

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

Tutkintotyö

Lasse Kantanen

**TASASÄHKÖKONEEN HUOLTO JA KOESTUS**

Työn ohjaaja

Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

Abb Service OY, valvojana Jorma Lillinen ja Veikko Kivelä

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Kantanen, Lasse

Tasasähkökoneen huolto ja koestus

Tutkintotyö

63 sivua + 9 liitettä

Ohjaaja

Eerik Mäkinen

Työn teettäjä

Abb Oy Service. Valvojat: Jorma Lillinen ja Veikko Kivelä

Huhtikuu 2008

Hakusanat

DC-moottori, DC-generaattori, huolto ja koestus

## TIIVISTELMÄ

Abb Oy Service huoltaa Nokialla sähkömoottoreita, jotka koestetaan aina huollon jälkeen ennen asiakkaalle lähettämistä. Tähän loppukoestukseen käytetään laitteistoa, jolle ei ole riittävän selkeitä ohjeita, jotta vain perussähkötekniikan ymmärtävä henkilö kykenisi koestuksen suorittamaan.

Tarkoituksena on ollut laatia selkeät koestusohjeet ja selkeyttää laitteiden merkintöjä sekä ottaa selvää, mitä koestuslaitteistoon kuuluvia laitteita ei enää käytetä ollenkaan.

Laitteisto on joskus siirretty Nokialle Abb:n vanhoista toimitiloista, jolloin osa dokumentaatiosta on ilmeisesti tuhoutunut ja kytkennätkin ovat muuttuneet. Laitteisto on muutenkin aika epäselvä henkilölle, joka ei siihen ole aiemmin perehtynyt.

Laitteiston toimintaa on lähdetty selvittämään lähinnä kuvien perusteella sekä kyselemällä koestajilta. Selvittely oli alkuun hieman hankalaa, ennen kuin kokonaisuus alkoi selvitä.

Tuloksena saatiin muun muassa poistettua tarpeettomia koestusohjeita, joita ei enää lainkaan käytetä, selkeytettyä käytössä olevia ohjeita ja tehtyä selvemmat merkinnät kytkimille ja muille laitteille.

Työn tuloksena koestajalla on käytössään entistä helpommin ymmärrettävä ohjeet, joissa on selkeästi viitattu pulpettiin tehtyihin merkintöihin.

Electrical Engineering

Electrical Power Engineering

Kantanen, Lasse

Maintenance and testing of DC-machines

Engineering Thesis

63 pages + 9 appendices

Thesis Supervisor

Eerik Mäkinen

Commissioning Company

Abb Oy Service. Supervisors: Jorma Lillinen and Veikko Kivelä

April 2008

Keywords

DC-motor, DC-generator, maintenance and testing

## ABSTRACT

Abb Oy Service maintains electric motors at Nokia's centre. Motors are all tested after the overhaul and before sending back to the customer. The testing is made with testing hardware, which didn't really have any clear instructions, that a person who understands the basics of electricity, could do the required tests.

The purpose for this report, was to formulate clear testing instructions, clarify the marking of the equipment and find out, which devices are still in use and which are not.

The equipment has been moved to Nokia, from the old centre of Abb. Some of the documentation was destroyed and the wiring was changed during the move. In any case, the equipment is quite unclear for a person, who isn't familiar with it.

The clarification of the equipments operations was started from the documentation. The testing personnel were also asked many times, because first it was pretty difficult to find out, how the whole system functions.

As the result of this report, few unneeded testing instruction was removed, instructions that are being used was clarified and devices was marked more clearly. Now, the testing personnel have also instructions that are clearly referred to the marking of the testing console.

## Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ .....	1
ABSTRACT .....	2
Sisällysluettelo .....	3
1 Johdanto ja taustaa yrityksestä.....	5
2 Teoriaa DC-moottoreiden toiminnasta .....	6
2.1 Rakenne /1/.....	6
2.2 Toimintaperiaate .....	7
2.2.1 Tasasähkögeneraattorit /2/ .....	7
2.2.2 Tasasähkömoottorit /2/.....	10
2.3 Tasavirtakoneen käännykset ja niiden tehtävät .....	14
2.3.1 Vierasmagnetointikäännykset (F1-F2) /3/.....	14
2.3.2 Ankkurikäännykset (A1-A2) /3/.....	15
2.3.3 Kääntönapakäännykset (B1-B2) /3/ .....	18
2.3.4 Kompensointikäännykset (C1-C2) /3/.....	20
2.3.5 Kompoundikäännykset (D1-D2) /3/.....	21
2.4 Tasavirtakoneen kytkeminen /3/.....	22
2.5 Harjat ja kommutointi .....	23
2.5.1 Yleistä /3/.....	23
2.5.2 Kipinöinti /3/ .....	24
2.5.3 Harjapitimet /3/.....	24
2.5.4 Kipinöinnin yleisiä aiheuttajia /3/.....	24
3 Tasavirtakoneen huollosta ja koestuksesta.....	26
3.1 Perushuollon tarkoitus ja tavoitteet /4/.....	26
3.2 Perushuoltotoimenpiteet.....	27
3.2.1 Vastaanottotarkastus /4/ .....	27
3.2.2 Koneen purkaminen /4/ .....	27
3.2.3 Osien puhdistus ja kuivaus /4/ .....	28
3.2.4 Osien tarkastus (välitarkastus) /4/.....	29
3.2.5 Osien uusiminen /4/ .....	32
3.2.6 Osien kunnostus /4/ .....	33
3.2.7 Loppukoestus /4/.....	34
3.2.8 Maalaus /4/ .....	35
3.2.9 Pakkaus ja lähetys /4/ .....	35
4 Koestuslaitteiston ja koestuksen yleiskuvaus .....	36
4.1 Koestuslaitteisto ja -tapahtuma yleisesti .....	36
4.2 Koestuspulpetti.....	37
4.3 Mekaaniset muuttajakoneet.....	43
4.4 Apulaitteet .....	46

5 Loppukoestuksen eri vaiheet.....	50
5.1 Silmämääräinen tarkastus.....	50
5.2 Käämitysten eristysvastusmittaus .....	50
5.3 Harjapitimien ja harjojen tarkastus .....	51
5.4 Varusteiden ja apulaitteiden toiminnan tarkistus.....	52
5.5 Akselinpään heittokellomittaus (ellei tehty jo aikaisemmin) .....	53
5.6 Jännitekoe.....	54
5.7 Tyhjäkäyntikoe (vaihe, johon koestuspulpettia ja muuttajia käytetään) .....	56
6 Laitteiston uudelleennumerointi ja nimeäminen.....	58
7 DC- koneiden koestusohjeet .....	59
7.1 Yleistä koestusohjeista .....	59
7.2 Uusi koestusohje: DC-generaattorien sarjakäyttö.....	61
8 Loppupäätelmät.....	62
Lähteet.....	63
Liitteet	
1 Koestuspöytäkirja	
2 Koestusohje, 6s.	
3 Laiteluettelo; kytkimet, mittarit ja säätöpyörät, 2s.	
4 Pääkaavio	

## 1 Johdanto ja taustaa yrityksestä

Tämän työn päätarkoituksena oli selvittää Abb Oy Service:n toimitiloissa sijaitsevan moottorien koestuslaitteiston toimintaa. Koska yritys on joskus muuttanut Tampereen Messukylän toimitiloistaan Nokialle, on tässä työssä käsiteltävä koestuslaitteistokin jouduttu purkamaan ja asentamaan uudelleen. Tästä syystä laitteiston dokumentaatio ei ollut täysin ajan tasalla itse laitteiston kanssa, joten dokumentointi oli yksi tavoitteista. Päättävänä oli selvittää, mitkä laitteiston osat olivat koestustapahtumissa yleensäkin käytössä, sekä parantaa koestusohjeita, joiden pohjalta koestuslaitteistoa käytetään. Tarkoituksena oli saada ohjeita selemmiksi siinä määrin, että perussähkötekniikan osaava henkilö pystyisi ohjeiden perusteella moottorin koestuksen suorittamaan.

Samaa laitteistoa käytetään niin DC- kuin AC-koneiden koestukseen, joten eri koneille on oltava eri ohjeet. Tässä työssä käsitellään DC-koneiden koestusohjeita ja muita niiden koestukseen liittyviä asioita. Tämä työ tehtiin samanaikaisesti Juha Konttisen kanssa, joka teki täysin vastaavan työn AC-koneiden koestuksista. Molemmissa töissä käsiteltiin lähes samoja asioita, mutta kuitenkin eri koneista, joten pystyimme tekemään jonkin verran yhteistyötä varsinkin työskennellessämme yhtä aikaa Abb:llä Nokialla.

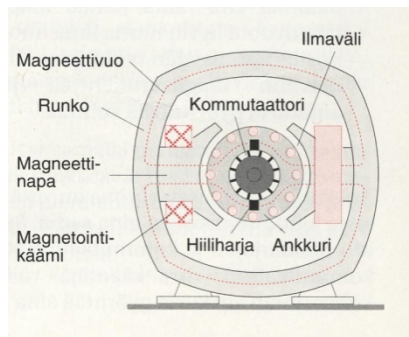
Abb on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtiö, joka toimii noin 100 maassa ja jonka palveluksessa on noin 110 000 henkilöä. Suomen Abb:llä on sähkövoima- ja automaatioteknologioiden erikoisosaamista, joka on kattunut yli 115 vuoden aikana lähellä asiakkaita ja yhteiskuntaa. Abb Oy:n liikevaihto on 1,7 miljardia euroa ja henkilöstöä on yli 6000. Noin 80 prosenttia tilauksista menee vientiin ulkomaille, varsinkin Eurooppaan ja Amerikkaan, mutta entistä enemmän myös Aasiaan. Nokian Abb Oy Servicen tiloissa huolletaan sähkömoottoreita ja -generaattoreita, minkä jälkeen ne loppukoestetaan tässä työssä käsiteltävällä laitteistolla, ennen asiakkaalle lähettämistä.

## 2 Teoriaa DC-moottoreiden toiminnasta

### 2.1 Rakenne /1/

Periaatteessa tasasähkömoottorin ja -generaattorin osat eivät eroa toisistaan, joten samaa konetta voidaan käyttää molempiin tarkoituksiin. Tasasähkökoneessa magneettiosat muodostavat koneella tietynlaiset magneettipiirit. Koska näissä koneissa magneettivuot muodostavat tasamagneettikenttiä, koneiden kehät ja napojen rautaosat ovat täysrautaa. Napakengät tehdään joskus sähkölevyistä, jotta urituksesta johtuva magneettivuon vaihtelu aiheuttaisi niissä pienemmät rautahäviöt.

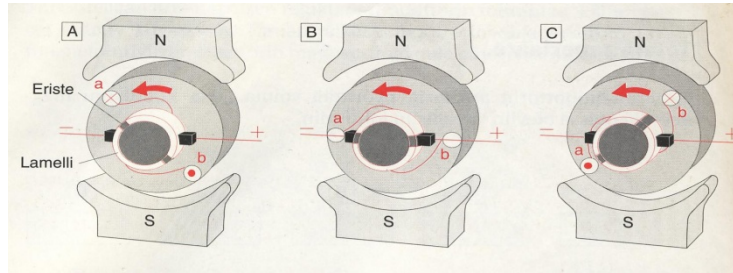
Ankkurin sydän on tehty sähkölevyistä, koska pyörimisliike aiheuttaa siinä vuon vaihtelun ja rautahäviöitä. Ankkurikäänitys on tehty käämivyyhdeistä, joiden päät on kytketty kommutaattoriliuskoille. Jokaiselle liuskalle on kytketty yhden vyyhdin loppupää ja toisen alkupää. Kuvassa 1 on esitetty DC-koneen poikkileikkauksen rakenne.



**Kuva 1** DC-koneen poikkileikkaus

Sivuvirta- ja sarjakäämityksen tarkoitus tasasähkökoneessa on synnyttää varsinainen magneettikenttä eli pääkenttä, siksi näitä käämityksiä kutsutaan magnetoitinkäämeiksi.

Sivuvirtakäämitys kytketään ankkurin kanssa rinnan tai se kytketään ulkoiseen jännitelähteeseen, jolloin sen resistanssi tehdään suhteellisen suureksi. Erilaisia käämityksiä käyttämällä saadaan ominaisuuksiltaan erilaisia tasasähkömoottoreita ja -generaattoreita.



**Kuva 2** Kommutaattori

Kommutaattori on mekaaninen virrankääntäjä. Ankkurin pyöriessä, kommutaattorin lamellit pitävät virran suunnan N- ja S-navan puoleisissa johtimissa muuttumattomana, jolloin ankkuria pyörittää yhdensuuntainen kiertovoima kuvan 2 mukaisesti.

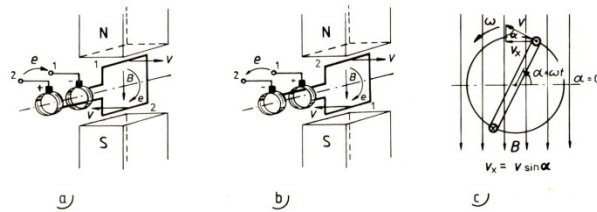
## 2.2 Toimintaperiaate

### 2.2.1 Tasasähkögeneraattorit /2/

Tasasähkögeneraattori muuttaa mekaanisen energian sähköiseksi, kuten generaattorit yleensä. Sen toiminta perustuu siihen, että voimakone pyörittää generaattorin ankkuria magnetoimiskäämitysten synnyttämässä magneettikentässä. Tällöin ankkurikäämitykseen indusoituu vaihtosähkömotorinen jännite, jonka kommutaattori tasasuuntaa.

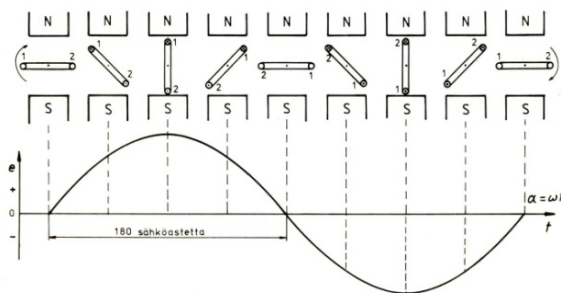


Kuvan 3 tapauksessa, voimakone pyörittää vain yhtä johdin silmukkaa magneettikentässä.



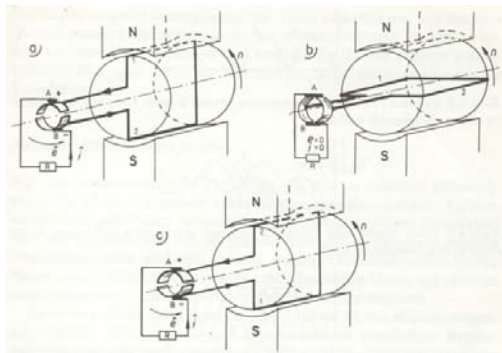
**Kuva 3** Johdinsilmukka magneettikentässä

Tällöin silmukkaan indusoituu kuvan 4 mukainen, sinimuotoinen vaihtojännite.



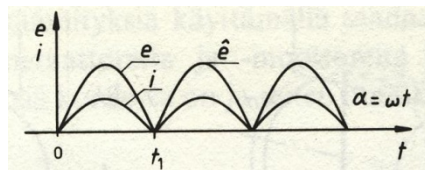
**Kuva 4** Johdinsilmukkaan indusoitunut jännite

Kuvan 4 vaihtojännite tasasuunnataan kommutaattorilla, joka rakentuu kuvan 5 mukaisesti.



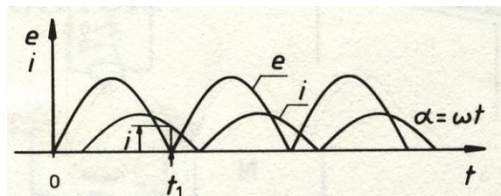
**Kuva 5** Kommutaattorin ja kommutoinnin periaate

Nämä kuvassa 5 näkyvät lamellit, joihin silmukan päät on yhdistetty, ovat vuorollaan silmukan ja kommutaattorin pyöriessä yhteydessä paikoillaan pysyviin harjoihin A ja B. Tästä nähdään, että jännite tasasuuntautuu, koska harja A on aina yhdistettynä sauvaan, joka liikkuu N-navan alla, ja harja B sauvaan, joka liikkuu S-navan alla. Jos harjoihin kytketään puhdas resistanssikuorma, generaattorin virta ja jännite ovat saman vaiheisia sekä kuvan 6 mukaisesti tasasuunnattuja.



