

Toni Hannula

PAPERITEHTAAN  
SÄHKÖNJAKELUN  
ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2011




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

# KUVAILOLEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  30.5.2011
<b>Tekijä(t)</b> Toni Hannula	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma	
<b>Nimeke</b> Paperitehtaan sähkönjakelun ennakkohuolto-ohjelma		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Työn tarkoituksena oli suunnitella Myllykoski Paper Oy:n Myllykoskella sijaitsevalle paperitehtaalle sähkönjakeluverkon laitteiden ennakkohuolto-ohjelma.</p> <p>Ennakkohuolto-ohjelman laatiminen perustui vanhojen huoltoraporttien analysointiin ja laitteiden kriittisyysluokitteluun ja sen tarkasteluun. Näiden tekijöiden pohjalta aloitettiin ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu. Tämän jälkeen analysoitiin laitteiden merkitys tehtaan eri prosesseihin ja mahdollisesta keskeytyksestä aiheutuvat haittatekijät. Lisäksi ABB:n valmistamiin laitteisiin sovellettiin ABB:n laitteiden elinkaarimallia, jonka avulla tarkennettiin huolto-jakson pituutta sekä huoltojen sisältöä.</p> <p>Ennakkohuolto-ohjelmalla pyritään muodostamaan sähkönjakelulaitteille ennakkohuoltokokonaisuus, jota pystytään hallitsemaan tehdaslaajuisesti. Ohjelmalla pyritään myös huomioimaan laitekannan elinkaari ja sen ikääntymisestä aiheutuvat muutokset. Ennakkohuolto-ohjelma on toteutettu Microsoft Excelillä, jolla pyritään saamaan mahdollisimman laaja ja kattava kuva tehtaan sähkönjakeluverkosta ja sen laitteiden tilasta. Ennakkohuolto-ohjelma toimii hyvänä lähtökohtana laitteiden huoltoja suunniteltaessa, joten sen ajan tasalla pitäminen on tärkeää.</p> <p>Työ oli laaja ja haastava, mutta erittäin opettavainen, koska jokaisen laitteen toimintaan piti perehtyä yksityiskohtaisesti. Kokonaisuutta ei voinut rajata pienempiin osa-alueisiin, koska tarkoituksena oli tehdä tehtaan laajuinen kokonaisvaltainen ennakkohuolto-ohjelma sähkönjakeluverkon laitteille.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Ennakkohuolto-ohjelma, kriittisyysluokittelu, kustannustehokkuus, laitekanta		
<b>Sivumäärä</b> 61	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b> Liitteiden lukumäärä 7		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Arto Kohvakka	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> ABB Oy Service Myllykoski	

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  30.5.2011	
<b>Author(s)</b> Toni Hannula		<b>Degree programme and option</b> Electrical Engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Electricity distribution maintenance program of paper mill			
<b>Abstract</b>  <p>The purpose of this thesis was to plan an electricity distribution maintenance program for a paper mill of Myllykoski Paper Oy.</p> <p>The maintenance program is based on the maintenance reports of the old equipment. Prioritization was an essential part of the work. Different devices were ranked by their importance in different processes in the paper mill and also adverse effects of interruption were taken into account. Scope of work could not be restricted to small areas because the purpose was to make a factory-wide comprehensive preventive maintenance program for the electricity distribution network equipment.</p> <p>The maintenance program seeks to provide a preventive maintenance package for electricity distribution equipment that is possible to manage factory-wide. The program also seeks to take account of the life cycle of the device and its changes during aging. Maintenance program is made with Microsoft Excel, which seeks to find out the broadest picture of the electricity distribution network and equipment status. Maintenance program provides a good starting point for designing equipment for maintenance. That's the reason why it's important to update the maintenance program.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b> Maintenance program, criticality classification, maintenance costs, equipment base			
<b>Pages</b> 61	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b> 7			
<b>Tutor</b> Arto Kohvakka		<b>Bachelor's thesis assigned by</b> ABB Oy Service Myllykoski	

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 MYLLYKOSKI-KONSERNI.....	2
3 ABB.....	6
4 SÄHKÖNJAKELUVERKON LAITTEET.....	8
4.1 Relesuojaus .....	8
4.1.1 Suojarele .....	9
4.1.2 Suojareletyypit.....	10
4.1.3 Käynninaikainen ylläpito ja huolto.....	11
4.2 Erotin.....	14
4.2.1 Erotintyypit .....	14
4.2.2 Erottimen rakenne.....	16
4.2.3 Erottimen vikaantuminen.....	17
4.2.4 Erottimen huolto .....	18
4.3 Katkaisija.....	20
4.3.1 Katkaisijatyypit.....	22
4.3.2 Katkaisijan rakenne .....	27
4.3.3 Katkaisijan vikaantuminen .....	27
4.3.4 Katkaisijan huolto.....	28
4.3.5 Katkaisijan kunnonvalvonta ja huolto .....	29
5 MUUNTAJA.....	31
5.1 Kolmivaihemuuntaja.....	31
5.2 Muuntajan rakenne ja varusteet .....	32
5.3 Muuntajien vikaantuminen.....	37
5.4 Muuntajien kunnonvalvonta ja huolto .....	38
6 VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELU.....	40
6.1 UPS .....	41
6.2 UPS-laitteen huolto .....	42
7 HUOLTOTÖIDEN SUORITTAMINEN.....	49
8 ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA.....	54
9 PÄÄTELMÄT.....	57

LIITTEET

LIITE 1. Relekoestuspöytäkirja

LIITE 2. Erottimen huoltopöytäkirja

LIITE 3. Vähäljykatkaisijan huoltopöytäkirja

LIITE 4. Tyhjökatkaisijan huoltopöytäkirja

LIITE 5. SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijan huoltopöytäkirja

LIITE 6. Muuntajanöljyn analyysipöytäkirja

LIITE 7. Muuntajan huolto-/tarkastuspöytäkirja

## 1 JOHDANTO

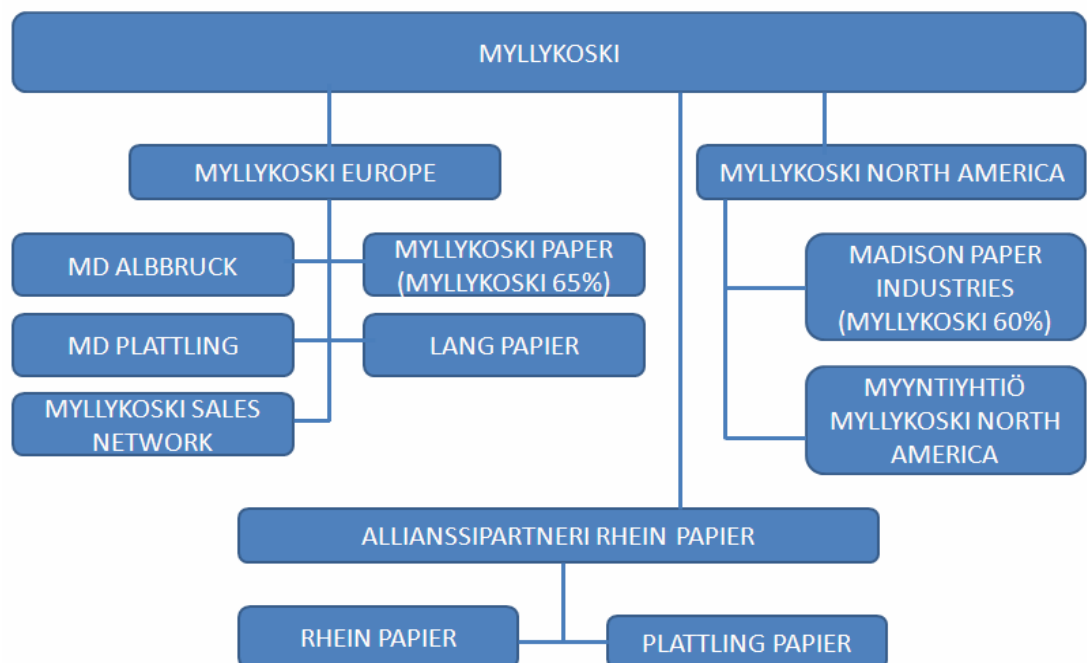
Metsäteollisuuden osuus Suomen teollisuudesta on varsin suuri ja kun siihen lasketaan mukaan myös muut välilliset tekijät, osuus tuo kolmanneksen Suomen nettomyyntituloista. Maailmantalouden vaikea tilanne on erityisesti heijastunut Suomen metsäteollisuudessa 2000-luvun taitteessa ja sen jälkeen. Paperikoneita on pysäytetty ja kokonaisia tehtaita on lopetettu kannattamattomina. Paperin myyntihinta on laskenut merkittävästi maailmanmarkkinoilla, kun taas vastaavasti muu kustannustaso on kasvanut. Paperin valmistukseen tarvittavien raaka-aineiden hinnat, energian hinta sekä muiden kiinteiden kustannusten kasvu on pienentänyt paperista jäävää myyntiosuutta omistajien salkuissa. Tämä on johtanut siihen, että kustannuksia on pyritty leikkaamaan jokaisella sektorilla. Paperiteollisuus on keskittynyt omaan vahvuuteensa eli paperin valmistamiseen ja uusien laatuja kehittämiseen. Tämän seurauksena 2000-luvulla paperitehtaiden kunnossapitopalveluita ulkoistettiin niitä tarjoaville palveluntoimittajille. Markkinatilanteiden takia myös kunnossapitopalveluita tarjoavien yritysten pitää keskittyä omaan vahvuuteensa, mikä tuo suuret haasteet moninaisten tuotantolaitosten ja niiden prosessien myötä. Näistä seikoista johtuen kunnossapidon pitää olla kokonaisvaltaista, jolla saadaan parannettua asiakkaan tuotantotehokkuutta ja samalla pystytään laskemaan kunnossapitokustannuksia.

Tämän työn tarkoituksena on laatia Myllykoski Paper Oy:n paperitehtaan sähkönjakeluun huolto-ohjelma. Ohjelmalla pyritään toteuttamaan sähkönjakelulaitteiden huolto suunnitellusti, mahdollisimman kustannustehokkaasti laadusta tinkimättä. Huolto-ohjelman laajuus on varsin laaja, koska paperitehtaalla oleva laitekanta on suuri ja moninainen. Laitekanta koostuu eri valmistajien ja heidän useiden ikäkausien laitteista, joten elinkaariajattelun yhdistäminen huolto-ohjelmaan tukee sitä hyvin. Kokonaisvaltaisella huolto-ohjelmalla pyritään pitämään vuositasolla tehtävien huoltojen laajuus riittävänä ja samalla luodaan suunnitelmallisuutta tulevaisuuden huoltoja silmällä pitäen. Mitä paremmin laitekanta tunnetaan, sitä paremmin laitteita pystytään huoltamaan ja samalla takaamaan niiden häiriöttömän toiminnan. Paperitehtaan prosessien pitää toimia virheettömästi, jotta saadaan mahdollisimman paljon laadukasta lopputuotetta tuotettua. Sähkönjakeluverkon laitteilla pitää taata virheetön yhtäjaksoinen sähkönsyöttö tuotantolinjoille ja niiden prosesseille.

## 2 MYLLYKOSKI-KONSERNI

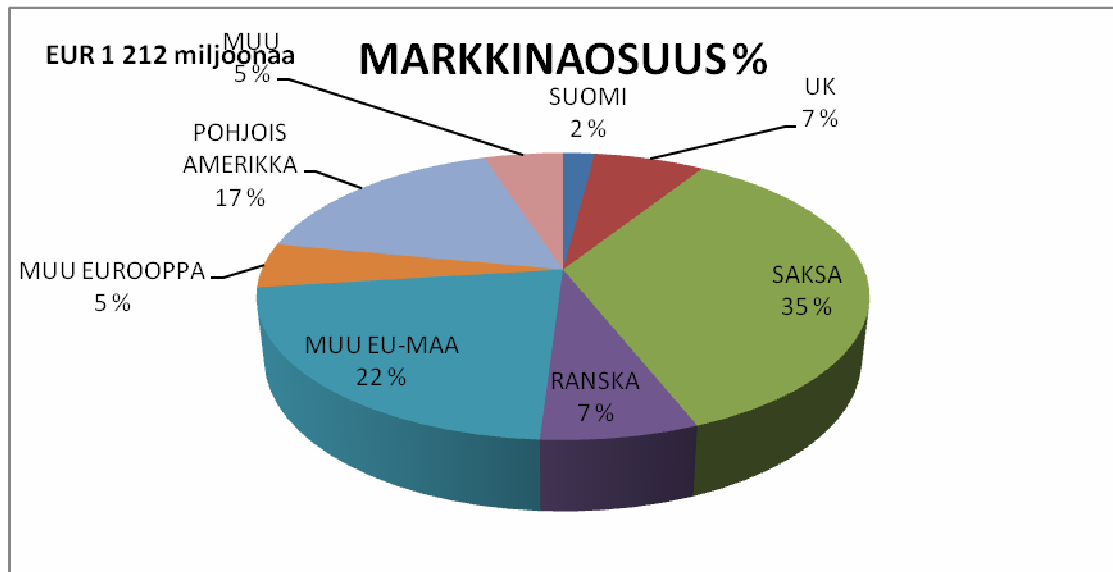
Tämä työ on tehty Kouvolassa sijaitsevalla Myllykoski Paper Oy:n paperitehtaalla. Myllykoski-konserni on kansainvälinen ja itsenäinen metsäteollisuusryhmä, jonka liikevaihto vuonna 2009 oli 1 212 miljoonaa euroa. Konsernin toiminta-alueena on Eurooppa ja sen keskeiset markkinat sekä Pohjois-Amerikka. Tuotevalikoima pitää sisällään puupitoiset päällystämättömät ja päällystetyt painopaperit sekä kierrätyskuitupohjaiset sanomalehti- ja aikakauslehtipaperit, jotka ovat ympäri maailmaa sijaitsevien painolaitosten käyttämiä papereita.[1.]

Konsernin emoyhtiö Myllykoski on suomalainen perheyritys, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1892. Kansainvälinen Myllykoski-konserni koostuu emoyhtiön suoranaisessa omistuksessa olevista yhtiöistä ja ns. partnership-yhtiöistä (kuva 1).



**KUVA 1. Myllykoskikonsernin rakenne**

Myllykoski-konserni on maailman kolmanneksi suurin SC-paperin tuottaja suurella, hieman yli miljoonan tonnin kapasiteetillaan. Konsernin vahvuutta Euroopassa kuvastaa (kuva 2) myös LWC- ja MWC-paperin tuotanto, jota valmistetaan hieman alle miljoonaa tonnia vuodessa. Ryhmään kuuluu allianssipartnerit mukaan luettuna 7 paperitehdasta ja 14 paperikonetta, joiden yhteiskapasiteetti on hieman yli 2,8 miljoonaa tonnia vuodessa. Konserniin kuuluvat yhtiöt työllistävät n. 2 457 henkilöä. [1.]



**KUVA 2. Myllykoski konsernin markkinoiden jakautuminen [1]**

Myllykoski Europeen kuuluvat tehtaat Saksassa ja Suomessa sekä kansainvälinen myyntikonttori Myllykoski Sales Network. Albruckin tehtaalla valmistetaan kolmella paperikoneella päällystettyä rulla- ja arkkioffsetpaperia. Ettringenissä sijaitseva paperitehdas Lang valmistaa kolmella paperikoneella kierrätyskuitupohjaisia sanomalehti- ja painopapereita. Plattlingin tehdas valmistaa kahdella paperikoneella päällystettyä LWC-syväpainopaperia rullina. Kouvolassa sijaitseva Myllykoski Paper Oy valmistaa päällystämättömiä SC-painopapereita sekä päällystettyjä LWC- ja MWC-painopapereita kolmella paperikoneella. Tehtaan vuotuinen kokonaiskapasiteetti on 600 000 tonnia paperia (taulukko 1). Myllykoski North America muodostuu myyntiyhtiöstä Myllykoski North America sekä Madison Paper Industriesta, joka valmistaa Mainessa yhdellä paperikoneella päällystämätöntä SC-painopaperia offset- ja syväpainoon.



Allianssipartneri Rhein Papier Saksassa käsittää kaksi paperikonetta. Rhein Papier valmistaa sanomalehtipaperia yhdellä koneella ja Plattling Papier puolestaan valmistaa päälylystämätöntä sanoma- ja aikakausilehtipaperia.

Joulukuussa 2010 Myllykoski konsernin omistajat ilmoittivat Myllykoski Oyj:n myynnistä UPM-Kymmene Oyj:lle. Kauppa ei toteutunut suoraan, vaan se vaatii kilpailuviranomaisten hyväksynnän. Kaupan uskotaan toteutuvan vuoden 2011 kolmannen vuosineljänneksen aikana.

### TAULUKKO 1. Myllykoski konsernin kokonaistuotanto vuonna 2009 [1]

TEHDAS	SC	LWC	SANOMALEHTI	YHTEENSÄ
Myllykoski Paper	370 000	230 000		600 000
Madison	220 000			220 000
MD Albbbruck		320 000		320 000
MD Plattling		400 000		400 000
Lang Papier	460 000		140 000	600 000
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 050 000</b>	<b>950 000</b>	<b>140 000</b>	<b>2 140 000</b>
<b>ALLIANSSI PARTNERIT</b>				
Rhein Papier			310 000	310 000
Plattling Papier	380 000			380 000

Kouvolassa, Kymijoen varrella (kuva 3) sijaitsevan Myllykosken paperitehtaan juuret ulottuvat suomalaisen paperinvalmistuksen alkuvaiheisiin asti. Alun perin Saksassa 1840-luvulla keksityn mekaanisen puuhiokkeen valmistusmenetelmä rantautui Myllykosken länsirannikolle Ummeljoen kylään 1880 riikalaisen insinöörin Carl Arthur Baisen toimesta. Vuonna 1887 elimäkeläinen kauppias Johan Hannula rakennutti Myllykosken itärannalle puuhiomon, joka joutui muutaman vuoden toimittuaan vaikeuksiin hiokkeen huonon menekin vuoksi ja ajautui konkurssiin. Maaliskuussa 1892 pidetyssä huutokaupassa hiomon osti Karhulan puuhiomon johtajana toiminut insinööri Claes Björnberg, ja tästä hetkestä katsotaan alkaneeksi Myllykoski Oyj:n historia. [2.]

Vuonna 1993 Myllykoski Paper irtaantui emoyhtiö Myllykoski Oy:sta. Myllykoski Paper Oy aloitti omana yhtiönä toimintansa 27.12.1995 tapahtuneen yhtiöittämisen

seurauksena. Myllykoski Paper Oy:n omistavat emoyhtiö Myllykoski Oyj 65 %:n osuudella ja M-real Oyj 35 %:n osuudella.



**KUVA 3. Myllykoski Paper Oy:n tehdasalue sijaitsee Kouvossa, Kymijoen varrella Myllykoskella [2]**

Myllykoski Paper Oy:n tuotteita valmistetaan kolmella paperikoneella (taulukko 2), PK 4 valmistaa päällystettyä LWC-paperia, PK 6 ja PK 7 valmistavat päällystämätöntä SC-paperia. Tuotteet ovat erikoisvaaleita puupitoisia painopapereita, jotka ovat täysin kierrätettävissä. Tehdasalueella on myös neljäs kone PK5, joka pysäytettiin lokaussa 2002 vallinneen tilauspulan seurauksena.

**TAULUKKO 2. Myllykoski Paper Oy:n paperikoneet [3]**

	VIIMEINEN		VUOSITUOTANTO	LEVEYS	PAPERILAJIT
	VALMISTUSVUOSI	UUSINTA			
PK 4	1984	2003	230 000 t/v	542 cm	MYBRITE Offset
PK 6	1961	1993	150 000 t/v	538 cm	MY COLD MY PLUS
PK 7	1971	1998	220 000 t/v	738 cm	MY COLD MY PLUS

### 3 ABB

ABB perustettiin vuonna 1988, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot yhdistettiin. Tänä päivänä ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB toimii yli 100 maassa, ja sen palveluksessa työskentelee yli 117 000 henkilöä. ABB:n kasvu on jatkunut vuodesta toiseen perustuen sen teknologiseen voimaan ja vahvoihin paikallisiin juuriin, joita Suomessa edustaa Strömberg. [4.]

Strömbergin juuret johtavat vuodelle 1889, jolloin Gottfrid Strömberg perusti sähköliikkeen, jonka tarkoituksena oli valmistaa parempia tasavirtadynamoita ja sähkövalaistuslaitoksia kuin sen aikaiset kilpailijat. Helsingin Kampissa sijaitsevan liiketoiminnan ydin olivat tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistukset sekä asennukset. Strömbergin yhtiön tunnuslauseena oli ”Hyvä työ ja parhaat raaka-aineet”. Strömbergin neljän miehen konepaja nousi nopeasti Suomen merkittävien teollisuusyritysten joukkoon ja sähkötekniikan teollisuuden tiennäyttäjäksi. Viiden toimintavuoden jälkeen Strömberg aloitti ulkomaan viennin. Ensimmäinen toimitus oli Venäjän valtion amiraliteetin ja ulkoministeriön uudisrakennusten dynamot. Vuosisadan vaiheessa, kun liiketoiminta kasvoi, tuotanto keskittyi Sörnäisiin. 1910-luvulla Strömberg rakensi kaupunkisähkölaitoksia ja sähköisti suomalaista maaseutua. Samalla vuosikymmenellä alkoi myös teollinen muuntajavalmistus. 1920-luvulla vaihtovirtateknikka löi itsensä läpi sähköteollisuudessa. Vaihtovirtalaitteiden suurimmiksi kuluttajiksi nousivat puuhiomot ja sellutehtaat, joista tuli Strömbergin tärkeimmät asiakkaat. Sodan päätyttyä Strömberg oli noussut Suomen kymmenen suurimman teollisuusyrityksen joukkoon. Uudeksi päätuotteeksi kohosi HZ-oikosulkumoottori. Strömberg osallistui myös Suomen sotakorvauksiin toimittamalla muuntajia, moottoreita, generaattoreita ja kojeistoja Venäjälle. 1950-luvulla Strömberg aloitti tuotekehityksen suurjännitekojeiden ja kojeistojen parissa. Vaasan ja Pitäjänmäen tehtaiden yhteyteen rakennettiin tutkimuslaboratoriot, joissa tuotekehitystä tehtiin. Samalla aloitettiin suurien generaattoreiden räätälöinti vesivoimalaitoksille, joiden rakentaminen oli todella vilkasta. 1960-luvulla tehoelektronikka otettiin mukaan tuotekehitykseen ja kymmenen vuoden kuluttua taajuusmuuttajat, joilla säädettiin oikosulkumoottorien nopeutta, nousivat yrityksen uudeksi lippulaivaksi. 1980-luvulla panostettiin suojaustekniikkaan kehittämällä täysin mikroprosessoripohjainen suojausjärjestelmä. Myös täysin digitaaliset

sähkökäytöt teollisuuden vaatimukseen lanseerattiin markkinoille. 1988 syntyi ABB, jolloin suomalaisten tuotteiden myynti yli kaksinkertaistui kolmessa vuodessa maailmanlaajuisen markkinointi- ja myyntikanavien kautta. [5.]

