



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henri Enberg

KATKAISIJAN KUNNONVALVONNAN MAHDOLLISUUDET

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henri Enberg
Opinnäytetyön nimi	Katkaisijan kunnonvalvonnan mahdollisuudet
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 1 liite
Ohjaaja	Olli Tuovinen

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sähkönjakelun suojauksessa ja valvonnassa käytettyjen laitteiden kunnonvalvontaan liittyvien toimintojen hyödyntämistä ja mahdollisuuksia. Työ tehtiin ABB:n Process Industries-yksikön toimesta.

Opinnäytetyössä käydään läpi ABB:n Relion-tuoteperheen suojaareista löytyvän katkaisijan kunnonvalvontalohkon toimintaa ja miten lohkon keräämää dataa voidaan hyödyntää. Työssä tutkittiin myös, miten lohkolta saatu data voidaan esittää COM600-sähköasema-automaatiokontrollerin käyttöliittymässä. Tietoa laitteista kerättiin ABB:n teknisistä manuaaleista.

Lopputuloksena saatiin katkaisijan kunnonvalvonnasta demojärjestelmä ja käsitys siitä, miten järjestelmä tulisi toteuttaa laajemmassa mittakaavassa. Myös projekteissa usein käytetyille katkaisijatyypeille laadittiin tarvittavat parametrit suojaareen asettelua varten.

ABSTRACT

Author	Henri Enberg
Title	Possibilities for Monitoring Circuit Breaker Condition
Year	2016
Language	Finnish
Pages	50 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

The main goal of this thesis was to research condition monitoring possibilities in protection and control devices used in power distribution networks. The main focus was on circuit breaker condition monitoring. The thesis was made for ABB Process Industries.

The thesis studied circuit breaker condition monitoring function found in ABB's Relion protective relays. It was also studied what kind of data condition monitoring function collects and how it can be utilized, for example in substation management unit COM600. Information about devices was gathered from technical manuals.

As a result, a demo system for circuit breaker condition monitoring was made. An understanding how to implement this type of a system on a larger scale was obtained. Parameters for system were also planned for circuit breakers often used in projects.

Keywords	Condition monitoring, circuit breaker, protective relay, electric power distribution
----------	--------------------------------------------------------------------------------------

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO.....	10
2	ABB OY.....	11
3	KATKAISIJA.....	12
	3.1 Katkaisijat keskijänniteverkossa.....	13
	3.2 Tyhjiökatkaisija.....	14
	3.3 SF6-katkaisija.....	17
	3.4 Katkaisijan kunnonvalvonta.....	19
4	RELESUOJAUS.....	20
	4.1 Suojarele.....	21
	4.2 IEC 61850-standardi.....	23
	4.3 Suojareleet REF615 ja REF630.....	24
	4.4 Katkaisijan kunnonvalvonta IED-laitteella.....	25
	4.5 PCM600-konfigurointiohjelma.....	26
5	KATKAISIJAN KUNNONVALVONTALOHKO SSCBR.....	27
	5.1 Katkaisijan asennon valvonta.....	29
	5.2 Katkaisijan käytönvalvonta.....	30
	5.3 Katkaisijan toiminta-ajan valvonta.....	30
	5.4 Toimintakertojen laskin.....	32
	5.5 P _t -akkumulaatio.....	32
	5.6 Katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrä.....	33
	5.7 Katkaisijan viritysjousen valvonta.....	35
	5.8 Katkaisijan kaasun paineen valvonta.....	35
6	KATKAISIJAN LAUKAISUPIIRIN VALVONTALOHKO TCSSCBR.....	37
7	COM600.....	38
	7.1 COM600 konfigurointi.....	40
	7.2 Vtrin.....	43

8	KATKAISIJAN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄ	44
8.1	Järjestelmän testaus.....	46
8.2	Järjestelmän soveltuvuus ja kehitys	46
9	YHTEENVETO	47
	LÄHTEET.....	48

LIITTEE

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. ABB:n valmistama keskijännitekatkaisija HD4 /9/	12
Kuvio 2. Asennettujen keskijännitekatkaisijatyyppeiden osuus vuosilta 1980 – 2010. /10/	13
Kuvio 3. Katkaisijan katkaisuyksikön rakenne. /8/	14
Kuvio 4. Tyhjiökatkaisijassa syntyvä valokaari katkaistulla nimellisvirralla. /8/	15
Kuvio 5. Tyhjiökatkaisijassa syntyvä valokaari katkaistulla oikosulkuvirralla. /8/	15
Kuvio 6. Tyhjiökatkaisijan toimintakertojen määrä eri virran arvoilla. /8/	16
Kuvio 7. Valokaaren sammuttamiseen käytettyjen aineiden jännitelujuuksia. /11/	17
Kuvio 8. Self-blast tyyppisen katkaisijan toiminnan eri vaiheet. /9/	18
Kuvio 9. Suojareleen REF615 esimerkkikytkentä. /16/	22
Kuvio 10. Suojarele REF630. /4/	23
Kuvio 11. IEC 61850-datamalli. /14/	24
Kuvio 12. Suojareleen REF615 konfiguraatioesimerkki.	26
Kuvio 13. Katkaisijan kunnonvalvontalohko.	27
Kuvio 14. Kunnonvalvontalohkon toiminnan kuvaus. /1/	28
Kuvio 15. Katkaisijan asennon valvonnan toiminnan kuvaus. /1/	29
Kuvio 16. Katkaisijan käytönvalvonnan toiminnan kuvaus. /1/	30
Kuvio 17. Katkaisijan toiminta-ajan valvonnan toiminnan kuvaus. /1/	31
Kuvio 18. Toimintakertojen laskimen toiminnan kuvaus. /1/	32
Kuvio 19. Ft-akkumulaation toiminnan kuvaus. /1/	33
Kuvio 20. Katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrä funktion toiminnan kuvaus. /1/	33
Kuvio 21. Katkaisijan viritysjousen valvonnan toiminnan kuvaus. /1/	35
Kuvio 22. Katkaisijan kaasun paineen valvonnan toiminnan kuvaus. /1/	36
Kuvio 23. Katkaisijan laukaisupiirin valvontalohko. /1/	37
Kuvio 24. Katkaisijan laukaisupiirin valvontalohkon toiminnan kuvaus. /1/	37

Kuvio 25. COM600 osana älykkäässä järjestelmässä. /5/	39
Kuvio 26. COM600:n hälytyslista.	39
Kuvio 27. COM600:n SLD-näkymä.	40
Kuvio 28. Kommunikaatioverkon rakenne SAB600 projektissa.	41
Kuvio 29. SLD-editori.	41
Kuvio 30. Objektien ja signaalien välisen yhteyden määrittäminen.	42
Kuvio 31. Vtrinillä luotu vaihevirtojen kuvaaja.	43
Kuvio 32. Katkaisijan kunnonvalvonta single-line diagram-näkymässä.	45
Kuvio 33. Katkaisijan kunnonvalvontajärjestelmä lohkokaaaviona.	45
Taulukko 1. Suojareleen REF615 kunnonvalvontafunktiot.	25
Taulukko 2. Suojareleen REF630 kunnonvalvontafunktiot.	25
Taulukko 3. REF630 saatavat toiminnot.	52

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ABB	Asea Brown Boveri
DNP	Kommunikaatioprotokolla
FBD	Function block diagram, toimintolohkokaavio ohjelmointiympäristö
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events, nopea viestintäprotokolla sähköaseman laitteiden väliseen viestintään
HMI	Human-machine interface, käyttöliittymä
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IEC 61850	International standard for substation communication and modeling, kansainvälinen standardi sähköasema-automaatio laitteille
IED	Intelligent Electronic Device, älykäs elektroninen laite
kV	Kilovoltti
mbar	Millibaari
mm	Millimetri
Modbus	Kommunikaatioprotokolla
PC	Personal computer, tietokone
SCADA	Supervision, control and data acquisition, valvomo-ohjelmisto
SCL	Substation Configuration Language
SF6	Rikkiheksafluoridi

SLD	Single-line diagram, yksiviivainen esitystapa piirikaaviosta
SPAbus	Kommunikaatioprotokolla
SSCBR	Circuit breaker condition monitoring, katkaisijan kunnonvalvontalohko
TCSSCBR	Trip circuit supervision, katkaisijan laukaisupiirin valvontalohko

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyö tehtiin ABB:n Process Industries-yksikölle. Työn tarkoitus oli tutkia suojarleiden REF615 ja REF630 katkaisijan kunnonvalvontalohkon hyödyntämistä ja sen lisäämistä osaksi kunnonvalvontaa. Työhön kuului myös katkaisijan kunnonvalvontalohkon parametrien etsiminen manuaaleista käytössä oleville katkaisjoille, sekä miten katkaisijan kunnonvalvontalohkon hälytykset ja mittaukset voidaan esittää COM600 käyttöliittymässä.

Opinnäytetyön alkuosassa käydään läpi katkaisijan ja suojarleen toimintaa, erityisesti katkaisijan kunnonvalvontaan liittyen. Loppuosa kertoo COM600-sähköasema-automaatiokontrollerin lisäämisestä osaksi katkaisijan kunnonvalvontajärjestelmää ja järjestelmän toiminnasta kokonaisuutena.

2 ABB OY

ABB-yhtymä syntyi vuonna 1988 ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin yhdistäessä liiketoimintansa. ABB on maailmanlaajuisesti johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka työllistää noin 100 maassa yli 135 000 henkilöä. ABB jakautuu neljään divisioonaan, joita ovat Electrification Products, Discrete Automation and Motion, Process Automation ja Power Grids. ABB toimii Suomessa 20 paikkakunnalla ja on yksi Suomen suurimmista teollisuuden työnantajista. ABB:n tehdaskeskittymät sijaitsevat Haminassa, Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. ABB:n liikevaihto oli Suomessa vuonna 2015 noin 2,2 miljardia euroa. /17/18/19/

ABB:n Process Industries-yksikön toiminta keskittyy energianhallinta-, paperikonekäyttö-, sähköistys- ja tehdastietojärjestelmäratkaisuihin sekä prosessitiedon hallintajärjestelmiin. Yksikön toiminta perustuu vahvaan projektiosaamiseen ja laajaan asiantuntijatietämykseen. Process Industries-yksikön asiakkaat muodostuvat elintarvike-, energia-, kaivos-, lääke-, metalli-, metsä-, ja sementtiteollisuudessa toimivista yrityksistä. /20/

3 KATKAISIJA

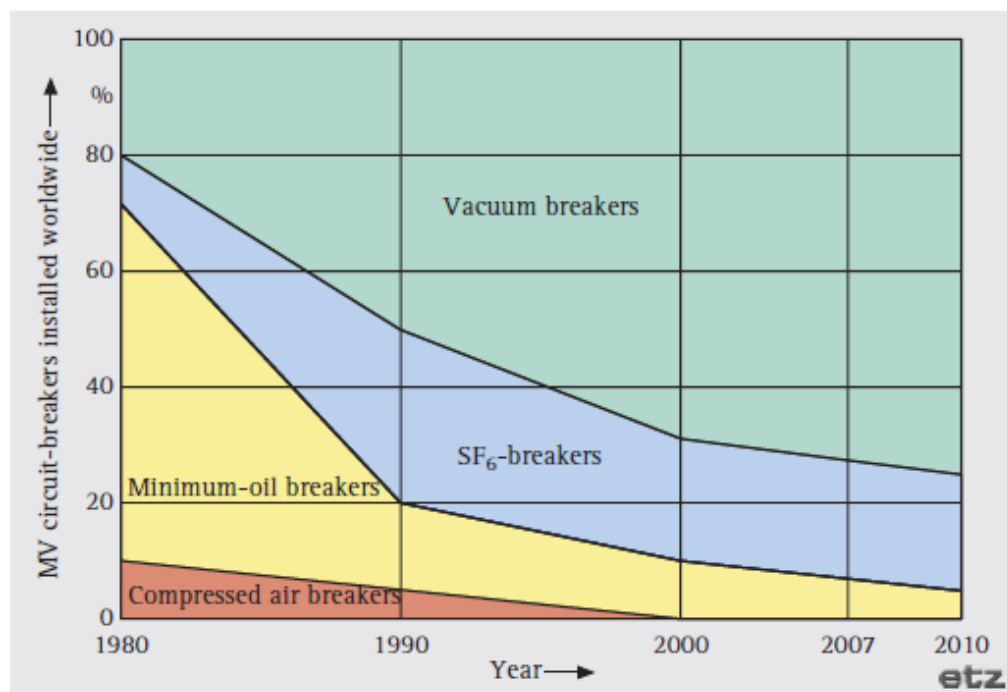
Katkaisija on laite, joka kytkee ja katkaisee virran sähköverkon eri osioiden välillä. Katkaisija on myös sähköverkon komponentti, joka vian sattuessa katkaisee oikosulkuvirran vikaantuneesta verkon osasta. Tämän vuoksi katkaisijan on kyettävä nimellisvirran lisäksi katkaisemaan suuria oikosulkuvirtoja vahingoittumatta. Katkaisijan toimivuuden kannalta on tärkeää koskettimien kunto ja mekaanisen toimivuuden varmuus. Virran katkaisuun koskettimien huonon kunnon takia kykenemätön tai mekaanisesti kesken toiminnon jumiutunut katkaisija, voi aiheuttaa laajankin sähkökatkoksen. Kuviossa 1 ABB:n valmistama keskijännitekatkaisija HD4. /7/