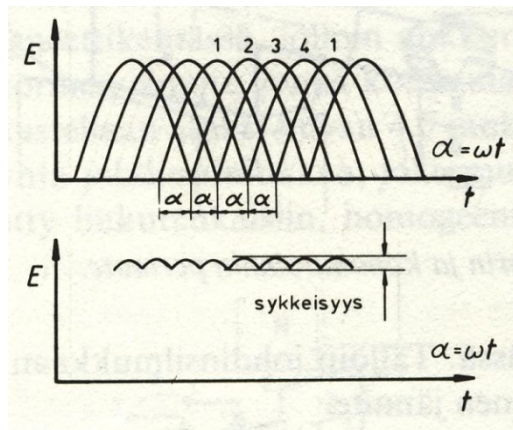
**Kuva 6** Puhdas resistanssikuorma

Käytännössä induktanssia on ainakin generaattorin silmukassa, mikä aiheuttaa sen, että virta jää jännitettä jälkeen kuvan 7 mukaisesti. Tällöin harjan vaihtaessa lamellia jännite on nolla, mutta virta ei, joten aiheutuu kipinöintiä virran katketessa. Kommutaattori siis kipinöi eli kommutoi huonosti.



**Kuva 7** Kuormassa induktanssia mukana

Kun ankkuriin sijoitetaan useita tällaisia silmukoita tasaisin välein, saadaan jännitteen sykkeisyys pieneneään, koska harjojen jännitteen arvo on tasasuunnattujen jännitteiden verhoikäyrän suuruinen, kuten kuvassa 8 on esitetty. Tällaista sanotaan avoimeksi käämitykseksi, koska jokainen silmukka katkeaa eli on avoin kommutaattorissa.



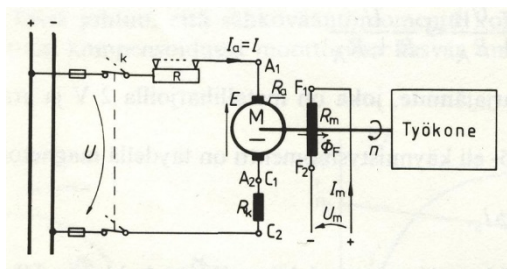
**Kuva 8** Tasasuunnattu jännite

Käytännössä käytetään niin sanottuja rumpukäämityksellä olevia koneita, joissa käämitys on sijoitettu ankkurin pinnalla oleviin uriin.

## 2.2.2 Tasasähkömoottorit /2/

### 2.2.2.1 Vierasmagnetoitu moottori

Kuvassa 9 on esitetty vierasmagnetoitun moottorin virtapiiri. Ennen kuin kuvassa näkyvä kytkin K voidaan sulkea, on ehdottomasti magnetointikäymillä jo oltava jännite  $U_m$  kytkettynä, jonka on aiheutettava nimellisen suuruinen magnetointivirta  $I_m$ .



**Kuva 9** Vierasmagnetoitu moottori

Jos magnetointivirtaa ei ole, jää magnetointikäänin synnyttämä magneettivuo pieneksi ja tästä syystä myös käynnistysmomentti jää hyvin pieneksi. Jos akselilla oleva työkone tarvitsee käynnistysmomenttia suuremman momentin, ei kone lähde lainkaan käyntiin, vaan käynnistysvirta kuumentaa kommutaattoria, joka menettää pyöreytensä.

Koneen voidaan käynnistää seuraavilla tavoilla:

- ankkuripiirin jännitettä säätämällä
- ankkuripiirin kanssa sarjaan kytketyllä säätövastuksella, silloin kun jännitelähde ei ole säädettävissä.

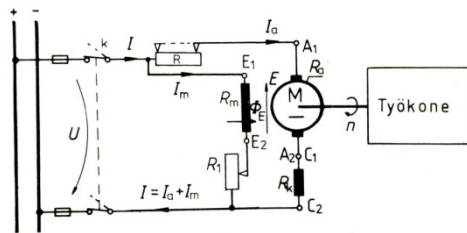
Jos kone käynnistetään ilman käynnistysvastusta, jännitelähde on käytännössä oikosulussa ja käynnistysvirta liian suuri.

Koneen pyörimisnopeutta voidaan säätää seuraavilla tavoilla:

- muuttamalla ankkuripiirin jännitettä, jonka säätöalue on nollan ja nimellisen välillä
- pienentämällä päävuota ja samalla kasvattamalla pyörimisnopeutta eli säätämällä magnetointivirtaa (Tätä kutsutaankin kentän heikennykseksi ja käytetään nimellisnopeutta suuremmilla nopeuksilla.)
- korvaamalla käynnistysvastus jatkuvalla käytölle mitoitetulla säädettävällä sarjavastuksella eli säätämällä ankkuripiirin resistiivistä jännitehäviötä (tätä tapaa ei ole yleensä käytetty, koska se on epätaloudellinen vastuksessa syntyvien häviöiden vuoksi).

### 2.2.2.2 Sivuvirtamoottori

Sivuvirtamoottori eroaa vierasmagnetoidusta moottorista vain siinä, että magnetointiteho otetaan ankkuritehon kanssa samasta lähteestä, kuten kuvassa 10 on esitetty. Tästä syystä moottoreiden ominaisuudet ovat käytännössä samanlaiset.



**Kuva 10** Sivuvirtamoottorin virtapiiri

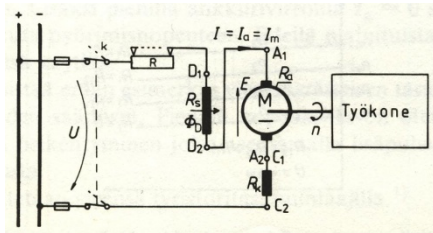
Käynnistys tapahtuu kuten vierasmagnetoidulla moottorilla, mutta on katsottava, ettei käynnistysajan aikana käynnistysvastuksella R eikä magnetoinnin säätövastuksella  $R_1$  säädetä magnetointivirtaa nimellistä pienemmäksi.

Koneen pyörimisnopeuden säätäminen voidaan tehdä seuraavilla tavoilla:

- magneettikentän heikennys magneettipiirin säätövastuksella  $R_1$
- säätämällä ankkuripiirin resistiivistä jännitehäviötä.

### 2.2.2.3 Sarjamoottori

Sarjamoottori magnetoidaan sarjakäämillä, joka kytketään ankkuripiirin kanssa sarjaan. Tällöin kuormitus- eli ankkurivirta toimii samalla myös magneetoimisvirtana, kuten kuvassa 11 on esitetty.



**Kuva 11** Sarjamoottorin virtapiiri

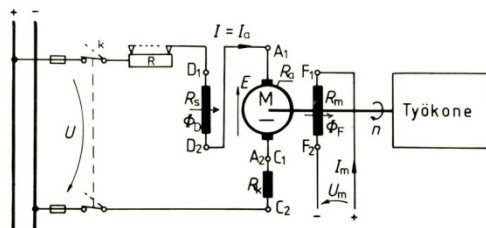
Sarjamoottorin käynnistys voidaan tehdä seuraavilla tavoilla:

- moottoriin vaikuttavaa liitinjännitettä säätämällä
- moottorin kanssa sarjaan kytketyllä käynnistysvastuksella silloin, kun jännitelähde ei ole säädettävissä.

Sarjamoottoria ei saa koskaan päästää tyhjäkäyntiin, koska silloin se ryntää. Tästä syystä on huolehdittava siitä, että kuorma on kytketty sellaisella liitännällä, joka ei koskaan pääse katkeamaan, jolloin esimerkiksi hihnäkäyttö ei ole mahdollinen. Uusia sarjamoottoreita ei enää nykyisin valmisteta.

#### 2.2.2.4 Kompoundimoottori

Käytännössä on käytössä vain vierasmagnetoituja ja myötäkompoundoituja tasasähkökoneita, joista jälkimmäisen virtapiiri on esitetty kuvassa 12.



**Kuva 12** Kompoundimoottorin virtapiiri

Koneen käynnistäminen tapahtuu kuten vierasmagnetoidulla moottorillakin.

Myötämagnetoiva sarjakäämi eli myötäkompoundi synnyttää magneettivuon, joka vahvistaa vierasmagnetointikäämityksen synnyttämää magneettivuota. Tästä syystä moottori kehittää suuremman sähkövääntömomentin, koska kokonaispäävuoto on nyt edellisten summa.

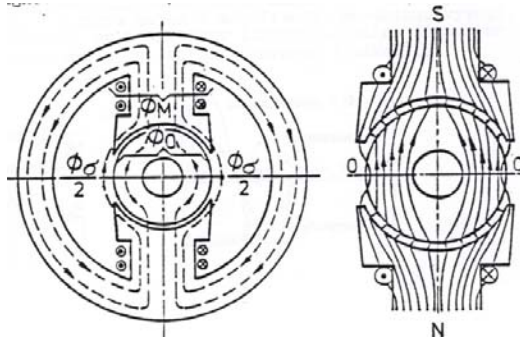
Kompoundimoottorin pyörimisnopeus pienenee enemmän kuin vierasmagnetoidun moottorin, kun jännite ja magnetointivirta pysyvät samoina, koska myötäkompoundi lisää päävuota kuormituksen kasvaessa. Koska komppoundikäämitys vahvistaa päävuota, moottori on kentänheikennysalueella vakaampi ja stabiilimpi kuin vierasmagnetoitu moottori.

## **2.3 Tasavirtakoneen käämitykset ja niiden tehtävät**

### **2.3.1 Vierasmagnetointikäämitys (F1-F2) /3/**

Magnetointikäämityksen tehtävä on luoda koneeseen magneettivuo, jota ankkurikäämin johtimet roottorin pyöriessä leikkaavat. Magneettivuo indusoi pyörivään ankkuriin sähkömotorisen voiman, sekä synnyttää ankkurin johtimien läpi kulkevan virran yhteisvaikutuksesta voiman eli vääntömomentin. Standardi IEC 34-8 määrittelee liitinmerkkien lisäksi käämitysten keskinäisen magnetoimissuunnan välisen yhteyden. Kahden magnetoimiskäämin on vahvistettava toistensa magneettikenttiä, jos virta kulkee näissä samaan suuntaan (joko pienemmästä numerosta suurempaan tai molemmissa päinvastoin).

Kuvassa 13 on kuvattu vierasmagnetoidun koneen magneettikenttä.



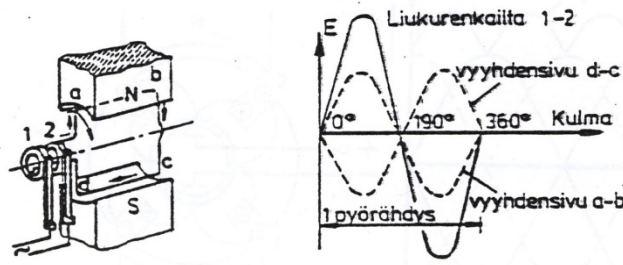
**Kuva 13** Vierasmagnetointi

### 2.3.2 Ankkurikäänitys (A1-A2) /3/

Ankkurikäänityksessä kulkeva virta synnyttää ankkurikentän, jolla on oma vaikutuksensa koneen ominaisuuksiin. Ankkurikenttä voidaan jakaa pääkenttään nähden pitkittäiseen ja poikittaiseen komponenttiin.

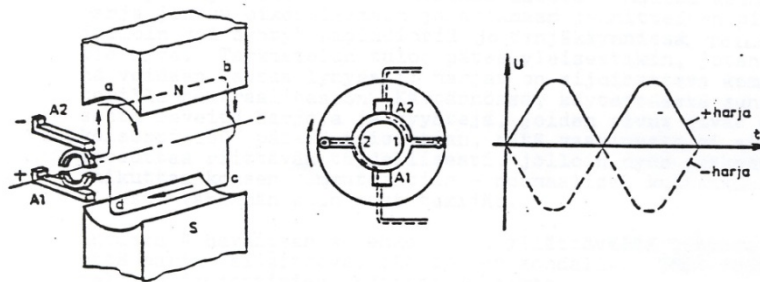
Kun roottori pyörii tasaisella nopeudella ja akselinsuuntainen roottorijohdin liikkuu pois neutraalitasosta, se alkaa vuontiheyden kasvaessa leikata vuota yhä nopeammin, kunnes se tulee navan kohdalle, jossa vuontiheys ilmapälissä ja siten myös nopeus, jolla johdin leikkaa vuota, ovat suurimmillaan. Kun johdin tämän jälkeen lähestyy seuraavaa neutraalitasoa, vuontiheys ja siten myös leikkaamisnopeus ja sähkömotorinen voima pienenevät. Koska leikkaamissuunta on etelä- ja pohjoisnavan kohdalla vastakkaisuuntainen, vaihtuu myös sähkömotorisen voiman suunta neutraalitasossa. Vuontiheys jakaantuu ilmapälissä konelajin mukaan hieman eri tavalla, mutta voidaan kuitenkin olettaa, että vuontiheys, leikkaamisnopeus ja sähkömotorinen voima ankkurijohtimessa vaihtelevat sinimuotoisesti. Vyyhti muodostuu yhdistämällä kaksi toisistaan 180°:een etäisyydellä olevaa johdinta kuten kuvassa 14. Kuvassa vyyhdin päät on yhdistetty liukurenkaisiin, joista kuvassa näkyvät sähkömotoriset voimat on mitattu.





**Kuva 14** Käämivyyhti

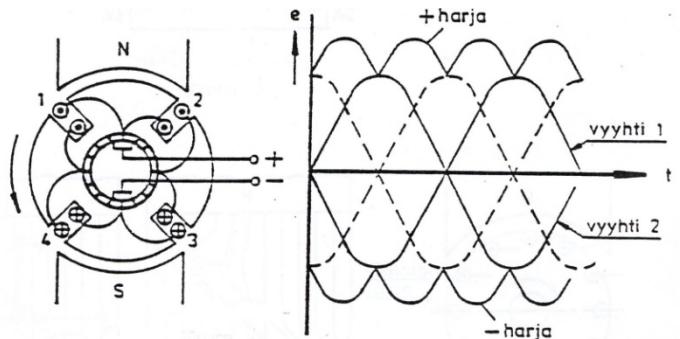
Tasavirtakoneeksi aikaisempi saadaan kuvan 15 mukaisella tavalla.



**Kuva 15** DC-kone

Kuvassa 15 harja A1 seuraa aina sitä johdinta, joka on positiivinen. Harja A2 seuraa vastaavasti negatiivista johdinta. Vyyhden sivu vaihtaa napaisuuttaan neutraalitasossa. Tästä syystä harjojen pitää olla sellaisissa kohdissa, että napaisuus voi vaihtua, kun harjan oikosulkemiin lamelleihin liitetyt johtimet ovat neutraalitasossa. Tällöin oikosuljettujen lamellien välinen jännite on nolla. Kuvan 15 keskimmaisessä osassa on kuvattu tilanne juuri ennen napaisuuden vaihtumista, juuri ennen virran vaihtumista lamellilta toiselle, mistä käytetään nimitystä kommutointi.

Kuvassa 16 on neljä vyyhtiä. Kun vyyhdet kytketään sarjaan eli jännitteet lasketaan yhteen, saadaan useampivaiheinen tasasuuntaus, jonka vaiheluku tulee lamelliluvusta.



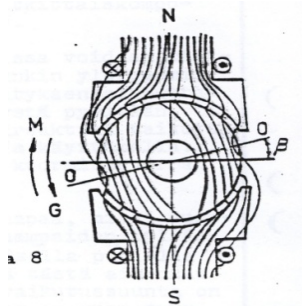
**Kuva 16** Neljä vyyhtiä

Tässäkin tapauksessa on harjat sijoitettava kohtaan, jossa niiden oikosulkemiin lamelleihin kytketyt johtimet ovat neutraalitasossa. Jos näin ei ole, harja sulkee ja avaa jännitteisen piirin, joka puolestaan voi aiheuttaa kipinöintiä. Koneen toiminta ei tällöin ole hyvä. Pääsääntöisesti harjat tulisivin sijoittaa kommutaattorilla neutraalitasoon. Käytännössä tätä ei aina voida täydellisesti toteuttaa. Kuvassa 16 on harjat sijoitettu päänapojen kohdalle, joka johtuu lamellien ja johtimien yhdistämistavasta.

Ankkurikäämityksen suuntaan vaikuttavat seuraavat asiat:

- magnetoimisvirran suunta
- pyörimissuunta
- tarkastelun kohde (moottori vai generaattori)

Kun ankkurikäämityksen magnetointi lasketaan yhteen magnetointivuon kanssa, saadaan kokonaisvuosta kuvan 17 mukainen.