Maailman markkinat kiristyvät ja yritysten on panostettava omiin vahvoihin osa-alueisiinsa, niin tekee myös ABB. Full Service liiketoiminta on yksi tärkeä osa ABB:n kokonaistarjontaan. Full Service -liiketoiminnan lähtökohtana on asiakkaan tuotanto- ja energiatehokkuuden nostaminen kumppanuussopimuksen aikana. Yleensä sopimukset tehdään viiden vuoden mittaisiksi, jotka tarkentuvat vuosittaisiksi kunnossapitosuunnitelmiksi. Viiden vuoden sopimuskauden aikana asiakkaan kunnossapitokustannukset laskevat, kun taas tuotantotehokkuus sekä energiatehokkuus paranevat. ABB:n vahvuus kokonaisvaltaisessa kunnossapidossa on sen osaavassa henkilöstössä. Laajat toiminnot ympäri maailman sekä ABB:n tuotetausta antavat lisäarvoa asiakkaalle. ABB:n Full Service teknologiapalvelumalli työllistää Suomessa noin 2000 henkilöä. Maailmalla Full Service kohteita on 27, jotka työllistävät 7000 henkilöä. Suomessa ABB:n Full Service tuottaa palveluita useille toimialoille. Kunnossapitopalvelua tuotetaan metalli- ja kaivosteollisuudessa, metsäteollisuudessa, kemian ja valmistavan teollisuuden toimialoilla. Metsäteollisuusyritykselle, Stora Ensolle, ABB toimittaa kunnossapitopalvelua oman yhtiön kautta. Stora Enson ja ABB:n yhteisyritys Efora aloitti toimintansa 1.1.2009. [6.]

ABB aloitti kunnossapidon Myllykosken paperitehtaalla 1.1.2007 liikkeenluovutuksen yhteydessä, jolloin Myllykoski Paper Oy:n 170 kunnossapitohenkilöä siirtyi ABB:n palvelukseen vanhoina työntekijöinä. ABB:n ja Myllykoski Paper Oy:n välinen kunnossapitosopimus on kestoaltaan viisi vuotta. Kunnossapitosopimus oli sillä hetkellä suurin ulkoistamissopimus paperiteollisuudessa, joka pohjasi vuonna 2005 tehtyyn työehtosopimukseen. Kyseinen työehtosopimus muistetaan siitä, että sitä edelsi pitkä työtaistelu, jollaista Suomen historiassa ei ole ollut kymmeneen vuoteen.

## 4 SÄHKÖNJAKELUVERKON LAITTEET

Teollisuuden sähköjakelun laitteet muodostavat yhdessä sähköjakeluverkon, jolla tuotetaan energiaa prosessien eri vaiheisiin. Laitteita on lukuisia erilaisia, useilta valmistajilta ja eri aikakausilta. Laitteiden toiminnan on oltava erittäin luotettavaa, koska pienikin vikaantuminen, josta mahdollisesti aiheutuu sähköjakelun keskeytys, voi olla hyvinkin kohtalokas. Sähköjakeluverkon laitteet, joita ovat suoja releet, erottimet, katkaisijat, muuntajat sekä varmennetun sähköjakelun laitteet tarvitsevat ylläpitoa ja huoltoa, kuten muutkin laitteet teollisuudessa. Koska on kyse erittäin tärkeistä laitteista, pitää niiden toiminta ja käyttötarkoitus sekä tarvittavat huollot tiedostaa tarkasti. Tässä luvussa tarkastellaan jokaista sähköjakeluverkon laitetta sekä sen vikaantumista ja tarvittavia huoltotoimenpiteitä. Alaluvussa seitsemän käsitellään niiden ennakkohuolto-ohjelmaa sen laajuutta sekä huoltojakson pituuden määrittämistä eri laitteille.

### 4.1 Relesuojaus

Teollisuudessa suuria moottoreita ja muuntajia sekä niitä syöttävää verkkoa on suojattava mahdollisia vikatapauksia varten riittävällä suojauslaitteistolla. Vaikka relesuojaus olisi toteutettu asianmukaisesti noudattamalla standardeja ja vallitsevia mitoitusohjeita, ei se itsessään poista vian syntymisen mahdollisuutta. Suojauksella pyritään minimoimaan mahdollisen vian aiheuttamat vahingot sekä lyhentämään käyttökeskeytysten aikaa verrattuna suojaamattomiin kohteisiin. Oikein suunnitellulla ja toimivalla selektiivisellä relesuojauksella pystytään erottamaan vikaantunut verkonosa muusta sähköjakelujärjestelmästä. Sähkölaki asettaa myös suojaukselle ovat vaatimuksensa, joiden pitää täytyä suojauslaitteiston käytössä. Relesuojausta määriteltäessä on huomioitava tarkasti suojattavan kohteen taloudellinen ja tekninen luonne prosessissa. Jos näitä seikkoja ei tarkastella riittävästi, vaarana on, että suojaus toteutetaan ns. ylisuojauksena. Kohteen suojaus ei kuitenkaan saa olla puutteellinen.

Relesuojauksen yleiset periaatteet ovat varsin selkeät. Suojauksen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

1. Relesuojauksen on suojattava koko sähköjakeluverkkoa ja erityisesti kohdetta, jota releellä suojataan.
2. Suojauksen on oltava kohteen kannalta riittävän nopea ja tarkka.
3. Suojauksen toteutuksen on oltava mahdollisimman yksinkertainen ja käyttövarma.
4. Suojauksen on toimittava selektiivisesti, eli mahdollisessa vikatilanteessa verkosta käyttökeskeytyksen piiriin jää vain vikaantunut kohde.
5. Mahdollisessa vikatilanteessa suojauksen on toimittava nopeasti sekä itsetoimivasti, ilman käyttöhenkilökunnan apua tai valvontaa. Kommunikointihäiriötkään eivät saa estää suojausta toimimasta.
6. Suojaus on voitava koestaa ja huoltaa käytön aikana ilman käyttökeskeytystä.

#### **4.1.1 Suojarele**

Suojarele on laite sähköjakelujärjestelmässä, jonka tehtävänä on suojata kohteita esimerkiksi muuntajia ja sähkömoottoreita, oikein ja oikealla hetkellä. Yleensä suojarele on kytketty sähköjakelujärjestelmän toisiopiiriin ja mittaus ensiöpiiristä tapahtuu erillisten mittamuuntajien kautta. Suojarele mittaa jatkuvasti suojattavaa järjestelmää ja sen sähköverkkoa. Mittaustuloksen perusteella suojarele tekee tarvittavat toiminnot releeseen aseteltujen arvojen mukaisesti. Suojareleeseen asetellaan suure ja sille toiminta-arvo, jota suojarele mittaa. Jos mittaustulos saavuttaa releeseen asetellun toiminta-arvon, rele havahtuu ja suorittaa sille asetetun toiminnan, tietyn toiminta-ajan jälkeen. Releen toiminta riippuu suojattavasta kohteesta ja sille määritellyistä toimintaehdoista. Rele voi tehdä merkinannon sähköjakelujärjestelmään tai suoraan kytkentätoimenpiteen, jolloin katkaisija aukeaa ja suojattava kohde erotetaan syöttävästä verkosta. Mahdollisen vikatilanteen takia rele on varustettava riittävällä indikoinnilla sekä vikatietojen rekisteröinnillä, vikatilanteen selvittämisen helpottamiseksi. Vikatilanteesta on aina saatava tieto käyttöhenkilökunnalle, jotta vian selvittäminen pystyttäisiin aloittamaan mahdollisimman nopeasti eikä syntyisi henkilövahinkoja tai taloudellisia menetyksiä. Jotta suojarele suojaisi sähköverkkoa ja sen kohteita mahdollisimman tehokkaasti vikatilanteessa, on koko sähköjakelujärjestelmän ja sen laittei-

den toimittava selektiivisesti. Selektiivisen toiminnan saavuttaminen vaatii käyttökonekunnalta järjestelmän ja sen laitteiden hyvää asiantuntemusta sekä riittävää ammattitaitoa. Henkilökunnan pitää tuntea laitteiden ominaisuudet, kuten toiminta-ajat ja nimellisarvot riittävän tarkasti, jotta sähköjaketuverkon suojuuksen oikea toiminta vikatilanteessa olisi mahdollisimman tehokasta.

#### 4.1.2 Suojarelelyypit

Suojareleitä ja niiden tyyppejä on lukuisia erilaisia lukuisista käyttökohteista riippuen. Suojareleet jaotellaan ensio- eli primäärireleisiin, sähkömekaanisiin toisioreleisiin, tasasuuntaajareleisiin, staattisiin releisiin, mikroprosessorireleisiin ja numeerisiin releisiin. Yleisempiä suojarelelyyppejä ovat virtareleet, alijännitereleet, ylijännitereleet ja taajuusreleet. Virtareleiden suojaustoiminnot perustuvat hetkelliseen ylivirtaan, vakioaikaylivirtaan, käänteisaikaylivirtaan tai lämpöön. Alijännitereleitä käytetään suurten moottoreiden erottamiseen verkosta mahdollisessa alijännitetilanteessa. Ylijännitereleet havaitsevat aikahidastetusti maasulut, estävät tahtigeneraattoreiden vaaralliset jännitteennousut sekä havaitsevat moottoreiden vaihekatkokset tai väärät vaihejärjestykset. Ylitaajuus, jota käytetään generaattoreiden suojuuksessa, ja alitaajuus, jota syntyy kuormien irtikytkennässä, ovat taajuusreleiden suojaustoiminnot ja kohteet.

Myös suuntareleet, tehoreleet, epäsymmetriareleet ja vertoreleet, joita ovat differentiaalireleet ja apuyhteysreleet, ovat yleisesti käytössä sähköjaketuverkon ja sen laitteiston suojuuksessa. Suuntarele tarkistelee virtoja ja jännitteitä sekä niiden vaihe-eroja. Suuntareleessä ylivirtatieto on yhdistetty virran ja jännitteen väliseen vaihekulmaan. Tehorele estää generaattorin ja sitä pyörittävän voimakoneen käymisen moottorina, yleensä tehoreleissä mitataan myös tehon suunta. Pyörivät koneet suojuetaan usein virran vastakomponenttia mittaavalla epäsymmetrisuojalla. Jos pyöriviä koneita ei suojuata epäsymmetrisuojalla, virran vastakomponentti aiheuttaa päävuota vastaan pyörivän magneettivuon, joka synnyttää pyörintää vastustavan vääntömomentin. Vääntömomentti aiheuttaa tärinää ja ylikuumentumista, joiden seurauksesta pyörivät koneet vaurioituvat. Differentiaalireleiden toiminta perustuu siihen, että suojausalueelta tulevien ja sieltä lähtevien virtojen erotusta mitataan. Jos virtojen amplitudit ja/tai vaihekulmat

eroavat toisistaan, suojausalueella on vika. Differentiaalireleet ovat selektiivisiä ja laukeavat vain suojausalueella olevista vioista.

Generaattorien suojauksessa käytetään alimagnetointi ja ylimagnetointireleitä sekä staattorin ja roottorin maasulkureleitä. Generaattoreiden napaoikosulkujen suojaukseen käytetään jänniteriippuvaisia ylivirtareleitä, kun taas ali-impedanssireleet suojaavat generaattoria lähioikosululta. Ylimagnetointireleitä käytetään myös suojaamaan tehomuuntajia ylimagnetoitumiselta.

Relesuojauksessa käytetään myös valokaarireleitä, jotka ovat osa oikosulkusuojausta ja täydentävät kojeistojen kiskostonsuojausta. Valokaarisuojaus on integroitu kojeistoihin, ja sen tarkoitus on vähentää laitteiden vaurioitumisriskiä sekä parantaa henkilöturvallisuutta. Valokaarireleen toimintaehtoina ovat riittävä ylivirta ja valokaari kojeiston sisällä. Valokaarireleen toiminta-aika on todella nopea n. 1-2 ms. Kun siihen lisätään katkaisijan toiminta-aika n. 35- 100 ms, on suojauksen toiminta todella nopeaa. Tällaisissa kojeistoissa valokuvatessa on muistettava, että salamavalon käyttö on kiellettyä, koska siitä syntyvä valonmäärä voi laukaista valokaarisuojauksen.

Muita suojalaitteita joita käytetään sähköjakelun ja sen laitteiston suojauksessa ovat, erilaiset mekaaniset paineen sekä kierrosnopeuden valvojat, tehomuuntajan Buchholz-kaasurele, muuntajan käämin ja öljyn lämpötilan valvojat sekä käämikytkimien suojarleet.

#### **4.1.3 Käynninaikainen ylläpito ja huolto**

Suojareleet, kuten muutkin sähköjakeluverkon laitteet, tarvitsevat ylläpitoa ja huoltoa. Suojareleet ovat laitteita, joiden valmistuksessa on käytetty elektroniikkakomponentteja. Komponenteilla on tietty elinikä, johon voidaan vaikuttaa ulkoisilla tekijöillä, kuten huollolla ja ympäristöolosuhteilla. Komponenttien vanhenemiseen vaikuttavat toiminta-aika, ympäristö ja sen lämpötila sekä suojareleen apujännitteen laatu ja sen taso. ABB:n suojareleitä on toimitettu jo 70-luvulta asti, joten niiden elinikä on varsin pitkä. Ensimmäinen tuoteperhe oli J-sarja, jonka tuotteita olivat J3 ja J6-sarjan releet. Seuraavat tuoteperheet ovat SACO 100M, SPAA 320, SPAM 110, SPAJ 120 ja SPAU 320-sarja.



Suojarele ei tarvitse erityistä ylläpitoa, jos sitä käytetään ympäristössä, johon se on suunniteltu. Mikäli käyttöolosuhteet poikkeavat releelle määritellyistä esimerkiksi ympäristönlämpötilan tai suhteellisen kosteuden puolesta tai jos suojarele asennuspaikallaan joutuu alttiiksi pölylle tai kemiallisesti aktiivisille kaasuille, on suositeltavaa, että releelle suoritetaan visuaalinen tarkastus relekoestuksen yhteydessä tai aina, kun releen toimintamoduuleita poistetaan kotelostaan. Suojareleelle on hyvä tehdä visuaalinen tarkastus määräväleihin. Määräväli riippuu suojareleiden käyttökohteesta, asennuspaikasta ja ympäristöolosuhteista. Visuaalisessa tarkastuksessa kiinnitetään huomiota releen rakenteeseen ja sen mahdollisiin mekaanisiin vaurioihin pistoyksiköissä, liittimissä tai kotelon rakenteessa. Tarkastuksessa pitää kiinnittää huomiota myös mahdolliseen pölyn tai lian kertymiseen kannen sisäpuolelle, piirilevyihin tai koteloon. Pöly voidaan poistaa varovasti puhaltamalla elektroniikalle soveltuvilla puhdistusaineilla tai ilmalla. Visuaalisessa tarkastuksessa huomioidaan myös merkit mahdollisesti alkavista hapettumista tai syöpymisistä liittimissä, releen kotelossa tai sisäosissa. Mikäli suojareleiden toiminnassa esiintyy epämääräisyyttä, rele ei toimi enää oikein esimerkiksi lähtökennon katkaisija suorittaa virhelaukaisun, katkaisija ei enää ohjaudu auki sähköhäiriön yhteydessä, releen itsevalvonta (IRF) hälyttää tai määräaikaistoestuksessa havaitaan vikoja tai poikkeamia. Tällöin on rele tarkistettava ja korjattava asiantuntijan toimesta.

Joillekin vanhemmille reletyypeille, esimerkiksi SPAJ J3-sarjan releet (kuva 4), on olemassa ns. modifiointipaketti, jolla päivitetään releen vanhentuneet komponentit, kuten potentiometrit ja kondensaattorit. Päivityksessä releen vanhat komponentit vaihdetaan uusiin korvaaviin ja valmistajan testaamiin malleihin. On myös relemalleja, esimerkiksi SPAJ141 (kuva 5), joihin voidaan päivittää korttimoduulit, jotka sisältävät kaiken releen elektroniikan. Tällaisia huoltotehtäviä saa suorittaa vain ammattihenkilöt, jotka ovat käyneet tyypikohtaisen relekoulutuksen ja saaneet siitä valmistajan myöntämän sertifiointin. Releiden ennakkohuollossa ei tehdä koestusta, vaan se on tehtävä erikseen tietyin määräajoin. Valmistajan suosittama koestuksen määräaika olisi n. 3-6 vuoden välein. Suojareleet ovat suunniteltu siten, että niille voidaan suorittaa koestus normaalin käynnin aikana aiheuttamatta minkäänlaisia ongelmia prosessissa. Koestuksessa löydetään viollisesti ja epävarmasti toimivat releet sekä saadaan raportti releen kunnosta ja sen asetteluista. Jos koestuksessa löydetään viollinen tai epävarmasti toimiva rele, on se syytä korjauttaa asiantuntijoilla välittömästi, koska muuten kohde on suojaamaton. Kohteen vikaantuessa voi aiheutua vaaratilanteita sekä

suuria välillisiä kustannuksia. Liitteessä yksi on esitelty relekoestuksen relekohtainen raportti.



**KUVA 4. Strömbergin valmistama ylivirtarele SPAJ 1A5 J3, joka perustuu perinteiseen komponenttitekniikkaan**



**KUVA 5. ABB:n valmistama ns. uuden sukupolven ylivirtarele SPAJ 141 C, joka perustuu korttimoduuleihin**

## 4.2 Erotin

Erotin on laite sähkönjakeluverkossa, jonka tehtävä on erottaa verkon jännitteiset osat jännitteettömistä osista. Jotta työkohteessa olisi turvallista työskennellä, on erottimien muodostettava näkyvä ja luotettava avausväli jännitteettömän ja käytössä olevan jännitteisen virtapiirin välille. Erottimia käytetään myös ohituskytkennöissä, joilla mahdollistetaan jatkuvan sähkön syöttö jonkin laitteen keskeytyksen aikana. Usein erottimen yhteyteen on asennettu maadoituserotin, jolla maadoitetaan työkohteena oleva jännitteetön verkon osa tai laite. Maadoituserottimella estetään mahdollisten vikaantumisien tai virhekytkentöjen aiheuttamat jännitteet. Erottimilla ei yleisesti eroteta kuormia, joten niiden virran katkaisu ja sulkemiskyky on heikko. Joitakin lyhyitä tyhjäkäynnillä olevia kaapeleita tai muuntajia voidaan erottaa hetkellisesti erottimilla.

### 4.2.1 Erotintyypit

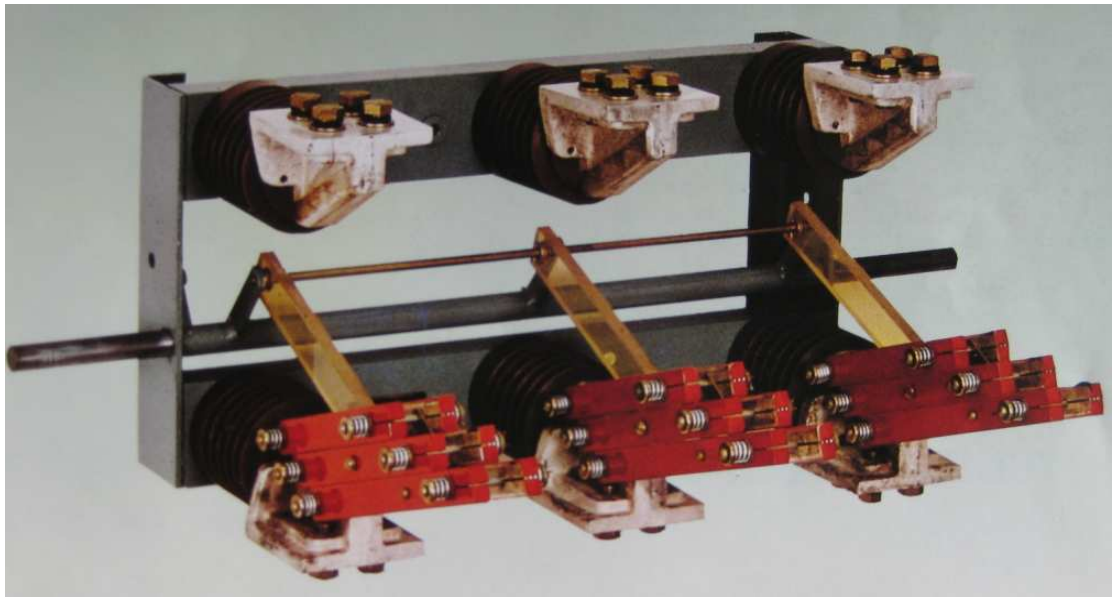
Yleisimmät erotintyypit ovat veitsierottimet, kiertoerottimet ja tartuntaerottimet. Yleisin erotintyyppi kantaverkkokäytössä on kiertoerotin, jonka kosketinvarsien liike tapahtuu horisontaalisesti kiertoeristimien välityksellä. Kiertoerottimet ovat joko kaksitai kolmipilarisia. Kolmipilarisia kiertoerottimia käytetään tähtipiste-erottimina, koska ne tarvitsevat vähäisen asennustilan. Lisäksi niille sallitaan suuremmat köysivoimat liittimissä. Myllykoskella kiertoerottimia käytetään 110 kV:n ulkokentällä, mutta muualla niitä ei ole käytössä (kuva 6).



**KUVA 6.** Myllykosken 110 kV:n ulkokentällä käytetään kieroerottimia

Tartuntaerottimet voidaan jakaa suoravartisiin, polvi- ja saksierottimiin. Suoravartisis-  
sa tartuntaerottimissa kosketinvarret liikkuvat pystysuunnassa saranamaisesti, yhden  
nivelen varassa, kun taas saksierottimessa kosketinvarsi liikkuu teleskooppimaisesti  
pystysuorassa. Polvierottimia on sekä horisontaalisia että vertikaalisia. Ne liikkuvat  
kahden nivelen varassa suorassa linjassa taipuen keskeltä. Vertikaalisia tartuntaerotti-  
mia voidaan käyttää vain sähköasemilla, koska ne tarvitsevat erityisen vastakosketti-  
men. Horisontaalista polvierotinta voidaan käyttää köysikiskostoissa. Tartuntaerotti-  
met tarvitsevat pienemmän asennuspinta-alan kuin kiertoerottimet, mutta niillä on  
vastaavasti monimutkaisempi rakenne ja korkeampi hankintahinta.

Veitsierottimia käytetään kantaverkoissa rajoitetusti, lähinnä omakäyttöjärjestelmissä.  
Teollisuuden sähkönjakelujärjestelmissä veitsierotinta käytetään runsaasti. Veitsierot-  
timessa kosketinvarret liikkuvat pystysuunnassa, yhden vipuvarren varassa (kuva 7).



**KUVA 7. ABB:n valmistama veitsierotin mallia OJON 3-12 A 4000 [7]**

#### 4.2.2 Erottimen rakenne

Erottimen pääosat ovat virtatiet, ohjain, eristimet ja voimansiirto. Virtateiksi käsitetään kaikki tukieristeen yläpuoliset jännitteiset rakenteet. Erottimen päävirtateiksi luetaan ne osat, jotka ovat mitoitettu siirtämään suurimman osan kuormavirrasta. Erottimen ikääntyessä sen ylimenovastus voi kasvaa, jolloin virta voi kiertää muualta kuin päävirtatietä pitkin. Tämä näkyy erottimen lämpenemisenä. Virtateiden osia ovat pääkoskettimet, primäärikoskettimet, kosketin varret ja liukukoskettimet. Liukukoskettimia käytetään vain nivelletyissä erottimissa. Eristin eristää koskettimien jännitteiset osat maan potentiaalista, tukee erotinta mekaanisesti ja toimii osana voimansiirtoa. Eristysmateriaaleina voidaan käyttää posliinia ja synteettisiä polymeerejä. Eristinmateriaalin tärkeimpiä valintakriteereitä ovat sen jännitelujuus sekä mekaaninen lujuus. Ohjain tuottaa energian voimansiirrolle ja sen kautta kosketinvarsille. Kantaverkoissa käytetään moottoriohjaimella varustettuja erottimia, mutta teollisuudessa erottimet ovat pääsääntöisesti käsiohjattuja.

