



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Myllykangas

110/20kV MUUNTAJAN OHJAUS- JA SUOJARELEIDEN STANDARDISOINTI

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Myllykangas
Opinnäytetyön nimi	110/20kV Muuntajan Ohjaus- ja Suojareiden Standardi- sointi
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	45 + 3 liitettä
Ohjaaja	Mikko Västi

ABB on luonut suunnittelua varten muuntajakentän ohjaukseen ja suojaukseen liittyvät pohjapiirikaaviot tyypillisen 110/20kV muuntajakentän ohjauspaneelille, jossa muuntajakentän pääsuojareleenä on käytetty ABB:n RET620-uuntajasuojarelettä, sekä varasuojareleenä REF620-linjasuojarelettä.

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella kyseisen ohjaustaulun suojareleille standardikonfiguraatiot, joilla toteutetaan kyseisen muuntajakentän ohjaus ja suojaus. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella konfiguraatioita vastaavat suojauskaaviot, vakiosignaalistat sekä päivittää työn edistyessä vaadittavat muutokset ohjauspaneelin pohjapiirikaavioihin niin, että piirikaaviot vastaavat relekonfiguraatioiden toiminnallisuutta.

Työn lopuksi konfiguraatiot oli tarkoitus testata ABB:n FAT-alueella käyttäen Omicron-testilaitteistoa, ja samalla luoda testausta varten Omicron-testipohjat sekä testiohjeet.

Työn lopputuloksena saatiin asetetut tavoitteet täytettyä. Suunnittelun lopputuloksena valmistui ABB:lle valmiit standardirelekonfiguraatiot, suojauskaaviot sekä päivitetty pohjapiirikaaviot, joita ABB voi hyödyntää vastaavien muuntajakenttien ohjauksen ja suojauksen suunnittelussa tulevissa projekteissa. Testausvaihe Omicron-testilaitteistolla rajattiin pois työstä Covid-19 pandemian aiheuttamien rajoitteiden vuoksi.

ABSTRACT

Author	Jani Myllykangas
Title	110/20kV Transformer Relay Protection and Control Standardization
Year	2020
Language	Finnish
Pages	45 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Mikko Västi

For design purposes, ABB has created base circuit diagrams related to transformer bay control and protection, for a typical 110 / 20kV transformer bay control panel, using ABB's RET620 transformer protection relay as a main protection relay and REF620 line protection relay as a backup protection relay for the transformer bay.

The main aim of this thesis was to design standard configurations for the protection relays of the respective control panel, which implement the control and protection of the respective transformer bay. In addition, the aim was to design protection diagrams and standard signal lists corresponding to the configurations, and as the work progressed, to update the changes to the control panel base circuit diagrams so that the circuit diagrams correspond to the functionality of the relay configurations.

The configurations were to be tested in the ABB FAT area using Omicron test equipment, and at the same time Omicron test templates and test instructions were to be created for testing.

The set aims were met. As a result of the design work, standard relay configurations, protection diagrams and updated base circuit diagrams were completed, which ABB can utilize in the design of control and protection of the corresponding transformer fields in future projects. The testing phase with Omicron test equipment was cut from the thesis due to the restrictions caused by the global Covid-19 pandemic.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

1	JOHDANTO	9
1.1	Tarkoitus ja tavoitteet.....	9
1.2	ABB.....	9
2	SÄHKÖASEMAT	11
2.1	Kytinasema	11
2.2	Sähköasema	11
2.3	Sähköaseman perusrakenne	12
3	MUUNTAJAKENTÄN RAKENNE.....	14
3.1	Katkaisija	16
3.1.1	Katkaisijan ohjaus.....	16
3.2	Eroottimet.....	17
3.2.1	Maadoituserottimet	18
3.2.2	Eroottimien ohjaus.....	18
3.3	Mittamuuntajat	19
3.4	Muuntaja.....	20
3.4.1	Muuntajan rakenne	20
3.4.2	Muuntajan sisäiset viat.....	22
3.4.3	Muuntajan integroidut suojat.....	23
3.4.4	Muuntajan ulkoinen suojaus.....	25
3.5	Suojareleet	29
3.5.1	Pääsuojarele RET620.....	30
3.5.2	Varasuojarele REF620	30
3.5.3	PCM600-ohjelmisto	31
3.5.4	GOOSE-kommunikaatio	34

4	SUUNNITTELU JA KONFIGUROINTI.....	35
4.1	Suojauskaavio	36
4.2	Konfiguraatio	37
4.2.1	Pohjakonfiguraatio.....	38
4.2.2	I/O-kanavien määrittäminen.....	38
4.2.3	Suojaus- ja laukaisupiirien määrittäminen.....	40
4.2.4	Ohjauspiirien määrittäminen.....	42
4.2.5	Hälytys- ja valvontapiirien määrittäminen.....	45
4.2.6	Mimiikka.....	50
4.3	Piirikaavion korjaus.....	50
5	YHTEENVETO	53
5.1	Tavoitteiden toteutuminen.....	53
5.2	Jatkotutkimukset	53
	LÄHTEET	54

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Sähköaseman pääkaavion kenttärakenne	13
Kuva 2. Muuntajakentän pääkaavio	15
Kuva 3. Katkaisijan Q0-ohjaimen yleiskaavio	17
Kuva 4. Erottimien Q1- (ja maadoituserottimen Q91-) ohjaimen yleiskaavio.....	19
Kuva 5. Päämuuntajan PT1-yleiskaavio	24
Kuva 6. PCM600-käyttöliittymä.....	32
Kuva 7. PCM600-valintaikkuna	33
Kuva 8. Suunnitteluprosessin prosessikaavio	35
Kuva 9. Muuntajakentän suojauskaavio.....	36
Kuva 10. PCM600-muuttujan seurantavalikko	39
Kuva 11. RET620 X110-kortin I/O-kanavat	40
Kuva 12. RET620 Master trip-piirit.....	41
Kuva 13. RET620-ylivirtasuojalohko	42
Kuva 14. RET620-ohjauspiirit.....	42
Kuva 15. REF620-katkaisijoiden ohjaukset	44
Kuva 16. REF620-erottimien ohjaukset.....	44
Kuva 17. REF620-valvontapiirit.....	46
Kuva 18. RET620-häiriötallenninpiiri	47
Kuva 19. REF620 LED-hälytyspiirit	48
Kuva 20. MVGAPC-lohko	49
Kuva 21. REF620 GOOSERCV_BIN Input-lohkot	49
Kuva 22. REF620-mimiikka.....	50
Kuva 23. RET620-mimiikka	50
Kuva 24. Piirikaavion RET620-punakynäkorjaukset	51
Kuva 25. Piirikaavion RET620-kytkennät korjattuna.....	52
Taulukko 1. Muuntajan mahdolliset viat ja suojaustavat /13/	26

LIITELUETTELO

LIITE 1. Suojauskaavio	56-57
LIITE 2. RET620-konfiguraatio.....	58-71
LIITE 3. REF620-konfiguraatio	72-89

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

A	Ampeeri
AC	Alternating Current, vaihtovirta
AI	Analog input, Analoginen tulosignaali
BI	Binary input, digitaali-/binääritulosignaali
BO	Binary output, digitaali-/binäärilähtösignaali
CB	Circuit Breaker, katkaisija
DC	Direct Current, tasavirta
HMI	Human Machine Interface, laitteen käyttöliittymä
HV	High Voltage, korkeajännite
IED	Intelligent Electronic Device, älykäs elektroninen laite, suo- jarele
LV	Low Voltage, matalajännite
MVA	Megavoltti-ampeeri
RET620	Transformer protection relay, muuntajan suojarele
REF620	Feeder protection relay, linjasuojarele
RTD	Resistance Temperature Detector, vastuslämpötila-anturi
V	Voltti
kV	Kilovoltti
VA	Voltti-ampeeri

1 JOHDANTO

1.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella 110/20 kV muuntajakentän ohjaukseen ja suojaukseen soveltuvat standardoidut suojarelekonfiguraatiot ABB:n RET620- ja REF620-suojareleille. Tavoitteena on suunnitella muuntajakentälle suojauskaavio, suojarelekonfiguraatiot, sekä päivittää muuntajakentän ohjauspaneelin pohjapiirikaaviot vastaamaan relekonfiguraatioiden toiminnallisuutta.

Luvussa 2 käydään läpi sähköasemia, sähköasemien eri tyyppisiä ja niiden perusrakennetta. Luvussa 3 perehdytään muuntajakentän rakenteeseen ja tarkemmin muuntajakentän ohjaukseen ja suojaukseen. Muuntajakentän suojareleiden RET620 ja REF620 toiminnallisuudet esitetään kappaleessa 3.5. PCM600-konfiguraatio-ohjelmiston esittely käydään läpi suojareleiden esittelyn yhteydessä kappaleessa 3.5.3. Luvussa 4 perehdytään relekonfiguraatioiden suunnitteluprosessiin purkamalla suunnitteluprosessi eri vaiheisiin.

1.2 ABB

ABB on vuonna 1988 alkunsa saanut ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni ja teknologiajohtaja, jonka päämääränä on edistää teollisuuden digitalisaatiota /1/. Konsernin pääkonttori sijaitsee Zürichin kaupungin laitamilla Sveitsissä /2/. Konsernin liikevaihto oli noin 27,662 miljoonaa dollaria vuonna 2018 /3/. Konsernilla on liiketoimintaa maailmanlaajuisesti yli 100 maassa, ja se työllistää noin 147 000 henkilöä, joista Suomessa työllistyy noin 5 400. Suomessa ABB:n toimintaa on noin 20 paikkakunnalla. /4/

ABB on keskittynyt neljään liiketoiminta-alueeseen: Electrification, Industrial Automation, Motion ja Robotics & Discrete Automation. Kaikkia liiketoiminta-alueita tukee yhteinen, digitaalinen ABB Ability™ -alusta. Viides liiketoiminta-alue, sähköverkkoihin keskittyvä Power Grids, myytiin joulukuussa 2018 japanilaiselle Hitachille. /5/

Power Grids ja Grid Automation Systems

ABB on maailmanlaajuisesti johtava verkonhallintajärjestelmien toimittaja. ABB:n Power Grids-liiketoiminta tarjoaa useita erilaisia tuotteita ja ohjelmistoja keskittyen sähköverkon hallintaan sekä suunnittelee ja toimittaa ohjaus-, automaatio- ja valvontajärjestelmäprojekteja. Lisäksi Power Grids tarjoaa siirto- ja jakeluverkon ratkaisuja, kuten sähköasemakokonaisuuksia. Tarjontaan kuuluu myös ylläpitopalveluja, kuten ennakkohuoltoa, etätukea, koulutusta ja varaosapalveluja.

Power Grids yhdistää liiketoimintaansa ABB:n kattavan tuotanto- ja jakeluverkoston, johon sisältyy muuntajat, katkaisijat, kytkinkojeistot sekä muut korkeajännitelaitteet, kuten suojareleet. Suurimmat asiakkaat, joille projekteja toimitetaan, ovat energia- ja sähköverkkoyhtiöt sekä teollisuus ja infrastruktuurikohteet, kuten rautatiet, metrot, lentokentät, satamat ja sairaalat.

Grid Automation-liiketoiminta työllistää maailmanlaajuisesti noin 4 000 henkilöä, joista Grid Automation Systems työllistää Suomessa noin 60. ABB Power Grids Finland Oy käynnisti toimintansa itsenäisenä osakeyhtiönä 1.11.2019. Power Grids-liiketoiminta siirtyy osittain Hitachille vuoden 2020 aikana. /6-7/

2 SÄHKÖASEMAT

Sähköasemat ovat tärkeässä roolissa osana Suomen sähkön tuotanto-, siirto- ja jakelujärjestelmää. Sähköasemilla yhdistetään sähkövoimalaitoksia siirtoverkkoihin, siirtoverkkoja jakeluverkkoihin, sekä yhdistetään eri jännitetasolla operoivia verkkoja toisiinsa. Sähköntuottajan ja kuluttajan välillä on tyypillisesti useampia eri sähköasemia.

Sähköasemat voidaan perinteisesti jakaa kahteen päätyyppiin: kytkinasemiin ja sähköasemiin.

2.1 Kytkinasema

Kytkinasemaksi kutsutaan sähköasemia, joissa ei ole muuntajia, ja jotka operoivat vain yhdellä jännitetasolla. Kytkinasemia käytetään siirtoverkossa sähkön keräys- ja jakelupisteinä, yhdistäen siirtoverkon eri linjoja toisiinsa ja eteenpäin muille sähköasemille, joiden kautta sähköenergia siirretään kohti kaupunkeja ja muita kulutuskokeskuksia. Kytkinasemilla on myös tärkeä rooli sähkönjakelussa vikatilanteen ilmetessä. Kytkinasemilla pystytään antamaan varasyöttöä sellaiselle verkon osalle, jonka pääsääntöinen syöttötie on vian takia poistettu käytöstä. Näin saadaan minimoitua sähkökatkokkien kestoja sekä taattua sähkön saanti vika-alueen kuluttajille myös pitempiaikaisen vikatilanteen ilmetessä.

2.2 Sähköasema

Yleisesti sähköasemaksi kutsutaan sellaisia sähköasemia, jotka sisältävät muuntajan tai useampia muuntajia ja useampia eri jännitetasoja.

Jakeluverkon sähköaseman tarkoitus on siirtää sähköenergiaa siirtoverkosta jakeluverkkoon, laskemalla siirtoverkosta otetun sähkön jännitetasoa step-down-muuntajalla sähkönjakeluun sopivalle tasolle. Jakeluverkon sähköasema koostuu tyypillisesti kahdesta siirtolinjasta sekä useista syöttölinjoista. Sähköenergia kulkee

siirtolinjojen kautta sähköaseman läpi ja poistuu sähköaseman syöttölinjoista kohti jakeluverkon muuntajia.

Niin kutsutut ”kerääjä”-sähköasemat nimensä mukaan keräävät tuotetun sähköenergian yhdeltä tai useammilta tuotantolaitoksilta, kuten tuuli-, aurinko-, lämpö- tai vesivoimaloilta. Tämän tyyppinen sähköasema muistuttaa rakenteeltaan jakeluverkon sähköasemaa, mutta sähköenergian virtaussuunta on käänteinen: kerääjä-sähköasemassa sähköenergia kulkee tuotantolaitoksen siirtolinjan kautta sisään sähköasemaan ja syöttölinjojen kautta step-up-muuntajille, joissa jännitetaso korotetaan sähkön siirtoverkon tasolle. Kerääjä-sähköasema sijoitetaan yleensä sähkön tuotantolaitoksen läheisyyteen. /8/

2.3 Sähköaseman perusrakenne

Sähköaseman rakenne voidaan jakaa kahteen pääosaan: ensiö- (primary) ja toisiopuoli (auxiliary).

Sähköaseman ensiöpuoleksi kutsutaan sähköaseman suurvirtapiirejä. Suurvirtapiirit koostuvat kokoojakiskostosta, kytkinkojeiston kautta kokoojakiskostoon kytke-tyistä voimalinjoista ja muuntajista, sekä kytkinkojeiston ohjaus- ja suojaelementteistä. Näitä ovat katkaisijat, erottimet, maadoituserottimet sekä virta- ja jännitemuuntajat. Sähköaseman kokoojakiskosto koostuu kolmesta matalaimpedanssista kiskosta, jotka toimivat sähköisenä yhdistäjänä useampien voimalinjojen ja muuntajien välillä.

Sähköaseman toisiopuoleksi voidaan kutsua suurjännitepiirien valvontaan, ohjaukseen ja suojaukseen tarkoitettuja piirejä ja laitteistoja. Esimerkiksi mittaus, valvonta, ohjaus- ja suojauslaitteet ovat osa sähköaseman toisiopuolta.

Sähköaseman rakenne jaetaan myös kenttiin (bay). Kenttätyppejä on monia, mutta tärkeimmät kenttätypit ovat pääsääntöisesti linjakenttä ja muuntajakenttä.

