



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Heikki Soini

HUOLLOT JA KONERIKON RISKIT

Koekenttä TP0 & TP5

Tekniikka ja liikenne
2014

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan opintosuunnitelman mukaan ja työn toimeksiantajana on ollut ABB Moottorit- ja Generaattorit- yksikön koekenttä. Työn tavoitteena oli kartoittaa koekentän testipaikkojen TP0 ja TP5 huollon tarve ja mahdolliset konerikon riskit. Työ tehtiin vuodenvaihteen ja kevään aikana koekentän toimistotiloissa.

Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta työn valvojana on toiminut yliopettaja Kari Jokinen ja toimeksiantajan puolen ohjaajana on toiminut koekentän koestuspäällikkö Juho Rajamäki. Huoltojen tutkimisessa sain tietoa monelta taholta, päällimmäisenä kehitysinsinööri Markku Ilomäeltä. He ansaitsevat suuren kiitoksen ohjauksesta ja avunannosta insinöörityöni parissa.

Suuret kiitokset kuuluvat myös koekentän koestajille, jotka ovat kokemuksellaan ja tietotaidollaan auttaneet työssäni.

Vaasassa 18.3.2014

Heikki Soini

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Heikki Soini
Opinnäytetyön nimi	Huollot ja konerikon riskit
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	94 + 3 liitettä
Ohjaaja	Kari Jokinen

Insinööriyön tavoitteena on ollut kartoittaa koekentän TP0:n ja TP5:n huollot ja mahdolliset konerikon riskit. Konerikot saattavat keskeyttää koestuksen pitkäksi ajaksi ja luoda pullonkaulan työhön. Konerikot voidaan estää oikeanlaisilla ennakkohuolloilla ja tarkastuksilla.

Työssä käytetyt tiedot löytyivät laitteiden huoltokirjoista ja kilpiarvoista. Tärkeää tietoa sai koneiden käyttäjiltä ja huoltajilta, sillä huoltokirjoihin ei ole kaikkia huoltoja kirjattu.

Laitekanta on osittain jo melko vanhaa ja päivityksen tarpeessa. Päivittäminen on kallis toimenpide, mutta kalliiksi tulee myös teettää vanhaan tekniikkaan huoltoja. Osassa laitteistoa on valmistajan tuki loppunut, mikä hankaloittaa varaosien löytymistä. Ennakkohuollot tulee suorittaa ajallaan, näin voidaan minimoida konerikon riskit ja ylläpitää tuotantotehokkuutta.

ABSTRACT

Author	Heikki soini
Title	Maintenance and risk of breakdown
Year	2014
Language	Finnish
Pages	94 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Kari Jokinen

The aim of this thesis was to identify the maintenance of the testing ground TP0 and TP5 and the potential risks of a breakdown. The breakdown may interrupt the test for a long time and create a bottleneck in the queue. Breakdowns can be prevented with the correct preventive maintenance and inspections.

The data used in this study were found in the equipment maintenance logs and shield values. Important information was received from users and service men, because the service books do not have all maintenance recorded.

In the study it was found out that part of machinery is already quite old and in need of an update. Updating is an expensive operation, but it will also be costly to carry out the maintenance of old technology. Some of the equipment does not have the manufacturer's support, which makes it difficult to find spare parts. Preventive maintenance should be carried out on time, so as to minimize the risks of breakdown and maintain production efficiency.

Keywords Testing area, maintenance, production efficiency

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	11
1.1	Työn tavoitteet	11
1.2	ABB-yhtymä	11
1.3	ABB Motors and Generators	12
2	KOEKENTTÄ	13
3	LAITTEISTO	16
3.1	TP0-laitteisto	16
3.1.1	TP0-moottorit ja -generaattori	18
3.1.2	TP0:n SAMI STAR ja -ACV-700	21
3.2	TP5-laitteisto	22
3.2.1	TP5-moottorit ja -generaattori	24
3.2.2	TP5:n ACV701-2000-6 ja -2500-6	27
4	HUOLLOT SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN MUKAISESTI	29
5	ENNAKOIVA HUOLTO JA TARKASTELU	31
5.1	Tarkoitus	31
5.2	Oikosulkumoottorin ennakoiva huolto	31
5.3	Harjattoman tahtigeneraattorin ennakoiva huolto (TP0 & TP5)	32
5.4	Laakerien ennakoiva tarkkailu ja vian aiheuttajat	35
5.4.1	Laakerivirtojen synty	36
5.4.2	Tarkastelu kuuntelemalla	38
5.4.3	Tarkastelu lämpötilaa mittaamalla	38
5.4.4	Tärinäseuranta	39
5.4.5	Rasvaus	41
5.5	SAMISTAR- ja ACV-700- taajuusmuuttajien ennakoiva huolto	44
5.5.1	Taajuusmuuttajan kuntomittauksia	46
5.5.2	ABB-laitteiden elinkaariajatus	48
5.5.3	Retrofit	48
5.6	Kytkimien silmämääräinen tarkastelu	50

6	TEHDYT JA TULEVAT HUOLLOT TP0.....	54
6.1	TP0-jarrumoottorit	54
6.2	TP0-generaattori	54
6.3	TP0-generaattorin vetomoottorit.....	54
6.4	TP0:n SAMI STAR- ja -ACV-700-taajuusmuuttajat	55
6.5	Kyttyt	55
7	TEHDYT JA TULEVAT HUOLLOT TP5.....	56
7.1	TP5-jarrumoottorit	56
7.2	TP5-generaattori	56
7.3	TP5-generaattorin vetomoottorit.....	57
7.4	TP5-ACV-700-ryhmäkäyttö	58
8	HUOLLON VALMIUS.....	59
8.1	Huollon valmistelut.....	59
8.2	Varaosien saatavuus/puskuri.....	59
8.3	Tehtaan oman henkilökunnan tekemät huollot	60
9	ARROW- KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ KOEKENTÄLLÄ.....	61
9.1.1	ARROW Machine Track.....	61
9.1.2	ARROW Maint	62
10	KEHITYSIDEOITA.....	65
10.1	Huoltokirja	65
10.2	Retrofit- tarjous ja järjestelmän päivitys suunnitelma	65
10.3	Keskusvoitelujärjestelmätarjous SKF.....	66
10.4	Pienemmät rasvarit.....	67
10.5	Rasvauksen ja tarkastelun ulkoistaminen	69
	LÄHTEET	70
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

- Kuva 1.** Testipaikkojen kuormitus
- Kuva 2.** TP0-konehuoneen layout
- Kuva 3.** TP0-laitteiston toiminta
- Kuva 4.** TP0-jarrumoottorit
- Kuva 5.** TP0-generaattorikoneikko
- Kuva 6.** TP5-konehuoneen layout
- Kuva 7.** TP5-laitteiston toiminta
- Kuva 8.** TP5-jarrumoottorit
- Kuva 9.** TP5-generaattorikoneikko
- Kuva 10.** G5 pesua vaille (ei vastaa tämän hetken tilannetta)
- Kuva 11.** G5-generaattorin magnetointidiodien kiinnitys kunnossa
- Kuva 12.** Harjaton magnetointi /1/
- Kuva 13.** TP5-jarrumoottorien läpivientiakseli konehuoneen puolelta
- Kuva 14.** Laakerivirtojen synty /1/
- Kuva 15.** Laakerivirtojen aiheuttamaa sahakuviota laakerin vierintäpinnalla
/1/
- Kuva 16.** Tärinäseurantaraportti
- Kuva 17.** Tärinäspektriesimerkki
- Kuva 18.** Ahdas rasvauskohde
- Kuva 19.** Lämpökamerakuva testimoottorista

- Kuva 20.** ABB elinkaari /1/
- Kuva 21.** Retrofit-asennusesimerkki /1/
- Kuva 22.** Maina-hammaskytin
- Kuva 23.** Sakarakytkin
- Kuva 24.** Tappikytin
- Kuva 25.** Katkenneen pultin aiheuttamaa tuhoa
- Kuva 26.** Koneenkäyttöä kuvaava ikkuna /3/
- Kuva 27.** ARROW-työaikataulunäkymä /3/
- Kuva 28.** ARROW-webvikailmoitusnäky
- Kuva 29.** Lincoln P203 /4/
- Kuva 30.** SKF System 24 /10/

- Taulukko 1.** Merkittävä osa koekentällä suoritettavista kokeista
- Taulukko 2.** Testipaikat
- Taulukko 3.** TP0-laitteiston tekninen data
- Taulukko 4.** M44-, M43-, M21- ja M22-moottorien kilpiarvot
- Taulukko 5.** G21-generaattorin kilpiarvot
- Taulukko 6.** TP5-laitteiston tekninen data
- Taulukko 7.** TP5-jarrumoottorien MB3- ja MB4-kilpiarvot
- Taulukko 8.** TP5-generaattorin vetomoottorien MG1- ja MG2-kilpiarvot
- Taulukko 9.** TP5-generaattorin G5-kilpiarvot
- Taulukko 10.** TP0- ja TP5-rasvaustaulukko
- Taulukko 11.** Kuulalaakerien yleinen rasvausohje
- Taulukko 12.** SAMI STARin ennakoivan huollon ohjelma
- Taulukko 13.** ACV-700:n ennakoivan huollon ohjelma
- Taulukko 14.** SAMI STARin tärkeimmät valmistajan suosittelemat varaosat
- Taulukko 15.** Retrofit- tuotteet

LIITELUETTELO

LIITE 1. TP0-pääkaavio

LIITE 2. TP0-ryhmäkäytön kokoonpanokuva

LIITE 3. TP0-SAMI STARin master- vaihtosuuntaajan pääpiirikaavio

LIITE 4. TP0-SAMI STARin slave- vaihtosuuntaajan pääpiirikaavio

LIITE 5. TP0-ACV-701- vaihtosuuntaajan pääpiirikaavio

LIITE 6. TP5-pääkaavio

LIITE 7. TP5-ryhmäkäytön mittapiirustus

LIITE 8. TP5-ryhmäkäytön syöttöryhmän kokoonpanokuva

LIITE 9. TP5-ryhmäkäytön jarrukäytön kokoonpanokuva

LIITE 10. TP5-ryhmäkäytön generaattorikäytön kokoonpanokuva

LIITE 11. Tahtigeneraattorin G5-läpileikkauskuva

LIITE 12. Huolto-ohjelma

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Koekenttä on osa moottorin valmistusprosessia ja sitä kautta kytköksissä tuotanto-tehokkuuteen. ABB:llä pyritään koko ajan nopeampaan ja tehokkaampaan moottorin valmistukseen. Koekentällä tulee aika ajoin konerikkoja, jotka hankaloittavat työskentelyä ja saattavat pahimmassa tapauksessa luoda pullonkaulan työjonoon. Työn tavoitteena on kartoittaa tehdyt ja tekemättömät huollot, sekä tätä kautta saada yleiskuva tulevista konerikon riskeistä. Tässä työssä keskitytään TPO- ja TP5-generaattoreihin, -vetomoottoreihin, -jarrumoottoreihin sekä -taajuusmuuttajiin.

1.2 ABB-yhtymä

ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. ABB:n palveluksessa on noin 150 000 henkilöä yli 100 maassa, joista Suomessa on noin 6 600. Yrityksen osakkeilla käydään kauppaa Zürichin, Tukholman ja New Yorkin pörseissä.

ABB:n liiketoiminta koostuu viidestä divisioonasta, jotka puolestaan jakautuvat asiakassegmenttien ja teollisuuden alojen mukaan.

Yhtiö perustettiin vuonna 1988, mutta sen historia ulottuu yli 120 vuoden päähän. ABB:n menestystä on ajanut erityisesti vahva panostus tutkimukseen ja kehitykseen. Yhtiöllä on seitsemän tutkimuskeskusta ympäri maailmaa ja panostus tuotekehitykseen on jatkunut kaikissa markkinaolosuhteissa.

Tuloksena on pitkä lista innovaatioita. ABB on kehittänyt tai kaupallistanut monia nyky-yhteiskunnan pohjana toimivia tekniikoita, muun muassa korkeajännitteisen tasavirran siirto pitkillä välimatkoilla sekä mullistavat sähköistysratkaisut laivoihin. Nykyään ABB on maailman johtava teollisuuden moottorien ja taajuusmuuttajien, tuuliturbiinigeneraattoreiden sekä sähköverkkojen toimittaja./1/

1.3 ABB Motors and Generators

Teollisuus käyttää puolet kaikesta sähköenergiasta, ja kaksi kolmasosaa teollisuuden kuluttamasta sähköenergiasta menee sähkömoottoreiden pyörittämiseen. Sähkömoottorit kuluttavat 45 prosenttia kaikesta maailmalla tuotetusta sähköenergiasta.

Suomen ABB:n Moottorit and Generaattorit yksikkö panostaa vahvasti korkean hyötysuhteen moottoreiden ja generaattoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Yksikkö kehittää ja valmistaa moottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuudenaloille ja sovelluksiin ympäri maailman. Tehtaat sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa.

ABB on maailman johtava moottorivalmistaja. Vaasan tehtaalla on maailmanlaajuinen vastuu yhtiön valmistamista räjähdysvaarallisten tilojen pienjännitemoottoreista.

Helsingin Pitäjänmäellä sijaitsevassa tehtaassa kehitetään ja valmistetaan muun muassa korkeajännitemoottoreita, tuuli- ja dieselgeneraattoreita sekä kestopagneettimoottoreita. ABB on maailman johtava tuuliturbiinigeneraattorien toimittaja./1/

2 KOEKENTÄ

Koekentällä suoritetaan testit, joita ei voida suorittaa linjakoestuksessa. Koekenttä on tärkeä osa moottorin valmistusprosessia, sillä siellä testataan kuinka moottorit toimivat käytännössä verrattuna suunniteltuihin arvoihin. Asiakas voi tilata testin haluamansa testausohjelman mukaan ja testin jälkeen saada haltuunsa kattavan testiraportin. Koekenttä mahdollistaa myös testin aikana asiakkaan ja tarkastajan läsnäolon.

Kehitystyötä tehdään koko ajan paljon uusien moottorien kehittämiseksi. Proto-koestuksia onkin jatkuvasti paljon, joista saadaan todella paljon hyödyllistä tietoa irti moottorin suunnittelijoille. Taulukossa 1 näkyy merkittävin osa suoritettavista testeistä. Tyypitesteissä on käytössä konehuoneen jarrumoottorit ja generaattori, rutiinitesteissä tarvitaan vain generaattoria.

Taulukko 1. Merkittävä osa koekentällä suoritettavista kokeista

	Rutiini koestus	Rutiini koestus nimellisillä arvoilla	Srandardi tyyppi testi	Pidennetty tyyppi testi	Erikois testit
Silmämääräistarkastus	x	x	x	x	
Jännitteenkestokoestus	x	x	x	x	
Eristysvastusmittaus	x	x	x	x	
Vastusten mittaus suunnittelulämpötilassa	x	x	x	x	
Liittimien merkitseminen ja pyörimissuunnan tarkastus	x	x	x	x	
Tyhjäkäyntikoestus		x	x	x	
Oikosulkukoestus		x	x	x	
Lämpenemäkoestus			x	x	
Hyötysuhteen määrittely			x	x	
Ylikuormituskoestus			x	x	
Ylinopeuskoestus			x	x	
Ylijännitekoestus					x
Käynnistysvirta ja -momentti			x	x	
Momenttikäyrä				x	
Tärinätasokoestus			x	x	
Tärinäspektrikoestus					x
Äänitasokoestus					x
Äänispektrikoestus					x
Moottorin koestus taajuusmuuttajalla					x
IEEE-hyötysuhde					x
Akselijännite					x
Osakuormakoestus				x	x

Koekentällä on tällä hetkellä 7 testipaikkaa käytössä, joista yksi on synkronireluktanssimoottoreita varten. Paikkoja pyritään lisäämään ja raportin kirjoitus hetkeläkin on uusi TP4 rakenteilla. Taulukossa 2 näkyy testipaikkojen listaus ja testattavien moottorien kokoluokat.

Organisaatiossa työskentelee 4 toimihenkilöä ja kentällä 12 koestajaa. Vuosittain koekenttä työllistää 2-4 kesätyöläistä ja tuntikerääjää.

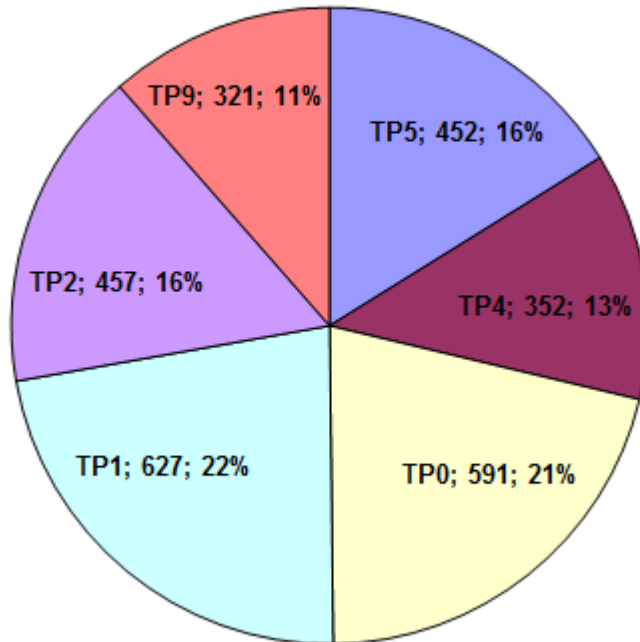
Taulukko 2. Testipaikat

Koestuspaikka	Runkokoot	Max teho, 1500 rpm
TP0	280-400	650 kW
TP1	225-315	300 kW
TP2	132-225	55 kW
TP4	80-132	7,5 kW
TP5	315-450	1000 kW
TP9	315-450	1500 kW
TPSynRM	250-355	~350 kW

Testipaikkojen käyttöaste vaihtelee hieman saatujen kauppojen vaikutuksesta. Yhdenkin testipaikan rikkoutuminen lisää kuormaa toiselle testipaikalle ja pahimmillaan useampi testipaikka on hajalla yhtä aikaa. Kuvassa 1 näkyy testipaikkojen kuormitusta vuonna 2013, joka antaa hyvin suuntaa antavaa kuvaa koestuspaikkojen kuormasta.

Koestetut v. 2013

Koestetut kaupungit yhteensä testipaikoittain

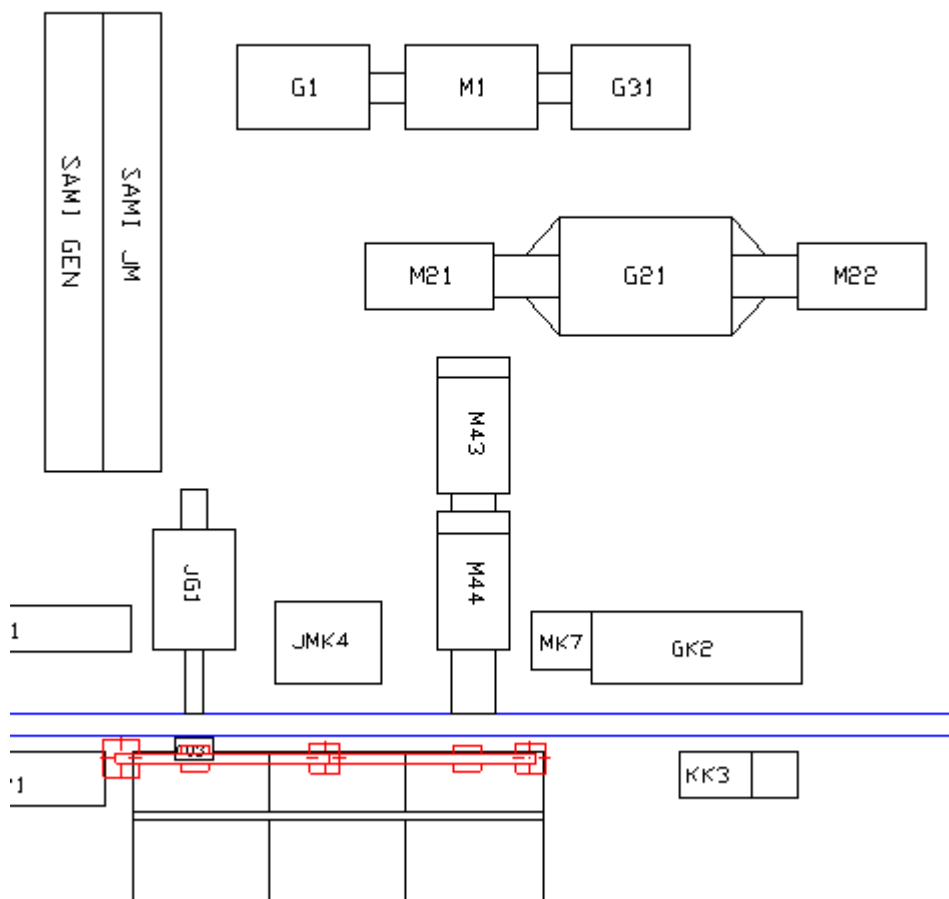


Kuva 1. Testipaikkojen kuormitus

3 LAITTEISTO

3.1 TP0-laitteisto

Kuvassa 1 näkyy TP0-konehuoneen layout kuva. Layout esittää ryhmäkäyttötaajuusmuuttajan, jarrukoneikon ja generaattorikoneikon sijainnin. Kuvassa 2 näkyy myös TP1-koneikkoja, jotka eivät liity suoranaisesti tähän työhön. Liitteessä 1 näkyy järjestelmän pääkaaviokuva, josta näkyy tarkentavasti TP0-laitteiston kytkentä.