Kuvio 1. ABB:n valmistama keskijännitekatkaisija HD4 /9/

3.1 Katkaisijat keskijänniteverkossa

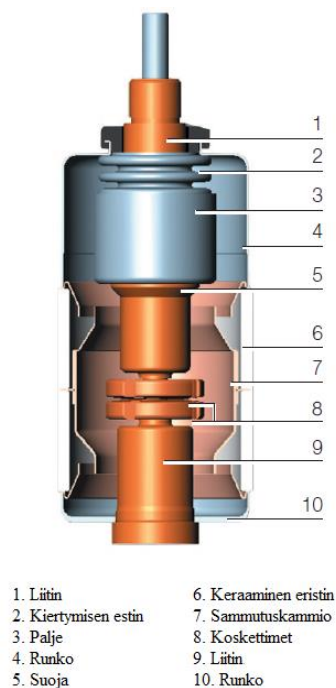
Nykyaikaisissa keskijänniteverkoissa yleisimmät käytössä olevat katkaisijatyypit ovat SF₆- ja tyhjiökatkaisijat, jotka ovat suurelta osin korvanneet vanhat vähäöljy- ja paineilmakatkaisijat (**Kuvio 2.**). SF₆- ja tyhjiökatkaisijoiden etuina muihin keskijännitekatkaisija tyyppeihin on vähäinen huollon tarve, yksinkertainen rakenne ja kompakti koko. /7/10/



Kuvio 2. Asennettujen keskijännitekatkaisijatyypien osuus vuosilta 1980 – 2010. /10/

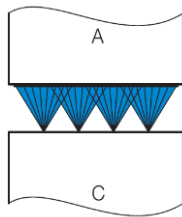
3.2 Tyhjiökatkaisija

Keskijänniteverkossa käytetyistä katkaisijoista suurin osa on tyhjiökatkaisijoita. Tyhjiökatkaisijan toiminta perustuu tyhjiön suureen jännitelujuuteen. Tämän vuoksi katkaisijan koskettimet sijaitsevat tyhjiöampulleissa (**Kuvio 3.**), joissa paineen on oltava todella matala, esimerkiksi uusissa katkaisijoissa se on alle 10^{-8} mbar. Koska koskettimet sijaitsevat ampulleissa, ovat ne suojassa lialta, pölyltä ja muilta ympäristön haittavaikutuksilta. Tyhjiössä katkaisuun tarvittu koskettimien avausväli on pieni, 20 kV katkaisijalla se on luokkaa 10–24 mm. Koskettimien lyhyen avausvälin ansiosta katkaisuun tarvittu mekaaninen liike on lyhyt ja liikkeeseen tarvittu ohjausenergian tarve pieni, jolloin katkaisija saadaan rakennettua pienempään kokoon. /7/8/



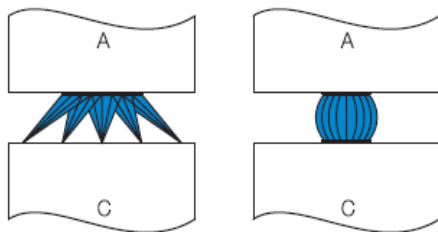
Kuvio 3. Katkaisijan katkaisuyksikön rakenne. /8/

Tyhjiökatkaisijan auetessa nimellisviralla, syttyy koskettimien välille hajanainen valokaari (**Kuvio 4.**), joka sammuu virran nollakohdalla. Kuormitusvirralla tapahtunut katkaisu kuluttaa hyvin vähän kosketinpintoja, tällaisia katkaisuja voidaan suorittaa kymmeniä tuhansia ennen katkaisuyksikön vaihtoa. /7/8/

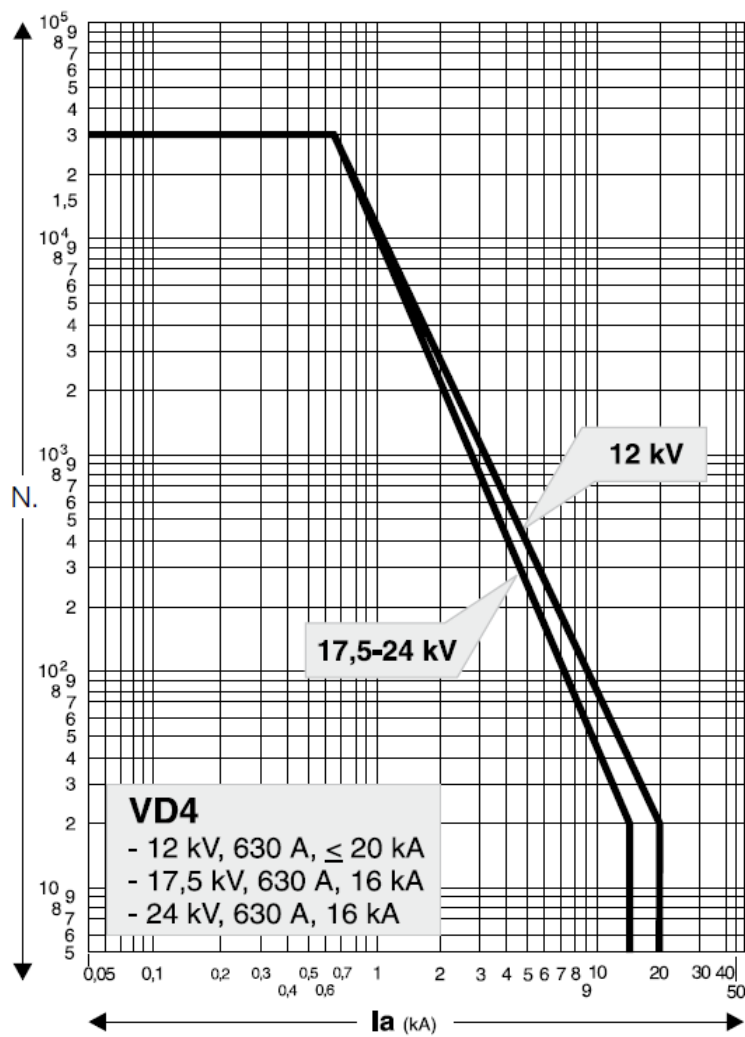


Kuvio 4. Tyhjiökatkaisijassa syntyvä valokaari katkaistulla nimellisvirralla. /8/

Katkaisijan auetessa oikosulkuvirralla, valokaari keskittyy pienemmälle alueelle (**Kuvio 5.**) Hall-ilmion vuoksi. Tämä aiheuttaa kosketinpintojen lämpenemistä ja nopeaa kulumista. Valokaaren vaikutusten vähentämiseksi koskettimet on muotoiltu niin, että koskettimiin syntyvä magneettikenttä pyörittää valokaarta, jolloin valokaaren vaikutus leviää laajemmalle alueelle. Kosketinpintojen kulumiseen vaikuttaa katkaistun virran suuruus. Kuviossa 6 on esitetty kuinka monta katkaisua virran eri arvolla voidaan suorittaa VD4-katkaisijalla. /8/



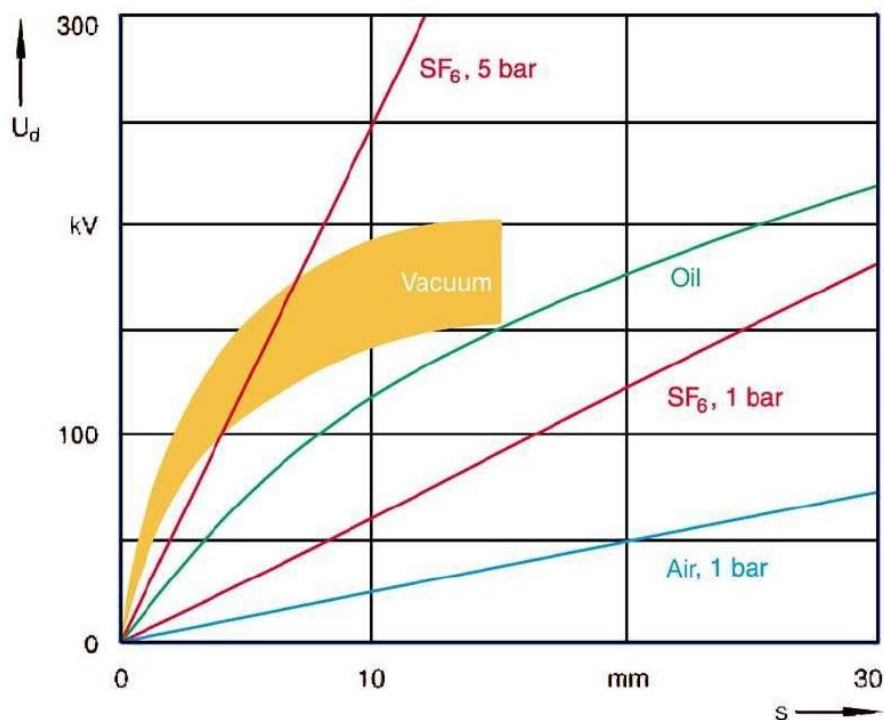
Kuvio 5. Tyhjiökatkaisijassa syntyvä valokaari katkaistulla oikosulkuvirralla. /8/



Kuvio 6. Tyhjiökatkaisijan toimintakertojen määrä eri virran arvoilla. /8/

3.3 SF6-katkaisija

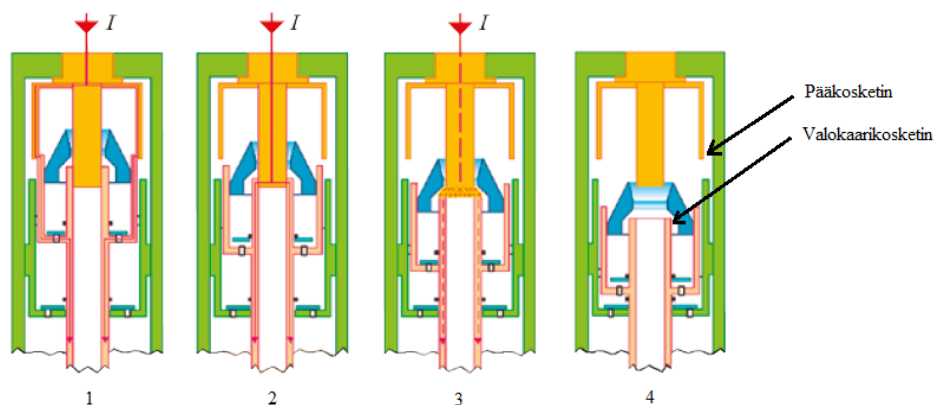
SF6-katkaisija käyttää katkaisuun rikkiheksafluoridikaasua eli SF6-kaasua. SF6-kaasu on hajuton, väritön, palamaton ja puhtaana myrkytön kaasu, jota käytetään sen hyvän jännitelujuuden ja valokaaren sammutusominaisuuksien vuoksi suur- ja keskijännitekatkaisijoissa. SF6-kaasun jännitelujuus on noin 2,5-kertainen saman paineiseen ilmaan verrattuna (**Kuvio 7.**). Suurjänniteverkossa SF6-katkaisijaa käytetään sen hyvän palavan jännitteen kestokyvyn ja katkaisutehon ansiosta, keskijännitteellä taas pienen katkaisuylijännitteen vuoksi. /7/9/



Kuvio 7. Valokaaren sammuttamiseen käytettyjen aineiden jännitelujuuksia. /11/

Self-blast-katkaisijan toiminta perustuu sammutuskammion puhalluksen avulla valokaaren uudelleen syttymisen estämiseen. Kuviossa 8 on esitetty katkaisun eri vaiheet. Katkaisijan pääkoskettimien, auetessa virran kulku siirtyy valokaarikos-

kettimille, samalla männän liike puristaa kaasua, joka saa aikaan virtauksen alemmasta kammiosta ylempään kammioon, kunnes paine tasoittuu. Valokaarikoskettimien auetessa, valokaari syttyy koskettimien välille, pienillä virroilla valokaari sammuu virran nollakohdalla ja SF₆-kaasu virtaa heikon paineen avulla koskettimien välille estäen valokaaren uudelleen syttymisen. Suurilla katkaisuvirroilla valokaaren tuottama paineaalto sulkee valokaarikammion, jolloin valokaaren tuottaman lämmön johdosta kammioon muodostuu paine. Virran nollakohdalla valokaari sammuu ja SF₆-kaasu virtaa paineella koskettimien välille estäen valokaaren uudelleen syttymisen. /7/9/



1. Katkaisija kiinni asennossa
2. Pääkoskettimet auki
3. Valokaarikoskettimet auki
4. Katkaisija auki asennossa

Kuvio 8. Self-blast tyyppisen katkaisijan toiminnan eri vaiheet. /9/

3.4 Katkaisijan kunnonvalvonta

Katkaisijan rakenne koostuu monista mekaanisesti liikkuvista osista, jotka mekaanisen rasituksen lisäksi joutuvat alttiiksi ympäristön vaikutuksille. Siksi onkin tärkeää, että katkaisijan kunto ja toimivuus tarkistetaan säännöllisin ajoin. Katkaisijoiden manuaaleissa on laadittu kunnossapitoa varten vuosittaiset tai toimintakertojen määrään perustuvat tarkastus- ja huolto-ohjeet. Yleisimpiä katkaisijalle suoritettavia toimenpiteitä on visuaalinen tarkastus ja toimintamekanismin testaus. Visuaaliseen tarkastukseen kuuluu osien puhtauden ja kunnan sekä pulttien, muttereiden ja ruuvien kireyden tarkastus. Tyhjiökatkaisijoille tehdään myös mittauksia, joiden perusteella pystytään arvioimaan katkaisuampullien tyhjiön painetta.

