

Simo Lauronen

# Teollisuuslaitoksen suojaruleiden modernisointi ja koestuksen määräaikaistyön luonti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

30.9.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Simo Lauronen Teollisuuslaitoksen suojusteiden modernisointi ja koestuksen määräaikaistyön luonti 33 sivua + 2 liitettä 30.9.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Sähkömestari Keijo Kuosmanen Lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Insinööriyössä suunniteltiin Borealis Polymers Oy:n vanhentuneiden suojusteiden uusinta, sekä luotiin määräaikaistyö suojusteiden koestusta varten.</p> <p>Työn tavoitteena oli lisätä kaikki käytössä olevat suojusteet Borealisen käyttämään SAP-järjestelmään ja luoda suojusteiden koestukselle automaattisesti viiden vuoden välein käynnistyvä määräaikaistyö. Toisena tavoitteena oli kartoittaa suojusteiden elinkaari ja suunnitella muuntamokohtainen aikataulu suojusteiden uusinnalle.</p> <p>Ennen insinööriyön varsinaista suunnittelutyötä tuli kartoittaa nykyiset suojusteet. ABB oli aikaisemmin kartoittanut alueen suojusteita, joten olemassa oleva lista tarkistettiin ja siihen täydennettiin puuttuvat suojusteet. ABB:n kartoituksesta selvisi myös varaosatuki olemassa oleville suojusteille, minkä perusteella muuntamokohtainen suojusteiden vaihtoaikataulu suunniteltiin.</p> <p>Työn tuloksena Borealis sai listan seuraavassa tuotannon seisokissa vaihdettavista suojusteista. Listan perusteella voitiin toimittaa tarjouspyynnöt urakoitsijoille. Suojusteiden koestusten määräaikaistyöt palvelevat yritystä vielä kauan.</p> <p>Tulevan tuotannon seisokin aikana selviää jäljelle jäävien suojusteiden uusintatarve, joten niiden mahdolliset uusinnat ovat vielä suunnittelematta.</p>	
Avainsanat	Relesuojustus, suojuste, koestus, määräaikaistyö

Author Title Number of Pages Date	Simo Lauronen The Modernisation of Protective Relays and Creating Maintenance Plans for Relay Testing 33 pages + 2 appendices 30 September 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Keijo Kuosmanen, Supervisor of Electrical Works Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>The main subject of this bachelor's thesis was to plan the modernisation of protective relays for Borealis Polymers Oy. The secondary subject was to create maintenance plans for relay testing.</p> <p>The objectives of the study were to include all of the protective relays currently in use at Borealis to SAP system, and to create automatically scheduled maintenance plans for relay testing. A further objective was to identify the relay's life cycle and plan a schedule for renewal of obsolete relays.</p> <p>Before the actual work, the existing protection relays were to be surveyed. ABB had mapped out most of the protective relays. The existing list was revised and updated. ABB's survey also revealed the spare part support for each protective relay, based on which survey schedules were made for relay renewals for substations.</p> <p>As a result of this study Borealis received a list of the protective relays that should be changed during the 2017 production standstill. The list was used as the basis for requests for quotation for the contractors. The maintenance plans for protection relays testing will be serving the company for a long time.</p> <p>The 2017 production standstill will clarify the state of the remaining protection relays and the possible renewals can be scheduled.</p>	
Keywords	Protective relay, maintenance plan, relay testing

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Borealis Polymers Oy	2
3	Relesuojaus	3
3.1	Mittamuuntajat	3
3.2	Katkaisijat	6
3.2.1	Vähäöljykatkaisija	6
3.2.2	Paineilmakatkaisija	7
3.2.3	SF6-katkaisija	7
3.2.4	Tyhjiökatkaisija	8
4	Suojareleet	9
4.1	Virtareleet	10
4.2	Jännitereleet	11
4.3	Differentiaalirele	12
4.4	Epäsymmetriarele	12
4.5	Distanssirele	12
4.6	Yhdistelmärelle	13
4.6.1	Moottorinsuojarele	13
4.6.2	ABB SPAM 150 C	14
4.7	Valokaarisuojaus	15
5	Tuotannon seisokit	16
6	Releiden uusinta	17
6.1	Uusittavat suojareleet	17
6.2	Korvaavat suojareleet	23
7	Koestuksen määräaikaistyö	25
7.1	Määräykset	25
7.2	Suojareleiden koestus	26
7.3	Määräaikaistyö	27

7.3.1	Releiden tietojen lisääminen SAP-järjestelmään	27
7.3.2	Suojarelekortit	29
7.3.3	Releiden lisäys määräaikaistyöhön	30
8	Päätelmät	31
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Suojarelekortti	
	Liite 2. Liite vain tilaajan käyttöön (Borealixsen suojareleet)	

## Lyhenteet

IEC International Electrotechnical Commission.

GOOSE Generic Object Oriented Substation Events.

IPIC International Petroleum Investment Company.

ABB Asea Brown Boveri

## 1 Johdanto

Insinööritö tehdään Borealis Polymers Oy:lle. Työn tavoitteena on suunnitella Borealiksen relekannan uusinnalle aikataulu sekä luoda määräaikaistyö suojarleiden koestukselle. Työssä tutustutaan prosessiteollisuuslaitoksen sähkönjkeluun relesuojauksen osalta. Lisäksi tutustutaan suojarleisiin ja niiden kehitykseen sekä relesuojauksen eri osiin.

Sähkönjakelussa tavoite on minimoida vikojen määrä, vaikkei kaikkia sähköverkon vikoja millään kyetä estämään. Laitteiston vikaantuminen, käyttäjän virheet sekä luonnon aiheuttamat viat ovat esimerkkejä vioista, jotka ovat vaikeita täysin estää. Tällaisten vikojen nopeaan ja selektiiviseen erottamiseen käytetään keskijännitteellä relesuojauksia. Suojauksen tehtävä on erottaa verkosta mahdollisimman pieni osa vikaantunutta verkkoa minimoiden vian aiheuttamaa vaaraa ihmisille sekä laitteistolle. Ennakoiva huolto on tärkeässä osassa toimivan relesuojauksen varmistamisessa. Suojareleitä täytyy huoltaa sekä toiminta tarkistaa tasaisin väliajoin.

Borealiksen Porvoon tuotantolaitoksen vanhimmat osat ovat aloittaneet toimintansa jo 1970-luvulla, joten laitteistoa on monelta eri aikakaudelta. Alueella on vielä alkuperäisiäkin suojarleitä sekä paljon uudempia releitä, joiden päivitys on ajankohtaista. Suojareleiden vaihto täytyy ajoittaa tuotannon seisokkien ajalle, ja alueella on vaihdettavia suojarleitä niin paljon, ettei kaikkia ehditä vaihtaa yhdellä kerralla. Tämän työn tarkoitus onkin priorisoida sekä suunnitella aikataulu suojarleiden vaihdolle.

Alueella on suuri määrä suojarleitä, joiden toiminta täytyy määräajoin koestaa. Kunnossapidon toiminnan suunnitelmallisuutta helpottamaan yhtenä osana tätä työtä luodaan Borealiksen käyttämään toiminnanohjausjärjestelmään määräaikaistyö suojarleiden koestukselle.

## 2 Borealis Polymers Oy

Borealis Polymers Oy on Euroopan johtavia muovin tuottajia. Vuonna 1994 perustettu Borealis saavutti vuonna 2015 toimintahistoriansa parhaan tuloksen 718 miljoonan euron liikevoitollaan, liikevaihto oli 7,7 miljardia euroa. Borealis valmistaa polyeteeni- ja polypropeenimuoveja sekä laajan valikoiman peruskemikaaleja, muun muassa fenolia, asetonia, eteeniä, propeenaa ja melamiineja. Lisäksi uutena tuotteena valmistetaan lannoitustuotteita maataloudelle. Tuotantoa on muun muassa Itävallassa, Alankomaissa, Belgiassa, Ranskassa, Ruotsissa, Saksassa ja Suomessa. Yhteensä Borealis työllistää noin 6500 henkilöä. [2.]

Suomen tuotanto sijaitsee Porvoon Kilpilahdella. Lähinnä Nesteen jalostamosta tunnettu Kilpilahti on Pohjoismaiden suurin kemianteollisuuden keskittymä. Kahden suuren, Nesteen ja Borealoksen lisäksi alueella toimii esimerkiksi Aga ja Innogas. Yhteensä alue työllistää noin 3500 ihmistä, sekä satoja alueella toimivien urakoitsijoiden palveluksessa olevia. [2.]

Borealoksen Porvoon toimipiste työllistää urakoitsijoiden lisäksi noin 900 henkilöä. Pienen kaupungin kokoisella laitoksella on kuusi 40 MW:n päämuuntajaa. Sähköäkin laitos kuluttaa vuositasona noin 550 GWh, mikä vastaa koko Rovaniemen kunnan vuotuista kulutusta. [1; 2.]

Vanhimmat laitokset aloittivat toimintansa jo 1970-luvun alussa Pekema Oy:n omistuksessa. Neste omisti laitokset noin kymmenen vuotta, ennen kuin ne siirtyivät Nesteen ja norjalaisen Statoilin perustamalle Borealikselle vuonna 1994. Neste myi 50 % osuutensa Borealikselta vuonna 1998 ja Statoil vuonna 2005 nykyisille omistajille Abu Dhabiin IPIC:lle ja Itävaltalaiselle OMV:lle. [2.]

