

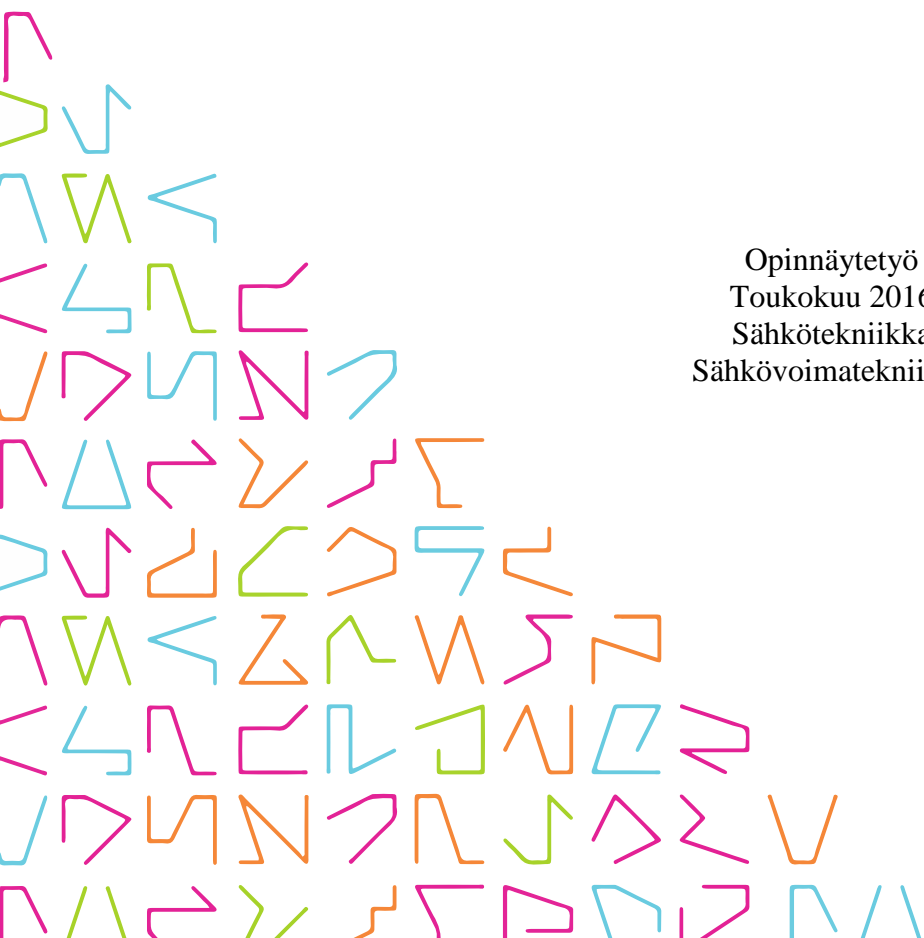


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SÄHKÖASEMAN ALA-ASEMAT JA NIIDEN KONFIGUROINTI

Antti Launonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoimatekniikka

LAUNONEN, ANTTI:  
Sähköaseman ala-asetat ja niiden konfigurointi

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 35 sivua  
Toukokuu 2016

---

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimi Sähkölandia Oy.

Opinnäytetyössä perehdyttiin ala-asemien konfigurointiin ja laadittiin yksityiskohtaiset konfigurointiohjeistukset Netcontrolin GW502- ja Kuumicin Ku40-ala-asemille. Lisäksi työssä perehdyttiin ala-asemien toimintaan ja tarkoitukseen sähköverkossa.

Työ koostuu julkisesta osuudesta ja salassa pidettävästä osuudesta. Työn julkisessa osuudessa on kerrottu ala-aseman toiminta sähköjakelujärjestelmässä sekä ala-asemien konfiguroinnista yleisellä tasolla. Julkisessa osiossa on esitelty Netcontrolin GW502- ja Kuumicin Ku40-ala-asetat. Esittelyssä on kerrottu kyseisten ala-asemien tekniset tiedot ja keskeiset ominaisuudet. Lisäksi osiossa on esitelty yleisimmät ala-asemien tiedonsiirto-protokollat sekä sähköjakelujärjestelmässä käytettävät keskeiset tiedonsiirtojärjestelmät ja niiden toiminta.

Julkisen osuuden konfigurointi kappaleessa on kerrottu laitteiden konfiguroinnista pinnallisesti menemättä tarkempiin yksityiskohtiin. Konfiguroinnissa ala-asemille määritetään oikeat asetukset ja parametrit, jotta ala-asema pystyy kommunikoimaan siihen liitettyjen laitteiden kanssa.

Sähkölandia Oy on luokitellut työn lopussa olevat liitteet (1 ja 2) salassa pidettäväksi materiaaliksi. Ensimmäinen liite (24 sivua), koostuu yksityiskohtaisesta konfigurointiohjeistuksesta Netcontrol GW502-ala-asemaan. Toinen liite (11 sivua) on yksityiskohtainen konfigurointiohjeistus Kuumicin Ku40-ala-asemaan. Molemmat ohjeet on tehty vain Sähkölandia Oy:n käyttöön.

## ABSTRACT

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

LAUNONEN, ANTTI:  
Remote Terminal Units in Power Stations and their Configuration

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 35 pages  
June 2016

---

This thesis was commissioned by Sähkölandia Oy.

The purpose of this thesis was to become familiar with configuration of remote terminal units and to compose detailed configuration instructions for Netcontrol's GW502 and Kuumic's Ku40 substations. This thesis also studied the function of RTU's and their position and meaning in the grid.

The document produced consists of public part and confidential part. In the public part the function of remote terminal unit in distribution automation system and configuration of remote terminal units in generally were discussed. Netcontrol's GW502 and Kuumic's Ku40 remote terminal units were introduced in the public part. During the introduction remote terminal unit's technical data and essential features are explained. In addition, the most common RTU data transfer protocols and distribution automation's vital information systems and their function were presented in this part of thesis.

In the configuration chapter of the public part, configuration of the equipment was discussed superficially without going in to exact details. During the configuration the right settings and parameters were defined to the RTU in order for the RTU to be able to communicate with the devices attached to it.

The appendices (1 and 2) which are located in the end of the thesis are categorized as confidential material by Sähkölandia Oy. The first appendice (24 pages) consists of detailed configuration instruction for Netcontrol's GW502 RTU. The second appendice (11 pages) is a detailed configuration instruction for Kuumic's Ku40 RTU. Both instructions are made for only in place by Sähkölandia Oy.

---

Key words: remote terminal unit, configuration

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....  | 7  |
| 1.1   | Työn tavoitteet ja rajaust.....                        | 7  |
| 1.2   | Työn toimeksiantaja.....                               | 7  |
| 2     | SÄHKÖVERKON AUTOMAATIO .....                           | 9  |
| 2.1   | Jakeluautomaation tietojärjestelmät.....               | 10 |
| 2.1.1 | Verkkotietojärjestelmä .....                           | 10 |
| 2.1.2 | Käytönvalvontajärjestelmä.....                         | 10 |
| 2.1.3 | Asiakastietojärjestelmä .....                          | 12 |
| 2.1.4 | Käytöntukijärjestelmä .....                            | 12 |
| 3     | JAKELUAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE.....              | 13 |
| 3.1   | Ala-asema automaatio.....                              | 14 |
| 3.2   | Tiedonsiirto järjestelmässä.....                       | 16 |
| 3.2.1 | Optiset kaapelit.....                                  | 16 |
| 3.2.2 | Kupariyhteydet .....                                   | 17 |
| 3.2.3 | Radiolinkit.....                                       | 18 |
| 3.2.4 | WLAN.....  | 18 |
| 3.2.5 | LAN-kaapelointi .....                                  | 18 |
| 3.3   | Laitteet .....   | 19 |
| 4     | KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄN ALA-ASEMA .....             | 20 |
| 4.1   | Ala-aseman toiminta ja rakenne.....                    | 20 |
| 4.2   | Virran syöttö .....                                    | 21 |
| 4.3   | Digitaaliset tulot.....                                | 21 |
| 4.4   | Analogiset tulot.....                                  | 21 |
| 4.5   | Digitaaliset lähdöt .....                              | 22 |
| 4.6   | Analogiset lähdöt .....                                | 22 |
| 4.7   | Ala-asemat ja ohjelmat .....                           | 22 |
| 4.8   | Ala-aseman tietoliikenne .....                         | 23 |
| 4.9   | Tiedonsiirrossa yleisesti käytettävät protokollat..... | 23 |
| 4.9.1 | IEC 61850 .....  | 23 |
| 4.9.2 | IEC 60870-5-101.....                                   | 24 |
| 4.9.3 | IEC 60870-5-104.....                                   | 25 |
| 4.9.4 | DNP3.0.....  | 25 |
| 4.9.5 | SPAbus .....   | 26 |
| 4.9.6 | Modbus.....  | 27 |
| 4.10  | Ala-asemien käyttökohteita .....                       | 27 |
| 4.11  | Netcontrol GW502 ja GW502iM .....                      | 27 |

|   |    |
|---|----|
| 4.11.1 Ominaisuudet .....                 | 29 |
| 4.11.2 Tekniset tiedot.....               | 30 |
| 4.11.3 Käyttö.....                        | 32 |
| 4.12 Kuumic Ku40.....                     | 32 |
| 4.12.1 Ominaisuudet .....                 | 32 |
| 4.12.2 Tekniset tiedot.....               | 33 |
| 5 KONFIGUROINTI .....                     | 35 |
| 6 POHDINTA.....                           | 37 |
| LÄHTEET .....                             | 39 |
| LIITTEET .....                            | 41 |
| Liite 1. Netcon GW502 konfigurointi ..... | 41 |
| Liite 2. Kuumic Ku40 konfigurointi.....   | 65 |

## **ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| AI         | analoginen tulo                 |
| AO         | analoginen lähtö                |
| ATJ        | asiakastietojärjestelmä         |
| DA         | jakeluautomaatio                |
| DI         | digitaalinen tulo               |
| DO         | digitaalinen lähtö              |
| EMC-häiriö | sähkömagneettinen häiriö        |
| IED        | älykäs elektroninen laite       |
| KTJ        | käytöntukijärjestelmä           |
| KVJ        | käytönvalvontajärjestelmä       |
| RTU        | ala-asema                       |
| SA         | sähköaseman paikallisautomaatio |
| VTJ        | verkkotietojärjestelmä          |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tarkoituksena on perehtyä sähköasemien ala-asemien konfigurointiin ja laatia konfigurointiohjeistukset Netcontrolin GW502- ja Kuumicin Ku40-ala-asemille. Lisäksi työssä tarkastellaan ala-asemien toimintaa sähköverkossa.

Työn alussa esitellään sähköverkon automaatiojärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Automaatiojärjestelmän yhteydessä on esitelty järjestelmän keskeisimpiä tietojärjestelmiä ja niiden tarkoitusta automaatiojärjestelmässä. Työn loppupuolella on kerrottu alaseaman toiminnasta, esitelty ala-asemien käyttämiä yleisimpiä tiedonsiirtoprotokollia sekä esitelty tarkemmin ala-asemien ja sähköverkon automaatiojärjestelmien välistä tietoliikennettä. Lisäksi viimeisessä kappaleessa on käsitelty ala-asemien konfigurointia yleisellä tasolla.

Työn lopussa on kaksi liitettä, jotka sisältävät tiivistelmänä konfigurointiohjeistukset Netcontrolin ja Kuumicin ala-asemiin. Kyseisiä ohjeita ei kuitenkaan julkaista yleiseen levitykseen, koska Sähkölandia Oy on määritellyt ne salassa pidettäväksi materiaaliksi.

## 1.2 Työn toimeksiantaja

Sähkölandia Oy:lla on tarjota omasta takaa kaikki sähköasemilla tarvittavat erikoispalvelut ja materiaalit, lisäksi yhtiöllä on omaa laitevalmistusta ja maahantuontia sähköasemilla käytettäviä laitteita varten.