Valvonnan osalta SF₆-katkaisijoissa on kaasunpainetta valvova yksikkö, joka indikoi kaasunpainetta merkkivaloilla tai binäärisignaaleilla. Katkaisijoissa on myös toimintakertoja laskeva mekaaninen laskuri seuranta varten. /8/9/

4 RELESUOJAUS

Sähköverkon toiminnan kannalta on tärkeää, vikatilanteiden sattuessa, nopeasti toimiva suojaus ja verkon vikaantuneen osan erotus verkosta. Verkko jakautuu osiin katkaisijoiden perusteella ja jokaisen sähköverkon osion tilaa valvoo suoja-rele. Vian sattuessa suojarele havahtuu ja arvioi onko vika releen suojaamalla alueella. Jos vika sijaitsee releen suoja-alueella, ohjaa rele katkaisijan auki ja näin erottaa vikaantuneen osan verkosta. /3/

”Relesuojauksen on täytettävä seuraavat perusvaatimukset:

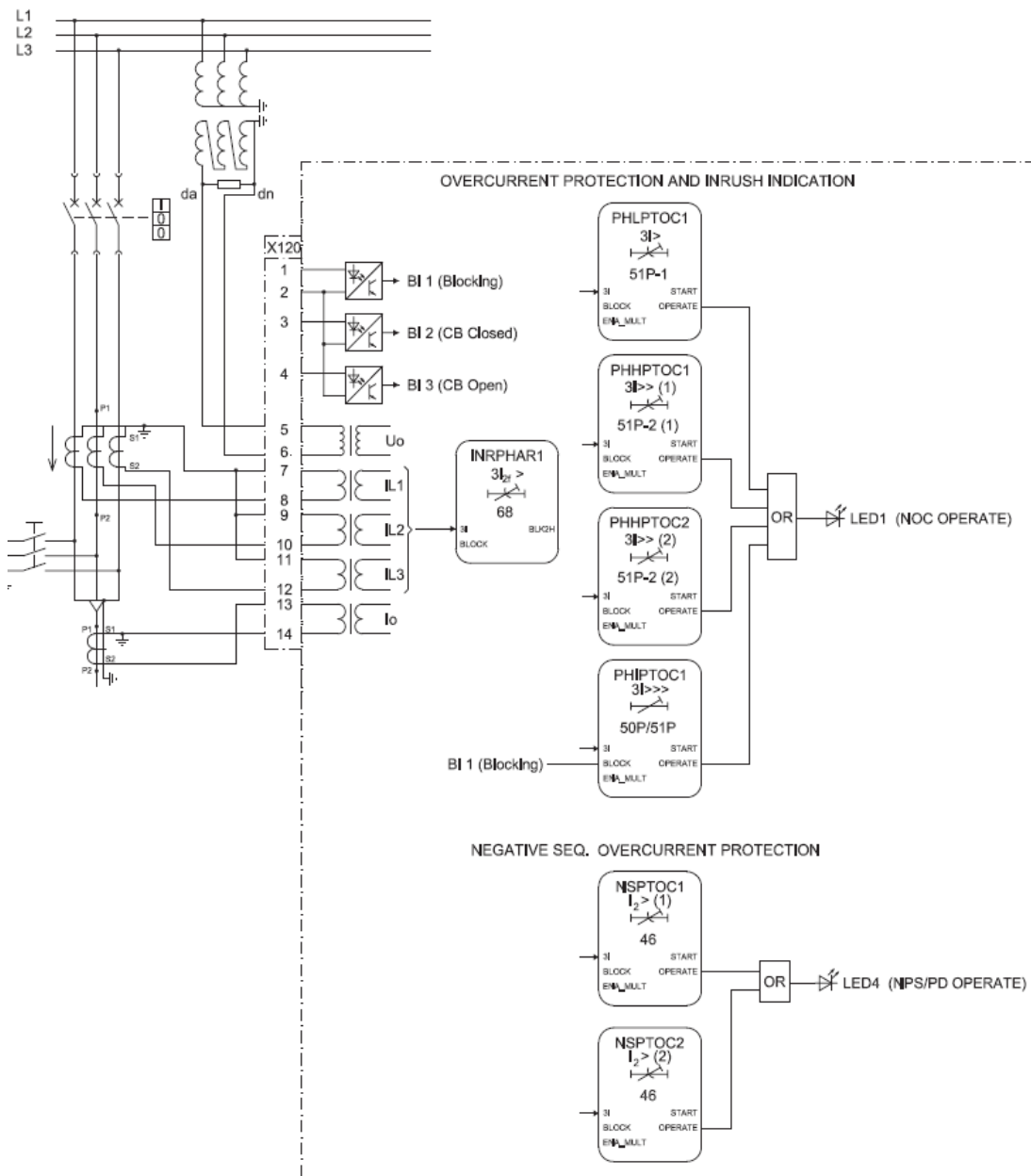
- Suojauksen on toimittava selektiivisesti eli erotettava vikapaikka niin, että mahdollisimman pieni osa verkostosta jää vian seurauksena ilman sähköä.
- Suojauksen on toimittava niin nopeasti, että häiriön aiheuttamat vahingot jäävät pieniksi ja että voimalaitosten yhteiskäyttö häiriintyy mahdollisimman vähän.
- Suojauksen on suojattava aukottomasti koko sähköverkostoa.
- Suojauksen on oltava mahdollisimman yksinkertainen ja käyttövarma.
- Suojausta on voitava koestaa käyttöpaikalla käytön aikana.
- Sähköverkosto jaetaan suojausta suunniteltaessa erillisiin suoja-alueisiin, joiden suojaus suunnitellaan erikseen huomioiden kuitenkin suojattavan sähköverkostokokonaisuuden vaatimukset. Suojan suoja-alue on sähköverkoston se osa, jossa syntyneen vian vaikutuksesta suoja toimii. Kun vika on suojan suoja-alueen ulkopuolella, suoja ei toimi.
- Suoja-alueita rajoittavat suojareleiden ohjaamat katkaisijat. Jos vierekkäiset suoja-alueet osaksi peittävät toisensa, suojaus on aukoton. Suojaa sanotaan absoluuttisesti selektiiviseksi, kun se toimii vain omalla suoja-alueellaan sattuvan vian vaikutuksesta. Aikaporrastukseen perustuvan suojan selektiivisyyttä nimitetään aikaselektiivisyydeksi ja virtaporrastukseen perustuvaa virtaselektiivisyydeksi.

- Suoja-alueita voivat olla esim. generaattorit, muuntajat, johdot, kokoojakiskostot ja moottorit. Tärkeillä suoja-alueilla tulee niiden ensisijaisen eli pääsuojauksen lisäksi olla järjestetty varasuoja. Tätä edellyttävät ainakin kantaverkko, suuret generaattorit ja suuret muuntajat.”/3/

4.1 Suojarele

Suojarele on laite, jota käytetään sähköverkon suojaamiseen ja valvontaan. Rele mittaa mittamuuntajilla verkon jännitteitä ja virtoja. Mitattuja arvoja vertaamalla releeseen asetettuihin raja-arvoihin, rele arvioi onko kyseessä verkon normaali käyttötila vai vikatila. Raja-arvojen ylittyessä, suojarele käynnistää suojausfunktion, joka suorittaa releelle ohjelmoidut toiminnot, esim. katkaisijan aukaisun ja hälytyksen aktivoinnin. Kuviossa 9 on esitetty suojareleen REF615 esimerkki kytkennästä ja lohkokaavio ylivirtasuojauksesta. Kuviosta näkee myös, miten virta- ja jännitemuuntajat on kytketty suojareleeseen. Suojareleissä on eri suojauskohteille valittavissa monia suojausfunktioita, sekä valvontaan ja ohjaukseen liittyviä toimintoja. Liitteessä 1 on esitetty suojareleeseen REF630 (**Kuvio 10.**) saatavat suojaus-, valvonta- ja ohjausfunktiot. /3/

Nykyaikaiset suojareleet ovat myös osa sähköverkkoa suojaavista, ohjaavista ja valvovista IED-laitteista koostuvaa kommunikointiverkkoa. Tällaisella järjestelmällä saadaan kattava kuva sähköverkon tilasta. Järjestelmän avulla voidaan esim. etäohjata sekä valvoa sähköverkon eri komponentteja ja kerätä dataa verkon toiminnasta. /1/5/



Kuvio 9. Suojareleen REF615 esimerkkikytkentä. /16/

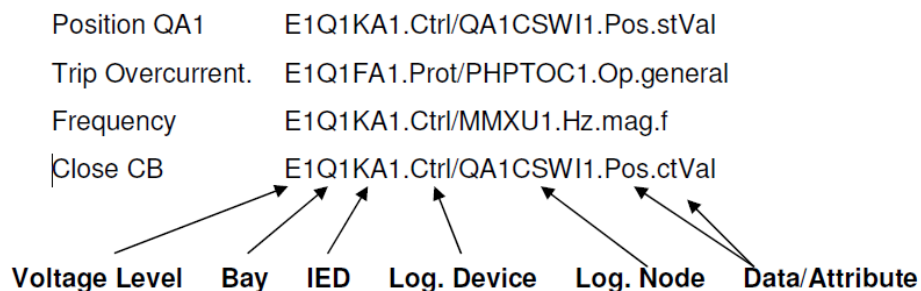


Kuvio 10. Suojarele REF630. /4/

4.2 IEC 61850-standardi

IEC 61850 on kommunikaatiostandardi sähköasema-automaatiolle. Standardi määrittää mm. yhtenäisen viestintäprotokollan eri valmistajien laitteiden väliselle viestinnälle. Laitteiden välinen kommunikaatio tapahtuu ethernet-verkon välityksellä. Viestintä verkossa jakautuu vertikaaliseen ja horisontaaliseen kommunikaatioon. Vertikaalinen viestintä tapahtuu IED-laitteen ja korkeamman tason järjestelmän, esim. SCADA-järjestelmän välillä. Horisontaalinen viestintä on IED-laitteiden välistä nopeaa GOOSE-viestintää, jota käytetään suojausten toteuttamisessa ja mittausten jakamisessa. /14/15/

Standardin mukaan datamalli muodostuu kuvion 11 mukaisesti. Esimerkiksi katkaisijan QA1 asento esitetään E1Q1KA1.Ctrl/QA1CSWI1.Pos.stVal, jossa E1Q1KA1 kertoo IED-laitteen sijainnin ja nimen, Ctrl/QA1CSWI1 on laitteen sisäinen looginen osoite ja Pos.stVal kertoo katkaisijan asennon. IED-laitteita konfiguroidessa laitteiden välinen kommunikointi ohjelmoidaan tämän perusteella.



Kuvio 11. IEC 61850-datamalli. /14/

4.3 Suojareleet REF615 ja REF630

Relion-sarjan REF615- ja REF630-suojareleet on suunniteltu johtolähtöjen suojaukseen. Rele REF615 on moniin tyypillisiin käyttötarkoituksiin valmiiksi konfiguroituna saatava suojarele. Releen ohjelmisto on kuitenkin muokattavissa, mutta valmis konfigurointi kuitenkin vaikuttaa siihen mitä toimintoja on releeseen saatavissa. REF630 taas on suunnattu laajempiin järjestelmiin, joissa on kaksi katkaisijaa ja useampia erottimia käytössä. REF630-ohjelmointi eroaa REF615-ohjelmoinnista siten, että REF615-ohjelmaloikoista osassa on valmiiksi ohjelmoituja toimintoja. Molempien releiden ohjelmointiin käytetään PCM600-ohjelmointityökalua. /1/2/

Molemmista releistä löytyy monia kunnonvalvontaa liittyviä funktioita, funktiot on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Tässä työssä tutkittiin tarkemmin katkaisijan kunnonvalvontalohkon ja katkaisijan laukaisupiirin valvonnan toimintaa. Nämä löytyvät molemmista suojareleistä.

