



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Viinamäki

---

## **IoT-anturien asentaminen 110 kV:n kentän laitteille**

Opinnäytetyö

Kevät 2025

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Teemu Viinamäki

Työn nimi alaotsikoineen: IoT-anturien asentaminen 110 kV:n kentän laitteille.

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Enersense Oyj. Kantaverkkoyhtiö Fingrid oli päättänyt, että sähköasemille asennetaan lonSign-yhtiö IoT-kunnonvalvontajärjestelmä. IoT-järjestelmä mittaa eri suureita erottimien, katkaisijoiden ja jakokaappien sisältä. Tämän työn tavoitteena oli tehdä asennusohjeet erottimiin, katkaisijoihin ja jakokaappeihin asennettaville IoT-laitteille.

Teoriaosassa käytiin ensiksi yleisesti läpi teollista internetiä. Toisena esiteltiin Suomen sähköverkkoa ja sähköaseman laitteita. Viimeisenä esiteltiin lonSign IoT-kunnonvalvontajärjestelmän IoT-päätelaitteet ja sen anturit. Työ aloitettiin asentamalla IoT-laitteita Fingridin sähköasemalle ja keräämällä tietoa niiden asentamisesta, jonka jälkeen voitiin kirjoittaa asennusohje niiden asentamiselle.

Työn tuloksena saatiin asennusohje, jota voidaan käyttää IoT-kunnonvalvonta järjestelmän asentamiseen sähköasemilla. Asennusohjeeseen voidaan jatkossa lisätä uusia malleja asennuksista.

<sup>1</sup> Asiasanat: esineiden internet, sähköasemat, sähkötekniikka, kunnonvalvonta, kytkinlaitteet

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Bachelor of Engineering, Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Teemu Viinamäki

Title of thesis: Installation of IoT-sensor on 110 kV devices

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year:2025

Number of pages:38

---

The thesis was made for a company called Enersense Oyj. An electric grid operator, Fingrid, has agreed that every electrical substation has IonSign IoT-maintenance monitoring system installed. The IoT system monitors many different variables from disconnectors, circuit breakers and distribution cabinets. The purpose of the thesis was to make installation guides for those devices.

The theory part of the thesis focused on the industrial internet in general. Then the Finnish electrical grid and the equipment at the substation were studied. After that the IonSign IoT-maintenance monitoring system and its devices and sensors were introduced. The practical work was started by installing the IoT devices to the substation equipment and gathering information about the installation. Finally, the installation guides for the devices were written.

As the result of the thesis there is an installation guide for the IoT-maintenance monitoring system. It explains how to install the IoT devices to the disconnectors, circuit breakers and distribution cabinets.

<sup>1</sup> Keywords: internet of things, electric substations, electrical engineering, condition monitoring, switching devices

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne .....	7
1.4 Yritysesittely .....	7
2 TEOLLINEN INTERNET.....	9
2.1 Teollinen internet.....	9
2.2 Esineiden internet.....	10
2.3 Tietoturva .....	12
3 SÄHKÖASEMAN LAITTEET .....	13
3.1 Suomen sähköverkko.....	13
3.2 Katkaisija.....	15
3.3 Erotin.....	16
3.4 110 kV:n Virta- ja Jännitemuuntaja.....	17
4 IONSIGN-LAITTEISTO.....	19
4.1 Yleistä .....	19
4.2 IoT-päätelaite .....	19
4.2.1 IoT1 erottimelle .....	20
4.2.2 IoT2 katkaisijalle .....	21
4.2.3 IoT3 katkaisijalle ja virtamuuntajalle.....	22
4.3 IoT-laitteen LED-valot.....	23
4.4 Lämpötila- ja kosteusanturi .....	24
4.5 Pietzo-anturi .....	24

4.6	Hall-anturi.....	25
4.7	Ilmamikrofoni.....	26
4.8	AC-rengasvirtamuuntaja.....	26
4.9	WLAN-Verkko.....	27
5	NYKYTILAN KARTOITUS .....	29
5.1	Nykytila.....	29
5.2	Hyvän asennusoppaan ominaispiirteet.....	29
6	IoT-LAITTEISTON ASENTAMINEN JA ASENNUSOHJEEN TEKEMINEN .....	30
6.1	Aloituspalaveri .....	30
6.2	Työt sähköasemalla .....	30
6.2.1	Yleistä asennuksesta .....	30
6.2.2	IoT1-päätelaitteen asentaminen erottimeen.....	31
6.2.3	IoT2-päätelaitteen asentaminen katkaisijaan .....	32
6.2.4	IoT3-päätelaitteen asentaminen jakokaappiin.....	33
6.2.5	4G-verkko .....	33
6.3	Asennusoppaan tekeminen .....	34
6.4	Testaus ja lisäykset.....	35
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	36
	LÄHTEET .....	37

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Suomen sähkösiirtoverkko 2025 (Fingrid, 2025a).....	14
Kuva 2. SF6-katkaisija .....	15
Kuva 3. 110 kV:n kiertoerotin ja maadoituskytkin .....	17
Kuva 4. Virtamuuntaja ja 110/33 kV:n muuntaja .....	18
Kuva 5. IoT1-päätelaite erottimen ohjainkotelossa .....	20
Kuva 6. IoT2-päätelaite katkaisijalle .....	22
Kuva 7. IoT3-päätelaite katkaisijalle ja virtamuuntajalle.....	23
Kuva 8. Lämpötila- ja kosteusanturi.....	24
Kuva 9. Pietzo-anturi moottorin kyljessä.....	25
Kuva 10. Hall-anturi mittaa virtaa.....	25
Kuva 11. Ilmamikrofoni (ympyröity) ja Hall-anturi.....	26
Kuva 12. AC-rengasvirtamuuntaja .....	27
Kuva 13. IoT-järjestelmän tietoliikenneverkko (Fingrid. 2018) .....	27
Kuva 14. PowerPointilla tehdyn ohjeen yksi dia.....	34

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>AC</b>	Vaihtosähkö
<b>DC</b>	Tasasähkö
<b>din-kisko</b>	Sähkökeskuksissa ja muissa asennuskoteloissa käytetty standardoitu kisko.
<b>ID</b>	Identification number eli tunnusnumero
<b>IIoT</b>	Industrial Internet of things eli teollinen esineiden internet
<b>IoT</b>	Internet of things eli esineiden internet
<b>json</b>	JavaScript Object Notation. Avoimen standardin tiedostomuoto tallentamiseen ja tiedonvälitykseen
<b>KeVi</b>	Keltavihreä johto tai riviliitin
<b>Nfc</b>	Near-field communication eli RFID-tekniikkaa hyödyntävä tekniikka laitteiden väliseen tiedonsiirtoon
<b>Rfid</b>	Radio frequency identification eli radiotaajuinen etätunnistus
<b>SF6</b>	Rikkiheksafluoridi
<b>wav</b>	Tiedostomuoto äänen tallentamiseen
<b>WLAN</b>	Wireless local area network eli langaton lähiverkko

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Kantaverkkoyhtiö Fingrid on päättänyt, että jokaiselle Fingridin sähköasemalle asennetaan IonSign-yhtiön IoT-kunnonvalvontajärjestelmän. IoT-järjestelmä mittaa eri suureita erottimien, katkaisijoiden ja jakokaappien sisältä. Enersense asentaa IoT-laitteet Etelä- ja Keski-Pohjanmaan alueella. IoT-laitteille oli vanhentuneet asennusohjeet ja vain muutama henkilö oli koulutettu asentamaan niitä, joten haluttiin tehdä uusi asennusohje. Uusi asennusohje ottaa huomioon asiat ja puutteet, joita kentällä on tullut vastaan. Tarkoituksena on, että ohjetta voidaan käyttää yhtiössä laajasti.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on tehdä asennusohjeet IoT-laitteille erottimienohjaimille, katkaisijoille ja jakokaappeihin. Uuden asennusohjeen avulla laitteiden asennus onnistuu nopeammin ja kaikista asennuksista tulee yhdenmukaisia.

