

Aki Moilanen

Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinööriytyö

30.3.2014

Alkusanat

Haluan kiittää Siemens Osakeyhtiön projektijohtajaa, diplomi-insinööri Mikko Parkkosta, mielenkiintoisesta insinööriyön aiheesta sekä insinööri Jorma Jokelaa ja diplomi-insinööri Tuomas Mattilaa saamastani avusta. Lisäksi haluan kiittää työni valvojaa Eero Kupilaa Metropolia Ammattikorkeakoulusta. Aihe ei ollut minulle entuudestaan tuttu, joten insinööriyö antoi minulle erittäin paljon uutta tietoa moottorin suojauksesta, ja uskon sen auttavan minua tulevaisuudessa.

Helsingissä 30.3.2014

Aki Moilanen

Tekijä	Aki Moilanen
Otsikko	Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella
Sivumäärä	48 sivua + 3 liitettä
Aika	30.3.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	projektijohtaja Mikko Parkkonen lehtori Eero Kupila
<p>Insinööriyössä on tehty kattava dokumentti Suomen voimalaitosten pienjännitemoottorin klassisesta relesuojauksesta ja nykyaikaisen moottorinohjausjärjestelmän toimintaperiaatteista. Lisäksi tarkoituksena oli tutustua pienjännitemoottorin älykkään suojauksen parametrintiin.</p> <p>Parametrintia käsiteltiin Siemensin parametrintiohjelmaan tutustumiseen kautta. Työssä myös vertailtiin Suomen voimalaitosten käytetyimpien moottorinohjausjärjestelmien, ABB ja Siemens, laajimpien järjestelmien eroavaisuuksia.</p> <p>Työn lähteinä käytettiin Suomen sähkölakia ja standardeja, laitemanuaaleja sekä alan muuta kirjallisuutta. Näiden pohjalta laadittiin monipuolinen tutkimus, josta selviää pienjännitemoottorin suojaustapojen lisäksi myös suojausta velvoittavat lait ja vaatimukset ennen asennusta ja käyttöönottoa sekä niiden jälkeen.</p> <p>Insinööriyön tuloksena hyödyllinen tutkielma, josta saa hyvän käsityksen pienjännitemoottorien suojauksen vaatimuksista ja toteutustavoista Suomen voimalaitoksilla.</p>	
Avainsanat	pienjännitemoottori, moottorin suojaus, moottorin ohjaus, parametrinti

Author	Aki Moilanen
Title	Low Voltage Motor Protection in Power Plants
Number of Pages	48 pages + 3 appendices
Date	30 March 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Mikko Parkkonen, Project Director Eero Kupila, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was to study the classic relay protection of the low voltage motor and the modern intelligent motor management system in Finnish power plants and to document the findings accordingly. In addition the thesis examines parameterizing the intelligent protection.</p> <p>Parameterizing was examined through the use of Siemens' parameterizing program. The thesis also compares ABB's most comprehensive motor management system to Siemens' competing system.</p> <p>References for the thesis include the Finnish electricity law and standards, device manuals and other literature in the field of electrical engineering. The documentation includes, in addition to low voltage motor's protection, the laws and requirements of the protection before and after the installation and commissioning.</p> <p>The result of his thesis is a thorough study on the subject matter. It gives a good understanding of the requirements of low voltage motor protection and its execution in Finnish power plants.</p>	
Keywords	low voltage motor, motor protection, motor control, parameterizing

Sisällys

Alkusanat

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Siemens Osakeyhtiö	1
1.2	Helsingin Energia	1
2	Sähkölaitteiston suojauksen standardit, asetukset ja määräykset	3
2.1	Sähkölaitteiston suojaus	3
2.2	Suojaus lämmön vaikutukselta	4
2.3	Sähkölaitteiston rakenne ja huolto	4
3	Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset	6
4	Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella	7
4.1	Pienjännitemoottorin klassinen suojaus	8
4.1.1	Sulake	10
4.1.2	Ylikuormitusrele	10
4.1.3	Kontaktori	12
4.1.4	Kytkinvaroke	12
4.1.5	Katkaisija	13
4.1.6	Kuormankytkin	14
4.1.7	Moottorinsuojakytkin	15
4.1.8	Aikarele	15
4.1.9	Apurele	16
4.1.10	Valvontarele	17
4.1.11	Virtamuuntaja	18
4.2	Pienjännitemoottorin älykäs suojaus	19
5	ABB Universal Motor Controller -moottorinohjausjärjestelmät	20
5.1	UMC22-FBP-moottorinohjausjärjestelmä	21
5.1.1	UMC22-FBP:n rakenne	21
5.1.2	UMC22-FBP:n ohjaus- ja suojaustoiminnot	22

5.2	UMC100-FBP-moottorinohjausjärjestelmä	23
5.2.1	UMC100-FBP:n rakenne	23
5.2.2	UMC100-FBP:n ohjaus- ja suojaustoiminnot	24
6	Siemens SIMOCODE pro -moottorinohjausjärjestelmät	25
6.1	SIMOCODE pro C -moottorinohjausjärjestelmä	27
6.1.1	SIMOCODE pro C:n rakenne	28
6.1.2	Pro C:n ohjaus- ja suojaustoiminnot	28
6.2	SIMOCODE pro S -moottorinohjausjärjestelmä	29
6.2.1	SIMOCODE pro S:n rakenne	29
6.2.2	Pro S:n ohjaus- ja suojaustoiminnot	30
6.3	SIMOCODE pro V -moottorinohjausjärjestelmä	31
6.3.1	SIMOCODE pro V:n rakenne	31
6.3.2	Pro V:n ohjaus- ja suojaustoiminnot	32
7	Älykkäiden moottorinohjausjärjestelmien vertailu	34
7.1	Perusyksiköt ja laajennusmoduulit	34
7.2	Toiminnot	35
7.2.1	Ohjaustoiminnot	35
7.2.2	Suojaustoiminnot	36
8	Suojauksen parametointi	36
8.1	SIMOCODE ES -parametointiohjelma	37
8.2	Moottorin suojauksen parametointi	37
8.2.1	PROFIBUS DP -väylän ja ohjaustavan parametointi	38
8.2.2	Moottorikohtainen parametointi	40
8.2.3	Parametrien lataus SIMOCODE prolle	40
9	Sähkölaitteiston käyttöönotto	41
9.1	Sähkölaitteiston käyttöönoton määräykset	41
9.2	Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus	42
9.2.1	Aistinvarainen tarkastus	42
9.2.2	Käyttöönottomittaukset	44
9.3	Sähkölaitteiston käyttöönoton dokumentointi	44
9.4	SIMOCODE pron käyttöönotto	45
10	Yhteenveto	46
	Lähteet	47

Liitteet

Liite 1. Yleisesti käytettyjen aikareleiden päätoimintojen toimintakaaviot

Liite 2. ABB UMC:n elektronisen ylikuormitussuojauksen laukaisuaikakäyrät

Liite 3. Siemens SIMOCODE pron elektronisen ylikuormitussuojauksen laukaisuaikakäyrät

Lyhenteet

ABB	<i>Asea Brown Boveri</i> ; ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni
AG	<i>Aktiengesellschaft</i> ; saksalainen yhtiömuoto. Lähin suomenkielinen vastine on osakeyhtiö
AM	<i>Analog Module</i> ; SIMOCODE pro V:n analogimoduuli
BU	<i>Basic Unit</i> ; SIMOCODE pron perusyksikkö
cos φ	<i>Tehokerroin</i> ; vaihtovirtakuormissa pätötehon suhde näennäistehoon
DM	<i>Digital Module</i> ; SIMOCODE pro V:n digitaalimoduuli
FAT	<i>Factory Acceptance Test</i> ; testi, jossa testataan simuloidusti järjestelmän toimivuus mm. vikatilanteessa
FBP	<i>Field Bus Plug</i> ; ABB:n kommunikoivat ohjaus- ja suojauskomponentit
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> ; kansainvälinen sähköalan standardisointiorganisaatio
IM	Current Measuring Module; SIMOCODE pro C/S:n virranmittausmoduuli
I/O	<i>Input/Output</i> ; komponentin signaalien tulo/lähtö
IP	<i>Ingress Protection rating</i> ; IP-luokitus kertoo sähkölaitteiden tiiviiden
KTM	<i>Kauppa ja teollisuusministeriö</i> ; suomalainen ministeriö, joka yhdistettiin 1.1.2008 työ- ja elinkeinoministeriöön
LED	<i>Light-emitting diode</i> ; puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta
OP	<i>Operator Panel</i> ; SIMOCODE pro C/S:n käyttöpaneeli

OPD	Operator Panel (Display); SIMOCODE pro V:n näytöllinen käyttöpaneeli
PELV	maadoitettu kosketusjännitesuojausjärjestelmä
PLe	<i>Performance level</i> ; EN ISO 13849-1 -standardin määrittelemä turvallisuustaso, joista PLe on korkein taso
PROFIBUS	<i>Process field bus</i> ; käytetään teollisuudessa liittämään kenttälaitteita automaatiojärjestelmään
- PA	<i>PROFIBUS Process Automation</i> ; väylä prosessiautomaation kenttälaitteiden liittämiseen automaatiojärjestelmään IEC 6158-2 mukaisesti
- DP	<i>PROFIBUS Distributed Periphery</i> ; väylä hajautettujen kenttälaitteiden liittämiseen automaatiojärjestelmään
PROFINET	<i>Process field Ethernet</i> ; teollisuuden ethernetstandardi. Mahdollistaa myös langattoman tiedonsiirron
PTC	<i>Positive Temperature Coefficient</i> ; termistori, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. PTC-vastuksia käytetään mm. ylikuormitussuojana
SAT	<i>Site Acceptance Test</i> ; testi, joka pitää sisällään järjestelmän siirtämisen ja hyväksynnän lopulliseen ympäristöönsä
SELV	maasta erotettu kosketusjännitesuojausjärjestelmä
SFS	Suomen standardisoimisliitto, joka julkaisee standardeja suomeksi ja on mukana kansallisten standardien luomisessa
SIMOCODE	<i>Sirius motor management and control devices</i> ; Siemensin modululaarinen moottorin ohjaus- ja suojausjärjestelmä vakionopeuspienjännitemoottoreille
- DP	<i>SIMOCODE Decentralized Peripherals</i> ; Siemensin vanhempi moottorin-suojausjärjestelmä

-ES	SIMOCODE-parametrintiohjelma
SIL3	<i>Safety Integrity Level</i> ; IEC EN 62061 -standardin määrittelemä turvallisuustaso, joista SIL3 on korkein taso
UM	<i>Current/voltage Measuring Module</i> ; SIMOCODE pro V:n virran-/jännitteenmittausmoduuli
UMC	<i>Universal Motor Controller</i> ; ABB:n älykäs moottorinohjausjärjestelmä
VAC	Vaihtojännite; vaihtojännitteessä jännite vaihtelee negatiivisen ja positiivisen huippuarvon välillä
VDC	Tasajännite; tasajännite on vakiona pysyvä jännite

1 Johdanto

Insinööriyössä tutkitaan pienjännitemoottorien eli alle 1 000 V moottorien klassista suojausta ja sen rakennetta voimalaitoksella sekä tutustutaan Suomessa yleisimmin käytettyihin ABB:n ja Siemensin nykyaikaisiin älykkäisiin suojausjärjestelmiin. Työn painopiste on Siemensin suojausjärjestelmässä, sillä työn tekijä osallistuu Helsingin Energian Salmisaaren voimalaitoksen modernisointiprojektiin, jonka sähköistyksen modernisoinnin Siemens osakeyhtiö toteuttaa vuosien 2014 - 2015 aikana.

Insinööriyön tavoitteena on luoda kattava tutkielma Suomen voimalaitosten pienjännitemoottorien klassisesta relesuojauksesta ja nykyaikaisesta älykkästä suojauksesta sekä älykkään suojauksen parametroidusta. Lisäksi tarkoituksena on tutustuttaa lukija Suomen voimalaitosten suurimpien moottorinsuojautoimittajien järjestelmiin. Työ on tehty Siemens Osakeyhtiölle. Siemens Osakeyhtiön asiakkaana projektissa on Helsingin Energia.

1.1 Siemens Osakeyhtiö

Siemens Osakeyhtiö on saksalaisen Siemens AG:n 100-prosenttisesti omistama tytäryhtiö. Siemens Oy toimii Suomen lisäksi Virossa, Latviassa ja Liettuassa paikallisten aluetoimistojen kautta. Sen liikevaihto on noin 300 miljoonaa (2012/13) ja se työllistää noin 620 henkilöä. Siemens AG toimii noin 190 maassa, sen liikevaihto oli 2012/13 n. 75,9 miljardia euroa ja henkilöstömäärä on noin 362 000. [17].

1.2 Helsingin Energia

Helsingin Energia on yksi Suomen suurimmista energia-alan yrityksistä. Se on perustettu vuonna 1909. Helsingin Energia myy sähköä eri puolille Suomea. Helsingissä se myy sähkön lisäksi myös kaukolämpöä ja kaukojäähdytystä. Yritys tuottaa sähköä myös Helsingin ulkopuolella omistaen muun muassa neljä vesivoimalaitosta Kymijoesa. Lisäksi se on osakkaana Vantaan Energia Oy:ssä. [6.]

Helsingin Energian Salmisaaren voimalaitokseen lukeutuu kaksi erillistä voimalaitosta: Salmisaari A- ja Salmisaari B-voimalaitos. A-voimalaitos aloitti toimintansa vuonna 1953 tuottamalla sähköä. Vuonna 1957 se alkoi tuottamaan myös kaukolämpöä ensimmäisenä laitoksena Helsingissä. Vuonna 1984 sen rinnalle rakentui Salmisaari B-voimalaitos. Nykyisin Salmisaaren voimalaitos tuottaa 160 MW sähköä ja 300 MW kaukolämpöä. [13.]

2 Sähkölaitteiston suojauksen standardit, asetukset ja määräykset

Voimalaitoksen sähkökojeille asetetaan turvallisuusvaatimuksia. Suomessa vaatimusten takana ovat sähköturvallisuuslaki ja -määräykset. Vaatimukset ilmoitetaan yleensä standardeissa. Suomen SFS-standardit perustuvat kansainvälisiin IEC-standardeihin. [5, s. 235.]

Voimalaitoksen sähkölaitteet tulee varustaa soveltuvilla suojauslaitteilla. Suojauksen tarkoituksena on varmistaa, että sähköverkon häiriötilanteessa voimalaitoksen toimintakyky säilyy mahdollisimman hyvänä. Lisäksi suojauksen tarkoituksena on estää huonolaatuisen sähkön, joka voi rikkoa muiden verkonkäyttäjien laitteita, siirtyminen kuluttajille. Pahimmillaan huonolaatuinen sähkö voi aiheuttaa vakavia turvallisuusriskejä ihmisille ja eläimille. [7.]

2.1 Sähkölaitteiston suojaus

Pienjännitemoottorit ovat sähkölaitteistoja. Sähkölaitteistot on Kauppa ja Teollisuusministeriön (myöhemmin KTM) päätöksen 1193/109 nojalla suojattava. *Perussuojaus* (aiemmin *kosketussuojaus*) tarkoittaa, että ehjän ja normaalissa käytössä olevan sähkölaitteen jännitteiset osat tulee suojata kosketukselta, jos kosketuksesta voi aiheutua vaara sähköiskusta. Perussuojaus tulee KTM:n päätöksen mukaan toteuttaa siten, että estetään virran kulku ihmisen tai eläimen kautta koteloimalla tai eristämällä sähkölaitte tai vaihtoehtoisesti rajoittamalla virran suuruus vaarattoman pieneksi. Jos eristys tai kotelointi ei jostakin syystä, esimerkiksi teknisesti tai taloudellisesti, ole mahdollista, voidaan jännitteiset osat sijoittaa kosketusetäisyyden ulkopuolelle.

Vikasuojaus (aiemmin *kosketusjännitesuojaus*) on nimensä mukaisesti sähkölaitteen suojaus vikatilanteessa. Sähkölaitteet eivät saa aiheuttaa sähköiskun vaaraa myöskään silloin, kun laitteen runkoon tulee vian takia jännite. Vikasuojaus toteutetaan yleensä siten, että viallinen sähkölaitte kytkeytyy nopeasti jännitteettömäksi. Vian poiskytkennän on oltava niin nopea, ettei jännite ehdi aiheuttaa vaaraa, vaikka laitteen jännitteistä runkoa kosketettaisiin vian aikana. Tämä toteutetaan useimmiten ylivirtasuojalla. [4, s. 11.]

2.2 Suojaus lämmön vaikutukselta

Monet teollisuuden sähkölaitteet synnyttävät normaalissa käytössään lämpöä, eikä tämä saa aiheuttaa syttymisvaaraa. Korkeimmat sallitut lämpötilat niin normaalikäytössä, kun vikatilassakin, on määritetty laitestandardeissa. Laittevalmistajat on lisäksi velvoitettu ilmoittamaan tarvittavat suojaetäisyydet mahdollisesti syttyvien materiaalien ja sähkölaitteen välillä. Sähköasentajien on noudatettava valmistajien antamia asennusohjeita. Myöskään sähkölaitteiden pintalämpötilat eivät saa olla niin korkeita, että ne voisivat aiheuttaa palovamman vaaran kosketettaessa. Sähkölaitteiden korkeimmat sallitut pintalämpötilat on määritetty laitestandardeissa. [4, s. 12.]