Taulukko 1. Suojareleen REF615-kunnonvalvontafunktiot.

REF615 kunnonvalvontafunktiot	
TCSSCBR	Katkaisijan laukaisupiirin valvonta
CCSPVC	Virtamuuntajan toisiopiirin valvonta
HZCCXSPVC	Virtamuuntajan toisiopiirin valvonta suuri impedanssille suojukselle
PCSITPC	Kommunikointi yhteyden valvonta
SEQSPVC	Jännitemuuntajan toisiopiirin valvonta
MDSOPT	Käyttötuntimittari
SSCBR	Katkaisijan kunnonvalvonta

Taulukko 2. Suojareleen REF630-kunnonvalvontafunktiot.

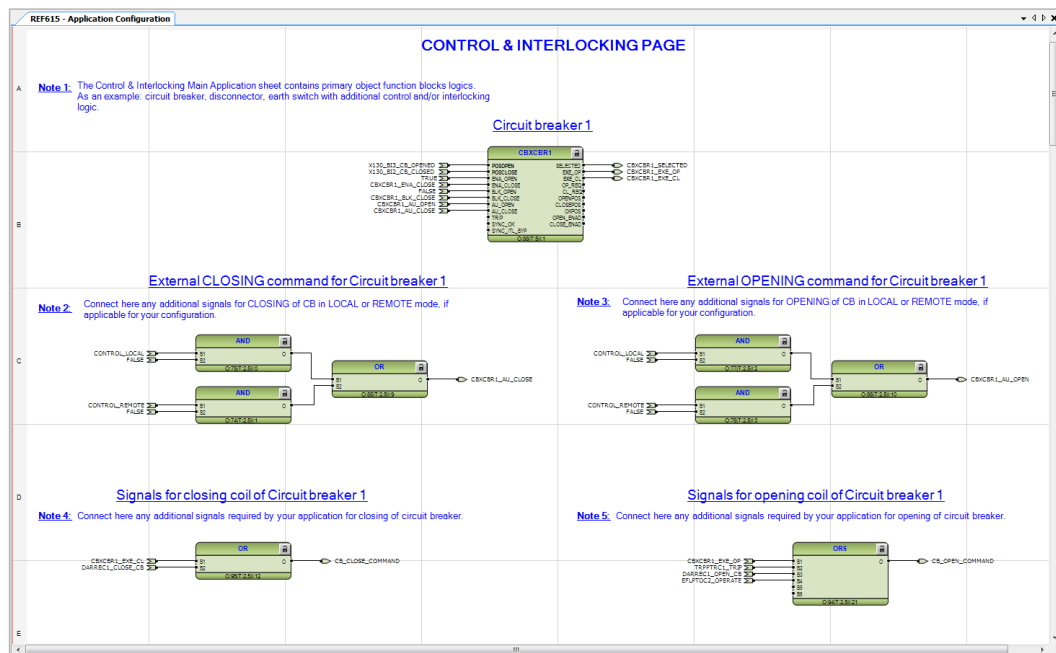
REF630 kunnonvalvontafunktiot	
TCSSCBR	Katkaisijan laukaisupiirin valvonta
CCRDIF	Virtamuuntajan toisiopiirin valvonta
SEQRFUF	Jännitemuuntajan toisiopiirin valvonta
SPVNZBAT	Akuston jännitteen valvonta
TPOSSLTC	Käämikytkimen asennon valvonta
MDSOPT	Käyttötuntimittari
SSCBR	Katkaisijan kunnonvalvonta
HSARSPTR	Muuntajan kunnonvalvonta

4.4 Katkaisijan kunnonvalvonta IED-laitteella

Monista ABB:n Relion-sarjan suojareleistä löytyy katkaisijan kunnonvalvontaan suunnattu lohko, myös monissa keski- ja suurjännitekatkaisijoista löytyy niiden kunnonvalvontaan valmis IED-laitteella toteutettu järjestelmä. Tällaisia järjestelmiä ovat mm. ABB:n suurjännitekatkaisijoille saatava OLM2-järjestelmä (On-Line Monitoring system) ja keskijännitekatkaisijoille suunnattu MySiteCare-järjestelmä. OLM2- ja MySiteCare-järjestelmissä on graafinen käyttöliittymä valvontaa varten, kun taas suojareleellä toteutetussa järjestelmässä data esitetään suojareleen näytöllä tai erillisen järjestelmän käyttöliittymässä.

4.5 PCM600-konfigurointiohjelma

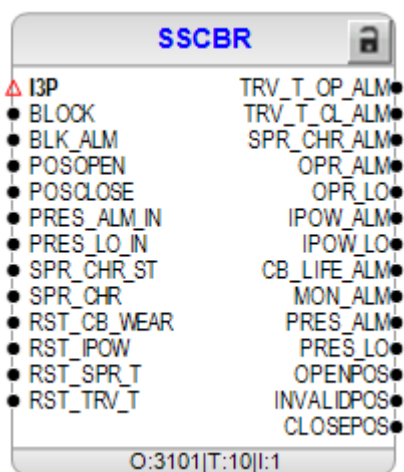
ABB:n suojarleiden ohjelmointiin käytetään PCM600-ohjelmaa. Ohjelmalla määritetään suojarleiden parametrit, konfiguraatio, datasetit ja suojarleiden näytössä esitettävä SLD-kaavio. Kuviossa 12 on esimerkki suojarleiden REF615 konfiguraatiosta. Ohjelmalla luodaan myös COM600 konfiguroinnin yhteydessä käytettävät SCL-tiedostot. Ohjelmointiympäristö muistuttaa ohjelmoitavien logiikoiden FBD-ohjelmointikieltä (Function Block Diagram).



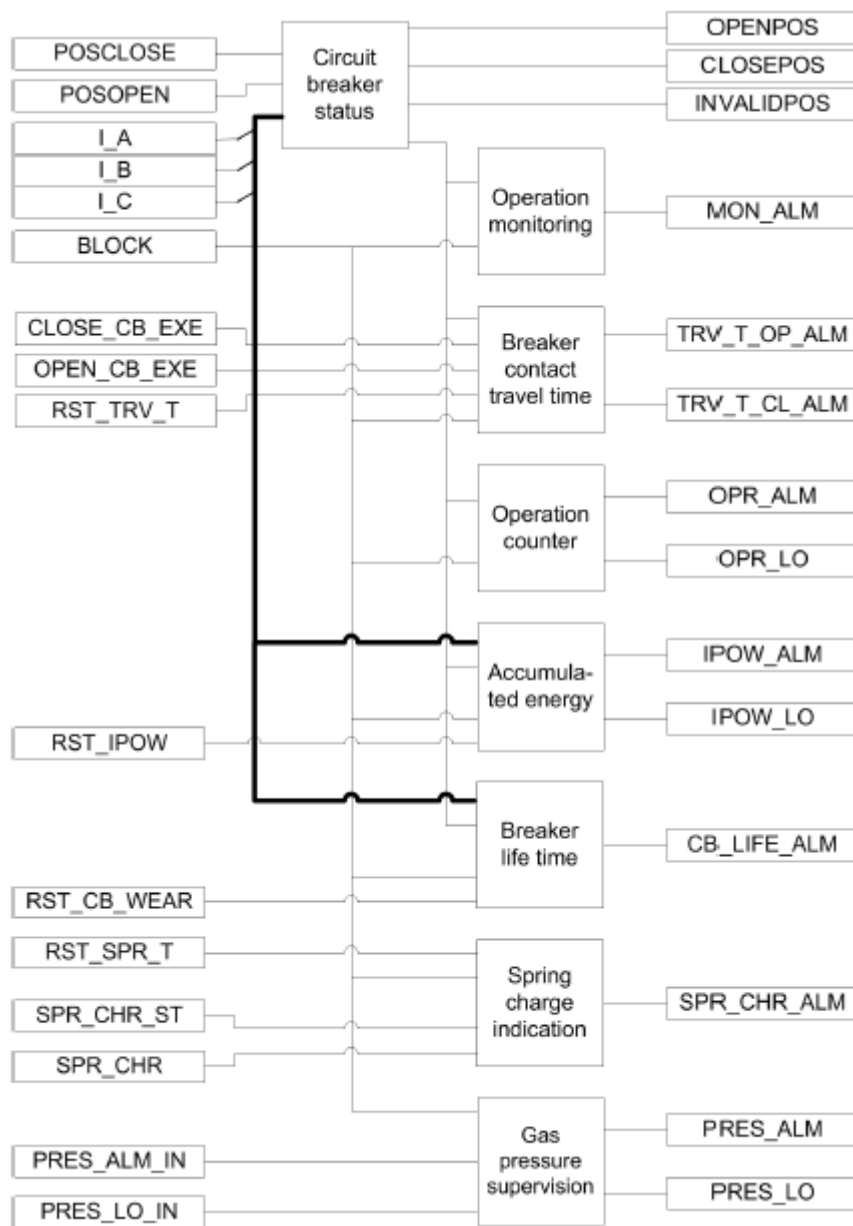
Kuvio 12. Suojarleiden REF615 konfiguraatioesimerkki.

5 KATKAISIJAN KUNNONVALVONTALOHKO SSCBR

Suojareleissä REF615 ja REF630 kunnonvalvontalohkoa SSCBR (**Kuvio 13.**) käytetään katkaisijan kunnan arviointiin ja tilan valvontaan. Lohkon toiminta perustuu katkaisijan toimintakertojen seurantaan, katkaistujen virtojen arvoihin ja katkaisijan eri osien toiminta-aikojen valvontaan. Kunnonvalvontalohkon eri osat on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 14. /1/



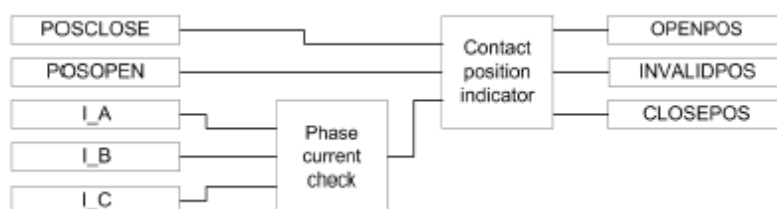
Kuvio 13. Katkaisijan kunnonvalvontalohko.



Kuvio 14. Kunnonvalvontalohkon toiminnan kuvaus. /1/

5.1 Katkaisijan asennon valvonta

Funktio-katkaisijan asennon valvonta (circuit breaker status) valvoo, onko katkaisija kiinni, auki tai virheellisessä tilassa. Funktio vertaa vaihevirtoja parametriin Acc stop current erotuksen varmistamiseksi. Funktion toiminta on esitetty lohko-kaaviona kuviossa 15 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/

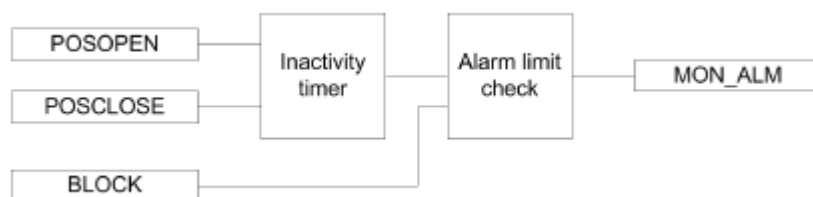


Kuvio 15. Katkaisijan asennon valvonnan toiminnan kuvaus. /1/

Kun tulo POSOPEN on tosi ja POSCLOSE on epätosi, sekä vaihevirrat alittavat parametrin Acc stop current, vaihtaa lähtö OPENPOS tilansa aktiiviseksi. Lähtö CLOSEPOS aktivoituu, kun tulo POSCLOSE on tosi ja POSOPEN on epätosi. Lähtö INVALIDPOS aktivoituu, kun tulot POSCLOSE ja POSOPEN ovat samassa tilassa tai kun POSCLOSE on epätosi, POSOPEN on tosi ja vaihevirroista yksikin ylittää asetetun Acc stop current parametrin arvon. /1/

5.2 Katkaisijan käytönvalvonta

Funktio (circuit breaker operation monitoring) laskee aikaa, milloin katkaisijaa on viimeksi käytetty. Tieto funktiolle katkaisijan tilasta tulee katkaisijan tilakoskettimilta. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 16 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/