Tuotantolaitokset on jaettu kahdelle alueelle, petrokemian ja muovin laitosten alueisiin. Petrokemian laitoksilla valmistetaan peruskemikaaleja (eteeni, propeeni, butadieeni, fenoli ja aseton). Osa tuotteista myydään sellaisenaan ja osa jatkaa matkaansa muovin tuotantolaitokselle, jossa valmistetaan polyole-



fiinimuovirakeita (polyeteeni ja polypropeeni). Borealis ei siis valmista valmiita kuluttajatuotteita, vaan raaka-aineita teollisuudelle. Polyolefiinimuoveista valmistetaan muun muassa muoviputkia, kaapeleiden eristeitä, autojen osia ja erilaisia pakkauksia. Petrokemian tuotteista pelkästään kaupallisia ovat fenoli ja asetonit, joita käytetään esimerkiksi erikoismuovien ja liimojen tuotannossa. [2.]

### 3 Relesuojaus

Suojareleet ovat mittalaitteita, jotka vikatilanteessa ohjaavat erillisiä katkaisijoita katkaisemaan vikaantuneen verkon osan. Releet tarkkailevat mitattavia suureita ja toimivat asetteluarvojen perusteella, ohjaten katkaisijaa, antamalla hälytyksen tai tekemällä molemmat. Asetteluarvoissa asetellaan mitattaville suureille rajat ja rajojen ylittämisen aiheuttama katkaisuviive. Toimintarajoja eli portaita releissä on yleensä kaksi, ensimmäisen portaan ylittyessä rele odottaa vian poistumista määritellyn viiveen ajan. Toinen porrassasetellaan korkeammalle suureelle, mutta lyhyemmällä viiveellä. Näin estetään relesuojauksen liian herkkä toiminta, mutta samalla suojataan tuhoisilta arvojen ylityksiltä. Relesuojauksen tärkein tehtävä onkin vikatilanteessa minimoida verkon laitteille ja käyttäjille aiheutuva vahinko, mahdollisimman pienellä häiriöllä. Relesuojauksen on oltava selektiivinen, eli vain vikaantunut osa verkosta erotetaan, jolloin muu verkko voi jatkaa toimintaa ilman katkoksia. Suojareleet voidaan kytkeä suoraan mitattavaan piiriin, jolloin puhutaan ensioreleestä. Huomattavasti yleisempi tapa on kuitenkin kytkeä suojarele mittamuuntajan välityksellä mitattavaan piiriin, tällöin puhutaan toisioreleistä, jollaisia kaikki Borealoksen suojareleet ovat. [3, s. 15–20.]

#### 3.1 Mittamuuntajat

Jännite- ja virtamittamuuntajat eristävät mittalaitteen suurjännitteisestä päävirtapiiiristä sekä pienentävät mitattavan suureen turvallisemmaksi. Mittamuuntajan avulla mittalaitteista voidaan tehdä paljon pienempiä ja standardoituja, jolloin ei tarvita useita erikokoisia mittalaitteita. Mittaus ja suojaustarkoituksiin käytettävil-

le muuntajille on omat vaatimuksensa, joista voi lukea tarkemmin IEC-standardista 60044. Tärkein eroavaisuus on kuitenkin tarkkuus. Vikavirrat voivat olla hyvinkin korkeita, joten suojausmuuntajan täytyy toimia kyllästymättä laajemmalla alueella kuin mittausmuuntaja. Mittausmuuntajat ovat tarkempia, mutta niiden toiminta-alue on pienempi. Virtamuuntajassa onkin usein omat sydämet suojaus ja mittaustarkoituksiin, näin ei tarvita erillisiä muuntajia, mutta molempien vaatimukset saadaan täytettyä.

Jännitemittaus on helpompi toteuttaa ja usein suojaus ja mittaus voidaan toteuttaa samalla jännitemuuntajalla. Keski-jännitteellä taloudellisin mittamuuntaja on induktiivinen muuntaja. Ulos asennettavat mittamuuntajat ovat yleensä öljy- tai SF<sub>6</sub> eristeisiä muuntajia, sisätiloissa yleensä valuhartsieristeisiä. Kuvassa 1 on esitetty Strömbergin valmistama valuhartsinen virtamuuntaja keski-jännitteelle. Kuvan KOFA 12 D2:ssa on toisiossa kaksinkertainen käämitys, joten ensiövirta on valittavissa joko 300 A tai 600 A, toisiovirran ollessa 5 A. [3, s. 85–112.]



Kuva 1. Strömberg KOFA 12 D2 virtamuuntaja.

Teollisuusverkoissa maasulkuvirrat ovat yleensä pieniä, joten nollavirran suojausmuuntajaksi soveltuu paremmin mittaustarkoitukseen valmistettu kaapelivirtamuuntaja. Kuvassa 2 on ABB:n valmistama isokokoinen rengasmittamuuntaja.



Kuva 2. ABB KOLMA 06 D1 kaapelivirtamuuntaja.

Mitattava kaapeli kulkee rengasmuuntajan läpi johon virta indusoituu, kuten pih-tiampeerimittarissa. [3, s. 125–126.]

Mittamuuntajille ilmoitetaan tarkkuusluokat, jotka määrittelevät muuntajan aiheuttaman mitta- ja kulmavirheen. Mitattavan suureen erotessa mittamuuntajan normaaliarvoista virheet kasvavat. Myös mittamuuntajan taakka vaikuttaa virheen suuruuteen. Mittamuuntajille onkin ilmoitettu mitoitustaakka, jolla ilmoitettu tarkkuusluokka toteutuu. Kaikki mittamuuntajan toisioon kytketty kuorma lisää mittamuuntajan taakkaa. Taakka koostuu muun muassa kaapeleissa, riviliittimissä ja kojeissa tapahtuvista häviöistä. Osassa mittamuuntajissa onkin ilmoitettu eri tarkkuusluokat taakan mukaan. Mittamuuntajat on siis mitoitettava mahdollisimman tarkasti, jotta tavoiteltu tarkkuus saavutetaan. [4, s. 198–217.]

## 3.2 Katkaisijat

Suurilla virroilla virtapiirin katkaiseminen on haastavaa, varsinkin vikatilanteessa, jolloin virrat ovat moninkertaisia normaalivirtaan nähden. Katkaisijan tehtävä on kyetä vaurioitumatta avaamaan ja sulkemaan virtapiiri myös vikatilanteessa. Katkaisijan avautuessa koskettimet lämpenevät kosketusvastuksen kasvaessa. Viimeiset kosketuspisteet sulavat koskettimien avautuessa, jolloin niiden välille syntyy sula metallinen silta. Sula metallisilta höyrystyy ja johtavuuden pienentyessä syntyy läpilyönti. Ympäröivä väliaine ja metallisilta ionisoituvat, mistä syntyy johtavaa kaasuplasmaa eli virtaa johtava valokaari. Katkaisutilanteessa valokaaresta on myös hyötyä. Valokaaren avulla katkaisu saadaan pehmeämmäksi, jottei virran nopea katkeaminen aiheuttaisi ylijännitevaaraa. Suuren virran aikana valokaaren johtavuus on varsin hyvä, joten katkaisijan koskettimet ehtivät aueta riittävän etäälle toisistaan ilman valokaaren sammumisen jälkeisiä sekä palaavan jännitteen aiheuttamia läpilyönnejä. Virran pienentyessä valokaaren vastus kasvaa nopeasti, joten vaihtovirralla valokaaren sammuttamisessa käytetään hyödyksi virran nollakohtia. Valokaarta venytetään, jaetaan osiin ja jäähdytetään katkaisun helpottamiseksi. [4, s. 161–165.]

### 3.2.1 Vähäöljykatkaisija

Vähäöljykatkaisija on öljykatkaisijan seuraaja. Nimensä mukaisesti pienemmällä öljymäärällä varustettu katkaisija on edeltäjänsä turvallisempi. Öljykatkaisijan suuri öljymäärä aiheuttaa väärin mitoitetuna tuhoisan räjähdysvaaran. Vähäöljykatkaisijassa jokaiselle vaiheelle on oma eristimien varaan rakennettu sammuskammio. Perinteisesti mineraaliöljyn höyrystyminen synnyttää kammiossa öljyn virtauksen ja suuren paineen, joka auttaa valokaaren sammutuksessa. Kammion muodolla sekä mahdollisesti öljyn virtausta tehostavilla pumpuilla voidaan virtausta hallita ja täten tehostaa valokaaren sammutusta. Borealixen käytössä on edelleen paljon vähäöljykatkaisijoita, vaikka niitä ollaankin korvaamassa uudemmilla. [4, s. 254.]

### 3.2.2 Paineilmakatkaisija

Pitkään vähäjännölykatkaisijan rinnalla tärkein käytetty katkaisija oli paineilmakatkaisija. Paineilmalla toimiva ja valokaaren sammuttava katkaisija tarvitsee paineilmajärjestelmän lisäksi tehokkaan ilmankuivausjärjestelmän. Toimiessaan katkaisija päästää kovan pamauksen, joka korkeammilla jännitteillä voimistuu, koska katkaisijoita tarvitaan useampi sarjaan kytkettynä. [4, s. 177.]

### 3.2.3 SF<sub>6</sub>-katkaisija

SF<sub>6</sub>-katkaisijan sammutusaineena käytetään rikkiheksafluoridia, jonka molekyylikaava on SF<sub>6</sub>. Rikistä ja fluorista koostuva SF<sub>6</sub> on hajuton, myrkytön ja palamaton kaasu. Rikkiheksafluoridi on hyvin stabiili yhdiste, joka pysyy ilmakehässä kauan. SF<sub>6</sub> ei kuulu otsonikerrosta tuhoaviin aineisiin, mutta se on voimakas kasvihuonekaasu. [5.]