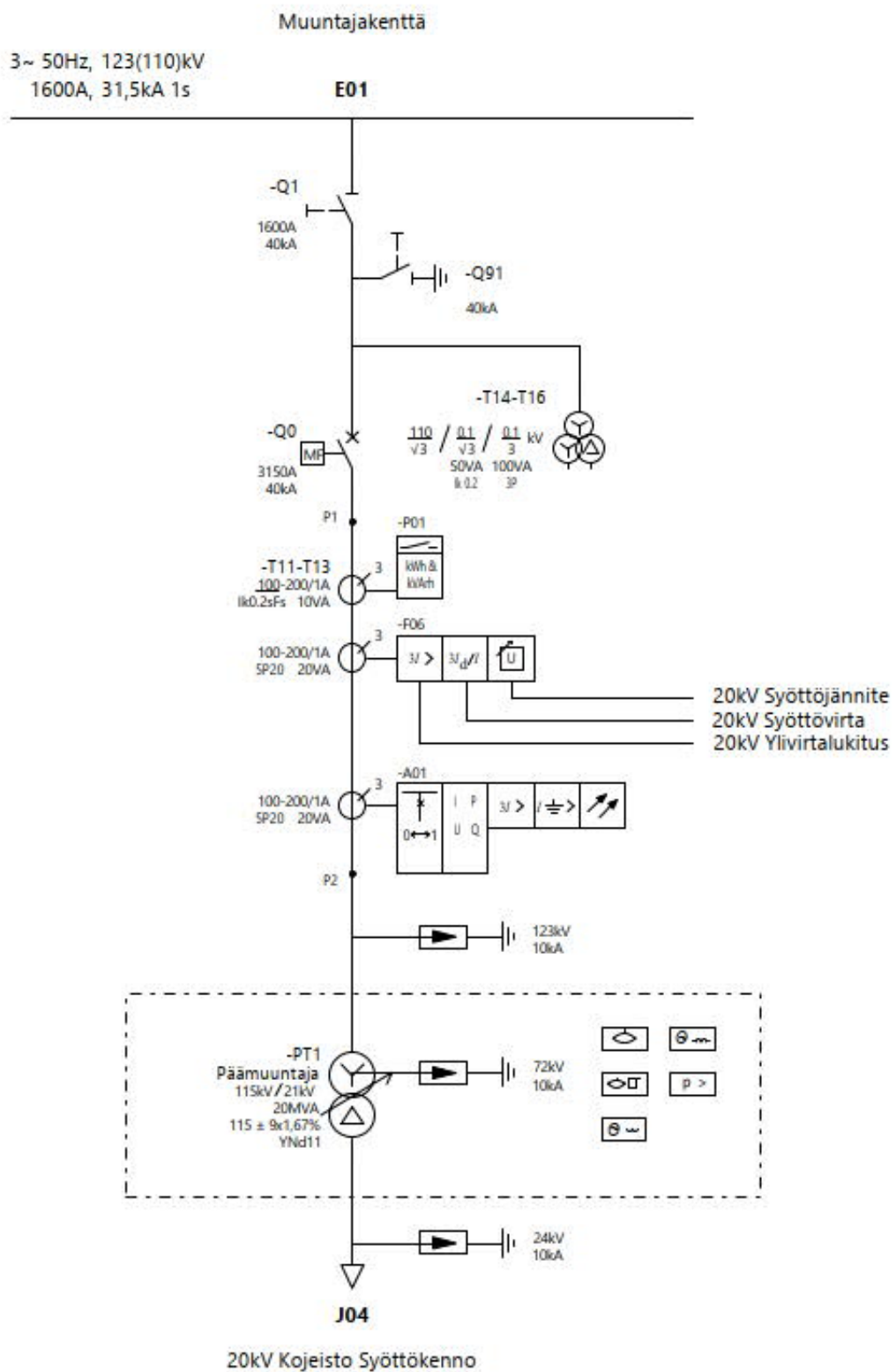
Kenttä koostuu katkaisijasta ja sitä ympäröivistä laitteista, erottimista ja maadoitus-erottimista sekä mittamuuntajista. Kenttä yhdistää yksittäisen voimalinjan tai muuntajan kytkinkojeiston läpi sähköaseman kokoojakiskostoon. Yksittäinen

3 MUUNTAJAKENTÄN RAKENNE

Tässä luvussa tutustutaan muuntajakentän rakenteeseen sekä kentässä esiintyviin eri ohjaus- ja suojauslaitteisiin. Lisäksi luvussa perehdytään tarkemmin muuntajakentässä esiintyvien laitteiden ja komponenttien muuntajakentän ohjauksen ja suojauksen kannalta oleelliseen rakenteeseen ja toiminnallisuuteen. Lopuksi luvussa käydään läpi muuntajakentässä ja muuntajassa ilmeneviä vikoja, sekä kuinka, ja minkälaisilla laitteilla muuntajakenttää ja muuntajaa suojataan kyseisiltä vioilta.

Muuntajakentän perustarkoitus on yhdistää muuntaja ohjaus- ja suojauslaitteiden kuten katkaisijoiden ja erottimien kautta sähköaseman kokoojakiskostoon sekä ohjata ja suojata kenttää ja muuntajaa. Muuntajakentän ensiöpuolen komponentteja ovat muuntajan lisäksi katkaisijat, erottimet ja maadoituserottimet sekä virta- ja jännitemuuntajat.

Muuntajakentän toisiopuoli koostuu ohjauspaneelistä, joka pitää sisällään kentän ohjaukseen, suojaukseen ja valvontaan liittyvät piirit ja laitteet, kuten suojareleet. Suojareleet ovatkin ohjauksen ja suojauksen kannalta muuntajakentän tärkein yksittäinen komponentti. Suojareleille kerätään kaikilta muilta ohjaus- ja suojauslaitteilta tarvittavat mittaus-, valvonta ja laukaisutiedot, joiden pohjalta suojareleet konfiguroidaan toteuttamaan muuntajakentän ensiöpuolen laitteiden turvallisen ohjauksen ja suojauksen. Kuvassa 2 on esitetty tässä opinnäytetyössä suojattavan muuntajakentän pääkaavio. /9/



Kuva 2. Muuntajakentän pääkaavio.

3.1 Katkaisija

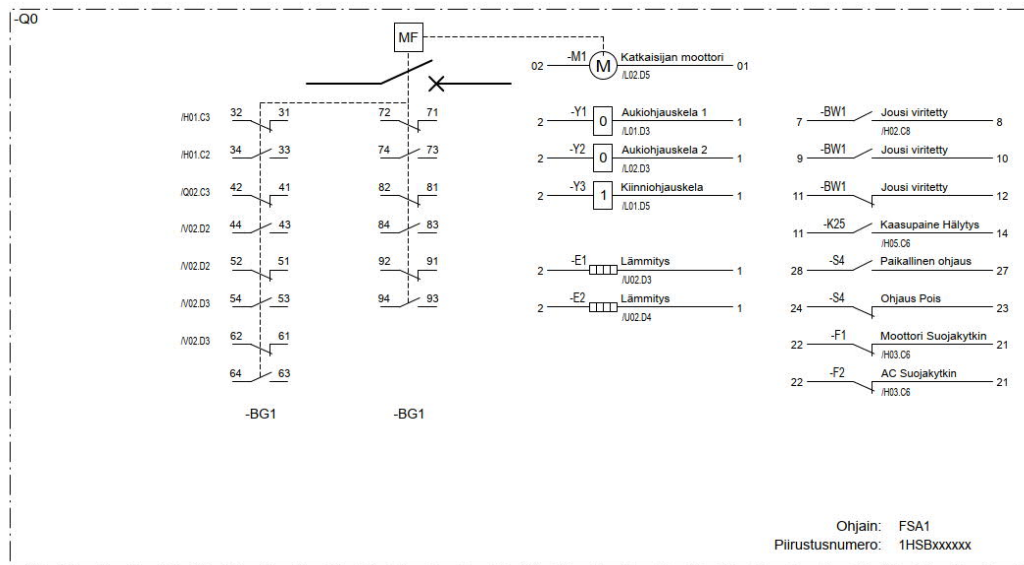
Katkaisija on muuntajan suojauksen kannalta tärkein ohjattava komponentti. Katkaisijan perustarkoitus on suojata muuntajaa sekä muuntajakentän kaapeleita ja laitteita vikatilanteessa ilmenevien korkeiden vikavirtojen aiheuttamilta vaurioilta, katkaisemalla muuntajakentän päävirtapiirin yhteyden sähköaseman kokoojakiskostoon. Katkaisijan ohjaus toteutetaan pääsääntöisesti suojareleellä. Katkaisijan ollessa kiinni ja suojareleen havaittua vikatilanteen, suojarele ohjaa laukaisukäskyllä katkaisijan koskettimet auki. /9/

Korkeasta jännitteestä ja virrasta johtuen, katkaisijan koskettimien ohjaus vaatii huomattavan suurta voimaa. Tämän vuoksi katkaisijat on varustettu ladattavilla jousilla, joihin varastoidaan riittävän suuri mekaaninen energia katkaisijan koskettimien auki- ja kiinniohjausta varten. Jousen viritys tapahtuu katkaisijassa olevan moottorin avulla, ja jousen viritys tapahtuu välittömästi katkaisijan jousen toimimisen jälkeen.

Katkaisijan koskettimien avauduttua, korkeajännite ja virta synnyttää katkaisijan sisällä koskettimien välille valokaaren. Valokaaren tukahduttamista varten katkaisija on täytetty SF_6 eristekaasulla.

3.1.1 Katkaisijan ohjaus

Katkaisijan toimintaa ohjataan katkaisijan ohjaimella. Katkaisijan ohjain sisältää katkaisijan auki- ja kiinniohjaamiseen liittyvät kelat, indikointiin ja hälytyksiin käytetyt apureleet sekä muut katkaisijan toimintaan liittyvät piirit ja apulaitteet. Suojareleiden katkaisijan ohjauskäskyt tuodaan muuntajakentän ohjauspaneelin laukaisupiireistä katkaisijan ohjaimelle. Kuvassa 3 on esitetty opinnäytetyön muuntajakentän katkaisijan Q0-ohjaimen yleiskaavio.



Kuva 3. Katkaisijan Q0-ohjaimen yleiskaavio.

Muuntajakentän ohjauksen ja suojauksen kannalta olennaisinta kuvassa 3 on katkaisijan auki- ja kiinniohjauskelat Y1-Y3, katkaisijan tilatiedon valvonnan apurele BG1, jousen virityksen valvontarele BW1 sekä SF_6 -kaasun paineen valvontarele K25.

Auki- ja kiinniohjauskeloille Y1-Y3 tuodaan kiinni- ja auki-ohjauskäskyt sekä laukaisutiedot suojarieleiltä. Kuvasta voidaan huomata, että auki-ohjauskeloja on kaksi kappaletta. Tällaisen auki-ohjauksen kahdennuksen tarkoituksena on parantaa katkaisijan auki-ohjauksen käyttövarmuutta vikatilanteessa.

Katkaisijan apureleellä BG1 indikoidaan suojarieleille katkaisijan tilatietoa, apureleeltä BW1 tuodaan jousen virityksen tilatieto, ja apureleeltä K25 tuodaan SF_6 -kaasun paineen hälytystieto. Näitä tietoja käytetään katkaisijan valvontaan ja ohjaukseen suojarieleiden konfiguraation puolella.

3.2 Erottimet

Erotin on suojalaite, jota käytetään sähköasemalla katkaisijan avaamisen jälkeen jännitteettömän kentän turvalliseen erottamiseen sähköaseman kokoojakiskostosta huoltotoimenpiteiden ajaksi /9/.

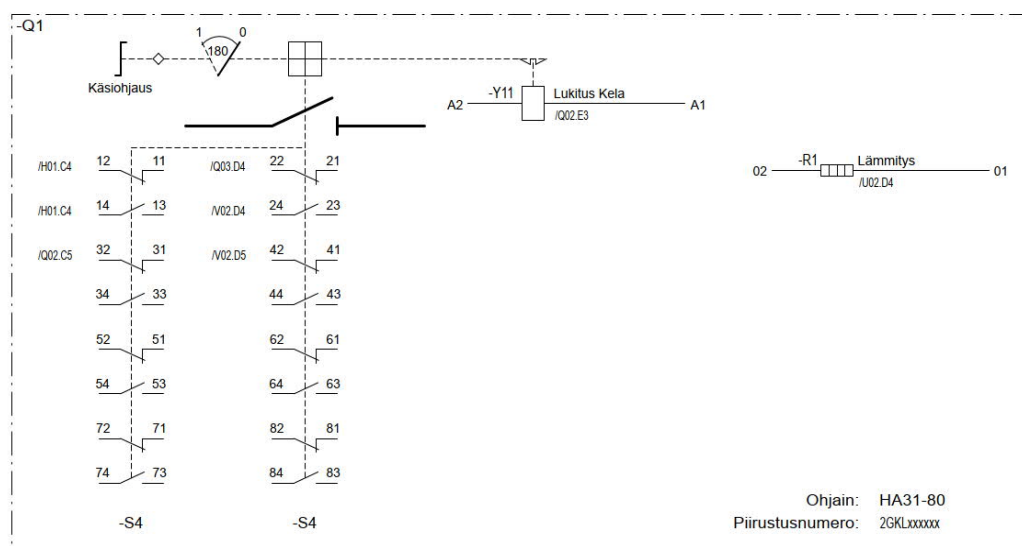
Erottimia voidaan ohjata manuaalisesti käsinohjauksella tai automaattisesti esimerkiksi suojareleillä. Toisin kuin katkaisijoissa, erottimissa ei ole mekanismeista valo-kaaren sammuttamiseen, eli erottimilla ei kytketä virtaa päälle tai pois päältä. Erottimien ohjaus on sallittua vain eristettävän piirin ollessa virraton. Erottimissa on myös lukitusmahdollisuus, jolla voidaan estää esimerkiksi erottimien kiinni-ohjaus muuntajakentän huoltotöiden aikana.

3.2.1 Maadoituserottimet

Maadoituserotin on suojalaite, jota käytetään lisäsuojana katkaisijan ja erottimen jälkeen. Katkaisijan ja erottimen ollessa auki, eristetyssä kentässä saattaa vielä esiintyä jäännösvarauksia, jotka saattavat vahingoittaa huoltotyöntekijöitä. Maadoituserottimen tehtävä on yhdistää jo eristetty verkon osa maapotentiaaliin. Maapotentiaaliin yhdistymällä saadaan purettua mahdolliset jäännösvaraukset eristetystä piiristä, ja näin tuotua lisäsuojaa työntekijöille huoltotöiden ajaksi. /9/

3.2.2 Erottimien ohjaus

Katkaisijan tapaan myös erottimen toimintaa ohjataan erottimen ohjaimella. Erottimen ohjain sisältää erottimen tilan indikointiin, hälytyksiin ja lukitukseen käytetyt apureleet sekä muut erottimen toimintaan liittyvät piirit ja apulaitteet. Kuvassa 4 on esitetty opinnäytetyön muuntajakentän erottimen Q1-ohjaimen yleiskaavio. Maadoituserottimen Q91-ohjain on tunnuksia lukuun ottamatta täysin identtinen erottimen Q1-ohjaimen kanssa.



Kuva 4. Erottimien Q1-(ja maadoituserottimen Q91)-ohjaimen yleiskaavio.

Muuntajakentän ohjauksen ja suojauksen kannalta olennaisinta kuvassa 4 on lukituskela Y11, erottimen tilatiedon valvonnan apurele S4. Erottimen ohjaus tapahtuu manuaalisesti käsin ohjauksella. Maadoituserottimen Q91-ohjain on täysin identtinen erottimen Q1-ohjaimen kanssa, pois lukien releiden ja kelojen tunnuksukset.

Lukituskelalle Y11 tuodaan lukitusehto suojareleiltä ja erottimen apureleeltä S4 viedään suojareleille erottimen tilatiedon indikoinnit. Näitä tietoja käytetään suojareleiden konfiguraatiossa erottimien tilan valvontaan ja ohjaukseen.

3.3 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat, kuten virta- ja jännitemuuntajat, ovat korkean tarkkuusluokan mittauslaitteita, joita käytetään muuntamaan virtaa tai jännitettä korkeajännite- tai suurvirtapiireistä ohjauspiirin mittauslaitteille sopivalle tasolle, samalla eristäen ohjausvirtapiirin galvaanisesti päävirtapiirin korkeista jännitteistä tai virroista. Mittamuuntajan ensiökäämi kytkeytyy korkeajännite- tai korkeavirtapiiriin ja mittamuuntajan toisiökäämistä viedään mittausjännite tai virta mittaus- ja valvontalaitteille, kuten suojareleelle. /9/

Suojareleet käyttävät virta- ja jännitemittauksia muuntajakentän turvalliseen ohjaukseen, valvontaan, vikatilanteiden havaitsemiseen sekä suojausfunktioiden

toteuttamiseen. Muuntajakentän varasuojareleelle A01 tuodaan virtamuuntajilta T11-T13 110kV vaihevirtamittaukset L1-L3 sekä jäännösvirtamittaus IO. Jännitemuuntajilta T14-T16 tuodaan U1-U3 sekä U0 jännitemittaukset relesuojausta varten.