Sähköasemayksikkö rakentaa uusia sähköasemia kokonaisuutena alusta loppuun, suorittaa sähköasemien saneerausprojekteja tai suorittaa sähköasemille yksittäisiä erikoisosa-alueiden työsuorituksia.

Sähkölandia Oy on täysin kotimainen ja käyttää töissään kotimaista, sekä erittäin ammattitaitoista työvoimaa. Yrityksen päätoimipiste sijaitsee Lempäälässä.

Sähkölandia Oy tarjoaa mm. seuraavia palveluita sähköasemien ja teollisuuden käyttöön

### **Sähköasemat**

- Sähköasemaurakoinnit, uuden sähköaseman KVR-rakentaminen, olemassa olevan sähköaseman saneeraukset
- Sähkösuunnittelut
- Suojarelekonfiguroinnit
- Suojarelekoestukset
- Suojaussuunnittelut ja suojausasettelujen laskennat
- Maasulkuvirran kompensointi asettelut, käyttöönotot ja ensiökokeet
- Sähköasemakuvien dokumentointipalvelu
- ATEX-tarkastukset ja räjähdyssuojausasiakirjat (akkutilat)
- Rakennuttajakonsultointipalvelut
- Kyselyaineistojen laadinnat

### **Teollisuuden sähköistys**

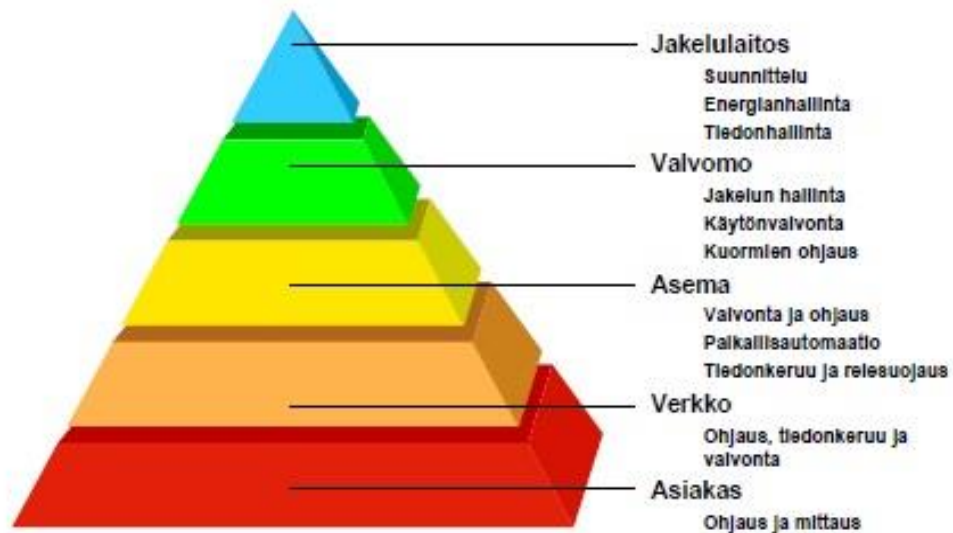
- Keski- ja suurjännitelaitteistot toisiojärjestelmiseen
- Urakoinnit
- Suunnittelut
- Suojarelekonfiguroinnit
- Suojarelekoestukset



## 2 SÄHKÖVERKON AUTOMAATIO

Sähköverkon automaatio voidaan jakaa kahteen osaan, jakeluautomaatioon (DA) ja sähköasemien paikallisautomaatioon (SA). Jakeluautomaatiolla tarkoitetaan jakeluverkon hallintaa, käyttöä ja valvontaa. Sähköasemien paikallisautomaatio tarkoittaa sähköaseman paikallisohjausta. Lisäksi se välittää sähköaseman mittaus- ja hälytystiedot valvomoon, josta sähköverkkoa ja sähköasemia voidaan ohjata kaukokäytön avulla. (ABB 2000)

Jakeluautomaatio koostuu useasta yhdessä toimivasta tietojärjestelmästä, jotka ovat yhteydessä toisiinsa tietoliikenneverkon välityksellä. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 1) on esitetty DA- järjestelmän rakenne.



KUVA 1. Jakeluautomaation hierarkia (ABB2000)

Sähköverkon valvontajärjestelmä on rakenteeltaan hierarkkinen järjestelmä. Suomessa verkkojen valvonta on jaettu kantaverkon ja alueverkkojen kesken. Verkonvalvonta kuuluu verkkoyhtiöille. Verkkojen toiminnan ja valvonnan kannalta on tärkeää kerätä tietoja myös alemman jännitetason verkkojen tilasta. Verkon ohjaus- ja valvontatoimia toteutetaan sekä paikallisesti, että etäohjauksella käyttäen kaukokäyttöjärjestelmiä. (Sivonen 2016)

## **2.1 Jakeluautomaation tietojärjestelmät**

Jakeluautomaatiojärjestelmä koostuu useasta erillisestä järjestelmästä, jotka yhdessä muodostavat yhden ison järjestelmän. Jokaisella järjestelmällä on oma tehtävänsä. Järjestelmät mm. keräävät tietoa, käsittelevät sitä ja välittävät sitä eteenpäin muille järjestelmille. Seuraavissa alakappaleissa on esitelty yleisimmät ja keskeisimmät jakeluautomaatiojärjestelmän osat.

### **2.1.1 Verkkotietojärjestelmä**

Verkkotietojärjestelmään (VTJ) on tallennettu sähköasemien, keskijänniteverkon ja pienjänniteverkon komponenttien keskeisimmät sähkötekniset tiedot. Järjestelmän avulla verkkoyhtiön on helpompi tehdä verkkoon kohdistuvia hankintoja, koska kaikki nykyiset komponentit on merkitty järjestelmään. Verkon keskeiset tiedot on tallennettu järjestelmään, jolloin tietojen etsiminen on helpompaa, kun tiedot on kerätty yhteen paikkaan. Tämä mahdollistaa tehokkaan tietojen käsittelyn ja jakamisen verkkoyhtiön sisällä. Lisäksi VTJ:n avulla voidaan tehdä mm. verkon suunnittelua, laskentaa sekä koordinoita verkon kunnossapitoa ja käyttöä. Nykyiset järjestelmät omaavat graafisen käyttöliittymän, jonka avulla voidaan selkeästi havainnollistaa esimerkiksi verkkoa ympäröivää maastoa. Maasto esitetään graafisena karttapohjana, jonka päälle on merkitty olemassa oleva verkko. Verkossa oleville komponenteille annetaan koordinaatit, joiden mukaan järjestelmä sijoittaa ne karttapohjaan. Graafinen karttapohja helpottaa uuden verkon rakentamista, sillä jo suunnitteluvaiheessa pystytään ottamaan maastonmuodot huomioon, mikä ehkäisee mahdollisia verkon rakentamisen aikaisia ongelmia ja siten säästää aikaa ja rahaa. (Forsström 2007)

### **2.1.2 Käytönvalvontajärjestelmä**

Käytönvalvontajärjestelmä (KVJ) kerää valvomoon reaaliaikaista tietoa sähköasemilta ja verkosta sekä lähettää ohjauksia sähköasemille ja verkon komponenteille. Käytönvalvontajärjestelmän tietokannoissa säilytetään mm verkosta saatuja mittaus- ja tilatietoja

ja parametreja. Käytönvalvontajärjestelmät ovat nykyään varustettu graafisilla käyttöliittymillä, joka helpottaa järjestelmän antamien tietojen lukemista ja näyttää verkon tilan selkeästi. Käytönvalvontajärjestelmä mahdollistaa sähköverkon tilan seuraamisen ja asettelujen muuttamisen valvomosta käsin. Mahdollisessa vikatilanteessa järjestelmä ilmoittaa viasta valvomoon antamalla hälytyksen. Käytönvalvoja voi tämän jälkeen tarkastella järjestelmän antamia raportteja ja paikallistaa vikapaikan esimerkiksi järjestelmään kytkettyjen releiden antamien tietojen perusteella. Kun vikapaikka tiedetään, voi valvoja hälyttää korjaajat paikan päälle selvittämään vikaa tarkemmin ja poistamaan ongelman. Jotta asentajien on turvallista työskennellä vikapaikalla, voidaan valvomosta käsin katkaista sähköt viallisesta lähdestä ja hoitaa viallisen lähden takana olevien asukkaiden sähkönsyöttö korvaavaa varayhteyttä käyttäen. Tällaisessa tilanteessa, jossa syöttö järjestetään varayhteyden kautta, on mahdollista, että kyseisen lähden suojarleiden asetteluarvoja joudutaan muuttamaan. Tämä voidaan myös tehdä kauko-ohjauksella valvomosta käsin. (Jantunen 2003)

Muita yleisiä käytönvalvontajärjestelmän toimintoja ovat esimerkiksi kaukokäyttöisten erottimien ja katkaisimien asentotiedot (auki/kiinni) sekä sähköaseman eri kiskostoissa vaikuttavat jännitteet. Lisäksi aiemmin mainittujen hälytys- ja vikaraporttien lisäksi järjestelmästä voidaan tulostaa monenlaisia raportteja tarpeen mukaan. Esimerkiksi verkossa olleen loistehon tai verkossa siirretyn tehon määrää voidaan tarkastella pidemmällä aikavälillä ja verrata nykyiseen tilanteeseen. Lisäksi verkon vioista voidaan tulostaa raportti, jonka avulla voidaan tarkastella tarkemmin, että esiintyykö jollakin tietyllä alueella tavallista enemmän vikoja, kuin muualla. Raporttien avulla vikoihin on mahdollista varautua paremmin ja niitä voidaan ennaltaehkäistä. (Vaara 2011; Kuhmonen 2014)

Raportit tulostetaan järjestelmän tietokantojen perusteella. Järjestelmä tekee jatkuvasti mittauksia ja tallentaa saadut arvot erillisiin tietokantoihin. Tietokannat säilyttävät mitattuja tietoja tietyn, erikseen määritellyn ajan, jonka jälkeen tiedot korvataan uudemmilla tiedoilla. Tämä johtuu siitä, että tietoa tulee kokoajan lisää niin valtava määrä, ettei järjestelmä pystyisi toimimaan tehokkaasti, jos kaikki tieto säilytettäisiin. Järjestelmästä on kuitenkin mahdollista tulostaa raportteja talteen ja arkistoida ne erikseen, jolloin tiedot saadaan säilytettyä myös pidemmältä aikaväliltä, jos niin on tarpeen. (Jantunen 2003)