Vaikka sähköalan SF<sub>6</sub>:n päästöt ovat kokonaismäärässä vain pieni osuus [6], on Borealiksella päätetty, ettei uusia SF<sub>6</sub>-katkaisijoita hankita pien- tai keskijännitteelle. Suurjännitteelle SF<sub>6</sub>-katkaisija on edelleen ainoa taloudellisesti järkevä vaihtoehto, mutta 10 kV:n ja pienemmillä jännitteillä tyhjiökatkaisijat ovat jo pitkälti korvanneet SF<sub>6</sub>-katkaisijat.

SF<sub>6</sub>-katkaisijat ovat kehittyneet huomattavasti vuosien varrella. Nykyaikaiset SF<sub>6</sub>-katkaisijat vaativat vähän katkaisuenergiaa ja ovat tehokkaita, pieniä sekä kevyitä katkaisijoita. Tehokkuuden lisäksi nykyaikaiset SF<sub>6</sub>-katkaisijat tarvitsevat vain vähän huoltoa ja niissä on pienet katkaisuylijännitteet. SF<sub>6</sub>-kaasun ympäristövaikutusten lisäksi heikkoutena voidaan mainita kaasun nesteytyminen alhaisissa lämpötiloissa. Kylmillä alueilla käytetäänkin seoskaasua tai kaasun lämmittimiä. [4, s. 177–181.]

### 3.2.4 Tyhjiökatkaisija

Tyhjiökatkaisijat ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Tarvitaan vain kiinteä ja liikkuva kosketin, jotka sijoitetaan tyhjiösäiliöön. Katkaisijan koskettimet tosin vaativat jatkuvaa ulkoista puristusvoimaa, etteivät ne johtaessaan kuumene liikaa. Toiminta perustuu tyhjiöön, joten kuorirakenteen on oltava täysin tiivis. Tyhjiön hyvän jännitelujuuden takia jo 5–15 mm avausväli riittää tarvittavan jännitelujuuden saavuttamiseksi. Kuten muissakin katkaisijoissa valokaari jää palamaan koskettimien erotessa, mutta muista poiketen tyhjiössä valokaari jää palamaan katkaisijan koskettimista höyrystyneeseen ionisoituneeseen metallipilveen, eikä ionisoituneeseen kaasuun. Virran nollokohdassa metallihöyryn ionisaatio katoaa hyvin nopeasti, höyry tiivistyy ja valokaari sammuu.

Tyhjiökatkaisijat tarvitsevat vain hyvin vähän huoltoa. Kuorirakenteen takia katkaisijaa ei edes voi huoltaa kuin ulkoisesti. Ainoastaan ohjaimen, useimmiten moottorijousiohjaimen, voitelu noin kymmenen vuoden välein riittää. [4, s. 182–184.]

## 4 Suojareleet

Vanhimmat suojareleet ovat mekaanisia releitä, ja nimensä mukaisesti ne sisältävät mekaanisesti liikkuvia osia. Tavallisesti niiden toiminta perustuu esimerkiksi virran kasvun aiheuttamaan magneettikentän kasvuun, joka aiheuttaa liikkeen releessä. Mekaanisia releitä on edelleen käytössä, ja säännöllisesti huollettuna ne ovat kohtalaisen varmatoimisia ja useimpiin sovelluksiin riittävän tarkkoja. Releet ottavat tarvitsemansa energian mitattavasta verkosta, joten ne kuormittavat mittamuuntajia paljon enemmän kuin nykyaikaiset suojareleet. Suuren kuormituksen takia mekaaniset releet eivät kuitenkaan ole niin alttiita ulkoisille häiriöille. Kuvassa 3 esitetty vanhoilla Brown Boverin yksivaiheisella virtareleillä toteutettu moottorilähdön suojaus. Yksi ylivirtarele ja kaksi lämpörelettä tarkkailevat omia vaiheitaan. [3, s. 21–23.]



Kuva 3. Brown Boverin mekaanisia suojareleitä.

Staattiset eli elektroniset releet tulivat markkinoille 1960-luvulla, eikä niissä enää ole liikkuvia osia vaan toiminta on toteutettu puolijohdekomponenteilla ja mikropiireillä. Elektroniikan avulla releisiin saatiin huomattavasti monimutkaisempia toimintoja, lisäksi tarkkuus ja nopeus paranivat sekä fyysinen koko pieneni. Releet saavat energiansa erillisestä apusähkösyötöstä, joten mittauspiirin kuormitus on huomattavasti vähäisempää kuin edeltäjällään. Staattiset releet eivät kulu, joten ne eivät tarvitse samalla tavalla huoltoa ja itsevalvonta hälyttää, mikäli releeseen tulee joku vika. Elektroniset releet ovat kuitenkin herkempiä ylijännitteille ja komponenttien vanhenemisen takia vaativat useammin korjausta tai vaihtoa.

Nykyaikaiset releet, mikroprosessoripohjaiset eli digitaaliset releet tulivat käyttöön 1980-luvun lopulla. Rele muuttaa mittaussignaalit digitaaliseen muotoon, ja prosessori käsittelee tietoa täysin digitaalisesti. Mikroprosessorien avulla releistä saadaan todella monipuolisia. Kideohjatun kellon ansiosta digitaalisen releen toiminta-aika on erittäin tarkka, mikä mahdollistaa tiukemman porrastuksen releiden välillä. Aikaisempien releiden ominaisuudet saadaan mahtumaan paljon pienempään tilaan. Nykyaikainen rele tallentaa vianaikaiset tiedot ja valvoo tehokkaasti toimintaansa. Releen automatiikkaa on myös lisätty, esimerkiksi avojohdoilla toiminnasta seuraavat pika-aikajälleenkytkentä ja aikajälleenkytkentä onnistuvat modernilta releeltä. Tiedonsiirto on myös parantunut huomattavasti. Nykyreleet voidaan kytkeä tietoverkkoon, jolloin mittaus- ja asettelutiedot voidaan lukea sekä ohjata relettä tietoliikenneverkon välityksellä. [3, s. 23–35.]

#### 4.1 Virtareleet

Hetkellinen ylivirtarele toimii ilman viivettä, kun mitattava virta ylittää asetteluarvon. Selektiivisyyden ja turhien laukaisujen takia ylivirtareleisiin on lisätty aikarele, jolloin kyseessä on vakiaikaylivirtarele. Vakioaikaylivirtarele havahtuu, kun virta ylittää asetteluarvon ja aikarele viivyttää laukaisua asetteluarvon mukaisesti. Rele palautuu mitattavan virran lasiessa riittävästi asetteluarvon alapuolelle, näin nopeat virtapiikit eivät aiheuta turhia katkoja. Toinen toimintahidastettu ylivirtarele on käänteisaikaylivirtarele, jonka toimintahidastus on käänteinen mitat-



tavaan ylivirtaan nähden. Eli mitä suurempi on virta, sitä lyhyempi on katkaisuviive. Asetteluina annetaan vain ylivirtareleen havahtumisraja sekä valitaan käänteisvaikutuksen jyrkkyys standardikäyristä. Nykyaikaisissa ylivirtareleissä käytetään kahta porrasta, joista ensimmäinen on yleensä vakioaikaylivirtarele ja toiseksi portaaksi voidaan valita vakioaika- tai käänteisaikaylivirtarele.

Nollavirtarele mittaa vaihevirtojen summavirtaa ja toimii maasulkutilanteissa. Suunnattu maasulkurele mittaa myös nollajännitettä ja kykenee jännitteen sekä virran vaihekulmaeron perusteella päättelemään, onko maasulku suojattavalla alueella vai aikaisemmin verkossa.

Lisäämällä jännitemittaus myös ylivirtareleestä saadaan suunnattu ylivirtarele. [3, s. 35–38.]

#### 4.2 Jännitereleet

Alijänniterele toimii, kun mitattava jännite alittaa asettelun. Useimmissa kohteissa alijänniterelettä käytetään virhetoimintojen välttämiseksi melko pitkillä viiveillä, jolloin nopeat jännitekuopat eivät aiheuta toimintaa. Alijännitereleitä käytetään lähinnä suurten moottorien erottamiseen verkosta. Varsinkin jos moottoreita on useampi, aiheuttaisi jännitteen palaaminen ja siten moottorien yhtäaikainen käynnistys suuren ylivirran. Myös automaattinen syötönvaihtojärjestelmä toimii alijännitereleen ohjaamana. Jänniterele tarkkailee kiskojännitettä ja jännitteen laskiessa liian alhaiseksi automatiikka vaihtaa syötön toisesta lähteestä.

Ylijänniterele toimii, kun jännite ylittää raja-arvon. Sitä käytetään muun muassa nollajännitettä mittaavana maasulkureleena ja generaattorien yhteydessä ylijännitesuojana.

Jännitereleitä käytetään myös akustojen valvonnassa. [3, s. 38–39.]