OJON-mallisen veitsierottimen alusta on valmistettu levystä ja eristimet ruskeasta valuhartsista. Eristimet voivat olla muodoltaan joko sileitä lieriöitä tai poimutettuja riippuen jännitteen suuruudesta. 1000...4000 A erottimien koskettimet ovat kuparivalua, muiden erottimien koskettimet on valmistettu kuparilevystä. Veitset ovat latta- tai U-muotokuparia. Erottimen koskettimet ja veitset ovat hopeoitu kulumista kestäviksi. Erottimien veitsiparien lukumäärä riippuu virrasta. Veitsien jousto on aikaansaatu veitsiä yhteen puristavilla kierrejousilla. 3-napaisen erottimen alustassa on ohjausakseli, jolla liike välitetään vipujen ja eristysvälitankojen avulla veitsiin. Akselin halkaisija on 25 mm ja sen kääntymiskulma on  $90^{\circ}$ . Erottimen alusta on maalattu harmaaksi ja veitset punaiseksi asennon havaitsemisen helpottamiseksi (kuva 8). Erottimien joiden virta on 630 A ... 1600 A välillä, sekä maadoituserottimien liittimissä on jousi- ja paineentasauslaatat. [7.]

Myllykoskella OJON-mallisia erottimia ohjataan pääsääntöisesti käsin. Käsiohjauslaite lukitsee kuoliovivun avulla ohjattavan erottimen ääriasentoihinsa, joissa pysymistä varmentaa jousitettu tappi. Lisäksi kuoliovipu keventää ohjausta ääriasentojen läheisyydessä. Ohjausakselin pää on peitettävissä lukittavalla suojakannella. Käsiohjain on varustettu lukitusmagneetilla, jolla estetään erottimen ohjaaminen vahingossa. Lisäksi

erotin on varustettu lukituslaitteella, joka estää vaakasuoraan asennettuja erottimia sulkeutumasta omalla painollaan. Kun ohjausvarresta kierretään, siirtyy liike erilaisten vipujen ja välitankojen avulla erottimen akselille kääntäen sitä  $90^{\circ}$ . Erottimen yliohtauksen estävät rajoitinrenkaat. [7.]



**KUVA 8. Erottimen punaiset veitset helpottavat niiden havaitsemista kojeistossa.**

#### 4.2.3 Erottimen vikaantuminen

Eroittimilla on useita eri toimintoja, joista sen pitää selviytyä. Vikaantumisen johtavia syitä on useita ja alla on mainittu yleisempiä erottimen vikaantumisen syitä.

- Erotin ei aukea tai aukeaa osittain.
- Erotin ei sulkeudu tai sulkeutuu osittain.
- Erotin ei pysy auki tai avautuu itsestään.
- Erotin ei pysy kiinni tai sulkeutuu itsestä.
- Erotin ei avaa virtapiirejä näkyvästi.

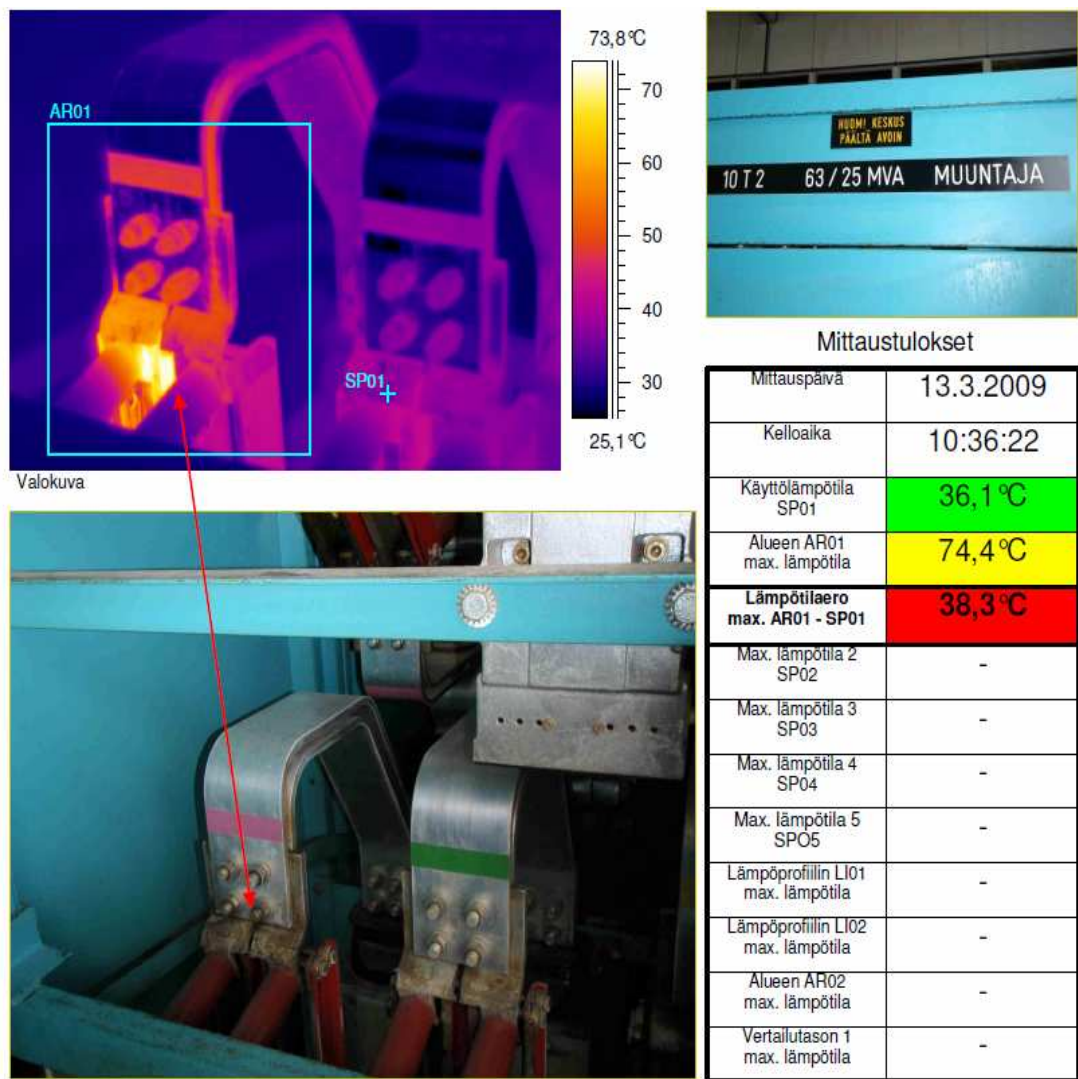
- Erotin johtaa virtaa liian pienellä resistanssilla, jolloin ylimenovastus on liian suuri.
- Eristää vaiheet toisistaan ja maasta, maasulku ja oikosulku.
- Erotin ei lukitu auki/kiinni asentoon tai ei pysy lukittuna.
- Ei anna tilatietoa tai antaa väärän tilatiedon.
- Ei anna hälytystä tai antaa väärän hälytyksen.

#### **4.2.4 Erottimen huolto**

Erottimien huoltoväliin vaikuttaa useampi seikka. Huoltoväli voidaan määritellä tehtäväksi säännöllisin väliajoin, joka perustuu valmistajan suositusten tai sitten omien kokemusten perusteella. Huoltovälin määrittämiseen vaikuttaa erottimen tyyppi, ikä, käyttökohde ja sen kriittisyys sekä huollettavuus ja ympäristöolosuhteet. Pääsääntöisesti huoltoväli on kahdeksan vuotta, mutta joillakin vanhemmilla tyypeillä huoltoväli voi olla kuusi tai neljä vuotta. Joissakin erityistapauksissa huoltoväli voi olla vieläkin pienempi. Erottimen huollossa virtatiet, voimansiirto ja ohjain huolletaan sekä testataan erottimen toiminta. Erottimen liikkuvat osat puhdistetaan, tarkastetaan ja uudelleen rasvataan sekä tarvittaessa säädetään kohdalleen. Kuluneet osat pyritään vaihtamaan uusiin, mikäli vaihtotarvetta ilmenee. Erottimen ylimenovastus mitataan ennen huoltoa sekä huollon jälkeen. Jos mittausravot ylittyvät, pyritään paikallistamaan mahdollinen vikakohta mittaamalla erotin osissa. Ohjaimen apukoskettimet ja lukitukset myös tarkistetaan ja tarpeen vaatiessa säädetään. Huollossa pitää huomioida eri valmistajien ja erityyppisten erottimien materiaalit ja niille soveltuvat puhdistus- ja voiteluaineet. Vääräntyyppisten aineiden käyttö voi aiheuttaa erottimessa jumitusta tai kiinni juuttumista. Tällöin voiteluaineet ovat pestävä pois liuotinaineella ennen uuden rasvan levitystä. Jotkin erottimet voidaan huoltaa myös jännitteisinä, jolloin koskettimet rasvataan eristinsauvan avulla, mutta tällainen huolto on vain ensiapua erottimen toiminnan edellytykseksi. Erottimen huoltoon menee ammattitaitoiselta, koulutetulta asiantuntijalta n. 2-6 h riippuen erottimen kunnosta ja käyttöympäristöstä. Huollosta tehdään erillinen raportti, joka on esitetty liitteessä kaksi.



Eroittimien kuntoa valvotaan kerran vuodessa suoritettavalla lämpökuvauksella. Erottimista kuvataan liittimet ja kosketinvarret. Lämpökuvauksella pyritään löytämään kuumat pisteet sekä vaiheiden väliset lämpötilaerot (kuva 9). Säännöllisesti suoritettu lämpökuvauus antaa hyvän ja todellisen kuvan verkon liitoksien ja kojeiden kunnosta. Lisäksi kuvaus antaa mahdollisuuden varautua ennalta tarvittaviin toimenpiteisiin. Lämpökuvauksen tulokset ovat riippuvaisia kuvattavan kohteen kuormituksesta sekä kuvaajasta. Kohteen kuormituksen pitää olla vähintään kolmannes nimelliskuormasta ja kuvaajan kokenut, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavina. Lämpökuvauksella voidaan kuitenkin löytää virtateissä piileviä vikoja ja niille voidaan tehdä korjaavat toimenpiteet suunnitellusti ennen lopullista vikaantumista, joka pahimmillaan aiheuttaa keskeytyksen sähköjäljälussa.



**KUVA 9.** Lämpökuvauksella pyritään havaitsemaan erottimessa ilmenevät kuumat pisteet sekä mahdolliset lämpötilaerot.



Kuten kuvasta yhdeksän huomataan, erottimen yläkoskettimissa on lämpötilaeroja sekä yhden vaiheen veitsestä löytyy ns. kuuma piste. Kyseinen erotin on sähkönjake-  
 lun kannalta erittäin tärkeä, koska sen kautta kojeisto CC2 saa syöttönsä päämuunta-  
 jalta 10T2. Jos kyseinen erotin aiheuttaa keskeytyksen, keskeytyskustannukset nouse-  
 vat suuriksi menetetyn tuotannon takia, koska kojeiston sähkönjakelullinen vaikutus-  
 alue on suuri. Kyseinen erotin on myös huollollisesti hankala, koska päämuuntajat  
 ovat äärimmäisen harvoin pois käytöstä ja käynninaikainen huolto on erittäin hanka-  
 laa. Seuraavassa keskeytyksessä erotin pitää puhdistaa, rasvata ja kiristää. Jos veitse-  
 ssä on rakenteellisia virheitä, veitsi pitää vaihtaa.

### 4.3 Katkaisija

Katkaisija on laite sähkönjakeluverkossa, jolla on keskeinen tehtävä erottaa ja yhdis-  
 tää virtapiirejä toisiinsa. Katkaisijan on kyettävä toimimaan vaaraa aiheuttamatta nor-  
 maalitilanteessa sekä vikatilanteessa, jolloin virrat saattavat olla moninkertaisia nor-  
 maaliin virtaan verrattuna sekä yli katkaisijan nimellisvirran. Katkaisijan on toimittava  
 vikatilanteessa siten, että muulle syöttöverkolle aiheutuu mahdollisimman vähän häi-  
 riiöitä. Tällaisessa vikatilanteessa katkaisija itsessään ei saa vikaantua. Katkaisija toi-  
 mii myös oiko- ja maasulkutilanteissa suojaeleen antamien laukaisukäskeyjen mukai-  
 sesti. Katkaisijan ohjaus tapahtuu joko kojeistosta paikan päältä tai sitten kaukokäyt-  
 töisesti automaatiojärjestelmien välityksellä. Riippuen katkaisijan iästä ja tyyppistä  
 jotkin katkaisijat eivät ole ohjattavissa kauko-ohjauksella.

Katkaisijoita on useita erityyppisiä, joiden rakenteet poikkeavat toisistaan merkittä-  
 västi. Yleisempiä katkaisijoita ovat vähäöljy-, paineilma-, tyhjö- ja SF<sub>6</sub>-  
 kaasukatkaisijat. Myllykoski Paper Oy:n sähkönjakeluverkossa ei ole enää käytössä  
 paineilmakatkaisijoita. Toiminnot ovat toteutettu eri valmistajien vähäöljy-, tyhjö- ja  
 SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijoilla. Katkaisijan valintaan vaikuttavat useat eri seikat ja toimenpi-  
 teet. Vaativin toimenpide katkaisijalle on oikosulkupiirin katkaisu. Katkaisijan valin-  
 taan vaikuttavia tekijöitä ovat:

- kuormituspiirin suurin käyttöjännite, jonka perusteella määräytyy kat-  
 kaisijan nimellisjännite  $U_N$

- kuormituspiirin suurin jatkuva virta, jonka perusteella määräytyy katkaisijan nimellisvirta  $I_N$
- kuormituspiirin suurin oikosulkuvirta
- katkaisijan kytkentätiheys
- käyttöjännitteen taajuus
- ympäristöolosuhteet
- mekaaniset mitat.

Katkaisijan on pystyttävä katkaisemaan käyttöpaikalla esiintyvä suurin oikosulkuvirta. Katkaisijoille annetuissa normeissa on määritelty katkaisukyky symmetrisellä ja epäsymmetrisellä oikosulkuvirralla. Katkaisijan pitää kestää myös useita erilaisia rasituksia, joita oikosulkuvirrat ja niiden mekaaniset voimat aiheuttavat. Myös reaktiiviset virrat sekä epätahtitilanteet rasittavat katkaisijoita. Katkaisijan valinta riippuu siis käyttökohteesta ja sen mitoitusarvoista. Myllykoskella käytettäviä katkaisijatyyppejä ovat:

- muuntajakatkaisija
- moottorikatkaisija
- generaattorikatkaisija
- kiskokatkaisija
- kompensointikatkaisija.

Edellä mainituista katkaisijatyypeistä kompensointikatkaisijat ovat sähköjakelujärjestelmässä suuressa roolissa, sillä niiden toiminta on lähes päivittäistä, joten toimintakertoja tulee huomattavasti enemmän kuin esimerkiksi muuntajakatkaisijaan. Muuntajakatkaisijassa taas ongelmaksi saattaa muodostua sen toimintakertojen puute, sillä katkaisija saattaa olla pitkään samassa asennossa. Katkaisijaa ohjattaessa saattaa katkaisija olla jumissa käyttämättömyyden takia. Moottorikatkaisijoissa, kuten kompressorilähdöissä, voi toimintakertoja tulla lyhyessä ajassa suhteellisen paljon, jos ajotapa ei ole stabiili. Myös kondensaattoriparistojen reaktiivisten virtojen katkaisu ja kytkentä rasittaa katkaisijaa merkittävästi. Kompensointilaitteita käytetään sähköjakelujärjestelmissä verkon jännitteensäätöön tuottamaan tai kuluttamaan loistehoa. Jos verkon jännite ei ole stabiili niin pitkällä konelinjoilla, joissa on paljon pyöriäviä laitteita, saattaa loppupään laitteiden toiminta heikentyä merkittävästi, jos kompensointi ei toimi oikealla tavalla. Taulukossa 3 on esitetty ABB:n valmistamien erityyppisten katkaisi-

joiden teknisiä tietoja, joiden perusteella valitaan oikean tyyppinen katkaisija käyttökohteeseen.

**TAULUKKO 3. ABB:n valmistamien katkaisijoiden tekniset tiedot [8]**

KYTKINLAITE	LAJI	Ur kV	Ir A	Ik kA	Isc kA
Vähäöljykatkaisija	OSAM 12-3	12	800	20	20
	OSAM 24-2	24	800	20	16
	OSAN 12-1	12	1250	32	32
	OSAN 24-1	24	1250	32	32
	OSAO 12-1	12	1600	40	40
SF6-katkaisija	HPA 12	12	630...3150	12,5...40	12,5...40
	HPA 24	24	630...2500	12,5...31,5	12,5...31,5
Tyhjökatkaisija	VD4 12	12	630...4000	12,5...50	12,5...50
	VD4 24	24	630...2500	12,5...25	12,5...25

Ur	mitoitusjännite
Ir	mitoitusvirta
Ik	terminen kestovirta ( kesto aika 1s tai 3s)
Isc	katkaisijan katkaisukyky

#### 4.3.1 Katkaisijatyypit

Katkaisijan avautuessa virtapiiri ei katkea välittömästi, vaan virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren välityksellä. Valokaari sammutetaan sitä ympäröivän sammutusväliaineen avulla, jonka perusteella katkaisijat ryhmitellään. Yleisimmin käytetyt katkaisijatyypit ovat vähäöljykatkaisijat (kuva 10), tyhjökatkaisijat (kuva 11), paineilmakatkaisijat sekä SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijat (kuva 12).

Vähäöljykatkaisija edustaa katkaisijoiden edellistä sukupolvea. Vähäöljykatkaisijoiden valmistus on lopetettu 1980-luvun lopulla, joten niiden varaosien saatavuus on rajoitettua. Vähäöljykatkaisijan valokaarensammutus perustuu öljyn höyrystymiseen. Öljy höyrystyy ja sitoo lämpöä, valokaarta jäähdyttäen sekä synnyttää paineen katkai-

sijan pilarissa. Paineen kasvaessa öljy alkaa virrata kohti valokaarta, virtaus voidaan suunnata joko poikittain tai pitkittäin valokaareen nähden. Öljynpaine saattaa nousta erittäin suureksi, jopa 10 MPa:iin asti. Öljynvirtausta voidaan sisäisen rakenteen lisäksi tehostaa erilaisilla pumppauslaitteilla. Vähäöljykatkaisija tarvitsee pienen määrän apuenergiaa ohjaukseen, koska ohjaus tapahtuu jousimekanismin avulla. Ohjaimessa olevan kiinnivetojousi viritetään joko käsin tai viritysmoottorin avulla. Auki-laukaisujouset virittyvät katkaisijan kiinniohjauksessa. Katkaisijaa ohjaamalla kytetään yleisesti päävirta eli ensiö – ja toisioreleet.



**KUVA 10. Strömbergin valmistamat vähäöljykatkaisit OSAM 12D3 ja OSAM 12A3 [9]**

Tyhjön käyttö eristeenä ja valokaaren katkaisussa on lisääntynyt merkittävästi. Teoreettisesti tarkasteltuna tyhjö on täydellinen eriste, koska siinä ei ole lainkaan vapaita varauksenkuljettajia, kuten kaasuissa. [10.]

Tyhjökatkaisijan toiminta perustuu myös paineeseen. Valokaaren katkaisukammiossa on pieni paine, jossa ilman sähkölujuus on erittäin hyvä. Katkaisijan tyhjöputket ovat

hermeettisesti suljetut, joten ympäristökijät eivät voi vaikuttaa sammutustapahtumaan. Rakenteen johdosta katkaisijan koskettimet pysyvät puhtaina, koska tyhjössä ei synny oksidikerroksia.

Katkaisukammioon imetään alipaine, joka on suuruudeltaan n.  $10^6$  bar:in luokkaa. Kammion alipaineen on oltava riittävän kaukana Paschenin käyrän minimistä. Katkaisijan toiminnan ehdoton edellytys on katkaisukammion tyhjän säilyminen. Katkaisijan koskettimista toinen on liikkuva, jonka liike on todella lyhyt. Kammiossa käytetyt materiaalit ovat vähäkaasuisia, puhtaita ja vapaita helposti höyrystyvistä aineista. Yleensä materiaaleina on käytetty hapetonta kuparia, kromi-nikkeliseosta sekä metalliseoksia, jotka ovat valmistettu raudasta, nikkelistä ja koboltista. Katkaisukyvyyn suuruus, pieni virran leikkaantuminen, vähäinen hitsaantumisvoima sekä hyvä johtavuus vaikuttavat kosketinmateriaalin valintaan. [11.]

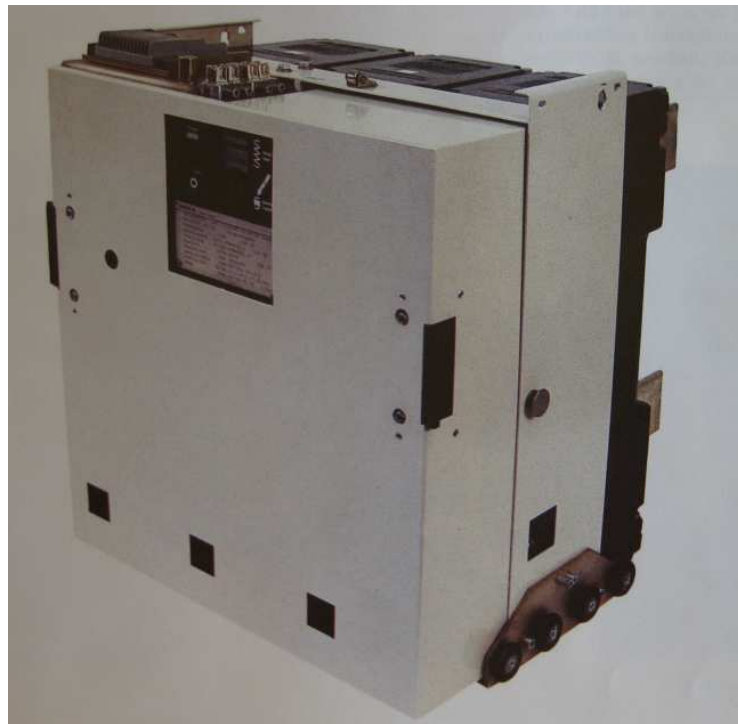


**KUVA 11. ABB valmistama VD4 tyhjökatkaisija, jossa pilarit ovat helposti irroitettavissa katkaisijan rungosta [11]**

Tyhjökatkaisijassa katkaisuvalokaaren muodostaa elektrodeista höyrystynyt metalli. Jos virta on alla 10 kA, valokaari palaa koskettimien välillä, liikkuen niiden pinnalla. Tästä johtuen koskettimien kuluminen on hyvin vähäistä. Yli 10 kA:n virroilla valo-

kaari pyrkii keskittymään, joka on estettävä. Jotta keskittymistä ei tapahtuisi, muotoiluun koskettimiin vinoja uria. [12.]

SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijat edustavat katkaisijoiden nykyistä sukupolvea (kuva 12). SF<sub>6</sub>-katkaisijan toiminta perustuu katkaisijaväliaineena käytettävään rikkiheksafluoridiin. SF<sub>6</sub>-kaasu on myrkytön ja palamaton eikä reagoi herkästi muiden kemiallisten aineiden kanssa. Sen hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet tekevät siitä erinomaisen valokaaren sammutuskaasun. SF<sub>6</sub>-kaasu on eräs raskaimmista tunnetuista kaasuista. SF<sub>6</sub>-molekyylillä koostuu yhdestä rikkiatomista ja sen ympärille symmetrisesti asettuneesta kuudesta fluoriatomista. Rakenteensa vuoksi SF<sub>6</sub> on hyvin stabiili, elinikä n. 3200 vuotta, ja se pysyy muuttumattomana n. 500<sup>0</sup>C lämpötilaan asti. Kaasun tiheys on 6,2 kg/m<sup>3</sup> eli 5,1-kertainen ilmaan verrattuna ja sen molekyylipaino on 146. [10.]. Edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta SF<sub>6</sub>-katkaisijoiden etuna voidaan pitää sammutuskammion yksinkertaista rakennetta, pientä fyysistä kokoa, luotettavuutta ja pitkää sähköistä elinikää.

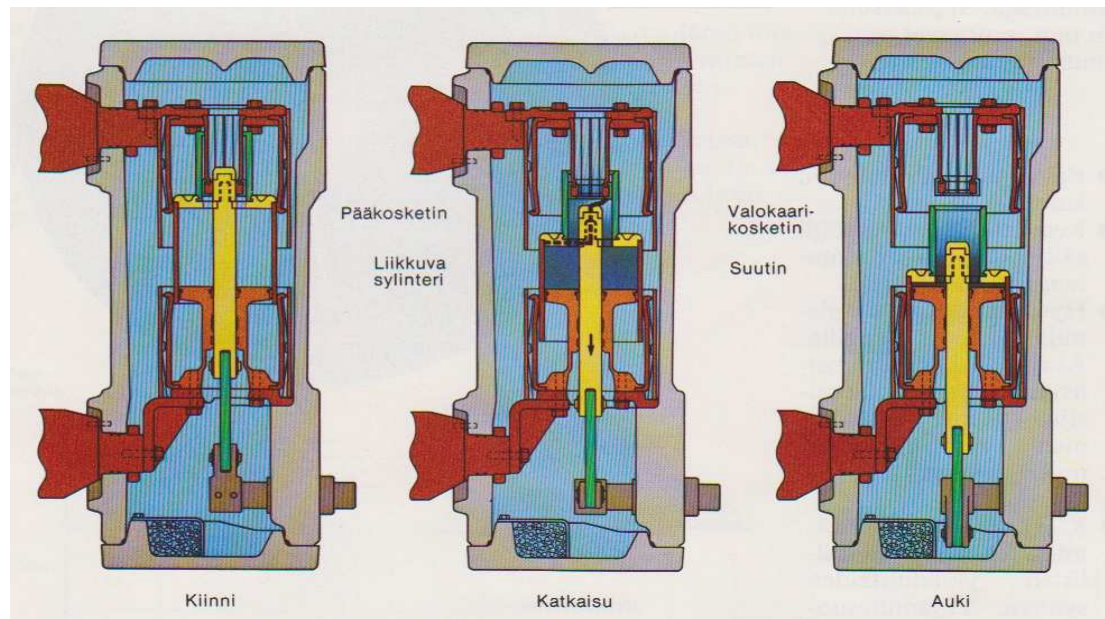


**KUVA 12. ABB:n SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisija mallia HPA [13]**

Ensimmäiset SF<sub>6</sub>-katkaisijat tarvitsivat enemmän apuenergiaa ohjaukseen kuin vähäöljykatkaisijat. Suurempi energian tarve rasittaa katkaisijan ohjainta enemmän ja tästä johtuen katkaisijan vikaantumistaajuus on suurempi. Uudemmat SF<sub>6</sub>-katkaisijat ovat

toteutettu yksipainemenetelmällä, jossa kaasun paine-ero tehdään liikkuvaan koskettimeen kytketyllä mäntärakenteella. SF<sub>6</sub>-katkaisijan kehittyneimmässä mallissa käytetään hyväksi valokaaren aikaansaamaa paineen nousua kaasussa. Katkaisijan pilarissa eli navassa on erilliset pää- ja valokaarikoskettimet. Katkaisijan ollessa kiinniasennossa virta kulkee pääkoskettimen kautta. Koskettimien avautuessa virta siirtyy valokaarikoskettimille, joiden välissä valokaari palaa virran seuraavaan nollakohtaan asti. Vaikkakin SF<sub>6</sub>-kaasu on myrkytöntä, valokaaren seurauksesta johtuen katkaisijaan syntyy myrkyllisiä yhdisteitä, jotka ovat ihmiselle vaarallisia.

Sammutuskammion katkaisukoskettimen liikkeen synnyttää moottorijousiohjain. Katkaisijan laukaisussa laukaisujouseen liitetty vetotanko vetää sylinterin alas. Kun sylinteri liikkuu alaspäin, ensin pääkoskettimet erkanevat ja virta siirtyy valokaarikoskettimille, joiden avautuessa valokaari syntyy. Samaan aikaan liikkeen kanssa SF<sub>6</sub>-kaasun paine on noussut sylinterissä. Normaalitilanteessa on kaasunvirtaus valokaarikanavaan estetty ylävalokaarikoskettimella, jonka tehtävänä on toimia suuttimen tulpana. Kun suutin on laskeutunut tarpeeksi alas, valokaari itsessään estää kaasun virtauksen ja paine kasvaa entisestään. Kun virta lähestyy nollakohtaa, pääsee SF<sub>6</sub>-kaasu yhä voimakkaammin virtaamaan valokaareen. Kaasun jäähtytysvaikutuksen optimoimiseksi kaasu virtaa valokaarikanavassa sekä ylös- ja alaspäin pitkin valokaarta (kuva 13). [13.]



**KUVA 13. HPA-katkaisjoiden pää- ja valokaarikoskettimien toiminta katkaisussa tapahtumassa [13]**

### 4.3.2 Katkaisijan rakenne

Katkaisijan pääosat ovat katkaisijan runko, ohjain, tukieristin, voimansiirto ja napa. Navalla tarkoitetaan katkaisijan tukieristimen yläpuolista jännitteistä osaa, jossa sijaitsevat katkaisupäät ja liittimet. Katkaisupäiden eli pilarien sisällä olevissa kaasukammioissa sijaitsevat koskettimet, joiden avulla muodostetaan varsinainen avausväli. Kosketinparista toinen kosketin on yleensä kiinteä ja toinen liikkuva. Ohjaimen tehtävänä on tuottaa katkaisupäille sen tarvitsema liike-energia. Energia välitetään ontton tukieristimen sisällä sijaitsevalla kytkentätangolla koskettimille, jotka liikkuvat ja muodostavat avausvälin. Voimansiirtoon voidaan käyttää myös erillisiä kiertoeristimiä. Ohjaimen muodostama liike voi olla siis joko nykäisevää tai kiertävää. Ohjaimen liike-energia muodostetaan sähkömoottorin välityksellä ja varastoidaan jousiin tai painevaraajiin, joita käytetään hydrauliohjaimissa. Hydrauliohjaimissa energia vapautetaan aukaisemalla ja sulkemalla venttiilejä. Käyttöpaine luodaan sähkömoottorin sijasta hydraulipumpulla. Paineilmaohjaimen toiminta perustuu samaan periaatteen.

### 4.3.3 Katkaisijan vikaantuminen

Katkaisijan vikaantumisen syitä on useita ja niiden tulkitseminen ei aina ole helppoa. Keskimäärin joka kymmenes katkaisijan vikaantuminen on vakava. Alla on mainittu katkaisijan vikaantumisen syitä.

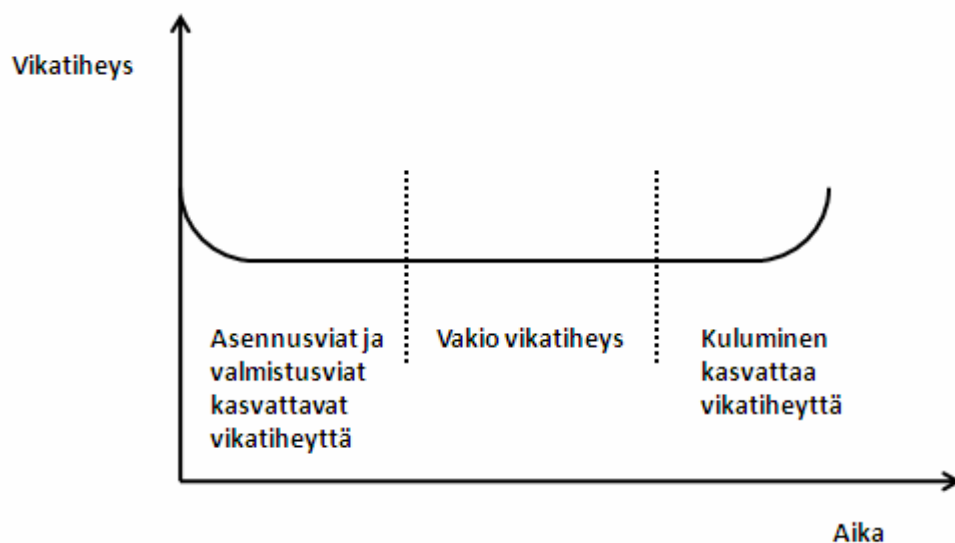
- Katkaisija ei ohjaudu kiinni tai auki ohjauskäskyn saatuaan.
- Katkaisija ohjautuu itsestään ilman ohjauskäskyä kiinni tai auki.
- Katkaisija lukkiutuu.
- Katkaisijassa on merkittävä väliainevuoto.
- Katkaisutapahtuma on epäsymmetrinen.
- Katkaisijan toiminta-aika on liian hidas.
- Katkaisijan tukieristimessä on merkittävä halkeama tai särö.



- Katkaisijan kauko-ohjaus ei toimi, katkaisijaa voidaan ohjata paikallisesti.
- Katkaisuväliaineen määrä tai paine laskee hälytysrajan alapuolelle.
- Lämmitysvastus, kuivatusvastus tai niiden sulake palaa.
- Ohjaimessa on vaurio, pientä öljyvuotoa tai mekaanista kulumista.
- Ohjauspiirissä on vaurio.

#### 4.3.4 Katkaisijan huolto

Katkaisijat tarvitsevat huoltoa, jotta niiden käyttövarmuus säilyy ja elinikä pitenee. Yleisesti katkaisijoiden huoltoväli on määritelty perinteisellä tavalla ilman, että katkaisijan kuntoa mitataan. Huoltoväli on määräytynyt valmistajan antamien ohjeiden ja suositusten perusteella. Tällä menettelytavalla huoltokustannukset nousevat merkittävästi ja siitä saavutettu etu jää vähäiseksi, koska voi tapahtua ns. ylihuoltamista. Lisäksi huollossa voi tapahtua asennusvirheitä, jotka nostavat katkaisijoiden vikatiheyttä. Toisaalta taas pidempi huoltoväli saattaa aiheuttaa enemmän vikaantumisia, kun vikatiheys kasvaa ennen laitteen huoltamista (kuva 14).



**KUVA 14.** Vikatiheyden käyttäytyminen ja siihen vaikuttavat tekijät ajan kuluessa [14]

Katkaisijoiden huoltoväli voidaan myös määrittellä kokemukseräisesti, keräämällä katkaisijoista tietoja eri vuosilta ja seuraamalla niiden kuntoa ja vikaantumistiheyttä sekä vikaantumisien syitä. Huoltovälin määrittäminen kokemukseräisesti vaatii, että samantyyppisiä katkaisijoita on useita sekä niille on tehty vuosien varrella erityyppisiä huoltoja, joiden perusteella voidaan määrittellä huoltoväli. Kokemukseräisen huoltovälin määrittäminen vaatii huolellista ja laadukasta raportointia niin huolloista, käyttötoimenpiteistä kuin mahdollisilta vikaantumisista. Katkaisijan käyttökohde ja sen kriittisyys sekä huollettavuus, täytyy tarkastella katkaisija-kohtaisesti. Myös katkaisijan sijainti, kojeiston tyyppi sekä ympäristöolosuhteet vaikuttavat huoltovälin määrittämiseen.

#### **4.3.5 Katkaisijan kunnonvalvonta ja huolto**

Katkaisijan pääosat eli katkaisijan runko, ohjain, tukieristin, voimansiirto ja napa tarvitsevat kunnonvalvontaa katkaisijan koko eliniän ajan. Ohjaimen voimansiirron synnyttävä viritysmoottori on yksi katkaisijan toimintahäiriöitä aiheuttava komponentti. Viritysmoottoreiden toimintahäiriöt ja rikkoutumiset ovat yleisempiä vikoja katkaisijoissa. Moottorin toimintaa voidaan valvoa mittaamalla moottorin käynnistys ja käyntivirta. Virtojen avulla voidaan laskea moottorin kehittämä vääntömomentti. Laskettua vääntömomenttia verrataan katkaisijan valmistajan antamaan uuden laitteen vääntömomenttiin. Vertailun perusteella voidaan arvioida katkaisijan kuntoa. Vääntömomentin kasvu voi johtua esimerkiksi vaihteiston sekä nivelten kulumisesta. Huollossa tarkistetaan myös viritysmoottorin toiminta pienimmällä sille määritetyllä jännitteellä.

Koskettimien liikeratojen ja nopeuksien mittausten perusteella voidaan toimilaitteen vikojen lisäksi havaita koskettimien kulumista. Liikenopeuksia verrataan uuden katkaisijan vastaaviin arvoihin. Mittaustuloksia analysoidessa pitää kiinnittää huomiota virran suuruuteen, toimilaitteen kuntoon sekä ympäristön lämpötilaan. Tuloksia vertailemalla havaitaan toimilaitteen vauriot ja kitkan lisääntyminen. Lisääntynyt kitka toimilaitteessa johtaa nopeuksien putoamiseen, joka voi johtua voitelun heikentymisestä ja laakereiden kulumisesta. Mittaustuloksilla voidaan vertailla myös eri vaiheiden koskettimien nopeuksia. Huollon yhteydessä vanhat voiteluaineet poistetaan ja ohjain tarkistetaan ennen uudelleen rasvausta. Myös vaimenninpalat tarkistetaan ja tarvittaessa vaihdetaan uusiin. Ohjaimen säädöt tarkistetaan ja tarvittaessa säädetään uudelleen, mikäli säätötarvetta ilmenee.

Koskettimien kulumista ja hapettumista seurataan myös ylimenovastusmittauksella. Mittauksessa katkaisijan yli syötetään suuri virta, IEC-standardin mukaan virran pitää olla 50 A:n ja katkaisijan nimellisvirran välillä. Resistanssia verrataan valmistajan tyyppitesteissä ilmoittamiin arvoihin. Katkaisijan resistanssin kasvu antaa viitteitä löysistä liitoksista tai laskeneesta kosketinpaineesta.

Laukaisu- ja sulkemiskelan eli magneettien kunnan mittaaminen on helppoa. Kelojen virtapiirien eheys tarkistetaan johtamalla keloihin pieni ja jatkuva virta tai jaksottainen korkeataajuuksinen virta. Huollon yhteydessä tarkistetaan myös kelan toiminta pienimmällä sallitulla jännitteellä. Mittauksia suoritettaessa on varottava aiheuttamasta magneetteihin virhetoimintoja.

Huollon yhteydessä tarkistetaan myös katkaisijan asennonosoitin paikallistasolla ja tehdään koeohjauksia, jotta voidaan varmistua katkaisijan toiminnasta. Katkaisijan toimintakertojen lukumäärällä ja sen muutoksen perusteella voidaan suunnitella katkaisijan seuraavaa huoltoa. Lukumäärän muutoksella voidaan arvioida katkaisijan kulumista, mutta se yksinään ei riitä kulumisen arviointiin, sillä kulumiseen vaikuttavat myös katkaisujen virtojen suuruudet.

SF<sub>6</sub>-kaasu katkaisijoissa katkaisijaväliaineena käytetään rikkiheksafluoridia, jonka tiheystieto on tärkeämpi kuin paineen mittaaminen katkaisijan kunnan arvioinnissa. Kaasun tiheys mitataan lämpötilakompensoiduilla painemittareilla. Tiheyden perusteella voidaan päätellä mahdolliset vuodot katkaisijassa. Kaasun tiheydelle on määritelty tietyt raja-arvot, joiden sisällä katkaisija toimii. Mittaustuloksien perusteella voidaan katkaisija korjata, ennen kuin kaasun tiheys on laskenut katkaisijan toimintarajojen alapuolelle. Jos kaasun paine on liian alhainen, katkaisija ei pysty sammuttamaan valokaarta tarpeeksi nopeasti, jolloin se saattaa tuhoutua ja vaurioittaa ympäristöä. Kaasun tiheyden mittaukseen voidaan liittää lukitus, jolla estetään katkaisijan toiminta liian alhaisella kaasun tiheydellä. Katkaisijakaasun kosteus on yleinen syy katkaisijan vikaantumiselle. Kaasun kosteuden määrää voidaan valvoa mittaamalla analysaattorilla kaasun nestepitoisuus. [13.]

Vähäöljykatkaisijoille suositellaan tehtäväksi perushuoltoa joka neljäs vuosi. Huollot voidaan jaksottaa myös siten, että joka kolmas vuosi tehdään tarkastus- ja ohjainhuolto ja kolmen vuoden päästä tehdään perushuolto. Valmistajat suosittavat täyshiellon tekemistä laitteelle sen ollessa elinkaarensa puolessa välissä eli 12-18 vuoden käytön jälkeen riippuen käyttökohteesta. Huoltojen laajuudet vaihtelevat tehtävän huollon

mukaan, mutta jokaisessa huollossa suoritetaan diagnostiset mittaukset katkaisijan kunnon seuraamiseksi. Täyshuolloissa katkaisupilarit avataan ja koskettimet huolletaan sekä sammutuskammiot tarkistetaan. Kaikki tiivisteet vaihdetaan, kuten myös öljyt.

Kaasukatkaisijoille tehdään tarkastushuoltoja, joiden perusteella määritellään katkaisijan täyshuollon tarve. Tarkastushuoltoja suositellaan tehtäväksi 6-8 vuoden välein. Tarkastushuolloissa tarkastetaan katkaisupilarit mittaamalla, SF<sub>6</sub>-kaasun paine ja täsmäytetään se nimellisarvoonsa. Ohjain tarkistetaan, puhdistetaan ja voidellaan sekä tarvittaessa myös säädetään. Huollossa korjataan katkaisijasta löydettyt viat ja puutteet sekä suoritetaan tarvittavat toimintakokeet. Liitteissä 3, 4 ja 5 on esitetty erityyppisten katkaisijoiden huoltoraportteja. Huoltoraportit määräytyvät tehtävän huoltolaajuuden mukaisesti.

## **5 MUUNTAJA**

Muuntaja on sähkökoje, jonka ansiosta vaihtosähkö syrjäytti tasasähkön. Muuntaja on rakenteeltaan yksinkertainen, ja ne voidaan jaotella eri ryhmiin niiden tehtävien perusteella. Muuntajat jaotellaan voimamuuntajiin, suojamuuntajiin, jännitemuuntajiin ja virtamuuntajiin. Voimamuuntajien tehtävänä on muuntaa sähköverkossa jännite U<sub>1</sub> jännitteeksi U<sub>2</sub> sähköenergian siirron vaatimien tarpeiden mukaisesti. Suojamuuntajien tehtävänä on eristää sähkölaitteen ottama jännite verkosta. Mittamuuntajien tehtävänä on muuttaa jännite tai virta mittakojeille ja releille sopivaksi arvoksi. Jännitemuuntaja muuntaa jännitettä, ja virtamuuntaja muuntaa virtaa. [15.]

### **5.1 Kolmivaihemuuntaja**

Teollisuudessa sähköenergian siirtoon käytettävät muuntajat ovat kolmivaiheisia voimamuuntajia, jotka jaetaan käytännössä kahteen ryhmään, jakelumuuntajiin ja suurtehomoimuntajiin. Jakelumuuntajia valmistetaan kahta päätyyppiä, hermeettisesti suljettuja ja erillisellä paisuntasäiliöllä varustettuja. Nämä muuntajat ovat sisä- ja ulkoasennukseen soveltuvia ja itsejäähdytteisiä. Hermeettiset muuntajat ovat täytetty kokonaan

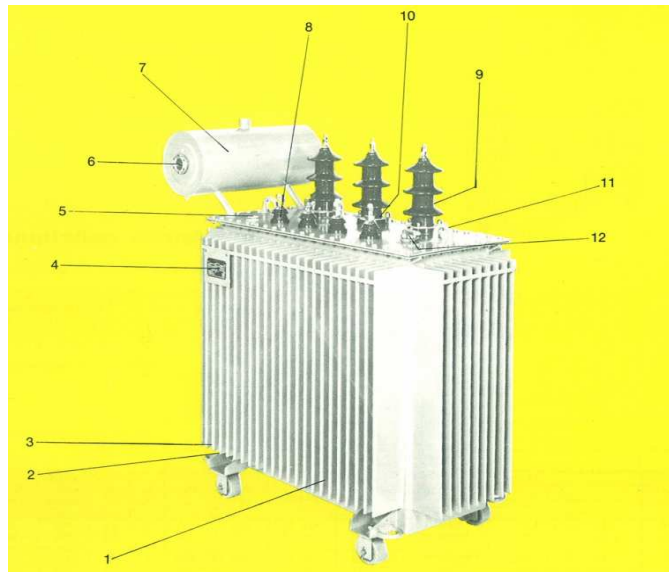
öljyllä. Öljytilavuuden muutokset muuntajassa ovat mahdollistettu joustavilla jäähdytysaalloilla. Muuntajan säiliö on mitoitettu kestämaan ylikuormituksesta aiheutuvan ylipaineen. Muuntajan hermeettisellä rakenteella estetään hapen ja kosteuden vaikutukset öljyn ja eristeiden rakenteisiin ja samalla hidastetaan niiden vanhenemista, joten muuntajille saadaan mahdollisimman pitkä elinikä. Erillisellä paisuntasäiliöllä varustetussa muuntajassa öljyn tilavuuden muutos näkyy öljysäiliön pinnankorkeuden muutoksena muuntajan paisuntasäiliössä. Hermeettiset muuntajat ovat helpommin asennettavissa ahtaisiin paikkoihin, koska ne ovat matalampia kuin paisuntasäiliöllä varustetut muuntajat. Myös öljyn vanheneminen hermeettisessä muuntajassa on hitaampaa kuin paisuntasäiliöllä varustetussa muuntajassa. On olemassa myös valuhartsisia jakelumuntajia, jotka ovat tarkoitettu asennettavaksi paikkoihin, jossa nestetäyteen muuntajan käyttö on mahdotonta tai kiellettyä, esimerkiksi palo- tai saastumisvaaran takia. Teollisuudessa valuhartsisia muuntajia, ns. kuivamuuntajia käytetään tehdastiloissa, jossa muuntaja on sijoitettu lähelle kuormaan kaapelointikustannusten pienentämiseksi. Kuivamuuntajat kestävät erilaisia ulkoisia rasituksia, kuten ympäristöolosuhteet, ilmaston muutokset ja suuret oikosulkuvirrat, paremmin kuin nestetäyteiset muuntajat. Kuivamuuntajat ovat myös huoltovapaita muuntajia, mutta niiden hankintakustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin nestetäyteisten muuntajien. [16.]

