovat nopeasti muokattavia, toimivia ja testattuja osakokonaisuuksia. Lämpöverkon tarpeisiin on olemassa vastaava kirjasto (lämpöverkko, lämpökeskukset yms.).



KUVA 15.5a. Esimerkkijärjestelmä.

15.5.2. Sähköaseman paikallisautomaatiojärjestelmä

Sähköasemilta kerätään paljon erilaista tietoa sähköverkosta ja sähköasemasta paikallis- ja kaukokäyttöjärjestelmille. Sähköasemien toisiokoje- ja tiedonkeruujärjestelmä on rakennettu hajautetusti ja hierarkisesti. Järjestelmässä on kaksi tasoa, alempi eli johtolähtötaso ja ylempi eli asemataso. Lähtötasolla on lähtökohtaiset suojarole- ja ohjausyksiköt. Suojaus- ja ohjausyksiköt toimivat itsenäisesti verkon häiriötilanteissa laukaisten viallisen verkonosan pois. Samat suojarole- ja ohjausyksiköt on varustettu kommunikaatioväylällä ja laitteet toimivat näin myös tiedonvälitysyksikköinä paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmälle korvaten perinteisen kaukokäytön ala-aseman (RTU, Remote Terminal Unit) toiminnot. Kokonaisjärjestelmään voidaan myös liittää kommunikoivat hälytyskeskukset. Kaikki tiedonkeruulaitteet on yhdistetty yhteisellä kommunikointiväylällä, mitä pitkin tiedot siirretään edelleen paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmään mahdollisesti tarvittavan tiedonvälitysyksikön kautta. Suojareiden, ohjausyksiköiden ja hälytyskeskusten kautta saadaan käyttöjärjestelmille

- aikaleimatut tapahtumatiedot,
- sähköisten suureiden mittaustiedot,
- asennonosoitustiedot kytkinlaitteilta (katkaisijoilta ja erottimilta),
- hälytystiedot,
- digitaalisääntulojen arvot,
- valvontalaskurit,
- häiriötilanteissa rekisteröidyt tiedot ja
- laitteiden asettelu- ja parametritiedot.

Paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmä voi puolestaan lähettää yksiköille

- ohjaukomentoja,

- laitteiden asettelu- ja parametritietoja ja
- aikasynkronointisanomia.

Kommunikaatioväylän hyödyntäminen tuo monia teknisiä ja taloudellisia etuja perinteiseen signaalien kaapelointiin verrattuna. Kaapelointi vähenee oleellisesti, kun yhdessä väyläyhteydessä voidaan siirtää paljon tarvittavaa tietoa. Myöskään ohjausvälireleitä ei tällöin enää tarvita. Toisaalta lähtökohtaiset virtamittamuuntimet ja -piirit jäävät pois, kun mittaustiedot saadaan suojausten kautta. Vähentyneen kaapeloinnin ja välirelemäärän takia myös vikataajuus sähköasemalla laskee. Suojareleillä voidaan valvoa toisiopiirien, esim. laukaisupiirien kuntoa. Itse viestien kulku on myös valvottua, jolloin mahdolliset yhteyskatkokset ja viat löytyvät heti. Järjestelmien laajennettavuus on yksinkertaisempaa, kun uusia yksiköitä voidaan kommunikoinnin ansiosta helposti liittää järjestelmään.

Jokaiselta laitteelta saadaan tapahtumista (havahtuminen, laukaisu, käynnistys jne.) aikaleimattu tapahtumaviesti väylän kautta. Nämä tapahtumat järjestetään aikajärjestykseen ja ohjataan joko tapahtumakirjoittimille tai monitorointijärjestelmään. Tällaisia tietoja ovat mm. maksimivikavirtatiedot, syy havahtumiseen tai laukaisuun ja vikalaskurit. Laitteiden asettelu- ja parametritiedot voidaan lukea ja muuttaa väylän kautta. Ohjausyksiköt voivat välittää katkaisijoiden ja erottimien asentotiedot. Niiden välityksellä voidaan myös välittää ohjausjärjestelmän ohjauskomennot halutulle kytkinlaitteelle. Mikroprosessoripohjaiset releet ja ohjausyksiköt tallentavat paljon tietoa tapahtuneista vioista erilaisiin rekistereihin. Lisäksi laitteilta on saatavissa niihin johdotetut virta- ja jännitemittaustiedot. Mahdollisesti laitteissa on laskentarutiinit, joilla saadaan virta- ja jännitemittaustiedoista laskettua tehot, energiat ja tehokertoimet. Nämä tiedot ovat edelleenkäytettävissä paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmässä.