Sähköjohtimien turvallisuudesta KTM määrää seuraavaa:

Jännitteisissä johtimissa mahdollisesti kulkeva ylivirta ei saa aiheuttaa sellaisia korkeita lämpötiloja tai sähkömekaanisia rasituksia, jotka voivat vahingoittaa ihmisiä, kotieläimiä tai omaisuutta. [4, s. 14].

Sähkölaitteistossa esiintyvän vian yhteydessä on normaalitilanteessa jännitteettömien johtimien ja muiden johtavien osien kestävä niiden kautta mahdollisesti kulkeva vikavirta ilman, että niiden lämpötila nousee vaarallisen korkeaksi tai että niistä aiheutuu mekaanista vaaraa. [4, s. 15].

KTM määrää lisäksi, että suojalaitteen on toimittava sellaisilla virroilla, jännitteellä ja sellaisella nopeudella, että ne takaavat riittävän turvallisuuden. Lisäksi sähkölaitteiston suojausjärjestelmä on pidettävä toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöänsä. [4, s. 16 - 17.]

2.3 Sähkölaitteiston rakenne ja huolto

Sähkölaitteiston rakenteesta KTM:n päätös 93/1894 määrää, että sen on kestävä tarkoitettussa käytössä ja käyttöpaikassa todennäköisesti vaikuttavat ulkoiset rasitukset ja olosuhteet. Sähkölaitteistot on rakennettava keskenään yhteensopivista tarvikkeista, jotka on tarkoitettu kyseiseen käyttöön ja olosuhteisiin, ja joiden rakenne täyttää niitä koskevat säädökset. Laittevalmistaja on velvoitettu toimittamaan laitteen asennus- ja käyttöohjeet ja laitteiston asentajan on noudettava näitä ohjeita. [4, s. 20 - 21, 27, 31.]

Sähkölaitteiston on oltava rakenteeltaan niin selväpiirteinen, että se takaa turvallisen toimimisen laitteistolla. Sen käytöstä ja huollosta ei saa syntyä vaaratilanteita väärinkä-

sityksistä. Lisäksi sähkölaitteistolla on oltava sen käyttöä ja hoitoa varten tarpeelliset merkinnät ja varoituskilvet. Voimalaitoksella myös suojalaitteet sekä johdot ja johtimet on merkittävä siten, että virtapiirit on helppo tunnistaa. Sähkölaitteistosta on laadittava tarvittavat kaaviot ja ohjeet sen käyttöä ja hoitoa varten. Teollisuuden sähköprojektien dokumentointiohjeet ovatkin hyvin laajoja ja tarkkoja.

Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että normaalit testaus-, tarkastus- ja huoltotoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti. Laitteistossa on oltava riittävästi erotuslaitteita, että jopa yksittäiset laitteet voidaan erottaa verkosta edellä mainittuja toimenpiteitä varten. [4, s. 29 - 32.]

Sähköturvallisuuslain 5 § määrää:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. [15, s. 9.]

Lisäksi 13 § määrää:

Sen, joka Suomessa pitää kaupan tai luovuttaa toiselle sähkölaitteita, on voitava osoittaa, että ne ja niiden valmistus täyttävät 5 §:ssä ja 5 a luvussa säädetyt sekä 6 §:n nojalla määrätyt vaatimukset. [15, s. 10.]

Tähän määräykseen perustuvat myös muun muassa sähkölaitteistojen toimituksen FAT ja SAT-testaukset. Laitteiston huollolle ja kunnossapidolle KTM:n 517/1996 10 § määrää seuraavaa:

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. [15, s.36.]

3 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset

Suomen kantaverkkoyhtiö, *Fingrid*, on asettanut järjestelmätekniset vaatimukset Suomen sähköjärjestelmään kytkettyjä vähintään 0,5 MW mitoitustehon omaaville voimalaitoksille. Vaatimukset koskevat uusien voimalaitoksien lisäksi myös vanhoja voimalaitoksia, kun niiden järjestelmäteknisiä ominaisuuksia muutetaan. Vaatimukset on porrastettu taulukossa 1 esitetyllä tavalla mitoitustehon mukaisesti teholuokkiin. [21.]

Taulukko 1. Voimalaitoksen järjestelmäteknisten vaatimusten teholuokat [21].

Teholuokka	Voimalaitoksen mitoitusteho P_{max}
1	$0,5 \text{ MW} \leq P_{max} < 10 \text{ MW}$
2	$10 \text{ MW} \leq P_{max} < 25 \text{ MW}$
3	$25 \text{ MW} \leq P_{max} < 100 \text{ MW}$
4	$P_{max} \geq 100 \text{ MW}$ tai Voimalaitoksen mitoitusteho on vähintään 10 MW ja laitos liittyy Lapissa Valajaskosken ja Pirttikosken 220 kV:n sähköasemien Isoniemen ja Kokkosnivan johtolähtöjen takana sijaitsevaan sähköverkkoon.

Taulukon 1 mukaisesti Salmisaaren voimalaitos kuuluu siis teholuokkaan 4. Teholuokkien vaatimuksien eroja ovat, muun muassa

- Dokumentointi: teholuokalla 1 ei ole niin paljon vaatimuksia, kun muilla kolmella, joilla taas on keskenään yhtä paljon vaatimuksia dokumentoinnissa.
- Mittaukset ja tiedonvaihto: nämä vaatimukset ovat teholuokalla 1 löysemät, kuin teholuokalla 2 ja 3, ja teholuokalla 4 kaikkein tiukimmat.
- Toiminta erilaisilla jännitteillä ja taajuuksilla: vaatimuksissa määritellään mm. millä jännitteellä voimalaitoksen on pystyttävä kytkeytymään järjestelmään ja toiminta lyhytaikaisessa jännitehäiriöissä. Näissäkään teholuokan 1 vaatimukset ei ole yhtä tiukkoja, kun teholuokalla 2 ja 3, ja teholuokalla 4 on tiukimmat vaatimukset.

Voimalaitoksen suojaukseen ja sähkön laatuvaatimukseen teholuokat eivät juurikaan vaikuta, vaan ne ovat yhtä tiukat teholuokasta riippumatta. Aiemmin insinööriyössä käsitellyt vaatimukset ja määräykset (ks. luku 2) on tietenkin täytyttävä. Voimalaitoksen on sähköjärjestelmän häiriöiden aikana pysyttävä verkossa niin kauan, kun se on voimalaitoksen toiminnallisen turvallisuuden kannalta mahdollista.

Voimalaitoksen ja voimalaitosliitynnän suojauksen asetteluarvot on koordinoitava liittymispisteen verkonhaltijan kanssa. Suojauksen suunnittelussa on otettava huomioon sähköjärjestelmässä tapahtuvat lyhytaikaiset voimakkaat muutokset muun muassa jännitteessä, virrassa ja taajuudessa. Voimalaitoksen omistajayritys on velvollinen noudattamaan liittymispisteen verkonhaltijan asettamia sähkön laatuvaatimuksia. [21.]

4 Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella

Voimalaitoksella moottorit ovat hyvin häiriöalttiita. Käytöstä aiheutuvia rasiuksia ovat muun muassa toistuvat käynnistykset ja jumi-tilanteet. Käytön aiheuttamien rasiusten lisäksi moottoreille aiheuttaa häiriöitä myös sähköverkko, esimerkiksi yli- ja alijännitteen muodossa, ja muut ulkoiset häiriötekijät, kuten moottorin likaantuminen, ympäristön lämpötila tai kosteus. Suojauksen avulla pyritään mahdollistamaan moottorin käyttö-
kuntoisuus mahdollisimman pitkään. [10, s. 126; 11, s. 17.]

Voimalaitoksella suojauksen tärkein kriteeri on *selektiivisyys*, joka tarkoittaa, että suojauksen tulee kytkeä irti järjestelmän vikaantunut osa muuta verkon käyttöä häiritsemättä. Muut kaksi suurinta kriteeriä ovat *turvallisuus* ja *nopeus*. Suojauksen on toimitettava niin nopeasti, kuin on tarkoituksenmukaista vikatilanteen leviämisen estämiseksi sekä laite- ja henkilöturvallisuuden takaamiseksi. [16.]

Pienjännitemoottorit suojataan yleensä

- sulakkeella, joka suojaa moottoria maa- ja oikosululta
- lämpöreleellä, joka toimii käynnistyksen valvojana ja suojaa moottoria ylikuormitukselta
- kontaktorilla, jonka lämpörele avaa vian sattuessa.

Lisäksi käytetään myös muita komponentteja, kuten apu- ja valvontareleitä. Apurele on rele, jonka koskettimet toimivat varsinaisen releen toimittua ensin. Valvontareleellä on helppo ilmaista vikatilanne nopeasti esimerkiksi voimalaitoksen valvomonäytölle. Sulake, lämpörele ja kontaktori voidaan myös yhdistää yhdeksi laitteeksi, moottorinsuojakytkimeksi. [11, s. 181.]

Klassisessa suojauksessa yleisimmin käytetyt suojalaitteet, sulake, lämpörele ja kontaktori, ovat usein erillisiä komponentteja. Nykyisissä älykkäissä moottorinohjausjärjestelmissä komponentit on integroitu samaan järjestelmään, joka hoitaa moottorin suojausten lisäksi myös moottorin ohjauksen. [19.]

4.1 Pienjännitemoottorin klassinen suojaus

Moottorien klassinen suojaus toteutetaan moottorinsuojareleillä. Suojarele on mittaava laite, joka havahtuu mitattavan suureen sivuuttaessa releelle asetetun toiminta-arvon ja antaa toiminta-ajan kuluttua katkaisijalle laukaisuvirikkeen. [9, s. 163.]

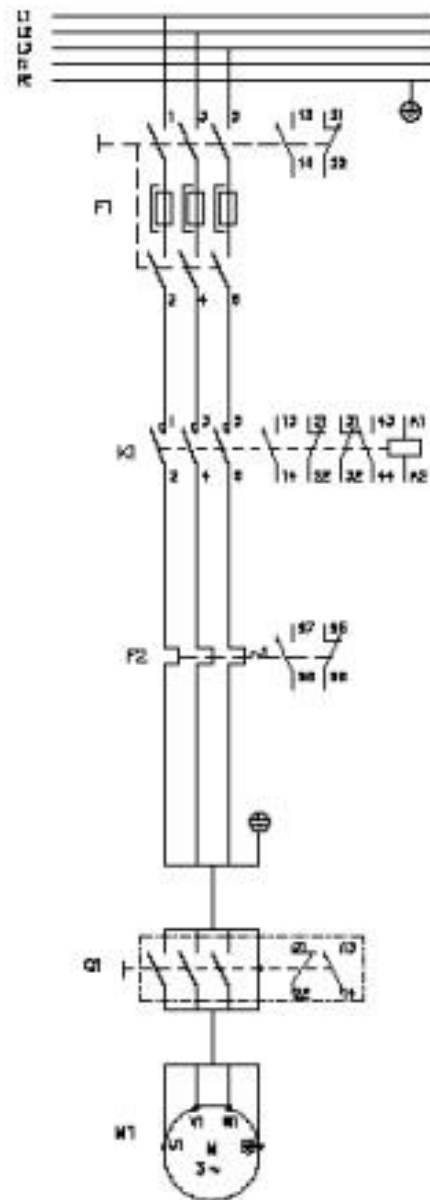
Relesuojauksen tavoite on suojella moottoria liialliselta rasitukselta ja häiriöltä, erityisesti

- käynnistysrasitukselta
- ylikuormitukselta
- ylikämmöltä
- epäsymmetrialta
- ylijännitteeltä
- alijännitteeltä
- sähköverkon oikosululta
- staattorin käämisululta
- staattorin maasululta
- alimagnetoinnilta
- roottorin maasululta
- magnetointipiirin vialta
- tärinältä. [11, s. 170.]

Eri käyttötarkoituksiin on olemassa erilaisia releitä ja niiden koskettimet voivat olla sulkeutuvia, avautuvia tai vaihtokoskettimia. Sulkeutuva kosketin nimensä mukaisesti sulkeutuu releen vetäessä, jolloin virta pääsee kulkemaan. Avautuva kosketin taas avau-

tuu releen vetäessä, jolloin moottorin virransaanti katkeaa. Vaihtokosketin sisältää molempien edellä mainittujen koskettimien toiminnot. [9, s163.]

Kuvassa 1 on esimerkki suoran kolmivaihemoottorin piirikaaviosta, jossa näkyy sulakkeet ($F1$), kontaktori ($K1$) ja lämpöreleet ($F2$) apukoskettimineen.



Kuva 1. Suoran moottorilähdön piirikaavio [20].

Laitteiden valinnassa on syytä noudattaa tarkkaavaisuutta, jotta komponenttien välinen koordinaatio toteutuu. Lämpörele ei saa suurilla virroilla toimia sulaketta nopeammin,

sillä jos sulake ei toimi riittävän nopeasti, kontaktorin virran katkaisukyky ylittyy ja koskettimet hitsaantuvat yhteen. Toisaalta myöskään suuret lyhytaikaiset virrat eivät saa aiheuttaa sulakepaloa, koska tällöin sulake estää moottorin käynnistymisen. [11, s. 181.]

4.1.1 Sulake

Sulakkeella pyritään suojaamaan sähkölaitteen sähköisiä osia ylikuormitukselta. Tämän lisäksi sulake suojaa sähköjohtoja liialliselta kuormitukselta. Sulakkeiden erinomainen virranrajoituskyky perustuu sulakkeen sisällä syntyvään valokaariresistanssin nopeaan kasvuun. Yleensä moottorin suojauksessa käytetään hitaita aM-tyyppin sulakkeita. aM-sulakkeella saavutetaan moottorikäytön suojauksessa vain oikosulkusuojaus. Ylikuormitussuojaus on järjestettävä omalla erillisellä komponentilla, kuten esimerkiksi lämpöreleellä. [9, s. 163.]

Voimalaitoksella käytetään usein kahvasulakkeita, eli varokkeita. Ne ovat edullisia, turvallisia ja niillä on hyvä virranrajoituskyky. Ne asennetaan niille tarkoitetuille varokealustoille. Samassa alustassa voi olla useita erikokoisia varokkeita. [9, s. 180.] Standardi SFS-EN 60269-2 määrittää aM-kahvasulakkeille toiminta-ajat moottorilähtöjen suojaukseen (taulukko 2).

Taulukko 2. aM-kahvasulakkeilta vaaditut toiminta-ajat [9, s. 181.]

	$4 \cdot I_n$	$6,3 \cdot I_n$	$8 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	$12,5 \cdot I_n$	$19 \cdot I_n$
t_{max}	-	60 s	-	-	0,5 s	0,10 s
t_{min}	60 s	-	0,5 s	0,2 s	-	-

Taulukossa 2 I_n on moottorin nimellisvirta, t_{max} on suurin toiminta-aika ja t_{min} pienin sulamisaika. [9, s. 181.]

4.1.2 Ylikuormitusrele

Ylikuormitusrele tarkkailee moottorin verkosta ottamaa virtaa. Moottorin virta lämmittää releen mittauselementtiä samalla tavoin kuin moottorin käämitys lämpenee. Releen lämpenemisaikavakio tulee olla sama kuin moottorilla. Ylikuormitusrelettä kutsutaankin usein sen toimintaperiaatteen vuoksi myös nimellä *lämpörele*.

Ylikuormitusreleen tulee antaa katkaisijalle laukaisuvirike alle kahdessa minuutissa, jos releen tarkkailema virta kohoaa yli 1,5 -kertaiseksi asetus-arvoon nähden. Myös 1,05 -kertaiselle asetusvirralle on määritetty oma laukaisuaika. Tällöin rele ei saa antaa laukaisuvirikettä alle kahdessa tunnissa. [9, s. 163.]

Lämpöreleet jaetaan taulukon 3 mukaisesti neljään laukaisuluokkaan releen laukaisuajan perusteella:

Taulukko 3. Lämpöreleen laukaisuluokat [9, s. 163].

Laukaisuluokka	Laukaisuaika T_p [s]
10 A	$2 < T_p \leq 10$
10	$4 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$

Ylikuormitusrele asennetaan ylikuormitussuojaksi moottorin pääpiiriin. Ylikuormitusrele kiinnitetään mekaanisesti kontaktoriin. Moottoripiirissä lämpörele ei ole oikosulkusuoja ja siksi piiri on suojattava myös etusulakkeilla tai katkaisijalla. [10, s. 118.]

Taajuusmuuttajan kanssa ei tarvita erillistä lämpörelettä, sillä taajuusmuuttaja toimii ylikuormitussuojana. Poikkeus on, jos yhdellä taajuusmuuttajalla syötetään useita moottoreita. Valittaessa komponentteja taajuusmuuttajan suojauksessa on kuitenkin huomioitava, että syöttösulakkeet on aina valittava valmistajan ohjeiden mukaan.