## 1.3 Työn rakenne

Luvussa 2 on teoriaosa, jossa kerrotaan ensiksi yleisesti teollisesta internetistä, seuraavaksi yleisesti Suomen sähköverkosta ja sähköaseman laitteista. Viimeisenä esitellään IonSign-yhtiön IoT-kunnonvalvontajärjestelmän IoT1-, IoT2- ja IoT3-päätelaitteet ja niihin liitettävät anturit. Seuraavaksi käsitellään asennusten nykytilaa ja mitkä ovat hyvän ohjeen ominaisuuksia. Sitten on IoT-laitteiston asentaminen, asennusohjeen tekeminen ja yhteen-veto.

## 1.4 Yritysesittely

Enersense International Oyj on Porissa vuonna 2005 perustettu energia-alan yhtiö (Enersense, 2025). Enersensen liiketoiminta on jaettu kolmeen alueeseen: Power, Connectivity ja Industry. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2023 363 miljoonaa euroa. Henkilöstön määrä on noin 2000. Yhtiö toimii Suomessa ja kansainvälisesti. Päätoimialoja ovat energia,

teollisuus, rakentaminen ja tietoliikenne. Pääkonttori sijaitsee Porissa, muita toimipisteitä on Harjavallassa, Seinäjoella, Hämeenlinnassa, Helsingissä, Oulussa ja Lappeenrannassa.

## 2 TEOLLINEN INTERNET

### 2.1 Teollinen internet

Teollisella internetillä (Industrial Internet) tarkoitetaan Internet of Things (IoT) -teknikkaa eli esineiden internetiä (Tikka, 2015). Teollisuudessa käytetään termiä industrial internet of things (IIoT). Teollisella internetillä tarkoitetaan sitä, että teollisuuden laitteet, koneet, prosessit ja käyttäjät ovat internetin välityksellä yhteydessä toisiinsa.

Teollisen internetin soveltamisessa vain mielikuvitus on rajana. Soveltamisalueita syntyy koko ajan lisää (Collin & Saarelainen, 2016, s. 61–62). Yleisimpiä soveltamisalueita ovat etävalvonta, ennakoivan huollon tarpeen määrittäminen, pilvipalveluliiketoiminnan syntyminen ja tehtaiden älykkäiden tuotantomenetelmien luominen.

Etävalvonnalla tarkoitetaan toimintaa, jossa erilaisten koneiden ja laitteiden antureiden ja sensoreiden keräämä tieto lähetetään reaaliaikaisesti internetin pilvipalveluun (Collin & Saarelainen, 2016, s. 63–64). Kerättyä tietoa voidaan analysoida reaaliaikaisesti. Tietojen perusteella voidaan muuttaa laitteiden toimintaa ja päivittää ohjelmistoa etänä.

Ennakoivan huollon tarpeen määrittämiseen käytetään antureiden ja sensoreiden pilvipalveluun lähettämiä tietoja (Collin & Saarelainen, 2016, s. 73–74). Tietojen avulla voidaan arvioida koneiden ja laitteiden kuntoa. Näin voidaan etukäteen suunnitella huollon tarvetta ja arvioida sopiva huoltoajankohta.

Pilvipalveluun reaaliajassa tallentuva tieto ja etänä tehtävä analytiikka johtaa siihen, että tuotetta aletaan myymään palveluna (product-as-a-service) (Collin & Saarelainen, 2016, s. 81–83). Palvelumalli helpottaa tuotekehitystä ja laadunvalvontaa. Dokumentaatio on myös helposti saatavilla.

Tehtaiden tuotantolinjoille asennettujen sensoreiden ja antureiden tietojen avulla järjestelmä voi itsenäisesti ohjata toimintaa ja säätää tuotantoa (Collin & Saarelainen, 2016, s. 86–88). Järjestelmä voi mahdollisesti myös itsenäisesti tilata puuttuvia raaka-aineita.

Teollista internetiä käytetään monilla aloilla (Collin & Saarelainen, 2016, s. 91–92). Suurin osa löytyy valmistavassa teollisuudessa, mutta teollista internetiä käytetään muuallakin. Sitä käytetään esimerkiksi maataloudessa, terveydenhuollossa, energian tuotannossa ja siirrossa, raaka-aineiden tuotannossa ja logistiikassa. Teollinen internet ei ole pelkästään valmistavan teollisuuden tekniikka.

## 2.2 Esineiden internet

Esineiden internetillä (IoT, Internet of Things) tarkoitetaan internetiin yhteydessä olevaa infrastruktuuria ja fyysisiä laitteita (Tikka, 2015). IoT-laitteet osaavat tunnistaa itsensä muiden laitteiden kanssa ja pystyvät lähettämään ja vastaanottamaan tietoa. Tavallisista IoT-laitteista esimerkkinä on kahvinkeitin, joka menee automaattisesti päälle, kun herätyskello soi, tai valot, jotka syttyvät automaattisesti, kun kellosi huomaa, että olet herännyt.

IoT-laitteiden yleisimpiä piirteitä ovat (Collin & Saarelainen, 2016, s. 147–149):

- **Plug & Play:** IoT-laitteet on ohjelmoitu lähettämään tietoa pilvipalveluun heti kun ne on kytketty kiinni internetiin. Asentajan ei tarvitse kuin asentaa järjestelmä, sen jälkeen kyseiseen pilvipalveluun käyttöoikeudet omaava voi aloittaa kerätyn tiedon käytön.
- **Tiedon analysointi:** Saaduista tiedoista voidaan monilla eri työkaluilla saada informaatiota, jolla voidaan arvioida koneiden kuntoa. Tiedoilla voidaan ennustaa koneiden suorituskyvyn jatkuvuutta.
- **Automaattiset toiminnot:** IoT-laitteisto voi itsenäisesti säädellä toimintaa saadun tiedon ja käyttäjän antaman muutoksen perusteella.

IoT:n yleisimpiä tiedonsiirto tapoja ja alueita ovat (Collin & Saarelainen, 2016, s. 165–166):

- **Personal Area Network/Wireless PAN (PAN/WPAN):** Henkilökohtainen verkko on melkein aina langaton verkko, jossa päätelaitteena on lähes aina älypuhelin. Kantama on noin 100 m ja siirtonopeus on noin 1 mb/s. Tiedonsiirrot tekniikkana on yleensä Bluetooth tai vanhempia tekniikoita Rfid ja Nfc.

- **Local Area Network/Wireless LAN (LAN/WLAN):** Kaikkien tuntema lähiverkko, joka voi olla langallinen tai langaton. Kantama on langattomana enintään 100 m ja langallisesti satoja metrejä. Siirtonopeus on jopa kymmeniä megabittejä sekunnissa. Tiedonsiirtotekniikkana on Ethernet ja WiFi.
- **Wide Area Network/Wireless WAN (WAN/WWAN):** Useiden eri lähiverkkojen kattava tietoverkko. Siirtonopeus on jopa satoja megabittejä sekunnissa. Tiedonsiirtotekniikkana on kiinteän verkon internet, 2-,3-,4- ja 5G.