Muuntajakentän RET620-pääsuojareleelle F06 tuodaan kahdennettuna samat virta- ja jännitemittaukset kuin varasuojareleelle A01. Varasuojareleestä poiketen, RET620-pääsuojareleelle tuodaan differentiaalisuojausta varten jännite- ja virtamittaukset myös 20kV alajännitepuolelta.

3.4 Muuntaja

Muuntaja on passiivinen sähkömagneettinen laite, jota käytetään muuttamaan vaihtosähköistä jännitettä tai virtaa toiseksi samantaajuiseksi jännitteeksi tai virraksi. Muuntaja siirtää sähköenergiaa yhdestä sähköisestä piiristä toiseen, luoden galvanisen erotuksen piirien välille.

Muuntajan pöörä rakenne koostuu rautasydäimestä sekä rautasydämen ympärillä olevista, toisistaan eristetyistä käämeistä, joita kutsutaan ensiö- ja toisiokäämiksi.

3.4.1 Muuntajan rakenne

3.4.1.1 Rautasydän

Muuntajan rautasydämen tarkoitus on siirtää ensiökäämiin synnyttämä muuttuva magneettivuoto toisiokäämiin, indusoiden toisiokäämiin jännitteen. Rautasydän rakennetaan tyypillisesti päällekkäin pinotuista, toisistaan eristetyistä laminoiduista teräslevyistä. Tällaisella rautasydämen rakenteella saadaan minimoitua rautasydämissä tapahtuvia pyörrevirtahäviöitä, ja näin parannettua muuntajan hyötysuhdetta.

3.4.1.2 Käämit

Muuntajan käämien tarkoitus on synnyttää ensiökäämiin syötetyn vaihtovirran avulla muuntajan rautasydämeen muuttuvan magneettivuonon. Käämien kierroslukujen välinen suhde määrittää muuntajan muuntosuhteen. Muuntajan käämiin jokainen yksittäinen kierros täytyy eristää toisistaan, jotta sähkövirta kulkeutuu jokaisen

käämin kierroksen läpi. Tehomuuntajissa eristys on yleensä toteutettu eristävällä paperilla. Muuntajan ensiö- ja toisiokäämit pinotaan päällekkäin muuntajan rautasydämen haaroihin ja eristetään toisistaan lisäämällä kerros eristepaperia ensiö- ja toisiokäämien väliin. Käämien liittimet sekä muuntajan tähtipisteen liitin on nostettu läpivientieristimien läpi muuntajan kannelle.

3.4.1.3 Käämikytkin

Käämikytkin on mekanismi, joka mahdollistaa muuntajan käämien kierrosluvun säädön askeleittain. Tehomuuntajan käämeissä on niin sanottuja ”tappeja” käämin kierroksien välillä, joihin käämikytkimellä yhdistymällä voidaan nostaa tai pienentää muuntajan käämin kierroslukua ja tätä kautta muuntajan muuntosuhdetta. Tyyppillisesti käämikytkimellä jännitteen säätöalue on noin $\pm 15\%$.

Käämikytkintä voidaan ohjata joko manuaalisesti tai automaattisesti. Käämikytkin voidaan sijoittaa muuntajan ensiö- tai toisiokäämiin, mutta yleensä sähkönsiirtoverkoissa käämikytkin sijoitetaan muuntajan ensiöpuolelle.

3.4.1.4 Muuntajaöljy

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että sähköeristeiden käyttöikä puolittuu jokaista 7-10 °C nousua kohden laitteen käyttölämpötilassa. Toisin sanoen muuntajan jäähdytyksellä on merkittävä vaikutus muuntajan eristeiden käyttöikään, ja tätä kautta itse muuntajan elinkaareen.

Muuntajan rautasydän ja käämit suljetaan muuntajatankkiin, joka täytetään muuntajaöljyllä. Muuntajaöljy on dielektrinen eriste, joka soveltuu korkean lämpötilajuuden ansiosta sähköiseksi eristeeksi muuntajan rautasydämessä ja käämeissä syntyviä voimakkaita sähkökenttiä vastaan. Eristämisen lisäksi muuntajaöljyllä jäähdytetään muuntajan käämejä. Jäähdytys tapahtuu öljyn kiertoliikkeellä muuntajan tankissa, muuntajatankin kyljessä sijaitsevien jäähdyttimien läpi. Muuntajaöljyn kiertoliike muuntajan tankissa syntyy luonnollisen konvektion avulla. Suuremmissa muuntajissa voidaan käyttää myös tuulettimia tai pumppuja ilma- tai nestejäähdytykseen.

Vikatilanteissa muuntajaöljy hajoaa, vapauttaen pieniä määriä kaasua muuntajan tankkiin. Tätä kaasunkerääntymää muuntajan sisällä käytetään merkkinä muuntajan sisäisestä vikaantumisesta, ja sitä valvotaan kaasureleellä. /10/

3.4.2 Muuntajan sisäiset viat

Koska muuntaja on elintärkeässä roolissa osana sähkön siirto- ja jakeluverkkoja, on muuntajaa erityisen tärkeä suojata vioilta, niin sisäisiltä kuin ulkoisiltakin vioilta. Muuntajan sisäisiä vikoja voi ilmetä muun muassa eristysmateriaaleissa, pääsääntöisesti öljyssä, käämeissä sekä harvakseltaan myös muuntajan rautasydämessä.

3.4.2.1 Öljy- ja eristeviat

Lähes kaikki muuntajan rautasydämessä ja käämeissä tapahtuvat vikaantumiset johtuvat muuntajaöljyn eristyskyvyn heikentymisestä. Muuntajaöljyn läpilyöntilujuuden heikentyminen, ja muiden eristeiden heikentyminen altistaa muuntajan sisäisille vioille, kuten valokaarille ja oikosuluille, jotka voivat vahingoittaa muuntajaa merkittävästi.

Muuntajaöljystä aiheutuvien vikojen yleisimmät syyt ovat öljyn ikääntyminen, öljyn saastuminen ilmalla tai kosteudella, madaltunut öljyn taso muuntajan tankissa tai muuntajan ylikuormituksesta aiheutunut muuntajaöljyn eristyskyvyn heikentyminen. /11/

3.4.2.2 Rautasydämen viat

Muuntajan rautasydämen viat ovat harvinaisia. Rautasydämen viat aiheutuvat lähes aina rautasydämen laminoitujen levyjen välisten eristeiden pettämisestä, mutta syynä voi olla myös jonkinlaisen johdinmateriaalin aiheuttama oikosulku levyjen välillä. Rautasydämen laminoitujen levyjen välisten eristeiden vikaantuessa rautasydämessä syntyy pyörrevirtoja, jotka johtavat muuntajan ylikuumenemiseen. /11/

3.4.2.3 Käämien viat

Käämeissä esiintyviä vikoja ovat pääsääntöisesti oikosulut ensiö- ja toisiokäämien välillä ja oikosulut käämien kierrosten välillä. Myös maasulut muuntajan käämeissä ovat mahdollisia. Käämeissä aiheutuvien oikosulkujen syynä on yleensä eristeiden heikkeneminen. /11/

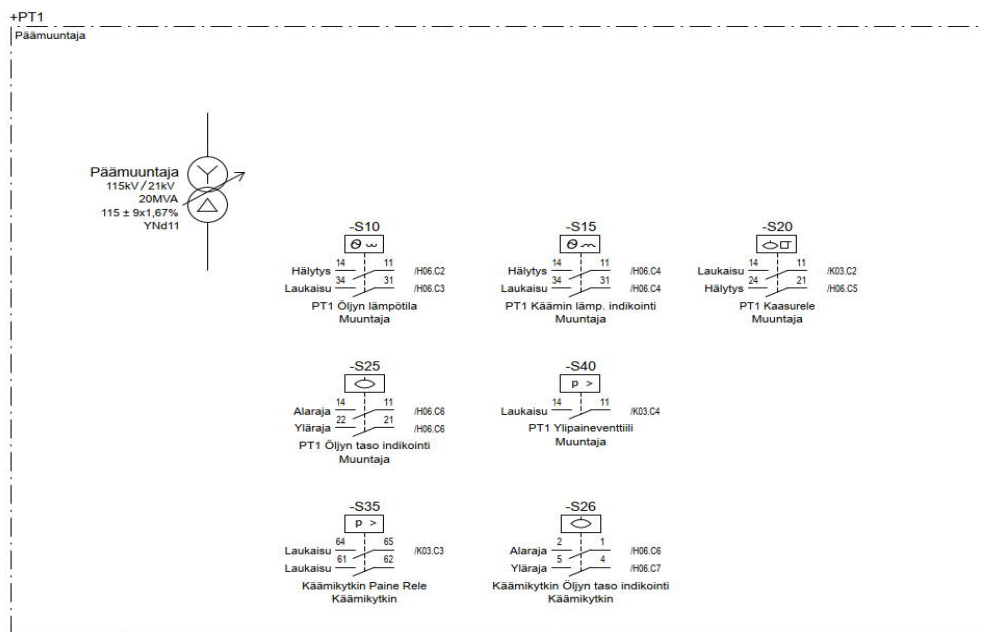
3.4.2.4 Muuntajan ylikuormitus

Muuntajan kuormitustaso määritetään sallitun lämpötila-alueen mukaan muuntajan käämeissä ja öljyssä. Muuntajan öljyn ja käämien korkein sallittu lämpötila on riippuvainen muuntajan nimelliskuormasta. Lämpötilan ylittäessä sallitun rajan, on muuntaja ylikuormitettu. Muuntajan ylikuormitus aiheuttaa mekaanisia ja termisiä rasituksia muuntajan sisällä käämeissä ja rautasydämessä, mikä heikentää muuntajan eristeitä ja altistaa muuntajan suuremmille sisäisille vioille. /11/

3.4.3 Muuntajan integroidut suojat

Koska muuntajan sisäisiä vikoja on vaikeampi havaita ulkoisilla suojalaitteilla, on muuntajaan integroitu sisäisiä suojalaitteita, joilla valvotaan ja suojataan muuntajaa sisäisiltä vioilta. Muuntajan sisäisillä suojalaitteilla annetaan muuntajan sisäisestä vikaantumisesta hälytys- ja laukaisutiedot muuntajan ulkoisille ohjaus- ja suojauslaitteistoille.

Kuvassa 5 on esitettyä muuntajakentän päämuuntajan PT1-yleiskaavio, jossa on esitettyä muuntajan ohjauksen ja suojauksen kannalta olennaiset muuntajaan integroidut suojalaitteet. Näitä suojalaitteita ovat muuntajan öljyn ja käämin lämpötilan valvonnan releet, muuntajan ja muuntajan käämikytkimen öljyn tason ja paineen indikointi- ja laukaisureleet sekä muuntajan sisäiseen valvontaan käytetty kaasurele. Näiltä sisäänrakennetuilta suojauslaitteilta viedään hälytys- ja laukaisutiedot muuntajan pääsuojareleelle RET620.



Kuva 5. Päämuuntajan PT1-yleiskaavio.

3.4.3.1 Lämpötilan valvonta

Muuntajan lämpötilan valvonta tapahtuu öljyn lämpötilan valvontareleellä S10 ja käämin lämpötilan valvontareleellä S15. Muuntajan lämpötilan valvonnan tarkoituksena on suojata muuntajaa ylikuormitukselta varmistamalla, että muuntajan öljyn ja käämin lämpötilat ovat sallittujen rajojen sisällä. Molemmat valvontareleet sisältävät kaksi kosketinta hälytys- ja laukaisusignaalien antoon lämpötilojen lähes-tyessä ja noustessa yli sallittujen rajojen. /12/

3.4.3.2 Kaasurele

Muuntajan kaasureleellä S20 suojataan muuntajaa muuntajan sisäisiltä vioilta, valvomalla muuntajaöljyn tankkiin kerääntyvää kaasua. Muuntajan sisäiset viat, kuten ylikuormitus tai valokaari, heikentävät muuntajaöljyn dielektristä eristyskykyä. Muuntajaöljyn dielektrisen eristyskyvyn heikkeneminen johtaa muuntajaöljyn hajoamiseen, josta aiheutuu kaasukerääntymää muuntajan tankissa. Tämä kaasukerääntymä havaitaan kaasureleellä.

Kaasureleellä on kaksi porrasta, hälytys ja laukaisu. Hidas kaasun kerääntyminen muuntajan tankissa saattaa johtua esimerkiksi lievistä muuntajan

ylikuormituksesta. Hitaasta kaasun kerääntymisestä ei kuitenkaan ole muuntajalle välitöntä vaaraa. Kaasurele havaitsee hitaan kaasun kerääntymisen ja antaa siitä hälytys-signaalin. Jos muuntajan tankissa tapahtuu valokaari, on kaasun kerääntymisen nopeaa. Nopeasta kaasun kerääntymisestä kaasurele antaa laukaisukäskyn katkaisijoille, suojaten muuntajaa suuremmilta vaurioilta. /12/

3.4.3.3 Öljyn tason valvonta

Öljyn tason valvonta toteutetaan muuntajalle valvontareleellä S25 ja käämikytkimelle erillisellä valvontareleellä S26. Öljyn tason valvonnan tarkoituksena on ylläpitää muuntajan öljyn tasoa sallittujen rajojen sisällä. Liian matala öljyn taso voi johtaa muuntajan ylikuumentumiseen tai altistaa muuntajan sisäisille valokaarille. Liian korkea öljyn taso voi puolestaan johtaa ylipaineeseen muuntajan tankissa, johtuen öljyn lämpölaajenemisesta. Öljyn tason valvonnan releillä on kaksi kosketinta, joilla indikoidaan öljyn tason sallittuja ylä- ja alarajoja. /12/

3.4.3.4 Paineen valvonta

Paineen valvonta toteutetaan muuntajalle valvontareleellä S40 ja käämikytkimelle valvontareleellä S35. Muuntajan ylikuormituksesta tai sisäisestä viasta kerääntyvä kaasu nostaa muuntajan tankin sisäistä painetta. Liian suuri paine muuntajan tankissa voi johtaa muuntajan tankin puhkeamiseen. Liian suurta painetta varten muuntaja on varustettu ylipaineventtiilillä, joka paineen noustessa liian suureksi, avautuu vapauttaen liiallisen paineen tankista ulos ilmakehään. Liian matala paine muuntajan tankissa voi puolestaan indikoida vuotoa, tai altistaa muuntajan saastumiselle ilmalla tai kosteudella. Saastuminen taas johtaa muuntajaöljyn eristekyvyn heikentymiseen, mikä puolestaan altistaa muuntajan sisäiselle vikaantumiselle. Paineen valvontareleillä ei anneta hälytystietoa, ne antavat muuntajatankin tai käämikytkimen säiliön ylipaineesta vain laukaisusignaalin. /12/

3.4.4 Muuntajan ulkoinen suojaus

Muuntajan sisäisten vikojen lisäksi on tärkeää suojata muuntajaa myös ulkoisilta vioilta. Muuntajan ulkoisten vikojen suojaukseen käytetään suojareleitä ja suojareleitä varten tarvitaan virta- ja jännitemittauksia muuntajakentän mittamuuntajilta.

Yleisesti kaikki suuritehoiset ja tärkeät sähkönsiirto- ja jakelumuuntajat suojataan ylivirtasuojauksella sekä rajoitetulla maasulkusuojauksella. Lisäksi muuntajat, jotka ylittävät nimellisteholtaan 5 MVA, suojataan differentiaalisuojauksella.

Tämän työn kannalta muuntajan tärkeimmät ulkoiset suojaukset ovat ylivirtasuojaus, differentiaalisuojaus, maasulkusuojaus sekä valokaarisuojaus. Taulukossa 1 on listattu tyypillisimmät muuntajan viat sekä suojareiden suojausfunktiot ja muut ulkoiset laitteet, joilla muuntajaa suojataan kyseisiltä vioilta.