Kuva 2. TP0-konehuoneen layout

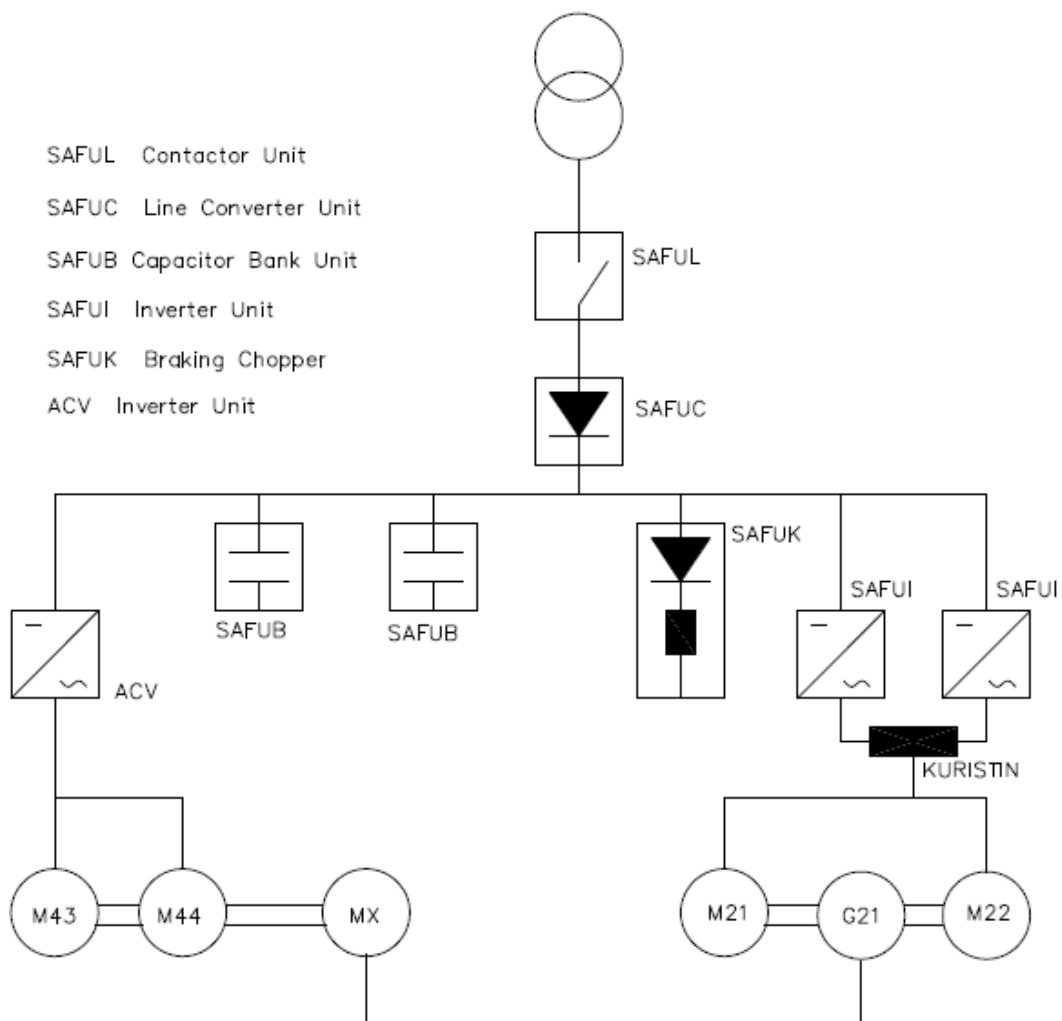
Taulukossa 3 näkyy TPO-testipaikan oleelliset tekniset tiedot. Tiedot sisältävät muuntajan, tasasuuntaajan, vaihtosuuntaajien, jarrumoottorien, generaattorin vetomoottorien ja generaattorin tehot.

Taulukko 3. TPO-laitteiston tekninen data

TPO Technical Data	
Maximum continuous power	750 kW
Maximum instantaneous power	about 1000 kW
Main Transformer (T1)	1000 kVA
Rectifier SAFUC	1000 kVA
Load side frequency converter ACV 700	1370 kVA
Generator side frequency converters SAMI STAR	2*1000 kVA
Synchronous generator HSPT (G21)	1900 kVA, 25-60 Hz, 0-1000 V
Generator motors: Asynchronous motors HXR 355LA 4 B3 E (M21 & M22)	2*400 kW
Load: Asynchronous motors HXR 355LA 4 B3 E (M43 & M44)	2*400 kW

Kuvassa 3 näkyy TPO-laitteiston energian kierto ja laitteiden tehtävät yksinkertaisesti. Kun moottorin testauksessa ajetaan jarrukoneikkoa vasten, syntyy niin sanottu säästölenkki. Generaattorin vetomoottorit M21 ja M22 pyörittävät G21-generaattoria, joka puolestaan syöttää koestettavaa moottoria MX. Koestettava moottori pyörittää jarrumoottoreita, joita voidaan selventämiseksi kutsua jarrugeneraattoreiksi. Jarrugeneraattoreiden sähköenergia siirtyy ACV-vaihtosuuntaajan välityksellä tasavirtakiskostoon. Jarru- ja generaattoripuolen tasavirtakiskot on yhdistetty, joten sähköenergia siirtyy tasavirtakiskoa pitkin jälleen SAFUI-vaihtosuuntaajille, jotka syöttävät generaattorin vetomoottoreita. Säästölenkin ansiosta järjestelmä ottaa ainoastaan häviöt sähköverkosta.

Järjestelmää voidaan tietysti käyttää myös siten, että vain generaattori- tai jarrupuoli on käytössä. Esimerkiksi kun on ainoastaan generaattoripuoli käytössä, voidaan suorittaa muun muassa tyhjäkäynti ja tärinätestejä moottorin ollessa irti jarrupenkistä. Ainoastaan jarrupuolen ollessa käytössä voidaan testata esimerkiksi kestomagneettimoottorin tuottamaa sähköenergiaa generaattoriperiaatteella.



Kuva 3. TPO-laitteiston toiminta

3.1.1 TP0-moottorit ja -generaattori

Taulukossa 4 on jarrumoottorien M44 ja M43, sekä generaattorin vetomoottorien M21- ja M22-kilpiarvot. Moottoreita ajetaan 660 VY- kytkennällä. TP0-jarrumoottorit ja -generaattorin vetomoottorit ovat kaikki erillispuhallinjäähdytteisiä. Erillispuhaltimien moottorit ovat tyypiltään HXA 100LB 2 V1, jotka ovat 3 kW tehoisia ja kaksinapaisia.

Taulukko 4. M44-, M43-, M21- ja M22-moottorien kilpiarvot

HXR 355LA 4 B3 E					
	Hz	kW	r/min	A	cosφ
660 VY	50	400	1487	410	0.88
380 VD	50	400	1487	710	0.88
CalcNo.	MK 435 402-XX				
D	6322/C3	2000 kg			
N	6319/C3				

Taulukossa 5 on tahtigeneraattorin G21-kilpiarvot. Generaattorin kytkentää voidaan vaihtaa automaation välityksellä. Kytkennän vaihto mahdollistaa Y-kytkennässä korkeamman jännitteen syötön tai D-kytkennässä suuremman virran syötön.

Taulukko 5. G21-generaattorin kilpiarvot

3~ GENER		
HSPT 560RD2		IM1102
1600 kVA	S1	50 Hz
IP 23S		F
Y	727 V	1271 A
D	420 V	2200 A
cosφ = 0	1500 (nr 2160)r/min	
magn.	70 V	6.1 A
6334M/C3	6334M/C3	5300 kg
3~ GENER		
HSPT 560RD2		IM1102
1900/700 kVA	S1	60/25 Hz
IP 23S		B
D	440 V	2494 A
D	210 V	1922 A
cosφ = 0	1800/750 r/min	
magn.	70 V	6.1 A
	110 V	9.5 A
6334M/C3	6334M/C3	5300 kg

Kuvassa 4 näkyy kuva TP0-jarrukoneikko alustallaan. Alustaan on kiinnitetty linjausta helpottavat kierrepalat, joita kiertämällä moottori saadaan helposti linjaan. Moottorien välinen suoja estää tahattoman kosketusyhteyden kytkimeen. Koneiden pintaan kertyy nopeasti pölykerros, mikä muistuttaa laitteiden puhdistamisesta.



Kuva 4. TP0-jarrumoottorit

Kuvassa 5 näkyy TP0-generaattorikoneikko. Kuvien ottohetkellä konehuoneessa oli käynnissä viereisen testipaikan huoltoja, joten maassa oli irtotavaraa normaalia enemmän. Normaalisti koneikkojen ympäristö pyritään pitämään esteettömänä, jo työturvallisuudenkin kannalta. Liitteessä 11 näkyy TP5:n G5-generaattorin läpileikkauskuva, mutta TP0:n G21-generaattori on teknisesti samannäköinen.



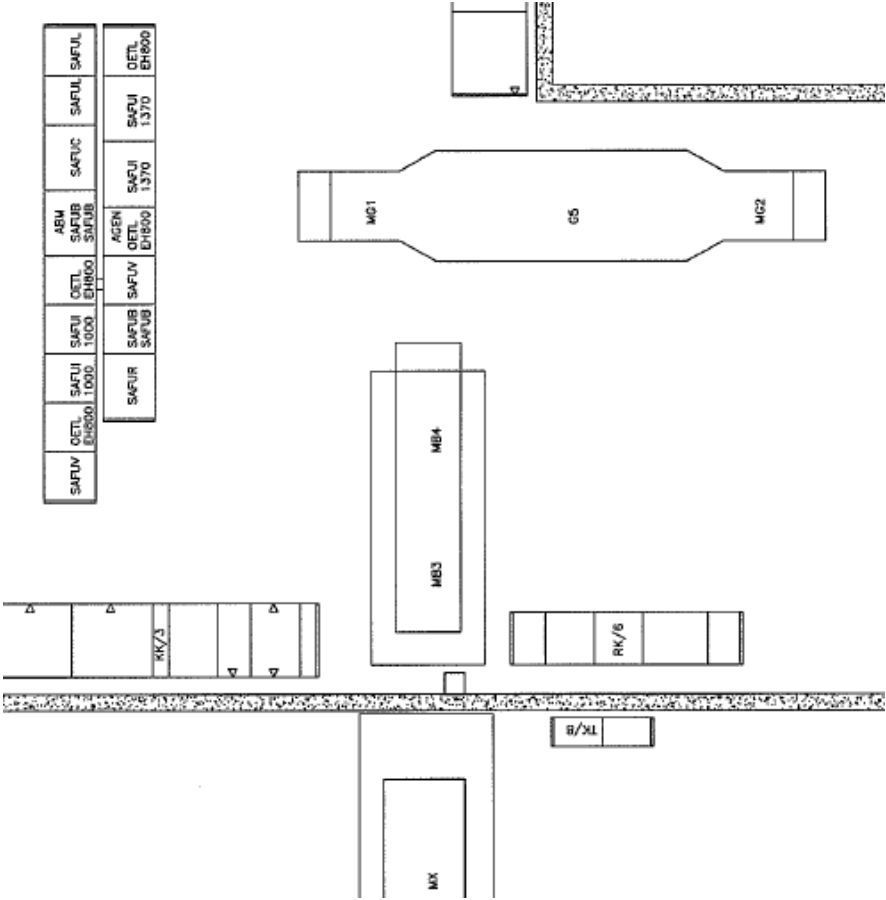
Kuva 5. TP0-generaattorikoneikko

3.1.2 TP0:n SAMI STAR ja –ACV-700

TP0-jarrumoottorien ohjaukseen käytetään ACV700-taajuusmuuttajaa, joka on kooltaan 1370 kVA. Generaattorin vetomoottorien ohjaukseen käytetään kahta tasauskuristimella rinnankytkettyä SAMI STAR- taajuusmuuttajaa, jotka ovat kummatkin kooltaan 1000 kVA. Toinen toimii isäntänä ja antaa ohjausarvot orj-taajuusmuuttajalle. SAMI STAR-taajuusmuuttajien yhteen laskettu teho on 1800 kVA. SAMI STAR-taajuusmuuttajat ovat ACV-taajuusmuuttaja tekniikan edeltäjiä. Ohjattavina komponentteina käytetään GTO-tyristoreja. GTO (Gate Turn Off) tarkoittaa hilalta sammutettavaa tyristoria, joka johdetaan johtavaksi positiivisella virtapulssilla ja voidaan sammuttaa eli asettaa johtamattomaan tilaan negatiivisella. SAMI STAR on tyypiltään SAMI 1800 F 660. Liitteestä 2 näkyy generaattori- ja jarrupuolen taajuusmuuttajakaappien kokoonpanokuva. Liitteissä 3-5 näkyy vaihtosuuntaajien pääpiirikuvat.

3.2 TP5-laitteisto

Kuvassa 6 näkyy TP5-konehuoneen layoutkuva. Layout esittää ryhmäkäyttötöäsuunnaattajan, jarrukoneikon ja generaattorikoneikon sijainnin. Liitteessä 6 näkyy järjestelmän pääkaaviokuva, josta näkee tarkemmin TP0-laitteiston kytkennän.



SAFUV OETL EH000	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH200	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH200	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH200	SAFUI OETL EH200	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH200	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH100	SAFUI OETL EH100
SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB	SAFUB
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

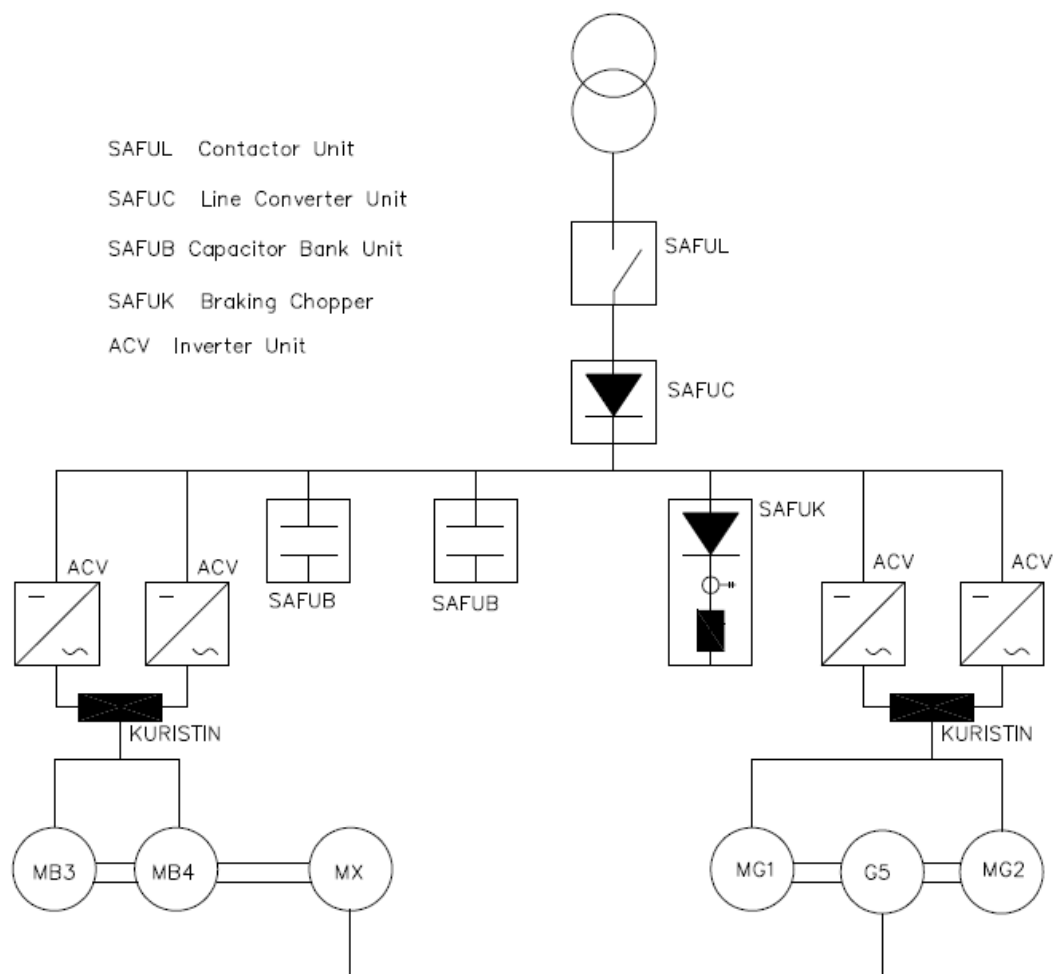
Kuva 6. TP5-konehuoneen layout

Taulukossa 6 näkyy TP5-testipaikan oleelliset tekniset tiedot. Tiedot sisältävät muuntaajan, tasasuuntaajan, vaihtosuuntaajien, jarrumoottorien, generaattorin vetomoottorien ja generaattorin tehot.

Taulukko 6. TP5-laitteiston tekninen data

TP5 Technical Data	
Maximum continuous power	1360 kW
Maximum instantaneous power	about 1500 kW
Main Transformer (TM5)	3150 kVA
Rectifier ACV 703 (ADC)	2500 kVA
Load side frequency converters ACV 701 (ABM)	2*1040 kVA
Generator side frequency converters ACV 701 (AGEN)	2*1370 kVA
Synchronous generator HSG (G5)	2500 kVA, 35-60 Hz, 0-1000 V
Generator motors: Asynchronous motors HXR 400LKC 4 B3E (MG1 & MG2)	2*710 kW
Load: Asynchronous motors HXR 400LKC 4 B3E (MB3 & MB4)	2*650 kW, max speed 4000 rpm

Kuvassa 7 näkyy TP5-laitteiston energian kierto ja laitteiden tehtävät yksinkertaisesti. TP5-laitteiston energian kierto toimii samalla lailla kuten TP0-laitteistolla. Suurempana erona on ainoastaan se, että TP5-laitteistossa on jarrumoottorien käyttöön kaksi vaihtosuuntaajaa.



Kuva 7. TP5-laitteiston toiminta

3.2.1 TP5-moottorit ja -generaattori

Taulukossa 7 on jarrumoottorien MB3- ja MB4-kilpiarvot. Jarrumoottoreita ajetaan Y-kytkennällä. TP5-jarrumoottorit ovat erillispuhallinjähdytteisiä. MB3-jarrumoottorin erillispuhallinmoottori on tyypiltään M2AA100L-2 ja MB4-jarrumoottorin erillispuhallinmoottori on tyypiltään M3AA100LB-2. Edellä mainitut erillispuhallinmoottorit ovat 3 kW tehoisia ja kaksinapaisia.

Taulukko 7. TP5-jarrumoottorien MB3- ja MB4-kilpiarvot

M2BA 400LKC 4 B		B35 I			
	Hz	kW	r/min	A	cosφ
690 VY	50	650	1491	670	0.84
400 VD	50	650	1491	1160	0.84
CalcNo.	3GBX 402530-HXA				
D	6319M/P64	3200 kg			
N	6319M/P64				

Taulukossa 8 näkyy generaattorin vetomoottorien MG1- ja MG2-kilpiarvot. Moottoreita ajetaan Y-kytkennällä. Generaattorinvetomoottorit ovat erillispuhallinjähdytteisiä. Generaattorin vetomoottorien erillispuhallinmoottorit ovat tyypiltään MT100L28F215-2 ja ne ovat 3 kW tehoisia, sekä kaksinapaisia.

Taulukko 8. TP5-generaattorin vetomoottorien MG1- ja MG2-kilpiarvot

M2BA 400LKC 4 B		B3 E			
	Hz	kW	r/min	A	cosφ
690 VY	50	710	1491	710	0.87
400 VD	50	710	1491	1230	0.87
CalcNo.	3GBX 402530-AXA				
D	6322/C3	3200 kg			
N	6319/C3				

Taulukossa 9 on tahtigeneraattorin G5-kilpiarvot. Liitteessä 11 näkyy tahtigeneraattorin G5-läpileikkauskuva, jossa näkyy hyvin komponenttien sijainti. Generaattorin kytkentää voidaan vaihtaa automaation välityksellä. Kytkennän vaihto mahdollistaa Y-kytkennässä korkeamman jännitteen syötön tai D-kytkennässä suuremman virran syötön.

Taulukko 9. TP5-generaattorin G5-kilpiarvot

3~ GENER		
HSG 560LK4		IM1001
2500 kVA	S1	50 Hz
IP23		F
Y	690 V	2091 A
D	400 V	3623 A
cosφ= 0	1500 (2160nr)r/min	
D - 6334M/P64	N - 6334M/P64	
lubrication interval 1500 hours	7000 kg	

Kuvassa 8 näkyy TP5-jarrukoneikko. Koneet ovat hieman siistimmässä tilassa kuin TP0-koneikot. TP5-konehuoneeseen tulee samassa määrin likaa kuin TP0-konehuoneeseen, joten laitteiston likaantumista ei saa vähätellä siistimmän ympäristön vuoksi.



Kuva 8. TP5-jarrumoottorit

Kuvassa 9 näkyy kuva TP5-generaattorikoneikosta. Kuvien ottohetkellä oli käynnissä generaattorikoneikon asennustyö, joten sen vuoksi kuvissa näkyy avonaisia kytkentäkoteloita ja puutteellisia kytkentöjä.



Kuva 9. TP5-generaattorikoneikko

3.2.2 TP5:n ACV701-2000-6 ja -2500-6

TP5-jarrumoottorien ja -generaattorin vetomoottorien ohjaus tapahtuu ACV700-ryhmäkäyttölaitteistolla. Generaattoripuoli on kooltaan yhteensä 2500 kVA, joka koostuu kahdesta tasauskuristimella rinnankytketystä 1370 kVA:n taajuusmuuttajasta. Muuttajat toimivat isäntä/orja periaatteella. Isäntä-muuttaja saa ohjausarvot ja ohjaa samalla orjaa. Jarrupuoli on kooltaan 2000 kVA, joka koostuu kahdesta tasauskuristimella rinnankytketystä 1040 kVA:n muuttajasta. Nämä toimivat myös isäntä/orja periaatteella. Ohjattavina komponentteina käytetään GTO-tyristoreja. GTO (Gate Turn Off) tarkoittaa hilalta sammutettavaa tyristoria, joka johdetaan johtavaksi positiivisella virtapulssilla ja voidaan sammuttaa eli asettaa johtamattomaan tilaan negatiivisella. Liitteissä 7-10 näkyvät kokoonpanokuvat

generaattori- ja jarrupuolen taajuusmuuttajakaapeista. Kuvassa 7 näkyy ryhmäkäyttöä havainnollistava yksinkertainen kuva.

