



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Herrala

EDF -KOESTUSOHJELMIEN PROSES- SIEN YHTENÄISTÄMINEN

ABB Motors & Generators

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Samuli Herrala
Opinnäytetyön nimi	EDF -koestusohjelmien prosessien yhtenäistäminen
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Tämä insinööri työ käsittelee EDF -koestusohjelmien prosessien yhtenäistämistä. Työn toimeksiantaja on Vaasan ABB Oy, Motors and Generators -yksikön koestuslaboratorio.

Työn tarkoituksena oli tehdä Ranskan valtion omistaman energiayhtiön EDF:n sähkömoottoreille tilattujen testien eri prosessit yksinkertaisemmiksi ja yhtenäisemmiksi. Työssä käydään läpi EDF-testiohjelmien sisältöä ja niissä ilmenneiden ongelmien selvitystä. Lisäksi esitetään selvitysten ja suunnitelmien perusteella laadittujen kolmen uuden työohjeen muodostamista.

Työohjeet tuli laatia, jotta EDF -koestusten eri työsuoritteista saadaan yhtenäisempi kokonaisprosessi. Mittaustulosten verisointi- ja tallennusohje on kohdistettu testejä suorittaville koestajille ja tulosten tarkastus- ja raportointiohje puolestaan testiloksia tarkastaville ja raportoiville toimihenkilöille.

Laadittujen ohjeiden tuloksena saatiin EDF:n mukaisten koestusten eri prosessit yhtenäisemmiksi. Työtä pidetään onnistuneena, sillä tulosten tarkastukseen kohdistuneet ongelmat saatiin ratkottua sekä koestajille saatiin yhdenmukaiset mittaustulosten tallennus- ja versiointitavat.

ABSTRACT

Author	Samuli Herrala
Title	The Processes of Harmonization EDF Testing Program
Year	2020
Language	Finnish
Pages	44 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

This thesis deals with the harmonization of EDF testing program processes. The thesis was assigned by the test laboratory of Vaasa ABB Oy, Motors & Generators unit.

The purpose of the thesis was to simplify and standardize the different processes of testing the electric motors for a French state-owned energy company EDF. The thesis reviews the contents of the EDF test programs and the explanation of the problems that have occurred in them. In addition, the creation of three new work instructions based on investigations and plans is proposed.

The work instructions had to be drawn up in order to make the various tasks of the EDF tests a more uniform overall process. The instructions for verifying and recording the results are aimed at the testers performing the tests, and the instructions for verifying and reporting the results are aimed at the personnel inspecting and reporting the test results.

Owing to of the developed guidelines, the various testing processes under EDF were made more uniform. The thesis is considered successful because the problems with the verification of the results were solved and the testers were given uniform methods for storing and versioning the measurement results.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

SYMBOLIT

1	JOHDANTO	9
2	ABB OY	11
	2.1 Historia.....	11
	2.2 ABB maailmalla.....	11
	2.3 ABB Suomessa	12
	2.4 ABB Motors & Generators	12
3	KOEKENTTÄ	13
	3.1 Testipaikat.....	13
	3.2 Koneisto ja mittalaitteet	14
4	MOOTTOREIDEN TESTAUS.....	16
	4.1 Koestuksiin liittyvät standardit	17
	4.2 Koestukset.....	19
	4.3 Rutinitesti.....	21
	4.3.1 Silmämääräinen tarkastus.....	22
	4.3.2 Korkeajännitetesti	22
	4.3.3 Eristysvastusmittaus	23
	4.3.4 Vaihevastusmittaus	23
	4.3.5 Tyhjäkäyntitesti.....	24
	4.3.6 Oikosulkutesti	24
	4.3.7 Tärinätasotesti	24
	4.4 Tyypitesti	25
	4.4.1 Käynnistysvirta- ja käynnistysmomenttitesti	25
	4.4.2 Momenttikäyrä	26
	4.4.3 Lämpenemätesti	26
	4.4.4 Osakuormatesti.....	27

4.4.5	Ylikuormitustesti.....	28
4.4.6	Hyötysuhteen määrittäminen.....	28
4.5	Erikoistesti	28
4.5.1	Ylinopeustesti.....	29
4.5.2	Ylijännitetestit	29
4.5.3	Tärinäspektritestit.....	29
4.5.4	Äänitasotesti.....	29
4.5.5	Äänispektritestit	30
4.5.6	Akselijännitemittaus.....	30
5	EDF:N MUKAISET TESTIT.....	31
5.1	DM_D018 -testiohjelma	32
5.2	DM_D136 -testiohjelma	33
5.3	DQ_09_100 -testiohjelma.....	34
5.4	DQ_09_100+7J -testiohjelma.....	35
5.5	MX_44090 -testiohjelma	36
6	PERUSTEELLISET SELVITYKSET	37
6.1	Ongelmien selvitykset.....	37
6.2	Tavoitteet	38
7	MITTAUSTULOSTEN VERSIOINTI- JA TALLENNUSOHJE	39
8	TULOSTEN TARKASTUS- JA RAPORTOINTIOHJE.....	41
8.1	Tulosten tarkastusohje	41
8.2	Raportointiohje	41
9	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET.....	43

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Testaus- ja mittausjärjestelmän kaaviokuva.	15
Kuva 2. Koestetut kaupat yhteensä testeittäin vuodelta 2019.	19
Kuva 3. Korkeajännitetestin staattorin vaiheelle U. /6/.....	22
Kuva 4. Korkeajännitetestin staattorin sisäisellä kytkennällä. /6/.....	22
Kuva 5. Eristysvastusmittaus vaiheelta U. /6/.....	23
Kuva 6. Tärinätasomittauksen mittauspisteet. /6/.....	25
Kuva 7. Äänitasomittauspisteet.	30
Kuva 8. MotLab -mittausdataohjelman pääikkuna.	38
Kuva 9. Pääikkunan koestettavan moottorin arvokenttä.	40
Taulukko 1. Testipaikkojen rajoitukset.	14
Taulukko 2. Moottorien koestamiseen liittyvät kansainväliset standardit. /5/	17
Taulukko 3. Koestusohjelmien sisältö.	21
Taulukko 4. Eristysvastusmittauksen hyväksymiskriteerit. /6/.....	23
Taulukko 5. Suurimmat sallitut tärinät runkokokojen ja tärinäluokituksen mukaan. /6/.....	25
Taulukko 6. Ensimmäisen vastusarvon mittaus nimellistehojen mukaan. /6/	26
Taulukko 7. Hyötysuhteen hyväksymistoleranssit moottorin koon mukaan. /6/.	28

LIITELUETTELO

LIITE 1. EDF-koestuksien versiointi- ja tallennusohje koestajille

LIITE 2. EDF-koestuksien tulosten tarkastusohje

LIITE 3. EDF-raportointiohje

SYMBOLIT

I_N	Nimellisvirta, A
I_S	Käynnistysvirta, A
k	Lämpötilakorjauskerroin
P_N	Nimellisteho, W
P_u	Käyttöteho, W
R	Käämiresistanssi, Ω
U	Jännite, V
U_N	Nimellisjännite, V
U_u	Käyttöjännite, V

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli tehdä Ranskan valtion omistaman energiayhtiön EDF:n sähkömoottoreille tilattujen testien eri prosessit yksinkertaisemmiksi ja yhtenäisemmiksi.

Alkuvaiheessa tuli suorittaa huolellinen ongelmien kartoitus. Kartoitus kohdistui nykyisten EDF-koestusohjelmien testisuoritusten hyväksymiskriteereihin sekä koestajien EDF-koestusten mittaustulosten talletus- ja versiointisuoritukseen MotLab -mittausdataohjelmaan.

Hyväksymiskriteereissä on ilmennyt paljon epäselvyyksiä tähän mennessä. Epäselvyydet havainnollistettiin koestusohjelmista ja tätä mukaa tuli tehdä yhteistyötä Ranskan ABB:n myyntiedustajan kanssa, joka on vastuussa EDF:n asiakkuudesta. EDF:n mukaisissa koestusohjelmissa ilmenneet epäselvyydet kohdistuivat käynnistysvirran ja momenttikäyrän mittauksien hyväksymiskriteereihin. Joissain ohjelmissa ilmeni samoja epämääräisyyksiä, sillä jotkin testiohjelmat ovat hyvin samankaltaisia suoritteiltaan ja hyväksymiskriteereiltään.

Ongelmakartoituksen mukaan tuli asettaa tavoitteet, miten EDF-testisuoritusten kaikki prosessit saataisiin mahdollisimman yksinkertaisiksi ja selkeäksi koestajille kuin myös raportteja ja tulosten tarkastusta tekeville toimihenkilöille. Ongelmien selvitysten mukaan tavoitteeksi asetettiin, että tehdään kolme erillistä ohjetta, mittaustulosten versiointi- ja tallennusohje, tulosten tarkastusohje ja raportointiohje, joita koestajat ja toimihenkilöt tulevat jatkossa noudattamaan.

Mittaustulosten versiointi- ja tallennusohje on suunnattu koekentän koestajille, helpottaakseen heidän työsuoritustansa sekä muuttamaan kyseinen työsuorite yhdenmukaisemmaksi. Ohjeen aikaansaama yhdenmukainen työsuorite puolestaan auttaa ja helpottaa myös toimihenkilöä, joka tekee koestuksista raportit, sillä raporttoija tietää tästä eteenpäin mistä tallennusversiosta mikäkin mittaus löytyy.

Tulosten tarkastus- ja raportointiohjeet on puolestaan suunnattu kyseisiä työsuoritteita tekeville toimihenkilöille. Ohje tuli muodostaa, jotta tulostentarkastaja pystyy

toteuttamaan mittaustulosten vertailun hyväksymiskriteereihin oikeaoppisesti. Ranskan ABB:n myyntiedustajalta selvitettyjen epäselvyyksien ratkaisun jälkeen pystyttiin muodostamaan oma tarkastusohje selkeillä hyväksymiskriteereillä.

Ongelmien selvitysten ohella tuli selvittää haluttiinko raportointitapoihin muutoksia, mutta ilmeni, että Ranskan ABB:n myyntiedustaja halusi toimintatapojen pysyvän ennallaan. Tämän myötä raportointiohjeen laatiminen asetettiin myös tavoitteeksi, vaikka raportointimenetelmät pysyvät ennallaan.