### 4.3 Differentiaalirele

Differentiaali eli erovirtarele vertailee virtoja ja toimii, mikäli tarkkailtavien virtojen erotus ylittää asetteluarvon. Differentiaalirele on muuntajan tärkein suojarle, mutta sitä voidaan käyttää suojaamaan myös muita tärkeitä kohteita, kuten suuren generaattorin tai moottorin käämityksiä. Releillä suojattavat kohteet ja niiden viat ovat niin vakavia, ettei releissä ole aikaviivettä. Esimerkiksi muuntajan käämityksissä tapahtuva läpilyönti on niin vakava vika, että syöttö on katkaistava mahdollisimman nopeasti. Differentiaalirele tarkkailee vain oman alueensa vikoja ja reagoi vain, jos virrat eroavat toisistaan. Virran suuruudella ei ole väliä, joten muuntajat ovatkin yleensä suojattu myös ylivirta- sekä tähtipisteen nollavirtareleellä. [4, s. 354–356.]

### 4.4 Epäsymmetriarele

Epäsymmetriarele toimii, kun kolmivaihejärjestelmän kuormitus muuttuu epäsymmetriseksi. Yleisiä vinokuormitustiloja ilmenee yksi- ja kaksivaiheisten oikosulkujen vuoksi sekä yhden tai kahden vaiheen katkeamisen johdosta. Normaalit kaksivaiheiset kuormitukset aiheuttavat myös merkittävää vinokuormitusta kolmivaiheverkossa. [3, s. 41.]

### 4.5 Distanssirele

Silmukoidussa verkossa vikavirta voi tulla useammasta suunnasta, joten selektiivisen suojauksen toteuttaminen ylivirtareleellä on mahdotonta. Distanssirele havaitsee virran suunnan, joten ne soveltuvat hyvin käytettäviksi silmukoidussa verkossa. Silmukkaverkoissa sähkö voidaan syöttää vähintään kahdesta eri suunnasta, jolloin vikatilanteessa verkosta voidaan erottaa mahdollisimman pieni alue. Tästä syystä sähkönjakeluverkko pyritään rakentamaan silmukoiduksi. Kantaverkon johdot onkin lähtökohtaisesti suojattu distanssireleillä. Nimensä mukaisesti distanssirele kykenee laskemaan etäisyyden vikapaikkaan, mikä auttaa vikojen paikantamisessa. Rele mittaa virtaa ja jännitettä sekä las-

kee impedanssin, jonka perusteella rele laskee etäisyyden vikakohtaan. Virran ja jännitteen vaihekulmista rele myös päättää vikavirran suunnan, jolloin rele osaa toimia vain vian ollessa sen suojausalueella. [4, s. 348–355.]

#### 4.6 Yhdistelmäreleet

Kuten jo edellä on todettu, elektroniikka ja varsinkin digitaalitekniikka ovat mahdollistaneet releiden monipuolisuuden. Usein jo vähän vanhentuneet suojarleetkin sisältävät monipuolisia toimintoja, esimerkiksi Borealiksen yleisin ylivirtarele ABB:n SPAJ 141 C sisältää lisäksi myös nollavirtareleen sekä itsevalvonnan.

Stömbergin valmistamat SPAA 322 C -sarjan releet ovat Borealiksen yleisin johdonsuojareletyyppi. Jo vähän vanhentunut potentiometreillä aseteltava johdonsuojarele koostuu kolmivaiheylivirtarelemoduulista SPCJ 3C3, suunnatusta maasulkusuojamoduulista SPCS 3C4 sekä jälleenkytkentäautomaatiomodulistista SPCT 2C17. Jälleenkytkentäautomaatiota käytetään vain ilmajohtolähdöillä ja Borealiksen keskijänniteverkko on lähes kokonaan maakaapeloitu. Borealiksen 72 johdonsuojareleestä lähes kaikki ovatkin C1 -versioita, joissa ei ole jälleenkytkentäautomaatiikkamoduulia. C3 -versiota on käytössä kymmenen kappaletta, ja niistä on lisäksi suunnattu maasulkuvirtamoduuli korvattu nollavirtarelemoduulilla. Vain viidessä käytössä olevassa johdonsuojareleessä on jälleenkytkentäautomaatiikkamoduuli. [8, s. 3–5.]

##### 4.6.1 Moottorinsuojarele

Prosessiteollisuudessa moottorin suojaaminen on yksi yleisimmistä suojauskoh-teista. Moottorit joutuvat monenlaisen rasituksen alaisiksi. Oikosulkumoottorin käynnistysvirta on noin 5–7 kertaa suurempi kuin moottorin nimellisvirta. Moottorisuojauksessa tarvitaankin käynnistysvirran valvontasuojaus, joka asetellaan moottorin käynnistysvirran ja -ajan mukaan. Suojarele tunnistaa käynnistystilan-teen ja ohittaa normaalitilan ylivirtavalvonnan valvoen käynnistysvirran kesto- ja virtaa. Mikäli moottorin käynnistys ei onnistu asetellussa ajassa tai virta

nousee liian korkealle ohjaa suoja-arele katkaisijaa tai kontaktoria. Käynnistyksen aikaiset korkeat virrat rasittavat ja kuumentavat moottoria, joten käynnistyksen valvonta estää uudelleen käynnistämisen, kun olosuhteiden mukainen käynnistyssekuntimäärä täyttyy. Käynnistyessä osa energiasta muuttuu liikkeeksi, mutta mikäli moottori ei lähde pyörimään, muuttuu kaikki energia lämmöksi. Varsinkin jos moottori pyörittää jäähdytystuuletintaan, lämpenee moottori hyvin nopeasti tuhoisalle tasolle. Tästä syystä moottorisuojauksessa tarvitaan jumisuojausta. Muita relesuojauksella suojattavia moottorin rasituksia ja häiriöitä ovat:

- ylikuormitus
- ylilämpö
- epäsymmetria
- yli- ja alijännite
- oikosulku
- staattorin käämisulku ja maasulku
- alimagnetointi ja magnetointipiirin vika
- roottorin maasulku. [3, s. 171–187.]

#### 4.6.2 ABB SPAM 150 C

ABB:n valmistama SPAM 150 C (kuvassa 4) on Borealiksen yleisin moottorinsuoja-arele. Virtaa mittaava monitoimisuoja-arelettä käytetään pääasiassa suurten ja keskikokoisten kolmivaiheisten moottoreiden suojaukseen. Moottorinsuoja-arele sisältää monitoimirelemoduulin SPCJ 4D34, tulo/lähtömoduulin ja syöttöjännitemoduulin. Monitoimirelemoduulissa on seitsemän yksikköä: kolmivaiheinen ylivirtasuojaja, terminen ylikuormitussuojaja, käynnistysvalvonta, vaihe-epäsymmetriasuojaja, vaihejärjestyksen valvoja, alivirtasuojaja ja suuntaamaton maasulkusuojaja. Ylivirtasuojaja sisältää kaksi suojausporrasta. Ylempi porrasto toimii oikosulkusuojajana. Alempaa porrasta voidaan käyttää käynnistyksen valvojana tai ylivirtasuojajana. Terminen suoja valvoo suojattavan kohteen termistä kuormitusta eri kuormitusolosuhteissa. Suoja antaa termisen esihälytyksen ja laukaisun sekä estää moottorin uudelleenkäynnistyksen silloin, jos käynnis-

tysyitys epäonnistuisi suojattavan kohteen kuumuuden takia. Käynnistyksen valvonta voidaan toteuttaa eri tavoin. Se voi perustua käynnistysajan mittaukseen, käynnistyksen aikaisen termisen kuormituksen mittaukseen tai ulkoisen nopeuskytkimen käyttöön. Käänteisaikatoimintainen vaihe-epäsymmetriasuoja suojaaa moottoreita verkon epäsymmetriatilanteiden aiheuttamilta kuormituksilta. Suojan toiminta-aika täydellisessä epäsymmetriatilanteessa eli yhden vaiheen katkoksesta on yksi sekunti. Alivirtasuojaa käytetään esimerkiksi uppopumppuja ja kuljetinsovelluksissa moottoreiden suojaamiseen äkillisissä kuormankatoamistilanteissa. [9, s. 3–5.]



Kuva 4. ABB SPAM 150 C moottorinsuojarele.

#### 4.7 Valokaarisuojaus

Kojeistossa tapahtuva valokaari on yksi tuhoisimmista sähkönjakelun vioista. Valokaaren kuumuus ja siitä aiheutuva paine tuhoavat kojeiston hyvin nopeasti ja aiheuttavat suuren vaaran käyttäjälle. Normaalissa ylivirtasuojauksessa käy-

tettävän viiveen takia se on auttamatta liian hidas suoja valokaarta vastaan. Jo 200 millisekunnin jälkeen valokaaren lämpötila on niin korkea, että teräs sulaa.

Valokaarisuojarele koostuu optisista valoantureista sekä virranmittausyksiköstä. Valokaarisuoja ei kykene estämään valokaaren syttymistä, vaan tehtävänä on minimoida viasta aiheutuva vahinko katkaisemalla syöttö mahdollisimman nopeasti. Valokaaren tuhojen minimoimiseksi ja leviämisen estämiseksi kojeistoja erotellaan osiin. Täten valokaaren tuhot saadaan rajoitettua kyseiseen osioon. Valokaaren syttyminen aiheuttaa voimakkaan paineaallon, jonka tuhojen minimoimiseksi kojeistoissa on yleensä paineenpurkauskanavat, joiden kautta paine pääsee purkaantumaa ulos. Eri kojeiston osioista valotieto saadaan valokaarivahdin optiselle anturille valokuidun avulla.