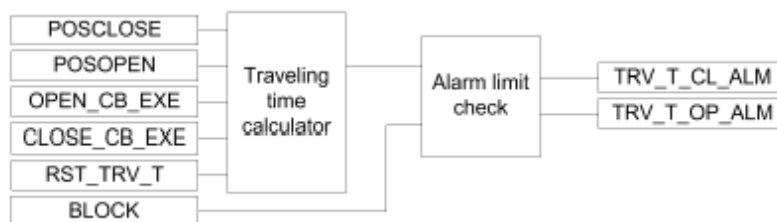


Kuvio 16. Katkaisijan käytönvalvonnan toiminnan kuvaus. /1/

Ohjelma laskee aikaa, jolloin sisääntulo POSOPEN tai POSCLOSE on viimeksi vaihtanut tilaansa todeksi. Jos aika ylittää parametrin Inactive Alm days, hälytys MON_ALM aktivoituu. /1/

5.3 Katkaisijan toiminta-ajan valvonta

Funktio-katkaisijan toiminta-ajan valvonta (breaker contact travel time) valvoo katkaisijan aukeamiseen ja sulkeutumiseen kulunutta aikaa. Toiminta-aikaa voidaan mitata funktiossa kahdella eri tavalla. Parametrin Travel time Clc mode asettamalla From Pos to Pos tilaan, ohjelma laskee toiminta-ajan tilakoskettimien tilan vaihdon mukaan. Parametrin Travel time Clc mode asettamalla From Cmd to Pos (vain REF 615) ohjelma laskee ajan ohjelman katkaisijan auki tai kiinni komennon ja tilakoskettimen tilan vaihdon väliltä. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 17 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/



Kuvio 17. Katkaisijan toiminta-ajan valvonnan toiminnan kuvaus. /1/

From Pos to Pos tilassa funktio aloittaa katkaisijan aukaisuun kuluneen ajan laskennan, kun tulo POSCLOSE vaihtaa tilansa todeksi ja lopettaa tulon POSOPEN tilan vaihtuessa todeksi. Tähän laskettuun aikaan funktio lisää tilakoskettimien toiminta-ajan huomioon ottavan korjauskertoimen Opening time Cor, jolloin saadaan katkaisijan avautumiseen kulunut aika T_TRV_OP. Ohjelma laskee myös samalla periaatteella sulkeutumiseen kuluneen ajan tulon POSOPEN vaihtuessa todeksi, tulon POSCLOSE tilan todeksi vaihtumiseen. Lisäämällä aikaan korjauskertoimen Closing time Cor, saadaan katkaisijan sulkeutumiseen kulunut aika T_TRV_CL. /1/

From Cmd to Pos tilassa funktio laskee katkaisijan aukaisuun kuluneen ajan OPEN_CB_EXE komennon nousevan reunan ja tulon POSOPEN tilan vaihtumisen väliltä. Katkaisijan sulkeutumiseen kuluneen ajan ohjelma laskee CLOSE_CB_EXEC komennon ja POSCLOSE tilan todeksi vaihtumisen väliltä. Ohjelmasta tulleen komennon ja pääkoskettimien aukaisemisen tai sulkemisen aloituksen välillä on viive. Tämä viive sekä katkaisijan tilakoskettimien toiminta-aika otetaan huomioon korjauskertoimilla Opening time Cor ja Closing time Cor. /1/

Katkaisijan aukaisuun kuluneen ajan ylittäessä Open alarm time parametrin, hälytys TRV_T_OP_ALM aktivoituu. Sulkeutumiseen kuluneen ajan ylittäessä parametrin Close alarm time, aktivoituu hälytys TRV_T_CL_ALM. /1/

5.4 Toimintakertojen laskin

Funktio toimintakertojen laskin (Operation counter) laskee tulojen POSCLOSE ja POSOPEN tilojen vaihdoksien perusteella katkaisijan toimintakertojen määrän. Toimintakertojen ylittäessä parametrin Alarm Op number, hälytys OPR_ALM aktivoituu. Jos katkaisijaa käytetään hälytyksen jälkeen ja toimintakerrat ylittävät parametrin Lockout Op number, aktivoituu lukitus OPR_LO. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 18. /1/

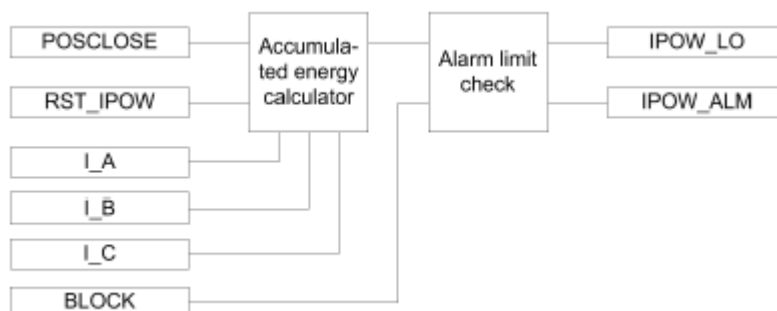


Kuvio 18. Toimintakertojen laskimen toiminnan kuvaus. /1/

5.5 I^t-akkumulaatio

Funktio I^t-akkumulaatio (Accumulation of I^t (kA^ys).) arvio koskettimien kulumista. Kerroin y riippuu valvotun katkaisijan tyypistä, kerroin saadaan aseteltua Curren exponent parametrilla. /1/

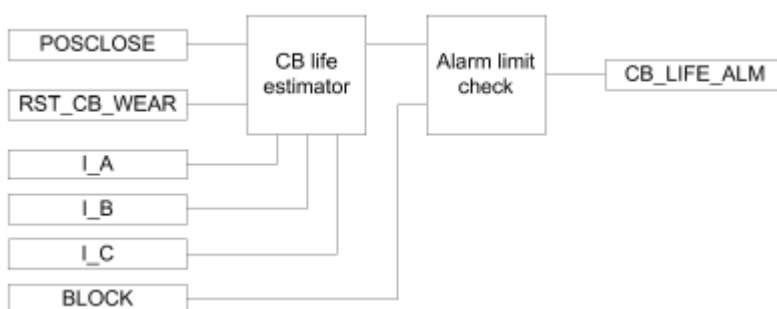
Funktio aloittaa laskennan tulo POSCLOSE vaihtaessa tilansa epätodeksi ja lopettaa, kun tehollisvirta laskee alle parametrin Acc stop current arvon. Tilakoskettimen laskentaan aiheuttama viive otetaan huomioon parametrilla Difference Cor time. Kun laskettu arvo ylittää parametrin Alm Acc currents Pwr asettelun, aktivoituu hälytys IPOW_ALM. Jos kuitenkin katkaisijaa käytetään hälytyksen jälkeen ja laskettu arvo ylittää parametrin LO Acc current Pwr arvon, aktivoituu lukitus IPOW_LO. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 19. /1/



Kuvio 19. I²t-akkumulaation toiminnan kuvaus. /1/

5.6 Katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrä

Funktio katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrä (Remaining life of circuit breaker) arvioi kuinka moneen katkaisuun nimellisvirralla katkaisijan koskettimet vielä pystyvät. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 20 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/



Kuvio 20. Katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrä funktion toiminnan kuvaus. /1/

Jos katkaistavat virrat pysyvät alle katkaisijan nimellisvirran, jäljellä olevat katkaisukerrat vähenevät yhdellä. Kun katkaistava virta ylittää katkaisijan oikosulun katkaisukykyvirran, vähenee jäljellä olevat katkaisukerrat nolnaan. Katkaisijan nimellisvirta määritetään parametrilla Rated Op current ja oikosulun katkaisukykyvirta parametrilla Rated fault current. Näiden parametrien väliin jäävän katkaisuvirran rasituksen ohjelma suhteuttaa vastaavaan määrään nimellisviralla tapahtuviin katkaisukertoihin ja vähentää sen jäljellä olevista katkaisukertojen määrästä. Katkaisuvirran rasituksen laskentamalli kaavassa 2. Nimellisviralla tapahtuvien katkaisukertojen määrä asetetaan parametrilla Op number rated. Funktio tarvitsee laskutoimitukseen vakion Directional Coef, joka lasketaan katkaisijan teknisten tietojen perusteella kaavan 1 mukaan. Oikosulun katkaisukykyviralla tapahtuvien katkaisukertojen määrä asetetaan Op number fault parametrilla. Kun jäljellä olevien katkaisukertojen määrä alittaa asetetun rajan, aktivoituu hälytys CB_LIFE_ALM. /1/

$$Directional\ Coef = \frac{\log\left(\frac{B}{A}\right)}{\log\left(\frac{I_f}{I_r}\right)} \quad (1)$$

$$Remaining\ life\ reduction = \left(\frac{I}{I_r}\right)^{-Directional\ Coef} \quad (2)$$

A = maksimi katkaisukertojen määrä nimellisviralla

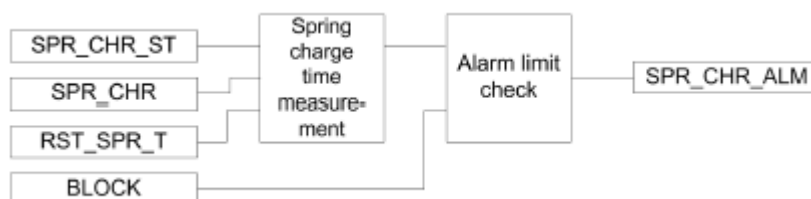
B = maksimi katkaisukertojen määrä vikavirralla

I_r = katkaisijan nimellisvirta

I_f = katkaisijan oikosulun nimellinen katkaisukykyvirta

5.7 Katkaisijan viritysjousen valvonta

Funktio-katkaisijan viritysjousen valvonta (circuit breaker spring-charged indication) laskee jousen viritykseen kulunutta aikaa. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 21 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/

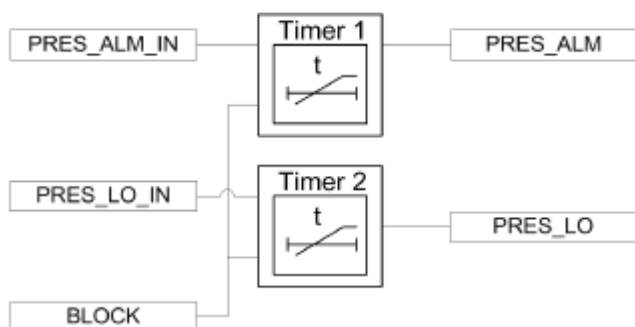


Kuvio 21. Katkaisijan viritysjousen valvonnan toiminnan kuvaus. /1/

Ohjelma laskee jousen viritykseen kuluneen ajan tulojen SPR_CHR_ST ja SPR_CHR avulla. Tulon SPR_CHR_ST tilan muuttuessa todeksi, alkaa ajan laskenta ja päättyy kun tulon SPR_CHR tila vaihtuu todeksi. Jos laskettu aika ylittää parametrin Spring charge time, aktivoituu hälytys SPR_CHR_ALM. /1/

5.8 Katkaisijan kaasun paineen valvonta

Funktio-katkaisijan kaasun paineen valvonta (Gas pressure supervision) valvoo katkaisijan sammutuskammion kaasun paineenmittauksen hälytyskoskettimien tilaa. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 22 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/



Kuvio 22. Katkaisijan kaasun paineen valvonnan toiminnan kuvaus. /1/

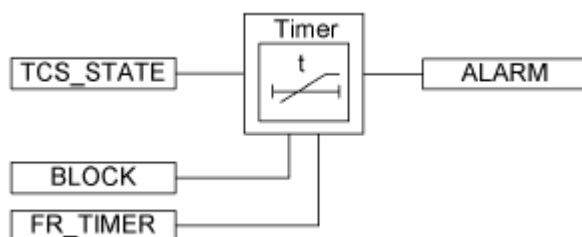
Kun tulo PRES_ALM_IN on tosi, aktivoituu hälytys PRES_ALM aika-hidastuksen Pressure alarm time jälkeen. Jos paine jatkaa laskua, tulo PRESS_LO_IN tila vaihtuu todeksi ja aktivoituu lukitus PRES_LO_IN aika-hidastuksen Pres lockout time jälkeen. /1/

6 KATKAISIJAN LAUKAISUPIIRIN VALVONTALOHKO TCSSCBR

Katkaisijan laukaisupiirin valvontalohko TCSSCBR (**Kuvio 23.**) on katkaisijan laukaisupiirin jatkuvuutta valvova funktio. Suojareleessä on laukaisupiirin valvonnalle määritetyt binääritulot TCS_B01, TCS_B02 ja TCS_B03. TCS-tulo aktivoituu, kun piirin läpi kulkeva virta katkeaa. Funktio on esitetty lohkokaaaviona kuviossa 24 ja toimintaselostus kuvion alla. /1/