### **2.1.3 Asiakastietojärjestelmä**

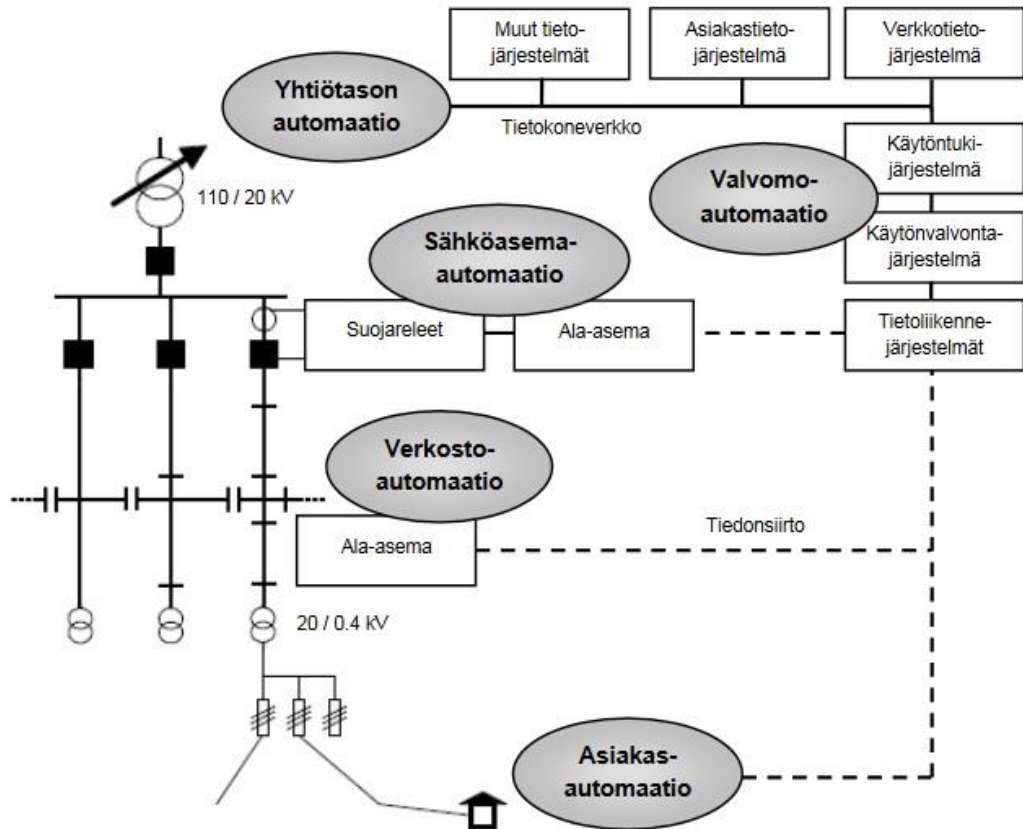
Asiakastietojärjestelmään (ATJ) on kerätty sähkölaitosten asiakkaiden keskeisimmät tiedot. Näitä tietoja ovat esimerkiksi asiakkaiden sopimustiedot, sähkömittareiden lukemat ja kulutushistoria tiedot. Näiden tietojen perusteella hoidetaan asiakkaan laskutus ja voidaan seurata asiakkaiden sähkösopimusten tilaa. Lisäksi järjestelmää hyödynnetään verkkoyhtiön palveluneuvonnassa, jotta asiakkaan keskeiset tiedot saadaan jouhevasti selville. ATJ kerää tietoja verkon mittauksista ja kaukoluennasta. Nämä tiedot siirretään verkkotietojärjestelmään, jolloin niitä voidaan käyttää apuna verkostolaskennassa. (Kuhmonen 2014)

### **2.1.4 Käytöntukijärjestelmä**

Käytöntukijärjestelmän (KTJ) avulla voidaan seurata sähköverkon tilaa graafiselta käyttöliittymältä. Järjestelmään on mallinnettu kaikki sähköverkon komponentit muuntajista katkaisijoihin ja erottimiin. Verkon tilan seuraamisen lisäksi KTJ:n avulla voidaan tehdä verkon kytkentäsuunnitelmia sekä selvittää verkossa olevia vikoja. Lisäksi KTJ:tä voidaan käyttää apuna laskettaessa verkon keskeytyksistä aiheutuneita kustannuksia. Järjestelmä on yhteydessä ATJ:hin, josta se saa tiedot asiakkaiden keskimääräisestä energiankulutuksesta. Näiden tietojen avulla voidaan laskea keskeytyksen aikana menetetyn siirrettävän energian määrä. (Forsström 2007)

### 3 JAKELUAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Järjestelmän rakenne on esitetty alapuolella olevassa kuvassa (kuva 2). Järjestelmä koostuu tietokoneverkosta, valvomosta, tietoliikenneverkosta, ala-asemasta, asema-automatiosta ja asiakasautomatiosta.

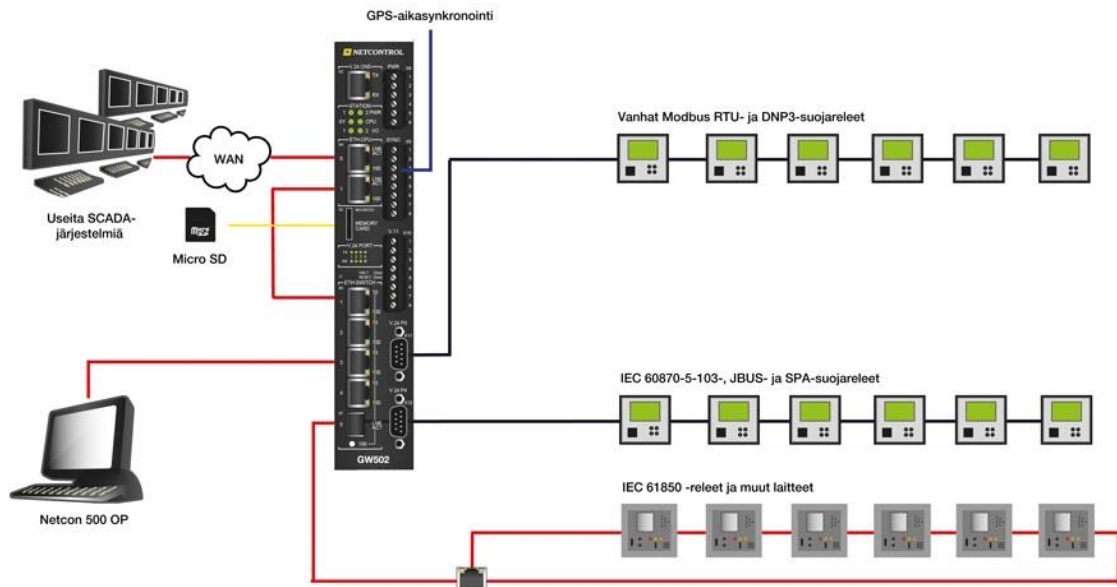


KUVA 2. Sähköverkon automaatio ja suojaus (Lakervi & Partanen 2008, 285)

Valvomo on käytöntuki-, käytönvalvonta- ja tietoliikennejärjestelmien avulla yhteydessä sähköaseman ala-asemaan. Ala-aseman avulla voidaan vaikuttaa sähköaseman automaatioon, jonka avulla voidaan muuttaa esimerkiksi aseman suojareleiden asetuksia tai ohjata kytkinlaitteita. Valvomosta voidaan olla myös yhteydessä verkon ala-asemiin, joiden avulla voidaan ohjata erottimia ja katkaisijoita. Lisäksi valvomosta saadaan yhteys esimerkiksi yksittäisen asiakkaan etälueuttavaan energiamittariin. Mittarin ilmoittamien energiatietojen perusteella asiakasta voidaan laskuttaa hänen kuluttamastaan sähköstä. Mahdollisessa vikatilanteessa mittareita voidaan tarkastella valvomosta käsin ja nähdä onko kyseisessä kiinteistössä sähköt poikki vai toimiiko sähkönsiirto normaalisti. Tällä tavoin voidaan tarkemmin kartoittaa vika-alueita ja ryhtyä nopeammin korjaaviin toimenpiteisiin. (Korpinen 1998)

### 3.1 Ala-asema automaatio

Sähköaseman ala-asema automaatio koostuu sähköasemalla olevasta ala-asemasta sekä IED-laitteista, jotka on yhdistetty väylän kautta ala-asemaan. IED-laite (Intelligent electronic device) tarkoittaa älykästä elektronista laitetta esimerkkinä tällaisesta sähköasemalla olevat suojareleet. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 3) näkyy järjestelmä, jossa IED-laitteet on yhdistetty ala-asemaan (ala-asema kuvassa keskellä).



KUVA 3. IED-laitteiden yhdistäminen ala-asemaan (Netcontrol 2016)

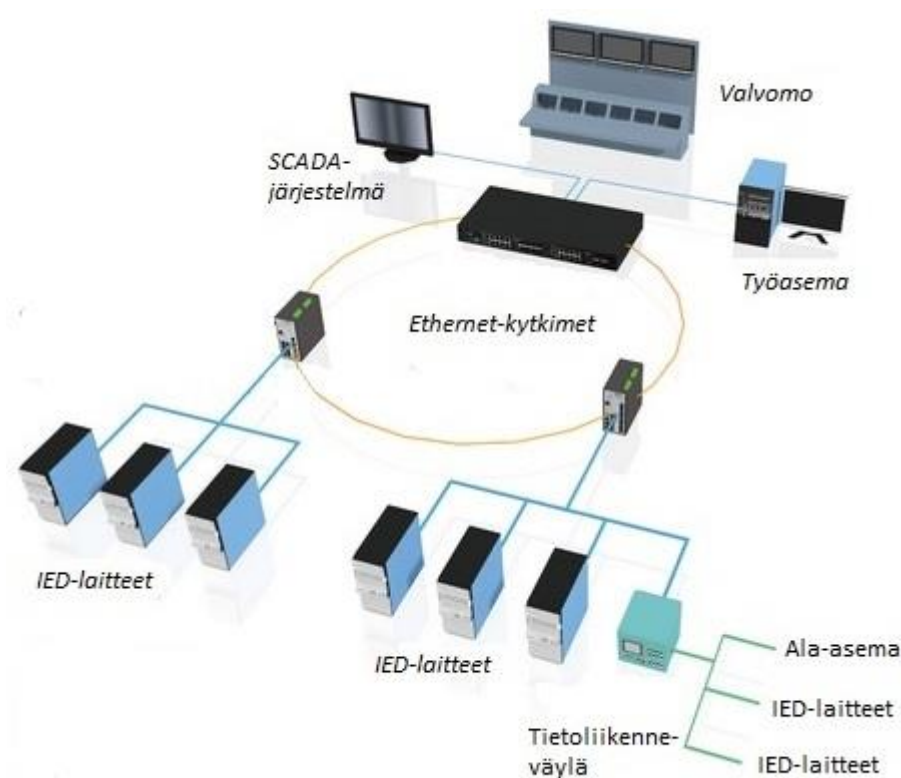
Keskellä kuvassa näkyy ala-asema, johon eri protokollia hyödyntävät suojareleet on yhdistetty tietoliikenneväylällä. Ala-asemia on käsitelty tarkemmin kappaleessa 4. Järjestelmän tiedonsiirtoa on käsitelty tarkemmin seuraavassa kappaleessa 3.2.

Edellisessä esimerkissä sähköaseman laitteet on kytketty suoraan ala-asemaan. Varsin yleistä on kuitenkin kytkeä ala-asemaan kiinni erillinen Ethernet-kytkin. Käytettäessä IEC61850-protokollaa tiedonsiirrossa, yhdistetään IED-laitteet ala-asemaan 61850-standardin mukaisen kytkimen kautta. Monissa ala-asemissa on itsessään sisäänrakennettu kytkin, mutta koska ala-asemaan yhdistetään usein useita IED-laitteita, eivät ala-aseman kytkimen liitännäportit välttämättä riitä. Tällöin ala-aseman kytkimeen yhdistetään Ethernet-kaapelilla erillinen kytkin, jossa vapaita liitännäportteja on enemmän.

Kytkimen tarkoitus on toimittaa lähdeportista lähtevä tietoliikenne lähetyksen kohteena olevaan porttiin. Tällöin puhutaan kytkentäisestä Ethernetistä, jossa tiedot lähetetään

laitteiden MAC-osoitteiden perusteella. MAC-osoitteella tarkoitetaan verkkosovittimen henkilökohtaista osoitetta, jolla se voidaan tunnistaa Ethernet-verkossa. Kun paketti saapuu lähettäjältä kytkimelle, kytkin tallentaa lähettäjän MAC-osoitteen. Tämän jälkeen kytkin tarkistaa onko vastaanottajan MAC-osoite määritelty sen osoitetauluun, jonka jälkeen kytkin lähettää paketin oikeaan vastaanottoporttiin. Mikäli kyseessä on ns. yleislähetys, lähettää kytkin paketin kaikille siihen määritellyille vastaanottajille. (Virtanen 2013)

Kytkimet mahdollistavat full-duplex-liikennöinnin laitteiden välillä, jolloin jokaista kytkimeen kytkettyä laitetta varten on varattu oma liikennöintikaista. Tämä mahdollistaa suuremmat tiedonsiirtonopeudet ja käytännössä ainoana rajoittavana tekijänä tiedonsiirtonopeudelle on kytkimen taustalla olevan tietoliikenneväylän tiedonsiirtonopeus. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 4) on esimerkki tällaisen järjestelmän rakenteesta.