Hyvän IoT-alustan ominaisuuksia ovat (Collin & Saarelainen, 2016, s. 230–233):

- **Yhteensopivuus:** IoT-järjestelmän, antureiden ja sensoreiden on hyvä olla yhteensopivia keskenään, että tiedon välittäminen laitteiden välillä on mahdollisimman yksinkertaista ja tieto välittyy oikein. Yhteensopivien laitteiden välille ei tarvitse asentaa järjestelmään ylimääräisiä ohjelmia muuttamaan tietoa luettavaan muotoon.
- **Laitehallinta:** IoT-järjestelmä valvoo, että päätelaite, anturit ja sensorit toimivat oikein. Laitteiden tilatiedot lähetetään reaaliajassa huoltopalvelun käyttöliittymään.
- **Tietokanta:** IoT-järjestelmän on voitava hallita suurta määrää tietoa ilman, että se jumittuu. Tietoa on pystyttävä analysoimaan välittömästi. Kerätty tieto ei voi olla epätarkkaa ja tulkinnanvaraista. Yleensä tietojen tallennuspaikkana on pilvipalvelu.
- **Prosessin hallinta:** Tietojen perusteella laitteisto ilmoittaa asetetun arvon poikkeamasta ja muuttaa toimintaa niin, että ongelma katoaa eli korjaa toimintaansa.
- **Analytiikka:** Järjestelmän on kyettävä analysoimaan monia erityyppisiä tietoja. Analysointityökalujen on kyettävä analysoimaan tietoja jatkuvasti ja monilla eri algoritmeilla.
- **Tiedon visualisointi:** Järjestelmän on näytettävä tieto sellaisella tavalla, että kuka tahansa asiaan perehtynyt käyttäjä voi sen ymmärtää.
- **Raportointityökalut:** Järjestelmän raportointityökalujen on oltava sellaisia, että niillä voi helposti tehdä raportteja ja yhteenvetoja kerätyistä tiedoista. Käyttöliittymän on oltava helppolukuinen ja helppokäyttöinen.

- **Ulkoiset rajapinnat:** Järjestelmän on oltava helposti yhteensovitettavissa olemassa olevaan ekosysteemiin, ettei tarvita monen kuukauden työtä laitteiden yhteensovittamiseen nykyiseen järjestelmään.

### 2.3 Tietoturva

Suurin huolen aihe teollisessa internetissä on tietoturva (Collin & Saarelainen, 2016, s. 242–245). Yleisiä harhaluuloja on, että järjestelmä on turvallinen silloin kun sitä ei ole kytketty internetiin, palomuri suojaa kaikilta uhilta, verkkohyökkääjät eivät ymmärrä teollista ympäristöä tai ei uskota, että oma yritys voisi olla tietomurron kohde. Tietoturvan kannalta on hyvä välttää useita eri tason verkkoja ja on tehtävä yhdenmukainen verkko eli ei käytetä uusia ja vanhoja verkkotekniikoita sekaisin (Collin & Saarelainen, 2016, s. 245–247). Jos uudistetaan tietoverkko, se uudistetaan kokonaisuudessaan. On syytä miettiä, onko kaksisuuntainen verkkoyhteys tarpeen. On huolehdittava, että vain välttämättömät verkkoportit ovat auki verkkoliikennettä varten.

## 3 SÄHKÖASEMAN LAITTEET

### 3.1 Suomen sähköverkko

Suomen sähköverkko muodostuu voimalaitoksista, Fingridin hallinnoimasta kantaverkosta, alueellisten toimijoiden suurjännitteisistä jakeluverkoista ja keskijännitteisistä jakeluverkoista ja itse sähkön kuluttajista (Fingrid, 2025.). Suomi on osana samaa synkronialuetta Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan kanssa. Viron kanssa on yhteys kahdella tasasähköyhteydellä. Kuvassa 1 on Suomen kartta, johon on piirretty sähkönjakelun runkoverkko.

Kantaverkko muodostuu suurjännitteisestä silmukoidusta runkoverkosta, johon on liitetty suurimmat voimalaitokset ja suuret tehtaot sekä alueelliset jakeluverkot (Fingrid, 2025). Kantaverkon koko on noin 14 500 km voimajohtoa 5400 km 400 kV voimajohtoa ,1000 km 220 kV voimajohtoa ja 7600 km 110 kV voimajohtoa ja yli 120 sähköasemaa.

Pohjoismaalainen sähköjärjestelmä on myös kytketty tasasähköyhteyksillä Keski-Euroopan järjestelmään (Fingrid, 2025). Tasasähköyhteydet kulkevat Etelä-Ruotsista Puolaan, Liettuaan, Saksaan ja Itä-Tanskan kautta Saksaan, Etelä-Norjasta Britanniaan, Alankomaihin, Länsi-Tanskaan ja Saksaan (Svenska Kraftnät, 2025).



Kuva 1. Suomen sähkösiirtoverkko 2025 (Fingrid, 2025a)

### 3.2 Katkaisija

Katkaisijat ovat sähköaseman laitteita, joita käytetään virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen. Niitä käytetään pääsääntöisesti kauko-ohjauksella (Elovaara & Laiho, 2005, s. 245–246). Käsinohjausta käytetään vain huoltotilanteissa tai tilanteissa, jossa katkaisija on saatava auki ja kauko-ohjaus ei toimi. Katkaisija toimii myös automaattisesti releiden avulla. Suojareleet ohjaavat katkaisijan toimintaa. Suojareleet seuraavat verkon tilaa ja vikatilanteessa aukaisevat katkaisijan. Yleisimmät vikatilanteet ovat oikosulku ja maasulku. Suojareleet ohjaavat katkaisijan kiinni pika- tai aika-jälleen-kytkennällä. Katkaisija pysyy kiinni, jos vika on poistunut, muuten katkaisija aukeaa ja vikaa pitää alkaa etsiä ja korjata. Kuvassa 2 on 110 kV SF<sub>6</sub> katkaisija.



Kuva 2. SF<sub>6</sub>-katkaisija

Katkaisijan tehtävä on sammuttaa katkaisijan avaamisesta syntyvä valokaari (Elovaara & Laiho, 2005, s. 250.). Katkaisijoita on monta erityyppistä. Ne jaotellaan valokaaren sammutusmenetelmän ja väliaineen mukaan.

- **Ilmakatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 252.): Väliaineena normaalipaineinen ilma. Nimellisjännite on 500 V. Ei käytössä kantaverkossa.
- **Öljykatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 252–254.): Väliaineena on mineraaliöljy. Käytössä vain erittäin vanhoissa laitoksissa, joissa oikosulkuteho on pieni.

- **Vähäöljykatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 254–255.): Väliaineena on mi-neraaliöljy. Jokaiselle vaiheelle on oma sammutuskammionsa, joissa on öljyä valokaaren sammuttamiseen. Erittäin yleinen katkaisija tyyppi jakeluverkossa. Jännitealue on 7,4–123 kV.
- **Paineilmakatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 255–257.): Väliaineena on paineilma. Ollut pitkään yleinen katkaisijatyyppe vähäöljykatkaisijan rinnalla. Paineilmaa käytetään valokaaren sammuttamiseen ja katkaisijan ohjaami-seen. Jännitealue on jopa 765 kV:iin saakka. Korvattu kaasukatkaisjoilla.
- **SF<sub>6</sub> - tai kaasukatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 259–260.): Väliaineena on SF<sub>6</sub> (Rikkiheksafluoridi) -kaasu tai SF<sub>6</sub> -kaasua, jossa on mukana tyyppiä eli seoskaasua. Yleisin katkaisijatyyppe 20 kV-400 kV:n alueilla.
- **Tyhjiökatkaisija** (Elovaara & Laiho, 2005, s. 260–262.): Väliaineena tyhjiö, joka sammuttaa valokaaren katkaisutilanteessa. Yleisimmin käytössä 20–33 kV:n järjestelmissä.

### 3.3 Erotin

Sähkötarkastuskeskus (1989) on määritellyt *erottimien käyttötilanteita Sähköturvallisuusmääräysten pykälien 15,23 ja 50 mukaisesti, jolloin erottimen tehtävänä on*

- *muodostaa turvallinen avausväli erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen vä-lille,*
- *saada laitoksen osa jännitteettömäksi turvallista työskentelyä varten.*

Edellä mainittujen tehtävien perusteella erottimen avausvälin on oltava luotettava (Elo-vaara & Laiho, 2005, s. 263). Erottimelta edellytetään ensiksikin sitä, että erottimen avaus-välin on oltava näkyvä tai erotin on varustettu luotettavalla asennonosoittimella. Toiseksi erottimen avausvälin jännitteenlujuuden on oltava suurempi kuin ympäröivän eristyksen.

