

Juuso Oksanen

TEOLLISUUDEN SÄHKÖNJAKELUN HÄLYTYSTEKNIIKAN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Juuso Oksanen
Työn nimi	Teollisuuden sähkönjakelun hälytystekniikan kehittäminen
Toimeksiantaja	UPM Plywood Oy
Vuosi	2023
Sivut	41 sivua, liitteitä 2 sivua
Työn ohjaaja(t)	Teemu Manninen

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tehtiin teollisuuden sähkönjakelun hälytystekniikan kehityssuunnitelma UPM Plywood Oy:lle. Työn tavoitteena oli antaa yritykselle esisuunnitelma, jota voitaisiin käyttää perustana varsinaisen työn toteutukselle. Työn rakenne on tehty siten, että myös maallikko pystyy ymmärtämään aiheen. Työssä on kerrottu sähkönjakelun komponentteja, joita teollisuusympäristössä tyypillisesti on ja annetaan myös hyvin tietoa erilaisista vika- ja häiriötilanteista, joista lukija voi oppia tämän työn kannalta tärkeää tietoa.

Työn kohde oli Pelloksen vaneritehtaiden keski- ja pienjännitejakelu, johon kehityssuunnitelma perustuu. Suunnitelman tarkoituksena on esittää, kuinka haavoittuvainen teollisuuden sähkönjakelu on ilman ylimääräistä valvontaa ja miksi sähkönjakelun turvallisuuteen kannattaisi panostaa. Kehityssuunnitelman teossa on otettu huomioon tulevaisuuden laitevalinnat siltä kannalta, että kokoonpano voi muuttua. Suunnitelman teossa syntyi I/O-taulukko ja järjestelmäkaavio, jotka ovat tämän työn ydin. Niiden avulla saadaan kokonaiskuva hälytystekniikan päivittämiseen vaaditut asiat menemättä liikaa yksityiskohtiin. Kehityssuunnitelman teossa ja tutkimustyön apuna käytettiin sähköalan kirjallisuutta, haastattelua, tehtaan omia pääjakelukaavioita sekä työn ohjaajan tehdaskohtaista ammattitaitoa.

Suunnitelman teossa tavoitteet täyttyivät, ja kun tulevaisuudessa tehdasalueelle kaavaillaan uutta hälytystekniikkaa, tämä työ on sille hyvä esisuunnitelma. Työssä on otettu huomioon myös se, että tulevaisuuden kannalta tästä suunnitelmasta tehty varsinainen toteutus ei jää paikoilleen. Laitevalinnat on tehty juuri sitä ajatellen, että myös tulevaisuudessa saadaan saman järjestelmän alle rakennettua entistä laajempi ja turvallisempi teollisuusympäristö.

Asiasanat: hälytysjärjestelmät, sähkönjakelu, kehityssuunnitelmat, teollisuus

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Juuso Oksanen
Thesis title	Development of industrial electricity distribution alarm technology
Commissioned by	UPM Plywood Oy
Time	2023
Pages	41 pages, 2 pages of appendices
Supervisor	Teemu Manninen

ABSTRACT

In this thesis, a development plan was made for the alarm technology of the industrial electricity distribution in the Mikkeli area. The aim of the thesis was to give the company a preliminary plan, which could be used as a basis for the actual work. The structure of the thesis is such that a layman can also understand the subject. The work has explained the components of the power distribution system that are typically found in an industrial environment and gives good information about the different failure and fault conditions from which the reader can learn important information for this work.

The focus of the work was on medium and low voltage industrial distribution, on which the development plan is based. The purpose of the plan is to show how vulnerable the industrial electricity distribution is without additional control and why it is worth investing in the safety of the electricity distribution. The development plan has considered future equipment choices in the light of possible configuration changes. The plan produced the I/O table and system diagram that are the core of this work. They provide an overview of what is required to upgrade the alarm technology without going into too much detail. The development plan and the research work were supported by electrical literature, interview, the factory's own main distribution diagrams and the factory-specific expertise of the supervisor.

The plan met the objectives and when new alarm technology is planned for the factory site in the future, this work is a good blueprint for it. The work has also taken into concern that the actual implementation of this plan will not remain in place in the future. It is precisely with the idea in mind that a larger and safer industrial perimeter will be built under the same system in the future.

Keywords: alarm systems, distribution of electricity, development plan, industry

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	UPM KYMMENE OYJ.....	7
2.1	UPM Plywood	7
2.2	Pelloksen vaneritehtaat	8
3	TEOLLISUUSVERKKO	9
3.1	Yleistä.....	9
3.2	Jakelujärjestelmät.....	11
3.2.1	TN-S jakelujärjestelmä.....	12
3.2.2	IT-jakelujärjestelmä.....	12
3.3	Katkaisijat	13
3.4	Muuntajat.....	15
3.4.1	Mittamuuntajat	16
3.5	Keskukset	17
3.5.1	Kennokeskus	17
3.5.2	Kotelokeskus	18
3.5.3	Kaappikeskus	19
4	VIKA- JA HÄIRIÖTILANTEET.....	20
4.1	Ylijännitteet	20
4.1.1	Suojautuminen.....	20
4.2	Harmoniset yliaallot	21
4.2.1	Yliaaltosuodattimet.....	22
4.2.2	Estokelaparistot	22
4.3	Loisteho	22
4.3.1	Kompensointi	23
4.4	Maasulku	24
4.4.1	Kompensointi	24
5	NYKYHETKI	25

5.1	Hälytystekniikka	25
5.2	Valvontaohjelmisto.....	25
5.3	Älykäs tehonmittaus.....	26
5.4	Suojareleet.....	27
5.5	Havainnot.....	29
6	KEHITYSSUUNNITELMA.....	30
6.1	Hälytysjärjestelmä.....	30
6.1.1	EcoStruxure Power Monitoring Expert.....	30
6.1.2	ABB Saco 64D4	31
6.1.3	PLC ja HMI	31
6.1.4	Päätös ohjelmistosta.....	32
6.2	Laitevalinnat.....	32
6.2.1	Ohjelmoitava logiikka	32
6.2.2	Lämpötila-anturi	33
6.2.3	Suojareleet.....	34
6.3	Hälytysten kosketintiedot	34
7	POHDINTA	36

KUVALUETTELO

LIITTEET

Liite 1. I/O-taulukko

Liite 2. Järjestelmäkaavio

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin UPM Kymmene Oyj:lle. Työn aiheen minulle esitti Pelloksen vaneritehtaiden sähkötöidenjohtaja Marko Noponen. Hän ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun lehtori Teemu Manninen toimivat työn ohjaajina. Opinnäytetyön teon tukena oli myös Schneider Electricin Petja Jantunen. Hän antoi uusien laitteiden ja komponenttien valintaan erilaisia ehdotuksia, ja näiden pohjalta pystyimme tekemään potentiaaliset valinnat.

Teollisuudessa sähkönjakelu on avainasemassa koko teollisuuden toiminnassa. Sen täytyy olla varmaa, taloudellista ja ennen kaikkea katkeamatonta. Pienistäkin sähkönjakelu katkoista voi syntyä jopa satojen tuhansien eurojen häviötä yritykselle tai vaaratilanteita työntekijöille. Sähkönjakelun katkokset voivat olla ennalta arvaamattomia tapahtumia, jotka tyypillisesti ilmenevät vasta sähköjen katkettua. Siksi olisikin aihetta tuoda tehtaalle teknologiaa, jolla voitaisiin ennakoida vika- ja virhetilanteita sekä saada ilmoitus välittömästi.

Työn tavoitteena on tarkastella Pelloksen vaneritehtaiden sähkönjakelun hälytystekniikan nykyistä tilaa ja tehdä sille tarvittava kehityssuunnitelma. Tämän avulla pyritään parantamaan tehdasalueen keski- ja pienjänniteverkon vika- ja häiriötilanteiden ennakointia sekä korjausta. Työssä perustellaan mitä kyseinen järjestelmä auttaisi Pelloksen vaneritehtaiden käytössä. Tämän jälkeen on hälytysjärjestelmää varten tarvittavien tietojen kertominen ja niiden hyödyntäminen suunnitelman tekemiseen. Nämä tiedot auttavat lukijaa hahmottamaan suunnitelmien vartenotettavuutta sekä hyödyllisyyttä. Työn lopussa on esitetty perustelut, miten mahdollinen toteutus tulee vaikuttamaan tehtaan sähkönjakelun turvallisuuteen sekä tuotannon sujuvuuteen ja toimintavarmuuteen.

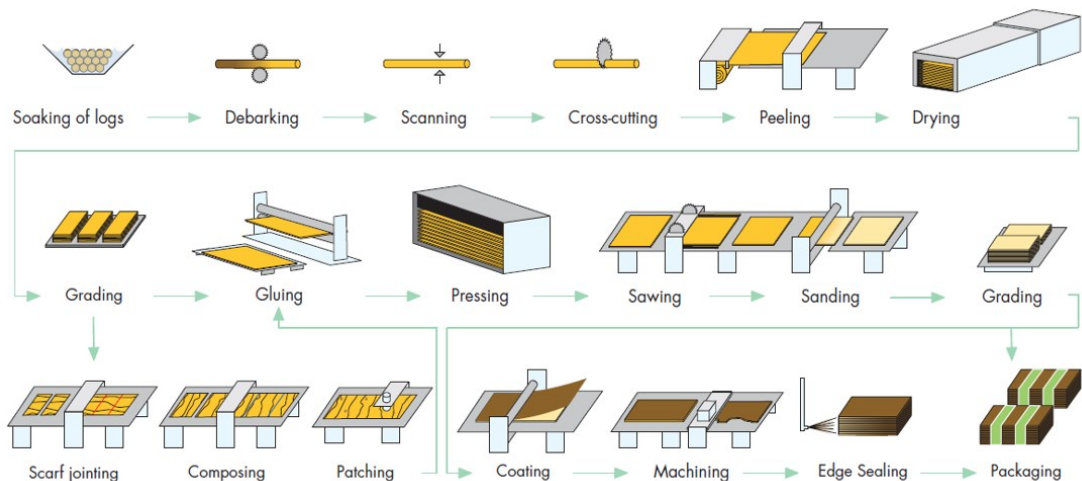
2 UPM KYMMENE OYJ

UPM-Kymmene Oyj on suomalainen pörssiyhtiö, joka on metsäteollisuuden edelläkävijä ja tarjoaa uusiutuvia tuotteita jokapäiväiseen käyttöön. Yhtiö investoi kestäväan kasvuun ja innovoi fossiilisista raaka-aineista riippumatonta tulevaisuutta. Yhtiöllä on 54 tuotantolaitosta, toimii 46 eri maassa ja sillä on 17 000 työntekijää. UPM-Kymmene Oyj:n liiketoiminnot jakautuvat 6 eri osaluokkaan: UPM Fibres, UPM energy, UPM Raflatac, UPM Speciality papers, UPM Communication papers sekä UPM Plywood. (UPM Kymmene Oyj 2021.)