Kaikilla järjestelmään liitettävillä laitteilla on oma sisäinen kello, jonka täytyy olla samassa ajassa muiden järjestelmän laitteiden kellojen kanssa. Tapahtumat ja muut tärkeät viestit aikaleimataan jo toisilaitteessa. Tämän aikaleimauksen perusteella tapahtumasanomat voidaan laittaa aikajärjestykseen. Jotta kellot pysyvät keskenään samassa ajassa, väylälle lähetetään riittävän usein aikasanoma, jolla siirretään kaikkien laitteiden kellot millisekunnin tarkkuudella samaan aikaan.

Sähköasematasolla on valvonta- tai ohjausjärjestelmiä, joilla voidaan suorittaa keskitettyjä sähköasematason automaatiotoimintoja. Nämä paikalliskäyttöjärjestelmät perustuvat samaan ajatteluun ja tekniikkaan kuin kaukokäyttöjärjestelmätkin. Ne ovat usein kuitenkin ohjelmistoltaan ja laitteistoltaan riisutumpia kuin kaukokäyttöjärjestelmät ja niiden toiminnot on kohdistettu sähköasematasolle. Asematasolla tyypillisesti olevia toimintoja ovat

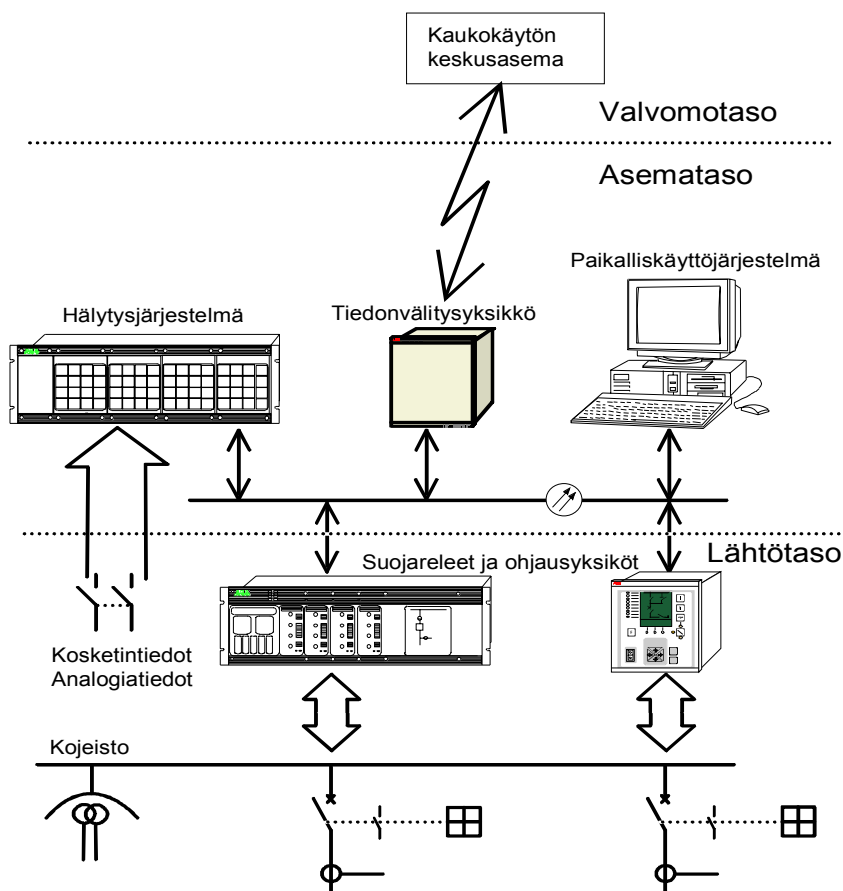
- aseman kaaviokuva ja kytkinten asennon osoitus,
- sähköisten suureiden mittaustietojen esittäminen,
- ohjaukset,
- tapahtumaraportointi,
- hälytykset,
- aikasynkronointi,
- releasettelut,
- häiriötallenteiden keräys ja evaluointi,
- mittaustietojen käsittely, trendit, sähkön laatukriteerit yms.,
- rekisteröidyt tiedot esim. vioista ja vika-arvoista,
- verkon primäärilaitteiden kunnonvalvonta,
- asematason ja lähtötason lukitukset,
- kuormien erotus ja takaisinkytkentäautomaatiikka,
- erilaiset säätötoiminnot (jännitteensäätö, kompensointi, maadoituskelan säätö jne.) ja

- kytkentäsekvenssit kenno- ja asematasolla (esim. kiskon- tai muuntajanvaihtosekvenssit).

