



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Olli Juntunen

SCHNEIDER ELECTRIC EASERGY

P3F30-SUOJARELEEN

KÄYTTÖÖNOTTO

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Olli Juntunen
Opinnäytetyön nimi	Schneider Electric Easergy P3F30 suojareleen käyttöönotto
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	61
Ohjaaja	Mikko Västi

Opinnäytetyön lähtökohtana oli Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan laboratoriotiloissa sijaitsevan sähköverkkomallin suojauksen modernisointi uudella Schneider Electricin Easergy P3F30-johtolähtösuojareleellä. Työn tarkoituksena oli perehtyä edellä mainitun releen ominaisuuksiin ja toimintaan, sekä suorittaa releen asettelu. Työssä tutustuttiin myöskin nykyaikaisten releiden kommunikaatiomahdollisuuksiin.

Easergy P3F30-releen toiminnallinen tarkoitus on keskijänniteverkon suojaaminen ja jälleenkytkeminen. Jotta rele saatiin opetuskäyttöön, se tuli kytkeä verkkomalliin ja parametreja mallin vaatimilla asetteluilla. Lopuksi suojareleen toiminta tarkistettiin verkkomallin simuloituilla vikatilanteilla.

Suojarele on toimiva ja sitä käytetään opetukseen relesuojauksen laboratoriotyötunneilla.

ABSTRACT

Author	Olli Juntunen
Title	Commissioning of the Schneider Electric Easergy P3F30 Protection Relay
Year	2020
Language	Finnish
Pages	61
Name of Supervisor	Mikko Västi

The starting point for thesis was to update medium voltage grid simulator, in the electrical engineering laboratory of VAMK, University of Applied sciences. The Schneider Electric Easergy P3F30 feeder protection relay was used for the update. The features and operation of the relay were examined and relay settings were made. The communication possibilities of modern relay were also studied.

The purpose of the Easergy feeder protection relays is to protect medium voltage grid and make an automatic reclose after a failure. To prepare the relay for educational use, it needed to be connected on grid simulator. After the connection, basic settings had to be made for the relay. Finally the operation of the relay was checked with simulated fault situations.

The Protection relay works and will be used for educational purposes during laboratory exercises.

Keywords	Easergy. medium voltage grid protection relay and update.
----------	---

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	RELEEN SOPIVUUDEN TARKASTELU	9
	2.1 Schneider Electric Easergy P3	9
	2.2 Releiden yhteneväisyys.....	10
	2.3 Releentilaus.....	12
3	RELESUOJAUS.....	14
	3.1 Relesuojauksen perusvaatimukset	14
	3.2 Verkon suojaus.....	14
	3.3 Relesuojauksen toiminnalliset vaatimukset	15
	3.4 Selektiivisyys	16
	3.5 Jälleenkytkennät.....	19
	3.6 Laitteiden välinen kommunikointi ja protokollat	20
4	TÄRKEIMMÄT SUOJAUS FUNKTIOT JA NIIDEN PARAMETROINNIN LASKENTA.....	23
	4.1 Enimmäismäärä suojaustasoja ja niiden hallinta	23
	4.2 Ylivirta (directional / non-directional phase overcurrent.....	24
	4.3 Yli- ja alijännite sekä nollajännite	27
	4.4 Maasulkusuojaus (directional earthfault overcurrent)	29
	4.5 Vaihekatko ja vinokuormasuojaus (brokenconductor)	34
	4.6 Katkaisijavikasuojaus	35
	4.7 Valokaarisuojaus.....	35
	4.8 Jälleenkytkentä (auto re-close)	36
5	RELEEN VAIHTO JA KYTKENTÄ	42
	5.1 Releiden väliset kytkentäerot.....	42
	5.2 Jännitemittaukset	46
	5.3 Virranmittaus	47
	5.4 Katkaisijaohjaukset ja tilatiedot.....	49

5.5 Tietoliikenneasetukset.....	50
6 YHTEENVETO	52
LÄHTEET.....	53

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Easergy tuoteperheen P3-suojareleitä.....	9
Kuva 2. Easergy P3F30 konfiguraation tilauskaavake.....	12
Kuva 3. Koulun simulaattorin pääkaavio. Tässä näkyy kaikki käytetyt verkonsuojauksen komponentit.....	15
Kuva 4. Havainne kuva esittää vakioaikaylivirtareleen ja käänteisaikaylivirtareleiden havahtumisen ja toiminnan eron. /8/	17
Kuva 5. Kuva Easergyn manuaalista, Kuvassa PJK ja AJK toiminta vikatilanteessa /2/.	20
Kuva 6. Easergy P3F30:n tukemia kommunikaatioprotokollia. /2/	21
Kuva 7. Suojausfunktioiden aktivointilehti.....	23
Kuva 8. Esimerkki asetteluryhmien käytöstä.	24
Kuva 9. I> Ylivirtasuojan asettelut.....	26
Kuva 10. I>> Suojauksen asettelut.....	26
Kuva 11. U> Ylijännitesuojauksen asettelu.	28
Kuva 12. U< Alijännitesuojauksen asettelu.	28
Kuva 13. Verkon tuottamat maasulkuvirrat.	29
Kuva 14. Res/Cap moodin toimintakarasteriikasta. /2/	31
Kuva 15. Sektori-moodi. /2/	31
Kuva 16. Sin-moodin toimintakarasteriika. /9/	32
Kuva 17. Cos-moodin toimintakarasteriika. /9/	32
Kuva 18. Suunnatun maasulkusuojan asettelut I0>dir.	33
Kuva 19. Suunnatun maasulkusuojauksen I0>>dir asettelu.....	34
Kuva 20. Katkaisijavikasuojauksen toimintamatriisi.	35
Kuva 21. Esimerkkiasettelu valokaarisuojan käyttöönotosta.....	36
Kuva 22. jälleenkytkentäsignaalit AR1 ja AR2 käytössä.....	39
Kuva 23. Automaattisen jälleenkytkennän matriisi.....	39
Kuva 24. Automaattisen jälleenkytkennän asettelu.	40
Kuva 25. Object-asettelu.	40
Kuva 26. Output matrix.....	41
Kuva 27. AR shot-asettelut.	41
Kuva 28. Releiden VAMP 250- ja Easergy P3F30-liitinkaaviot.	42

Kuva 30. Easergy P3F30:n jännitteenmittausliittimet. /2/.....	46
Kuva 31. Jännitteen mittaustavat ja kytkennät liittimiin. /2/	46
Kuva 32. Havainnollistettu mittamuuntajien kytkentä releeseen silloin kun käytetään 3LN+U0 mittausta. /2/	47
Kuva 33. Mittausten muuntosuhteiden asettelu.	48
Kuva 34. Käytetty vaihevirtojen kytkentä. /2/.....	48
Kuva 35. Käytetty summavirtamittauskytkentä. /2/	49
Kuva 36. Releen object asettelu.	50
Kuva 37. Ethernet portin asettelut.	51
Kuva 38. Järjestelmän kellon asetteluja.	51
 Taulukko 1 Suojareleistä löytyvät suojausfunktiot.....	11
Taulukko 2 Releiden VAMP 250- ja Easergy P3F30-liittimien vastaavuudet....	43
Taulukko 3 Tärkeimmät DI ja DO.....	49

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö aloitettiin kevään 2018 aikana Vaasan ammattikorkeakoululla. Työn aiheena oli vaihtaa Technobotnian laboratoriossa olevaan johtolähtömalliin vanhan VAMP V250 suojarleen tilalle uusi Easergy P3F30-suojarele ja sen käyttöönotto-konfigurointi. Työn ohessa pohditaan mahdollista kytkentämuutosta, jolla vanhan valintakytkimen toimintaa muutetaan.

Työhön kuuluvissa kytkentäkaavioissa on käytetty apuna VAMPin manuaaleista löytyneitä kytkentäkaavioita /4/. Uuden releen ominaisuuksista, kytkennöistä ja suojausfunktioiden-asetteluille on haettu tietoa Schneider Electricin Easergy P3F30-suojareleen käyttöohjekirjasta /2/. Laitteen toimintaan ja uusiin oheisjärjestelmiin on haettu tietoa Schneider Electricin Katalogista /1/. Relesuojaukseen toimintaan ja releiden asetteluun perehtyessä, on saatu paljon apua Olavi Mäkisen relesuojauksen materiaaleista /8/.

Varsinaisen releen vaihdon suunnittelun lisäksi työssä käydään läpi suojarleiden yleisimpiä suojausfunktioita ja miten ne toimivat. Työn aikana tutustutaan myös nykyaikaisten releiden kommunikaatioprotokolliin ja niiden mahdollisuuksiin nykyään lisääntyvässä etäkäyttöjen maailmassa.

2 RELEEN SOPIVUUDEN TARKASTELU

2.1 Schneider Electric Easergy P3

Easergy P3 on Schneider Electricin Easergy tuoteperheen uusi suojarele aikaisemman V-sarjan releiden rinnalle. Releitä itsessään on moneen käyttötarkoitukseen ja sarjan releistä löytyy suojalaite kaikkiin keskijänniteverkon tarpeisiin. Kuvassa 1 malli kuva Easergy-perheen suojareleestä.

P3-sarjan releitä suunniteltaessa turvallisuus ja helppokäyttöisyys olivat tärkeimpiä ominaisuuksia uutta suojarelettä suunniteltaessa [1]. Uusi rele parantaa laitteiden suojausta ja ohjauslaitteiden toimintatehokkuutta, uusimpien kaukokäyttöprotokollien ja webliittynän avulla.

P3-sarjaan on suunniteltu useita uusia digitaalisia työkaluja helpottamaan käyttöönottoa, huoltoa ja mahdollista muutoksen tekoa. Uudet työkalut ovatkin kaukokäyttöisiä ja niillä pääsee releeseen kiinni ilman tarvetta työskennellä kojeistotilassa.



Kuva 1. Easergy tuoteperheen P3-suojareleitä.

Alle listattuna uuden Easergy-tuoteperheen lisäohjelmia. ESetup Easergy Pro on releen ohjelmointiin tarkoitettu työkalu. Easergy SmartApp tarjoaa releen etäohjaus mahdollisuuksia, releen ohjaamisen osalta. Releen sulautettu webliityntä tarjoaa mahdollisuuden muuttaa releen parametrejä. Pilvipohjaiseen palveluun saadaan tallennettua releen hälytyshistoria. Pilvipalvelu mahdollistaa sen, ettei releen lähellä

tarvitse olla vikahistorian tulkitsemista varten. Partner Express on tarkoitettu keskijänniteprojektien hallintaan. /1/

1. eSetup Easergy Pro
2. Easergy SmartApp
3. Sulautetun webliityntä
4. Pilvipohjainen tietokanta
5. Partner Express

2.2 Releiden yhteneväisyys

Releiden yhteneväisyyden tarkastelua varten tehtiin taulukko releiden suojausfunktioista. Taulukkoon on koottu suojausfunktion nimet ja ANSI codet. Kun taulukkoa tulkitsee, niin siitä huomaa, että releissä tärkeimmät suojaukset ovat samat, mutta jotain ominaisuuksia on vanhemmassa mitä ei uudemmassa ole ja toisinpäin. Uudessa Easergyssä ei ole myöskään ilmoitettu olevan valokaarisuojausta, vaikka siinä onkin valmius sille eli se on käytettävissä, jos releeseen asentaa tarvittavan anturin. Relevertailu taulukko seuraavalla sivulla taulukossa 1.

Tarkemmin sanoen uudesta releestä puuttuu vaihejärjestysvahti, mutta tämän korvaa vaihekatko ja vinokuormasuojaus, joka vaatii oikean vaihejärjestyksen. Muilta osin suurimmat muutokset uudessa releessä on päivitetty käyttöliittymä ja lisätty laskentateho.

Easergy tukee kaikkia samoja kommunikaatioprotokollia, mitä vanha rele tuki. Tämän lisäksi rele tukee uudempia IEC-protokollia. Releessä oleva lisäkommunikaatioportti mahdollistaa laajan protokolla- ja liitännävalikoiman.

Taulukko 1. Suojareleistä löytyvät suojausfunktiot

Suojausfunktio	ANSI Code	Vamp V250	Easergy P3F30
Distance	21		X
Fault locator	21FL		X
Synchronization check	25	X	X
Undervoltage	27	X	X
Directional active under power	32	X	X
Phase undercurrent	37	X	X
Temperature monitoring	38/49T		X
Negative sequence overcurrent	46	X	
Incorrect phase sequence	46	X	
Current unbalance, broken conductor	46BC		X
Negative sequence overvoltage protection	47	X	X
Stall protection	48	X	
Thermal overload	49	X	X
Phase overcurrent	50/51	X	X
Earth fault overcurrent	50N/51N	X	X
Breaker failure	50BF	X	X
SOTF	50HS		X
Capacitor bank unbalance	51C	X	X
Voltage dependent overcurrent	51V		X
Overvoltage	59	X	X
Capacitor overvoltage	59C		X
Neutral voltage displacement	59N	X	X
CT supervisor	60		X
VT supervisor	60FL		X
Frequent start inhibition	66	X	
Directional phase overcurrent	67	X	X
Directional earth fault	67N	X	X
Transient intermittent	67NI	X	X
Magnetizing inrush detection	68F2	X	X
Transformer overexcitation	68F5	X	
Fifth harmonic detection	68H5		X
Auto-reclose	79		X
Over or under frequency	81	X	X
Rate of change of frequency	81R	X	X
Under frequency	81U		X
Lockout	86		X
Programmable stages	99	X	X
Arc flash detection (Optional)	50ARC	X	
Cold load pickup			X
Programmable curves			X
Setting groups			X

2.3 Releentilaus

Työn alkuperäinen tarkoitus oli käyttää jo koululle saatua relettä, jonka tilauskoodilla pystyttiin selvittämään, millä lisävarusteilla se oli tilattu. Myös uuden releen haluttiin olevan ominaisuuksiltaan riittävän laaja. Kuvan 2 tilauskaavaketta tutkimalla tilattavan releen tilauskoodiksi tuli: P3F30-CGGAA-DAENA-BB.

