

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

Tutkintotyö

Juha Konttinen

VAIHTOSÄHKÖKONEEN HUOLTO JA KOESTUS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Eerik Mäkinen
ABB Oy Service, valvojina Jorma Lillinen ja Veikko Kivelä

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Konttinen, Juha

Vaihtosähkökoneen huolto ja koestus

Tutkintotyö

47 sivua + 10 liitesivua

Työn ohjaaja

Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

ABB Oy Service

Valvojina Jorma Lillinen ja Veikko Kivelä

Huhtikuu 2008

Hakusanat

AC-moottori, AC-generaattori, huolto, koestus

TIIVISTELMÄ

ABB Oy Service huoltaa ja uudelleenkäämii erilaisia sähkömoottoreita ja -generaattoreita. Ennen huolletun koneen asiakkaalle palauttamista on syytä varmistaa huollon tulos erilaisten mittausmenetelmien avulla.

Käytettävään koestuslaitteistoon kuuluu 60-luvulla rakennettu pyörivien koneiden avulla toteutettu taajuusmuuttaja, jolla voidaan tuottaa erilaisten sähkökoneiden koestuksessa tarvittava jännite. Laitteistoon on ajan kuluessa tehty muutoksia ja eläköitymisen myötä paljon kokemuseräistä tietoa on poistunut yrityksestä. Tämän vuoksi työn tarkoituksena on ollut laatia kuvaus tehtävistä vaihtosähkökoneiden huoltotoimenpiteistä ja loppukoestuslaitteiston toiminnasta.

Laitteiston toimintaan on perehdytty vanhojen sähköpiirustusten avulla, sekä haastatteleamalla nykyisiä työntekijöitä. Tuloksena on saatu kuvaus laitteiston toimintaperiaatteesta, sekä tarkemmat ohjeet koestuslaitteiston käyttövalmiiksi saattamiseen. Työssä on myös esitetty vaihtosähkökoneelle tehtävät koestustoimenpiteet ja eri mittauksen hyväksymiskriteerit. Tuloksia voidaan käyttää apuna uuden henkilöstön työtehtäviin kouluttamisessa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Electric Power Engineering

Kontinen, Juha

Maintenance and testing of AC-machines

Engineering Thesis

47 pages + 10 appendices

Thesis supervisor

Eerik Mäkinen

Commissioning company

ABB Oy Service

Supervisors Jorma Lillinen and Veikko Kivelä

April 2008

Keywords

AC-motor, AC-generator, maintenance, testing

ABSTRACT

ABB Oy Service maintains and rewinds different kinds of electrical motors and generators. Before the maintained machine is returned to the client, it undergoes quality testing procedures to ensure correct functionality.

The testing hardware in use consists of machinery, built in the sixties to generate specific voltages in order to be able to test different kinds of electrical motors. With time, there have been changes in the hardware configuration and due to withdrawals from the company a lot of experimental and undocumented knowledge has been lost. Hence, the purpose of this research has been to give a complete documentation on AC-machine maintenance procedures and the operation of the testing hardware.

The function of the hardware has been studied from the blueprints and by interviewing current employees. As a result, this thesis clarifies how the testing hardware works and provides step by step instructions for powering up the system, so it is easier for a new employee to start working. The testing methods and criteria for approval have also been reported.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO 4

1 JOHDANTO 5

2 VAIHTOSÄHKÖKONEIDEN TEORIAA 5

2.1 EPÄTAHTIKONEET /1/ 6

2.1.1 Epätahtimoottorit 6

2.1.2 Epätahtigeneraattorit 9

2.2 TAHTIKONEET /1/ 11

2.2.1 Harjallinen tahtikone 12

2.2.2 Harjaton tahtikone 13

3 EPÄTAHTIKONEEN PERUSHUOLTO KORJAAMOLLA /4/ 14

3.1 HUOLLON TARKOITUS JA TAVOITTEET 14

3.2 PERUSHUOLTOTOIMENPITEET 14

3.2.1 Vastaanottotarkastus 14

3.2.2 Koneen purkamisen 15

3.2.3 Osien puhdistus ja kuivaus 16

3.2.4 Osien tarkastus (välitarkastus) 19

4 KOESTUSLAITTEISTO 22

4.1 KOESTUSPULPETTI 22

4.2 MUUTTAJAHUONE 28

4.3 APULAITEKAAPIT 30

5 LOPPUKOESTUS 34

5.1 SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTUS 34

5.2 KÄÄMITYSTEN ERISTYSVASTUSMITTAUS /4/ 35

5.3 KOLMIVAIHEVAIHEKÄÄMITYSTEN VERTAILEVA SYÖKSYAALTOKOESTUS 36

5.4 KÄÄMITYSTEN VASTUSMITTAUS 38

5.5 JÄNNITEKOE /4/ 39

5.6 AKSELIHEITTO 41

5.7 TYHJÄKÄYNTIKOE 42

6 KOESTUSPULPETIN KOMPONENTTIEN UDELLEENNIMEÄMINEN 44

7 TULOSTEN TARKASTELU 45

LÄHTEET 47

LIITTEET

- 1 AC-koneen huoltoraportti
- 2 Vaihtosähkökoneen koestusohje, 5 sivua
- 3 Laiteluettelo, 2 sivua
- 4 Koestuslaitteiston päävirtakaavio
- 5 Syöksyaaltokokeen vianhakutaulukko

1 JOHDANTO

ABB Oy Servicellä on Nokialla huoltokorjaamo, jossa uudelleenkämitään ja huolletaan erityyppisiä sähkömoottoreita ja -generaattoreita. Huoltokorjaamon koestuskentällä koestetaan huollettuja tasa- ja vaihtosähkökoneita sekä uusia vaatimaan käyttöön ja 50 Hz:n taajuudesta poikkeaviin syöttöihin sijoitettavia sähkökoneita. Tämä työ keskittyy huollettujen epätahtikoneiden loppukoestukseen. Työssä käydään myös läpi myös vaihtosähkökoneiden teoriaa sekä huollon eri vaiheet. Pääpaino kuitenkin on selvittää 60-luvulta peräisin olevan koestuspulpetin kytkinten, mittarien ja säätöpyörien tehtävä. Materiaalin kokoamisessa on tehty yhteistyötä tasasähkökoneista vastaavaa työtä tekevän Lasse Kantasen kanssa.

Aiempien työohjeiden avulla on koestajan vaikea ymmärtää, mitä mistäkin kytkimestä tapahtuu, ohjeena on vain lista oikeasta järjestyksestä kytkimien ja säätöpyörien asetteluun, jotta koestuslaitteisto saadaan käyttövalmiiksi. Tavoitteena on tutustua vanhoihin sähköpiirustuksiin ja selvittää niiden avulla kunkin kytkimen ja säätöpyörän vaikutus erillisessä muuntajahuoneessa sijaitseviin moottoreihin ja generaattoreihin.

Tulosten perusteella tehdään nykyisiä tarkemmat ja informatiivisemmat työohjeet koko koestustapahtumasta koestajien käyttöön. Myös koestuspulpetin merkinnät tehdään selkeämmiksi uusien ohjeiden lukemisen helpottamiseksi.

2 VAIHTOSÄHKÖKONEIDEN TEORIAA

Vaihtosähkökoneen toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään.

Vaihtosähkökoneet voidaan luokitella epätahti- ja tahtikoneisiin, sen mukaan pyöriikö koneen roottori staattorikämmityksen kehittämän pyörivän magneettikentän kanssa eri vai samalla nopeudella. Yleisimmät teollisuudessa käytetyt vaihtosähkömoottorit ovat oikosulkumoottori, kestomagneettitahtimoottori ja vierasmagnetoitu tahtimoottori.

2.1 Epätahtikoneet /1/

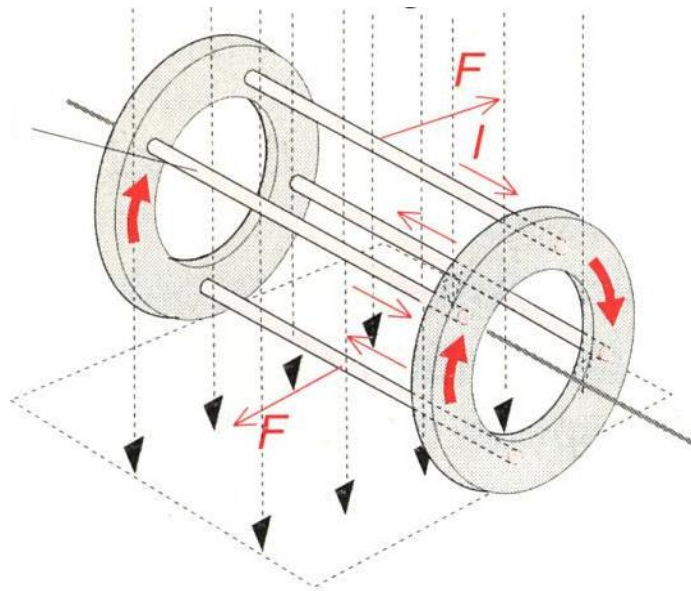
Epätahtikoneet voidaan jakaa epätahtimoottoreihin ja -generaattoreihin.

Epätahtimoottoreita ovat kolmivaiheiset oikosulkumoottorit, yksivaiheiset oikosulkumoottorit ja liukurengasmootorit. Epätahtimoottori-nimitys johtuu siitä, että roottori pyörii hitaammin kuin staattorikenttä.

2.1.1 Epätahtimoottorit

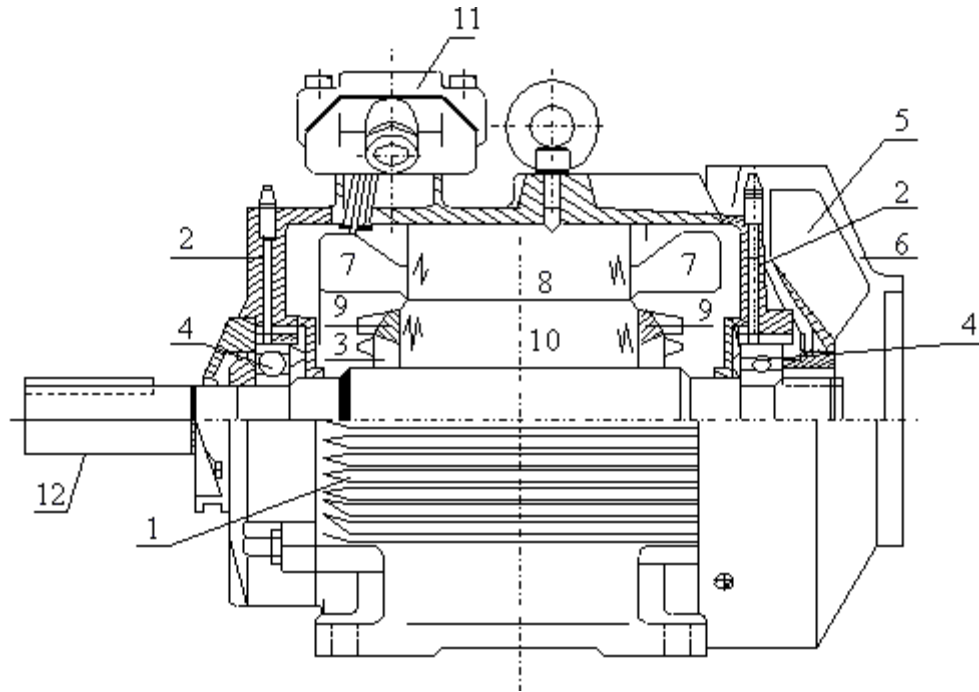
2.1.1.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on yleisin moottorityyppi. Se on saanut nimensä oikosuljetusta roottorikäimityksestä. Häkkikäimitys on kuvan 1 mukaisesti eristämättömistä sauvoista tehty ja molemmista päistään oikosulkurenkailla yhdistetty. Käänitys on roottorin levypaketin pinnalla olevissa urissa joko alumiinista painevalumenetelmällä valettu tai kuparisauvoista oikosulkurenkaisiin juotettu.



Kuva 1 Oikosulkumoottorin häkkikäimityksen muoto ja staattorikentän aiheuttama sähkövääntömomentti /2, s. 194/

Kuvassa 2 on esitetty oikosulkumoottorin rakenneperiaate, josta nähdään koneen tärkeimmät perusosat. Koneen sähköisen toiminnan kannalta tärkeimmät osat ovat staattorin ja roottorin käämitykset levypaketteineen.

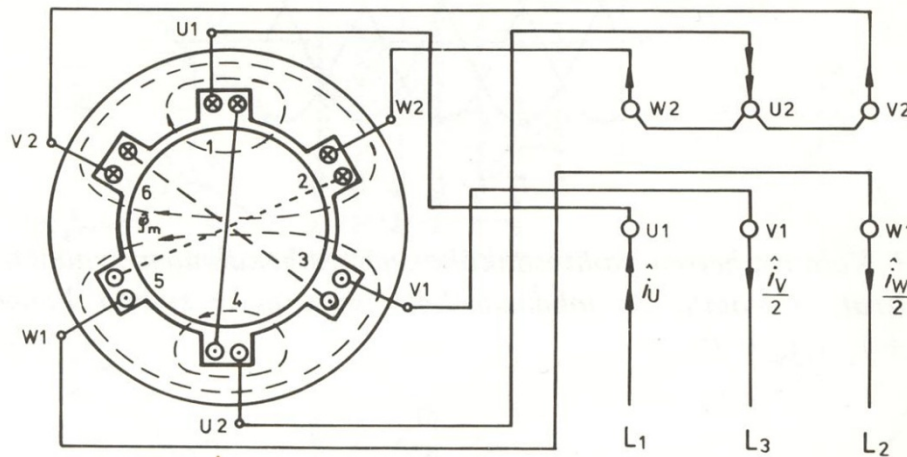


Kuva 2 Oikosulkumoottorin rakenne: 1 staattorin runko, 2 laakerikilvet, 3 roottori, 4 laakerit, 5 tuuletin, 6 tuulettimen suojus, 7 staattorikäämitys, 8 staattorin levypaketti, 9 roottorin käämitys, 10 roottorin levypaketti, 11 liitäntäkotelo, 12 akseli. /1, s. 145/

Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin toiminta perustuu koneen sisällä pyörivään magneettikenttään. Staattorikäämeissä kulkeva sähkövirta synnyttää staattoriin pyörivän magneettikentän, jonka pyörimisnopeus määräytyy syöttävän vaihtojännitteen ja kolmivaihekäämityksen napaluvun mukaan. Pyörivä magneettikenttä leikkaa roottorisauvoja ja indusoi niihin jännitteen, joka aiheuttaa roottorisauvoihin virran. Tämä virta aiheuttaa ympärilleen oman magneettikenttensä, joka leikatessaan staattorin magneettikenttää aiheuttaa sähkövääntömomentin, joka saa roottorin pyörimään (kuva 1).

Kuvassa 3 on esitetty kuuteen uraan sijoitettu staattorin kolmivaihekäämitys, jossa siis on 2 uraa kutakin vaihetta kohden. Käytännön koneissa on staattorissa useampia kuin

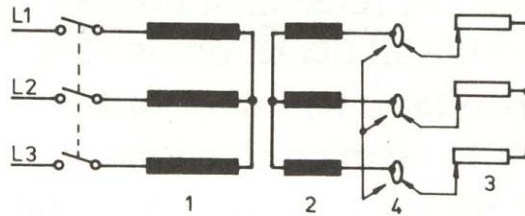
kaksi uraa vaihetta kohden, joiden kesken vaihekäämien johdinkierrokset jaetaan. Staattorikäämit on kytketty tähteen yhdistämällä käämien loppupäät U_2 , V_2 ja W_2 . Kun käämien alkupäät U_1 , V_1 ja W_1 kytketään kolmivaihesyöttöön, alkaa käämien läpi kulkea kolmivaihevirta. Virran aiheuttama magneettikenttä on aina kohtisuorasti sen vaihekäämin tasoa vastaan, jossa virralla on huippuarvo, jolloin vaihtovirta synnyttää koneen sisälle pyörivän magneettikentän.



Kuva 3 Tähteen kytketty staattorikäänitys ja sen synnyttämä magneettikenttä
/1, s. 147/

2.1.1.2 Liukurengasmoottori

Liukurengasmoottori eroaa rakenteeltaan oikosulkumoottorista vain roottorin osalta. Liukurengasmoottorin roottorikäänitys on eristetty ja yhdistetty liukurenkaiseen, joita laahaavat hiiliharjat. Näin moottorin vaihekäämeihin voidaan liittää käynnistysajaksi ulkoista resistanssia ja siten asetella käynnistysvirtaa sekä -momenttia (kuva 4). Vastuskäynnistimen resistanssi pienentää käynnistysvirtaa ja kasvattaa vääntömomenttia, sillä virran lisäksi myös roottoripiirin vaihesiirtokulma pienenee, eli tehokerroin paranee. Tehokerroimen lisäävä vaikutus vääntömomenttiin on suurempi kuin virran pienenemisen vaikutus. Käynnistysjälkeen hiiliharjat nousevat ylös liukurenkailta, jolloin ne eivät kulu käynnin aikana eivätkä aiheuta hankaushäviöitä.