## 5.2 Muuntajan rakenne ja varusteet

Jakelumuntajat, jotka ovat kooltaan 16... 2000 kVA, ovat sisä- ja ulkoasennukseen soveltuvia itsejäähdytteisiä, öljyeristeisiä kolmivaihemuuntajia. Muuntajasydän on tehty 0,3 mm paksusta suunnatusta muuntajalevystä. Muuntajan käämitykset ovat tehty alumiinista pois lukien 16 kVA muuntajan yläjännitekäämitystä, joka on valmistettu kuparista. Muuntajan alajännitekäämitys on tehty muotolangasta joko kaksoiskäämintänä tai ruuvikäämintänä, kun on kyse suurista virroista. Käämitys voidaan tehdä myös leveästä alumiininauhasta, kuten keskikokoisissa muuntajissa on tehty. Keski-kokoisten muuntajien yläjännitekäämitys on pienillä virroilla tehty pyörölangasta monikerroskäämintänä ja suurilla virroilla muotolangasta jatkuvana levyvyyhtikäämintänä. Säiliö on rakenteeltaan sileä, kun on kyseessä 16 ja 30 kVA:n muuntajat. Muissa jäähdytyspintana on aallotettu vaippalevy. Muuntajan valmistuksessa säiliön tiiviys

koestetaan ennen pintakäsittelyä, jolloin varmistetaan sen pitävyydestä ennen käsitte-lyä. Valmiille muuntajille suoritetaan muutamien vuorokausien väliajoin vähintään kaksi tiiveystarkistusta, joilla varmistetaan, että muuntajan hitsausseamat sekä tiivis-teet pitävät. Muuntajan pintakäsittelyssä on otettu huomioon maalien kestävyys me-kaanista rasitusta vastaan kuin myös korroosiota vastaan. Ennen pohjamaalausta muuntajan pohjalaatikko, kansi ja hitsausseamat hiekkapuhalletaan. Tämän jälkeen muuntajalle tehdään alkalinen suihkurasvanpoisto ja sinkkifosfatoi-nti. Tämän jälkeen muuntaja uunitetaan, jonka jälkeen se valumaalataan ensin modifioidulla alkydimaa-lilla, joka on pigmentoitu bariummetaboraatilla, titaani- ja rautaoksidilla ja lopuksi epoksipolttomaalilla. Muuntajan maalikerroksen lopullinen kerrosvahvuus on vähin-tään 140 µm. Muuntajat voidaan myös tarpeen vaatiessa valmistaa kuumasinkittynä. Lopuksi muuntaja täytetään inhiboidulla muuntajaöljyllä. [16.]

Kuvassa 15 on esitetty paisuntasäiliöllä varustettu öljytäytteinen jakelumuuntaja ja sen varusteet.



**KUVA 15. Paisuntasäiliöllä varustettu öljytäytteinen muuntaja ja sen eri osat [16]**

Kuvassa 15 esiintyneiden numeroiden tarkenteet

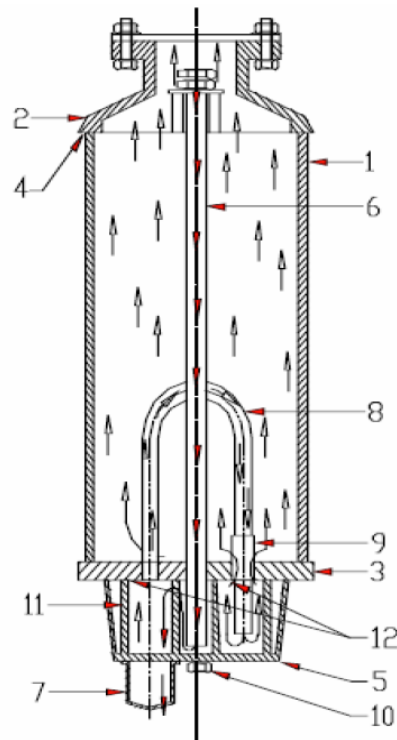
- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1.Öljysäiliö           | 2.Maadoitusruuvi                     |
| 3.Pohjaventtiili       | 4.Arvoilpi                           |
| 5.Lämpömittaritasku    | 6.Öljynkorkeuden osoitin             |
| 7.Paisuntasäiliö       | 8.Alajänniteläpivienti               |
| 9.Yläjänniteläpivienti | 10.Tähtipisteläpivienti              |
| 11.Nostosilmukat       | 12.Väliottokytkimen asennon valitsin |

Nestetäytteisessä muuntajassa eristys- ja jäähdytysnesteinä käytetään muuntajaöljyä, johon on lisätty inhibiittia, jolla hidastetaan muuntajan vanhenemista. Muuntajan eristysnesteeltä vaaditaan myös muita ominaisuuksia, joita ovat suuri jännitelujuus, hyvä lämmönsiirtokyky, suuri resistiviteetti, alhainen lämpökerroin ja hyvä osittaispurkauksen sietokyky. Myös alhainen viskositeetti ja korkea leimahduspiste ovat jäähdytysnesteeltä vaadittavat ominaisuudet. Ulkona olevissa muuntajissa eristysnesteiden viskositeetin pitää olla riittävän pieni myös alhaisissa lämpötiloissa, jotta neste pysyisi riittävän juoksevana ja jäähdyttäisi ja eristäisi muuntajan rakennetta. Muuntajan ikääntymiseen eniten vaikuttaakin juuri siinä käytetty öljy ja sen laatu koko muuntajan elinajan aikana.

Paisuntasäiliön tehtävänä on poistaa muuntajaöljystä ylimääräinen kosteus, joka syntyy, kun muuntaja ns. hengittää. Muuntajan hengittäminen syntyy öljyn tilavuuden muutoksista, jotka lämpötilan muutokset saavat aikaan. Muuntajan hengittäessä kostea ilma joutuu kosketuksiin muuntajan kuumen öljyn kanssa, jolloin kosteus siirtyy ilmasta öljyyn ja öljyn rakenne ja ominaisuudet muuttuvat alenevasti. Paisuntasäiliö täytetään osittain öljystä, jolloin öljylle jää vapaata tilaa laajentua. Kun paisuntasäiliössä olevan öljyn ja ilman kosketuspinta-ala on pieni ja öljyn lämpötila on alhainen, öljyyn imeytyy vain vähän kosteutta. Paisuntasäiliössä tiivistyvä vesi laskeutuu paisuntasäiliön pohjalle, josta se voidaan tyhjennystulpan kautta poistaa. Muuntajan ja paisuntasäiliön välisen yhdysputken pää ulottuu paisuntasäiliön pohjan yläpuolelle, joten vesipitoinen öljy paisuntasäiliön pohjalta ei pääse muuntajaan. [15.]

Ilmankuivain toimii muuntajan eristeiden kosteussuojana. Muuntajan kuormitusvirran vaihdellessa vaihtelee myös öljyn lämpötila sekä tilavuus. Tilavuuden vaihtelu aikaan saa muuntajan sisään - ja uloshengityksen. Ilmankuivain kiinnitetään paisuntasäiliön alaosassa olevaan laipalliseen hengityspotkeen. Kuivain on varustettu nestelukolla, jonka avulla kuivaimen toiminta on ohjattu siten, että ainoastaan sisäänhengitysilmakulkee kuivausainekerroksen läpi. Uloshengitysilmakulkee taas ohjautuu kuivausainekerroksen ohi. Kuivausainekerros on kuivauspanos, joka on hygrokoopista kuivausainetta, yleensä silikageeliä. [15.]. Kuivauspanos sitoo itseensä muuntajan sisäänhengityksen yhteydessä kosteuden ilmasta, ja näin muuntajaan virtaa vain kuivaa ilmaa. Kuivauspanos on vaihdettava, kun se on kostunut. Panoksen kostuminen havaitaan sen väristä. Vanhat silikageelit olivat kostuessaan punertavia ja kuivina sinisiä. Uudemmat silikageelit ovat harmaita kostuessaan ja oransseja kuivina. Silikageeli on panossäiliössä,

joka on läpinäkyvä lieriö. Koska silikageeli värjäättyy alhaalta ylöspäin, on se vaihdettava, kun säiliön yläreunasta katsottuna silikageelistä noin viidesosa on kuivaa. Kuvassa 16 on esitetty ilmankuivaimen rakenne ja toiminta.



**KUVA 16. Ilmankuivain ja sen osat sekä rakenne [16]**

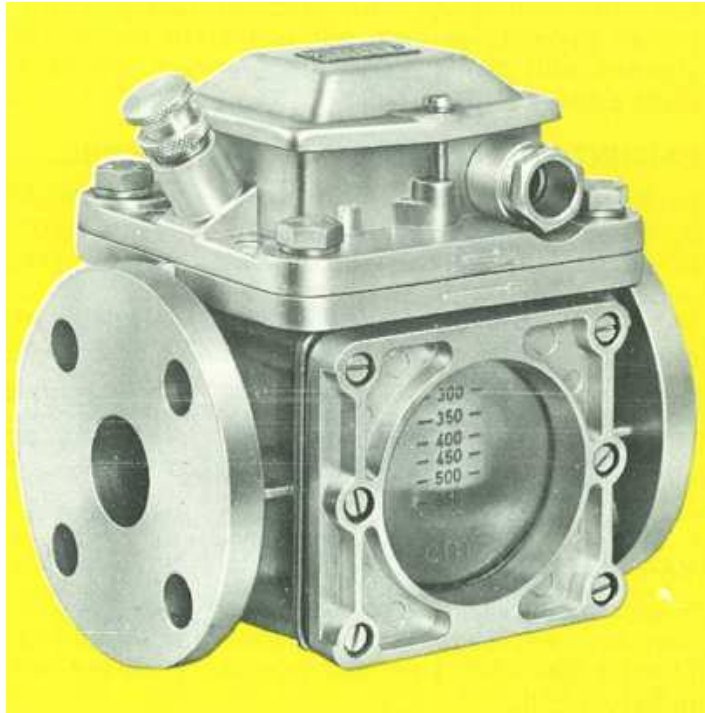
Kuvassa 16 esiintyneiden numeroiden tarkenteet

1.Säiliö	2.Laippa
3.Laippa	4.Tiiviste
5.Nestelukko	6.Uloshengitysputki
7.Hyönteissuojus	8.Sisäänhengitysputki
9.Sisäänhengitysaukko	10.Kiinnitysruuvi
11.Putki	12.Tiiviste

Kaasureleen (kuva 17) tehtävänä on suojella muuntajaa vioittumiselta. Jos muuntajassa esiintyy ylikuormitusta, ylikuumenemista tai purkaus- tai valokaari-ilmiö, ne saavat aikaan eristeaineiden tai öljyn hajoamisen kaasuiksi. Tämä syntynyt kaasu kerääntyy kaasureleeseen, aiheuttaen hälytyksen tai laukaisun pois verkosta. Muuntajassa tapahtuva vähäinen kaasunkehitys aiheuttaa hälytykoskettimien sulkeutumisen, kun taas runsas kaasun kehittyminen tai öljynpinnan laskeminen saavat aikaan laukaisun. Jos



öljy syöksyy voimakkaasti muuntajasta paisuntasäiliöön, tapahtuu myös välittömästi laukaisu. Kaasurele asennetaan öljysäiliön ja paisuntasäiliön väliseen yhdysputkeen.[16.]



**KUVA 17. Kaasurele mallia OYOS 32 A 1 [16]**

Muuntaja on varustettu öljyllä täytettävällä lämpömittaritaskulla, johon asennetaan kosketinlämpömittari (kuva 18). Lämpömittari on varustettu kahdella sulkukoskettimella, jotka toimivat lämpötilan noustessa. Sininen kosketin indikoi hälytyksestä, kun taas keltainen kosketin on laukaisukosketin. Näiden koskettimien virtapiirit ovat toisistaan eristettyjä, mutta ovat erikseen aseteltavissa. Mittarin asteikko on  $+20...+120^{\circ}\text{C}$ , ja sen tarkkuus on  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Mittari on varustettu myös maksimiosoitimella, joka voidaan palauttaa mittarin ulkopuolelta, kannessa olevan nupin avulla. Kapillaarilämpömittari (kuva 18) asennetaan muuntajan sivuun tai muuntajahuoneen etuseinään. Mittarin tuntoelin asennetaan muuntajan kannessa olevaan öljyllä täytettyyn lämpömittaritaskuun. Lämpömittari on varustettu kahdella lämpötilan noustessa toimivalla sulkukoskettimella ja maksimiosoitimella, joka on palautettavissa mittarin ulkopuolelta, kannessa olevan nupin avulla. [16.]



**KUVA 18. Muuntajan kosketinlämpömittari vasemmalla ja oikealla kapillaari-  
lämpömittari [16]**

### 5.3 Muuntajien vikaantuminen

Muuntajat ovat erittäin varmatoimisia, ja niiden vikaantuminen on erittäin harvinaista. Jos muuntajan käyttöympäristö ja olosuhteet ovat sille suotuisat sekä kuormitus tasais-  
ta, muuntajan elinkaari on useita kymmeniä vuosia. Tärkein seikka, joka vaikuttaa muuntajan elinkaareen ja sen vikaantumiseen, on muuntajassa käytettävä öljy ja sen laatu sekä laadun seuraaminen. Koska kaikki muuntajan osat ovat kosketuksissa öljyn kanssa, öljynlaadun heikkeneminen ja sen vanheneminen johtaa muuntajan ja sen lait-  
teiden elinkaaren lyhenemiseen.

Muuntajassa esiintyvät vikaantumiset voivat olla tiivisteiden ja läpivientien vuotoja, ilmankuivaimen rikkoutumisia sekä lämpömittareiden koskettimiin liittyviä vikoja. Tällaiset viat ovat helposti korjattavissa käyttöpaikalla, mutta jos viat ilmenevät kää-  
mityksessä, käämikytkimessä, sydämessä, kiskosilloissa tai eristeissä, niiden korjaa-  
minen saattaa vaatia muuntajan korjaamista korjaamolla. Muuntajan sisäiset kom-  
ponentit voivat vikaantua muuntajaöljynlaadun heikentymisen seurauksena. Tällainen vikaantuminen havaitaan muuntajassa vasta useiden vuosien päästä, kun muuntajan suojalaitteet havahtuvat. Muuntajaöljyn ominaisuuksien muuttuminen on herkkä ja nopea vikatyypin ilmaisija öljytäytteisissä muuntajissa. Muuntajaöljyä ja sen laatua on erittäin helppo tutkia, sekä muuntajaöljyn vaihtaminen käy helposti. Muuntajaöljyl-

tä edellytetään alhaista sähköistä konduktiviteettiä, hyvää jäähdytysominaisuutta, alhaista viskositeettiä, sopivaa jähmettymispistettä, höyrynpainetta, korkeaa leimahduspistettä sekä hyvää hapettumisenestoa ja ruosteenestoa.

#### **5.4 Muuntajien kunnonvalvonta ja huolto**

Muuntajille tehtävät huoltotoimenpiteet jaetaan visuaalisiin tarkastuksiin, ennakoiviin huoltotoimiin käyttöpaikalla ja ennakoivaan huoltoon korjaamalla.

Visuaalinen tarkastus tehdään kerran vuodessa kaikille muuntajille. Visuaalinen tarkastus tehdään silmämääräisesti, ja siinä kiinnitetään huomiota muuntajan puhtauteen ja sen rakenteeseen. Rakenteessa ei saa olla muutoksia esimerkiksi halkeamia tai kolhuja. Öljyn määrä tarkistetaan sekä läpivientien ja kannentiivisteiden kunto tarkistetaan, mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi. Muuntajan varusteet, kuten lämpömittarit ja ilmankuivain, tarkistetaan sekä tarvittaessa kuivaimeen vaihdetaan kuivauspanos. Jos tarkastuksessa havaitaan pieniä puutteita tai vikoja, pyritään ne korjaamaan välittömästi.

Muuntajan sisäisten vikojen ennakoimiseksi ja ehkäisemiseksi on hyvä ottaa säännöllisin väliajoin muuntajasta öljynäyte. Muuntajan käyttöolosuhteiden vaihtelut sekä kuormitusmuutokset eivät saa vaikuttaa muuntajan öljynlaatuun. Sopiva näytteenottoväli on 5 - 6 vuotta, mutta jos öljynlaadussa ilmenee muutoksia, on syytä pienentää väliä 2 - 3 vuoteen tai tarpeen vaatiessa vieläkin lyhyemmäksi. Säännöllisesti tehdyllä öljyanalyysillä saadaan parannettua muuntajan käyttövarmuutta ja pidennettyä muuntajan ikää. Lisäksi voidaan välttyä yllättäviltä vikaantumisilta ja niistä seuraavista sähkönjakelun keskeytyksistä. Myös avaavan huollon ajankohdan määrittäminen helpottuu öljyanalyysien pohjalta. Öljyanalyysejä voi olla useita eritasoisia riippuen siitä, mitä öljystä halutaan analysoida. Perusanalyysi voi pitää sisällään kaasuanalyysin, TAN-kokonaishappoluvun, kuparipitoisuuden, läpilyöntilujuuden, kosteuspitoisuuden FK-arvon, puhtausanalyysin sekä antioksidanttipitoisuusprosentin. Tällaisen näytteen hinta on useita satoja euroja, joten suuressa määrin analyysien teettäminen tulee arvokkaaksi. Jos muuntajasta halutaan ns. laaja analyysi, edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi öljystä analysoidaan tiheys, pintarajajännitys, rikki, pH, peroksidinnumero sekä kaasupitoisuudet. Laajan öljyanalyysin hinta on jo yli tuhat euroa. Koska öljy-

analyyseista aiheutuvat kustannukset ovat erittäin suuret, pitää muuntajalle määritellä tärkeysluokka ja kriittisyys, jota voidaan käyttää perustana määriteltäessä öljyanalyysin laajuutta ja analysoitavien muuntajien määrää. Liitteessä 6 on esitetty muuntajalle 4T1 tehty öljyanalyysi ja sen tulokset. Tulosten perusteella muuntaja vaihdettiin ja lähetettiin perushuoltoon korjaamolle. Huollossa selvisi, että muuntajan eristeet olivat korjauskelvottomassa kunnossa. Oli vain ajan kysymys, milloin muuntaja olisi vikaantunut käyttöpaikalla aiheuttaen käyttökeskeytyksen paperikoneelle PK4.

Käyttöpaikalla suoritettavalle muuntajahuollolle on valmistaja määritellyt huoltojakson pituudeksi viisi tai kymmenen vuotta. Jakson pituudet ovat ohjeellisia arvoja muuntajille, joiden kuorma ja kuormitus ovat tasaista sekä ympäristö- ja käyttöolosuhteet ihanteellisia. Huoltojakson pituuden määrittämiseen vaikuttaa muuntajan tyyppi, käyttöolosuhteet, käyttöpaikka ja kriittisyys. Myllykoskella jakelumuuntajille tehdään huolto käyttöpaikoilla vuosittain. Huolto pitää sisällään edellä mainitun visuaalisen tarkastuksen, joka pyritään tekemään noin puoli vuotta aikaisemmin kuin varsinainen huolto käyttöpaikalla suoritetaan. Muuntajan maadoitukset ja suojalaitteet tarkistetaan ja koestetaan. Muuntajan kansi puhdistetaan ja pintakäsittely tarkastetaan. Liitoksien kireys tarkistetaan ja tarvittaessa löysiä liitoksia kiristetään. Myös muuntajan muut varusteet tarkistetaan ja tarvittaessa korjataan tai vaihdetaan uusiin. Huollosta täytetään raportti, joka on esitelty liitteessä 7. Tällainen huolto vaatii muuntajan irtikytkennän verkosta, ja työ on kestoltaan n.4h.

Mikäli visuaalinen tarkastus, öljyanalyysi tai muuntajan huolto käyttöpaikalla johtavat muuntajan ennakoivaan huoltoon, on se suoritettava korjaamolla asiantuntijoiden toimesta. Korjaamolla muuntajalle tehtävä huolto jaotellaan kolmeen osioon: mittaavat toimenpiteet, ehkäisevät toimenpiteet ja parantavat toimenpiteet. Mittaavilla toimenpiteillä selvitetään muuntajan kunto ja verrataan niitä öljyanalyysistä saatuihin tuloksiin. Mittaavien toimenpiteiden pohjalta määritellään, tehdäänkö muuntajalle ehkäisevät toimenpiteet eli riittääkö tämä taso saattamaan muuntajan luotettavaan toimintakuntoon. Jos ehkäisevät toimenpiteet eivät riitä ja muuntaja on toimintakunnoltaan sellainen, että se tarvitsee parantavien toimenpiteiden huoltolaajuutta, tehdään muuntajalle laajin mahdollinen huoltokokonaisuus.

Muuntajien käyttöpaikkakartoituksella pyritään parantamaan muuntajien käyttöympäristöä. Käyttöympäristön parannuksella saadaan pidennettyä muuntajan elinikää vai-

kuttamalla ulkoisiin tekijöihin, kuten pöly, lämpötila ja kosteus. Takaamalla muuntajalle kuiva, puhdas ja viileä käyttöympäristö sen elinikä pitenee. Jos muuntajatilaa rakennetaan jäähdytys tai ilmansuodatus, pitää huomioida suodattimien puhdistaminen vuotuisessa käyttöpaikkahuollossa. Myös eläinsuojat parantavat käyttöturvallisuutta sekä estävät ylimääräisten esineiden joutumisen kosketuksiin jännitteisten osien kanssa.

## **6 VARMENNETTU SÄHKÖNJAKELU**

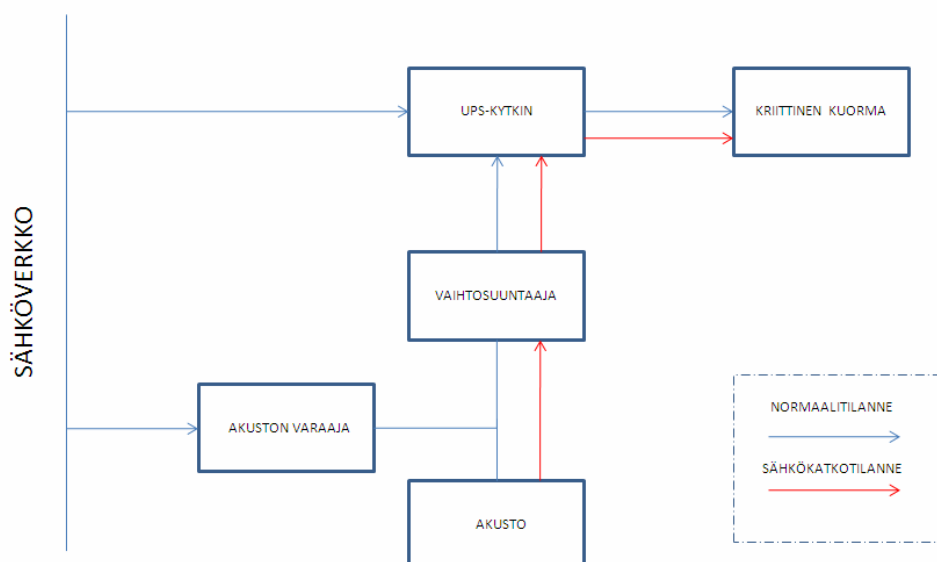
Sähköllä ja sen saatavuudella on erittäin suuri rooli maailmassa. Sähkön saatavuutta ei ajatella päivittäin, mutta kun sähköt katkeavat, kaikki pysähtyy. Teollisuudessa yllättävällä sähkön katkeamisella saattaa olla erittäin suuret ja kohtalokkaat seuraukset. Mitä monimutkaisempi ja herkempi prosessi on, sitä suuremmat ovat riskit ja tuotannon menetykset. Sähkön puutteen vaikutusalueen ei tarvitse olla mikään iso tai laaja, kriittisessä ja haavoittuvassa kohdassa hetkellinenkin sähkön puute voi olla kohtalokas. Jos tuotanto ja kaikki sen toiminnot halutaan taata, pitää sähkön jakelu varmentaa jollakin tavalla. Toteutustapoja on useita erilaisia, joten on erittäin tärkeää, että kartoitetaan tarkasti, mitä halutaan varmentaa ja millä tasolla halutaan varmennuksen olevan. Varmennuksesta ja sen laajuudesta aiheutuu omat lisäkustannukset. Kustannuksien suuruus riippuu tehosta ja sen ylläpidosta, joten on hyvä miettiä juuri omiin tarpeisiin soveltuva varmennusjärjestelmä.