Ordering

Easergy P3 Advanced

Easergy P3F30 configuration

	F30	Application
		F30 Feeder protection relay
1		Power supply
		C Power C 110...230 V (AC) ...265 Vac/5k, 5 x DO heavy duty, AI, SI
		D Power D 24...48 V (DC) ...60 Vdc, 5 x DO heavy duty, AI, SI
2	G	I/O Card I
		G 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO)
3		I/O Card II
		A None
		G 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO)
		H 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO(NC))
		I 10DI (10 x DI)
4		I/O Card III
		A None
		G 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO)
		H 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO(NC))
		I 10DI (10 x DI)
5		I/O Card IV
		A None
		G 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO)
		H 6DI+4DO (6 x DI, 4 x DO(NC))
		I 10DI (10 x DI)
6		Option card I
		A None
		D 4Arc (4 x Arc sensor)
		K RS232 (RS232)
7	A	Future expansion
		A None
8		Analogue measurement card (See application)
		E 3I (2 A)+4U+2k (2 I A+10.2 A)
		F 3I (1 A)+4U+2k (2 I A+10.2 A)
9		Communication interface I
		A None
		B RS232 (RS232, RS485)
		C RS232+RJ (RS232, RS485) + Ethernet RJ 45 100 Mbps
		D RS232+IC (RS232, RS485) + Ethernet IC 100 Mbps
		N 2xRJ (Ethernet RJ 100 Mbps, RS485, P4P)
		O 2xIC (Ethernet IC 100 Mbps, RS485, P4P)
		P PPI (Basic / Plastic serial fibre)
		R G2 (Gloss / Glass serial fibre)
10	A	Product version
		A Version 2.1
11		Display type
		B 128x128 (128 x 128 LCD matrix)
		C 128x128 dot (128 x 128 LCD matrix, detachable) ^{*)}
12		Voltage range of Digital Input
		A 24 to 230 V ac/dc, with conformal coating
		B 110 to 230 V ac/dc, with conformal coating
		C 220 to 230 V ac/dc, with conformal coating

1. Choose your option

2. Report your choice on the case

3. Check your order code:

Easergy P3
F30
G
-
A
-
A
-

Slot numbers
1
2
3
4
5
-
6
7
8
9
10
11
12

Kuva 2. Easergy P3F30 konfiguraation tilauskaavake.

Rele oli tarkoitus tilata johtolähtösuojaksi. Johtolähtösuojarele eroaa esimerkiksi generaattorisuojareleestä suojausominaisuuksiltaan ja releelle tulevien mittausten osalta.

Suojarele käyttää 110 - 230V virtalähdettä, joka helpottaa releen asennusta asemalle. Käytetty jännitteen takia ei tarvita erillisiä muuntajia, tai tasasuuntaajia.

Tilatussa releessä on kaksi (2) kappaletta lisäkortteja, joissa molemmissa on kuusi (6) kappaletta digitaalisia signaalituloja ja neljä (4) kappaletta digitaalisia signaali-lähtöjä. Lisäkortit mahdollistavat useat ohjausmahdollisuudet.

Arc-sensor on valokaarisuoja-anturi. Valokaarisuojaus mahdollistaa valokaarioikosulun nopean havaitsemisen lähtöyksikössä. Valokaarisuojauksen avulla vian nopea erotus mahdollistaa kojeistoilla tapahtuvien vaurioiden minimoimisen.

Releelle tulee 3 vaihevirtamittausta, 4 jännitemittausta ja 2 nollavirtamittausta.

Kommunikointiväyläksi valittiin RJ-Ethernetväylä, joka tukee 100 Mb/s tiedonsiirtonopeutta. RJ-Ethernet on yksi yleisimpiä kommunikointistandardeja ja liitännä-mahdollisuus löytyy useimmista tietokoneista.

Releessä on pieni 128x128 kokoinen LCD-näyttöpaneeli, josta voidaan tarkastella parametreja, hälytyshistoriaa ja muita ominaisuuksia.

Sähköasemien normaali käyttöjännite on 110VDC, jota käytetään releen sähkönsyötössä. Katkaisijan ohjaussignaalit käyttävät myöskin 110VDC jännitettä ja samoin ohjaustulotiedot.

3 RELESUOJAUS

3.1 Relesuojauksen perusvaatimukset

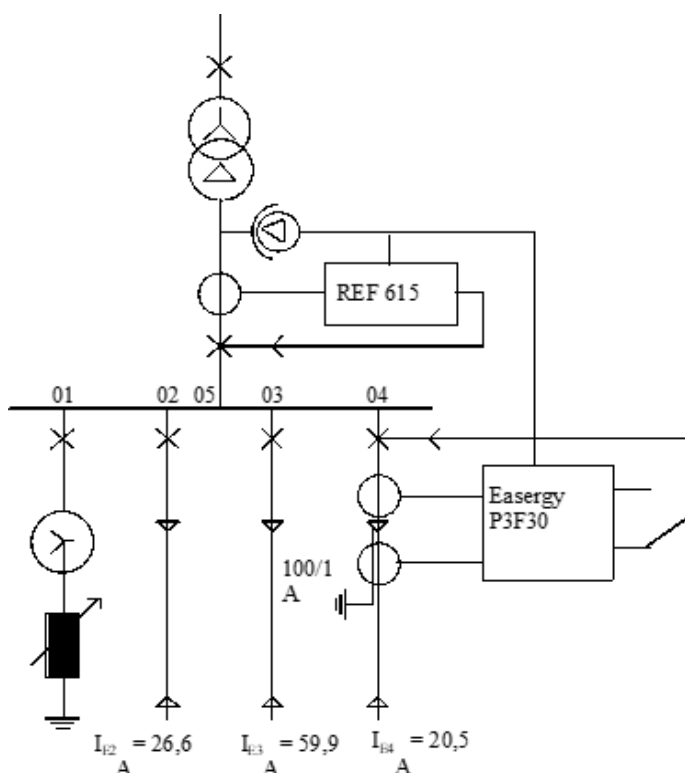
Kuluttajat asettavat suurimmat tavoitteet sähkönjakelun katkottomalle toiminnalle. Sähkölaitosten käyttövarmuus pyritään saamaan mahdollisimman hyväksi tehokkaalla relesuojauksella. Toimivaksi suunniteltu relesuojaus valvoo verkontilaa reaaliaikaisesti ja tarpeen vaatiessa ne erottavat vikaantuneen verkon osan ohjaamallaan katkaisijoilla.

Relesuojauksen on toimittava selektiivisesti. Selektiivisyydellä saadaan rajattua verkosta pelkästään vikaantunut osa pois käytöstä ja ohjattua sähköenergia kuluttajalle muita verkon osia käyttäen. Kun sähköverkon suojaus on toteutettu selektiivisesti, verkon vikatilanteissa sähkötön osuus on mahdollisimman pieni.

Suojauksen on katettava aukottomasti koko sähköverkko ja sen tulee toimia niin nopeasti, ettei vika aiheuta vaurioita. Hyvin suunniteltu suojaus on mahdollisimman yksinkertainen ja sen koestaminen onnistuu paikan päällä käytön aikana.

3.2 Verkon suojaus

Tässä opinnäytetyössä, puhuttaessa verkon suojauksesta, tarkoitetaan simuloitua sähköverkkoa, kuvassa 3 on esitettyä simulaattorin pääkaavio. Simuloitua sähköverkkoa käytetään harjoituskohteena sähköverkkolaboraatioissa. Laitteistoon kuuluu katkaisija, mittamuuntajat, suojareleet, kaapelointi, laukaisupiiri, teholähteet, siirtojärjestelmät ja jälleenkytkentäautomaatiikka.



Kuva 3. Koulun simulaattorin pääkaavio. Tässä näkyy kaikki käytetyt verkonsuojauksen komponentit.

SFS 60050-448-standardi määrittää suojausjärjestelmään kuuluvaksi suojauslaitteet, mittamuuntajat, johdotukset, laukaisupiirit, tehollähteet, tiedonsiirtojärjestelmät ja jälleenkytkentäautomatiikan. Katkaisijat eivät edellä mainitun standardin mukaan kuulu suojausjärjestelmään. Vaikka SFS 60050-448-standardi ei lue katkaisijaa suojausjärjestelmään, on se keski- ja suurjänniteverkkojen suojauksen kannalta välttämätön komponentti. Se on sähköasemalla ainoa komponentti, jolla viikaantunut verkon vikavirta voidaan katkaista luotettavasti. Se ei itse kuitenkaan kykene valvomaan tai analysoimaan verkon tilaa vaan se on toteutettava suojareleiden avulla. Toisin sanoen suojarele tarkastelee verkon tilaa, mittamuuntajien välityksellä ja vian havaitessaan antaa toimintakäskyn katkaisijalle.

3.3 Relesuojauksen toiminnalliset vaatimukset

Releiden tarkoitus on suojata jakeluverkkoa, mikä tarkoittaa, että vika tulee havaita ja poistaa. Tämä kuitenkin tulee toteuttaa siten, että vain vioittunut osa verkosta

eristetään, jolloin tämä tarkoittaa selektiivistä suojausta. Releen tulee myös toimia apuna vikapaikan etsinnässä, vikapaikan etäisyyden arvioinnilla. Kun verkossa ei ole vikaa, rele toimii verkon tilan valvontatyökaluna, esim. releellä voidaan mitata linjoilla siirrettäviä tehoja.

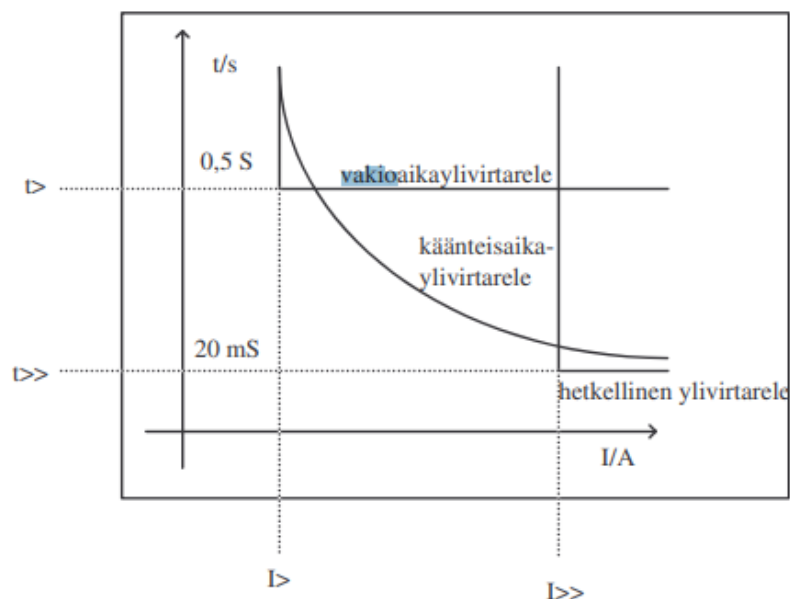
Suojaus tulee mitoittaa siten, että vältetään henkilö- ja laitevahingoilta, mutta suojaus ei saa olla liian monimutkainen, sillä se voi vaikuttaa toimintavarmuuteen. Tärkein ominaisuus on riittävä suojauksen nopeus ja herkkyys. Tämä korostuu suojauslaskelmaa tehdessä, sillä erilaisissa suojaustilanteissa vikavirta saattaa pienentyä, mutta se tulee voida havaita.

Releitä käytetään myös muuhun verkon toiminnan valvontaan: virta, jännite ja tehomittaukset.

3.4 Selektiivisyys

Relesuojauksen selektiivisyys voidaan yksinkertaisimmillaan toteuttaa käyttämällä aikaselektiivisyyttä. Tällä tarkoitetaan portaittaisen aikahidastuksien käyttöä siten, että lähimpänä vikapaikkaa oleva rele toimii ensimmäisenä.

Aikaselektiivisyys voidaan toteuttaa vakioaikaisena, eli releen toimintanopeus ei riipu mitattavan suureen suuruudesta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää käänteisaika selektiivisyyttä, jolloin toimintanopeus on riippuvainen mitattavan suureen suuruudesta. Aikaselektiivisyydessä staattisten releiden aikaportaiden ero saa olla 300 ms ja numeerisilla 150 ms.



Kuva 4. Havainnekuva esittää vakioaikaylivirtareleen ja käänteisaikaylivirtareleiden havahtumisen ja toiminnan eron. /8/

Käänteisaikaisen suojauksen etuna on, että sen avulla suojaus voidaan toteuttaa sitä nopeammin mitä suurempi vika on. Sillä voidaan myös varmistaa, ettei verkon eri osien aikaan suhteutettu virtakestoisuus ylitä, sillä johdon terminen oikosulkukestoisuus lyhenee oikosulkuvirran kasvaessa virran neliöön kääntäen verrannollisesti.

Kuvassa 4 tulee ilmi, vakioaika- ja käänteisaikareleen toiminnan ero. Vakioaikareleelle asetetaan haluttu toiminta-aika ja havahtuessaan vakioaikarele toimii tällä ajalla. Käänteisaikaylivirtarele taas mittaa, miten suuri vikavirta on kyseessä ja tämän mukaan säätyy toiminta-aika, mitä suurempi vikavirta sitä lyhyempi toiminta-aika.

Tällaisella asettelulla rele saadaan laukaisemaan nopeammin suurilla oikosulkuvirroilla, mutta suojaus pysyy selektiivisenä.

Aikaselektiivisyyden lisänä voidaan käyttää virtaselektiivisyyttä. Tällaista suojasta on syytä käyttää, mikäli pelkällä aikahidastuksen porrastuksella ei saada riittävää selektiivisyyttä. Koska vikavirran suuruus on sitä suurempi mitä lähempänä syöttävää pistettä ollaan, voidaan käyttää virtaporrastusta. Virtaselektiivisyyttä on

suositeltavaa käyttää ja yleensä sitä haluttaisiin käyttää, mutta sen ongelmaksi tulee se, että verkon vikavirrat eivät pienene tarpeeksi nopeasti, että virtaselektiivisyyttä voitaisiin käyttää hyväksi.

Muita tapoja toteuttaa selektiivinen suojaus on lukitussuojaus ja suuntaselektiivisyys. Lukitussuojauksella tarkoitetaan suojausta, jossa vian havainnut rele lähettää suojausketjussa itseään edellä olevalle releelle lukitussignaalin.