Kuvio 23. Katkaisijan laukaisupiirin valvontalohko. /1/



Kuvio 24. Katkaisijan laukaisupiirin valvontalohkon toiminnan kuvaus. /1/

Kun laukaisupiiriin tulee katkos, tulo TCS_STATE vaihtaa tilansa todeksi ja DT-tyyppinen aikahidastus kytkeytyy päälle. Parametreista määritetyn Operate delay time ajan kuluttua aktivoituu hälytys ALARM. Jos tulo TCS_STATE vaihtaa tilansa epätodeksi aikahidastuksen aikana, 0,5 s hidastuksella ajastin palautuu alkutilaan. /1/

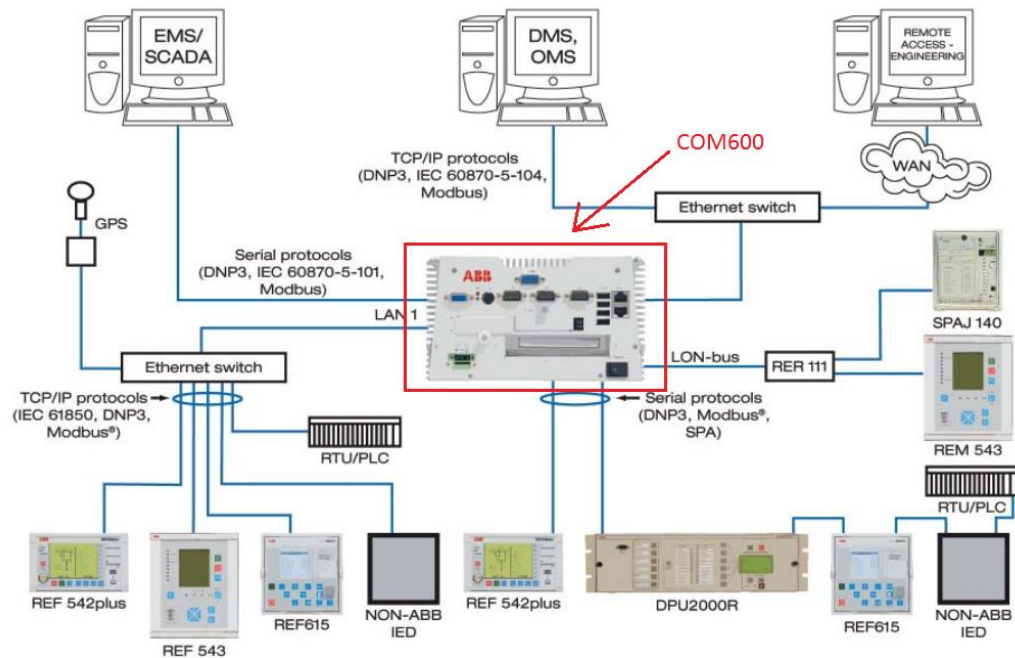
7 COM600

COM600 on ABB:n kehittämä sähköasema-automaatiokontrolleri. COM600 toimii älykkäässä sähköverkossa yhdyskäytävänä eri IED-laitteiden välillä, sekä järjestelmän osana valvonnassa ja ohjauksessa. Laite tukee IEC 61850-, IEC 60870-5-103-standardeja, sekä DNP 3.0-, Modbus- ja SPAbus-protokollia. COM600 voidaan liittää myös korkeamman tason järjestelmään, esimerkiksi osaksi SCADA-järjestelmää. /12/

COM600:n ominaisuuksia:

- hälytys- ja tapahtumalistat
- trendit ja raportit
- selainpohjainen käyttöliittymä
- datahistorian tietokanta (cpmPlus History database)
- yhteyden valvonta
- ohjelmoitava logiikka
- etäkäyttö
- toimii yhdyskäytävänä eri laitteiden välillä
- mahdollistaa vanhan järjestelmän liittämisen uuteen. /12/

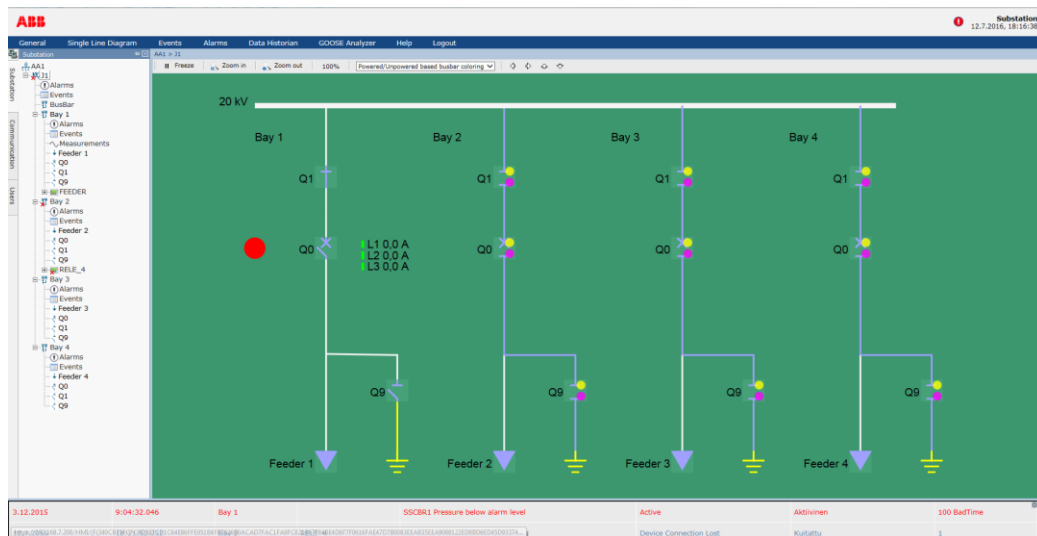
COM600:n käyttöliittymä on selainpohjainen. Käyttöliittymästä löytyy SLD-näkymä (singel-line diagram), tapahtumalistat, hälytyslistat, GOOSE-kommunikoinnin valvontatyökalu ja linkki datahistorian tietokantaan. Käyttöliittymästä on myös mahdollista muokata suoja-asetteluja. Tapahtumia ja hälytyksiä seurataan listapohjaisesta näkymästä, kuviossa 26 on esimerkki hälytyslistasta. Kuviossa 27 on esimerkki SLD-näkymästä, näkymässä esitetään sähköverkon laitteiden asennon tilaa, mittauksia ja hälytysten indikoiteja. Näkymästä myös ohjataan laitteita ja käynnistetään sekvenssejä.



Kuvio 25. COM600 osana älykkäässä järjestelmässä. /5/

AA1						
Filter Ack Ack All View Events Toggle Alarm Footer						
Persisting Alarms						
Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text	State
<input type="checkbox"/>	12.7.2016	17:37:07.618	Bay 2	RELE_4		Device (
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:44:33.950	Bay 1		SSCBR1 Spring charging time has crossed the set value	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:45.130	Bay 1		CBCM(1) CB open travel time exceeded set value	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:44.635	Bay 1		CBCM(1) CB close travel time exceeded set value	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:41.217	Bay 1		CBCM(1) Accumulated currents power (Iyt),exceeded lockout limit	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:40.625	Bay 1		CBCM(1) Remaining life of CB exceeded alarm limit	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:39.472	Bay 1		CBCM(1) Accumulated currents power (Iyt),exceeded alarm limit	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:24.882	Bay 1		CBCM(1) Number of CB operations exceeds lockout limit	Active
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	7:43:23.507	Bay 1		CBCM(1) Number of CB operations exceeds alarm limit	Active
Fleeting Alarms						
Selected	Date	Time	Bay	Device	Object Text	State
<input type="checkbox"/>	3.12.2015	8:18:42.828	Bay 1		SSCBR1 Pressure below alarm level	Active

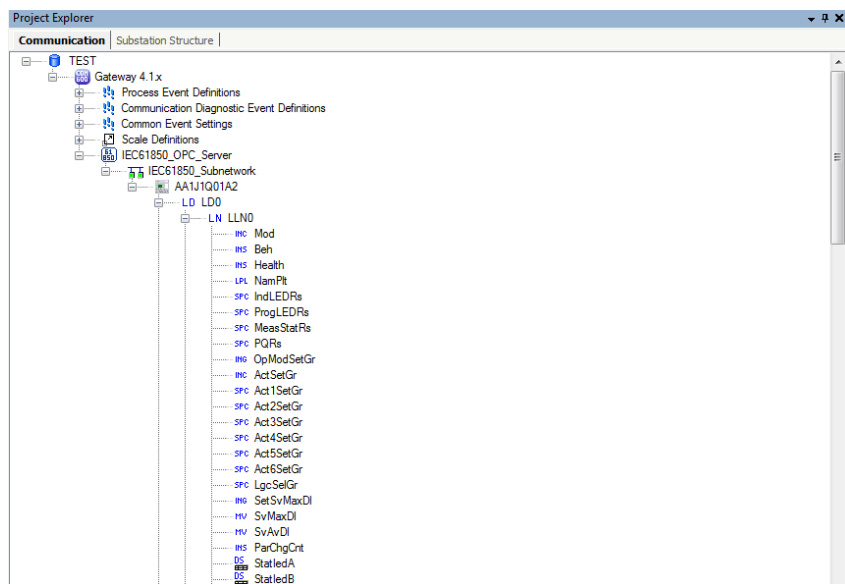
Kuvio 26. COM600:n hälytyslista.



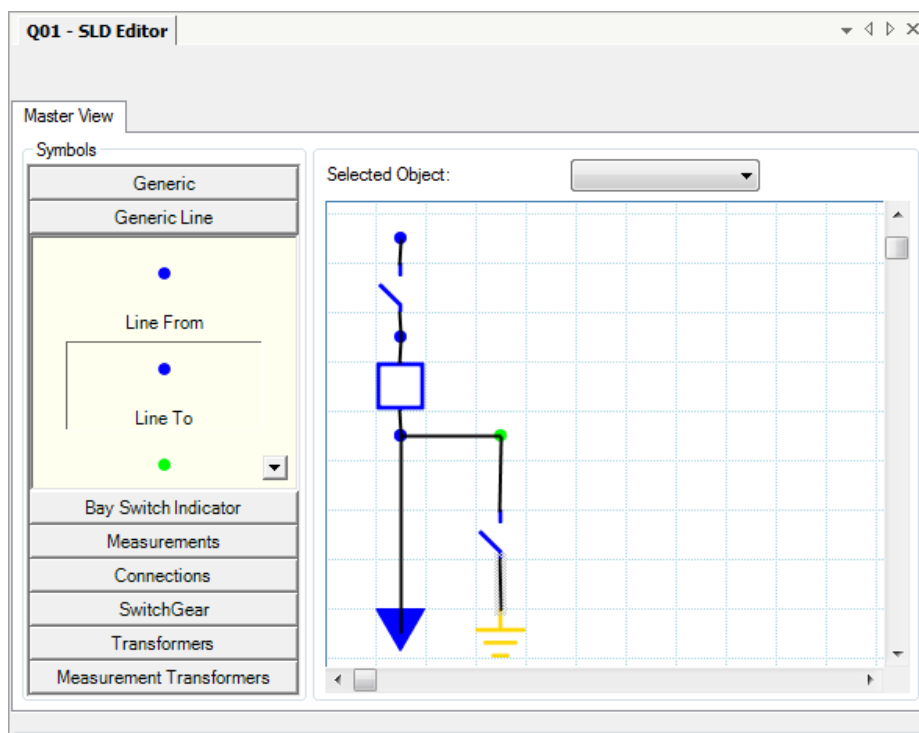
Kuvio 27. COM600:n SLD-näkymä.

7.1 COM600 konfigurointi

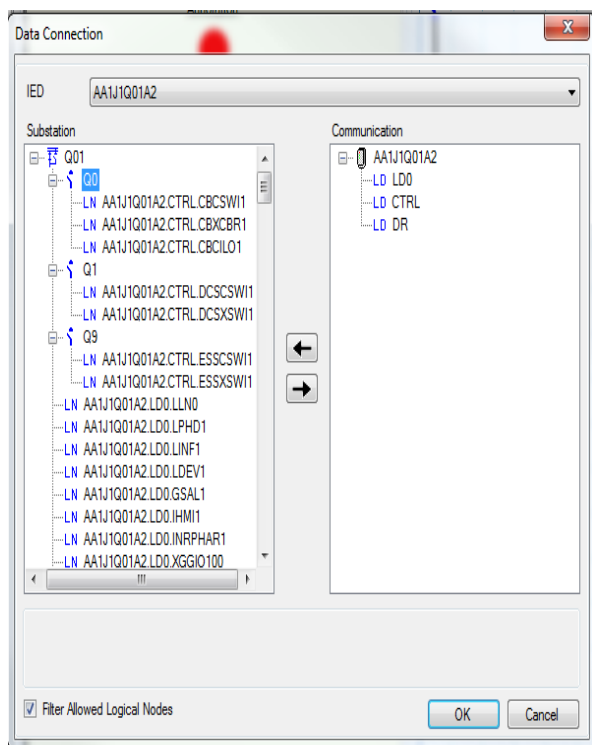
COM600 konfiguroidaan SAB600-ohjelmalla erilliseltä PC:ltä. Ohjelmointi suoritetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa määritetään IED-laitteista koostuvan kommunikaatioverkon rakenne ja toisessa vaiheessa määritetään käyttöliittymän SLD-näkymä. Kommunikointiverkon määrittämiseen tarvitaan IED-laitteiden SCL-tiedostot. Tuomalla SCL-tiedoston SAB600 projektiin, määritetty IED-laitteiden datasetit. Seuraavaksi määritetään hälytykset ja tapahtumat aktivoivat signaalit. Parameter Filtering Toolilla valitaan käyttöliittymässä näkyvät ja muokattavissa olevat suojareleiden parametrit. Toisessa vaiheessa rakennetaan single-line diagram näkymä SLD-editorilla (**Kuvio 29.**) sekä määritetään objektien ja signaalien väliset yhteydet (**Kuvio 30.**). Näkymään saa lisättyä objekteja symbolikirjastosta. Kirjastosta löytyy kaikki sähköverkon peruskomponenttien symbolit, painonapit kytkimet ja ”merkkivalot”. SAB600-ohjelmaan ei ollut mahdollista tallentaa valmiita näkymiä käytettäväksi muihin projekteihin, vaan näkymä oli haettava vanhasta projektitiedostosta tai rakennettava uudelleen.