Erotinta ei ole suunniteltu kuormitetun virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen, minkä takia erottimilta ei vaadita virran katkaisu- ja sulkemiskykyä (Elovaara & Laiho, 2005, s. 263–

265). Erottimella voidaan kuitenkin erottaa lyhyt kiskosto, johto tai katkaista muuntajan tyhjäkäyntivirta. Erottimen ohjaustilanteissa on paikalla oltava kytkijä, vaikka erotinta ohjataan etänä.

Eroottimet voivat olla yksi, kaksi tai kolme vaiheisia riippuen asennuspaikasta (Elovaara & Laiho, 2005, s. 265–266). Asennuspaikasta riippuen, on erottimissa maadoittavat erotusveitset joko linjapuolella, kentänpuolella tai molemmilla puolilla. Kuvassa 3 on 110 kV:n kiertoerotin ja maadoituskytkin merkattu keltamustalla.



Kuva 3. 110 kV:n kiertoerotin ja maadoituskytkin

### 3.4 110 kV:n Virta- ja Jännitemuuntaja

Virta- ja jännitemuuntajat ovat virran ja jännitteen mittaukseen tarkoitettuja erikoisrakenteisiä muuntajia (Elovaara & Laiho, 2005, s. 271). Kutsutaan myös nimellä mittamuuntaja. Niiden tehtävänä on eristää mittauspiiri suurjännitteisestä päävirtapiiristä. Mittamuuntajat muuttavat mittauspiirin mitta-alaa samalla mahdollistaen mitta- ja suojalaitteiden standardisoinnin tiettyihin nimellisarvoihin ja suojella mittareita ylikuormitukselta. Muuntajien tehtävänä on myös tehdä mahdolliseksi mittareiden ja releiden sijoitus kauaksi varsinaisesta mittapaikasta. Kuvassa 4 on virtamuuntaja ja 110/33 kV:n muuntaja.



Kuva 4. Virtamuuntaja ja 110/33 kV:n muuntaja

## 4 IONSIGN-LAITTEISTO

### 4.1 Yleistä

Tässä luvussa esiteltävä laitteisto on raumalaisen IonSign Oy:n suunnittelema ja kanta-verkkoyhtiö Fingridin tarpeisiin tehty (Simpanen, 2019, s. 1). Laitteistolla mitataan erilaisia suureita katkaisijoiden, erottimien ja mittamuuntajien toiminnasta: kelojen ja moottorien virtaa, kotelon lämpötilaa ja kosteutta sekä ohjaimen äänimaailmaa yleisesti. Mittausten perusteella arvioidaan kohteen kuntoa ja huoltotarvetta. Laitteistolle tehdään sähköasemalle oma tietoliikenneverkko, jonka välityksellä mittaustiedot siirretään IoT-pilvipalveluun tutkitavaksi.

### 4.2 IoT-päätelaite

IoT-päätelaitteet keräävät erottimiin, katkaisijoihin ja mittamuuntajiin (jakokaappi) asennettavien antureiden mittaamat arvot (Fingrid, 2021b). IoT1 on erottimelle, IoT2 on katkaisijalle ja IoT3 on jakokaapissa katkaisijan ja mittamuuntajien mittaamiseen. Alla on esitelty IoT-laitteisto lyhyesti:

- Ohjainmoottorin virtamittaus erottimella ja viritysmoottorin virtamittaus katkaisijalla (IoT1, IoT2) Hall-anturilla.
- Kelojen virtamittaus (IoT2, IoT3) Hall-anturilla
- Ohjainmoottorin ääntä tai tärinää erottimella ja viritysmoottorin ääntä tai tärinää katkaisijalla (IoT1, IoT2) Pietzo-anturilla.
- Moottorin vaihteiston ääntä tai tärinää (IoT1) Pietzo-anturilla.
- Ohjainkotelon ääntä sisäpuolelta (IoT1, IoT2) ilmamikrofonilla.
- Ohjainkotelon ilmankosteus ja lämpötila (IoT1, IoT2, IoT3) lämpötila- ja kosteusanturi.
- Toisiovirran mittaus (IoT3) AC-rengasvirtamuuntajalla.

Mittauskohteet on valittu vikojen näkökulmasta eli eniten rikkoutuneiden komponenttien mukaan (Simpanen, 2019, s. 4). Oikeista kohteista mittaamalla pystytään kohdentamaan kunnonvalvontaa ja havaitsemaan viat aikaisemmin.

#### 4.2.1 IoT1 erottimelle

IoT1-päätelaite mittaa erottimen toimintaa (Simpanen, 2019, s. 12). IoT-päätelaitteiden käyttöjännite on 230 VAC. Laitteessa on seitsemän kanavaa:

- Neljä äänikanavaa 96 kHz 16-bit. Näillä mitataan ääntä ilmamikrofonilla, moottorin ja vaihteiston pintavärähtelyä Pietzo-anturilla. Yksi kanava on tulevaisuuden tarpeisiin.
- Yksi tulokanava 500 Hz, -20...+20 A, DC. Se mittaa ohjainmoottorin virtaa Hall-anturilla
- Kaksi lähtökanavaa releille.

Kortissa on lisäksi tulokanava kosteus- ja lämpötila-anturille ja erillinen ulkoinen antenniliityntä WLAN-antennille langatonta tiedonsiirtoa varten. Kuvassa 5 on IoT1-päätelaite erottimen ohjainkotelossa.



Kuva 5. IoT1-päätelaite erottimen ohjainkotelossa

#### 4.2.2 IoT2 katkaisijalle

IoT2-päätelaite mittaa katkaisijan toimintaa (Simpanen, 2019, s. 12). IoT-päätelaitteiden käyttöjännite on 230 VAC. Laitteessa on yksitoista kanavaa:

- Kolme äänikanavaa 96 kHz 16-bit. Yksi kanava mittaa ääntä ilmamikrofonilla ja toinen kanava on viritysmoottorin Pietzo-anturille pintavärähtelyn mittaamiseen. Kolmas kanava on MEMS-anturille, joka mittaa iskunvaimentimen kiihtyvyyttä. Se ei ole nykyään käytössä.
- Yksi tulokanava virralle 500 Hz, 0...45 A, DC. Se mittaa viritysmoottorin virtaa Hall-anturilla.
- Kolme tulokanava virralle 12 kHz, 0...10 A, DC. Hall-anturit mittaavat kelojen virtoja auki- ja kiinniohjauksessa. Kaksi Hall-anturia auki ohjauksessa ja yksi Hall-anturi kiinniohjauksessa.
- Kaksi lähtökanavaa releille.
- Kaksi tulokanavaa apukoskettimille. Apukoskettimien tulokanavat kuvaavat katkaisijan apukoskettimia, joista saadaan mitattua katkaisijan toiminta-aika. Toiminta-aika on yleensä noin 25 ms.

Kortissa on lisäksi tulokanava kosteus- ja lämpötila-anturille ja erillinen ulkoinen antenniliityntä WLAN-antennille langatonta tiedonsiirtoa varten. Kuvassa 6 on IoT2-päätelaite katkaisijalle.



Kuva 6. IoT2-päätelaite katkaisijalle

#### 4.2.3 IoT3 katkaisijalle ja virtamuuntajalle

IoT3-päätelaite mittaa kentän jakokaapista kyseisen kentän katkaisijan ja virtamuuntajan toimintaa (Simpanen, 2019, s. 13). Laitteessa on yhdeksän kanavaa:

- Kuusi tulokanavaa virralle 12 kHz, -1...1 A, AC. Ne mittaavat virtamuuntajien toisiovirtoja AC-rengasvirtamuuntajilla.
- Kolme tulokanavaa virralle 12 kHz, 0...10 A, DC. Hall-anturit mittaavat kelojen virtoja auki- ja kiinniohjauksessa. Kaksi Hall-anturia auki ohjauksessa ja yksi Hall-anturi kiinniohjauksessa.