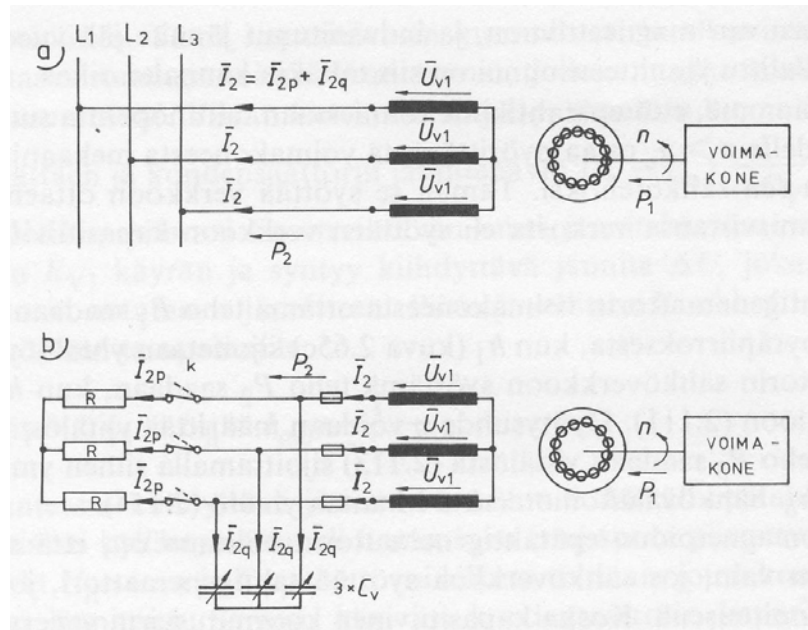


Kuva 4 Liukurengasmootorin käynnistyskytkentä: 1 staattori, 2 roottori, 3 vastuskäynnistin, 4 harjat liukurenkaineen sekä oikosulkulaitteisto /1, s. 203/

Liukurengasmootoria käytetään vain harvoissa erikoistapauksissa, joissa oikosulkumootorin käynnistysmomentti ei ole riittävä ja käynnistysvirta kasvaa liian suureksi. Tällöin käynnistysaika on liian pitkä, mitä oikosulkumootorin roottori ei kestä.

2.1.2 Epätahtigeneraattorit

Epätahtigeneraattorissa roottori pyörii myös epätahdissa pyörivän magneettikentän kanssa, mutta generaattorikäytössä roottorin nopeus on kentän nopeutta suurempi. Epätahtigeneraattorit voidaan magnetoinnin perusteella jakaa kahteen ryhmään: verkkomagnetoitut epätahtigeneraattorit ja kondensaattorimagnetoitut epätahtigeneraattorit.



Kuva 5 Epätahtigeneraattoreiden magnetointi: a) verkkomagnetoitu b) kondensaattorimagnetoitu /1, s. 217/

2.1.2.1 Verkkomagnetoitu epätahtigeneraattori

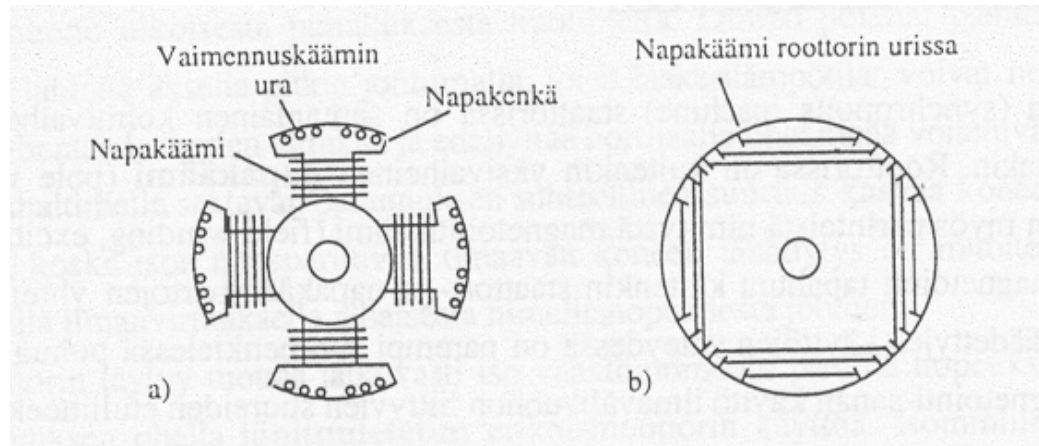
Verkkomagnetoidut epätahtimoottorit ottavat magnetoimisvirran sähköverkosta, eli ne eivät pysty toimimaan täysin itsenäisesti, vaan vaativat aina jännitteisen verkon toimiakseen. Kuvassa 5a on esitetty periaatteellinen kuva verkkomagnetoidusta epätahtigeneraattorista. Kun voimakone pyörittää epätahtigeneraattorin roottoria tahtinopeudella, ottaa kone aluksi sähköverkosta ainoastaan rautahäviöiden verran tyhjäkäyntitehoa. Kun voimakoneen momenttia lisäämällä nostetaan roottorin pyörimisnopeus yli magneettikentän pyörimisnopeuden, muuttuu generaattorin verkosta ottama teho negatiiviseksi, eli kone syöttää pätötehoa verkkoon ja ottaa samalla magnetoimisvirtansa verkosta syöttäen verkkoon kapasitiivista loistehoa. Tällaisia koneita on käytetty eräissä pienitehoisissa vesivoimalaitoksissa ja tuulivoimalaitoksissa, koska ne eivät vaadi tasasähköä ja ne ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja helppoja kauko-ohjata.

2.1.2.2 Kondensaattorimagnetoitu epätahtigeneraattori

Kondensaattorimagnetoitujen epätahtigeneraattorit ottavat magnetoimisvirran koneen liittimiin asennetuista magnetoimiskondensaattoreista (kuva 5b), joten ne pystyvät toimimaan täysin itsenäisinä generaattoreina. Tämä perustuu siihen, että koneen rautaosat ovat magneettisesti kyllästyviä. Kun roottoriraudassa on edellisen käytön jäljiltä jäännösvuo ja koneella on riittävä pyörimisnopeus sekä se on kuormittamaton, tapahtuu generaattorin herääminen. Tällöin jäännösvuo kehittää koneen staattoriin pienen jännitteen, joka aiheuttaa virran kondensaattoriin, joka magnetoituu koneen tasavirtamagnetoinnin tavoin. Itsemagnetoinnin vuoksi kondensaattorimagnetoituja epätahtigeneraattoreita käytetäänkin esimerkiksi varageneraattoreina poltto- tai dieselmoottorin ollessa voimakoneena. Usein kondensaattorimagnetoitujen epätahtigeneraattorit ovat ns. ”tee se itse” -rakennelmia, sillä niitä ei juuri saa tehdasvalmisteisina.

2.2 Tahtikoneet /1/

Tahtikoneessa roottori pyörii staattorin synnyttämän pyörivän magneettikentän kanssa täsmälleen samalla nopeudella. Staattorin rakenne on periaatteessa samanlainen kuin epätahtikoneen, mutta roottorin rakenne on erilainen. Roottori on joko umpi- tai avonaparakenne (kuva 6). Umpinapapyörää käytetään nopeakäyntisissä tahtikoneissa, kuten höyry- ja kaasuturbiinilaitosten generaattoreissa. Avonapapyörää taas käytetään hitaissa tahtikoneissa, kuten vesivoimalaitosten generaattoreissa. Avonapapyörälliset tahtikoneet ovat halkaisijaltaan suuria ja akselin suunnassa lyhyitä vaadittavien suurten hitausmomenttien takia, kun taas umpinapapyörälliset ovat verrattain pitkiä ja halkaisijaltaan pieniä.



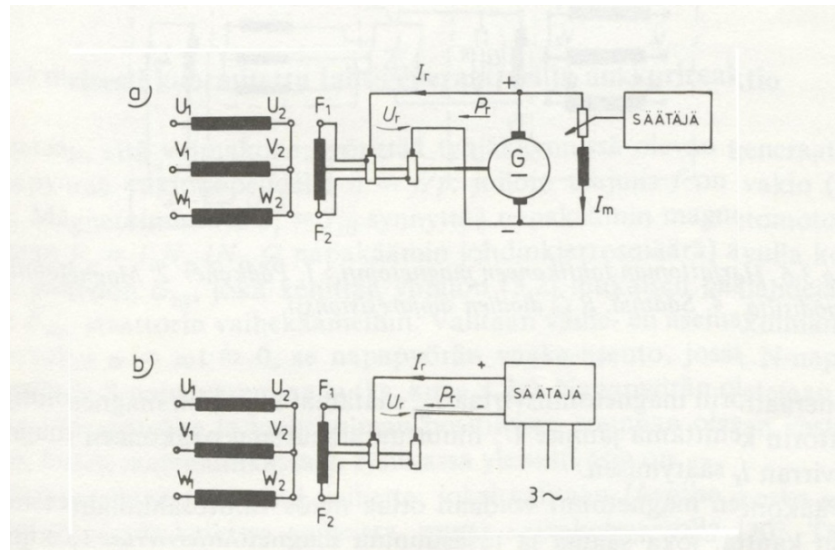
Kuva 6 Tahtikoneen roottori a) avonapa b) umpinapa /3, s. 34/

Tahtikonetta voidaan käyttää muiden sähkökoneiden tapaan sekä moottorina että generaattorina. Yleisin generaattorikäyttö on voimalaitosten generaattorina. Moottorina tahtikonetta käytetään hyvin suuritehoisissa, hitaissa käytöissä tai tarkkuutta vaativissa käytöissä.

Tahtikoneeseen on synnyttävä tasavirralla magneettikenttä eli päävujo, joka roottorin mukana pyöriessään indusoi ankkurikäämiin tarvittavan päälähdejännitteen. Magnetoimintimenetelmän perusteella voidaan tahtikoneet jakaa harjallisiin ja harjattomiin tahtikoneisiin.

2.2.1. Harjallinen tahtikone

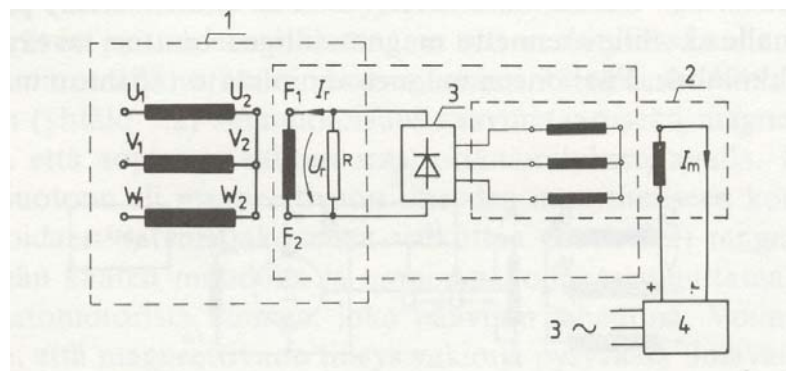
Harjallisten tahtikoneiden roottorissa on liukurenkaat, joilta laahaavien harjojen välityksellä magnetoimivirta johdetaan magnetoimikäämykseen $F_1 - F_2$. Magnetoiva tasasähkö tuotetaan joko pääkoneen kanssa samalla akselilla olevalla magnetoimigeneraattorilla, kuten kuvassa 7a, tai täysin erillisellä tasasähkölähteellä. Säättämällä magnetoimigeneraattorin magnetoimivirtaa, voidaan pääkoneen magnetoiminta asettaa halutuksi. Magnetoimintaan voidaan kuvan 7b mukaisesti käyttää myös erillistä vaihtosähkölähdettä tai itse pääkonetta, jolloin säätäjä tasasuuntaa magnetoimivirran ja säätää sen sopivaan arvoon.



Kuva 7 Harjallisen tahtikoneen magneitoimismenetelmät: a) magneointi tasasähkölähteestä b) magneointi vaihtosähkölähteestä /1, s. 245/

2.2.2 Harjaton tahtikone

Harjattomassa tahtikoneessa on rakennettu roottorin kanssa samalle akselille erillinen magneitoimisgeneraattori (kuva 8). Se on ulkonapainen vaihtosähkögeneraattori, jonka magneointikäänitys on rakennettu paikallaan pysyvään staattoriin ja ankkurikäänitys pyörii pääkoneen roottorin mukana. Pääkoneen magneointivirta otetaan vaihtosähkögeneraattorista säätäjän välityksellä.



Kuva 8 Harjattoman tahtikoneen magneointi: 1 pääkone, 2 magneointikone, 3 diodisilta, 4 säätäjä /1, s. 246/

3 EPÄTAHTIKONEEN PERUSHUOLTO KORJAAMOLLA /4/

Valtaosa epätahtikoneista on moottorikäyttöissä. Perushuoltotoimenpiteiden kannalta ei ole väliä, onko kone moottori-, vai generaattorikäytössä.

3.1 Huollon tarkoitus ja tavoitteet

Kun kone on avattuna, voidaan perushuollossa määritellä sen toimintavarmuuden kannalta oleellisten rakenneosien kunto luotettavasti. Tarvittavat korjaukset voidaan myös tehdä huollon yhteydessä. Koneen koko, rakenne ja käyttökohde vaikuttavat perushuollon yhteydessä suoritettavien toimenpiteiden laajuuteen. Havaittujen vikojen edellyttämistä toimenpiteistä sovitaan tarvittaessa yhdessä tilaajan kanssa.

Perushuollon tarkoitus ei ole saattaa konetta kaikilta osin uudenveroiseksi, mutta huolletun koneen tulee vastata sille tiettyä käyttöä varten asetettuja käytettävyyksvaatimuksia.

Perushuollossa on otettava huomioon mm. seuraavat asiat:

- asiakkaan tottumukset ja toivomukset
- käytön luonne
- luotettavuusvaatimukset.

3.2 Perushuoltotoimenpiteet

3.2.1 Vastaanottotarkastus

Huoltaja selvittää vastaanottotilassa itselleen koneen kunnan siinä määrin, kuin se avaamattomasta koneesta on mahdollista. Käytössä tapahtuneen kulumisen ja

vikaantumisen lisäksi on tarkastettava mahdolliset käyttöpaikan ja huoltokorjaamon välillä tapahtuneet käsittelyvauriot.

Tarkastustoimenpiteet (kuvattu tarkemmin luvussa 5 loppukoestus):

- Silmämääräisten havaintojen tekeminen.
- Käämitysten eristysvastuksen mittaus.
- Käämitysten vastusmittaus tarvittaessa, esimerkiksi eristysvastusmittauksen poikkeuksellisen huonojen arvojen perusteella.
- Mahdollisten varusteiden, esimerkiksi mittausvastusten, termistoreiden ja lämmitysvastusten mittaus.

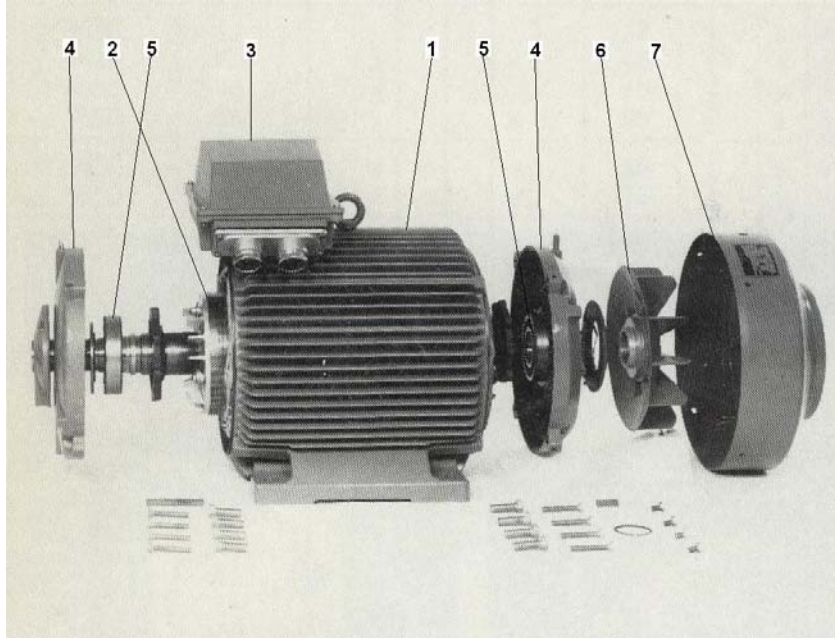
Tarkastuksessa kirjataan mittaustulokset ja mahdolliset muut koneen kunnan kannalta oleelliset havainnot, sekä koneen mukana tulleet varusteet, kuten kytkinpuolisko.