Kuvio 28. Kommunikaatioverkon rakenne SAB600 projektissa.



Kuvio 29. SLD-editori.

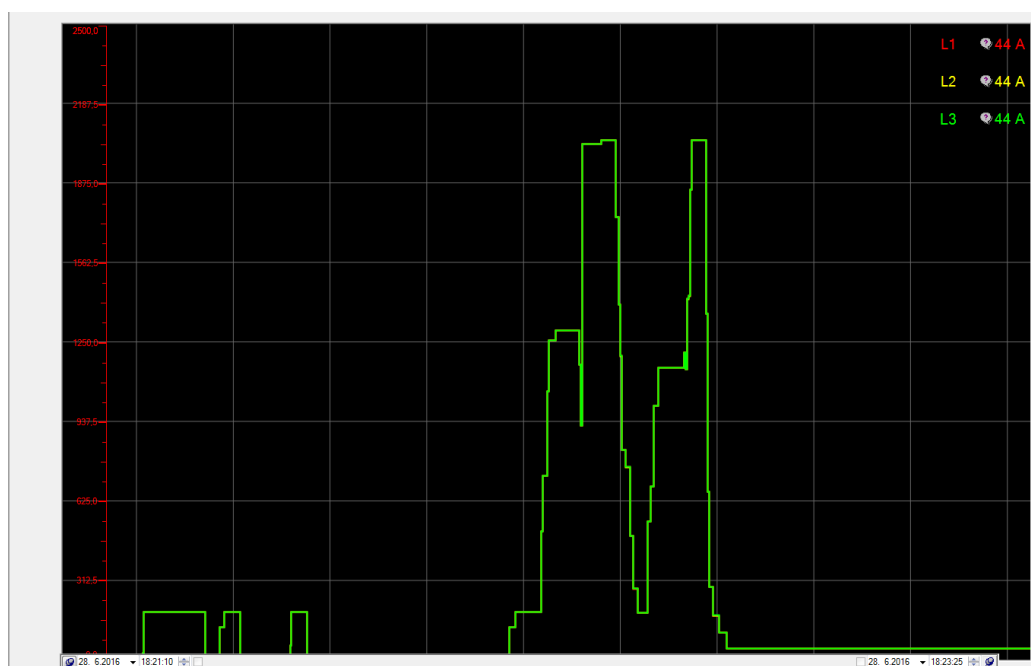


Kuvio 30. Objektien ja signaalien välisen yhteyden määrittäminen.

Jos COM600:ssa on käytössä datahistorian tietokanta, tulee seurattavat signaalit määrittää datahistorian konfiguraatiotyökalulla. Valmis konfiguraatio ladataan COM600:lle lähiverkon välityksellä. SLD-editori täytyy sulkea ennen konfiguroinnin latausta, muuten tehdyt muutokset eivät tallennu. Konfiguroinnin lataamisen jälkeen COM600 on valmis käytettäväksi. Jos käytössä on datahistorian tietokanta, konfiguraation lataamisen jälkeen luodaan halutut trendit ja raportit Vtrin-ohjelmalla.

7.2 Vtrin

Vtrin on käyttöliittymä cpmPlus History-tietokantaan tallennetun datan hallintaan. Vtrinillä luodaan trendejä, raportteja ja taulukoita tietokantaan tallennetun datan pohjalta. Ohjelmasta löytyy valmiit muokattavissa olevat mallipohjat, mutta tarvittaessa näkymän voi rankentaa puhtaalta pohjalta haluamansa näköiseksi. Kuviossa 31 on esimerkki Vtrinillä luodusta kuvaajasta. Vtrinillä on myös mahdollista toteuttaa laskentaa, esimerkiksi trendi jännitteen keskiarvosta viimeisen vuorokauden ajalta.



Kuvio 31. Vtrinillä luotu vaihevirtojen kuvaaja.

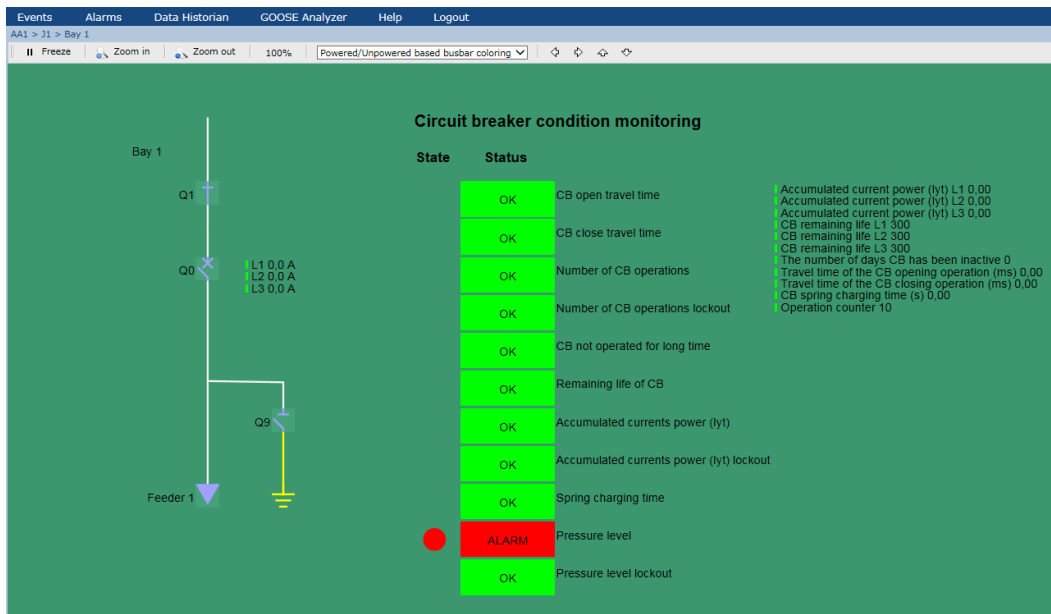
8 KATKAISIJAN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄ

Järjestelmä koostuu katkaisijan valvonnasta suojarielellä ja releen mittausten sekä hälytysten esittämisestä COM600:n käyttöliittymän single-line diagram-näkymässä (**Kuvio 32.**). Järjestelmän toiminta on esitettyä lohkokaaaviona kuviossa 33. Suojareileillä REF615 ja REF630 saadaan katkaisijasta valvottua:

- kauanko katkaisija on ollut käyttämättä
- aukeamiseen ja sulkeutumiseen kulunutta aikaa
- toimintakertojen määrää
- koskettimien kuntoa ja montako katkaisua niillä voidaan vielä suorittaa
- viritysjousen viritykseen kulunutta aikaa
- sammutuskammion kaasun paineen tilaa (binäärisignaalina)
- laukaisupiirin kuntoa.

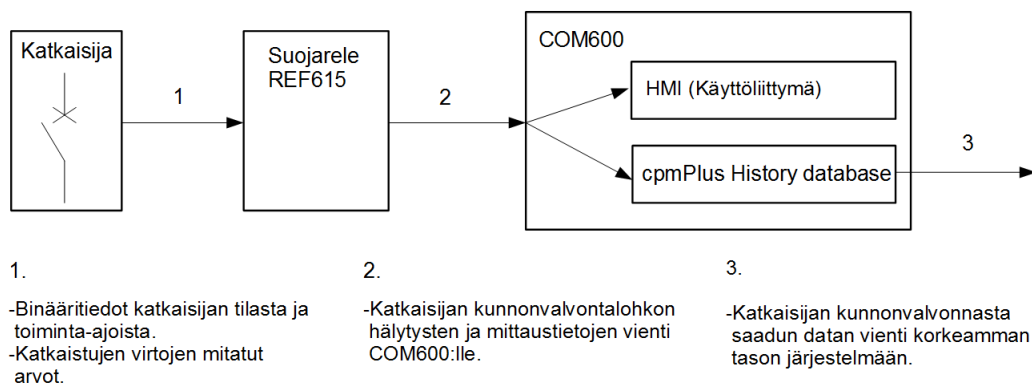
Katkaisijan kunnonvalvontalohkolta ja laukaisupiirin valvontalohkolta saatu data esitetään COM600:n käyttöliittymässä SLD-ikkunassa. Indikointi hälytyksestä tulee käyttöliittymän päänäkymässä katkaisijan symbolin viereen punaisena palloa. Lähdön SLD-ikkunassa, jossa katkaisija sijaitsee, esitetään katkaisijan kunnonvalvonnasta saadut mittaukset ja hälytykset. Ikkunassa esitetään myös onko hälytys aktiivinen vai jo poistunut. Tällä tavoin päänäkymä pysyy selkeänä ja kaikki tieto katkaisijasta saadaan koottua yhteen ikkunaan.

Katkaisijan kunnonvalvontalohkon parametointia varten luotiin ohjeistus ja taulukko usein projekteissa käytetyistä katkaisijoista. Suurin osa lohkkoon tarvituista parametreista löytyy katkaisijoiden manuaaleista. Myös SLD-ikkunan luontia varten tehtiin mallipohjat SAB600-projektiin.



Kuvio 32. Katkaisijan kunnonvalvonta single-line diagram-näkymässä.

Katkaisijan kunnonvalvontajärjestelmä



Kuvio 33. Katkaisijan kunnonvalvontajärjestelmä lohkokaaavana.

8.1 Järjestelmän testaus

Järjestelmän testaus suoritettiin REF615 3.0 suojarieleellä ja COM600 4.0 sähköasema-automaatiokontrollerilla. REF615 oli liitetty simulaattoriin, joka mallinsi yhdellä katkaisijalla ja erottimella varustettua johtolähtöä. Simulaattorilla pystyi ohjamaan suojarieleen binäärituloja ja katkaisijalla katkaistun virran suuruutta. Toiminta saatiin testattua suojarieleeltä aina COM600-näytölle saakka. Katkaisijan kunnonvalvontalohkon funktio katkaisijan jäljellä olevien katkaisukertojen määrän toiminta erosi manuaalin kuvauksesta. Kun katkaistu virta ylitti katkaisijan oikosulun katkaisukykyvirran, ei funktiossa jäljellä olevat katkaisukerrat vähentyneet nolnaan, vaan vähennys tapahtui suhteituksen mukaan. Muut lohkon toiminnot toimivat manuaaleissa kuvatulla tavalla.

8.2 Järjestelmän soveltuvuus ja kehitys

Muita suojarieiden REF615 ja REF630 kunnonvalvontaa liittyvien funktioiden toimintaa voidaan esittää vastaavalla tavalla COM600-käyttöliittymässä. Katkaisijan kunnonvalvonta voidaan toteuttaa myös esittämällä hälytykset ja mittaukset pelkästään releen näytöllä.

Liitämällä kunnonvalvonnan COM600 datahistorian tietokantaan, saadaan sähköverkon toiminnasta laadittua kuvaajia ja raportteja kerätyn datan pohjalta. Muiden järjestelmien liittäminen osaksi kunnonvalvontaa tuo laajempaa kuvaa verkon tilasta, esimerkiksi suurjännitekatkaisijoiden kunnonvalvonnassa käytetyt järjestelmät.

9 YHTEENVETO

Suojareleellä toteutettu katkaisijan kunnonvalvonta tuo lisää varmuutta katkaisijan toimintaan. Järjestelmä auttaa myös mahdollisten vikojen ennaltaehkäisyssä ja huoltotoimenpiteiden suunnittelussa. Katkaisijasta saadaan nyt myös kerättyä enemmän tietoa, jota voidaan hyödyntää katkaisijan kuntoa arvioidessa.