Valokaarisuojan optiset anturit tarkkailevat valon määrää ja havaitessaan kirkkaan valon rele toimii. Virhetoimintojen minimoimiseksi valokaarisuojassa on ylivirtaehto, jottei esimerkiksi suora auringonvalo laukaise suojausta. Virtamittauksen havaitessa ylivirran rele havahtuu ja toimii viiveettä, mikäli joku optisista antureista havaitsee kirkkaan valon. [10.]

## **5 Tuotannon seisokit**

Prosessiteollisuuden keskeytys ja uudelleen käynnistys eivät ole aivan yksinkertaisia saati halpoja toteuttaa. Kovin pienen syyn takia tuotantoa ei siis haluta ajaa alas, koska pelkästään prosessin takaisin ylösajaminen voi viedä päiviä. Laitoksilla onkin aikataulutettu viiden vuoden välein tuotannon seisokit. Tarvittavat huollot ja korjaukset pyritään ajoittamaan seisokkien ajankohtaan, jolloin turhilta keskeytyksiltä vältytään. Prosessiteollisuudessa tuotanto on myös kohtalaisen herkkä, joten mahdollisesti tuotannolle ongelmia aiheuttavia huoltoja pyritään välttämään laitosten ollessa käynnissä.

Petrokemian aromaatin laitokset noudattavat omaa seisokkiaikataulua. Aromaatin seuraavat seisokit ovat vuosina 2019 ja 2024. Petrokemian eteenilaitokset ja

muovitehtaan alueen seuraavat seisokit ovat vuosina 2017 ja 2022. Muovitehtaan alueella on lisäksi laitoskohtaisia lyhyempiä seisokkeja useamminkin.

## **6 Releiden uusinta**

### **6.1 Uusittavat suojareleet**

Borealiksen suojareleet ovat kaikki toisioreleitä, pääsääntöisesti 1990-luvulla ABB:n valmistamia. Vanhimmat laitokset ovat 1970-luvulla rakennettuja, joten releitä on varsin monen ikäistä. Vanhimmat käytössä olevat releet ovat mekaanisia 1960-luvulla valmistettuja ja uusimmat alle viisi vuotta vanhoja moderneja monitoimireleitä.

ABB tarjoaa suojareleiden elinkaariauditointia kohteisiin, joissa on ABB:n tai Strömbergin valmistamia suojareleitä. Lausunnosta selviää valmistajan varaosatuki ja suositus toimenpiteistä kyseiselle releelle. Elinkaariauditointilausunnon suojarelelista on liitteenä 2.

ABB:n lausunnossa varaosatuki on jaettu neljään portaaseen. Tuotannossa oleviin tuotteisiin saa tietenkin hyvin varaosia. ABB myös edelleen valmistaa osaan tuotteista varaosia, vaikka itse tuote on jo valikoimasta poistunut. Rajatun varaosatuen alle joutuneille tuotteille kaikkia varaosia ei enää valmisteta, valmistaja myy varaosia, kunnes ne varastosta loppuvat. Vanhimmat tuotteet ovat täysin varaosatuen ulkopuolella.

Borealixen 545:stä suojareleestä 15 %:lla ei ole mitään tukea valmistajalta ja noin viidesosaan ei valmistaja enää takaa varaosia. Taulukossa 1 esitetään suojareleiden lukumäärä varaosatuen perusteella.

Taulukko 1. Borealixen suojareleiden varaosatuki.

Varaosatuki	Releiden määrä	%
Ei tukea	82	15,0
Rajattu varaosatuki	117	21,5
Hyvä varaosatuki	153	28,1
Tuotannossa	193	35,4
Yhteensä	545	

Ilman varaosatukea olevien releiden lukumäärä vähän vääristyy, sillä suurin osa releistä ei ole käytössä tai on ainakin poistumassa käytöstä. 28 on kuitenkin jäämässä käyttöön, ja ne vaativat uusintaa. Osa mekaanisista suojareleistä on kuitenkin yksivaiheisia ylivirtareleitä, joten uusia releitä tarvitaan vähemmän.

Yllättäen suurin osa Borealixen jännitereleistä oli merkitty enintään rajatun varaosatuen alaisiksi. Myös varaosasaatavuus eri-ikäisille laitteille oli yllätys. Vuonna 1977 valmistettuun SPAU 3F100 J3 -jännitereleeseen saa vielä varaosia, mutta kaksikymmentä vuotta uudemmalle, 1990-luvun lopulla valmistettuun SPAU 331 C1:een ei enää taata varaosia. Borealixella suosittu SPAA 320 -sarjan johdonsuojareleillä on myös valitettavasti rajattu tuki. Releet ovat olleet varmatoimisia, eikä niiden kanssa ole ollut ongelmia, joten niistä ei mielellään luovuta. SPAA 320 -sarjan releitä on myös alueella niin paljon, että kaikkien uusiminen olisi todella kallista. Uusimalla tärkeimmät saadaan paljon varareleitä, joten luultavammin sarjan releitä pidetään vielä pitkään osassa muuntamoissa.

Suojareleet on tarkoitus uusida muuntamo kerrallaan. Kaikkia muuntamoja ei yhden seisokin aikana ehdi uusida, vaikka se rahallisesti olisikin mahdollista. Suuressa monikansallisessa yrityksessä rahan saaminenkaan ei aina ole itses-



tään selvyys, joten releiden uusinta on rahallisestikin helpompi toteuttaa portaittain.

ABB:n toimittaman elinkaarilausunnon perusteella suunnitellaan muuntamokohmainen aikataulu. Muuntamon relekannan ja kriittisyyden perusteella valitaan tärkeimmät muuntamot uusittavaksi. Muuntamo M70 on petrokemian päämuuntamo, jossa 110 kV:n syöttö muunnetaan muille muuntamoille 10 kV:n jännitteeksi. M200 on muovin pääkytkinlaitos ja samalla Borealiksen suurin muuntamo, joten nämä kaksi uusitaan ensimmäisinä. Lisäksi valitaan pahasti vanhentuneet muuntamot M201 ja M52. Petrokemian laitosten muuntamoista osan kojeistot on uusittu viime seisokeissa, joten suurin osa niiden releistä tarvitsee vain ennakkohuollon ja määräaikaistestauksen. Oma seisokkiaiikatauluun noudattavat aromaatin laitosten muuntamojen (M61, M62 ja M64) suojarleiden varaosatuki on vielä hyvä, jännitereleitä lukuun ottamatta. Petrokemian alueelle jäisi uusittavaksi enää varsin kriittinen muuntamo M74, joten senkin muutamalle vanhentuneelle suojarleelle haetaan rahoitusta samalla. Muovilaitoksen puolella loput muuntamot ovat SPAA 300 -sarjalaisia lukuun ottamatta vielä hyvän varaosatuon piirissä. Varalaitteita kuitenkin on muiden muuntamojen releuusintojen jälkeen niin paljon, että näiden uusintaa tarkastellaan vasta seisokin ennakkohuolto- ja koestuskierroksen jälkeen. Tarvittaessa releet uusitaan muovin yksiköiden omissa lyhyemmissä seisokeissa.

Ennakkohuollossa suojarleisiin vaihdetaan muun muassa virtalähteitä, joissa kuivuvat kondensaattorit aiheuttavat ongelmia. Vanhemmissa releissä käytettyjä asetteluarvojen potentiometrejä on myös vuosien varrella vaihdettu paljon, lähinnä pölyn takia. Mikäli ennakkohuoltoon löytyy vielä varaosia, saadaan huolletuille suojarleille kymmenen vuotta lisääaikaa.

## Muuntamo 52

Vuonna 1970 valmistuneessa olefiinituotannonlaitosten muuntamo 52:ssa on vielä vanhoja AEG:n 1960-luvulla valmistamia mekaanisia ylivirtareleitä ja usei-

ta rajatun varaosasaatavuuden omaavia releitä. Lähes koko 10 kV:n kojeiston releet uusitaan seuraavassa seisokissa.

#### Muuntamo 70

Petrokemian laitoksien päämuuntamo M70 on 1980-luvun lopulla valmistunut muuntamo. Muuntamolla on kaksi Borealiksen 40 MVA -päämuuntajaa, jotka syöttävät 10 kV:n jännitettä petrokemian alueen muuntamoille. Muuntamolla on siis vain muuntajien ja 10 kV:n kojeiston johtolähtöjen suojareleet sekä akuston hälyttävät jännitereleet. 10 kV:n kojeiston kaikki 15 SPAA 322 C -sarjan johdon-suojarelettä sekä molempien kiskojen SPAU 320 C1 jännitereleet uusitaan.

#### Muuntamo 74

Petrokemian säiliöalueen muuntamolla M74 ei ole seisokkeja lainkaan. Muuntamo syöttää muun muassa suurten kaasusäiliöiden kylmäkoneita. Säiliöiden kaasut pidetään nestemäisessä muodossa kylmäkoneiden avulla, joten muuntamon lähtöjä ei voida saattaa jännitteettömäksi. Kuorman luonteesta johtuen huoltotoimenpiteet täytyy ajoittaa talven koville pakkasille. Vanhat SPAA 322 C1 -suojareleet ja kiskostojen SPAU 320 C1 -jännitereleet uusitaan muiden muuntamolle suunniteltujen huoltotoimenpiteiden yhteydessä.

#### Muuntamo 200

Muovinlaitosten päämuuntamo M200 on alueen suurin ja vanhin muuntamo. Muovilaitosten kaksi neljästä 40 MVA -päämuuntajasta sijaitsevat muuntamo 200:ssa. M200:n kautta kulkee myös syöttö lopuille muovin päämuuntamoille, jotka ovat muuntamo 220:ssa.