UPM-Kymmene Oyj:n liikevaihto oli vuonna 2021 noin 9,8 miljardia euroa. Liikevaihto koostuu markkina-alueittain 63 % Euroopasta, 12 % Pohjois-Amerikasta, 19 % Aasiasta ja 6 % muualta maailmasta. (UPM Kymmene Oyj 2021.)

2.1 UPM Plywood

UPM Plywood:n tehtaat sijaitsevat Mikkelissä, Kouvolassa, Joensuussa, Savonlinnassa, Otepäässä ja Venäjällä Chudovossa. Yhtiö työllistää 2000 työntekijää, joista 1300 Suomessa ja sen tuotantokapasiteetti on noin 1 miljoonaa m³/v. (UPM Plywood 2022.) Kuvassa 1 on esitetty vanerin tuotantoprosessi.



Kuva 1. Vanerin tuotantoprosessi (UPM Plywood Oy s.a.)

UPM Plywood Oy tarjoaa korkealaatuisia WISA-vaneri- ja viilutuotteita rakentamiseen, ajoneuvojen lattioihin, LNG-laivanrakentamiseen, parketinvalmistukseen sekä muihin teollisuussovelluksiin. Kun UPM-Kymmene Oyj:n liikevaihto oli vuonna 2021 noin 9,8 miljardia euroa, UPM Plywood:n osuus on siitä 4 %. (UPM Kymmene Oyj 2021.)

2.2 Pelloksen vaneritehtaat

Pelloksen vaneritehtaat sijaitsevat Pellosniemellä Mikkelissä. Toiminta Pelloksella alkoi jo vuonna 1963 kun alueelle kehiteltiin lastulevytehdas, voimalaitos ja asuntoalue. Kuvassa 2 on ilmakuva Pelloksen vaneritehtaista sekä voimalaitoksesta. Ensimmäinen vaneritehdas Pellos 1 valmistui vuonna 1968, toinen vaneritehdas Pellos 2 aloitti toimintansa vuonna 1994 ja kolmas vaneritehdas Pellos 3 sekä uusi 75 MW:n biovoimalaitos valmistui vuonna 2002. Tänä päivänä toiminnassa edelleen on Pellos 1, Pellos 2 ja Pellos 3 sekä molemmat voimalaitokset. (UPM Plywood Oy 2022.)



Kuva 2. Pelloksen vaneritehtaat (UPM Plywood Oy s.a.)

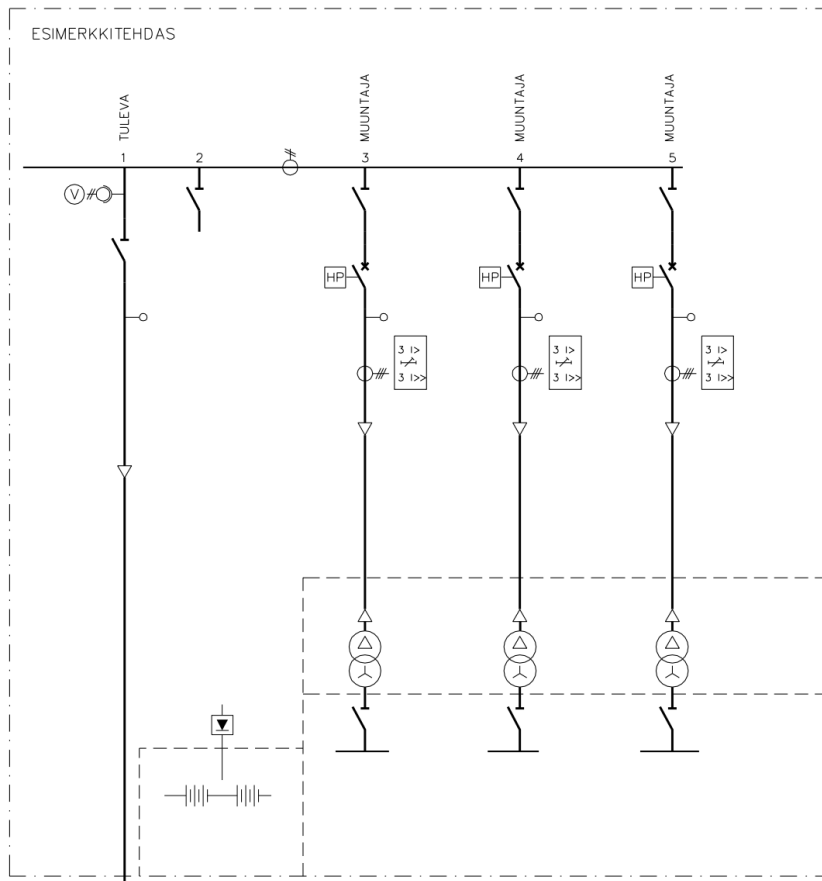
3 TEOLLISUUSVERKKO

Tästä kappaleesta eteenpäin aineistona on hyödynnetty sähköalan kirjallisia sekä sähköisiä lähteitä, Schneider Electricin Petja Jantusen antamaa haastattelua ja tehtaan omia sähköjakelukaavioita. Lopullisessa suunnitelmassa on myös ollut suurena apuna ohjaajani Marko Noposen tehdaskohtainen asiantuntemuus.

Tässä osiossa kerrotaan tyypillisiä laitteita, joita teollisuuden sähköjakelussa on sekä suunnitelman kannalta yleisimmät moottorilähtöjen komponentit. Osiossa on otettu huomioon pääasiassa niitä laitteita, joiden toimintaan tämän opinnäytetyön lopullinen suunnitelma tulee vaikuttamaan.

3.1 Yleistä

Teollisuuslaitoksissa liittyminen sähköverkkoon toteutetaan yleensä 110 kV, 20 kV, 10 kV tai 0,4 kV jännitetasoissa. Päämuuntajilla kuitenkin lasketaan jännite tehdasjakeluun sopivaksi esimerkiksi 20 kV, 6 kV tai 3 kV arvoon, jos se vain on tarpeenmukaista. Teollisuuden sähköjakelu eroaa tavalliseen jakeluverkkoon sillä, että teollisuudessa jakeluetäisyydet ovat lyhyemmät. Kuvassa 3 on esitetty esimerkkitehtaan sähköjakelukaavio, josta näkee millaiselta teollisuuden sähköjakelu piirustusten pohjalta näyttää. Teollisuudessa käytettävät suuritehoiset muuntajat sekä moottorikuormat aiheuttavat sen, että näillä teollisuusalueilla on pieneen kokoonsa nähden todella suuri keskittynyt tehonkulutus. Näissä tapauksissa teollisuusalueella on yleensä oma energiantuotanto esimerkiksi voimalaitoksia, joista kytketään generaattoreita verkkoon. Hyvänä esimerkkinä on se, että Pelloksen vaneritehtailta löytyy 2 erillistä voimalaitosta. (Hietalahti 2013, 6–7.)



Kuva 3. Esimerkkitehtaan keskijännitejaku

Teollisuuslaitoksia suunniteltaessa on otettava monta asiaa huomioon juuri sähköjärjestelmien ja komponenttien valitsemisessa. Näiden suunnitelmien täytyy varmistua siitä, että varmistetaan niiden kestävyys vaikeissa olosuhteissa. Tarvittaessa sähkölaitteistoille tehdään ja sijoitetaan omaan tilaan, jossa niihin ei kohdistu liikaa rasitusta toimintakyvyn säilyttämiseksi. Tämä kaikki on lainvaraista toimintaa, joita ohjataan erityisen tarkasti standardeilla ja direktiiveillä. (Hietalahti 2013, 6–7.)

Tuotannossa sähkönjakelun suurin kuluttajaryhmä on moottorit, joita tehdasympäristöstä löytyy todella runsaasti. Yleisin jänniteluokka moottoreille on 0,4 kV mutta yleisessä käytössä on myös 0,69 kV, 3 kV, 6 kV ja yli 1 MW tehoisilla moottoreilla jännitetaso on jopa 10 kV. Moottorien ohjaukseen pääasiallinen ohjauslaite on tänä päivänä taajuusmuuttaja. (Korpinen s.a.b.)

3.2 Jakelujärjestelmät

Sähkönjakelussa käytetään jakelujärjestelmiä ja ne jaotellaan johtimien, järjestelmien ja maadoitustavan mukaan. Jakelujärjestelmillä on omat tunnukset, joiden avulla kuvaillaan millainen rakenne niillä on.

1. kirjain

- T = vain yksi piste on maadoitettu maahan
- I = kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta tai vain yksi piste on yhdistetty maahan

2. kirjain

- T = jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti maahan
- N = jännitteelle alttiit osat on yhdistetty järjestelmän omaan maadoitettuun pisteeseen

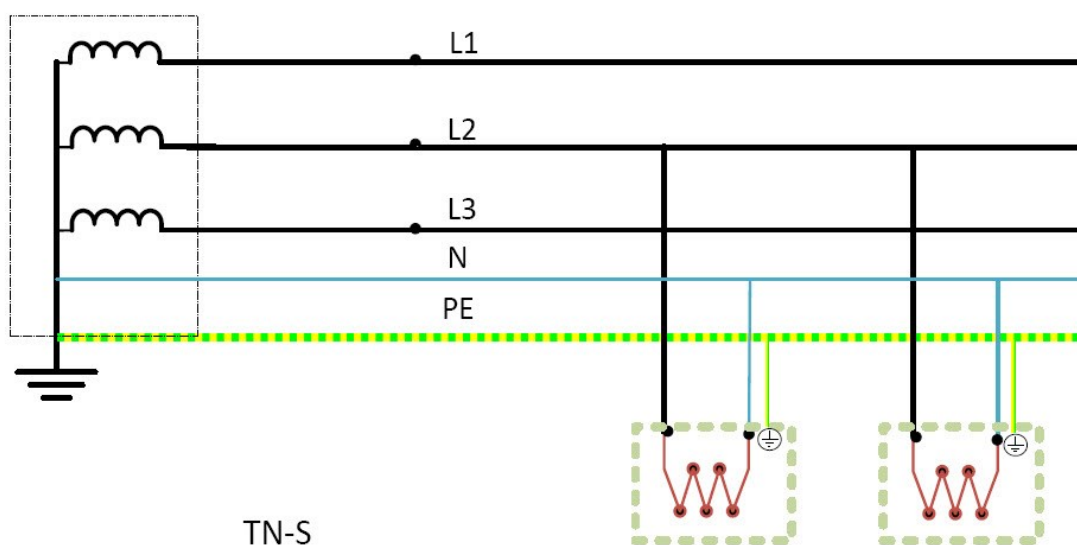
Lisäkirjaimet

- S = järjestelmässä on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet
- C = järjestelmässä olevat nolla- ja maadoitusjohtimet on yhdistetty

Jakelujärjestelmiä on olemassa vaihtosähkölle ja tasasähkölle. Vaihtosähköjärjestelmiä voi olla yksi-, kaksi- tai kolmevaiheisia ja tasasähköjärjestelmiä, jotka ovat kaksi- tai kolmivaiheisia. Riippuen onko järjestelmä vaihto- vai tasa-sähkö niin käytössä on vaihejohtimet L1, L2 ja L3 sekä nollajohdin N. Tarvittaessa edeltävien johtimien lisänä on suojajohdin PE, jolla toteutetaan suojaus. (DIGMA s.a.)