KUVA 4. Ethernet-kytkimellä toteutetun järjestelmän rakenne (Lantech 2014, muokattu)

Kuvassa ala-asemaan on yhdistetty useampi kytkin. Kytkimet muodostavat keskenään renkaan, josta tietoa jaetaan ala-asemalle sekä käytönvalvontajärjestelmään, joka välittää tiedot valvomoon. Kytinten määrä riippuu järjestelmässä olevien laitteiden määrä-

tä. Lisäksi mikäli järjestelmä halutaan varmistaa, voidaan kytkimiä kytkeä kaksi kappaletta. Tällöin järjestelmä toimii moitteetta, vaikka toinen kytkin lakkaisi toimimasta.

### **3.2 Tiedonsiirto järjestelmässä**

Sähköasemilla olevat IED-laitteet (Intelligent electronic device) on kytketty asemalla olevaan asematason kommunikaatioväylään. IED-laitteisiin lukeutuvat mm. seuraavat sähköasemalla olevat laitteet: suojareleet, erilaiset mittarit ja hälytyskeskukset. Koska laitteet on kytketty samaan väylään, niin laitteet pystyvät viestimään keskenään lähettämällä ja vastaanottamalla tietoa. (Jantunen 2003)

Sähköasemalla kommunikaatioväylään on kytketty erillinen tiedonkeruuyksikkö, joka kerää kaikkien laitteiden väylään lähettämät tiedot ja välittää ne eteenpäin kaukokäyttöjärjestelmään, josta ne välittyvät valvomoon. Edellä mainittu tiedonkeruuyksikkö on yleensä ala-asemaksiksi kutsuttu laite, jonka toiminnasta ja ominaisuuksista on kerrottu tarkemmin myöhemmissä kappaleissa. Toinen vaihtoehto tiedonkeruuyksikölle on edellisessä kappaleessa esitelty verkkokytkin. Verkkokytkintä käytetään silloin kuin tiedonsiirrossa käytetään IEC 61850-protokollaa. (Jantunen 2003; Vaara 2011)

Seuraavissa alakappaleissa on esitelty yleisimmät Suomessa käytettävät tiedonsiirtoväylät sähkönjakelujärjestelmässä. Järjestelmän yleisimmät tiedonsiirtoprotokollat on esitelty kappaleessa 4.9.

#### **3.2.1 Optiset kaapelit**

Optisia valokuitukaapeleita käytetään sekä sähköasemien sisäiseen, että sähköasemien ja valvomon väliseen viestintään. Optiset kaapelit mahdollistavat suuret tiedonsiirtonopeudet ja koska kaapeleissa ei ole metallia, ei niihin induoidu jännitteitä kuten kuparikaapeleihin. Lisäksi ne eivät ole alttiita EMC-häiriöille, joita saattaa esiintyä sähköasemalla. Valokuitukaapelin huonoina puolina on kallis hinta sekä varsin helposti asennuksen yhteydessä kaapeliin syntyvät vauriot. Vauriot syntyvät esimerkiksi, jos kaapeli taitetaan liian jyrkästi, jolloin kaapelin sisällä oleva kuitu vaurioituu. Lisäksi pitkillä matkoilla signaali vaimenee samaan tapaan kuin kuparikaapelissa. Pitkillä etäisyyksillä kaapeliin täytyy asentaa erillisiä signaalin vahvistimia 150 kilometrin välein. Valokui-



tukaapeli yleistyy kuitenkin koko ajan, koska valokuituverkko laajenee Suomessa kasvavalla tahdilla myös haja-asutusalueilla. Nykyisin valokuitukaapeleiden ja sähköverkon maakaapeleiden asennukset pyritään hoitamaan samalla kertaa, koska tällöin säästetään merkittäviä summia kaapeleiden asennuskustannuksissa. Maakaapeleiden asennuskustannuksista suurin osa syntyy vaiheesta, jolloin kaapeli aurataan maahan. (Laasonen, Saarinen, Sederlund, Sulamaa, Uusitalo, Uusitalo, Yli-Salomäki. 2011, 385-414, 558-563)

Esimerkkinä sähköaseman sisäisessä tiedonsiirrossa käytettävästä optisesta kaapelista käy Suomessa varsin laajasti käytetty SPA-väylä, jonka tiedonsiirtoprotokolla on esitelty tarkemmin kappaleessa 4.9.5. SPA-väylä on iästään huolimatta yleisesti sähköasemilla käytetty IED-laitteiden kommunikaatioväylä. SPA-väylässä esimerkiksi sähköaseman suojarieleet ja hälytysjärjestelmä yhdistetään joko lasi- tai muovikuitukaapelilla tehdyllä optisella silmukalla toisiinsa. Laitteet kytketään väylään liitännämoduulien avulla, jotka muuntavat laitteiden sähköiset signaalit optisiksi, jotta signaali voi kulkea väylässä. Muunnos tehdään myös toisinpäin. Liitäntä moduulin kytkennässä laitteisiin käytetään yleisesti RS-232- ja RS-485-sarjaportteja.

### **3.2.2 Kupariyhteydet**

Kuparikaapeliyhteydet soveltuvat parhaiten lyhyille tiedonsiirtoetäisyyksille. Välimatkan kasvaessa pitkäksi tiedonsiirrossa käytettävä analoginen signaali alkaa vaimentua ja vääristyä, jolloin tiedonlukeminen vaikeutuu matkalla syntyvien häiriöiden vuoksi. Kuparikaapeleihin saattaa vikatilanteessa indusoitua vaarallisen suuria jännitteitä, jotka voivat aiheuttaa vaaraa lähellä oleville ihmisille sekä rikkoa lähistöllä olevia sähkölaitteita. Lisäksi Suomessa käytetyt kuparikaapelit ovat usein paperieristeisiä, joita suositettiin etenkin 1960-luvulla. Suuressa osassa näistä maahan kaivetuista kaapeleista vesi on päässyt tunkeutumaan kaapeleiden liitoskohdista kaapelin sisään vahingoittaen kaapelin paperieristettä, jonka vuoksi kaapeli on menettänyt toimintakykynsä. (Vainikainen 2013)

Kuparikaapeliyhteyksiä on edelleen käytössä lähinnä sähköasemien sisäisissä yhteyksissä. Tällöin sähköasemalla sijaitsevaan ala-asemaan on ala-aseman mallista riippuen usein lisätty erillinen analogiakortti, jolla kuparikaapelissa kulkeva analoginen signaali

saadaan muunnettua analogisesta digitaaliseksi ja toisinpäin. Signaali kulkee kuparikaapelissa virtaviestinä, signaalin virran vaihdellen esimerkiksi 4-20 mA:n välillä, riippuen signaalin arvosta. Lyhyiden yhteyksien lisäksi kupariyhteyksiä voidaan käyttää myös sähköaseman ja valvomon välisissä yhteyksissä, mutta uusia tällaisia yhteyksiä ei enää rakenneta, koska valokuitu- ja Ethernet-yhteydet ovat luotettavuutensa ja tiedonsiirtokapasiteettinsa vuoksi syrjäyttäneet perinteiset kuparikaapelit. (Vainikainen 2013)

### **3.2.3 Radiolinkit**

Radiolinkkejä käytetään yleensä valvomon ja ala-asemien välisissä yhteyksissä haja-asutus-alueilla, joissa kaapelointi on kallista. Radiolinkkien etuina ovat varsin pitkät siirtomatkat sekä varsin kohtuulliset hankintakustannukset. Haittoina verrattuna esimerkiksi optiseen kuituun on hidas tiedonsiirtonopeus sekä radiosignaaliin syntyvät häiriöt. Häiriöitä syntyy esimerkiksi ukkosesta, rankasta sateesta sekä muista radiolaitteista. (Virtanen 2013)

### **3.2.4 WLAN**

WLAN-yhteyttä voidaan käyttää valvomon ja sähköaseman välisissä yhteyksissä. Tällöin valvomossa saadaan otettua yhteys sähköasemalla olevaan WLAN-tukiasemaan, joka on yhdistetty sähköasemalla olevaan ala-asemaan. WLAN-yhteyksien tiedonsiirtonepeudet ovat kehittyneet merkittävästi ja järjestelmä on kustannuksiltaan edukas. Valvomon ja sähköaseman välissä yhteyksissä käytetäänkin yleensä joko WLAN- tai valokuituyhteyttä.

### **3.2.5 LAN-kaapelointi**

LAN-kaapelointia käytetään sähköaseman sisäisessä tiedonsiirrossa, käytettäessä kappalessa 4.91 esiteltävää IEC 61850-tiedonsiirtoprotokollaa. LAN-kaapeloinnissa laitteet yhdistetään toisiinsa Ethernet-kaapeleilla, jolloin laitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään. LAN-kaapelointi voidaan tehdä usealla eri verkkotopologialla, mutta nykyisin ylivoimaisesti yleisin tapa on kytkeä laitteet ns. tähtitopologiaan, jolloin jokaiselle

laitteelle menee oma kaapelinsa, joka yhdistetään tähden keskipisteessä olevaan keskittimeen. Kuitenkin, vaikka verkon topologia olisikin tähden muotoinen, niin tieto siirtyy verkossa väylämäisesti päätelaitteelta keskittimeen ja toisinpäin. (Hjelm 2005)

### **3.3 Laitteet**

Käytönvalvontajärjestelmä voidaan tehdä yksinkertaisimmillaan palvelimella tai työasematietokoneella sekä ala-aseman avulla. Palvelin/ työasematietokone sijaitsevat valvomossa ja ala-asema sähköasemalla. Lisäksi nämä täytyy yhdistää sopivalla tiedonsiirtoyhteydellä. Jos sen sijaan halutaan tehdä laajempi järjestelmä, jossa on useita alaseimia, varataan niiden tietoliikennettä varten usein oma palvelin, jonka kautta tietoliikenne välitetään työasemakoneille. Tällaisessa järjestelmässä on usein useita työasemakoneita yhden sijaan, mutta periaatteessa yksikin kone riittää järjestelmän käyttämiseen. Luotettavuuden ja käytön helpottamiseksi kannattaa järjestelmään liittää useampi kone. Tällaiset järjestelmät ja niiden tietoliikenne on yleensä kahdennettu. Tämä tarkoittaa sitä, että tietoliikennepalvelimia ja työasemakoneita on vähintään kaksi kappaletta, joista normaalitilanteessa toiset ovat käytössä ja toiset ovat varalla. Jos käytössä oleva järjestelmä vioittuu, kytkeytyy toinen järjestelmä välittömästi päälle, eikä käytönvalvontajärjestelmään tule käyttökatkua. Lisäksi myös järjestelmän tietokannat voidaan peilata turvaan toiselle erilliselle palvelimelle, jolloin ei pitäisi olla mahdollista, että järjestelmän keräämät tiedot katoaisivat missään olosuhteissa. (Jantunen 2003; Vaara 2011)

## 4 KÄYTÖNVALVONTAJÄRJESTELMÄN ALA-ASEMA

Ala-asema (RTU) on mikroprosessoriohjattu elektroninen laite, jota käytetään käytönvalvontajärjestelmässä tai SCADA-järjestelmässä (supervisory control and data acquisition) lähettämään mittaustietoja ylemmälle järjestelmälle. Lisäksi ala-aseman avulla valvomosta ylemmälle järjestelmälle annetut käskyt voidaan välittää ala-asemaan liitettyihin laitteisiin. Ala-asemat keräävät mittaus- ja tilatiedot sähköverkon mittalaitteilta ja muuttavat mittaustiedon käytönvalvontajärjestelmän ymmärtämään muotoon. Ala-asema toimii siis eräänlaisena protokollamuuntimena, joka muuntaa asematason tiedonsiirrossa käytettävät protokollat valvomotasolla käytettäviksi protokolliksi. Sama tapahtuu myös toisin päin. Käytönvalvontajärjestelmän kautta tieto kulkeutuu valvomoon. Lisäksi ala-asemat välittävät käytönvalvojen antamat käskyt verkossa oleville toimilaitteille. Tällaisia käskyjä ovat esimerkiksi kauko-ohjattavien katkaisijoiden ja erottimien auki- ja kiinniohjaukset. (Ainaija 2010)

### 4.1 Ala-aseman toiminta ja rakenne

Ala-asema tarkkailee sähköaseman digitaalisia ja analogisia muuttujia ja lähettää tiedot valvomoon. Lisäksi ala-asema toimii protokollamuuntimena sähköasemalla sijaitsevien laitteiden ja valvomon välillä. Ala-asema sisältää asennusohjelman, jonka avulla sähköasemalla olevat laitteet voidaan yhdistää ala-asemaan. Lisäksi asennusohjelman avulla voidaan määritellä laitteiden väliset viestintäprotokollat sekä ratkaista laitteita ala-asemaan kytkettäessä ilmaantuneita asennusongelmia.