Kortissa on lisäksi tulokanava kosteus- ja lämpötila-anturille ja erillinen ulkoinen antenniliityntä WLAN-antennille langatonta tiedonsiirtoa varten. Kuvassa 7 on IoT3-päätelaite katkaisijalle ja virtamuuntajalle.



Kuva 7. IoT3-päätelaite katkaisijalle ja virtamuuntajalle

### 4.3 IoT-laitteen LED-valot

IoT-päätelaitteissa on useita eri ledivaloja (Fingrid, 2021b, s. 23–24). Alla lyhyet kuvaukset valoista:

- POWER (vihreä). Laitteella on virta.
- STANDBY (vihreä). Mittauspiiri on kunnossa ja toimii normaalisti.
- WLAN (vihreä). Palaa koko ajan: Yhteys kunnossa. Vilkkuu: Laite muodostaa WLAN-yhteyttä.
- SOUNDREC (vihreä). Palaa koko ajan: Tallentaminen on käynnissä ja valmis mittaamiseen.
- TRIGGERED (punainen). Palaa koko ajan: Laite on havahtunut ja tallentaa tapahtumaa. Pois päältä: Tapahtuma on käsitelty ja tieto lähetetty.

- BUFFERED (punainen). Palaa koko ajan: Laitteessa on tallennettua tietoa ja sitä lähetetään. Vilkkuu: Muisti on lopussa eikä laite voi tallentaa uutta tapahtumaa.
- ERROR (punainen). Pois päältä: ei vikaa. Vilkkuu hitaasti: Laitteessa yhteysongelma. Vilkkuu nopeasti: Sensori on viallinen tai sensoria ei löydy.

#### 4.4 Lämpötila- ja kosteusanturi

Lämpötila ja kosteusanturilla mitataan asennuskohteen lämpötilaa ja kosteutta (Fingrid, 2021b, s. 9). Se on asennettava etäällä itse valvontalaitteesta ja muista komponenteista, jotka voivat lämmitä ja vääristää mittaustulosta. Kuvassa 8 on lämpötila- ja kosteusanturi.



Kuva 8. Lämpötila- ja kosteusanturi

#### 4.5 Pietzo-anturi

Pietzo-anturi mittaa katkaisijan tai erottimen moottorin värinää ja erottimen vaihdelaatikon värinää (Fingrid, 2021b, s. 10). Se kiinnitetään moottorin tai vaihdelaatikon kylkeen magneetilla tai liimalla riippuen moottorin tyypistä.

Toiminta perustuu pietsosähköiseen ilmiöön (Simpanen, 2019, s. 9). Pietzo-anturin kiteen ympärille tulevien levyjen mekaaninen värähtely luo sähköisen jännitteen levyjen väliin ja kyseistä sähköistä jännitettä mitataan. Järjestelmä tunnistaa taajuudet laajalla skaalalla.

Katkaisijoissa ja erottimissa Pietzo-anturilla mitataan moottorien ja vaihdelaatikon pintavärähtelyä materiaalin pinnasta. Kuvassa 9 on Pietzo-anturi moottorin kyljessä.

Tiedoilla voidaan ennakoida moottorien tai vaihdelaatikoiden vikoja (Simpanen, 2019, s. 9). Tietojen avulla voidaan löytää sisäisiä vikoja ja mahdollisia ulkoisia vikoja aikaisemmin.



Kuva 9. Pietzo-anturi moottorin kyljessä

#### 4.6 Hall-anturi

Hall-anturi mittaa erottimien ja katkaisijoiden moottorin virtaa ja useiden eri kelojen virtoja (Simpanen, 2019, s. 9–10). Se mittaa esimerkiksi katkaisijan auki ja kiinni -ohjauksen kelojen virtoja. Johdin luo magneettikentän itsensä ympärille ja anturi mittaa magneettikentän tiheyden muutosta. Anturissa on nuoli, joka kuvastaa virran kulkusuuntaa. Se on asennettava oikeinpäin. Kuvassa 10 on Hall-anturi mittaamassa virtaa.



Kuva 10. Hall-anturi mittaa virtaa

## 4.7 Ilmamikrofoni

Ilmamikrofoni asennetaan paikkaan, jossa se pystyy nauhoittamaan katkaisijan tai erottimen kotelon äänimaailmaa ohjauksen aikana (Simpanen, 2019, s. 10).

Mikrofoni on elektreettimikrofoni (Simpanen, 2019, s. 10). Mikrofoni mittaa ilman värähtelyjä. Ilmassa liikkuvan jännitysaallon impulssienergia aiheuttaa värähtelyä anturin kalvolle, joka alkaa myös värähdellä ja muuttaa samalla jännitettä. Mikrofoni käyttää jännitteen vahvistamiseen FET-anturia. Korkein amplitudi on noin 30 kHz. Kuvassa 11 on ilmamikrofoni (ympyröity) ja Hall-anturi.



Kuva 11. Ilmamikrofoni (ympyröity) ja Hall-anturi

## 4.8 AC-rengasvirtamuuntaja

Rengasvirtamuuntajat kiinnitetään virtapiirin jokaiseen vaiheeseen mittaamaan toisiovirtaa (Fingrid, 2021c, s. 16). Saaduilla tiedoilla voidaan mitata tarkka aika, milloin katkaisija on katkaissut virran ensiöpiiristä. Samalla saadaan laskettua tarkka toiminta-aika, jolloin katkaisija on kyennyt katkaisemaan kuorman. Sähkökuvista on varmistettava, että rengasvirtamuuntajat on kytketty oikeisiin vaiheisiin. On myös varmistettava, että

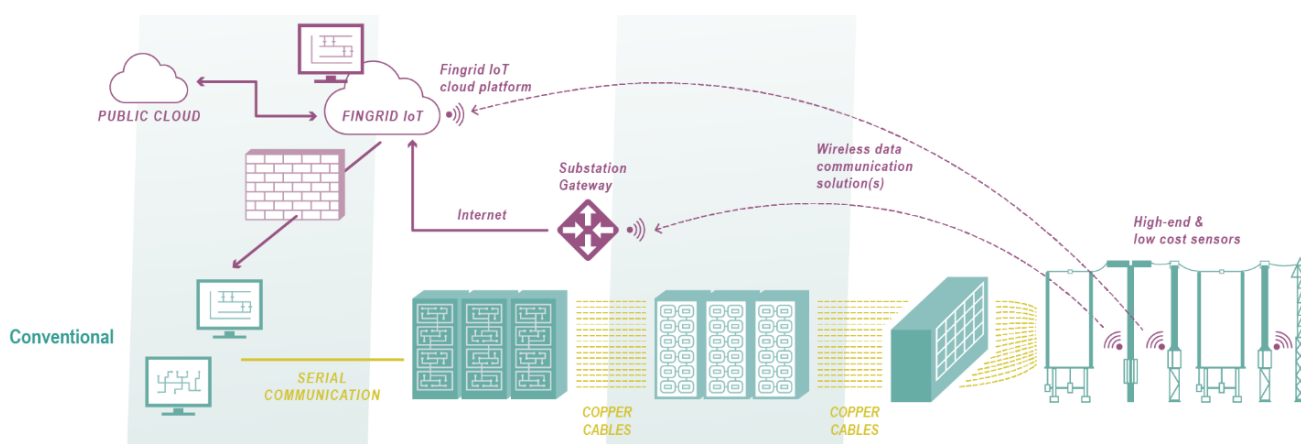
rengasvirtamuuntajissa olevat virran kulkusuuntaa osoittavat nuolet ovat oikeaan suuntaan. Kuvassa 12 on AC-rengasvirtamuuntaja.



Kuva 12. AC-rengasvirtamuuntaja

#### 4.9 WLAN-Verkko

Jokaiseen sähköaseman erottimeen, katkaisijaan ja jakokaappiin asennetaan WLAN-antenni, joka kytketään IOT-valvontalaitteeseen (Fingrid, 2021d). Sähköaseman kenttien määrään mukaan asennetaan yhteen tai useampaan jakokaappiin 4G-reititin. 4G-reititin tarvitsee oman 24 VDC:n virtalähteen ja SIM-kortin internetiin ja pilvipalveluun yhdistämiseen. Kuvassa 13 on IoT-järjestelmän tietoliikenneverkko.