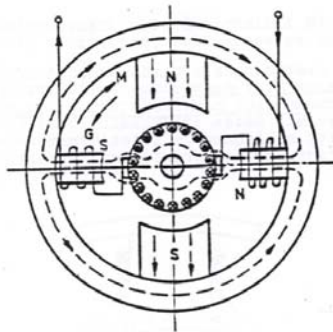
**Kuva 17** Kokonaisvuo

Kuvan 17 mukaisesti neutraalitaso, jossa johdin kulkee nollatason suuntaisesti, on kiertynyt kulman  $\beta$  verran. Vaikka joissain tapauksissa kommutointia voidaan parantaa harjasillan siirrolla, voidaan kuitenkin yleisesti todeta, että muutokset alkuperäiseen magnetointikäänin aiheuttamaan vuohon eivät ole toivottavia. Pieniä koneita lukuun ottamatta, ankkurireaktion vaikutukset pyritään kumoamaan lisäkäämityksiä ja kääntönäpoja käyttämällä. Muuten pitäisi harjasiltaa kääntää kuormitusvirran muuttuessa, jotta kipinöintiä ei olisi.

### 2.3.3 Kääntönapakäämitys (B1-B2) /3/

Kääntönapakäämityksellä on kaksi tehtävää. Ensiksi sen tarkoituksena on kumota ankkurireaktion aiheuttama poikittainen komponentti. Tämä onnistuu laittamalla poikittaisakselille eli normaaliin neutraalitasoon kääntönävat, joiden magnetointi asetellaan yhtä suureksi, mutta vastakkaissuuntaiseksi poikittaiskomponenttiin nähden. Koska ankkurivirta vaikuttaa poikittaiskomponenttiin, pitää kääntönäpojen tietää ankkurivirran suuruus. Tämä mahdollistetaan kytkemällä ankkurivirta magnetoimaan kääntönapakäämistä, jolloin kääntönäpojen magnetointi automaattisesti seuraa ankkurivirran vaihteluita ja sen suuntaa, ts. haluttu tulos saavutetaan aina.

Kääntönapakäämityksen (kääntönapojen) toinen tehtävä on kommutoimisjännitteen kumoavan vastasähkömotorisen voiman luominen. Kommutoinnissa virran suunta vyyhdessä vaihtuu, tällöin vyyhti on harjojen oikosulkema. Koska vyyhdellä on induktanssia, virran muutos siinä aiheuttaa muutosta vastustavan sähkömotorisen voiman. Jotta kommutointi olisi mahdollista ilman harjojen kipinöimistä, virranmuutoksen olisi tapahduttava täysin oikosulun aikana. Kommutointijännite voidaan siis kumota yhtä suurella vastasähkömotorisella voimalla, jonka täytyy olla verrannollinen virran muutokseen. Koska virran muutosnopeus on verrannollinen ankkurivirtaan ja toisaalta pyörimisnopeuteen ja tietty sähkömotorinen voima tarvitaan juuri neutraalitason läheisyydessä liikkuvissa vyyhdissä, voima voidaan helposti synnyttää rotaatiosähkömotorisena voimana kääntönavoilla, joissa kulkee ankkurivirta, kuten kuvassa 18 on esitetty.



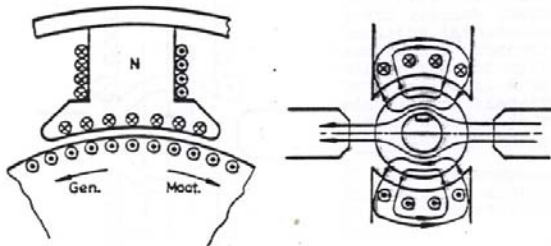
**Kuva 18** Kääntönapakäämitys

Ankkurireaktion aiheuttaman poikittaisen komponentin kumoaminen ja kommutoimisjännitteen kumoavan vastasähkömotorisen voiman synnyttäminen yhdistettyinä edellyttävät, että kääntönapakäämitys on mitoitettava huomattavasti voimakkaammaksi, kuin pelkkä ankkurireaktion poikittaiskomponentin kumoaminen vaatisi. Kääntönavan ilmavälin muoto on myös sovitettava tapaukseen sopivaksi. Voimakkuuden hienosäätö tehdään ilmavälin suuruuden asetteluna koestuksen yhteydessä.

### 2.3.4 Kompensointikäänitys (C1-C2) /3/

Isoissa ja joissain keskisuurissa tasasähkökoneissa käytetään käänönnapojen lisäksi kompensointikäänitystä. Molemmat käänit kytetään yleensä keskenään kiinteäksi kokonaisuudeksi, joten liitinmerkinnöillä C1 ja C2 merkkien B1 ja B2 sijaan osoitetaan, että koneessa on kompensointikäänitys.

Kompensointikäänitys sijoitetaan päänavoille, missä kulkee ankkurivirta muodostaen yhtä voimakkaan, mutta vastakkaissuuntaisen virtajakauman kuin ankkurikäänitys. Kompensointikäänitys kumoaa vastaavan osan ankkurireaktion pitkittäiskomponentista. Jäljelle jäävän osan kumoamiseksi, sekä kommutoimisjännitteen kumoavan vastasähkömotorisen voiman luomiseksi, on kompensoidussakin koneessa oltava käänönavat, mutta niiden voimakkuus voi olla vain puolet siitä mitä niiden pitäisi olla, jos kompensointia ei olisi. Kuvassa 19 on esitetty kompensointikäänitys.



**Kuva 19** Kompensointikäänitys

Kompensoinnista saatavat edut ovat seuraavat:

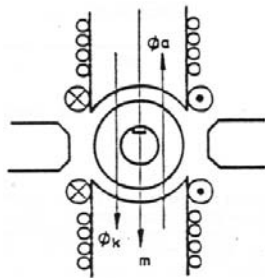
- lamellijännitejakauma on tasainen, koska ilmapälkenttä pysyy tasaisena
- vääntömomentti riippuu lineaarisesti virrasta myös ylivirroilla ja heikolla kentälläkin

- kone on useasti stabiili ilman kompondikäämitystä
- antaa paremmat edellytykset kommutoinnille.

Kompensoidut koneet ovat kalliita, mutta usein niillä saadaan hyvät suoritearvot, joten ne saattavat olla ainoa vaihtoehto, kun suorituskykyä tarvitaan.

### 2.3.5 Kompoundikäämitys (D1-D2) /3/

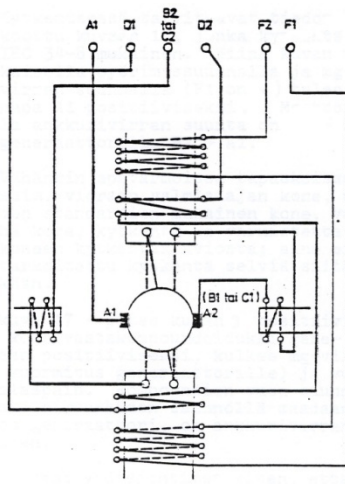
Kompoundikäämitys on rakennettu magnetointinavoille, kuten kuvassa 20, ja sen tarkoitus on kumota ankkurireaktion pitkittäinen komponentti. Tämä on kompondikäämityksen alkuperäinen tehtävä, mutta nykyään voidaan myös sanoa, että kompondit muodostavat ankkurivirran takaisinkytkennän magnetoimispiiriin. Myös tämän käämityksen on tiedettävä ankkurivirran suuruus ja suunta, joten sen kautta kulkee ankkurivirta.



**Kuva 20** Kompoundikäämitys

## 2.4 Tasavirtakoneen kytkeminen /3/

Käämitysten kytkemiseen tarvittavat liittimet ovat liittäntäkotelossa. Ankkuri- ja kääntönapakäämityksen kytkennät on yleensä tehty kiinteästi koneen sisällä ja mahdollinen kompensointikäämitys on kytketty yhteen kääntönapojen kanssa, kuten aikaisemmin on todettu. Näiden käämitysten osalta liittäntäkotelosta löytyy siis merkintä A1, jonka lisäksi vain joko merkintä B2 tai C2.



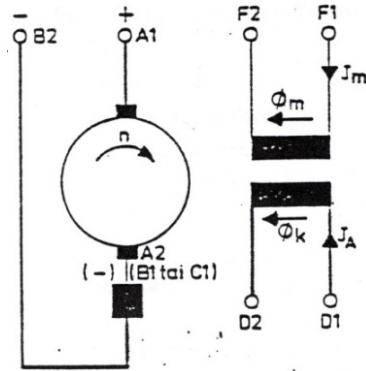
**Kuva 21** Käämitysten kytkennät

Kuvasta 21 näkyy, kuinka käämitykset kytketään kokonaisuudeksi.

Kytkenässä on otettava huomioon seuraavat asiat:

- magnetoimisvirta ja sen suunta
- ankkurivirta ja sen suunta
- koneen pyörimissuunta
- kompuundien haluttu vaikutussuunta ja virran suunta.

Standardi IEC 34-8 määrää, että kone on myötäkompondoitu silloin, kun virrat kulkevat joko suunnassa  $F1 \rightarrow F2$  ja  $D1 \rightarrow D2$  tai suunnassa  $F2 \rightarrow F1$  ja  $D2 \rightarrow D1$ . Edelleen, koneen pyöriessä myötäpäivään, A1 ja F1 ovat molemmat positiivisia tai molemmat negatiivisia.



**Kuva 22** Standardin mukaiset kytkennät

Kuvassa 22 näkyvät standardin IEC 34-8 mukaiset kytkennät, joiden mukaisella pyörimissuunnalla tulee napa A1 positiiviseksi. Ankkurivirran suunta on moottorilla  $A1 \rightarrow B2$  ja generaattorilla  $B2 \rightarrow A1$ .

## 2.5 Harjat ja kommutointi

### 2.5.1 Yleistä /3/

Kollektorin ja harjojen toimintaan vaikuttavat monet asiat, kuten kosteus ja ilman epäpuhtaudet, kuten kaasut, öljysumu ja pöly. Muita tekijöitä voivat olla epätavallisen kylmä jäähdytysilma, pitkä käyminen kevyellä kuormalla sekä koneen värinä. Harjojen hyvään toimintaan eli harjojen ja kollektorin normaaliin kulumiseen vaikuttaa suuresti harja-aineen valinta.



### **2.5.2 Kipinöinti /3/**

Kipinöinnin yleisin syy on harjojen ja kollektorin huono kosketus. On myös mahdollista, että jollakin harjalla on muita parempi kosketus, jolloin se johtaa myös muita suuremman virran. Kipinöinti saattaa olla lisääntyvää, jolloin se alkaa haitattoman näköisenä, mutta lisääntyy vakavaksi, varsinkin jos kollektorin pinta on palanut. Kollektorilla saattaa esiintyä myös niin sanottua kuvioitumista. Tällöin tasavälein sijaitsevat kollektorilamellit, esimerkiksi joka kolmas, patinoituvat tummiksi tai mustuvat reunoilta. Joissakin tapauksissa esiintyy nopeita virran ja käyntinopeuden vaihteluita.

### **2.5.3 Harjapitimet /3/**

Harjojen pitää päästä liikkumaan pitimissään. Kun harjan ja harjapitimen väliseen pieneen tilaan kerääntyy pölyä, harjan liikkuminen vaikeutuu ja kosketus kollektoriin huononee pienentyneen harjapaineen takia.

### **2.5.4 Kipinöinnin yleisiä aiheuttajia /3/**

Harjojen huono kosketus aiheuttaa kollektoria vahingoittavaa kipinöintiä. Kipinöinti voi aiheutua joistakin seuraavista syistä:

#### **Takertuneet harjat**

Yksittäisen harjan juuttuessa tai takerrellessa ei yleensä aiheudu vakavaa kipinöintiä, mutta useamman juuttuessa, muut joutuvat ylikuormitetuiksi, jolloin kipinöinti kasvaa.

### **Kiinnitarttuneet painesormet**

Harjapitimen painesormi saattaa juuttua, jolloin harjapaine katoaa.

### **Kuluneet harjat**

Harjan paine voi kadota siitä syystä, ettei harjoja ole vaihdettu ajoissa, joka on huonontanut kosketusta. Harjat eivät saa päästä kulumaan niin paljoa, että niihin upotetut johdinpunokset pääsevät koskettamaan kollektoria.

### **Kosketuspintoihin joutunut öljy**

Jos kollektorin pinnalle pääsee öljyä, se muodostaa pintaan kalvon, joka aiheuttaa kipinöintiä. Öljy ei johda sähköä, vaan sähkö kulkee kalvon läpi pieninä valokaarina. Kipinät muodostavat kollektorin pintaan karheita mustia läikkiä.

### **Kosketuspinnan naarmuuntuminen**

Esimerkiksi betonipöly naarmuttaa, joutuessaan harjan ja kollektorin väliin. Jos koneen lähistöllä tehdään pölyävää työtä, on kone suojattava hyvin.

### **Esiin työntyvä kiille**

Kun kollektori kuluu, alkaa lamellien välinen kiille-eriste kohota kollektorin pinnasta. Yksi merkki eristeen kohoamisesta voi olla irronneista harjahiukkasista syntyvien kipinöiden sinkoileminen. Harjat alkavat myös hyppiä kohonneista kohdista, joka voidaan havaita jollakin eristävällä puikolla.

## **Tärinä**

Tärinä heikentää harjojen kosketusta. Sen syynä voi olla epätasapaino, joka voi johtua esimerkiksi pölystä tuulettimen siivissä. Tärinä voi myös johtua koneen omasta epätasapainosta tai huonosta suuntauksesta.

## **3 Tasavirtakoneen huollosta ja koestuksesta**

### ***3.1 Perushuollon tarkoitus ja tavoitteet /4/***

Suurin osa tasasähkökoneista on moottorikäytössä, eikä perushuollon kannalta ei ole eroa, onko kone generaattori- vai moottorikäytössä. Perushuollossa voidaan määrittää koneen toiminnan kannalta tärkeiden osien kunto luotettavasti koneen ollessa avattuna. Myös tarpeelliset korjaustoimenpiteet voidaan suorittaa huollon yhteydessä. Perushuollon tarkoituksena ei ole tehdä konetta uuden veroiseksi, mutta sen on vastattava kyseiseen käyttöön asetettuja käytettävyyksvaatimuksia.

Seuraavia asioita tulisi huomioida perushuolto-ohjelmaa tehtäessä:

- asiakkaan tottumukset ja toivomukset
- käytön luonne
- luotettavuusvaatimukset
- mahdolliset viranomais- ja luokituslaitosvaatimukset

Toimenpideohjelmista, sekä tarkastus- ja hyväksyttämismenettelyistä poikkeavista menettelyistä vastaa korjaamon laatuvaastava. Tarkastuksissa havaittujen vikojen, huonojen mittausarvojen yms. mahdollisesti edellyttämistä korjaustoimenpiteistä sovitaan erikseen asiakkaan kanssa.

## **3.2 Perushuoltotoimenpiteet**

### **3.2.1 Vastaanottotarkastus /4/**

Vastaanotettaessa huollettava kone, huoltotyön tekijä tekee itselleen selväksi koneen kunnan vastaanottotilassa niin hyvin kuin se on mahdollista koossa olevasta koneesta, huolimatta asiakkaan kanssa etukäteen sovituista huoltotoimenpiteistä.

Käyttöpaikalla tapahtuneen kulumisen ja vikaantumisen lisäksi on pyrittävä havaitsemaan esimerkiksi mahdolliset kuljetuksessa syntyneet vauriot.

Koneelle tehtävät tarkastustoimenpiteet ovat seuraavat:

- silmämääräiset havainnot
- käämitysten eristysvastusmittaus
- käämitysten vastusmittaus tarvittaessa, esimerkiksi jos huonot eristysvastusmittauksen arvot
- mahdollisten varusteiden tarkastus, esimerkiksi takometri, lämpöanturit ja puhaltimen moottori.

Mittaustulokset ja havainnot kirjataan, kuten kaikki koneen mukana tulleet varusteet (esimerkiksi kytkinpuolisko tai takometri).

### **3.2.2 Koneen purkaminen /4/**

Konetta puretaan niin pitkälle kuin se on tarpeellista yksittäisten rakenneosien tai -kokonaisuuksien puhdistuksen kannalta.

Yleensä tämä tarkoittaa seuraavia toimenpiteitä:

- vierintälaakeroiduissa koneissa laakerikilvet sekä laakerien pohjat irroitetaan ja laakerit vedetään akselilta
- liukulaakeroiduissa koneissa laakerikuoret mahdollisine öljynnostolaitteineen irroitetaan laakeripesästä tai -pukista, kilvet ja mahdolliset suojukset irroitetaan
- muut mahdolliset suojukset, tuulettimet, öljynnostolaitteet, anturit, harjalaitteet ja lämmönvaihtimet irroitetaan niin paljolti kuin tarpeellista
- roottori vedetään ulos.

### **3.2.3 Osien puhdistus ja kuivaus /4/**

#### ***3.2.3.1 Magneettikehä ja roottori***

Paras pesutulos saadaan vesipesulla, mutta mikäli käytettävissä oleva aika ei salli veden käyttöä, tehdään puhdistus nopeasti haihtuvalla liuottimella. Vesipesu aloitetaan ja päätetään aina runsaalla vesihuuhtelulla, jotta käämitykseen ei jää pesuainetta. Käyttöpaikalla kosteutta saadessaan, pesuainejäämiä sisältävä käämitys on vaurioherkkä.