Opinnäytetyötä tehdessäni opin paljon uutta suojareleistä ja siitä, miten ne toimivat osana älykästä sähköverkkoa. Suojareleiden parametointia oli jo koulussa harjoiteltu, mutta releen konfiguroinnissa tuli vastaan uusia ominaisuuksia suojareleiden toiminnasta. COM600-sähköasema-automaatiokontrolleri oli täysin uusi laite minulle. COM600 toiminnan ja ominaisuuksien selvittämiseen kuluikin aikaa. Opin myös uutta keskijännitekatkaisijoiden toimintaperiaatteista.

Lopuksi haluaisin kiittää ABB Process Industries-yksikön henkilökuntaa avusta ja opastuksesta opinnäytetyön kanssa. Erityisesti kiitän Ilmari Lepistöä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta, sekä Juha-Pekka Tyniä ja Timo Haapalaista avusta laitteiden käyttöönotossa ja vianetsinnässä.

LÄHTEET

- /1/ ABB Oy Medium Voltage Products, Distribution Automation 630 series Technical Manual. Viitattu 15.4.2016
https://library.e.abb.com/public/aa3e3a40dc887dcdc1257dc7004c453f/RE_630_tech_756508_ENe.pdf
- /2/ ABB Oy Medium Voltage Products, Distribution Automation 615 series Technical Manual. Viitattu 15.4.2016
https://library.e.abb.com/public/f49c47babe06a298c1257b2f0054c256/RE_F615_appl_756378_ENk.pdf 15.4.2016
- /3/ Mäkinen O. Luentomoniste. Relesuojaus. Vaasan ammattikorkeakoulu. Viitattu 4.5.2016
- /4/ ABB Oy Medium Voltage Products, Distribution Automation Recommended offering for medium-voltage switchgears. Viitattu 4.5.2016
https://library.e.abb.com/public/8c1a3a9cddb4192ac4e8d87208e2630/D_A_offering_for_switchgears_broch_758196_LRENb.pdf
- /5/ ABB Oy Distribution Automation, Station Automation COM600. Viitattu 10.5.2016
<https://library.e.abb.com/public/838cf85fe8b74a3e8525774a006ac99e/com600%20fes%20flyer%20revC.pdf>
- /6/ ABB Oy Distribution Automation, Relion 615 series general presentation. Viitattu 10.5.2016
[http://www02.abb.com/global/zaabb/zaabb011.nsf/0/799f40640c9fddffc125773000426067/\\$file/615+series+general+presentation_756700_enb.pdf](http://www02.abb.com/global/zaabb/zaabb011.nsf/0/799f40640c9fddffc125773000426067/$file/615+series+general+presentation_756700_enb.pdf)

- /7/ Mäkinen O. Luentomoniste. Sähkölaitokset. Vaasan ammattikorkeakoulu.
Viitattu 17.5.2016
- /8/ ABB Oy Medium Voltage Products, Medium voltage vacuum circuit-breakers VD4. Viitattu 30.5.2016
https://library.e.abb.com/public/6cd1f55507b84874b2a90188f5164ed4/CA_VD4-50kA%28EN%29V_1VCP000001_DigiPrint.pdf
- /9/ ABB Oy Medium Voltage Products, Gas insulated MV circuit-breakers HD4. Viitattu 30.5.2016
https://library.e.abb.com/public/1e69078e4631415ebfeb619d21857805/CA_HD4%28EN%29P_1VCP000004-1509.pdf
- /10/ Etz publication, Vacuum interrupters and embedded poles for medium voltage. Viitattu 30.5.2016
https://library.e.abb.com/public/4c3de511fc561a62c125738c003c5611/Offprint_ETZ_S3.2007_E.pdf
- /11/ Circuit breaker technology made easy HV and MV distribution. Viitattu 7.7.2016
[http://www02.abb.com/global/zaabb/zaabb011.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/99bead4ae2c88a8cc1257ce7004331ff/\\$file/circuit+breaker+technology+made+easy+hv+&+mv+distribution.pdf](http://www02.abb.com/global/zaabb/zaabb011.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/99bead4ae2c88a8cc1257ce7004331ff/$file/circuit+breaker+technology+made+easy+hv+&+mv+distribution.pdf)
- /12/ ABB Oy Medium Voltage Products, COM600S for substation automation. Viitattu 19.7.2016
https://library.e.abb.com/public/1ea62db6d8c9418a98142338bd9b1e8f/COM600S_pg_756764_ENf.pdf

- /13/ ABB Oy Medium Voltage Products, COM600 User´s Manual. Viitattu 19.7.2016.

https://library.e.abb.com/public/c234d5d1c7aa4f93ad428524d393cfa6/COM600_series_4.1_usg_756125_ENk.pdf
- /14/ Enhanced protection functionality with IEC61850 and GOOSE. Viitattu 1.8.2016.

[http://www02.abb.com/global/sgabb/sgabb005.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/e81bb489e5ae0b68482574d70020bf42/\\$FILE/B5_G2_Enhanced+protection+functionality+with+IEC+61850+and+GOOSE.pdf](http://www02.abb.com/global/sgabb/sgabb005.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/e81bb489e5ae0b68482574d70020bf42/$FILE/B5_G2_Enhanced+protection+functionality+with+IEC+61850+and+GOOSE.pdf)
- /15/ ABB Oy Medium Voltage Products, Distribution Automation, 615 series IEC+1850 Engineering Guide. Viitattu 1.8.2016.

https://library.e.abb.com/public/b9752ab31e4343b183ef77e59b24c0d7/RE_615_61850eng_756475_ENn.pdf
- /16/ ABB Oy Distribution Automation, Feeder Protection and Control REF615 Application Manual. Viitattu 1.8.2016.

https://library.e.abb.com/public/f49c47babe06a298c1257b2f0054c256/REF615_appl_756378_ENk.pdf
- /17/ ABB-yhtymä. Viitattu 31.8.2016

<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>
- /18/ ABB lyhyesti historia. Viitattu 31.8.2016

<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia>

/19/ ABB Suomessa. Viitattu 31.8.2016

<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

/20/ ABB Oy, Process Industries. Viitattu 31.8.2016

<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/process-industries>

LIITE 1

REF630 saatavat toiminnot.

Supported functions with codes and symbols

Functionality	IEC 61850	IEC 60617	ANSI
Protection			
Three-phase non-directional overcurrent, low stage	PHLPTOC	3I>	51P-1
Three-phase non-directional overcurrent, high stage	PHHPTOC	3I>>	51P 2
Three-phase non-directional overcurrent, instantaneous stage	PHIPTOC	3I>>>	50P/51P
Three-phase directional overcurrent, low stage	DPHLPDOC	3I> →	67-1
Three-phase directional overcurrent, high stage	DPHHPDOC	3I>> →	67-2
Non-directional earth-fault, low stage	EFLPTOC	I0>	51N-1
Non-directional earth-fault, high stage	EFHPTOC	I0>>	51N-2
Non-directional earth-fault, instantaneous stage	EFIPTOC	I0>>>	50N/51N
Directional earth-fault, low stage	DEFLPDEF	I0> →	67N-1
Directional earth-fault, high stage	DEFHPDEF	I0>> →	67N-2
Transient/intermittent earth-fault	INTRPTEF	I0> → IEF	67NIEF
Admittance-based earth-fault	EFPADM	Y0> →	21YN
Multifrequency admittance-based earth-fault	MFADPSDE	Y0> → Y	67YN
Wattmetric earth-fault	WPWDE	P0> →	32N
Harmonics-based earth-fault	HAEPTOC	I0>HA	51NHA
Negative-sequence overcurrent	NSPTOC	I2>	46
Three-phase thermal overload for feeder	T1PTTR	3Ith>F	49F
Phase discontinuity	PDNSPTOC	I2/I1>	46PD
Three-phase current inrush detection	INRPHAR	3I2f>	68
Three-phase overvoltage	PHPTOV	3U>	59
Three-phase undervoltage	PHPTUV	3U<	27
Positive-sequence overvoltage	PSPTOV	U1>	47O+
Positive-sequence undervoltage	PSPTUV	U1<	47U+
Negative-sequence overvoltage	NSPTOV	U2>	47O-
Residual overvoltage	ROVPTOV	U0>	59G
Directional reactive power undervoltage	DQPTUV	Q> →, 3U<	32Q, 27
Reverse power / Directional overpower	DOPDPDR	P> →	32R/32O
Frequency gradient	DAPFRC	df/dt>	81R
Overfrequency	DAPTOF	f>	81O
Underfrequency	DAPTUF	f<	81U
Load-shedding	LSHDPFRQ	UFLS/R	81LSH
Fault locator	SCEFRFLO	FLOC	21FL
Circuit breaker failure	CCBRBRF	3I>/I0>BF	51BF/51NBF
Autoreclosing	DARREC	O → I	79
Tripping logic	TRPPTRC	I → O	94
Distance protection	DSTPDIS	Z<	21, 21P, 21N
Automatic switch onto fault logic	CVRSOF	SOTF	SOTF
Multipurpose analog protection	MAPGAPC	MAP	MAP
Protection-related functions			
Local accelerat. logic	DSTPLAL	LAL	LAL
Communication logic for residual overcurrent	RESCPSCH	CLN	85N
Scheme communic. logic	DSOCPSCH	CL	85
Current reversal and WEI logic	CRWPSCH	CLCRW	85CRW
Current reversal and WEI logic for residual overcurrent	RCRWPSCH	CLCRWN	85NCRW

Supported functions with codes and symbols

Functionality	IEC 61850	IEC 60617	ANSI
Control			
Bay control	QCCBAY	CBAY	CBAY
Interlocking Interface	SCILO	3	3
Circuit breaker/disconnector control	GNRLCSWI	I ↔ O CB/DC	I ↔ O CB/DC
Circuit breaker	DAXCBR	I ↔ O CB	I ↔ O CB
Disconnector	DAXSWI	I ↔ O DC	I ↔ O DC
Local remote switch Interface	LOCREM	R/L	R/L
Synchrocheck	SYNCRSYN	SYNC	25
Generic process I/O			
Single point control (8 signals)	SPC8GGIO	-	-
Double point Indication	DPGGIO	-	-
Single point Indication	SPGGIO	-	-
Generic measured value	MVGGIO	-	-
Logic Rotating Switch for function selection and LHM presentation	SLGGIO	-	-
Selector mini switch	VSGGIO	-	-
Pulse counter for energy metering	PCGGIO	-	-
Event counter	CNTGGIO	-	-
Supervision and monitoring			
Runtime counter for machines and devices	MDSOPT	OPTS	OPTM
Circuit breaker condition monitoring	SSCBR	CBCM	CBCM
Fuse failure supervision	SEQRUFUF	FUSEF	60
Current circuit supervision	CCRDI	MCS 3I	MCS 3I
Trip-circuit supervision	TCSSCBR	TCS	TCM
Station battery supervision	SPVNZBAT	U<>	U<>
Energy monitoring	EPDMMTR	E	E
Measured value limit supervision	MVEXP	-	-
Power quality			
Voltage variation	PHQWR	PQMU	PQMV
Voltage unbalance	VSQVUB	PQMUBU	PQMUBV
Current harmonics	CMHAI	PQM3I	PQM3I
Voltage harmonics phase-to-phase	VPPMHAI	PQM3Upp	PQM3Vpp
Voltage harmonics phase-to-earth	VPHMHAI	PQM3Upe	PQM3Vpg
Measurement			
Three-phase current	CMMXU	3I	3I
Three-phase voltage (phase-to-earth)	VPHMMXU	3Upe	3Upe
Three-phase voltage (phase-to-phase)	VPPMMXU	3Upp	3Upp
Residual current	RESCMMXU	I0	I0
Residual voltage	RESVMMXU	U0	Vn
Power monitoring with P, Q, S, power factor, frequency	PWRMMXU	PQf	PQf
Sequence current	CSMSQI	I1, I2	I1, I2
Sequence voltage	VSMSQI	U1, U2	V1, V2

Disturbance recorder function			
Analog channels 1-10 (samples)	A1RADR	ACH1	ACH1
Analog channel 11-20 (samples)	A2RADR	ACH2	ACH2
Analog channel 21-30 (samples)	A3RADR	ACH3	ACH3
Analog channel 31-40 (calc val)	A4RADR	ACH4	ACH4
Binary channels 1-16	B1RBDR	BCH1	BCH1
Binary channels 17-32	B2RBDR	BCH2	BCH2
Binary channels 33-48	B3RBDR	BCH3	BCH3
Binary channels 49-64	B4RBDR	BCH4	BCH4
Station communication (GOOSE)			
Binary receive	GOOSEBINRCV	-	-
Double point receive	GOOSEDPRCV	-	-
Interlock receive	GOOSEINTLKRCV	-	-
Integer receive	GOOSEINTRCV	-	-
Measured value receive	GOOSEMVRCV	-	-
Single point receive	GOOSESPRCV	-	-