4 HUOLLOT SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN MUKAISESTI

Koko Stömberg Park ja siihen kuuluvan koekentän sähkölaitteisto kuuluu luokkaan 2c, koska se sisältää yli 1000 V nimellisjännitteisiä osia. Ohessa näkyy lainaus sähköturvallisuusstandardin aihetta käsittelevästä kohdasta.

”Samaan sähkölaitteistoon kuuluvat kaikki yhtenäiselle alueelle (kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle) rakennetut saman haltijan sähkölaitteistot, siis yli 1000 V laitteistojen lisäksi myös kiinteistön muu sisäinen jakeluverkko ja ne rakennukset, ulkoalueet yms. joissa on vain enintään 1000 V laitteistoja. On huomattava, että saman kiinteistön tai kiinteistöryhmän alueella voi olla eri haltijoiden ja eri luokkiin kuuluvia sähkölaitteistoja”. /11/

Sähkötöiden johtaja on Tommi Pantti ja käytön johtajana toimii Reijo Perälä. Sähkötöiden johtajan on huolehdittava, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuksilakia, sähkölaitteistot ovat säännöksiin mukaisessa kunnossa ja sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja. Käytön johtajan on huolehdittava, että laitteiden käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuksilakia ja säännöksiä. Käytön johtajan on huolehdittava myös, että käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja.

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan, sekä mahdolliset viat ja puutteet poistetaan. Luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuutta ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Käytössä olevalle luokan 2 laitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Luokan 2 laitteistolle tarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Määräaikaistarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. /11/

Turvalliset työmenetelmät on määritettävä erityisesti silloin, kun etsitään ja rajataan vikoja jännitteisenä olevasta laitteistosta. Jos konehuoneeseen mennään etsimään vikoja laitteen ollessa jännitteisenä, tulee testipaikan valvomoon laittaa selkeä tiedote kertomaan huollosta ja estämään mahdolliset automaation kautta tehtävät ohjaustilanteet. Jännitetöissä tulisi aina olla kaksi henkilöä, varsinkin koe-

kentän konehuoneessa tehtävissä huolloissa. Jos konehuoneessa sattuu jotain yksin ollessa ja varoittavaa tiedotetta ei ole, kukaan ei välttämättä osaa huomioida tilannetta. Suurempia huoltoja tehdessä erotetaan laite verkosta ja varmistetaan, etteivät sähköt pääse kytkeytymään päälle.

5 ENNAKOIVA HUOLTO JA TARKASTELU

5.1 Tarkoitus

Ennakoivalla huollolla ja tarkastelulla voidaan välttää ikävät toimintaseisokit ja ennen kaikkea varmistaa niiden turvallinen käyttö. Usein jo pelkällä aistinvaraisella tarkastelulla voidaan saada selville tulevat ongelmat. Huoltojen kirjaus huoltokirjaan on tärkeää, sillä näin voidaan välttää turhaa työtä ja säästää kustannuksissa.

5.2 Oikosulkumoottorin ennakoiva huolto

Oikosulkumoottorin huollon tarve painottuu lähinnä laakereihin, sillä se on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Laakerien vaihdon yhteydessä ja muutenkin moottorin elinkaaren aikana on suositeltavaa pestä moottori sisäpuolelta. Moottorille voidaan suorittaa liuotinpesu tai kuivapesu harjaten ja paineilmalla. Uudelleen lakkaus on yleinen toimenpide huollossa. Käämiresistanssimittauksella, eristysvastusmittauksella ja toistoaltokokeella voidaan valvoa käämien kuntoa. Koneen sähkötekniisiä käyntiarvoja tulee verrata moottorin kilpiarvoihin. Moottorin mahdollisten lämpötilamittauselementtien seuranta tapahtuu siten, että valvotut arvot pysyvät raja-arvojen alapuolella. Koneen tärinää tulee seurata, sillä se voi johtua huonosta linjauksesta, roottorin epätasapainosta, irronneista osista tai laakereista. Tärinää on seurattu tällä hetkellä kolmen kuukauden välein suoritettavilla mittauksilla, näistä lisää kohdan 5.4 alla.

Oikosulkumoottorin roottorin kuntoa voidaan tutkia virtaspektrimittauksella, jos moottori on kytkettynä suoraan verkkoon. Laite kytketään moottorikaapeleihin täydellä kuormalla. Mittauskeino on TP0:lle ja TP5:lle huono, koska moottorit ovat taajuusmuuttajien perässä ja moottorien kuorma vaihtelee koestettavan moottorin mukaan.

5.3 Harjattoman tahtigeneraattorin ennakoiva huolto (TP0 & TP5)

Suurimpia huollon huomion kohteita ovat laakerit ja yleinen puhtaus. Mahdollisia lämmönmittauselementtejä käämissä, laakereissa ja jäähdytysilmassa tulee tarkkailla siten, että ne pysyvät raja-arvojen alapuolella. Generaattorin kuormitusvirtaa, sähkötehoa, tehokerrointa ja magnetointivirtaa tulee verrata arvokilpeen ja asiakirjoissa mainittuihin teknisiin arvoihin. Kun generaattoria käynnistetään, tulee seurata automaattisten magnetointi- ja tahdistusjärjestelmien toimintaa. Se tulee tapahtua moitteettomasti ilman heilahteluja. On varmistettava, että generaattorin jäähdytysilman sisään- ja ulostulokanavissa ei ole mitään virtausta estävää. Ilmansuodattimet tulee puhdistaa tai vaihtaa säännöllisin väliajoin. Suodattimen voi puhdistaa harjaamalla ja paineilmalla tai vedellä ja pesuaineliuksella. Kone, joka ottaa jäähdytysilmansa suoraan ympäristöstä, on alttiina lialle ja pölylle. Joten generaattori tulisi puhdistaa sisältä ja ulkoa niin usein kuin käytännössä mahdollista. /1/

Kuvissa 10 ja 11 näkyy havainnollistavaa kuvaa generaattorin tarkastuskohteista. Joka toinen tai kolmas vuosi on tarpeellista suorittaa generaattorin laajempi tarkastus. Tällöin tutkitaan generaattorin käämitykset ja muut tärkeät osat koneen sisällä.



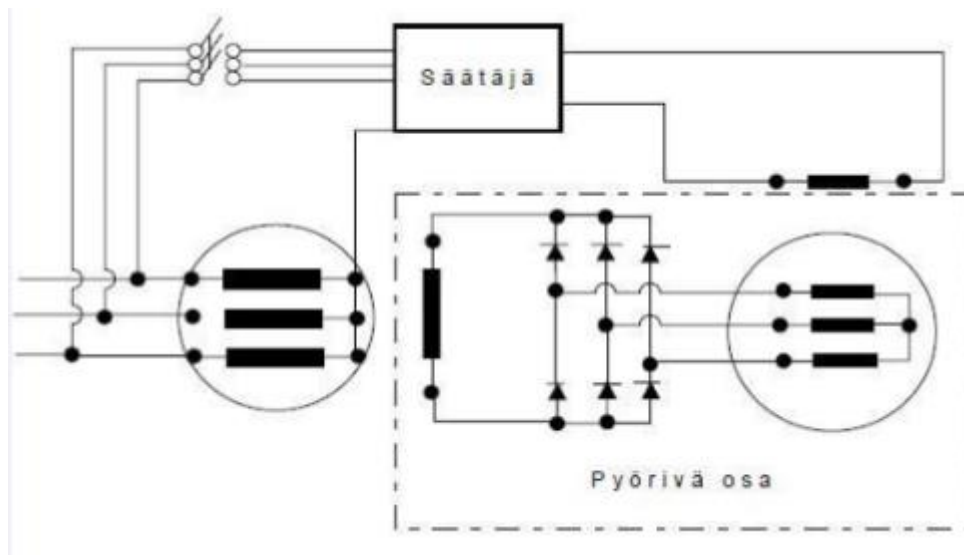
Kuva 10. G5 pesua vaille (ei vastaa tämän hetken tilannetta)



Kuva 11. G5 magnetintiodien kiinnitys kunnossa

Koneen tärinää tulee seurata, sillä se voi johtua huonosta linjauksesta, roottorin epätasapainosta, irronneista osista tai laakereista. Tärinää on seurattu tällä hetkellä kolmen kuukauden välein suoritettavilla mittauksilla, näistä lisää kohdan 5.4 alla.

Harjattoman tahtigeneraattorin magnetointi saadaan aikaan pienellä magnetointikoneella, joka on generaattorin roottorin kanssa samalla akselilla. Magnetointikoneen magnetoimiskäämi on generaattorin staattorissa ja kolmivaihekäämitys generaattorin roottorissa, eli päinvastoin kuin päägeneraattorissa. Magnetointikäämiin syötetään tasajännitettä säätimen välityksellä, joka indusoituu vaihtojännitteeksi kolmivaihekäämitykseen. Vaihtojännite tasasuunnataan diodisillan avulla, joka on akselissa kiinni. Generaattorin pyöriessä tämä magnetointikone syöttää generaattorin roottoriin tasajännitettä, joka puolestaan indusoituu vaihtojännitteenä generaattorin staattorikäämiin. Kuvassa 12 näkyy selventävästi magnetoinnin toimintaperiaate. Huoltoluukusta kannattaa huoltojen yhteydessä tarkastaa myös magnetointikoneen kunto. Magnetointidiodien kiinnitys on välillä päässyt heikkeneämään, joten ne vaativat tarkastelua (**Kuva 11.**)



Kuva 12 Harjaton magnetointi /1/

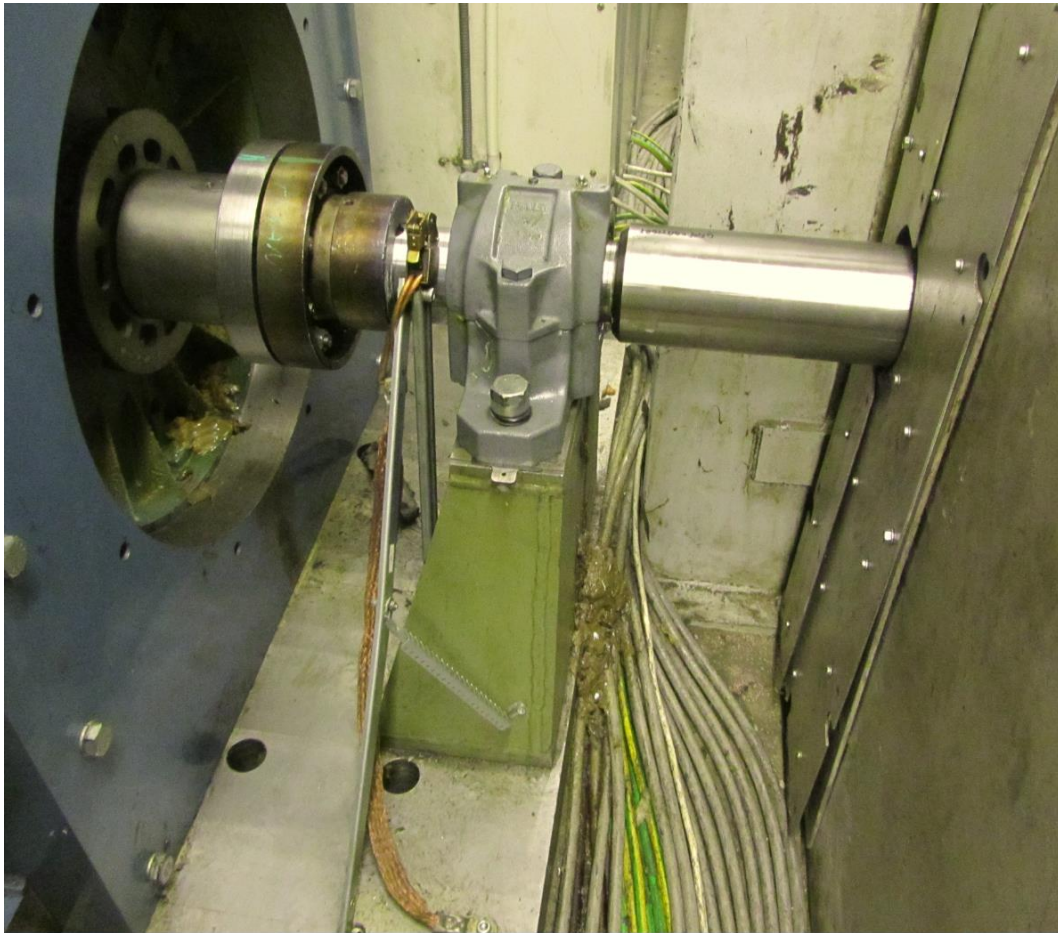
5.4 Laakerien ennakoiva tarkkailu ja vian aiheuttajat

Laakerien kunto voidaan tarkistaa hyvin nopeilla ja yksinkertaisilla kokeilla. Ensimmäiseksi suoritetaan silmämääräinen tiivisteiden ja yleiskunnon tarkastus. Laakerin epätasainen käynti voidaan havaita kuuntelemalla, esimerkiksi elektronisen stetoskoopin avulla tai perinteisesti puukeppi laakerin ja korvan väliin. Käyntilämpötiloja mittaamalla voidaan saada selville epänormaali toiminta, esimerkiksi pintalämpömittarilla. Laakeritärinät kertovat paljon laakerin kunnosta. Näistä mitauskeinoista lisää alaotsikoissa.

Laakerien elinkaarta on melkein mahdoton ennustaa tarkasti, sillä käyttö on jatkuvaa koneen ylös- ja alasajoa eri kuormilla. Koekentällä moottorit ja läpiviennit saavat väkisinkin aksiaalissuuntaisia iskuja kun testimoottoria asennetaan paikoilleen. Iskut aiheuttavat laakeriin painaumuksia, jotka hajottavat laakerin nopeasti. Kokemuksella voidaan kuitenkin sanoa, että koekentällä TP0- ja TP5-jarrumoottoreiden, -vetomoottoreiden ja -generaattoreiden laakerit alkavat vaatia tarkempaa tarkastelua noin viiden vuoden jälkeen.

Läpiviennin laakerien kesto on paikkakohtaista. Koestettava moottori ja jarrumoottorit ovat eri alustoilla, joten linjauksen saaminen suoraksi on haastavaa. Alustalaatat elävät eri vuodenaikoina omaa elämäänsä ja saattavat väännättää letkaa. Tilannetta voisi helpottaa yhtenäinen alusta läpiviennin ja momenttianturin puolelle. Tällä hetkellä se on hieman hankala toteuttaa, koska seinän läpivientiaukkoa joutuisi suurentamaan, suunnittelemaan uudet pukit ja läpivientialustan kiinnityksen. Kuvassa 13 näkyy TP5-jarrumoottorien ja testattavan moottorin välinen läpivientiakseli.

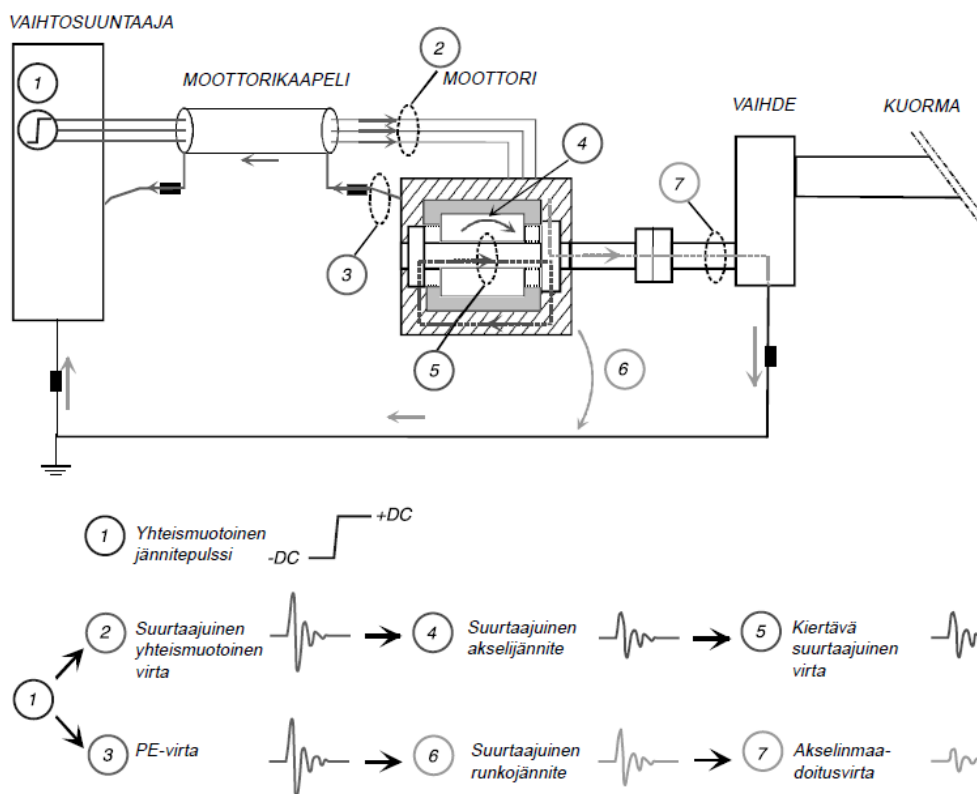
TP0- ja TP5-laitteistojen maadoitukset ja eristykset eivät täysin estä laakerivirtoja. Jos virta pääsee kulkemaan laakerin läpi, se syö hyvin nopeasti laakerikehän ja vierintäelimen pahaan kuntoon. Laattojen välillä on maadoitusliuska, mutta se ei estä kaikkea. Pahin tilanne syntyy kun koestettavaa moottoria syötetään omilla taajuusmuuttajilla, jolloin suojaus ei toimi niin kuin pitäisi.



Kuva 13. TP5-jarrumoottorien läpivientiakseli konehuoneen puolelta

5.4.1 Laakerivirtojen synty

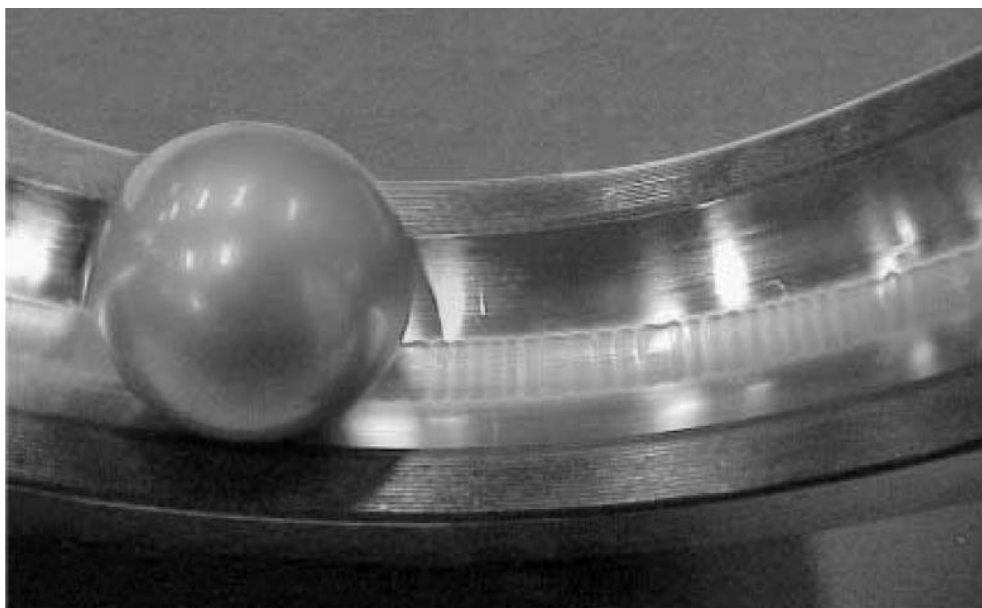
Laakerivirrat voivat syntyä monella eri tapaa. Taajuusmuuttajien tehoasteiden nopea kytkentä ja korkeat kytkentätaajuudet johtavat laakerien kautta purkautuviin virtapulsseihin, ilmiötä kutsutaan kipinätyöstöksi. Laakerivirrat syntyvät yleensä kahdella eri tavalla, kiertävänä ja ei kiertävänä, eli staattorista kiertävänä akseli-maadoitusvirtana tai kapasitiivisena purkausvirtana. Kuvassa 14 näkyy havainnollistavasti laakerivirtojen syntyä. /1/



Kuva 14. Laakerivirtojen synty /1/

Moottorin rakenne ja koko vaikuttavat laakerivirtojen syntyyn. Laakerivirtoja voidaan välttää käyttämällä kunnollista maadoitusta, joka sallii virran kierron takaisin vaihtosuuntaajaan, siten ettei se kulje laakerien kautta. Kuvassa 13 näkyy kuinka maadoitus on kytketty myös läpivientiakseliin hiiliharjan välityksellä estämään laakerivirtoja. Symmetriset moottorikaapelit ja taajuusmuuttajan lähtösuodatin vähentävät virtojen syntyä. Moottorien ja läpivientien eristäminen estää tehokkaasti virran kulkua. /1/

Kuvassa 15 näkyy laakerivirtojen aiheuttamaa tuhoa. Laakerivirta syö sahalaitaista kuviota laakerin vierintäpinnalle. Sahalaitakuvion syntyminen hajottaa laakerin nopeasti, koska tällöin vierintäelimen ja vierintäpinnan yhteys ei ole enää tasainen. Laakerit kestävät kauan tarkkojen mittojen ja tasaisuuden ansiosta, mutta sahalaitakuvion aiheuttama epätasaisuus ei mahdu toleranssiin.