Teknisesti on mahdollista integroida yhteen laitteeseen yhä enemmän sinne luonnostaan kuuluvia toimintoja. Yhteen suojauspakettiin liitetään kaikki erilaiset kyseisen lähdön tarvitsemat suojaustoiminnot. Suojareleen yhteyteen voidaan liittää myös ohjaus-, mittaus-, rekisteröinti- ja laskutoimintoja. Suojareleistä voidaan saada häiriötallenteita, tapahtumiin liittyviä rekisteriarvoja, sähkön laatuun ja kulutukseen liittyviä mittauksia sekä laskuri- ja kunnonvalvontatietoja. Myös vapaasti käytettävät tulojen ja lähtöjen (I/O, Input/Output) määrät lisääntyvät suojauspaketeissa, jolloin kaikki lähdestä halutut tiedot voidaan keskitetysti hoitaa suojaareleypaketin kautta. Mitä enemmän tietoa täytyy käsitellä sitä edullisempää se on kytkeä yhden riittävän älykkään laitteen kautta. Toisaalta kommunikaatio tulee taloudellisesti kannattavaksi yhä pienemmillä laitteilla. Hajanaisen tiedon (ovikytkimet, lämpötilatiedot yms.) liittäminen kommunikointiväyliin pienten I/O-laitteiden avulla tulee taloudellisesti mahdolliseksi ja näin myös tämän kaltainen tieto on paikallis- ja kaukokäyttöjärjestelmissä keskitetysti hyödynnettävissä.

Ohjausyksiköt

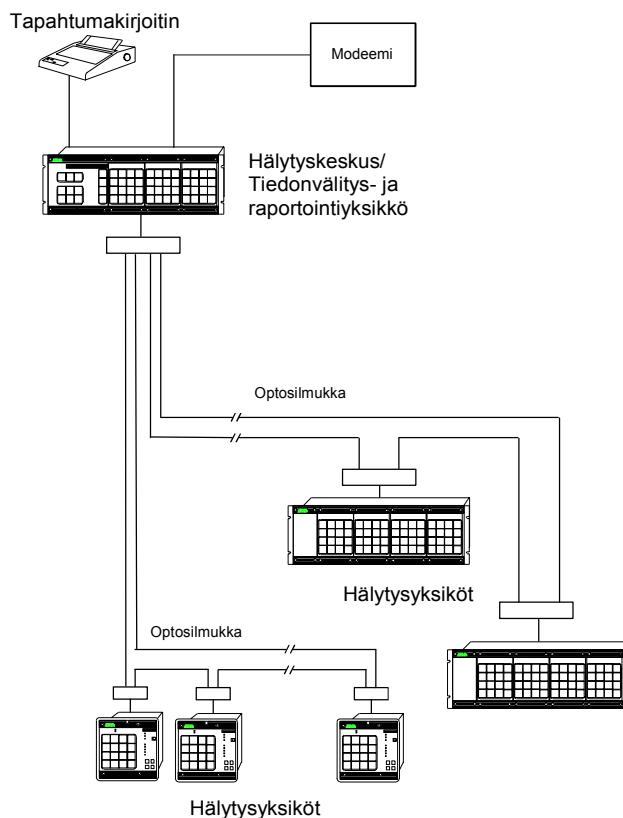
Lähdönsuojapaketteihin on integroitu sekä tarvittavat suojaus- että ohjaustoiminnot. Lähtökohtaisen ohjausyksikön kautta saadaan lähdön kytkinlaitteiden asentotiedot ja sillä voidaan myös operoida paikallisesti kojeiston moottoriohjattavia kytkinlaitteita. Ohjausyksiköillä toteutetaan myös kennokohtaisia lukitusohjelmia. Asentotiedot ja ohjausyksikön mittaus-, laskenta- sekä rekisteritiedot voidaan edelleen siirtää paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmiin kommunikaatioväylän kautta ja paikallis- ja/ tai kaukokäyttöjärjestelmistä voidaan ohjausyksikön välityksellä ohjata lähdön moottoriohjattavia kytkinlaitteita.