3.2.1 TN-S jakelujärjestelmä

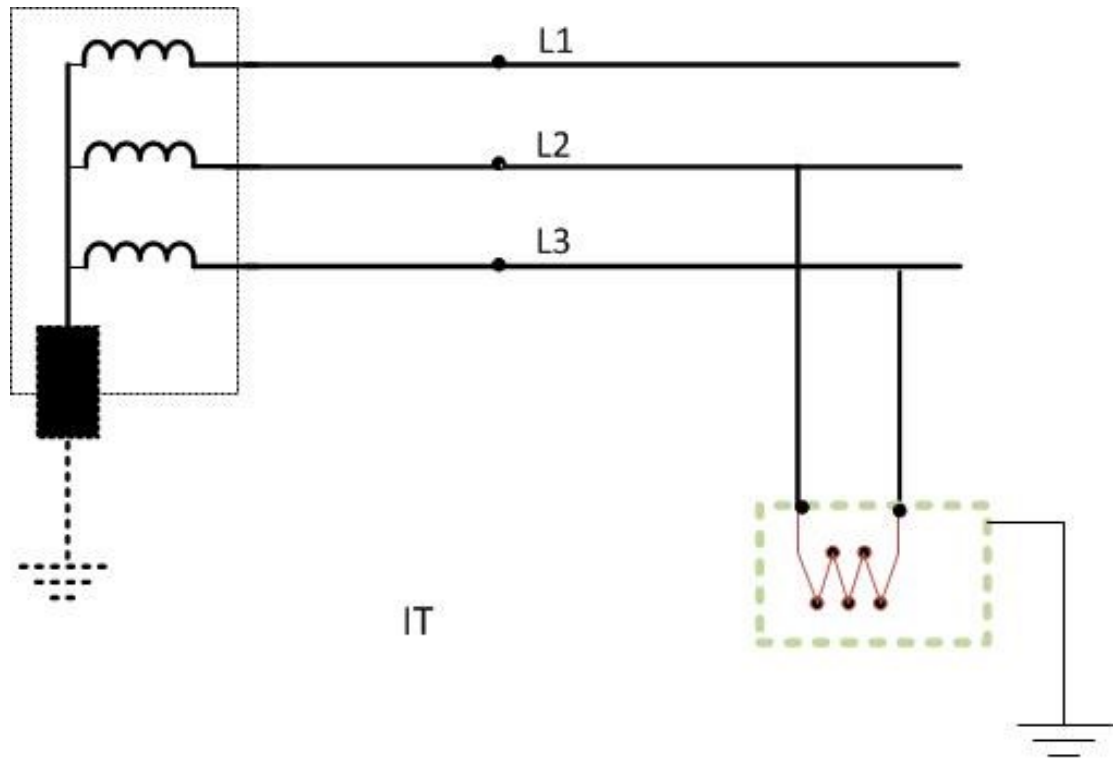
Teollisuuden jännitejakelussa yksi yleisimmistä jakelujärjestelmistä kutsutaan nimellä TN-S. Kirjainten perusteella voidaan todeta, että kolmen vaiheen lisäksi on maadoitusjohdin sekä yksi nollajohdin (kuva 4), jotka ovat erillisiä. Tästä käytetään myös nimitystä jäykästi käyttömaadoitettu järjestelmä. TN-S järjestelmässä käytetään yleensä vikavirtavaltontaa ja järjestelmän jännitetaso on 400 V. (Hietalahti 2013, 10–11.)



Kuva 4. TN-S-jakelujärjestelmän rakenne (DIGMA s.a)

3.2.2 IT-jakelujärjestelmä

IT-jakelujärjestelmä on toinen teollisuudessa hyvin usein käytetty jakelujärjestelmä ja eroaa TN-S-järjestelmästä sillä, että sen käyttöjännite on joko 500 V tai 690 V. Erona on myös se, että vikavirtavaltontaan tilalla toimii maasulun valvonta- ja etsintälaitteisto. Järjestelmän toiminta ja rakenne on myös erilainen, sillä muuntajan tähtipiste maadoitetaan vastuksen kautta (kuva 5). Yksi IT-järjestelmän huomattava etu on myös se, että yksivaiheisen maasulun syntyessä se ei välittömästi aiheuta maasulkua eli häiriötilanteen sattuessa näin voidaan varmistaa katkeamaton sähkönsyöttö. (Hietalahti 2013, 11.)



Kuva 5. IT-jakelujärjestelmän rakenne (DIGMA s.a)

3.3 Katkaisijat

Katkaisijat ovat komponentteja, joilla mahdollistetaan sähkön sulakkeeton ohjaus ja toimivat nimensä mukaisesti sähkön katkaisijana. Niiden käyttökohte on esimerkiksi pää- ja alakeskusten sekä yksittäisten lähtöjen suojaaminen. Katkaisijoita käytetään myös kuormitusten avaamiseen ja sulkemiseen, sillä ne pystyvät tekemään kyseiset toimenpiteet nimellisvirran moninkertaisilla virroilla erilaisissa tilanteissa. (Hietalahti 2013, 161.)

Erilaisia katkaisijoita on monenlaisia ja eri käyttötarkoituksiin. Katkaisijatyypit jaotellaan niiden väliaineen perusteella, ja niitä on seuraavasti:

- Öljykatkaisijat
- Vähäöljykatkaisijat
- Paineilmakatkaisijat
- SF6-katkaisijat eli kaasukatkaisijat
- Magneettipuhalluskatkaisijat.

Katkaisijoiden toimintavarmuuteen vaikuttavat monet eri tekijät: Katkaisijoiden rakenne ja millaiset ympäristöolosuhteet niillä on. Katkaisijan rasitus eli toimintamäärä sekä katkaistavan tehon ja virran laatu. Myös ylipäättään, kuinka tiheästi ja laadukkaasti huoltotöitä niille tehdään. (Kunnossapitokoulu s.a, 9.)

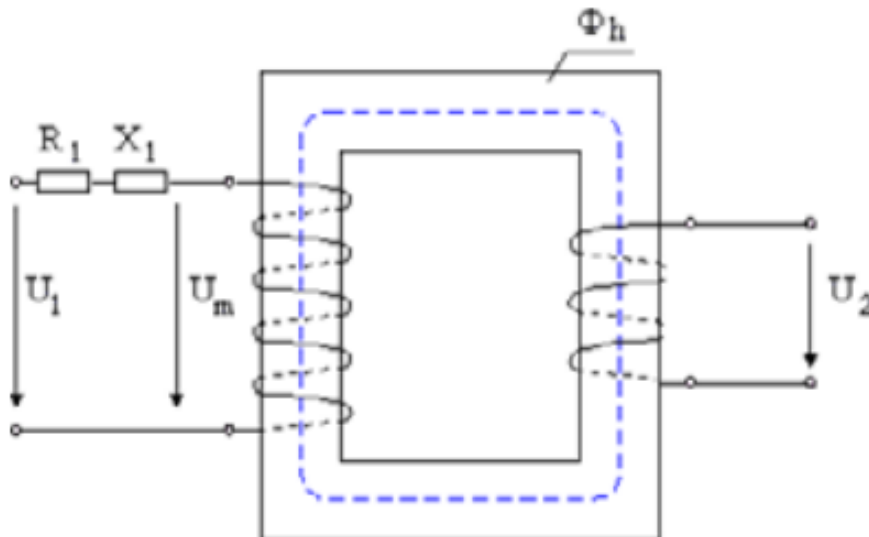


Kuva 6. Pellos 3:n Ilmakatkaisija

Teollisuuden suurjännitejärjestelmissä ja pienjännitteisissä keskuksissa käytetään eri tyyppisiä katkaisijoita. Suurjännitejärjestelmissä suositaan SF6- ja tyhjökatkaisijoita, kun taas pienjännitekeskuksissa ilma- ja kompaktkatkaisijoita keskuksen sekä suuritehoisten moottorilähtöjen suojaamisessa. Kuvassa 6 on yksi Pellosen vaneritehtaiden pienjännitejakelun ilmakatkaisijoista. Ilmakatkaisijoiden toiminta perustuu normaalipaineiseen ilmaan ja niitä valmistetaan 0,8-10 kA virroille, jolloin jännite on 690-1000 V. Kompaktkatkaisijoita käytetään moottorien suojaukseen ja kuorman erottamiseen. Niitä valmistetaan myös 125-1600 A virroille, jolloin jännite on 240–690 V. (Hietalahti 2013, 161.)

3.4 Muuntajat

Muuntaja eli tehomuuntaja on staattinen laite, jolla voidaan muuttaa sähköisen järjestelmän jännite halutulle tasolle esimerkiksi 20 kV:sta 400 V:iin. Sen toiminta perustuu sen sisällä olevaan rautasydämeen ja johtimiin, jotka on kierretty rautasydämen ympärille moneksi kerrokseksi (kuva 7). Tehomuuntajia käytetään monissa eri käyttötarkoituksissa, kuten energian siirrossa ja jakelussa, mittalaitteissa, sähköisissä suodattimissa, jakeluverkon muuttamisessa kolmivaiheisesta yksivaiheiseksi ja sähköverkkojen erottamisessa toisistaan galvaaniseksi. (Hietalahti 2011, 4.)



Kuva 7. Häviötön yksivaihemuuntaja tyhjäkäynnissä (Korpinen s.a.a.)

Muuntajissa syntyy häviöitä, ja ne lämmittävät rautasydäntä sekä myös käämityksiä. Kokoerojen takia suurten muuntajien jäähdytys täytyy olla tehokkaampaa ja varmempaa verrattuna pienempiin muuntajiin. Jäähdytys toteutetaan yleensä joko ilmalla tai öljyllä ja tästä muuntaja saa nimensä jäähdytystyyppin mukaan kuiva- tai öljymuuntajaksi. (Korpinen s.a.a.)

Kuivamuuntajan (kuva 8) komponentit ovat suoraan kosketuksissa sitä ympäröivään ilmaan ja näin sen häviöt aiheuttavat ilman lämpenemisen sen lähettävillä. Kuivamuuntajien tyypilliset käyttöympäristöt ovat räjähdys-, saastumis- ja palovaaralliset tilat. (Korpinen s.a.a.)



Kuva 8. 20 kV / 400 V kuivamuuntaja

Tehokkain ja yleisin jäähdytystapa on kuitenkin öljyjäähdytys. Öljymuuntajan komponentit ovat kirjaimellisesti upotettu öljysäiliöön, jossa sijaitsee muuntaja-öljy. Muuntajan tuottama lämpö siirtyy öljyn välityksellä seinämiin, joista se taas jatkaa siirtymistään ympäröivään ilmaan. (Korpinen s.a.a.)