Muuntamossa on vielä paljon vanhoja Brown Boverin eli BBC:n mekaanisia suojareleitä. Suurin osa on kuitenkin varalla olevissa kennoissa, jotka ovat jo poistuneet käytöstä tai poistuvat seuraavassa seisokissa. Muuntamo 200:ssa

on myös jo budjetoituja töitä, joissa suojarleet vaihtuvat. Toisen M200:n päämuuntajan BM1 koko suojaus uusitaan kojeistoinen muutenkin seuraavassa seisokissa. Myös moottoreita uusitaan, jolloin suojauskin päivitetään. Lisäksi M200:ssa on myös jonkin verran muiden kuin Borealiksen laitteita, joiden päivitys ei ole Borealiksen vastuulla.

Mekaanisista BBC Spt -ylivirtareleista vain kuusi tarvitsee rahoituksen. Nämä kuusi yksivaiheista uusittavaa suojarleettä muodostavat kaksi kiskokatkaisijarelettä.

### Muuntamo 201

Muuntamo 201 on muuntamo 200:n pienjännitepuoli. Samassa rakennuksessa sijaitseva muuntamo sisältää myös 10 kV:n varavoimasyötön. Ainoastaan yhden lähdön suojarle on uusittu käyttöönoton jälkeen, joten lähes koko 10 kV:n kojeiston suojarleet uusitaan.

## Yhteenveto suojureleiden uusinnasta

Yhteensä 58 kojeiston kennoa ja niissä olevat 78 suojurelettä uusitaan. Taulukossa 2 on listattu releiden mallit ja poistuvien releiden määrä.

Taulukko 2. Uusittavat suojureleet ja niissä käytetyt suojauskset.

Suojarele	käytetyt suojauskset	Varaosatuki	Määrä
SPAA 322 C1	I> / I>> / Io(dir)> / Io(dir)>>	Rajattu	20
SPAA 322 C3	I> / I>>	Rajattu	6
SPAJ 1B1 J3	Io>	Hyvä	7
AEG RSZ 3 yk	I> / I>>	Huono	6
SPAJ 111 C	Io> / Io>>	Huono	6
BBC Spt	I> / I>>>	Huono	6
SPAJ 320 C	I> / I>> / Io(dir)>	Rajattu	1
SPAJ 3A5 J1	I> / I>>>	Huono	4
SPAJ 1A1 J1	Io>	Huono	4
SPAU 320 C1	U> / U< / Uo> / Uo>>	Rajattu	8
SPAU 130 C	U> / U<	Rajattu	4
SPAU 331 C1	U< / U<< / Uo> / Uo>>	Rajattu	1
SPAU 3F100 J3	U<	Hyvä	1
SPAU 1B100 J1	U<	Huono	1
SPAU 1A100 J1	U>	Huono	1
SPAD 330 C3	Erovirta	rajattu	1
SPAS 1B1 J3	Io(dir)>	rajattu	1
Yhteensä			78

Vanhat releet korvataan monitoimireleillä, joten kun yksi kennon releistä uusitaan, monitoimirele korvaa pääsääntöisesti loputkin kennon vanhoista releistä. Hyvällä varaosatuella varustettuja suojureleitäkin vaihtuu siis samalla.

## 6.2 Korvaavat suojarleet

Nykyaikaiset releet ovat niin monipuolisia, että vanhojen releiden ominaisuudet täyttyvät jo perusmalleilla. Kaikki ylivirta- ja maasulkureleyhdistelmät sekä tietenkin johdonsuojareleet on kuitenkin tarkoitus korvata samanlaisilla johdonsuojareleillä. Ajatuksena on yhdenmukaistaa relekanta, jolloin varareleitä tarvitaan vähemmän ja koestus nopeutuu. Huoltoa ja rikkoutuneen vaihtoa varten suojarleet halutaan pistotulppamallisina. Kytkenät tehdään releen asennuskehikkoon, johon suojarle vain työnnetään, kuten sähköjohto pistorasiaan. Rele voidaan siten vetää ulos kojeistosta ilman kytkentöjen muokkausta tai irrottamista ja vaihtaa toiseen tai liittää koestuslaitteistoon.

Vanhoista releistä saadaan vain hälytystieto, mutta korvaavista releistä halutaan järjestelmään enemmän informaatiota. IEC 61850 on kansainvälinen sähköjakelun ja automaation laitteille tarkoitettu tiedonsiirtostandardi, joka mahdollistaa monipuolisen etäkäytön sekä tiedon keruun.

ABB:n Relion -sarja täyttää kaikki toiveet uudelle releelle. Isomman näytön tuoman käytettävyyden ja pienen hintaeron takia valitaan 615 -sarja. Sarjan releistä valitaan REF615 johdonsuojaksi, REU615 jännitereleeksi ja RED615 differentiaalireleeksi. Tarvitaan 60 modernia suojarleettä korvaamaan 78 vanhaa suojarleettä.

### ABB REF615

ABB:n REF615 (kuvassa 5) on johdonsuojarele keskijänniteverkon sähköasemien ja teollisuuden sähköjärjestelmien suojaukseen. Suojareleettä käytetään jakelusähköverkon avojohtojen ja kaapelien suojaukseen sekä nopeana sähköaseman kiskostosuojana. Se soveltuu kaikkien keskijänniteverkkojen suojaukseen maadoitustavasta riippumatta.

REF615 sisältää oikosulkusuojan, ylivirtasuojan sekä termisen ylikuormitus-suojan. Releessä on myös suunnattu ja suuntaamaton maasulkusuoja, herkkä

maasulkusuoja sekä transienttimittaukseen perustuva erittäin tarkka maasulkusuoja, joka havaitsee myös kaapeliverkon katkeilevat maasulut. Lisäksi releessä on avojohtoverkon suojaukseen monipuolinen jälleenkytkentäautomatiikka. Versiosta riippuen rele sisältää myös muita suojaustoimintoja, esimerkiksi yli- ja alijännitesuojauksen. Lisäkortilla rele täydentyy kolmikanavaisella valokaarisuojalla, joka mahdollistaa kojeiston katkaisija-, kiskosto- ja kaapelitilan valokaarisuojauksen.



Kuva 5. ABB REF615 suojarele.

Sähköasemakommunikaatiostandardin IEC 61850 ansiosta johdonsuojarele kommunikoi tehokkaasti muiden standardia tukevien suojareleiden ja automaatiojärjestelmien kanssa. Monipuolisten tiedonsiirto-ominaisuuksien avulla relettä voidaan ohjata ja tietoja lukea verkon kautta. Releen asetteluarvot voidaan tarkistaa ja muuttaa ilman paikanpäälle menemistä. Lisäksi releeltä saadaan suojattavan lähdön reaaliaikaiset mittaustiedot. Katkaisijaa voidaan ohjata releen avulla paikallisesti sekä kommunikaatioväylän kautta. IEC 61850 -standardiin kuuluva GOOSE-palvelu poistaa tarpeen erilliselle kiinteälle kaapeloinnille kojeistojen kenttienväliseen lukitustietojen siirtoon. Laitteet voivat kommunikoida

ja ohjata toisiaan suoraan GOOSE-viestinnän avulla ethernet -verkon välityksellä.

Suojauksen toiminta varmistetaan REF615 -suojareleen monipuolisilla itsevalvontatoiminnoilla, jotka jatkuvasti tarkkailevat releen tilaa ja sen ohjelmiston toimintaa, releiden välistä kommunikaatiota sekä katkaisijan laukaisupiirin kuntoa ja katkaisijan tilaa. Rele valvoo myös katkaisijan kulumista, katkaisijan ohjaimen jousen viritysaikaa ja katkaisukammioiden kaasunpainetta. Lisäksi rele mittaa katkaisuajan ja laskee katkaisijatoimintojen määrän, keräten näin perustietoja katkaisijahuollon ajoituksen suunnittelun tarpeisiin. [11.]

## **7 Koestuksen määräaikaistyö**

### **7.1 Määräykset**

Vielä 1990-luvun alussa kauppaja teollisuusministeriön määräyksessä määriteltiin, että ylivirta- ja maasulkureleiden toiminta oli koestettava ja asettelut tarkistettava vähintään kolmen vuoden välein [3, s 365]. Nykyaikaisia releitä ei teknologian kehityksen ja itsevalvonnan ansiosta tarvitse koestaa niin usein. Määräyksiä onkin löysennetty ja nykyään sähkölaitteiston haltijan vastuulla on huolehtia, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. Kauppaja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 määrittelee Borealiksen laitteiston luokan 3 sähkölaitteistoksi. Borealiksen sähkölaitteiston suojareleet kuuluvat päätöksen mukaan sähkönjakeluverkon sisältävään 3c -luokkaan. Luokan 3 sähkölaitteistoille on päätöksen mukaan laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Käytännössä tämä tarkoittaa valmistajan suosittamaa viiden vuoden koestusväliä. Luokan 3 laitteistot täytyy lisäksi tarkastuttaa valtuutetun tarkastajan toimesta vähintään viiden vuoden välein. Määräaikaistarkastuksessa tarkistetaan pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla muun muassa sähkölaitteiston turvallinen käyttö ja se että

laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet. [12, § 2 & 10–13.]