Lukitussignaalin tarkoituksena on ilmaista toiselle releelle, ettei katkaisijaa ohjata auki, tai vähintään hidastetaan toiminta-aikaa. Lukitus voidaan ottaa yläjännitepuolen ylivirtareleen havahtumisesta, jos releen havahtumistasoa ei ole aseteltu liian korkealle.

Havahtumistaso vaihtelee valmistajien kesken, mutta tavallisesti raja-arvo asetellaan 1,5 kertaa muuntajan nimellisvirta. Tällaista suojausta käytetään esim. kiskosten ja säteittäisten verkkojen suojaukseen.

Suuntaselektiivisellä suojauksella tarkoitetaan suojausta, jossa tarkastellaan vian suuntaa releen sijaintipaikan suhteen. Suunnatun ylivirtareleen toimintaehtoina on, että oikosulkuvirta ylittyy ja oikosulkuvirran suunta on oikea. Tällaisissa suojissa suojattava alue on jaettu suojavyöhykkeisiin. Suuntaselektiivisyyttä käytetään esimerkiksi rengassyötteisessä verkossa.

Ylivirtasuojauksessa selektiivisyyden saavuttamiseen keskijänniteverkossa käytetään yleensä yhdistettyä aika- ja virtalukituksia. Edellä mainitut selektiivisyyden toteuttamistavat ovatkin käytössä lähinnä keskijänniteverkon suojauksessa. 110 kV verkossa selektiivisyys toteutetaan käyttämällä distanssi- ja linjadifferentiaalisuojia.

Jos vierekkäiset suoja-alueet osaksi peittävät toisensa, suojaus on aukoton. Suojausta sanotaan absoluuttisesti selektiiviseksi, kun rele havahtuu vain omalla suojausalueellaan sattuvan vian vaikutuksesta.

3.5 Jälleenkytkennät

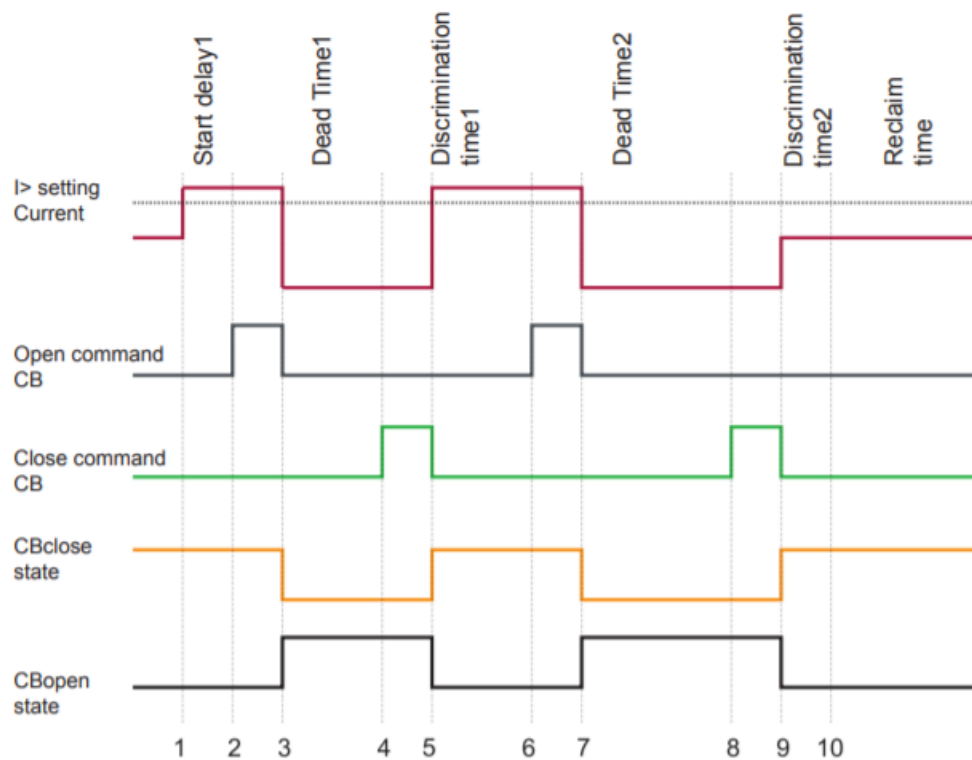
Valtaosa jakeluverkon laukaisuista johtuu ohimenevistä vioista. Tällaisia vikoja syntyy esimerkiksi salaman, oksan tai jopa puun osuessa siirtolinjaan. Johtolähdöt on syytä varustaa jälleenkytkentäautomaatiikalla, ettei edellä mainituista syistä, heti vian ilmettyä, tapahtuisi lopullinen releen laukaisu. Tällä tavalla pienennetään sähkön jakeluverkon katkosaikoja. Jälleenkytkentäautomaatiikkaa käytetään vain avo- ja sekalinjoissa, sillä puhtaassa maakaapeliverkossa valokaaren sammuminen ei korjaa kaapelin jännitelujuutta.

Johtolähdön takaisinkytkemistä verkkoon kutsutaan jälleenkytkennäksi. Vian ilmetessä yritetään ensin suorittaa pikajälleenkytkentä (PJK), jonka jälkeen yritetään yhtä tai useampaa aikajälleenkytkentää (AJK).

Pikajälleenkytkentää yritetään yleensä alle sekunnin kuluttua siitä ajanhetkestä, kun lähtö on laukaistu irti verkosta. Pikajälleenkytkentä on aseteltava siten, että valokaari ehtii itsestään sammua sen aikana. Myös valokaaren aiheuttama ilman ionisoituminen on otettava huomioon, jotta valokaari ei syttyisi uudelleen.

Mikäli vika ei poistu verkosta pikajälleenkytkennän aikana, voidaan vielä yrittää aikajälleenkytkentää. Aikajälleenkytkentää yritetään huomattavasti pidemmän ajan kuluttua kuin pikajälleenkytkentää. Aikajälleenkytkentää yritetään yleensä 0,5-2 minuutin jälkeen laukaisusta. Jos vika ei ole poistunut aikajälleenkytkennän aikana, suoritetaan lopullinen laukaisu, jolloin katkaisija jää auki, kunnes vika on poistunut ja katkaisija ohjataan erikseen kiinni.

Jälleenkytkentäsekvenssiä määriteltäessä on otettava huomioon vikavirran aiheuttama johtimien lämpeneminen ja kuormituksen puuttumisen aikana tapahtuva jäähtyminen. On varmistuttava, ettei vikaantuneen verkon osan yhdenkään komponentin terminen yhden sekunnin vikavirtakestoisuus ylity. Katkaisijan toiminta vikatilanteessa: katkaisija aukeaa virran noustessa asetteluarvon yli ja suorittaa jälleenkytkentäsekvenssin. Kuvan 5 tilanteessa vika on vielä ensimmäisen pikajälleenkytkennän jälkeen. Pikajälleenkytkennän jälkeen rele tekee aikajälleenkytkennän. Tämän jälkeen vikatila on poistunut ja verkko on normaalitilassa.



Kuva 5. Kuva Easergyn manuaalista, Kuvassa PJK ja AJK toiminta vikatilanteessa /2/.

Kun kuvaa tutkitaan tarkemmin, niin ylin linja on mitatun virran muutokset. Punainen käyrä ja harmaa vaakaviiva on asetettu virran laukaisuarvo. Harmaa ja vihreä ovat releeltä lähtevät releen avaus- ja sulkukäskyt. Keltainen ja musta taas kuvaavat releen tilaa tulotietoina.

3.6 Laitteiden välinen kommunikointi ja protokollat

Releessä on yksi kiinteä USB-kommunikaatioportti releen etupaneelissa. Etupaneelin porttia käytetään tietokoneen ja releen väliseen yhteyden muodostamiseen. Releeseen saa myös lisättyä kommunikaatiokortin, jolla voidaan saada releeseen 2 sarjaporttia, portit COM3- ja COM4- sekä Ethernet-portti.

Kommunikaatioprotokollia releessä on kaiken kaikkiaan yhdeksän (9) kuvan 6 mukaisesti. Protokollien tehtävänä on toimia tiedonsiirto ympäristönä ja protokollien kautta voidaan lähettää dataa.

- releen tapahtumista (events)
- releen tilatiedoista (status information)
- mittauksista (measurements)
- ohjauskäskyistä (control commands)
- aikasykronoinista (clock synchronization)
- joistain asetuksista
- häiriötallenteista.

Parameter	Value	Unit	Description	Note
Protocol			Protocol selection for COM port	Set
	None		-	
	SPA-bus		SPA-bus (slave)	
	ProfibusDP		Interface to Profibus DB module VPA 3CG (slave)	
	ModbusSlv		Modbus RTU slave	
	IEC-103		IEC-60870-5-103 (slave)	
	ExternalIO		Modbus RTU master for external I/O-modules	
	IEC 101		IEC-608670-5-101	
	DNP3		DNP 3.0	
	DeviceNet		Interface to DeviceNet module VSE 009	
	GetSet		Communicationi protocols for Easergy Pro interface	
Msg#	0 – 2 ³² - 1		Message counter since the relay has restarted or since last clearing	Clr
Errors	0 – 2 ¹⁶ - 1		Protocol interruption since the re- lay has restarted or since last clearing	Clr
Tout	0 – 2 ¹⁶ - 1		Timeout interruption since the re- lay has restarted or since last clearing	Clr
	speed/DPS		Display of current communication parameters. speed = bit/s D = number of data bits P = parity: none, even, odd S = number of stop bits	1.

Kuva 6. Easergy P3F30:n tukemia kommunikaatioprotokollia. /2/

Modbus RTU ja Modbus TCP käytetään usein voimalaitoksilla ja teollisuuden koonpanoissa. Näiden kahden protokollan välinen suurin ero on käytetty tiedonsiirtoväylä. Siinä missä Modbus RTU käyttää Ethernet-väylää, kun Modbus TCP käyttää joko RS-485, optista valokuitua tai RS-232-väyliä.

Profibus DP on laajasti käytetty tiedonsiirtoprotokolla teollisuudessa. Easergyn tapauksessa tämä vaatii erilliset sovitteet. Profibus DP:ssä on mahdollista ohjelmoida lähettämään dataa jatkuvasti tai pyydettyäessä.

SPA-bus-releellä on täysi tuki protokollalle ja sitä käyttäen voidaan kirjoittaa ja lukea dataa.

IEC60870-5-103 (IEC-103) mahdollistaa niin sanotun master system ja slave system jaon. Tällä järjestelmä jaolla master on se, joka hallitsee järjestelmää ja slave on se mitä ohjataan ja joka antaa mittaustietoa.

IEC608750-5-101 (IEC-101) suurin ero IEC-103 on se, että tällä protokollalla rele toimii pelkästään slavena.

IEC61850-protokolla on luetelluista kiinnostavin, sillä se mahdollistaa GOOSE-viestinnän käyttämisen. Protokolla on käytettävissä kommunikointilisäkortilla ja sitä voidaan käyttää lähettämään tai vastaanottamaan dataa releeltä, tapahtumia ja GOOSE-viestejä sekä itse releeltä kuin myös muilta releiltä.

DNP 3.0 on suppein protokollista, sillä se on tarkoitettu lähettämään tietoa binäärituloilla ja lähdöillä, välittämään analogiatulojen tietoa ja ohjaamaan laskureita.

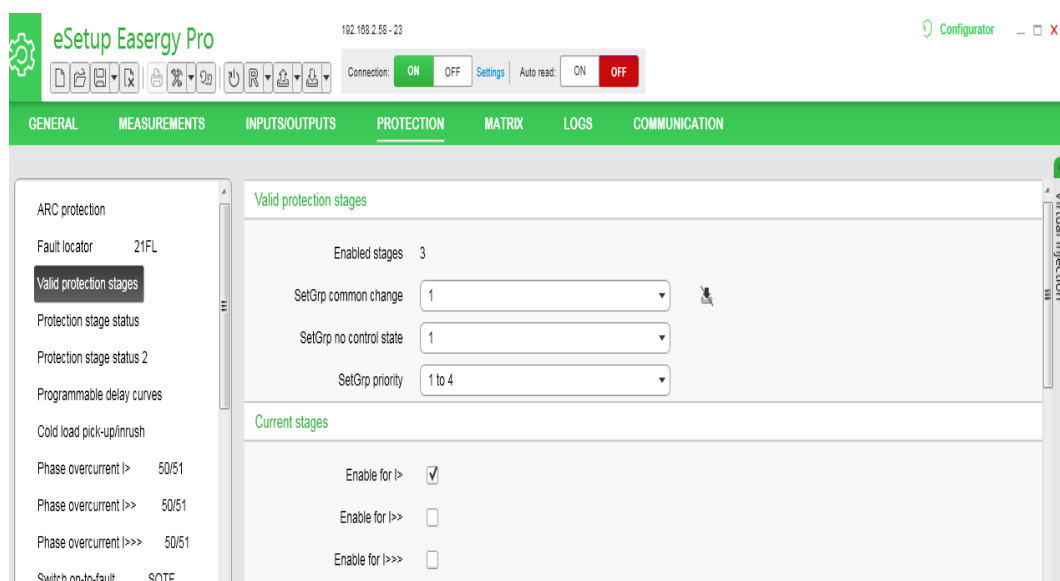
Ethernet/IP-protokollaa varten vaaditaan jälleen kommunikaatilisäkortti sillä se nimensä mukaan käyttää viestimiseen Ethernet-väylää ja IP-osoitteita. Protokolla on nykyisin laajasti käytössä teollisuuden aloilla.

HTTP server – Webset käytetään silloin kun relettä haluttaisiin ohjata verkkoselain-pohjaisesti.

4 TÄRKEIMMÄT SUOJAUSFUNKTIOT JA NIIDEN PARAMETROINNIN LASKENTA

4.1 Enimmäismäärä suojaustasoja ja niiden hallinta

Releiden jokainen suojaustaso on muista suojaustasoista riippumatta mahdollista laittaa päälle tai pois. Vaikka suojausfunktiot toimivatkin itsenäisesti, niin niitä voi teoreettisesti olla yhtä aikaa päällä 30. Todellisuudessa määrä riippuu releessä olevasta välimuistista ja sen kuormituksesta.