3.4.1 Mittamuuntajat

Mittamuuntaja on saanut nimensä siitä, että se muuntaa primääripiirin jännite- ja virtasuhteet mittareille ja releille sopivaan arvoon, jotka sijaitsevat toisiopiirissä. Mittamuuntajia on olemassa virta- ja jännitemuuntajia. Nimensä veroisesti virtamuuntajilla muunnetaan virtaa ja jännitemuuntajilla muunnetaan jännitettä. Mittamuuntajat ovat siksi niin käytettyjä, koska mittareiden ja releiden rakentaminen suuremmille virta- ja jännitearvoille on teknisesti todella haastavaa. Mittamuuntajan rakenne ei eroa tavalliseen tehomuuntajaan muuten kuin, että se on pienitehoisempi tehomuuntajaan nähden. (Korpinen s.a.a.)

3.5 Keskukset

Teollisuuden sähkökeskuksia käytetään moottoreiden käyttö- ja ohjauslaitteiden sijoittamisessa sähkötiloihin, mutta myös automaatiojärjestelmien ohjauskaappeina sekä kiinteistösähkön jakelussa. Keskusten parhaana sijaintina pidetään lämpimiä ja kuivia tiloja tai ympäristön lämpötilan mukaan käyttäytyviä tiloja. Myös keskukset tuottavat häviöitä, jotka osoittautuvat ilmakehässä lämpönä, ja tämän takia keskusten tilan tuuletuksen sekä ilmanvaihdon täytyy olla kunnossa. (Hietalahti 2013, 196.)

Pääkeskusten syötössä käytetään yleensä joko katkaisijaa tai kuormankytkintä. Yleisin tapa, jolla suojataan moottorikojeisto on pääkatkaisija ja kuormankytkimen käyttö pääasiassa rajoittuu pienvirtaisten moottorikojeistojen käyttöön. Kuormankytkimiä käytetään pienvirtaisissa moottorikojeistoissa, koska niiden oikosulkuvirrat ovat pääkeskuksiin nähden helpompia käsitellä syöttökaapeleiden suojaamisen kannalta. Pääkatkaisijan käytössä on se hyöty, että sillä saadaan hoidettua muuntajan ylikuormitus- sekä oikosulkusuojaus. Katkaisijan maadoitus toteutetaan maadoituskytkimellä, joka on lukittu pääkatkaisijaan ja kuormankytkimellä työmaadoitus ei ole välttämätön. (Hietalahti 2013, 203–204.)

3.5.1 Kennokeskus

Kennokeskuksia (kuva 9) käytetään pää-, nousu- ja alakeskuksina, ja niiden yleiset jännitetasot ovat 400 V ja 690 V. Keskusten sisällä toteutuva jakelu koostuu alumiinisista tai kuparisista kiskoista, jotka jaetaan pää- ja haarakiskoihin. Teollisuuskäytössä kennokeskuksissa käytetään väliseiniä, joiden on kestettävä valokaarioikosulun aiheuttamat painevaikutukset. (Hietalahti 2013, 198–202.)



Kuva 9. Kennokeskus

3.5.2 Kotelokeskus

Kotelokeskukset ovat kosketussuojattuja ala- tai ryhmäkeskuksia. Niiden jännitetaso on tyypillisesti 400 V ja nimellisvirta enintään 630 A. Kuvassa 10 on yksi Pelloksen vanhoista kotelokeskuksista. Kotelokeskuksen kotelot ovat mitoitettu niille suunniteltujen syöttötarpeiden mukaan. Useista kotelosta koostaan ryhmä, joiden väliset yhteydet tehdään yksittäisten koteloiden läpi menevillä kaapeleilla ja virtakiskoilla. (Hietalahti 2013, 202.)



Kuva 10. Kotelokeskus

3.5.3 Kaappikeskus

Kaappikeskukset (kuva 11) ovat nimensä mukaisesti kaappimallisia keskuk-
sia, joissa on yksi tai useampi lähtökenttä. Niiden käyttötarkoitus on pääasi-
assa taajuusmuuttajien, ohjauslaitteiden tai automaatiolaitteiden kotelointi.
Keskuksen oviin voidaan kytkeä erilaisia komponentteja, kuten kytkimiä, oh-
jauspaneeleita, merkkilamppuja ja piirtureita. Näiden asennettavien kompo-
nenttien ansiosta kaappikeskusta voidaan käyttää esimerkiksi prosessin osan
valvontatauluna ja ohjauspaikkana. (Hietalahti 2013, 203.)



Kuva 11. Kaappikeskus

4 VIKA- JA HÄIRIÖTILANTEET

Tässä osiossa esittelen hyvin tyypilliset vika- ja häiriötilanteet, joita teollisuuden sähkönjakelussa esiintyy. Keskityn kuitenkin työn kannalta olennaisimpiin aiheisiin sekä myös siihen, miten kyseisiä tilanteita torjutaan.

4.1 Ylijännitteet

Sähkölaitteisiin voi kohdistua lyhytaikaisesti kohdistuva jännite, jota kutsutaan ylijännitepulsiksi eli transientiksi. Ne ovat tyypillisesti hengenvaarallisia, koska niiden jännitearvot ovat huomattavasti suurempia kuin laitteessa oleva mitoitusjännite. Sähkönjakelujärjestelmään ylijännite voi tapauksen mukaan olla joko suoraa tai epäsuoraa. Esimerkiksi salamaniskujen osalta suorassa iskussa salama osuu suoraan sähköjohtimeen tai kaapeliin, joka aiheuttaa jännitteen rajun nousun. Epäsuoralla iskulla tarkoitetaan, kun salama osuu johonkin sähköasennusten lähellä olevaan kohteeseen esimerkiksi puuhun ja sieltä salamavirta siirtyy maakaapeleiden kautta kohteeseen. Tästä johtuukin se, että energiamäärä, mikä syntyy suorassa iskussa, on huomattavasti suurempi verrattaessa epäsuoraan iskuun. (Mäkinen & Kallio 2004, 14.)

4.1.1 Suojautuminen

Suurimman suojan saa kun luodaan potentiaalintasaus kohteeseen. Potentiaalintasaus tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköä johtavat osat sekä jännitteiset johdot yhdistetään suojauskomponenttien kautta keskuspotentiaalintasaukseen. Täydellinen suojaus saavutetaan joko täydellisellä eristyksellä tai täydellisellä potentiaalintasauksella. Yleisin vaihtoehto on täydellinen potentiaalintasaus, koska se on hyvin suurella todennäköisyydellä ainoa tapa tietyissä tilanteissa ja kohteissa toteuttaa täydellinen suojaus. Potentiaalintasausjärjestelmiä on olemassa linjatyyppisiä, tähtimäisiä ja silmukkamaisia. Näistä järjestelmistä tehokkain on silmukkamainen potentiaalintasaus, koska siinä jokaisella sähköä johtavalla osalla on oma täysin erillinen johtonsa sekä lisäjohdot, jotka yhdistävät kaikki taseuspisteet toisiinsa lyhimmän reitin kautta. (Phoenix Contact 2023.)

Ylijännitteiltä varmimman suojan saa kun potentiaalintasauksen kanssa käytetään lisänä ylijännitesuojia. Ylijännitesuojalaitteet jaetaan eri tyyppeihin riippuen niiden käyttökohteista ja suojaustoiminnoista. Ne ovat suojalaitteita, jotka antavat sähkölaitteille ja -järjestelmille suojan suurilta transienteilta ylijännitteiltä sekä transienteilta virroilta. Ylijännitesuojien kriittisimpiä komponentteja ovat yleensä varistorit, transienttisuojadiodit, kaasupurkausputket tai kipinävälit. (Phoenix Contact 2023.)

4.2 Harmoniset yliaallot

Harmoniset yliaallot ovat sähkönjakeluverkossa häiriötekijöitä, jotka aiheuttavat ongelmia sähkölaitteille. Kun puhutaan harmonisista yliaalloista, niillä tarkoitetaan, kuinka moninkertaisia ne ovat sähköverkon vakiotaajuuteen. Sähköverkossa, kun taajuus on 50 Hz, niin 100 Hz on toinen yliaalto, 150 Hz on kolmas yliaalto, 250 Hz on viides yliaalto ja niin edelleen. Yleisimmät yliaallot, jotka esiintyvät sähköverkossa, ovat kolmas ja viides harmoninen yliaalto. Yliaaltovirtojen suurimmat aiheuttajat ovat:

- Muuntajat
- Taajuusmuuttajat
- Pehmokäynnistimet
- Hakkurivirtalähteen sisältävät laitteet esim. tietokoneet ja kopiokoneet
- Tasasuuntaajat

Pääasiassa voidaan ajatella, että 1-vaiheiset kuormat, kuten tietokoneet, aiheuttavat kolmatta harmonista yliaaltoa ja 3-vaiheiset kuormat, kuten suuret muuntajat, aiheuttavat taas kaikkia muita harmonisia yliaaltoja kuin kolmatta. Nämä harmoniset yliaaltovirrat aiheuttavat monia erilaisia ongelmatilanteita. Sähkölaitteiden magneettikenttien kasvamista, pienoislaitteiden toimintahäiriöitä, koneiden ja muuntajien lämpötilan nousua, sähkölaitteistojen teho- ja energiahäviöitä sekä myös häirintää suoja- ja mittalaitteiden tavallisessa toiminnassa. (Mäkinen & Kallio 2004, 25–26.)

4.2.1 Yliaaltosuodattimet

Harmonisten yliaaltojen torjumiseen on kuitenkin ratkaisuja, joilla minimoidaan niiden syntyminen. Yliaaltosuodattimet eli imupiirit ovat laitteita, jotka rakennetaan kondensaattoreista ja kuristimista. Ne kytketään yhdessä sarjaan ja tästä muodostuu sarjaresonanssiipiiri, jota kutsutaan kaistanestosuodattimeksi. Sarjaresonanssiipiirillä saadaan suodatettua tietty taajuus sähköverkosta ja sen arvot viritetään yleensä kolmelle yleisimmälle aallolle. Yliaaltosuodattimen pääasiallinen sijainti sähkönjakelussa on suurjännitepuolella muuntajan yhteydessä ja pienjännitepuolella pääkeskuksessa. (Mäkinen & Kallio 2004, 26.)

4.2.2 Estokelaparistot

Toinen tapa minimoida harmonisia yliaaltoja on estokelaparistot. Estokelapariisto on kompensointilaitte, joka ei häiriinny sähköverkossa olevista harmonisista yliaalloista. Sillä estetään sähköverkkoa joutumasta resonanssitilanteeseen, joka syntyy monen asian summasta. Kompensointikondensaattorin kapasitiivinen reaktanssi ja sähköverkon induktiivinen reaktanssin täytyy olla yhtä suuret, ne ovat myös rinnan kytketyt ja verkossa vaikuttaa jo valmiiksi jokin resonanssin aikaansaava harmoninen yliaaltovirta. Tästä kokonaisuudesta syntyy rinnakkais- eli virtaresonanssitilanne, jolla on tapana rasittaa sähköverkkoa. Estokelapariisto rakennetaan kondensaattoreista ja sopivista kuristimista ja niiden sijainti on esimerkiksi pääkeskuksen pienjännitekiskostossa. (Mäkinen & Kallio 2004, 26.)