Ala-asemien rakenne vaihtelee valmistajasta ja mallista riippuen. Ala-asemassa voi olla useita piirikortteja esimerkiksi yksi kortti keskusyksikölle (CPU), sekä erikseen omat kortit analogiatuloille (AI), digitaalituloille (DI), digitaalilähdöille (DO) ja analogialähdöille (AO). Edellä mainittujen piirikorttien määrä vaihtelee mallikohtaisesti. Lisäksi on olemassa ala-asema malleja, joissa on vain yksi piirikortti, joka hoitaa kaikki edellä mainitut prosessit. Eri valmistajien malleista voidaan valita paras mahdollinen vaihtoehto kohteittain ja siten rakentaa kohteeseen parhaiten sopiva järjestelmä.

## 4.2 Virran syöttö

Ala-asemat ottavat käyttöjännitteensä yleensä sähköaseman tasasähköjärjestelmästä. Tasasähköjärjestelmä sen sijaan saa apusähkönsä sähköaseman omakäyttökeskuksesta, joka sähköistää myös sähköaseman tekniset tilat. Omakäyttökeskus sen sijaan saa yleensä sähkönsä jostakin sähköaseman lähdöstä, jonka jännite on esimerkiksi 20kV vaihtojännitettä. Lähdöstä jännite viedään erilliselle omakäyttömuuntajalle, joka muuntaa jännitteen 400 voltin vaihtojännitteeksi, jonka jälkeen se johdetaan omakäyttökeskukseen.

## 4.3 Digitaaliset tulot

Ala-aseman digitaalitulo-korttien (DI, Digital Input) avulla voidaan tarkastella esimerkiksi sähköasemalla olevien erottimien ja katkaisijoiden asentoa. Asennontunnistus voidaan toteuttaa ala-asemalta erottimelle lähetetyllä jännite- tai virtaviestinä. Jos viesti menee erottimelle ja palaa silmukan toista puolta takaisin voidaan päätellä, että erotin on kiinni. Sen sijaan, jos viesti ei pääse läpi tai palaa takaisin samaa reittiä, niin erotin on auki, jolloin virta ei pääse kulkemaan piirin läpi. Takaisin tulleen viestin perusteella DI-kortti päättelee erottimen tilan ja muuttaa sen mukaan omaa tilaansa nollan ja ykkösen väliltä. (Gordon, Reynders, Wright 2004, 19-21)

## 4.4 Analogiset tulot

Ala-aseman analogiset kortit (AI, Analog Input) voivat vastaanottaa tietoa virta- ja jänniteviesteinä. Yleisesti virtaviesteissä käytettävän virran suuruus vaihtelee 4-20mA:n välillä. Jänniteviesteissä käytetään yleensä joko viittä tai kymmentä voltia. Viestissä käytetyn virran tai jännitteen arvo riippuu lähetetyn mittaustiedon mukaan. Esimerkiksi, jos ala-asemaan kytketty älykäs elektroninen laite (IED) lähettää ala-asemalle mittaus-tietoa, vastaanottajana oleva ala-asema on kalibroitu siten, että se ymmärtää vastaanotetun analogisen signaalin ja muuttaa analogisen signaalin sen digitaalista muotoa vastaavaksi arvoksi.

## **4.5 Digitaaliset lähdöt**

Digitaalisten lähtökorttien (DO, Digital Output) avulla ala-asema voi ohjata esimerkiksi sähköasemalla olevia erottimia ja kytkimiä. Sähköaseman kentällä olevien erottimien ja kytkimien rinnalle on kytketty ohjauskelat. Ala-aseman DO-lähdöistä voidaan lähettää ohjauskelalle jänniteviesti, jonka seurauksena ohjauskela vaihtaa erottimen tilaa. Lisäksi DO-lähtöjen avulla voidaan ohjata esimerkiksi erillistä ohjelmoitavaa logiikkaa tai muuta elektronista laitetta, joka toimii pienellä jännitteellä. Usein ala-asemissa käytetty ohjausjännite on 5 voltia.

## **4.6 Analogiset lähdöt**

Analogisilla lähdöillä (AO, Analog Output) voidaan ohjata laitteita, joiden signaalin suuruus vaihtelee jatkuvasti. Esimerkkinä tällaisesta laitteesta käy graafinen tallennin, joka tallentaa saamaansa dataa jatkuvasti graafiseen muotoon. Nykyään analogisia lähtöjä ei juurikaan enää käytetä, koska digitaalitekniikka on kehittynyt niin hyväksi. Toki on edelleen käytössä vanhempia järjestelmiä, jotka vaativat analogisten signaalien käyttämistä. Tällaiset järjestelmät ovat poistumassa asemilla tehtävien päivitysten kautta, koska uudemmat laitteet toimivat digitaalitekniikalla. (Gordon, Reynders, Wright 2004, 19-21)

## **4.7 Ala-asemat ja ohjelmat**

Nykyiset ala-asemat pystyvät yleensä suorittamaan niihin määritellyjä yksinkertaisia ohjelmia ilman käytönvalvonta- tai SCADA-järjestelmää. Tällä on etunsa laitteiston käyttöönoton kannalta ja turvallisuuden kannalta. Esimerkiksi huoltotöiden ajaksi sähköasemalla oleva ala-asema voidaan asettaa sellaiseen tilaan, ettei valvomosta käsin voida vahingossa kytkeä ala-aseman ohjaamaa erotinta jännitteiseksi. Tällä tavoin voidaan välttää inhimilliset väärinkäsitykset huoltotiimin ja valvojan välisessä kommunikoinnissa.

## **4.8 Ala-aseman tietoliikenne**

Ala-asema voi toimia usean IED-laitteen ja valvomon välisenä rajapintana. Ala-asema toimii eräänlaisena tietoliikennesovittimena ja tulkkaa sille tulevat ja siitä lähtevät tiedot siten, että muut laitteet ymmärtävät viestit. Ala-aseman sisään on rakennettu tietoliikennemuuntimia, jotka hoitavat tietoliikenteen kääntämisen eri protokollia vastaaviksi. Tietoliikenneprotokollia käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.9. Yleisimmät ala-asemien tukemat protokollat ovat: RS232, RS422, RS485, Ethernet, IEC 61850, IEC 60870-5-101/103/104, IEC 60870-6, DNP3 ja Modbus. Toki muitakin tietoliikenneprotokolla vaihtoehtoja on olemassa ala-aseman mallista riippuen.

Käytettävästä protokollasta riippuen ala-aseman ja IED-laitteiden tietoliikenne voi olla balansoitua, jolloin IED-laitteet lähettävät ala-asemalle jatkuvasti sen hetkiset mittaus-tiedot. Toinen vaihtoehto on, että laitteet lähettävät mittaus-tietonsa ala-asemalle vasta, kun ala-asema pyytää niitä, tällöin puhutaan balansoimattomasta tiedonsiirrosta.

## **4.9 Tiedonsiirrossa yleisesti käytettävät protokollat**

Tässä kappaleessa on käsitelty yleisimpiä sähköasemien viestinnässä käytettäviä viestintäprotokollia. Viestintäprotokollat on eritelty ja niiden keskeiset periaatteet on esitelty seuraavissa alakappaleissa.

### **4.9.1 IEC 61850**

IEC 61850 on nykyisin yleisesti uudemmilla sähköasemilla ja vanhojen sähköasemien päivityksissä käytetty tiedonsiirto-standardi. IEC 61850-standardi on valmistajasta riippumaton avoin tietoliikennestandardi. IEC 61850-standardilla on mahdollista käyttää eri valmistajien laitteita ja liittää ne suoraan sähköaseman sisäiseen verkkoon. Standardi mahdollistaa eri laitevalmistajien laitteiden viestinnän keskenään, ilman erillisiä muuntimia, jotka tulkkavat laitteiden välisen kommunikaation samalle kielelle. Lisäksi kenttälaitteet, jotka on liitetty samaan IEC 61850-väylään pystyvät kommunikoimaan toistensa kanssa ja keräämään tietoja toisiltaan ilman ala-asemaa. (Häsä 2009; Sivonen 2016)

Älykkäät elektroniset laitteet kommunikoivat keskenään vertaisverkon avulla. Vertaisverkossa jokainen laite toimii sekä palvelimena että asiakkaana, jonka vuoksi erillisiä kiinteitä palvelimia ei tarvita. Standardi on suunniteltu tietoliikennettä varten, jossa toiminnan tulee olla nopeaa ja aikakriittistä. (Ojala 2014; Sivonen 2016)

IEC 61850- Protokolla perheeseen kuuluu myös GOOSE-sanoma, joka on suunniteltu IED-laitteiden välillä. Sanomaa voidaan käyttää esimerkiksi sähköaseman suoja-releiden välisessä viestinnässä. Tämä nopeuttaa esimerkiksi suoja-releiden asettelua, koska jokaista relettä ei tarvitse käydä erikseen asettelemassa, vaan riittää, että muutetaan yhden releen asetukset, jolloin rele voi toimittaa samat asetukset muille releille. (Sivonen 2016)

Käytettäessä IEC61850-protokollaa laitteet kytketään IEC 61850-protokollan mukaisiin verkkokytkimiin. Kytkin kytketään ala-asemaan ja verkossa olevat IED-laitteet kytketään kytkimeen. Monissa ala-asemissa on itsessään sisäänrakennettu verkkokytkin, mutta koska ala-asemat ovat kooltaan varsin kompakteja, ei ala-aseman omaan kytkimeen ole mahdollista kytkeä kovinkaan montaa laitetta. Tämän vuoksi ala-aseman kytkimeen kytketään tavallisesti erillinen verkkokytkin, jossa paikkoja on enemmän. Verkon periaatekuva esiteltiin aikaisemmin kappaleessa 3.1.

Tällä hetkellä IEC 61850-protokollaa käytetään yleensä sähköasemien sisäisessä liikenteessä, kuten ala-asemien ja IED-laitteiden välisissä yhteyksissä. Protokollaa on mahdollista käyttää myös ala-aseman ja valvomon välisissä yhteyksissä, mutta yleensä näissä yhteyksissä käytetään IEC-60870-101 ja -104-protokollia, jotka on suunniteltu tähän tarkoitukseen.