Kuivaus suoritetaan kiertoilmaunissa tai tyhjiökuivauslaitteessa. Uunia käytettäessä uunituslämpötila asetellaan eristysluokan ja kunnan mukaan.

Eristysluokkien B, F ja H rakenteet uunitetaan 120-130 °C:n lämpötilassa, mutta vanhempien eristysluokkien rakenteet imevät usein sisäänsä runsaasti vettä, joka korkeassa lämmössä nopeasti höyrystyessään voi vaurioittaa eristystä, koska sideaineet ovat A ja E luokkien käämirakenteissa usein heikkoja. Kuivuminen todetaan mittaamalla eristysvastus, sillä pienikin määrä kosteutta eristeessä pitää mittausravon pienenä.

### **3.2.3.2 Laakerointi osat**

Pesu suoritetaan myös laakerikilville, mahdollisille erillisille laakeripesille tai -pukeille, laakerikansille, -pohjille, imurenkaille, liukurenkaiden laakerikuorille, metallisille tiivisteille ja muille mahdollisille laakerirakenteisiin kuuluville osille.

### **3.2.3.3 Harjalaitteet**

Harjasilta ja siihen kuuluvat varusteet puhdistetaan, mieluiten vedellä. Jos käytetään liuotteita, raskasbenssiiniä ei viimeisessä pesuvaiheessa saa käyttää, koska se muodostaa rasvakalvon, johon hiilipöly alkaa nopeasti käytössä kertyä.

### **3.2.3.4 Varusteet**

Mahdolliset varusteet, kuten takometri tai puhallin, puhdistetaan kullekin laitteelle sopivilla menetelmillä.

## **3.2.4 Osien tarkastus (välitarkastus) /4/**

### **3.2.4.1 Magneettikehä**

Magneettikehästä tarkastetaan seuraavat asiat:

- rungon eheys
- käämityksen puhtaus ja mekaaninen kunto
- käämityksen eristysvastus kuivauksen jälkeen; myös jännitekoe ja vastusmittaus
- napojen ja liitännän osien kiinnitys- ja tukirakenteet sekä virtaliitokset.

Magnetointikäänin eristysvastuksen tulee olla 20 °C:n lämmössä vähintään 100 MΩ, mutta uunituksen jälkeisen arvon on kuitenkin oltava vähintään alkutarkastusarvon suuruinen.

### **3.2.4.2 Roottorin käämitys ja levypaketti**

Roottorin käämityksestä ja levypaketista tarkastetaan seuraavat asiat:

- käämityksen puhtaus ja mekaaninen kunto
- tukivanteiden ja kiilauksen kunto (silmämääräinen tarkastus)
- kommutaattorin kunto(silmämääräinen tarkastus)
- käämitysten eristysvastusmittaus kuivauksen jälkeen; myös jännitekoe ja vastusmittaus
- levypaketin kunto (silmämääräinen tarkistus).

Roottorikäänityksen eristysvastusarvon on oltava 20 °C:n lämmössä vähintään 100 MΩ.

### **3.2.4.3 Akseli**

#### **Laakerikaulat**

Mahdollinen laakerikaulojen kunnostustarve ratkaistaan tapauskohtaisesti käyttökohteen vaatimusten mukaan. Akselikaula mitataan vain, jos pinta on todettu huonokuntoiseksi tai laakeri irtoaa liian helposti.

Liukulaakerikaulan pinnanlaatu ei yleensä juuri muutu, jos laakeri toimii hyvin. Jos pinta on urautunut tai muuten huonokuntoinen, se häiritsee voitelukalvon muodostumista, jolloin käyttövarmuus ei ole hyvä. Kunnostustarve arvioidaan tapauskohtaisesti.

### **Akselinpää**

Akselinpään pinnanlaatu kärsii usein kytkinpuoliskon irtivedoista. Jos akselinpään kunto on silmämääräisen tarkastuksen perusteella huono, mitataan akselinpään halkaisija, ja kunnostustarve arvioidaan mittauksen ja pinnanlaadun perusteella tapauskohtaisesti.

Suoran kiilan sovite akselinpäässä muuttuu myös usein väljemmäksi. Tämänkin kunnostustarve arvioidaan tapauskohtaisesti. Yleisohjeena on, että akselinpään kantavasta lieriöpinnasta on oltava ainakin 90 % alkuperäisestä. Myös akselinpään suoruus tarkastetaan joko vastaanottotarkastuksen, osien tarkastuksen tai loppukoestuksen yhteydessä.

#### **3.2.4.4 Laakerointiosat**

Vierintälaakeroiduista koneista tarkastetaan laakeripesien sekä laakerirakenteeseen mahdollisesti kuuluvien muiden osien, kuten imurenkaiden, laakeripohjien, laakerikansien ja tiivisteiden kunto silmämääräisesti ja tarvittaessa mittaamalla.

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

#### **3.2.4.5 Metalliset tiivisteet**

Osa metallitiivisteistä, niin sanotut labyrinthitiivisteet, ovat kulumattomia. Kampatiivisteet puolestaan ovat kuluvia ja niissä on yleensä enintään muutaman kymmenesosamillimetrin kulumavara, jonka jälkeen tiiviste alkaa vuotaa.



### **3.2.4.6 Öljynnostorenkaat**

Renkaan on oltava riittävän pyöreä. Suurimman ja pienimmän arvon ero saa olla enintään 0,5 % renkaan halkaisijasta. Renkaan on myös oltava pinnaltaan ehyt.

### **3.2.4.7 Harjasilta**

Tarkastetaan harjanpitimien toiminta ja kunto, sekä tarvittaessa harjapaine ja jakotarkkuus. Myös tukieristeiden kunto ja kiinnitysruuvien kireys tarkastetaan.

Mitataan eristysvastus ja tarvittaessa tehdään eristyskoe.

### **3.2.4.8 Varusteet**

Yleisiä lisävarusteita, joita huolletaan perushuollon yhteydessä, ovat lämmönvaihtimet, puhaltimet, takometrit, ilmansuodattimet, maadoitusharjavarustus, termistorit, mittausvastukset, lämpömittarit ja seisontalämmitysvastukset.

## **3.2.5 Osien uusiminen /4/**

Perushuollon yhteydessä uusitaan seuraavat osat:

- roottorin laakerit (koneen varusteisiin kuuluvien apulaitteiden laakerit uusitaan asiakaskohtaisen sopimuksen perusteella)
- laakeritiivisteet, kun ne ovat öljyvoideltujen koneiden laakereiden kumi- korkki-, paperi- tai muovitiivisteitä tai rasvavoideltujen koneiden laakerikansien ja -pohjien huopatiivisteitä

- hiiliharjat, kun kulutuspituutta on alle 50 % jäljellä
- kaikki tarpeellisiksi katsotut osat asiakkaan kanssa tehtyjen sopimusten pohjalta.

### **3.2.6 Osien kunnostus /4/**

#### **3.2.6.1 Kommutaattori**

Kommutaattori sorvataan, uritetaan ja viistetään.

#### **3.2.6.2 Roottorin tasapainotus (tai tarkastus)**

Roottori tasapainotetaan, kun roottorille on perushuollossa tehty jokin tasapainotilaan vaikuttava toimenpide, kuten esimerkiksi akselin oikaisu, korjaus tai uusinta tai roottorikäänityksen tukivanteen levypaketin tai kommutaattorin korjaus. Kommutaattorin pinnan kunnostus ei edellytä roottorin tasapainotusta.

#### **3.2.6.3 Käämityksen pintalakkaus**

Pintalakkaus suoritetaan laatuohjeen 9387-4 (erikoisprosessit) mukaisesti.

#### **3.2.6.4 Kokoonpano**

Kokoonpano suoritetaan huolellisesti koneelle sopivaa kokoonpanojärjestystä noudattaen niin, ettei koneeseen pääse irrallista likaa. Laakerien ja muiden arkojen osien on oltava mahdollisimman hyvin suojattuina. Kun kone suljetaan, koneen sisälle ei saa jäädä mitään ylimääräistä.

Harjanpitimien etäisyys kommutaattorista säädetään oikeaksi. Jos harjan etäisyys kommutaattorin pinnasta jää suureksi, mahdolliset toimintaongelmat ovat harjan tulo- ja jättöreunan murtumat, jotka voivat johtaa kipinöintiin, sekä harjakaapelimurtumat.

Kokoonpanossa kone tiivistetään sen IP-luokan mukaiseksi.

### **3.2.6.5 Vierintälaakerien rasvaus**

Rasvan on sovelluttava käyttökohteeseen muun muassa lämmönkeston puolesta, joskus korkean ja joskus alhaisen lämpötilan takia.

### **3.2.7 Loppukoestus /4/**

Loppukoestuksella varmistetaan, että huollettu kone vastaa huollolle asetettuja tavoitteita. Kone, jolle on tehty ainoastaan osittainen huolto, arvostellaan loppukoestuksessa vain sille soveltuvin osin. Esimerkiksi sellaisen koneen kohdalla, johon on vaihdettu laakerit, mutta ei ole puhdistettu, pitää välttää eristysmittauksen tekemistä.

Loppukoestuksen vaiheet ovat seuraavat:

1. Silmämääräinen tarkastus
2. Käämitysten eristysvastusmittaus
3. Harjapitimien ja harjojen tarkastus
4. Varusteiden ja apulaitteiden toiminnan tarkistus
5. Akselinpään heittokellomittaus
6. Käämitysten jännitekoe
7. Tyhjäkäyntikoe; rootori- ja magnetointijännite nimelliset (samalla mitataan myös pyörimisnopeus ja värinä)

Mikäli kone ei täytä hyväksymisvaatimuksia, laatuvaava päättää mahdollisista jatkotoimenpiteistä yhdessä tilaajan edustajan kanssa.

Hyväksytysti koekäytetyn koneen koestus- ja mittausarvot kirjataan koestuspöytäkirjaan (liite 1). Loppukoestus on käsitelty tarkemmin luvussa 5.

### **3.2.8 Maalaus /4/**

Maalaus suoritetaan laatuohjeen 9387-4 (erikoisprosessit) mukaisesti.

### **3.2.9 Pakkaus ja lähetys /4/**

Tarkistetaan, että koneen kaikki varusteet ovat mukana lähetyksessä. Tarkastetaan myös, vaatiiko koneen rakenne jotain kuljetuksen aikaisia apulaitteita, esimerkiksi roottorin aksiaalista tai radiaalista lukitsemista.

Koneen pitää olla myös riittävästi suojattu.

## 4 Koestuslaitteiston ja koestuksen yleiskuvaus

### 4.1 Koestuslaitteisto ja -tapahtuma yleisesti

Huolletut koneet loppukoestetaan ennen asiakkaalle lähettämistä. Tässä vaiheessa mahdolliset kytkentä- tai huoltovirheet pitäisi viimeistään tulla ilmi.



**Kuva 23** Koestuspaikka

Koestuspaikka näkyy kuvassa 23, jonka vasemmassa laidassa on koestuspulpetti ja oikeassa laidassa kuormituskoepenkki, jota tässä työssä ei käsitellä lainkaan.

Normaalisti huollettuja DC-koneita ei kuormiteta koestuksessa lainkaan, vaan niitä pyöritetään vain tyhjäkäynnissä. Liitteenä 1 on DC-koneen huoltoraportti, joka toimii myös koneen loppukoestuspöytäkirjana. Siihen merkitään kaikki koestuksessa mitatut arvot (myös normaalit), kuten kaikki muutenkin havaitut viat tai puutteet.

Ennen koestusjännitteiden kytkemistä, tehdään silmämääräinen tarkastus, eristysvastusmittaus, käämien vastusmittaukset ja eristyskoe, harjojen ja harjapitimien tarkistukset, sekä varusteiden ja apulaitteiden tarkastukset.

Tyhjäkäyntikokeen aikana, koneesta mitataan muun muassa tärinä ja akseliheitto.

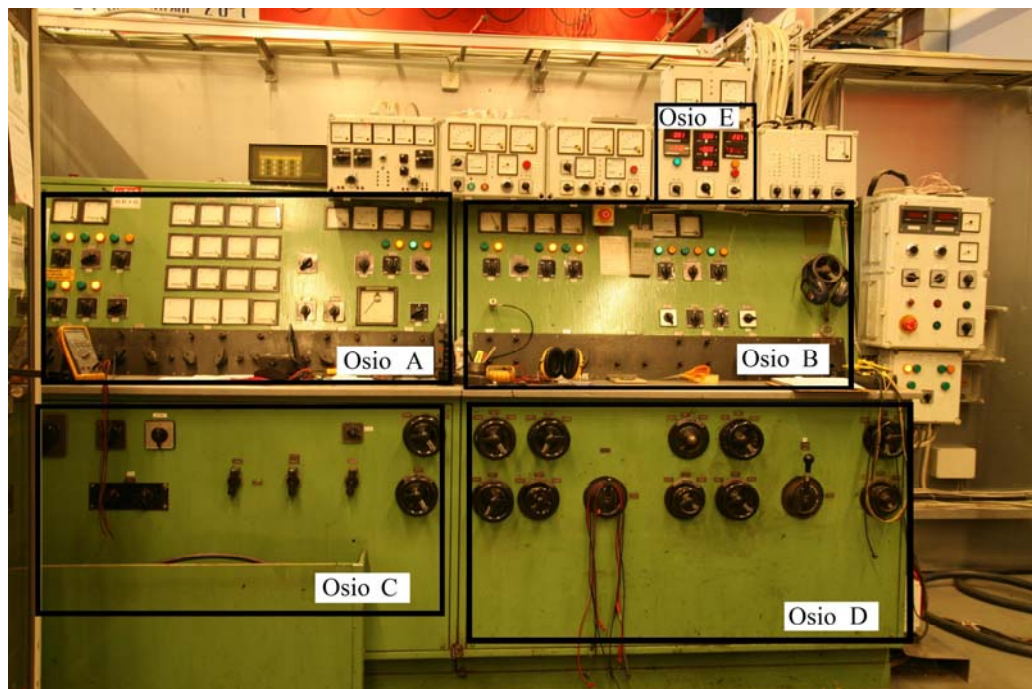
Kokonaisuudessaan koestuslaitteisto koostuu seuraavista tekijöistä:

- koestuspulpetti
- pyörivät muuttajakoneet
- jännitekoelaite
- eristysvastusmittari
- käämivastusmittari
- jännitelähde, mahdollisen jarrun poiskytkemistä varten
- tärinämittari
- heittokello
- lisäksi normaalit sähkötyökalut, kuten yleismittari.

## **4.2 Koestuspulpetti**

Koestuspulpetti on koestusjännitteiden säätöön tarkoitettu pulpetti, josta saadaan tarvittaessa sopiva koestusjännite kaikille eri konetyypeille joita Abb:n Nokian korjaamolla huolletaan. Jännitteet joita pulpetilla säädetään, tuotetaan muutaman kymmenen metrin päässä pulpetista sijaitsevassa huoneessa, pyörittämällä yhtä tai useampaa generaattoria moottoreiden avulla. Huoneessa on kaiken kaikkiaan 12 konetta, joita käsitellään tarkemmin kohdassa 4.3. Pulpetista voidaan valita aina koestettavan kohteen mukaisesti moottorit käyntiin, jotka puolestaan pyörittävät tarvittavia generaattoreita sopivan koestusjännitteen synnyttämiseksi.

Kuvan 24 pulpetista saadaan ulostulona sekä vaihto-, että tasasähkökoneen koestusjännitteet. Koska laitteiston rakentamisesta ja asentamisesta on kulunut jo jonkin verran aikaa, kaikki laitteet, lukuun ottamatta taajuusmuuttajaa ja siihen liittyviä mittaristoja, ovat mekaanisia. Mekaanisin relein ja muuttajin rakennettuja suurikokoisia laitteita, joiden piirustuksetkin ovat rakennusajanmukaisia. Laitteiston valmistaja on aikoinaan ollut ASEA, joten piirustukset ja kaikki merkkikilvet olivat ruotsin kielellä.



**Kuva 24** Koestuspulpetti

Kun sopivaa kytkentää valitaan pulpetin kytkimillä, se on tehtävä tarkoin ennalta määrättyssä järjestyksessä ja tietyllä tavalla. Tämä johtuu siitä, että koneet voivat kytkeytyä väärin, jos järjestystä ei kytkemisessä noudateta. Koska tekniikka on jo suhteellisen vanhaa, kaikkia estoja ei välttämättä ole aikanaan voitu laitteistoon rakentaa, jotta esimerkiksi tilaa säästyisi. Koko järjestelmä on kuitenkin aika monimutkainen, vaikkei automatiikkaa tai väärinkytketymisen estoja olekaan kaikkiin kohtiin rakennettu. Myös siitä syystä on järjestystä noudatettava, että joidenkin moottoreiden tähti-kolmiokäynnistys tehdään käsin.