2 ABB OY

2.1 Historia

Suomessa Utajärvellä vuonna 1863 syntynyt Axel Gottfrid Strömberg oli kiinnostunut sähkötekniikasta jo koulupoikana ja valmisti Suomen ensimmäisen tasavirtakoneen vuonna 1880. Valmistuttuaan Helsingin Polyteknillisestä opistosta vuonna 1885 hän perehtyi sähkötekniikkaan vielä syvemmin Berliinin kuninkaallisessa teknisessä korkeakoulussa ja Hannoverin teknisessä korkeakoulussa. Gottfrid Strömberg oli täten Suomen ensimmäinen sähkötekniikan opettaja jo vuonna 1887. Kahden vuoden kuluttua hän toimitti Helsingin kaupungin maistraatille elinkeinoilmoituksen ja ryhtyi itsenäiseksi yrittäjäksi. Yritys alkoi tuottamaan sähkökoneita ensimmäisessä verstaassaan Helsingin Kampissa, mutta myöhemmin tuotanto siirtyi Sörnäisiin. /1/

Nopean menestyksen ja tuotannon kasvun myötä toiminta siirtyi Pitäjänmäelle ja 1940-luvulla noustessa Suomen kymmen suurimman teollisuusyrityksen joukkoon tuotanto laajeni myös Vaasaan. Oy Strömberg Ab oli toisen maailmansodan jälkeen osallisena Suomen sotakorvauksiin muuntaja-, moottori-, generaattori- ja kojetoimituksin. Sodan jälkeen tuotanto laajentui ja Strömberg alkoi valmistamaan suurjännitekojeita, taajuusmuuttajia ja liesiä. Vuonna 1983 Strömberg ja Kymi-Kymmenen fuusioituivat ja uusi nimi oli Kymi-Strömberg. Kolmen vuoden kuluttua fuusiosta, Strömbergin osti ruotsalainen Asea. Lopulta ABB-yhtymä syntyi, kun Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdisti sähkötekniset liiketoimintansa. Täten nimi ABB eli Asea Brown Boveri muodostui. /1/

2.2 ABB maailmalla

ABB on kansainvälinen teollisuuskonserni, jonka toimialana on sähkövoima- ja automaatiotekniikka. Konserni on ruotsalais-sveitsiläinen, jolla on toimintaa yli sadassa valtiossa ja pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zurichissä. Yhtiö keskittyy ja panostaa tuotteidensa kehitykseen ja tutkimustyöhön, jonka myötä se on nykyään digitaalisten teollisuudenalojen johtava toimija. ABB:llä on neljä maailmanlaajuisesti johtavaa liiketoimintadivisioonaa: Electrification, Industrial Automation, Motion ja

Robotics & Discrete Automation. Opinnäytetyön toteutushetkellä myös Power Grids oli ABB:n yksi divisioona, mutta liiketoiminta divestoidaan Hitachille vuoden 2020 aikana. Maailmanlaajuisesti ABB:llä on noin 147 000 työntekijää ja liikevaihtoa vuonna 2019 oli suunnilleen 28 miljardia USA:n dollaria. /2/

2.3 ABB Suomessa

ABB:llä on Suomessa toimintaa noin 20 paikkakunnalla, joista suurimmat tehdas-keskittymät sijaitsevat Vaasan Strömberg Parkissa ja Helsingin Pitäjänmäellä. ABB on suurimpia työnantajia teollisuusalalla Suomessa, pääkaupunkiseudulla suurin. Suomen organisaatio koostuu neljästä eri asiakaskeskeisestä divisioonasta, jotka ovat Robotics and Discrete Automation, Electrification, Industrial Automation ja Motion. Jokaisella divisioonalla on omat liiketoimintayksiköt, joiden tuotanto koostuu eri tuoteryhmiin ja teollisuusaloihin liittyvistä tuotteista. Vaasan Strömberg Parkin yksiköiden tuotevastuut ovat moottorit, muuntajat, sähköverkon ohjaus- ja suojauslaitteet, pienjännitustuotteet ja -järjestelmät, sähkön siirto- ja jakelujärjestelmät, voimantuotannon järjestelmät, prosessiteollisuuden kokonaisprojektointi. /3/

2.4 ABB Motors & Generators

Motors & Generators on osa ABB:n isoa teollisuuskonsernia, joka toimii Motion divisioonan alla ja on maailmanlaajuisesti johtava sähkömoottorien valmistaja. Koneita tuotetaan asiakasräätälityönä, eli moottoreita ja generaattoreita suunnitellaan ja tuotetaan asiakkaan vaatimaan käyttötarkoitukseen. Vaasan tehtaalla valmistetaan pääsääntöisesti muun muassa alumiini- ja valurautarunkoisia pienjännitemoottoreita vaativiin käyttöihin, joiden tehokkuus perustuu korkeaan hyötysuhteeseen. Moottoreiden tuotanto perustuu jatkuvaan tutkimustyöhön ja tuotekehitykseen joka takaa, että moottorit hyödyntävät uusinta teknologiaa, materiaaleja ja komponentteja. Tuotettavien moottoreiden portfolio on laaja ja yleisimpiä erikoisalan koneita ovat räjähdysvaarallisten tilojen moottorit ja Marine-moottorit eli laivaluokituslaitosten sertifioidut moottorit. /4/

3 KOEKENTÄ

Koekenttä on osasto Motors & Generators -yksikössä, joka toteuttaa kokoonpanolinjalta valmistuneiden moottoreiden koestuksia. Jokaista valmistunutta moottoria ei kuitenkaan tuoda koekentälle paitsi, jos moottorin testit ovat vain asiakkaan erikseen tilaamia, laivaluokituslaitosten sertifiointeja, prototyypikoestuksia tai laatutapausten tutkintaan kuuluvia koestuksia. Koekenttä suorittaa testejä kahdessa eri tehtaassa, joita kutsutaan nimillä MM ja KK.

3.1 Testipaikat

MM-rakennuksen koekentällä sijaitsee suurin osa testipaikoista sekä osaston toimistotilat. Tyypitestiä paikkoja eli kuormituskoneellisia testipenkkejä kyseisellä kentällä on kuusi (TP0, TP1, TP2, TP4, TP5 ja TP9) ja lisäksi siellä on sähkönsyöttö äänihuoneelle (TP7), jossa tehdään äänimittauksia moottorin pyöriessä tyhjäkäynnillä.

KK-rakennuksessa sijaitsee kaksi tyypitestausta paikkaa TP21 ja TP22. Näillä paikoilla on yksi yhteinen generaattori sekä yhteiset mittalaitteet, joten vain toista testipaikkaa voidaan käyttää kerrallaan. Lisäksi siellä on Ruotsista siirretty VSD-laboratorio, jossa on kaksi VSD-testipenkkiä (TP25 ja TP26) sekä yksi laitteisto tyypitestausta varten DOL-käyttöön (TP24). Uusimpana lisäyksenä KK-rakennuksen koekentälle on rakennusvaiheessa oleva uusi tyypitesti paikka TP23.

Jokaisella testipaikalla ovat omat taulukon 1 mukaiset rajoitukset koskien testattavien moottoreiden runkokokoa ja tehoa. Tehorajoitukset määräytyvät testipaikkojen koneiston mukaan ja runkorajoitus taas testipaikoilla olevien moottorialustojen ja laippahyllykiinnikkeiden mukaan.

Taulukko 1. Testipaikkojen rajoitukset.

Testipaikka	Runkokoko	Suurin sallittu teho
TP9	315-450	1500 kW
TP5	280-400	1000 kW
TP0	250-355	750 kW
TP1	200-315	300 kW
TP2	132-250	75 kW
TP4	71-132	7,5 kW
TP7	-	-
TP21	160-250	45 kW
TP22	71-132	8,6 kW
TP24	71-112	-
TP25	71-250	-
TP26		-

3.2 Koneisto ja mittalaitteet

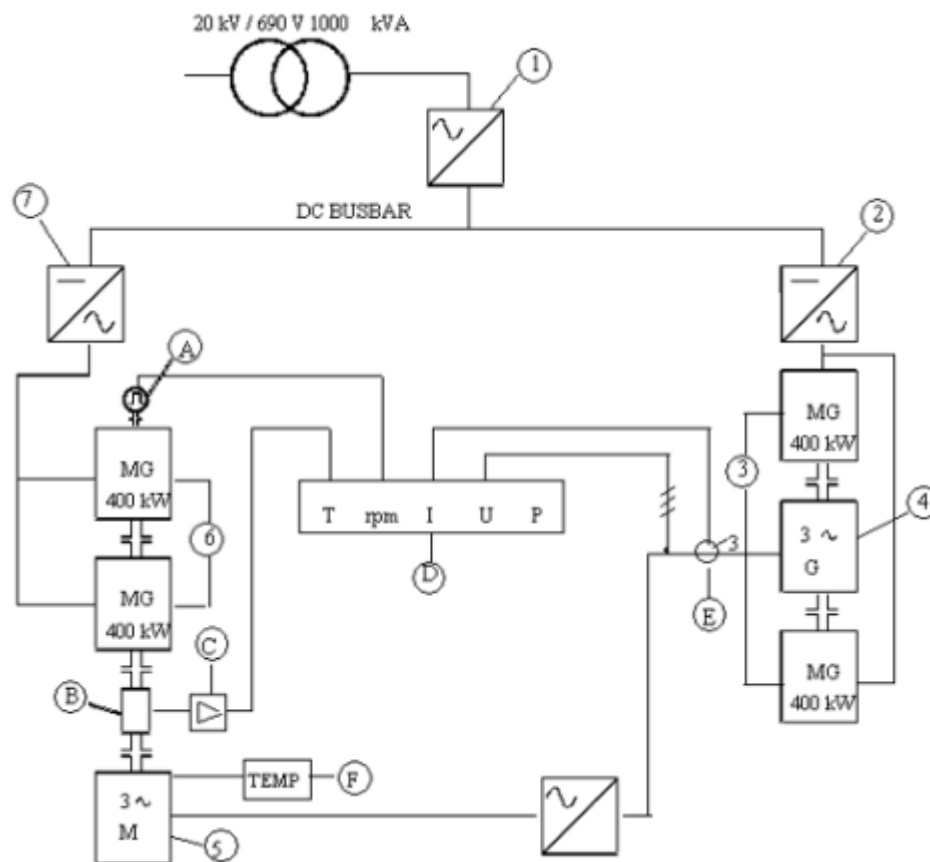
Testipaikoilla suoritettavat koestukset mahdollistetaan luotettavalla testaus- ja mitausjärjestelmällä. Järjestelmään kuuluu paljon mittalaitteita, joille suoritetaan kalibrointeja tietyin ajoin, jotta koestuksissa pysyy mittausluotettavuus. Koneet ja käyttölaitteet mahdollistavat testattavan moottorin kuormittamisen halutulla teholla. Testipaikkojen järjestelmien toiminta perustuu kuvan 1 mukaiseen rakentamiseen. Kuvan 1 laitteet ovat seuraavanlaiset:

Koneet ja käyttölaitteet:

1. Invertteri
2. Taajuusmuuttaja
3. Generaattorin vetomoottorit
4. Generaattori
5. Testattava moottori
6. Kuormakoneet
7. Invertteri

Mittalaitteet:

- A. Takometri
- B. Momenttianturi
- C. Momenttianturin vahvistin
- D. Tehoanalysointilaite
- E. Virtamuuntaja
- F. Lämpötilapiirturi



Kuva 1. Testaus- ja mittausjärjestelmän kaaviokuva.

4 MOOTTOREIDEN TESTAUS

ABB Motors & Generators suorittaa kaikkiin asiakkaan käyttöön räätälöityihin sähkömoottoreihin tuotantolinjoilla rutiinikoestukset. Tuotantolinjan rutiinitesteissä moottoreita muun muassa pyöritetään verkkovirralla, eli 50 Hz taajuudella ilman kuormaa tyhjäkäynnillä. Siellä suoritettavat testit tehdään IEC 60034-1 -standardin vaatimusten mukaisesti sekä on suunniteltu mahdollisimman vaivattomiksi ja helpoiksi toteuttaa linjan sujuvuuden kannalta. Linjan testeissä tavoitteena on varmistaa moottoreiden toimivuus ja tasainen laatu.

Koekentällä testejä tehdään pääosin asiakkaan tilauksesta. Asiakastestien lisäksi yleisimmät syyt koekentällä suoritetuille testeille ovat laivaluokituslaitosten- ja prototyypikoestukset. Asiakas saa suoritetuista testeistä raportit, joissa on kattavat testitulokset.

Laivaluokituslaitosten moottorit sijoitetaan laivaan tärkeää käyttöä varten, joten ne täytyy sertifioida eri laitosten ohjeiden mukaisesti. Jokaisella luokituslaitoksella on omat lisävaatimukset testien suorittamiseen, mutta testit eivät juurikaan eroa tavallisista rutiini- tai tyyppitesteistä. Kyseiset testit suoritetaan sertifioiduille koneille tarvittaessa, mutta jos näitä ei vaadita, tehdään moottoreille vähintään sertifiointinumeron leimaus. Joidenkin luokituslaitosten tarkastajat käyvät koestuksien aikana seuraamassa testausta ja/tai tarkastamassa testitulokset.

Osa koestuksissa suoritetaan asiakkaan läsnäollessa ja heidän testivaatimuksiaan noudattaen. Tällöin asiakas pääsee myös itse todistamaan sähkömoottorin toimivuuden ja saa kattavan näkökulman testien toteutuksesta ja luotettavuudesta. Testit, jotka asiakas voi tilata, ovat rutiinitesti, tyyppitesti ja erikoistestit. Suurimmilla ja tärkeimmillä asiakkailta voi olla omia testivaatimuksia ja -ohjelmia johtuen esimerkiksi sähkömoottorin sijoituskohteesta ja käytöstä.