Kuva 7. Suojausfunktioiden aktivointilehti.

Kuvassa 7 näytetään esimerkki suojausfunktioiden aktivointilehdestä. Sen perusteella havaitaan, montako suojausfunktiota on aktivoituina. Välilehdestä nähdään myös, mikä setting group on käytössä. Tältä sivulta myös valitaan ne suojausfunktiot, joita halutaan käyttää. Kuvassa näkyy pelkästään ylivirta-asettelut.

Suojaustasojen asetusryhmiä eli "setting groups" hallitaan käyttämällä DI-piirejä eli niin sanottuja Digital Input-tulotietoja, funktioita tai virtuaalisia tuloja ja näitä voidaan hallita tiedonsiirtoportien kautta joko paneelistai tai logiikasta. Jokaista suojaustasoa kohden on neljä (4) asetusryhmää.

Kun asetusryhmiin sidotuista tulotiedoista yksikään ei ole aktiivinen, niin asetusryhmämääritelmänä lukee SetGrp no control state, Jos taas tulotieto on aktiivinen, niin asetusryhmä muuttuu myös aktiiviseksi. Jos logiikan tulotieto katoaa, niin asetusryhmän asetus keep last, ottaa käyttöön viimeisen aktiivisena olleen. Kun aktiivisena on useita asetusryhmiä, aktiivinen asetusryhmä määritellään tärkeysjärjestyksen mukaan. Kuvassa 8 on havainnollistettu, kuinka DI1-DI4 on asetettu ohjaamaan suojausryhmiä 1-4.

The screenshot shows a control interface with four DI control groups at the top and a detailed configuration table for Group 1 below.

DI Control Groups:

- Set group 1 DI control: DI1
- Set group 2 DI control: DI2
- Set group 3 DI control: DI3
- Set group 4 DI control: DI4

Group 1 Configuration Table:

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Pick-up setting [A]	200	2000	480	480
Pick-up setting [xImot]	0.50	5.00	1.20	1.20
Delay curve family	DT	DT	IEC	IEC
Delay type	DT	DT	NI	NI
Operation delay [s]	300.00	0.30	0.30	0.30
Inv. time coefficient k	1.00	1.00	1.00	1.00

Kuva 8. Esimerkki asetteluryhmien käytöstä.

4.2 Ylivirta (directional / non-directional phase overcurrent)

Ylivirtasuojaukseen käytetään generaattorien, muuntajien ja johtojen ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. Ylivirtasuojan toiminta perustuu perustaajusten vaihevirtojen mittaamiseen ja vertaamiseen asetettuihin arvoihin suojauksen portaissa. Asetteluportaita on tavallisesti kolme: $I>$, $I>>$, $I>>>$. Suojausportaille asetellaan havahtumis- ja laukaisuvirta sekä toiminta-ajanhidastus. Toimintaa suositellaan hidastettavan, muuten toiminta on liian nopea. Virta-asetukset tulee asettaa siten, että verkon normaalitilanteissa, kuten kytkennän aikana, rele ei havahdu, jos kytkentä tapahtuu normaalisti. Suositeltavaa olisi käyttää käynnistysvirtasysäykseen lukitusta, ettei rele havahdu.

Yleisiä ylivirran aiheuttajia ovat ylikuormitus, oikosulku tai ilmastollisista ylijännitteistä johtuvat ylivirrat. Edellä mainitut tilanteet ovat luonteeltaan erilaisia. Ylikuormitusvirta tarkoittaa tilannetta, jossa normaalissa käyttötilanteessa virta kasvaa yli nimellisvirran, mutta vähemmän kuin oikosulusta tai transienttijännitteestä johtuvissa tilanteissa. Nämä aiheuttavat kaapelin tai avojohdon liian suuren lämpenemisen, josta seuraa pahimmassa tapauksessa avojohdon tai kaapelin vaurioituminen ja poikkipalaminen, tästä taas seuraa suora maasulku.

Oikosulkuvirtoja syntyy kahden tai useamman äärijohtimen välillä tapahtuvassa eristysviassa. Näissä tilanteissa ylivirta on todella suuri ja aiheuttaa termisten vaikutusten lisäksi huomattavia dynaamisia vaikutuksia, lisäksi valokaaren syntyminen on todennäköistä.

Ylivirtasuojauksen asettelu $I >$ kohdalla tulee tehdä niin, että se kestää normaalista käytöstä johtuvat virtasysäykset. Yleisimmin se lasketaan $2 \times I_{kuorma}$, mutta sen tulee olla pienempi kuin pienimmän mahdollisen oikosulkuvirran, kun taas pikalaukaisun $I >>$ tulisi asettaa siten, että se havahtuu vain suojausalueen alkuosan viikoihin. $I >>$ saadaan johdettua kaavasta 1.

$$(1) \quad I^2 1S * 1s > I^2 k3 \max * (t \gg + 0.1) \quad (1)$$

$$(2) \quad I > = 2 * I_n$$

$$(3) \quad 2 * 110 = 220$$

$$(4) \quad I k2min * 0.7$$

$$(5) \quad 220 * 0.7 = 140$$

$$(6) \quad 2 * I_n < I > < 0.7 * I k2min$$

$$(7) \quad I^2 1S * 1s > I^2 \gg \max * (t > + 0.1)$$

$$(8) \quad 300 * (0.6 + 0.1) = 210$$

Koska verkon mallinnus on simuloitu, niin oikeita kaapelin tai avojohdon vikavirran kestoajoja ei voida katsoa kaapelin virrankestävyystaulukosta. Harjoituksissa onkin käytetty toiminta-aikoina $t > 0,6s$ ja $t \gg 0,2s$. Näillä arvoilla voidaan laskea ylivirtafunktioiden asettelu, tulokset näkyvät kuvissa 9 ja 10.

Phase overcurrent I> 50/51

Enable for I> ☒

Set group 1 DI control -

Set group 2 DI control -

Set group 3 DI control -

Set group 4 DI control -

Group 1

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Pick-up setting [xIn]	1.30	1.20	1.20	1.20
Delay curve family	DT	IEC	IEC	IEC
Delay type	DT	NI	NI	NI
Operation delay [s]	0.60	0.30	0.30	0.30
Inv. time coefficient k	0.60	1.00	1.00	1.00

Common settings

Kuva 9. I> Ylivirtasuojan asettelut.

Phase overcurrent I>> 50/51

Enable for I>> ☒

Set group 1 DI control -

Set group 2 DI control -

Set group 3 DI control -

Set group 4 DI control -

Group 1

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Pick-up setting [xIn]	2.30	2.50	2.50	2.50
Operation delay [s]	0.20	0.60	0.60	0.60

Common settings

Include harmonics ☐

Kuva 10. I>> Suojauksen asettelut.

4.3 Yli- ja alijännite sekä nollajännite

Jännitesuojauksella varmistetaan verkon pysyminen oikeassa jännitetasossa. Normaalisissa toimintatilanteissa, päämuuntajan käämikytin pitää huolen pysymisestä oikeissa rajoissa. Käämikytin toiminnan takia $U>$ ja $U<$ suositellaan hidastettavan. Myös $U>>$ ja $U<<$ toimintaa tulisi hidastaa, mutta vähemmän. Ilman toiminnan hidastusta toiminta on liian herkkä. Kaksi (2) eri hidastusaikaa toimintaportaiden välillä johtuu siitä, että portaat on aseteltu niin, että käämikytin ehtii korjata normaalissa käytössä syntyvät jännite-erot. Kuormituksenmuutosten lisäksi ylijännitteitä syntyy indusoitumalla toisista samansuuntaisista siirtolinjoista tai ilmastollisista syistä.

Yleisesti ylijännitesuojan $U>$ asettelussa käytetään arvoja $1,1-1,25 \times U_n$ ja $U>>$ asetteluun arvoja väliltä $1,3-1,4 \times U_n$. Alijännitesuojauksen asettelussa suositellaan käytettävän vähintään $0,85 \times U_n$, jossa U_n on nimellinen jännite.

Kuvissa 11 ja 12 on esitettynä asettelut yli- ja alijännitesuojauksille, Easergyssä itse suojausfunktio valitaan käyttöön valitsemalla enable $U>$ ja samoin $U<$ kohdalla. Pick-up setting-kohtaan syötetään arvo, jolla releen halutaan havahtuvan, operation delay taas on aikahidastus. Jos asetettuna aikana tilanne ei normalisoidu niin suojausfunktio reagoi.

Alijännitesuojauksen low voltage blocking-asetuksella, saadaan leikattua pois ne tilanteet, kun alijännitesuojauksen ei tarvitse reagoida. Tilanteet kun jännite on todella paljon alempana kuin normaaleissa vikatilanteissa.

Overvoltage U> 59

Enable for U> ☒

Set group 1 DI control -

Set group 2 DI control -

Set group 3 DI control -

Set group 4 DI control -

Group 1

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Pick-up setting [%Un]	110	120	120	120
Operation delay [s]	3.00	0.20	0.20	0.20

Common settings

Release delay 0.06 s

Hysteresis 3.0 %

Kuva 11. U> Ylijännitesuojauksen asettelu.

Undervoltage U< 27

Enable for U< ☒

Set group 1 DI control -

Set group 2 DI control -

Set group 3 DI control -

Set group 4 DI control -

Group 1

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Pick-up setting [%Un]	85	80	80	80
Operation delay [s]	3.00	20.00	20.00	20.00
Low voltage blocking [%Un]	40	10	10	10

Common settings

Release delay 0.06 s

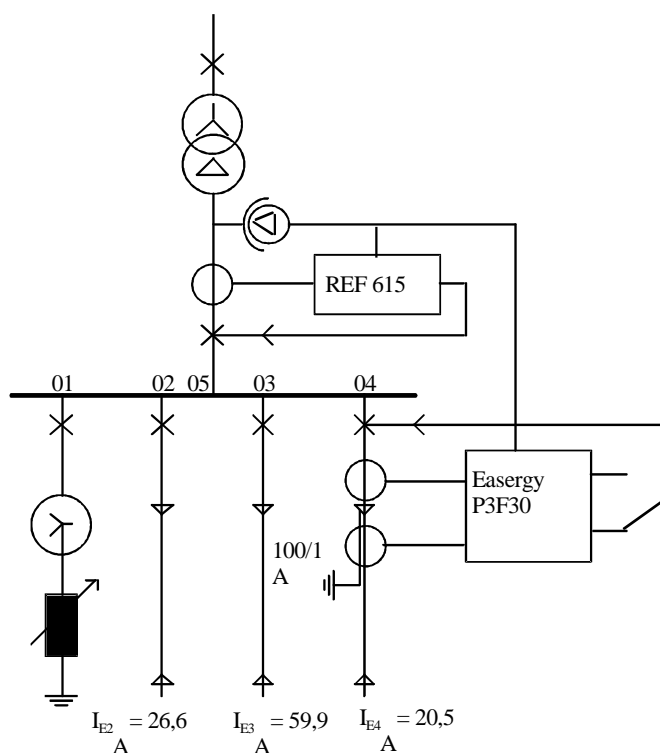
Hysteresis 3.0 %

Kuva 12. U< Alijännitesuojauksen asettelu.

Vaiheiden yli- ja alijännitteiden lisäksi on olemassa maasulkuvian aiheuttama jännite-epäsymmetria, tämän seurauksena verkon tähtipistejännite muuttuu, eikä enää vastaa maan potentiaalia. Tällaista jännitettä kutsutaan nolla- tai maasulkujännitteeksi. Nollajännitettä ei käytetä normaalin verkon suojauksessa vaan suuntaamattomana varasuojauksena tai sähköaseman syöttökennon kiskovahtina.

4.4 Maasulkusuojaus (directional earthfault overcurrent)

Maasulkusuojausfunktioita voidaan käyttää maasta erotetuissa verkoissa ja kompensoiduissa verkoissa. Matalaimpedanssisesti maadoitetuissa verkoissakin maasulkusuojausta voidaan käyttää, mutta tässä tapauksessa maasulkuvirta kasvaa todella helposti käytännössä oikosulkuvirtojen suuruiseksi, jolloin suunnattu ylivirtafunktio voi olla riittävä. Kuvassa 13 on simulaattorin pääkaavio, tästä saadaan selville oikosulkuvirrat.



Kuva 13. Verkon tuottamat maasulkuvirrat.

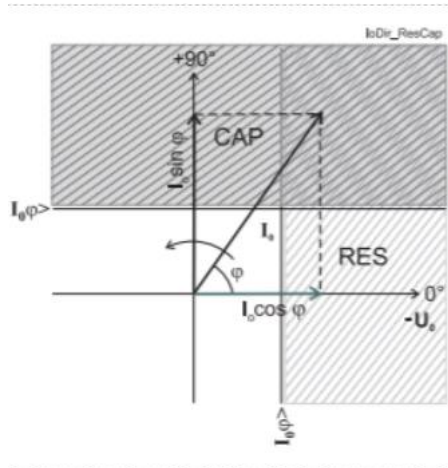
Maasulkusuojausta käyttäessä on hyvä käyttää päästöhidastusta. Kun käytetään päästöhidastusta, lyhyet viat, kuten tuulella oksan osuminen jakeluverkon johtimeen, ei laukaise katkaisijaa.

Terveessä tilanteessa jännitteet ovat symmetriset, jolloin niiden summaksi tulee 0V eli $U_0=0V$. Vikatilanteessa symmetria rikkoutuu ja vaihejännitteet verkon tähtipisteessä alkavat kasvaa kohti vaihejännitettä.