Myöskään pehmokäynnistimen kanssa ei tarvita erillistä lämpörelettä, sillä sekin suojaa moottoria ylikuormitukselta. Pehmokäynnistin tuottaa sen läpi menevästä sähköenergiasta noin 1 % lämpöä. Tämä hukkalämpö estetään usein ohittamalla pehmokäynnistin kontaktorilla moottorin käynnistymisen jälkeen. Tällöin tulee huomioida, että piiri tarvitsee myös erillisen lämpöreleen. Pehmokäynnistimen suojauksessa on huomioitava syöttösulakkeiden yhteensopivuus pehmokäynnistimen valmistajan ohjeiden mukaisesti. [10, s. 142, 147.]

4.1.3 Kontaktori

Kontaktorit ovat teollisuuden sähköasennusten olennaisimpia komponentteja. Kun releet tavallisesti sijoitetaan sähkölaitteen ohjausvirtapiiriin, on kontaktori tarkoitettu päävirtapiiriin. Kontaktoria käytetäänkin ohjaamaan pääjännitettä, suuria virtoja ja suuria sähkötehoja. Kontaktoria valittaessa on tiedettävä, onko kuormitus induktiivista, sillä induktiiviseen kuormaan kytkettäessä syntyy kipinöintiä piirin itseinduktion vaikutuksesta. [10, s. 122.] Taulukossa 4 on nähtävissä kontaktorien käyttöluokat.

Taulukko 4. Kontaktorien käyttöluokat [10, s. 123.]

Käyttöluokka	Kuormitus
AC 1	Helpot kytkentäolosuhteet: resistiivisten kuormien kytkeminen (mm. lämmitysvastukset) tai heikosti induktiivisten kuormien kytkeminen.
AC 2	Normaalit kytkentäolosuhteet.
AC 3	Vaikeat kytkentäolosuhteet: oikosulkumoottorin käynnistimenä, kun kiinnikytkentävirta on sama kuin moottorin käynnistysvirta
AC 4	Erittäin vaikeat kytkentäolosuhteet: oikosulkumoottorin käynnistimenä, kun kytketään ja katkaistaan moottorin käynnistysvirtaa (tippakäyttö, nykäyskäyttö), tehdään vastajarrutuksia ja suunnanvaihtoja.

Moottorikäytöt lasketaan yleisesti vaikeiksi kytkentäolosuhteiksi, joten kontaktoreiksi valitaan yleensä taulukon 4 mukaisesti AC 3 -käyttöluokan komponentit. Lisäksi päävirtapiiriin tulee ennen kontaktoria asentaa joko etusulakkeet tai katkaisijat, sillä oikosulku kontaktorin jälkeisessä piirissä aiheuttaa valokaaren. Valokaaren seurauksena voi pahimmassa tapauksessa olla jopa koko kennon tuhoutuminen. [10, s. 123.]

4.1.4 Kytkinvaroke

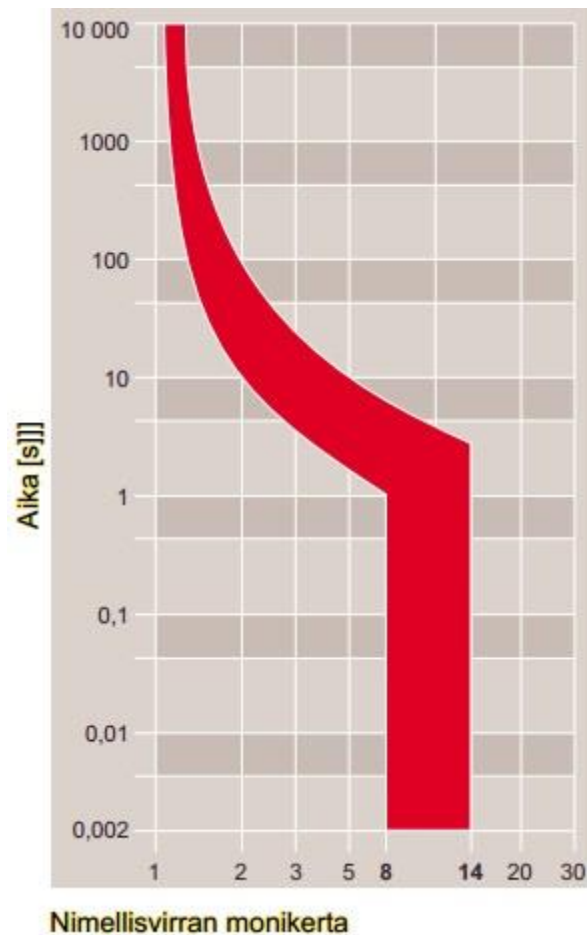
Kytkinvaroke on sähkökeskukseen asennettava kuormakytkimen ja varokealustan muodostama kokonaisuus. Kytkinvaroketta käytetään etenkin isotehoisten moottorien ja muiden kuormitusten pääpiirien erottamiseen syöttävästä sähköverkosta. Niitä käytetään esimerkiksi moottorikäynnistimen oikosulkusuojauksessa. Kytkinvarokkeessa on erillinen väännin, joka kiinnitetään keskuksen kanteen. Keskuksen ollessa jännitteinen, estää väännin kyseisen kennon kannen avaamisen turvallisuussyistä. Kun väännin käännetään aukiasentoon, erottaa se sulakkeen molemmat veitsikoskettimet sekä läh-

töliittimet jännitteettömiksi jonka jälkeen kennon saa auki ja sulake on vaihdettavissa turvallisesti. [10, s. 119.]

4.1.5 Katkaisija

Pienjännitemoottorien käynnistimien suojausten ja kuorman erottimena voidaan käyttää *kompaktikatkaisijaa*. Se koostuu varsinaisessa katkaisijarungosta ja siihen valittavasta suojarieleestä. Lisäksi kompaktikatkaisijaan saa lisävarusteina alijännitekelan, työvirtalaukaisimen, vikavirtasuojakytkimen, erilaisia apukoskettimia ja moottoriohjaimen. Kompaktikatkaisijassa on luotettava asennon osoitus ja vääntimen lukitus, mikä lisää sähkötyöturvallisuutta. [10, s.115.]

Moottorilähdöissä ohjausjännitepiirien suojaamiseen käytetään *johdonsuojakatkaisijoita*. Oikosulkutilanteita varten johdonsuojakatkaisijassa on toimintayksikkönä kiinteästi säädetty magneettinen pikalaukaisija ja ylikuormitusta varten hidastettu terminen laukaisija. Maa- tai oikosulkutilanteessa laukaisu tapahtuu nopeasti, jolloin virta ei pääse kasvamaan vaarallisen suureksi. [10, s .116.] Katkaisijoiden laukaisunopeuden valintaan on tehty erilaisia toimintakäyriä, joista moottoreille käytetään kuvan 2 (ks. s. 14) K-käyrää:



Kuva 2. Johdonsuojakatkaisijan laukaisuajan valintaan käytettävä K-käyrä [1].

Kuvan 2 x-akseli on nimellisvirran monikerta ja y-akseli aika sekunneissa, eli kuinka nopeasti johdonsuojakatkaisijan on toimittava. K-käyrää käytetään moottorien lisäksi muille voimakkaasti induktiivisille kuormille, kuten esimerkiksi muuntajille ja sähkötyökaluille. Useimpiin johdonsuojakatkaisijoihin saa lisävarusteena apu- tai hälytyskoskettimeen, jolloin hälytystieto saadaan myös valvomoon. Voimalaitoksella kaikki häiriötieto tulee valvomoon. [10, s. 116.]

4.1.6 Kuormankytkin

Kuormakytкимиä käytetään pääkytkiminä, erotuskytkiminä ja turvakytkiminä. Turvakytkintä käytetään moottorin tahattoman käynnistyksen estämiseen esimerkiksi huoltotöiden yhteydessä. Turvakytkimen on oltava vikaturvallinen ja sen tulee olla tarkastuslaitoksen hyväksymä. Kuormakytkimet ovat käsikäyttöisiä. [10, s. 118]

4.1.7 Moottorinsuojakytkin

Moottorinsuojakytkimellä valvotaan moottorin ylikuormitusta. Se on hyvin herkkä, laueten jo pienestäkin ylivirrasta, eikä moottori ei pääse ylikuormittumaan. Lisäksi sitä käytetään 1- ja 3-vaihemoottorien suoraan käynnistämiseen ja pysäyttämiseen. Moottorinsuojakytkin asetellaan moottorin nimellisvirran mukaan, joka löytyy moottorin arvokilvestä.

Moottorinsuojakytkimen toiminta perustuu lämpötilaan. Se on tehty kahdesta yhteen liitetystä eri lämpöpitenemisominaisuudet omaavasta metalliliuskasta. Tätä kokonaisuutta kutsutaan *bi-metalliliuskaksi*. Bi-metalliliuskan ympäri on kierretty vastuslankaa, joka lämpenee moottorin virran kulkiessa sen läpi. Vastuslanka lämmittää liuskaa, joka taipuu ja laukaisee halutulla virran arvolla metallisen kytkimen.

Myös ympäristön lämpötilalla on merkitystä moottorinsuojakytkimen toimintaan. Moottorinsuojakytkimet suunnitellaan +20 °C:n lämpötiloille ja kytkimelle asetettavaa nimellisivirtaa on lisättävä kytkimestä riippuen esimerkiksi yhden prosentin jokaista celsiusastetta kohden. Moottorinsuojakytkimet voivat nykyisin olla myös lämpötilakompensoituja, jolloin nimellisivirtaa ei tarvitse erikseen asetella, vaan kytkin säättää itse itsensä ympäröivän lämpötilan mukaan. [10, s. 117.]

Moottorinsuojakytkimistä osa voi toimia myös oikosulkusuojana. Jos näin ei ole, on käytettävä valmistajan määräämää etusulaketta. Moottorinsuojakytkimiin saa lisävarusteena merkkivaloja, alijännitelaukaisijoita ja hälytyskoskettimen, jolloin hälytystieto saadaan myös valvomoon. [4, s. 322; 10, s. 117.]

4.1.8 Aikarele

Aikareleitä käytetään paljon ohjaustekniikan sovelluksissa, joissa toimintaan ei tarvita muita muutoksia kuin satunnaisia aikojen säätöjä. Taulukossa 5 (ks. s. 16) on nähtävissä muutama yleisesti käytetty aikareleiden päätoiminta ja sovellusesimerkkejä. [10, s. 125.]

Taulukko 5. Yleisesti käytetyt aikareleiden päätoiminnot [10, s. 125].

Toiminta	Toimintaperiaate	Sovellusesimerkki
Vetohidastus	Releen syöttöjännitteen kytkemisen jälkeen säädetyn ajan jälkeen releen ulostulokoskettimet vaihtavat tilaansa.	Automaattisen tähtikolmiokäynnistyksen aikarele, moottorin käynnistyshidastus toisen moottorin käynnistyksen ajaksi.
Päästöhidastus	Releen ohjauspulssin kytkemisen yhteydessä ulostulokoskettimet vaihtavat tilaansa. Säädetyn ajan kuluttua ulostulokoskettimet palaavat alkutilaansa.	Porttien ohjaus, lämmityspuhaltimen jälkikäynti, valaistuksen ohjaus.
Työ-tauko -toiminto	Rele tekee halutun mittaista pulssimaista auki-kiinni-auki-sykliä.	Suodattimien ajoittainen huuhtelu paineilmalla, tuuletinien ohjaus.
Vilkkurele	Rele tekee vakiopituista pulssimaista työ-taukosykliä.	Vilkkujännitteen kehittäminen merkkilampuille.

Aikareleille on myös lukuisia muita toimintoja. Taulukossa 5 esitetyt toiminnot ovat eniten käytettyjä, ja niiden tarkempi toimintatapa on nähtävissä liitteen 1 toimintakaaviossa.

4.1.9 Apurele

Teollisuuden sähkökäytössä apurele on hyvin yleinen komponentti. Ne asennetaan ohjausvirtapiiriin. Apureleita käytetään voimalaitoksella esimerkiksi välittämään koskettintietoja automaatiojärjestelmälle. Lisäksi sillä on helppo erottaa eri jännitetasot toisistaan galvaanisesti.

Teollisuudessa käytetään yleensä kolmea erilaista apurelettä:

- *riviliitinrele* on kapea ja pienikokoinen rele. Ne on usein automaatiojärjestelmän ohjaamia releitä. Vaihdettaessa riviliitinrelettä joudutaan usein irrottamaan releen johtimet.
- *kantaliitinrele* on helppo vaihtaa, sillä se on kiinnitetty erilliseen relekantaan litteillä pistokkeilla. Vaihdettaessa johtimia ei tarvitse irrottaa.
- *pistokantarele* asennetaan myös erilliseen relekantaan työntämällä. Siinä on pyöreät pistoketapit, jotka on asennettu kehän muotoon. Vaihdettaessa relekannan johtimia ei tarvitse irrottaa. [10, s. 119.]

4.1.10 Valvontarele

Valvontareleillä ei ole mahdollista ehkäistä vikojen syntyä, mutta niiden avulla voidaan ilmaista vika nopeasti sen esiintyessä. Voimalaitoksella valvomo saa näytölle tiedon kaikista klassisesti suojattujen moottorien vioista juuri valvontareleiden avulla. Valvontareleen tarkoitus on minimoida laitevaurioita ja nostaa siten laitoksen käyttövarmuutta.

Sähkölaitteiden yli- ja alivirran valvontaan käytetään *virran valvontareleitä*. Se on perinteistä lämpörelettä nopeampi. Ylivirtatilanteita on esimerkiksi laitteiston jumiutuminen ja alivirtaesimerkkinä kuljetinhihnan katkeaminen. [10, s. 126 - 127.]

Moottorin ylikuormitusta valvotaan *ylikuormitus- eli lämpötilareleellä*. Tämä valvoo kuitenkin vain ylivirtaa, jolloin esimerkiksi moottorin likaantumisen aiheutuva kohtuuton lämpötilannousu voi vaurioittaa moottoria releen huomaamatta. Tällöin sähkömoottorin staattoriin asennetaan mitta-anturiksi PTC-termistori. PTC-termistorin resistanssi kasvaa lämpötilan kasvaessa, ja kun asetettu arvo ylitetään, rele vetää ja irrottaa moottorin verkosta. Tällöin myös esim. Likaantumisen aiheutuva lämpötilannousu huomataan.

Verkkajännite voi nousta liian suureksi, jolloin erityisen herkäät sähkölaitteet voivat rikkoutua. Ne irrotetaan sähköverkosta *ylijännitereleen* avulla. Moottorit eivät hajoa pienestä ylijännitteestä, vaan sietävät ylijännitettä hyvin. Sen sijaan alijännite nostaa moottorien vaihevirtoja aiheuttaen ylikuormitusta. Tällöin moottori irrotetaan sähköverkosta *alijännitereleen* avulla. Alijänniterelettä käytetään myös akustojen jännitteen valvontaan ja varavoimageneraattorien käynnistämiseen.

Moottorin kuormitusrele, toiselta nimeltään *cosφ -rele*, valvoo moottorin tehokerrointa. Tehokerroin on moottorin pätötehon suhde näennäistehoon, eli moottorin hyötysuhde. Rele mittaa moottorin menevän virran ja jännitteen välistä vaihekulmaa. Tehokerroin pienenee moottorin alikuormittumisen yhteydessä. Tällainen tilanne on esimerkiksi kuljetinhihnan katkeaminen. Hihnan katketessa moottorin kuormitus pienenee joka johtaa $\cos\phi$:n huononemiseen. [10, s. 129 - 131.]

Kolmivaiheinen vaiheseurantarele vahtii vaiheiden L1-L2-L3 oikeaa järjestystä ja niiden olemassaoloa. Eräät pumpit ja kuljettimet rikkoontuvat välittömästi, jos ne pyörähtävät väärään suuntaan, joten vaiheet tulee olla oikeassa järjestyksessä. Vaiheet voivat

mennä väärään järjestykseen joko asennuksessa, tai huollon yhteydessä. Rele ei myöskään anna moottorin pyöriä kaksivaiheisena.

Moottorin normaalia käyntiä, pysähtymistä, jumiutumista ja moottorin akselin alikierroksia valvotaan *alikierronvahtireleellä*. Moottorin akselille asennetaan erillinen laitetyyppistä riippuva ilmaisim, josta rele saa käyntitiedon. [10, s. 132.]

4.1.11 Virtamuuntaja

Virtamuuntajia käytetään, kun suuren nimellisvirran omaavaa sähkömoottoria suojataan lämpöreleellä. Virtamuuntaja muuntaa suuren ensiövirran lämpöreleelle sopivaksi. Virtamuuntaja suojaa mittauspiiriä erottamalla sen galvaanisesti päävirtapiiristä. On tärkeää, että virtamuuntaja asennetaan virtapiiriin oikein päin, sillä sen ensiöpuolella on vain vähän johdinkierroksia, tai usein pelkkä suora virtakisko. Toisiopuolella sen sijaan on paljon johdinkierroksia, riippuen ensiöpuolen virrasta. Toisiopuolen virta on usein viisi ampeeria, sillä toisiokoneet valmistetaan viiden ampeerin nimellisvirralle.

Virtamuuntajat noudattavat yleistä muuntajien muuntosuhdetta, joka on laskettavissa kaavalla

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}, \quad (1)$$

missä I_1 on ensiön virta, I_2 on toision virta, N_1 on ensiön johdinkierrosten lukumäärä ja N_2 on toision johdinkierrosten lukumäärä. [10, s. 134.]