Taulukko 1. Muuntajan mahdolliset viat ja suojaustavat /13/.

Vikatyyppi	Suojausfunktiot ja ulkoiset suojalaitteet
Ensiökäämin oikosulku	Differentiaali- ja Ylivirtasuojaus
Ensiökäämin maasulku	Differentiaali- ja Ylivirtasuojaus
Toisiökäämin oikosulku	Differentiaalisuojaus
Toisiökäämin maasulku	Differentiaali- ja Rajoitettu maasulkusuojaus
Käämien viat	Differentiaalisuojaus, Kaasurele
Rautasydämen viat	Differentiaalisuojaus, Kaasurele
Öljy- ja eristeviat	Differentiaalisuojaus, Kaasurele, Öljyn tason valvonta
Ylikuormitus	Ylikuormitus- ja ylivirtasuojaus, Lämpötilan valvonta

3.4.4.1 Ylivirtasuojaus

Ylivirtasuojaus perustuu 3-vaiheiseen virranmittaukseen. Ylivirtasuojauksen toteuttamiseksi suojarele vaatii 3-vaiheiset virtamittaukset muuntajakentän virtamuuntajilta. Ylivirtasuojausfunktiolle määritetään parametriksi virtaraja, jota mitattu virta ei saa ylittää. Mitatun virran ylittäessä sallitun tason, ylivirtafunktio hahtuu ja antaa laukaisukäskyn.

Muuntajan oikosulkuutilanteessa oikosulkuvirratt voivat nousta muuntajan normaalista täyden kuormituksen virrasta jopa satoja kertoja suuremmalle tasolle. Muuntaja voi vaurioitua vakavasti, jos suojalaitteet eivät kykene reagoimaan ja ohjaamaan suojalaitteita, kuten katkaisijoita, riittävän nopeasti.

Muuntajan ylivirtasuojaukseen käytetään suojaamaan muuntajan ensiökäämejä oikosuluilta, maasuluilta ja ylikuormitukselta sekä suojaamaan muuntajan toisiökäämejä ylikuormitukselta. Ylivirtasuojaus ei siis suoja muuntajan toisiökäämejä oiko- tai maasuluilta, vaan toisiopuolen suojaukseen vaaditaan lisäsuojaukseen. /15/

Tämän työn muuntajakentän suojauksessa ylivirtasuojaus toteutetaan molemmilla, pääsuojareleellä RET620 sekä varasuojareleellä REF620. Molemmat releet antavat ylivirtasuojausfunktiolla laukaisukäskyn 110kV puolen katkaisijalle Q0, suojataksseen muuntajaa laajemmilta vaurioilta. Molemmille releille tulee myös mahdollisuus vastaanottaa ylivirtasuojauksen lukituskäsky GOOSE-viestillä muuntajan 20kV alajännitepuolelta.

Ylivirtasuojausta konfiguroidessa on huomioitavaa, että muuntajan päällekytkennästä aiheutuva sysäysvirta voi olla muuntajan nimellisvirtaan verrattuna 10–15 kertaa suurempi. Tämä on ongelmallista, sillä muuntajan sysäysvirta voi, ja yleensä ylittääkin ylivirtasuojausfunktiolle määritetyn virtarajan.

Tätä varten relekonfiguraatiosta löytyy toiminnallisuus sysäysvirran havaitsemiseen. Tätä toiminnallisuutta käytetään hetkellisesti korottamaan ylivirtafunktion virtarajaa sysäysvirran ajaksi niin, että sysäysvirrasta ei aiheutuisi turhaa ylivirtafunktion havahtumista ja laukaisua.

3.4.4.2 Differentiaalisuojaus

Differentiaalisuojaus eli erovirtasuojaus tarkoittaa kahden eri virtamuuntajan muodostaman alueen suojausta, perustuen näiden kahden virtamuuntajan virtojen mittaukseseen ja mittauksien vertailuun. Yleisesti kaikki nimellistehoitaan yli 5 MVA muuntajat suojataan differentiaalisuojauksella.

Muuntajan suojauksessa differentiaalisuojausta varten suojareleelle tarvitaan virtamittaukset muuntajakentän ensiöpuolen virtamuuntajilta, sekä lisäksi muuntajan toisiopuolen 20kV kennon virtamuuntajilta. Differentiaalisuoja vertaa muuntajan ensiö- ja toisiopuolen virtoja keskenään ja normaaliolosuhteista poikkeavan ensiö- ja toisiopuolen virtojen epätasapainon ilmetessä, differentiaalisuoja antaa laukaisukäskyt muuntajan molemmille ensiö- ja toisiopuolen katkaisijoille. Differentiaalisuojausta käytetään suojaamaan muuntajaa ensiö- ja toisiopuolen oiko- ja maasuulilta. Lisäksi differentiaalisuojaus antaa lisäsuojausta muuntajan sisäisiä vikoja vastaan, sillä differentiaalisuojaus havaitsee muuntajan sisäisistä vioista aiheutuvan

erovirran ja reagoi sisäiseen vikaan muuntajaan integroitua kaasurelettä nopeammin. /13/

Tässä työssä differentiaalisuojaus toteutetaan pääsuojareleellä RET620. Differentiaalisuojausfunktio antaa laukaisukäskyt molemmille, muuntajan 110kV ensiöpuolen sekä 20kV toisiopuolen katkaisijoille.

3.4.4.3 Rajoitettu maasulkusuojaus

Perinteinen maasulkusuojaus ei anna riittävää suojaa muuntajan sisäisiä maasulkuja vastaan. Tätä suojauksen puutetta kompensoidaan käyttämällä rajoitettua maasulkusuojausta lisäsuojauksena muuntajan sisäisiä maasulkuja vastaan.

Rajoitettu maasulkusuojaus perustuu 3-vaihevirtamuuntajien jäännösvirran tasapainottamiseen muuntajan tähtipisteessä sijaitsevan virtamuuntajan jäännösvirtaa vasten. Jos rajoitettu maasulkusuoja havaitsee epätasapainon näiden kahden jäännösvirran välillä, maasulkusuoja toimii antamalla laukaisukäskyn ensiöpuolen katkaisijalle. /13/

Tässä työssä maasulkusuojaus toteutetaan varasuojareleellä REF620. Maasulkusuojausfunktioilla toteutetaan laukaisukäsky 110kV ensiöpuolen katkaisijalle Q0.

3.4.4.4 Maasulkusuojaus nollajännitesuojauksella

Nollajännitesuojaus on nollajännitteen mittaukseen perustuva maasulkusuojaus. Nollajännitesuojausta varten suojareleelle tarvitaan nollajännitemittaus jännitemuuntajan avokolmiokäämistä.

Nollajännitemittauksessa avokolmiokäämillä valvotaan kolmen vaiheen jännitteiden yhteenlaskettua vektorisummaa. Normaaliolosuhteissa 3-vaihejännitteiden vektorisumma on nolla. Yksivaiheisen maasulun tapahtuessa kahden jäljelle jäävän vaiheen vaihejännitteet nousevat, jolloin jännitemuuntajan avokolmiokäämillä mitattava kolmen vaiheen vektorisumma muuttuu. Nollajännitemittausta käytetään indikaationa maasulusta. /14/

Muuntajakentän 20kV kojeiston nollajännitesuojaus toteutetaan pääsuojareleellä RET620. Nollajännitesuoja laukaisee muuntajakentän ensiöpuolen katkaisijan Q0.

3.4.4.5 Valokaarisuojaus

Valokaaren syntyminen on vakavin ja vaarallisin mahdollinen sähköjärjestelmässä tapahtuva vikatilanne. Valokaaren aiheuttamat korkeat lämpötilat voivat ylittää jopa 6000 °C, aiheuttaen vakavan tulipalon vaaran, sekä vakavia vaurioita sähköjärjestelmän laitteille, henkilöille ja jopa koko rakennukselle. Valokaariviat voivat johtua eristeiden eristyskyvyn pettämisestä tai huolto- ja kunnossapitotöiden aikaisista käsittelyvirheistä, kuten virheellisesti laitteistoon tai sen läheisyyteen jälkeen jääneistä työkaluista. /16/

Valokaaren suojausta varten laitteistoissa on niin sanottuja ”valosilmiiä”, eli valoarkoja sensoreita, joilla havaitaan valokaaresta aiheutuvaa valoa. Valokaarisuoja ei kuitenkaan toimi pelkästään valosilmän antamasta valotiedosta, vaan valoarkisuoja valvoo samalla laitteiston ylivirtaa. Valosilmien havaitessa valoa samanaikaisesti kun laitteistossa ilmenee ylivirtaa, valokaarisuojaus toimii ja antaa laukaisukäskyt muuntajan ylä- ja alajännitepuolen katkaisijoille.

20kV kojeiston valokaarisuojaus toteutetaan varasuojareleellä REF620 ja lisäksi 20kV kennossa sijaitsevilla suojareleillä. REF620:n valokaarisuojausfunktio vastaanottaa valotiedon GOOSE-viestinä 20kV puolen suojalaitteilta, valvoen samalla 110kV puolen ylivirtaa.

3.5 Suojareleet

Suojarele on mikroprosessoripohjainen laite, jonka toiminta perustuu ohjelmistopohjaiseen suojausalgoritmiin, jolla havaitaan sähköisiä vikoja valvottavassa järjestelmässä. Suojarele pitää sisällään ohjaus-, valvonta-, kommunikointi- ja itse-testaustoimintoja, sekä mahdollistaa useiden eri suojaustoimintojen toteuttamisen yhdellä laitteella. Tämän työn muuntajakentän suojauksessa on käytössä kaksi suojarleettä, jotka ovat ABB:n Relion® tuoteperheen 620-sarjaan kuuluvat RET620 ja REF620. Muuntajansuojaukseen soveltuva RET620 toimii muuntajakentän pääsuojareleenä, ja linjasuojaukseen soveltuva REF620 puolestaan varasuojareleenä.

3.5.1 Pääsuojarele RET620

RET620 on muuntajan suojaukseen suunniteltu suojarele, joka tässä työssä toimii muuntajakentän pääsuojareleena. Pääsuojareleen tunnus on F06.

Muuntajakentän suojauksessa RET620:lla käyttöön otettavat suojausfunktiot ovat suuntaamaton ylivirtasuojaus, differentiaalisuojaus ja jäännösylijännitesuojaus. Lisäksi konfiguraatioon tehdään varaus termiselle ylikuormitussuojaukselle.

Lisäksi RET620:lla valvotaan kappaleessa 3.4 läpikäytyjä muuntajaan integroitujen suojalaitteiden hälytys- ja laukaisutilatietoja. Näihin lukeutuvat muuntajan öljyn ja muuntajan käämin lämpötilan valvonta, muuntajan ja käämikytkimen öljyn tason ja öljyn paineen valvonta, sekä muuntajan sisäisten vikojen havaitsevan kaasureleen valvonta.

Näillä suojausfunktioilla sekä valvottavilla tilatiedoilla tullaan toteuttamaan 110kV ja 20kV puolen katkaisijoiden laukaisut ja kiinniohjausestot sekä käämikytkimen jännitteen säädön ohjaus.

3.5.2 Varasuojarele REF620

REF620 on syöttölinjan suojaukseen suunniteltu suojarele, joka tämän työn muuntajakentän suojauksessa toimii varasuojareleena. Varasuojareleen tunnus on A01.

Muuntajakentän suojaukseen REF620:lla käyttöön otettavat suojausfunktiot ovat suuntaamaton ylivirtasuojaus, suuntaamaton maasulkusuojaus sekä valokaarisuojaus. Lisäksi konfiguraatioon tehdään varalle mahdollisuudet jäännösylijännitesuojaukselle, katkaisijavikasuojaukselle sekä yli- ja alijännitesuojaukselle.

REF620:lla tullaan toteuttamaan erottimen Q1 ja maadoituserottimen Q91 asentotiedon valvonta sekä katkaisijan Q0 tilan valvonta, johon sisältyy asentotiedon valvonnan lisäksi katkaisijan jousen latauksen sekä katkaisijan SF6 kaasun paineen tilan valvonta. Lisäksi REF620 toimii mittausyksikkönä kaukokäytölle, eli releelle kerätään valvontatietoa esimerkiksi tehomittarilta ja muilta laitteilta, joita voidaan REF620:n kautta valvoa kaukokäytöstä.

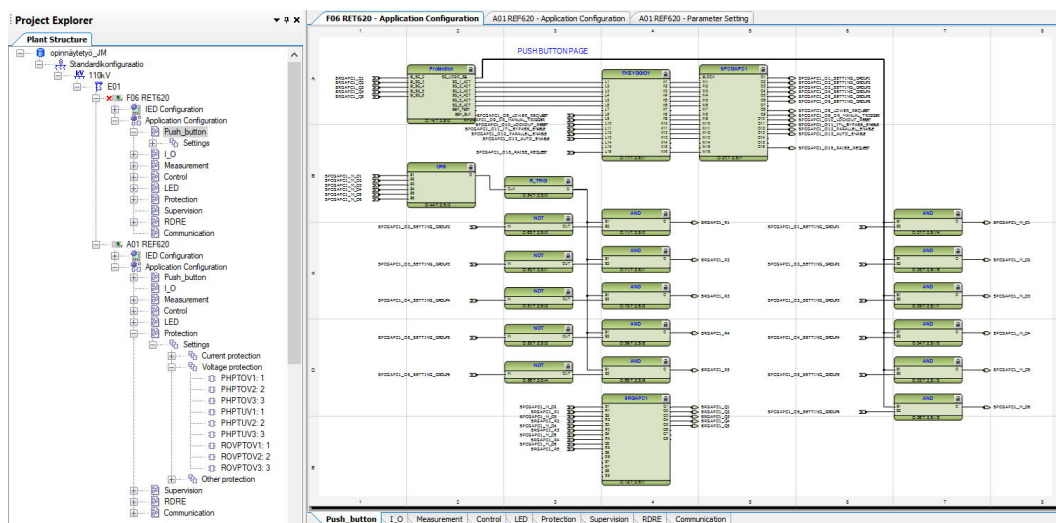
Näillä suojausfunktioilla sekä valvottavilla tiedoilla tullaan toteuttamaan 110kV ja 20kV puolen katkaisijoiden laukaisut ja kiinniohjausestot, 110kV puolen katkaisijan Q0 auki- ja kiinni-ohjaukset, sekä erottimen Q1 ja maadoituserottimen Q91 lukitusjännitteen ohjaus. Lisäksi releelle jää varauksena mahdollisuus moottoriavusteisten erottimien ja maadoituserottimien ohjaukselle.

3.5.3 PCM600-ohjelmisto

Protection and Control IED Manager PCM600 on ABB:n kehittämä helppokäyttöinen relekonfigurointityökalu, joka mahdollistaa ABB:n Relion®-tuoteperheen suojarahleiden konfiguraatioiden räätälöinnin asiakkaiden loppukäyttötarkoituksen mukaisesti.