KUVA 15.5b. Sähköaseman paikallisautomaatiojärjestelmä.

Hälytysyksiköt

Hälytyskeskukseen kerätään eri puolilta sähköasemaa tai sähkönjakeluprosessia tulevat kosketinhälytykset. Analogiaviesteinä saatavat tiedot tuodaan analogiselle hälytyskeskukseen, joka muodostaa niistä ohjelmoitavien ehtojen mukaan hälytyksiä. Hälytyskeskusten tarkoitus on helpottaa oleellisesti häiriötilanteiden hallintaa. Hälytyskeskuksen tyypillinen ominaisuus on ensihälytyksen ilmaisu, millä keskukselta nähdään suoraan, mistä ilmaistu häiriö on alkanut. Hälytyskeskukset ovat ohjelmoitavissa, jolloin esim. viiveaikoja hälytyksille, hälytysrajoja, hälytyksen vilkkusekvenssejä tai hälytyksen kestoehtoja voidaan tarpeiden mukaan valita ja muutella. Hälytyskeskusten kosketintoiminnot voivat olla joko avautuvia tai sulkeutuvia. Hälytyksiä voidaan myös lukita ohjelmallisesti toisiinsa ja näin estää turhat hälytykset samasta viasta. Kaukovalvontaa varten hälytyskeskuksissa on kaksi tai useampia ohjelmoitavia ryhmähälytyslähtöjä, jotka esim. ilmoittavat, vaatiiko hälytys välittömiä toimenpiteitä vai onko hälytys luonteeltaan vain ilmoittava. Ryhmät voidaan ohjelmallisesti muodostaa halutulla tavalla. Hälytyskeskukset voidaan liittää myös sähköaseman kommunikaatioväylään, jolloin niiltä saadaan tietoja myös paikallis- tai kaukokäyttöjärjestelmiin. Pienillä asemilla voidaan käyttää hälytyskeskukseen integroitua tiedonvälitys- ja raportointiyksikköä tietojen keräämiseen koko sähköasemalta. Tapahtumaraportointia varten voidaan tällaiseen hälytysyksikköön suoraan liittää tapahtumaraportointikirjoitin.



KUVA 15.5c. Hälytysjärjestelmä.

Häiriötallentimet

Vianselvityksessä ja jälkikäteen tehtävässä vikojen analyysissä on yleistynyt häiriötallentimen käyttö. Häiriötallennusominaisuudet on nykyisin integroitu suoraan suojauslaitteisiin. Häiriötallentimilla saadaan vikatilanteissa analogia-arvojen kuten virtojen ja jännitteiden käyrämuodot ennen ja jälkeen vian sekä digitaalitietoja, kuten jälleenkytkentöjen tapahtumasekvenssit ennen ja jälkeen vian. Kanavalukumäärä ja näytteenottotaajuus sekä seurattavat signaalit ovat ohjelmoitavissa kutakin käyttötarkoitusta varten. Häiriötallennin voidaan liipaista valituilla ehdoilla seurattavasta signaalista, tai se voidaan liipaista kommunikaatioväylältä tulevalla liipaisusanomalla. Häiriötallennukset voidaan purkaa kommunikaatioväylän kautta ja analysoida erillisessä tietokonesovellutuksessa. Häiriötallentimien tiedot voi-

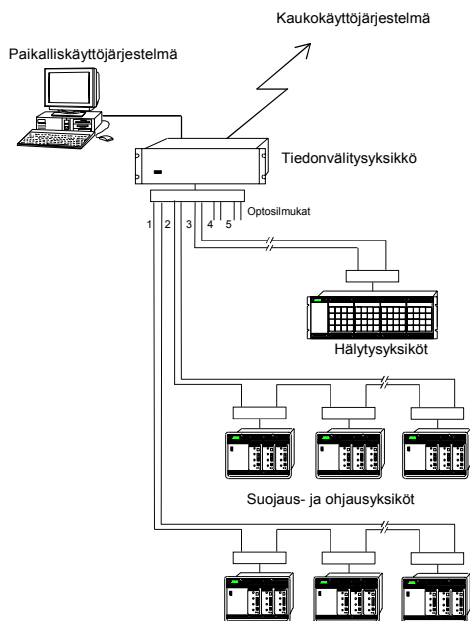
ABB:n TTT-käsikirja 2000-07

daan myös siirtää standardiohjelmistoille kuten taulukkolaskenta- ja matematiikkaohjelmistoille jatkoanalyysiä varten.

