

Hanni Marianna

KOEAJOPROSESSIN KEHITTÄMINEN

Tekniikan ja merenkulun koulutusohjelma
Kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto
2012

KOEAJOPROSESSIN KEHITTÄMINEN

Hanni, Marianna
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2012
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 5

Asiasanat: koeajo, käyttöönotto, luokitus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli US 205 FP-laitteiden koeajoprosessin kehittäminen. Työssä selvitettiin Rolls-Royce Oy Ab:n tämän hetkistä potkurilaitteiden koeajoprosessin kulkua tehtaalla ja käyttöönottilanteessa telakalla. Lisäksi työssä perehdyttiin luokituslaitoksen asettamiin vaatimuksiin koeajotilanteessa.

Koeajoprosessit sekä tehtaalla että käyttöönottilanteessa perustuvat luokituslaitosten luokkasääntöihin. Tehtaalla koeajossa koestetaan laitteen hydraulikka, sähköt sekä mekaniikka. Näiden lisäksi suoritetaan vielä merikoeajo ja sitä ennen käyttöönotossa vaadittavat kokeet.

Työn tuloksena saatiin kehitysehdotuksia koeajoprosessin nopeuttamiseksi tehtaan puolesta. Tulevaisuudessa opinnäytetyötä voidaan käyttää pohjana muiden laitteiden koeajoprosessien kehitykseen.

DEVELOPEMENT OF THE TEST-DRIVING PROCESS

Hanni, Marianna

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical engineering

February 2012

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 29

Appendices: 5

Keywords: test-drive, commissioning, classification

The purpose of this thesis was to develop test-driving process of US 205 FP azimuth thrusters. The thesis explains current state of test-driving process at the factory and at the shipyard. In addition the thesis familiarizes with conditions that the classification society has set for the test-drive.

Test-driving processes at the factory and at the shipyard are based on classification rules. The hydraulics, electricity and mechanics of the azimuth thrusters are tested at the factory. Before the sea trial the list of required testing is carried out at the shipyard.

Received results were development proposals on how to speed up the test-driving process at the factory. In the future this thesis could be used as a base on process development of other thrusters types.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ROLLS-ROYCE OY AB	7
2.1	Yrityksen historia.....	7
3	POTKURILAITTEEN ESITTELY.....	8
3.1	Potkurilaitteen esittely	8
3.1.1	Ylävaihdelaatikko.....	8
3.1.2	Väliosa.....	9
3.1.3	Alavaihdelaatikko.....	10
3.2	Potkurityypit	11
3.3	Tuoteperhe	12
4	POTKURILAITTEEN KOEAJO.....	15
4.1	Suunnittelun osuus.....	15
4.2	Tuotannon osuus	15
4.2.1	Hydrauliikan koestus.....	16
4.2.2	Sähköjen koestus	17
4.2.3	Toiminnalliset kokeet.....	17
4.2.4	Mekaniikan koestus.....	18
4.3	Luokitus	18
5	KÄYTTÖÖNOTTO	20
5.1	Käyttöönotto pääpiirteittäin	20
5.1.1	Asennusvaihe	20
5.1.2	Laiturissa tapahtuva koestus.....	21
5.1.3	Merikoeajo	21
5.2	Luokituslaitos käyttöönnotossa.....	22
6	LUOKITUSLAITOKSEN VAATIMUKSET KOESTUKSESTA JA KOEAJOSTA	23
6.1	Luokituslaitoksen vaatimukset tehtaalla tapahtuvalle koestukselle.....	23
6.2	Luokituslaitoksen vaatimukset merikoeajossa.....	23
7	YHTEENVETO JA KEHITYSEHDOTUKSET	25
7.1	Nykyiseen koeajoprosessiin tehtävät nopeuttavat muutokset.....	25
7.2	MSA-sopimus	25
7.3	Sertifiointi myöhemmässä vaiheessa	26
7.4	Kehitysehdotukset.....	26
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Rolls-Royce Oy Ab:n 360° kääntyviä potkurilaitteita käytetään merenkulussa alusten ohjaamiseen ja hallintaan. Potkurilaitteiden määrät ja tyypit vaihtelevat aluksittain. Osa Raumalla kokoonpantavien potkurilaitteiden osista valmistetaan Raumalla ja osa tulee alihankintana.

Kokoonpanon lisäksi potkurilaitteet koeajetaan ja koestetaan Raumalla. Koeajot tapahtuvat kokoonpanolinjan lopussa nostamalla potkurilaitteet koeajopukille. Laitteen ohjausjärjestelmien koestus tapahtuu alihankkijoiden toimesta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia ja analysoida Rolls-Roycen omaa koeajoprosessia tuotantohallissa ja käyttöönottilanteessa, sekä esittää prosessin kehitysehdotuksia. Esimerkkeinä työssä on käytetty pääasiassa US 205 FP – laitetta ja luokituskäytöksensä Det Norske Veritasia (DNV).

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selkeä kuvaus tämänhetkisestä koeajoprosessista sekä vaihtoehtoisia kehitysehdotuksia prosessin nopeuttamiseksi.