Tällöin joudutaan odottamaan jonkin aikaa käynnistyksen jälkeen, että tähdessä käynnistyvän moottorin käynnistysvirta laskee riittävästi, ennen kuin kytkin käännetään kolmioasentoon.

Koestuspulpetti on osittain jaettu tasa- ja vaihtosähköpuoleen, mutta kytkimien osalta asia ei ole kuitenkaan aivan näin selkeä, koska osa kytkimistä muuttaa muiden kytkinten toimintaa ja osaa näistä tarvitaan sekä tasa-, että vaihtosähkökoneiden koestuksessa. Pulpetti jaettiin neljään eri osioon, jotka on tarkemmin esitetty kuvissa 25, 27, 29 ja 30. Lisäksi kuvassa 31 näkyy taajuusmuuttajaan liittyvä mittaristo, josta voidaan myös lukea joitain virtoja ja jännitteitä. Tästä myös valitaan koestuspulpetti tai taajuusmuuttaja käyttöön. Kuvissa 26 ja 28 on esitetty erikseen A ja B osioiden alareunoissa sijaitsevat liittimet. Kuviiin merkityt kytkin-, mittari- ja säätöpyörätunnukset näkyvät myös liitteenä 4 olevasta pääkaaviosta.

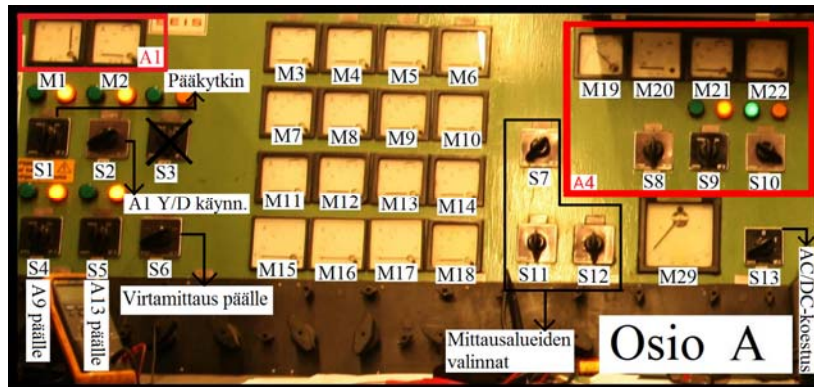
### **A-osio**

A-osion vasemmassa laidassa sijaitsee järjestelmän pääkytkin S1, sekä moottoreiden A1, A9 ja A13 käynnistyskytkimet S2, S4 ja S5. Näiden yläpuolella on syöttöjännitteen, sekä moottorin A1 virtamittaus M2.

Kentän keskiosassa on mittariryhmä M3-M18, jonka jokaisella vaakarivillä on kolme vaihevirrann mittausta, sekä yksi jännitemittaus. Nämä mittaavat vaihtosähkökonetta koestettaessa koestusjännitettä ja virtoja.

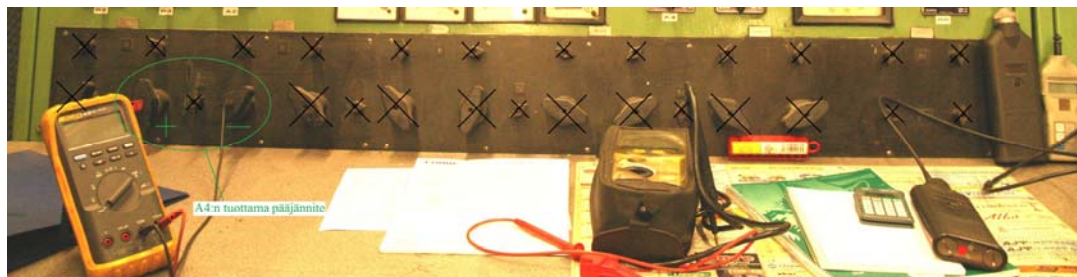
Oikeassa yläkulmassa olevat mittarit puolestaan kertovat koneen A4 pyörimisnopeuden (M19), ulostulojännitteen (M20), virran (M21), sekä magnetointijännitteen (M22). Näiden alta löytyvät koneen A4 käynnistykseen liittyvän kytkimet. Kytkimellä S8 saadaan valittua kytkentä, jossa kone A4 käynnistyy moottorina. Tällöin kone käynnistyy vasta kytkimestä S10. Generaattorina toimiessaan, koneen pääkontaktori menee kiinni kytkimestä S9.





**Kuva 25** Osio A

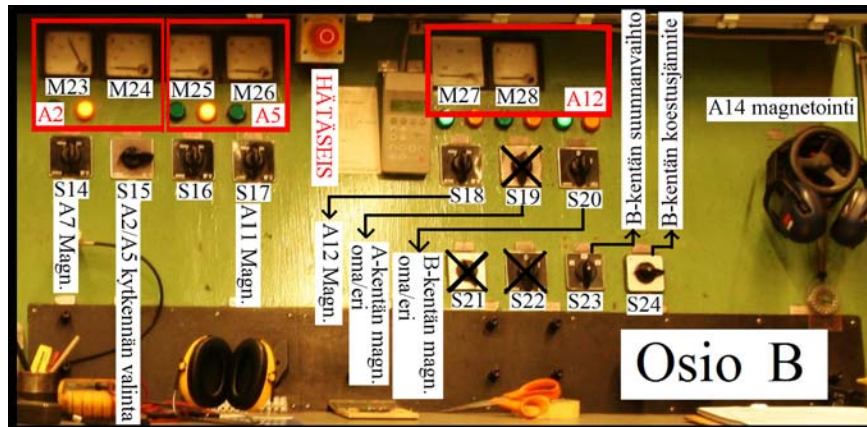
Sekä A-, että B-osion alareunassa on liittimiä, joista saa yleismittarilla helposti mitattua jännitteitä, virtoja tai tehoja muutamista eri kohdista järjestelmää. A- osion liittimistä ei kuitenkaan käytetä enää muita kuin yhtä liitinparia, joka näkyy kuvassa 26. Näistä liittimistä saadaan mitattua koneen A4 tuottaman kolmivaiheisen jännitteen pääjännite. Tätä mittausta ei kuitenkaan tasasähkökoestuksissa tarvita.



**Kuva 26** A-osion liittimet

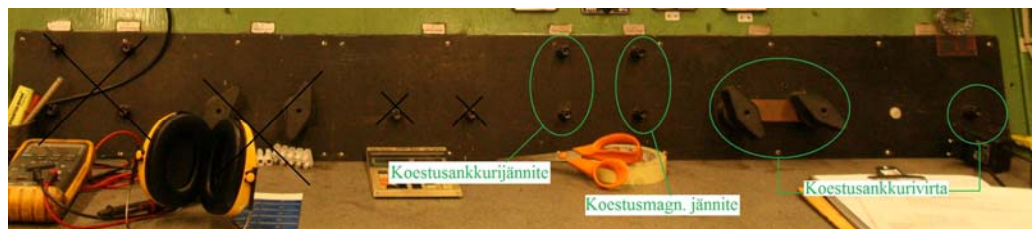
### **B-osio**

B-osiossa sijaitsevat muun muassa koneiden A2 (M23 ja M24), A5 (M25 ja M26) ja A12 (M27 ja M28) jännite- ja virtamittaukset, sekä kytkimet eri koneiden magnetoinnin kytkemiseen. Generaattoreiden A7 ja A11 magnetoinnit kytketään päälle kytkimistä S14 ja S17. Kytkimellä S15 valitaan koneiden A2 ja A5 välinen kytkentä (sarjaan/rinnan/erikseen). Myös koestettavan koneen magnetointijännite kytketään kytkimestä S24, jonka napaisuus saadaan vaihdettua kytkimellä S23.



**Kuva 27** Osio B

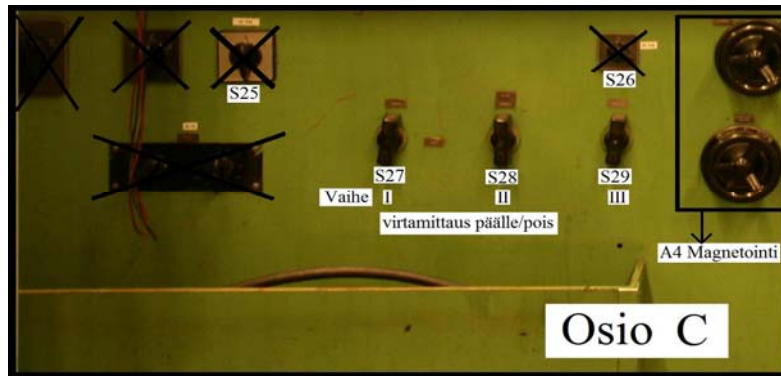
B-osion alareunassa sijaitsevat liittimet on merkitty kuvassa 28. Kuvan vasemmassa laidassa olevia yliviivattuja liittimiä ei enää tarvita, koska A-kenttä on poistettu kokonaan käytöstä. Oikeassa laidassa on puolestaan B-kentän mittaukseen tarkoitettut liittimet, joista saadaan mitattua koestusmagnetointi, -ankkurijännite ja -ankkurivirta.



**Kuva 28** B-osion liittimet

### C-osio

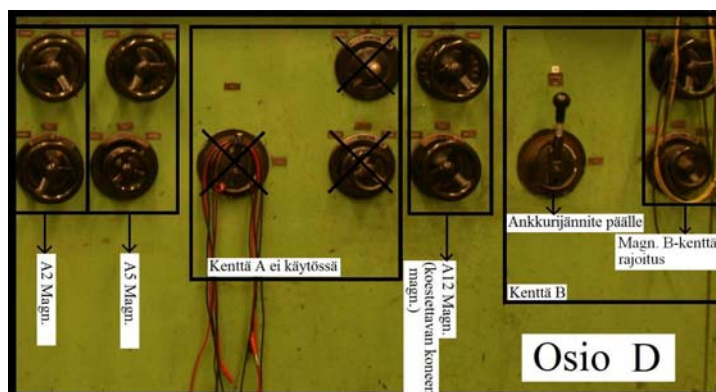
Kuvassa 29 on esitetty osio C, jossa ovat tärkeimpänä koneen A4 magnetoinnin säätöpyörät, joita DC-koneen koestuksessa käytetään magnetointi jännitteen säätämiseksi 25 volttiin. Tässä osiossa ovat myös kytkimet S27-S29 virtamittauksen kytkemiseen, mutta näitä ei juurikaan käytetä, koska mittaus pidetään yleensä päällä.



**Kuva 29** Osio C

### D-osio

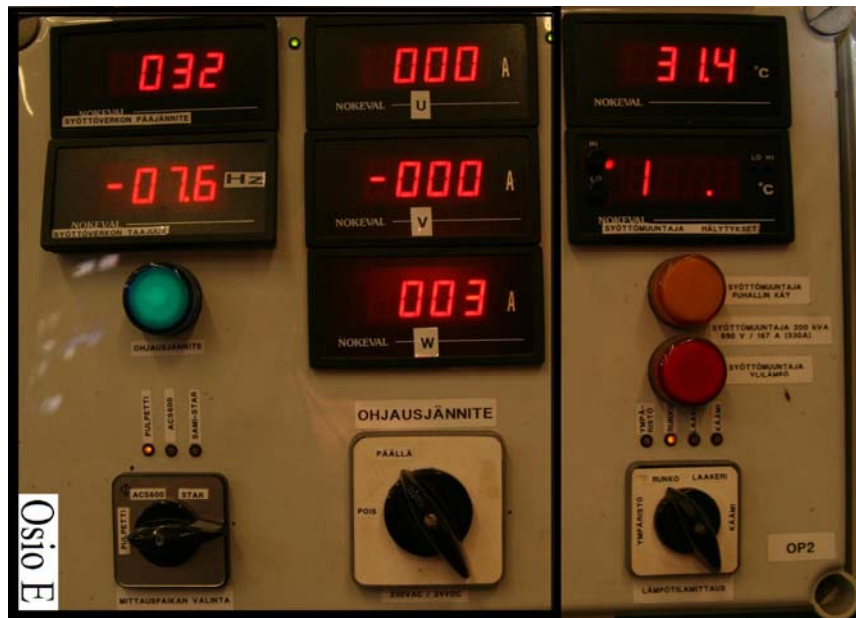
Kuvassa 30 on esitetty osio D, jossa ovat muun muassa säätöpyörät, joilla säädetään koestettavan koneen ankkurijännite. DC-konetta koestettaessa, koneen A2 magnetointiin vaikuttavilla säätöpyörillä säädetään jännite ensin niin suureksi kuin saadaan, jonka jälkeen magnetoimalla konetta A5 saadaan jännitettä suuremmaksi. D-osiossa on aikaisemmin ollut käytössä kaksi erillistä koestuskenttää (A ja B), mutta nykyään on vain B-kenttä käytössä. Koestettavan koneen magnetointia voidaan säätää kenttien välissä olevilla säätöpyörillä ja B-kentästä saadaan katkaistua Ankkurijännite-kytkimestä tai rajoitettua virtaa säätöpyörillä Magn. B-kenttä rajoitus (Magn. B-kenttä rajoitus -säätöpyöriä ei yleensä käytetä, vaan niiden annetaan olla maksimi asennossa, jolloin ne eivät rajoita virtaa).



**Kuva 30** Osio D

**E-osio**

Varsinaisen koestuspulpetin päällä olevan osio E:n kytkimistä saadaan myös luettua verkon jännite (Syöttöverkon pääjännite), taajuus (Syöttöverkon taajuus) ja vaihevirratt (U, V ja W).

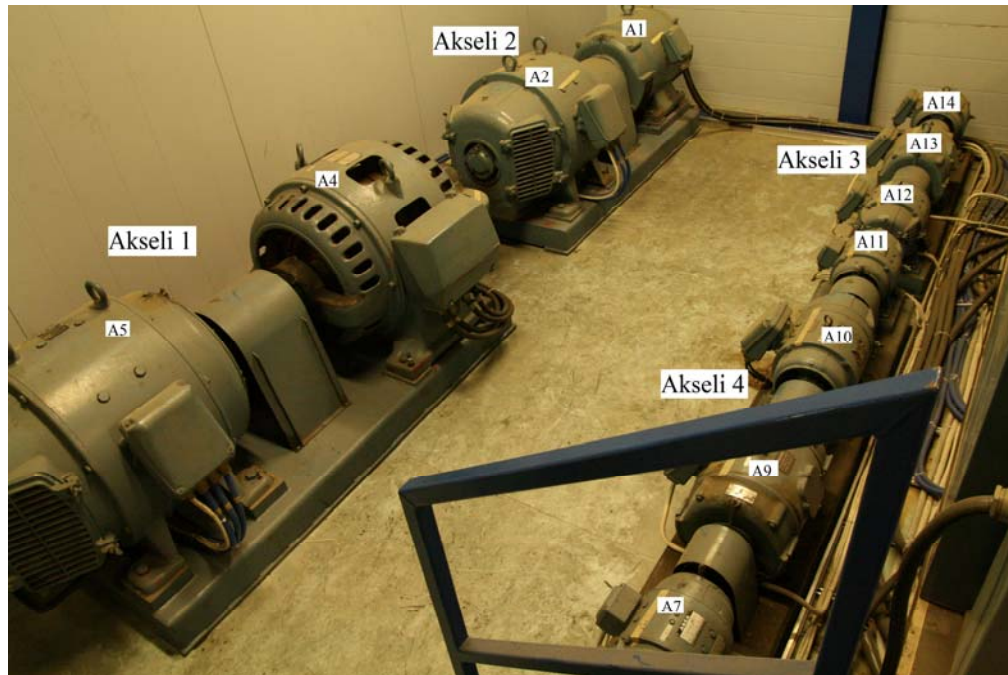


**Kuva 31** Osio E

### 4.3 Mekaaniset muuttajakoneet

Kuvassa 32 näkyvät kaikki muuttajahuoneen koneet, jotka ovat yhteensä neljällä eri akselilla. Sähköisesti koneet kytkeytyvät samassa huoneessa sijaitsevilla sähkökaapeilla olevien kontaktorien ja muiden apulaitteiden avulla, pulpetista kulloinkin valitulla tavalla. Apulaitteet on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.4.