Kaavalla 1 on virtamuuntajaa mitoittaessa helppo laskea toision johdinkierrosten lukumäärä, kun virtamuuntajaa valittaessa tiedetään ensiön virta I_1 , sillä kuten edellä mainittiin, on ensiön johdinkierrosten lukumäärä N_1 usein yksi ja toision virta I_2 mitoitetaan usein viiteen ampeeriin:

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow N_2 = \frac{I_1 N_1}{I_2} = \frac{I_1}{I_2}.$$

Virtamuuntajaa käytetään myös mittaustarkoitukseen silloin, kun halutaan mitata pääkeskuksen kiskostoissa jatkuvasti kulkevia virtoja. Tällöinkin toisiokojeena käytetään

yleensä viiden ampeerin virtamittaria, joka asennetaan yleensä kennon oveen. Mittaus-tarkoitukseen virtamuuntajaa käytetään esimerkiksi moottorin kuormitusreleen yhteydessä. [10, s. 131, 134.]

4.2 Pienjännitemoottorin älykäs suojaus

Voimalaitoksilla tarvitaan usein tuhansia moottoreita. Tämä edellyttää nykyaikaista tekniikkaa, jotta yhteys prosessiohjaus- ja automaatiojärjestelmien ja kentän välillä säilyy keskeytymättömänä. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää, että moottori on helppo liittää ohjaus- ja valvontajärjestelmään. Nykyaikainen suojaus perustuu väyläohjattuihin paikallisen älyn omaaviin ohjelmoituihin komponentteihin ja niiden parametroitaviin asetusarvoihin. [2; 16.]

Älykäs moottorinohjaus auttaa parantamaan prosessiohjausjärjestelmän luotettavuutta pienentäen samalla kustannuksia. Siihen sisältyy kaikki moottorin ohjaukseen ja suojaukseen liittyvät toiminnot. Sen ohjauspiiri on huomattavasti perinteisen suojauksen ohjauspiiriä yksinkertaisempi ja myös monimutkaiset lähdöt on mahdollista toteuttaa ilman apureleitä ja vähäisellä johdotuksella. Sen etuja perinteiseen ohjaustapaan nähden on muun muassa kompaktiin tilaan sopiva monipuolinen ja älykäs moottorinsuojateknikka sekä pienemmät suunnittelu-, asennus- ja kunnossapitokustannukset. [19.]

Vahinkojen ehkäisyä auttaa mahdollisuus asettaa älykkääseen moottorinsuojajärjestelmään hälytysrajoja, jolloin mahdolliseen vikatilanteeseen voidaan puuttua ajoissa. Havainnollistetaan tilannetta esimerkillä:

Taulukossa 6 on esitetty moottorin M01 lämpötilamittauksen hälytysraja-asetusarvot.

Taulukko 6. Esimerkkimoottorin M01 lämpötilamittauksen hälytysraja-arvot

Funktio	Asetusarvo
Varotus	+50 °C
Hälytys	+80 °C
Laukaisu	+100 °C

Moottorin lämpötilan noustessa yli +50 °C:n, tulee valvomon hälytysnäytölle varotus, jossa kerrotaan kyseisen lämpötilapiirin ylittäneen asetetun varoitusarvon. Tällöin operaattoreilla on vielä hyvää aikaa reagoida vikaan ja estää se tai minimoida sen vaiku-

tus. Jos lämpötila nousee yli +80 °C:n, tulee hälytysnäytölle punainen vilkkuva hälytys. Tällöinkin on vielä aikaa esimerkiksi ajaa moottori alas manuaalisesti. +100 °C:n ylittyessä moottorin ylikuormitusrele vetää ja virransyöttö moottorille katkeaa. Hälytys- ja laukaisuraja voi olla myös yhdistetty, jolloin piirissä on vain varoitus ja laukaisu, josta tulee hälytys.

Älykäs moottorinohjaus toteutetaan kenttäväyläteknikalla. PROFIBUS on valmistajariippumaton avoin kenttäväylästandardi. Sitä käytetään älykkäässä moottorien ohjauksessa ja suojauksessa kenttälaitteiden liittämiseen automaatiojärjestelmään. PROFIBUS toimii *master-slave*-periaatteella (isäntä-orja-periaate), jossa PROFIBUS -verkko, kontrollerit ja prosessijärjestelmä ovat käskyjä antavia isäntiä ja käskyjä vastaanottavat sensorit ja käyttölaitteet ovat orjia. Yhteen PROFIBUS -väylään voidaan kiinnittää enintään 126 laitetta. Jokaiselle laitteelle annetaan yksilöllinen väyläosoite, 0 - 125. [19].

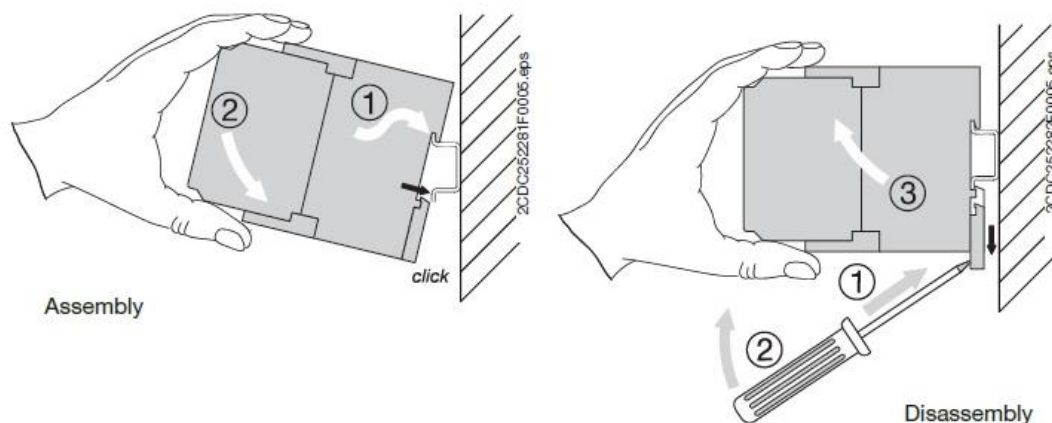
PROFIBUS -kenttäväylästä on olemassa kaksi eri versiota; PROFIBUS DP ja PROFIBUS PA. PROFIBUS DP:tä käytetään hajautettujen kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmän väliseen kommunikointiin. PROFIBUS PA on laajennettu versio DP:stä ja sitä käytetään erityisesti prosessiautomaatiossa. Versiot ovat yhteensopivia keskenään, kun käytetään PA/DP- tai DP/PA -yhdistintä. [12.]

Koska Suomessa voimalaitosten pienjännitemoottorien suojauksen toteuttaa pääasiassa joko ABB tai Siemens Osakeyhtiö, tutustutaan insinööriyössä tarkemmin näiden kahden valmistajan älykkäisiin moottorinsuojausjärjestelmiin.

5 ABB Universal Motor Controller -moottorinohjausjärjestelmät

Universal Motor Controller on ABB:n suunnittelema älykäs moottorinohjausjärjestelmä pienjännitemoottoreille. Saatavilla on kaksi keskenään yhteensopivaa eri laajuista ohjausjärjestelmää; UMC22-FBP ja UMC100-FBP. FBP-järjestelmällä moottorinohjausjärjestelmä pystytään liittämään mihin tahansa automaatiojärjestelmään ja kenttäväylään oikeanlaisella FBP-sovittimella. Moottorin täydellinen suojaus on taattu myös silloin, jos esimerkiksi automaatio- tai kenttäväyläjärjestelmä vikaantuu.

Molemmat UMC-järjestelmät toimivat myös ilman FBP-järjestelmää. UMC-komponentit liitetään pienjännitemoottorilähtökeskuksen standardoituun DIN-kiskoon kuvan 3 osoittamalla tavalla: [2.]



Kuva 3. UMC-komponentin asennus DIN-kiskoon ja irrottaminen -kiskosta [2].

5.1 UMC22-FBP-moottorinohjausjärjestelmä

UMC22-FBP on väyläohjattu moottorinohjain, joka ohjaa ja suojaa moottoria virta-alueella 0,24 - 64 A. Suuremmille virroille, aina 850 A saakka, on lisätarvikkeena saatavana lisävirtamuuntaja. UMC22-FBP liitetään automaatiojärjestelmään PROFIBUS DP -väylällä.

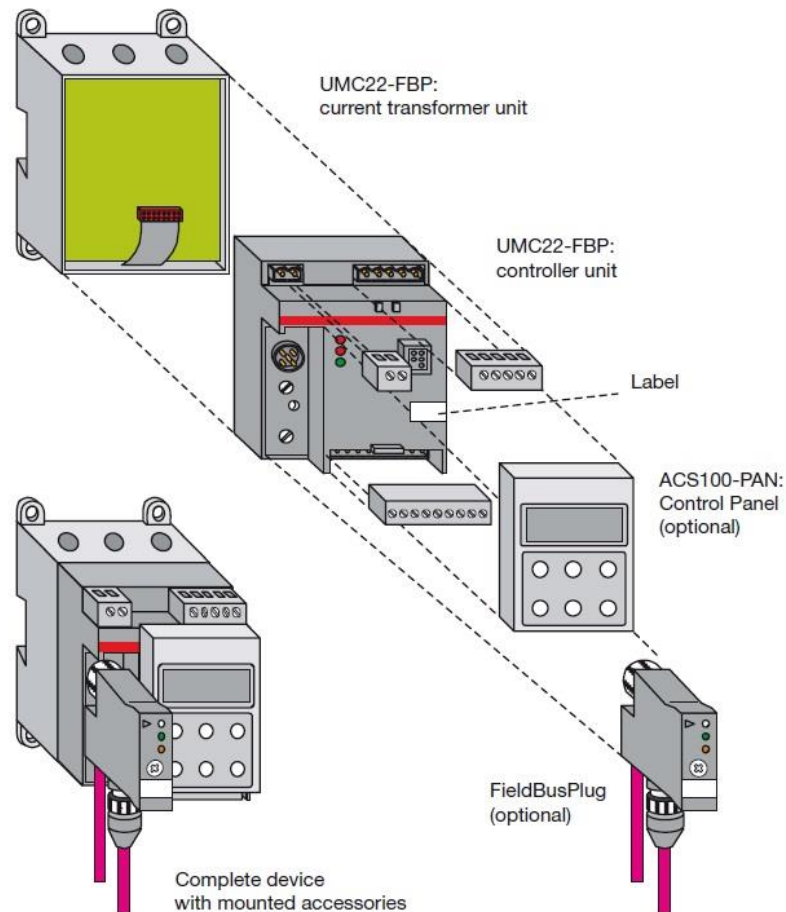
5.1.1 UMC22-FBP:n rakenne

UMC100-FBP koostuu yhdeksi komponentiksi integroidusta virtamuuntajasta ja perusyksiköstä sekä siihen asennettavista laajennusmoduuleista. Perusyksikössä on kuusi digitaalista tuloa, yksi PTC-tulo lämpötila-anturille ja kolme relelähtöä. Kolme kuudesta digitaalisesta tulosta on parametroitavissa tiettyyn toimintoon, kuten esimerkiksi hätäkäynnistys- tai vikatuloksi. Lisäksi perusyksikkö on varustettu kolmella merkkivalolla, jotka ilmaisevat moottorin olevan

- valmis käytettäväksi (vihreä)
- käynnissä (keltainen)

- vikatilanteessa (punainen).

Lisävarusteena UMC22-FBP:n voi hankkia näytöllisen ACS100-PAN -käyttöpaneelin, jolla moottorinhallintajärjestelmää voidaan käyttää sekä määrittää parametreja paikallisesti ja kopioida parametreja UMC22-FBP-lisäohjaimille. Ohjauspaneeli voidaan asettaa kojeiston oveen käyttämällä erillistä oviasennussarjaa tai suoraan perusyksikköön kuvan 4 osoittamalla tavalla. [3.]



Kuva 4. UMC22-FBP:n rakenne. [3.]

5.1.2 UMC22-FBP:n ohjaus- ja suojaustoiminnot

UMC22-FBP:n ohjaustoimintoina on suora- ja suunnanvaihtokäynnistin, tähti-kolmio-, toimilaitte- ja navanvaihtokäynnistin sekä I/O-tila, jolloin UMC22 toimii aivan kuten normaali I/O-kortti. Lisäksi siinä on integroituna elektroninen ylikuormitusrele, joka toimii myös I/O-tilassa. Suojaustoimintoina UMC22-FBP:ssä on

- ylikuormitussuojaus
- roottorin jumisuoja
- vaihevikavalvonta
- maasulkusuojaus, erisillisellä virtamuuntajalla
- moottorin termistorisuojaus. [3.]

Ylikuormitussuojauksen laukaisuaika riippuu suojauksen luokasta. UMC22-FBP:ssä luokka on säädettävissä, ja vaihtoehdot ovat 5E, 10E, 20E, 30E. Suojausluokkien laukaisuaikakäyrät on nähtävissä liitteessä 2.

5.2 UMC100-FBP-moottorinohjausjärjestelmä

UMC100-FBP on modulaarinen ja älykäs moottorinohjausjärjestelmä vakionopeudella pyöriville pienjännitemoottoreille. UMC100-FBP on paranneltu versio UMC22-FBP:stä. Uusia toimintoja verrattuna vanhaan on paljon. UMC100-FBP voidaan liittää automaatiojärjestelmään PROFIBUS DP -väylän lisäksi myös monen muun valmistajan väylällä.

5.2.1 UMC100-FBP:n rakenne

UMC100-FBP koostuu perusyksiköstä ja siihen asennettavista laajennusmoduuleista. Perusyksikössä on kuusi konfiguroitavaa digitaalista tuloa, yksi PTC-tulo, kolme relelähtöä ja yksi 24 V:n digitaalinen lähtö. Perusyksikön saa virta-alueelle 0,24 - 63 A, ja suurempia virtoja varten on saatavana erillinen lisävirtamuuntaja, aina 850 A saakka. Perusyksikössä merkkivalot toimivat myös kuten UMC22-FBP:n perusyksikössä; valmis, käynnissä ja vika.

Perusyksikön tuloja ja lähtöjä saa lisättyä I/O -laajennusmoduulin avulla. Laajennusmoduuleja on kaksi erilaista, joista molemmat tarvitsevat erillisen 24 voltin virtalähteen. I/O-laajennusmoduulit ovat *DX111* ja *DX122*, joilla molemmilla käyttöön saadaan lisättyä kahdeksan digitaalista tuloa, neljä relelähtöä ja yksi analoginen lähtö esimerkiksi analogimittarille, alueella 0/5 - 20 mA tai 0 - 10 V. I/O-laajennusmoduulien erona on, että *DX111* tulot on tarkoitettu 24 VDC- ja *DX122* tulot 110/230 VAC -käyttöjännitteelle.

I/O-laajennusmoduulin lisäksi perusyksikköön saa jännitteenmittausmoduulin, josta on myös valittavissa kaksi eri versiota; *VI150*, joka on tarkoitettu maadoitetulle 150 - 690 voltin vaihtojänniteverkolle ja *VI155*, jota voidaan käyttää sekä maadoitetuille, että maadoittamattomille 150 - 690 voltin vaihtojänniteverkoille. Lisäksi perusyksikkö on mahdollista laajentaa taustavalaistulla graafisella *UMC100-PAN* -ohjauspaneelilla, jolla moottorinhallintajärjestelmää voidaan käyttää ja määrittää parametreja paikallisesti. Ohjauspaneeli voidaan asentaa kuten *ACS100-PAN* suoraan perusyksikköön tai kojeiston oveen käyttämällä erillistä oviaasennussarjaa. [2.] Kuvassa 5 on nähtävissä *UMC100-FBP* laajennusmoduuleineen.



Kuva 5. UMC100-FBP laajennettuna UMC100-PAN-, DX112- ja VI150-laajennusmoduuleilla. [2.]

5.2.2 UMC100-FBP:n ohjaus- ja suojaustoiminnot

UMC100-FBP:n ohjaustoimintoina on suora- ja suunnanvaihtokäynnistimen lisäksi muun muassa tähti-kolmio- ja navanvaihtokäynnistin ja I/O-tila. Lisäksi siinä on integroituna elektroninen ylikuormitusrele ja vapaasti ohjelmoitava sovelluskohtainen logiikka toimintolohkoilla. Suojaustoimintoina UMC100-FBP:ssä on

- yli- ja alikuormitussuojaus
- yli- ja alivirtasuojaus
- yli- ja alijännitesuojaus
- roottorin jumisuoja
- vaihevikavalvonta
- epätasapainosuojaus
- vaihejärjestys suojaus
- maasulkusuojaus
- moottorin termistorisuojaus.

Ylikuormitussuojauksen laukaisuaika riippuu suojauksen luokasta. UMC100-FBP:ssä luokka on säädettävissä ja vaihtoehdot ovat 5E, 10E, 20E, 30E ja 40E. [2.] Suojausluokkien laukaisuaikakäyrät on nähtävissä liitteessä 2.