Eräs tapa toteuttaa varmennettu sähkönjakelu on UPS-jakelu (Uninterruptible Power System). UPS-jakeluverkko toteutetaan omana järjestelmänä, jolla taataan sähkön saatavuus toimintojen kannalta kriittisiin kohteisiin. UPS-jakelulla toteutettu varmennus vaatii tarkastelua kriittisten kohteiden ja jakelualueen suhteen, koska UPS:in toiminta-alue ja kyky on rajallinen. Laajoissa kokonaisuuksissa joudutaan toteuttamaan varmennus useilla UPS:illa, joten niiden hankinnassa kannattaa vertailla useita eri vaihtoehtoja ja malleja. Vertailussa pitää ottaa huomioon UPS:en lukumäärä ja sitä kautta tuleva varaosien tarve. Myös huollettavuus, sen suorittaminen ja huoltojakson pituus ovat merkittävässä roolissa. UPS:in elinkaaren pituudella voi olla suuri merkitys hankintahintaan. Halvan hankintahinnan seurauksena voi olla kallis ylläpito, lyhyt käyttöikä tai näiden kombinaatio. UPS:en vertailu pitää tehdä riittävän kattavasti ja yksityiskohtaisesti, tasapuolisesti eri vaihtoehtojen välillä.

## 6.1 UPS

Teollisuudessa UPS:lla varmennettavat laitteet ovat tyypillisesti tietokonepohjaisia ohjaus- ja automaatiojärjestelmiä. UPS:lla varmennetaan ja taataan näille tärkeille järjestelmille keskeytymätön ja tasalaatuinen sähkö. Näiden järjestelmien sähkövarmennuksen tarve voidaan selvittää esimerkiksi mittaamalla sähkön laatua riittävän tarkalla mittalaitteella ja vertaamalla mittaustuloksia järjestelmien valmistajien määrittelemiin laaturajoihin. [17.]

UPS-laitteella syötetään tasalaatuista, häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittiseksi määritellyille kuormille. Kriittiset kuormat saavat normaalitilanteessa sähkön normaalista sähköverkosta UPS:in vaihtokytkimen kautta. UPS:issa on suodatin, jolla vaimennetaan sähköverkosta ja sen muutoksista aiheutuvat jännitepiikit. Sähkökatkon aikana ja sähköverkon arvojen ollessa sallittujen vaihteluarvojen ulkopuolella UPS-laitte ohjautuu akkukäytölle ja sähkökriittiselle kuormalle saadaan akustosta. UPS muuttaa vaihtosähkön tasasähköksi ja tasasähkön vaihtosähköksi puolijohdesiltojen avulla. Toimintoihin kuuluu myös UPS:in ohitustoiminto ylikuormaa ja vikatilanteita varten. Kuvassa 19 on esitetty stand-by-tyyppisen UPS-laitteen periaatteellinen toiminta normaalitilassa sekä sähkökatkotilanteessa.



**KUVA 19. Standy-by-tyyppisen UPS-laitteen periaatteellinen toiminta [17]**

## 6.2 UPS-laitteen huolto

UPS-laite sijoitetaan sellaiseen tilaan, missä ne voidaan helposti huoltaa häiritsemättä varmennettua prosessia (kuva 20). Tilassa pitää olla tasalaatuinen ja puhdas ilma. Ilmastoinnissa pitää ottaa huomioon jäähdytyskyky, koska UPS-laitteisto aiheuttaa n. 10% lämpöhäviöt. Liian kuuma jäähdytysilma aiheuttaa komponenttien ennenaikaista vanhenemista ja lyhentää laitteen elinkaarta. Yleensä UPS:it sijoitetaan tilaan, joka on lähellä varmennettua prosessia, jolloin verkko on mitoitettu taloudellisesti. UPS-laitteiden huoltoa vaativat osat ovat puhaltimet ja kondensaattorit. Näille komponenteille UPS-laitteiden valmistajat ovat määritelleet vaihtovälit, joita tulisi noudattaa. Yleisesti UPS-laitteissa ei ilmene vikoja, mutta visuaalinen tarkastus säännöllisin väliajoin olisi syytä tehdä. Samalla tarkastetaan akuston tila ja mahdolliset UPS:in vika/häiriöilmoitukset sen omasta vikadiagnostiikasta. Jos UPS on likainen ja pölyinen, se on puhdistettava ennen jäähdytysongelmien ilmaantumista. UPS vanhenee, kuten muutkin sähkönjakeluverkon laitteet, joten sen uusinta on edessä elinkaaren loppupuolella.



**KUVA 20.** Ristikytkenässä 2RK2 olevalla Merling Gerlinin UPS:illa varmennetaan hiomon automaatiojärjestelmien sähkönsyöttö

### 6.3 UPS akusto

Keskeytyksen aikana UPS-laite kytkeytyy akuston perään ja kriittiset kohteet saavat energiansa akuista. Jotta toiminta-aika on riittävän pitkä, pitää akuston olla moitteetomassa kunnossa, sillä ilman toimivaa akusto sähköön riittävyys voi olla liian lyhyt ja näin syntyy tuotannollisia menetyksiä. Akku on kriittinen ja kallis komponentti varmennetussa sähköjakelujärjestelmässä. Yleensä akkujen ikä on lyhyempi kuin järjestelmän muiden osien elinikä. Tästä seikasta johtuen on erittäin tärkeää, että akun kunnonvalvonta on hoidettu hyvin, jotta akun vaihto voidaan suorittaa hallitusti ennen kuin se vikaantuu. Oikean akun valintaan vaikuttaa ensin se, mihin akku sijoitetaan. Jos käytössä ei ole erillistä akkuhuonetta, akku pitää sijoittaa laitetiloihin (kuva 21). Silloin akun pitää olla tyypiltään suljettu lyijyakku. Jos käytössä on erillinen akkuhuone, voidaan käyttää avoimia akkuja, koska akkuhuoneen ilmanvaihto on riittävän tehokas poistamaan latauksessa mahdollisesti syntyvät vetykaasut. Akkuhuoneen tulee olla kuiva ja lämpötilan pitää olla  $+15...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  sekä pintojen pitää olla elektrolyytin kestäviä. Akkujen alle on asennettava elektrolyytin ylivuotoaltaat. Suljettujen lyijyakkujen käyttö on yleistynyt viime vuosien aikana, koska niiden ominaisuudet vaikuttavat moniin seikkoihin. Erityisesti suljettujen lyijyakkujen tehotehoisuus ja kapasiteetti ovat parantuneet merkittävästi verrattuna avoimiin akkuihin.

Suljetut akut ovat 1,1 – 1,5 kertaa kalliimpia kuin perinteiset, ja niiden eliniäksi luetaan 7 - 10 vuotta, kun perinteisillä akuilla se on 10 – 15 vuotta. Suljettujen akkujen elinikä on erittäin riippuvainen lämpötilasta. Akun normaali käyttölämpötila on  $+20^{\circ}\text{C}$  ja sen elinikä puolittuu aina kun lämpötila nousee  $+10^{\circ}\text{C}$  [18.]. Tosin sama teoria pätee myös perinteiseen akkuun, mutta sen vaikutus ei ole niin suuri, koska sen käyttöikä on alusta asti pidempi kuin suljetulla akulla. Siis suljettu akku on kalliimpi ja lyhytikäisempi sekä kunnonvalvonnaltaan hankalampi kuin perinteinen akku. Näistä seikoista huolimatta suljettujen akkujen käyttö on lisääntynyt, koska se ei tarvitse erillistä tilaa, kuten perinteinen akku. Vaikkakin suljettujen akkujen käyttö on lisääntynyt, pitää niiden hankinnassa ja käytössä olla huolellinen, koska markkinoilla on runsaasti erilaisia malleja, joiden käyttöominaisuudet eivät vastaa niille annettuja arvoja.





**KUVA 21. CSB:n suljettuja lyijyakkuja, sijoitettuna telineeseen ristikytkennässä 2RK2**

Suljetut akut voidaan jakaa kahteen ryhmään, ns. imeytettyyn akkuun ja geeliakkuun. Perinteiseen akkuun verrattuna näissä akuissa kaasun kulkeutuminen akun sisällä levyltä toiselle on mahdollista. Imeytetyssä akkutyypissä kaasun kulku levyltä toiselle on mahdollista niitä erottavan ohuehkon lasikuitumaton kautta. Matto ei saa kastua täydellisesti, vaan siihen pitää jäädä kuiva kohta kaasun kulkeutumistiehyitä varten.

Geelityypisessä akussa elektrolyyttiin on sekoitettu pulverimaista piioksidia, jolloin elektrolyytti kiinteytyy lepotilassa. Geeliin syntyy halkeamia, kun elektrolyytti normaalisti hajoaa vedyksi ja hapeksi. Juuri näitä halkeamia pitkin happi kulkeutuu negatiiviselle levyille kuten imeytetyssä akkutyypissä. Kummallekin akkurakenteelle on välttämätöntä, että kennossa on niin tiivis venttiili, jotta ulkoilman happi ei pääse vapaasti tuhoamaan negatiivilevyä. Kun kaasulle on muodostunut kulkuyhteys ja kenno on tiivis, tapahtuu ns. rekombinaatio, jolloin elektrolyytissä olevan veden hajoamistuotteet yhtyvät takaisin vedeksi, joten akkuun ei tarvitse perinteisen akun tavoin lisätä vettä.

Suljetun akun komponentit ja rakenneyksityiskohdat ovat (kuva 22)

- positiivilevy ja negatiivilevy sekä niiden aktiivimassat
- levyeroittimet
- elektrolyytti

- levyä yhdistävät sillat ja levyjen hitsaukset niihin
- läpiviennit kennosta toiseen ja hitsaukset niissä
- tiivis akkuastia jossa kannen liimaus tai tiivis hitsausseama
- napapulttien läpivientien tiiviys ja niiden mekaaninen kestävyys
- akun ylipaineventtiilit.

Edellä mainitut ominaisuudet pätevät myös perinteisissä akuissa ylipaineventtiiliä lukuun ottamatta. Ylipaineventtiili on suljetussa akussa, ja sen tarkoituksena on purkaa akun sisälle syntyvä liika paine rekombinaation aikana, eli ylipaineventtiilillä estetään suljetunakun räjähtäminen. Ylipaineventtiilin on oltava erittäin tiivis tai muuten ulkoilman happi pääsee tuhoamaan akun.



**KUVA 22. Suljetun lyijyakun komponentit sekä akun rakenne poikkileikkauksena [19]**

Suljettujen akkujen käytössä ilmenee ongelmia perinteisiin akkuihin verrattuna, koska suljetut akut voidaan sijoittaa sellaisiin paikkoihin, joihin perinteisiä akkuja ei voida sijoittaa. Ympäristöolosuhteet ovat selvästi vaativammat, ja suljetun akun ympäristöolosuhteiden sietokyky on huonompi kuin perinteisellä akulla. Useasti suljetut akut koetaan ns. huoltovapaiksi akuiksi, koska niille tehtävät huoltotoimenpiteet ovat lähes mahdottomia. Suljetut akut tarvitsevat huomattavasti enemmän tarkkailua kuin perinteiset akut, esimerkiksi kapasiteettikokeet olisi hyvä suorittaa säännöllisin väliajoin, kuten myös akun lämpötilan mittaaminen sekä napajännitteen mittaaminen. Visuaali-

nen tarkastus akun sisälle on mahdotonta, koska akkukotelot ovat yleensä valmistettu läpinäkymättömästä materiaalista ja elektrolyyttien täyttöaukot ovat suljettu kaasutiiviisti.

Ulkopuolisessa tarkastuksessa pitää kiinnittää huomiota akun ulkomuodonmuutoksiin, mahdollisiin akkukotelon halkeamiin ja kulumiin sekä vuotoihin (kuva 23) että navan kuntoon. Akkuihin tehdyt merkinnät saattavat olla puutteelliset tai joissakin tapauksissa saattaa merkintä puuttua kokonaan. Akkujen mukana tulleiden dokumenttien esitystapa voi johtaa joissakin tapauksissa harhaan, koska valmistajien kesken ei ole sovittu minkäänlaisia standardiesitystapoja. Suljetut akut kehittyvät nopeasti ja niiden valmistuskapasiteetti on moninkertaistunut aikaisempaan verrattuna. Tästä johtuen akkujen laaduntarkkailu on vähentynyt ja lopullinen tarkkailu voi tapahtua vasta pitkän ajan jälkeen, kun akku on prosessiin kytketty.



**KUVA 23. Sähkötilassa vioittunut akku, jossa kotelo vuotaa.**

Akut voivat olla monestakin eri syystä viallisia, joten aina kannattaa varmistua akun toimintakunnosta, ennen kuin ne otetaan käyttöön. Uusia akkuja hankittaessa kannattaa vaatia toimittajalta akkujen kapasiteettikokeet. Tällä tavoin vältetään turhalta työl-

tä, kun vialliset akut eivät pääse prosessiin asti. Lisäksi akkujen takuuasioiden hoitaminen helpottuu huomattavasti, kun akusta on dokumentti ennen käyttöönottoa.

Akku saattaa olla suunniteltu väärin. Väärät lähtökohdat suunnittelussa sekä uusien materiaalien ja rakenteiden tuomat muutosvaatimukset ovat jätetty huomioimatta. Akku on voitu valmistaa vialliseksi kemiallisesti tai mekaanisesti. Kemiallisen vikaantumisen syytä voivat olla vieraat aineet elektrolyytissä, elektrodeissa tai erotinmateriaalissa. Formeeraus tai muu levyjen esikäsitely on epäonnistunut. Myös levyjen varastoinnista ja sen pituudesta voi aiheutua kemiallisia vikoja. Mekaanisia vikoja akuissa ilmenee levyrungoissa ja niiden epätarkoissa valuissa, jotka voivat tuottaa katkoksia johteisiin tai oikosulkuja levyjen kesken. Joskus levyt ovat valettu pareittain ja niiden irtileikkauksessa saattaa syntyä lyijypiikkejä. Myös aktiivimateriaalin kiinnittymisessä levyn runkoon ja virtateiden epätäydellisistä hitsauksista aiheutuu mekaanisia vikoja.

Valmistuksen jälkeen akut pitää säilyttää oikein, koska liian kylmä tai kuuma säilytystila voi tuhota tai vioittaa akun jo ennen asennusta. Varastointiaika ei saa kestää liian kauaa, koska akun varaus laskee ja liian kauan ilman varausta säilytetty akku vioittuu. Akku voi vioittua myös väärässä kuljetustavasta johtuen tai ne on pinottu päällekkäin, kolhittu tai mahdollisesti pudotettu. Jos akku on valmistettu, varastoitu ja kuljetettu oikein, voidaan olettaa, että akku on täysin toimintakuntoinen. Näiden vaiheiden jälkeen akun asennuksessa ja sen jälkeen voi tapahtua vioittumista aiheuttavia asioita. Asennuksessa voi tapahtua oikosulku, akun putoaminen ja siitä seuraava halkeaminen. Väärä kiristysmomentti, väärät kierteet ja liian kauan ilman varausta ovat myös vikaantumisia aiheuttavia tekijöitä. Asennuksen jälkeen akku voidaan tuhota tai vioittaa väärillä varausjännitteillä ja väärällä tasasuuntaajamitoituksella. Akun käyttölämpötila voi olla liian korkea, joka vanhentaa akkua todella nopeasti. Myös vikoja aiheutuu, jos syväpurkauksia ei ole estetty. Akku vanhenee, niin kuin muutkin komponentit ja sen uusiminen on väistämättä edessä akun elinkaaren loppupäässä. Mutta jos edellä mainitut asiat on tehty huolella ja moitteettomasti, eikä akkua ei ole päästetty missään sen elinkaaren aikana vikaantumaan, voidaan olettaa, että sen elinkaari on juuri niin pitkä kuin valmistaja on sille luvannut.

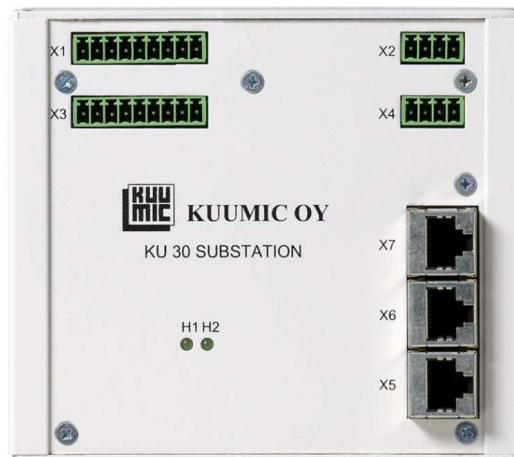
Akustojen huollolla ja valvonnalla on tarkoitus varmistaa akun toimintakunto seuraavaan tarkastukseen asti. Säännöllisellä akun tarkastuksella saadaan kerättyä akusta tarvittava määrä informaatiota sekä havaita niiden luonnollinen vanheneminen kuin

myös mahdollisesta valmistuksesta aiheutuneet virheet. Näin pystytään määrittämään akulle oikea vaihtohetki ennen sen vikaantumista. Toinen tapa vaihtaa akku on määrittellä sille tietty elinikä, jonka jälkeen vaihdetaan akuston kaikki akut samanaikaisesti, mutta tällainen toimintatapa on erittäin kallis, koska vaihdettavien akkujen määrä on erittäin suuri. Kun akkujen kunnosta on tarkka tieto, voidaan määrittellä akulle oikea vaihtohetki. Kun akun kapasiteetti on laskenut 80 % alkuperäisestä, on akku syytä vaihtaa, koska tämän jälkeen akun vanheneminen on huomattavasti nopeampaa. Suljettujen akkujen kohdalla jännitemittaus ei kerro akun todellista tilaa, eikä akulle ole mahdollista tehdä tiheysmittausta sen rakenteen takia. Akuille voidaan tehdä koepurkauksia, jotka ovat huomattavasti lyhytkestoisempia kuin runsaasti aikaa vaativat kapasiteettikokeet. Koepurkauksessa akkua pitää purkaa 30–60 % sen alkuperäisestä kapasiteetista.

Tärkein kunnonvalvonnallinen toimenpide akuille on visuaalinen tarkastus, jossa tutkitaan, onko akussa vuotoja tai muodonmuutoksia. Napojen läpivienteihin pitää kiinnittää suurta huomiota, koska niissä voi olla syöpymiä tai merkkejä muovin tai lyijyn värjäytymisestä. Akkuja pitää myös koputella, jotta havaitaan mahdolliset pullistumat sekä venttiileitä kuunnellaan vuotojen havaitsemiseksi. Poikkeavat lämpötilat saadaan selville mittaamalla jokaisen akun lämpötila. Jos lämpötiloissa on suurta poikkeamaa, saattaa se kertoa akun vikaantumisesta. Akuista voidaan mitata napajännitteet, mutta suljetuissa akuissa jännitemittaus ei anna varmuutta akun kapasiteettikyvystä, joka on suljetun akun tärkein tarkasteltava ominaisuus. Suljetuissa akuissa kennoille suoritetaan jännitemittaus normaalitilanteessa sekä kuormitettuna systemaattisesti, säännöllisin väliajoin. Säännöllisten ja runsaiden mittaustulosten jälkeen voidaan suorittaa vertailuja ja niiden pohjalta tehtyjä graafisia tuloksia, joiden avulla on mahdollista löytää akuista muutoksia suuntaan tai toiseen. Akuista voidaan myös mitata kondukanssi, impedanssi tai resistanssi, joiden avulla seurataan akun kuntoa.

Akustoille on olemassa erilaisia vahteja, jotka valvovat akuston kuntoa jatkuvasti. Yksi tällainen vahti on Kuumic-akkuvahti (kuva 24), joka valvoo akuston kapasiteettia, jännitettä, eristystilaa ja akuston laturin toimintaa. Akkuvahdissa on aktiivinen tasaajakytkentä, joka mittaa yksittäisten akkujen jännitteet, kun akustoa pidetään ylläpitolatauksessa. Jos akustossa ilmenee jännite-eroja, tasaajakytkentä tasaava akkujen jännitteet samalle tasolle. Tasaajakytkennällä pidennetään akuston ikää, ja samalla se mahdollistaa uuden akun vaihdon vanhaan akustoon. Vanhaan akustoon voidaan vaih-

taa uusi akku ilman tasaajakytkentää, mutta silloin uuden akun jännite on korkeampi kuin vanhojen ja ajan myötä jännite-erosta aiheutuu ongelmia. Akkuahti voidaan liittää väylään, jossa se kommunikoi esimerkiksi MikroScadan kanssa. MikroScadaan tulee akuston kuntoon liittyvää informaatiota, ja se varoittaa hyvissä ajoin akuston tai akun heikentyneestä suorituskyvystä.



**KUVA 24. KUUMIC OY:n valmistama akkuahti Kuumic KU 30 [20]**

## 7 HUOLTOTÖIDEN SUORITTAMINEN

Sähkönjakelulaitteistojen huollot voidaan suorittaa neljällä eri käytännöllä, joihin kunkin liittyy työlle ominaiset turvallisuutta varmistavat menettelyt. Huoltotyöt voidaan tehdä jännitteettömäksi erotetussa kohteessa, jännitteisten osien läheisyydessä, jännitetyönä tai jännitteiseen osaan kohdistuvana toimenpiteenä.

Yleisesti huollot pyritään tekemään jännitteettömäksi erotetussa kohteessa, jossa työkohte on erotettu muusta verkosta, todettu jännitteettömäksi sekä työmaadoitettu vaatimusten mukaisilla välineillä. Työkohte pitää myös varmistaa luotettavasti, ettei siihen voida kytkeä jännitettä työn aikana. Työkohteen välittömässä läheisyydessä ei saa olla jännitteisiä osia, jotka aiheuttaisivat varaa työtä suorittavalle henkilölle. Huoltotyö voidaan suorittaa myös jännitteisten osien läheisyydessä esimerkiksi kojeistossa, jossa katkaisijat ovat kiinnitetty kiinteästi kojeistorakenteeseen ja viereisiä kenttää ei voida tehdä jännitteettömäksi. Tällöin työn suunnittelussa pitää huomioida mini-

mietäisyydet lähellä oleviin jännitteisiin osiin. Lisäksi koskettaminen jännitteisiin osiin on estettävä luotettavasti esimerkiksi erotinlevyä käyttäen. Jos kohdetta ei voida huoltaa tai korjata jännitteettömänä, pitää toimenpiteet tehdä jännitetyönä. Jännitetyöksi käsitetään työ, jossa jännitetyövälineillä tai kehon osalla ulotutaan jännitteeseen kohteeseen tai itse jännitetyöalueelle. Vain kyseiseen työhön koulutuksen saanut sähköalan ammattilainen saa suorittaa jännitetyön.

Jännitetyöt jaotellaan kahteen eri ryhmään, perustasoon ja vaativiin jännitetöihin. Jännitteeseen osaan kohdistuvia toimenpiteitä ovat esimerkiksi sulakkeen vaihto, mittaus tai jännitteen koettaminen, joka suoritetaan jännitetyöhön hyväksytyllä työ- tai mittausvälineellä. [21.]