4.3 Loisteho

Kuristimet, muuntajat ja sähkömoottorit kuluttavat aina pätötehoa ja loistehoa, joista loisteho kuluu käämin magneettikentän syntymisen seurauksena. Loisteho pystytään laskemaan kaavalla 1. Verkossa vaihtovirran vaihdella huippuarvoon ja nolatasoon myös käämin magneettikenttään varautuneen energian määrä vaihtuu. Vaihtovirran ollessa huippuarvossa magneettikenttään varautuu energiaa ja päinvastoin nolatasossa se purkautuu takaisin sähköverkkoon. Voidaan siis sanoa, että loisteho ei oikeasti ole hyödyllistä, vaan se liikkuu sähköverkossa edestakaisin. (Mäkinen & Kallio 2004, 17.)

$$Q = U * I * \sin \varphi \quad (1)$$

jossa	Q	Loisteho	[Var]
	U	Jännite	[V]
	I	Virta	[A]
	$\sin \varphi$	Kulma	[rad]

4.3.1 Kompensointi

Loistehoa varten on kehitetty kompensointikeinoja, joiden avulla kuluttajalle aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa käytön aikana. Loistehon kompensointi voidaan toteuttaa moottorille esimerkiksi sijoittamalla tietyn kvar-arvon suuruinen kompensointikondensaattori sen läheisyyteen. Kondensaattoreita voidaan myös asentaa ryhmäkeskuksiin valaisin- ja moottoriryhmille. Pienjännitejärjestelmän kompensointi onnistuu asentamalla kompensointiparisto ryhmäkeskukseen, pääkeskukseen tai halutessaan suoraan muuntajan alajännitenapoihin. Suurjännitepuolen kompensointi tapahtuu ainoastaan suurjännitteelle tarkoitetuilla kondensaattoreilla. (Mäkinen & Kallio 2004, 19.)

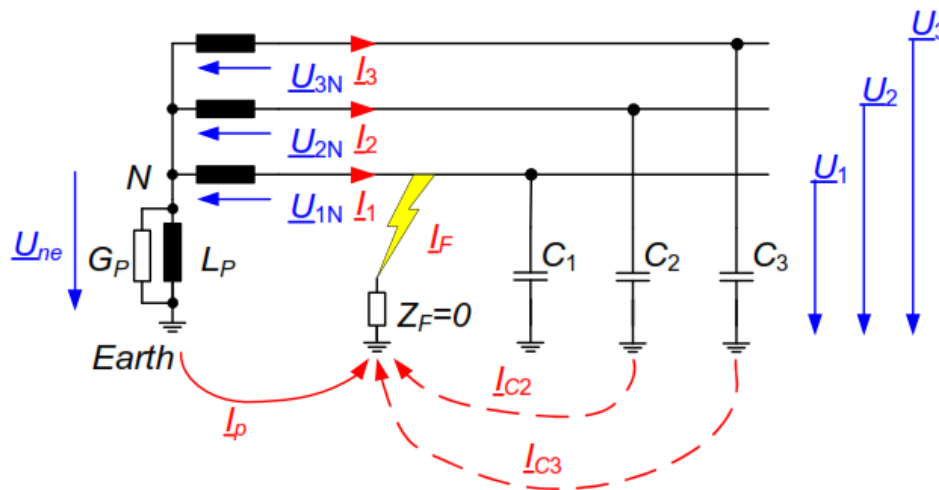
Loistehon kompensoinnilla saadaan huomattavia etuja siihen verrattuna, jos ajatellaan tilanne, kun kompensointia ei käytetä. Loistehosta syntyy kuluttajalle sähkölaskuun ylimääräisiä kuluja ja kompensoinnin avulla ne saadaan rajattua loistehon alkuperäisestä määrästä erittäin pieneksi. Kompensoinnilla yleinen pätötehon siirtokyky kasvaa ja loistehon vähenemisen takia sähköverkon jännitteen alenema pienenee. Kompensoinnin avulla vältetään myös kaapeleiden ja kiskostojen lämpötilojen kasvulta, koska kuormitusvirran pienentyessä myös teho laskee ja tämän seurauksena lämpötilat laskevat. Tämä voidaan todeta kaavasta 2. (Mäkinen & Kallio 2004, 20.)

$$P = I^2 * R \quad (2)$$

jossa	P	Pätöteho	[W]
	I^2	Virta	[A]
	R	Resistanssi	[R]

4.4 Maasulku

Maasulku syntyy, kun sähkönjakeluverkossa johdin pääsee kosketuksiin maapotentiaaliin tai muuhun esineeseen, joka koskettaa maata (kuva 12). Maasulun aiheutuessa syntyy tyypillisesti valokaari, jännitteen nousu niissä johtimissa, johon maasulku ei vaikuttanut ja suuri maasulkuvirta. Tämän tapahtumaketjun seurauksena tulipalon vaara on todella suuri. (Multirel s.a.)



Kuva 12. Yksivaiheisen maasulun teoreettinen tilannekuva (Multirel s.a.)

4.4.1 Kompensointi

Maasuluilta suojauksen hoitaa kompensointilaitteet, joiden tarkoituksena on vähentää maasulkuvirtaa sekä antaa mahdollisuuden hallita vauriokohdan kosketusjännitetasoa. Maasulun kompensointilaitteet ovat toimintakyvyltään todella tehokkaita, koska maasulkutilanteiden aiheuttamat valokaaret saadaan jopa 80 % tapauksista sammutettua. Kompensointilaitteet mitoitetaan suoraan kohteen tarpeisiin sen maasulkuvirran suuruuden mukaan ja asennetaan sähköverkon tähtipisteen sekä maapotentiaalin välille. (Multirel s.a.)

Kompensointi voidaan toteuttaa joko keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetyssä kompensoinnissa kompensointikelan ohjaus tapahtuu maasulkuvirran kompensoinnin säätäjän puolesta, joka muuttaa induktanssia eli tässä tapauksessa maasulkuvirran arvoa. Hajautettu kompensointi toteutetaan, kun jakelumuuntajana käytetään kelamuuntajaa, ja tätä hyödynnetään yleensä tilanteissa, joissa on otettava huomioon pitkät johtolähdöt tai haja-asutusalueet. (Multirel s.a.)

5 NYKYHETKI

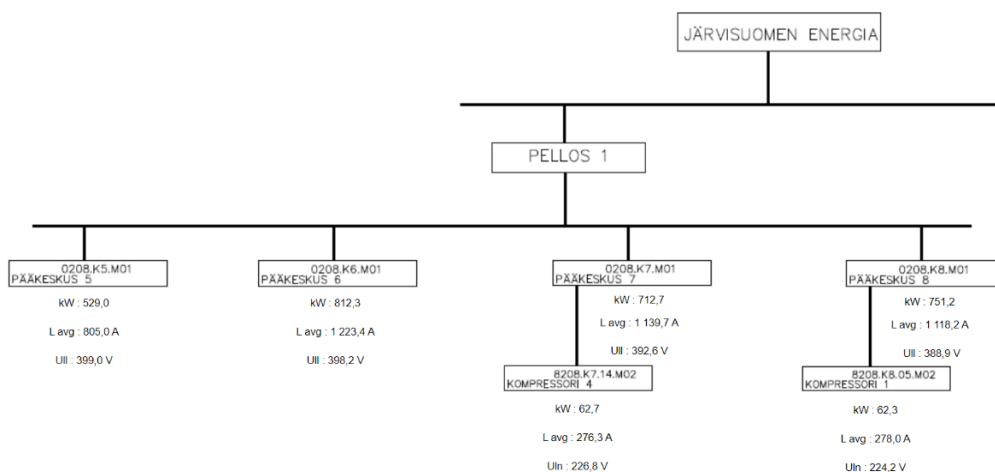
5.1 Hälytystekniikka

Tällä hetkellä Pelloksen vaneritehtaiden sähkönjakelussa ei ole käytössä minikäänlaista hälytystekniikkaa, jota työnjohto voisi itse hyödyntää. Nykyhetkessä uusi hälytystekniikka voitaisiin kuitenkin toteuttaa tällä hetkellä käytössä olevalle Schneider Electricin sähköverkon valvontajärjestelmälle, jota käytetään tehomittareiden antamien arvojen etäluennassa. Työn edetessä on kuitenkin otettu huomioon mahdolliset vaihtoehdot eikä ainoastaan keskitytty Schneider Electricin tekniikkaan.

Tarkastelun alle joutui väistämättä myös vanhat suojareleet keskijänniteverkon puolella. Toimivuuden puolesta suojareleet voisivat jäädä käyttöön, mutta jos niiltä halutaan hälytystiedot nykyiselle sähköverkon valvontajärjestelmälle, silloin on niiden päivittäminen lähes väistämätöntä.

5.2 Valvontaohjelmisto

Pelloksen vaneritehtaiden sähköenergian kulutusta valvotaan Schneider Electricin omalla sähkönjakelun valvontaohjelmistolla EcoStruxure Power Monitoring Expertillä. Tehdasalueella olevilta tehomittareilta saadaan tiedot etänä valvontaohjelmistoon ja ohjelmistoa käytetään tehtaan sähkönjakelun laadunvalvonnan työkaluna. Kuvassa 13 nähdään, millaiselta sähkönjakelun matka sähköasemalta Pellos 1:lle valvontaohjelmiston kautta katsottuna näyttää.



Kuva 13. Pelkistetty sähkönjakelu PME:n näkömängä

Schneider Electricin EcoStruxure Power Monitoring Expert eli PME on sähkönjakelun valvontaohjelmisto, jonka käyttökohteet voivat olla esimerkiksi kiinteistöt, datakeskukset, terveydenhuolto, teollisuus ja kuljetus. Etenkin teollisuuden osalta tämä ohjelmisto on tärkeä, koska sähkö on yksi vaikuttava osa tuotannon kokonaisuudesta ja sillä on oma osuutensa tuotannon sujuvuuteen. Ohjelmisto antaa tietoa sähköjärjestelmien kunnosta ja siitä, kuinka energiatehokkaita ne ovat. Ohjelmisto tarjoaa yksinkertaistetun virran laadunvalvonnan sekä analysoinnin, jonka avulla voidaan parantaa teollisuusalueen yleistä turvallisuutta. (Schneider Electric s.a.b.)