6 Siemens SIMOCODE pro -moottorinohjausjärjestelmät

SIMOCODE pro on Siemensin kehittämä älykäs ja modulaarinen moottorin ohjaus- ja suojausjärjestelmä vakionopeus-pienjännitemoottoreille. Se on nykyaikainen versio SIMOCODE DP:stä, joka on kehitetty alun perin jo vuonna 1986. SIMOCODE pro on suunniteltu useiden asiakkaiden toivomuksia kuunnellen ja siksi aivan yhtä laajaa suojausjärjestelmää ei kilpailijoilla ole tarjota. Tämän vuoksi SIMOCODE pro on erittäin suosittu suojausjärjestelmä voimalaitoksilla.

Komponentit asennetaan suoraan pienjännitemoottorilähtökeskuksen standardoituun DIN-asennuskiskoon, jossa perusyksikkö yhdistää syöttölaitteen automatiikkaan käyttäen PROFIBUS DP -väylää. Vaikka automatiikka kaatuisi tai yhteys katkeaisi, toimii moottorin suojaus yhä täydellisesti. SIMOCODEn toiminta ei siis ole riippuvainen automatiikasta.

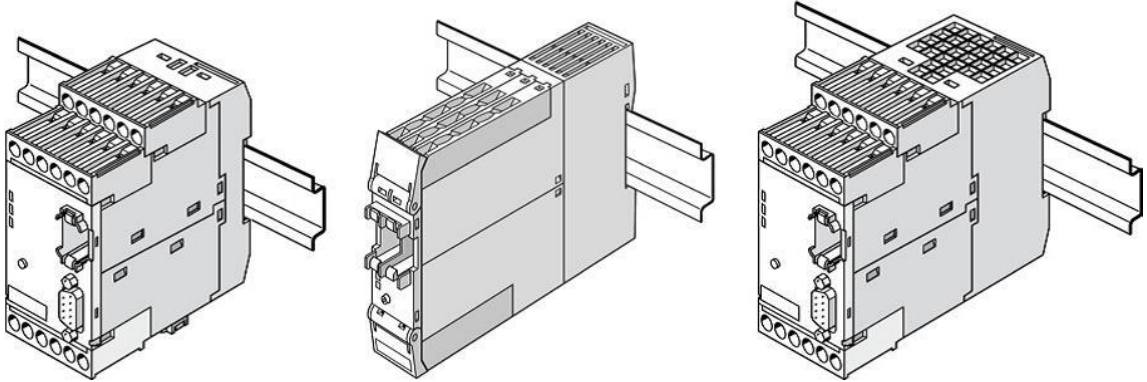
Järjestelmästä on tarjolla kolme eritasoista versiota; SIMOCODE pro C, SIMOCODE pro S ja SIMOCODE pro V. Kaikki kolme järjestelmää ovat keskenään yhteensopivia. Kaikki versiot sisältävät kuvan 6 mukaisesti erilaiset perusyksiköt. [19.] Kuvasta 6 on

nähtävissä myös, kuinka SIMOCODE pron perusyksiköt on asennettu moottorilähtökeskuksen DIN-kiskoon.

Basic Unit SIMOCODE pro C

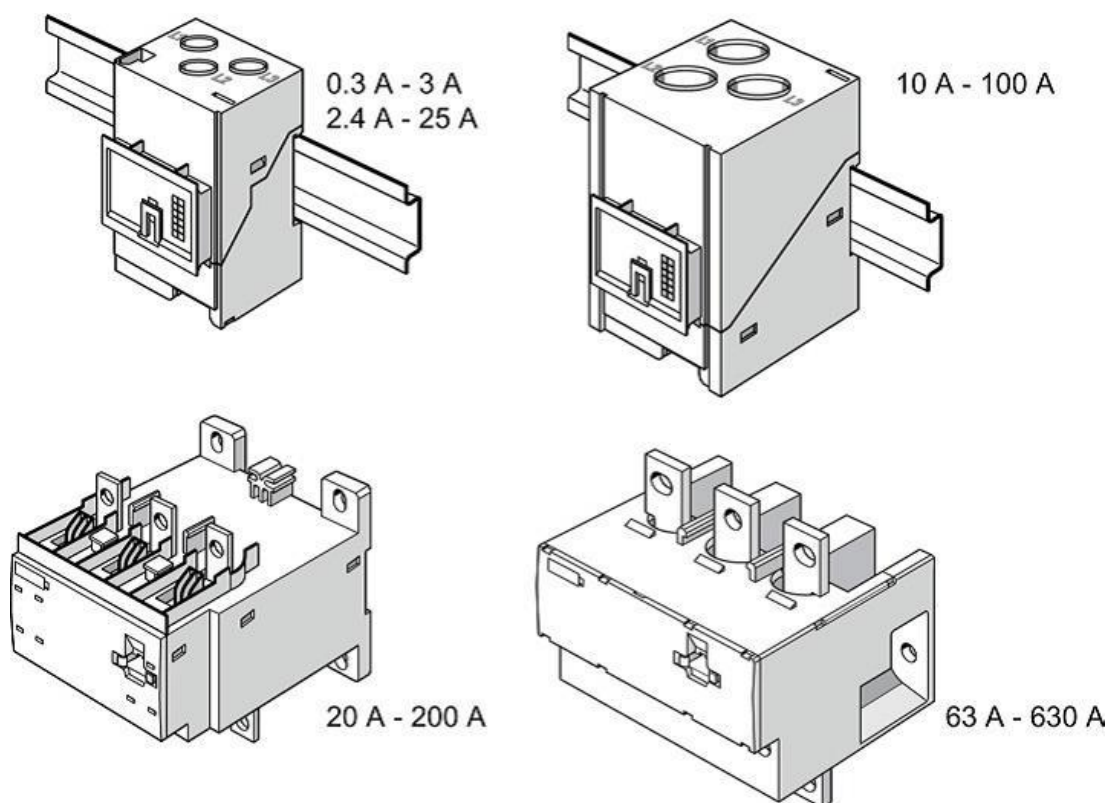
Basic Unit SIMOCODE pro S

Basic Unit SIMOCODE pro V



Kuva 6. SIMOCODE pron eri versioiden perusyksiköt [19].

Perusyksikön lisäksi kaikki kolme laitetta sisältävät erillisen moottorivirranmittausmoduulin. SIMOCODE pro V:ssä virranmittausmoduulissa on lisäksi myös jännitteenmittaus. Moottorinvirranmittausmoduuli kytketään peruskojeeseen määrämittaisella kaapelilla. Virranmittausmoduuleja on limittäisille virta-alueille välillä 0,3 - 630 A ja kuten kuvasta 7 (ks. s. 27) näkee, niiden fyysinen koko vaihtelee virta-alueen mukaan; pienimmän moduulin leveys on 45 mm, kun suurimman 145 mm. [19.]



Kuva 7. SIMOCODE pron virranmittausmoduulit eri virta-alueille. [19].

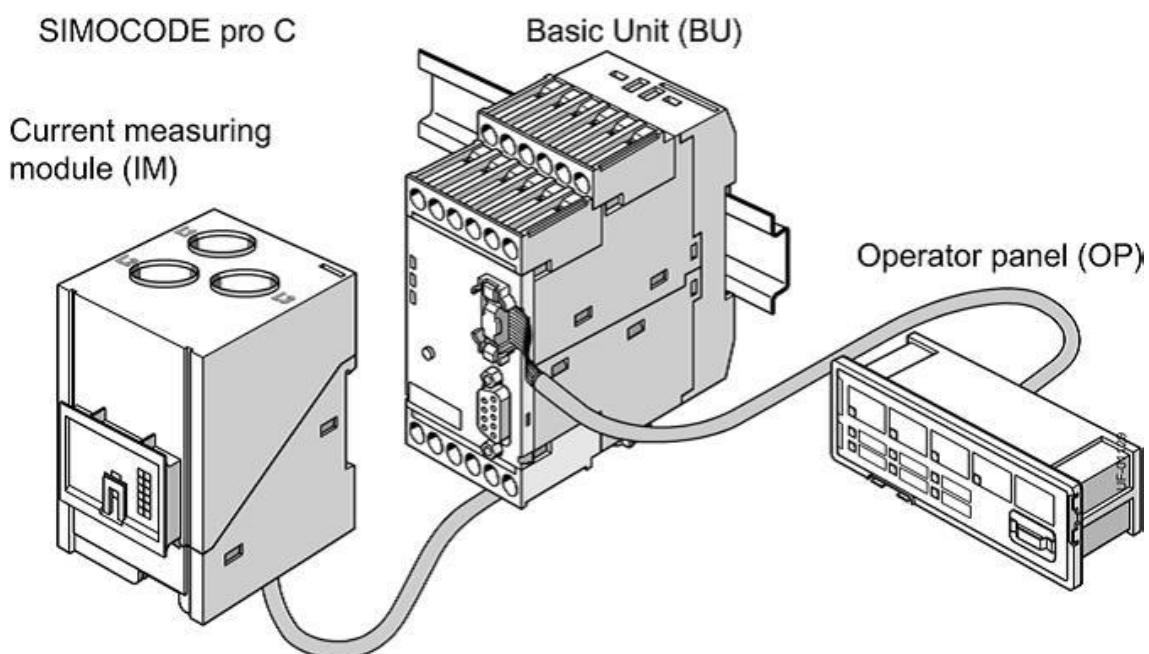
Perusyksikön ja virranmittausmoduulin lisäksi moottorilähtökeskuksen oveen voidaan lisätarvikkeena asentaa IP54-suojausluokan käyttöpaneeli, joka liitetään virranmittausmoduulin tavoin asennuskaapelilla peruskojeeseen. Käyttöpaneelissa on kymmenen LEDiä, joista käyttäjä voi parametroida seitsemän. Lisäksi paneelissa on viisi painiketta, joista neljä on parametroitavissa vapaasti käytön tarpeisiin. Paneelin kannessa on myös liittimet, johon voidaan liittää muistimoduuli, PC-kaapelilla tietokone tai DP-osoitteenantotyökalu.

6.1 SIMOCODE pro C -moottorinohjausjärjestelmä

SIMOCODE pro *Compact* (myöhemmin pro C) on luokkansa taloudellisin moottorinohjausjärjestelmä suora- ja suunnanvaihtolähdöille. Pro C on nimensä mukaisesti SIMOCODE-sarjan kompakti perussuojaus.

6.1.1 SIMOCODE pro C:n rakenne

Pro C liitetään ohjausjärjestelmään PROFIBUS DP -väylän kautta. Sen perusyksikköjä on saatavissa 24 VDC- tai 110 - 240 VAC käyttöjännitteellä. Perusyksikössä on neljä binäärituloa, kolme monostabiilia relelähtöä ja yksi liitäntä binääriselle PTC-anturille. Kuvassa 8 on nähtävissä kuinka pro C:n perusyksikkö (BU) on kytkettynä virranmittausmoduuliin (IM) sekä käyttöpaneeliin (OP). [19.]



Kuva 8. Pro C:n perusyksikkö kytkettynä virranmittausmoduuliin sekä käyttöpaneeliin [19].

6.1.2 Pro C:n ohjaus- ja suojaustoiminnot

Pro C tukee ohjaustapoina suoraikäynnistystä ja suunnanvaihtokäynnistystä. Suojaustoimintoina pro C:ssä on

- ylikuormitussuojaus
- moottorin termistorisuojaus
- epäsymmetrisen kuorman valvonta
- vaihevikavalvonta
- jumisuoja

- virtaraja-arvon valvonta
- käyttötuntivalvonta
- pysähdysajan valvonta
- käynnistyskertalaskuri.

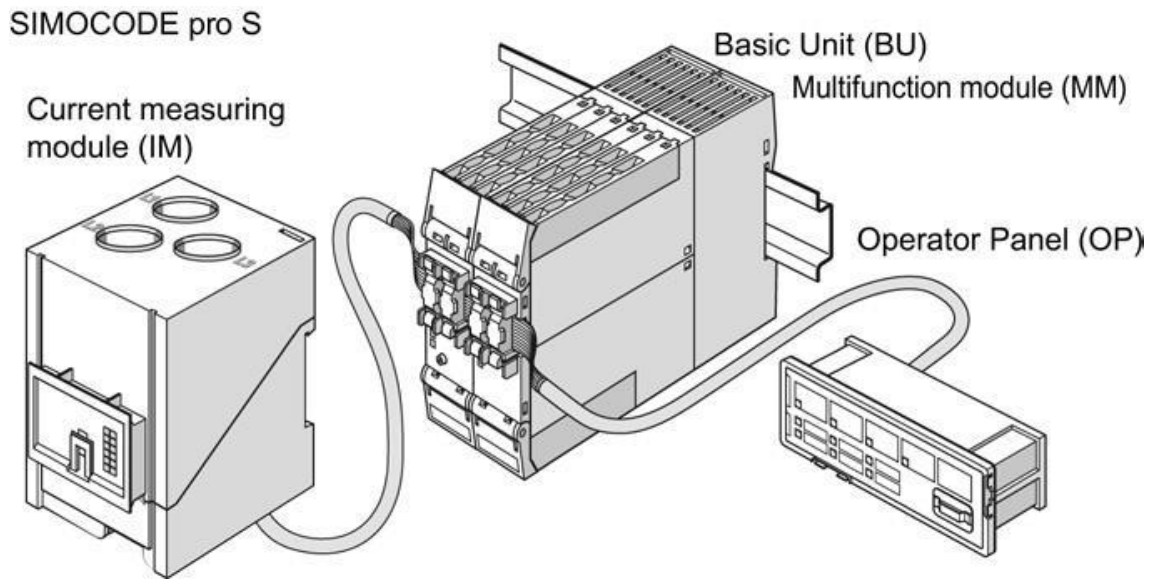
Ylikuormitussuojauksen laukaisuaika riippuu suojauksen luokasta. Pro C:ssä luokka on säädettävissä ja vaihtoehdot ovat 5E, 10E, 15E, 20E, 25E, 30E, 35E ja 40E. [19.] Suojausluokkien laukaisuaikakäyrät on nähtävissä liitteessä 3.

6.2 SIMOCODE pro S -moottorinohjausjärjestelmä

6.2.1 SIMOCODE pro S:n rakenne

SIMOCODE pro *Smart* -moottorinohjausjärjestelmä (myöhemmin pro S) koostuu perusyksiköstä ja monitoimilaajennusyksiköstä. Perusyksikön liitännät ovat muuten samat, kuin pro C:ssä, mutta monostabiileja relelähtöjä on yksi vähemmän, eli pro S:n perusyksiköstä löytyy neljä 24 VDC binäärituloa, kaksi monostabiilia relelähtöä ja termistoriliitäntä. [19].

Kuvassa 9 (ks. s. 30) on nähtävissä pro S:n perusyksikkö (BU) kytkettynä virranmittausmoduuliin (IM) sekä lisäksi käyttöpaneeliin (OP).



Kuva 9. Pro S:n perusyksikkö kytkettynä virranmittausmoduuliin sekä käyttöpaneeliin [19].

Tarpeen vaatiessa pro S on laajennettavissa yhdellä monitoimilaajennusyksiköllä, jolloin käytettävissä on edellä mainittujen liitäntöjen lisäksi

- neljä binäärituloa, 24 VDC tai 110 - 230 VAC/DC
- kaksi monostabiilia relelähtöä
- yksi lämpötilan mittaustulo
- summavirtamuuntajaliitettä, jolla valvotaan vikavirtaa.

Sekä perusyksikköä, että monitoimilaajennusyksikköä on saatavilla käyttötarpeen mukaan joko 24 VDC- tai 110-240 VAC/DC käyttöjännitteellä.

6.2.2 Pro S:n ohjaus- ja suojaustoiminnot

Pro S on hiukan pro C:tä monipuolisempi moottorinohjausjärjestelmä; se tukee ohjaustapoina suora- ja suunnanvaihtokäynnistimien lisäksi myös tähti-kolmiokäynnistintä sekä katkaisijan- ja pehmokäynnistimien ohjausta.