Ennen sähköjakelulaitteistoon kohdistuvia huoltotöitä tai vikakorjauksia pitää suorittaa sähköjakeluverkossa tarvittavat kytkentätoimenpiteet, jotta kohde on turvallisesti erotettu muusta verkosta työn aikana. Kytkentöjen suunnittelu lähtee aina kytkentätarpeesta ja sen toteutuksen suunnittelusta. Suunnittelussa huomioidaan kytkettävän kohteen kytkennän tarve ja sen kriittisyys. Jos esimerkiksi lämpökuvauksessa havaitaan erottimessa suuri lämpötilapiste ja erottimen käyttöpaikka on sähköjakelunverkon toiminnan kannalta kriittinen, pitää korjaus suorittaa mahdollisimman nopeasti. Aina ei ole mahdollista suorittaa korjausta heti, koska kohteen vaikutus verkossa on liian suuri ja jännitteettömäksi tekeminen vaatii suunnitellun aikataulutuksen.

Kytkentäohjelma tehdään aina kirjallisesti, jonka toinen sähköalan ammattilainen ja asiantunteva henkilö on tarkastanut. Kytkentäohjelma laaditaan tehtävien töiden ja niiden toteutuksen aikataulutuksen pohjalta. Ohjelma on yksityiskohtainen, ja siinä ilmenee kaikki tehtävät toimenpiteet, niiden paikat ja ajat, joita noudatetaan täsmällisesti. Kytkentöjä tarkoituksena on varmistaa turvallinen työskentely työkohteessa.

Työkohteen pitää olla erotettuna verkosta riittävän laajasti kaikilta syöttösuunnilta. Lisäksi varmistetaan, että kytkinlaitteella on riittävä katkaisukyky kyseiseen kohteeseen. Kun laitteiston irtikytkentä verkosta on suoritettu, varmistetaan, että erotuskohdassa on silminnähtävissä oleva ilmaväli tai jokin muu vastaava eristys, esimerkiksi eristyslevy. Tämän jälkeen kytkinlaitteet lukitaan luotettavalla tavalla ja merkitään lukinnat selvin merkein ja yhteistiedoin (kuva 25).



**KUVA 25. ABB:n käyttämä henkilökohtainen lukituskortti, joka sijoitetaan erotettuun ja lukittuun kohteeseen**

Työkohteen jännitteettömyys todetaan jännitteenkoettimella siten, että ensin koetetaan varmasti tiedettyä jännitteistä kohdetta, jolloin varmistutaan jännitteenkoettimen toiminnasta. Tämän jälkeen varmistetaan varsinaisen työkohteen jännitteettömyys ja lopuksi koetetaan taas varmasti jännitteistä kohdetta, jolloin varmistutaan jännitteenkoettimen toiminnasta. Kun jännitteettömyys on todettu, voidaan työkohde maadoittaa siirrettävillä maadoitusköysillä, jotka täyttävät kohteen vaatimat virta-arvot. Työmaadoitus kytketään sauvalla, joka on pituudeltaan sellainen, että kytkijä ei joudu jännite-työalueelle. Maadoitus kytketään ensin maadoituspisteeseen ja sen jälkeen työkohteen maadoitettaviin osiin. Joitakin mittauksia ja testauksia huollon aikana tehtäessä joudutaan irrottamaan maadoitus, silloin pitää varmistua, ettei poistosta aiheudu vaaraa. Työkohde pitää merkitä selvästi esimerkiksi lippusiimoilla, köysillä, kilvillä ja valoilla, ettei kukaan vahingossa pääse koskettamaan jännitteisiä osia. Jos työ tehdään kojeistossa, jossa viereiset kentät ovat jännitteiset, pitää merkintöjen olla erittäin selkeät, jotta erehdyksen vaaraa ei ole olemassa.





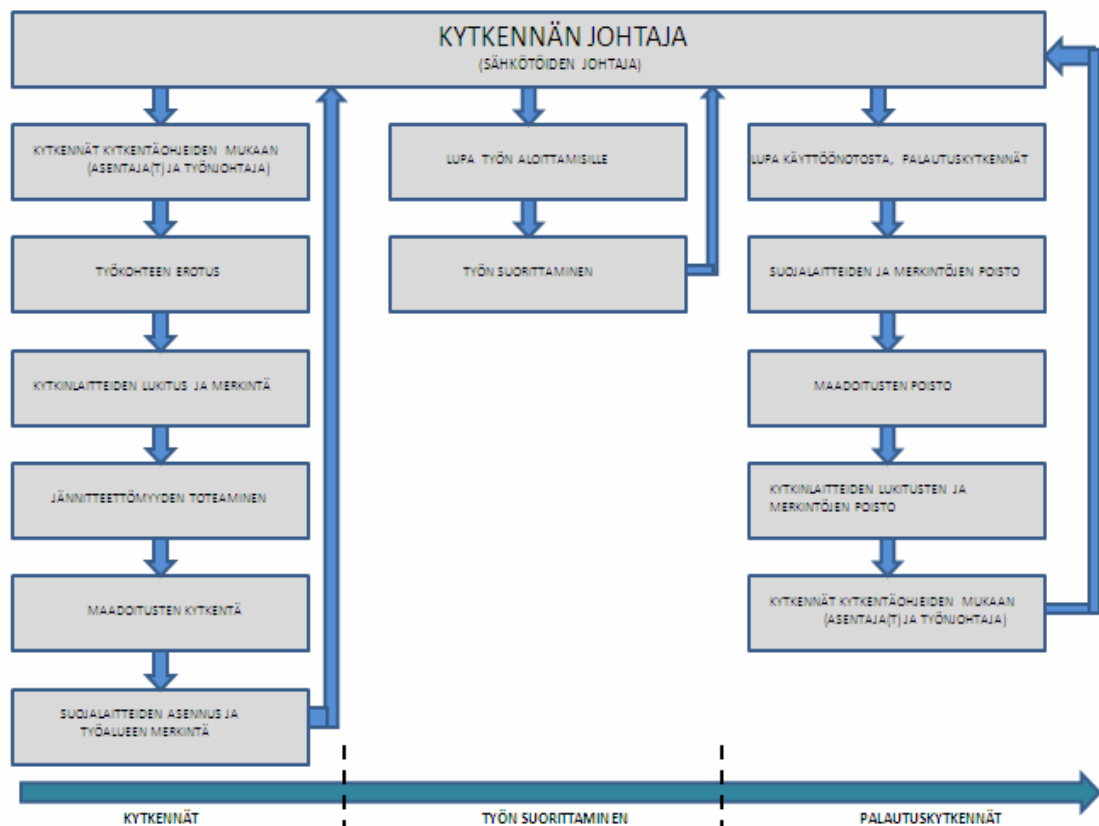
**KUVA 26. Kytkennoissä käytettävät työvälineet ja tarvikkeet pitää olla selvästi esillä sekä helposti saatavilla.**

Huoltotöiden jälkeen verkon osalle myönnetään käyttöönottolupa. Kun käyttöönottolupa on myönnetty, voidaan aloittaa kytkentöjen palautus verkossa ennen tehtyjä töitä vastaavalle tasolle. Ennen käyttöönottoluvan antamista on varmistettava, että työkohteesta on poistettu työvälineet, maadoitukset, työnaikaiset merkinnät ja suojaukset sekä lukitukset. Palautuskytkennät suoritetaan kytkennänjohtajan tekemien ohjeiden mukaisesti, kuten ennen töitä tehdyt kytkennät. Kytkennäjohtajaan ollaan yhteydessä koko kytkentätoimenpiteen ajan luotettavalla tavalla ja toistetaan häneltä saadut käskyt ja toimenpiteet virheiden välttämiseksi.

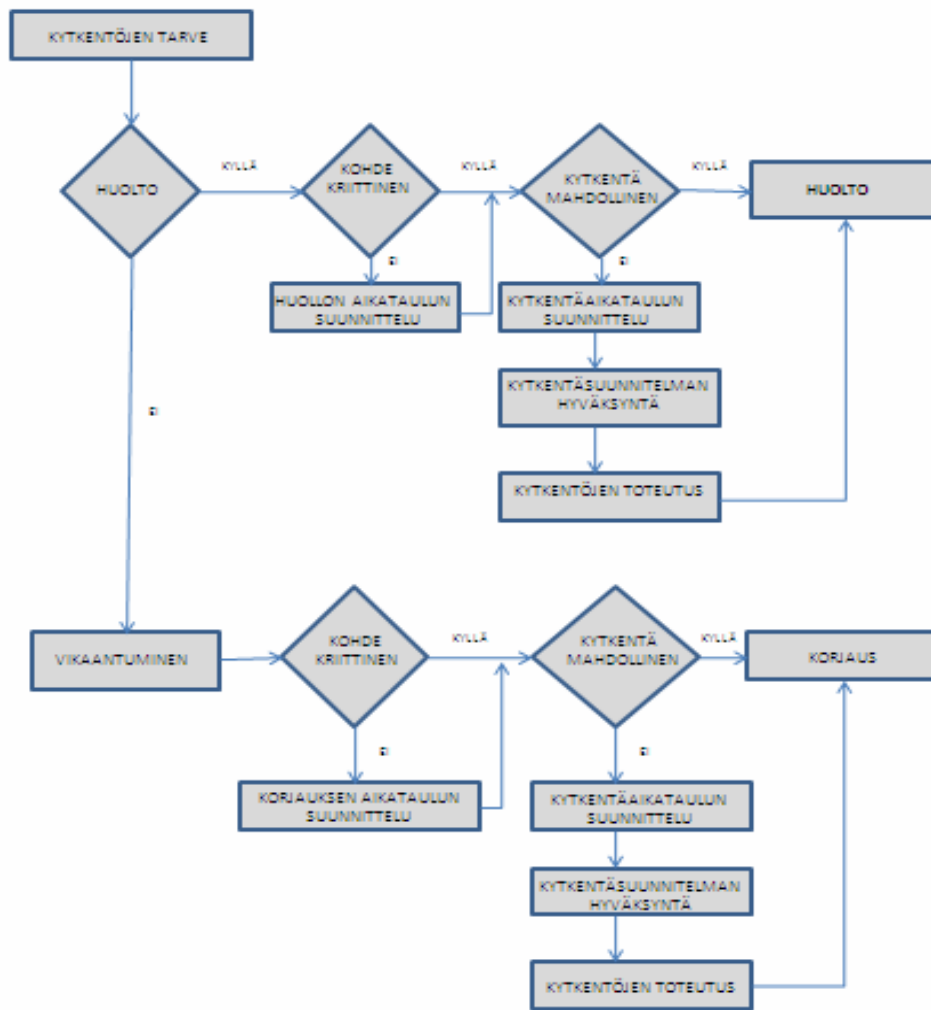
Kytkenntöjen tarpeen aiheuttaa aina jokin toimenpide. Toimenpide voi olla suunniteltu huolto tai pahimmassa tapauksessa laitteen vikaantuminen. Kytkenntöjen suunnittelut ja toteutukset vaihtelevat tapauskohtaisesti, yksinkertaisista ja pienistä kytkennöistä aina laajoihin ja monimutkaisiin kytkentöihin. Suurissa sähkönjakeluverkon huoltotöissä kytkentöjen suunnitteluun kuluu aikaa erittäin paljon verrattuna tehtäviin huoltotöihin. Jos verkon rakenne on monimutkainen, eikä korvaavia kytkentöjä ole helposti toteutettavissa, joudutaan kytkennät suunnittelemaan hyvin yksityiskohtaisesti. Jos

kytkentäsuunnitelmiin tehdään vaihtoehtoiset kytkennät esimerkiksi jonkin laitteen rikkoutumisen varalle, suunnitelmat voivat olla useiden sivujen mittaisia. Yleensä kytkentäsuunnitelmat luodaan sillä edellytyksellä, että kytkennöissä käytettävät laitteet ovat toimintakuntoisia ja toimivat kytkentöjen aikana. Joidenkin laitteiden käyttö on erittäin vähäistä, lähes olematonta tai niitä käytetään vain kytkennöissä. Näiden laitteiden vikaantumistodennäköisyys on huomattavasti suurempi kuin jatkuvalla käytöllä olevien laitteiden.

Kuvassa 27 on esitetty kytkennöissä suoritettavat toimenpiteet ja niistä vastaavat henkilöt. Toimenpiteet alkavat kuvan vasemmasta reunasta ja etenevät nuolten osoittamaan suuntaan. Kuvan alalaidassa oleva nuoli esittää eri työvaiheita, joita ovat, kytkennät, työn suorittaminen sekä palautuskytkennät. Kytkennöistä vastaa aina kytkennänjohtaja, jolle jokainen kytkentöihin osallistunut henkilö kuittaa henkilökohtaisesti oman työvaiheensa suoritetuksi.



**KUVA 27. Huoltotöitä varten tehtävien kytkentöjen toimenpiteet ja niiden etenemisjärjestys sekä vastuuhenkilöt**



**KUVA 28. Kaaviomalli kytkentöjen tarpeiden muodostumisesta sekä niistä aiheutuvista toimenpiteistä**

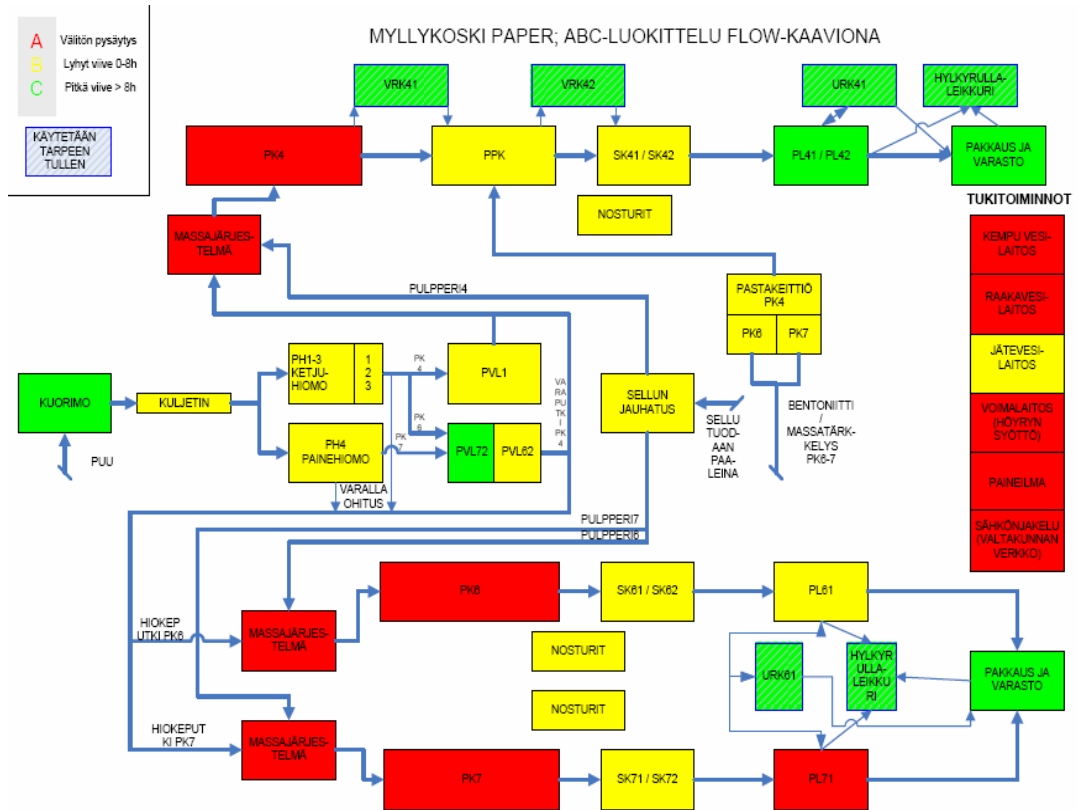
## 8 ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA

Sähkönjakelulaitteiden ennakko-ohjelmaa suunniteltaessa pitää tarkastella useita eri seikkoja, jotka vaikuttavat lopulliseen ennakko-ohjelmajuuuteen. Se voi perustua vain valmistajien antamiin suosituksiin tai kokemuseräiseen tietoon käyttöhistorian perusteella. Huollettavien laitteiden tyypit ja lukumäärät voivat vaihdella suuresti kuin myös laitteiden versiot, joita valmistajat ovat pyrkineet kehittämään. On myös syytä miettiä mitä halutaan ja mitä se mahdollisesti tulee kustantamaan. Pahimmassa tapauksessa laitteet voivat tulla ylihuolletuksi.

Myllykykoski Paper Oy:n sähköjakelun ennakkohuolto-ohjelma perustuu yksilöllisiin laitteisiin, niiden huoltohistoriaan sekä kriittisyyteen. Ohjelmassa on huomioitu myös laitteiden elinkaaret ja niiden vaikutus esimerkiksi varaosien saatavuuteen. Laitteille on pyritty löytämään varaosalaite tai korvattavuus on ratkaistu muulla tavoin esimerkiksi modifioinnilla tai uuden laitteen investoinnilla. Tällaisen ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu vaatii hyvät lähtötiedot olemassa olevasta laitekannasta sekä sen huoltohistoriasta. Laitteiden kriittisyys pohjautuu ABB:n tekemään tehdaskohtaiseen kriittisyysluokitteluun, jossa on otettu kantaa tehtaan eri prosessien ja sen laitteiden kriittisyyteen. Luokittelu on kuitenkin tehty ylätasolla, joten joissakin kohdissa tarkastelua on pitänyt syventää osaprosessikohtaiseksi. Kuvassa 29 on esitetty ABC-luokittelu Flow-kaaviona, jossa väreillä on kuvattu kuinka nopeasti jokin prosesseista pysäyttää paperikoneen. Punainen väri vastaa A-luokittelua eli paperikone pysähtyy välittömästi. Keltainen puolestaan vastaa B-luokittelua eli paperikone pysähtyy lyhyellä viiveellä n. 0-8 h. Vihreä väri osoittaa prosessit, joiden vaikutus paperikoneen pysähtymiselle on pitkä yli 8 h. Kriittisyysluokittelu on toteutettu numeroilla 1-5, jossa kriittisin numero on 5. Lisäksi sähköjakelulaitteiden kriittisyyttä määriteltäessä on huomioitu sähköjakelulaitteiden kriittisyysmäärittely, jossa otetaan myös viisiportaisesti kantaa laitteiden kriittisyyteen sähköjakelun näkökulmasta katsottuna. Kyseinen määrittely ottaa kantaa laitteen seisokkialueen vaikutukseen, tuotannon vasteaikaan, kapasiteetin vaikutukseen, ympäristövaikutukseen, turvallisuusvaikutukseen sekä energia/häiriövaikutukseen. Jokaiselle laitteelle on määritelty kriittisyysluokittelu näiden kahden luokitteluperiaatteen mukaan ja se on lisätty laitteen tietoihin kunnossapitojärjestelmä Maximoon. Kunnossapitojärjestelmästä saadaan täten ajettua listaukset eri kriittisyysluokan laitteista prosessikohtaisesti.

Kriittisyysluokittelun numeroiden paino-arvot ja kriteerit menevät seuraavasti:

- 5 = Vakava turvallisuus- ja/tai ympäristöseuraamus
- 4 = Pysäyttää välittömästi tuotantokoneen
  - Seisonta-aika >2h
  - Merkittävät aineelliset vahingot (> 25000 €)
- 3 = Rajoittaa tuotantokoneen toimintaa / Laadullinen vaikutus
  - Toiminnan rajoitus / lyhyt pysäytys (<2h)
- 2 = Ei vaikuta tuotantokoneen toimintaan
- 1 = Muut / Määrittelemättömät



**KUVA 29. Myllykoski Paperin tuotantolinjoille sekä koneille on tehty ABC-luokittelu Flow-kaaviona**

Kriittisten laitteiden osalta ennakkohuolto-ohjelman pitää olla aukoton. Väärin tehty huoltosuunnitelma voi olla erittäin kohtalokas laitteen vikaantuessa. Kaikkia yksityiskohtia on vaikea, lähes mahdoton ottaa huomioon, koska kyse on yksilöllisistä laitteista eri prosessin kohteissa, joissa ympäristöolosuhteet voivat vaihdella hyvinkin paljon. Oikein suunnitellulla ennakkohuolto-ohjelmalla saadaan parannettua laitteiden käytettävyyttä huomattavasti sekä säästetään huoltokustannuksia. Myllykoski Paper Oy:n sähköjakelun huolto-ohjelmaa ei voi suoraan soveltaa muihin tehtäisiin tai vastaaviin laitoksiin. Tällaisen huolto-ohjelman laatiminen vaatii laitteiden yksityiskohtaisen käyttöpaikka-arvioinnin, jossa otetaan kantaa laitteen prosessikohtaiseen kriittisyyteen.

Sähköjakelun laitteille, suojareille, erottimille, katkaisijoille, muuntajille sekä varmennetun sähköjakelun laitteille on määritelty yksityiskohtaiset huoltojaksot ja niiden laajuudet. Huoltoja ja niissä tehtäviä toimenpiteitä on sivuttu aikaisemmin tässä

työssä, kunkin laitteen omassa luvussaan. Huoltojakson pituudet ovat määrittely laitteiden huoltohistoriasta saatujen tietojen perusteella. Tässä vaiheessa ei voida sanoa täysin varmasti, että kyseiset jakson pituudet olisivat täysin oikeat. Jakson pituuksia pitää tarkistaa laitteille tehtävien huoltojen jälkeen, kun tiedetään, missä kunnossa huollettava laite oli huoltohetkellä. Vertailemalla eri huoltolaajuuksia useiden vuosien ajalta saadaan laitteelle muodostettua sopiva ennakkohuoltojakso ja laajuus. Tämän edellytyksenä on kuitenkin se, että prosessi pysyy stabiilina eikä siihen ole tulossa tulevaisuudessa muutoksia. Jos tiedetään etukäteen, että prosessiin on tulossa muutoksia, pitää laitteen huoltolaajuus ja jakson pituus tarkistaa välittömästi sekä tarvittaessa on muutettava ennakkohuolto-ohjelmaa ennen prosessissa tehtäviä muutoksia. Ennakkohuolto-ohjelmaa pitää päivittää säännöllisesti, niin huoltojen kuin laitteiden elinkaarten takia, tai muuten saavutettu hyöty menetetään nopeasti, koska laajoissa kokonaisuuksissa huoltoja tehdään tiheästi ja niiden päivittämättä jättäminen romuttaa ohjelman ennen pitkään. Myös markkinoille tulee uusia laitteita, joiden soveltuvuutta eri kohteisiin kannattaa harkita tarkoin esimerkiksi energian kulutuksen kannalta. Huolto-ohjelmalla pystytään ennustamaan etukäteen tulevat modifiointitarpeet sekä mahdolliset investointia vaativat kohteet. Investointien toteuttaminen vaatii aikaa, koska niiden käsittelyssä voi kulua pitkiäkin aikoja, koska yleensä investointikustannukset ovat merkittävän suuria. Jos investointi on luonteeltaan erittäin kriittinen, päätöksienkin pitää silloin syntyä nopeasti.