EcoStruxure Power Monitoring Expert on avoin ja omaa laajasti skaalautuvan arkkitehtuurin, jolla voidaan yhdistää kaikki älykkäät laitteet yhteen kokonaisuuteen. PME:n mukautettavan käyttöliittymän avulla voidaan seurata reaaliaikaisesti tehon ja laitteiden tapahtumia. Ohjelmiston avulla yritys saa arvokasta tietoa omasta sähköverkon kunnosta ja esimerkiksi prosessilinjojen energiatehokkuudesta, jotta voitaisiin tehdä tähän tietoon perustuvia mahdollisia päätöksiä tuotannon suorituskyvyn parantamiseksi. (Schneider Electric s.a.a.)

5.3 Älykäs tehonmittaus

Pelloksen vaneritehtaiden sähkönjakelun laadunvalvonnassa apuna on Schneider Electricin valmistamat Powerlogic PM5320 -tehomittarit (kuva 14). Kyseiset tehomittarit kommunikoivat keskenään Schneiderin PME-ohjelmiston kanssa ja luovat näin lähes vaivattoman sähkönjakelun valvonnan. Mittarit ja PME on otettu käyttöön samaan aikaan vuoden 2022 loppupuolella. Nykyisillä mittareilla pääpaino on sähkömittauksella, mutta niitä on tarkoitus jalostaa hälytyksien tuottamiseen ja valvontaan.

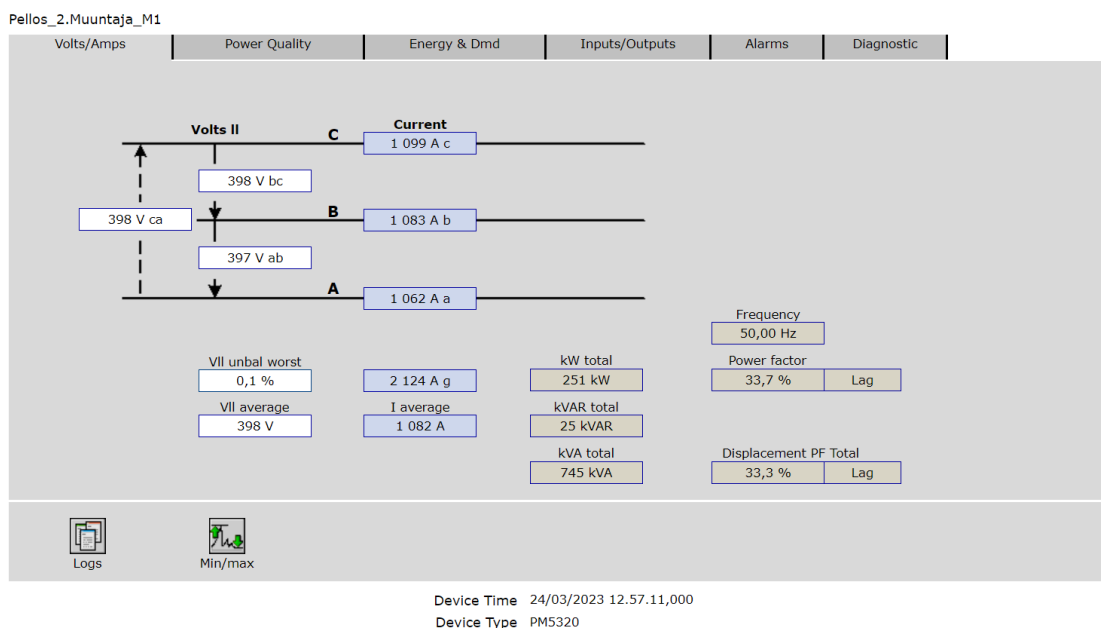


Kuva 14. Powerlogic 5300 -sarjan tehomittari (Sonepar s.a.)

Tämänhetkinen tehomittareiden määrä tehtaalla on seuraava:

- Pellos 1 – 9 kpl
- Pellos 2 – 11 kpl
- Pellos 3 – 3 kpl
- Puumi – 8 kpl
- Voimalaitos – 3 kpl

Mittareiden määrästä voidaan todeta, että Schneider Electricin ohjelmiston ja laitteiden avulla Pelloksen vaneritehtaiden sähköosasto saa laajan kuvan sähköverkon käytöstä. Kuvasta 15 nähdään, että tehomittarilta tulee paljon tärkeää dataa tarkasteltavaksi. Sen avulla voidaan katsoa vaiheiden välisiä jännitteitä ja virtoja sekä nähdään tehon kulutus ja tehokerroin. Nämä tiedot voidaan katsoa toimistolta käsin eikä tarvitse kuluttaa asentajien aikaa kyseiseen työhön.



Kuva 15. Tehomittarin näkymä PME:stä

5.4 Suojareleet

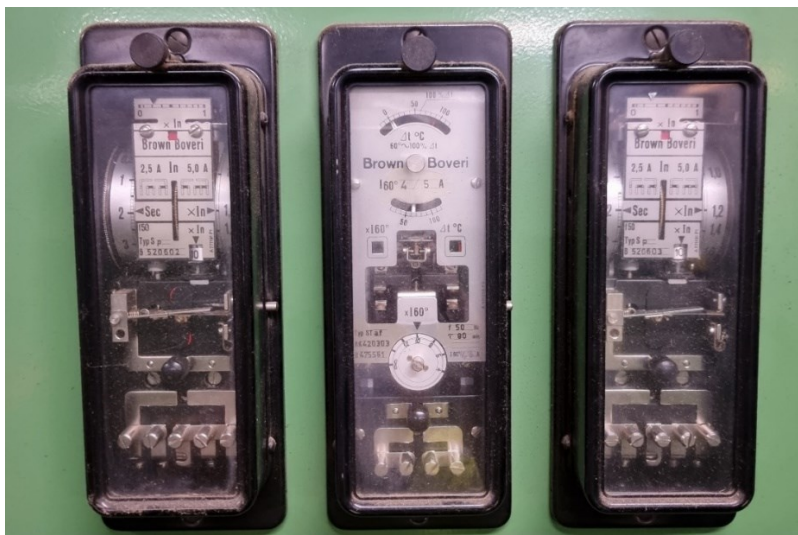
Tämän hetkisiin tehtaalla käytettäviin suojareleisiin kuuluu uudempaa sekä vanhempaa kalustoa. Kuvassa 16 on Arcteq AQ-F201 -suojarele, jota käytetään Pelloksen vaneritehtaiden keskijännitejakelun ylijännitteitä ja maasulkuja suojaavana laitteena.



Kuva 16. Tehtaan yksi Arcteq AQ-F201-suojareleistä (Arcteq s.a)

Arcteq AQ-F201 on ylivirta- ja maasulkulaite, joka tarjoaa ratkaisun kaikkiin käyttöihin, joissa tarvitaan suuntaamattomia ylivirta- ja maasulkusuojauksia. AQ-F201:ssä on erilaisia toimintoja suojaukseen, mittaukseen, valvontaan, ohjaukseen ja viestintään sekä ohjelmoitava käyttöliittymä. (Arcteq s.a)

Vanhat suojareleet ovat Brown-Boverin 1960-luvulla valmistamat elektrome-
kaaniset suojareleet (kuva 17). Niitä on tällä hetkellä tehtaan sähkönsjakelussa
vain 4 kpl. Vanhasta iästään huolimatta ne ovat toimineet 2020-luvulle kiitettä-
västi, mutta jos niistä halutaan tulevaisuudessa saada hälytystietoja, niin nii-
den päivittäminen uudempaan malliin on pakollista.



Kuva 17. Brown Boverin suojarele

5.5 Havainnot

Työhön tarvittavien kosketintietojen keräämisen loppupuolella huomasimme ohjaajani Markon kanssa, kun törmäsimme juuri aiheeseen liittyvään ongelmaan. Kuvassa 18 nähdään yksi Pellos 2:n suojarleistä sammuneena. Tästä tapahtumasta ei ilmoitusta tullut kenellekään, koska tehtaalla ei ole teknologiaa, joka laukaisisi hälytyksen. Tämä antoi lisäsyitä suojarleiltä saatavien hälytystietojen keräämiseen ja vanhojen mallien päivittäminen uusiin.



Kuva 18. Sammunut suojarlele

Sammumisen syynä oli 110 VDC tasajännitevaraajan sulake, jota ei ollut laitettu huollon jälkeen takaisin omalle paikalleen. Olkoon tämä hyvä esimerkki siitä, miten huomaamaton asia voi olla, jos siitä ei kukaan saa tietää. Ilman suojarleitä oikosulun sattuessa se olisi voinut hajottaa koko kojeiston ja kiskoston sekä mahdollisesti katkaisijan varassa olevat sähkölaitteet. Tässä tapauksessa vauriot olisivat olleet suuria ja täten aiheuttanut yritykselle ylimääräisiä kuluja.

6 KEHITYSSUUNNITELMA

Tässä osiossa esitetään kehityssuunnitelma, jonka tarkoituksena on antaa riittävät lähtökohdat parantamaan Pelloksen vaneritehtaiden sähkönjakelun ja tuotannon turvallisuutta. Suunnitelmaa voidaan käyttää hyvänä perustana kehitysidean eteenpäin viemisessä sekä mahdollisesti tulevaisuudessa edistää entisestään.

Suunnitelman teossa on otettu huomioon työn toteutuksen mahdollinen ajankohta. Tämä tarkoittaa sitä, että ajankohtaisempi suunnitelma tulee tehdä, kun toteutuksen ajankohdasta ollaan varmoja. Tällä vältetään vanhentuneiden tietojen käytöltä, jos sähkönjakeluun tulee uusia hankintoja tai muutoksia ennen hälytystekniikan toteuttamista. Tehtaalla on kuitenkin jo pieni määrä uudemmaa tekniikkaa ja siitä on apua tämän suunnitelmaan tarvittavien tietojen keräyksessä.

6.1 Hälytysjärjestelmä

Tässä osiossa on tarkoitus pohtia hälytysjärjestelmän kannalta kannattavin vaihtoehto, jonka pohjalle suunnitelma tehdään.

6.1.1 EcoStruxure Power Monitoring Expert

Tämän hetkinen Schneider Electricin ohjelmisto olisi hyvä pohja, johon rakentaa tämän suunnitelman kattavat hälytystekniset asiat. Se on tällä hetkellä yksi uusimmista tehtaan käytössä sähkönjakeluun liittyvistä hankinnoista, jota kannattaisi ehdottomasti tulevaisuudessa hyödyntää.

PME:stä saadaan jo valmiiksi Schneider Electricin tehomittareista verkon kannalta tärkeitä tietoja ja hälytysjärjestelmää voitaisiin hyödyntää saman ohjelmiston kautta. Tämän ohjelmiston avulla tiedot voidaan tarkistaa suoraan työkoneelta tai vaikka älypuhelimesta. Hälytykset saadaan siis järjestettyä siten, että kun määritelty hälytys laukeaa järjestelmässä niin sama ilmoitus tulee sähköosaston työnjohtajien puhelimeen. Tämä antaa työnjohtajille arvokkaan varaslähdön kriittisten ongelmien ratkaisunopeuteen, jos verrataan tilannetta, että jokin henkilö ilmoittaa sähkökatkoksesta viiveellä.