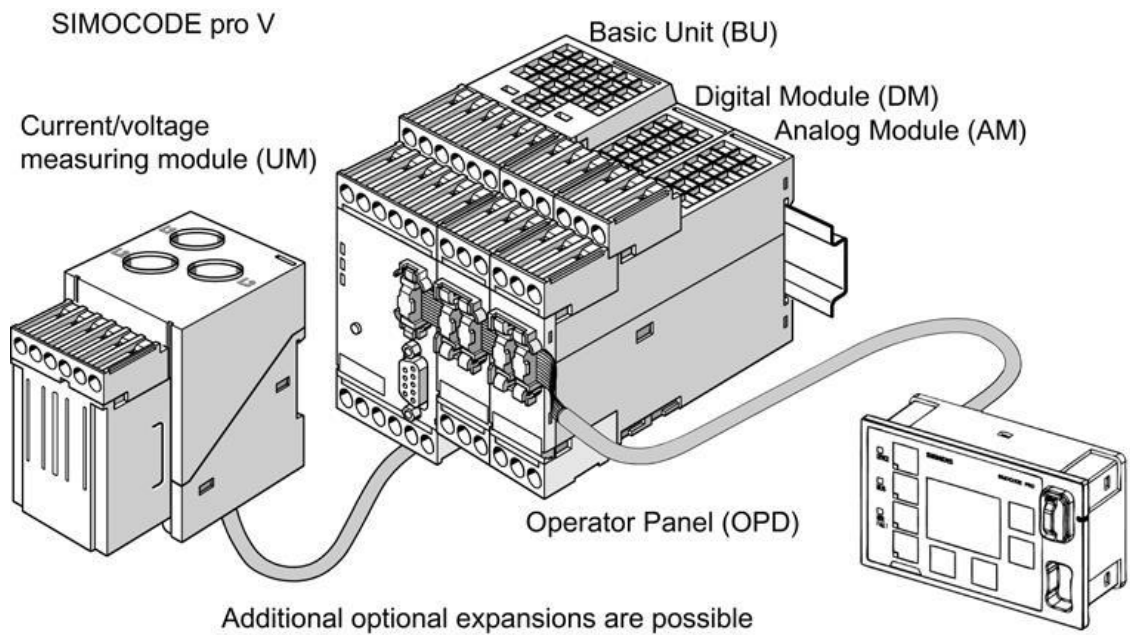
Pro S omaa samat suojaustoiminnot, kun pro C, mutta siinä on lisäksi myös maasulkuvalvonta ja lämpötilamittaus. Elektronisen ylikuormitussuojan laukaisuluokka on sää-

dettävissä ja vaihtoehdot ovat, kuten pro C:ssä, 5E, 10E, 15E, 20E, 25E, 30E, 35E ja 40E. Suojaluokkien laukaisuaikakäyrät on nähtävissä liitteessä 3.

6.3 SIMOCODE pro V -moottorinohjausjärjestelmä

6.3.1 SIMOCODE pro V:n rakenne

SIMOCODE Pro *Variable* -moottorinohjausjärjestelmän (myöhemmin pro V) perusyksikössä on neljä binäärituloa, kolme monostabiilia relelähtöä ja yksi liitanta binääriselle PTC -anturille. [19.] Kuvassa 10 on esitetty pro V:n perusyksikkö (BU) kytkettynä digitaalimoduuliin (DM), analogimoduuliin (AM), jännitteen- ja virranmittausmoduuliin (UM) sekä lisäksi näytölliseen käyttöpaneeliin (OPD).



Kuva 10. Pro V:n perusyksikkö lisämoduuleineen ja näytöllisellä käyttöpaneelilla [19].

Pro V:n käyttöpaneeli voidaan korvata kuvassa 10 nähdyllä näytöllisellä käyttöpaneelillä, jolloin mitatut arvot voidaan tarkistaa ja moottoria tarvittaessa hallita myös suoraan moottorikeskukselta. Näytöllisessä käyttöpaneelissa on neljä vapaasti parametroitavaa painiketta, neljä näytön käyttöpainiketta ja seitsemän lediä, joista neljä on vapaasti parametroitavissa. Myös näytöllisessä käyttöpaneelissa on liittimet, johon voidaan liittää

muistimoduuli, tietokone ja DP-osoitteenantotyökalu. Tarvittaessa pro V:n perusyksikkö on laajennettavissa digitaali- ja analogimoduulilla ja erilaisilla turvareleillä.

Digitaalimoduulissa on neljä binäärituloa ja kaksi relelähtöä. Relelähdöt on saatavilla moduulista riippuen joko mono- tai bi-stabilointiominaisuudella. Digitaalimoduuleja voi lisätä perusyksikköön maksimissaan kaksi kappaletta. *Analogimoduulissa* on kaksi analogituloa ja yksi 0,4 - 20 mA signaalin analogilähtö. Analogimoduulilla voidaan mitata esimerkiksi pinnankorkeutta. Ainoastaan yksi analogimoduuli voidaan liittää yhteen pro V -perusyksikköön. Yksi pro V:n perusyksikkö on mahdollista laajentaa samanaikaisesti kahdella digitaalimoduulilla ja yhdellä analogimoduulilla.

Maasulkumoduuli suojaa järjestelmää jäännösvirran aiheuttamilta vahingoilta. Maasulkumoduuli tarvitsee toimiakseen summavirtamuuntajan yhdistetyn virta- ja jännitemuuntajan yhteyteen. Jokaiseen pro V -perusyksikköön voidaan lisätä yksi maasulkumoduuli.

Lämpötilan mittausmoduulia käytetään nimensä mukaisesti lämpötilan tarkkailuun. Perusyksikköön voidaan lisätä vain yksi lämpötilan mittausmoduuli, mutta moduulissa on kolme lämpötila-anturiliitäntää. Antureita on erilaisia riippuen onko mittauskohde kiinteä, nestettä vai kaasua.

Lisäksi pro V:n perusyksikköön voi liittää *SIMOCODE pro safety -turvareleitä*. Turvareleitä on kaksi erilaista. Molemmilla pääsee IEC 61508/72061 ja ISO 13849-1 standardien määrittelemiin SIL3 ja PLe -turvatasoihin. Toinen releistä on ohjausjärjestelmästä riippumaton *DM-F Local -paikallisturvarele*. Rele kytketään perusyksikköön nauhakaa-pelilla ja siihen voidaan kytkeä muun muassa hätä-seis painikkeita ja kuittauspainikkeita. Toinen liitettävissä oleva rele on *DM-F PROFIsafe -turvarele*. Sitä käytetään turvalogiikan yhteydessä ja siihen kytketään digitaaliset tai analogiset turva-anturit. Vian sattuesssa logiikka mahdollistaa turvallisen pysäytyksen välittämällä tiedon turvareleelle, joka pysäyttää moottorin. [19.]

6.3.2 Pro V:n ohjaus- ja suojaustoiminnot

Pro V on monipuolinen moottorinohjausjärjestelmä usean tyyppisille moottorilähdöille. Se sisältää ohjaustoiminnot suora- ja suunnanvaihtokäynnistimen lisäksi myös

- magneettiventtiilin ohjaukseen
- venttiilitoimilaitteen ohjaukseen
- pehmokäynnistimen etukojeen ohjaukseen, myös suunnanvaihdolla
- tähti-kolmiokäynnistimen ohjaukseen, myös suunnanvaihdolla
- kaksinopeusmoottorin käynnistimen ohjaukseen, myös suunnanvaihdolla.

Kaksinopeusmoottorin käynnistimen ohjaustoiminnot tukevat sekä kahdella käämillä toteutettua, että erillisillä Dahlander-käämeillä toteutettuja moottoreita. Pro V:ssä on pro C:n toimintojen lisäksi myös jännitteen- ja tehovalvonta ja kun siihen kytketään yhdistetty virran- ja jännitemittausmoduuli, laskee järjestelmä myös $\cos\phi$, teho- ja energiankulutusarvot.

Pro V voidaan liittää ohjausjärjestelmään PROFIBUS DP -väylän lisäksi myös PROFINET -väylän kautta, jolloin puhutaan SIMOCODE pro V PN -versiosta (myöhemmin pro V PN). PROFINET -väylän etu on redundanttisen rengasverkon rakentaminen, sillä pro V PN:ssä on kaksiporttinen kytkin, jolla liikennöinti pystytään reitittämään uudestaan tiedonsiirron katketessa jollain reitillä.

Pro V:n perusyksikössä on samat suojaustoiminnot, kun pro C:ssä ja pro S:ssä ja lisäksi lisämoduuleilla

- yhteensä kolme lämpötilavalvontaa
- jännitemittaus
- tehovalvonta
- $\cos\phi$ -mittaus ja sähköinen pyörintävahti
- vaihejärjestysvalvonta.

Näiden lisäksi pro V:ssä on toimintoina myös I/O laajennus ja valvonta, tulo ja lähtö viestinkäsittely ja mitattavien suureiden tallennus. Pro V:ssä ylikuormitussuojan laukaisuluokka on säädettävissä ja vaihtoehdot ovat kuten muissakin versioissa. [19.] Suojausluokkien laukaisuaikakäyrät on nähtävissä liitteessä 3.

7 Älykkäiden moottorinohjausjärjestelmien vertailu

7.1 Perusyksiköt ja laajennusmoduulit

Älykkään suojauksen tuotevertailuun valittiin molempien valmistajien laajimmat järjestelmät, eli ABB:n UMC100-FBP ja Siemensin SIMOCODE pro V. Tässä luvussa niitä kutsutaan nimillä UMC100 ja pro V. Taulukosta 7 on nähtävissä, että UMC100:n perusyksikössä on hieman enemmän tuloja, eli sillä pystyy hallita monimutkaisempia laitteita, jossa on useampia tuloja ja lähtöjä. [2].

Taulukko 7. Perusyksikköjen tulot ja lähdöt [2; 19].

Perusyksikön I/O:t	ABB UMC100-FBP	Siemens SIMOCODE pro V
Digitaalitulot	6	4
PTC-tulot	1	1
Digitaalilähdöt	3+1	3

I/O-laajennusmoduuleja kytkemällä tulojen ja lähtöjen määrä saadaan lähes tasattua. Taulukossa 8 on I/O-laajennusmoduulien tulojen ja lähtöjen määrä, sekä yhden laajennetun perusyksikön maksimimäärät.

Taulukko 8. Tulojen ja lähtöjen määrä laajennusmoduuleissa sekä maksimitilanteessa [2; 19].

I/O-laajennusmoduuli	ABB UMC100-FBP	Siemens SIMOCODE pro V
Digitaalimoduuli ja sen I/O:n lukumäärät	Kyllä, max 1kpl/UMC100 8 digitaalituloa 4 digitaalilähtöä 1 analogilähtö	Kyllä, max 2kpl/pro V 4 digitaalituloa 2 digitaalilähtöä
Analogimoduuli ja sen I/O:n lukumäärät	Ei	Kyllä, max 1kpl/pro V 2 analogituloa 1 analogilähtö
Maksimi I/O:t laajennettuna		
Digitaalitulot	14	12
Digitaalilähdöt	7	7
Analogiatulot	0	2
Analogialähdöt	1	1

Taulukon 8 alaosan maksimimäärät on saavutettu liittämällä UMC100:n yksi I/O-laajennusmoduuli ja pro V:n kolme -moduulia. Pro V:n lähtöjen ja tulojen määrä on siis hieman laajemmin konfiguroitavissa kuin UMC100:n liittämällä siihen 1 - 3 moduulia. Toisaalta UMC100:n digitaalitulojen määrän saa nostettua hiukan suuremmaksi ainoalla laajennusmoduulilla, mutta siihen ei saa laajennettua yhtäkään analogiatuloa, kun pro V:n niitä saa maksimissaan neljä.

Muina laajennusmoduuleina molempiin suojausjärjestelmiin saa liitettyä näytöllisen käyttöpaneelin ja jännitteenmittausmoduulin. Pro V:ssä jännitteenmittausmoduuli pitää sisällään myös virranmittauksen. Pro V:n on saatavilla lisäksi lämpötilan mittausmoduuli, hätäpysäytyksiin DM-F Local tai DM-F PROFIsafe -turvareleet ja maasulkumoduuli maasulun valvontaan, joista viimeinen sisältyy UMC100:ssa perusyksikköön. [2; 19.]

7.2 Toiminnot

7.2.1 Ohjaustoiminnot

Sekä UMC100:ssa, että pro V:ssä on ohjaustoimintoina suora-, suunnanvaihto-, tähti-kolmio- ja kaksinopeusmoottorikäynnistys sekä dahlander-käämillä että navanvaihdolla. Pro V:ssä tähti-kolmio- ja molemmat kaksinopeusmoottorikäynnistykset tukevat myös suunnanvaihtoa. [2; 19.] Kaikki ohjaustoiminnot ja niiden eroavaisuudet on nähtävissä taulukosta 9.

Taulukko 9. Moottorinohjausjärjestelmien ohjaustoiminnot [2; 19].

Ohjaustoiminto	ABB UMC100-FBP	Siemens SIMOCODE pro V
Suora käynnistys	Kyllä	Kyllä
Suunnanvaihtokäynnistys	Kyllä	Kyllä
Tähti-kolmiokäynnistys	Kyllä	Kyllä, suunnanvaihdolla
Kaksinopeuskäynnistys dahlander-käämillä	Kyllä	Kyllä, suunnanvaihdolla
Kaksinopeuskäynnistys navanvaihdolla	Kyllä	Kyllä, suunnanvaihdolla
Toimilaitekäyttö	Kyllä	Kyllä
I/O-tila	Kyllä	Kyllä
Hätäkäynnistystoiminta	Kyllä	Kyllä
Erilliskäyttö	Kyllä	-
Aikaohjattu kuormanjako	Kyllä	-
Käynnistysviive	Kyllä	-
Katkaisuohjaus	-	Kyllä
Paikoitustoiminto	-	Kyllä
Pehmeäkäynnistimen ohjaus suunnanvaihdolla	-	Kyllä
Verkojännitekatkoksen jälkeinen autom. käynnistys	-	Kyllä

Yllämainittujen ohjaustoimintojen lisäksi järjestelmiin on mahdollista vapaasti ohjelmoida sovelluskohtainen logiikka toimintalohkolla.

7.2.2 Suojaustoiminnot

Molempien valmistajien vertailussa olevissa suojausjärjestelmissä on perusyksikköön integroitu elektroninen ylikuormitusrele. Ainoastaan laukaisuluokissa on hieman eroja. UMC100:n laukaisuluokat ovat 5E, 10E, 20E, 30E, 40E, kun pro V:llä listaan voidaan lisätä myös 15E, 25E, ja 35E. Laukaisuluokka määrittää maksimilaukaisuajan, jolloin releen täytyy suorittaa laukaisu. [2; 19.] Valmistajien omat laukaisuaikakäyrät ovat nähtävissä liitteissä 2 ja 3. Muut suojaustoiminnot on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Moottorinohjausjärjestelmien suojaustoiminnot [2; 19].

Suojaustoiminto	ABB UMC100-FBP	Siemens SIMOCODE pro V
Vaihevian tunnistus	Kyllä	Kyllä
Moottorin jumin tunnistus	Kyllä	Kyllä
Termisen ylikuormituksen valvonta	Kyllä	Kyllä
Maasulun valvonta	Kyllä	Laajennusmoduulilla
Vaiheen epätasapainon tunnistus	Kyllä	Kyllä
Vaihejärjestysvalvonta	Kyllä	Kyllä
Virta raja-arvon valvonta	-	Kyllä
Käyttötuntivalvonta	Kyllä	Kyllä
Pysähdysajan valvonta	-	Kyllä
Käynnistyskerralaskuri	Kyllä	Kyllä
Lämpötilamittaus	-	Laajennusmoduulilla
Jännitteenmittaus	Laajennusmoduulilla	Laajennusmoduulilla
Virranmittaus	-	Laajennusmoduulilla
Tehonvalvonta, kW, kVA	-	Laajennusmoduulilla
Cos-phi mittaus, sähköinen pyörintävahti	-	Laajennusmoduulilla

Yllämainittujen suojaustoimintojen lisäksi molemmissa järjestelmissä on tapahtumahistoria ja aseteltavissa olevat varoitus- ja laukaisurajat. [2; 19.]

8 Suojauksen parametointi

Parametointi tarkoittaa tässä insinööriyössä pienjännitemoottorin älykkään suojauksen asetusarvojen asettamista vastaamaan käytettävää sähkömoottoria ja siihen liitettyä konetta tai laitetta. Moottorilähtöjen suojauksen parametointi voidaan tehdä suoraan PC:llä, jossa on tarvittava parametointiohjelma. UMC parametroidaan usein *Asset Vision Basic*- ja SIMOCODE pro *SIMOCODE ES* -parametointiohjelmalla. Insinööriyössä käsitellään vain SIMOCODE-lähtöjen parametointia SIMOCODE ES -parametointiohjelmalla. [2; 19.]

8.1 SIMOCODE ES -parametrintiohjelma

Projektin pienjännitemoottorien suojaus parametroidiin SIMOCODE ES -parametrintiohjelmalla. SIMOCODE ES on standardoitu parametrintiohjelma SIMOCODE pron parametrintiin. Se toimii Windows-käyttöjärjestelmällä varustetuissa tietokoneissa, käyttöjärjestelmäversioissa Windows 2000, XP tai 7 *Professional*. SIMOCODE-parametrit on myös mahdollista suojata salasanalla. Ohjelmasta on saatavilla kolme eri versiota; SIMOCODE ES *Basic*, *Standard* ja *Premium*.

Basic -versiolla tietokone pystytään liittämään suoraan SIMOCODE pro moottorinohjausjärjestelmän käyttöpaneeliin PC-kaapelilla. Parametroidit on siis tehtävä paikan päällä. *Standard* -versiossa on *basic* -version ominaisuuksien lisäksi mahdollista graafisen editorin käyttö.

Insinööriyössä käytetään monipuolisinta vaihtoehtoa, SIMOCODE ES *Premiumia*, jolla tietokone pystytään PC-kaapelin lisäksi liittämään moottorinohjausjärjestelmään myös käyttäen PROFIBUS -väylää. Lisäksi premiumin -versiolla on mahdollista liittää useampi laite samanaikaisesti moottorinohjausjärjestelmään. [19.]