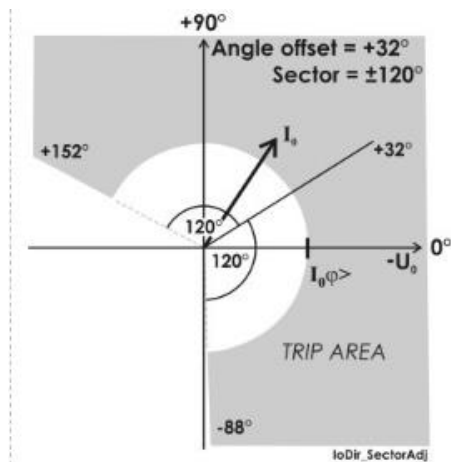
Nollajännitteen siirtymää käytetään polarisaatioon. Polarisaatio mitataan koestamalla U_0 , joka on kulman verrokki I_0 :lle. Pitää huomioda, että I_0 :lla on eri kuin vikavirta vikakohdassa. Tästä johtuen vaiheet tulee olla oikein kytkettyinä. Toisaalta U_0 voidaan myös laskea vaihejännitteistä riippuen valitusta jännitteen mittaustavasta.

Maasulkusuojauksella on myös 3 niin sanottua perustoimintatapaa: kulmamoodi ja Res/Cap-moodit. Kuvassa 15 on havainnoitu kulmamoodin toimintakarasteriika. Kulma/Sektori-moodi toimii siten, että sille annetaan peruskulma ja sektori missä se saa muuttua. Kulma/sektori-moodi reagoi siihen kun I_0 ja U_0 kulmaero ylittää asetetun peruskulman sektorin. Kulma/Sektori-moodilla on toimintatapoinaan valittavissa Sin/Cos, niiden toimintakarasteriika, on esitetty kuvissa 16 ja 17. Kuvassa 14 on havainnollistettuna Res/Cap-moodit. Moodit tunnetaan myös nimellä sector mode, näistä Cap-moodia käytetään maastaeroteuissa verkoissa. Res-moodia käytetään

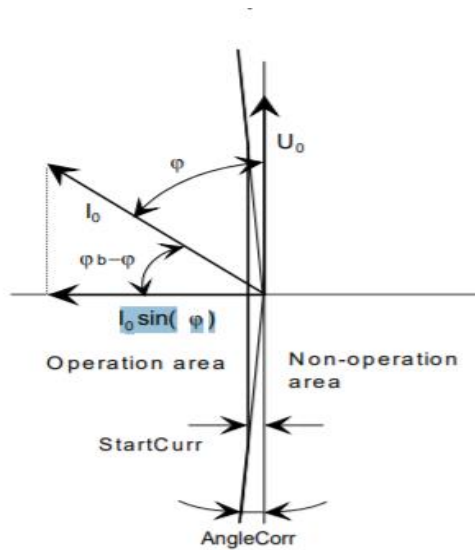
tetään kompensoiduissa verkoissa. Res/Cap-moodeissa mitataan summavirran resistiivistä tai kapasitiivista osuutta eli projektiota. Kaikissa moodeissa pitää täyttyä jännitteen ja virran suuruus. Kolmas vaadittu asia on kulma I_0 ja U_0 välillä.



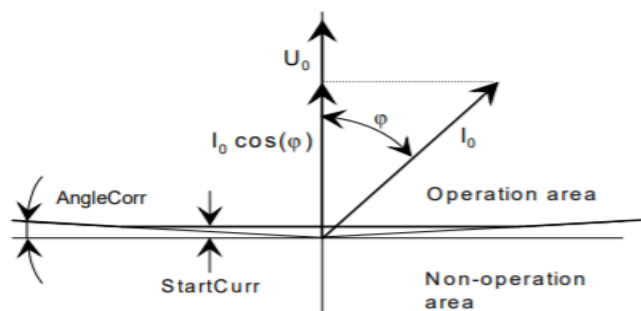
Kuva 14. Res/Cap-moodin toimintakarasteriikasta. /2/



Kuva 15. Sektori-moodi. /2/



Kuva 16. Sin-moodin toimintakarasteriika. /9/



Kuva 17. Cos-moodin toimintakarasteriika. /9/

Maasta erotetussa verkossa suunnattu maasulkusuojan alempi portaan vikaresistanssi asetetaan välille $0 - 3200\Omega$. ResCap-moodia käytetään kapasitiivisessa tilassa, kun taas asetellut virran osalta ovat arviolta 0.02 ja nollajännitteelle 3 % luokkaa. Toiminta-ajaksi asetetaan $t > 0.6s$. ja kulmasiirtymäksi $=0^\circ$. Ylempi porras I0Dir>> vikaresistanssina käytetään 0Ω . Käytetään sektori-moodia ja virta-asetteluna noin 0.02. Nollajännitteen asetteluksi tulee luokkaa 10 % ja toiminta ajaksi $t > 0.3s$ sekä kulmasiirtymänä käytetään 90°

Kompensoidussa verkossa taas suunnattu maasulkusuojan alempi asettelu I0Dir> vikaresistanssi asetellaan välille $0 - 3200\Omega$, ResCap-moodia käytetään resistiivisessä tilassa. Virran asettelu on arviolta 0.02 ja nollajännitteellä 3 %. Toiminta-

aikana käytetään $t > 0.6s$ ja kulmasiirtymänä 0° . Kompensoidussa verkossa ei käytetä ylemppää I0Dir>> moodia, sillä verkon maasulkuvirta on rajoitettu sen verran pieneksi, että kosketusjännitteet eivät pääse nousemaan vaarallisen suuriksi.

Kuvassa 18 on esitettynä releen suunnatun maasulkusuojausasettelut. Ensin valitaan Protection-valikosta kohta Direct E/F overcurrent I0 ϕ > 67N. Asettelussa valitaan suuntausmoodi, tässä tapauksessa Res/Cap ja tarkenteena Chart ctrl.in Res-Cap mode valitaan Cap. Asetetaan reagointi-asetus 0.02pu ja U0 setting for I0Dir> asetelluksi 3%. Kulmasiirtymäksi asetetaan 0 sillä normaalitilanteessa kulma on 0. Tunnistusalueeksi laitetaan +-88 ja toiminta-ajan viivästykseen 0.6s. Jotta saadaan haluttu vikatieta ulos, asetetaan output matrixista I0Dir> havahtuminen kytkemään vikatalennuksen ja kytkemään samalla virtuaalisen lähdön yksi (1) päälle (VO1). Asetetaan myös virtuaalinen lähtö kaksi (2) kytkemään katkaisijan auki. Kuvassa 19 on havainnoitu ylemmän virtaportaan asettelu.

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Direction mode	ResCap	ResCap	ResCap	ResCap
Char ctrl. in ResCap mode	Cap	Res	Res	Res
Pick-up setting [pu]	0.020	0.200	0.200	0.200
Uo setting for I0Dir> stage [%]	3.0	10.0	10.0	10.0
Angle offset [°]	0	0	0	0
Pick up sector size [±°]	88	88	88	88
Delay curve family	DT	DT	DT	DT
Delay type	DT	DT	DT	DT
Operation delay [s]	0.6	1.00	1.00	1.00
Common settings				
Intermittent time	0.00	s		

Kuva 18. Suunnatun maasulkusuojan asettelut I0>dir.

	Group 1	Group 2	Group 3
Direction mode	Sector	ResCap	ResCap
Char ctrl. in ResCap mode	Res	Res	Res
Pick-up setting [pu]	0.20	0.20	0.20
Uo setting for IoDir>> stage [%]	10.0	10.0	10.0
Angle offset [°]	90	0	0
Pick up sector size [±°]	88	88	88
Delay curve family	DT	DT	DT
Delay type	DT	DT	DT
Operation delay [s]	0.30	1.00	1.00

Kuva 19. Suunnatun maasulkusuojauskesin Io>>dir asettelu.

4.5 Vaihekatko ja vinokuormasuojaus (brokenconductor)

Vaihekatko ja vinokuormasuojauskesin tehtävä on reagoida tilanteeseen, jossa kaapeli katkeaa, mutta siitä ei tule kosketusta maan kanssa. Silloin kun kaapelivika ei aiheuta kosketusta maan kanssa, maasulkusuoja ei havahdu. Tyypillisesti käytetään enintään 20 % vastakomponenttia.

Vaihekatko ja vinokuormasuojaus perustuu virran negatiivisen ja positiivisen symmetrisen komponentin suhteen laskentaan. Vaihekatko ja vinokuormasuojauskesin kohdalla on todella tärkeää, että vaiheet on kytketty oikeaan järjestykseen, jolloin vaihevirtojen kiertosuunta on oikea.

$$(9) \quad K2 = \frac{I_2}{I_1}$$

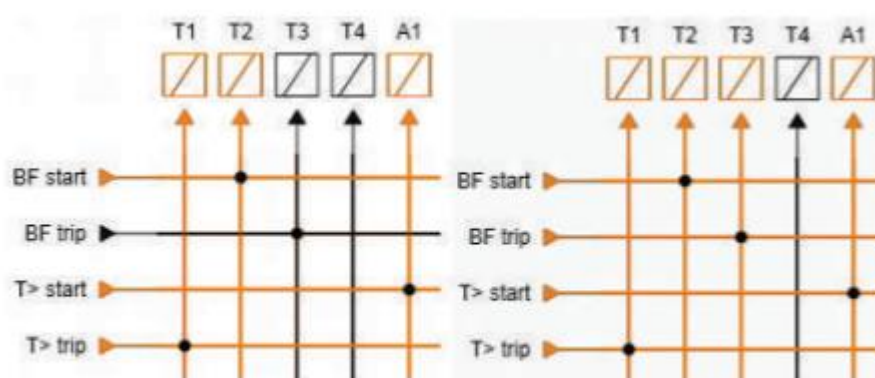
$$(10) \quad I_1 = I_{L1} + a \cdot I_{L2} + a^2 \cdot I_{L3}$$

$$(11) \quad I_2 = I_{L1} + a^2 \cdot I_{L2} + a \cdot I_{L3}$$

$$(12) \quad \underline{a} = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

4.6 Katkaisijavikasuojaus

Katkaisijavikasuojaukseen käytetään valvomaan yksiselitteisesti katkaisijan toimintaa. Kun katkaisijavikasuojaja huomaa, ettei katkaisija toimi, siitä hälytetään seuraavalle releellä ja katkaisijalle. Toisin sanoen, ilmoitus menee siten, että ilmoituksen saa syöttökentän katkaisija ja ilmoituksen tullessa releen toiminta-aika muuttuu. Tämän lisäksi katkaisijavikasuojaa käytetään myös estämään lukitussignaalien lähetys katkaisijan ollessa vikaantunut.



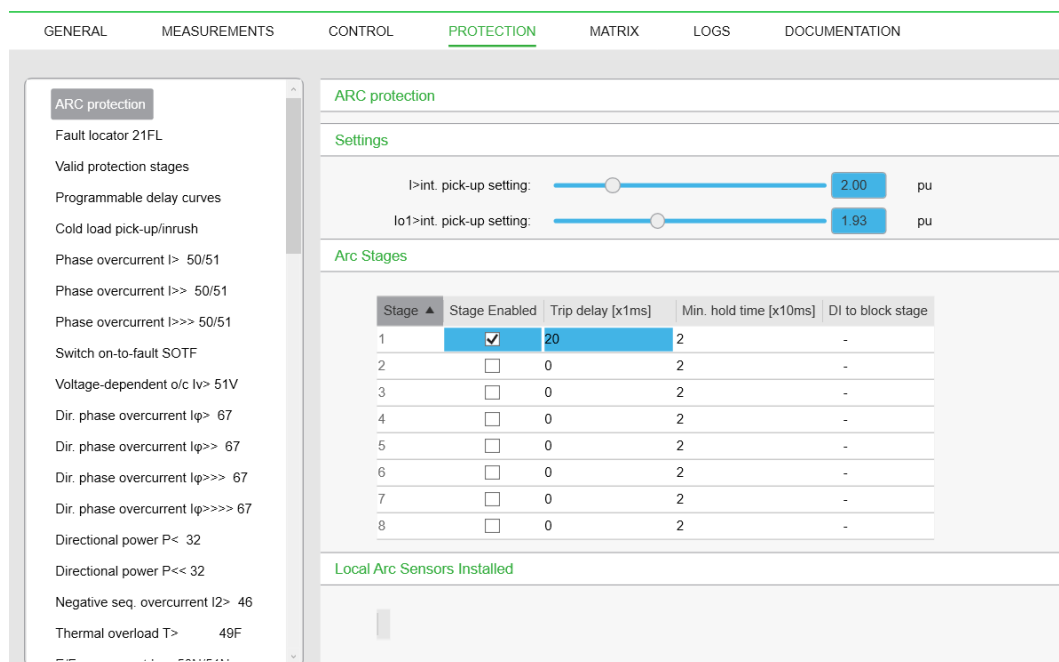
Kuva 20. Katkaisijavikasuojauksen toimintamatriisi.

Yksinkertaisimmillaan katkaisijavikasuojaja mittaa onko katkaisijan toiminta hitaampi kuin määritetty viive. Kuvan 20 tilanteessa $T>$ trip ja BFstart-signaalit aktivoituvat yhtä aikaa, jos $T>$ trip ei saa ohjattua katkaisijaa T1 kautta niin katkaisijan vikasuojaja aktivoi ajastimen T3.

4.7 Valokaarisuojaus

Valokaarisuojaus sisältää 8 arc-tasoa, joita voidaan käyttää avaamaan katkaisija. Valokaarisuojaus reagoi joko ylivirtaan tai valokaareen, tyypillisesti molemmat yhtä aikaa. Tällä keinolla voidaan rajata vain niihin osiin, joissa näkyy valoa, mutta myöskin riittävä vikavirta löytyy. Tällä saadaan rajattua, ettei valokaarisuojaja reagoi salaman välähdyksiin. Tästä päästään siihen, että valokaarisuojaus on absoluuttisen selektiivinen, koska siitä löytyy virta- ja valotoimintaehdot, jonka vuoksi toiminta-

aika voidaan asettaa momenttilaukaisuksi. Verkkosuojausmallissa ei ole asennettuna tarpeellisia valokaariantureita, jonka vuoksi funktioita ei ole otettu käyttöön.



Kuva 21. Esimerkkiasettelu valokaarisuojan käyttöönotosta.