Kuva 15. Laakerivirtojen aiheuttamaa sahakuviota laakerin vierintäpinnalla /1/

5.4.2 Tarkastelu kuuntelemalla

Hyvässä kunnossa olevan laakerin käyntiääni on pehmeä. Kovat ja kitisevät äänet viittaavat laakerivikaan. Puutteellinen voitelu aiheuttaa kitisevän äänen. Liian tiukat laakerivälilykset synnyttävät metallisen äänen. Laakeriin kertynyt lika saa aikaan jauhavan äänen. Laakerin vierintäpinnoissa olevat epätasaisuudet saavat aikaan pehmeän ja kirkkaan äänen. Moottorin kovakouraisen asennuksen aikaiset iskut ja laakeriin kohdistuvat voimat saattavat vaurioittaa vierintäelintä. Vierintäelimen ollessa vioittunut syntyy katkonainen ääni. Kovaa ja katkonaisesti ääntävä laakeri vaatii välitöntä vaihtoa. Koekentällä kuuntelemalla tarkastelu kuuluu lähinnä aistinvaraiseen toimintaan konehuoneessa käydessä. /8/

5.4.3 Tarkastelu lämpötilaa mittaamalla

Laakerin korkeat käyntilämpötilat viittaavat epänormaaliin käyntiin. Pitkäaikainen käyttö korkeassa yli 125 °C lämpötilassa vahingoittaa laakeria. Useimmat voiteluaineet menettävät voitelukykyänsä liian korkeissa lämpötiloissa, usein 80 °C:ssa voiteluaine alkaa heikentää voitelukykyään. Puutteellinen ja liian runsas voitelu, ylikuormitus, laakerivaurio, laakerin ahtaus sekä voiteluaineen kunto ovat usein

syitä lämpötilan nousuun. Koekentällä ei ole säännöllisesti käytetty lämpötilanmittausta laakerien kunnon valvonnassa. /8/

5.4.4 Tärinäseuranta

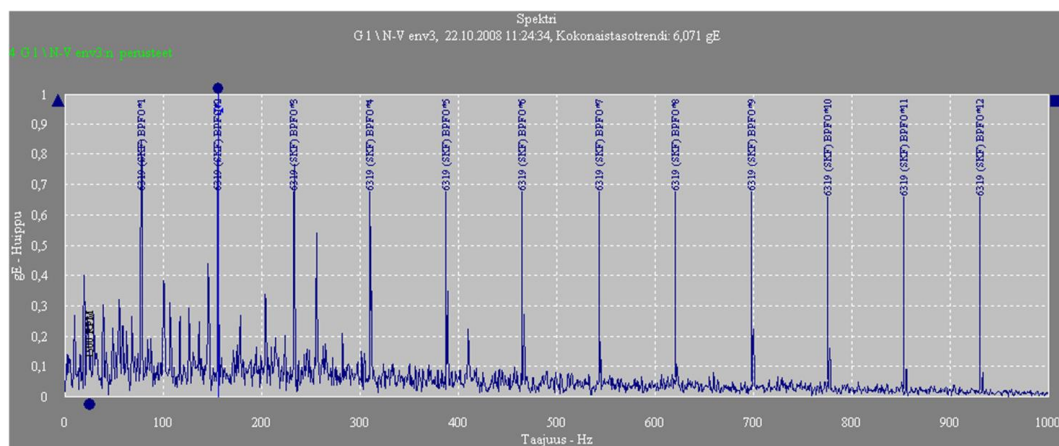
Tulevista laakerivaurioista noin 90 % voidaan saada selville kuukausia ennen täydellistä rikkoutumista tärinää seuraamalla. Koneen eri osien kunnon valvontaan on saatavilla hyvin käytännöllisiä tärinäspektrivalvontalaitteita. Spektrivalvontalaitteeseen syötetään akselien pyörimisnopeudet ja koneen rakenne. Laitteeseen voidaan asettaa tärinärajat, joiden ylittyessä syntyy hälytys, esimerkiksi automaatiojärjestelmään. Rajat voidaan asettaa erikokoisiksi eri kierrosnopeuksilla. Tällainen laitteisto on erittäin tehokas vianilmoittaja moottorin laakeri- ja roottorivoissa. Tärinäspektrimittauslaite on melko kallis, joten kynnyksen sen hankintaan on suuri. Normaalisti tärinätasomittarillakin saa todella paljon laakerista selville. Jos tärinät lähestyvät 3 mm/s, tulee ryhtyä toimenpiteisiin.

Tärinämittauksia suoritetaan vuosittain ammattilaisen toimesta. Ennen mittaukset suoritti ABB Service, mutta nykyään mittaukset suoritetaan SKF:n toimesta. Tavoitteena on suorittaa mittaukset määräajoin, näin pystyy seuraamaan laakerien kunnon heikkenemistä mahdollisimman tehokkaasti. Kuvassa 16 näkyy raportointia kolmen kuukauden välein. Raportin laitekohtaiset väritykset viittaavat mittaus tapahtumaan ja mahdollisten ruksien alta löytyy poikkeamien syy. Mittauksista laaditaan aina raportti ja ilmoitetaan vaihdon tarpeessa olevista laakereista tai mahdollisista linjausvirheistä.

ABB Motors and Generators Vaasa			<table border="1"> <tr> <td>3</td><td>poikkeama</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>seurannassa oleva laite</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>mitattu</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>suunniteltu</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>mittausta ei pystytty suorittamaan</td> </tr> </table>												3	poikkeama	1	seurannassa oleva laite	1	mitattu	1	suunniteltu	1	mittausta ei pystytty suorittamaan
3	poikkeama																							
1	seurannassa oleva laite																							
1	mitattu																							
1	suunniteltu																							
1	mittausta ei pystytty suorittamaan																							
			2012				2013																	
Laite ryhmä	Kone	Koneen osa	3	6	9	12	3	6	10	12														
Koestamo																								
	Koneisto 0																							
		M21																						
		M22																						
		M43																						
		M44																						
		G21																						
		LP 01																						
		LP 02																						
	Koneisto 5																							
		MG1																						
		MG2																						
		MB3																						
		MB4																						
		G5																						
		LP 51																						
		LP 52																						

Kuva 16. Tärinäseurantareportti

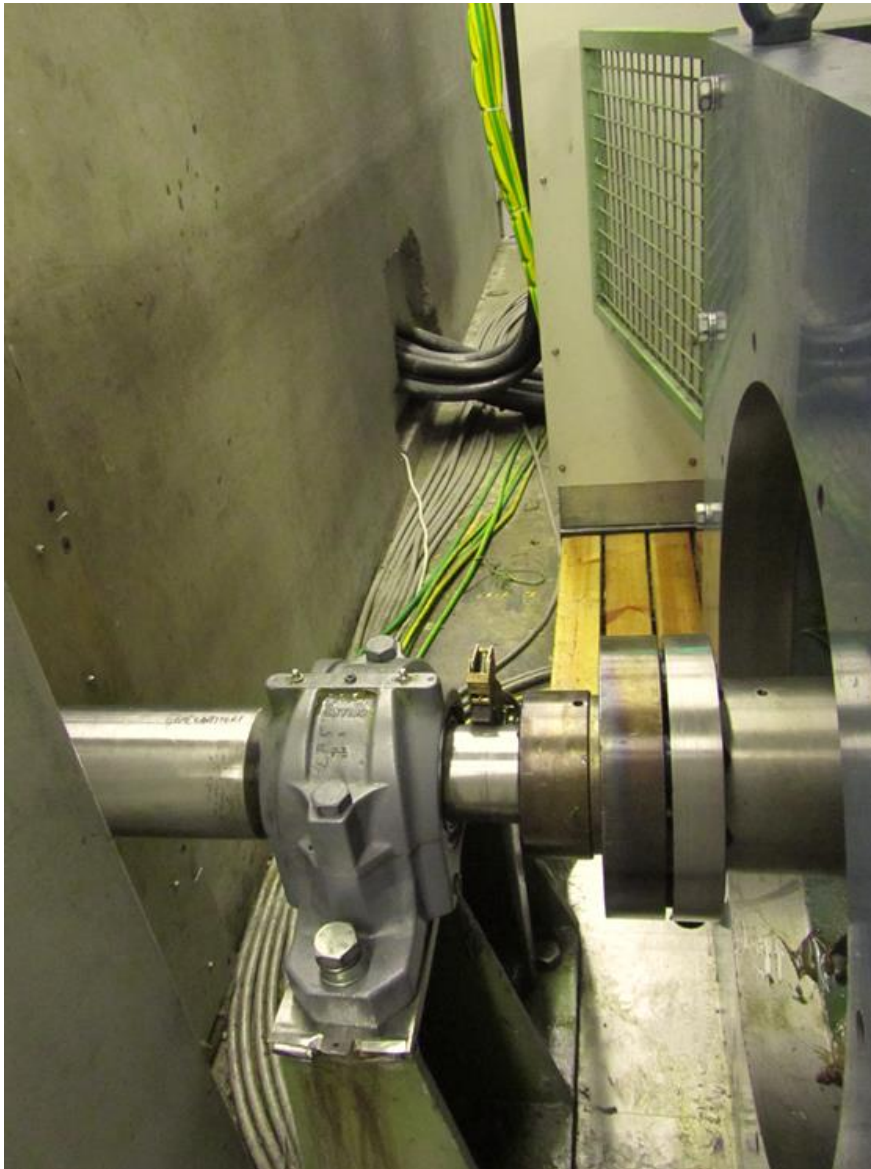
Ammattilainen pystyy sanomaan tärinäspektrin perusteella, minkälainen vika laakerissa on. Kuvassa 17 näkyy malliesimerkki tärinäspektrimittauksen antamasta tärinäkäyrästä. Käyrässä näkyy selvästi korkeat piikit, jotka viittaavat vikaan. Terveen laakerin tärinäspektrikäyrä on tasainen ja siinä ei ole kuvan 17 kaltaisia korkeita piikkejä.



Kuva 17. Tärinäspektriesimerkki

5.4.5 Rasvaus

Rasvaus on merkittävä tekijä laakerin eliniän kannalta. Kun käytetään oikeanlaista rasvaa valmistajan määrittämien väliajoin, laakeri voi kestää hyvinkin kauan. Markkinoilla on saatavilla myös automaattirasvareita, jotka syöttävät laakeriin rasvaa ohjelmoidun määrän verran. Koekentän konehuoneen kaltaisissa tiloissa tällainen automaattirasvari olisi loistava tuote, sillä koneita on paljon. Automaattirasvari myös pidentää laakerin ikää, sillä se syöttää rasvaa laakeriin tiheämmässä tahdissa kuin manuaalisesti laitettuna. On tärkeää, että rasvaus tapahtuu moottorin pyöriessä, sillä näin rasva leviää oikeisiin paikkoihin. Manuaalirasvaus voidaan tehdä myös moottorien pyöriessä, mutta siinä piilee aina pieni työturvallisuusriski, koska työskennellään ahtaissa tiloissa koneiden pyöriessä. Kuvassa 18 näkyy esimerkki ahtaasta paikasta, kuvan kaapin takana on paljaita jännitteisiä osia ja maassa kompastumisen vaaraa lisääviä johtoja.



Kuva 18. Ahdas rasvauskohde

Koekentällä koneiden rasvaus tapahtuu koestajien toimesta kymmenen viikon välein pumpaamalla taulukon 10 mukainen määrä rasvaa laakereihin. Rasvana käytetään Fuchs Renoilt HLT 2. Taulukossa 11 näkyy malliohje kuulalaakerien rasvauksesta tasaisessa käytössä L_1 -periaatteen mukaan. L_1 -periaate tarkoittaa sitä, että oletetaan kaikkien laakerien olevan tasalaatuisia. Koekentän moottorien laakerien rasvausta ei pysty kuitenkaan suoraan katsomaan ohjeesta, sillä käyttö vaihtelee koestettavan moottorin arvoista ja sille tehtävistä testeistä.

Taulukko 10. TP0- ja TP5-rasvaustaulukko

TP0	Määrä	Rasva	Aikaväli
M21,M22	60 g	FR	10 vk
M43,M44	40 g	FR	10 vk
G21	100 g	FR	10 vk
läpivienti aks.	100 g	FR	10 vk
TP5			
MG1, MG2	60 g	FR	10 vk
MB3, MB4	60 g	FR	10 vk
G5	120 g	FR	10 vk
läpivienti aks.	100 g	FR	10 vk
FR = Fuchs Renoilt HLT 2			

Taulukko 11. Kuulalaakerien yleinen rasvausohje /1/

Voiteluvälit L₂-periaatteen mukaisesti

Runko- koko	Voiteluaineen määrä g/laakeri	kW	3600 r/min	3000 r/min	kW	1800 r/min	1500 r/min	kW	1000 r/min	kW	500-900 r/min
Kuulalaakerit											
Voiteluväli käyttötunteina											
112	10	kaikki	10000	13000	kaikki	18000	21000	kaikki	25000	kaikki	28000
132	15	kaikki	9000	11000	kaikki	17000	19000	kaikki	23000	kaikki	26500
160	25	≤ 18,5	9000	12000	≤ 15	18000	21500	≤ 11	24000	kaikki	24000
160	25	> 18,5	7500	10000	> 15	15000	18000	> 11	22500	kaikki	24000
180	30	≤ 22	7000	9000	≤ 22	15500	18500	≤ 15	24000	kaikki	24000
180	30	> 22	6000	8500	> 22	14000	17000	> 15	21000	kaikki	24000
200	40	≤ 37	5500	8000	≤ 30	14500	17500	≤ 22	23000	kaikki	24000
200	40	> 37	3000	5500	> 30	10000	12000	> 22	16000	kaikki	20000
225	50	≤ 45	4000	6500	≤ 45	13000	16500	≤ 30	22000	kaikki	24000
225	50	> 45	1500	2500	> 45	5000	6000	> 30	8000	kaikki	10000
250	60	≤ 55	2500	4000	≤ 55	9000	11500	≤ 37	15000	kaikki	18000
250	60	> 55	1000	1500	> 55	3500	4500	> 37	6000	kaikki	7000
280 ^{II}	60	kaikki	2000	3500	-	-	-	-	-	-	-
280 ^{II}	60	-	-	-	kaikki	8000	10500	kaikki	14000	kaikki	17000
280	35	kaikki	1900	3200	-	-	-	-	-	-	-
280	40	-	-	-	kaikki	7800	9600	kaikki	13900	kaikki	15000
315	35	kaikki	1900	3200	-	-	-	-	-	-	-
315	55	-	-	-	kaikki	5900	7600	kaikki	11800	kaikki	12900
355	35	kaikki	1900	3200	-	-	-	-	-	-	-
355	70	-	-	-	kaikki	4000	5600	kaikki	9600	kaikki	10700
400	40	kaikki	1500	2700	-	-	-	-	-	-	-
400	85	-	-	-	kaikki	3200	4700	kaikki	8600	kaikki	9700
450	40	kaikki	1500	2700	-	-	-	-	-	-	-
450	95	-	-	-	kaikki	2500	3900	kaikki	7700	kaikki	8700

5.5 SAMISTAR- ja ACV-700- taajuusmuuttajien ennakoiva huolto

Taulukossa 12 ja 13 näkyy SAMI STAR- ja ACV-700-sarjan taajuusmuuttajien ennakoivat huolto-ohjelmat. TP0-järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 1988, joten huolto-ohjelman aikasarakkeet loppuvat kesken. Huolto-ohjelmaa voi kuitenkin hyödyntää hyppäämällä sarakkeissa 20 vuoden jälkeen vuoteen 1. TP5-järjestelmä on otettu käyttöön 1995, eli tässä mennään ennakoivan huollon listan sarakkeessa 19.

Taulukko 12. SAMI STARin ennakoivan huollon ohjelma /6/

	Vuotta käyttöönotosta																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Käyttöönotto	P																				
Jäähdytys																					
Puhallin (ilmavirta < 120 dm ³ /s)		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I
Puhallin (ilmavirta > 120 dm ³ /s)		I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I
Ikääntyminen																					
GTR:																					
Akku			I	R		I	R		I	R		I	R		I	R		I	R		I
Pulssivahvistinkortti (PAC)											(R)		R								(R)
DC-kondensaattoriyksikkö (CBU)											(R)		R								(R)
GTO:																					
Akku			I	R		I	R		I	R		I	R		I	R		I	R		I
Pulssivahvistinkortti (PAC) ja katkojan ohjauskortti (CHC)						I		R				I		R							I
DC-kondensaattoriyksikkö (CBU)											(R)		R								(R)
Katkojan kondensaattori ja Snubber-kondensaattori						I					R				I						R
Snubber-diodi						I					R				I						R
Liitokset ja ympäristöolosuhteet																					
Nauhakaapeli (liitokset)						I					R				I						R
Valokaapeli (liitokset)						I					I				I						I
Puristusliitosten kiristys						I					I				I						I
Pöly, korrosio ja lämpötila		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Syöttöjännitteen laatu		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Kehitystyö																					
SW / HW-päivitykset		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tyristorisyöttöyksikön päivitys		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Muutosilmoitukset (Change notes)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Mittaukset																					
Perusmittaukset		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Varaosat																					
Varaosat		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P

Huoltovälit ja osien vaihdot perustuvat ABB:n määrittämiin käyttöolosuhteisiin.

- R = Osan vaihto
 I = Tarkastus (visuaalinen tarkastus, ennakkohoito, korjaus ja vaihto tarpeen vaatiessa)
 P = Kenttähuoltotoimenpide (käyttöönotto, testaus, mittaus jne.)
 (R) = Osan vaihto vaativissa käyttöolosuhteissa

Taulukko 13. ACV-700:n ennakoinvan huollon ohjelma /2/

Vuotta käyttöönotosta																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Käyttöönotto	P																				
Jäähdytys																					
IGBT: Puhallin		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I
GTO: Puhallin		I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I
Ikäntyminen																					
IGBT:																					
Releet (SNAT 604 IFS)							I				R							I			R
Elektrolyyttikondensaattori (SNAT 7261 INT)											(R)		R								(R)
DC-kondensaattoriyksikkö (CBU)											(R)		R								(R)
GTO:																					
Releet (SNAT 607 MCI)								I			R							I			R
Pulssivahvistinkortti (PAC) ja katkojan ohjauskortti (CHC)						I		R					I		R						I
DC-kondensaattoriyksikkö (CPU)											(R)		R								(R)
Katkojan kondensaattori ja snubber-kondensaattori						I					R					I					R
Snubber-diodi						I					R					I					R
Liitännät ja ympäristö																					
Nauhakaapeli (liitokset)						I					R					I					R
Valokaapeli (liitokset)						I					I					I					I
Puristusliitosten kiristys						I					I					I					I
Pöly, korrosio ja lämpötila		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Syöttöjännitteen laatu		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Kehitystyö																					
SW / HW-päivitykset		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tyristorisyöttöyksikön päivitys		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Muutosilmoitukset (Change notes)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Mittaukset																					
Perusmittaukset		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Varaosat																					
Varaosat		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P

Huoltovälit ja osien vaihdot perustuvat ABB:n määrittämiin käyttöolosuhteisiin.

- R = Osan vaihto
I = Tarkastus (visuaalinen tarkastus, ennakkohuolto, korjaus ja vaihto tarpeen vaatiessa)
P = Kenttähuoltotoimenpide (käyttöönotto, testaus, mittaus jne.)
(R) = Osan vaihto vaativissa käyttöolosuhteissa

ABB tarjoaa vuosihuoltopaketteja, joihin kuuluu esimerkiksi kymmenennessä vuosihuollossa kaikki ennakoinvanhuollon listan mukaiset osat ja tarkistukset. Huoltopakettiin voidaan lisähinnasta lisätä mahdollisia komponenttien vaihtoja ja tarkastuksia, jotka ovat jääneet tekemättä tai jostakin syystä kaipaavat lisähuomiota.

SAMI STAR- ja ACV-700- taajuusmuuttajakaappien yleistä kuntoa tulee tarkkaila rutiiniluontoisesti ajoittain, esimerkiksi rasvauksien yhteydessä. Kaapit keräävät herkästi pölyä ja likaa itseensä, mikä vaikuttaa suuresti koneen toimintaan. Kaappien puhaltimien tuottama virtaus heikkenee jos suodattimet ovat tukkoiset tai edessä on muuta virtausta estävää. Jos kaappi on kerännyt paljon pölyä ja likaa, se tulisi imuroida ja puhdistaa huolella. Taajuusmuuttajan korkea lämpötila

lyhentää huomattavasti komponenttien kestoja, esimerkiksi kondensaattorin elinikä lähes kaksinkertaistuu 10°C:n lämpötilan laskulla. Imurointi on suositeltavaa teettää ammattihenkilöllä, sillä laitteet sisältävät herkkiä osia. Staattinen sähkö saattaa vahingoittaa taajuusmuuttajan herkkiä osia. Tämä ei välttämättä aiheuta välitöntä vikaa, mutta piilevänä vikana saattaa aiheuttaa häiriötä myöhemmin. Taajuusmuuttajiin syötetyistä ohjelmista on olemassa varmuuskopiot, jos ne syystä tai toisesta tuhoutuvat.

Taulukossa 14 on valmistajan tärkeimmät suositeltavat varaosat SAMI STAR-yhdistelmään. Varaosien tilauskoodit löytyvät laitteiden kojeluettelosta.