Motorsilla on tutkimustöitä ja tuotekehitystä toteuttava osasto Research & Development (R&D). Tuotekehitys kehittää jatkuvasti olemassa olevia tuotteita, uusia potentiaalisia tuotteita ja asiakasräätälöityjä tuotteita. Kehitys perustuu huolelliseen esitutkimustyöhön.

4.1 Koestuksiin liittyvät standardit

Koekentällä suoritettavien testien runko, toteutus ja tarkastusrajat pohjautuvat Standardien vaatimuksiin. Taulukossa 2 on listattuna moottoreiden koestamiseen liittyviä standardeja.

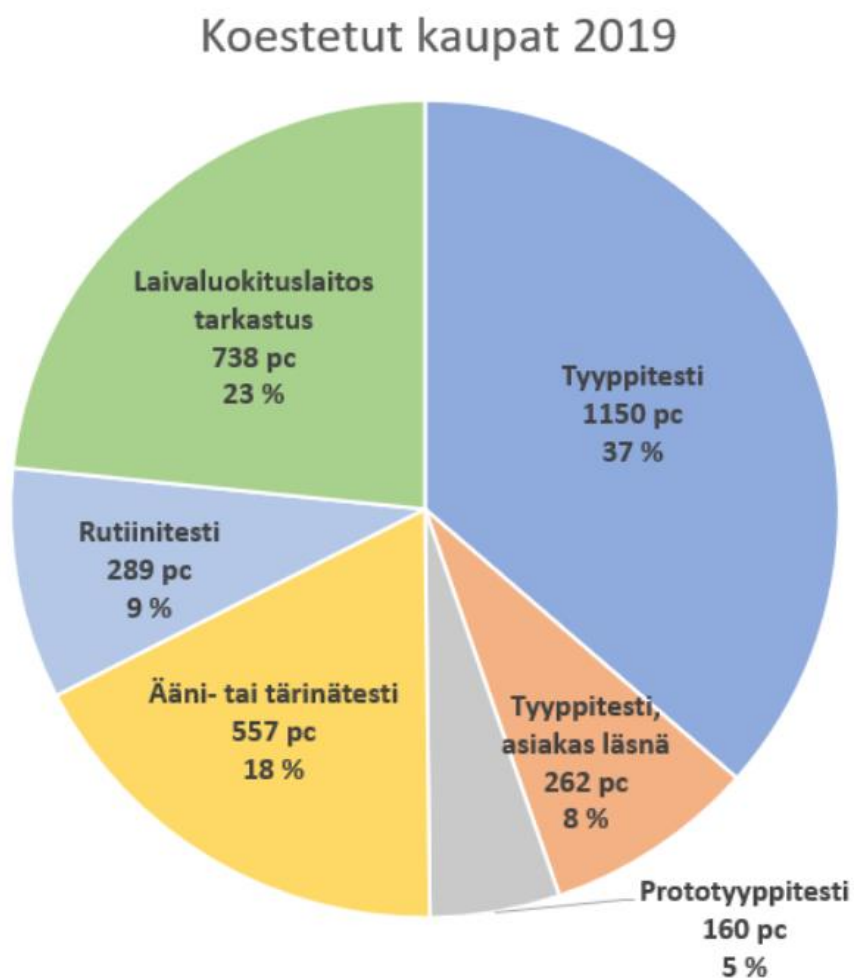
Taulukko 2. Moottorien koestamiseen liittyvät kansainväliset standardit. /5/

Standardi	Aihe	Kuvaus
IEC 60034-1: 2017	Rutiinitesti, toleranssit	Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance
IEC 60034-2-1: 2014	Hyötysuhde, DOL	Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)
IEC TS 60034-2-3: 2013	Hyötysuhde, VSD	Rotating electrical machines – Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors
IEC 60034-9: 2003	Äänet	Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits
IEC 60034-11: 2004	Lämmöltä suojaus	Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection
IEC 60034-12: 2016	Käynnistys	Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors
IEC 60034-14: 2018	Tärinät	Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity
IEC 60034-18-41: 2014	Osittaispurkaukset	Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulations systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests
IEC 60034-27-4: 2018	Eristysvastus ja polarisatioindeksi	Rotating electrical machines – Part 27-4: Measurement of insulation resistance and polarization index of winding insulation of rotating electrical machines

IEC 60034-29: 2018	Koestusmenetelmät	Rotating electrical machines – Part 29: Equivalent loading and superposition techniques – Indirect testing to determine temperature rise
IEC 60034-30-1: 2014	Hyötysuhdeluokat	Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE-code)
IEC TS 60034-30-2: 2016	Hyötysuhdeluokat	Rotating electrical machines – Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)
ISO 1680: 1999	Äänet	Acoustics - Test code for the measurement of airborne noise emitted by rotating electrical machines (ISO 1680:2013)
ISO 3744: 2010	Äänet	Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane
IEEE Std 43: 2000	Eristysvastus	IEEE Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery
IEEE Std 112: 1996	Hyötysuhde, IEEE	IEEE Standard test procedure for polyphase induction motors and generators
C390-10: 2010	Hyötysuhde, CSA	Test methods, marking requirements and energy efficiency levels for three-phase induction motors
ANSI/NEMA MG1: 2011	Yleistä	Motors and Generators
3GZF500930-570 Rev 1: 2017	Hyötysuhde	Minimum efficiency performance standard

4.2 Koestukset

Moottorien lopullisten testausten tarkoituksena on varmistaa, että ominaisuudet ja suorituskyky täyttävät asiakkaan, luokituslaitosten, asiaankuuluvien standardien ja valmistajan vaatimukset. Standardikoestusohjelmat on jaettu kolmeen osaan, jotka ovat rutiinitesti, tyyppitesti ja erikoistesti (routine test, type test and special test). Kuvassa 2 on esitetty vuoden 2019 koestetut kaupat testeittäin.



Kuva 2. Koestetut kaupat yhteensä testeittäin vuodelta 2019.

Jokaisella toteutetulla testiohjelmalla on oma varianttikoodi, jota käytetään testien tilauksessa koekentältä. Tämän mukaan tarkennetaan raportin ja suoritettujen koestusohjelmien sisältö (**Taulukko 3.**). Varianttikoodit ovat Motorsin laatimia tilausnumeroja, joiden perusteella määritellään tuotettavaan koneeseen tulevat ominaisuudet. Testien tilauksessa käytetyt varianttikoodit:

- 145 Tyypitestrapportti katalogimoottorista (400 VD, 50 Hz).
- 146 Tyypitesti raportin kanssa yhdelle moottorille tietystä toimituserästä.
- 148 Raportti ja standardi rutiinitesti sisältäen korkeimman värähtelytason mitatun arvon.
- 149 Testaus erillisen testimääräyksen mukaisesti.
- 150 Testaus asiakkaan läsnä ollessa.
- 222 Momenttikäyrä, tyypitesti ja osakuormatesti raportin kanssa yhdelle moottorille tietystä toimituserästä.
- 241 Ydinvoimalamoottori testi.
- 560 Akselijännitemittaus.
- 561 Ylinopeustesti.
- 562 Ylijännitetesti.
- 760 Tärinätasomittaus.
- 761 Tärinäspektritestit yhdelle moottorille tietystä toimituserästä.
- 762 Äänitasotesti yhdelle moottorille tietystä toimituserästä.
- 763 Äänispektritestit yhdelle moottorille tietystä toimituserästä.
- 764 Erikseen määritelty testi ABB:n taajuusmuuttajalla.

Taulukko 3. Koestusohjelmien sisältö.

	Rutiinitesti Kokoonpano- linjalla	Rutiinitesti nimellis- arvoilla asiakkaan ollessa läsnä	Standardi tyyppitesti	Pidennetty tyyppitesti	Luokitus- laitoksen tyyppitesti	Spesiaali- testi
Varianttikoodi (VC)	VC 148	VC 148 + VC 150	VC 146	VC 222	N / A	VC 149 tai muu
1. Silmämääräinen tarkastus	X	X	X	X	X	
2. Korkeajännitetestit	X	X	X	X	X	
3. Eristysvastusmittaus	X	X	X	X	X	
4. Vaihevastusmittaus	X	X	X	X	X	
5. Syöksyaaltotesti	X					
6. Liittimien ja pyörimissuunnan tarkistus	X	X	X	X	X	
7. Tyhjäkäyntitesti 50 Hz	X					
8. Oikosulkutesti 50 Hz	X					
9. Tyhjäkäyntitesti nimellisjännitteellä ja -taajuudella		X	X	X	X	
10. Oikosulkutesti nimellisjännitteellä ja -taajuudella		X	X	X	X	
11. Lämpenämätesti			X	X	X	
12. Hyötysuhteen määrittäminen			X	X	X	
13. Ilmavälien tarkistus					X	X
14. Ylikuormitustesti			X	X	X	
15. Ylinopeustesti					X	561
16. Ylijännitetestit						562
17. Käynnistysvirta- ja -momenttitesti			X	X	X	
18. Momenttikäyrä				X		222
19. Tärinätasotesti	X	X	X	X	X	760
20. Tärinäspektritestit						761
21. Äänitasotesti						762
22. Äänispektritestit						763
23. Moottorintestaus taajuusmuuttaja käytöllä						764
24. IEEE hyötysuhde						X
25. Akselijännitemittaus						560
26. Osakuormatesti			X	X	X	X

4.3 Rutiinitesti

Koekentällä suoritetaan rutiinitestejä esimerkiksi nimellistaajuuden ollessa jokin muu kuin 50 Hz, asiakkaan läsnäollessa tai luokituslaitosten määräytyvien omien rutiinikoestusohjelmien takia. Rutiinitesti sisältää yhdeksän yleistä testiä induktiomootoreille (**Taulukko 3.**). Koekentän rutiinistiohjelma poikkeaa hiukan linjalla tehdystä ohjelmasta ja myös jos testattavana on synkroninen reluktanssi-,

kestomagneetti- tai HDP -moottori (High Dynamic Performance motor). Syy tähän on muun muassa se, että osaa kyseisistä moottorityypeistä täytyy ajaa taajuusmuuttajakäytöllä. Rutiinitestiraportti sisältää sähkömoottorin perustiedot. /6/

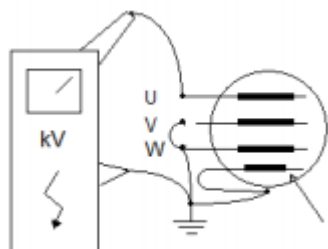
4.3.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisessä tarkastuksessa tarkastetaan seuraavat kohdat:

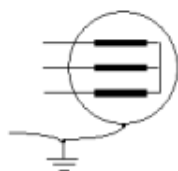
- Arvokilven arvot
- Tuulettimet, tuuletinmoottori (jos on), pääkytkentäkotelo, riviliittimet ja muut lisälaitteet
- Vesiliittimet, jos on
- Kaapelien läpivientiholkit
- Akseli ja kiila
- Asennusasento
- Maalipinta /6/

4.3.2 Korkeajännitetesti

Korkeajännitetesti suoritetaan käämityksen jokaiselle vaiheelle sekä lisälaitteille, jotta eristyksen heikot kohdat tai mahdolliset oikosulut tulisi ilmi. Mittaustavat on esitetty kuvissa 3 ja 4.