PCM600 noudattaa IEC 61850-standardia, joka yksinkertaistaa relesuunnittelua ja mahdollistaa informaation jakelun muiden IEC 61850-standardia noudattavien laitteiden kanssa. Tämä mahdollistaa kommunikoinnin kenttä- ja asematasojen välillä, sekä kenttien välisen GOOSE-viestinnän eri suojarahleiden välillä. /17/

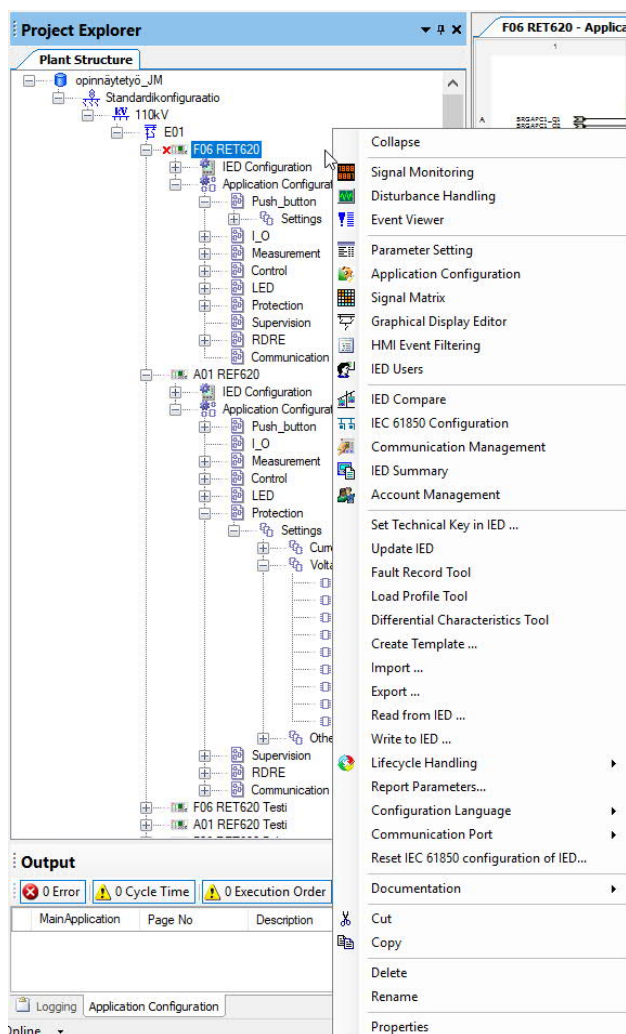
PCM600 mahdollistaa tehdaskonfiguraation lataamisen kaikille ABB:n Relion®-tuoteperheeseen kuuluville suojarahleille. Relion®-suojarahleiden tehdaskonfiguraatiot pitävät sisällään laajan valikoiman eri suojausfunktioita ja niihin liittyviä valmiita lohkoja ja toiminnallisuuksia, mikä nopeuttaa relekonfigurointia ja toimii siten hyvänä lähtökohtana relekonfiguraation suunnittelun aloittamisessa. Kuvassa 6 on esitetty PCM600-ohjelmiston konfiguraatiotyökalun käyttöliittymä.



Kuva 6. PCM600-käyttöliittymä.

Relekonfiguraation suunnitteluprosessin kannalta olennaisinta kuvassa 6 on kuvan alareunassa sijaitsevat välilehdet. Näille välilehdille on jaoteltuna kaikki relekonfiguraatioon liittyvät logiikkapiirit.

- **Push_button**-välilehdellä sijaitsevat releen painonappien ohjaukseen liittyvät lohkot ja piirit.
- **I_O**-välilehdellä sijaitsevat releen BI- ja BO-kortit ja kanavat.
- **Measurement**-välilehdellä sijaitsevat AI-kortit tai niille tuodut mittaukset.
- **Control**-välilehdeltä löytyy laitteiden ohjaukseen liittyvät lohkot ja piirit.
- **LED**-välilehdellä sijaitsevat releen LED-hälytyspiirit.
- **Protection**-välilehdellä sijaitsevat suojausfunktioiden suojauslohkot sekä laukaisupiirit.
- **Supervision**-välilehdeltä löytyy laitteiden valvontaan liittyvät piirit.
- **RDRE**-Välilehdellä sijaitsee häiriötallenninlohko.
- **Communication**-välilehdeltä löytyy tai voi suunnitella kommunikaatioon liittyvät lohkot, kuten GOOSE- tai kaukokäyttöviestintälohkot.



Kuva 7. PCM600-valintaikkuna.

Klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella PCM600-projektin rakennepuusta suoja-relettä tai muuta laitetta, saa avattua kuvassa 7 esitetyn valikon. Kyseisestä valikosta löytyy relekonfiguraation kannalta muutama tärkeä toiminnallisuus:

- **Parameter Setting**-valikosta löytyy releen parametrisointityökalu.
- **Application Configuration**-valikosta saa avattua konfigurointikäyttöliittymän, joka oli esitettyä kuvassa 6.
- **Graphical Display Editor**-valikosta löytyy releen näyttöpaneelilla esitetävän graafisen mimiikan suunnittelu- ja piirtotyökalu.
- **Documentation**-valikosta löytyy kaikki ABB:n manuaalit, listat ja muut oppaat kyseessä olevalle releelle.

3.5.4 GOOSE-kommunikaatio

GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)-viestintä on IEC 61850-standardiin pohjautuva viestintämalli, joka mahdollistaa sähköaseman tapahtumadatan, kuten tulo- ja lähtöarvojen nopean ja luotettavan jakamisen sähköasemaverkkoon kytkettyjen laitteiden välillä.

GOOSE-viestit "julkaistaan" laitteen Ethernet-monilähetyksen kautta sähköasemaverkkoon siten, että mikä tahansa samaan verkkoon kytketty laite voi "tilata" tarvittavia verkkoon julkaistuja viestejä muilta laitteilta.

GOOSE-viestit perustuvat "DataSet"-datapaketteihin. Datapakettiin kerätään erilaisia valvottavia tila-arvoja. Yksittäisen datapaketin tulisi sisältää melko pienen määrän eri tila-arvoja ja niihin liittyviä laatu tietoja. Kun mikä tahansa yksittäiseen datapakettiin kuuluva tila-arvo muuttuu, kyseinen datapaketti julkaistaan sähköasemaverkkoon välittömästi. /18/

Tässä työssä GOOSE-viestinnän merkitys on vähäinen, sillä suojarleillä vastaanotetaan vain muutama GOOSE-viesti; ylivirtasuojausfunktion lukitus ja valokaarisuojauksen valotieto. Molemmat viestit vastaanotetaan muuntajan alajännitepuolen 20 kV kennosta.

4 SUUNNITTELU JA KONFIGUROINTI

Tässä luvussa käydään läpi suojarerekonfiguraation suunnitteluprosessia, purkamalla suunnitteluprosessi pienempiin vaiheisiin. Luvun on tarkoitus samalla toimia eräänlaisena oppaana suunnitteluprosessin läpiviemiselle. Kuvassa 8 on prosessikaavio konfiguraation suunnitteluprosessin päävaiheista.



Kuva 8. Suunnitteluprosessin prosessikaavio.

Relekonfiguraation suunnittelun taustatyönä on hyvä perehtyä projektin pääkaavioon sekä suojauspaneelin piirikaavioon. Pääkaaviossa on esitetty tärkeimmät suojausfunktiot, jotka tarvitaan muuntajakentän suojauksen toteuttamiseksi. Piirikaaviosta oleellisinta on selvittää, mitä tietoja suojarleiden input-korteille tuodaan, ja mitä laitteita ohjataan suojarleiden output-koskettimilla. Piirikaavion laitelistasta voi myös löytyä suojarleen niin sanottu ”order code” eli tilaustunnus, jota tarvitaan tehdaskonfiguraation lataamista varten.

Pää- ja piirikaavioihin perehtymisen jälkeen siirrytään konfiguraation suunnitteluprosessiin, aloittamalla muuntajakentän suojauskaavion suunnittelulla.

4.1 Suojauskaavio

Suojauskaavion perustarkoitus on kertoa suunnittelijalle mitkä ovat muuntajakentässä käytössä olevat eri suojauslaitteet, mitkä ovat muuntajakentän suojalaitteissa käytetyt suojausfunktiot, millä suojalaitteilla kyseiset suojausfunktiot toteutetaan sekä mitä ulkoisia laitteita suojauslaitteiden suojausfunktioiden avulla ohjataan, esimerkiksi katkaisijat ja erottimet.

Suojauskaavion suunnittelu on hyvä aloittaa mahdollisuuksien salliessa hakemalla pohjaksi jostain vanhemmasta projektista vanha suojauskaavio, jonka suojauslaitteet vastaisivat parhaiten uudessa projektissa käytettäviä suojauslaitteita.

Kun suojauskaaviopohja on valittu, merkitään kaavioon oikeat suojauslaitteet, laitteiden suojausfunktiot sekä suojauslaitteilla ohjattavat ulkoiset laitteet, jotka voidaan selvittää projektin pää- ja piirikaavioista. Kuvassa 9 on esitettyä tässä työssä suunniteltu suojauskaavio.

Objekti	IED TERMINAL	Suojaustoiminnot	DC		-Q0		=E01 -> =J04		GOOSE Signaalit							Huom.		
			Apajännite 1	Apajännite 2	Laukaisu 1	Laukaisu 2	110kV Kirjinojauksesta	20kV Kirjinojauksesta	20kV Yhvirtalukitus	110kV Yhvirtalukitus	Rekustuminenvalvonta (BACTL)	Ilmanpainevalvonta	Välivoimavalvonta	Välivoimavalvonta	Välivoimavalvonta		Hälytys	
110 kV - Muuntajakenttä	-F06 REF 620 110kV Pääsuoja	Yivirta, I>, I>>>	●		X	X	X										X	
		Yivirta, I>			X	X	X											X
		Yhvirtalukitus, I>>																
		Differentiaali, 3di>			X	X	X	X	X	X								X
		Jännitteen säätö, U																X
		20kV Jännitesuoja Laukaisu, Uo>			X	X	X											X
		Ojyn lämpötila						X	X	X								X
		Kämin lämpötila			X	X	X	X	X	X								X
		Ojyn taso indikointi (Muuntaja)																X
		Ojyn taso indikointi (Käämityskin)																X
110 kV - Muuntajakenttä	-A01 REF 620 110kV Varasuoja	Ohjaus	●		X	X												
		Mittaus, I, U, P, Q																
		Yivirta, I>			X	X	X											X
		Yivirta, I>>			X	X	X											X
		Maasulkua, Io>			X	X	X											X
		20kV Valokaarisuojaus Laukaisu			X	X	X	X	X	X								X
		20kV Valokaarisuojaus Valotieto																X
110 kV - Muuntajakenttä	-PT1 Muuntaja Suoja	Käämityskin suojaus	●		X	X	X	X	X								X	
		Kaasurele			X	X	X	X	X	X							X	
		Ylipaineventiili			X	X	X	X	X	X							X	

X = Lähtö signaali
O = Tulo signaali
● = Syytöjännite

Kuva 9. Muuntajakentän suojauskaavio.

Kuvassa 9 muuntajakentän suojauslaitteet on esitetty sarakkeessa ”IED TERMINAL”. Laitekohtaiset suojausfunktiot on esitetty sarakkeessa ”Suojaustoiminnot”, ja ohjattavat laitteet merkitty sarakkeisiin ”-Q0” (110kV katkaisija) ja ”=E01 -> =J04” (määrittämätön 20kV katkaisija). Muita mahdollisesti ohjattavia laitteita voivat olla esimerkiksi erottimet ja maadoituserottimet.

Seuraavaksi merkitään kaavioon suojausfunktioiden eri ohjauskäskyt. Tätä varten on syytä pohtia, mitä ohjattavia ulkoisia laitteita muuntajakentässä on sekä millä suojauslaitteilla ja suojausfunktioilla näitä tulisi ohjata. Ohjauksien hahmottamista voidaan helpottaa tutkimalla piirikaaviosta, minkä laitteiden ohjaus- tai laukaisupiireihin suojauslaitteiden output-koskettimia on kytketty.

Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että piirikaavion ohjaus- tai laukaisupiirissä käytettyä releen kosketinta voidaan ohjata konfiguraation puolella useammalla eri suojausfunktiolla, eli piirikaaviot eivät yksinään riitä määrittämään kaikkia ohjaustietoja suojauskaavioon vielä suunnittelun tässä vaiheessa. Suojauskaavioon merkitäänkin vain ne ohjaukset, jotka tiedetään tai voidaan piirikaavioista selvittää välittömästi. Puuttuvia tietoja voidaan lisätä suojauskaavioon myöhemmin konfiguraation suunnitteluprosessin edetessä.

Suojauskaavion jälkeen siirrytään konfiguraation suunnitteluun PCM600-ohjelmistolla.

4.2 Konfiguraatio

PCM600-ohjelmistolla aloitetaan konfiguraation suunnittelu luomalla uusi projekti, ja lisäämällä uuteen projektiin halutut suojauslaitteet. Suojauslaitteita luodessa täytyy määrittää suojauslaitteissa käytetyt I/O-moduulit, jonka mukaan voidaan ladata laitteelle tehtaan valmistama oletuskonfiguraatio. Tätä varten tarvitaan suojauslaitteiden niin sanotut ”order codet” eli tilaustunnukset, jotka voidaan selvittää esimerkiksi piirikaavion laiteluettelosta.

4.2.1 Pohjakonfiguraatio

Tehtaan oletuskonfiguraation lataamisen jälkeen tiivistetään konfiguraatiota poistamalla tarpeettomat ja ylimääräiset ohjaus- ja suojauslohkot konfiguraatiosta, jolloin saadaan konfiguraatiosta yksinkertaisempi ja helppolukuisempi. Tehtaan oletuskonfiguraatio sisältää laajan valikoiman mahdollisia eri suojausfunktioita ja ohjaustoimintoja, joista osaa ei tulla tarvitsemaan muuntajakentän ohjauksen ja suojauksen kannalta lopullisessa relekonfiguraatiossa. Kuitenkin sellaiset suojausfunktiot, jotka liittyvät muuntajan suojaukseen, mutta joita ei pääkaavion mukaan käytetä kyseisen muuntajakentän suojaukseen, voidaan jättää konfiguraatioon varalle, määrittämällä kyseisten lohkojen parametreista lohkot pois päältä.

Tässä työssä RET620-oletuskonfiguraatio oli sivumäärältään 27 sivua, joista turhia piirejä olivat muun muassa ylä- ja alajännitepuolen katkaisijoiden ja erottimien auki- ja kiinniohjauslohkot (nämä ohjaukset toteutettiin REF620:lla), katkaisijan synkronointilohkot ja käyttämättömät suojausfunktiolohkot. Lopulta konfiguraatio saatiin tiivistettyä 14 sivuun.

REF620-oletuskonfiguraatio oli sivumäärältään 22 sivua, joista turhia piirejä olivat esimerkiksi jälleenkytkentäpiirit, synkronointipiirit, lisäerottimen ohjauspiiri sekä käyttämättömät suojausfunktiolohkot. Lopulta konfiguraatio saatiin tiivistettyä 18 sivuun.

4.2.2 I/O-kanavien määrittäminen

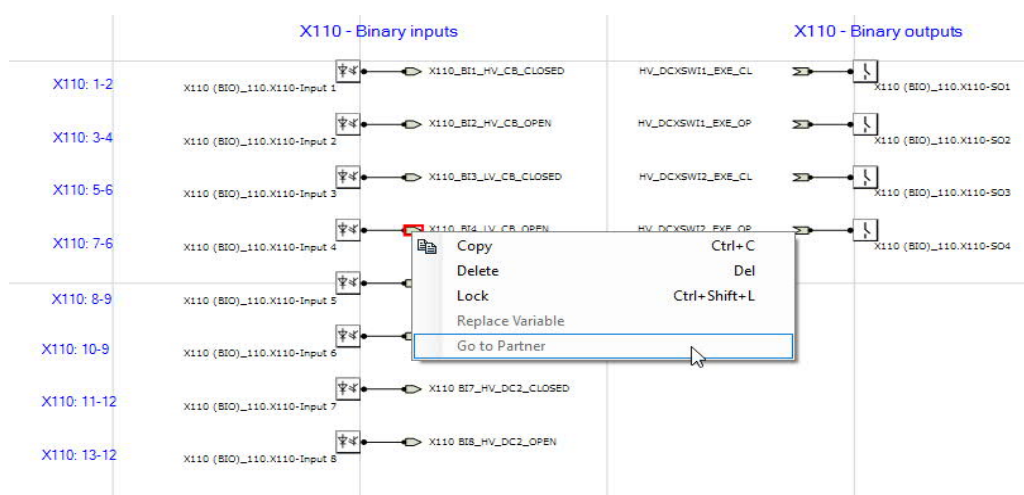
Kun oletuskonfiguraatio on tiivistetty selkeämmäksi, voidaan aloittaa varsinainen konfiguraation suunnittelu. Suunnittelu aloitetaan määrittämällä I/O-korttien kanavat vastaamaan piirikaaviossa releelle tuotuja signaaleita.

Ensimmäisenä tarkistetaan, onko konfiguraation I/O-välilehdellä kaikille releessä käytettäville korteille kaikki input- ja output-kanavat näkyvissä. Mahdollisesti puuttuvat input- ja output-kanavat lisätään konfiguraatioon.

I/O-kanavia määrittäessä on hyvä huomioida, että oletuskonfiguraatiossa on valmiina kanaviin kytkettynä muuttujia, joista osa saattaa vastata piirikaaviossa

merkittyjä releelle tuotavia signaaleita. Kaikkia oletuskonfiguraation muuttujia ei kuitenkaan konfiguraatiossa tarvita.