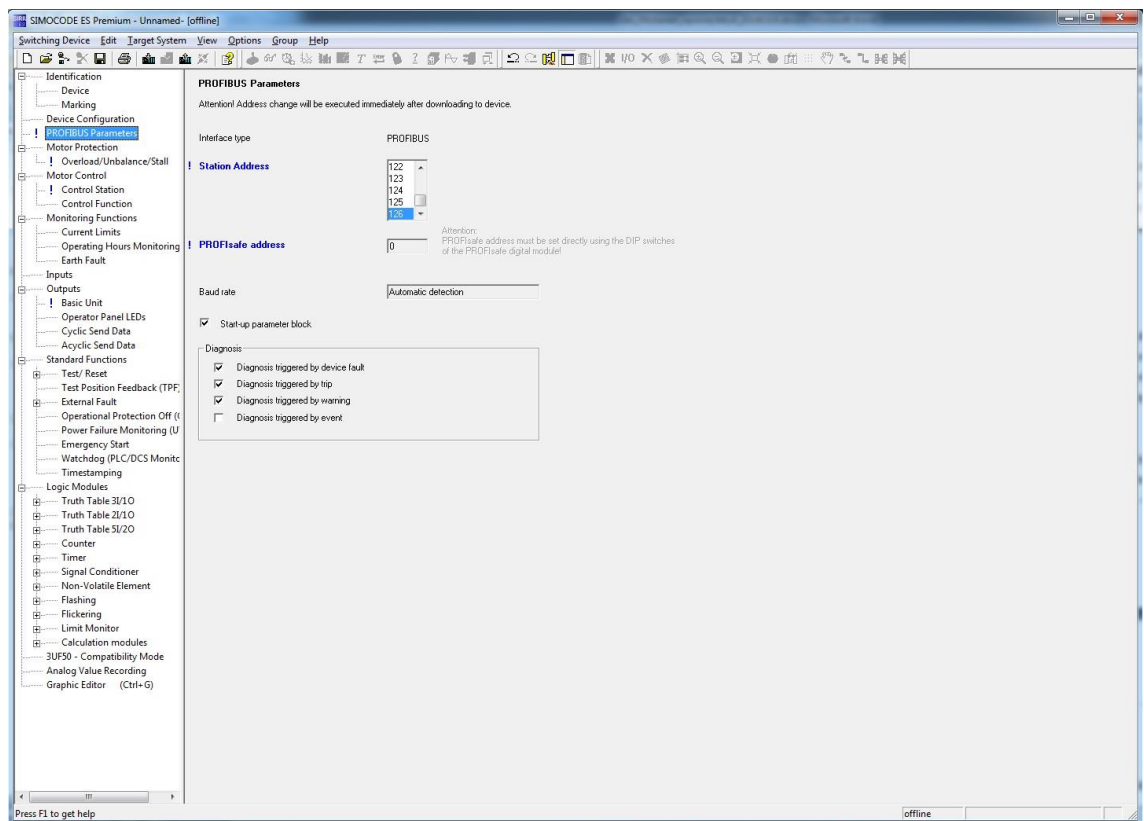
Standard- ja *premium*-versioihin on saatavilla myös visuaalinen lisäosa, SIMOCODE ES *Graphic*, joka on tehty helpottamaan parametrien asettelua. Graafisella editointityökalulla on hyvin helppo luoda tai muokata parametreja, se toimii *drag and drop* -periaatteella (vedä ja pudota -periaate). Eli suojausta voidaan asettaa graafisesti vetämällä tietoja valikosta ja pudottamalla ne graafiseen editoriin. Tämä nopeuttaa ja helpottaa työskentelyä. [18.]

8.2 Moottorin suojauksen parametrinti

Koska Salmisaaren voimalaitoksilla on useita tuhansia moottoreita, kannattaa turhan työn välttämiseksi parametrinti jakaa kahteen vaiheeseen. Ensin asetellaan PROFIBUS -väylään liittyvät asetuservot ja ohjaustapaparametrit (esimerkiksi suora-, suunnanvaihto- tai tähti-kolmiokäynnistyksen vaatimat parametrit). Toisessa vaiheessa on yksinkertaista asettaa moottorikohtaiset tiedot ja parametrit. [18.]

8.2.1 PROFIBUS DP -väylän ja ohjaustavan parametointi

PROFIBUS Parameters -välilehdeltä on mahdollisuus valita, mistä tapahtumista halutaan saada diagnostiikkatieto (kuva 11). *Cyclic Send Data* -välilehdellä määritellään SIMOCODEn DP-masterille lähettämä data, esimerkiksi SIMOCODEn mittaamat analogiarvot ja muut halutut signaalit. *Watchdog* -välilehdellä voidaan aktivoida väylävalvonta tarvittaessa. *Control Station* -välilehdellä määritellään signaalit, joilla annetaan käynnistys- ja pysäytyskäsky ja mistä signaali lähetetään (paikallispainikkeet, masterohjaus, PROFIBUS -väylän kautta tai SIMOCODE paikallisohjauspaneelilta). *Emergency Start* -välilehdellä määritetään hätäkäynnistyksen bitti, jolla SIMOCODEn lähdöt pystytään ohjaamaan päälle vaikka määritelty jäähtytysaika ei olisi vielä kulu-
nut. [18.]

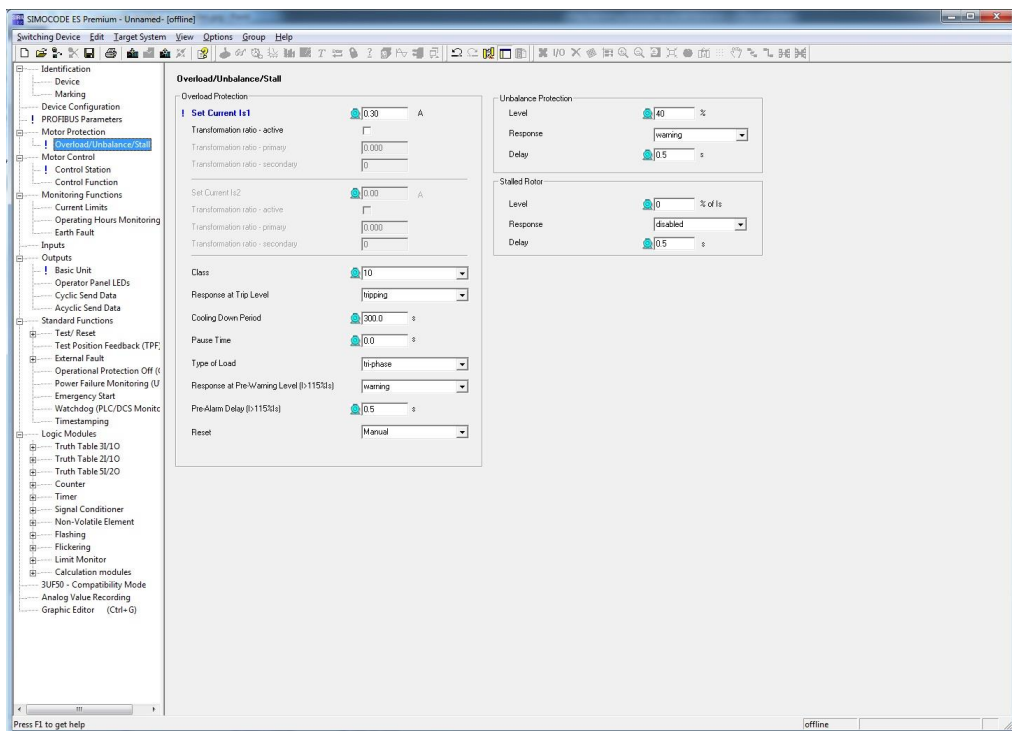


Kuva 11. SIMOCODE ES: PROFIBUS Parameters -välilehti.

Device Configuration -välilehdellä valitaan oikea ohjaustapa, SIMOCODEn versio sekä aktivoidaan käytettävät moduulit ja termistori. Digitaalimoduulit voidaan vaihtaa joko mono- tai bistabiiliksi. Monostabiilina moduulin ohjausjännitteen kadotessa lähdöt ohjautuvat off-tilaan ja bistabiilina lähdöt ohjautuvat ennalta aseteltuun tilaan.

Kuvassa 12 nähtävällä *Overload/Unbalance/Stalled motor* -välilehdellä määritellään toimenpiteet ylikuormituksen sattuessa, kuten

- elektronisen lämpöreleen laukaisuluokka
- ylityskuormasta laukaisu vai varoitus
- ylikuormalaukaisun jälkeinen jäähtytysaika
- kuorman tyyppi (yksivaiheinen, kolmivaiheinen)
- manuaalinen vai automaattinen resetointi
- hälytys/laukaisuraja (>115%)
- ylityksen kestoaika ennen hälytystä tai laukaisua
- vaihe-epätasapainon prosentti, signaali tai ilmoitus tai katkaisu, viive
- jumisuoja virta-arvon ylitysprosentti, vastaus ylitykseen (hälytys/katkaisu) ja viive. [18.]



Kuva 12. SIMOCODE ES: ylikuormitustilanteen parametrioitua.

Control Function -välilehden alta voidaan määrittää esimerkiksi tapahtuuko suunnanvaihto heti *interlocking*-ajan kuluttua vai vasta pysäytyskomennon jälkeen.

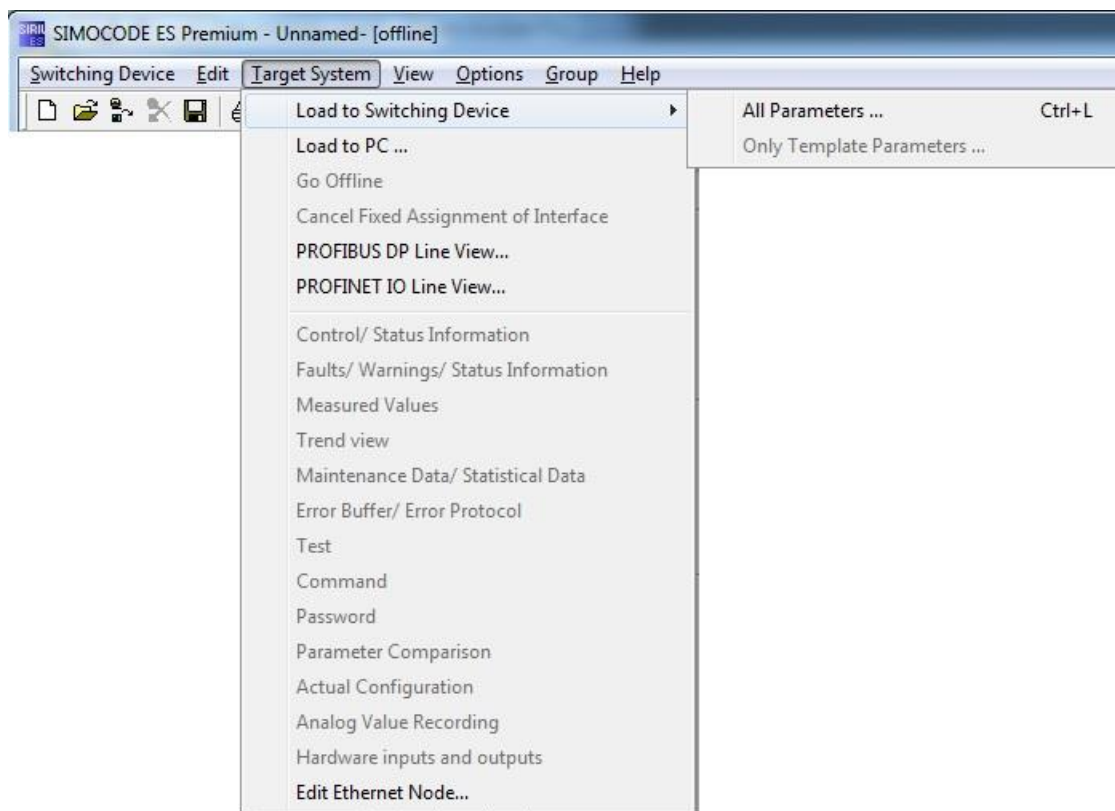
Basic Unit Outputs -välilehdellä määritellään millä signaaleilla ohjataan perusyksikön lähtöjä ja ledejä. Lisäksi ohjelmalla on mahdollista muun muassa asettaa suojauksen sisäiset ajastimet ja laskurit, luoda veto- ja päästöhidastettuja aikareleitä, määrittää totuustauluja tarvittaessa ja invertoida signaaleja. [18.]

8.2.2 Moottorikohtainen parametointi

Kun väylän ja ohjaustavan parametointi on tehty huolellisesti, on moottorikohtainen parametointi hyvin nopea toimenpide. *Marking*-sivulle kirjoitetaan moottorilähdön tiedot, kuten moottorin tunnus, syöttöpiste ja lisätietoja moottorista. *Device Configuration* -välilehdelle asetetaan virranmittausmoduulin virta-alue, *PROFIBUS Parameters* -välilehdeltä valitaan PROFIBUS -osoite ja *Overload/Unbalance/Stall* -välilehdellä asetellaan moottorin nimellisvirta-arvo.

8.2.3 Parametrien lataus SIMOCODE prolle

Parametrien lataus SIMOCODE prolle aloitetaan valitsemalla ohjelmaportti *Load in switching device* (kuva 13, ks. s. 41). Jos käytetään sarjaliikennettä, valitaan haluttu *COM-portti*. Tässä tapauksessa valitaan PROFIBUS DP. Tämän jälkeen Windowsin ohjauspaneelin *Set PG/PC Interface*:sta täytyy valita käytettävä PROFIBUS -kortti *S7 Online Access Point*:iin. Nyt parametrit on valmiina ladattavaksi *Load in switching device* -toiminnolla. [18.] Parametroinnin jälkeen moottorinohjausjärjestelmän parametrien toimivuus testataan vielä simuloidusti FAT-testissä ennen asennusta voimalaitokselle ja käyttöönottoa.



Kuva 13. Parametrien lataus SIMOCODE pro:lle [18].

9 Sähkölaitteiston käyttöönotto

Voimalaitoksella sähkölaitteistolle tulee ennen käyttöönottoa sähköturvallisuuslain mukaan tehdä käyttöönottotarkastus. Moottorinsuojauksen toimivuus testataan muun käyttöönoton yhteydessä. Insinööriyön projektin sähkölaitteiston käyttöönotto on kesällä 2014, joten tässä luvussa käsitellään käyttöönottoa yleisesti.

9.1 Sähkölaitteiston käyttöönoton määräykset

Sähkölaitteiston käyttöönotosta sähköturvallisuuslain 16 § määrää seuraavaa:

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. [15, s. 10.]

ja sähköturvallisuuslain 17 § täsmentää:

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. [15, s. 10]

Lisäksi KTM:n päätös 517/1996 4§ määrää:

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. [15, s. 35]

9.2 Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastuksen toteuttamista varten tehdään usein työmaan tarkastussuunnitelma. Tarkastussuunnitelmaan kuuluvat muun muassa tarkastusohjelmaan sisällytetyt projektin aikana tehtävät aistinvaraiset tarkastukset, mittaukset ja testaukset. Suunnitelman merkitys korostuu etenkin korjausrakentamisessa.

Käyttöönottotarkastajan on tarkastuksen turvallisuuden ja luotettavuuden vuoksi oltava kyseiseen tehtävään riittävän ammattitaitoinen sähköalan ammattihenkilö. Hänellä on oltava käytössä laitteistosta sellaiset taulukot, kaaviot ja piirustukset, josta käyvät ilmi

- suoja- ja kytkinlaitteiden ominaisuudet ja sijoitus
- sähkökeskusten ja kulutuspisteiden sijainti, sekä moottorien nimellisvirrat ja käynnistystapa
- johdintiedot, kuten mm. poikkipinnat, johtoreitit ja maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimen kytkentäpisteet ja sijainti.

Lisäksi käyttöönottotarkastajan mittalaitteiden on oltava tarkoitukseen sopivia.

9.2.1 Aistinvarainen tarkastus

Pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja SFS 6000 määrää, että aistinvaraisen tarkastus on yleensä tehtävä koko asennuksen ollessa jännitteettömänä, ennen

käyttönottotestauksia. [4, s. 330 - 331.] Aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee standardin mukaan tarkastaa, että kiinteän asennuksen osana olevat sähkölaitteet

- ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia
- ovat standardisarjan SFS 6000 vaatimusten ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja
- eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita. [14, s. 353.]

Vähimmäisvaatimuksena aistinvaraisessa tarkistuksessa tulee tarkastaa SFS 6000 mukaisesti seuraavat kohdat niiden ollessa olennaisia:

- a) sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät --
- b) palosuojausten käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi -- sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet --
- c) johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenalenneman kannalta --
- d) suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu --
- e) erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja asettelu --
- f) sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan --
- g) nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksiset --
- h) yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin --
- i) piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo --
- j) virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus --
- k) johtimien liitosten sopivuus --
- l) suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus --
- m) sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila --

Tarkastukseen pitää sisältyä kaikki erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. [14, s. 354.]