3.2.2 Koneen purkaminen

Konetta puretaan (kuva 9) niin paljon kuin yksittäisten rakenneosien tai -kokonaisuuksien puhdistaminen ja tarkastaminen edellyttää. Tämä tarkoittaa yleensä seuraavia toimenpiteitä:

- Vierintälaakeroiduissa koneissa laakerikilvet sekä laakerien pohjat ja kannet irrotetaan ja laakerit vedetään akselilta.
- Liukulaakeroiduissa koneissa laakerikuoret mahdollisine öljynnostolaitteineen irrotetaan laakeripesästä tai -pukista, myös kilvet ja mahdolliset suojukset irrotetaan.
- Muut mahdolliset suojukset, tuulettimet, öljynsyöttölaitteet, anturit, harjalaitteet ja lämmönvaihtimet irrotetaan huoltotyön edellyttämässä määrin.

- Roottori vedetään ulos.



Kuva 9 Oikosulkumoottori osina: 1 staattori, 2 roottori, 3 liitäntäkotelo, 4 laakerikilvet, 5 kuulalaakerit, 6 tuuletin, 7 suojus /5/

3.2.3 Osien puhdistus ja kuivaus

3.2.3.1 Staattori

Ensisijainen puhdistusmenetelmä parhaan puhdistustuloksen saavuttamiseksi on vesipesu. Jos huoltoon käytettävä aika ei salli vesipesun käyttöä, käytetään liuotinpesuainetta. Helposti irtoava lika voidaan poistaa paineilmalla.

Kun eristetyn käämityksen puhdistusmenetelmänä on vesipesu, on pesu tärkeää aloittaa ja lopettaa runsaalla puhdasvesihuuhtelulla, sillä kuivaan käämitykseen veden mukana tunkeutunutta pesuainetta ei saada enää käämityksestä kokonaan pois. Käämityksessä olevat pesuainejäämät voivat aiheuttaa käyttöpaikalla vaurioita, sillä kosteutta saadessaan pesuainejäämät ovat yleensä sähköä johtavia.

Kuivaus suoritetaan kiertoilmauunissa tai tyhjiökuivauslaitteessa. Uunituslämpötila tulee asetella käämityksen eristysluokan ja kunnon mukaan. B, F- ja H -luokan eristerakenteet (taulukko 1) voidaan yleensä uunittaa 120 °C. Eristysluokassa A ja E, sekä mekaanisesti huonokuntoiset rakenteet imevät usein sisäänsä runsaasti vettä, joka höyrystyessään voi aiheuttaa vaurioita eristykselle. Tällöin on syytä käyttää alhaisempaa kuivauslämpötilaa.

Taulukko 1 Sähkökoneiden eristysluokat IEC 60034-1 mukaan, tavallisin tapaus /6/

Määritelmät		Eristysluokka		
		B	F	H
Sallittu "kuumimman pisteen" lämpötila	°C	130	155	180
Sallittu vastusmittauksen avulla määritetty käämityksen lämpötila	°C	120	145	165
Sallittu käämityksen lämpenemä, kun ympäristön korkein lyhytaikainen lämpötila on + 40 °C	°C	80	105	125

Kuivaustulos todetaan eristysvastusmittauksen avulla. Mittausarvo pysyy alhaisena, mikäli eristeessä on vähäinenkin määrä kosteutta tai siihen on jäänyt johtavaa likaa. Taulukossa 2 on esitetty ABB Oy Servicen laatuohjeen mukaisesti Suomessa käytössä olevat eristysvastusarvot puhdistetulle ja kuivatulle käämitykselle ennen koneen kokoonpanoa.

Taulukko 2 Puhdistetun ja kuivatun käämityksen eristysvastusarvot (MΩ) ennen kokoonpanoa /4/

U _n [V]	Käämityksen lämpötila					
	[°C]					
	20	40	60	80	100	120
220	80	20	5	1,2	0,3	0,1
380	100	24	6	1,4	0,35	0,1
500	100	24	6	1,5	0,4	0,1
660	120	30	7	1,7	0,4	0,1
1000	130	32	8	2	0,5	0,15
3000	260	65	16	4	1	0,25
6000	500	120	30	7	2	0,5
10500	800	200	50	12	3	0,8

3.2.3.2 Roottori

Lika ei vaikuta oikosulkuroottorin toimintaan, mutta roottori on myös syytä puhdistaa, sillä siitä mahdollisesti irtoava lika on haitallista joutuessaan muualle koneeseen. Roottorin puhdistuksessa huomioidaan staattorikäänityksen puhdistuksessa mainitut asiat.

3.2.3.3 Laakerointiosat

Laakerikilvet, mahdolliset erilliset laakeripesät tai -pukit, laakerinkannet ja -pohjat, imurenkaat, liukulaakereiden laakerikuoret, metalliset tiivisteet ja muut mahdolliset laakerirakenteisiin kuuluvat osat pestään vesi- tai liuotinpesulla.

3.2.3.4 Liukurengas- ja harjalaitteet

Liukurengaspakka, harjasilta ja mahdollinen harjannostomekanismi oikosulkulaitteineen puhdistetaan mieluiten vesipesulla. Jos käytetään liuotteita, ei viimeisessä pesuvaiheessa saa käyttää raskasbensiiniä, sillä se jättää öljyisen kalvon, johon hiilipöly kerrostuu helposti.

3.2.3.5 Varusteet

Lämmönvaihtimet pestään ulko- ja sisäpuolelta. Syöttövoitelulaitteiden pumput huuhdellaan ohuella voiteluöljyllä tai raskasbensiinillä. Mikäli vanha voiteluöljy on tumman sameata tai siinä havaitaan metallihiukkasia, pumppu puretaan tarkastusta varten.

Apukäyttölaitteet, kuten öljypumppumoottori tai harjalaitteen käyttökoneisto käsitellään valmistajan hoito-ohjeen tai kyseiseen laitetyyppiin soveltuvan muun ohjeen mukaisesti.

3.2.4 Osien tarkastus (välitarkastus)

3.2.4.1 Staattori

Staattorin välitarkastuksessa tehdään seuraavat tarkastukset:

- rungon eheyden silmämääräinen tarkastus
- staattorikäämityksen puhtauden ja mekaanisen kunnon (vyyhdenpäätuenta, kiilaus) tarkastus
- staattorikäämityksen eristysvastusmittaus
- vertaileva syöksyaaltokoestus, jos $U_n \geq 3 \text{ kV}$
- eristyskoe, jos $U_n \geq 3 \text{ kV}$.

Käämitysten eristysvastusarvo pienenee heti uunituksen jälkeen mitatuista arvoista jonkin verran, minkä aiheuttavat ilman kosteus ja käämirakenteen tiiveys. Uunituksen jälkeinen arvo on aina oltava vähintään alkutarkastusarvon suuruinen.

Eristyskoetta ei tule tehdä, mikäli eristysvastusarvo ei ole riittävä. Eristysvastusarvon on oltava vähintään taulukon 2 mukainen.

3.2.4.2 Roottori

Roottorille tehdään seuraavat tarkastukset:

- Tarkastetaan oikosulkuhäkkikäämityksen eheys silmämääräisesti, tulkinnanvaraisissa tapauksissa tulos tarkistetaan tunkeumavärillä.

- Eristetyt roottorikäimitykset koestetaan kuten staattorikäimitykset.
- Tarkastetaan roottorikäimityksen tukirakenteet.
- Tarkastetaan akseli silmämääräisesti.
- Tarkastetaan laakerikaulat.
- Tarkastetaan akselipinnan laakeroinnin tiivistyskohdat.
- Tarkastetaan akselinpää silmämääräisesti.
- Tarkastetaan akselinpään suoruus.

Useiden laakerinvaihtojen jälkeen akselinkaulojen pinnanlaatu heikkenee akselinsuuntaisten urien takia. Kantavaa akselipintaa tulisi olla enemmän kuin 90 % jäljellä ja laakerin sisärenkaan tulee asettua akselin suuntaiseksi. Mikäli akselikaula todetaan silmämääräisesti huonoksi, tai laakeri irtoaa ulosvedettäessä hyvin helposti, mitataan akselikaula.

Kytkinpuolikkaan irtivetojen seurauksena akselinpään pinta huononee alle pinnanlaatuvaatimuksen 1,6 ra. Jos pinnan havaitaan olevan silmämääräisesti huono, suoritetaan akselinpään halkaisijan mittausta ja arvioidaan kunnostuksen tarve. Yleisohjeena akselinpäälle on, että vähintään 90 % kantavasta lieriöpinnasta on jäljellä. Kunnostusta voi vaatia myös väljentynyt suora kiilan sovite akselinpäässä.

Akselinpään suoruus on tärkeää todeta jossain huoltotyön vaiheessa: joko vastaanottotarkastuksen yhteydessä, osien tarkastuksen yhteydessä tai loppukoestuksen yhteydessä. Mikäli roottori tasapainotetaan, on akselin suoruus tarkistettava ennen tasapainotusta.

3.2.4.3 Laakerointiosat

Vierintälaakeroiduissa koneissa tarkastetaan laakeripesien sekä laakerirakenteeseen mahdollisesti kuuluvien muiden osien, kuten imurenkaiden, laakeripohjien, laakerikansien ja tiivisteiden kunto silmämääräisesti ja tarvittaessa mittauksin.

Valmistajan käyttämän laakeripesän reikämitan toleranssin puuttuessa voidaan ohjearvona käyttää muiden samarakenteisten koneiden arvoja.

Varsinkin ns. liikkuvan pään laakeripesä kuuluu käytössä, jolloin ongelmaksi saattaa muodostua lisääntyvä värähtelytaso ja erityisesti pystykoneissa riski ulkorenkaan pyörimisestä pesässä kasvaa. Uusissa rakenteissa voi olla käytössä väljiä laakerisovitteita, joissa on kuminen O-rengas estämässä ulkorenkaan pyörimistä.

Liukulaakeroiduissa koneissa tarkastetaan laakerikuori, laakeripesä ja muut mahdolliset laakerirakenteen osat, kuten öljynnostorenkaat tai -kiekot, tiivisteet, laakeripukit, laakerivirtaeristeet ja laakerirakenteen sisään rakennetut öljypumput.

Laakerikuoren pinnanlaatu pysyy hyvin toimivassa laakerissa yleensä lähes muuttumattomana, mutta urautunut tai huonopintainen laakerikuori vaikeuttaa öljykalvon muodostumista, jolloin laakerin toiminta heikkenee.

Valkometallilaakereiden valkometallipinta kiinnittyy tukikuoreen joko juottautumalla, mekaanisesti lohenpyrstöillä tai molemmilla mainituilla tavoilla. Valurautatukikuorissa kiinnitys perustuu yleensä pelkästään tukikuoren lohenpyrstöuritukseen, valuteräskuorissa edellytetään lohenpyrstöurituksen lisäksi valkometallin juottautuvan vähintään 80-prosenttisesti kiinni.

Jos valkometallikuori liikkuu reunoistaan sitä sormin painettaessa, on sen toimintavarmuus huono, sillä irti oleva valkometallipinta häiritsee öljykalvon muodostumista.

3.2.4.4 Metalliset tiivisteet

Metallitiivisteistä ns. labyrinthitiivisteet ovat kulumattomia, mutta kampatiivisteet ovat kevyesti kosketuksessa akseliin, jolloin ne kuluvat ja aiheuttavat näin vuotoa. Osa tiivisteistä on akseliin nähden säädettäviä, jolloin kuluma saadaan kompensoitua.

Laakeripukin sisään rakennetuista Strömberg-hammaspyöräpumpuista tarkastetaan, että

- suodatinverkko on ehjä ja puhtas
- hammaspyörät ovat oikeassa asennossa. Hammaspyörien akselitappien reiät kuluvat käytössä soikeiksi, jolloin hammaspyörät kääntyvät vinoon ja pumpun tuotto pienenee.
- pumppu pyörii kevyesti käsin pyörittämällä
- öljynnostorenkkaan pyöreiden mittauksessa suurimman ja pienimmän mitatun arvon ero on korkeintaan 0,5 % renkaan halkaisijamitasta.

Joissakin laakerirakenteissa käytetään myös tukikuorissa oleviin loviin kiinnitettäviä laakeriliuskoja, jotka voidaan tarvittaessa helposti vaihtaa uusiin.

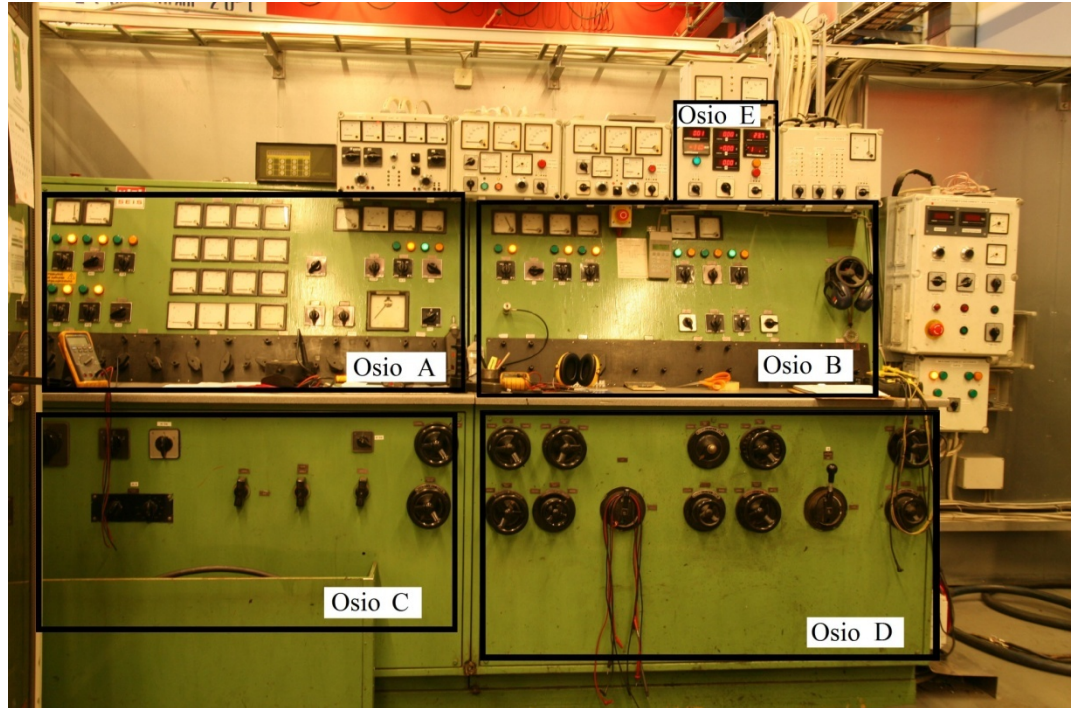
4 KOESTUSLAITTEISTO

Huollon jälkeen tehtävä loppukoestus edellyttää, että huollettu kone saadaan pyörimään tyhjäkäynnissä. Tätä varten koestuspaikalle on rakennettu laitteisto, jolla voidaan tuottaa ja säätää sekä tasa- että vaihtosähköä. Tässä kappaleessa selvitetään tämän laitteiston toiminta. Muut loppukoestuksessa käytettävät mittalaitteet ja koestuksen eri vaiheet käsitellään luvussa 5.

4.1 Koestuspulpetti

Kuvassa 10 on esitetty koestusjännitteiden säätöön tarkoitettu koestuspulpetti. Kuva on jaettu viiteen osioon lähemmän tarkastelun helpottamiseksi. Pulpetin ulostuloista saadaan valinnan mukaan joko tasa-, tai vaihtojännitettä valintakytkimien asennon perusteella. Koestuspulpetille tuotetaan jännite erilliseen muuttajahuoneeseen sijoitetuiden generaattoreiden ja moottoreiden avulla, jotka käsitellään luvussa 4.2. Pulpetin kytkimillä ja säätöpyörillä siis kytketään muuttajahuoneen moottoreista yksi

tai useampi käyntiin pyörittämään tarvittavia generaattoreita koestusjännitteen aikaansaamiseksi. Laitteiston pääkaavio on esitetty liitteenä 4. Komponentit on lueteltu ja selitetty liitteenä 3 olevassa laiteluettelossa.