Kuva 3. Korkeajännitetesti staattorin vaiheelle U. /6/



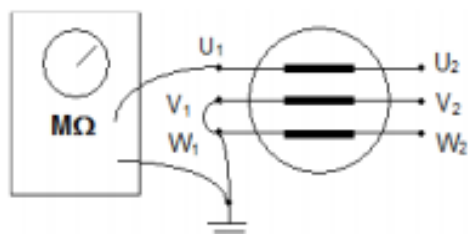
Kuva 4. Korkeajännitetesti staattorin sisäisellä kytkennällä. /6/

Testissä käytetyt jännitteet ja ajat ovat IEC 60034-1 -standardin mukaiset. Vaiheille suoritettavassa mittauksessa syötetään 2400 V jännitettä yhdelle vaiheelle 60 s ajan, kun muut vaiheet ovat yhdistettynä maadoituspisteeseen. Vyyhdissä sijaitsevia

lisälaitteita testataan 1500 V jännitteellä 60 s ajan, kun taas vyyhdin ulkopuolella sijaitsevia lisälaitteita testataan 500 V jännitteellä 15 s ajan. Testejä ei saa toistaa vaiheille täydellä testijännitteellä, mutta jos testi suoritetaan asiakkaan pyynnöstä uudelleen, testijännitteen tulee olla 80 % ensimmäisestä mittauksesta. /6/

4.3.3 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksen tarkoituksena on tarkastaa vaiheiden eristystaso, jotta moottorin turvallinen toimiminen varmistuisi. Vaiheiden eristysvastukset mitataan kuvan 5 mukaisesti. Mittaus tehdään 60 s ajan käyttäen 1000 VDC. Testin hyväksymiskriteerit esitetään taulukossa 4.



Kuva 5. Eristysvastusmittaus vaiheelta U. /6/

Taulukko 4. Eristysvastusmittauksen hyväksymiskriteerit. /6/

Suhteellinen ilmankosteus (%)	Eristysvastuksen hyväksymisraja (MΩ)
<40	2000
≥40	1000

4.3.4 Vaihevastusmittaus

Vaihevastukset mitataan ympäristön lämpötilassa seuraavien syiden vuoksi:

- Tarkistetaan käämityksen kytkentöjen olevan oikein
- Havainnollistetaan mahdolliset epätasapainot vaiheiden välillä
- Vertaillaan laskettuja ja mitattuja vastusarvoja
- Mitataan tarkat kylmävastusarvot, joten lämpenemän nousu voidaan määrittää lämpenemätestin jälkeen (tyyppitesti).

Vaihevastukset mitataan kylmänä käämityksen vaiheiden U-V, U-W ja V-W väliltä ja lämpenemätestin jälkeen lämpimänä yleensä vaiheiden U-W väliltä. Mittaus suoritetaan käyttäen vastusmittaria nelijohdinmenetelmällä. Vaatimukset mittauksille määräytyy IEC 60034-1- ja IEC 60034-2-1 -standardien mukaan. /6/

4.3.5 Tyhjäkäyntitesti

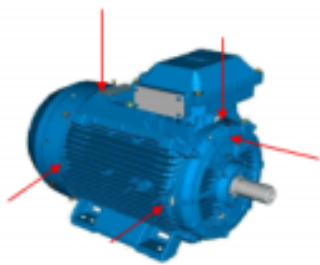
Moottoria pyöritetään ilman kuormaa (akselin pyöriessä vapaana) nimellisjännitteellä ja -taajuudella, josta samalla mitataan ja tallennetaan staattorivirtaa, jännitettä, ja syöttö tehoa. Rutiinitestin tyhjäkäyntitesti sisältää ainoastaan mittauksen nimellisjännitteellä. Tyyppitestauksessa puolestaan tyhjäkäyntitestissä tarvitaan nimellisjännitepisteen lisäksi muitakin jännitepisteitä, joten mitataan tyhjäkäyntikäyrä hankaushäviöiden, tuuletushäviöiden ja rautahäviöiden määrittämiseksi hyötysuhteen määrittämistä varten. Tyhjäkäyntitestin vaatimukset tulevat IEC 60034-2-1 -standardista. /6/

4.3.6 Oikosulkutesti

Tässä testissä moottorin roottori lukitaan niin, että se ei pääse pyörimään. Moottorille syötetään jännitettä nimellistaajuudella siten, että syöttöön muodostuu nimellisivirta. Suorituksessa mitataan ja tallennetaan staattorivirtaa, jännitettä ja syöttötehoa. Rutiinitestitapauksessa testi sisältää ainoastaan mittauspisteen nimellisvirralla. Tyyppitestissä taas mittauksia tarvitaan usealla eri virralla, joten mitataan oikosulkukäyrä. /6/

4.3.7 Tärinätesti

Moottoreiden tärinätestit mitataan IEC 60034-14 -standardia noudattaen, mutta standardista poiketen, kuitenkin vain tärinän nopeus mitataan. Tärinätestit mitataan koneen ollessa tyhjäkäynnissä vapaana riippuen tai pehmustetulla alustalla niin, että kone on vaaka-asennossa moottorin asennusasennosta riippumatta. Viisi mittausta suoritetaan kuvan 6 osoittamista eri mittauspisteistä. Taulukossa 5 on esitetty tärinätestimittausten raja-arvot. /6/



Kuva 6. Tärinätasomittauksen mittauspisteet. /6/

Taulukko 5. Suurimmat sallitut tärinät runkokokojen ja tärinäluokituksen mukaan. /6/

Shaft height mm		56 ≤ H ≤ 132		H > 132	
Vibration grade	Mounting	Displacement μm	Velocity mm/s	Displacement μm	Velocity mm/s
A	Free suspension	45	2,8	45	2,8
	Rigid mounting	-	-	37	2,3
B	Free suspension	18	1,1	29	1,8
	Rigid mounting	-	-	24	1,3

4.4 Tyypitesti

Tyypitestin tarkoituksena on selvittää testattavan moottorin lämpenemä sekä hyötysuhde nimellisarvoilla. Koestettava moottori kiinnitetään koestuspenkkiin ja kuormitetaan mekaanisesti valitulla momentilla. Taulukosta 3 selviää, että tyypitesti sisältää joukon testejä.

4.4.1 Käynnistysvirta- ja käynnistysmomenttitesti

Käynnistysvirta- ja momenttitesti tehdään, jotta saadaan selville käynnistysmomentin (T_L) suhde nimellismomenttiin (T_N) ja käynnistysvirran (I_S) suhde nimellisvirtaan (I_N). Mittaus tehdään lukitsemalla roottori mekaanisesti. Virta ja momentti mitataan nimellistaajuudella ja -jännitteellä. Sähkönsyöttökapasiteetti saattaa estää mittauksen, joten tällöin testi suoritetaan alennetulla jännitteellä. Testin hyväksymiskriteerit tulevat standardista IEC 60034-1. /6/

4.4.2 Momenttikäyrä

Momenttikäyrä eli vääntömomentin nopeuskäyrä mitataan, jotta saadaan selville maksimi- ja minimimomentin suhde nimelliseen. Tämä tieto on välttämätön, jos moottorin on kohteessaan käynnistettävä kuorma suurella hitaus- ja vastamomentilla.

Momenttikäyrä mitataan nimellisjännitteellä ja -taajuudella. Testissä mitataan syöttöjännitettä, virtaa, nopeutta ja vääntömomenttia. /6/

4.4.3 Lämpenemätesti

Tyypitestikoestusohjelmassa määritellään koestettavan moottorin staattorin käämin, rungon ja laakereiden lämpenemät. Testattavalle moottorille syötetään nimellisjännitettä ja -taajuutta synkronisella generaattorilla ja moottori kuormitetaan mekaanisesti kuormituskoneilla, jotka antavat moottorin akselille kohdistuvan valitun vääntömomentin.

Lämpöajon aikana moottorin pyöriessä mitataan ja tallennetaan vaihejännitteitä, vaihevirtoja, virran tasaisuutta, tehokerrointa, syöttötehoa, momenttia, pyörimisnopeutta, jättämää ja ulostulotehoa. Moottoria pyöritetään kuormalla niin kauan, että kaikki lämpötilat ovat tasaantuneet ja lämpötilamuutos on vähemmän kuin 1 K per puoli tuntia (IEC 60034-1 standardin mukaisesti). Staattorin käämien lämpötilan nousu määritellään vastusmittausmenetelmällä. Tätä menetelmää kutsutaan jäähtymäkäyrän mittaukseksi. Jäähtymäkäyrämittausta tarvitaan staattorikäämin keskimääräisen lämpenemän selvittämiseen nimelliskuormalla. Mittaussuorituksessa moottorin sähkösyötön katkaisun jälkeen mitataan ja kirjataan vastusarvoja noin kahden minuutin ajan tasaisin väliajoin. Taulukko 6 osoittaa, milloin ensimmäinen vastusarvo tulisi olla viimeistään mitattuna sähkökatkaisun jälkeen.

Taulukko 6. Ensimmäisen vastusarvon mittaus nimellistehojen mukaan. /6/

Nimellinen teho (P_N)	Aika sähkökatkaisun jälkeen
$P_N \leq 50 \text{ kW}$	30 s
$50 \text{ kW} < P_N \leq 200 \text{ kW}$	90 s
$200 \text{ kW} < P_N \leq 5000 \text{ kW}$	120 s

Moottorin lämpenemä saadaan selville kaavalla 1:

$$\frac{\theta_2+k}{\theta_1+k} = \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

Käytännön syistä edellinen kaava voidaan muotoilla seuraavasti:

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2-R_1}{R_1} * (k + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a, \quad (2)$$

missä

θ_1 = käämityksen lämpötila (°C) resistanssin R_1 mittaushetkellä

θ_2 = käämityksen lämpötila (°C) resistanssin lämpenemätestin lopussa

θ_a = jäähdytysaineen lämpötila (°C) lämpenemätestin lopussa

R_1 = käämityksen vastusarvo (Ω) lämpötilassa θ_1

R_2 = käämityksen vastusarvo (Ω) lämpenemätestin lopussa

k = käämijohdinmateriaalin lämpötilakerroin vastukselle 0 °C. Kuparilla 235 K ja alumiinilla 224 K, ellei toisin määritelty.

Vaatimukset ja hyväksymisrajat lämpenemätestille tulee standardista IEC 60034-1. Sallittu lämpenemä on 80 K eristysluokassa B ja 130 °C on maksimi lämpötila ympäristön lämpötilassa 40 °C ja kuumimman kohdan marginaali on 10 °C. Eristysluokassa F sallittu lämpenemä on 105 K ja maksimi lämpötila ympäristön lämpötilassa 40 °C on 155 °C ja kuumimman kohdan marginaali on 10 °C. /6/

4.4.4 Osakuormatesti

Osakuormapisteet mitataan 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 115 % ja 125 % kuormalla nimelliskuormasta. Hyötysuhteet on määritetty IEC 60034-2-1 -standardin mukaan näille kuormille. Jos testattavan moottorin nimellismomentti on tosi pieni, niin

mittauksessa käytetään eri osakuormapisteitä ja toisaalta myös todella iso momentti saattaa vaatia eri pisteet. /6/

4.4.5 Ylikuormitustesti

Ylikuormitustesti suoritetaan, jotta varmistetaan, että moottorin vääntömomentti on riittävän suuri käsittelemään ylikuormitustilannetta hetkellisesti. Testissä moottoria kuormitetaan 160 % kuormalla nimellisestä 15 s ajan IEC 60034-1 standardin mukaisesti. /6/

4.4.6 Hyötysuhteen määrittäminen

Hyötysuhde määritellään mittaamalla ottotehoa ja laskemalla ulostuloteho moottorin kokonaishäviöiden perusteella. Hyötysuhde määritellään epäsuoran menetelmän mukaan, jossa ylimääräiset kuormitushäviöt (P_{LL}) on määritetty mittauksesta standardin IEC 60034-2-1 menetelmän 2-1-1B mukaisesti. Hyötysuhteen hyväksymiskriteerit tulevat standardista IEC 60034-30-1 sekä ohjeesta 3GZF500930-570. IEC hyväksymistoleranssit on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Hyötysuhteen hyväksymistoleranssit moottorin koon mukaan. /6/

Nimellisteho (P_N)	Toleranssi nimellisestä hyötysuhteesta (%)
> 150 kW	± 15%
≤ 150 kW	± 10%

Taajuusmuuttajakäytöllä hyötysuhde määritetään suoralla sisään-ulostulomittausmenetelmällä (mitattua mekaanista ulostulotehoa verrataan moottorin sähköiseen syöttötehoon), mikä on määritelty IEC 60034-2-1 -standardissa menetelmässä 2-1-1-A. /6/

4.5 Erikoistesti

Erikoistesti määrätty asiakkaan tai luokituslaitoksen mukaan. /6/ Tässä testissä voidaan suorittaa esimerkiksi vain yksi tai useampi taulukossa 3 esiintyvä suoritus varianttikoodin 149 alta.