#### **4.9.2 IEC 60870-5-101**

IEC 60870-5-101-protokollaa käytetään yleisesti kaukokäytön sarjaliikenteen tiedonsiirto-protokollana. Protokolla on varta vasten suunniteltu valvomon ja ala-asemien väliseen tiedonsiirtoon. Protokollalla on mahdollista toimia joko balansoidussa tai balansoimattomassa tiedonsiirrossa. Balansoimattomassa tiedonsiirrossa käytönvalvontajärjestelmä toimii master-asemassa kontrolloiden tietoliikennettä. Käytönvalvontajärjestelmä pollaa ala-asemia peräkkäisessä järjestyksessä. Tämän jälkeen slave-asemassa olevat masterin



orjalaitteet vastaavat kyselyyn. Orjalaitteet eivät siis lähetä tietojaan spontaanisti, vaan vasta, kun niitä erikseen pyydetään. (Ojala 2014; Sivonen 2016)

Balansoidussa tiedonsiirrossa jokainen ala-aseman IED-laite voi aloittaa itsenäisesti viestin lähetyksen tai kyselyn muilta väylän laitteilta ilman valvomosta lähetettyä erillistä kyselyä. Balansoidussa järjestelmässä tiedot tapahtuneesta siirtyvät välittömästi valvomoon. Balansoimattomassa järjestelmässä voidaan rajata laitteiden tietoliikennettä ja kerätä vain halutut ja oleelliset tiedot IED-laitteilta. Tämä helpottaa tietojen käsittelemistä, koska tiedon määrä on pienempi. Lisäksi balansoimaton järjestelmä on helpompi toteuttaa verrattuna balansoituun järjestelmään, koska järjestelmän toiminta on yksinkertaisempi.

### **4.9.3 IEC 60870-5-104**

IEC 60870-5-104 on moderneissa TCP/IP-verkoissa toimiva protokolla, joka on suunniteltu ala-asemien ja valvomon väliseen tiedonsiirtoon. Koska protokolla toimii TCP/IP-verkoissa, mahdollistaa kyseinen protokolla tiedonsiirron Ethernet-verkossa. IEC 60870-5-101/-104-protokollat ovat toiminnaltaan varsin samanlaisia. Protokollien erona on niiden tapa käsitellä verkossa liikkuvaa dataa. IEC 60870-5-104-protokollaa käytettäessä voidaan tapahtumia lähettää symmetrisesti. Symmetrinen tiedonsiirto tarkoittaa sitä, että verkkoon kytketyt laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa tietoa samanaikaisesti. (Ojala 2014; Tamsi 2010)

IEC-60870-5-104-protokolla on suunniteltu kansainvälisesti kuten IEC 61850-protokolla, joten eri valmistajien laitteet ymmärtävät toisiaan ilman erillisiä laitteiden välisiä muuntimia. Tämä on merkittävä etu, koska tarvittavien komponenttien lukumäärä pienenee ja verkko saadaan tehokkaammaksi, jolloin tiedonsiirto ala-asemien ja valvomon välillä on nopeampaa. Tiedonsiirronnopeus ja kansainvälinen suunnittelu ovat IEC-60870-5-104-protokollan merkittävimpiä etuja. (Tamsi 2010)

### **4.9.4 DNP3.0**

DNP3.0- (Distributed Network Protocol) protokolla kehitettiin, kun IEC 60870-5-

protokollan kehitys oli vielä kesken, eikä sitä oltu standardoitu vielä kansainvälisesti. Tuolloin oli kuitenkin tarvetta standardille, jonka avulla eri valmistajien laitteet voisivat kommunikoida keskenään käytönvalvontajärjestelmässä. DNP3.0-protokolla on suunniteltu vastaamaan ANSI-maiden vaatimuksia kaukokäytön suhteen. Protokollassa laitteet on jaettu master/slave-periaatteen mukaisesti eli tiedonsiirto on balansoimatonta. Protokollan varhaisimmissa versioissa tietoliikenne oli sarjaliikennettä, jolloin tiedonsiirto oli varsin hidasta. DNP3.0 on kuitenkin kehitetty vastaamaan nykyisiä tietoverkkoja ja sen uudemmat versiot toimivat TCP/IP-verkoissa, joissa tietojen lähetyksen tapahtuu paketteina. Tieto jaetaan siis useisiin pienempiin paketteihin, jotka lähetetään Ethernetin kautta vastaanottajalle. Lähetyksen yhteydessä paketeille annetaan pakettikohtaiset tunnukset, joilla varmistetaan vastaanottopäässä pakettien oikea järjestys sekä saadaan varmistettua, että kaikki paketit ovat tulleet perille. DNP3.0-protokolla on maailmanlaajuisesti käytetty tiedonsiirtoprotokolla valvomon ja ala-asemien välillä, johtuen protokollan uusimpien versioiden yhteensopivuudesta IEC-60870-5-protokollan kanssa. (Modbus Organization 2016; Ojala 2014)

#### **4.9.5 SPAbus**

SPA-väylä on 80-luvulla kehitetty kommunikointistandardi, jonka käyttö on ajan mittaan yleistynyt laajasti sähköaseman sisäisessä tiedonsiirrossa. SPA-protokolla on polllaava protokolla, jolloin SPA-väylään kytketyt laitteet jaetaan master/slave-periaatteen mukaan, jossa jokaisella laitteella on oma osoitteensa. Laitteet eivät kommunikoi keskenään, ellei master-laite erikseen esitä slave-laitteelle kysymystä. Kun master lähettää väylään kyselyn, niin sama kysymys lähtee kaikille väylän laitteille, mutta kysymykseen on sisällytetty kyseisten slave-laitteiden osoitteet, joiden halutaan vastaavan. Tällöin kysymykseen vastaavat vain ne slave-laitteet, joiden osoitteet oli määritelty kysymyksessä. SPA-protokollaa käytetään yleisesti asematason tiedonsiirrossa. SPAbus eli SPA-väylä tarkoittaa sitä, että asematason laitteet yhdistetään samaan väylään. Yleensä väylän laitteet yhdistetään valokuidun avulla. Valokuidun avulla luodaan optisia silmuja, joiden avulla aseman suojareleet, ohjausyksiköt ja hälytyskeskukset yhdistetään yhden isäntälaitteen (master) alle. SPA-väylän vasteaika on riippuvainen siihen kytkettyjen laitteiden lukumäärästä, sekä kyselyn kohteena olevan tiedon määrästä. (Miettinen 2011; Modbus Organization 2016)

#### **4.9.6 Modbus**

Modbus-protokolla on alun perin suunniteltu sarjaliikenneprotokollaksi käytettäväksi ohjelmoitavien logiikoiden ja ala-asemien kanssa. Sähköjakelujärjestelmässä Modbus-protokollaa käytetään yleisesti ala-aseman ja kenttälaitteiden välisissä yhteyksissä. Modbus-protokollasta on olemassa kolme eri versiota: Modbus ASCII, Modbus RTU ja Modbus TCP. Modbus ASCII on nimensä mukainen tekstipohjainen versio, Modbus RTU sen sijaan esittää datan binaarisessa muodossa. Edellä mainitut versiot kommunikovat sarjaliikenneväylän kautta. Nämä sarjaliikenneprotokollaa käyttävät versiot toimivat master-slave periaatteella, SPAbusin tapaan. Kolmas versio eli Modbus TCP on Modbusin uusin versio, joka on Ethernet pohjainen. Modbus TCP:tä käytetään TCP/IP-tiedonsiirtoyhteyksien kautta. (Modbus Organization 2016; Ojala 2014)

#### **4.10 Ala-asemien käyttökohteita**

Sähköasemien lisäksi ala-asemia käytetään esimerkiksi vesilaitoksilla veden jakelussa ja viemärijärjestelmien ohjauksessa. Muita käyttökohteita ovat öljy- ja kaasukentät, kaivokset ja ulkona olevat, kerrostalojen katoille sijoitetut hälytys sireenit.

Tässä työssä on keskitytty kahteen eri ala-asemamalliin. Mallit ovat Netcon GW502 ja Kuumic Ku40. Netcon GW502:n on valmistanut Netcontrol Oy ja Kuumic Ku40:n on valmistanut Kuumic Oy. Molemmat valmistajat ovat suomalaisia. Seuraavissa alakappaleissa on käsitelty kyseisiä ala-asemia ja niiden ominaisuuksia tarkemmin.

#### **4.11 Netcontrol GW502 ja GW502iM**

Netcon GW502-moduulista on olemassa kahta eri mallia, GW502A ja GW502-iM. GW502A tarvitsee erillisen räkin, johon se asennetaan ja johon tuodaan rakkiväylä, jonka kautta laite on yhteydessä valvomoon. GW502-iM sen sijaan ei tarvitse erillistä asennusräkkiä vaan se voidaan asentaa haluttuun paikkaan sellaisenaan. Molempia versioita kutsutaan yleisesti nimellä GW502. Yleisemmin käytetty malli on jälkimmäisenä mainittu GW502-iM, johtuen sen monipuolisemmista asennusmahdollisuuksista. Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 5) näkyy Netcon GW502-ala-asema. (Netcontrol 2016)



KUVA 5. GW502-ala-asema (Netcontrol 2016)

Kuvassa on esitetty yksi GW502A-moduulin piirikorteista. Näitä kortteja on moduulissa mallista riippuen 3-14 kappaletta. Piirikortit työnnetään asennuksen yhteydessä suorakulmion muotoiseen 19 tuuman räkkiin. Seuraavassa kuvassa (kuva 6) näkyy GW-502iM- moduuli. (Netcontrol 2016)



KUVA 6. GW502iM-ala-asema (Netcontrol 2016)

GW-502iM-moduuli on kauttaaltaan koteloitu, eikä se tarvitse erillistä räkkiä asennusta varten. Moduuli voidaan asentaa DIN-kiskoon, seinään tai sille tehdyn kaapin oveen.

#### 4.11.1 Ominaisuudet

Netcon GW502 on monipuolinen, standardeja hyödyntävä ala-asema (RTU, Remote Terminal Unit) ja tietoliikennekeskitin. Modulaarisen laitteiston ja ohjelmiston ansiosta Netcon GW502 on joustava ratkaisu mm. sähköntuotantolaitoksille, sähköasemille sekä teollisuuden sähköjakeluun. (Netcontrol 2016)

Netcon GW502 on suunniteltu pitkää elinkaarta varten eli se elää sähköaseman mukana. Se tukee sekä vanhempia teknologioita, että uusia teknologioita. Tämän ansiosta sitä voidaan käyttää sekä vanhojen sähköasemien modernisoinneissa, että kokonaan uusissa sähköasemissa. Laite voidaan liittää I/O-pohjaisiin sähköasemiin, sarjaliikenneprosessi-

väylään, IEC61850-väylään. Lisäksi laite pystyy lukemaan esimerkiksi asemalla olevien releiden häiriötallenteita SPA -väylän kautta. Koska laitteisto ja sen ohjelmisto on modulaarinen, mahdollistaa se nopeasti uusien sovellusten käyttöönoton. (Netcontrol 2016)

#### 4.11.2 Tekniset tiedot

Netcon GW502 on keskus- ja kommunikaatioyksikkö Netcon 500 RTU:lle, joka tarjoaa monipuoliset protokollamuunnokset ja keskitintoiminnot. GW502-moduuli sisältää Ethernet liittimen ja rakkiversion (GW502-iM) tapauksessa Netcon 500-liitin toiminnon, jonka avulla Netcon 500-räkinväylät voivat olla yhteydessä ulkomaailman Internetin kautta. Moduulin pääkomponentit ovat;

- PowerPC CPU, joka on varustettu kahdella Ethernet portilla.
- RS-232-sarjan liitäntäportti
- Neljä sarjaporttia slave ala-asemia varten sekä serial master connectivity
- Ethernet-sovitin, jossa on neljä 10/100BaseT porttia sekä yksi 100BaseFX portti.
- LED-valoilmaisimet Ethernet- sekä sarjaportteille.
- Kaksi virtalähteen sisääntuloporttia LED-ilmaisimilla
- Yksi virranjakoportti ulkoisia viestintävälineitä varten
- Liitin GPS-vastaanottimelle, jonka avulla laitteiston aika säädetään oikein.
- Kaksi muistikorttipaikkaa
- Käyttöjännite voidaan valita väliltä 24–48 VDC. (Netcontrol 2016)

Netcon GW502 on modulaarinen järjestelmä, jossa on aina GW502-pääprosessori sekä tarvittava määrä Netcon prosessi IO-moduuleita ja SIO508-sarjaliikenneyksiköitä. GW502A-moduulit asennetaan 19 tuuman kehikkoon, joita on eri kokovaihtoehtoja. Kokovaihtoehdot on merkitty tunnuksilla S14, S7 ja S3. Numero tunnuksen s-kirjaimen perässä tarkoittaa kehikossa olevien korttipaikkojen määrää. Siten esimerkiksi kehikossa S14 on 14 korttipaikkaa. (Netcontrol 2016)

Netcon GW-502iM sen sijaan voidaan asentaa monella eri tavalla, eikä se tarvitse erillistä kehikkoa asennusta varten. Alapuoella olevassa kuvassa (kuva 7) on havainnollistettu kyseisen moduulin mahdollisia asennustapoja.