Oletuskonfiguraation valmiita muuttujia ei kannata kuitenkaan poistaa suoraan, sillä muuttujat voivat olla kytkettynä oletuskonfiguraation valmiisiin ohjaus- ja suojauspiireihin, jotka voivat lakata toimimasta oikein, jos muuttujan poistaa. Sen sijaan tällaiset muuttujat voidaan siirtää sivuun, tai jos sama signaali tuodaan releelle myös piirikaaviossa, voidaan muuttuja nimetä uudelleen ja siirtää oikeaan korttiin ja kortin kanavaan.

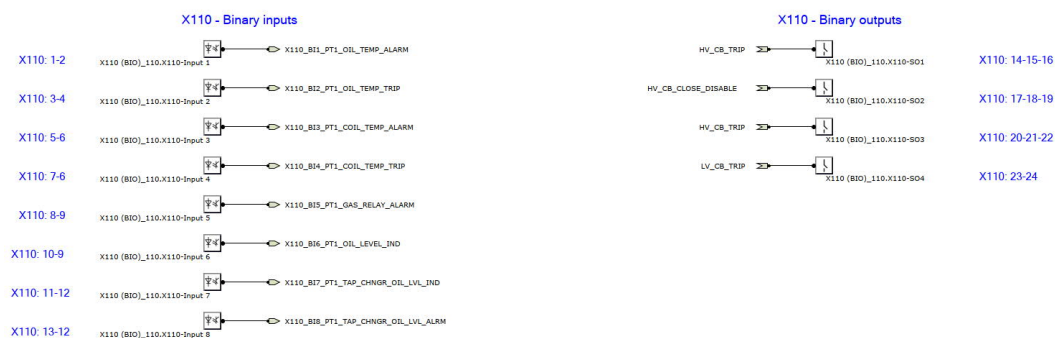


Kuva 10. PCM600-muuttujan seurantavalikko.

Esimerkkinä kuvassa 10 on esitetty RET620-pohjakonfiguraation LV-puolen katkaisijan auki-tilatiedon muuttuja, jota ei konfiguraatiossa tarvita. LV-puoleen liittyvät ohjauslohkot on tässä vaiheessa suunnittelua jo poistettu konfiguraatiosta, eli muuttujaa ei ole kytketty konfiguraatiossa minnekään. Hiiren oikealla klikkauksella muuttujan päällä avautuu kuvassa esitetty valikko. ”Go to Partner”-valinnalla voidaan siirtyä eri sivujen välillä kaikkiin piireihin, joihin kyseinen muuttuja on kytketty. Kuvassa olevan muuttujan voi poistaa, sillä sitä ei ole kytketty mihinkään, eikä muuttujaa tarvita.

Oletuskonfiguraatiossa ei kuitenkaan ole valmiina kaikkia muuttujia, joita piirikaavioissa on tuotu releille. Puuttuvat muuttujat lisätään konfiguraatioon klikkaamalla hiiren oikeaa painiketta ja valitsemalla ”Insert Variable”.

Lopputuloksena ainakin input-puolen kanaviin määritetyt signaalimuuttujat tulisi vastata piirikaavioon merkittyjä signaaleja. Output-kanavien signaalit tuodaan konfiguraation sisältä ja nämä yleensä määritetään vasta myöhemmin konfiguraation ohjauksia suunniteltaessa. Kuvassa 11 on esitetty RET620-konfiguraation X110-kortin I/O-kanavat.

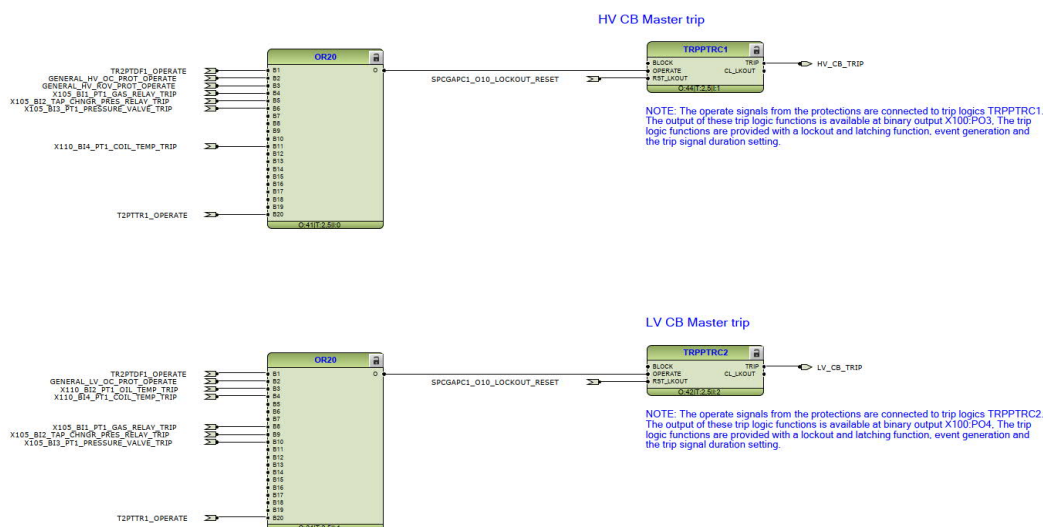


Kuva 11. RET620 X110-kortin I/O-kanavat.

Viimeisenä I/O-kanavia määrittäessä tulisi määrittää myös Measurement-välilehdellä sijaitsevat analogiset mittaussignaalit. 620-sarjan releissä nämä kanavat on jo määritetty laitteen sisäisesti, eli tässä työssä konfiguraation puolella kanavia ei tarvitse itse määrittää. Kuitenkin Relion®-tuoteperheen kaikissa releissä ei analogisten mittaussignaalien kanavia ole määritetty laitteen sisäisesti, joten ne täytyy määrittää itse konfiguraatioissa.

4.2.3 Suojaus- ja laukaisupiirien määrittäminen

I/O-korttien kanavien määrittämisen jälkeen siirrytään suojaus- ja laukaisupiirien suunnitteluun. PCM600:n Protection-välilehdeltä löytyy niin sanotut ”Master trip”-piirit, joista on hyvä aloittaa laukaisupiirien suunnittelu. Master trip-piiri kokoaa kaikki laukaisut eri suojausfunktioilta ja laitteilta yhdelle signaalille, jolla ohjataan releen laukaisukoskettimia. Kuvassa 12 on esitetty RET620 Master trip-piirit.



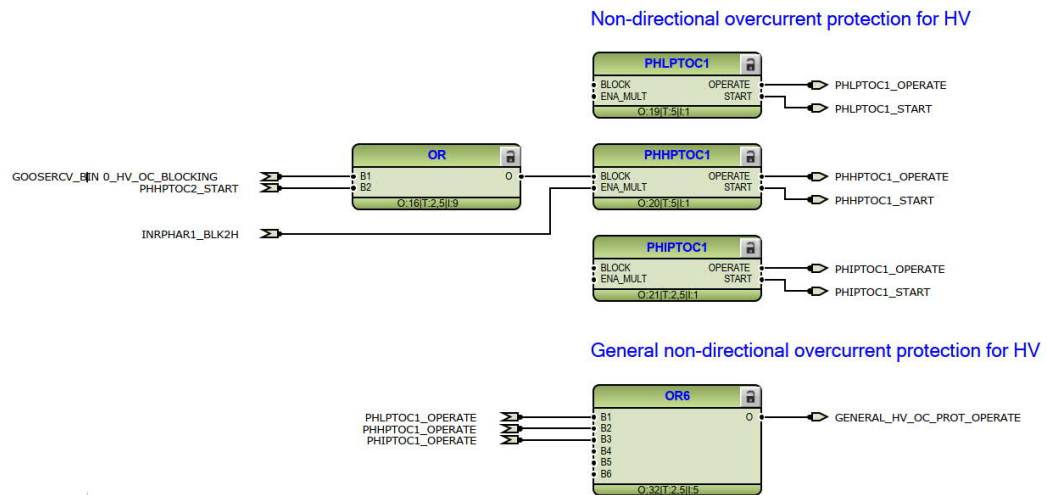
Kuva 12. RET620 Master trip-piirit.

Master trip-piiristä tarkastetaan piiriin kytketyt eri laukaisusignaalit ja verrataan näitä signaaleja suojauskaavion laukaisuihin. Puuttuvat laukaisut lisätään ja ylimääräiset laukaisut poistetaan master trip-piireistä. Lopuksi master trip-piirien laukaisutiedot kytketään I/O-välilehdellä oikeisiin output-kanaviin.

Esimerkkinä RET620-oletuskonfiguraatiossa oli Master trip-piirissä valmiiksi kytkettynä tarvittavat suojausfunktio-laukaisut. Lisäksi Master trip-piireihin kytkettiin suojauskaavion mukaisesti muuntajasuojalaitteiden laukaisusignaalit releen input-kanavista. Releen Master trip 1- ja 2-piirit muutettiin HV- ja LV CB-Master trip-piireiksi. HV- ja LV CB-trip-piirin muutos tehtiin myös REF620:n Master trip-piireille.

Kuvassa 13 on esimerkkinä suuntaamattoman ylivirtasuojafunktion lohko. Ylivirtafunktion eri portaiden laukaisut on kerätty General-lohkoon, josta yleinen ylivirtalaukaisu viedään Master trip-piiriin. Konfiguraatiossa kaikilla suojausfunktio-lohkoilla on kuvan 13 mukainen rakenne.

Kuvasta voidaan myös huomata kappaleessa 3.4.5 mainittu sysäysvirran havainta-signaali INRPHAR1_BK2H, jolla korotetaan ylivirtafunktion virtarajaa sysäysvirran ajaksi. Lisäksi kuvassa nähdään GOOSE-signaalina vastaanotettu ylivirtafunktion lukituskäsky 20kV puolen ylivirtasuojalta.



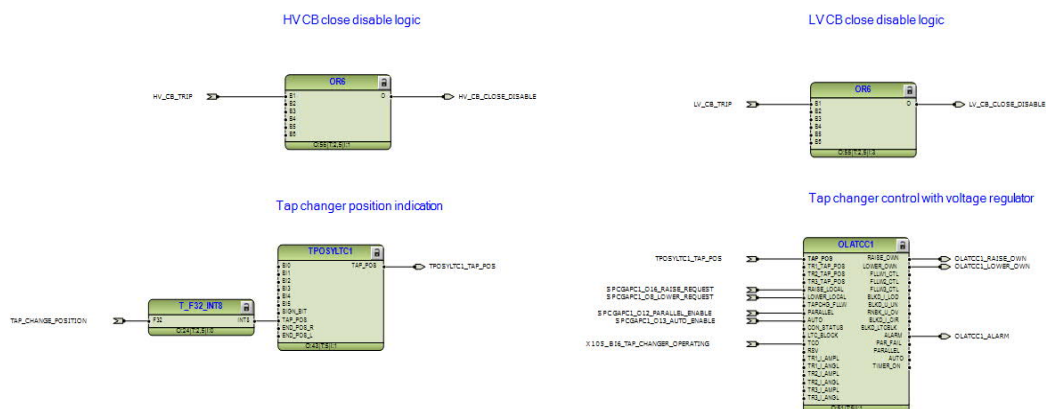
Kuva 13. RET620-ylivirtasuojauslohko.

4.2.4 Ohjauspiirien määrittys

Seuraavaksi työssä määritettiin ohjauspiirit PCM600:n Control-välilehdellä. Ohjauspiirejä määrittäessä tärkeintä on tuoda laitteiden ohjauslohkoille tarvittavat tilatietosignaalit releen input-kanavilta. Suurin osa ohjauksista toteutettiin REF620-varasuojareleellä.

4.2.4.1 RET620-ohjaukset

RET620-pääsuojareleellä toteutetut ohjaukset ovat automaattinen jännitteensäätö käänikytkimelle sekä kiinniohjauksen estopiirit HV- ja LV-puolen katkaisijoille. Kuvassa 14 on esitetty RET620-releen ohjauspiirit.



Kuva 14. RET620-ohjauspiirit.

Kuvassa 14 katkaisijoiden kiinniohjausestona on käytetty Master trip-lohkojen laukaisukäskyä, eli suojariele antaa katkaisijalle kiinniohjauseston, kun mikä tahansa suojarieleen suojausfunktio antaa laukaisun. Kiinniohjauksen estopiirissä on OR-lohko varauksena tulevia projekteja varten, jos katkaisijoiden kiinniohjausesto halutaan toteuttaa vain tiettyjen suojausfunktioiden toimiessa. Tällainen muutos voidaan nopeasti toteuttaa poistamalla kiinniohjausestopiirin OR-lohkosta master trip-laukaisu, ja lisätä tilalle halutut yksittäisten suojausfunktioiden general-laukaisukäskyt.

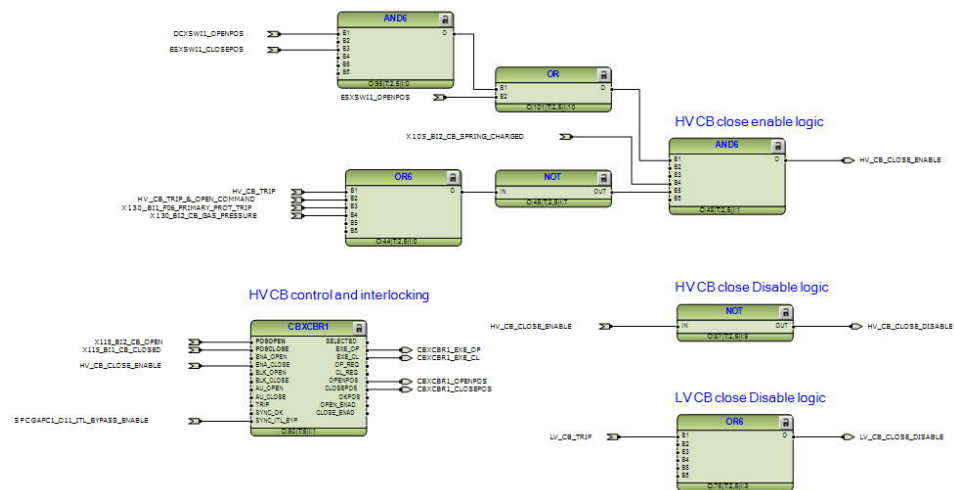
Kuvassa nähdään myös käämikytkimen ohjauspiirit. Käämikytkimen tilan indikointilohkoa TPOSYLTC1 varten tarvitaan TAP_CHANGE_POSITION eli käämikytkimen asentotieto vastuslämpötilamittauksena releen I/O-kortin X130 RTD-kanavasta. Käämikytkimen ohjauslohkolle OLATCC1 tuodaan asentotiedon lisäksi TAP_CHANGER_OPERATING eli käämikytkimen käyntitieto releen input-kanavasta. Loput käämikytkimen ohjauslohkolle tuodut tiedot pohjautuvat pohjakonfiguraatioon ja tulevat releen painonapeilta. Ohjauslohkolta viedään OLATCC1_RAISE_OWN ja OLATCC1_LOWER_OWN muuttujat, eli jännitteen säätö ylös- ja alas-ohjaukset suojarieleen output-koskettimille, joilla toteutetaan muuntajan käämikytkimen ohjaus.

4.2.4.2 REF620-ohjaukset

REF620-varasuojareleellä toteutetaan erottimien lukitukset, katkaisijoiden ohjaukset sekä katkaisijoiden kiinniohjausestot. Katkaisijoiden ohjauspiirit on esitetty kuvassa 15 ja erottimien ohjauspiirit kuvassa 16.