Kuvassa 21 on hahmoteltu, miten valokaarisuojauksen käyttöönotto tapahtuisi. Aluksi jo projektin luonnissa tulee olla valittuna valmius Arc-valokaarianturille. Itse asettelu tapahtuu kuin muidenkin suojausten asettelu, valitaan Protection välilehdeltä ARC protection. Heti alkuun kohdasta Arc sensors installed tulisi näkyä olemassa olevat anturit. Jos ne näkyvät niin se on merkki siitä, että järjestelmän tiedonsiirto toimii ja suojausta voidaan käyttää. Settings-kohdasta asetellaan halutut ylivirtaportaavat, joilla rele havahtuu. Arc-stages-kohdasta valitaan halutut portaavat, joille annetaan viiveet siitä, miten pitkäkestoinen vian tulee olla ennen kuin rele havahtuu. Tämän lisäksi asetellaan toiminta-ajan viive.

4.8 Jälleenkytkentä (auto re-close)

Suojareleessä on jälleenkytkentäautomaatiikka. Jälleenkytkentäautomaatiikkaa käytetään, koska noin 85 % sähköverkon vioista johtuu luonnon tapahtumista ja ne ovat hetkellisiä ja todennäköisesti vika on poistunut jälleenkytkennän aikana.

Jälleenkytkennän tarkoituksena on, että normaalivikatilanteissa jakeluyhtiön asiakas ei edes huomaa, kun verkossa on ollut vika ja kytkin on lauennut. Tämä taas johtuu siitä, että ensimmäinen jälleenkytkentäaika on niin lyhyt, mutta riittävä sille, että vian aiheuttaja on poistunut verkosta.

Jälleenkytkentöjä on pikajälleenkytkentä ja aikajälleenkytkentä ja niiden ero on siinä, että pika jälleen kytkennässä verkon jännitteetön aika on todella lyhyt, jolloin johtimet eivät ehdi jäähtyä, kun taas aikajälleenkytkentä on huomattavasti pidempi, jolloin verkon johtimet ehtivät jäähtymään.

Aikajälleenkytkennän jännitteettömänä aikana t_0 tapahtuva johtimien jäähtyminen voidaan ottaa huomioon laskemalla oikosulkuvirran ekvivalenttinen kesto aika t_{tekv} , toisin sanoen aikajälleenkytkennässä pitkä jännitteetön aika on pitkällä aikavälillä edullisempi kuin hyvin lyhyt.

Ekvivalenttinen aika voidaan laskea kaavalla.

$$(13) \quad t_{tekv} = t_1 * e^{-t_0/\tau} + t_2$$

t_0 =AJK:ta edeltävä jännitteetön aika minuuteissa.

t_1 = Oikosulun kesto aika enne AJK:ta.

t_2 =AJK:n jälkeisen oikosulun kesto.

τ =Kaaelin jäähtymisaikavakio.

Voidaan myös laskea suurin sallittu oikosulkuvirta I_{sall}

$$(14) \quad I_{sall} < \frac{I_1 s}{\sqrt{\frac{t_{tekv}}{s}}}$$

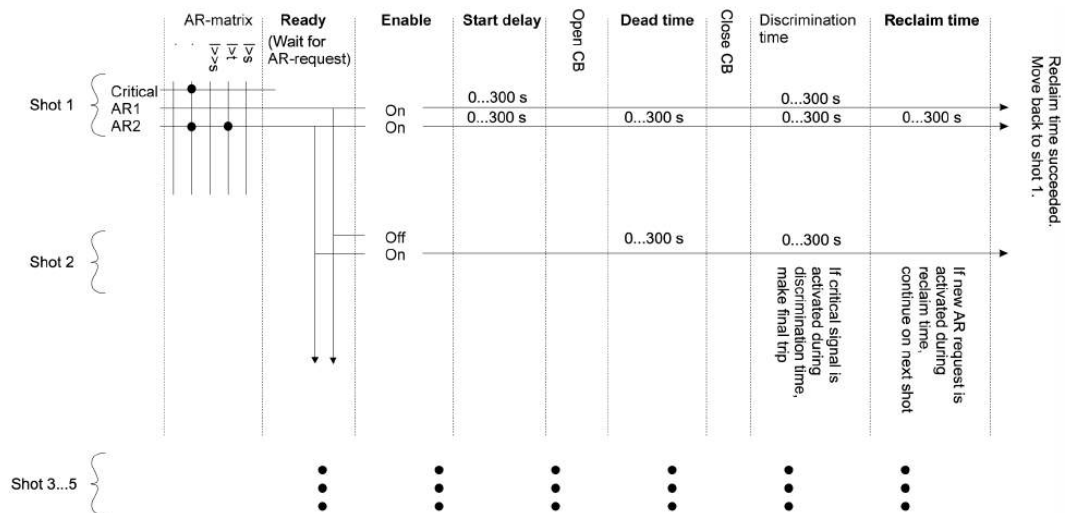
Kaavoilla voidaan todentaa, että verkon osuudet on suojattu termisesti. Jos verkossa on alimitoitettuja johto-osia, tulee releen aikoja lyhentää.

Automaattista jälleenkytkentää voidaan käyttää myös kahden (2) ohjattavan laitteen ohjaukseen. Tämä tapahtuu käyttämällä portteja CB1 ja 2. Yksinkertaisimmillaan valinta releiden välillä, tapahtuu käyttämällä digital input, virtual input-tuloja ja virtual output-lähtöä. Releessä on myöskin automaattinen valinta toiminto, joka valitsee ohjattavan laitteen. Automaattikäytön nimi on Auto CB selection ja tämä toiminto valitsee porttien CB1 ja CB2 välillä sen mukaan kumman portin tila oli suljettu viimeisimpänä.

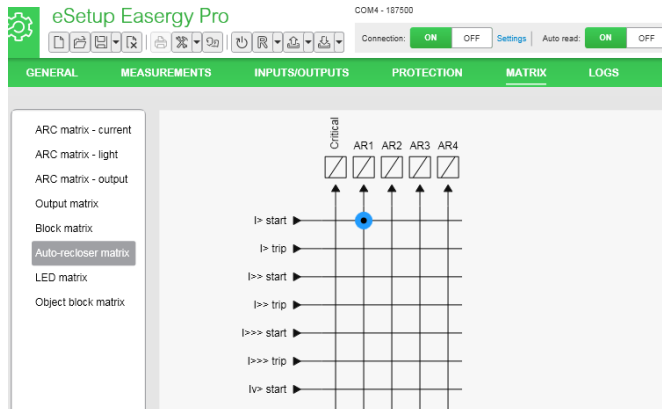
Jälleenkytkennät voidaan haluttaessa estää, esim. jos halutaan estää ylemmän ylivirtasuojan toiminta. Halutun jälleenkytkennän estäminen tapahtuu käyttämällä DI- ja VI-tuloja tai VQ-lähtöä ja kun kyseinen tulo on päällä, valittu jälleenkytkentä ohitetaan niin kuin sitä ei olisikaan. Kuvan 22 esimerkissä on kaksi jälleenkytkentäsignaalia AR1 ja AR2 käytössä. Kuvan matriisi esittää määrittelyn, mikä signaali laukaisee suojaustason tai tulotiedon.

Kuvassa 24 on esitetty jälleenkytkentäautomaatiikan käyttöönotto. Lyhyesti valitaan Autoreclose Protection-valikosta ja asetetaan jälleenkytkentä käyttöön enablella. Kun jälleenkytkentä itsessään on valittu aktiiviseksi, asettelulle kerrotaan mitä Object-tietokanta jälleenkytkentä käyttää.

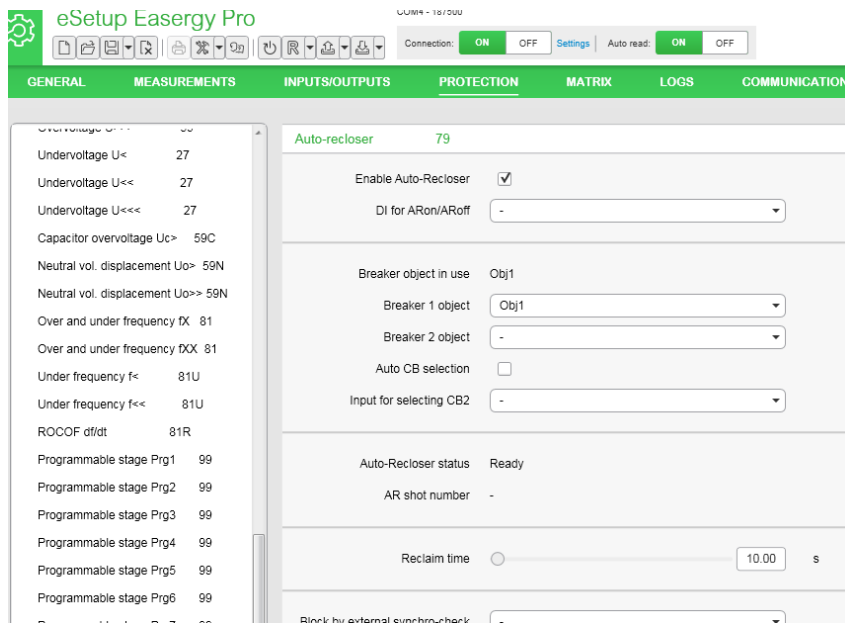
Kuvassa 25 on esitetty Object-asettelu, Object on tietokanta, jota jälleennkytkentä-automaatiikka käyttää. Objecteilla voidaan ohjata enimmillään kahdeksaa (8) kohdetta, jotka voivat olla katkaisijoita, erottajia tai maadoituskytkimiä. Lyhyesti sanottuna Object-asettelu on releen tila-asettelu. Toisin sanoen Object tietokannalla kerrotaan mitä releen halutaan ohjaavan. Object-asettelussa kerrotaan myöskin releelle mitä tulo- ja lähtötietoja se käyttää ohjaukseen. Kuvassa 27 tehdään jälleennytkennän aikojen asettelut.



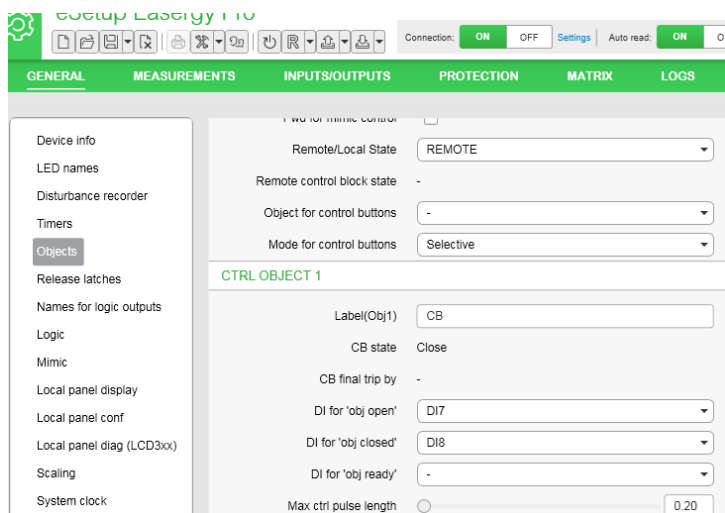
Kuva 22. Jälleenkytkentä signaalit AR1 ja AR2 käytössä.



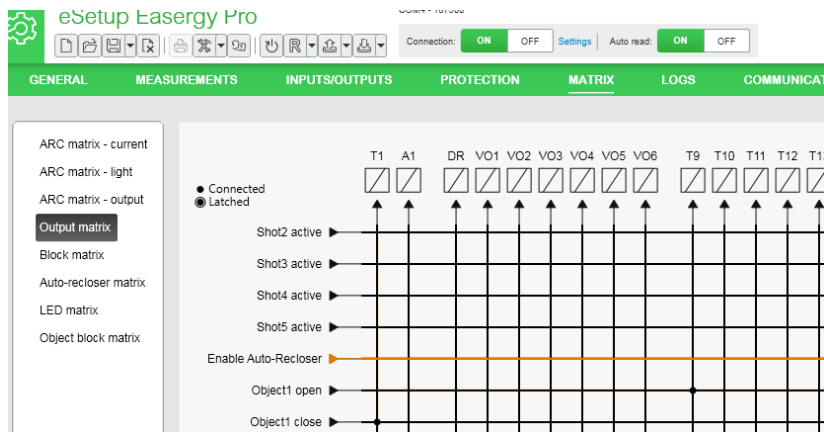
Kuva 23. Automaattisen jälleenkytkennän matriisi.



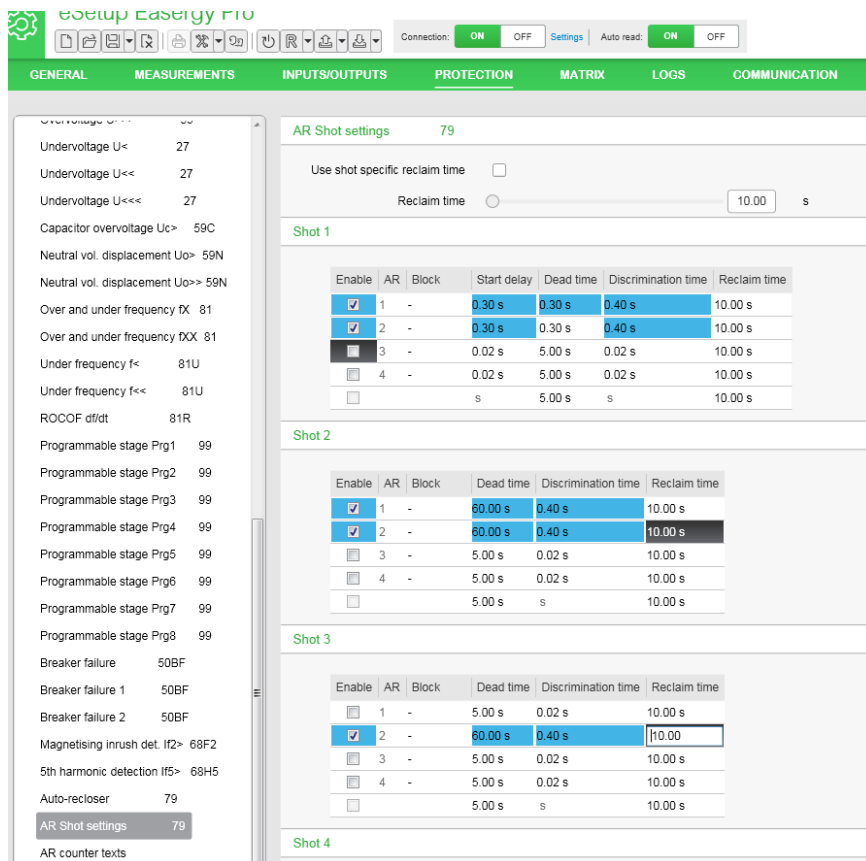
Kuva 24. Automaattisen jälleenkytkennän asettelu.