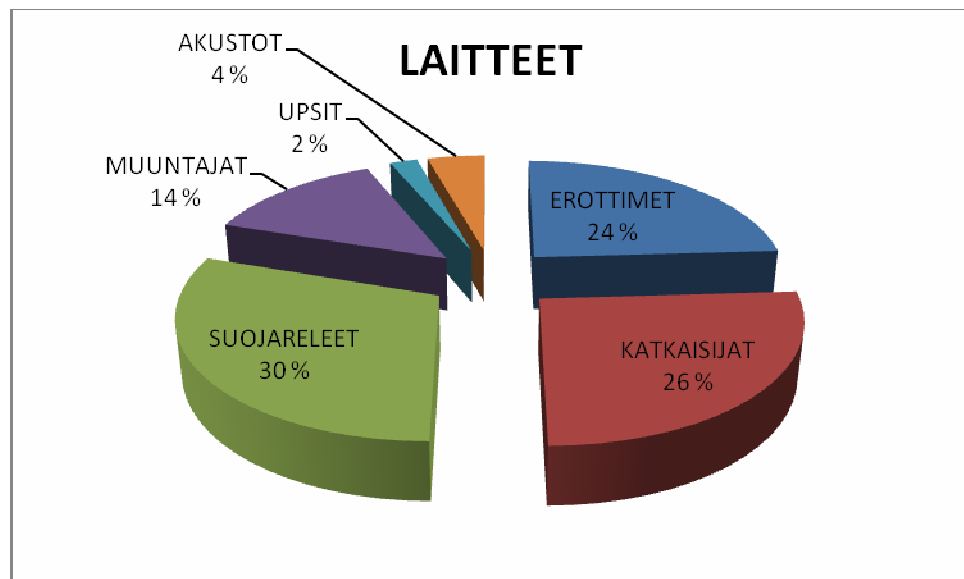
## **9 PÄÄTELMÄT**

Sähköä ja sen saatavuutta pidetään lähes itsestään selvyytenä mutta sen puuttumista ei osata huomioida välttämättä oikealla tavalla. Sähkön puuttuminen huomataan yleensä liian myöhään silloin, kun tuotantolaitoksissa tulee pimeää ja hiljaista eivätkä sen prosessit enään pyöri.

Sähkö ja siitä saatavan energian ylläpidosta ja laitteiden huolloista aiheutuu suuriakin kustannuksia hetkellisesti ja varsinkin pitkällä ajanjaksolla, joita on välillä vaikea ymmärtää. Ensimmäisenä herää kysymys, miksi laitteita huolletaan ja mitä huollolla sitten saavutetaan. Suunnitelmallinen ennakkohuolto-ohjelma on muutakin kuin pelkkää laitteiden huoltamista. Sillä pyritään analysoimaan olemassa olevan laitekannan tilaa ja toimintavarmuutta. Pelkällä laitteiden huolloilla ei saavuteta kuin toimintavar-

muutta. Jos huoltoraportteja ei analysoida riittävän laajasti ja syvällisesti, menetetään ennakkohuolto-ohjelmasta oleellisia tietoja, kuten laitekannan ikääntymisestä johtuvat viat sekä niiden aiheuttamat seuraamukset.

Ennakkohuolto-ohjelman laatiminen on varsin suuri työ, koska Myllykoski Paper Oy:n kokoisessa tehtaassa sähköjako- ja verkko-laitteita on erittäin paljon. Tämä työ piti sisällään hieman yli tuhannen laitteen yksityiskohtaisen analysoinnin ja niiden ennakkohuolto-ohjelman laatimisen. Kuvassa 30 on esitetty Myllykosken ennakkohuolto-ohjelman laitteiden jakautuminen prosentuaalisesti.



**KUVA 30.** Myllykoski Paper Oy:n sähköjako- ja verkko-laitteiden jakauma on suuri, ja se jakautuu kuuteen eri osaan.

Laitteiden jakauma on varsin tasainen, josta varmistetun sähköjakelun osuus on pienin ollen vain kuusi prosenttia, mutta sen merkitys korostuu juuri kriittisellä hetkellä. Erottimien ja katkaisijoiden, joiden vikaantuminen aiheuttaa lähes aina keskeytyksen, osuus kokonaisuudesta on puolet. Muuntajien osuus ei kokonaisuudessa näytele suurta osuutta, mutta niistä aiheutuvat kustannukset ja muut välilliset tekijät ovat sitäkin merkittävämpiä. Relesuojauksen osuus koko laitekannasta on lukumäärällisesti suurin. Juuri oikealla suojauksella saadaan laitteille käyttövarmuutta sekä säästöä vikaantumisista johtuvien laitevaurioiden aiheuttamien kustannusten myötä, joita suojauksella pyritään estämään.

Ennakkohuolto-ohjelman laatiminen vaatii koko laitekannan huolellisen läpikäynnin alusta loppuun huomioiden käyttöpaikan ja kohteen kriittisyyden. Ensimmäisessä vaiheessa pitää tiedostaa laitteen kriittisyys tuotantoprosessin näkökulmasta, minkä jälkeen määritellään laitteelle kriittisyysluokka. Tämän luokan perusteella aloitetaan laitteen yksilöllisen huolto-ohjelman laatiminen. Vanhojen huolto-ohjelmien pohjalta saadaan muodostettua kuva laitteen nykypäivän kunnosta. Laitteen kuntoa peilataan sille annettuun elinkaaren, jonka perusteella pystytään laitteelle määrittelemään käyttöikä. Käyttöikä pitää sisällään huollot, modifioinnit sekä varaosat ja niiden saatavuudet. Kaikki edellä mainitut seikat yhdessä muodostavat laitteen yksityiskohtaisen huolto-ohjelman. Laitteita ja niiden tyyppjä ei voi täydellisesti verrata keskenään, koska ulkopuolisten tekijöiden vaikutus vaihtelee merkittävästi.

Huolto-ohjelman toteuttaminen asettaa omat haasteensa. Milloin löytyy sopiva huoltoajankohta, mistä osaavat ja ammattitaitoiset resurssit huoltojen suorittamiseen löytyvät? Nämä ovat hyviä kysymyksiä, joihin vastauksia ei välttämättä suoraan löydy. Ainut vastaus, joka kysymykseen löytyy, on suunnitelmallisuus. Huolto-ohjelma on laadittu suunnitelmallisesti, joten huoltoajankohtien pitää olla myös suunnitelmalliset. Laitteiden huolloille on määritelty niiden ohjeelliset kestot, ja niihin kun lisätään vielä mahdolliset kytkentätoimenpiteet, saadaan muodostettua kokonaisuus huollolle. Myös huoltojen kestoja pitää analysoida, jotta ohjelmaa saadaan kehitettyä kohti kustannustehokasta ratkaisua.

Työ oli kokonaisuudessaan erittäin haastava suuren ja kirjavien laitekannan takia, myös erilaiset prosessit ja niiden toimenpiteet asettelivat reunaehdoja. Jokaiseen laitteeseen erikseen perehtyminen vaati paljon aikaa niin teoriassa kuin käytännössä, mutta oli erittäin opettavaista. Oman lisänsä ennakkohuolto-ohjelman suunnitteluun toi ABB:n luoma elinkaarimalli ABB:n laitteille, jota sovelsin työssä tutkimiini ABB:n laitteisiin. Kilpailijoiden laitteiden elinkaarimallit ennakkohuolto-ohjelmassa ovat puutteelliset, koska he eivät sellaisia ole pystyneet toimittamaan, joten siltä osin huolto-ohjelma vaatii vielä tarkennusta. Työssä onnistuin luomaan ennakkohuolto-ohjelman, jolla päästään alkuun, mutta se vaatii tulevaisuudessa päivitystä. Jotta sähköjakeluverkkoa ja sen laitteiden toimintakuntoa pystytään ylläpitämään, vaatii se jatkuvaa parantamista sekä huoltojen tarkempaa analysointia laitetasolla.



## LÄHTEET

1. Vuosikertomus 2009. Myllykoski Oyj.
2. Suomela, U., Marttinen, H. & Salin, P. Vuosirenkaita. 1992
3. Paperikoneet. Myllykoski Paper Oy. WWW-dokumentti.  
<http://www.myllykoski.com/FI/Myllykoski+Group/Myllykoski+Paper/Production/Paper+Machinery/frontpage.htm>. Päivitetty 5.1.2011. Luettu 9.4.2011.
4. Suomalaiset juuret. ABB. WWW-dokumentti.  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/4c7fb86040626fd9c2256b2000427c68.aspx>. Päivitetty 5.1.2011. Luettu 9.4.2011.
5. Strömbergin kehitysvaiheet. ABB. WWW-dokumentti.  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/aa8baf4c18d21594c12575bc002a02c6.aspx>. Päivitetty 5.1.2011. Luettu 9.4.2011.
6. ABB Full Service. ABB. WWW-dokumentti.  
<http://www.abb.fi/service/seitp335/d2b760e52cab8c1cc12577910040c643.aspx>. Luettu 9.4.2011.
7. Sisälle asennettavat Erottimet OJON 1...24 kV. Strömberg esite. 1988.
8. OSAM, OSAN ja OSAO katkaisijoiden käsikirja sekä SF6 ja VD4 mitoitus. Strömbergin esitteet.1980.
9. Sisäänasennettavat vähäöljykatkaisijat 12 ja 24 kV. Strömberg esite. 1976.
10. Aro, M., Elovaara, M., Karttunen, M., Nousiainen, K., Palva, V. Suurjännitetechniikka. Toinen korjattu ja täydennetty painos. 2003
11. VD4-katkaisija. ABB käyttöohjekirja. 2000.
12. Aura, L., Tonteri, A.J. Sähkölaitostekniikka. 1993.
13. HPA SF<sub>6</sub>-katkaisija. Strömberg esite. 1987.
14. Honkanen, H. Luotettavuustekniikka. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. 2003.
15. Aura, L., Tonteri, A.J. Sähkämiehen käsikirja 2, sähkökoneet. 1986.
16. Jakelumuuntajat. Strömberg esite. 1988.
17. Sähkötieto ry. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. 2005.
18. Suljettujen akkujen käyttöohje. CSB-Battery. 2009.
19. CSB akun poikkileikkaus. CSB Battery Technologies. WWW-dokumentti.  
[http://www.csb-battery.com/english/01\\_product/01\\_series\\_01series.php?fid=5](http://www.csb-battery.com/english/01_product/01_series_01series.php?fid=5)  
Päivitetty 5.1.2011. Luettu 9.4.2011.

20. KU30 SPA akkuvahti. Kuumic Oy. WWW-dokumentti.

[http://www.kuumic.fi/sirotin\\_sivut/index.php?tk\\_polku=28\\_15\\_38\\_58&sid=5](http://www.kuumic.fi/sirotin_sivut/index.php?tk_polku=28_15_38_58&sid=5)

Päivitetty 5.1.2011. Luettu 8. 9.4.2011.

21. Energiateollisuus ry. Suurjännitelaitteistojen sähkötyöturvallisuus. 2006.

ABB Oy / Service  
Itä-Suomen alue

Koestuspöytäkirja  
n:o 043



Asiakas: Myllykoski Paper Oy

Laitos: Myllykoski

Järjestelmä: 2C2

Kenno: 2

Tunnus: Muuntaja 2T7

Rele: ABB/SPAJ 1B1 J3

Valm.nro: 5868

Mittam.:

$U_E = 24.13 \text{ V}$

Mittalaitteet

- |                                   |   |  |   |
|-----------------------------------|---|--|---|
| <input type="radio"/> Sverker 650 | <input checked="" type="radio"/> Fluke 8060 | <input checked="" type="radio"/> Sverker 760 | <input type="radio"/> f-vahvistin       |
| <input type="radio"/> Sverker 600 | <input type="radio"/> Fluke 24              | <input type="radio"/> SXPA 3B18 J3           | <input type="radio"/> U-syöttölaite     |
| <input type="radio"/> Timer TM-2  | <input type="radio"/> WZ 11 /Fluke          | <input type="radio"/> FR-402                 | <input type="radio"/> SPAT-koestuslaite |

Releen asetelut

Suure	Asteikko	Asettelu
I > /A	0.01 - 1	0.1
t /s	0.2 - 6	1.2

Koestus

Suure	ASETTELUT						MITATTU	
	I /A	Kerr.	= I /A	t /s	Kerr.	= t /s	I /A	t /s
I >	1	0.1	0.1	1.2	1	1.2	0.103	1.21

- |   |   |
|---|---|
| <input type="radio"/> Hälytys kokeiltu            | <input type="radio"/> Ensio             |
| <input checked="" type="radio"/> Laukaisu mitattu | <input checked="" type="radio"/> Toisio |
| <input type="radio"/> Katkaisija laukaistu        |   |

KUNNOSSA     KORJATTAVA

VIKA:

Huom.: EF 145

Mittaaja: Pekka Miikkulainen

Pvm: 8.6.2009

## Erottimen huoltopöytäkirja



ABB Oy, Service

SP, Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut

Työ n:o 70035689

Pöytäkirja n:o 1

Erottin  
huoltopöytäkirja

Asiakas	Myllykoski Paper Oy	Sähköasema	Kuorimo 1ST1 / 1C1
		Kenttä	Kenno 1 / Syöttö 1c2-02S:sta
Osoite	Myllykoskentie 1 46800 MYLLYKOSKI	Laitteen laji/merkki	Strömberg / OJON
		Valm.n:o/vuosi	A428110 GC
Yhteyshenkilö	Toni Hannula	Ohjauslaite	
		Valm.n:o/vuosi	
Puh.	0503354405	Valmistaja	Oy Strömberg Ab
Toimenpide	Huolto <input checked="" type="checkbox"/>	Modifiointi <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Korjaus <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Virtatiet ja tukeristimet

	Tohty	Huomi
-kosketinosien ja liitoksien tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-virtateiden rasvan poisto ja uudelleen rasvaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-rullakoskettimien avaus ja tarkastus pistokokeena	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-kosketinvoiman tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-eristimien puhdistus ja silmämääräinen tarkastus. eristimen valmistaja: _____	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-säätöjen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-maadoitusliittimien tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Ohjaimet vivustoineen:

Erottimen ohjain laji: no: \_\_\_\_\_ Merkki: \_\_\_\_\_  
 Maadoit.erott.ohj.laji: no: \_\_\_\_\_ Merkki: \_\_\_\_\_  
 Maadoit.erott.ohj.laji: no: \_\_\_\_\_ Merkki: \_\_\_\_\_

-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-apukoskettimien, lukituksen ja kuivausvastuksien tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## MITTAUKSET:

	L1	L2	L3
-ylimenovastus			
Ylimenovastus:	ennen = <u>80</u> $\mu\Omega$	= <u>89</u> $\mu\Omega$	= <u>95</u> $\mu\Omega$
	jälkeen = <u>22</u> $\mu\Omega$	= <u>22</u> $\mu\Omega$	= <u>25</u> $\mu\Omega$

-magneettien toiminta: lukitusmagneetti Un= \_\_\_\_\_ VDC toimii = \_\_\_\_\_ VDC

-moottorihjaimen moottori Un= \_\_\_\_\_ VDC I= \_\_\_\_\_ A

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso

-koeohjaus

## MUUTA:

Suorittaja Juvonen &amp; Lopperi

ABB OY Service Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut

Puh. +358 10 2211

Pvm. 29.7.2010

Fax. 010 22 41098

## Vähäöljykatkaisijan huoltopöytäkirja



ABB Oy, Service

SP, Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut

Työ n:o 70035689

Pöytäkirja n:o 1

Vähäöljykatkaisija  
keskijännite

Asiakas	Myllykoski Paper Oy	Sähkötila	Hiomo 2ST8 / CC2
Osoite	Myllykoskentie 1 46800 MYLLYKOSKI	Kenno	Kenno 2 / Kompressorit 4
Yhteyshenkilö	Toni Hannula	Laitteen laji/merkki	OSAP 10 W2
Puh.	0503354405	Valm.n:o/vuosi	C 604019 GO
Toimenpide	Ohjainhuolto <input type="checkbox"/> Mittaus <input type="checkbox"/>	Ohjauslaitteen laji/merkki	Valm.n:o/vuosi
	Perushuolto <input type="checkbox"/> Korjaus <input type="checkbox"/>	Valmistaja	Oy Strömberg Ab
		Modifiointi <input type="checkbox"/> Täyshuolto <input checked="" type="checkbox"/>	

## Ohjain vivustoineen:

	Tehty	Huomi
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-vaimenninpalojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-iskunvaimentimen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema = -		
<b>Katkaisupilarit:</b>		
-katkaisupilarin avaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-sammutuskammioiden tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-katkaisijaöljyn vaihto <i>Nynäs 3X</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tiivisteiden vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ulkoisen tarkastus (eristimet, liitännät, merkkiläsit)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ulkoisen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## MITTAUKSET:

		L1	L2	L3
-sähköiset mittaukset	Ylimenovastus:	ennen = <u>170</u> µΩ	= <u>63</u> µΩ	= <u>66</u> µΩ
		jälkeen = <u>39</u> µΩ	= <u>45</u> µΩ	= <u>46</u> µΩ
	Toiminta-ajat:	kiinni = <u>12,4</u> ms	= <u>124,5</u> ms	= <u>127,3</u> ms
		auki = <u>71,9</u> ms	= <u>73,5</u> ms	= <u>72,0</u> ms
		eroaika = <u>1,6</u> ms		

-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un= <u>110</u> VDC	toimii = - VDC
	1-0-magneetti	Un= <u>110</u> VDC	toimii = - VDC
	Alijännitemagneetti	Un= _____ VDC	toimii = _____ VDC
-kiinnilyöntijousien viritysmoottori	Un= <u>110</u> VDC	I= <u>0,7</u> A	

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso	<input checked="" type="checkbox"/>
-häilytykset paikallistasolla	<input checked="" type="checkbox"/>

**MUUTA:**

- Pilariden vanha vaimenninpala mursuneet.
- L1 Pilarin ruutakosketimet puhdistettu.
- L3 Pilarin akselillä viisi vuosi ennen huoltoa.

Kumoluokitus:	Hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/>	Pieniä puutteita/alkavia vikoja <input type="checkbox"/>	Vaatii jatkotoimenpiteitä <input type="checkbox"/>
---------------	--	--	--

Suorittaja: Tuomas Juvonen

Pvm. 28.6.2010

ABB OY Service Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211

Fax. 010 22 41098

## Tyhjökatkaisijan huoltopöytäkirja



ABB Oy, Service

PSS, Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut

Työ n:o 70003071

Pöytäkirja n:o 2

Tyhjökatkaisija  
keskijännite

Asiakas	<b>Myllykoski paper Oy</b>	Sähköasema	Hiomo kojeisto CC3
Osoite	<b>46800 Anjalankoski</b>	Sähkötila/kenno	2ST16 K24 HK 20
Yhteyshenkilö	<b>Hannula Toni</b>	Laitteen laji/merkki	VD4M 1212-50 EQ0727
Puh.	<b>0503354405</b>	Valm.n:o/vuosi	7014709/4023/01
Toimenpide	Tarkastus <input checked="" type="checkbox"/> Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Huolto <input checked="" type="checkbox"/> Korjaus <input type="checkbox"/>	Modifiointi <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Valmistaja <b>ABB</b>	

## Ohjain vivustoineen:

-toiminnan tarkistus

-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus

-iskunvaimentimien tarkastus

-puhdistus ja voitelu

-laskijalaitteen lukema = 275

## Katkaisupilarit:

-katkaisupilarien tyhjöttesti, jännitekoestuksena

Koestusjännite 40 kV

-päävirtaleiden liitäntöjen tarkastus

-ulkoinen puhdistus (tarpeen mukaan)

Tohty	Huomi
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## MITTAUKSET:

		L1	L2	L3
-sähköiset mittaukset:	ylimenovastus:	= <u>15</u> µΩ	= <u>15</u> µΩ	= <u>15</u> µΩ
	toiminta-aajat:	käynti = <u>53,3</u> ms	= <u>53,0</u> ms	= <u>53,3</u> ms
		auki = <u>33,6</u> ms	= <u>33,0</u> ms	= <u>33,0</u> ms
		eroaika = <u>0,6</u> ms		
-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un= <u>110</u> VDC	toimi = VDC	
	1-0-magneetti	Un= <u>110</u> VDC	toimi = VDC	
	Ajännitemagneetti	Un= <u>110</u> VDC	toimi = <u>32</u> VDC	
-kiinnilyöntijousien viritysmoodori	Un= <u>110</u> VDC	I= <u>1,0</u> A		

## MUUTA:

Ohjain voimattu kevyesti ja säädöt tarkastettu OK.

A-puk osat mitattu OK.

Kiskokoskettimet puhdistettu ja uudelleen voimattu.

Toiminta testattu sähköisesti OK.

Kuntoluokitus:	Hyväkuntoinen <input checked="" type="checkbox"/>	Pieniä puutteita/alkavia vikoja <input type="checkbox"/>	Vaadi jatkotoimenpiteitä <input type="checkbox"/>
----------------	---	--	---

Suorittaja: **Jani Laamanen**Pvm. **16.2.2009**

ABB OY Service Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211

etunimi.sukunimi@fi.abb.com

SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijan huoltopöytäkirja

ABB Oy, Service

PSS, Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut

Työ nro:

Pöytäkirja nro 1

SF<sub>6</sub>-katkaisija  
keskijännite

Asiakas	<b>Mylykoski paper Oy</b>	Sähköasema	PK6 6ST15 / 6C1
		Sähkötila/kenno	
Osoite	<b>Mylykoskentie 1 46800 Mylykoski</b>	Laitteen laji/merkki	HPA 12/640 C MH EQ 0745
		Valm.n:o/vuosi	8510 996 2001.05.02
Yhteyshenkilö	<b>Toni Hannula</b>	Ohjaimen laji/merkki	
		Valm.n:o/vuosi	
Puh.	<b>0503354405</b>	Valmistaja	<b>ABB</b>
Toimenpide	Ohjainhuolto <input type="checkbox"/>	Modifiointi <input type="checkbox"/>	Täyshuolto <input checked="" type="checkbox"/>
	Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Korjaus <input type="checkbox"/>	

## Ohjain vivustoineen:

	Tehy	Huomi
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-iskunvaimentimien tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema = <u>52</u>		
<b>Katkaisupilarit:</b>		
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-pilarin avaus ja tiivistäiden vaihto (vain täyshuollossa)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tiheysvahtimittareiden toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-SF <sub>6</sub> valvontapiirin koestus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ulkoisen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## MITTAUKSET:

	L1	L2	L3
-kaasun paineet	Paine = <u>0,27</u> MPa	= <u>0,27</u> MPa	= <u>0,27</u> MPa (ABB)
-SF <sub>6</sub> kaasua lisätty katkaisijaan	= _____ kg	= _____ kg	= _____ kg

-sähköiset mittaukset:	ytimenovastus:	L1	L2	L3
	toiminta-ajat:	= <u>31</u> µs	= <u>33</u> µs	= <u>41</u> µs
		kiinni = <u>51,8</u> ms	= <u>51,9</u> ms	= <u>52,3</u> ms
		auki = <u>40,5</u> ms	= <u>39,7</u> ms	= <u>40,2</u> ms
		eroaika = <u>0,8</u> ms		

-magneettien toiminta:	1-magneetti	U <sub>n</sub> = <u>110</u> VDC	toimii =	VDC
	1-0-magneetti	U <sub>n</sub> = <u>110</u> VDC	toimii =	VDC
	2-0-magneetti	U <sub>n</sub> = <u>110</u> VDC	toimii =	VDC

-kiinnilyöntijousien virtysmoottorit	U <sub>n</sub> = <u>110</u> VDC	I = <u>3,1</u> A
--------------------------------------	---------------------------------	------------------

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso	<input checked="" type="checkbox"/>
-hälytykset paikallistasolla	<input checked="" type="checkbox"/>

<b>MUUTA:</b>	Pilarit ja täyshuolto, koskettimet hyvät, kaikki tiivistykset vaihdettu OK. Toisen laukaisukan toiminta-ajat : L1: 41,7ms L2: 41,1ms L3: 41,6ms Laskut korjattu.
Kuntoluokitus:	Hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/> Pieniä puutteita/avaria vikoja <input type="checkbox"/> Vaatii jatkotoimenpiteitä <input type="checkbox"/>
Suorittaja: <b>Jani Laamanen</b> 050 3356611	Pvm. <b>8.9.2010</b>
ABB OY, Service Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211	etunimi.sukunimi@fi.abb.com