Asematason kommunikaatio

Mikroprosessoripohjaiset releet, ohjausyksiköt ja hälytyskeskukset kommunikoivat keskenään, jolloin näihin laitteisiin liittyvää tietoa saadaan kommunikointiväylälle myös muiden järjestelmään liitettyjen laitteiden käyttöön. Asematason kommunikointiväylällä tarkoitetaan väylää, joka liittää sähköaseman sisällä kaikki lähtötason laitteet ja hälytysyksiköt sekä paikallisen valvonta- ja monitorointijärjestelmän keskenään. Asematasolla käytetään useimmiten kommunikointimediana valokuituja, jolloin tiedonsiirto ei ole sähköisille häiriöille herkkä. Sähköasemalla on tiedonkeruuyksikkö, joka on liitetty asematason kommunikaatioon, mistä se kerää väylään liitettyiltä laitteilta tiedot ja välittää ne edelleen jollekin ylemmän tason järjestelmälle, kuten kaukokäyttö- tai prosessivalvontajärjestelmälle. Kommunikointia tiedonkeruulaitteelta kaukokäyttöjärjestelmään kutsutaan kaukokäyttökommunikaatioksi. Tiedonkeruuyksikkö toimii yksinkertaisimmillaan vain yhdyskäytävänä (gateway) asematason ja kaukokäyttökommunikaation välillä. Tiedonkeruuyksikkö voi toimia myös raportointiyksikkönä, jolloin siihen voidaan suoraan liittää tapahtumakirjoitin. Pollaavissa eli kyselevissä (esim. SPA-väylää käyttävissä) järjestelmissä tiedonkeruuyksikkö on sähköaseman kommunikointijärjestelmän isäntälaitte, kun taas spontaaneissa (esim. LON-väylää käyttävissä) järjestelmissä laitteet voivat autonomisesti lähettää tietoa väylälle ja kysellä tietoja toisilta laitteilta.

Spontaanisti toimivassa järjestelmässä tieto tapahtumasta siirtyy välittömästi, pollaavassa järjestelmässä vasta seuraavan kyselyn yhteydessä. Toisaalta pollaava järjestelmä on yksinkertaisempi toteuttaa ja hallita, koska isäntäasema voi vapaasti päättää milloin ja miltä ala-asemalta tietoa pyydetään.