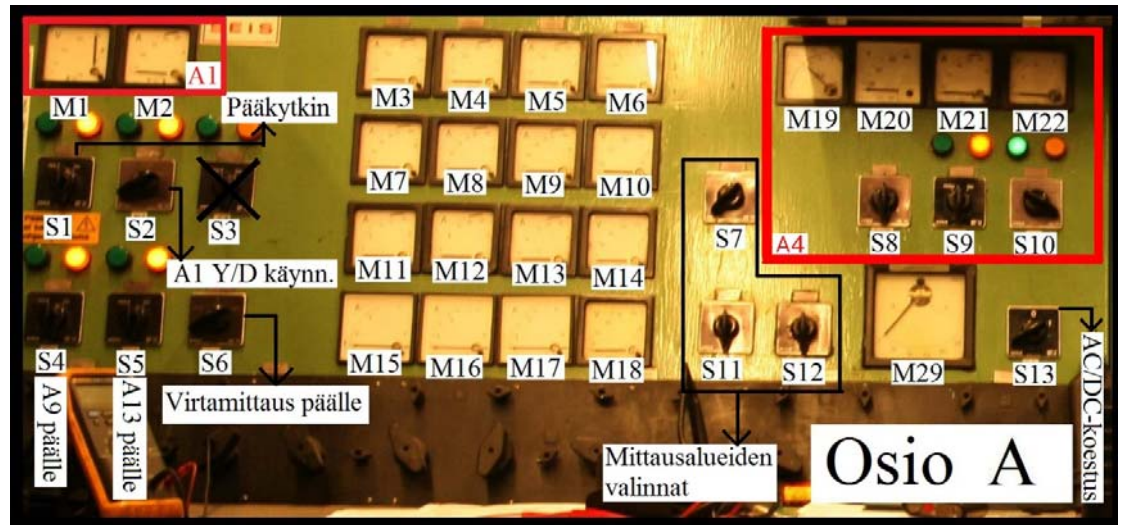


Kuva 10 Koestuspulpetti jaettuna viiteen osioon

Koestuspulpetin A-osiossa (kuva 11) sijaitsee koko laitteiston pääkytkin S1, syöttöjännite nähdään mittarista M1. Vasemmassa yläkulmassa ovat myös voimakoneena toimivan epätahtimoottorin A1 tähti-kolmiokäynnistin S2 sekä moottorin virtamittari M2.

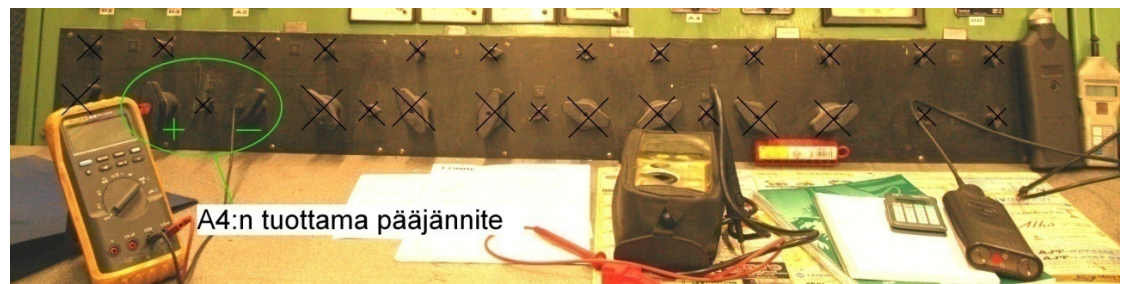
Keskellä sijaitsevat mittarit näyttävät generaattorilla A4 tuotetun vaihtosähkön pääjännitteen ja vaihevirratt. Kukin mittareiden vaakarivi on eri mittausalueen lukemien näyttämiseen. Esimerkiksi mittarit M3, M4 ja M5 näyttävät vaiheiden virrat viiteen ampeeriin asti ja mittari M6 näyttää pääjännitteen mittamuuntajan muuntosuhteella 800/100 V. Mittausalueiden valinta tapahtuu kytkimillä S7, S11 ja S12.

Osion oikeassa yläkulmassa sijaitsevat tahtikoneen A4 toimintaan liittyvät kytkimet ja mittarit. Kytkimellä S8 valitaan koneen staattorikäätymyksen kytkentä. Sen kaksi staattorikäätymystä voidaan kytkeä rinnan tai sarjaan, tähti- tai kolmiokytkennässä (YP, DP, YS, DS). S9 on koneen generaattorikäytön pääkontaktori ja S10 käynnistää moottorin tähdessä tai kolmiossa. Mittareista M19-M22 voidaan lukea koneen taajuus, jännite, virta ja magnetointijännite.



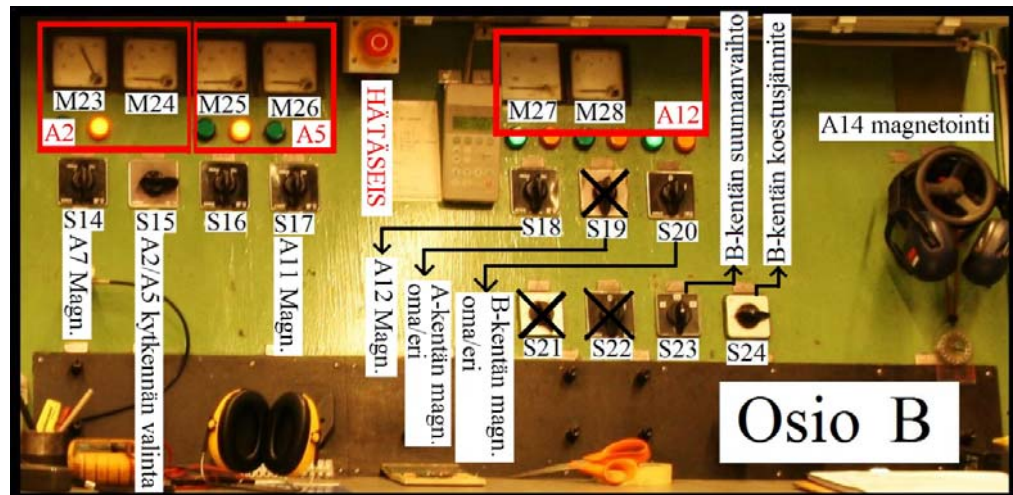
Kuva 11 Koestuspulpetin osio A

A-osion alareunassa sijaitseva mittausliitinrivistö on esitetty kuvassa 12. Liittimistä voidaan mitata eri jännitteiden, virtojen ja tehojen arvoja, mutta koestuksen kannalta ainoastaan yksi liitinpari on tarpeellinen. Kuvaan merkitystä liitinparista voidaan mitata A4:n tuottama pääjännite eli vaihtosähkökoneen koestusjännite.



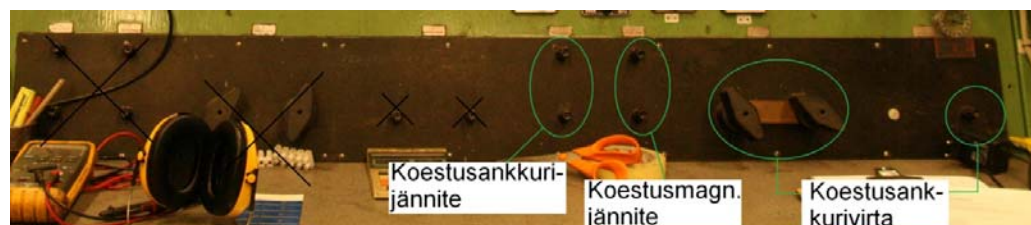
Kuva 12 A-osion mittausliittimet

Osion B (kuva 13) vasemmasta yläreunasta löytyvät tasasähkökoneiden A2 ja A5 virtojen ja jännitteiden mittarit. Ylhäällä keskellä on koestettavan koneen magnetointivirran tuottavan koneen A12 ulostulojännite ja -virta. Kytkimellä S15 voidaan valita tasasähkögeneraattorit A2 ja A5 syöttämään koestuspistettä joko sarjassa, rinnan tai erikseen. Kytkimellä S20 valitaan koestettavan koneen magnetoinnin syöttö. Magnetointi voidaan ottaa säätövastuksen kautta varsinaisesta koestusjännitteestä tai magnetointigeneraattorista A12. Kuvan oikeassa reunassa oleva säätöpyörä vaikuttaa generaattorin A14 magnetointiin. Tämä generaattori magnetoiki kaikki muut magnetointigeneraattorit, joten sen säätäminen vaikuttaa koko laitteiston toimintaan.



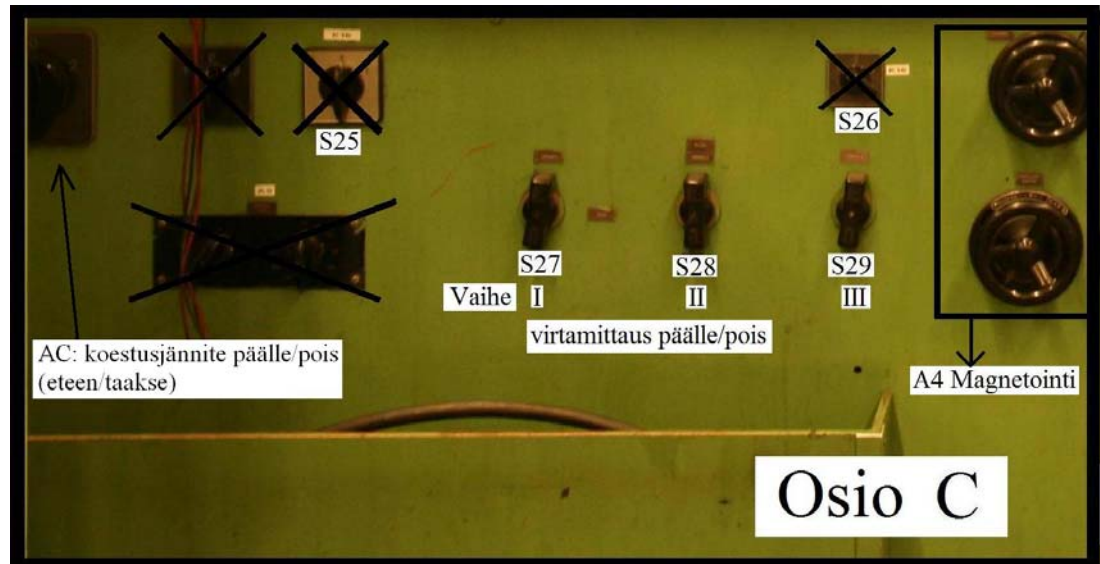
Kuva 13 Koestuspulpetin osio B

B-osion liittimistä (kuva 14) voidaan mitata tasasähkökoneen koestuksessa tarpeellisia suureita, kuten koestettavan koneen ankkurijännite, magnetointijännite ja ankkurivirta. Muut kuvan liittimistä eivät ole käytössä.



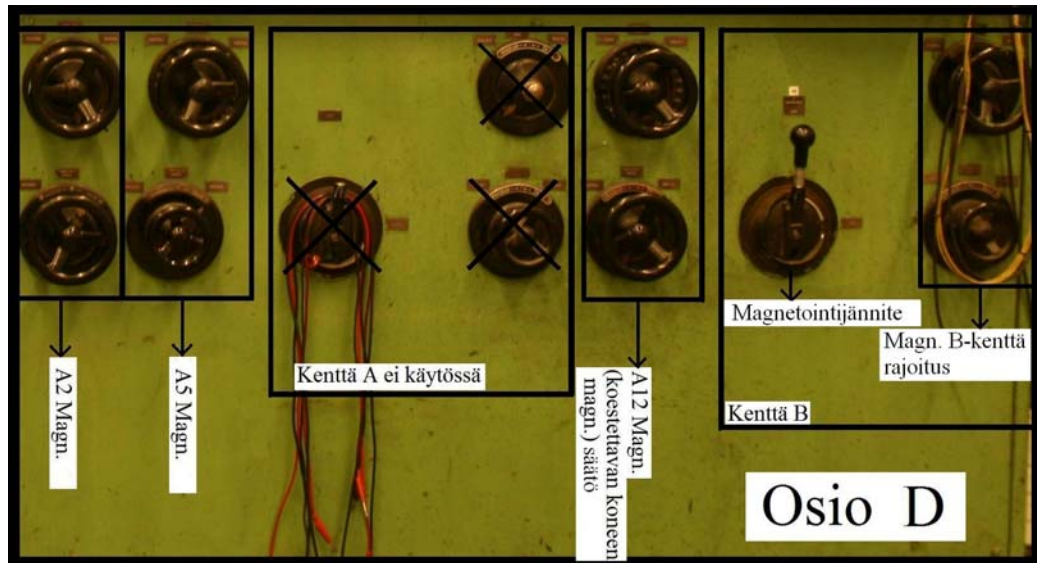
Kuva 14 B-osion mittausliittimet

Kuvan 15 osio C sisältää hyvin vähän käytössä olevia säätimiä. Vasemmassa reunassa olevalla kytkimellä voidaan kytkeä jännite koestettavalle AC-koneelle. Yliviivatut kytkimet liittyvät ennen käytössä olleen muuntajan kytkentöihin. Nykyään kaikki koestukset tehdään pyörivien muuttajakoneiden syöttämänä, joten muuntaja on jäänyt turhaksi. Kytkimet S27, S28 ja S29 ovat virtamittauksen kytkemiseen, eivätkä ne siten ole oikeastaan lainkaan käytössä. Oikealla sijaitsevilla säätöpyörillä voidaan säätää tahtikoneen A4 magnetointia. A4:n toimiessa generaattorina, voidaan näillä säätää vaihtosähkökoneen koestusjännite haluttuun arvoon.



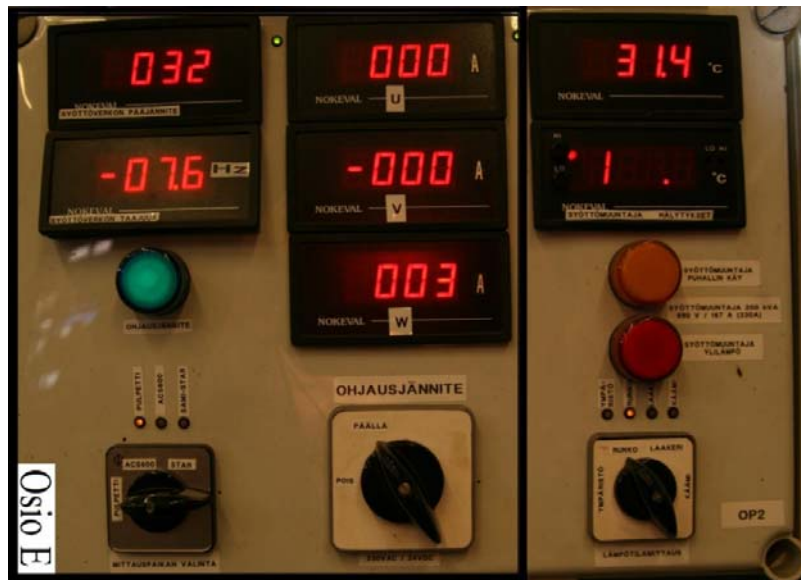
Kuva 15 Koestuspulpetin osio C

Osion D (kuva 16) vasemmassa reunassa ovat tasasähkökoneiden A2 ja A5 magnetoinnin säätöön tarkoitetut säätöpyörät. Ne vaikuttavat magnetointigeneraattorien A7 ja A11 magnetointivirtaan, jolloin niiden syöttämä ankkurivirta koneille A2 ja A5 muuttuu. Kentän A kytkin ja säätöpyörät eivät ole enää käytössä. Aikaisemmin kenttää on käytetty generaattoreita koestettaessa, jolloin tuotettu sähkö on voitu muuttaa vastuksen kautta lämmöksi. Kytkin kuvan oikeassa reunassa on koestettavan koneen magnetoinnin kytkemiseen ja säätöpyörät sen vieressä magnetoinnin rajoittamiseen.



Kuva 16 Koestuspulpetin osio D

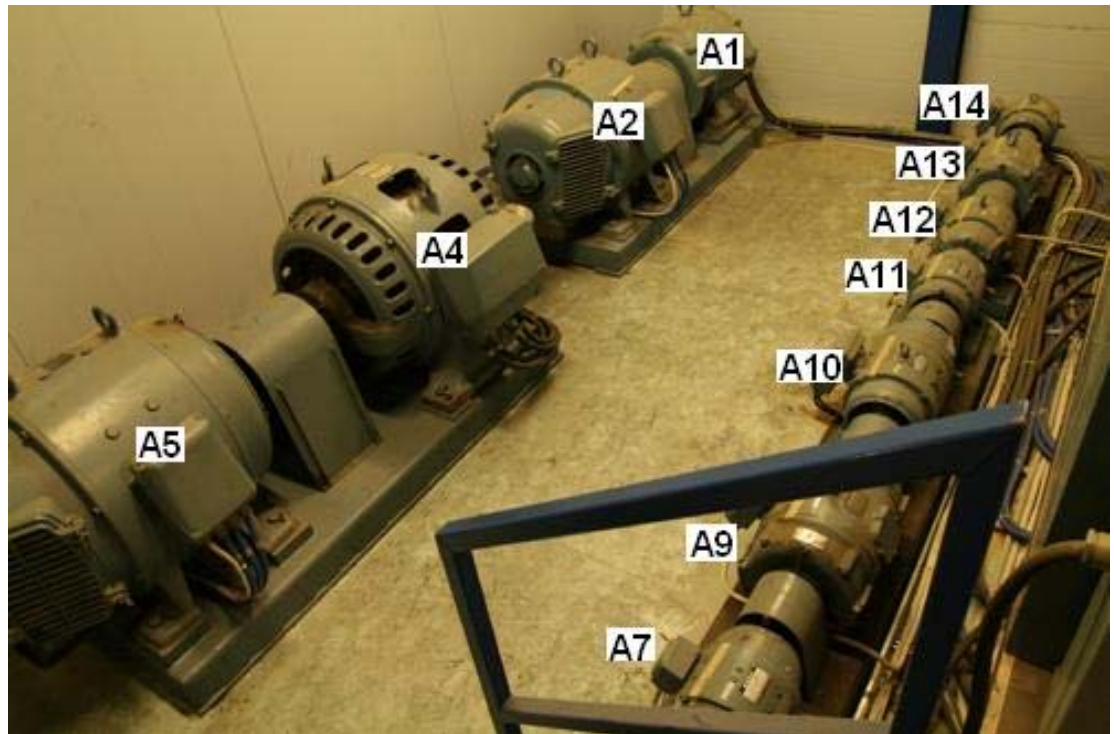
Koestuspulpettiin on jälkikäteen asennettu kuvan 17 mukainen laite. Sen pääasiallinen tehtävä on näyttää vaihtosähkökoneen tyhjäkäyntikokeessa vaiheiden virrat. Virtojen arvot voi toki nähdä myös osion A mittareista, mutta mittauspöytäkirjaan merkitään tämän laitteen lukemat paremman tarkkuuden vuoksi. Laitteesta voidaan lukea myös pääjännite ja taajuus.