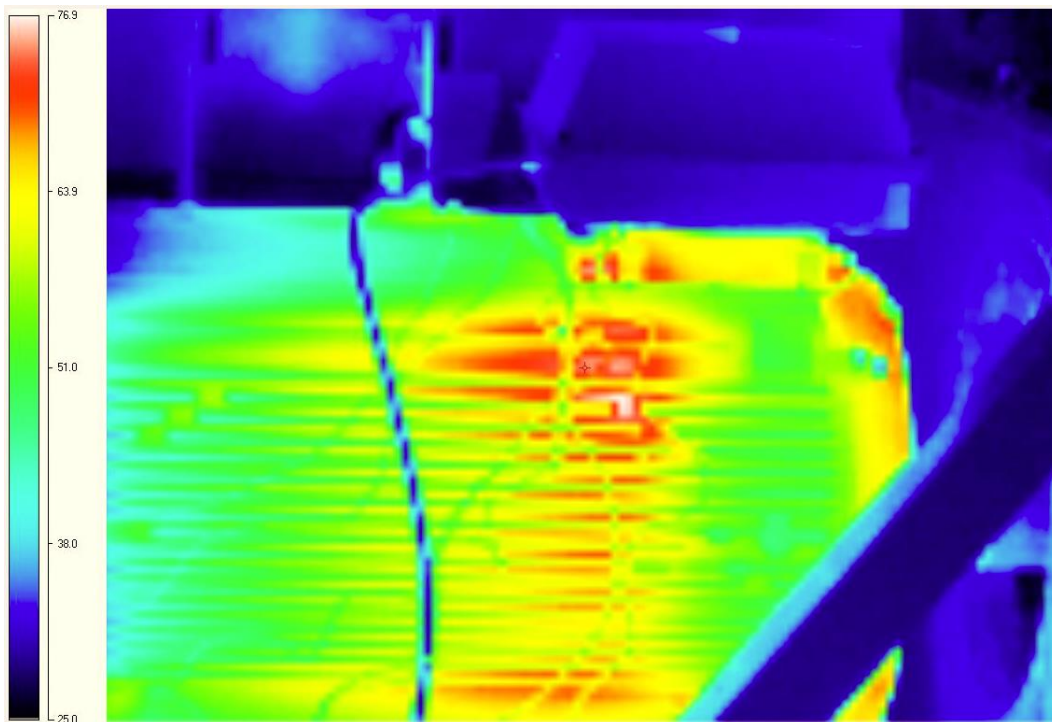
Taulukko 14. SAMI STARin tärkeimmät valmistajan suosittelemat varaosat /6/

Varaosa	Lajimerkki tai tunnus
Erikoisnopeat syöttösulakkeet	F1
CTU:n ohjauskortti	SAFT 136 CTS
Tulosillan diodimoduulit	G(5)1; G(5)2; G(5)3
Tulosillan diodit	V51...V56
Välipiirin kondensaattoreita	C1.1-C1.n, C2.1-C2.n
Välipiirin kondensaattorien sulakkeita	F1.1-F3.n
CBU:n valvontakortti	SAFT 132 CBS
Riviliitinkortti	SAFT 174 TBC
Ohjauskortti	SAFT 187 CON
Apujännitelähde	SAFT __ OW
Pulssivahvistin	SAFT __ PAC
Katkojan ohjauskortti	SAFT __ CHC
Transistorimoduuli	V1, V2, V3
GTO-tyristori	V11... V16
Nolladiodi	V1... V6
Katkojan GTO-tyristori	V17
Virtamuunnin	SAFW __
Tehonliitäntäkortti	SAFT 166 APC
I/O liitäntäkortti	SAFT 188 IOC

5.5.1 Taajuusmuuttajan kuntomittauksia

Ajon aikana voidaan lämpökameralla kuvata liitoksia ja komponentteja. Kuvauksen yhteydessä erittäin voimakkaasti tai poikkeavasti lämpenevät kohteet viittaa-

vat vikaan. Heikot ja löysät liitokset tai yksinkertaisesti komponentin lopun lähestyminen oireilee lämpenemänä. Kuvassa 19 näkyy esimerkkikuva lämpökuvauksesta.

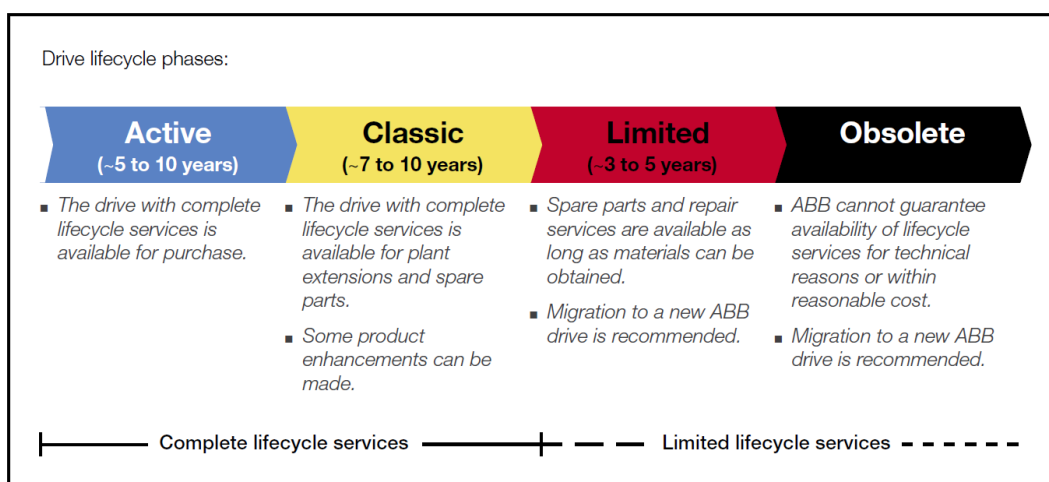


Kuva 19. Lämpökamerakuva testimoottorista

Taajuusmuuttajan sähköisillä kunnonmittauksilla voidaan havaita normaalista toiminnasta poikkeavia tuloksia. Viallinen tai vikaantumista oireileva komponentti yleensä oireilee ennalta ehkäisevissä mittauksissa siten, että laitteen tunteva mittaaja sen huomaa. Esimerkiksi kondensaattoreille voidaan tehdä kuntomittauksia oskilloskoopilla tai suuntaa antavia mittauksia yleismittarilla. Kondensaattorin kunnonmittauksessa tarkkaillaan lataus- ja purkautumisvirtakäyriä. Viallisen kondensaattorin jännite putoaa purkaustilanteessa huomattavasti nopeammin kuin hyväkuntoisen. Taajuusmuuttajan moottorille syöttämää virtaa voidaan myös tarkkailla oskilloskoopilla, mutta tämä vaatii ammattilaisen lukemaan mittaria, sillä kuormana oleva moottori on aina eri ja tämä vaikuttaa suuresti käyrämuotoon. /1/

5.5.2 ABB-laitteiden elinkaariajatus

Kuvassa 20 näkyy ABB:n ajatus laitteen elinkaaresta. Siitä näkee, minkälaisella resurssilla vanhojen laitteiden huoltoihin panostetaan. TP0- ja TP5-taajuusmuuttajat siirtyivät limited-tilaan 1/2014, joten huolto ja varaosien saatavuus heikkenee koko ajan. Kyseiset laitteet siirtyvät obsolete-tilaan 1/2017, jolloin viimeistään osien ja huollon saatavuus on hankalaa.



Kuva 20. ABB elinkaari /1/

5.5.3 Retrofit

ABB tarjoaa SAMI STAR- ja ACV-700-taajuusmuuttajiin retrofit-pakettia, jolla saadaan laitteet nykyaikaistettua ja toimintavarmuus ylläpidettyä. Vanhan taajuusmuuttajakaapin sisäiset osat vaihdetaan vastaamaan nykyaikaista ACS-800-sukupolvea. Pakettiin kuuluu suunnittelu- ja mitoitus työ. Monet sähköiset ja mekaaniset osat, kuten kaapistorot ja kaapelit, voidaan käyttää uudelleen. Näin retrofit-päivitys tulee maksamaan huomattavasti vähemmän kuin koko kaapiston ja taajuusmuuttajan uusiminen. Retrofit-paketti sisältää taulukon 15 mukaiset osat. /5/

Taulukko 15. Retrofit-tuotteet /5/

Toimitukseen kuuluvat tuotteet
ABB:n invertterimoduli
kytkinvaroke tai varokealusta
ohjauskortti
ACS800-käytön moottorinohjaus- ja I/O-kortti ja tehonlähde
yhteismuotosuodatin
EMC-suodattimet
oveen asennettava ohjauspaneeli
uusi kaapinovi tehokasta jäähdytystä varten
asennussarjat, johdot ja liittimet
kattava dokumentaatio.
Seuraavat osat voidaan liittää toimitukseen:
kenttäväyliin ja tiedonsiirtoon liittyvät laitteet
Ethernet-liitäntä
PC-ohjelmisto taajuusmuuttajan hallintaa varten.

Kuvassa 21 näkyy malliesimerkki SAMI STARin retrofit-muutoksesta, vasemmalla SAMI STAR ja oikealla retrofit-muutos. Kuvat ovat samasta kaapista, mutta ennen ja jälkeen asennuksen.



Kuva 21. Retrofit-asennusesimerkki /1/

Retrofit-paketti on kallis, mutta pitkässä juoksussa varmasti kannattava muutos. Muutos toisi mukanaan luotettavuutta, sillä nykyisten taajuusmuuttajien kanssa on koko ajan pieni hajoamisen pelko. Laakerivirrat ja muut häiriöt tulisivat pienenevän paremman tekniikan ansiosta. Vaikka taajuusmuuttajien sisuskalujen vaihdon suorittaa parissa päivässä, niin tulee ottaa huomioon myös mahdolliset automaation vaativat muutokset.

5.6 Kytkimien silmämääräinen tarkastelu

Moottoreiden välisiä kytkentöjä tulee myös seurata, sillä ne ovat mekaanisia osia jotka kuluvat. Koekentällä on moottoreiden välissä käytössä Maina-merkkisiä hammaskytkimiä, joustavia sakarakytkimiä ja tappikytkimiä.

Hammaskytkimessä on moottoreiden akseleissa hammasratatetut navat ja niiden päällä yhdistävä holkki. Rakenne on täysin teräksinen. Hammaskytkin on vääntöjäykkä ja se kestää suurien momenttien kuormitusta. Rakenne kestää pienen linjausvirheen, mutta kuluu tällöin nopeasti. Kun kytkin on kulunut, moottorit eivät ole enää kiertojäykästi yhdessä. Väljyys aiheuttaa tärinää ja kovaa ääntä, sekä lopulta hajoaa kokonaan. Hammasrataskyttimeen tulee lisätä ohjeen mukaan 5-6 kuukauden välein uutta rasvaa ja samalla tarkastaa aksiaalinen liikkumavapaus sekä mahdollinen väljys. Rasva tulee vaihtaa kokonaan 8000 tunnin tai kahden vuoden välein. Rasvaksi suositellaan suurpaine litiumrasvoja. Aika-ajoin tulee tarkastaa myös akselien linjaus. Ohessa kuva hammaskytkimestä (**Kuva 22.**).



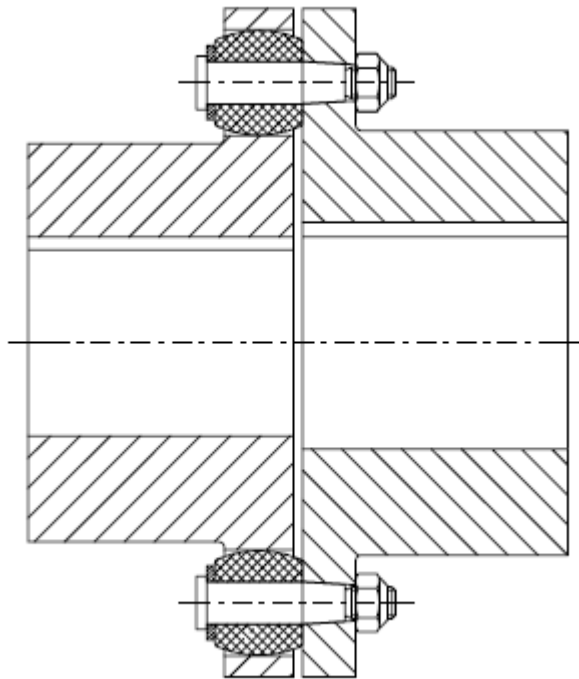
Kuva 22. Maina-hammaskytkin

Sakarakytkimellä pystyy myös kytkemään suuria momenteja. Kytkin koostuu kahdesta sakaranavasta, joiden välissä on joustava tähden muotoinen kumi. Kytkin sallii pienen linjausvirheen ja vähentää joustavuudellaan koneiden välisiä värähtelyjä. Rakenne on pitkäikäinen kun linjaus on kunnossa. Ajan ja huonon linjauksen takia kumin kuntoa pitää kuitenkin tarkkailla. Oheisessa kuvassa näkyy sakarakytkin (**Kuva 23.**).



Kuva 23. Sakarakytin

Tappikytimet ovat ominaisuuksiltaan ja huollon tarpeeltaan samanlaisia kuin sakarakytimet. Urosnavan nastan päälle tulee kumiholkki, joka on vasten naarasnapaa. Oheisessa kuvassa näkyy tappikytin (**Kuva 24.**).



Kuva 24. Tappikytin

6 TEHDYT JA TULEVAT HUOLLOT TP0

6.1 TP0-jarrumoottorit

TP0-jarrumoottorit on huollettu 2/2012. Huollossa moottorit laakeroitiin ja puhdistettiin perusmittausten lisäksi. Jarrumoottoreiden pitäisi kestää rasvauksella ja laakerien aistinvaraisilla havainnoilla vielä pitkään moitteetta.

TP0-jarrumoottorien erillispuhallinmoottorit on huollettu 4/1999. M43-moottorin erillispuhallinmoottori käy vielä hienosti, mutta M44-moottorin erillispuhallinmoottori täristää melko rajusti. Tärisevä moottori pitäisi ottaa heti huoltoon, ennen kuin se hajoaa.

6.2 TP0-generaattori

TP0-generaattori on huollettu 3/2007. Huollossa vaihdettiin laakerit ja puhdistettiin generaattorin sisäiset osat. Tässä generaattorissa on jouduttu vahtimaan roottorin magnetoinnin diodeja, jotka pääsevät hieman elämään ja lopulta hajoavat huonon tuentansa takia. Diodeja onkin valmiina hyllyssä, sillä niitä ei nykyään löydy helposti. Rakennetta voisi seuraavassa huollossa tarkkailla, jos siihen onnistuisi valmistaa tuentaa. Generaattorilla on seitsemän vuotta aikaa edellisestä huollosta, joten olisi pian syytä ottaa se työn alle ja ehkäistä isommat tuhot. Generaattorin tilalle löytyy huonosti uutta vastaavaa, joten senkin takia pitää huolehtia ennakkohuolloista ja estää täystuho.

6.3 TP0-generaattorin vetomoottorit

TP0-generaattorin vetomoottorit on huollettu yhtä aikaa generaattorin kanssa 3/2007. Huollossa vaihdettiin laakerit ja puhdistettiin moottorien sisäiset osat. Moottorien laakerit käyvät vielä hienosti, mutta huollosta on aikaa jo seitsemän vuotta. Moottorit kannattaisi pian ottaa työn alle yhdessä generaattorin kanssa, jotta ehkäistään isommat tuhot.

TP0-generaattorin M21-vetomoottorin erillispuhallinmoottori on huollettu 2/2012. M22-vetomoottorin erillispuhallinmoottori on huollettu 3/2007. Kummatkin moottorit käyvät vielä hienosti ja pitäisi perushuollolla pyöriä vielä huoletta.

6.4 TP0:n SAMI STAR- ja -ACV-700-taajuusmuuttajat

TP0:n ACV-700- ja SAMI STAR-ryhmäkäytön huoltoja on hieman laiminlyöty ja varsinaisia vuosihuoltoja ei ole suoritettu ajallaan, vaan lähinnä sitä mukaa kun on syntynyt vikaa. Kaikkia huoltoja ei ole myöskään kirjattu ylös. SAMI STAR ja ACV-700 siirtyy limited- tilaan vuoden 2014 alussa, joka tulee hankaloittamaan huoltoja. Kumpaankin taajuusmuuttajaan tulisi suorittaa seuraavaksi kymmenes vuosihuolto, mutta suositeltavampaa on suorittaa retrofit-päivitys. Kymmenes vuosihuollon tekeminen on kallista suhteessa retrofit-päivityksen tuomiin etuihin.

6.5 Kyttyt

TP0-jarrumoottoriletkan ja -läpivientiakselin välinen hammaskyttykin vaihdettiin uuteen 1/2014. Samalla kertaan linjattiin koko jarruletka.

7 TEHDYT JA TULEVAT HUOLLOT TP5

7.1 TP5-jarrumoottorit

TP5-jarrumoottoreille MB3 ja MB4 on tehty täysi huolto vuonna 2013. Huollossa laitettiin moottoreihin uudet käämit ja laakerit. Samalla tehtiin kaikki normaalit tarkastukset moottoreille. TP5-jarrumoottoreille ei pitäisi pitkään aikaa tulla korjauksen tarvetta, kunhan rasvauksista huolehditaan ja laakerien käyntiä valvotaan.

TP5-jarrumoottorien erillispuhallinmoottorit ovat sen verran tuoreita, ettei niille ole tehty vielä huoltoja. Moottorien kunto testattiin ja todettiin hyväksi vuonna 2013 suoritettussa jarrumoottorien huollossa. Moottorien pitäisi kestää vielä pitkään moitteetta, mutta kuitenkin tärinöitä ja laakerien käyntiä kannattaa seurata.

7.2 TP5-generaattori

TP5-generaattorille suoritettiin täysi remontti 1/2014, koska napatuenpultti oli katkennut ja päässyt tekemään tuhoja. Generaattoriin jouduttiin tekemään uusi staattoripaketti vahinkojen takia ja roottorikin piti käämiä ja tukea uudelleen. Generaattoriin vaihdettiin tietysti myös uudet laakerit ja suoritettiin jälkitestaukset. Generaattoriin vaihdettiin uusia osia niin paljon, että se vastaa huollon tarpeeltaan uutta generaattoria. Generaattorille ei pitäisi pitkään aikaan tulla korjauksen tarvetta, kunhan rasvauksista huolehditaan, laakerien käyntiä ja generaattorin käyntiarvoja valvotaan. Uuden vastaavan generaattorin saaminen on nykyään hankalaa, joten huollot tulee suorittaa ajallaan. Kuvassa 25 näkyy katkenneen pultin aiheuttamia tuhoja.



Kuva 25. Katkenneen pultin aiheuttamaa tuhoa

7.3 TP5-generaattorin vetomoottorit

Generaattorin vetomoottorit huollettiin yhtä aikaa generaattorin kanssa 12/2013. Moottorit puhdistettiin ja laakeroitiin uudelleen. Kun vetomoottorit ja generaattori saatiin paikoilleen, suoritettiin testaus ja havaittiin toisen vetomoottorin hajonneen. Vetomoottorit hajosivat juuri raportin viimeistelyhetkellä, joten niiden tulevista toimenpiteistä ei voitu vielä kirjoittaa. Jos moottoreissa on suurempaa vikaa, tulee todennäköisesti halvemmaksi hankkia uudet moottorit, sillä M2-luokan moottoreihin ei enää saa kunnolla osia. Jos uudet moottorit joudutaan hankki-
maan, kannattaisi miettiä hieman tehokkaampien moottorien hankintaa. Tällä het-

kellä on ilmennyt, että G5-generaattorissa olisi vielä varaa suurempiin tehoihin, mutta vetomoottorit hyytyvät. Tehokkaampien vetomoottorien hankinnalla saatettaisiin hieman tehostaa paikan koestusmahdollisuuksia. Tehokkaampien vetomoottorien mahdollinen hankinta tulee ottaa huomioon Retrofit-päivityksessä, sillä käytöt saattavat jäädä liian pieniksi.

TP5-generaattorin vetomoottorien erillispuhallinmoottorien kunto on tarkastettu vetomoottorien huollon yhteydessä 12/2013. Moottorit todettiin tuolloin vielä hyväkuntoisiksi, mutta kasattiin kuitenkin ennakoivasti uusilla laakereilla. Moottoreille ei pitäisi pitkään aikaan tulla huollon tarvetta, mutta kuitenkin tärinöitä ja laakerien käyntiä tulee seurata.

7.4 TP5-ACV-700-ryhmäkäyttö

TP5-ACV-700-ryhmäkäytön huoltoja on hieman laiminlyöty ja varsinaisia vuosihuoltoja ei ole suoritettu ajallaan, vaan lähinnä sitä mukaa kun vikaa on syntynyt. Kaikkia huoltoja ei ole myöskään kirjattu ylös. ACV-700-sarja siirtyy limited-tilaan vuoden 2014 alussa, mikä tulee hieman hankaloittamaan huoltoa. Kummallekkin ryhmäkäytölle tulisi suorittaa kymmenes vuosihuolto, mutta samoin kuin TP0:lla on viisaampaa hankkia retrofit-päivitys.

8 HUOLLON VALMIUS

8.1 Huollon valmistelut

Useimmat huollot joudutaan suorittamaan laitteiden ollessa jännitteettömänä. Tämä aiheuttaa testipaikan seisokin, joten huollot joudutaan suunnittelemaan mahdollisimman tarkasti. Vaikka työjono on pitkä, huoltoja ei saisi laiminlyödä. Huoltoja suunniteltaessa on hyvä pitää palaveria ja valmistella huolto mahdollisimman nopeasti tehtäväksi, sekä vähiten työjonoa häiritsevään ajankohtaan. Ennakoivan huollon suorittaminen on aina halvempaa kuin huollon laiminlyönnistä johtuva korjausseisokki. Ennakkohuollot olisi hyvä merkitä testipaikkojen aikataulusuunnitelmaan, että kaikki varmasti ovat tietoisia tulevasta.