KUVA 7. Netcon GW502iM:n asennustapoja (Netcontrol 2016, muokattu)

Kuten kuvasta nähdään, moduuli voidaan kiinnittää sivuilta tai takaa esimerkiksi seinään kiinni ruuveilla. Toinen vaihtoehto moduulin kiinnitykseen on käyttää hieman erilaisia kiinnikkeitä, joiden avulla moduuli voidaan kiinnittää standardin mukaiseen DIN-kiskoon.

Netcon GW502-moduulien pääprosessori vastaa ala-aseman tietoliikenteestä. Prosessori tukee perinteistä sarjaliikennettä kuten SPACOM. Lisäksi prosessori tukee uusia IP - pohjaisia protokollia kuten (IEC-101 ja IEC61850). Netconin NFE-ohjelmisto kykenee muodostamaan protokollamuunnoksia yli 50:lle eri protokollalle. Tämä mahdollistaa usean eri valmistajan laitteiden sovittamiseen ala-asemaan. (Netcontrol 2016)

Netcon 500-prosessi-I/O-kortit toimivat itsenäisinä yksikköinä ala-asemien tapaan yhteisen I/O-väylän kautta. GPS-synkronointia käytettäessä tarkka aikatieta jaetaan väylän kautta I/O-yksiköille. Analogia tuloja (AI) järjestelmässä on 16 kappaletta ja digitaali-tuloja (DI) 64 kappaletta. Digitaalilähtöjä (DO) on 32 kappaletta. (Netcontrol 2016)

### **4.11.3 Käyttö**

Netcon GW502 mahdollistaa tietoliikenteen käyttöliittymän sekä antaa mahdollisuuden yhdistää ala-aseman Ethernetiin. Lisäksi GW502-iM-mallissa moduuli vastaa ala-aseman sähkönsyötöstä. GW502-moduuli suorittaa Netcon NFE-tietojenkäsittelyohjelmaa, jonka avulla viestintä eri protokollien välityksellä tapahtuu. Lisäksi tietojenkäsittelyohjelmaa käytetään tietojenkeruuseen ja sen avulla modeemi saadaan tukemaan ylimääräisiä ulkoisia ohjelmia. (Netcontrol 2016)

Yksikön viestintäportit voidaan konfiguroida usealla eri viestintäprotokollalla. Master-tyypin protokollat keräävät dataa ja huolehtivat moduuliin liitettyjen laitteiden järjestelmien aikojen synkronisoinnista. Slave-tyypin protokollat kuvaavat RTU:ta (ala-asemia) tai muita IED-laitteita, jotka on kytketty viestintäväylään. (Netcontrol 2016)

## **4.12 Kuumic Ku40**

Kuumic Ku40:n suunnittelussa on otettu huomioon vanhempien ala-asemien päivittäminen, jotta vanhan ala-aseman korvaaminen Ku40:llä olisi mahdollisimman sujuvaa. Ku40:ssä kaikki ala-aseman vaatimat I/O-liittynät on integroitu samalle piirilevyille ja ne on sijoitettu samalla tavalla kuin Kuumicin aikaisemmassa KU3-mallissa. Tämä tarkoittaa sitä, että päivityksen yhteydessä voidaan käyttää vanhan ala-aseman jo olemassa olevia johtimia, mikä nopeuttaa merkittävästi asennusta. (Kuumic 2015)

### **4.12.1 Ominaisuudet**

Kuumic Ku40-ala-asema on suunniteltu varta vasten erottimien ohjausta varten. Ala-asemalla voidaan toteuttaa 12 releohjausta ja lisäksi yksi sarjaohjaus. 12 releohjausta mahdollistavat kuuden erottimen ohjauksen. Jokaista erotinta kohden on siten varattu kaksi releohjauspaikkaa. Ensimmäisen releohjauksen tehtävä on hoitaa erottimen auki ohjaus ja toisen kiinni ohjaus. Valvomon ja ala-aseman välinen tiedonsiirto voidaan järjestää ala-asemaan integroidun pakettiradion avulla, kiinteällä linjalla tai modeemin kautta luodulla yhteydellä. Valvomosta voidaan lähettää esimerkiksi radioteitse ala-asemalle erottimen numero 1 auki ohjaus-käsky, jolloin ala-asema välittää viestin erot-

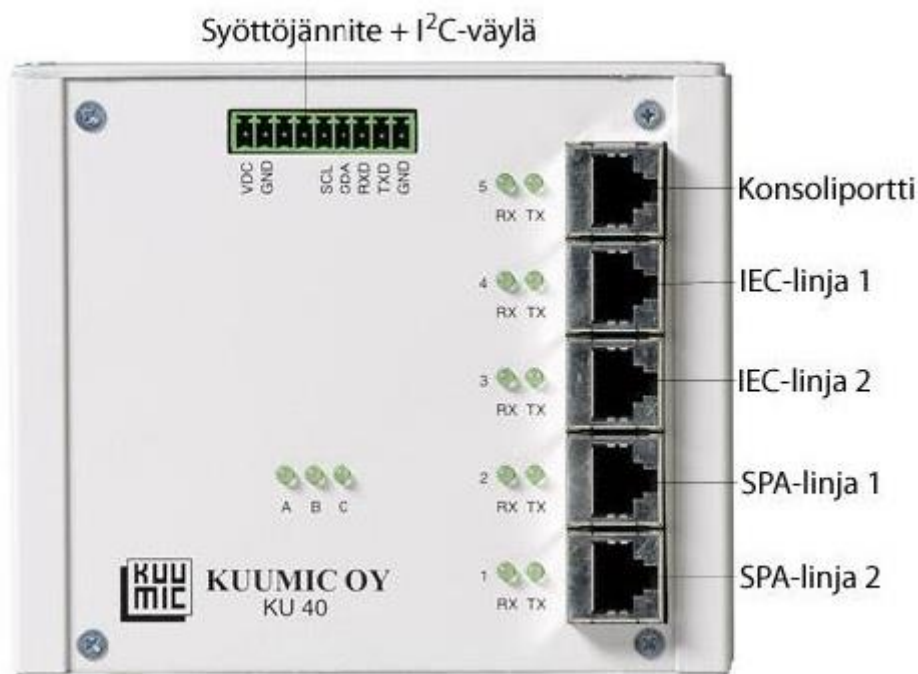


timen ohjausjärjestelmään ja erotin aukeaa. Lisäksi ala-asema voidaan kytkeä SPA-väylään RS232- tai RS485-sarjaliikenneporttien kautta. (Kuumic 2015)

#### 4.12.2 Tekniset tiedot

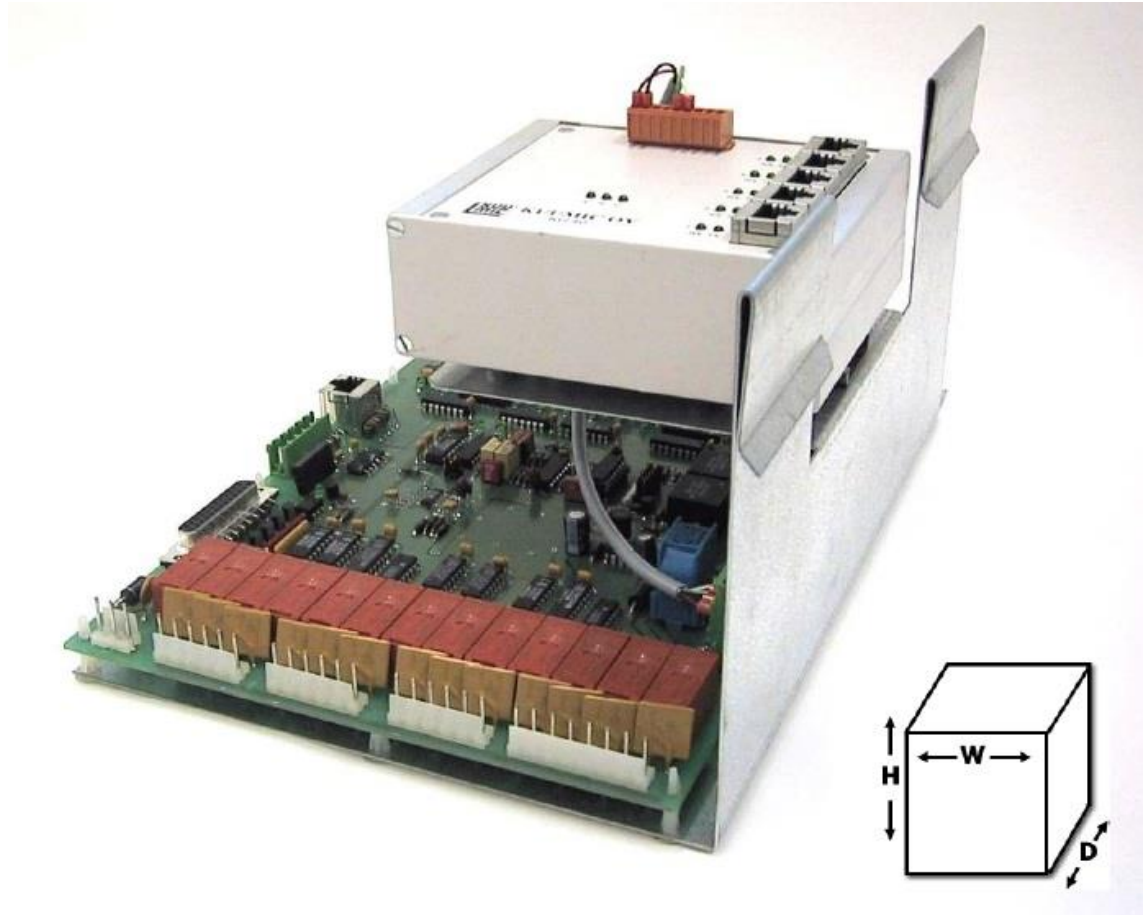
- 4 RS232-sarjaliikenneporttia (valvomoliityntä, konsoli ja SPA-linja)
- 1 RS485-sarjaliikenneportti (SPA-linja )
- Ohjelma ja parametrit ovat muutettavissa konsolilinjan kautta
- I2C-väylä I/O-kortin (KU46) ja keskusyksikön KU40 väliseen kommunikointiin
- 24VDC syöttöjännite
- 32 optoerotettua tilatietoa
- 12 releohjausta + 1 sarjaohjaus
- 2 ulkoista analogiatuloa (10bit)
- 3 sisäistä analogiamittausta; akkujännitteet ja lämpötila
- akkuvaraajan liitäntä
- integroitu modeemi (V.21/V.23 half/full duplex). (Kuumic 2015)

Alapuolella olevassa kuvassa näkyy Kuumic Ku40-ala-asema.



KUVA 7. Ku40-ala-asema (Kuumic 2015)

Kuumic Ku40 ala-asema asennetaan tavallisesti erottimen vieressä olevaan, ala-asemalle varattuun kaappiin. Kaappi suojaa ala-asemaa sään vaikutuksilta ja se voidaan varustaa erillisellä lämmityslaitteistolla, joka suojaa ala-asemaa kovilta pakkasilta. Kaappiin sisälle sijoitetaan erillinen, ala-asemaa varta vasten suunniteltu asennusteline, johon ala-asema kiinnitetään. Alapuolella on esitetty kuva asennustelineestä. (Kuumic 2012)



KUVA 8. Ala-aseman asennusteline (Kuumic 2012)

Teline mahdollistaa ala-asemayksikön tukevan asennuksen sekä helpon pääsyn ala-aseman keskeisiin liitäntöihin. Seuraavassa kappaleessa on käsitelty ala-asemien fyysisen asennuksen jälkeen tehtäviä asetteluja. Näillä asetteluilla määritetään ala-asemalle ne laitteet, joita sen avulla halutaan ohjata.