4.5.1 Ylinopeustesti

Ylinopeustestiä ei pidetä välttämättömänä oikosulkumoottoreille, mutta suoritetaan, jos asiakas on testin tilannut. Suoritusvaatimukset testille tulevat standardista IEC 60034-1. Testi suoritetaan 120 % synkronisesta nopeudesta tyhjäkäynnillä kahden minuutin ajan. /6/

4.5.2 Ylijännitetesti

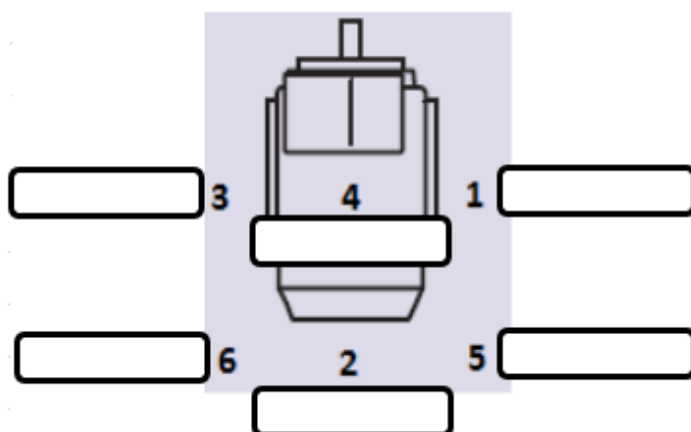
Ylijännitetestin keston ja tason määrittelee asiakas, mutta ylijännitetestin suoritetaan ilman kuormaa tyhjäkäynnillä yleensä 130 % nimellisjännitteestä kolmen minuutin ajan. Testin suoritusvaatimukset tulevat IEC 60034-1 -standardista. /6/

4.5.3 Tärinäspektritestin

Tärinäspektri mitataan normaalisti 400:n taajuuskaistan kapeakaistaisena analyysina kaistanleveydellä 10 ... 1000 Hz. Tulokset voidaan ilmaista joko värähtelyn nopeutena (mm/s) tai kiihtyvyytenä (mm/s²). Testi suoritetaan kaikille moottoreille vaaka-asennossa, riippumatta moottorin asennusasennosta. Suoritusvaatimukset tulevat standardista ISO 2954 ja hyväksymiskriteerit IEC 60034-14 -standardista. /6/

4.5.4 Äänitasotesti

A-painotetut äänenpainetasot mitataan tyyppitestissä vakiona täydellä kuormalla, mutta tämä voidaan tehdä myös ilman kuormaa. Mittaukset otetaan kuvan 7 osoittamasta kuudesta mittauspisteestä. Kaikkia mitattuja arvoja vertaillaan laskettuihin arvoihin. Sallittu toleranssi on +3 dB lasketusta arvosta. Mittaussuoritus muodostuu ISO 1680- ja ISO 3744 -standardin mukaan. /6/



Kuva 7. Äänitasomittauspisteet.

4.5.5 Äänispektritestit

Äänispektri suoritetaan normaalisti oktaavikaista-analyysinä kuormitetun moottorin äänenpainetasoista. Tässä suorituksessa mittaukset otetaan myös kuvan 7 mukaisista mittauspisteistä. Oktaavianalyysi suoritetaan taajuusalueella 63 ... 16000 Hz. Standardien ISO 1680 ja ISO 3744 mukaan muodostuu tämän testin suoritusvaatimukset. /6/

4.5.6 Akselijännitemittaus

Indusoidun akselijännitteen mittaus suoritetaan vain, jos asiakas on tilannut varianttikoodin 560. Akselipäiden jännitteen RMS-arvo mitataan yleismittarilla akselin molemmista päistä. /6/

5 EDF:N MUKAISET TESTIT

EDF (Électricité de France) on Ranskan valtion omistama energiayhtiö ja Motorsin suuri ja tärkeä asiakas. Se on yksi maailman suurimmista sähköntuottajista, joka tuottaa suuren osan sähköstään omistamallaan ydinvoimaloillaan. EDF:n koestusohjelmien mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränpäänä on heidän suunnittelemansa ja kehittämänsä Olkiluodon ydinvoimalaitoksen tai muiden maailmalla sijaitsevien ydinvoimalaitosten EPR- (eurooppalainen painevesireaktori) tai PWR-yksiköt (painevesireaktori).

ABB Motors & Generators tuottaa EDF:lle jatkuvasti moottoreita ydinvoimaloihin, joten moottoreille toteutetaan erikseen sovitut omanlaisensa koestusohjelman mukaiset testit koekentällä. Ohjelmia on viisi, joissa kaikissa on samanlainen runko mittausten suorittamiseen. Mittaukset kuitenkin eroavat toisistaan pääosin käynnistysvirta-, momenttikäyrä-, lämpöajomittaussuorituksissa sekä hyötysuhteenmäärittämisessä. Lisäksi joissain ohjelmissa tehdään ylijännitemittauksia. Mittaussuoritukset eroavat sen takia, että eri ohjelmien suorituksissa vaaditaan omanlaisia mittaustarvoja. Suuri osa suoritteista kuitenkin toteutetaan samalla tavalla jokaisessa ohjelmassa ja kuten luvussa 4 on kerrottu.

Seuraavat testit ovat samanlaiset joka ohjelmalla:

1. Silmämääräinen tarkastus
2. Eristysvastusmittaus
3. Vaihevastusmittaus
4. Osakuormatesti
5. Ylikuormitustesti
6. Ylinopeustesti
7. Oikosulkukäyrä
8. Tyhjäkäyntikäyrä
9. Äänispektritestit
10. Tärinätasotesti
11. Korkeajännitetesti

5.1 DM_D018 -testiohjelma

DM_D018 -ohjelman mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränäänä on EDF:n suunnittelemat ja kehittämät EPR -voimala- tai ydinvoimalayksiköt. Moottoreiden syöttötaajuus on aina 50 Hz ja nimellisjännite 400 V tai 690 V.

Ohjelman käynnistysvirta- ja momentinmittaus, momenttikäyrämittaus, lämpenemätesti ja hyötysuhteen määrittäminen suoritetaan seuraavalla tavalla ja arvoilla:

- Käynnistysvirta- ja momentinmittaus
 1. U_N , 50 Hz, kuuden sekunnin ajan, lisäksi jäähtymäkäyrämittaus
 2. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz
 4. $0,7 * U_N$, 50 Hz
- Momenttikäyrämittaus
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_N
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N
 4. $0,7 * U_N$, 50 Hz, P_N
- Lämpenemätesti
 1. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_u ($P_N * 0,88$), S1
 2. U_N , 50 Hz, P_N , S1
- Hyötysuhteenmäärittäminen
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_N
 3. U_N , 50 Hz, $0,75 * P_N$

5.2 DM_D136 -testiohjelma

DM_D136 -ohjelman mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränäänä on EDF:n suunnittelemat ja kehittämät Olkiluodon voimalaitokset. Moottoreiden syöttötaajuus on aina 50 Hz ja nimellisjännite 380 V, 400 V, 660 V tai 690 V.

Ohjelman käynnistysvirta- ja momentinmittaus, momenttikäyrämittaus, lämpenemätesti, ylijännitetestit ja hyötysuhteenmäärittäminen suoritetaan seuraavalla tavalla ja arvoilla:

- Käynnistysvirta- ja momentinmittaus
 1. U_N , 50 Hz, kuuden sekunnin ajan, lisäksi jäähtymäkäyrämittaus
 2. $0,8 * U_N$, 50 Hz
 3. $0,7 * U_N$, 50 Hz
- Momenttikäyrämittaus
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N
 3. $0,7 * U_N$, 50 Hz, P_N
- Lämpenemätesti
 1. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_u ($P_N * 0,88$), S1
 2. U_N , 50 Hz, P_N , S1
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N , S1, yhden tunnin ajan moottorin vielä ollessa lämmin (IEC 60034-1 mukaisesti)
- Ylijännitetestit
 1. $1,2 * U_N$, 50 Hz, viiden minuutin ajan
 2. $1,4 * U_N$, 50 Hz, neljän sekunnin ajan
- Hyötysuhteenmäärittäminen
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_u ($P_N * 0,82$)

5.3 DQ_09_100 -testiohjelma

DQ_09_100 -ohjelman mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränpäänä on EDF:n suunnittelemat ja kehittämät EPR -voimala- tai ydinvoimalayksiköt. Moottoreiden syöttötaajuus on aina 50 Hz ja nimellisjännite 400 V tai 690 V.

Ohjelman käynnistysvirta- ja momentinmittaus, momenttikäyrämittaus, lämpenemätesti ja hyötysuhteenmäärittäminen suoritetaan seuraavalla tavalla ja arvoilla:

- Käynnistysvirta- ja momentinmittaus
 1. U_N , 50 Hz, kuuden sekunnin ajan, lisäksi jäähtymäkäyrämittaus
 2. $U_u (0,95 * U_N)$, 50 Hz
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz
 4. $0,7 * U_N$, 50 Hz
- Momenttikäyrämittaus
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. $U_u (0,95 * U_N)$, 50 Hz, P_N
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N
 4. $0,7 * U_N$, 50 Hz, P_N
- Lämpenemätesti
 1. $U_u (0,95 * U_N)$, 50 Hz, $P_u (P_N * 0,88)$, S1
 2. U_N , 50 Hz, P_N , S1
- Hyötysuhteenmäärittäminen
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. $U_u (0,95 * U_N)$, 50 Hz, $P_u (P_N * 0,88)$

5.4 DQ_09_100+7J -testiohjelma

DQ_09_100+7J -ohjelman mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränpäässä on EDF:n suunnittelemat ja kehittämät EPR -voimalayksiköt. Moottoreiden syöttötaajuus on aina 50 Hz ja nimellisjännite 400 V tai 690 V.

Ohjelman käynnistysvirta- ja momentinmittaus, momenttikäyrämittaus, lämpenemätesti, ylijännitetestit ja hyötysuhteenmäärittäminen suoritetaan seuraavalla tavalla ja arvoilla:

- Käynnistysvirta- ja momentinmittaus
 1. U_N , 50 Hz, kuuden sekunnin ajan, lisäksi jäähtymäkäyrämittaus
 2. $0,8 * U_N$, 50 Hz
 3. $0,7 * U_N$, 50 Hz
- Momenttikäyrämittaus
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N
 3. $0,7 * U_N$, 50 Hz, P_N
- Lämpenemätesti
 1. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_u ($P_N * 0,88$), S1
 2. U_N , 50 Hz, P_N , S1
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N , S1, yhden tunnin ajan moottorin vielä ollessa lämmin (IEC 60034-1 mukaisesti)
- Ylijännitetestit
 1. $1,2 * U_N$, 50 Hz, viiden minuutin ajan
 2. $1,4 * U_N$, 50 Hz, neljän sekunnin ajan
- Hyötysuhteenmäärittäminen
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. U_N , 50 Hz, P_u ($P_N * 0,88$)
 3. U_u ($0,95 * U_N$), 50 Hz, P_u ($P_N * 0,88$)

5.5 MX_44090 -testiohjelma

MX_44090 -ohjelman mukaan koestettujen sähkömoottoreiden määränäänä on EDF:n suunnittelemat ja kehittämät PWR -voimalayksiköt. Moottoreiden syöttötaajuus on aina 50 Hz ja nimellisjännite 380 V.