Kuva 17 Koestuspulpetin osio E

4.2 Muuttajahuone

Muuttajahuoneessa on yhteensä 12 pyörivää konetta (kuva 18), jotka on kytketty neljälle akselille. Kuvassa vasemmalla puolella ovat varsinaisen koestusjännitteen tuottavat koneet ja oikealla näiden magnetointiin käytettävät koneet. Vanhoissa sähköpiirustuksissa koneita on merkitty monilla erilaisilla tunnuksilla. Tässä työssä näistä käytetään selkeyden vuoksi vain kirjain-numeromerkintöjä, esimerkiksi A1. Koneiden kilpiarvot on esitetty taulukoissa 3 ja 4.



Kuva 18 Koestusjännitteen tuottavat moottorit ja generaattorit

Tasasähkökone A5 ja tahtikone A4 voivat toimia sekä moottorina että generaattorina. Koestettaessa vaihtosähkökonetta käytetään konetta A4 generaattorina, jolloin A5 toimii sitä pyörittävänä moottorina. Tasasähkö moottorille A5 saadaan tasasähkögeneraattorilta A2, jota pyörittää vaihtosähkömoottori A1.

Tuotettaessa tasasähköä A4 toimii moottorina pyörittäen generaattorina toimivaa konetta A5. Tilanteen mukaan voidaan koestuspulpetista käsin valita generaattori A2 tai A5 käyttöön, tai vaihtoehtoisesti molemmat yhtä aikaa sarja- tai rinnankytkennässä.

Taulukko 3 Muuttajahuoneen tasasähkökoneiden kilpiarvot

	P_n	n	U_n	I_n	U_m	I_m
	[kW]	[rpm]	[V]	[A]	[V]	[A]
A2						
moot. (f=50 Hz)	70	800-2000	260	300	110	
gen.	78	1000	260		110	
A5						
moot.	70	800-2000	260	300	110	
gen.	78	1000	260	300	110	
A6 (taaj.mit.)		1800	180	0,2		
A7	1,9	1450	115	16,5	115	0,7
A10	3,5	1450	35	100	110	1
A11	1,9	1450	115	16,5	115	0,7
A12	4,8	1450	460	10,4	110	
A14	3,4	1450	115	29,6	115	0,95

Taulukko 4 Muuttajahuoneen vaihtosähkökoneiden kilpiarvot

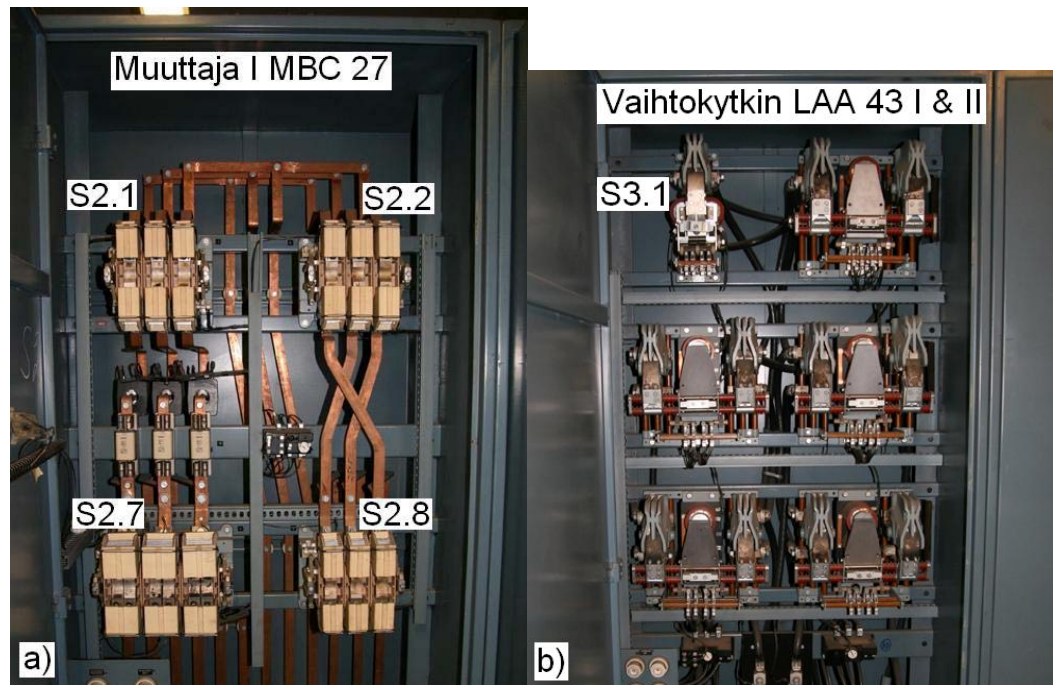
	f	S	P	n	$\cos \phi$	U_n	I_n	U_m	I_m
	[Hz]	[kVA]	[kW]	[rpm]		[V]	[A]	[V]	[A]
A4									
moot.		90	74	1000	0,9	380 (Y)	137	35	77
gen.	25-50-100	45-90-180		500-1000-2000		190-380-760 (Y)	137	35	100
A1	50		85	975	0,83	380 (D)	173		
A9	50		11	1450	0,84	380 (D)	23		
A13	50		11	1450	0,84	380 (D)	23		

Kuvan 19 magnetointikaaviossa on esitetty moottoreiden ja generaattoreiden sijoittuminen akseleille, sekä osoitettu nuolilla, mikä generaattori magnetoi minkäkin koneen.



Kuva 20 Muuntajahuoneessa sijaitsevat apulaitekaapit

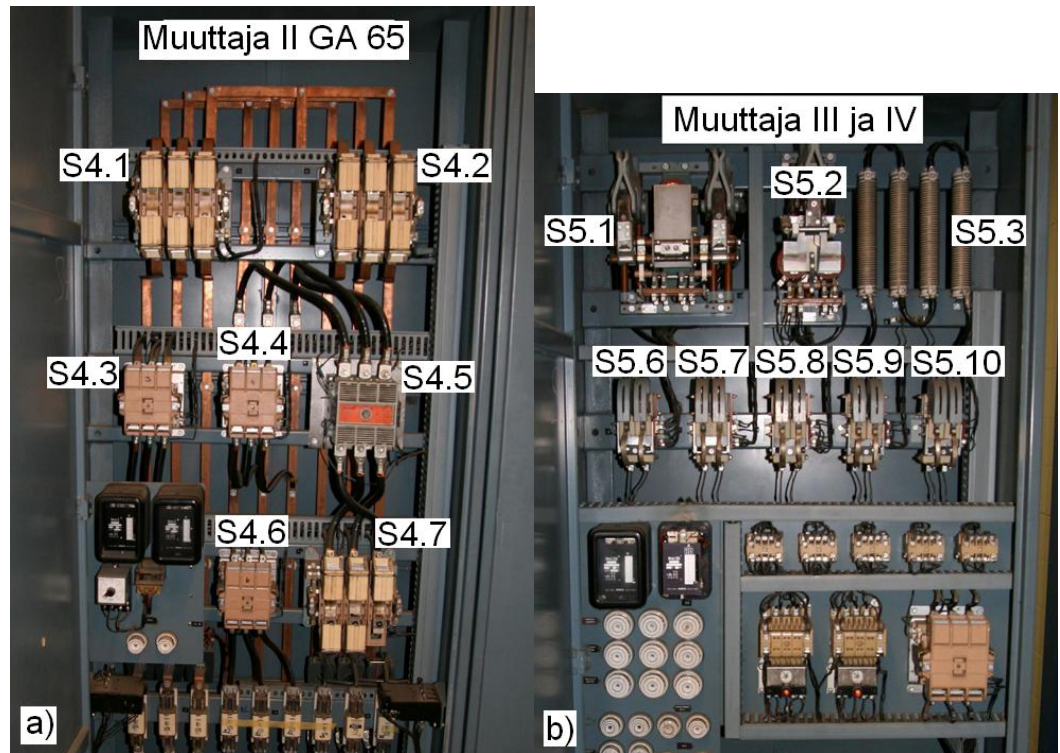
Ensimmäisenä vasemmalta on kuvan 21a kaappi ”Muuttaja I MBC 27”, joka sisältää moottorin A1 toimintaan liittyvät komponentit. Kuvaan on merkitty kontaktorien tunnuksiset päävirtakaavion mukaisesti. Kontaktorilla S2.1 kytetään jännite moottorin napoihin. S2.2 kytkee moottorin kolmiokytkentään ja S2.8 tähtikytkentään. Samassa kaapissa on myös koko laitteiston pääkontaktori S2.7, joka kytkee jännitteen pääkiskoon.



Kuva 21 Apulaitekaapit: a) moottorin A1 kontaktorit, b) koneiden A2 ja A5 ohjaus

Toisessa kaapissa vasemmalta (kuva 21b) on tasasähkökoneiden A2 ja A5 eri kytkentävariaatioihin tarvittavat kontaktorit. Kaapin kontaktoreissa ei ole mitään merkintöjä, ja kaapeleiden perusteella kytkentöjä on vaikea selvittää. Tämän vuoksi on hyvin vaikeaa nimetä tarkasti mikä mikäkin laite on. Kuvaan merkitty kontaktori S3.1 mahdollistaa generaattoreiden sarjakäytön yhdessä kontaktorin S3.3 kanssa. Kaapissa on myös kontaktori S3.2, jolla generaattori A2 kytketään syöttämään tässä tapauksessa moottorina toimivaa konetta A5, sekä kontaktorit S3.4 ja S3.5, joilla voidaan kytkeä generaattorit syöttämään koestuspistettä rinnan tai erikseen.

Seuraavassa kaapissa ”Muuttaja II GA 65” (kuva 22a) on tahtikoneen A4 ohjaukseen käytettävät kontaktorit. S4.1 on koneen pääkontaktori, jolla kytketään koneelle jännite sen toimiessa moottorina. Koneen toimiessa generaattorina kontaktorilla S4.2 kytketään jännite koestuspisteelle. Loput kaapin kontaktoreista on koneen kahden staattorikäänityksen kytkentöihin. Kontaktori S4.3 kytkee käämit sarjaan, S4.4, S4.5 ja S4.6 taas mahdollistavat joko pelkästään toisen käänin käytön tai kummankin käänin rinnankytkennän. S4.7 on koneen tähtipistekontaktori.



Kuva 22 Apulaitekaapit: a) tahtikoneen A4 ohjaus, b) magnetoinnin kytkeminen pääkoneille

Viimeisen kaapin ”Muuttaja III ja IV” (kuva 22b) sisältämät laitteet ovat pääkoneiden magnetoinnin kytkemistä varten. Laitteiden tehtävät ovat seuraavat:

- S5.1 kytkee magnetoinnin koneelle A4
- S5.2 kytkee vastuksen S5.3 koneen A4 magnetointipiiriin
- S5.6 kytkee magnetoinnin koneelle A2
- S5.7 kytkee magnetoinnin koneelle A5
- S5.8 kytkee magnetoinnin koneelle A12
- S5.9 ja S5.10 liittyvät koetuspisteen magnetoinnin kytkemiseen.

5 LOPPUKOESTUS

Kaikki huolletut koneet koestetaan ennen asiakkaalle palauttamista. Tällä varmistetaan, että huollettu kone vastaa huoltotyölle asetettuja tavoitteita. Jos koneelle on tehty vain osittainen huolto, kuten laakerien vaihto, arvostellaan kone tässä vaiheessa vain soveltuvien osien.

Loppukoestuksen vaiheet ovat seuraavat:

- silmämääräinen tarkastus
 - käämitysten eristysvastusmittaus
 - jännite- eli eristyskoe
 - liukurengaskoneen harjanpitimien ja mahdollisen harjannosto- ja oikosulkulaitteen, kauko-ohjaimen ja apukoskettimien toiminnan tarkastus
 - 3-vaihekäämitysten vertaileva syöksyaaltokoestus
 - käämitysten vastusmittaus
 - varusteiden ja apulaitteiden toiminnan tarkastus siinä laajuudessa, kuin se loppukoestuksessa on mahdollista. (Pt-100-, termistorien- ja lämmitysvastusten vastusmittaus, sekä apukoskettimien toiminnan tarkastus)
 - akseliheitto
 - tyhjäkäyntikoe nimellistaajuudella ja mahdollisuuksien mukaan nimellisjännitteellä.
- /4/

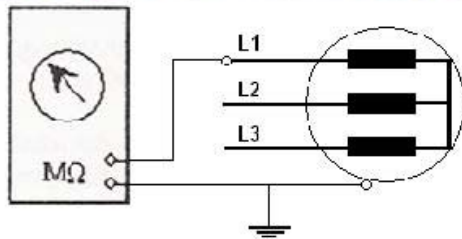
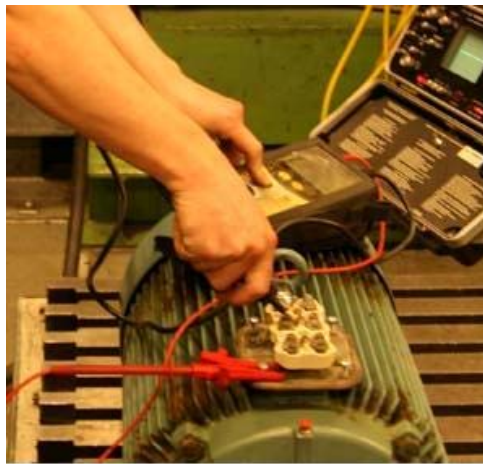
Kaikki mitatut arvot kirjataan koestuspöytäkirjaan (liite 1).

5.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisessä tarkastuksessa on tarkoitus todeta, että kone on ulkoisesti kunnossa. Tarkastetaan esimerkiksi, että kaikki pultit on kiristetty kunnolla ja kytkentäkotelon liitokset ovat kunnossa.

5.2 Käämitysten eristysvastusmittaus /4/

Eristysvastusmittauksella voidaan todeta käämityksen riittävä eristysvastus. Vuotovirta kosteassa tai likaisessa käämissä huonontaa eristystä, jolloin käämiin voi lopulta muodostua oikosulku maahan nähden. Eristysvastus mitataan Megger BMM80 -mittarilla käämeistä moottorin runkoon kuormittamalla käämejä 500 V:n tasavirralla (kuva 23).



Kuva 23 Käämitysten eristysvastusmittaus vaiheen L1 ja maapotentiaalin välillä

Koneiden eristysresistanssi muuttuu huomattavasti lämpötilan muuttuessa. Puhtaassa ja kuivassa käämityksessä käämilämpötilan kasvaessa 10 °C, eristysarvo aina suunnilleen puolittuu. Kosteassa ja johtavaa likaa sisältävässä käämityksessä muutos ei ole yhtä suuri tai muutosta ei tapahdu ollenkaan.

Jänniterasituksen kohdistuessa eristykseen, siinä tapahtuu myös varautumista. Kuiva ja puhdas eristys varautuu mittauksen aikana siten, että eristysvastusarvo kasvaa. Kosteaa tai likainen käämitys taas kasvattaa eristysvastusarvoa hyvin vähän tai ei lainkaan.

Eristeen varautumisesta johtuen määritettävä eristysvastus muuttuu koko mittaustapahtuman ajan, joten mittausajanhetken on oltava sama. Eristysvastusarvo otetaan ajanhetkellä jolloin mittauksen aloittamisesta on kulunut 15 s.