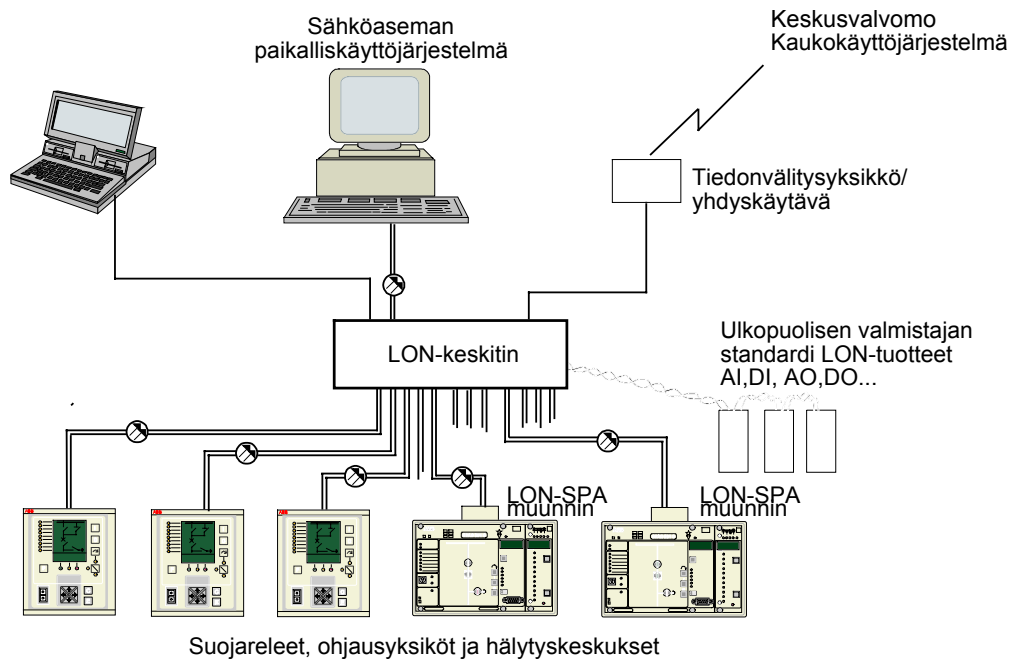


KUVA 15.5d. SPA-väylä.

SPA-väylä on 80-luvulla esitelty SPACOM/PYRAMID- sarjan releiden kommunikointistandardi. Siitä on kehittynyt ajan myötä yleinen standardi sähköasematason kommunikaatioon. SPA on luonteeltaan pollaava. Siinä suojarleat, ohjausyksiköt ja hälytyskeskukset on liitetty optisilla silmukoilla yhden isäntälaitteen alle. Isäntälaitteen alla kaikki laitteet eli orjat on

eroteltu orjanumeroilla. Isäntälaitte kyselee vuoronperään (pollaa) orjilta halutut tiedot ja orjat vastaavat kyselyyn. Systeemin vasteajat riippuvat laitteiden lukumäärästä ja kyseltävän tiedon määrästä. Tärkeitä tietoja voidaan pollata useammin kuin muita tietoja ja tällöin päivitys tärkeälle tiedolle saadaan nopeammin. SPA-väylä on asynkroninen väylä, jolla suurin käytetty nopeus on 9.6 kbit/s.

LON-väylä on ECHELONin julkaisema laajasti levinnyt avoin kommunikointistandardi, joka tukee useita erilaisia kommunikointimedioita, valokuiduista DLC:hen (Distribution Line Carrier). LON-väylän suurin tiedonsiirtonopeus valokuiduilla on 1,2 Mbit/s. Sähköasemilla LON-väylää käytetään valokuiduilla toteutetussa tähtirakenteisessa järjestelmässä. LON-väylä on luonteeltaan spontaani järjestelmä, jossa kaikki laitteet (solmut) voivat lähettää



KUVA15.5e. LON-väylä.

muuttuneet tietonsa spontaanisti väylälle sekä kysellä toisilta laitteilta tietoja. Tärkeät sanomat lähetetään priorisoituina, jolloin niiden nopea ja varma perillemeno voidaan taata. Sanomia voidaan lähettää kerralla kaikille järjestelmän laitteille, jollekin ryhmälle laitteita tai yhdelle tietylle laitteelle. Sanomat voivat olla vastaanottavalta laitteelta kuittausta vaativia tai sellaisia, jotka vain lähetetään väylälle, ja oletetaan niiden menevän perille. Suurissa järjestelmissä väylällä kulkevaa kokonaistietomäärää voidaan vähentää jakamalla kommunikointilaitteet aliverkkoihin (subnet). Aliverkot voivat olla loogisia tai fyysisesti eroteltuja reitittimien (router) avulla. Fyysisesti erotellun aliverkon sisällä tieto kulkee kaikille aliverkon laitteille, mutta aliverkkojen välillä reitittimen läpi siirtyy vain määritelty tieto. Aliverkkoja rakennettaessa pyritään minimoimaan aliverkkojen välinen tiedonsiirto. Reitittimien avulla voidaan eri kommunikointimedioita käyttävät laitteet yhdistää kokonaisuudeksi. Esim. valokuituväylään voidaan liittää TP-yhteyksiä (TP, twisted pair) reitittimen kautta. LON-väylään löytyy monilta laitevalmistajilta toimilaitteita (kosketintuloja, kosketinlähtöjä, analogiatuloja, laskureita jne.) ja kommunikaatioon liittyviä laitteita kuten reitittimiä, toistimia, sovitin- ja liittimiä ym., jotka ovat käytettävissä myös sähköasemasovelluksissa.