Ohjelman käynnistysvirta- ja momentinmittaus, momenttikäyrämittaus, lämpenemätesti ja hyötysuhteenmäärittäminen suoritetaan seuraavalla tavalla ja arvoilla:

- Käynnistysvirta- ja momentinmittaus
 4. U_N , 50 Hz, kuuden sekunnin ajan, lisäksi jäähtymäkäyrämittaus
 1. $0,8 * U_N$, 50 Hz
 2. $0,7 * U_N$, 50 Hz
- Momenttikäyrämittaus
 1. U_N , 50 Hz, P_N
 2. $0,85 * U_N$, 50 Hz, P_N
 3. $0,8 * U_N$, 50 Hz, P_N
 4. $0,7 * U_N$, 50 Hz, P_N
- Lämpenemätesti
 1. U_N , 50 Hz, P_u (P_u määritelty erikseen moottorin nimellistehon mukaan ohjelmassa), S1
 2. U_N , 50 Hz, P_N , S1
- Hyötysuhteenmäärittäminen
 4. U_N , 50 Hz, P_N
 5. U_N , 50 Hz, P_u (P_u määritelty erikseen moottorin nimellistehon mukaan ohjelmassa)

6 PERUSTEELLISET SELVITYKSET

Tässä luvussa käydään läpi työhön kuuluvia ongelmien selvityksiä ja tavoitteita.

6.1 Ongelmien selvitykset

Huolellisen ongelmien kartoituksen perusteella EDF-koestusohjelmien hyväksymiskriteereissä sekä koestustulosten taltiointi työvaiheissa ilmeni ongelmia ja epäselvyyksiä.

Hyväksymiskriteereissä ilmenneiden epäselvyyksien vaikutus on negatiivinen, sillä ei olla varmoja tarkastetaanko asiakkaan moottorin mittaustuloksia oikein. Epäselvyydet kohdistuivat käynnistysvirran ja momenttikäyrän hyväksymiskriteereihin.

Käynnistysvirta- ja momenttimittauksien hyväksymiskriteereissä ilmeni muun muassa seuraavanlaisia ongelmia:

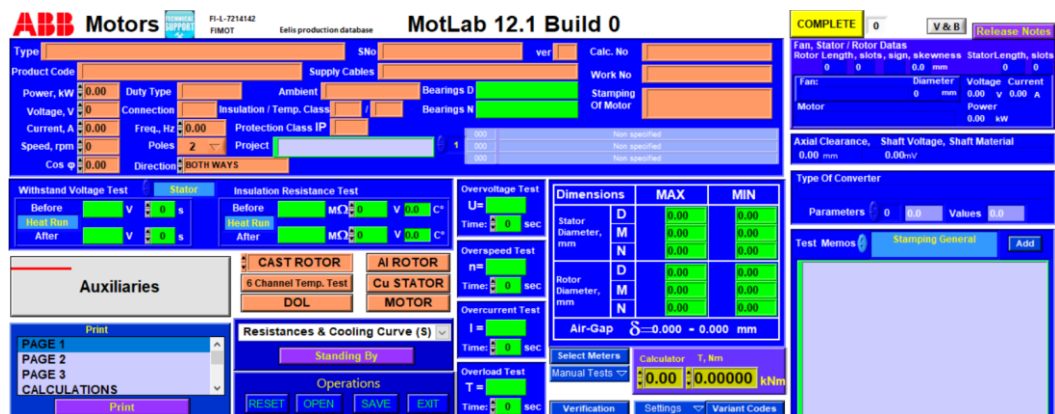
- Starttivirran (I_S) ja nimellisvirran (I_N) suhteen eli käynnistysvirtakertoimen (I_S/I_N) maksimiarvoja puuttui monelta eri moottorikoolta
- Alennetuille jännitteille ei löydy katalogidataa, johon ohjelman mukaan mittausarvoja tulisi verrata
- Hyväksymiskriteeri oli esitetty niin epäselvästi, että sitä ei pystynyt tulkitsemaan.

Momenttikäyrän mittauksien hyväksymiskriteereissä ilmeni muun muassa seuraavanlaisia ongelmia:

- Hyväksymiskriteeri oli esitetty niin epäselvästi, että sitä ei pystynyt tulkitsemaan sekä eikä tiedetty mitä momenttiarvoja verrata toisiinsa
- Alennetuille jännitteille ei löydy katalogidataa johon ohjelman mukaan mittausarvoja tulisi verrata.

Koestusten mittaustulosten tallentamiseen kohdistuneet ongelmat vaikuttavat myös suuresti prosessien sujuvuuteen, sillä testiraportteja tehdessä tulosten tallennus- ja versiointijärjestyksellä on väliä, jotta toimihenkilö, joka tekee raporttia, tietää mistä

versiosta löytyy mikäkin mittaussuoritus. Tallennus- ja versiointitapoja on tavannut olla niin monta kuin koestajaakin. Koestusten mittaustulosten tallentamiseen koekentällä käytetään MotLab -mittausdataohjelmaa, jonka pääikkuna on esitetty kuvassa 8. Ohjelmassa on mittaussuorituskohtaisesti niin sanottuja aliohjelmia, jonne kerätään ja tallennetaan tehdyt mittaukset.



Kuva 8. MotLab -mittausdataohjelman pääikkuna.

6.2 Tavoitteet

Tavoitteeksi asetettiin, että laaditaan mittaustulosten versiointi- ja tallennusohje, tulosten tarkastusohje ja raportointiohje, jotta nämä kolme työprosessia saataisiin yhtenäisemmiksi. Mittaustulosten versiointi- ja tallennus ohje on osoitettu koestuksia suorittaville koestajille ja tulosten tarkastus- ja raportointiohje puolestaan kyseisiä suorituksia tekeville toimihenkilöille.

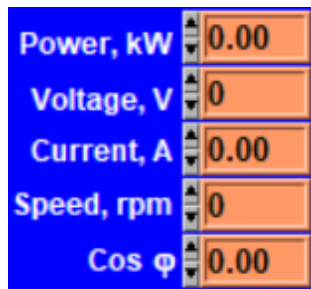
7 MITTAUSTULOSTEN VERSIOINTI- JA TALLENNUSOHJE

Koestajien tulee jatkossa noudattaa kyseistä ohjetta, jos on kyseessä DM_D018-, DM_D136-, DQ_09_100-, DQ_09_100+7J-, tai MX_44090 -koestusohjelman mukainen moottorin koestus. Vaikka koestusohjelmia on viisi, päädyttiin tekemään vain yksi ohje, joka kattaa kaikkien ohjelmien sisällön täyttämisen, sillä monet mitaussuoritukset ovat samanlaisia jokaisella ohjelmalla. Ohjetta tehdessä tuli huomioida paljon eri asioita juurikin sen vuoksi, että moni asia mittaustulosten tallentamisessa vaikuttaa työn raportointivaiheeseen. Lisäksi tuli huomioida, että MotLab-mittausdataohjelman tietyssä versiossa olevat pääikkunan arvot ovat oikeat, jotta mittauksen arvot vertailevat ja laskevat tulokset oikeista arvoista, ettei tule virheellisiä tuloksia. Versioitijärjestyksen ja sen sisällön suunnitteluun käytin oman työkokemuksen ja näkemyksen kantaa sekä koestajien ja toimihenkilöiden antamia vinkkejä ja näkemyksiä. Ohje lisätään ABB Motors & Generators, Vaasan yksikön sisäiseen ohjekantaan ja valmis ohje on esitetty liitteessä 1.

Ohje tuli tehdä niin, että mittaustulosten eri versioiden määrä olisi mahdollisimman pieni sekä versioiden sisällöt olisivat loogisessa järjestyksessä. Versioiden mittaustulosten sisältö määritellään mittauksissa käytettyjen jännitteiden mukaan omiin versioihin. Jokaisesta versiosta tulee tehdä tietyt PDF-tulosteet versioiden sisällön mukaisesti, sillä tulosteet lähetetään jokaisen testiraportin mukana Ranskan ABB:n myyntiedustajalle, joka muodostaa asiakkaalle tarjotun lopullisen testiraportin. Tämän takia tuli ohjeessa huomioida myös lisätietotekstikenttään lisättävän tekstin yhdenmukaisuus sekä, että teksti kirjoitetaan kenttään englannin kielellä.

MotLab -mittausdataohjelma mahdollistaa vain yhdenlaisilla mittausarvoilla tehtyjen mittausten tallentamisen yhteen versioon, sillä ohjelma on tehty niin, että sovelluksen aliohjelmat, jotka keräävät mittauksien tulokset, vertailevat ja laskevat MotLab -ohjelman aliohjelmiin mitatuista arvoista sen pääikkunaan syötetyistä arvoista. Nämä pääikkunan arvot ovat normaalisti koestettavan moottorin nimellisarvoja, mutta EDF:n ohjelmien mukaisissa testeissä täytyy huomioida toista tyyppiä suorittaessa, kun ajetaan käyttöjännitteen (U_u) ja/tai -tehon (P_u) mukaisilla

arvoilla, että suoritettujen testien arvot täytyy olla vertailtavissa pääikkunan arvoihin. Esimerkiksi, jos kyseessä on DM_D018 mukainen koestusohjelma ja suoritetaan lämpenemätestiä käyttöjännitteellä (U_u) ja käyttötehon (P_u) kuormalla, lisätään tästä testistä selville saadut teho-, jännite-, virta-, pyörimisnopeus- ja tehokerroin-arvot pääikkunan arvokenttään. Pääikkunan arvokenttä, jonka arvoja aliohjelmat käyttävät mittaustulosten laskuissa esiintyy kuvassa 9.



Power, kW	0.00
Voltage, V	0
Current, A	0.00
Speed, rpm	0
Cos φ	0.00

Kuva 9. Pääikkunan koestettavan moottorin arvokenttä.

8 TULOSTEN TARKASTUS- JA RAPORTOINTIOHJE

Tässä luvussa käydään läpi ongelmien selvitysten ja muutosvaatimusten perusteella laadittujen mittaustulosten tarkastus- ja raportointiohjeen muodostamista.

8.1 Tulosten tarkastusohje

Tulosten tarkastusohjeeseen laadittiin jokaisen viiden EDF -koestusohjelman mukaiset tarkastusohjeet. Ohjeesta on jätetty huomioimatta ohjelmien testeihin kuuluvat suoritukset, joista ei varsinaista mittaustulostusta muodostu, esimerkiksi silmämääräinen tarkastus. Ongelmien selvitysten tuloksena hyväksymiskriteeriosioon saatiin lisättyä halutut muutokset, jotka edesauttavat tulosten tarkastajaa oikeaoppiseen tarkastamiseen. Esimerkiksi virtakertoimien maksimiarvoja eri kokoisille moottoreille esiintyy nyt ohjeessa paremmin ja nyt esiintyy alennetulla jännitteellä tehtyjen käynnistysvirran- ja momenttikäyrämittauksen kriteerit niin, että tiedetään että minimimomenttiarvoa verrataan käyttötehoon (T_u) sekä, että käynnistysvirranmittaukselle alennetulla jännitteellä ei ole muuta kriteeriä kuin oikeaoppinen mittaussuoritus. Muut kriteerit olivat jo ennaltaan helppoja ja selkeitä tulkita, joten niiden lisääminen ohjeeseen oli helppoa. Tulosten tarkastusohje esiintyy liitteessä 2.

8.2 Raportointiohje

Ohjeesta muodostui hyvin yksinkertainen, sillä ohjeen tarkoitus on opastaa raportointia tekemään raportointitoiminnoilla (RapsaTestReports -selainsivulla) kaksi sivuinen testiraportti. Raportointitoiminto muodostaa testiraportin tietokantaan tallennetusta mittaustulostusta. Testiraportit tehdään koestusohjelman 1. tyyppitestistä nimellisarvoilla ja 2. tyyppitestistä käyttöjännitteen (U_u) ja/tai -tehon (P_u) mukaisilla arvoilla. Raportin liitteeksi laitetaan kaikki mittauksista muodostuneet tulosteet PDF-tiedostoina. Tulosteet, jotka kuuluvat liitenippuun on samat kuin mittaustulosten tallennus- ja versiointiohjeessa mainitut. Liitteessä 3 esiintyy työhön kuuluva raportointiohje.