Kuva 13. IoT-järjestelmän tietoliikenneverkko (Fingrid, 2018)

Tiedonsiirtoon sähköasemalla käytetään kentälle rakennettua WLAN-verkkoa verkkoprotokollalla 802.11g 2.4 GHz, joka pystyy 54 Mbps:n nopeuteen (Simpanen, 2019, s. 13–14).

IoT-päätelaitteiden lähettämät tiedostot ovat 3,5–5 MiB kokoisia. Jokaisesta ohjauksesta tulee erottimella neljä tiedostoa, katkaisijalla seitsemän tiedostoa ja katkaisijan ohjauksen yhteydessä jakokaapista kuusi tiedostoa. Mittaustiedot muutetaan IoT-päätelaitteissa ohjelmamuunnoksella wav-tiedostoksi. Pilvipalveluun lähetetään wav-tiedosto ja lähetyksen telemetritiedosto json-formaatissa.

## 5 NYKYTILAN KARTOITUS

### 5.1 Nykytila

Tällä hetkellä muutama henkilö osaa asentaa IoT-laitteiston, mutta ohjeistus on vanhentunut ja eikä ota huomioon kentällä tapahtuvia asennuksien erilaisuuksia. Kentällä joudutaan tekemään tiettyjä asioita eri tavalla kuin vanha ohjeistus kertoo. Asemalla on oltava henkilö, joka on saanut Fingridin järjestämän koulutuksen IoT-anturien asentamiseen.

### 5.2 Hyvän asennusoppaan ominaispiirteet

Hyvän ohjeen on pidettävä yllä kärsimättömänkin lukijan mielenkiinto (Kotimaisten kielten keskus, 2025). Asiat on esitettävä selkeästi ja tarkasti, jotta lukija tietää, miten edetä vaiheesta toiseen. Ennen ohjeen kirjoittamista on selvitettävä laitteen rakenne ja toiminta. On mietittävä, kenelle ja mihin tarkoitukseen ohje laaditaan, sekä kuviteltava tyypillinen käyttötilanne. Tavallisimmat ongelmat on ennakoitava, ja ohje on rakennettava johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. Ohjetta kirjoittaessa on käytettävä mahdollisimman selkeää ja helppoa kieltä, toistoa aina tarpeen mukaan ja samaa nimikettä samasta asiasta. Viestin perillemenon varmistamiseksi ohjeesta on kirjoitettava ensin luonnos ja pyydettyä siitä palautetta. Lopullinen ohje on testattava tositilanteessa.

## **6 IoT-LAITTEISTON ASENTAMINEN JA ASENNUSOHJEEN TEKEMINEN**

### **6.1 Aloituspalaveri**

Tavoitteena on tehdä asennusohjeet IoT-laitteille. Asennusohjeet päätettiin pitää salaisina. Asennusohje pidetään Enersensen sisäisessä käytössä, eikä sitä jaeta ulkopuoliseille. Asemalla tehdyt työt on tehty ennen aloituspalaveriä.

### **6.2 Työt sähköasemalla**

Ennen kuin voi työskennellä Fingridin asemilla, on suoritettava verkkoperehdytykset ja oltava voimassa oleva työturvallisuuskortti, sähkötyöturvallisuuskortti ja ensiapukortti. Lisäksi on oltava perehdytys sähköasemalle, jossa työskentelee.

Asemalla opastettiin, miten IoT-laitteet valitaan jokaiseen kojeeseen. Kentällä opetettiin, miten IoT-laitteet asennetaan jokaiseen erottimeen, katkaisijaan ja jakokaappiin. Opetusten jälkeen aloitettiin IoT-laitteiden asentaminen.

#### **6.2.1 Yleistä asennuksesta**

IoT-laitteiston asentamisessa tulee noudattaa standardisarjan SFS 6000 vaatimuksia. Jokaiselle kojeelle on oma IoT-laite, jolla on oma yksilöllinen ID-numero. Numeroille on oma luettelo, siitä etsitään kojeen numerolla oikea ID. IoT-laitelaatikot on numeroitu kyseisellä ID:llä. Kannattaa tarkistaa, että laatikon ja sisällä oleva IoT-laitteen ID täsmää laatikossa olevan koodin kanssa.

Valvontajärjestelmän toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että laitteiston anturit asennetaan tyyppikohtaisesti samalla tavalla ja samaan kohtaan ohjaimen sisällä, jotta mittauksiloket ovat vertailukelpoisia. Antureiden johtoja ei saa katkaista. Laitteen virtajohdon voi katkaista sopivan pituiseksi.

## 6.2.2 IoT1-päätelaitteen asentaminen erottimeen

Erottimen IoT1-päätelaitteen asentaminen kannattaa aloittaa kääntämällä nokkakytkin kaukotilasta nollatilaan. Asennusta jatketaan poraamalla WLAN-antennille läpivienti ohjainkotelon pohjaan. Poratessa on varottava, ettei terä osu johtoihin tai muihin laitteisiin, sillä tämä voi johtaa erottimen tahattomaan ohjautumiseen ja vaaratilanteeseen. Kaikkiin erottimien ohjainkoteloihin ei tarvitse porata läpivientä, sillä joihinkin on tehty läpivienti tulevaa tarvetta silmällä pitäen. Valmiina olevaan läpivientiin on kuitenkin asennettava sopiva läpivientiholkki. Koska koteloiden pohjat ovat eripaksuisia, tarvitaan läpivientiholkkiin korotepaloja. WLAN-antenni kiinnitetään magneetilla korkealle ja suojaisaan paikkaan, ettei tuuli ja putoava lumi ja jää irrota antennia. Johto viedään läpiviennin kautta ohjainkoteloon odotamaan IoT1-laitetta.

IoT1-päätelaitteeseen kannattaa kiinnittää kaikki anturit ja johdot ennen laitteen kiinnittämistä, sillä tämä helpottaa asentamista. IoT1-päätelaite kiinnitetään tarrakiinnikkeillä sopivaan paikkaan ohjainkotelossa, mutta on varmistettava, että päätelaite on asennettu samalla tavalla saman mallisiin ohjainkoteloihin. Tarrakiinnikkeiden liimapintaan on hyvä laittaa vielä pikaliimaa lujittamaan liitosta. Antennin johto ruuvataan kiinni. Jännitettä ei vielä kytketä.

Virtaa mittaava Hall-anturi viedään kouruja pitkin ja kiinnitetään moottorin virtajohtoon, mieluiten miinuspuolelle. Anturissa on nuoli, joka kuvaa virran kulkusuuntaa. Ilmamikrofoni asennetaan sopivaan paikkaan ohjainkoteloon lähelle moottoria. Tärinää ja värinää mittaava Pietzo-anturin liittimen liimapintoihin lisätään pikaliimaa lujittamaan liitosta. Liitin liimataan moottorin sekä vaihdelaatikon kylkeen. Liitin voi myös olla magneettinen, mutta silloinkin on hyvä laittaa pikaliimaa. Anturi kierretään tämän jälkeen kiinni liittimeen. Anturiin ja johdon päätelaitepuoleiseen päähän on hyvä merkitä, mikä anturi on kyseessä. Vaihdelaatikon anturiin V- tai G- kirjain ja moottorin anturiin M. Lämpötila- ja kosteusanturin tarrakiinnikkeiden liimapintaan lisätään pikaliimaa ja kiinnitetään etäälle itse valvontalaitteesta ja muista komponenteista, jotka voivat lämmetä ja vääristää mittaustulosta.