Ohjeelliset minimiarvot käämitysten puhdistuksen sisältäneen huollon loppukoestuksessa on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Eristysvastusmittauksen minimiarvot /4/

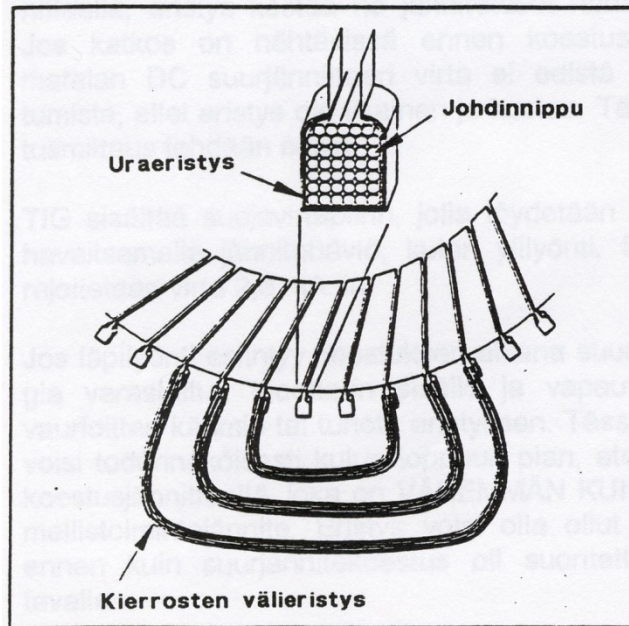
U _n [kV]	R _e [MΩ]
< 1	> 10
1 - 7,2	> 50
7,3 - 10,5	> 100

Mitatun arvon tulee kuitenkin aina olla vähintään alkutarkastuksessa todetun arvon suuruinen. Mikäli mitatut arvot eivät ole riittävät, korjaamon laatuvaava päättää mahdollisista jatkotoimenpiteistä.

Polarisaatioindeksi on eristysvastusarvojen myöhäisemmän ja aikaisemman ajanhetken suhde. Polarisaatioindeksin avulla voidaan tehdä tarkempia päätelmiä käämieristeen kostumisesta ja likaisuudesta. Jos halutaan tarkastella polarisaatioindeksiä, otetaan eristysvastuksen arvo myös 60 s:n kuluttua. Polarisaatioindeksi saadaan jakamalla 60 s:n mittaustulos 15 s:n mittaustuloksella. Arvon tulisi olla vähintään 2, alle 1,5 arvot ovat huonoja.

5.3 Kolmivaihevaihekäämitysten vertaileva syöksyaaltokoestus

Vertailevalla syöksyaaltokokeella voidaan todeta käämitysten läpilyöntilujuus käämien välisissä eristyksissä ja kierrosten välieristyksissä (kuva 24), sekä paikantaa mahdolliset vikakohdat. Pelkällä jännitekokeella ei voida havaita avointa käämiä tai käämioikosulkuja, ellei oikosulku ole maapotentiaaliin. /6/

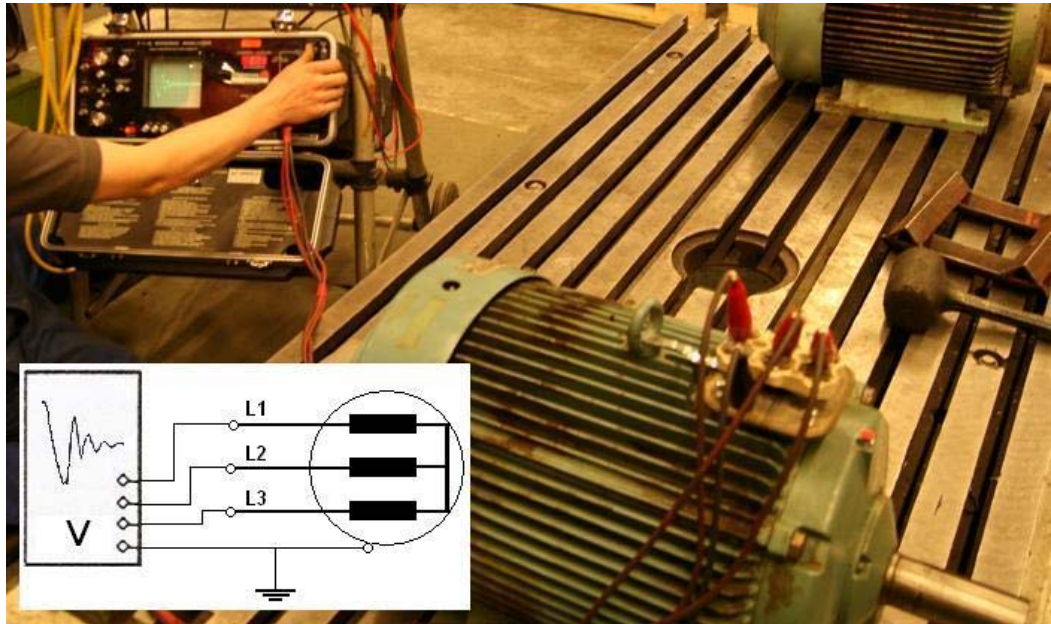


Kuva 24 Staattorikämmityksen eristykset /6, s. 24/

Syöksyaaltogeneraattori tuottaa kondensaattorien avulla korkeajännitteiset pulssit kahteen vaihekäämiin ja piirtää näytölle käämeistä heijastuvan värähtelyn. Jos kuvaajat ovat identtiset, voidaan todeta kämmitysten olevan kunnossa. Mikäli käyrämuodoissa todetaan eroavaisuuksia, vikakohta voidaan paikantaa vertailemalla kuvaajia valmistajan vertailutaulukon (liite 5) esittämiin tapauksiin. Koestuksessa käytetään Electrom instruments T.I.G -syöksyaaltogeneraattoria (kuva 25), jonka syöttämän jännitepulssin arvo asetetaan koestettavan koneen nimellisjännitteen perusteella taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6 Syöksyaaltokoestuksen koestusjännitteet /4/

Nimellisjännite [V]	Koestusjännite [V]
< 1000	2000
1100 - 2200	3000
2300 - 2900	4000
3000 - 3600	5000
3700 - 5000	6000
5100 - 7200	8000
7300 - 10500	10000

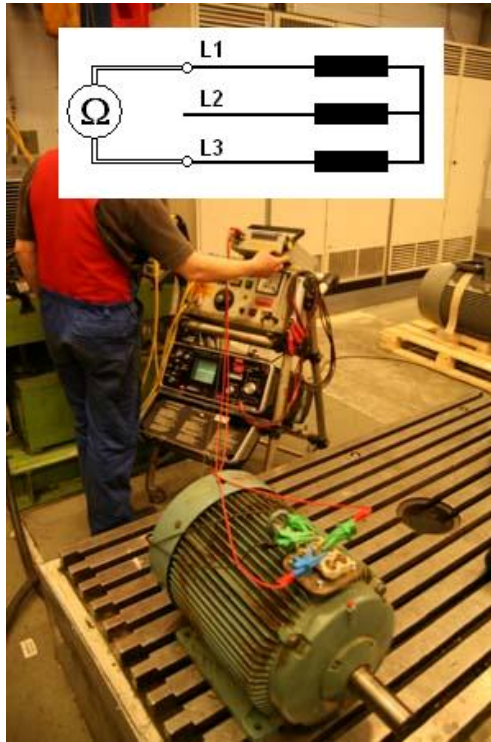


Kuva 25 Syöksyaaltokokeen mittauskytkentä

Syöksyaaltokoe tehdään vertailemalla jokaista vaihekäämitystä keskenään (L1-L2, L1-L3 ja L2-L3). Testilaitteen mittajohdot kytetään kuvan 25 mukaisesti jokaiseen vaiheeseen ja koneen runkoon, jonka jälkeen laitteella voidaan valita käytettävä koestusjännite ja koestettavat käämitykset.

5.4 Käämitysten vastusmittaus

Käämitysten vastusmittauksella on tarkoitus todeta staattorikäämityksen symmetrisyys. Symmetrisyydellä pyritään siihen että koko käämityksen eri vaihekäämien sähkömotoriset jännitteet ja impedanssit ovat yhtä suuret. Tällöin symmetrinen kolmivaiheinen jännite aiheuttaa käämityksessä symmetrisen kolmivaihevirran, joka puolestaan synnyttää vakiona pysyvän pyörivän magneettikentän.

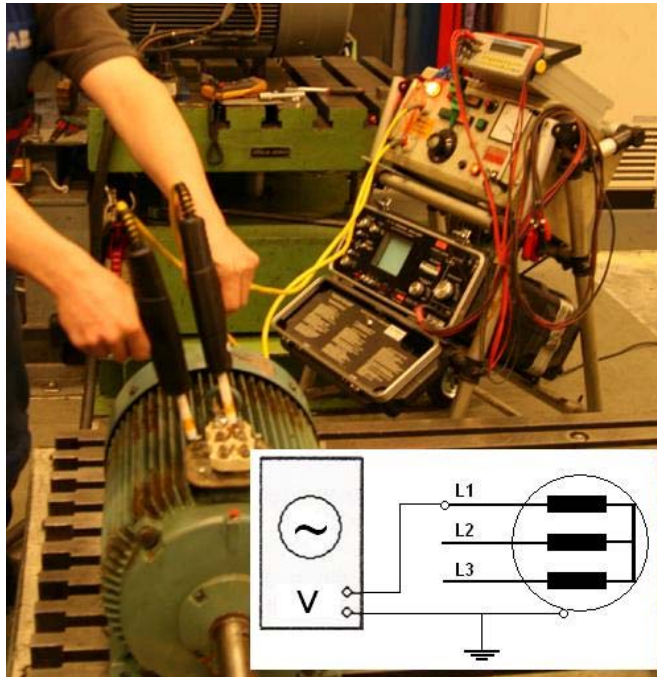


Kuva 26 Käämitysten vastusmittaus

Mittaus suoritetaan OM21 Microhmmeter -mittalaitteella kuvan 26 mukaisesti jokaisen vaiheen välillä. Laitteessa on kaksoisjohdotus eli kaksi rinnankytkettyä mittajohdinta mittausrasistanssin minimoimiseksi. Mittauksen tuloksena saatujen vastusarvojen tulisi olla hyvin lähellä toisiaan.

5.5 Jännitekoee /4/

Jännitekoekella määritetään uraeristeen (kuva 24) läpilyöntilujuus. Puhdistamattomalle käämitykselle tehtävän jännite- eli eristyskokeen suorittamista tulee välttää. Eristyskoee voidaan suorittaa vasta kun on varmistettu eristysvastusmittauksen avulla että käämityksen eristys on riittävä. Suurjännite syötettynä mahdollisesti matalaan rasistanssiin aiheuttaa korkean vuotovirran, joka vahingoittaa eristystä, mikäli kokeessa käytetään vaihtojännitettä. Mitatun 15 sekunnin eristysvastusarvon on oltava vähintään $10\text{ M}\Omega$, ehdoton alaraja on $1\text{ M}\Omega$.



Kuva 28 Oikosulkumoottorin jännitekoee vaihtojännitteellä

5.6 Akseliheitto

Akselin suoruus tarkistetaan heittokellon avulla. Mittalaitteen mittauskärki asetetaan kuvan 29 mukaisesti kohtisuoraan akselia vastaan, akselin pituussuunnassa keskelle ja akselia pyöritetään käsin hitaasti 360°. Mittarista luetaan maksimi- ja minimiarvot, joiden erotus saa maksimissaan olla taulukon 7 mukainen.

Taulukko 7 Akseliheiton toleranssit /4/

Akselin halk. [mm]	Suurin sallittu erotus [mm]
< 10	0,03
10 - 18	0,035
18 - 30	0,04
30 - 50	0,05
50 - 80	0,06
80 - 100	0,07



Kuva 29 Akseliheiton mittaaminen

5.7 Tyhjäkäyntikoe

Tyhjäkäyntikoe suoritetaan koestettavan koneen nimellistaajuudella ja mahdollisuuksien mukaan nimellisjännitteellä. Mikäli koestuslaitteistolla ei päästä nimellisjännitteeseen asti, riittää että kone saadaan pyörimään. Kokeen aikana mitataan ja arvostellaan seuraavat asiat:

- käyntiäni
- vierintälaakerien ääni ja lämpötila
- staattorin pääjännite ja vaihevirrät
- värähtelytaso mm/s
- pyörimisnopeus.

Moottori kytketään kuvan 30 mukaisesti kolmivaihesyöttöön ja koestuspulpetti asetetaan toimintakuntoon liitteenä 2 olevan koestusohjeen mukaisesti. Staattorin pääjännite voidaan lukea kuvassa 11 näkyvistä koestuspulpetin jännitemittareista M6, M10 tai M14, riippuen valitusta mitta-alueesta. Tarkempi arvo saadaan kuitenkin

yleismittarilla kuvan 12 osoittamista liittimistä. Vaihevirratt voidaan myös lukea kuvan 11 virtamittareista, mutta tarkempi arvo saadaan kuvan 17 laitteen mittareista U, V ja W.

Värähtelytaso mitataan pysty-, vaaka- ja aksiaalisuunnassa rungon molemmista päistä koneen ollessa tyhjäkäynnissä (kuva 30).



Kuva 30 Koneen tyhjäkäyntikytkentä ja värähtelytason mittaus

Taulukossa 8 on esitetty sallitut raja-arvot värähtelytasolle moottorin ollessa vapaasti tasaisella alustalla ilman kuormaa.

Taulukko 8 Värähtelytason sallitut maksimiarvot /4/

Tasapainoitus- luokka	n [rpm]	Runkokokoo				
		63...132 [mm/s]	132...225 [mm/s]	225...400 [mm/s]	>400 [mm/s]	>400 (petiin kiinnitettynä) [mm/s]
N	600...3600	1,8	2,8	3,5	3,5	2,8
R	600...1800	0,71	1,12	1,8	2,8	1,8
R	1800...3600	1,12	1,8	2,8	2,8	1,8
S	600...1800	0,45	0,71	1,12	-	-
S	1800...3600	0,71	1,12	1,8	-	-
N = normaali	R = erikois	S = super				

Moottorin pyörimisnopeus mitataan stroboskoopilla (portable stroboscope RS 940) säätämällä mittari siten, että pyörivän akselin pää näyttää olevan paikallaan vilkkuvassa valossa kuvan 31 mukaisesti.



Kuva 31 Pyörimisnopeuden mittaus

6 KOESTUSPULPETIN KOMPONENTTIEN UDELLEENNIMEÄMINEN

Koestuspulpetin kytkimien, mittareiden ja säätöpyörien merkinnät olivat jokseenkin epäselviä eivätkä olleet osittain mitenkään yhteydessä laitteiston sähköpiirustuksiin. Mittareita ei ollut nimetty oikeastaan mitenkään ja osa kytkimistä oli merkitty tarroilla vanhojen koestusohjeiden mukaisesti merkinnöin kuten B1, 000, jne. Nimesimme kytkimet uudelleen standardinmukaisesti S-tunnuksin kentän A vasemmasta yläkulmasta alkaen kasvavassa järjestyksessä S1 - S29. Mittarit nimettiin samalla periaatteella M-tunnuksin. Säätöpyörät nimettiin sen mukaan, minkä laitteen magnetoinnin säätöön ne on tarkoitettu. Uudet tunnukset merkittiin koestuspulpettiin tarroilla käyttäen Dymo-laitetta.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Työn aloitusvaiheessa ensimmäisenä tavoitteena oli tutustua koestuspulpetin toimintaan ja pyrkiä selvittämään sen eri komponenttien tehtävät. Vanhoista sähköpiirustuksista oli suuri apu laitteiston ymmärtämisessä, vaikkakin kytkentöjä oli osittain muutettu piirustuksista eriäviksi. Laitteiston toimintaan tutustuesssa varsinkin oma piirustustenlukutaitoni kehittyi paljon.

Koestuslaitteistoon perehtymisen tuloksena vanhat ohjeet laitteiston käynnistämiseksi korvattiin uusilla, joista selviää paremmin koestuspulpetin komponenttien vaikutus muuttajahuoneen pyöriviin koneisiin. Uudet ohjeet on esitetty liitteenä 2. Niissä on myös pyritty kuvien avulla helpottamaan komponenttien paikantamista koestuspulpetista. Lisäksi laitteiston päävirtakaavio (liite 4) piirrettiin uudestaan ja siitä poistettiin generaattorien koestukseen tarkoitettu kenttä A, joka ei ole enää käytössä. Päävirtakaavioon lisättiin kontaktoritunnusten rinnalle niihin vaikuttavien kytkinten tunnuksset. Myös mittarit merkittiin koestuspulpetin merkinnöin. Tämän vuoksi pääkaaviota tutkiessa on helpompi yhdistää koestuspulpetin komponentit laitteisiin joihin ne liittyvät.

Koestuspulpetin komponentit myös nimettiin ja merkittiin uudelleen loogisemmin merkinnöin sekä turhat komponentit merkittiin käytöstä poistetuiksi, jotta ohjeiden seuraaminen helpottuisi. Tarramerkinnot saattavat ajan myötä kulua ja irtoilla, joten tulevaisuudessa merkintöjä on mahdollisesti syytä uusita tai korvata kaiverruksin.

Toinen työn tavoitteista oli käydä läpi vaihtosähkökoneen ja varsinkin epätahtikoneen eri koestusvaiheet loppukoestuksessa siten, että sähkötekniikan perusteet omaava henkilö voi tämän työn perusteella koestuksen suorittaa. Työssä esitetään kukin epätahtikoneen loppukoestuksessa tehtävä mittaus ja mittalaitteiden toimintaperiaatteet, sekä kriteerit moottorikoestusten hyväksymiselle.