Monet laitevalmistajat tukevat ja kehittävät eri protokollia ja kommunikointimedioita. Eri protokollaa käyttävät laitteet pitää kuitenkin pystyä yhdistämään kokonaiseksi järjestelmäksi. Kommunikointiongelmia eri protokollaa käyttävien laitteiden välillä voidaan ratkaista usealla tavalla riippuen laitteista, niiden lukumäärästä sekä laitteista siirrettävän tiedon määrästä.

Kehittyneet laitteet voidaan ohjelmoida osaamaan useampia protokollia, jolloin ne voidaan liittää helposti erilaisiin kommunikointiympäristöihin. RED-sarjan releet voidaan yhtä hyvin liittää sekä LON- että SPA-väylään. Yhtä protokollaa osaavat laitteet voidaan liittää järjestelmään yhdyskäytävien (gateway) avulla. Esim. LON-SPA-gatewayn kautta LON-väylään voidaan liittää SPA-kommunikointia SPACOM/PYRAMID-laitteita. Jos eri protokollaa käyttäviä laitteita on paljon, niistä voidaan rakentaa osasysteemejä. Useampaa protokollaa hallitseva tiedonkeruuyksikkö voi yhdistää nämä eri protokollaa käyttävät osasysteemit kokonaisjärjestelmäksi.

15.6. Verkostoautomaatio pienjännitteellä

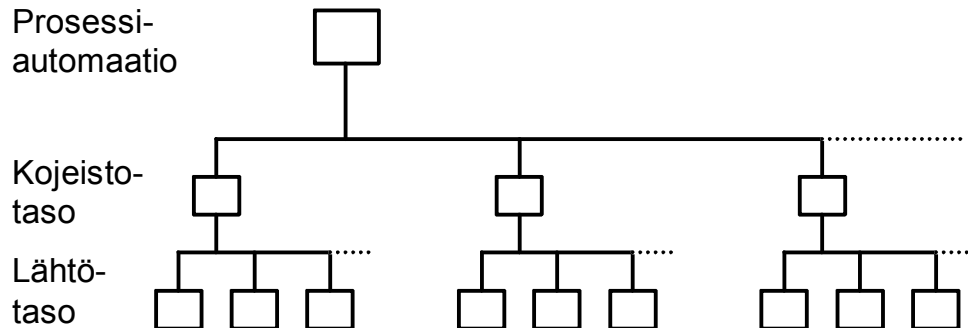
Verkostoautomaatio pienjännitteellä on pitkälti pienjännitekojeiston automaatiota. Pienjännitteellä verkostoautomaatiossa korostuu eritoten läheinen yhteys prosessiin, jota kojeistosta käsin ajetaan. Yhteys on lähinnä prosessin ohjaukseen sekä prosessi- ja sähköjakelu-kojeiden kunnossapitoon. Pisimmällä pienjännitealueen verkostoautomaatio on nykyään moottorilähtöjen osalla. Elektroniikan toteutusteknologian kehittyminen mahdollistaa verkostoautomaatiossa tarvittavien lähtökohtaisten integroitujen kojeiden ja kojeistokohtaisten kontrollereiden valmistamisen myös pienjännitealueella tarvittavalla kustannustehokkuudella.

Tähän mennessä toteutettu pienjännitealueen verkostoautomaatio on pääasiassa perustunut keskitettyyn ohjauslaitteeseen (esim. ohjelmoitava logiikka tai laajempi prosessiautomaatiojärjestelmä), jonka keskitettyyn I/O-rakenteeseen on liittynyt myös pienjänniteverkoston kojeita lähinnä apukoskettimiensa kautta. Tällä tavoin toteutettuna rakenteesta runsaine kaapelointeineen on tullut kallis, ja sen tarjoamat toiminnot ovat kuitenkin olleet sangen rajoitetut. Tällaisenaankin automaatoratkaisut ovat kuitenkin saaneet suosiota, ja reilu enemmistö kaikista moottorilähdöistä on jo tänään jonkinlaiseen automaatioon kytketty. Yleensä tämä kytkentä perustuu kuitenkin prosessiautomaation tarpeisiin ja toteutukseen ja jättää oleellisen osan sähköjakelun kojeista ja verkostosta valvonta-alueensa ulkopuolelle.