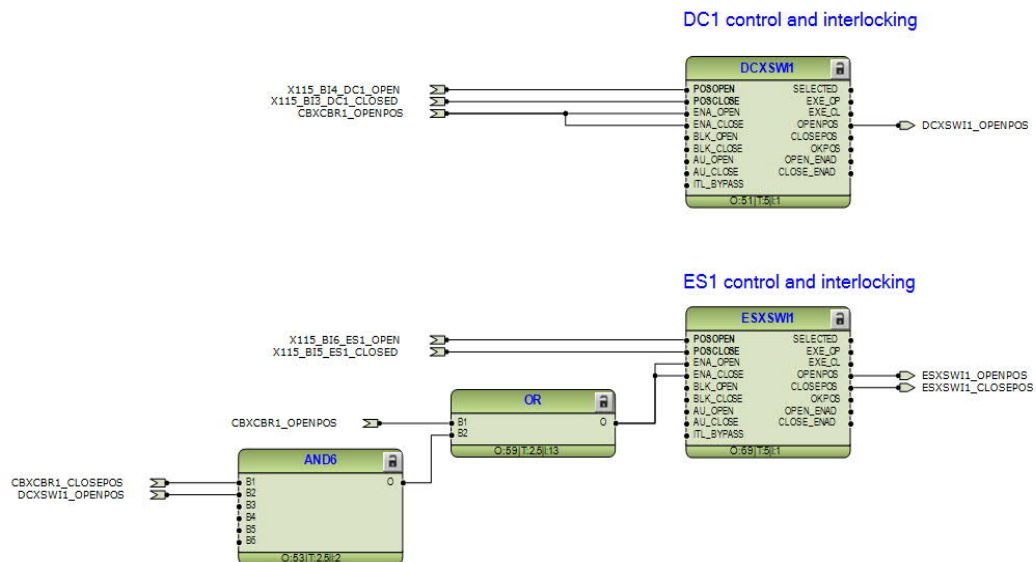
Katkaisijan kiinniohjauslupapiirillä varmistetaan, ettei katkaisijaa voida ohjata kiinni muulloin kuin seuraavien ehtojen toteutuessa:

- Muuntajakentän linjaerotin on oltava auki samalla kun maadoituserotin on kiinni, TAI linjaerotin on kiinni samalla kun maadoituserotin on auki.
- Katkaisijan jousen on oltava ladattu.
- REF620 Master trip-piirit, REF620-pääsuojarele tai katkaisijan kaasun paine ei ole antanut laukaisua.



Kuva 15. REF620-katkaisijoiden ohjaukset.

Katkaisijan ohjauslohkolle CBXCBR1 tuodaan kiinniohjauslupa sekä input-kanavista katkaisijan auki- ja kiinnitilatiedot. Lohkolta viedään kiinniohjauskäskeyteen output-koskettimelle ja aukiohjauskäskey Master trip-piiriin. Katkaisijan kiinniohjauksesta on toteutettu inverttoimalla kiinniohjauslupatieto NOT-lohkolla. LV-puolen katkaisijan kiinniohjauksesta on toteutettu samalla periaatteella kuin RET620-releessä.



Kuva 16. REF620-erottimien ohjaukset.

Kuvassa 16 erottimien ohjauslohkoille tuodaan releen input-kanavista erottimen ja maadoituserottimen tilatiedot. Lisäksi lohkoissa on auki- ja kiinniohjausluvan muodostamiseen tarvittavat signaalit, jotka jäävät kuitenkin varalle lohkoista poistettujen erottimien auki- ja kiinniohjauskäskyjen takia. Ohjauskäskyjä ei tarvita, koska tämän työn erottimet ovat käsin ohjattavia. Kuitenkin mahdollisuus ohjauskäskyjen antoon jää tulevia projekteja varten varalle konfiguraatioon.

Erottimien lukitusjännitteen ohjaus päälle/pois toteutettiin yksinkertaisella painonappiohjauksella releen näyttöpaneelilta.

4.2.5 Hälytys- ja valvontapiirien määrittäminen

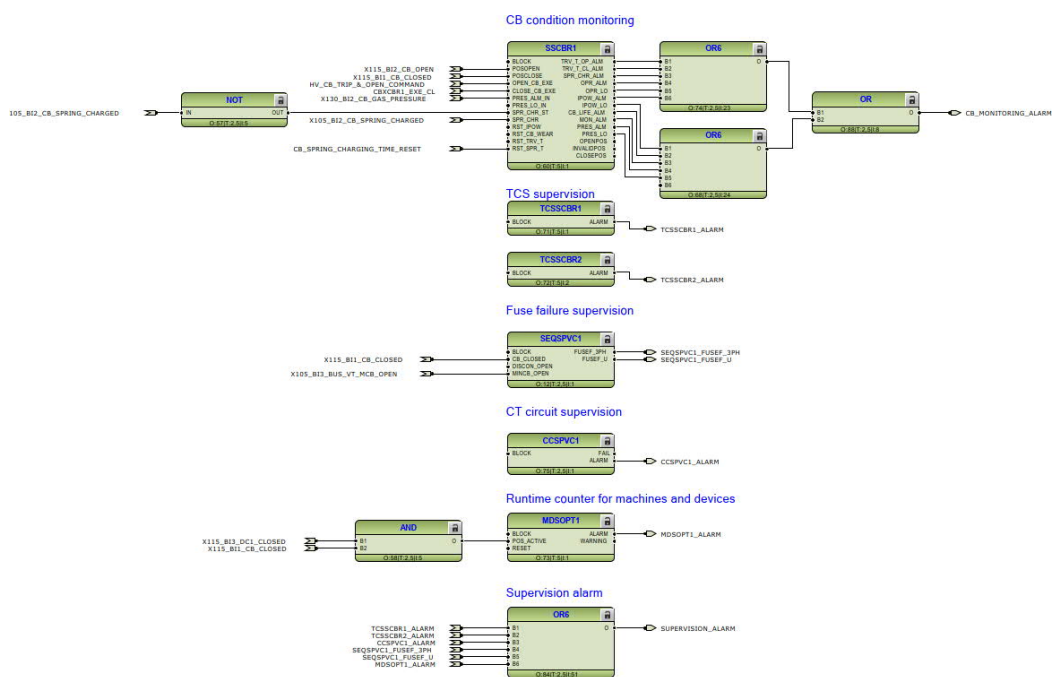
Hälytys- ja valvontapiirien määrittämiseen sisältyy LED-hälytykset LED-välilehdellä, häiriötallenninpiiri RDRE-välilehdellä, Supervision-välilehden valvontapiirit sekä kaukokäytölle vietävät signaalit. Suurin osa yleisistä valvontaan ja hälytyksiin liittyvistä piireistä on pitkälti käyttövalmiita jo pohjakonfiguraatiossa.

Tämä vaihe suunnittelua on hyvin pitkälti riippuvainen asiakkaan tarpeista: mitkä ovat asiakkaan kannalta tärkeitä valvontatietoja tai hälytyksiä? Mitä hälytyksiä asiakas haluaa kerätä releen häiriötallentimelle? Mitä hälytyksiä asiakas haluaa indikoida releen käyttöliittymän LED-hälytysvaloilla?

Standardikonfiguraatiota suunnitellessa tällainen asiakaskohtainen räätälöinti on mahdotonta. Standardikonfiguraatio suunnitellaan toimimaan lähtökohtana asiakasprojekteille, josta on mahdollisimman helppo aloittaa asiakkaan tarpeisiin pohjautuva konfiguraation räätälöinti.

4.2.5.1 Valvontapiirit

REF620-releen pohjakonfiguraation Supervision-välilehden valvontapiirissä käyttöön jäi katkaisijan tilanvalvontapiiri, loput piirit jätettiin sellaisenaan varalle. RET620-releen Supervision-välilehden valvontapiirit poistuiivat käytöstä kokonaisuudessaan. Kuvassa 17 esitetty REF620-releen Supervision-välilehden valvontapiirit.

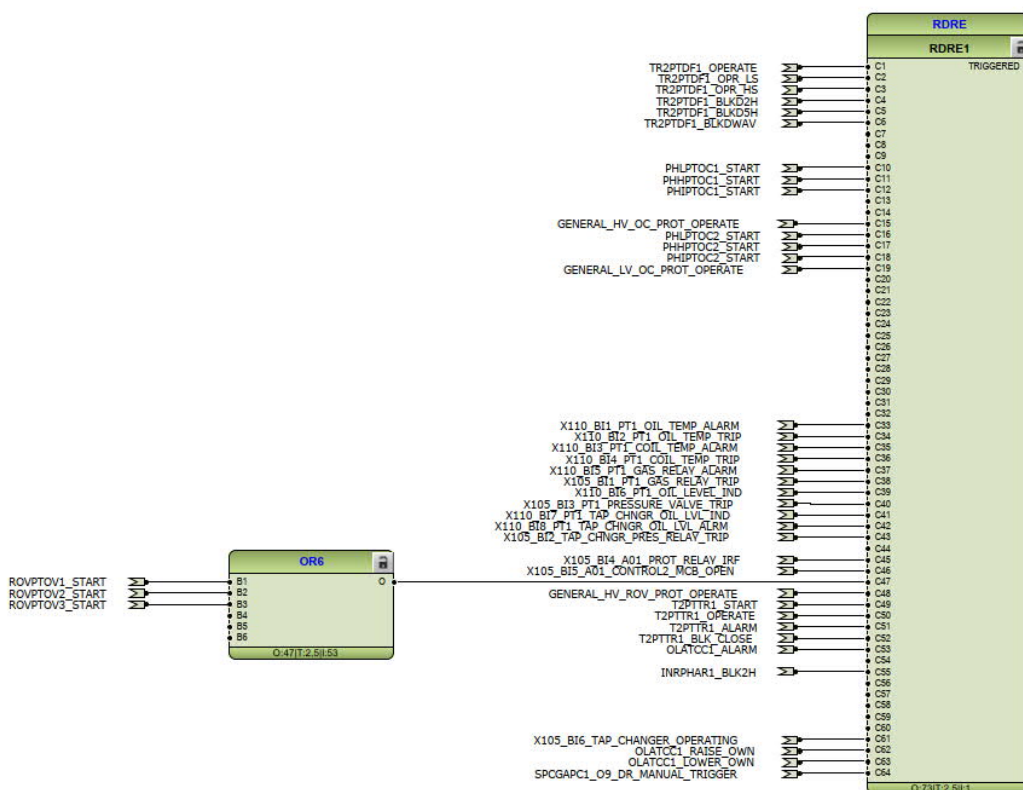


Kuva 17. REF620-valvontapiirit.

4.2.5.2 Häiriötallennin

Molempien releiden tapauksessa RDRE-välilehden häiriötallenninpiiriin oli jo pohjakonfiguraatiossa kerätty kaikkien eri suojausfunktioiden START- ja OPERATE-tiedot, eli suojausfunktion havahtumis- ja laukaisutiedot. Nämä jätettiin sellaiseenaan häiriötallentimelle. Lisäksi RET620-häiriötallentimelle kerättiin ALARM- ja TRIP-tiedot eli hälytys- ja laukaisutiedot ulkoisilta muuntajasuojalaitteilta, releille kerätyt MCB OPEN, eli suojauskytkimien asentotiedot, sekä REF620-releen sisäisen vian valvontatieto.

REF620:n häiriötallentimelle kytkettiin vastaavasti releelle kerätyt suojakytkimien asentotiedot sekä RET620 sisäisen vian valvontatieto. Kuvassa 18 on esitetty RET620-häiriötallenninlohko.



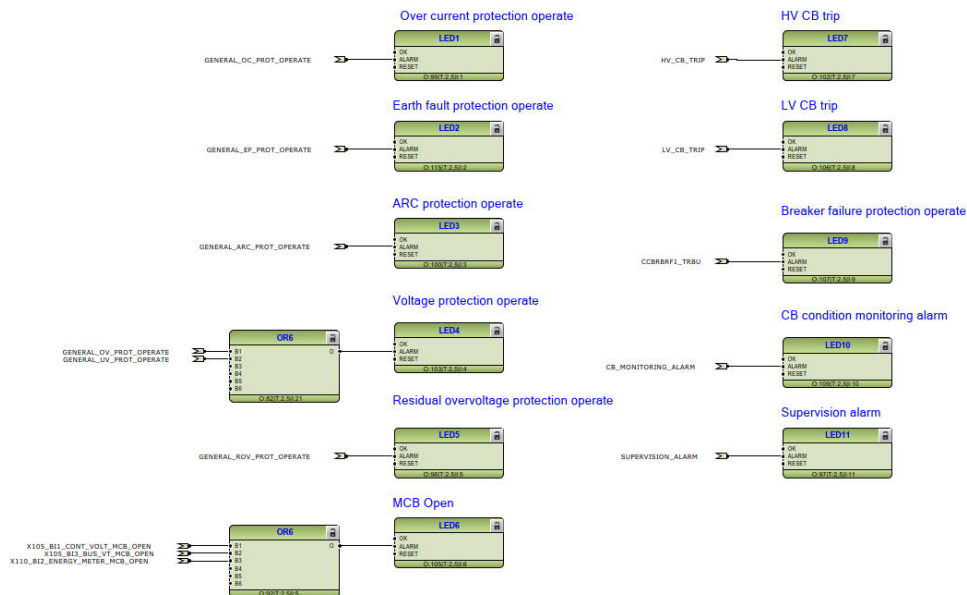
Kuva 18. RET620-häiriötallenninpiiri.

4.2.5.3 LED-hälytykset

RET620-releessä on yhteensä 11 LED-hälytysvaloa. Releelle luotiin tärkeimpien suojausfunktioiden toiminnasta hälyttävät LED-hälytykset: ”differentiaalisuojaus toiminut”, ”ylivirtasuojauksen toiminut” ja ”jäännösylijännitesuojauksen toiminut”. Lisäksi luotiin muuntajasuojalaitteiden toiminnasta hälyttävät LED-hälytykset: ”muuntajasuojauksen toiminut”, ”muuntajan öljyn tasohälytys”, ”öljyn lämpötilahälytys” ja ”käämin lämpötilahälytys”. Viimeisenä luotiin LED-hälytykset: ”HV-katkaisija lauennut”, ”LV-katkaisija lauennut” ja ”käämikytkin käy” indikoiti.

REF620-releessä on vastaavasti 11 LED-hälytysvaloa. Releelle luotiin tärkeimpien suojausfunktioiden toiminnasta hälyttävät LED-hälytykset: ”ylivirtasuojauksen toiminut”, ”maasulkusuojauksen toiminut” ja ”valokaarisuojauksen toiminut”. Lisäksi luotiin katkaisijan tilan valvontapiireille LED-hälytykset: ”HV-katkaisija lauennut”, ”LV-katkaisija lauennut” ja ”katkaisijan tilahälytys”. Lopuille LED-valoille vietiin

hälytykset varalle jätetyistä suojausfunktioista sekä suojakytkimien auki-tiedoista. Kuvassa 19 on esitetty REF620-releen LED-hälytykset.

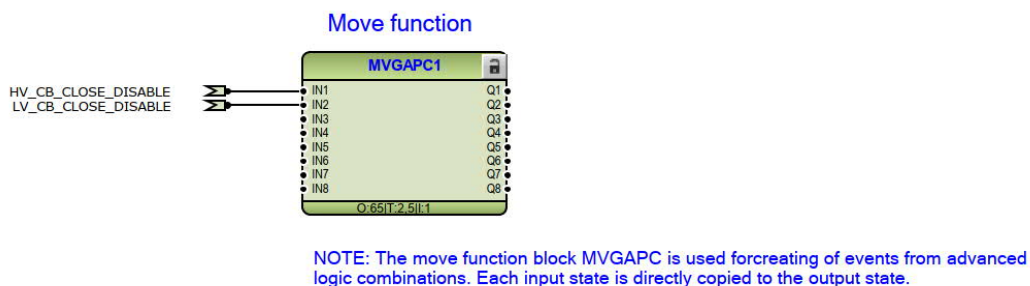


Kuva 19. REF620 LED-hälytyspiirit.

4.2.5.4 Kaukokäyttövalvonta ja GOOSE-viestintä

Kaukokäyttövalvontaa varten voidaan kerätä datasetteihin tarvittavat valvontasignaalit suoraan releiden input-kanavilta ja pohjakonfiguraation valmiilta ohjaus- ja suojauslohkoilta.

Geneerisillä lohkoilla (AND, OR, NOT) muodostettuja signaaleita ei kuitenkaan voida kerätä suoraan kaukokäyttöä varten datasetteihin. Geneerisillä lohkoilla muodostetut signaalit kerätään omalle MVGAPC-lohkolle, josta signaalit voidaan kerätä datasetteihin kaukokäyttövalvontaa varten. Geneerisillä lohkoilla muodostettuja signaaleita oli konfiguraatioissa vain kiinniohjausestot.