8.2 Varaosien saatavuus/puskuri

TP0- ja TP5-taajuusmuuttajien varaosia ei kannata enää paljoa varata hyllyyn, koska ne ovat kalliita ja tavoitteena on siirtyä retrofit-päivityksiin. SAMI STAR- ja ACV-700-taajuusmuuttajien varaosien saatavuus hankaloituu ja kallistuu tulevaisuudessa, koska nämä siirtyvät limited-tilaan vuoden 2014 alussa. Jos näistä taajuusmuuttajista hajoaa kortti, niiden korjausta ei ole enää missään. ABB Drive-silta löytyy vielä pääkomponentteja siten, että perushuollot onnistuvat paikan päällä. ABB:llä on käytössä maailmanlaajuinen parts-online sivusto, jonka mukaan näihin löytyy osia vielä melko kattavasti. Tilaaminen tapahtuu kirjautumalla palveluun ja lisäämällä tuotekohtaisen varaosalistan perusteella komponentteja ostoskoriin.

Moottorien ja läpivientien laakerit tulevat Vuorenmaa Oy:n toimittamana kaikki parissa päivässä, joten näitä ei ole kerätty suuria määriä varastoon. Sähköisiä peruskomponentteja löytyy hyllystä kohtuullisen kattavasti. Huolto-osastolla on olemassa varaosarekisteri, josta näkyvät osakohtaiset varastosaldot. Jos kriittiseksi luokiteltu osa loppuu hyllystä, tilataan sellainen.

8.3 Tehtaan oman henkilökunnan tekemät huollot

Huoltojen jakaminen tapahtuu tällä hetkellä lähinnä osaamisen mukaan. Kaikki huollot mitä talon oma huolto kykenee tekemään, tehdään talon sisäisesti. Talon oma huolto on huomattavasti edullisempaa, verraten muualta hankittuun huolto-osaamiseen. Talon omaa huoltoväkeä yritetään kouluttaa tulevaisuudessa vaativampiin huoltoihin. Esimerkiksi kun tilataan hiilihuolto, työhön laitetaan omaa huoltohenkilökuntaa mukaan oppimaan.

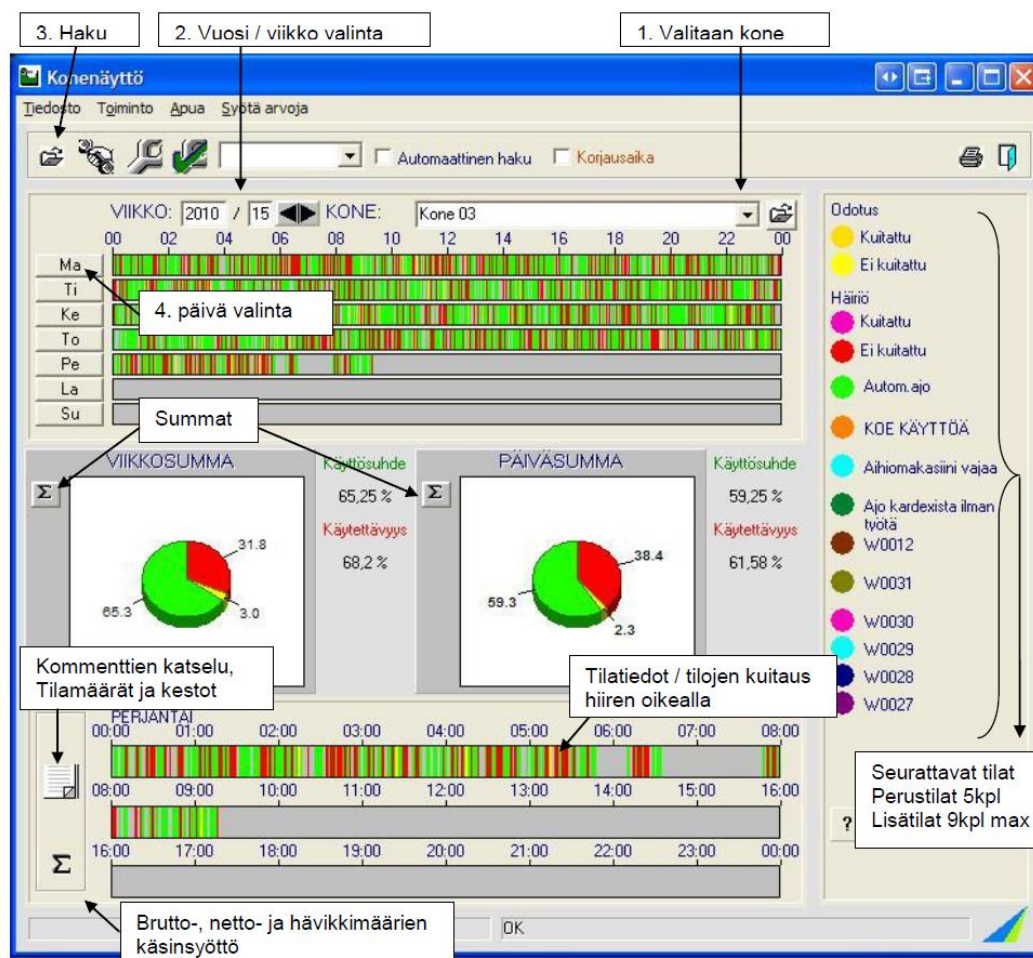
Talon oman huollon osaaminen rajoittuu koekentän näkökulmasta tällä hetkellä mekaanisiin huoltoihin, laitteiden puhdistamiseen ja yleistöihin. Taajuusmuuttaja-huollot, hiilihuollot ja automaatiopuolen ongelmat ovat vielä sellaisia töitä, jotka vaativat apuvoimaa muualta. Huollot tilataan kuitenkin aina oman huollon kautta ja siellä organisoidaan huollon jako. Osa huolloista muodostuu kehitystöiksi ja nämä vaativatkin useampaa osaavaa tahoja. Kehitystöiksi voidaan luokitella esimerkiksi momenttipukin laakerien hajoaminen, joka johtuu pukin rakenteellisesta viasta.

9 ARROW- KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ KOEKENTÄLLÄ

ARROW on erikoistunut kehittämään yritysten tuotannon tehokkuutta ja ylläpitämään tuotantolaitteiden käyntiä. Järjestelmään ABB:llä pääsee käsiksi satoja ihmisiä tekemään vikailmoituksia tai tuotannon tehokkuuteen vaikuttavia raportteja. ABB:llä on käytössä tuotannon tehokkuuteen räätälöity ARROW Machine Track ja huollon tehokkuuteen räätälöity ARROW Maint. Koekenttä hyödyntää tällä hetkellä vain Maintia, mutta saattaa tulevaisuudessa liittyä myös Machine Trackin tehokkuusvalvontaan.

9.1.1 ARROW Machine Track

Machine Track on luotu parantamaan tuotannon kokonaistehokkuutta, joka perustuu tuotantolaitteista saataviin datoihin ja muiden järjestelmien antamiin tietoihin. Machine Trackilla pystyy esimerkiksi piirtämään graafia, josta ilmenee koneiden käytön tilat ja mahdolliset seisokit. Käytön tiloja tarkkailemalla voidaan yrittää kehittää tuotantoa, siten ettei käyttökatkoksia syntyisi niin paljon. Koekentällä tuotannon valvonta on hieman haastavampaa, koska esimerkiksi generaattorin käyntitieto ei kerro kaikkea. Paikka ei välttämättä ole täysin seisokissa, vaikkei generaattori ja jarrumoottorit pyörisikään. Kuva 26 havainnollistaa tilannetta.



Kuva 26. Koneenkäyttöä kuvaava ikkuna /3/

9.1.2 ARROW Maint

ARROW Maint on räätälöity ohjaamaan kunnossapitotöitä ja huoltojen suunnittelua. Kyseiseen järjestelmään on syötetty laiterekisteri yksiköittäin ja koekentän tapauksessa testipaikoittain. Laiterekisteriin on kirjattu laitteen tekniset tiedot, joista pitäisi selvittää, esimerkiksi moottorin laakerityyppi. Laitteille on luotu huoltosuunnitelmat, joiden kautta moottoreille tehtävät määräaikaishuollot siirtyvät työjonoon. Vianilmoituskohdasta saa avattua laitekohtaiset huolto-ohjeet, ainakin rasvauksista. Tavoite on saada myös muut ohjeet näkyviin tulevaisuudessa. Järjestelmästä löytyy vikahistoria laitekohtaisesti, jota voidaan hyödyntää, esimerkiksi vian nopeampaan paikantamiseen. Vikahistoriaan tallentuu vikailmoitus ja korja-

ustoimenpide ajankohtinen. Huoltoja tehtäessä tallentuu järjestelmään vian korjauksen kustannukset, joista voidaan tulostaa, esimerkiksi vuosittain laitteiden kokonaiskustannukset. Jos kokonaiskustannukset ovat kovin suuret, voidaan historiaa selaamalla päätellä, onko laitteessa heikko lenkki ja voitaisiinko tällainen pulonkaula estää esimerkiksi uudella laitehankinnalla.

Kun koekentällä tapahtuu konerikko, siitä kirjoitetaan ARROW-webvikailmoitus mahdollisimman tyhjentävästi ja selkeästi. Ilmoitukseen kirjataan vian prioriteetti-järjestys yhdestä kolmeen ja aiheuttaako vika koneen seisomisen. Talon kunnosapito näkee ilmoituksen ARROW Maintissa ja hoitavat työn järjestyln. Huollot tehdään prioriteettijärjestyksessä ja työn valmistuessa se kirjataan tehdyksi. Kuvassa 27 näkyy työaikataulunäkymä ja kuvassa 28 näkyy ARROW-webvikailmoitusnäky.

The screenshot shows the ARROW software interface for a work schedule. The main window displays a grid with columns for days of the week (C/S) and rows for work orders. Annotations point to specific features:

- Rivinäyttö**: Points to the top menu bar.
- Valinta laitepuusta**: Points to the 'Aktiivinen työ' (Active work) filter.
- Valitun työn toimenpiteet**: Points to the 'Valitun työn toimenpiteet' (Selected work actions) filter.
- Aikanäkymän laajennus tai pienenys kaksoisklikkauksella**: Points to the column headers for expanding or collapsing the view.
- Työkortin avaus joko kaksoisklikkaamalla riviä (ei palkkia) tai Näytä työ**: Points to a specific work order row.
- Näkymän siirto vasemmalle ylös palkin kaksoisklikkauksella**: Points to the scroll bar on the right side of the grid.
- Työn viikonpäivä / viikkonumero**: Points to the bottom status bar showing 'Pe/24' and '20 / 101'.
- Aikaväli hakeuhoissa**: Points to the search criteria input field at the bottom.

Kuva 27. ARROW-työaikataulunäkymä /3/

Webvikailmoitus

Selaustoiminnot

- ▶ [Vikailmoitusten selaus](#)
- ▶ [Valmistuneet työt](#)

Hakutoiminnot

▶ [Vapaa haku](#)

▶ Laitetunnus:

▶ Osasto:

▶ Kustannuspaikka:

▶ **Ylin taso**

- ▶▶ FIMOT
- ▶▶▶ MM-tehdas
- ▶▶▶▶ Koestus / MLX-000
- ▶▶▶▶▶ TP5 Tyypikoestuspaikka 5 / 01-VMOT-KO115

[TP5 automaatio, TP5-RK6 / 01-VMOT-KO115-5](#)

[TP5 generaattorikoneikko / 01-VMOT-KO115-1](#)

[TP5 jarrukoneikko / 01-VMOT-KO115-2](#)

[TP5 sähköistys / 01-VMOT-KO115-3](#)

[TP5 taajuusmuuttaja, TP5-ACV4 / 01-VMOT-KO115-4](#)

Laitetiedot

Koodi

Malli

Ylätaso

Valmistusnumero

Sijainti

Koodi	Voi alk.pvm
10632	4.11.2013

Kuva 28. ARROW-webvikailmoitusnäkyvä

10 KEHITYSIDEOITA

10.1 Huoltokirja

Toimivaa määräaikaishuoltokirjaa on tässä vaiheessa hankala luoda TP0- ja TP5-laitteille. Taajuusmuuttajille pystyisi luomaan tarkan huolto-ohjelman, mutta kyseisten testipaikkojen taajuusmuuttajat ovat kalliin täyshuollon tai retrofit-päivityksen tarpeessa. Kun päivitys saadaan tehtyä, tulee suorittaa kaikki ohjekirjan mukaiset huollot ajallaan.

Moottorien huoltoon ei koekentällä voi tehdä suoranaisia osien määräaikaisvaihtoja, koska käyttökuormat vaihtelevat koko ajan. Moottorien huollon tarve tulee selvittää määräaikaistarkastuksien avulla. Liitteenä huolto-osaston luoma huolto-suunnitelma (LIITE 12).

Koekentälle voitaisiin jakaa testipaikoittain huoltovihkot, joihin täytettäisiin aina tehdyt huollot. Vihkosta löytyisi aina nopeasti laitteen historia. Huoltohistorian pitäisi löytyä aina myös ARROWista, mutta järjestelmän käyttö ei ole vielä kaikilla halussa ja näin kaikki huollot eivät siellä näy.

10.2 Retrofit-tarjous ja järjestelmän päivitys suunnitelma

TP0- ja TP5-testipaikoille pyydettiin retrofit-tarjous. Tarjous saatiin hyvälle alulle, mutta tähän työhön lopullista hintaa ei saatu. Tarkoituksena on vaihtaa vanhojen käyttöjen paikalle ACS-800-sarjan laitteet. Työhön kuuluu uusien taajuusmuuttajien HW-suunnittelu ja dokumentointi, APC-ohjauksen muutosten suunnittelu ja muutostyöt, projektin hoito, vanhojen laitteiden purku ja uusien asennus, automaation muutokset ja käyttöönotto. Suunnitteilla oli jokaiselle oikosulkumoottorille oma vaihtosuuntaaja. Muutos tulisi lähinnä TP0-jarrukoineikkoon, jossa on tällä hetkellä yksi suuntaaja kahta konetta kohti. APC-ohjaus on myös nykyään samaa elinkaarta kuin SAMISTAR- ja ACV-700-laitteet, joten niiden korvaus on suunnitteilla. Tarjouksen suullinen arvio on kuitenkin huomattavasti edullisempi kuin kokonaan uuden ryhmäkäytön.

Tarjouksen yhteydessä teetetään samalla järjestelmän päivityssuunnitelma. Tämä tarkoittaa uuden TP4-testipaikan tapaista laitteistoa. Pääideana olisi, että jarrukoneikot, joissa on nyt kaksi samankokoista moottoria, korvattaisiin kahdella eri napapari-luvun moottorilla. Muutoksen hyötynä saataisiin laajempi vääntöalue pienemmillä käytöillä. Nykyajan automaatio-osaamisella ja laitteilla se on helpommin toteutettavissa kuin ennen. Tällainen muutos vaatisi kuitenkin melko paljon muutoksia ohjelmaan. Uuden TP4-testauspaikan pyörähtäessä käyntiin, oppii paljon tällaisen järjestelmän toimivuudesta. Yksi kysymysmerkin paikka tämänkaltaisessa järjestelmässä kohdistuu moottorien kestävyteen. Moottorien napapari-lukuero ei suurissa koneissa saa olla liian suuri. Testattavia moottoreita joudutaan usein ajamaan yli 3000 rpm jarrua vasten, tähän jos ajattelee suurnapapari-lukuisen moottorin jarrukoneeksi, niin koneen nimellinen pyörimisnopeus ylittyy reilusti.

10.3 Keskusvoitelujärjestelmätarjous SKF

Tarjous sisältää koekentän konehuoneen keskusvoitelujärjestelmän toteutettuna seuraavalla tavalla.

Keskusvoitelujärjestelmän runkoputkistoon nähden keskeiselle paikalle esim. TP 9 Sähkötilan tai äänihuoneen luokse asennetaan paineilmatoiminen Maxilube-pumppauskeskus. Koneistot erotetaan omiksi itsenäisiksi kanaviksi CLV-2 kanavasulkuventtiilien avulla. Pumppauskeskukselta asennetaan halkaisijaltaan 22 mm runkoputkisto voitelukohteiden alueelle. Kanavasulkuventtiilit asennetaan runkoputkistoon koneistojen luokse. Voitelukohteiden välittömään läheisyyteen asennetaan SG2-annostinryhmät. Annostinryhmät liitetään runkoputkistoon halkaisijaltaan 12 mm haaraputkistolla sekä voitelukohteisiin halkaisijaltaan 6 mm voiteluputkilla ja halkaisijaltaan 8 mm voiteluletkuilla. Keskusvoitelujärjestelmiä ohjataan ST-1440 ohjauskeskuksen avulla. Järjestelmien painetta valvotaan kanavien päähän asennettavien painelähetinasetelmien avulla. /9/

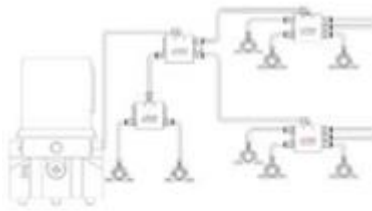
Tarjouksen mukaisen rasvarijärjestelmän ohjauskeskukseen ST-1440 tulisi kuusi voitelukanavaa. Joka kanavalla on oma voideltava koneryhmä. Järjestelmä on tarvittaessa laajennettavissa 14 kanavaiseksi. Voitelujakso on säädettävissä 1 min -

999 h 59 min ja pumppausaika 1 s – 9999 min. Hälytykset on kytkettävissä ja säädettävissä rasvauspaineista ja rasvan pinnankorkeudesta. Toiminnasta kertova nestekidenäyttö ja merkkivalot antavat selkeän näkemyksen rasvauksen tilasta. Pumppauskeskus MaxiLube MAX-1-2-24-X-R sisältää paineilmatoimisen, laskeutuvan tynnyripumpun 50 kg kapasiteetilla.

Tarjoukseen on laskettu 63 voitelukohtetta; 2 per kone ja 3 per läpivientiakseli. Tarjouksen voitelukohdemäärä on muutettavissa kiinteällä voitelukohdemääräisellä hinnalla.

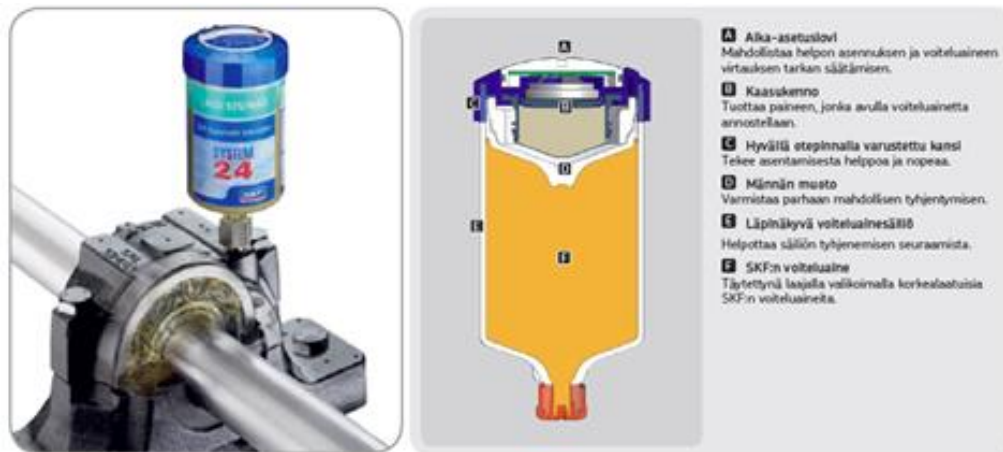
10.4 Pienemmät rasvarit

Pienemmistä rasvareista esimerkkinä on Lincolnin valmistama sähkötoiminen automaattinen rasvauslaitteisto maksimissaan 12 voitelupisteeseen. Teollisuuteen tarkoitettu järjestelmä toimii 230 V jännitteellä. Ohjauskorttiin on ohjelmoitavissa tauko- ja pumppausajat, joten rasva-annoksen määrä saadaan juuri oikeanlaiseksi. Paketti toimitetaan 2 kg säiliöllä ja tarvittavilla liitososilla, sekä takaiskulähdöillä. Järjestelmällä pystyisi hoitamaan kriittisimmät pisteet ja olisi hankintahinnaltaan huomattavasti halvempi verrattuna SKF:n suureen järjestelmään. Ohjehinta järjestelmälle on 2 200 euroa raportin kirjoitushetkellä. Haittapuoleksi Lincolnin P203 -järjestelmässä jää se, että laitteita joutuisi asentamaan monta jos rasvaus haluttaisiin automatisoida täysin koekentällä. 2 kg säiliöt saattaisivat vaatia kohtuuttoman usein täyttöä ja valvontaa. Kuvassa 29 on nähtävissä Lincoln P203- järjestelmä.



Kuva 29. Lincoln P203 /4/

Markkinoilla on saatavissa nykyään myös useammalta valmistajalta laakerin yläpuolisia yksittäisrasvareita, tästä esimerkkinä SKF System 24. Laitteen rasvasyöttönopeutta voidaan säätää kannessa olevaa syöttöruuvia kiertämällä. Rasvari toimii, joko kaasu-/jousimännällä tai pienellä sähkömoottorikäyttöisellä männällä. Tuotetta on saatavilla kattavalla rasvalikoimalla. Tämä olisi loistava esimerkiksi läpivientien rasvaukseen. Tällä keinolla laakeri saisi koko ajan voitelua ja täten varmasti pidentäisi laakerin ikää. Kuvassa 30 näkyy kaasumännällinen ratkaisu. Hinta vaihtelee paljon tilausmäärän, rasvan laadun ja puristusmännän mukaan. Hinta kaasumännällisellä ja yhden kappaleen tilauksella on raportin kirjoitushetkellä noin 40 euroa.