Kuva 25. Object-asettelu.



Kuva 26. Output-matrix.

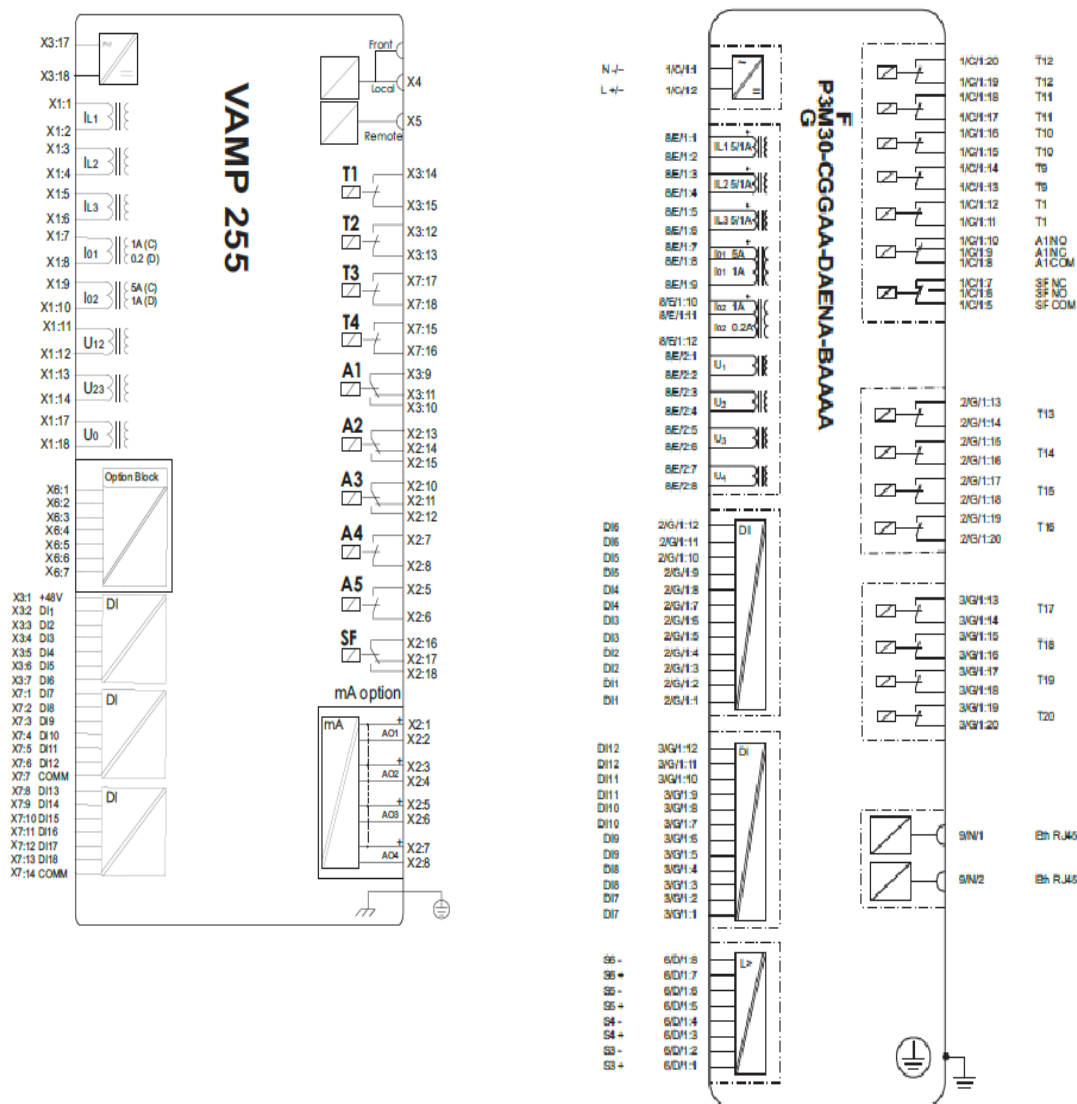


Kuva 27. AR shot-asettelut.

5 RELEEN VAIHTO JA KYTKENTÄ

5.1 Releiden väliset kytkentäerot

Releiden vaihtoa varten halusin taulukoida releiden kytkennät, taulukosta on helpompi hahmottaa mikä releen liitin vastaa toisessa releessä olevaa.



Kuva 28. Releiden VAMP 250- ja Easergy P3F30-liitinkaaviot.

Kuvassa 28 on vanhan ja uuden releiden liitinkaaviot. Liitinkaavioiden avulla rakensin kytkentätaulukon, jossa näkyy rinnakkain vanhan ja uuden releen liittimien merkinnät. Tämä helpottaa huomattavasti kytkentätyötä, kun selvittää liittimien

merkinnät. Vanhan ja uuden releen liitinmerkinnöissä oli suuria eroja, joten tämä työvaihe helpottaa huomattavasti itse asennusta ja samalla antaa kuvan valmistajien välisistä merkintäeroista. Kun kytkennät ja kaapeloinnit on taulukoitu, loput on mekaanista työtä.

Taulukko 2. Releiden VAMP 250- ja Easergy P3F30-liittimien vastaavuudet.

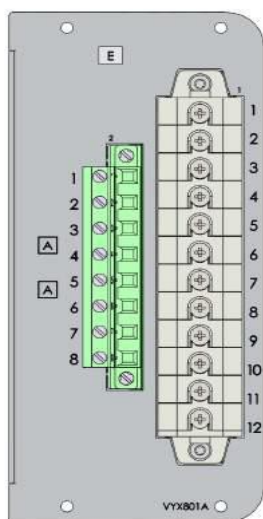
Mitä mitataan mitä tulee	Vamp 250 Riviliitinnumero (Tarkennus)	Easergy P3F30 riviliitinnumero (Tarkennus)
Käyttöjännite U	X3:17	1/C/1:1
Käyttöjännite N	X3:18	1/C/1:2
IL1 U	X1:1	8/E/1:1
IL1N	X1:2	8/E/1:2
IL2U	X1:3	8/E/1:3
IL2N	X1:4	8/E/1:4
IL3U	X1:5	8/E/1:5
IL3N	X1:6	8/E/1:6
I01 U	X1:7 (C 1A)	8/E/1:7 (5A)
I01 U	X1:7 (D 0.2A)	8/E/1:8 (1A)
I01N	X1:8	8/E/1:9
I02 U	X1:9 (C 5A)	8/E/1:10 (1A)
I02 U	X1:9 (D 1A)	8/E/1:11 (0.2A)
I02 N	X1:10	8/E/1:12
U U	X1:11 (U12)	8/E/2:1 (U1)
U N	X1:12 (U12)	8/E/2:2 (U1)
U U	X1:13 (U23)	8/E/2:3 (U2)
U N	X1:14 (U23)	8/E/2:4 (U2)
U U	X1:17 (U0)	8/E/2:5 (U3)
U N	X1:18 (U0)	8/E/2:6 (U3)
U U		8/E/2:7 (U4)
U N		8/E/2:8 (U4)
T +	X3:14 (T1)	1/C/1:11 (T1)
T -	X3:15 (T1)	1/C/1:12 (T1)
T +	X3:12 (T2)	1/C/1:13 (T9)
T -	X3:13 (T2)	1/C/1:14 (T9)
T +	X7:17 (T3)	1/C/1:15 (T10)
T -	X7:18 (T3)	1/C/1:16 (T10)
T +	X7:15 (T4)	1/C/1:17 (T11)
T -	X7:16 (T4)	1/C/1:18 (T11)
T +		1/C/1:19 (T12)
T -		1/C/1:20 (T12)
T +		2/G/1:13 (T13)
T -		2/G/1:14 (T13)

T +		2/G/1:15 (T14)
T -		2/G/1:16 (T14)
T +		2/G/1:17 (T15)
T -		2/G/1:18 (T15)
T +		2/G/1:19 (T16)
T -		2/G/1:20 (T16)
T +		3/G/1:13 (T17)
T -		3/G/1:14 (T17)
T +		3/G/1:15 (T18)
T -		3/G/1:16 (T18)
T +		3/G/1:17 (T19)
T -		3/G/1:18 (T19)
T +		3/G/1:19 (T20)
T -		3/G/1:20 (T20)
A1 NO	X3:9	1/C/1:5
A1 NC	X3:10	1/C/1:6
A1 COM	X3:11	1/C/1:7
A2 NO	X2:13	
A2 NC	X2:14	
A2 COM	X2:15	
A3 NO	X2:10	
A3 NC	X2:11	
A3 COM	X2:12	
A4 NO	X2:7	
A4 COM	X2:8	
A5 NO	X2:5	
A5 COM	X2:6	
SF NO	X2:16	1/C/1:8
SF NC	X2:17	1/C/1:9
SF COM	X2:18	1/C/1:10
RJ45	X4 (Paneeli)	9/N/1
RJ45	X5 (Etäkäyttö)	9/N/2
48V+	X3:1	
DI1	X3:2	2/G/1:1
DI1		2/G/1:2
DI2	X3:3	2/G/1:3
DI2		2/G/1:4
DI3	X3:4	2/G/1:5
DI3		2/G/1:6
DI4	X3:5	2/G/1:7
DI4		2/G/1:8
DI5	X3:6	2/G/1:9
DI5		2/G/1:10
DI6	X3:7	2/G/1:11

DI6		2/G/1:12
DI7	X7:1	3/G/1:1
DI7		3/G/1:2
DI8	X7:2	3/G/1:3
DI8		3/G/1:4
DI9	X7:3	3/G/1:5
DI9		3/G/1:6
DI10	X7:4	3/G/1:7
DI10		3/G/1:8
DI11	X7:5	3/G/1:9
DI11		3/G/1:10
DI12	X7:6	3/G/1:11
DI12		3/G/1:12
COMM	X7:7	
DI13	X7:8	
DI14	X7:9	
DI15	X7:10	
DI16	X7:11	
DI17	X7:12	
DI18	X7:13	
COMM	X7:14	
AI (Analog input)	X2:1 (A01+)	6/D/1:1 (S3+)
AI (Analog input)	X2:2 (A01-)	6/D/1:2 (S3-)
AI (Analog input)	X2:3 (A02+)	6/D/1:3 (S4+)
AI (Analog input)	X2:4 (A02-)	6/D/1:4 (S4-)
AI (Analog input)	X2:5 (A03+)	6/D/1:5 (S5+)
AI (Analog input)	X2:6 (A03-)	6/D/1:6 (S5-)
AI (Analog input)	X2:7 (A04+)	6/D/1:7 (S6+)
AI (Analog input)	X2:8 (A04-)	6/D/1:8 (S6+)

5.2 Jännitemittaukset

Releellä on valittavissa useita erilaisia jännitteen mittaussvaihtoehtoja, riippuen koonpanosta ja jännitemuuntajista. Rele on joko yhdistetty nollavaiheen jännitteen, vaihe – vaihe tai vaihe – nolla. Eri jännitteen mittaustapoja on kaiken kaikkiaan yhdeksän (9) kuvan 31 kaavion mukaan. Kuvassa 30 esitettynä releen jännitemittausliittimet.

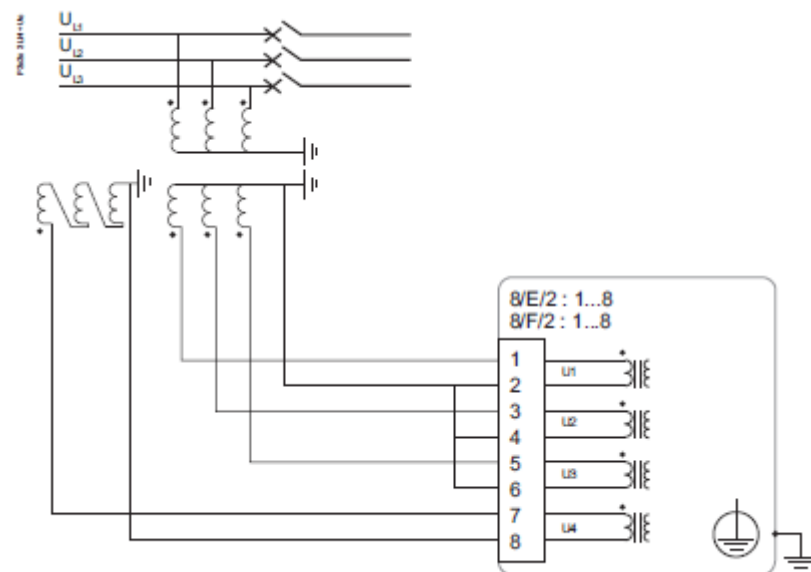


Kuva 29. Easergy P3F30:n jännitteenmittausliittimet. /2/

Terminal	8/E/2 and 8/F/2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Voltage channel	U1		U2		U3		U4	
Mode / Used voltage								
3LN	UL1		UL2		UL3		Not in use	
U ₀								
LLy								
LNy								
3LN+U ₀	U12		U23		U ₀		Not in use	
LLy								
LNy								
3LN+LLy			U12y				U12z	
3LN+LNy	UL1		UL1y				UL1z	
2LL+U ₀	U12		U23		U ₀		Not in use	
LLy								
LNy								
2LL+U ₀ +LLy			U12z					
2LL+U ₀ +LNy	UL1		UL1y				UL1z	
LL+LLy+U ₀ +LLz	UL1		UL1y		UL1z		Not in use	
U12z								
U12y								
U12x								
LN+LNy+U ₀ +LNz	UL1		UL1y		UL1z			

Kuva 30. Jännitteen mittaustavat ja kytkennät liittimiin. /2/

Simulaattorissa käytettiin aikaisemmin jännitteen mittaukseen $2LL + U_0$ mittaus-
tapaa, muutoksen jälkeen simulaattorissa käytetään $3LN+U_0$, kuvassa 32 mittaus-
tavan vaatima kytkentä. $3LN+U_0$ on yleisin jännitemittaus tapa säteisvekoissa, sil-
mukkaverkoissa taas käytetään $2LL+U_0+LLy$ mittausta, että saadaan synchcheck-
toiminto toimimaan. $3LN+U_0$ mittaustapaa käytettäessä suojausfunktio ANSI25 ei
ole käytössä. Tällä jännitemittauksella mitataan jännitetuloilla: U_L1 , U_L2 , U_L3
ja U_0 .