Katkaisijoiden tilatietojen lisäksi suunnitelmaan sisällytettäisiin suojuareiden päivittäminen ja muuntajien lämpötilan seuranta. PME antaa paljon mahdollisuuksia luoda yhteydet näille tiedoille. Helpoin olisi kuitenkin luoda yhteys katkaisijatietojen, muuntajien lämpötilan sekä suojuareiden mahdollisten hälytystietojen välille ohjelmoitavan logiikan välityksellä. Schneider Electriciltä löytyy mallistostaan tämä ohjelmiston ympärille vaihtoehtoja, jotka ovat tulevaisuuden kannalta järkeviä. Myös ohjelmiston käyttöä ja kehitystä voitaisiin jatkaa tämän kehityssuunnitelman toteutuksen jälkeen Schneider Electricin kanssa.

6.1.2 ABB Saco 64D4

Toinen potentiaalisista vaihtoehtoista olisi ABB:n tuotesarjaan kuuluva hälytysyksikkö Saco 64D4. Se on itsenäisesti toimiva hälytysyksikkö, jota suunniteltiin tehtaalle vuonna 2015 ja niistä suunnitelmista jäi tuolta ajalta ainoastaan alustavat hälytyskaaviot.

Saco 64D4:n liittäminen tehtaan verkkoon tarkoittaisi sitä, että sähköjakelun valvonnassa käytössä olisi kaksi eri valmistajan tuotetta kun otetaan huomioon jo olemassa oleva PME. Jos Sacolla haluttaisiin luoda vastaavat mahdollisuudet sähköjakelun seurantaan kuten PME:llä niin tällöin käyttöön tulisi ottaa MicroSCADA-ohjelmisto. Alustavasti oli kuitenkin suunniteltu, että Sacon tiedot tuotaisiin etäyhteydellä HMI:lle, joka sijaitsisi tehtaan sähkökorjaamolla ja valvonta suoritettaisiin siltä. Tästä johtuukin se, että ilman MicroSCADA-ohjelmistoa, mahdollisuudet jäisi suppeaksi.

Tämän vaihtoehdon osalta täytyy kuitenkin huomioida se, että tästä viimeisimmästä ajatuksesta Sacon hankkimisesta on jo mennyt kohta kymmenen vuotta ja markkinoille on tullut siinä ajassa paljon uutta teknologiaa. Tämä kannattaisi aina ottaa huomioon kun luodaan uutta projektia ja halutaan sen jatkavan vielä pitkään tulevaisuuteen.

6.1.3 PLC ja HMI

Kolmas hieman samanlainen idea PME:n kanssa olisi luoda ohjelmoitavalla logiikalla ja HMI:llä haluttu katkaisijatietojen ja muuntajien lämpötilojen seuranta. Tulevaisuuden kannalta tämä olisi hyvä idea PLC:n ohjelman muokattavuuden takia. Yhteydet tehtäisiin lähes identtisesti kuten PME:n tapauksessa

mutta silloin jouduttaisiin luomaan oma erillinen näkymä HMI:lle, joka olisi helpposti itse muokattavissa, jos se päätettäisiin luoda itse.

6.1.4 Päätös ohjelmistosta

Tämän kehitysuunnitelman kannalta parhaaksi valinnaksi tuli jatkaa jo olemassa olevan EcoStruxure Power Monitoring Expertin kehittämistä. Se on moderni ja tulevaisuuden kannalta paras vaihtoehto. Olisi huono idea jättää käyttämättä jo valmiina olevaa toimivaa konseptia ja tuoda täysin uusi kokoonpano, jolle jouduttaisiin tekemään kokonaan uusi kartoitus toimivuutensa kannalta. Isona positiivisena asiana tällä ohjelmistolla on myös se, että hälytystietojen saanti ei ainoastaan rajoitu tehdasalueelle vaan myös älypuhelimien mukana työpaikan ulkopuolelle.

6.2 Laittevalinnat

Tämän osion tarkoituksena on avata kehitysuunnitelman vaatimaa laitteistoa. Laitteiden valinnassa suurena apuna toimi Schneider Electricin Petja Jantunen, jolta saimme arvokasta tietoa työn edistymistä ajatellen.

Valinta PME:n kehityksestä antaa mahdollisuuden sisällyttää tähän samaan suunnitelmaan muuntajien lämpötilatietojen sekä 110 VDC akustojen jännitetasen seurannan. Myös näihin valitaan siis tarvittavat komponentit sekä muut tärkeät tiedot, jotka saadaan selville liitteestä 1.

6.2.1 Ohjelmoitava logiikka

Älynä kaiken tämän kokonaisuuden keskellä tulee toimimaan Modicon M221 -ohjelmoitava logiikka (kuva 19). Kyseinen logiikka sopii tämän suunnitelman toteutuksen sekä myös tulevaisuudessa jatkokehityksen kannalta. Päätös Modicon M221:n valitsemisessa auttoi myös se, että se on Schneider Electricin valmistama ja sopii käyttöön hyvin nykyisen Power Monitoring Expert -ohjelmiston kanssa. (Jantunen 2023.)



Kuva 19. Modicon M221 -ohjelmoitava logiikka (Schneider Electric s.a.c.)

6.2.2 Lämpötila-anturi

Muuntajien lämpötilatiedot tullaan keräämään PT100 -anturilla (uva 20) mutta jos päädytään eri mallin anturiin, niin täytyy varmistaa, että logiikalle tuleva tieto on 4-20 mA alueella. Tieto muuntajan lämpötilasta on todella tärkeää, koska niiden käyttöikä kärsii, jos lämpötila kohoaa ja pysyy korkealla käytön aikana. Lämpötilatiedon tulee olla analoginen (liite 1), jotta saadaan reaaliaikainen tieto muuntajan lämpötilasta. Liitteestä 2 nähdään, että anturin tieto kulkeutuu logiikan kautta ja on näin yhteydessä PME:hen. Yhteyden avulla voidaan luoda suora seuranta muuntajien lämpötiloista toimistolta käsin.



Kuva 20. PT100-anturi (Finnparttia s.a.)

6.2.3 Suojareleet

Keskijännitepuolen vanhan malliset suojareleet (kuva 21) tullaan uusimaan nykypäivään tehtaalla sijaitsevilla tämän hetkisillä Arcteq AQ-F201 -suojareleilla. Tämä siksi, koska jos tulevaisuudessa tarvitaan myös suojareleiltä hälytystiedot, niin vanhoilla malleilla se ei onnistu. Suojareleen mallin valitseminen tuntui luontevalta, koska nykyisiä uuden mallin suojareleitä tullaan hyödyntämään vielä pitkään. Kun tehdasalueella kaikki keskijännitepuolen suojareleet ovat samaa mallia tai ainakin saman valmistajan tuotesarjaa, niille on helppo tehdä kytkentäkaaviot tarvittaessa saman kaavan mukaan.



Kuva 21. Arcteq AQ-F201-suojarele (Arcteq s.a)

6.3 Hälytysten kosketintiedot

Koska halusimme tietoon hälytysten tulevat kosketintiedot, ensimmäisenä tehtävänä oli haluttujen hälytyskohteiden paikantaminen tehdasalueelta. Tämän työvaiheen aikana haluttiin sijaintien lisäksi saada selville, mitä tietoja tarvitsemme kohteista.

Työn ensimmäisessä vaiheessa täytyi siis ottaa selvää, mistä hälytystiedot halutaan saada. Näin vältytään ylimääräiseltä työltä tulevaisuudessa toteutusvaiheessa, kun on jo tiedossa valmiiksi, mistä hälytys-signaalit tulevat. Tämän osuuden teossa minun täytyi Markon kanssa pohtia, että mitkä katkaisijat on

ne tärkeimmät, joista halutaan tarpeen tullen hälytystieto. Apuna oli tehdasalueen oma pääjakelukaavio, mutta tietojen oikeinpitävyyden kannalta täytyi myös käydä varmistamassa kaikissa pääkeskuksissa tiedot. Kun olimme varmoja, mistä katkaisijoista ja muuntajista halusimme tiedot, apunamme oli Schneider Electricin Petja Jantunen, joka ohjasi tekemään potentiaaliset laitevalinnat.

Kerättyjen tietojen tuloksena syntyi I/O-taulukko (liite 1), jossa esitetään kohteen tunnuksat, määritelmä sekä missä ne sijaitsevat. Taulukossa myös kerrotaan, onko kyseinen tieto digital input vai analog input helpottaakseen toteutusvaiheessa tehtäviä valintoja niiden määrän suhteen. Liitteessä 1 nähdään mukana myös eri kohteiden 110 VDC akuston input-tiedot, jotka ovat kerätty jännitetasojen seurausta ajatellen. Akustoista voidaan halutessaan ottaa kosketintiedoilla hälytyksiä irti, eli jos akuston jännitetasot laskevat liian alhaisiksi, niin hälytys laukeaa.

Kun tarvittavat tiedot kasattiin I/O-taulukkoon, sen avulla saatiin rakennettua tehdasalueen järjestelmäkaavio (liite 2), joka toimii kehityssuunnitelman ytimenä. Järjestelmäkaaviosta näkee yhteyden laitevalinnoillamme, mistä tieto kulkee mihin ja minkälaisella tiedonsiirtomenetelmällä. Yhteys PME:n ja logiikan välillä toteutetaan tehdasalueen oman verkon kautta RJ45-kaapelilla ja katkaisijatiedot yhdistetään logiikkaan MMO 7x1,5 -ohjauskaapelilla.

Yksinkertaistettuna katkaisijatiedot on tarkoitus ottaa suoraan katkaisijoista ja muuntajien lämpötilatiedot tullaan keräämään PT100-anturilla. Kaikki nämä tiedot kulkevat Modicon M221 -ohjelmoitavan logiikan kautta tehdasalueen verkkoon. Verkon välityksellä tiedot siirretään PME:n käyttöliittymään, johon tullaan tekemään oma lohko Schneider Electricin puolesta. Järjestelmäkaaviossa (liite 2) ei olla otettu esille suojarleiden asemaa, koska toteutusvaiheessa tehdään uusi ajankohtainen suunnitelma, jossa ne otetaan huomioon. Suojarleiden päivitys on kuitenkin sisällytetty tähän kehityssuunnitelmaan, koska niiden päivityksen tärkeydestä tehtiin jo hyvä huomio tämän työn aikaisemmassa vaiheessa.

7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli luoda kehityssuunnitelma teollisuusympäristön sähköjakelun hälytystekniikalle ja sillä auttaa parantamaan sähköjakelun turvallisuutta sekä tuotannon sujuvuutta sekä toimintavarmuutta. Suunnitelman teossa oli myös tarkoitus ottaa huomioon tehtaalta jo valmiiksi löytyvää tekniikkaa, mitä tulevaisuuden kannalta olisi kannattavaa päivittää.