Kuva 30. SKF System 24 /10/

10.5 Rasvauksen ja tarkastelun ulkoistaminen

Pyörivien koneiden rasvaus pitäisi ulkoistaa yhdelle tai muutamalle huoltohenkilölle, oli sitten kyse rasvarin täytöstä tai manuaalirasvauksesta. Koestajilla on rasvauksessa hieman eri käytäntöjä ja muutenkin toimenpiteessä menee turhaan koestusaikaa hukkaan monelta mieheltä. Olisi helpompaa perehdyttää yksi mies vastaamaan kaikista konehuoneen rasvattavista kohteista. Rasvauksen yhteydessä suoritettaisiin laakerien, hiiliharjojen, yleisen puhtauden, ulkoisten vaaratekijöiden ja tiivisteiden kunnan tarkastus. Toimenpide suoritettaisiin kunnolla ja rutiinomaisesti nopeammin kuin, että monta miestä yrittää koestusten välissä ehtiä huolehtimaan asiasta. Rasvaus hoidettaisiin tietyin määräajoin ja jos rasvaustaukojen välillä havaitaan ongelmia, tästä ilmoitettaisiin rasvausta ja tarkastelua hoitavalle henkilölle.

LÄHTEET

- /1/ ABB:n sisäiset tietokannat.
- /2/ ACV-700 käyttöohjeet. 1995.
- /3/ Hyppönen, S. 2014. ARROW-esitteet.
- /4/ Lincoln-jälleenmyynti. Viitattu 18.3.2014.
http://www.ytm.fi/files/ytm/pdf/YTM_SUOSITUSHINNASTO_keskusvoitelu.pdf
- /5/ Ketoluoto, H. 2014. Retrofit-tarjous.
- /6/ SAMI STAR- käyttöohjeet. 1988.
- /7/ Service-huoltomiehet. Kokemuksen tuomat ohjeet. 2014.
- /8/ SKF-laakerikäsikirja.
- /9/ SKF-rasvaritarjous. 2012.
- /10/ SKF-verkkosivut. Viitattu 18.3.2014.
www.skf.com
- /11/ Sähköturvallisuusstandardi. Viitattu 18.3.2014.
<http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-11-Sahkolaitteistot-ja-kaytonjohtajat/>

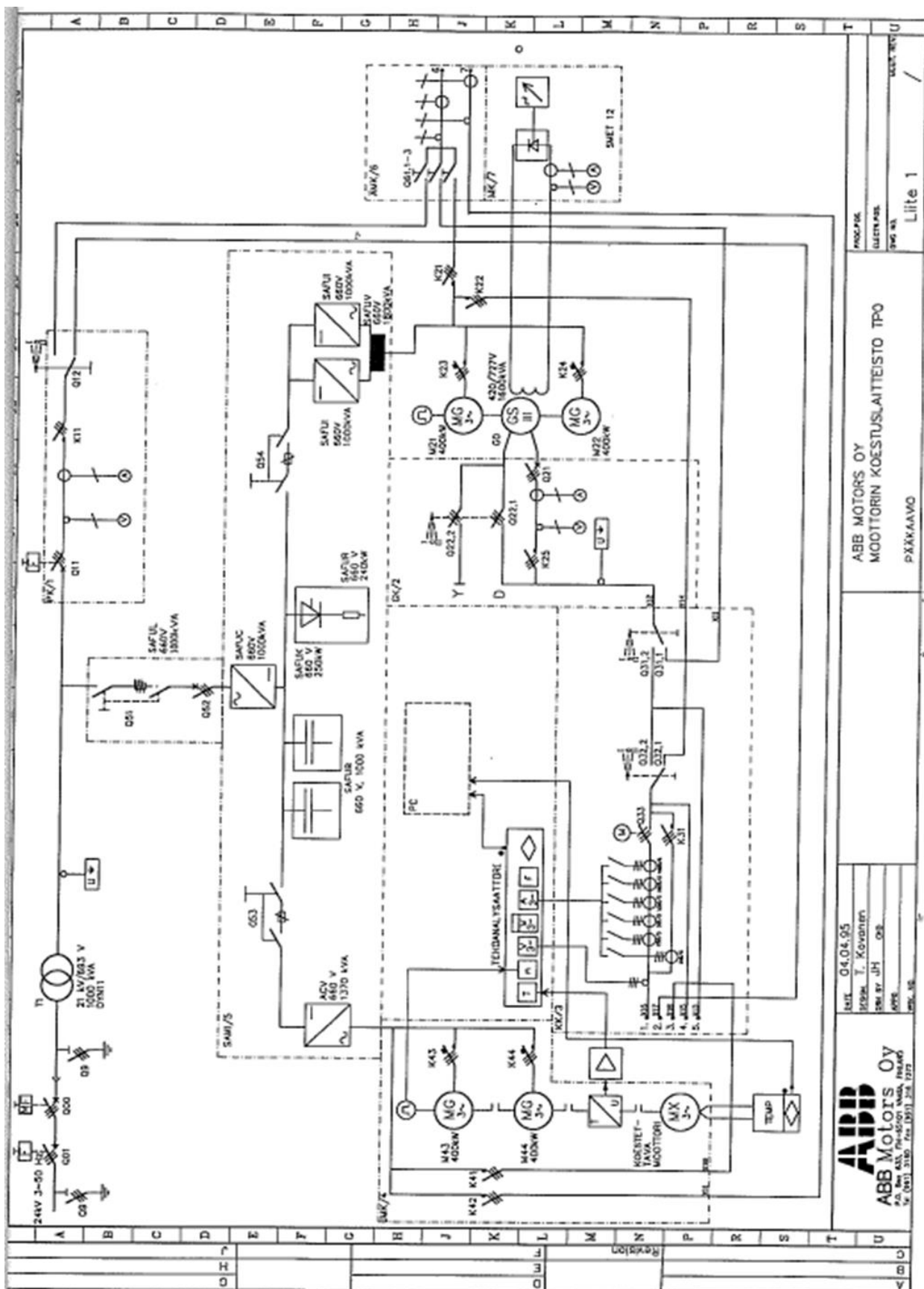


ABB
ABB MoLors Oy
 P.O. Box 433, FIN-00501 VAAVA, FINLAND
 Tel. (041) 3180, Fax (041) 318 1277

ABB MOTORS OY
 MOOTTORIN KOESTUSLAITTEISTO TPO
 PÄÄKAAVO

PROJ. N:o
 LIITEN N:o
 SIV. N:o
 Liite 1

04.04.95
 Tekn. T. Koverinen
 Sivu N:o JH_028
 KOKO
 MPP. 95

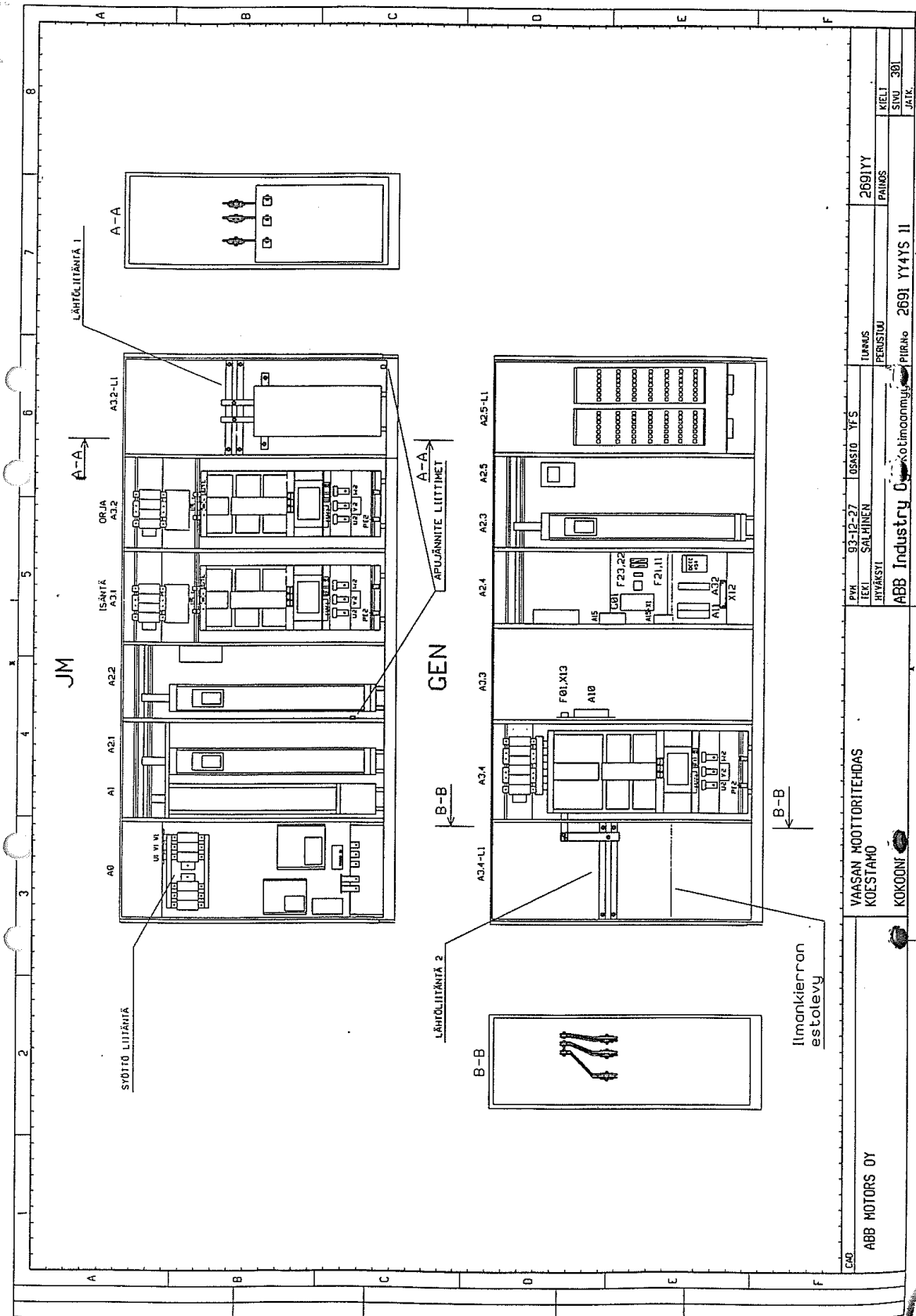
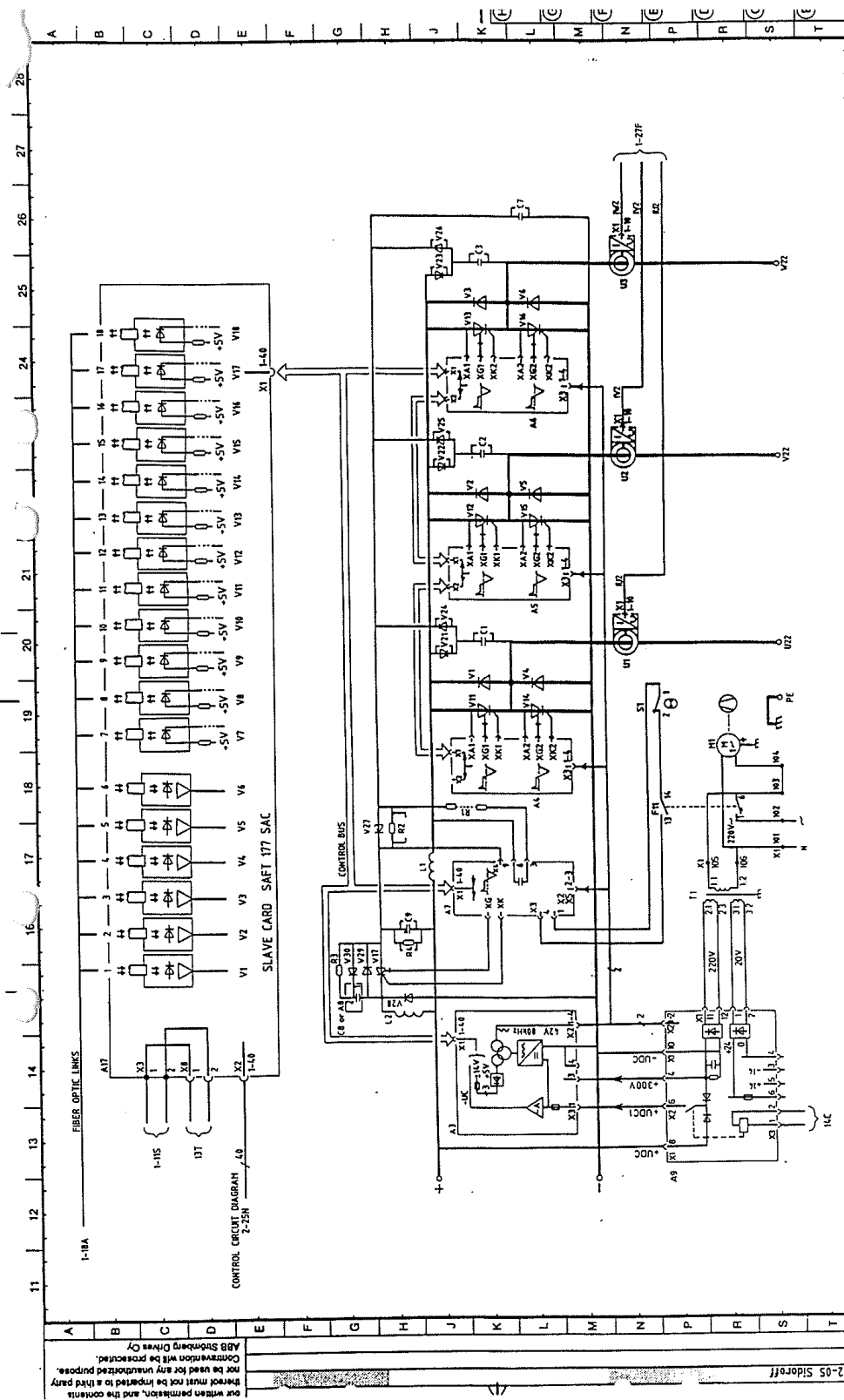


ABB MOTORS OY	VARSAN MOOTTORITEHDAS KOESTAMO	RYKÄSTI	93-12-27	ISSIÖ YFS	ILMAS PERUSTU	2691YY PAINOS	KIELI SIVU 381
	KOKOON						JATK.



90-12-05 Sidoroff
 ABB Strömberg Drives Oy
 Helsinki, Finland

EXE
 88-03-21 Kauhainen / ph
 90-05-1-1
 90-01

INVERTER UNIT, MAIN CIRCUIT DIAGRAM
 SLAVE UNIT
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

A32
 SAMI F

ABB Strömberg Drives Oy
 Helsinki, Finland

90-05-1-1
 90-01

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

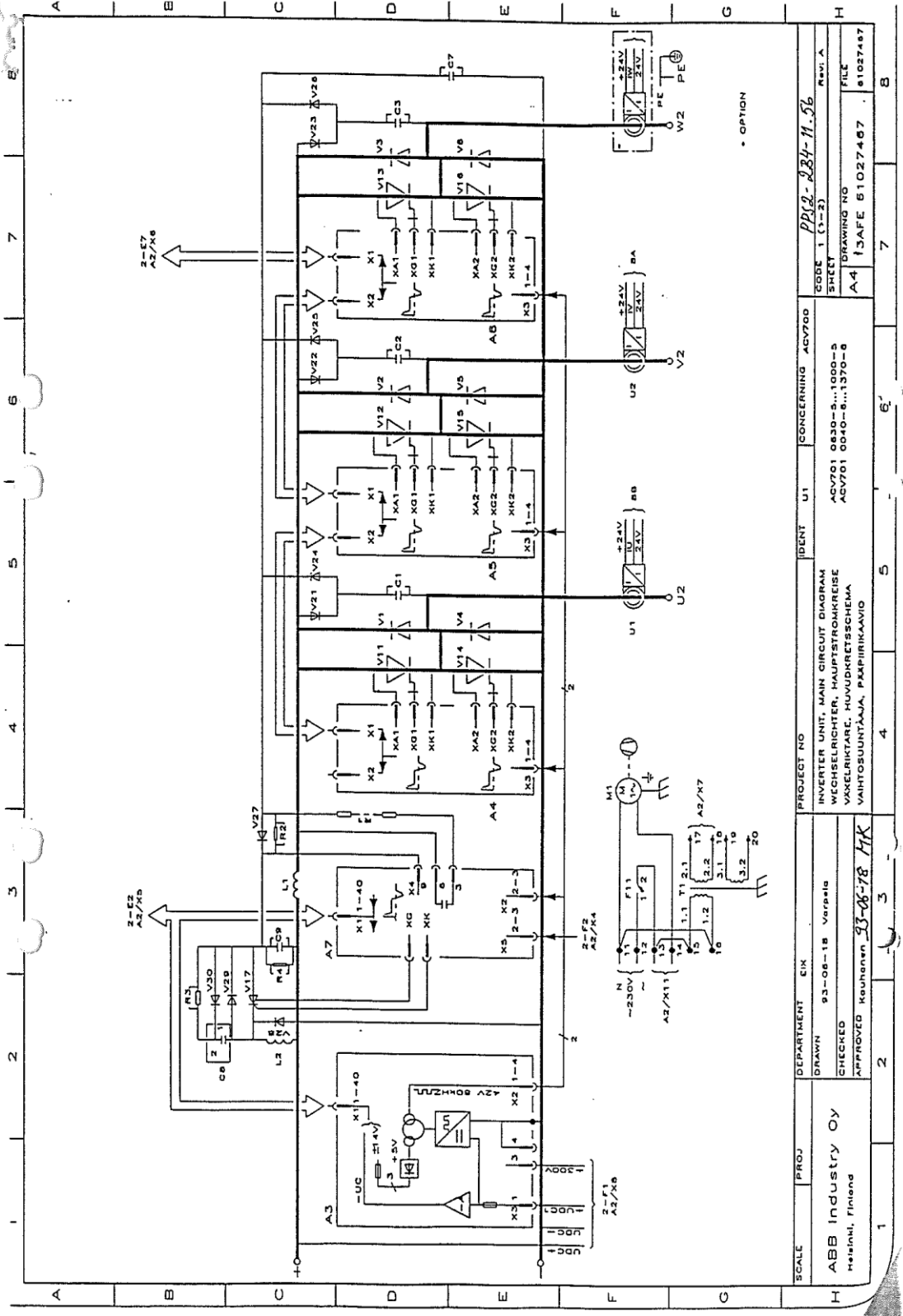
SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

SAFT 177 SAC
 SAFUI 1100 F 415
 1800 F 660

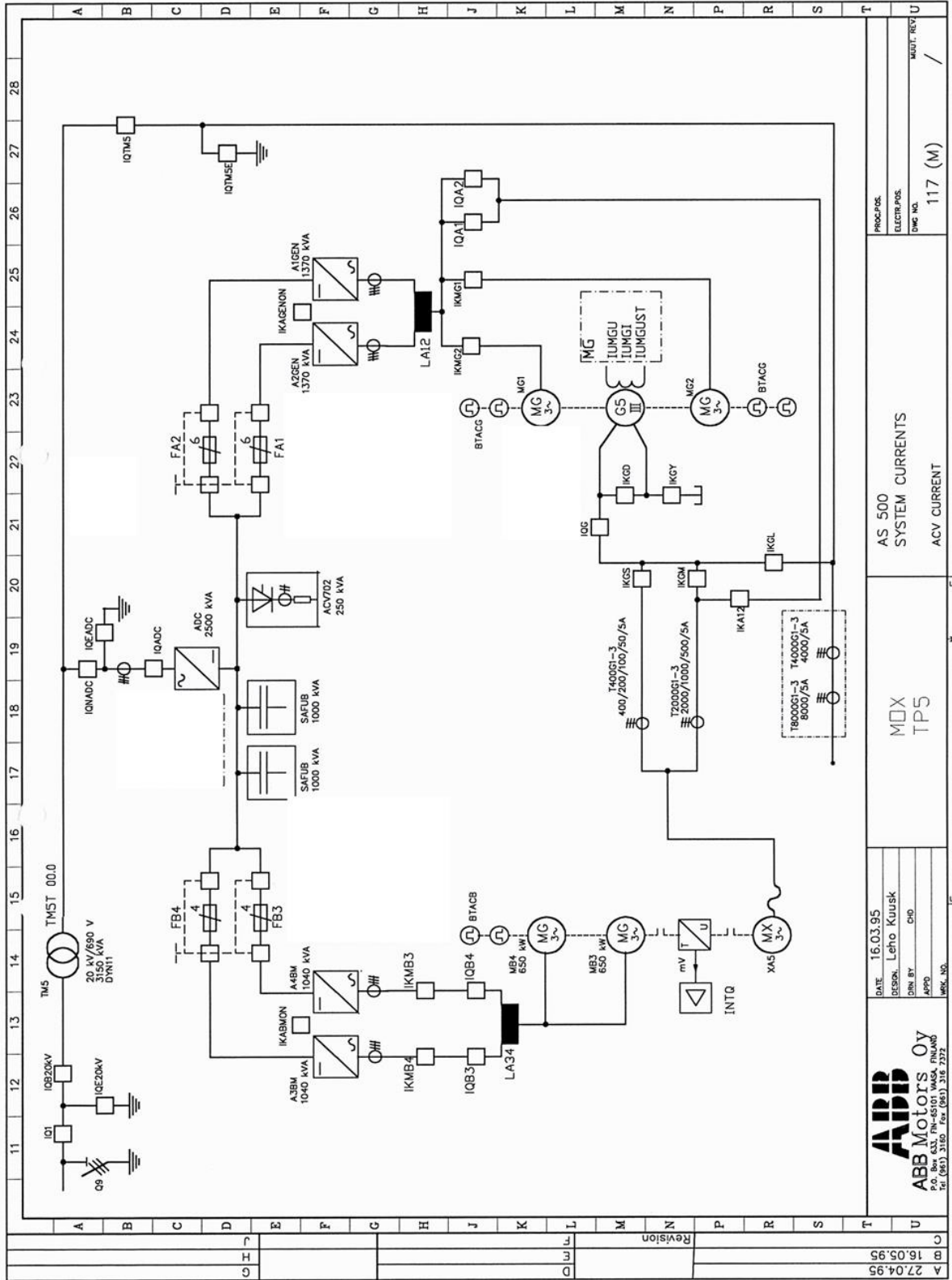
REVISION	REV. NO.	DATE	BY
1	1	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
2	2	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
3	3	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
4	4	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
5	5	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
6	6	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
7	7	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
8	8	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
9	9	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
10	10	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
11	11	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
12	12	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
13	13	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
14	14	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
15	15	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
16	16	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
17	17	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
18	18	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
19	19	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
20	20	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
21	21	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
22	22	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
23	23	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
24	24	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
25	25	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
26	26	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
27	27	2 (1-2)	SAFT 177 SAC
28	28	2 (1-2)	SAFT 177 SAC