Kuva 31. Mittamuuntajien kytkentä releeseen, kun käytetään $3LN+U_0$ mittausta.
/2/

5.3 Virranmittaus

Sähköverkon virranmittaus tapahtuu virtamuuntajilla. Virtamuuntajat antavat re-
leelle reaaliaikaisen tiedon virranmuutoksista verkossa ja virtamuuntajat muuntavat
virran pienemmälle tasolle.

Virranmittausta varten releen asetteluissa tulee muistaa asettaa virtamuuntajan
muuntosuhde. Koulun harjoituskohteessa virtamuuntajan muuntosuhde on 1/100,
toisin sanoen, jos ennen muuntajaa on enimmillään virta 500 A muuntajan jälkeen
se on 5 A. Kuvassa 33 on havainnollistettu virranmittausten asettelu.

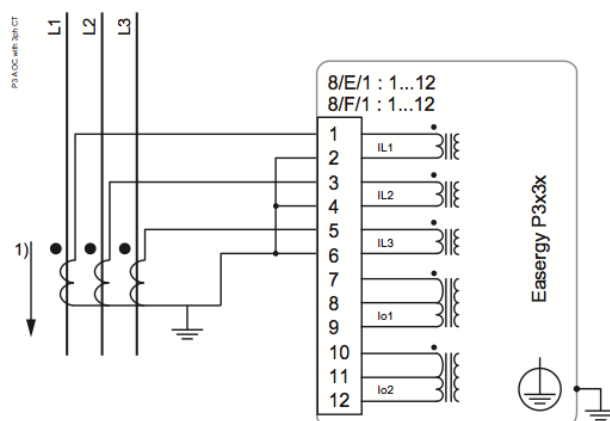
Scaling

CT primary	<input type="text" value="500"/>	A
CT secondary	<input type="text" value="5"/>	A
VT primary	<input type="text" value="11000"/>	V
VT secondary	<input type="text" value="100"/>	V
Io1 CT primary	<input type="text" value="50"/>	A
Io1 CT secondary	<input type="text" value="5.0"/>	A
Nominal Io1 input	<input type="text" value="5.0"/>	A
Io2 CT primary	<input type="text" value="50"/>	A
Io2 CT secondary	<input type="text" value="5.0"/>	A
Nominal Io2 input	<input type="text" value="0.2"/>	A
Vto secondary	<input type="text" value="100.000"/>	V
Voltage meas. mode	3LN+U0	
Frequency adaptation mode	Auto	
Adapted frequency	<input type="text" value="50.0"/>	Hz
Angle memory duration	<input type="text" value="0.50"/>	s

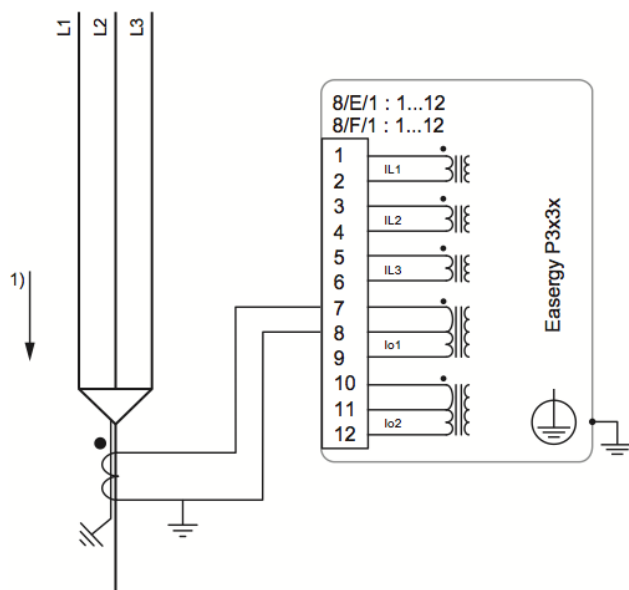
Kuva 32. Mittausten muuntosuhteiden asettelu.

Ylimmäiset CT Primary ja Secondary ovat virranmittauksen asetteluja. Ylempään kerrotaan, kuinka suuri verkon virta on suurimmillaan, ennen muuntajaa ja alemmassa kerrotaan muunnettu lukema. VT taas on jännite mittausten muuntosuhteelle.

Kuvissa 34 ja 35 esitetään vaihevirta- ja summavirtamittausten kytkennät.



Kuva 33. Käytetty vaihevirtojen kytkentä. /2/



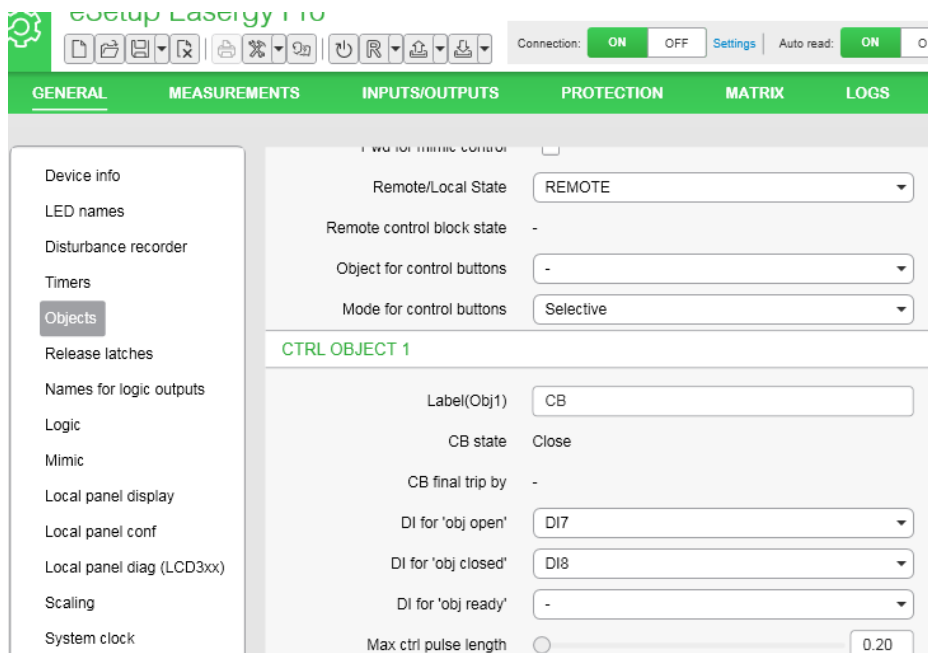
Kuva 34. Käytetty summavirtamittauskytkentä. /2/

5.4 Katkaisijaohjaukset ja tilatiedot

Katkaisijaa ohjataan digitaalisilla tulo- ja lähtötiedoilla, Tulotiedot osoittavat haluttua yksittäistä datatietoa, tässä tapauksessa onko katkaisija auki vai kiinni. Lähtötiedoilla taas ohjataan katkaisijan toimintaa. Taulukoon 3 on kerätty releen toiminnalle tärkeimmät tulo- ja lähtötiedot. /2/

Taulukko 3. Tärkeimmät DI ja DO. /2/

IO	Connection	Function
Trip relay (T9)	1/C:13, 1/C:14	Open circuit breaker
Trip relay (T1)	1/C:11, 1/C:12	Close circuit breaker
DI7	2/G:1, 2/G:2	Circuit breaker in open state
DI8	2/G:3, 2/G:4	Circuit breaker in closed state



Kuva 35. Releen object-asettelu.

Kuvassa 36 on releen object eli tila-asettelut. Näillä tila-asetteluilla valitaan mitä tulo- ja lähtötietoja käytetään ja millaista ohjausta käytetään. Rele voi ohjata katkaisijoita, erottimia ja maadoituskytkimiä. Jälleenkytkentäautomaatiikka käyttää tätä tietokantaa.

5.5 Tietoliikenneasetukset

Releessä on kommunikointiin käytetty Ethernet-yhteyttä, ethernet-yhteys vaatii verkkoasetusten asettelun. Releen IP-osoitteeksi asetettiin 192.168.2.50, aliverkon maskiksi 255.255.255.0 ja terminaaliksi 192.168.2.1. Laboratorion tiloissa on DHCP-serveri LAN-verkossa, joka antaa oikean IP-osoitteen tietokoneelle.

Kuvissa 37 on esitetty releen verkkoasettelut, jotka pitävät sisällään IP-osoitteen, aliverkonmaskin ja terminaalien osoitteiden asettelut. Edellämainittujen lisäksi järjestelmä näyttää MAC-osoitteen, tämä helpottaa jos yhteyksissä on vikaa, sillä MAC-osoitteesta näkee helpommin mikä laite on poissa verkosta, sillä MAC-osoite on laitteiden tunnistusnimi.

Kuvassa 38 on esitettynä releen kellon ja kalenteripäiväyksen asettelut. Automaatiolaitteissa tulee asettaa aina kellonaika ja kalenteripäiväys, sillä halutut laitteet eivät kykene keskustelemaan keskenään, jos niiden kellot eivät ole synkronoitu.

Protocol configuration

ETHERNET PORT

Enable communication port	On
MAC address	001AD3015C70
Enable DHCP service	<input type="checkbox"/>
Enable IP verification service	<input type="checkbox"/>
IP Address	192.168.2.50
NetMask	255.255.255.0
Gateway ARP max tryouts	5
Gateway	192.168.2.1
NTP server	192.168.2.1
NTP server (BackUp)	192.168.2.2
IP port for setting tool	23

Kuva 36. Ethernet-portin asettelut.

System clock

Date:	14.10.2019
Day of week:	Monday
Time of day:	15:06:50
Date style:	d.m.y
Time zone:	2.00 h

Enable DST:	<input checked="" type="checkbox"/>
Event enabling:	<input checked="" type="checkbox"/>

Status of DST

Status of DST:	ACTIVE
----------------	--------

Next DST changes

Next DSTbegin date:	29.03.2020
DSTbegin hour:	03:00
Next DSTend date:	27.10.2019
DSTend hour (DST):	04:00

DSTbegin rule

DSTbegin month:	Mar
Ordinal of day of week:	Last
Day of week:	Sunday
Hour:	3

Kuva 37. Järjestelmän kellon asetteluja.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä yhteensopivuusvertailua vanhan laitteen ja uuden korvaavan laitteen välillä. Työssä paneuduttiin myöskin laitteiden toimintaan ja miten laitteiden toiminta on sidottu kuluttajan arkeen.

Työssä tultiin siihen lopputulokseen, että uusi ja vanha laite ovat täysin yhteensopivia. Samalla uusi Easergy P3F30 tarjoaa joitain uusia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia laajentaa laitteistoa ja käyttää uudenlaisia viestintämahdollisuuksia järjestelmän sisällä, jotka tarjoavat uudenlaisia mahdollisuuksia koko ajan lisääntyvään etäkäyttöön. Työssä on myös käyty läpi suojareleen valintaan ja suojareleen konfigurointiin liittyviä asioita, tutkien uutta käyttöliittymää.

Opinnäytetyössä käytettiin lähdemateriaalina vain luotettavaa lähdemateriaalia mm. laitevalmistajan manuaaleja ja koulun opiskelumateriaalia liittyen sähköverkkojen suojaamiseen. Tämä varmistaa tiedon olevan oikeaa.

Opinnäytetyö laajensi omaa osaamista keskijänniteverkkojen sähkönjakeluautoomaatiosta, sähköverkkojen suojaamisesta, laitevalinnoista, tietoliikennestandardien mukaisesta kommunikaatiosta ja suojareleen konfiguroinnista.

LÄHTEET

/1/ Schneider Electric. 2018 Easergy P3 Catalogue. Esite Easergy sarjan suorjareleistä.

<https://m.vamp.fi/dmsdocument/375>

/2/ ScEasergy. 2020 Easergy P3F30 Feeder protection relay User Manual. Versio P3F/en M/F006 Valmistajan käyttöohjekirja.

<https://m.vamp.fi/dmsdocument-t/376>

/3/ Schneider Electric. 2019 Easergy P3 Protection functions. Versio 5.3.023

<https://m.vamp.fi/dmsdocument/382>

/4/ Schneider Electric. 2018 VAMP 255/VAMP230 Feeder and Motor Manager. versio5.2.027. Valmistajan käyttöohjekirja.

<https://m.vamp.fi/dmsdocument/18>

/5/ Lehto,R. Schneider Electric 2017 Easergy P3 – Part1 –Communication to the device. Schneider Electricin Suojarele kouluttaja Risto Lehdon Opetus video laitteiston kommunikoinnista.

<https://www.youtube.com/watch?v=6XTLMh81ffA>

/6/ Lehto,R. 2017 Easergy P3 – Part2 – Overcurrent function setup. . Schneider Electricin Suojarele kouluttaja Risto Lehdon Opetusvideo Ylivirta-asettelujen tekemisestä.

<https://www.youtube.com/watch?v=lskjsANAvhk>

/7/ Lehto,R. 2017 Easergy P3 – Part 4 – IEC61850 Configuration with EasergyPro. Schneider Electricin Suojarele kouluttaja Risto Lehdon Opetusvideo asetteluiden asettamisesta.

<https://www.youtube.com/watch?v=PdwNVe0P-Cg>

/8/ Mäkinen,O. Relesuojaus. Olavi Mäkisen tuottama opintomateriaali relesuojauksesta.

<https://portal.vamk.fi/mod/resource/view.php?id=226657>

/9/ 1997. Directional Earth-Fault Protection. Opetusmateriaali suunnatusta maasulkusuojauksesta.

http://www.tut.fi/eee/research/adine/tiedostot/Manuaalit/DEF2_h.pdf