9.2.2 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottotarkastuksen mittaus- ja tarkastuslaitteet on valittava EN 61557 -standardisarjan mukaisesti. Muita mittalaitteita saa käyttää, mutta niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso eivät saa olla huonompia, kun edellä mainitussa standardissa. Suomen kansallinen standardi SFS 6000 määrää, että seuraavat testit on tehtävä mieluiten alla olevassa järjestyksessä, kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen:

- a) suojajohtimen jatkuvuus --
- b) sähköasennuksen eristysresistanssi --
- c) SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus --
- d) lattia- ja seinäpintojen resistanssi --
- e) syötön automaattisen poiskytkennän toiminta --
- f) lisäsuojaus --
- g) napaisuustesti --
- h) kiertosuunnan mittaus --
- i) toiminta- ja käyttötestit --
- j) jännitteenalenema --. [4, s. 354.]

Jos jossain testissä havaitaan vika, on vian korjauksen jälkeen kyseinen testi ja kaikki sitä edeltävät vaiheet, joissa vika on voinut vaikuttaa, toistettava. [5, s. 355.]

9.3 Sähkölaitteiston käyttöönoton dokumentointi

Sähkölaitteiston haltijan käyttöön tulee käyttöönottotarkastuksesta laatia tarkastuspöytäkirja. Siitä tulee käydä ilmi kohteen yksilötiedot, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta ja käyttöönottotarkastuksen tulokset. Tarkastuspöytäkirjaan tulee merkitä kaikki mittaustulok-

set eristysresistanssimittauksista, vikavirtasuojien mittauksista ja silmukkaimpedanssimittauksista, yleensä keskusalueittain. Lisäksi siitä tulee selvittää myös keskuskohtaisesti vaatimusten toteutuminen jatkuvuusmittauksista sekä kiertosuunta.

Tarkastuspöytäkirjalle ei ole muotovaatimuksia, sillä käyttöönottotarkistuksia tehdään niin erilaajuisille kohteille, ettei yhtenäinen muotovaatimus ole mahdollinen. Ainoa vaatimus on, että siitä tulee käydä ilmi vaaditut asiat, tarkastusten tekijän on aina allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja ja pöytäkirjasta tulee löytyä aina myös sähkötöiden johtajan yhteystiedot.

Jos standardin SFS 6000 vaatimuksista poiketaan, on laadittava kirjallinen selvitys olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttymisestä. Vasta tämän jälkeen voidaan sähkölaitteiston rakentaminen tai korjaaminen aloittaa. Selvitys tulee liittää sähkölaitteiston käyttöönottopöytäkirjaan ja siinä tulee esittää olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitut ratkaisut ja kuvaus, miten ratkaisut täyttävät olennaiset turvallisuusvaatimukset siltä osin kuin olennaisia turvallisuusvaatimuksia vastaavista standardeista tai julkaisuista poiketaan, ja lisäksi tilaajan antama suostumus standardeista tai julkaisuista poikkeamiseen sekä selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus. [5, s. 347.]

9.4 SIMOCODE pron käyttöönotto

SIMOCODE pro voidaan ottaa käyttöön joko parametroituna tai ennen parametrien latausta järjestelmään. SIMOCODE pron käyttöönotosta ei tehdä pöytäkirjaa. Ohjausjärjestelmän, kuten päälle/pois -komennot ja tilatiedot, toimivuus automaation suuntaan testataan SIMOCODEn testiasennossa. Nämä testit voidaan tehdä jo ennen kaapeleiden kytkentää.

Johtojen kytkemisen jälkeen testataan ulkoiset piirit, kuten turvakytkimet ja hätä-seispiirit. Ne testataan tilapäisillä kytkentäjohdoilla tehdyillä simuloinneilla. SIMOCODE-lähdön oikea kohde tarkistetaan oikosulkemalla kaapelin vaiheet moottorilla ja mittaamalla oikosulkuvirta kojeiston päässä. Oikosulkuvirtamittauksen arvo kirjataan usein keltaiseen teippiin lähdön oveen. Tällöin lähtöjen ovista näkee suoraan, mitkä SIMOCODE-lähdöistä on testattu. Tämän jälkeen mitataan eristysvastus ja arvo kirjataan samaan teippiin. Kun kaikki edellä mainitut asiat on tehty, kytketään jännite päälle

ja käynnistetään moottori. Moottorin käydessä tarkistetaan vielä SIMOCODEn virtamittaus ja moottorin pyörimissuunta.

10 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda dokumentti, jonka luettua lukija saa hyvän käsityksen Suomen voimalaitosten alle 1 000 V moottorien klassisesta relesuojauksesta ja nykyaikaisesta älykkäästä suojauksesta. Lisäksi tavoitteena oli tutustuttaa lukija Suomen käytetyimpiin älykkäisiin suojausjärjestelmiin ja antaa yleiskuva älykkään suojauksen parametroidista. Aihe ei ollut työn tekijälle entuudestaan tuttu.

Insinööriyö antaa tietoa voimalaitoksen moottorisuojauksen vaatimuksista ja on samanaikaisesti kattava tutkimus klassisesta suojauksesta sekä tutustuttaa lukijan nykyaikaiseen älykkään suojauksen toimintaperiaatteisiin ja Suomessa kahden suurimman toimittajan ohjausjärjestelmiin. Työstä saa hyvän kuvan Suomen voimalaitoksen pienjännitemoottorien suojauksesta sekä vaatimuksista ennen asennusta ja asennuksen jälkeen.

Työn tavoitteena ei ollut kattavan parametrintiöohjeen kirjoittaminen, sillä yksinään parametroidista saisi kirjoitettua oman insinööriyön. Tämän vuoksi työssä annettiin tietoa hyvin yleisellä tasolla parametrien asettelusta SIMOCODE ES-parametrintiöhjelmalla. Lukua voi käyttää parametroidin pikaohjeena, josta näkee mitä ainakin tulee ottaa huomioon, mutta yrityksiltä löytyy tähän tarkoitukseen jo entuudestaan omat kattavammat parametrintiöohjeet.

Lähteet

- 1 ABB 2008: Pienjännitekojeet.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8291ba043dcabd16c2256bdc0028d73e/\\$file/cmc2fi02_08.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8291ba043dcabd16c2256bdc0028d73e/$file/cmc2fi02_08.pdf) Luettu 1.2.2014
- 2 ABB: Motor Control and Protection: Universal Motor Controller UMC100-FBP system manual.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/859d437ff73434a9c1257b8d002f82a8/\\$file/2CDC135013D0203b.PDF](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/859d437ff73434a9c1257b8d002f82a8/$file/2CDC135013D0203b.PDF) Luettu 9.3.2014
- 3 ABB: Pienjännitetuotteet FBP1FI12_05: FBP FieldBusPlug Kommunikoivat ohjaus- ja suojauskomponentit .
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d273b1c29b5b33c1c1257a8300235d42/\\$file/FBP%20FieldBusPlug_FI%20lores.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d273b1c29b5b33c1c1257a8300235d42/$file/FBP%20FieldBusPlug_FI%20lores.pdf) Luettu 11.3.2014
- 4 D1-2012: Käsikirja rakennusten sähköasennuksista
- 5 Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö 2007: Sähkölaitostekniikan perusteet. Hakapaino Oy, Helsinki
- 6 Helsingin Energia: Historia. <http://www.helen.fi/Kotitalouksille/Neuvoa-ja-tietoa/Tietoa-meista/Liiketoimintamme/Historia/> Luettu 27.2.2014
- 7 Helsingin Energia: Tekninen Liite 1.
https://www.helen.fi/Documents/S%C3%A4hk%C3%B6verkko/tekninen_liite.pdf Luettu 15.2.2014
- 8 Helsingin Energia: Voimalaitokset. <https://www.helen.fi/Kotitalouksille/Neuvoa-ja-tietoa/Energia-ja-ymparisto/Energiantuotanto/Voimalaitokset/> Luettu 15.12.2013
- 9 Hietalahti, Lauri 2013: Teollisuuden sähkökäytöt. Amk-Kustannus Oy Tammer-tekniikka, Tampere
- 10 Mäkinen, Markku J.J. & Kallio, Raimo 2004: Teollisuuden sähköasennukset. Ota-van Kirjapaino Oy, Keuruu
- 11 Mörsky, Jorma 1993: Relesuojaustekniikka. Karisto Oy, Hämeenlinna
- 12 PROFIBUS: Technology. <http://www.profibus.com/technology/profibus/> Luettu 9.3.2014
- 13 Salmisaaren turvallisuustiedote.
http://energiatori.fi/pdf/salmisaari_turvallisuustiedote.pdf Luettu 15.12.2013

- 14 SFS.Käsikirja 600-1: 2012
- 15 SFS.Käsikirja 600-2: 2012
- 16 Siemensin vko. 06/2014 suojauskoulutus Teollisuuden Voimalle, luentomateriaali
- 17 Siemens Suomessa ja Baltiassa.
http://www.siemens.fi/fi/siemens_osakeyhtio/siemens_suomessa_ja_baltiassa.htm Luettu 27.2.2014
- 18 SIMOCODE Pro parametrintiohje.
http://www.siemens.fi/pool/finland/industry/PJ_kojeet_Markku/simocode/simocode_pro_parametrintiohje_v3.pdf Luettu 29.11.2013
- 19 SIMOCODE system manual.
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=20017780&caller=view> Luettu 27.11.2013
- 20 Tammela, Mika 2011: Cads-suunnitteluohjelman ominaisuuksien tutkiminen. Satakunnan Ammattikorkeakoulu.
- 21 Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2013.
<http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/asiakasliitteet/Liittyminen/2013/Voimalaitosten%20j%C3%A4rjestelm%C3%A4tekniset%20vaatimukset%20VJV2013.pdf> Luettu 26.2.2014

Yleisesti käytettyjen aikareleiden päätoimintojen toimintakaaviot [10.]

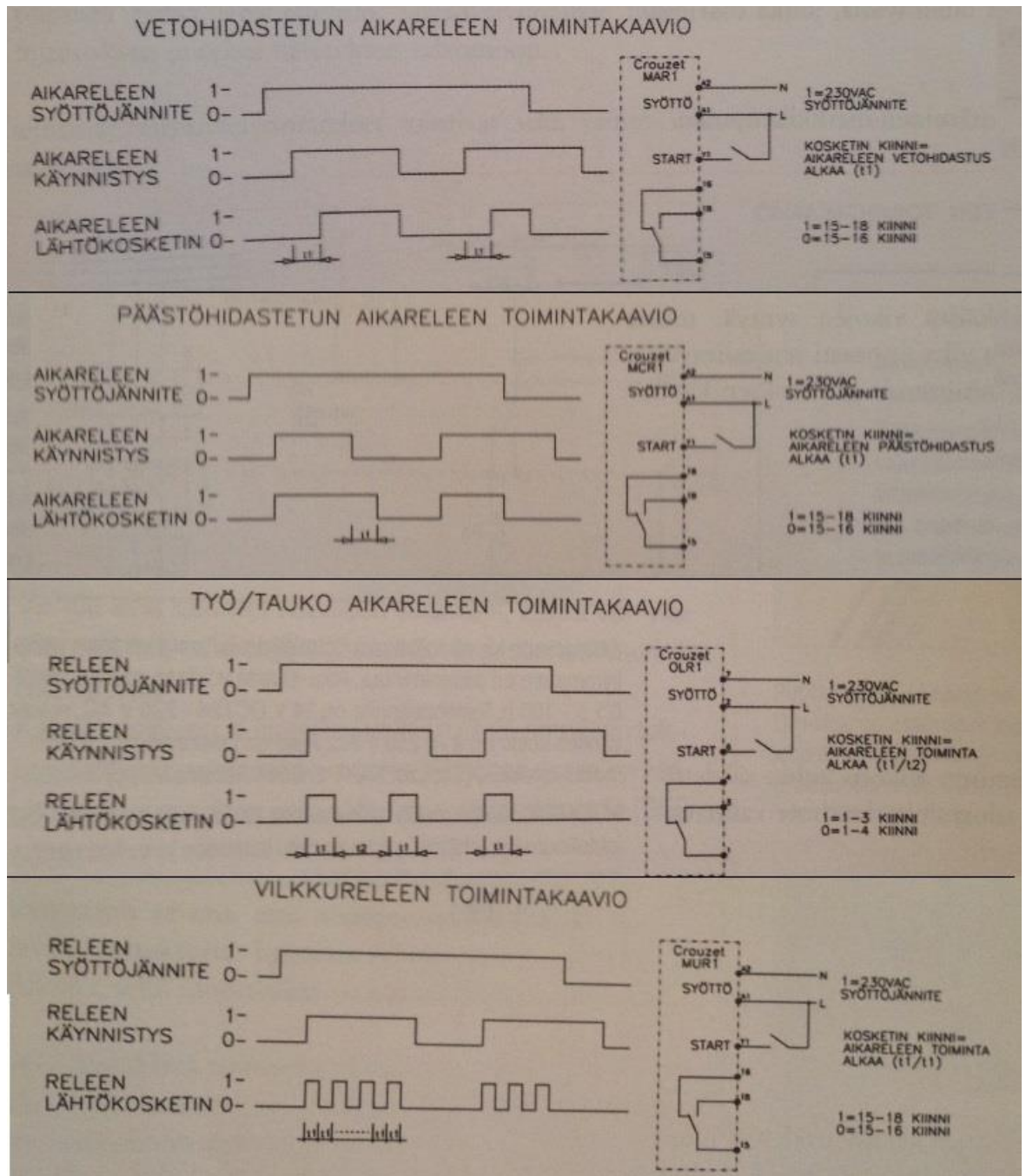
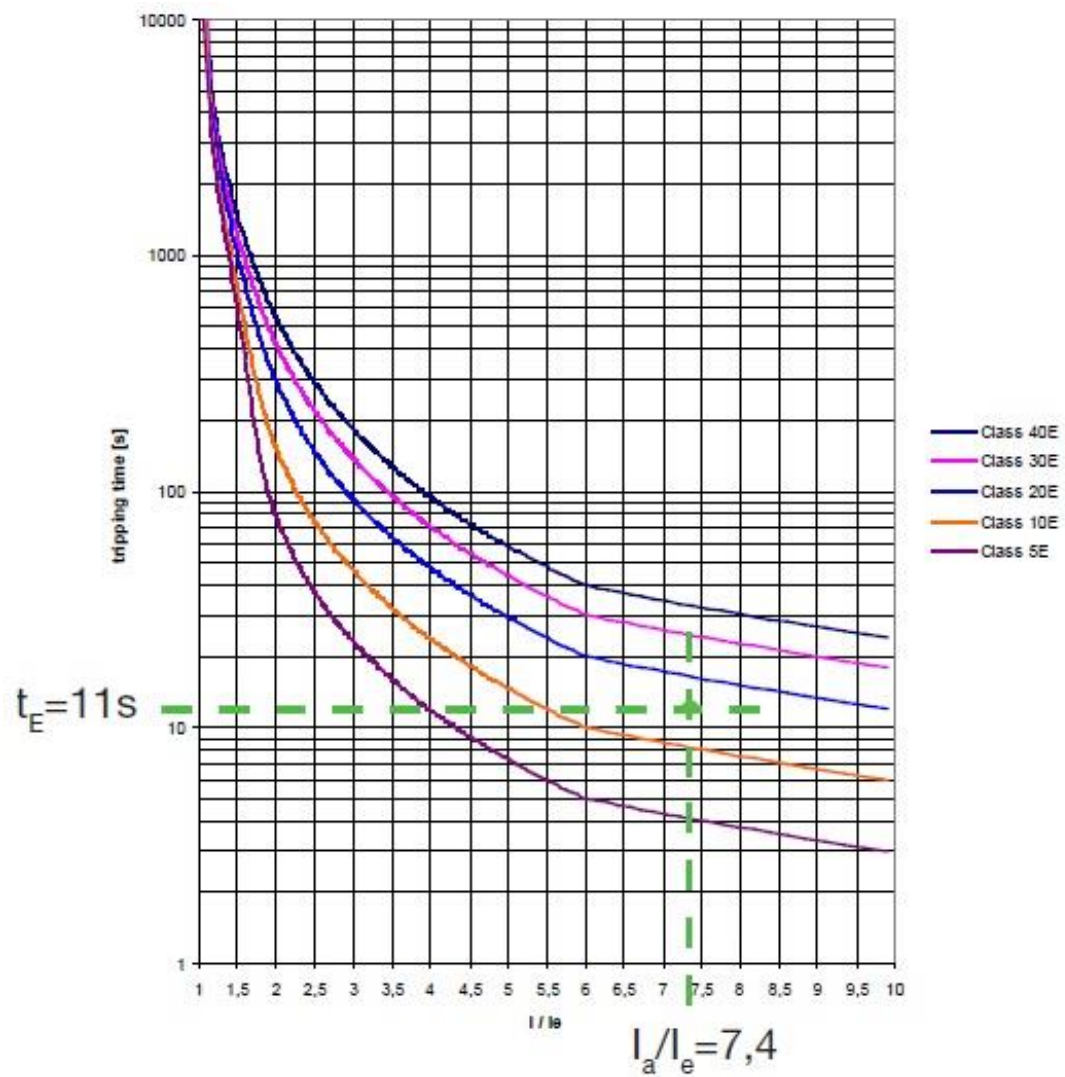


ABB UMC:n elektronisen ylikuormitussuojauksen laukaisuaikakäyrät [2.]



▲ Example for the trip class selection for a given motor

Siemens SIMOCODE pron elektronisen ylikuormitussuojauksen laukaisu-aikakäyrät [19.]