ABB Strömberg Drives Oy
 Helsinki, Finland

90-05-1-1
 90-01



SCALE	PROJ	DEPARTMENT	EIN	PROJECT NO	IDENT	U1	CONCERNING	ACV700	SHEET	1 (1-2)	REV. A
	ABB Industry Oy Helsinki, Finland	DRAWN	93-06-18	Vorpala	INVERTER UNIT, MAIN CIRCUIT DIAGRAM WECHSELRICHTER, HAUPTSTROMKREIS VAKELIKITARE, HUOVUKREISSCHEMA VAHTOSUUNTAAJA, PAKKIRIKAAVIO	U1	ACV701 0830-2...1000-3 ACV701 0830-2...1570-3				
		CHECKED							A-4	DRAWING NO	FILE
		APPROVED	Kauhanen	93-06-78	HK					13AFE 61027467	61027467



A	27 04 95	Revision	C
B	16 05 95	Revision	D
C	16 03 95	Revision	E
D	16 03 95	Revision	F
E	16 03 95	Revision	G
F	16 03 95	Revision	H
G	16 03 95	Revision	I
H	16 03 95	Revision	J
I	16 03 95	Revision	K
J	16 03 95	Revision	L
K	16 03 95	Revision	M
L	16 03 95	Revision	N
M	16 03 95	Revision	O
N	16 03 95	Revision	P
O	16 03 95	Revision	Q
P	16 03 95	Revision	R
Q	16 03 95	Revision	S
R	16 03 95	Revision	T
S	16 03 95	Revision	U
T	16 03 95	Revision	V
U	16 03 95	Revision	W
V	16 03 95	Revision	X
W	16 03 95	Revision	Y
X	16 03 95	Revision	Z
Y	16 03 95	Revision	AA
Z	16 03 95	Revision	AB
AA	16 03 95	Revision	AC
AB	16 03 95	Revision	AD
AC	16 03 95	Revision	AE
AD	16 03 95	Revision	AF
AE	16 03 95	Revision	AG
AF	16 03 95	Revision	AH
AG	16 03 95	Revision	AI
AH	16 03 95	Revision	AJ
AI	16 03 95	Revision	AK
AJ	16 03 95	Revision	AL
AK	16 03 95	Revision	AM
AL	16 03 95	Revision	AN
AM	16 03 95	Revision	AO
AN	16 03 95	Revision	AP
AO	16 03 95	Revision	AQ
AP	16 03 95	Revision	AR
AQ	16 03 95	Revision	AS
AR	16 03 95	Revision	AT
AS	16 03 95	Revision	AU
AT	16 03 95	Revision	AV
AU	16 03 95	Revision	AW
AV	16 03 95	Revision	AX
AW	16 03 95	Revision	AY
AX	16 03 95	Revision	AZ
AY	16 03 95	Revision	BA
AZ	16 03 95	Revision	BB
BA	16 03 95	Revision	BC
BB	16 03 95	Revision	BD
BC	16 03 95	Revision	BE
BD	16 03 95	Revision	BF
BE	16 03 95	Revision	BG
BF	16 03 95	Revision	BH
BG	16 03 95	Revision	BI
BH	16 03 95	Revision	BJ
BI	16 03 95	Revision	BK
BJ	16 03 95	Revision	BL
BK	16 03 95	Revision	BM
BL	16 03 95	Revision	BN
BM	16 03 95	Revision	BO
BN	16 03 95	Revision	BP
BO	16 03 95	Revision	BQ
BP	16 03 95	Revision	BR
BQ	16 03 95	Revision	BS
BR	16 03 95	Revision	BT
BS	16 03 95	Revision	BU

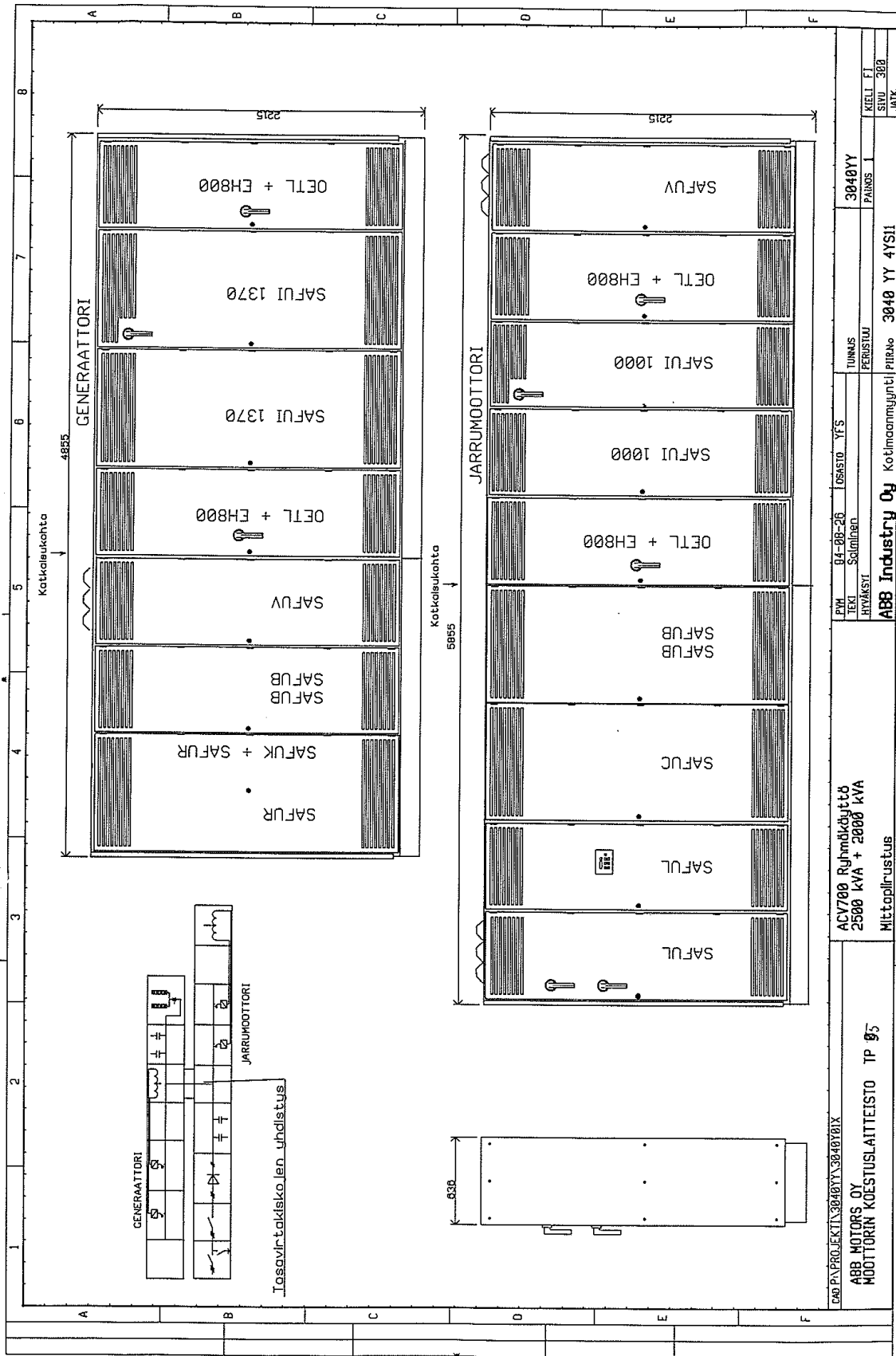
DATE: 16.03.95
 DESIGN: Leho Kuusk
 DRAWN BY: CHD
 APPROVED: [Signature]
 WORK NO. [Number]

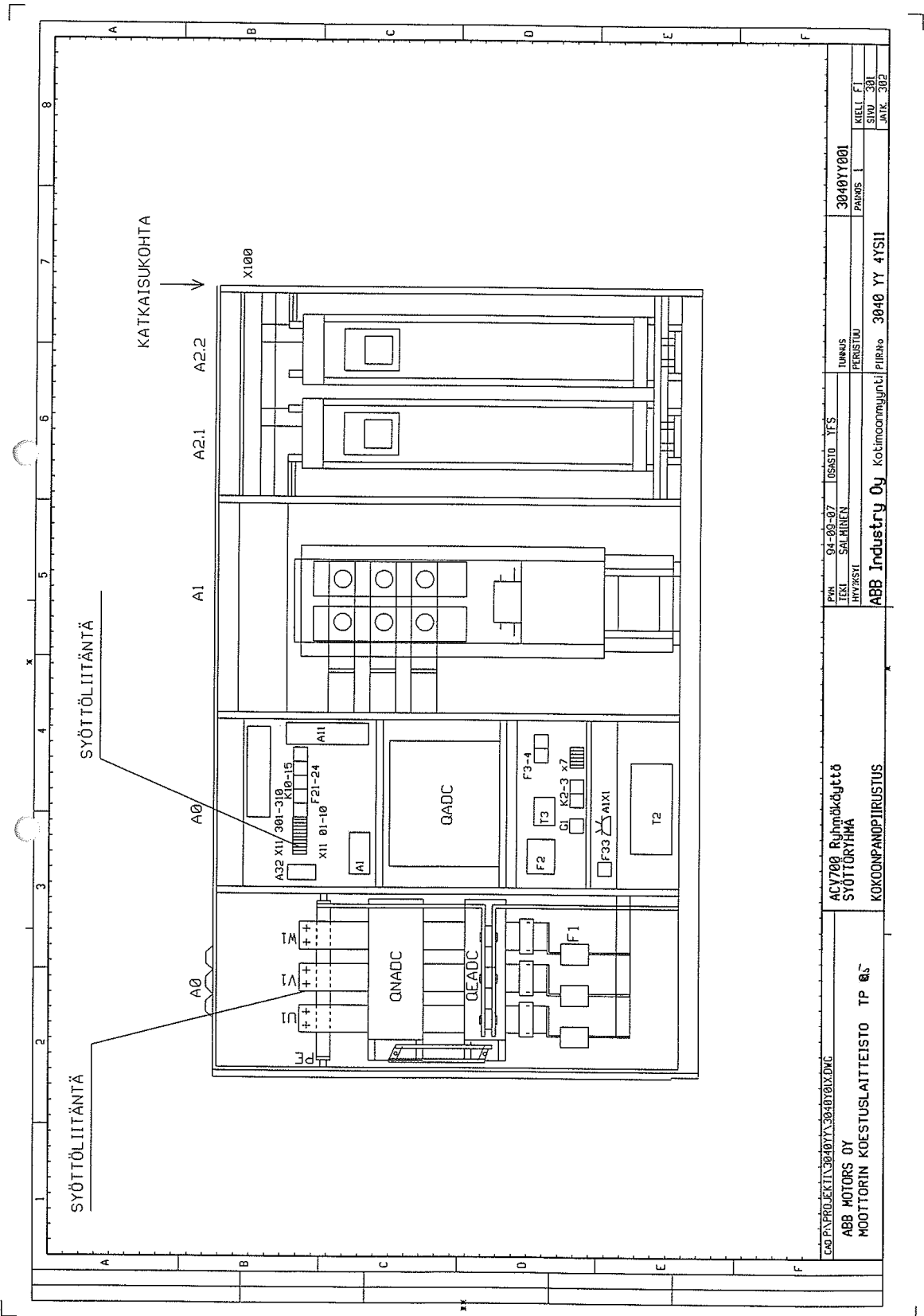
ABB
 ABB Motors Oy
 P.O. Box 1000
 FIN-00010 ABB, Helsinki, Finland
 Tel: (09) 3150 Fax: (09) 316 7272

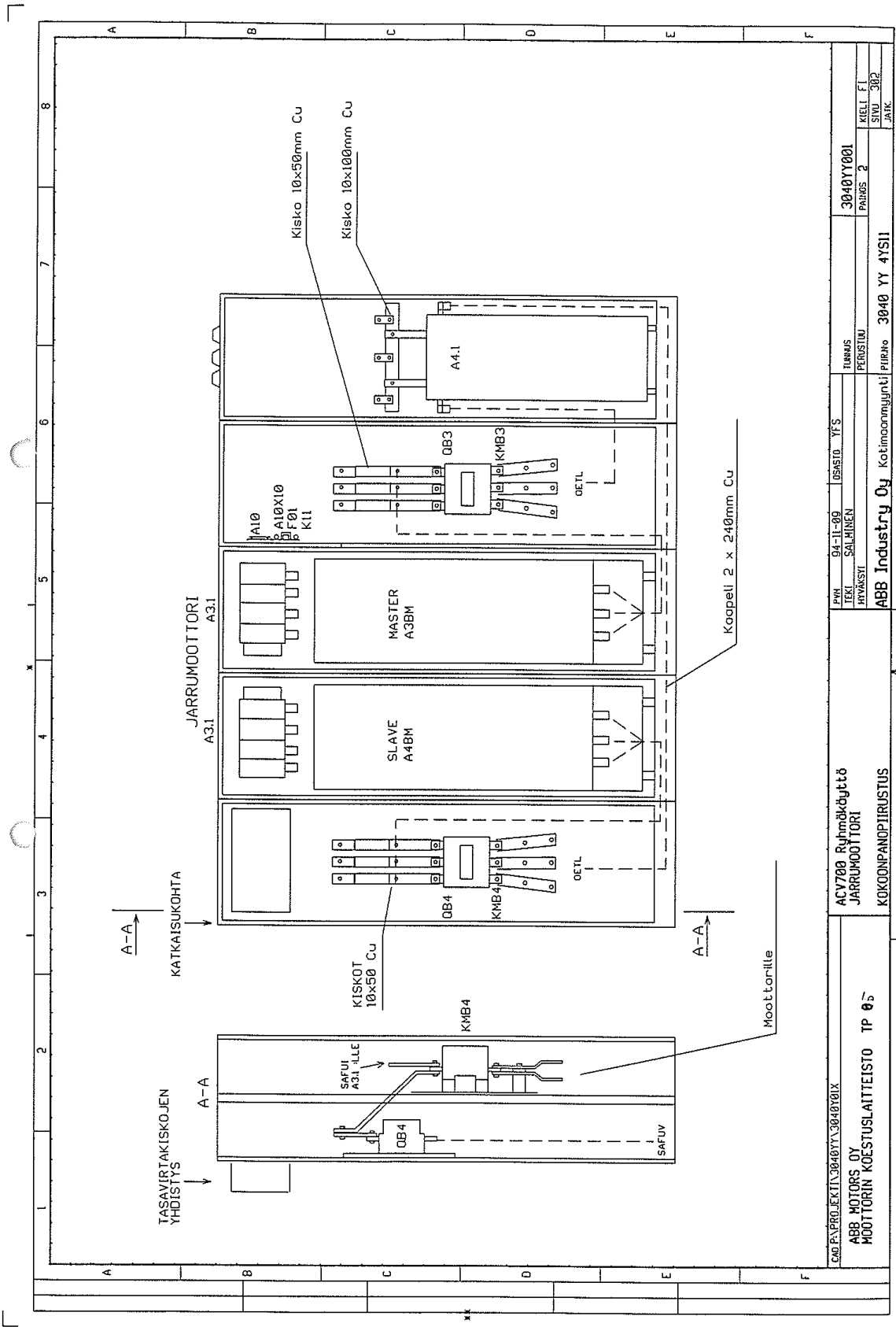
MOX
 TP5

AS 500 SYSTEM CURRENTS
 ACV CURRENT

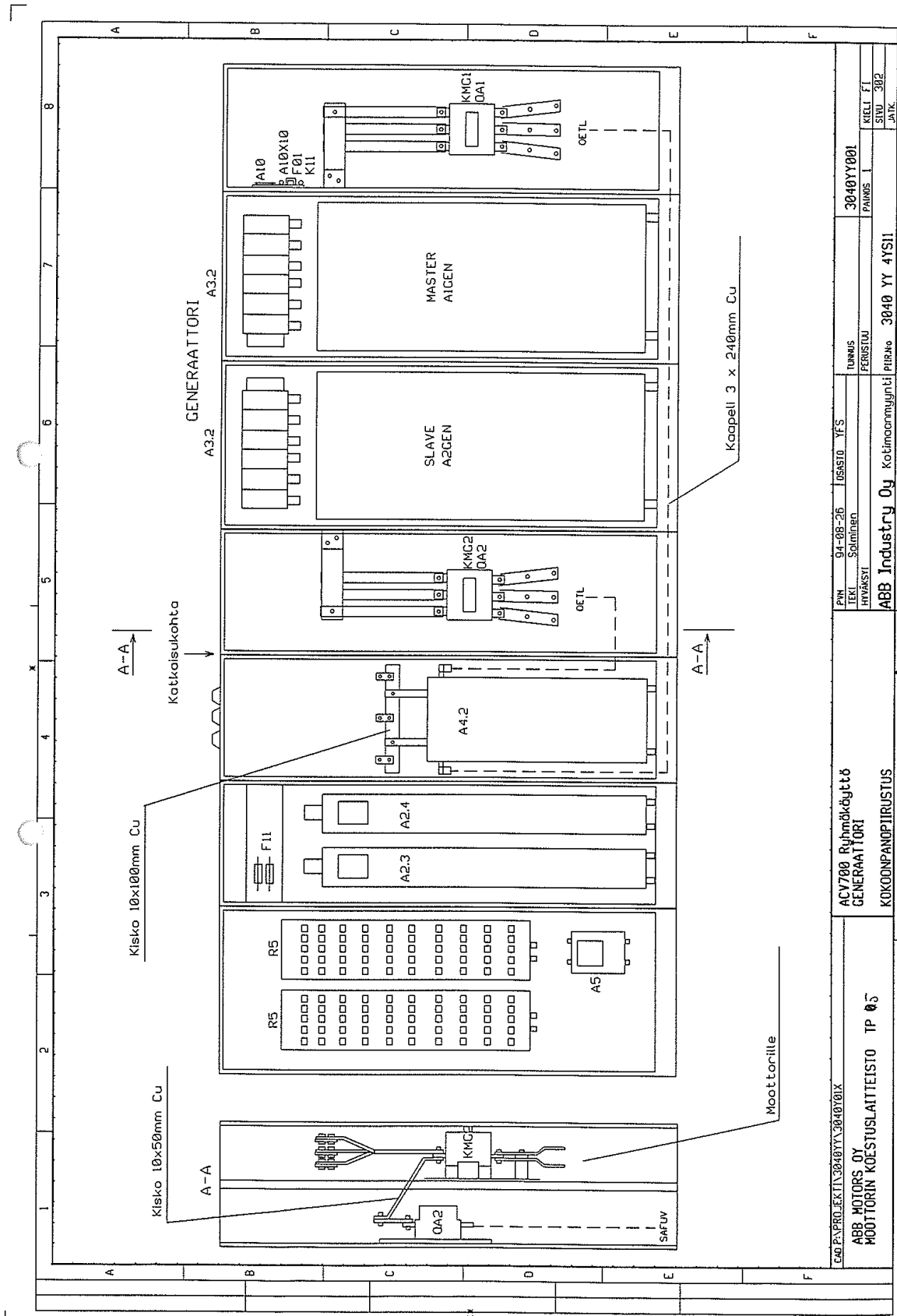
PROC. POS. /
 ELECT. POS. /
 DWG. NO. 117 (M)
 MOD. REQ. /







CAD: P:\PROJEKTI\3040\YY\3040Y01X ABB MOTORS OY MOOTTORIN KOESTUSLAITTEISTO TP 05		ACY700 Ryhmäkojuttö JARRUMOOTTORI KOKOONPANNOPIRUSTUS		PVM 04-11-00 TEKIJÄ SALMINEN HYVÄKSTI		OSASTO YFS TUNNUS PERUSTU PÄIVÄS 2		3040YY001 KIELI FI SIVU 302	
ABB Industry Oy Kotimaantuntemus 3040 YY 4YS11				PIRUSTUS		PIRUSTUS		JAK	



CAD: P:\PROJ\EKI\1\3040YY\3040Y01X		P.VN 94-08-26		OSASTO YFS	TUNNUS	3040Y001
ABB MOTORS OY		TEKI Solminen		PERUSTUJ	KIELI FI	3040Y001
MOOTTORIN KOESTUSLAITTEISTO TP 05		HYVAKSYT		PAIKKUS	SIIVU	302
MOOTTORIN KOESTUSLAITTEISTO TP 05		ABB Industry Oy		Kotimaarmyynä		JATK.
				Pöytäno 3040 YY 4YSII		

ACV700 Rühmökäyttö
 GENERAATTORI
 KOKOONPANOPIIRUSTUS