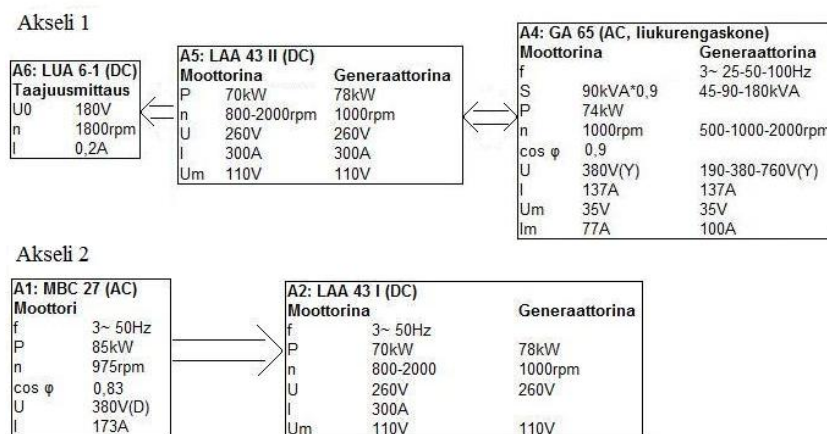




**Kuva 32** Pyörivät koneet

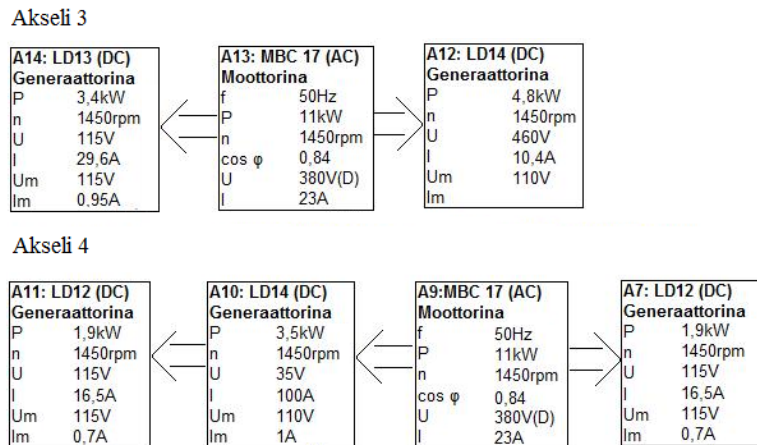
Muuttajahuoneessa on siis kuvassa näkyvät 12 konetta, joilla koestusjännitteiden synnyttäminen pulpettiin tapahtuu. Kuvissa 33 ja 34 on esitetty kaikkien koneiden kilpiarvot. Koneita kuvaavat ruudut ovat siinä järjestyksessä, kuin ne ovat oikeastikin ja niiden välille piirretty nuoli kertoo, mikä pyörittää mitäkin konetta. Molempiin suuntiin oleva nuoli tarkoittaa, että ne voivat toimia kummin päin hyvänsä, riippuen miten niitä pulpetista ohjataan. Kuten kuvasta selviää, koneet ovat kaiken kaikkiaan neljällä akselilla ja kytketty mekaanisesti yhteen nuolten osoittamilla tavoilla. Jokaisessa ruudussa on kerrottu koneen kilpiarvot, sekä toimiiko kyseinen kone vaihto- vai tasajännitteellä. Järjestelmän sähköpiirustuksissa on käytetty monenlaisia merkintöjä koneille, mutta selkeimmät niistä ovat A-alkuiset numeroinnit koneille (esimerkiksi A2, A4 ja A5), joten niitä käytetään myös tässä työssä.

Kuvassa 33 on esitetty akseleilla 1 ja 2 olevat koneet, jotka ovat tehoiltaan ja kooltaan suurimpia. Kone A1 on kolmivaiheinen oikosulkumoottori, joka pyörittää samalla akselilla olevaa generaattoria A2. Kone A2 syöttää koestuspöydän tasavirta-ulos-puto-puto, mutta kun sen teho ei yksin riitä, se voidaan kytkeä sarjaan tai rinnan koneen A5 kanssa, kuten DC-koneen koestusohjetta käytettäessä tehdäänkin. Kun A5 toimii generaattorina, pitää koneen A4 olla moottorikäytöllä. Vaihtosähkökoneita koestettaessa, koestusjännite otetaan puolestaan koneesta A4, joka toimii tällöin generaattorina ja A5 moottorina. Kone A6 on ainoastaan sitä varten, että siitä saadaan taajuusmittaus koestuspulpettiin.



**Kuva 33** Akseleilla 1 ja 2 olevat koneet

Kuten kuvasta 34 nähdään, akseleilla 3 ja 4 puolestaan ovat pienemmät koneet, joita pääosin käytetään suurempien koneiden magnetointiin. Kone A14 on ainoa generaattori, joka ei tarvitse ulkopuolista magnetointia. Kun A13 käynnistetään, A14 käynnistyessään synnyttää magnetointijännitteen koneille A7, A10, A11, sekä samalla akselilla olevalle koneelle A12. Generaattori A12 puolestaan syöttää pulpetille koestuksessa käytettävän magnetointijännitteen. Kone A7 taas synnyttää magnetoinnin koneelle A2, A10 koneelle A4 ja A11 koneelle A5. Näiltä koneilta saadaan pulpetin ulostulosta koestusjännitteet.



**Kuva 34** Akseleilla 3 ja 4 olevat koneet

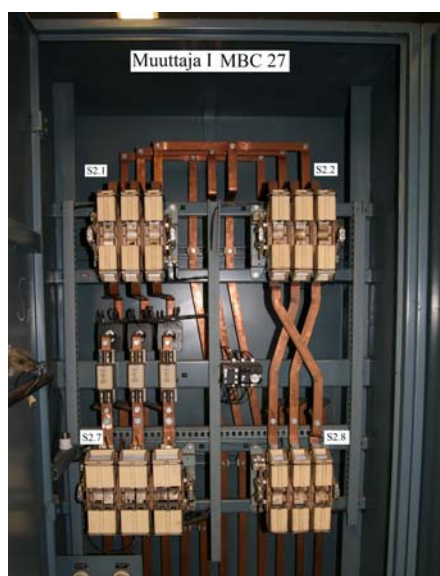
#### 4.4 Apulaitteet

Laitteiston tärkeimmät apulaitteet oli sijoitettu pyörivien koneiden kanssa samaan huoneeseen, jossa sijaitti kuvassa 35 näkyvät neljä sähkökaappia. Näistä ei ollut koestajilla kovin hyvää dokumentaatiota tai muutenkaan kovin tarkkaa käsitystä, joten kuviin on merkitty tärkeimpien komponenttien tunnuksset. Pääosin kaapit sisältävät kontaktoreja, joita koestuspulpetista ohjaamalla saadaan valittua koneille halutut kytkennät. Kontaktorien tunnuksset ja tehtävät on nähtävissä myös liitteenä 4 olevassa pääkaaviossa.



**Kuva 35** Apulaitekaapit

Vasemman puoleisessa kaapissa oli koko järjestelmän pääkontaktori S2.7, jonka kautta saadaan kytkettyä sähköt pääkiskoon. Lisäksi kaappiin on sijoitettu moottorin A1 pääkontaktori S2.1, sekä tähti-kolmiokäynnistykseen tarvittavat kontaktorit S2.2 ja S2.8. Kuvasta 36 näkyvät kontaktorien tunnukset.



**Kuva 36** Muuttaja I MBC 27

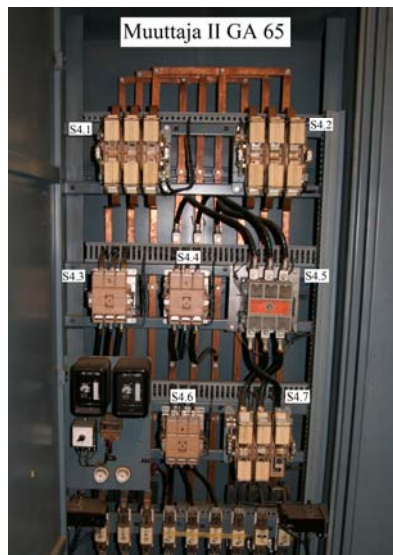


Toiseen kaappiin vasemmalta, joka näkyy kuvassa 37, oli sijoitettu kontaktorit, joilla voidaan valita koneiden A2 ja A5 välinen kytkentä. Koneet voivat näiden kontaktorien kautta kytkeytyä joko sarjaan tai rinnan.



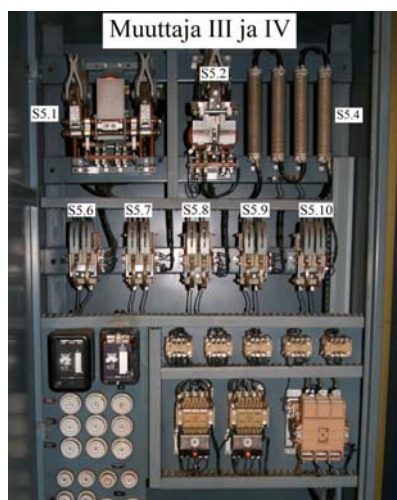
**Kuva 37** Vaihtokytkin LAA 43 I & II

Kolmanteen kaappiin, joka on kuvassa 38, oli sijoitettuna koneen A4 kontaktorit. Koneen toimiessa moottorina pääkontaktori on S4.1, mutta generaattorina se on S4.2. Kontaktoreilla S4.3-S4.7 valitaan koneen kytkentä. Koska koneessa A4 on hiiliharjat, sen roottorin kytkentään voidaan vaikuttaa näillä kontaktoreilla, joilla voidaan myös käynnistää kone joko tähti- tai kolmiokytkennässä.



**Kuva 38** Muuttaja II GA 65

Neljänteen kaappiin, joka näkyy kuvassa 39, oli sijoitettu koneen A4 magnetointipuolella olevat kontaktorit S5.1, S5.2, sekä vastus S5.4. Kontaktoreilla S5.6, S5.7 ja S5.8 ohjataan pienempien koneiden magnetointeja ja kontaktoreilla S5.9 ja S5.10 taas ohjataan magnetointi joko pulpetin A- tai B-kenttään.



**Kuva 39** Muuttaja III ja IV

## 5 Loppukoestuksen eri vaiheet

### 5.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisessä tarkastuksessa katsotaan koneen osat päällisin puolin, ettei huollossa ole jäänyt epähuomioissa esimerkiksi puuttumaan joitain osia tai pultteja ja että kaikki pultit on kiristetty. Kuvassa 40 on loppukoestukseen tullut, huollettu DC-moottori.



**Kuva 40** Silmämääräinen tarkastus

### 5.2 Käämitysten eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittaus tehdään Megger BMM80 -mittarilla, mittaamalla vastus käämien ja rungon välillä. Eristysvastus  $R_e$  on mitattava samalla jännitteellä kuin välikoestuksessa, normaalisti 500 V. Eristeen varautumisesta johtuen määritettävä eristysvastus muuttuu koko mittauksen ajan, joten mittausajan on oltava sama. Eristysvastusarvo otetaan ajanhetkellä, jolloin mittauksen aloitushetkestä on kulunut 15 s.

Eristysvastusarvojen tulee olla seuraavan suuruiset:

- Kaikki roottoriin kuuluvat käämitykset yhdessä  $R_e > 10 \text{ M}\Omega/20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Magnetointipiiri  $R_e > 50 \text{ M}\Omega/20 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Kuva 41** Eristysvastuksen mittaaminen

Mitatun arvon pitää kuitenkin olla aina vähintään alkutarkastuksessa mitatun suuruinen.

Kuvassa 41 mitataan eristysvastusta ankkurikäämin ja rungon väliltä.

### **5.3 Harjapitimien ja harjojen tarkastus**

Tarkastetaan seuraavat asiat:

- harjojen tulee liikkua herkästi pitimissään
- pitimien etäisyyden kommutaattorin pinnasta tulee olla 1,5-2.5 mm, jos säätö on mahdollinen
- harjojen tulee vastata hyvin kommutaattorin pintaan

Kuvassa 42 näkyy koneen kommutaattori ja hiiliharjat.



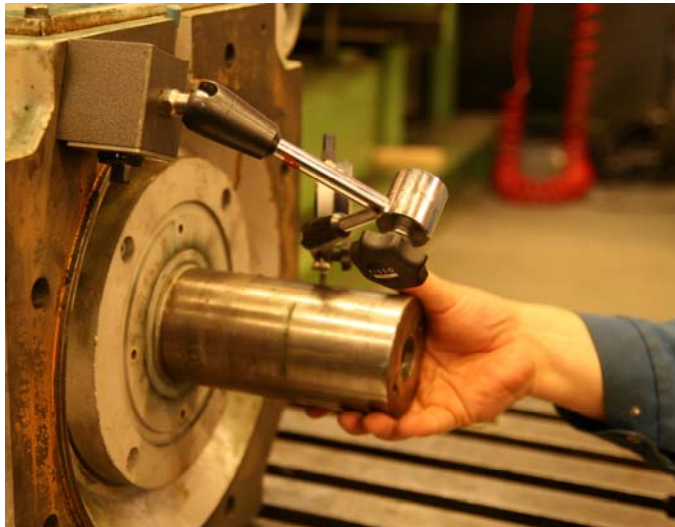
**Kuva 42** Harjojen ja harjapitimien tarkastus

#### ***5.4 Varusteiden ja apulaitteiden toiminnan tarkistus***

Tarkastetaan koneen apulaitteet ja varusteet, kuten esimerkiksi jarrut, hiilien kulumismittausanturit, lämmitysvastus, takometri tai pulssianturi. Takometri tarkastetaan mittaamalla.

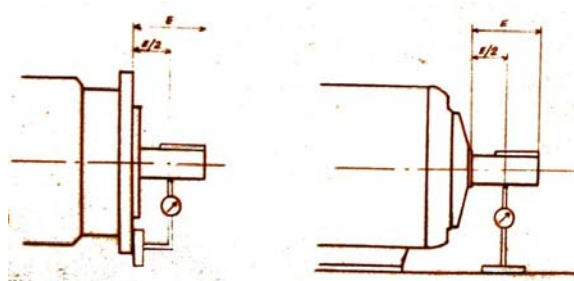
### 5.5 Akselinpään heittokellomittaus (ellei tehty jo aikaisemmin)

Akselin suoruus mitataan sen päästä heittokellolla, joka mittaa akselinpäässä tapahtuvan heiton millimetreinä. Kuvassa 43 mitataan akselin heittoa.



**Kuva 43** Heittokellomittaus

Heittokello asetetaan kuvan 44 osoittamaan kohtaan, kotisuoraan akselia kohti. Akselia pyöritetään 360 astetta ja heittokellosta luetaan sekä maksimi-, että minimiarvot.



**Kuva 44** Heittokellomittauksen kohta akselilla

Mittarilta luetun minimi ja maksimiarvon erotus saa olla enimmillään taulukosta 1 nähtävän arvon suuruinen.

**Taulukko 1** Akseliheitto toleranssi

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

## 5.6 Jänniteko

Ennen jännite- eli eristyskoetta, on eristysvastusmittauksella varmistettava, että käämityksen eristystila on riittävä jännitekokeen suorittamista varten. Koestettavan käämityksen 15 s eristysarvon tulisi olla vähintään 10 M $\Omega$ . Ehdoton alaraja jännitekokeen suorittamiselle on 1 M $\Omega$ .

Jänniteko suoritetaan 50 Hz:n, 0,1 Hz:n taajuisella vaihtojännitteellä tai tasajännitteellä 1 minuutin ajan. Kuvassa 45 suoritetaan jännitekoetta jännitekoelaitteella (Thum) ankkurikäämityksen ja rungon välille.





**Kuva 45** Jännitekoe

Kun koestusjännitteen  $U_e$  taajuus  $f$  on 50 Hz, koestusjännite saadaan seuraavilla tavoilla:

- puhdistetulle ja kuivatulle osalle voidaan laskea kaavan 1 mukaisesti

$$U_e = 1,25 \cdot U_N + 500 V$$

- kokoonpanulle koneelle kaavan 2 mukaisesti

$$U_e = 1,25 \cdot U_N + 400 V$$

jossa  $U_N$  on koneen nimellisjännite.

Jos koestusjännitteen taajuus 0,1 Hz tai tasajännite, kerrotaan edellä saadut arvot 1,6:lla.



Suurjännitekoneille jännitekoe suoritetaan kuvan 46 laitteella (Seba Dynatronic HBG 25).



**Kuva 46** Seba Dynatronic HBG 25

### **5.7 Tyhjäkäyntikoe (vaihe, johon koestuspulpettia ja muuttajia käytetään)**

Koneeseen kytketään ensin magnetointi- ja sitten ankkurijännite, ohjeen mukaisesti.

Tyhjäkäyntikokeessa käytetään nimellisiä roottori- ja magnetointijännitteitä, ja siinä mitataan tai arvostellaan seuraavat asiat:

- käyntiääni yleensä
- harjojen käyntiääni
- laakereiden ääni ja lämpötila
- roottoripiirin virta ja jännite
- magnetointivirta ja -jännite (verrataan kilpiarvoihin)
- pyörimisnopeus

- värähtelytaso (laakerikilvistä mitattuna)
- apulaitteiden toiminta (sikäli kun se on koepyörytyksessä mahdollista)
- harjojen kipinöinti (mikäli tyhjäkäynnissä oleva DC-kone kipinöi, se on lähes varmasti viallinen tai väärin kytketty).