Tuloksena työstä saatiin kartoitettua tehdasalueen sähköjakelun tilaa sekä komponentteja, jotka olisi hälytysteknisten asioiden kannalta järkevää päivittää. Suunnitelmaan kerättiin tietoja halutuilta pääjakelun katkaisijoilta, joilta hälytystiedot haluttiin, sekä muuntajilta, joille lämpötilan seuranta toteutetaan. Työhön otettiin mukaan myös 110 VDC akusto, joilta saadaan varaajan häiriötieto, jos jännitteet laskevat liian alhaiseksi. Näiden tutkittujen asioiden tuloksena syntyi I/O-taulukko ja järjestelmäkaavio, joista voidaan nähdä, millainen uusi laitekoonpano tulisi olemaan ja millaisilla yhteyksillä ne kommunikoivat keskenään. Luodun suunnitelman avulla saatiin korostettua asioita, miksi sähköjakelun turvallisuuteen kannattaa panostaa.

Työn lopputuloksesta voidaan päätellä, että tämänkaltaisen suunnitelman tekeminen yritykselle oli tarpeen. Tehtaalla ei entisestään ollut nykyaikaiselle hälytysjärjestelmälle minkäänlaisia luotuja suunnitelmia, joten työtä lähdettiin tekemään lähes tyhjästä. Tästä syystä minun ja yrityksen ohjaajani kanssa täytyi tehdä paljon kriittisiä päätöksiä liittyen komponenttien valintaan ja hälytystietojen keräämiseen. Uusi suunnitelma antaa lyhyemmän matkan työn toteutukselle, koska asiaa on valmiiksi tutkittu ja huomattu sen olevan hyödyllinen turvallisuuden ja kannattavuuden näkökulmasta. Työssä esitetty esimerkki sammuneesta suojarieleestä on myös hyvä kannanotto tämän suunnitelman vartenotettavuudelle.

Opin työn aikana paljon siitä, millaista on lähteä tekemään työelämän oikeasta aiheesta kehityssuunnitelmaa. Aihe oli jo minulle esittäessä erittäin mielenkiintoinen, joka auttoi minua motivoitumaan itse aiheeseen. Mielenkiintoista oli myös se, kun pääsin tekemään tätä työtä juuri sille työmaalle, jolla itse olen ollut töissä. Pääsin myös hyödyntämään aikaisempaa kokemustani ja oppimaan työn ohella uusia asioita sähköjakelun kannalta hyvin tärkeästä aiheesta.

LÄHTEET

Arcteq. AQ-F201 overcurrent and earth fault device. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.arcteq.fi/product/aq-f201-overcurrent-and-earth-fault-device/> [viitattu 27.3]

DIGMA. s.a. Jakelujärjestelmät. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://moodle.amk.fi/mod/book/tool/print/index.php?id=3851> [viitattu 16.2.2023]

Finnparttia. PT100. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finnparttia.fi/PT-100-C> [viitattu 27.3.2023]

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Vantaa: Hansaprint Oy.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Vantaa: Hansaprint Oy.

Jantunen, P. 2023. Projektipäällikkö. Haastattelu 17.2.2023. Schneider Electric.

Korpinen, L s.a.a. Muuntajat ja sähkölaitteet. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf [viitattu 27.1.2023]

Korpinen, L s.a.b. Sähkön siirto- ja jakeluverkot. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakeluverkot.pdf [viitattu 27.1.2023]

Kunnossapitokoulu. Prosessisähköistyksen kunnossapito osa 2. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.momenthits.fi/ESV5230/kunnossapito_2.pdf [viitattu 2.3.2023]

Multirel. s.a. Maasulkutilanne ja kompensoinnin tarkoitus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://multirel.fi/kompensointi-ja-maasulkureleet/maasulkuvirran-kompensointi/maasulkutilanne-ja-kompensoinnin-tarkoitus/> [viitattu 9.3.2023]

Mäkinen, M. & Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Phoenix Contact. 2023. Ylijännitesuojaus – perusteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/teknologiat/ylijannitesuojaus-tekniikka/ylijannitesuojaus-perusteet#ex-jxade> [viitattu 2.4.2023]

Schneider Electric. s.a.a. Power Monitoring Expert. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.se.com/fi-fi/product-range/65404-power-monitoring-expert/#overview> [viitattu 6.2.2023]

Schneider Electric. s.a.b. EcoStruxure Power Monitoring Expert. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=998-20258337_PME_ebro_GMA_V2 [viitattu 6.2.2023]

Schneider Electric. s.a.c. Ohjelmoitava logiikka Modicon M221. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/62128-ohjelmoitava-logiikka-modicon-m221/> [viitattu 25.3.2023]

Sonepar. s.a. PM5320. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://verkko-kauppa.sonepar.fi/fi/pm5320-3v-x-5a-lk0-5s-pan-metsepm5320-6712010> viitattu 25.3.2023]

UPM Kymmene Oyj. 2021. Vuosikertomus. Verkkolehti. Saatavissa: <https://user-fudicvo.cld.bz/UPM-Vuosikertomus-2021/52-53/> [viitattu 20.1.2023]

UPM Plywood Oy. 2022. Pellos tehdasesitys. Powerpoint. [viitattu 20.1.2023]

UPM Plywood Oy. s.a. UPM Pellos Plywood Mill. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.wisaplywood.com/contacts/production-units/pellos/> [viitattu 27.1.2023]

KUVALUETTELO

- Kuva 1. Vanerin tuotantoprosessi (UPM Plywood Oy 2023)
- Kuva 2. Pelloksen vaneritehtaat (UPM Plywood Oy s.a.)
- Kuva 3. Esimerkkitehtaan keskijännitejakelu
- Kuva 4. TN-S-jakelujärjestelmän rakenne (DIGMA s.a)
- Kuva 5. IT-jakelujärjestelmän rakenne (DIGMA s.a)
- Kuva 6. Pellos 3:n ilmakatkaisija
- Kuva 7. Häviötön yksivaihemuuntaja tyhjäkäynnissä (Korpinen s.a.a.)
- Kuva 8. 20 kV / 400 V kuivamuuntaja
- Kuva 9. Kennokeskus
- Kuva 10. Kotelokeskus
- Kuva 11. Kaappikeskus
- Kuva 12. Yksivaiheisen maasulun teoreettinen tilannekuva (Multirel s.a.)
- Kuva 13. Pelkistetty sähkönjakelu PME:n näkymästä
- Kuva 14. Powerlogic 5300 -sarjan tehomittari (Sonepar s.a.)
- Kuva 15. Tehomittarin näkymä PME:stä
- Kuva 16. Tehtaan yksi Arcteq AQ-F201 suojarleistä
- Kuva 17. Brown Boverin suojariele
- Kuva 18. Sammunut suojariele
- Kuva 19. Modicon M221 ohjelmoitava logiikka (Schneider Electric s.a.c.)
- Kuva 20. PT100 -anturi (Finnparttia s.a.)
- Kuva 21. Arcteq AQ-F201 suojariele (Arcteq s.a)

I/O-taulukko					
NO	KOHDE	SJAINTI	MÄÄRITELMÄ	DI	AI
1	Puumi	J10	Katkaisija hälytys	x	
2	Puumi	T18	Muuntaja lämpötila		x
3	Puumi	J09	Katkaisija hälytys	x	
4	Puumi		Maasulkusuoja	x	
5	Puumi	J08	Katkaisija hälytys	x	
6	Puumi		Maasulkusuoja	x	
7	Puumi	J07	Katkaisija hälytys	x	
8	Puumi		Maasulkusuoja	x	
9	Puumi	J01	Katkaisija hälytys	x	
10	Puumi		Maasulkusuoja	x	
11	Puumi	J03	Katkaisija hälytys	x	
12	Puumi		Maasulkusuoja	x	
13	Puumi	J04	Katkaisija hälytys	x	
14	Puumi		Maasulkusuoja	x	
15	Puumi	J05	Katkaisija hälytys	x	
16	Puumi	T17	Muuntaja lämpötila		x
17	Puumi		Akusto 110 VDC	x	
18	Puumi		Valokaari rele lauennut	x	
19	Puumi		Kiskon maasulku	x	
20	Puumi		Kiskon alijännite	x	
21	Vanha voimalaitos	Q8	Katkaisija hälytys	x	
22	Vanha voimalaitos	Q7	Katkaisija hälytys	x	
23	Vanha voimalaitos	Q6	Katkaisija hälytys	x	
24	Vanha voimalaitos	Q5	Katkaisija hälytys	x	
25	Vanha voimalaitos	T4	Muuntaja lämpötila		x
26	Vanha voimalaitos	Q4	Katkaisija hälytys	x	
27	Vanha voimalaitos	T3	Muuntaja lämpötila		x
28	Vanha voimalaitos	Q3	Katkaisija hälytys	x	
29	Vanha voimalaitos	T2	Muuntaja lämpötila		x
30	Vanha voimalaitos	Q2	Katkaisija hälytys	x	
31	Vanha voimalaitos	T1	Muuntaja lämpötila		x
32	Vanha voimalaitos	Q1	Katkaisija hälytys	x	
33	Vanha voimalaitos	Q01	Katkaisija hälytys	x	
34	Vanha voimalaitos		Akusto 110 VDC	x	
35	Uusi voimalaitos	5	Katkaisija hälytys	x	
36	Uusi voimalaitos	T16	Muuntaja lämpötila		x
37	Uusi voimalaitos	4	Katkaisija hälytys	x	
38	Uusi voimalaitos	T15	Muuntaja lämpötila		x
39	Uusi voimalaitos	3	Katkaisija hälytys	x	
40	Uusi voimalaitos	T14	Muuntaja lämpötila		x
41	Uusi voimalaitos		Akusto 110 VDC	x	
42	Pellos 1	Q1	Katkaisija hälytys	x	
43	Pellos 1	Q2	Katkaisija hälytys	x	
44	Pellos 1	T5	Muuntaja lämpötila		x
45	Pellos 1	Q3	Katkaisija hälytys	x	
46	Pellos 1	T6	Muuntaja lämpötila		x
47	Pellos 1	Q4	Katkaisija hälytys	x	
48	Pellos 1	T7	Muuntaja lämpötila		x
49	Pellos 1	Q5	Katkaisija hälytys	x	
50	Pellos 1	T8	Muuntaja lämpötila		x
51	Pellos 1		Akusto 110 VDC	x	
52	Pellos 2	Q3	Katkaisija hälytys	x	
53	Pellos 2	T9	Muuntaja lämpötila		x
54	Pellos 2	Q4	Katkaisija hälytys	x	
55	Pellos 2	T10	Muuntaja lämpötila		x
56	Pellos 2	Q5	Katkaisija hälytys	x	
57	Pellos 2	T11	Muuntaja lämpötila		x
58	Pellos 2		Akusto 110 VDC	x	
59	Pellos 3	Q3	Katkaisija hälytys	x	
60	Pellos 3	T12	Muuntaja lämpötila		x
61	Pellos 3	Q4	Katkaisija hälytys	x	
62	Pellos 3	T13	Muuntaja lämpötila		x

Järjestelmäkaavio

Liite 2