Lähinnä elektroniikan toteutusteknologioiden ja tietoliikenteen kenttätasoisien järjestelmä-ratkaisujen kehittyminen tekee mahdolliseksi hajautetun verkostoautomaation toteuttamisen myös pienjännitteellä tapahtuvassa sähköjakelussa. Uusien ratkaisujen kokonaiskustannustehokkuus perustuu pienjännitekojeiden yhteyteen integroituun hajautettuun tiedonkeruu- ja tietojenkäsittelykapasiteettiin sekä kenttäväylään perustuvaan liityntään automaatiohierarkiassa ylempänä olevaan järjestelmään. Nämä ratkaisut eivät vain paranna prosessin ajonaikaista käytettävyydestä vaan helpottavat myös pienjännitekojeiston ja osaltaan myös osaprosessien käyttöönotto- ja kunnossapitotoimenpiteitä. Verkostoautomaation vaatiman toteutusteknologian myötä myös itsediagnoostiikkatoiminnot laajentuvat.

Pienjännitteellä verkostoautomaation laitteisto sijoittuu pääosin pienjännitepuolen sähköjakeluverkon kojeistoon. Verkostoautomaation kannalta pienjännitekojeistossa on nähtävissä selvästi kojeisto- ja lähtötasoisia toimintoja. Nämä voidaan järjestää hierarkisesti toistensa alle siten, että kojeistotasoisia toimintoja suorittava laite toimii myös automaation hierarkiassa kokoavana laitteena. Tällöin kojeistossa olevalle yhdelle 'kojeistokontrollerille' tulee toiminnoiksi alla olevan tietoliikenneväylän ja automaatiohierarkian hallintaan liittyvät toiminnot, mahdolliset protokollamuunnokset liityttäessä ylempänä olevaan automaatiojärjestelmään, kojeiston kaikille lähdöille yhteisten (esim. jännite, ellei tehonkulutus ole merkittävä) tai vain ääriarvoina merkittävien ja paikallisesti rajattujen (esim. lämpötila) suureiden mittaaminen ja niihin perustuvat suojaus- ja valvontatoiminnot sekä käyttäjälle annettava paikallinen käyttöliittymä. Lähtökohtaisesti hoidetaan lähtötasoiset mittaukset sekä niihin ja lähdön tilatietoihin perustuvat suojaus- ja valvontatoiminnot, lähtökohtaisten tilastollisten tietojen keruu, lähtökohtaisten suureiden monitorointi sekä näihin toimintoihin ja prosessin ajoon liittyvien ohjausten toimeenpano. Lähtökohtaisesti hoidettavien suojaus- ja valvontatoimin-

tojen kohteena ovat paitsi itse lähdön kojeet, myös siihen liittyvät toimilaitteet (esim. moottori) ja mahdollisesti myös läheisesti toimilaitteeseen liittyvät osaprosessit (esim. pumppu, tuuletin). Lähtökohtaisesti pienjännitesähköjakelun verkostoautomaatioon integroidulla kojeilla hoidettavat suojaus- ja valvontatoiminnot ovat sellaisia, jotka ovat vasteajaltaan kriittisiä, vaativat paljon lähtötasoista paikallista tietoa ja perustuvat laskentaa vaativaan suojausalgoritmiin.



KUVA 15.6a. Pienjänniteverkostoautomaation hierarkia.

Kojeistokontrolleri ja lähtökohtaiset kojeet on kytketty yhteen sarjamuotoisella tietoliikenneväylällä. Sarjamuotoisella väylällä yksinkertaistetaan kaapelointia merkittävästi. Tämän väylän kautta verkostoautomaation laitteet saadaan myös kootusti parametroitua. Automaation hierarkiassa pienjänniteverkostoautomaation järjestelmä (kojeistokontrolleri ja lähtötasoiset integroidut kojeet) on sijoitettu useimmin prosessiautomaatiojärjestelmän alle. Tätä kautta se välittää tietonsa ulospäin ja lähtötasoinen ohjauslaite toteuttaa myös prosessiautomaatiojärjestelmän vaatimat ohjaustoiminnot.

Loppukäyttäjälle pienjännitealueen verkostoautomaatio integroituine kojeineen tarjoaa parantuneen hallinnan ja ennustettavuuden myötä prosessin käytettävyyssasteen nousun ja järjestelmälähtöisen rakenteen kautta käyttöönotto- ja ylläpitokustannusten laskun.