Koneen pyörimisnopeus mitataan kuvan 46 mukaisesti Stroboskoopilla ja merkitään koestuspöytäkirjaan. Lukema otetaan ylös, kun akseli näyttää pysähtyneeltä.



**Kuva 46** Pyörimisnopeuden mittaus

Tärinä mitataan koneesta pysty-, vaaka- ja aksiaalisuunnissa. Suurin sallittu laakerikilvistä mitattu värähtelyarvo, ellei muusta ole sovittu, on vierintälaakerikoneilla 2,0 mm/s ja liukulaakerikoneilla 1,5 mm/s, kun roottoriin jännite (ja pyörimisnopeus) ja magnetointijännite ovat nimelliset.

Kuvassa 46 mitataan pystysuuntaista tärinää.



**Kuva 46** Pystysuuntaisen tärinän mittaaminen

Kun liukulaakerikoneita koekäytetään, tulee varmistaa laakerien jatkuva voiteluöljyn saanti. Riittämätön voitelu vaurioittaa nopeasti laakeripintoja, vaikkei laakeri varsinaisesti palaisikaan. Jos kone on varustettu kiertovoitelulaitteella, tulee öljynvirtausta laakereihin valvoa, ja mikäli laakerin toimintaa tai toimintalämpötilaa halutaan seurata pitempään, on tulevan öljyn lämpötila pidettävä hyväksyttävissä rajoissa ja niin vakiona kuin mahdollista.

## 6 Laitteiston uudelleennumerointi ja nimeäminen

Koestuspulpettia ei alun perin oltu numeroitu valmistajan toimesta lainkaan, vaan kytkinten ja mittareiden kohdalla oli vain ruotsinkieliset nimikyltit, joiden teksti viittasi kytkimen toimintaan. Kylttien teksti oli kuitenkin hyvin pientä ja huonosti näkyvää, jonka takia aikaisempien koestusohjeiden tekijä oli liimannut pulpettiin omat merkintänsä niiden kytkinten kohdalle, jotka ohjeissa olivat käytössä. Moottorien koestajien mielestä nämä merkinnät olivat kuitenkin epäselvät, jonka takia suoritimme numeroinnin uudestaan.

Uusi numerointi suoritettiin järjestyksessä siten, että kytkimet saivat S-alkuisen merkinnän ja mittarit M-alkuisen. Myös säätöpyörät nimettiin uudestaan siten, että jo nimestä selviää, mihin koneeseen säätöpyörä vaikuttaa. Uudet merkinnät näkyvät liitteenä 3 olevasta laiteluettelosta.

## **7 DC- koneiden koestusohjeet**

### ***7.1 Yleistä koestusohjeista***

Ennen tämän työn aloittamista koestusohjeet koostuivat kuudesta eri ohjeesta, jotka eivät kaikki olleet enää käytössä. Eri ohjeet olivat erilaisten koneiden koestusta varten ja niissä oli yksityiskohtaisesti selitetty kytkimet ja säätöpyörät, joita pulpetista tuli käyttää, sopivan koestusjännitteen aikaansaamiseksi. Vanhat ohjeet oli nimetty seuraavasti ja niitä käytettiin seuraavanlaisiin tarkoituksiin:

#### **1. Generaattorin käyttö (vaihtovirta)**

Ohje vaihtovirtakoneen koestukseen käytettävän koestusjännitteen synnyttämiseen ja sen säätämiseen. Uusi AC-koneiden koestusohje Juha Konttisen päättötyössä.

#### **2. Generaattorien rinnankäyttö (tasavirta)**

Tasavirtakoneen ankkurijännitteen synnyttäminen ja säätäminen (käynnistää koneet A2 ja A5). Ennen tämän ohjeen käyttöä on pitänyt käyttää ohjetta numero 5, jonka avulla saadaan tasavirtakoneen magnetointijännite ennen ankkurijännitettä, ettei kone ryntää.

### **3. Muuntajan käyttö**

Pulpetin oman säätömuuntajan käyttö (ohje ei enää käytössä, koska muuntajaa ei käytetä).

### **4. Generaattorin käyttö (tasavirta)**

Tasavirtakoneen ankkurijännitteen synnyttäminen ja säätäminen (käynnistää koneen A2).

### **5. Pikkugeneraattorin B (tasavirtakäyttö)**

Tasavirtakoneen magnetointi jännitteen synnyttäminen ja säätäminen (käytettiin ennen ohjeiden 2. ja 4. käyttöä).

### **6. Pikkugeneraattorien kytkeminen (tasavirta), joita käytetään koneen magnetoimiseen (kenttä A)**

Ohje ei enää käytössä, koska kenttä A on kokonaan poistettu käytöstä.

Koestus ohjeita saatiin selkeytettyä muun muassa siten, että jäljelle jäi vain yksi vaihtosähkökoneiden koestukseen tarvittava ohje, sekä yksi tasasähkökoneiden koestusohje.

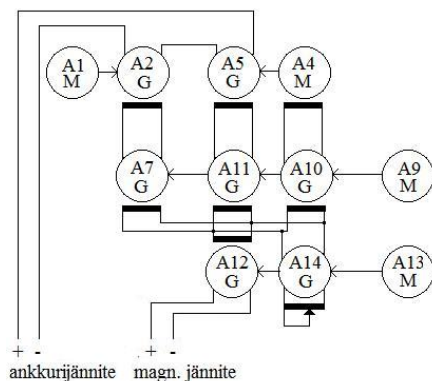
Uusi tasasähkökoneiden koestusohje on käsitelty kohdassa 7.2. Ohjeen alkuun on liitetty magnetoinnin kytkemisen ohje, jolloin missään tapauksessa ei tarvita kuin yhtä ohjetta yhden koneen koestukseen ja samalla on myös helpompi muistaa, että magnetointi on kytkettävä ennen ankkurijännitettä. Aikaisemmin tasasähkökonetta koestettaessa jouduttiin ensin käyttämään yhtä ohjetta magnetointijännitteen ja toista ankkurijännitteen kytkemiseen.

## 7.2 Uusi koestusohje: DC-generaattorien sarjakäyttö

Tätä ohjetta vastaavan vanhan ohjeen nimessä mainittiin “rinnankäyttö”, mutta tämä nimi oli virheellinen, koska todellisuudessa generaattorit kytkeytyivät sarjakytkentään. Uusi ohje siis vastaa muuten vanhaa ohjetta, mutta sen alkuun on liitetty magnetointijännitteen kytkemisen ohje.

Kuvasta 47 näkyy, kuinka koneet kytkeytyvät uutta tasasähkökoneen koestusohjetta käytettäessä. Ohjeen alussa (liite 2) kytetään ensin magnetointijännite, koska se on aina kytkettävä ennen ankkurijännitteen kytkemistä, ettei koestettava kone ryntää.

Magnetointi jännite saadaan käynnistämällä kone A13, jonka akselilla on koneet A14 ja A12. Kone A14 on ainoa generaattori, joka ei tarvitse ulkoista magnetointia, jolloin se käynnistyessään synnyttää magnetointijännitteen koneille A12, A7, A11 ja A10.



**Kuva 47** Magnetointi- ja ankkurijännitteen kytkeminen

Ankkurijännite puolestaan saadaan kytkemällä A2 ja A5 sarjaan ja käynnistämällä moottorit A1, A4 ja A9. Kuvasta 47 nähdään, kuinka generaattori A14 magnetoit koneet A7, A11 ja A10, jotka taas magnetoivat koneet A2, A5 ja A4. Kone A4 on tahtikone, joka voi toimia moottorina tai generaattorina, jonka takia se tarvitsee myös ulkoisen magnetoinnin.

## 8 Loppupäätelmät

Jälkeenpäin ajateltuna, työ oli kokonaisuutena mielestäni hyvinkin haastava, mutta samalla se oli myös taitoja kehittävä. Itselläni eikä Juha Konttisella, jonka kanssa selvitimme asioita myös kahdestaan, ei alun perin ollut laitteistosta mitään käsitystä ja alkuun aikaa kuluikin lähinnä laitteiston ihmettelyyn ja tutkimiseen, kunnes alkoi selvittää mistä on kysymys. Laitteiston selvittäminen pelkästään sähköpiirustuksien ja muutaman työntekijän avulla kehittikin huomattavasti muun muassa piirustuksien lukutaitoa, sekä päättelykykyä.

Mielestäni saimme ainakin kaikki tärkeimmät tavoitteet saavutettua, jotka oli työn teittäjän kanssa sovittu. Lähtökohtana työlle olikin kokoajan se, että tilaajan toiveet työn suhteen toteutuvat.

Päätarkoituksena oli selkeyttää koestustapahtumaa niin, että perussähkötekniikan tunteva henkilö pystyisi ohjeiden perusteella koestuksen suorittamaan. Tässä tavoitteessa mielestäni työ toteutui hyvin, koska ohjeet vähenivät kokonaisuudessaan kahteen (DC tässä ja AC Konttisen työssä) koneiden koestusohjeeseen. Samalla näitä ohjeita saatiin selkeytettyä ja laitteisto merkattua hyvin, jolloin koko laitteisto on helpompi hahmottaa.

Työtä tehdessä ei eteemme tullut mitään, mikä vaatisi mielestäni mitään erityisiä jatko toimenpiteitä. Merkinnät pulpettiin teimme Dymo-laitteella, jonka teipit saattavat ajan kuluessa irtoilla, joten halutessaan työn tilaaja voisi teettää kaiverretut kyltit näiden teippien tilalle.

## Lähteet

- 1 Ahoranta Jukka, Sähkötekniikka, WSOY. Porvoo 1995. 336 s.
- 2 Aura Lauri, Tonteri Antti, Sähkömiehen käsikirja 2: Sähkökoneet, WSOY. Porvoo 1986. 373 s.
- 3 Moniste tasavirtakoneen toiminnasta, Strömgerg,
- 4 Pirhonen Seppo, huoltoohje, Abb Oy Service, 2007





## DC-koneen huoltoraportti

Työnumero: LIITE 1

Asiakas:		Yhteyshenkilö:				Tilaus/viite:					
Valmistaja: ABB		Tyyppi DMG225S				Sarjano: 8112967/1993					
Teho: 315 kW	Nopeus: 2666 rpm	Jännite: 440 V	Virta: 528 A	Mg. jännite: 300 V	Mg. virta: 7,6 A						
D-laakeri:		N-laakeri:		Hiililaatu:		Hiilien lkm: kpl					
<b>Koneen mukana tulleet varusteet:</b>					<b>Havaitut viat:</b>						
Kytkin <input type="checkbox"/>	Erillistuuletin <input type="checkbox"/>	Vaihte <input type="checkbox"/>	Magneetikäämi <input type="checkbox"/>	Kääntönapakäämi <input type="checkbox"/>	Kompondikäämi <input type="checkbox"/>	Roottorikäämi <input type="checkbox"/>					
Hihnapyörä <input type="checkbox"/>	Lämmönvaihdin <input type="checkbox"/>	Jarru <input type="checkbox"/>	Laakeri <input type="checkbox"/>	Laakeripesä <input type="checkbox"/>	Akseli/laak.kaulat <input type="checkbox"/>	Muut laak.osat <input type="checkbox"/>					
Takometri <input type="checkbox"/>	Voitelukoneikko <input type="checkbox"/>	Varahiilet <input type="checkbox"/>	Kommutaattori <input type="checkbox"/>	Harjasilta/kaapelit <input type="checkbox"/>	Hiilet <input type="checkbox"/>						
<b>Vian kuvaus:</b>											
<b>Tehdyt huolto/korjaustoimenpiteet:</b>											
	Tarkastus tai mittaus	Puhdistus ja kuivaus	Kunnostus	Uusinta	Kyllästys tai lakkaus		Tarkastus	Mittaus	Puhdistus ja kuivaus	Kunnostus	Uusinta
Magneetikäämi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakerikilpi/pesä, N-pää	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kääntönapakäämi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laakerikilpi/pesä, D-pää	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kompondikäämi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>
Roottorikäämi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>
Kommutaattori	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Akseli/laakerikaulat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Harjasilta/harjakaapelit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muut laakeriointiosat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Harjat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Puhallin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Runko/magneetikohä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Takometri	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liitännät/liitännätokelo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>
<b>Loppukoestus, mekaaniset mittaukset</b>				<b>Tyhjäkäyntikoe</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>muuttajakone</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>tyristorisilta</b> <input type="checkbox"/>							
Akseliheitto:	D: 0,01 mm	N: mm	Roottorijännite: 440 V		Roottorivirta: A						
Akselin pyöreys:	D: OK	N: OK	Magnetointijännite: 266 V		Magnetointivirta: 7,8 A						
Laakerikaulat:	D: mm	N: mm	Pyörimisnopeus: 2655 rpm								
Laakeripesät:	D: mm	N: mm	Värähtely, D-pää: V: 1,6 mm/s	P: <1 mm/s	A: <1 mm/s						
<b>Loppukoestus, sähköiset mittaukset</b>			Värähtely, N-pää: V: 1,5 mm/s	P: <1 mm/s	A: <1 mm/s						
Eristys vastus	Roottorikäämi:	>1000 MΩ @ 500 V		Loppulämpötilat:	D: °C	N: °C	Käämi °C				
	Magnetointipiiri:	>1000 MΩ @ 500 V		Akselilla olevat varusteet:	Vapaa <input type="checkbox"/>	Kiila <input type="checkbox"/>	Kytkin <input type="checkbox"/>				
	Kehän rt. piiri:	MΩ @ V		Hihnapyörä <input type="checkbox"/>	Hammaspyörä <input type="checkbox"/>	Vaihte <input type="checkbox"/>					
Toistoaalto	V OK		Lopputarkastus:	Käyntiääni Normaali Aistinvarainen tarkastus OK							
Resistanssit:	Roottori: Ω	Magn.piiri: 30,4 Ω	Koekäyttöaika:	min							
Kehän rt. piiri: Ω		<b>Puhallinmoottorin koestus</b>									
Jännitekoe:	900 VAC OK		Jännite V	Iu	A	Iv	A	Iw	A		
Lämpötila-anturit:	PTC/NTC <input type="checkbox"/>	T1:	T2:	T3:	Eristysvastus	MΩ @ V		Aistinvarainen tarkastus OK			
	PT-100 <input type="checkbox"/>	1: Ω	4: Ω	7: Ω	<b>Huomautukset:</b>						
	Klixon <input type="checkbox"/>	2: Ω	5: Ω	8: Ω							
	<input type="checkbox"/>	3: Ω	6: Ω	9: Ω							
Kommutaattori:	Heitto mm		Pinnanlaatu OK								
Harjapaine:											
Lisälaitteet:											
<b>Muut toimenpiteet:</b>							<b>Laakereiden voiteluaine:</b>				
Tasapainotus tarkastettu <input type="checkbox"/>	Vaihte huollettu <input type="checkbox"/>	Voitelukoneikko huollettu <input type="checkbox"/>	Esso Unirex N2 <input checked="" 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"/>									
Koestuspv: 3.4.2008	Koestaja:	Tarkastettu:	Hyväksytty:		Seuraava huolto:						

**Magnetointijännitteen kytkeminen koestettavalle koneelle (aina ennen ankkurijännitettä!):**

**1. Kytke verkkokytkin S1 päälle.**

-Kytkee kontaktorin S2.7 päälle

**2. Kytke kytkimet S5, S18 ja S20 päälle.**

- Kytkin S5 kytkee moottorin A13 päälle/pois, joka pyörittää samalla akselilla olevia generaattoreita A7, A11 ja A10, joista saadaan magnetointi koneille A2, A5 ja A4.

- Kytkin S18 kytkee kontaktorin S5.8 kiinni, joka kytkee magnetointi jännitteen generaattorille A12

- Kytkin S20 kytkee kontaktorin S5.9 päälle, joka kytkee koestettavan koneen magnetointijännitteen B-kenttään

**3. Kytke napojen vaihtokytkin S23, joko asentoon MEDUR tai MOTUR.**

- Kytkimellä S23 valitaan kontaktorin PL63 asento, joka vaihtaa koestettavan koneen magnetoinnin napaisuuden eli kytkimellä valitaan pyörimissuunta.

**4. Kytke kytkin S24 päälle.**

- Kytkimellä S24 kytketään jännite koestettavaan laitteeseen.