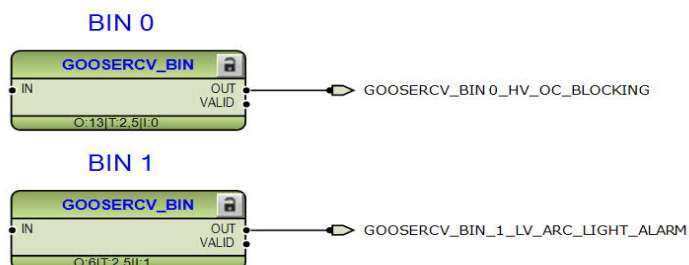
Kuva 20. MVGAPC-lohko.

Kuvassa 20 on esitettyä MVGAPC-lohkolle kerätyt kiinniohjausasetot. MVGAPC-lohkoa voidaan käyttää myös releiden väliseen GOOSE-viestintään output-lohkona.

Tässä vaiheessa on hyvä määrittää myös GOOSE-viestinnällä vastaanotetut input-signaalit ja kytkeä ne konfiguraation piireihin. Tässä työssä releet eivät vastaanota kuin muutaman GOOSE-viestin 20kV puolen kennolta: 110kV ylivirtalukitus molemmille releille, ja valokaarisuojauksen valotieto REF620:lle.

Kuvassa 21 on esitetty REF620:n GOOSE-viestin vastaanottamiseen käytetyt GOOSERCV_BIN-lohkot, ja lohkoihin kytketyt ylivirtalukitus- ja valokaarisuojauksen valotietosignaalit. Valotietosignaali kytketään GOOSE-lohkolta valokaarisuojausfunktion REM_FLT_ARC-nastaan. Ylivirtalukitus vieään ylivirtasuojan ylempään portaan PHHPTOC-lohkon BLOCK-nastaan, kuten kappaleen 4.2.3 kuvassa 13 on esitetty.

Goose binary inputs

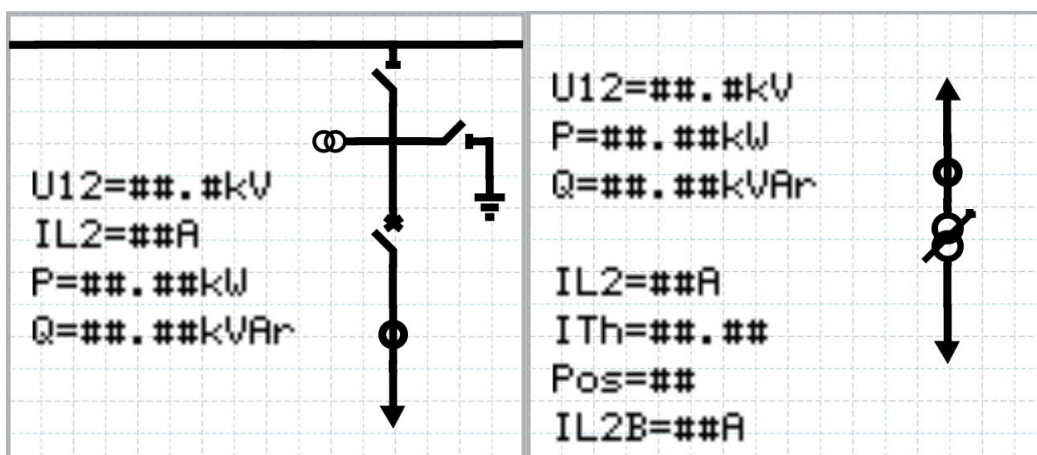


Kuva 21. REF620 GOOSERCV_BIN Input-lohkot.

4.2.6 Mimiikka

Lopuksi suunnitellaan releen näyttöpaneelilla esitettävä mimiikka PCM600:n Graphical Display Editor-työkalulla. Mimiikan tarkoitus on kuvastaa releen näytöllä muuntajakentän rakennetta, indikoida kentän laitteiden tiloja sekä kentän tärkeimpiä mittausrvoja. Mimiikka piirretään yleensä vastaamaan muuntajakentän pääkaavion rakennetta.

Tässä työssä REF620-releen mimiikalla esitetään linjan laitteiden tiloja. RET620-releen mimiikalla esitetään muuntajan ja käämikytkimen tilaa. Releiden näytöllä esitettävät mittaustiedot ovat riippuvaisia asiakkaiden tarpeista, joten releen näytölle jätettiin varauksena pohjakonfiguraation mimiikassa indikoidut mittausrvot. Kuvissa 22 ja 23 on esitetty REF620- ja RET620-releiden mimiikat.



Kuva 22. REF620-mimiikka.

Kuva 23. RET620-mimiikka.

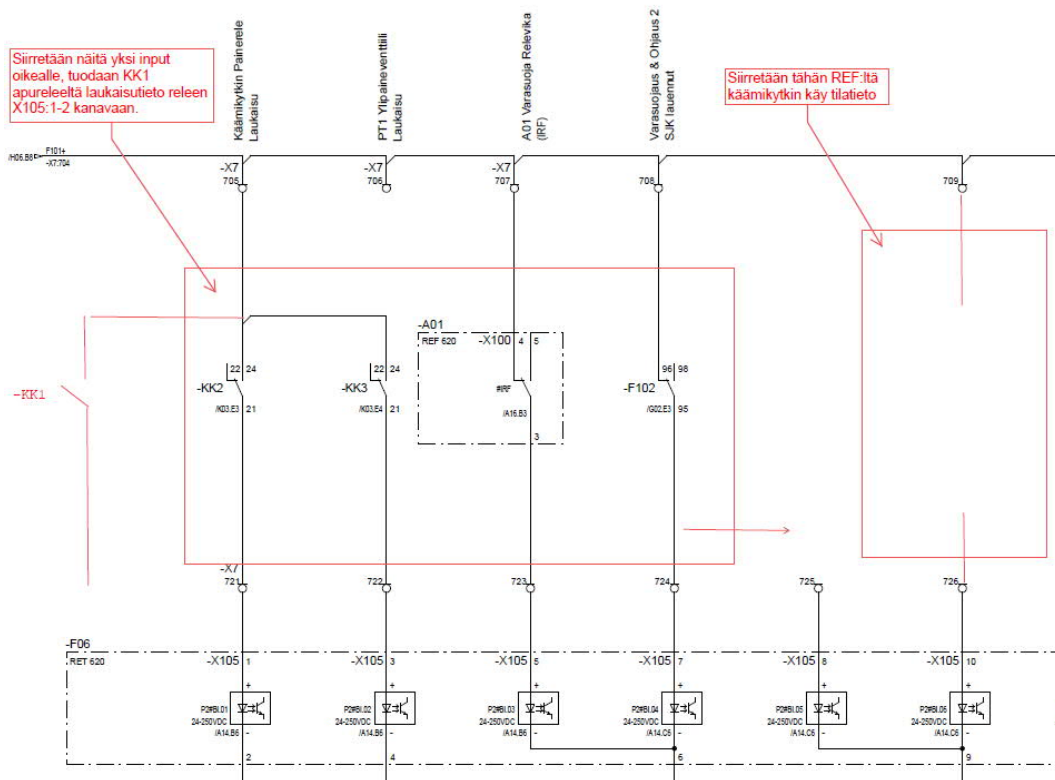
4.3 Piirikaavion korjaus

Konfiguraatiota suunnitellessa tulee usein vastaan puutteita piirikaavion kytkennöissä. Esimerkiksi voidaan huomata, että releen input-kanavien kytkennöistä puuttuu jokin tärkeä input-signaali, jota tarvitaan jonkin ohjauksen tai suojauksen toteuttamiseen konfiguraatiossa.

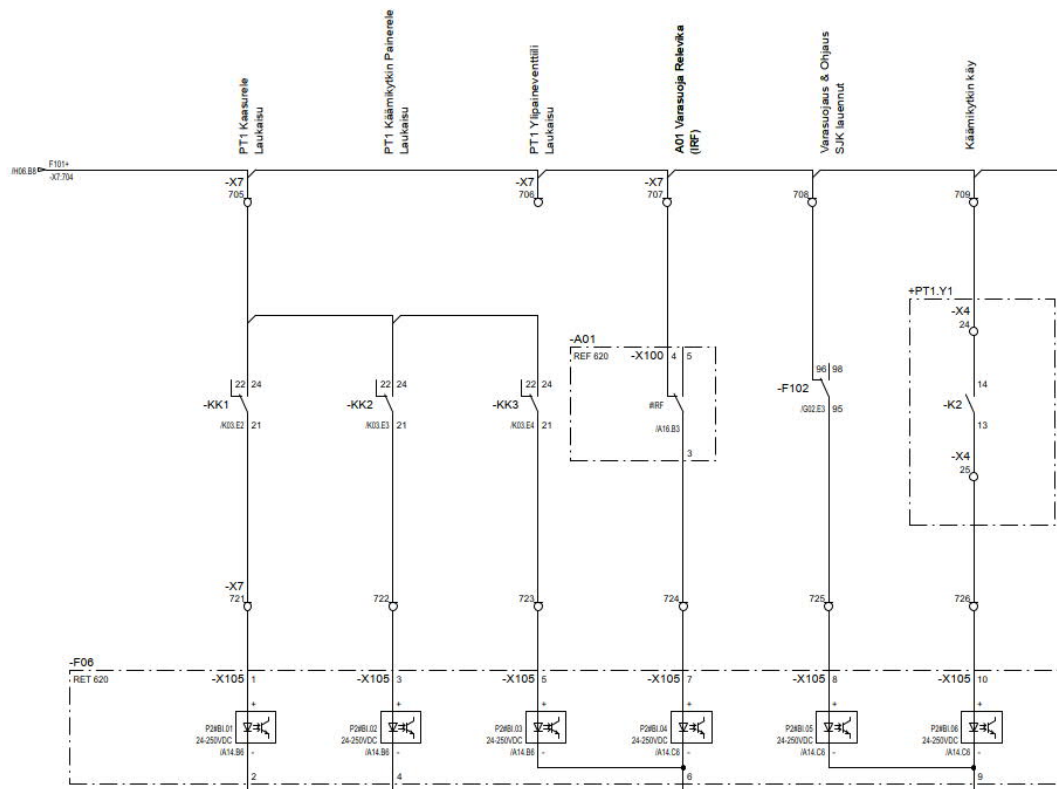
Konfiguraation suunnittelussa tärkeintä on vaadittavien ohjauksien ja suojauksien toiminnallisuuden toteuttaminen. Konfiguraatioon tehdään tarvittavat muutokset ja piirikaaviot muokataan jälkikäteen vastaamaan konfiguraation toiminnallisuutta.

Tässä työssä piirikaaviovirheitä löytyi suhteellisen paljon. Releiden input-signaaleita oli nimetty virheellisesti, mikä vaati piirikaavioiden läpikäyntiä signaalin todellisen toiminnallisuuden selvittämiseksi. RET620-releeltä puuttui tarvittavia input-signaaleita: muuntajan kaasureleen laukaisusta ei tuotu releelle tilatietoa ja käämikytkin käy-tilatieto oli kytketty väärälle releelle. Lisäksi kiinniohjauksen estokoskettimien kytkentä oli virheellinen. Kosketin olisi toiminut käänteisesti ”kiinniohjauslupa” tietona.

Korjaustoimenpiteinä signaalit nimettiin oikein, muuntajan kaasureleen laukaisu-tieto lisättiin RET620-releen input-kanavaan, käämikytkin käy-tilatiedon kytkentä siirrettiin REF620:ltä RET620:lle, ja kiinniohjausesto koskettimien kytkennät korjattiin toimimaan konfiguraation mukaisesti. Kuvassa 24 on esimerkkinä RET620 punakynäkorjauksia ja kuvassa 25 korjaukset toteutettuna.



Kuva 24. Piirikaavion RET620-punakynäkorjaukset.



Kuva 25. Piirikaavion RET620-kytkennät korjattuna.

5 YHTEENVETO

5.1 Tavoitteiden toteutuminen

Kappaleessa 1.1 opinnäytetyölle asetetut päätavoitteet tulivat täytettyä. Työn pohjalta kehittyi kokemusta ja ymmärrystä muuntajan rakenteesta ja muuntajakentän suojaustavoista, relesuojauksesta sekä suojareleiden konfiguraation suunnitteluprosessista.

Suunnittelun lopputuloksena muuntajakentälle valmistui suojauskaavio, RET620- ja REF620-suojareleille standardoidut pohjakonfiguraatiot sekä päivitetty, konfiguraation toimintaa vastaavat piirikaaviot muuntajakentän ohjauspaneelille, joita ABB:llä voidaan hyödyntää lähtökohtana vastaavanlaisen muuntajakentän ohjauksen ja suojauksen räätälöintiin tulevilla asiakaskohtaisissa projekteissa.

5.2 Jatkotutkimukset

Työn aikana ilmeni joitain relesuojaukseen liittyviä aihealueita, joiden syvällisempi tutkimus ei ollut standardikonfiguraatioiden valmistumisen kannalta olennaista. Nämä aihealueet ovat lähinnä oleellisia asiakaskeskeisissä projekteissa, jonka takia kyseisistä aiheista on tarpeellista ottaa selvää ja kehittää laajempaa ymmärrystä ja kokemusta jatkotutkimuksena työelämän puolella.

Näitä jatkotutkimuksen aihealueita olivat releiden parametrien asettelut PCM600:n parametrisointityökalulla, datasettien rakentaminen sekä GOOSE- ja väyläkommunikaatio suojareleiden ja sähköaseman muiden laitteiden ja kaukokäytön välillä, sekä konfiguraatioiden koestus Omicron-testilaitteistolla.

Relekonfiguraatioiden koestus ABB:n FAT-alueella rajattiin pois työstä Covid-19 epidemian aiheuttamien rajoitteiden vuoksi.

LÄHTEET

/1/ ABB Group. ABB lyhyesti. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti>

/2/ ABB Group. ABB Group headquarters. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/locations/group-headquarters>

/3/ ABB Group. ABB Full year 2018 highlights. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/news/detail/16501/q4-full-year-2018-results-solid-growth>

/4/ ABB Group. ABB Suomessa. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

/5/ ABB Group. ABB liiketoiminta suomessa. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>

/6/ ABB Group. ABB Power Grids Finland. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-power-grids-finland>

/7/ ABB Group. ABB Grid Automation Systems. Viitattu 13.05.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/grid-automation-systems>

/8/ Wright, M. 2017. Substation Basics. Viitattu 13.05.2020. <https://sciencing.com/substation-basics-7376138.html>

/9/ Csanyi, E. 2018. What is what in outdoor HV substation? How to identify elements by shape and function? Viitattu 14.05.2020. <https://electrical-engineering-portal.com/what-is-what-in-outdoor-hv-substation>

/10/ Transformer Construction. Viitattu 14.05.2020. <https://www.electronicstutorials.ws/transformer/transformer-construction.html>

/11/ Bolotinha, M. Power Transformer Protection & Faults. Viitattu 14.05.2020. <https://www.electricaltechnology.org/2018/05/power-transformer-protection-faults.html>

/12/ Csanyi, E. 2015. 4 Power Transformer Protection Devices Explained in Details. Viitattu 14.05.2020. <https://electrical-engineering-portal.com/4-power-transformer-protection-devices-explained-in-details>

/13/ Csanyi, E. 2018. Power Transformer Protection Relaying. Viitattu 15.05.2020. <https://electrical-engineering-portal.com/power-transformer-protection-relaying-overcurrent-restricted-earth-fault-differential>

/14/ Myatt, L.J. 1968. The Measurement of Symmetrical Components. Viitattu 15.05.2020. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/zero-sequence-voltage>

/15/ Keller, K. 2010. Electrical System Grounding and Bonding. Viitattu 14.05.2020. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/overcurrent-protection>

/16/ What you need to know about AFDD's. Viitattu 14.05.2020. <https://www.electriciancourses4u.co.uk/useful-resources/what-you-need-to-know-about-arc-fault-detection-devices-afdds/>

/17/ ABB Group. PCM600 - Protection and control IED manager. Viitattu 14.05.2020. <https://new.abb.com/substation-automation/products/tools/pcm600>

/18/ ABB Group. 620 Series IEC 61850 Engineering Guide. Viitattu 14.05.2020. https://library.e.abb.com/public/8eab2c00e221446c9f044a723ff05135/620_series_iec61850eng_757650_ENc.pdf?x-sign=Q7g8qFyxi4Fp+tkc9r4wxxvUzIvg34cQLZywIsM3+SsUML21jlbHHDvLJ+xZ8Ch+