9 YHTEENVETO

Laadittujen ohjeiden tuloksena saatiin EDF:n mukaisten koestusten eri prosessit yhtenäisemmiksi. Työ pidetään onnistuneena, sillä tulosten tarkastukseen kohdistuneet ongelmat saatiin ratkottua sekä koestajille saatiin yhdenmukaiset mittaustulosten tallennus- ja versiointitavat.


Tarkoituksena oli tehdä DQ_09_100 -ohjelman mukaan suoritettavan sähkömoottorin koestaminen laadittuja ohjeita noudattaen, mutta työtä ei valitettavasti kokonaisuudessaan päässyt koeponnistamaan työn toteutustilanteessa vallitsevan COVID-19 -pandemian vuoksi. Tulosten tarkastaminen pystyttiin suorittamaan onnistuneesti ja tämän myötä tulosten tarkastusohje todettiin hyväksi. Koestajille teko- vaiheessa ollutta mittaustulosten versiointi- ja tallennusohjetta esitellessä, se keräsi aluksi kysymyksiä, että miksi toimenpiteitä muutetaan, mutta kun ilmenneisiin kysymyksiin esitti vastaukset ohjeessa, saivat koestajat vastaukset kysymyksiinsä ja lopulta pitivät ohjetta toimivana.

Kehitysideoina esitän kahta työn ohella ilmennyttä ehdotusta. On tiedossa, että MotLab -mittausdataohjelmaan on tulossa uusi versio, niin tähän versioon voisi lisätä lisätietotekstikentän täyttöön mahdollisuuden valita tietyt usein lisättävät huomiot jonkinlaisen napin alta. Esimerkiksi huomautus, hankaavat tiivisteet irrotettu testin ajaksi moottorin D- ja N-päästä. Lisäksi kaikki viisi EDF:n koestusohjelmaa tulisi päivittää sekä muuttaa niissä esiintyvät epäselvät hyväksymiskriteeriosiot. Tulen itse kesällä mahdollisesti tekemään tätä muutosta, kun aloitan kesätyöt koekentän toimistolla.

LÄHTEET

- /1/ Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. Viitattu 22.3.2020. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- /2/ ABB yhtymä. Viitattu 22.3.2020
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>
- /3/ ABB Suomessa. Viitattu 22.3.2020
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /4/ ABB Oy, Motors and Generators. Viitattu 22.3.2020
<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/motors-and-generators>
- /5/ Pantti, T. 2019. Standardikokoelma. ABB Oy, Vaasa Motors and Generators. s. 4-5
- /6/ Pantti, T. 2019. Final testing procedures. ABB Oy, Vaasa Motors and Generators.

LIITE 1

		Printed paper copy is uncontrolled			FIMOT11391		
Owning organization: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa	Create date: 9.3.2020	Approval date:	Security level: Internal	Language code: fi	Revision id: A	Pages: 5	
Document kind: Instruction				Author: samuli.herrala@fi.abb.com			
Coverage: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa				Inspector:			
Conformity to requirements: Standards:ISO:ISO 17025; Standards:ISO:ISO 9001:2015				Approver:			
Function: Production / Manufacturing				Process: Core processes:Order fulfillment			

EDF -koestuksen versiointi- ja tallennusohje koestajille

Vleistä

Tämän ohjeen mukaan suoritetaan EDF:n koestusohjelmien **-DM_D018, -DM_D136, -DQ_09_100, -DQ_09_100 + 7J** ja **-MX 44090** mukainen mittaustulosten tallennus sekä tulostaminen. Versiointi ja tulostaminen tulee olla **aina** tämän ohjeen mukainen, sillä raportointi vaihe vaatii raportointiohjelman kannalta yhdenmukaista tallennus järjestystä.

Tätä ohjetta noudatetaan silloin, kun tilauksella on varianttikoodi 241 – Nuclear motor testing sekä maininta koestusohjelmasta **-DM_D018, -DM_D136, -DQ_09_100, -DQ_09_100 + 7J** tai **-MX 44090**.

Stamping General -tekstikentän täyttäminen

Informaatio kenttään tulee täyttää versioiden kuvien mukaiset tiedot. Koko kentän teksti tulee **aina** olla kirjoitettuna englannin kielellä (mukaan lukien muut huomiot). Teksti täytyy kirjoittaa englanniksi, koska testien tulosteita menee asiakkaalle saakka liitteenä testiraportin mukana. Tekstikenttätyyttämisen nopeuttamiseen löytyy Notepad -tiedosto L:\MYYN\TYNTI\Koestamo\EDF -koestusten tekstikenttäpohjat -kansioista.

MotLab mittaustulosten tallennus- ja tulostusohjeet

Tulokset tulee tallentaa mittauksissa käytetyn jännitteen mukaan omiin versioihin.

Jos testattavalle sarjanumerolle on jo aiempia tallennusversioita, niin versiointi tulee aloittaa seuraavaan käyttämättömään versioon, kuitenkin noudattaen tämän ohjeen mukaista tallennus järjestystä.

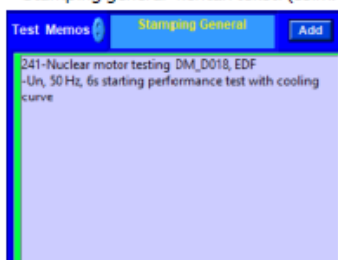
Versioiden sisällöistä ilmenevät MX-koodit tulee vähintään olla valittuna, jotta aliohjelmat toimivat. Lisäksi tulee lisätä myös testattavan moottorin muut tärkeät ominaisuudet, jotka voi MX-koodilla ilmaista. Esimerkiksi, jos kyseessä on Ex-moottori, tulee tästä olla MX-koodi valittuna.



MotLab tulosten versiointi ja niiden sisältö tulee täyttää seuraavalla tavalla:

1. Vapaa versio (B)

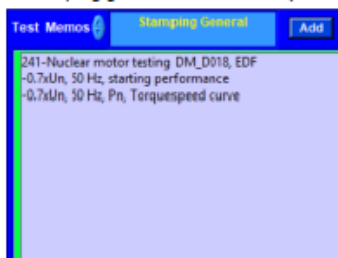
Sisältö: - U_n , 50 Hz 6s käynnistysvirran mittaus
- Jäähtymäkäyrä
- MX-koodi 146
- Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):



Tulosteet: -Print (Page 1), R1
-Print (Alleinschutz), A1

2. Vapaa versio (C)

Sisältö: - $0,7 \times U_n$, 50 Hz käynnistysvirran mittaus
- $0,7 \times U_n$, 50 Hz momenttikäyrä
- MX-koodi 222
- Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):

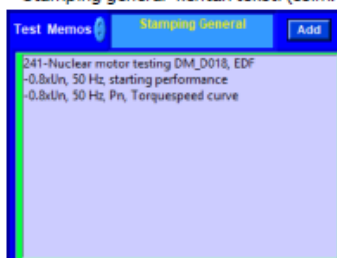


Tulosteet: -Print (Page 1), R1
-Print (Page 3), R4
-Torque-speed test (T-S curve), G5
-Torque-speed test (C-S curve), G6



3. Vapaa versio (D)

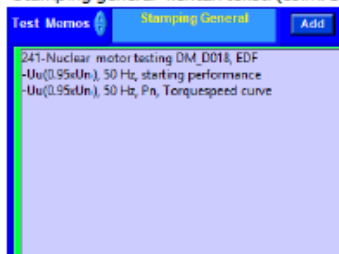
Sisältö: -0,8 x U_n , 50 Hz käynnistysvirran mittaus
-0,8 x U_n , 50 Hz momenttikäyrä
-MX-koodi 222
-Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):



Tulosteet: -Print (Page 1), R1
-Print (Page 3), R4
-Torque-speed test (T-S curve), G5
-Torque-speed test (C-S curve), G6

4. Vapaa versio (E) **HUOM!** Tämä versio tarvitaan, jos kyseessä DM_D018-, DQ_09_100- tai MX_44090 -ohjelma.

Sisältö: - U_u (0,95 x U_n), 50 Hz käynnistysvirran mittaus, jos DM_D018 tai DQ_09_100
- U_u (0,95 x U_n), P_n , 50 Hz momenttikäyrä, jos DM_D018 tai DQ_09_100
-0,85x U_n , P_n , 50 Hz momenttikäyrä, jos MX_44090
-MX -koodi 222
-Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):

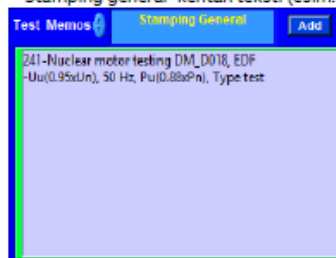


Tulosteet: -Print (Page 1), R1
-Print (Page 3), R4
-Torque-speed test (T-S curve), G5
-Torque-speed test (C-S curve), G6



5. Vapaa versio (F) **Huom!** Tässä versiossa MotLab pääikkunaan arvokenttään muutetaan teho, jännite, virta, pyörimisnopeus ja kulmakerroin arvot mitatun lämpöajan arvoista.

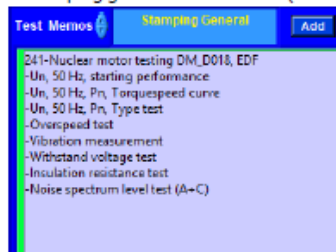
Sisältö: -2. Tyypitesti
(-Ylijännite $1,4xU_n$, 50 Hz, 4 sek, jos DM_D136 tai DQ_09_100+73)
-MX -koodi 146
-Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):



Tulosteet: -[FIMOT1826](#) tulostusohjeiden mukaisesti

6. Vapaa versio (G)

Sisältö: - U_n , P_n , 50 Hz momenttikäyrä
-1. Tyypitesti (Nimellisarvoilla)
-Ylinopeustesti
(-Ylijännite $1,2xU_n$, 50 Hz, 5 min, jos DM_D136 tai DQ_09_100+73)
-Tärinätasot
-Eristyskoestus
-Eristysvastusmittaukset (kylmä & kuuma)
-MX -koodit 222 ja 763
-Stamping general -kentän teksti (esim. DM_D018 ohjelma):



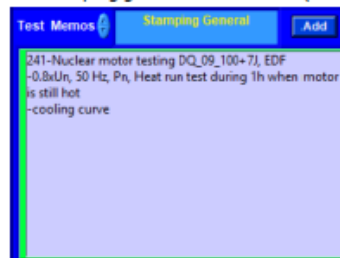
Tulosteet: -[FIMOT1826](#) tulostusohjeiden mukaisesti

HUOM! Äänispektri prosessi suoritetaan [FIMOT1416](#) ohjeen mukaisesti.




7. Vapaa versio (H) **HUOM!** Tämä versio tarvitaan, jos kyseessä ohjelma DM_D136 tai DQ_09_100 + 73

Sisältö: -Lämpöajo $0,8 \times U_n, P_n, 50 \text{ Hz}$, S1, 1h ajan moottorin ollessa lämmin
-Jäähdytyskäyrä
-MX -koodi 146
-Stamping general -kentän teksti (esim. DQ_09_100 + 73 ohjelma):



Tulosteet: -Print (Page 1), R1
-Print (Page 2), R2
-Print (Temperature chart), G1

LIITE 2

	Printed paper copy is uncontrolled			FIMOT11404		
Owning organization: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa	Create date: 15.4.2020	Approval date:	Security level: Internal	Language code: fi	Revision id: A	Pages: 6
Document kind: Instruction				Author: samuli.herrala@fi.abb.com		
Coverage: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa				Inspector:		
Conformity to requirements: Standards:ISO:ISO 17025; Standards:ISO:ISO 9001:2015				Approver:		
Function: Production / Manufacturing				Process: Core processes:Order fulfillment		

EDF -koestusten tulosten tarkastusohje

Yleistä

Tämän ohjeen mukaan suoritetaan EDF:n koestusohjelmien **-DM_D018**, **-DM_D136**, **-DQ_09_100**, **-DQ_09_100 + 7J** ja **-MX_44090** mukainen mittaustulosten tarkastus. Tulokset tarkastetaan mitattuja arvoja vertailemalla mittauksissa käytetyn ohjelman hyväksymiskriteereihin.