## 7.2 Suojareleiden koestus

Suojareleet voidaan koestaa usealla tavalla. Koestettavaan laitteistoon syötetään vikatilannetta vastaavaa jännitettä tai virtaa, jolloin suojareleen tulisi havahtua ja toimia asetellun hidastuksen jälkeen. Havahtumisarvot ja toiminta-aika mitataan sekä verrataan asetteluarvoihin.

Suojauksen ensiökoestus on varmin tapa koestaa suojaus. Ensiökoestuksessa mittamuuntajan ensiön liittimien kautta syötetään koestusvirta ja -jännite. Täten koko suojausjärjestelmän toiminta koestetaan mittamuuntajista aina katkaisijan toimintaan asti. Käyttöönotto-koestukset suoritetaan yleensä ensiökoestuksena. Määräaikaiskoestukset suoritetaan yleisemmin toisiokoestuksena. Koestettava suojarele irrotetaan mittamuuntajasta ja syötetään riviliittimiin koestusjännite sekä -virta. Näin koko suojausjärjestelmä ei enää tule koestetuksi, mutta pienempien virtojen ja jännitteiden takia toisiokoestus on turvallisempi suorittaa sekä tarvittava laitteisto on huomattavasti pienempi. Suojauksen valehäiriökoestuksessa ensiöpuolelle aiheutetaan tarkoituksella vika, esimerkiksi maasulku tai oikosulku. Suojareleet voidaan myös irrottaa laitteistossa ja koestaa erillään, näin pelkästään suojareleen toiminta saadaan koestettua. [3, s. 365–372.]

Borealiksen suojareleet on koestettu viiden vuoden välein pidettyjen tuotannon seisokkien aikana. Osa käytössä olevista suojareleistä on kuitenkin syystä tai toisesta jäänyt koestamatta useampanakin seisokkina peräkkäin. Borealiksen suojareleet koestetaan kaikki toisiokoestuksena.



### 7.3 Määräaikaistyö

Tarkoituksena on luoda Borealiksen käyttämään SAP-järjestelmään määräaikaistyöt jokaisen muuntamon releiden koestukselle. SAP ERP on Borealiksen koko konsernin käyttämä toiminnanohjaus- ja tietokantaohjelmisto.

Suojareleiden koestuksien kustannukset on aikaisemmin arvioitu karkeasti edellisten seisakkien kustannusten perusteella. Suojareleiden määrä muuttuu kuitenkin joka seisokissa, kojeistojen ja suojareleiden uusimisesta johtuen. Kattavaa listaakaan alueen suojareleistä ei ennen ABB:n selvitystä ole ollut. Parhaat tiedot releistä löytyivät käsin täytetyistä vanhoista koestuspöytäkirjoista. Koestusraporttejakaan ei ole aina päivitetty kuin koestaessa, joten releen vaihtuessa sen tiedot olivat päivittyneet vasta ensimmäisessä koestuksessa.

Määräaikaistyöhön syötetään jokainen Borealiksen käytössä oleva suojarele. Jokaisen releen koestukselle määritellään työn kesto, jolloin SAP-järjestelmä osaa laskea kustannusarvion koko koestusoperaatiosta. Tarkoituksena on, että koestuksen jälkeen työn keston arviota tarkennetaan, jolloin kustannusarviokin tarkentuu. Kustannusarvio auttaa yritystä seisokibudjettien suunnittelussa ja tarvittavan työvoiman varaamisessa. Määräaikaistyöt asetetaan automaattisesti käynnistyväksi viiden vuoden välein, joten päivittämällä releiden tiedot sama määräaikaistyö toimii niin kauan kuin SAP-ohjelmisto on käytössä. Lisäksi releiden koestukseen saadaan järjestelmällisyyttä, jolloin toivottavasti yhdenkään käytössä olevan releen koestusväli ei veny liian pitkäksi.

Määräaikaistöitä varten jokaisen releen tiedot ja vanhat käsin täytetyt relekortit haluttiin SAP-järjestelmään.

#### 7.3.1 Releiden tietojen lisääminen SAP-järjestelmään

Osa suojareleiden tiedoista oli jo syötetty SAP-järjestelmään, mutta vähäisetkin tiedot olivat jo suurelta osin vanhentuneet. Tarkoituksena oli päivittää pahasti vanhentuneet tiedot ja lisätä puuttuvat suojareleet järjestelmään. Jokaiselle rei-

lulle 400:lle käytössä olevalle suojarielelle järjestelmään syötettiin seuraavat tiedot:

- Lyhyt sanallinen kuvaus laitteesta
- Laitteen tyyppi
- Valmistaja ja malli
- Sarjanumero
- Alueellinen sijainti
- Nimi järjestelmän hakua varten
- Kustannuspaikka
- Vastuuosaston tiedot
- Sijainti

Kuvan 6 kuvankaappaus on esimerkki Borealixsen SAP-järjestelmän laitetiedoista. Kuvassa on muuntamo 52:ssa sijaitsevan C15 -kentän suojarieleen perustiedot.

The screenshot shows the SAP 'Change Equipment: General' form. The top section contains basic equipment information: Equipment ID 21068596, Category 2 (Porvoo Finland Machines), Description GBM-12202:N SUOJARELE, Status INST, and Validity dates from 09.02.2016 to 31.12.9999. Below this are tabs for General, Location, Organization, Structure, Doc, and DMS. The 'General data' section includes Class EEW1 (RELAY (RELAY/ CONTACTOR/ TIMER)), Object type, AuthorizGroup, Weight, Size/dimension, Inventory no., and Start-up date. The 'Reference data' section includes AcquistnValue in EUR and Acquisition date. The 'Manufacturer data' section includes Manufacturer ABB.STR., ManufCountry, Model number SPAJ 3M5 J3, Constr.yr/mth, ManufPartNo., and ManufSerialNo. 02911. The SAP logo and system status (P50 (1) 510 | p50a | INS) are visible at the bottom.

Kuva 6. M52.C15 suojarieleen perustiedot.

Lyhyestä sanallisesta kuvauksesta selviää suojattavan moottorin tunnus ja suo-  
jauksen tyyppi. Kyseessä on siis moottorinsuojarele, joka suojaa pumppua  
GBM-12202. Laitteen luokka on rele, valmistaja Strömberg, malli SPAJ 3M5 J3  
ja sarjanumero 02911. Lopuksi jokaisen releen tietojen alle lisättiin sähköinen  
suoja-relekortti.

### 7.3.2 Suojarelekortit

Lähes jokaisesta Borealiksen suoja-releestä löytyy käsin täytetty relekortti. Rele-  
kortista selviää tärkeimmät tiedot suoja-releestä. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki  
Borealiksen relekortista. Kortti on samaisen muuntamo 52:ssa sijaitsevan C15 -  
kentän SPAJ 3M5 J3:n relekortti.

NESTE Sähkölaitos		RELEKORTTI									
KÄYTTÖPAIKKA		Muuntamo: M52					Kenno: C15				
		Lähtö: GBM-12202					Vaihe: L1-L3				
Valmistaja: STRÖMBERG		Laji: SPAJ 3M5 J3			N:o 02911						
Releen esteikko: $I_D / I_N$ 0,25-1,25		$I_S / I_N$ 1,0-6,0			$I_{D7} / I_N$ 5-20+∞						
$\tau_2 = 25-125$		$K \times t_S = 1,0-6,0$			$t_{D7} = 0,1-0,65$						
Mittamuuntajat: 150/5A											
Apureleet: (DIP: S2, S3, S4, S6, S13, S14, S15, S17, S18, S22, S23 ON)		1 = 0,76			4 = 0,12			7 = 293			
		2 = 0,48			5 = 2,8			8 = 0,46			
RELEEN ASETUSARVOT		3 = 3,6			6 = 0,1			9 = 112			
Päivä- määrä	Suo- ritti	$I_D / I_N$	$\tau_2$ MIN	$I_S / I_N$	t <sub>S</sub> Päivä- määrä	$I_{D7}$ Suo- ritti	$t_{D7}$ S	$V_{EXT}$ K°	SST/SST	SST	Selityksiä
		0,76	48	3,6	12	2,8	0,1	293	46/112	99	
		0,80		3,8							
KENNO		C15			MOOTTORIN SUOJA RELE						

Kuva 7. M52.C15 relekortti.

Relekortista selviää valmisajan tietojen lisäksi asetteluarvot sekä mittamuunta-  
jan tiedot, joiden avulla todelliset asetteluvirrat voidaan laskea. Tässä tapauk-  
sessa mittamuuntajan arvot ovat 150 / 5 A, joten todellinen asetteluvirta saa-  
daan kertomalla asetteluarvo 150:llä. Ylivirtasuojan toinen porrass  $I_{D7}$  on asetel-

tu arvoon  $2,8 \times I_N$ , joten toisen portaan todellinen havahtumisvirran asettelu on 420 A.

Jokaisella suojarielellä on myös releen koestuskortti. Koestaessa korttiin merkitään koestuksen tulokset. Koestuskortin avulla koestuksen tuloksia voidaan vertailla asetteluarvojen lisäksi myös edellisiin koestuksiin. Edellä esitetyn SPAJ 3M5 J3 -suojarieleen relekortin koestuskortti esitetty kuvassa 8. Korttiin on merkattu koestuspäivä ja tulokset jokaisen vaiheen koestuksesta.