Uskoisin että tämän työn tuloksena kynnys koestuslaitteiston käyttöön ja eri mittausten tekemiseen madaltuu, jolloin uuden työntekijän on helpompi päästä jyvälle koestustehtävistä.

LÄHTEET

- 1 Aura, Lauri ja Tonteri, Antti J., Sähkämiehen käsikirja 2: Sähkökoneet, WSOY. Porvoo 1986. 373 s.
- 2 Ahoranta, Jukka, Sähkötekniikka, WSOY. Porvoo 1995. 336 s.
- 3 Niiranen, Jouko, Sähkämöottorikäyttöjen digitaalinen ohjaus, Valopaino. Helsinki
- 4 ABB Laatuohje, Asynkronikoneet: Epätahtikoneen perushuolto korjaamalla
- 5 Strömberg esite HXUR 1 FL 86-01, Oikosulkumöottorit
- 6 Vilén, Sanna, Käyttöohje, Suomenkielinen versio. Teknikkotyö. Tampereen teknillinen oppilaitos. Tampere 1996.



AC-koneen huoltoRaportti

Työnumero: LIITE 1

Asiakas:		Yhteyshenkilö:			Tilaus/viite:						
Valmistaja:		Tyyppi:			Sarjanumero:						
Teho: kW	Nopeus: rpm	Jännite: V	Virta: A	Erist.luokka: F Erikoiseristys <input type="checkbox"/>							
Laakeri, D-pää:		Laakeri, N-pää:			Muut:						
Koneen mukana tulleet varusteet:				Havaitut viat:							
Kytkin <input type="checkbox"/>	Erillistuuletin <input type="checkbox"/>	Vaihte <input type="checkbox"/>	Staat torikäämi <input type="checkbox"/>	St. paketti <input type="checkbox"/>	Häkki/roottorikäämi <input type="checkbox"/>	Oikosulkurenkaat <input type="checkbox"/>					
Hihnapyörä <input type="checkbox"/>	Lämmönvaihdin <input type="checkbox"/>	Jarru <input type="checkbox"/>	Laakeri <input type="checkbox"/>	Laakeripesä <input type="checkbox"/>	Laakerikaulat <input type="checkbox"/>	Muut laakerointiosat <input type="checkbox"/>					
Takometri <input type="checkbox"/>	Voitelukoneikko <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Akseli <input type="checkbox"/>	Runko <input type="checkbox"/>	KytKentä/liitäntä <input type="checkbox"/>	Muu: <input type="checkbox"/>					
Vian kuvaus:											
Koneelle tehdyt huolto/korjaustoimenpiteet:											
	Tarkastus tai mittaus	Puhdistus & kuivaus	Kunnostus	Uusinta	Kyllästys tai lakkaus		Tarkastus	Mittaus	Puhdistus & kuivaus	Kunnostus	Uusinta
Staat torikäämi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakerikilpi/pesä, D-pää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Staat toripaketti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakerikilpi/pesä, N-pää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Häkkikäämi/oikosulkurenkaat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakeri, D-pää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roottoripaketti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakeri, N-pää	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KytKentä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muut laakerointiosat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
St. käämityksen lisälaitteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiivisteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liitäntä/liitäntäkotelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tuuletin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akseli/laakerikaulat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Loppukoestus, mekaaniset mittaukset				Tyhjäkäyntikoe verkko <input type="checkbox"/> generaattori <input type="checkbox"/> taajuusmuuttaja <input type="checkbox"/>							
Akseliheitto:	D: mm	N: mm	Jännite:	U: V	V: V	W: V					
Akselin pyöreys:	D: OK	N: OK	Virta:	U: A	V: A	W: A					
Laakerikaulat:	D:	N:	Taajuus / pyörimisnopeus:	F: Hz	N: rpm						
Laakeripesät:	D:	N:	Värähtely, D-pää:	V: mm/s	P: mm/s	A: mm/s					
Loppukoestus, sähköiset mittaukset			Värähtely, N-pää:	V: mm/s	P: mm/s	A: mm/s					
Eristysvastus	Vaihe-runko: MΩ @ V	Loppulämpötilat: D: °C N: °C U: °C V: °C W: °C									
	Vaihe-vaihe: MΩ @ V	Akselilla olevat varusteet:	Vapaa <input type="checkbox"/>	Kiila <input type="checkbox"/>	Kytkin <input type="checkbox"/>						
Syöksyaaltokoe:	V OK	Hihnapyörä <input type="checkbox"/>	Hammaspyörä <input type="checkbox"/>	Vaihte <input type="checkbox"/>							
Eristyskoe 60 s:	VAC OK	Lopputarkastus:	Käyntiääni normaali	Aistinvarainen tarkastus OK							
Vaihevastus:	U-V mΩ	U-W mΩ	V-W mΩ	Koekäyttöaika: min	Huomautukset:						
Lämpötila-anturit:	PTC/NTC <input type="checkbox"/>	T1:	T2:	T3:							
	PT 100 <input type="checkbox"/>	1: Ω	4: Ω	7: Ω							
	Kilxon <input type="checkbox"/>	2: Ω	5: Ω	8: Ω							
	<input type="checkbox"/>	3: Ω	6: Ω	9: Ω							
Lisälaitteet:											
Muut toimenpiteet:						Laakereiden voiteluaine:					
Tasapainotus tarkastettu <input type="checkbox"/>	Vaihte huollettu <input type="checkbox"/>	Voitelukoneikko huollettu <input type="checkbox"/>	Esso Unirex N2 <input type="checkbox"/>								
Roottori uudelleentasapainotettu <input type="checkbox"/>	Jarru huollettu <input type="checkbox"/>	Lämmönvaihdin huollettu <input type="checkbox"/>	Kluberquiet BHQ 72-102 <input type="checkbox"/>								
Erillistuuletin huollettu <input type="checkbox"/>	Takometri huollettu <input type="checkbox"/>		Mobilith SHC 100 <input type="checkbox"/>								
Päivämäärä:	Koestaja:	Tarkastettu:	Hyväksytty:		Seuraava huolto:						

1. Tarkista, että kojetaulun päässä oleva generaattorin valintakytkin on päällä ja että muuntajan valintakytkin on pois kytketty (vaakasuora asento). (Muuntajaa ei enää käytetä lainkaan.)

2. Kytke verkkokytkin S1 päälle.

- Kytkin S1 kytkee kontaktorin S2.7 päälle, eli jännitteen pääkiskoon.

3. Käynnistä tähtikolmiokytkimellä S2 generaattorin moottori A1 ensin asennossa START. Pidä niin kauan, että virtamittari M2 laskee lähelle nollaa.

- Kytkee pääkontaktorin S2.1 ja tähtipistekontaktorin S2.8 päälle, jolloin moottori käynnistyy tähtikytkennässä käynnistysvirran pienentämiseksi.

Kytke sen jälkeen S2 asentoon DRIFT.

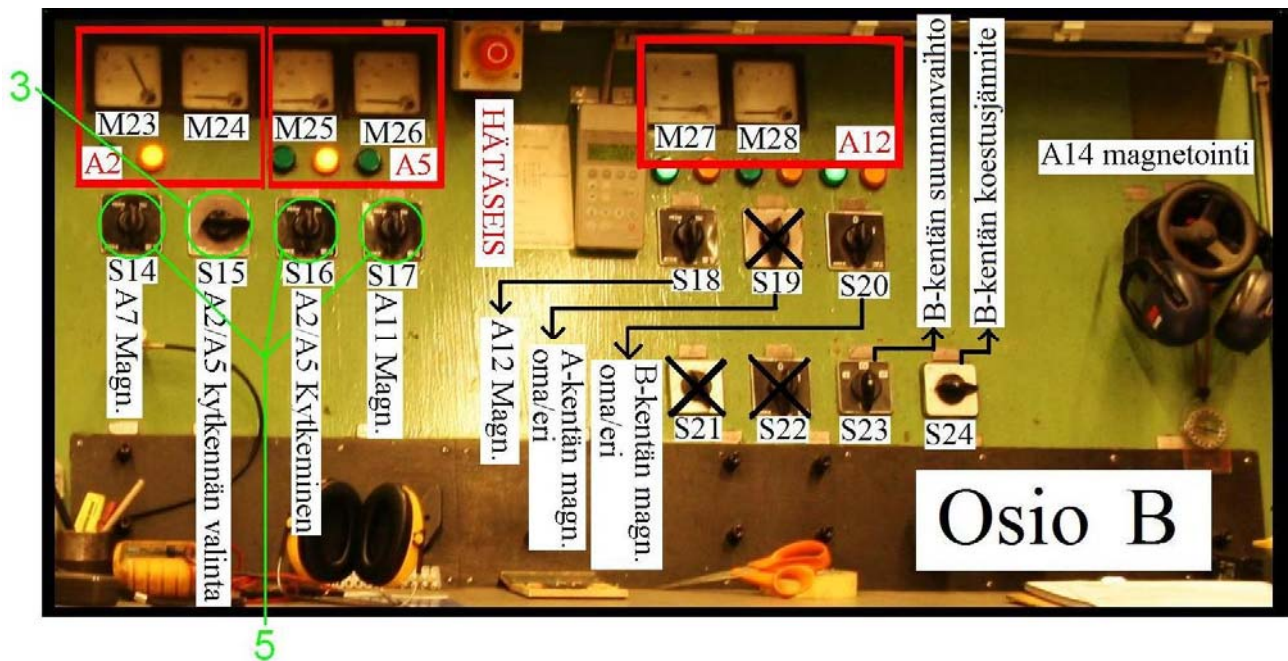
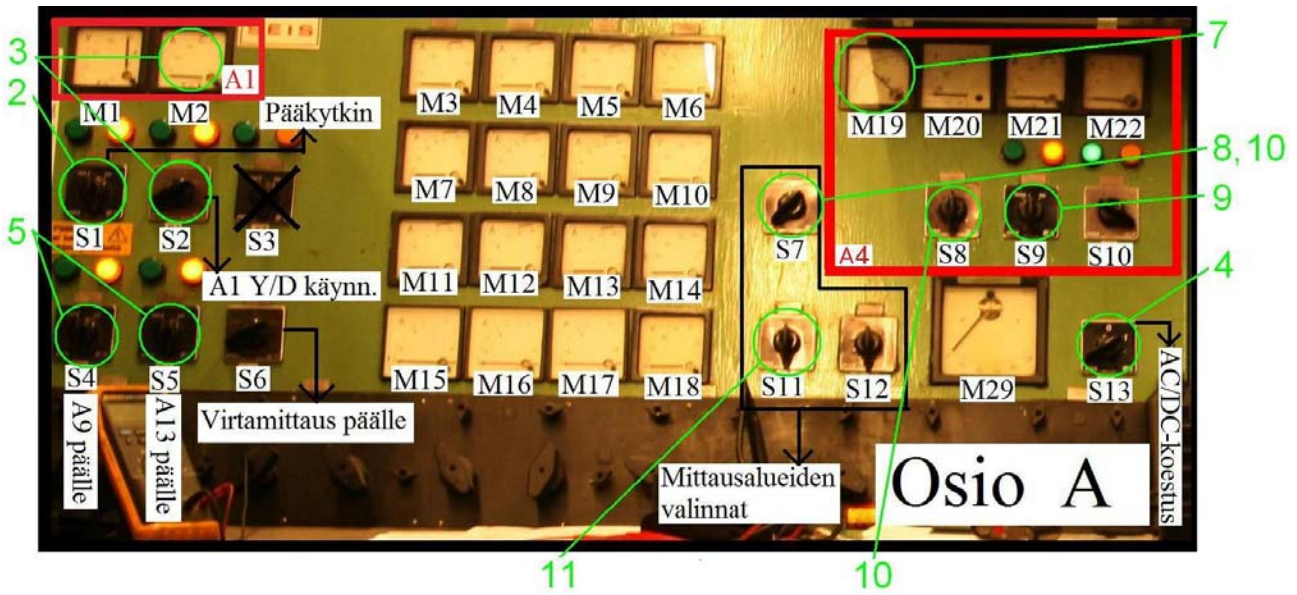
- Kytkee kontaktorin S2.1 päälle ja S2.8 pois, jolloin moottori A1 kytkeytyy kolmiokytkentään, jota käytetään paremman tehon saamiseksi

Tarkista, että kytkin S15 on asennossa IG-IIM

- Kytkin S15 kytkee koneen A2 generaattoriksi, joka syöttää moottorina toimivaa konetta A5. Tämän moottorin kanssa samalla akselilla oleva generaattorina toimiva kone A4 synnyttää koestettavalle vaihtosähkökoneelle syötettävän jännitteen.

4. Tarkista, että kytkin S13 on asennossa 1

- Kytkimellä S13 valitaan vaihtosähkökoneen koestus



5. Kytke seuraavat kytkimet päälle: S4, S5, S14, S17 ja S16. Kytkin S16 ei mene päälle, jos magnetoinnin säätöpyörät A2 Magn. ja A5 Magn. eivät ole alkuasennossa (vähenee).

- S4 kytkee moottorin A9 päälle/pois. Tämä moottori pyörittää samalla akselilla olevia generaattoreita A7, A11 ja A10, joista saadaan magnetointi koneille A2, A5 ja A4

- S5 kytkee moottorin A13 päälle/pois. Moottori pyörittää akselillaan olevia

generaattoreita A12 ja A14. Generaattori A14 synnyttää magnetointijännitteen generaattoreille A7, A11, A10 ja A12

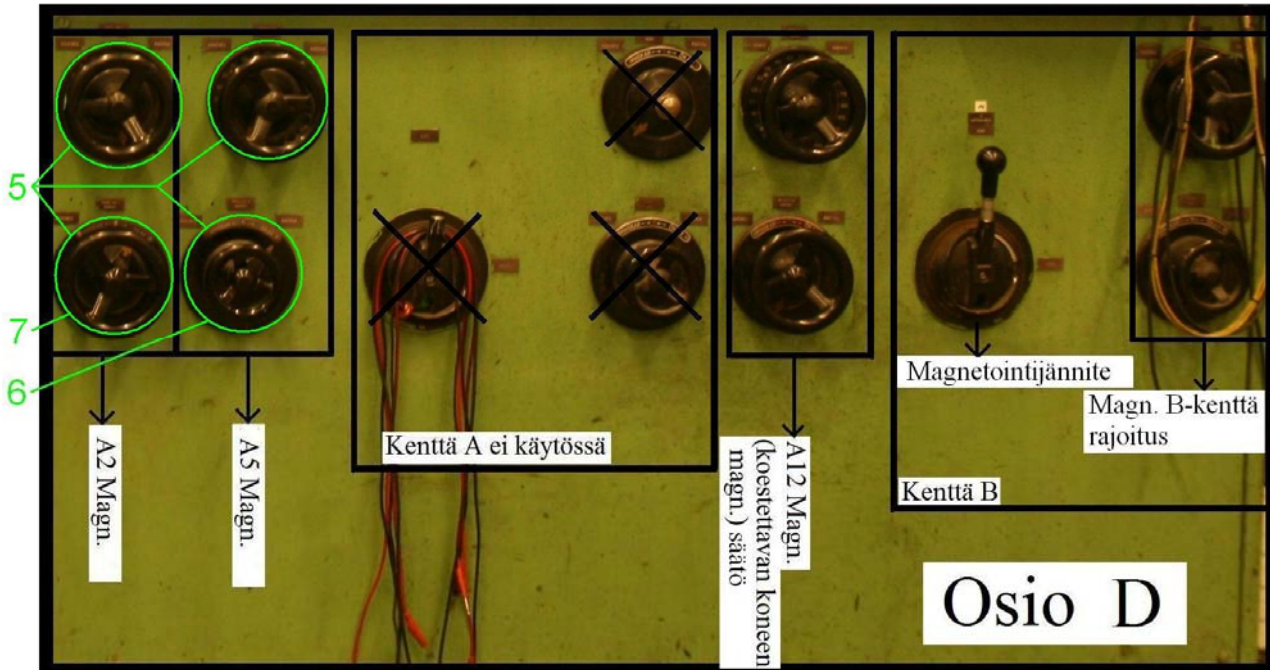
- S14 kytkee kontaktorin S5.6 päälle, ja tätä kautta magnetoinnin generaattorille A7
- S17 kytkee kontaktorin S5.7 päälle, ja tätä kautta magnetoinnin generaattorille A11
- S16 käynnistää koneet A2 ja A5 aikaisemmin kytkimellä K15 valitulla tavalla

6. Kun olet saanut kytkimen S16 pysymään päällä, kierrä magnetoinnin säätöpyörä karkea A5 Magn. kasvaa -suuntaan ääriasentoon.

- A5 Magn. -säätöpyörällä säädetään generaattorin A1 magnetointia, joka synnyttää magnetoinnin koneelle A5. Magnetointi säädetään tässä vaiheessa päälle, jotta kone ei ryntää, kun sen ankkurijännitettä nostetaan.