Viimeisenä kytketään virta IoT1-päätelaitteeseen. Erottimen ohjainkotelon mallin mukaan joistain malleista on irrotettava sivupaneeli riviliittimiin pääsyä varten. Maadoitus asennetaan ensimmäisenä vapaaseen KeVi-riviliittimeen. Virtajohto liitetään vapaaseen

riviliittimeen tai lämmityksen kanssa samaan riviliittimeen. Kun IoT1-laitteen virta on asennettu, laite käynnistyy ja toimii ohjelmointinsa mukaan. Viimeisenä käännetään nokkakyt-kin nolla-asennosta kaukoasentoon. Samanmallisissa erottimen ohjaimissa on aina asennettava IoT1-laite samalla tavalla.

### 6.2.3 IoT2-päätelaitteen asentaminen katkaisijaan

IoT2-päätelaitteen asentaminen suositellaan tehtävän katkon aikana, ettei tule katkaisijan virhelaukaisuja. Erottimen tavoin porataan läpivienti WLAN-antennille varoen osumasta katkaisijan ohjaimen laiteisiin. IoT2-laitteeseen on hyvä kiinnittää erottimen IoT1 asennuksen tavoin anturit ensin, mikä helpottaa itse laitteen asennusta. IoT2-laitteessa on IoT1-laitteen tavoin tarrakiinnitys, joka tulee kiinnittää sopivaan paikkaan katkaisijan ohjaimessa. Virta kytketään viimeisenä. Lämpötila- ja kosteusanturi asennetaan erottimen tavoin etäälle itse valvontalaitteesta ja muista komponenteista.

IoT2-päätelaitteelle pitää ottaa katkaisijan apukoskettimilta auki- ja kiinnitieto toiminta-ajan mittaukseen. Sähköaseman kytkentäkaavioista pitää tarkistaa oikeat riviliitinnumerot, joista tieto saadaan. IoT2-laitteessa on neljä Hall-anturia. Katkaisijan viritysmoottorinvirtaa mittaava Hall-anturi kiinnitetään moottorin virtajohtoon mieluiten miinuspuolelle, ja Hall-anturin nuoli osoittaa virran kulkusuuntaan. Se merkitään M-kirjaimella. Auki-kelan Hall-anturi (trip1) kiinnitetään katkaisijan Y1 virtapiiriin mittaamaan virtaa samaan tapaan kuin moottorin Hall-anturilla. Anturi merkinnällä Trip1. Auki-kelan Hall-anturi (trip2) kiinnitetään katkaisijan Y2 virtapiiriin mittaamaan virtaa. Anturi merkitään merkinnällä Trip2. Kiinni-kelan Hall-anturi (Close) kiinnitetään katkaisijan Y3 virtapiiriin mittaamaan virtaa. Se merkitään merkinnällä C tai Close.

IoT2-päätelaitteen Pietzo-anturin ja ilmamikrofonin asentaminen voi olla hankalaa. IoT1-laitteen tavoin ilmamikrofoni asennetaan lähelle moottoria, mutta katkaisijan mallin mukaan moottorin lähelle asentaminen voi olla vaikeaa. Pietzo-anturi kiinnitetään katkaisijan viritysmoottorin kylkeen samalla tavalla kuin erottimen Pietzo-anturi. Yhdessä katkaisijamallissa ei tarvitse tehdä mitään erityistä, jotta saadakseen ilmamikrofoni ja Pietzo-anturi moottoriin kiinni ja lähelle. Toisessa mallissa pitää avata ohjainkotelon sivupaneeli, että anturin saa asennettua. Kolmannessa mallissa pitää avata ohjainkotelon katto, että

ilmamikrofoni ja Pietzo-anturi saadaan moottoriin kiinni ja lähelle. Tässä mallissa tosin mennään liian lähelle 110 kV:n jännitteisiä osia, että katon avaaminen tarvitsee kytkentäpäätöksen ja kytkennän sähkön katkaisua varten ennen asennusta. Viimeisenä kytketään virta IoT2-päätelaitteeseen. Samanmallisissa katkaisijoissa on aina asennettava IoT2-laite samalla tavalla.

#### **6.2.4 IoT3-päätelaitteen asentaminen jakokaappiin**

IoT3-päätelaite asennetaan jokaiseen kentän jakokaappiin. IoT1- ja IoT2-päätelaitteen tavoin IoT3-päätelaitteelle on porattava läpivienti WLAN-antennille jakokaapin kylkeen. On myös asennettava kulmarauta, johon antenni kiinnitetään. IoT3-laitteeseen on hyvä kytkeä kaikki anturit helpottamaan asennusta. Päätelaite kiinnitetään din-kiskoon. Virtaa ei vielä kytketä. Lämpötila- ja kosteusanturi asennetaan erottimen ja katkaisijan tavoin etäälle itse valvontalaitteesta ja muista komponenteista.

Hall-anturit kiinnitetään katkaisijan tavoin Y1 trip1-, Y2 trip2- ja Y3 Close -virtapiireihin miinuspuolelle ja anturin nuoli kuvaa virran suuntaa. Hall-anturit merkitään samalla tavalla kuin katkaisijassa. IoT3-laitteeseen kytketään kuusi AC-rengasvirtamuuntajaa virtamuuntajan toisipuolelle. Rengasvirtamuuntajat kiinnitetään kuhunkin vaiheeseen mittaamaan toisiovirtaa. Jokaiseen tulee kaksi virtamuuntajaa. On varmistettava kuvista, että virtamuuntajat on kytketty oikeisiin vaiheisiin. Muuntajissa olevista nuolista voi varmistaa virran kulkusuunnan.

Viimeisenä kytketään virta IoT3-päätelaitteeseen samalla tavalla kuin erottimessa ja katkaisijassa. Saman mallisissa jakokaapeissa on aina asennettava IoT3-laite samalla tavalla.

#### **6.2.5 4G-verkko**

IoT-laitteisto tarvitsee toimiakseen asemalle 4G- tai 5G -verkon. Yhteen tai useampaan jakokaappiin asennetaan myös 4G-reititin. 4G-reitittimelle on porattava läpivienti jakokaapin kylkeen johtoa varten ja asennettava läpivientiholkki. On myös asennettava kulmarauta,

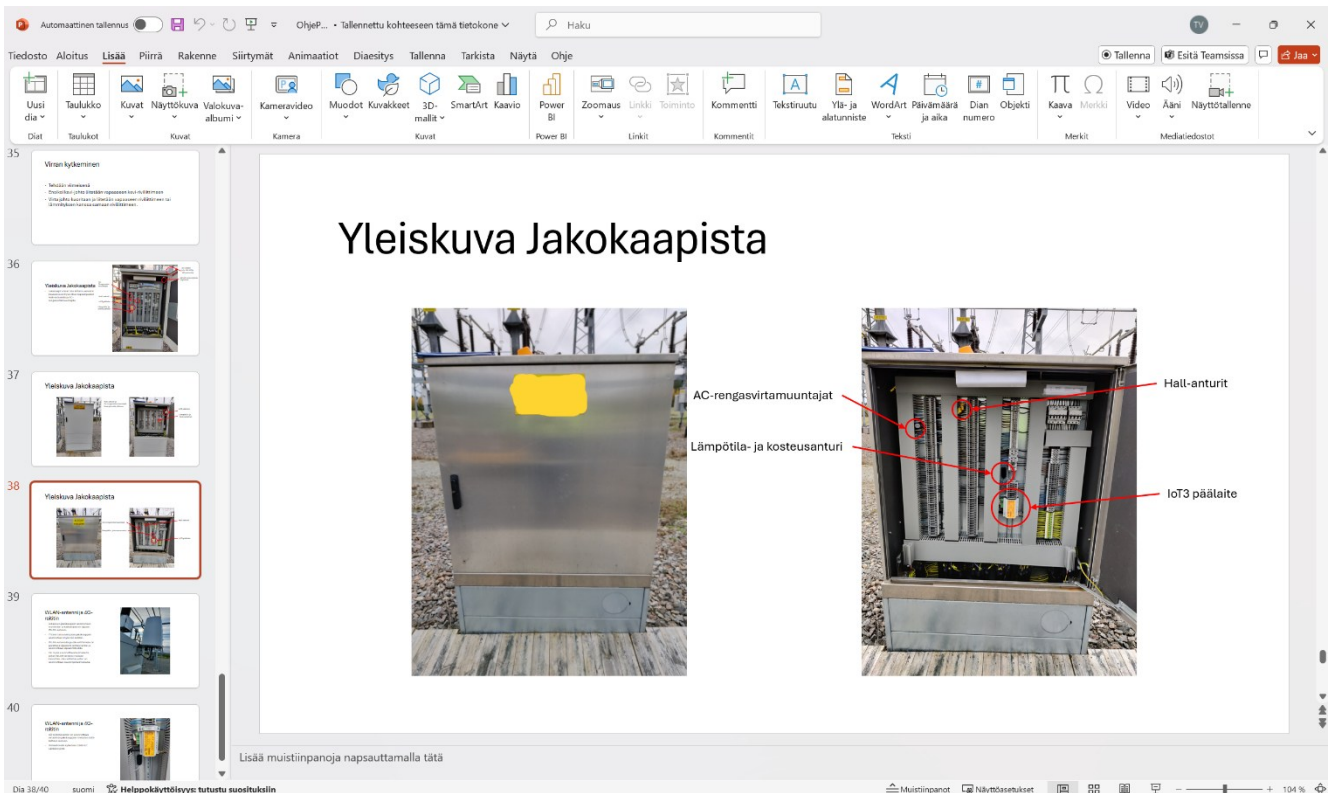
johon 4G-reititin voidaan kiinnittää. 4G-reititintä varten on asennettava suurempi kulma-rauta kuin WLAN-antennille.