## 5 KONFIGUROINTI

Konfiguroinnissa ala-asemalle määritetään oikeat asettelut ja parametrit, jotta ala-asema pystyy kommunikoimaan siihen kytkettyjen IED-laitteiden sekä tietojärjestelmien kanssa. Konfiguroinnissa ala-aseman tietoliikenneporttiin kytketään tiedonsiirtokaapelilla tietokone, johon on valmiiksi asennettu konfiguroinnin kohteena olevan ala-aseman valmistajan laatima ohjelma, jolla konfigurointi suoritetaan.

Tämän jälkeen käynnistetään konfigurointiohjelma ja luodaan ala-asemalle oikeanlaiset tapauskohtaiset asettelut. Asetteluiden avulla valitaan esimerkiksi tiedonsiirrossa käytettävät protokollat. Protokollat tulee valita oikein, koska eri IED-laitevalmistajat käyttävät valmistamissaan tuotteissa eri protokollia ja siten laitteet eivät pysty kommunikoimaan keskenään, jos niiden tiedonsiirtoprotokollat eivät kohtaa. Ala-aseman tehtävänä onkin toimia protokollamuuntimena laitteiden välissä ja tulkata eri tiedonsiirtoprotokollaa käyttävien laitteiden keskustelu siten, että laitteet ymmärtävät toisiaan. Nämä protokollat tulee siten myös määritellä ala-asemaan, jotta se tietää, mille tiedonsiirtoprotokollalle sen halutaan tulkaavan tietoliikennettä.

Protokollien lisäksi konfiguroinnissa määritellään ala-asemaan kytkettyjen laitteiden kuten katkaisijoiden ja erottimien ohjaukset, tilatiedot sekä suojarleiden mittaustiedot. Näille kaikille tulee määritellä omat IP- ja I/O-osoitteensa, jotta ala-asema pystyy ohjaamaan haluttua erotinta tai kysymään halutun mittaustiedon. Kun nämä asettelut on tehty oikein, lähettää ala-asema erottimien ja katkaisijoiden tilatiedot valvomoon, josta niitä voidaan tarkastella graafiselta käyttöliittymältä. Lisäksi sähköasemalla tehtyjen mittausten mittaustiedot päivittyvät ala-aseman kautta valvomoon. Tietoliikenne toimii myös toisinpäin ja valvomosta käsin voidaan lähettää esimerkiksi erottimen nro 1, aukiohjaus-käskey sähköaseman ala-asemalle, joka välittää käskyn kyseiselle erottimelle. Kun erotin on avattu, muuttuu erottimen tilatieto, jolloin se lähettää sen ala-asemalle, joka edelleen lähettää tiedon muuttuneesta tilasta valvomoon.

Konfiguroinnin avulla voidaan säätää IED-laitteiden välisen tietoliikenteen määrää. IED-laitteet voivat lähettää tilatietoja väylään koko ajan, jolloin puhutaan spontaanista järjestelmästä. Toinen vaihtoehto on tehdä niin sanottu pollaava järjestelmä, jolloin IED-laitteet eivät lähetä tilatietoja ennen kuin ala-asema kysyy niitä.

Konfiguroinnin yhteydessä voidaan määritellä ala-asema luomaan raportteja esimerkiksi tilatiedoista tai mittaustiedoista. Raporttien avulla voidaan seurata tila- ja mittaustietoja pidemmällä aikavälillä. Raportteja tutkimalla voidaan esimerkiksi mahdollisessa vikatilanteessa rajata vikapaikkaa pienemmäksi, jos raporteista näkyy vikaa edeltäviä poikkeuksellisia mittaustietoja tietyllä alueella.

Jotta konfiguroinnit on varmasti tehty oikein, on monessa konfigurointiohjelmassa tätä varten tehty ominaisuus, jolla asettelut voidaan testata. Testauksen yhteydessä ohjelma antaa varoituksen mikäli, jokin asettelu on väärin. Ohjelmasta riippuen ohjelma saattaa ilmoittaa tarkasti mistä asetuksesta on kyse, jolloin ongelman korjaaminen on helpompaa.

## 6 POHDINTA

Työssä laadittiin yksityiskohtaiset konfigurointiohjeet kahdelle ala-asemalle. Lisäksi työn yhteydessä perehdyttiin ala-asemien toimintaan sähköverkossa ja osana sähköjakelujärjestelmää.

Yleisen osion tarkoituksena oli esitellä sähköasemalla olevan ala-aseman toimintaa ja tarkoitusta nykyaikaisessa sähköjakelujärjestelmässä. Jotta järjestelmän toimintaa ymmärtäisi paremmin, on opinnäytetyön alussa selitetty sähköjakelujärjestelmän rakennetta ja sen eri tietojärjestelmien toimintaa. Kyseiset järjestelmät on esitelty siten, että lukija saisi mahdollisimman kokonaisvaltaisen ja selkeän kuvan sähköjakelun tiedonsiirtojärjestelmästä ja ala-aseman toiminnasta osana järjestelmää. Myös ala-asemien ja eri järjestelmien välistä tiedonsiirtoa sekä tiedonsiirrossa käytettäviä yleisimpiä tiedonsiirtoprotokollia on esitelty työssä. Esittelyssä on niin ikään pyritty selittämään asia mahdollisimman selkeästi, jotta asiaan aikaisemmin perehtymätönkin henkilö ymmärtäisi asiat ja työstä olisi hänelle mahdollisimman paljon hyötyä.

Yleisen osion lopussa on kerrottu ala-asemien konfiguroinnista varsin pinnallisesti, menemättä tarkempiin yksityiskohtiin. Konfigurointi osiossa on selitetty konfiguroinnin tarkoitus ja keskeiset toiminnot joita konfiguroinnin aikana ala-asemalle määritellään. Salassapito sopimuksen vuoksi tämän tarkempia yksityiskohtia ei saanut sisällyttää opinnäytetyöhön.

Yleisen osion liitteiksi työhön tehtiin konfigurointiohjeet Netcontrol GW502- ja Kuumic Ku40-ala-asemille. Kyseisissä ohjeissa on varsin yksityiskohtaisesti selitetty kyseisten ala-asemien konfigurointi sekä konfiguroinnin aikana ala-asemille tehtävät määritellyt. Ohjeet on tarkoitettu ainoastaan Sähkölandia Oy:n käyttöön.

Työ oli varsin mielenkiintoinen projekti, koska ala-asemia oli käsitelty koulutukseni aikana varsin vähän ja perehtymällä niiden toimintaan tarkemmin sain paljon lisää hyödyllistä tietoa sähköjakelujärjestelmän käytännön toiminnasta. Koska uutta asiaa ja uusia käsitteitä tuli työn aikana vastaan varsin runsaasti, kului aikaa melko paljon erilaisten käsitteiden selvittämiseen ja niiden toimintaan perehtymiseen. Esimerkkinä tällaisista käyvät tiedonsiirtoprotokollat, jotka aihepiirinsä puolesta painottuvat enemmän tietotekniikan puolelle. Erilaisiin käsitteisiin perehtyminen oli kuitenkin varsin antoisa

kokemus, koska niiden avulla ala-asemien ja koko sähkönjakelujärjestelmän toiminnasta sai hyvän kokonaiskuvan.

## LÄHTEET

ABB TTT-käsikirja. 2000-07. Sähkönjakeluverkon automaatio. [www-dokumentti]. Luettu 1.4.2016.

[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15\\_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/15_S%84hk%94njakeluverkon%20automaatio.pdf)

Ainaiisoja, J. 2010. RTU 560 IEC 61850-protokollalla. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Forsström, S. 2007. Sähköverkkojen tietojärjestelmien kehittäminen. Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Diplomityö

Gordon, C, Reynders, D, Wright, E. 2004. Practical modern SCADA protocols: DNP3, 60870.5 and related systems Newnes

Häsä, S. 2009. Generaattorisuojauksen uusinta. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Diplomityö

Hjelm, T. 2005. Lähiverkko suunnitelma Tampereen Vanhuspalveluyhdistys ry:lle. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lantech. 2014. Power substation. [www-sivu]. Luettu 10.4.2016  
<http://www.lantech.com.tw/global/eng/solutions-power-substation.html>

Jantunen, M. 2003. Käytönvalvontajärjestelmä SCADA; Ominaisuudet ja käyttö. Sähkötekniikan osasto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Seminaarityö

Korpinen, L. Sähköverkon automaatio ja suojaus. 1998. [www-dokumentti]. Luettu 1.4.2016.

[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/5sahkoverkon\\_automaatio\\_ja\\_suojaus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automaatio_ja_suojaus.pdf)

Kuhmonen, V. 2014. Älykkään sähköverkon ratkaisut pienjänniteverkossa. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Kuumic. Ku40 IEC 870-5-101 erotinala-asema. 2015. [Pdf-tiedosto]. [Kuumic on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 15.4.2016.

Kuumic. RKU4 IEC 870-5-101 substation technical manual. 2012. [Pdf-tiedosto]. [Kuumic on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä] Luettu 15.4.2016.

Kuumic. RKU4 tekninen manuaali. 2012. [Pdf-tiedosto]. [Kuumic on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 15.4.2016.

Laasonen, M, Saarinen, K, Sederlund, J, Sulamaa, P, Uusitalo, J, Uusitalo, M, Yli-Salomäki, P. 2011. Kantaverkon käsikirja. Helsinki: Fingrid Oyj.

Lakervi, E & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto

Miettinen, J. 2011. Sähköverkkojen käytöntuki- ja käyttövalvontajärjestelmien käyttöönotto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö

Modbus Organization. Modbus FAQ. [www-dokumentti]. Luettu 15.4.2016.  
<http://www.modbus.org/faq.php>

Netcontrol, Netcon Configuration Utility user manual. 2015. [Pdf-tiedosto]. [Netcon on määritellyt tiedoston salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 21.4.2016.

Netcontrol, Netcon GW502 and GW502-iM user manual. 2015. [Pdf-tiedosto]. [Netcon on määritellyt tiedoston salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 21.4.2016.

Netcontrol, IEC 61850 Client Configuration. 2016. [kirjallinen opas]. [Netcon on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 21.4.2016.

Netcontrol, About IEC 61850. 2016. [kirjallinen opas]. [Netcon on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 21.4.2016.

Netcontrol, IEC 61850 Client Congiguration. 2016. [kirjallinen opas]. [Netcon on määritellyt dokumentin salaiseksi materiaaliksi, eikä se ole saatavissa Internetistä]. Luettu 21.4.2016.

Ojala, J. 2014. Älykkään sähköverkon ala-asemien liittäminen Microscada-käytönvalvontajärjestelmään. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu.

Sivonen, J. 2016. Jakelumuuntamoiden kauko-ohjauksen ja –valvonnan kehitysnäkymät. Sähkövoimatekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Tamsi, T. 2010. Verkkokatkaisija-aseman liittäminen MicroSCADA- käytönvalvontajärjestelmään. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Vaara, J. 2011. Muuntamoliitynnän toteutus kaivoksen sähköverkon valvontajärjestelmään. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Vainikainen, M. 2013. Sähköverkon suojausviestintä. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Virtanen, R. 2013. Sähköasemien tiedonsiirron kehittäminen Helen Sähköverkko Oy:ssä. Automaatioteknologia. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö



## **LIITTEET**

Liite 1. Netcon GW502 konfigurointi (24 sivua, poistettu salassapitosopimuksen vuoksi)

Liite 2. Kuumic KU 40 konfigurointi (11 sivua, poistettu salassapitosopimuksen vuoksi)