7. Kierrä magnetoinnin säätöpyörää karkea A2 Magn. Kasvaa -suuntaan niin kauan, kunnes jaksoluvun mittari M19 osoittaa 50 Hz.

- A2 Magn. -säätöpyörillä voidaan säätää generaattorin A7 magnetointijännitettä. Generaattorin A7:n synnyttämää ankkurijännitettä käytetään generaattorin A2 magnetoimiseen, joka puolestaan syöttää moottorina toimivaa konetta A5. Moottorin A5 pyörittämä generaattori A4 tuottaa vaihtosähkökoneen koestusjännitteen



8. Käännä virtamittarin vaihtokytkin S7 asentoon DIR.

- Kytkin ohittaa virtamittauksen kokonaan siksi aikaa, että moottorin käynnistysvirta on laskenut.

9. Käännä kytkin S9 päälle.

- Kytkin S9 sulkee generaattorin A4 pääkontaktorin S4.2 koskettimet, joiden kautta kone syöttää koestusjännitteen

10. Käännä virtamittarin vaihtokytkin asentoon 150. Katso, että kytkin S8 on asennossa YP, jos käytät 380 voltia tai sitä pienempää jännitettä. Jos käytät suurempaa jännitettä, väännä kytkin K8 asentoon DS.

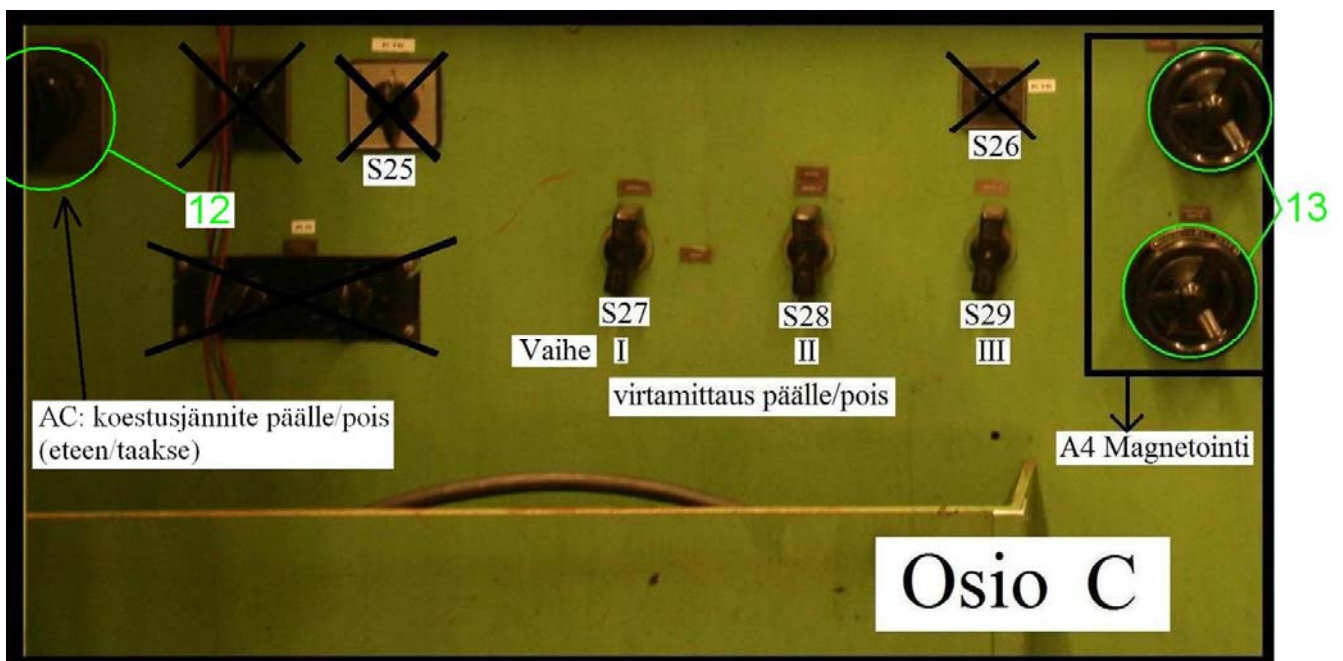
- Asennossa YP kytkin S8 kytkee generaattorina toimivan koneen A4 tähtikytkentään, kytkemällä kontaktorit S4.7, S4.2, S4.4 ja S4.6, jolloin myös koneen A4 staattorikäimitykset kytkeytyvät rinnankytkentään
- Asennossa DS kytkin S8 kytkee koneen A4 kolmiokytkentään kytkemällä kontaktorit S4.5 ja S4.3, jolloin sen staattorikäymät kytkeytyvät sarjakytkentään

11. Valitse jännitemittarin vaihtokytkimellä S11 sopiva jännitealue.

12. Kytke jännite koestettavalle koneelle C-osion vasemmanpuoleisella kytkimellä:
”AC: koestusjännite päälle/pois (eteen/taakse)”. Koestus voi alkaa.

13. Säästöpyörällä A4 Magnetointi voit säätää jännitteen haluamaksesi.

Päältä pois kytkeminen päinvastaisessa järjestyksessä.



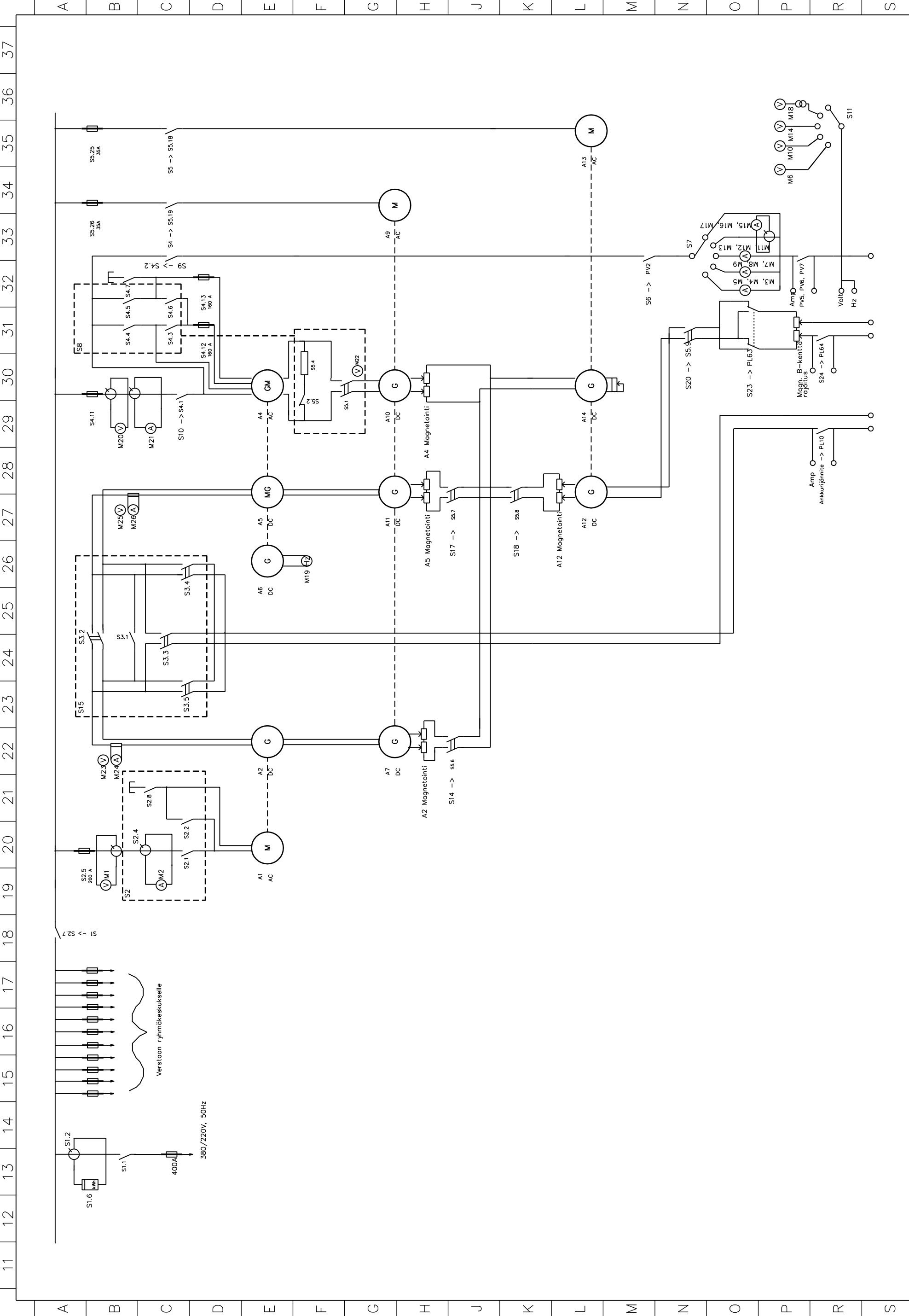
Kytkimet			
Tunnus	Toiminnon kuvaus	Tunnus kuvissa	Vanha tunnus
S1	Pääkytkin	PV41	
S2	Moottorin A1 Y/D -käynnistys	PV42	B1
S3	Säätömuuntaja päälle/pois (ei käytössä)	PV43	A1
S4	Moottori A9 päälle/pois	PV48	B2
S5	Moottori A13 päälle/pois	PV49	B3
S6	Virtamittaus päälle/pois	PV50	A2
S7	Virta-alueen valintakytkin	PV62	
S8	Moottorin A4 Y/D -käynnistys	PV74	OOO
S9	Generaattorin A4 pääkontaktori	PV73	B7
S10	Moottorin A4 käynnistys	PV75	G1
S11	Jännitemittarin valintakytkin	PV52	A4
S12	Tehomittarin jännitealueen valintakytkin	PV53	
S13	Kytkimellä valitaan AC/DC-koestus		OO
S14	Kytkee moottorin A7 magnetoinnin päälle	PL43	B4
S15	Kytkin, jolla valitaan A2:n ja A5:n välinen kytkentä	PL44	O
S16	Kytkee sähköt PL44 -kytkimelle asti	PL45	B5
S17	Kytkee moottorin A11 magnetoinnin päälle	PL46	B6
S18	A12 magnetointi	PL58	D1
S19	A-kentän magnetointi oma/eri	PL59	
S20	B-kentän magnetointi oma/eri	PL60	E2
S21	A-kentän suunnanvaihtokytkin	PL61	
S22	Kytkee virran koestettavaan laitteeseen	PL62	
S23	B-kentän suunnanvaihtokytkin	PL63	E3
S24	Kytkee virran koestettavaan laitteeseen	PL64	E4
S25	(ei käytössä)		K16
S26	(ei käytössä)		K16
S27	Virtamittaus päälle/pois		
S28	Virtamittaus päälle/pois		
S29	Virtamittaus päälle/pois		

Mittarit		
Tunnus	Toiminnon kuvaus	Tunnus kuvissa
M1	Syöttöjännite	PV33
M2	Synkronimoottorin A1 virta	PV34
M3	Virtamittarit (0-450A)	PV58
M4	Virtamittarit (0-450A)	
M5	Virtamittarit (0-450A)	
M6	Jännitemittari (0-800V)	PV54
M7	Virtamittarit (0-150A)	PV59
M8	Virtamittarit (0-150A)	
M9	Virtamittarit (0-150A)	
M10	Jännitemittari (0-400V)	35?
M11	Virtamittarit (0-60A)	PV60
M12	Virtamittarit (0-60A)	
M13	Virtamittarit (0-60A)	
M14	Jännitemittari (0-250V)	PV56
M15	Virtamittarit (0-10A)	
M16	Virtamittarit (0-10A)	
M17	Virtamittarit (0-10A)	
M18	Jännitemittari (0-100V)	PV57
M19	Koneen A4 taajuus	PV68
M20	Koneen A4 ulostulojännite	PV66
M21	Koneen A4 virta	PV67
M22	Koneen A4 magnetointi jännite	PV65
M23	Generaattorin A2 jännite	PL33
M24	Generaattorin A2 virta	PL34
M25	Moottorin/generaattorin A5 jännite	PL35
M26	Moottorin/generaattorin A5 virta	PL36
M27	Generaattorin A12 jännite	PL50
M28	Generaattorin A12 virta	PL51
M29	Tehomittaus (ei käytössä)	

Säätöpyörät	
Nimi	Toiminnon kuvaus
A2 Magnetointi	Säätää A7:n magnetointia, joka puolestaan magnetoi koneen A2
A5 Magnetointi	Säätää A11:n magnetointia, joka puolestaan magnetoi koneen A5
A4 Magnetointi	Säätää A10:n magnetointia, joka puolestaan magnetoi koneen A4
A12 Magnetointi	Säätää koneen A12 magnetointia
Magn. B-kenttä	Säätöpyörät vaikuttavat magnetointivirtaa rajoittaviin vastuksiin

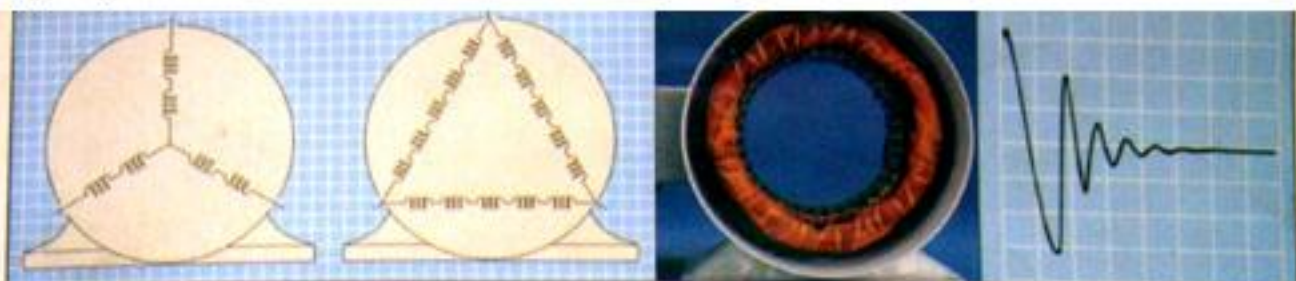
A mutos
B mutos
C mutos

D mutos
E mutos
F mutos

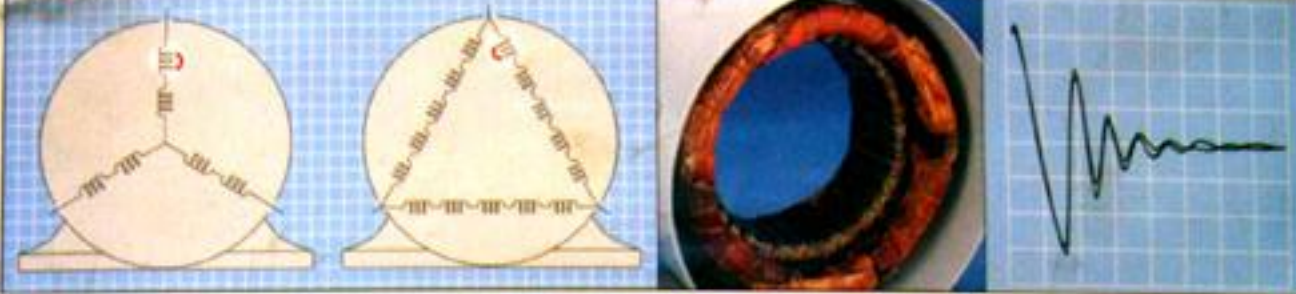


A mutos
B mutos
C mutos

Suunn. JK/LK/10.4.2008		Piiritunnus	Keskustunnus	Työnnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		1/1		
LIITE 4				



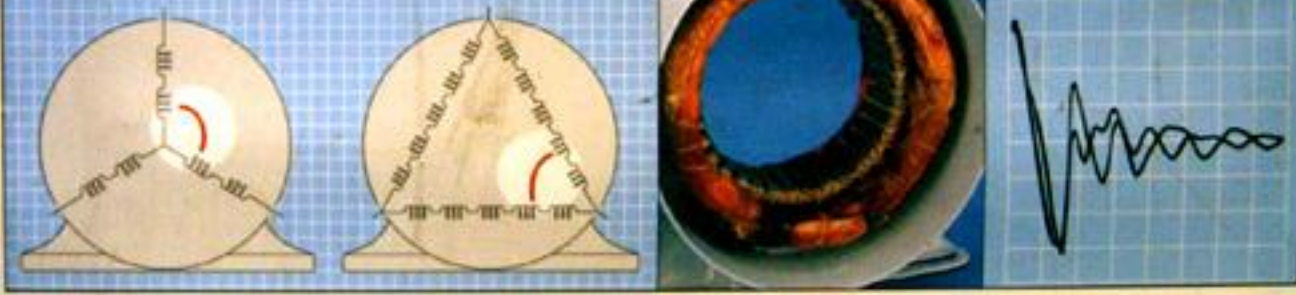
2 SHORTED TURNS



3 SHORTED COILS



4 SHORTED PHASES



5 SOLID GROUND



6 INTERTURN SPARKOVER DURING SURGE TEST



7 OPEN WINDING OR CONNECTION