4G-reitintä varten on asennettava virtalähde jakokaappiin mieluiten IoT3-laitteen viereen din-kiskoon. Virtalähteelle kytketään 230 VAC:n sähkönsyöttö.

### 6.3 Asennusoppaan tekeminen

Asemalla tehtyjen töiden ja havaintojen avulla ja vanhojen asennusoppaiden avulla oli kirjoitettava uusi asennusopas IoT-laitteiden asentamiseen. Aluksi ohje suunniteltiin tehtäväksi Microsoft Wordilla, mutta Microsoft PowerPoint todettiin paremmaksi vaihtoehdoksi sen ominaisuuksien ja helpomman käytettävyyden vuoksi.

Asennusohje on tehty samassa järjestyksessä kuin luvussa 6.2 on kerrottu asentamisesta. Ensinnäkin on tietoa yleisesti asennuksesta, jonka jälkeen jokainen IoT-päätelaite käsitellään erikseen, ja viimeisenä kerrotaan 4G-verkon asennuksesta. Kuvassa 14 on esimerkki asennusoppaan sivusta.



Kuva 14. PowerPointilla tehdyn ohjeen yksi dia

Ohjeessa on noin 40 diaa. Ohjeen tausta on valkoinen pohja. Kuvien tärkeät kohdat on merkitty punaisella.

#### **6.4 Testaus ja lisäykset**

Ohjetta ei ole testattu vielä käytännössä. IonSign-laitteiston saatavuus on rajoittunutta, kun laitteita asennetaan ympäri Suomea Fingridin asemille. Laittevalmistaja ei kykene valmistamaan laitteita riittävän nopeasti. Laitteiston asentamiseen vaikuttaa sää. Talvella ei ole helppoa asentaa laitteistoa, ja sateella aseman kojeisiin pääsee vettä, kun kojeen ovet ja kyljet ovat auki. Asentaminen rajoittuu kevät-, kesä- ja syyskuukausille. Kesällä asennuksia ei voi tehdä ukkosella.

Erottimia, katkaisijoita ja jakokaappeja on erilaisia, joten ohje ei välttämättä toimi kaikkiin. Ohjeeseen pitää lisätä asennusohjeita, kun uusia laitteita tulee käyttöön. Ohje sisältää kolme erilaista erottimen ohjainta, kolme eri katkaisijaa ja kolme erilaista jakokaappityyppeä. Eri tyyppien ohjeet tullaan lisäämään asennusohjeeseen.

Asemille on tulossa RFI-osittaispurkausvalvontajärjestelmä, joka liitetään samaan IoT-järjestelmään (Fingrid, 2021a). Niiden asennuksia ei ole vielä aloitettu.

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli tehdä asennusohjeet IOT-laitteille erottimienohjaimille, katkaisijoille ja jakokaappeihin. Työ alkoi IoT-laitteiden asentamisella sähköasemalle, joka tapahtui jo ennen työn aloituspalaveriä. Aloituspalaverin jälkeen alkoi ohjeen ja työn kirjoittaminen. Ohjeesta tuli toimiva, mutta siitä puuttuu vielä monien erilaisten erottimien, katkaisijoiden ja jakokaappien ohjeet, sekä myös RFI- osittaispurkausvalvontajärjestelmän asennus puuttuu. Ne tullaan tulevaisuudessa lisäämään.

Olisi ollut mielenkiintoista selvittää RFI- osittaispurkausvalvontajärjestelmän asennusta ja miksi kiihtyvyyden MEMS-anturia ei enää käytetä. Työn tekemisen aikana olisi ollut hyvä selvittää voiko IoT-laitteistoa käyttää 400 kV:n kojeiden kunnonvalvontaan. Lähinnä selvityksen kohteena olisi selvittää aiheuttaako 400 kV:n laitteisto liian paljon häiriöitä IoT-mittalaitteistoon.

## LÄHTEET

Collin, J., & Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*. Talentum.

Elovaara, J., & Laiho, Y. (2005) *Sähkölaitostekniikan perusteet*. Otatieto

Enersense. (2025). *Me olemme Enersense*. <https://enersense.fi/tietoa-meista/>

Fingrid. (13.4.2021a). *Sulaon RFI-osittaispurkausvalvonta*.

Fingrid. (15.12.2021b). *IoT2 asennusohje*.

Fingrid. (15.12.2021c). *IoT3 asennusohje*.

Fingrid. (16.7.2021d). *IoT WLAN-verkon asennusohje*.

Fingrid. (2018). *Omaisuuuden hallinnan ajankohtaisseminaari*.

<https://www.fingrid.fi/globalassets/lohkot/omaisuuden-hallinnan-ajankohtaisseminaari-2018-esitykset.pdf>

Fingrid. (2025). *Suomen sähköjärjestelmä*.

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/suomen-sahkojarjestelma/>

Fingrid. (2025a). *Fingridin karttapalvelut*. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/karttapalvelut/>

IonSign. (2025). *Mitä jos esineesi osaisivat puhua?* <https://www.ionsign.fi/fi/>

Kotimaisten kielten keskus. (2025). *Ohjeita ohjeiden tekijöille*. Kielitoimiston ohjepankki.

<https://kielitoimistonohjepankki.fi/vk/sopiva-savy-toimivat-ohjeet-ja-kysymykset/ohjeita-ohjeiden-tekijoille/>

Simpanen, J. (2019). *Sähköasemien kytkinlaitteiden IoT-valvontajärjestelmän kehitystyö* [AMK-opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. Theseus.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019102820302>

Svenska Kraftnät. (2025). *The control room*. <https://www.svk.se/en/national-grid/the-control-room/>

Sähkötarkastuskeskus. (1989). *Sähköturvallisuusmääräykset*. Gummerus.

<https://tukes.fi/documents/5470659/6372805/S%C3%A4hk%C3%B6turvallisuusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%20-89/e120ed65-81f5-4d88-8374-40fcd4c04982/S%C3%A4hk%C3%B6turvallisuusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%20-89.pdf>

Tikka, T. (2015). *Teollinen internet - mikä se on?* Tivi.

<https://www.tivi.fi/kumppaniblogit/tieto/teollinen-internet-mika-se-on/7527cb6f-715b-314e-b5ed-420e57214b54>