Tätä ohjetta noudatetaan silloin, kun tilauksella on varianttikoodi 241 – Nuclear motor testing sekä maininta koestusohjelmasta **-DM_D018**, **-DM_D136**, **-DQ_09_100**, **-DQ_09_100 + 7J** tai **-MX_44090**.

Sisältö

1. DM_D018 -ohjelman hyväksymiskriteerit	Sivu 2
2. DM_D136 -ohjelman hyväksymiskriteerit	Sivu 3
3. DQ_09_100 -ohjelman hyväksymiskriteerit	Sivu 4
4. DQ_09_100 + 7J -ohjelman hyväksymiskriteerit	Sivu 5
5. MX_44090 -ohjelman hyväksymiskriteerit	Sivu 6

HUOM!

Alennetuilla jännitteillä ajettujen momenttikäyrien hyväksymiskriteereihin T_u -arvo löytyy FIMOT11391 ohjeen mukaan 5. vapaasta versiosta (Versio F).



DM_D018 -ohjelman hyväksymiskriteerit

MittaussuoritusHyväksymiskriteeri

1. Eristysvastusmittaus
2. Vaihevastus mittaukset
3. Käynnistysvirranmittaus

R > 500 MΩ

 $(R_{max}-R_{min}) / \text{keskiarvo} \leq 2,5\%$

- a) 6s Startti U_N , 50 Hz

a)

Nimellisteho P_N	Max virtakerroin I_s/I_N	Toleranssi
≤ 45 kW	9,0	$\pm 0\%$
> 45 kW - ≤ 250 kW	8,4	$\pm 0\%$
≥ 315 kW - ≤ 355 kW	8	$\pm 0\%$
≥ 400 kW	5,8	$\pm 0\%$

- b) Startti U_u ($U_N \cdot 0,95$), 50 Hz
- c) Startti $0,8 \cdot U_N$
- d) Startti $0,7 \cdot U_N$

b) I_s max 1775 A, kun teho ≤ 160 kW

c) Testitulokset

d) Testitulokset

4. Momenttikäyrä

- a) U_N , 50 Hz, P_N
- b) U_u ($U_N \cdot 0,95$), 50 Hz, P_N
- c) $0,8 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N
- d) $0,7 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N

a) $T_{min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{max}/T_N \geq 1,9$ b) $T_{min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{max}/T_N \geq 1,9$ c) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)d) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)5. Lämpöajo

- a) U_N , 50 Hz, P_N , S1
- b) U_u ($U_N \cdot 0,95$), 50 Hz, P_u ($P_N \cdot 0,88$), S1

Luokka B (<80 K)

Luokka B (<80 K)

6. Äänitasomittaus

- dB(A) 1 metristä
- dB(C) 0,5 metristä

 ≤ 85 dB ≤ 135 dB7. Tärinätasomittaus

Luokka B (IEC 60034-14)



DM_D136 -ohjelman hyväksymiskriteerit

MittaussuoritusHyväksymiskriteeri

1. Eristysvastusmittaus
2. Vaihevastus mittaukset
3. Käynnistysvirranmittaus

R > 500 MΩ
($R_{max} - R_{min}$) / keskiarvo ≤ 2,5%

- a) 6s Startti U_N , 50 Hz

a)

Nimellisteho P_N	Max virtakerroin I_s/I_N	Toleranssi
≤ 1,5 kW	5,0	±0 %
< 1,5 kW - ≤ 22 kW	6,0	±0 %
> 22 kW	7,0	±0 %

- b) Startti $0,8 \cdot U_N$

b) Testitulokset

- c) Startti $0,7 \cdot U_N$

c) Testitulokset

4. Momenttikäyrä

- a) U_N , 50 Hz, P_N
- b) $0,8 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N
- c) $0,7 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N

a) $T_{min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{max}/T_N \geq 1,9$ b) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)c) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)5. Lämpöajo

- a) U_N , 50 Hz, P_N , S1
- b) U_N , 50 Hz, P_u ($P_N \cdot 0,82$), S1

Luokka B (<80 K)

Luokka B (<80 K)

6. Äänitasomittaus

- dB(A) 1 metristä
- dB(C) 0,5 metristä

≤ 85 dB

≤ 135 dB

7. Tärinätasomittaus

Luokka B (IEC 60034-14)



DQ_09_100 + 7J -ohjelman hyväksymiskriteerit

Mittaussuoritus
Hyväksymiskriteeri

 1. Eristysvastusmittaus
 $R > 500 \text{ M}\Omega$

 2. Vaihevastus mittaukset
 $(R_{\max} - R_{\min}) / \text{keskiarvo} \leq 2,5\%$

 3. Käynnistysvirranmittaus

 a) a) 6s Startti U_N , 50 Hz

a)

Nimellisteho P_N	Max virtakerroin I_r/I_N	Toleranssi
$\leq 45 \text{ kW}$	9,0	$\pm 0 \%$
$> 45 \text{ kW} - \leq 250 \text{ kW}$	8,4	$\pm 0 \%$
$\geq 315 \text{ kW} - \leq 355 \text{ kW}$	8	$\pm 0 \%$
$\geq 400 \text{ kW}$	5,8	$\pm 0 \%$

 b) Startti $0,8 \cdot U_N$

b) Testitulokset

 c) Startti $0,7 \cdot U_N$

c) Testitulokset

 4. Momenttikäyrä

 a) U_N , 50 Hz, P_N

 a) $T_{\min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{\max}/T_N \geq 1,9$

 b) $0,8 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N

 b) $T_{\min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)

 c) $0,7 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N

 c) $T_{\min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)

 5. Lämpöaio

 a) U_N , 50 Hz, P_N , S1

Luokka B (<80 K)

 b) $U_u (U_N \cdot 0,95)$, 50 Hz, $P_u (P_N \cdot 0,88)$, S1

Luokka B (<80 K)

 6. Äänitasomittaus

dB(A) 1 metristä

 $\leq 85 \text{ dB}$

dB(C) 0,5 metristä

 $\leq 135 \text{ dB}$

 7. Tärinätasomittaus

Luokka B (IEC 60034-14)



MX_44090 -ohjelman hyväksymiskriteerit

MittaussuoritusHyväksymiskriteeri

1. Eristysvastusmittaus
2. Vaihevastus mittaukset
3. Käynnistysvirranmittaus

$R > 500 \text{ M}\Omega$
 $(R_{\max} - R_{\min}) / \text{keskiarvo} \leq 2,5\%$

- a) 6s Startti U_N , 50 Hz

a)

Nimellisteho P_N	Max virtakerroin I_s/I_N	Toleranssi
< 45 kW	8,2	$\pm 0\%$
$\geq 55 \text{ kW} - \leq 250 \text{ kW}$	7,6	$\pm 0\%$

- b) Startti $0,8 \cdot U_N$
- c) Startti $0,7 \cdot U_N$
4. Momenttikäyrä

b) Testitulokset

c) Testitulokset

- a) U_N , 50 Hz
- b) $0,85 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N
- c) $0,8 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N
- d) $0,7 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N

a) $T_{\min}/T_N \geq 1,45$ ja $T_{\max}/T_N \geq 2,32$ b) $T_{\min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)c) $T_{\min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)d) $T_{\min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)

5. Lämpöaajo

- a) U_N , 50 Hz, P_N , S1
- b) U_N , 50 Hz, P_u (P_u liitteestä 1), S1

Luokka B (<80 K)

Luokka B (<80 K)

6. Äänitasomittaus

dB(A) 1 metristä

 $\leq 85 \text{ dB}$

dB(C) 0,5 metristä

 $\leq 135 \text{ dB}$

7. Tärinätasomittaus

Luokka B (IEC 60034-14)



DQ_09_100 -ohjelman hyväksymiskriteerit

MittaussuoritusHyväksymiskriteeri1. Eristysvastusmittaus

R > 500 MΩ

2. Vaihevastus mittaukset $(R_{max}-R_{min}) / \text{keskiarvo} \leq 2,5\%$ 3. Käynnistysvirranmittausa) a) 6s Startti U_N , 50 Hz

a)

Nimellisteho P_N	Max virtakerroin I_s/I_N	Toleranssi
≤ 45 kW	9,0	$\pm 0\%$
> 45 kW - ≤ 250 kW	8,4	$\pm 0\%$
≥ 315 kW - ≤ 355 kW	8	$\pm 0\%$
≥ 400 kW	5,8	$\pm 0\%$

b) Startti $U_u (U_N \cdot 0,95)$, 50 Hzb) I_s max 1775 A, kun teho ≤ 160 kWc) Startti $0,8 \cdot U_N$

c) Testitulokset

d) Startti $0,7 \cdot U_N$

d) Testitulokset

4. Momenttikäyräa) U_N , 50 Hz, P_N a) $T_{min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{max}/T_N \geq 1,9$ b) $U_u (U_N \cdot 0,95)$, 50 Hz, P_N b) $T_{min}/T_N \geq 1,3$ ja $T_{max}/T_N \geq 1,9$ c) $0,8 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N c) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)d) $0,7 \cdot U_N$, 50 Hz, P_N d) $T_{min} \geq T_u$ (T_u -arvo löytyy 5. vapaasta versiosta)5. Lämpöajoa) U_N , 50 Hz, P_N , S1

Luokka B (<80 K)

b) $U_u (U_N \cdot 0,95)$, 50 Hz, $P_u (P_N \cdot 0,88)$, S1

Luokka B (<80 K)

6. Äänitasomittaus

dB(A) 1 metristä


 ≤ 85 dB

dB(C) 0,5 metristä

 ≤ 135 dB7. Tärinätasomittaus

Luokka B (IEC 60034-14)

LIITE 3

	Printed paper copy is uncontrolled			FIMOT11400		
Owning organization: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa	Create date: 24.3.2020	Approval date:	Security level: Internal	Language code: fi	Revision id: A	Pages: 1
Document kind: Instruction				Author: samu.f.herrala@fi.abb.com		
Coverage: ABB Oy:Motors and Generators, Vaasa:Motors and Generators, Vaasa				Inspector:		
Conformity to requirements: Standards:ISO:ISO 17025; Standards:ISO:ISO 9001:2015				Approver:		
Function: Production / Manufacturing				Process: Core processes:Order fulfillment		

EDF -raportointiohje

Yleistä

Tämän ohjeen mukaisesti suoritetaan EDF:n koestusohjelmien **-DM_D018, -DM_D136, -DQ_09_100, -DQ_09_100 + 7J** ja **-MX 44090** raportointi.

Tätä ohjetta noudatetaan silloin, kun tilauksella on varianttikoodi 241 – Nuclear motor testing sekä maininta koestusohjelmasta **-DM_D018, -DM_D136, -DQ_09_100, -DQ_09_100 + 7J** tai **-MX 44090**.

Raportointi

EDF -koestuksista tehdään kaksi raporttia käyttäen [RapsaTestReports](#) -sivua, 1. tyyppitestistä nimellisarvoilla (löytyy 6. vapaasta versiosta G) sekä 2. tyyppitestistä (löytyy 5. vapaasta versiosta F) käyttöjännitteen ja/tai -tehon mukaisilla arvoilla (U_n ja P_n).

Raportin mukaan lisätään kaikki FIMOT 11391 ohjeen mukaiset MotLab PDF-tulosteet.