**5. Säättöpyörät "Magn. B-kenttä" pitää olla suurimmassa asennossa, eli "kasvaa"**

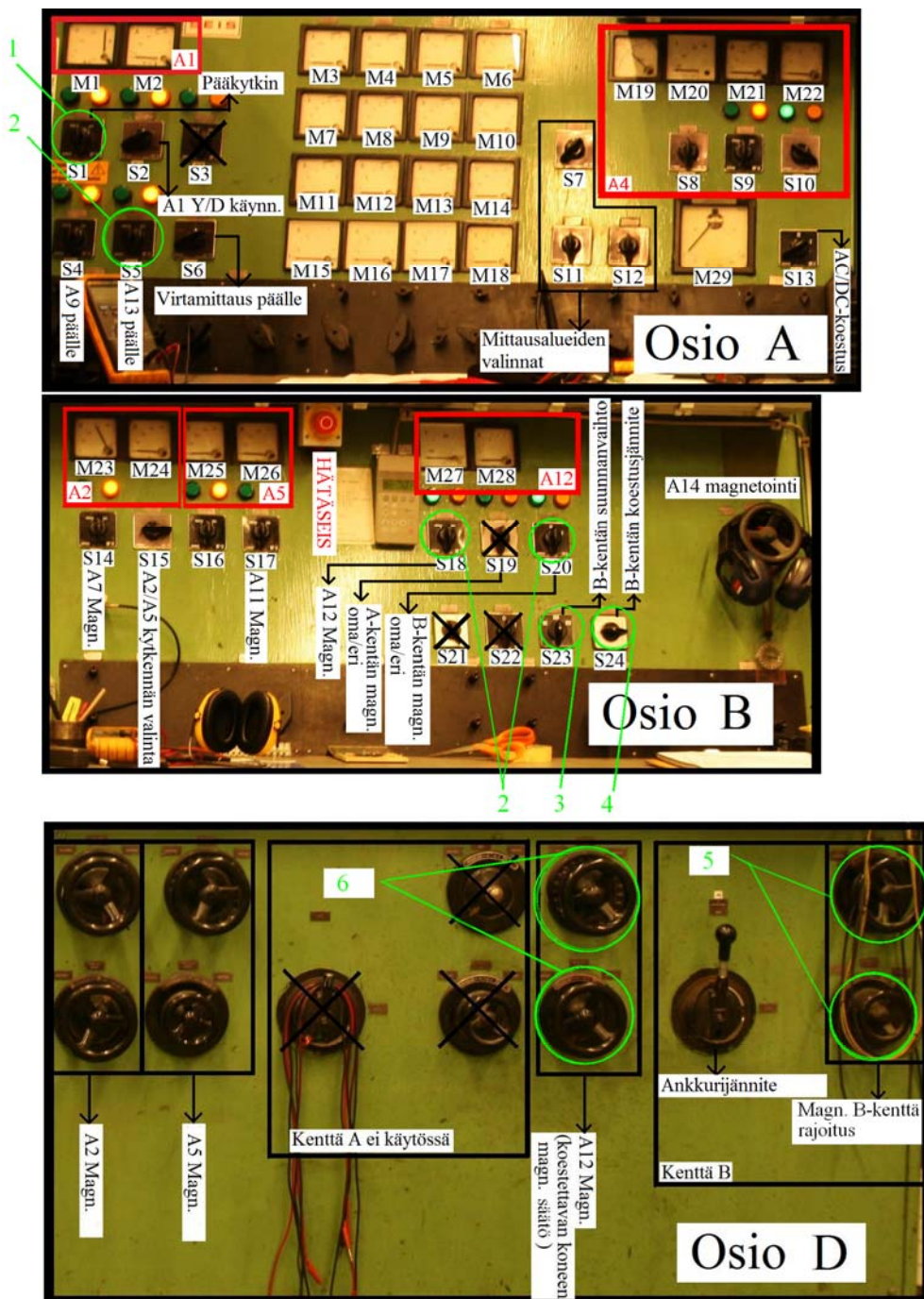
- Säättöpyörien on oltava suurimmassa asennossa, sillä ne eivät vaikuta koestusjännitteen tuottavan generaattorin magnetointiin. Ne ovat ainoastaan rajoittamassa koestusvirtaa.

**6. Säättöpyöristä "A12 Magnetointi" voidaan säätää ulostuleva jännite.**

- Säättöpyörät säätävät koneen A12 magnetointia ja tätä kautta koestusmagnetointia

**7. Ulostuleva virta otetaan koestuspulpetin päässä olevasta johdosta, joka on liitetty napoihin B kenttä.**

Päältä pois kytkeminen päinvastaisessa järjestyksessä.



**Kuva 1** Koestusmagnetoinnin kytkeminen

Kuvassa 1 näkyvät koestusmagnetoinnin kytkemiseen tarvittavat kytkimet ja mittarit vihreällä ympyröityinä.

**Ankkurijännitteen kytkeminen:**

**8. Tarkista, että säätöpyörät A2 Magnetointi ja A5 Magnetointi ovat alkuasennossa (vähenee)**

- Kun säätöpyörät ovat alkuasennossa, koneiden A2 ja A5 magnetoinnit eivät ole päällä

**9. Väännä kytkin S15 asentoon IG-IIGS.**

- Kytkin S15 kytkee kontaktorit S3.1 ja S3.3 päälle, jolloin koneet A2 ja A5 kytkeytyvät sarjakytkentään ja syöttävät tällöin samaa tasavirtaustuloa.

**10. Väännä kytkin S13 asentoon 0.**

- Kytkimellä S13 valitaan tasasähkökoneen koestus

**11. 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 kytkeytyy kolmiokytkentään, jota käytetään paremman tehon saavuttamiseksi.

**12. Kytke kytkin S4**

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

**13. Kierrä säätöpyörästä jossa lukee "A4 Magnetointi" niin paljon, että mittari "M22" näyttää 25 V.**

- Säätöpyörällä "A4 Magnetointi" säädetään koneen A4 magnetointia, jolloin mittari "M22" näyttää koneen A4 magnetointijännitteen, jonka on oltava 25 V.

**14. Käännä tähtikolmiokytkin S10 asentoon START ja pidä niin kauan, kunnes virtamittari ”M21” putoaa alhaisimpaan arvoonsa. Tarkasta myös että kytkin S8 on jossain muussa asennossa kuin 0.**

- START -asennossa moottori A4 käynnistyy tähdessä
- Moottori A4 ei voi käynnistyä, jos kytkin S8 on asennossa 0

**Sen jälkeen kytke asentoon DRIFT, tämän jälkeen (virtamittarin ”M21” osoitin ei saa ylittää punaista merkkiviivaa, eikä jännitemittarin ”M22” osoitin saa alittaa punaista viivaa. Jos näin ei ole, säädä säätöpyörästä ”A4 Magnetointi” oikeat lukemat).**

**15. Kytke kytkimet S14, S17 ja S16 päälle.**

- S14 kytkee generaattorin A7 päälle/pois
- S17 kytkee generaattorin A11 päälle/pois
- S16 kytkee generaattorit A2 ja A5 aikaisemmin kytkimellä S15 valitulla tavalla (tässä tapauksessa sarjakytkentään)

**16. Nyt koestuspulpetti on käyttökunnossa koestusta varten. Kytkimellä ”Ankkurijännite” voit kytkeä virran.**

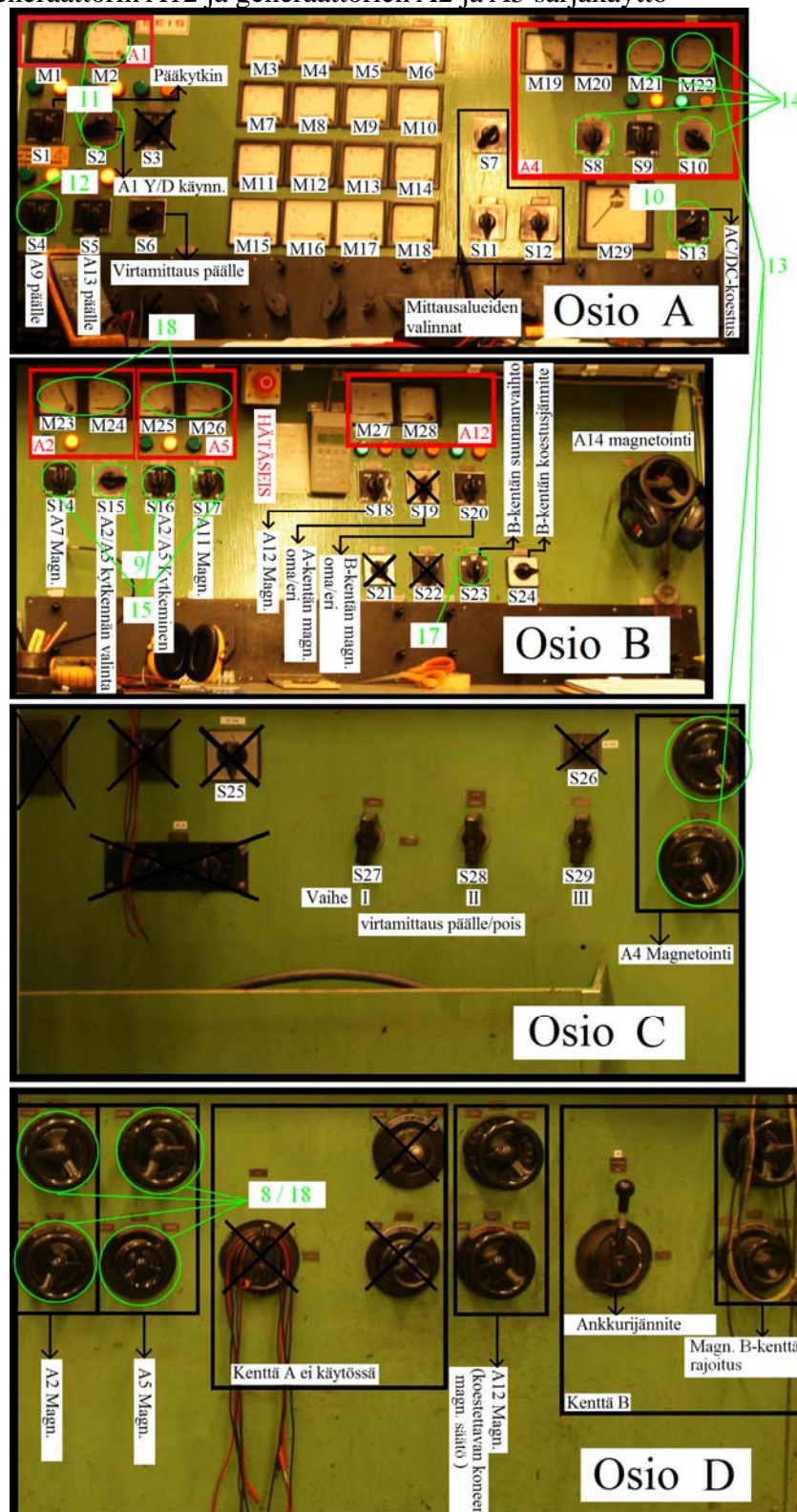
**17. Kytkimellä S23 voidaan vaihtaa magentointiulostulon napaisuutta, eli valita koestettavan moottorin pyörimissuunta.**

**18. Säätöpyörällä A2 Magnetointi on ensin säädettävä jännite (pyörä suurimpaan asentoon, eli ”kasvaa”) ja sen jälkeen voit säätää pyörällä A5 Magnetointi lisää jännitettä.**

- Mittareista M23 ja M24, sekä M25 ja M26 näet jännitteet ja virrat.

Päältä pois kytkeminen päinvastaisessa järjestyksessä.

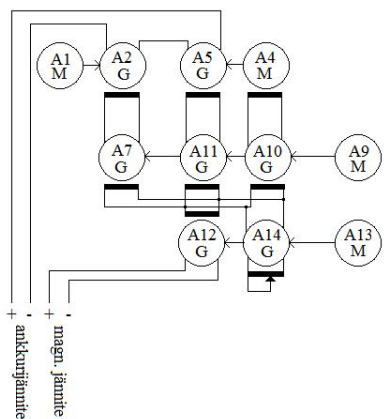




Kuva 2 Ankkurijännitteen kytkeminen

Kuvassa 1 näkyvät koestusmagnetoinnin kytkemiseen tarvittavat kytkimet ja mittarit vihreällä ympyröityinä.

Kuvassa 3 on esitetty, kuinka muuttajat kytkeytyvät, kun DC-koneen koestusohjetta käytetään.



**Kuva 3** Muuttajien kytkentä DC-koestuksessa

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	000
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		00
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 magneointi	PL58	D1
S19	A-kentän magneointi oma/eri	PL59	
S20	B-kentän magneointi 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		

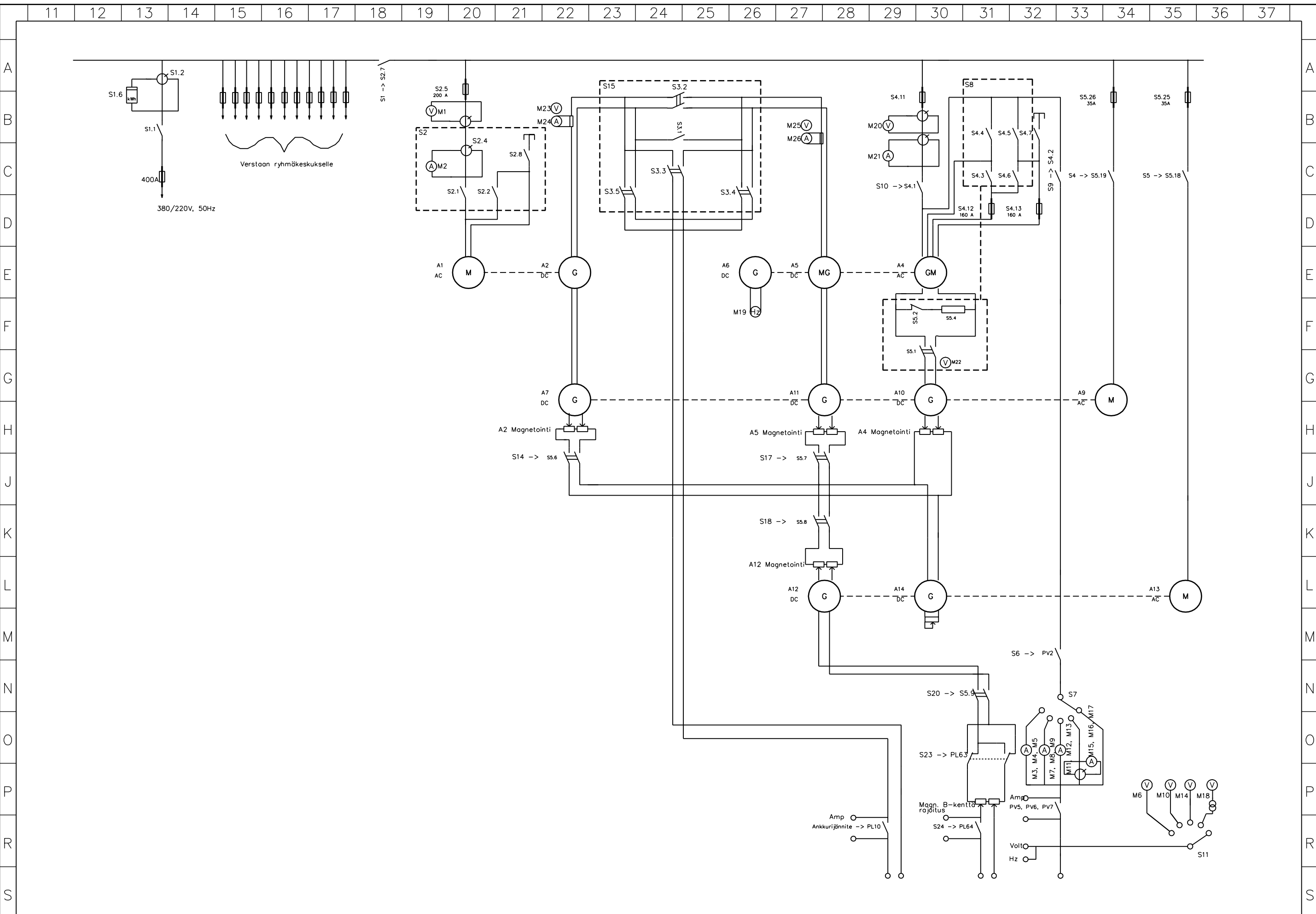


<b>Mittarit</b>		
<b>Tunnus</b>	<b>Toiminnon kuvaus</b>	<b>Tunnus kuvissa</b>
M1	Syöttöjännite	PV33
M2	Synkronimoottorin A1 virta	PV34
M3	Virtamittarit (0-450A)	PV58
M4	Virtamittarit (0-450A)	
M5	Virtamittarit (0-450A)	
M6	Jännitemittari (0-800V)	PV54
M7	Virtamittarit (0-150A)	PV59
M8	Virtamittarit (0-150A)	
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)	

<b>Säätöpyörät</b>	
<b>Nimi</b>	<b>Toiminnon kuvaus</b>
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

D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos



Suunn. JK/LK/10.4.2008	Piirittunnus	Keskustunnus	Työnumero
Piirt.	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.	LIITE 4		