Päivä-määrä		KOE		I > KOE			I <sub>2</sub> /I <sub>1</sub> KOE			Sellityksiä
Koestaja	KOE	Aika	HAV	Koe	Aika	HAV	KOE	Aika		
A	A	A	summa	A	s	kalkkula	havait.	s		
24.4.07	AL	11.4	94	14.6	17.5	0.09	1.0	1.5	3.4	
"	"	11.4	98	14.5	17.5	0.09	JUMISUOJA 19	A = 12.3 s		
"	"	11.4	92	14.6	17.5	0.09	1.1	1.5	3.4	
6.9.12	M/4	11.4	90	14.6	17.5	0.09	1.0		3.4	
"	"	11.4	79	14.6	17.5	0.09	JUMISUOJA	19A 13 s		
"	"	11.4	91	14.6	17.5	0.09	1.0		3.4	
KENNO		C 15		YLVIRTARELE						

Kuva 8. M52.C15 releen koestuskortti.

Iso osa relekorteista oli jo aikaisemmin kirjoitettu sähköiseen muotoon. Loputkin käsinkirjoitetuista relekorteista kirjoitetaan sähköiseen muotoon ja lisätään SAP-järjestelmään releen alle. Samaisen suojarieleen sähköinen relekortti liitteenä 1.

### 7.3.3 Releiden lisäys määräaikaistyöhön

Jokaista Borealixen muuntamoita varten tehdään oma määräaikaistyö. Määräaikaistyölle määritellään aikataulu sekä perustiedot samalla tavalla kuin yksittäiselle laitteelle. Jokaiseen määräaikaistyöhön lisätään kaikki muuntamolla

käytössä olevat suojaireleet. SAP-järjestelmään lisätyt laitetiedot linkitetään määräaikaistyöhön ja jokaisen suojaireleen koestukselle luodaan rivi määräaikaistyön tehtävälstaan. Kuvassa 9 on esitetty muuntamo 52:n suojairelekoestuksen määräaikaistyön tehtävälsta. Tehtävälstan releille määritellään osasto, joka työstä on vastuussa, tuotantolaitos, jolla työ suoritetaan, työn kesto ja tekiöiden lukumäärä sekä se tehdäänkö työ urakoitsijan vai omien työntekijöiden toimesta. Seisokkien aikana palkka on korkeampi, joten palkkaluokkakin muutetaan jokaiselle riville erikseen. SAP-järjestelmään lisätyt suojairelekortit linkitetään jokaiselle riville, jolloin niiden uusimmat versiot voidaan tulostaa kerralla koestajalle.

Op...	SOP	Work ctr	Plnt	Ctrl	Operation Description	LT	Work	Un.	No.	Duration	Un.
0140	10343	1000	PM01	PM01	M52.C08-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0150	10343	1000	PM01	PM01	M52.C08-II koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0160	10343	1000	PM01	PM01	M52.C10-J1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0170	10343	1000	PM01	PM01	M52.C11-U1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0180	10343	1000	PM01	PM01	M52.C12-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0190	10343	1000	PM01	PM01	M52.C12-II koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0200	10343	1000	PM01	PM01	M52.C13-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0210	10343	1000	PM01	PM01	M52.C13-II koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0220	10343	1000	PM01	PM01	M52.C14-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0230	10343	1000	PM01	PM01	M52.C14-II koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0240	10343	1000	PM01	PM01	M52.C15-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0250	10343	1000	PM01	PM01	M52.C15-M1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0260	10343	1000	PM01	PM01	M52.C16-A1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0270	10343	1000	PM01	PM01	M52.C16-J1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0280	10343	1000	PM01	PM01	M52.D01-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H
0290	10343	1000	PM01	PM01	M52.D02-E1 koestus	<input type="checkbox"/>	3,0	H	1	3,0	H

Kuva 9. Muuntamo 52 suojaireleiden koestuksen määräaikaistyön tehtävälsta.

## 8 Päätelmät

Työn tuloksena Borealixen SAP-järjestelmän suojairelekanta päivittyi. Suojaireleiden määräaikaistyöt tulevat palvelemaan yritystä pitkään, mikäli laitelistaa vain päivitetään. Suojaireleiden uusinta suunniteltiin seuraavan seisokin osalta.

Vaihdettavista suojaroleista saatiin listan, jonka perusteella tarjouspyynnöt voitiin toimittaa urakoitsijoille.


Kokemuksena insinööriä tekö oli varsin opettavainen. Jo pelkkä relekorttien sähköiseen muotoon kirjoittaminen opetti relesuojauksesta paljon. Usean suojaroleen ohjekirjaa joutui tutkimaan käsin kirjoitettujen korttien suojaus tulkitsessa, joten siinä sivussa oppi paljon erilaisista suojaustoiminnoista. Käytännön työ oli pääasiassa SAP-järjestelmän kanssa työskentelyä. SAP on yleinen järjestelmä, joten kokemuksesta on tulevaisuudessa todennäköisesti hyötyä.

## Lähteet

- 1 Kunnat sähkön käytön suuruuden mukaan. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <<http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkonkulutus/sahkon-kaytto-kunnittain>>. Luettu 6.9.2016.
- 2 Borealis Porvoo tietopaketti. Sisäinen verkkodokumentti.
- 3 Mörsky, Jorma. 1992. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto.
- 4 Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2011. Sähköverkot II. Helsinki: Otatieto.
- 5 Rikkiheksafluoridi. 2016. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Rikkiheksafluoridi>>. Luettu 6.9.2016.
- 6 SF6-kaasu sähkön siirrossa ja jakelussa. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys/ymparistovaikutukset/sf6-kaasu>>. Luettu 6.9.2016.
- 7 Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö. 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.
- 8 ABB SPAA 322 C Manual. Käyttöohje.
- 9 ABB SPAM150C Brochure. 2015. Verkkodokumentti. ABB. <[https://library.e.abb.com/public/9d6496770b25d0f665257194003b8c2c/S\\_PAM150C%20Brochure.pdf](https://library.e.abb.com/public/9d6496770b25d0f665257194003b8c2c/S_PAM150C%20Brochure.pdf)>. Luettu 6.9.2016.
- 10 ABB TVOC Brochure. 2015. Verkkodokumentti. ABB. <[https://abblibrary.s3.amazonaws.com/public/e647dd45f0d6b556c12573fe0049cbf0/ABB\\_TVOC\\_fi.pdf](https://abblibrary.s3.amazonaws.com/public/e647dd45f0d6b556c12573fe0049cbf0/ABB_TVOC_fi.pdf)>. Luettu 6.9.2016.
- 11 ABB REF615 Brochure. 2016. Verkkodokumentti. ABB. <[https://library.e.abb.com/public/c1978ede649e4bd5b66c198730fe8441/REF615\\_broch\\_756381\\_LRENn.pdf](https://library.e.abb.com/public/c1978ede649e4bd5b66c198730fe8441/REF615_broch_756381_LRENn.pdf)>. Luettu 6.9.2016.
- 12 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/.

Suojarelekortti

Esimerkki Borealisen suojarelekortista, M52 C15 -kentän moottorisuojareleen kortti.

 <b>RELEEN TARKASTUSKORTTI</b>																	
Laitos:	Petrokemia					Muuntamo:	M52			Kenno:	C15						
Releen tyyppi:	SPAJ 3M5 J3					Sarjanumero:	No. 02911										
Valmistaja:	Strömberg					Tilausnumero:											
Lähtö:	GBM-12202																
Virtamuuntajat:	150	/	5	A	Kaapelivirtamuuntaja:		/		A								
Jännitemuuntajat:		kV	/		V												
Suojaukset	Tunnus	Asettelu			Toiminta-aika			Laji									
Ylivirta	Is	3,80	x	In	t>	12,00	s	KA									
Ylivirta 2. porras	I>>	2,80	x	In	t>>	0,10	s	VA									
Ylikuormitus	T	0,80	x	In	t2>	48,00	min	KA									
Ei käytössä			x														
Ei käytössä			x														
Ei käytössä																	
Ei käytössä																	
Ei käytössä																	
<b>Kytinryhmänasettelut</b>																	
SGR1 1.		SGR2 1.		SGB 1.		SGF 1.											
2.		2.		2.		2.											
3.		3.		3.		3.											
4.		4.		4.		4.											
5.		5.		5.		5.											
6.		6.		6.		6.											
7.		7.		7.		7.											
8.		8.		8.		8.											
<b>Koestusarvot</b>																	
Pvm	Vaihe	Suoj.	Hav. A	Lauk. A	Aika s	Hav. A	Lauk. A	Aika s	Hav. A	Lauk. A	Aika s	Hav. A	Lauk. A	Aika s	Hav. A	Lauk. A	Aika s
6.9.2012	L1	I>>	14,6	17,5	0,09												
-	L2	I>>	14,6	17,5	0,09												
-	L3	I>>	14,6	17,5	0,09												
-	L1	Is				1,0		3,4									
-	L2	Is					19,0	13,0									
-	L3	Is				1,0		3,4									
-	L1	T							11,4		90,0						
-	L2	T							11,4		79,0						
-	L3	T							11,4		91,0						
Koestaja: MV4																	

<b>Huomautukset:</b>	Moottorisuojarele
	Dip: S2, S3, S4, S6, S13, S14, S15, S17, S18, S22, S23 ON
	1=0,76 / 2=048 / 3=3,6 / 4=012 / 5=2,8 / 6=0,1 / 7=293 / 8=046 / 9=112 / 0=099
	SG1=46 / SG2=112 / SG3=99
	Iv / x In = 0,25-1,25
	t2 = 25-125
	Is / x In = 1,0 - 6,0
	k x Is = 1,0-6,0
	I>> / x In = 5-20+∞
	t>> = 0,1-0,6s