2 ROLLS-ROYCE OY AB

Rolls-Royce Oy Ab on maailman johtava 360° kääntyvien potkurilaitteiden sekä kiinnitys- ja ankkurointijärjestelmien valmistaja. Potkurilaitteiden pääasiallisia sovel-luskohteita ovat hinaajat, offshorehuolto-alukset ja maantielautat ja niiden markki-nointi, myynti, suunnittelu ja tuotanto on keskitetty Rauman toimipisteeseen. Rau-man lisäksi Rolls-Roycella on Suomessa toimipisteitä Kokkolassa ja Helsingissä. /1/

2.1 Yrityksen historia

Nykyisen Rolls-Royce Oy Ab:n alkutaival alkoi 1940-luvulla ensimmäisten RAUMA-vinttureiden valmistuttua. 1965 valmistui ensimmäinen AQUAMASTER-potkurilaite ja 1988 perustettiin Aquamaster-Rauma Oy yhdistämällä silloisen Holl-ming Oy:n Aquamaster-konepajan ja Rauma-Repolan kansikonetehtaan toiminnot.

1995 englantilainen Vickers plc osti Aquamaster-Rauma Oy:n, joka johti tiiviiseen yhteistyöhön ruotsalaisen potkurilaittevalmistaja KAMEWA AB:n kanssa. Neljä vuotta myöhemmin Aquamaster-Rauma Oy:n nimi muuttui Kamewa Finland Oy:ksi. Keväällä 1999 syntyi Vickers Ulstein Marine Systems (VUMS) Vickers plc:n ostet-tua norjalaisen Ulsteinin. VUMS:n tuotevalikoimaan kuuluivat Kamewa Finland Oy:n tuotteet mukaan lukien kulku-koneistot, paikannus ja vakautusjärjestelmät, kansikoneet sekä laivojen suunnittelu.

Marraskuussa 1999 Vickers-konserni, VUMS mukaan lukien, siirtyi englantilaisen Rolls-Roycen omistukseen. Ennen kaikkea luotettavista kaasuturbiineistaan tunnettu Rolls-Royce vahvisti maailmanlaajuista asemaansa merialan tuotteiden valmistajana. 17.7.2000 lähtien yrityksen nimi on ollut Rolls-Royce Oy Ab. Alkuvuodesta 2001 tuotekanta kasvoi entisestään kun Kokkolassa vesisuihkuvetolaitteita valmistava FF-Jet (liitetty Kamewaan 1994) fuusioitiin Rolls-Royce Oy Ab:hen. /1/2/

3 POTKURILAITTEEN ESITTELY

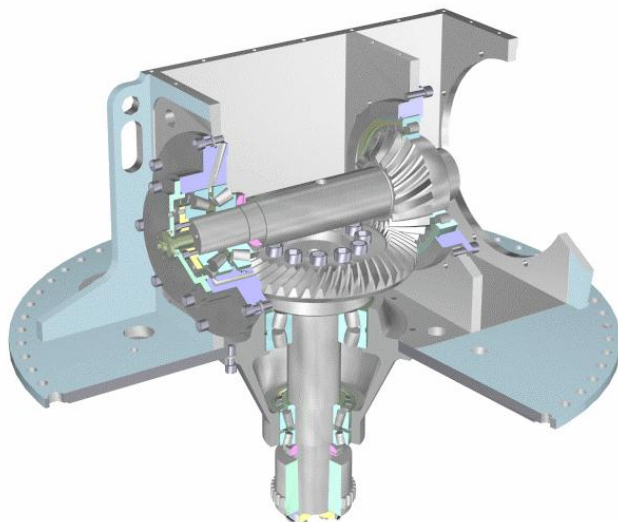
3.1 Potkurilaitteen esittely

Ruoripotkurilaitteessa potkurit on kiinnitetty vaakatasossa pyöriviin vedenalaisiin runkokappaleisiin. Rakenne tekee peräsimen tarpeettomaksi ja on ohjailtavuudeltaan merkittävästi perinteistä kiinteän potkurin ja peräsimen yhdistelmää parempi. Laitteen voimansiirrossa käytetään vaihteistoa. Voimansiirto tapahtuu joko mekaanisesti voimanlähteenä olevan dieselmoottorin toimesta tai dieselsähköisen voimansiirtojärjestelmän avulla. Pienemmissä laitteissa voidaan käyttää myös hydraulista voimansiirtoa. /2/

Rolls-Roycen azimuth thruster – potkurilaitteiden perusajatuksena on kaksi 90 asteen vaihdelaatikkoa, joista alimmaista voidaan kääntää n. 360 astetta pysty akselin ympäri rajoituksetta molempiin suuntiin. Tämän tekniikan ansiosta potkurilaitteella pystytään korvaamaan peräsin koneistoinen, konventionaalinen akselilinja vaihteistoinen, sekä joissain sovellutuksissa keulapotkuri. Potkurilaitteen rakenne koostuu kolmesta kokonaisuudesta: ylävaihteesta, välisosasta ja alavaihteesta. /1/2/

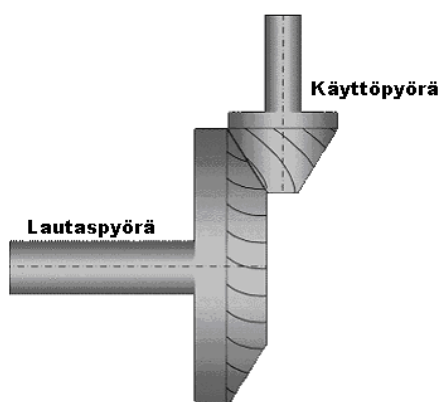
3.1.1 Ylävaihdelaatikko

Ylävaihdelaatikko (kuva 1) pitää sisällään ylävaihteen, irrotuskytkimen, paikallisohjaukset, hydrauliiikan PTO:t (Power takeoff), hydrauliiikan ohjausyksikön ja suodatusyksikön, sekä kääntökoneistot, joita on normaalisti kaksi kappaletta.



Kuva 1. Ylävaihte (Yrityksen sisäinen tietokanta)

Ylävaihte itsessään pitää sisällään yläosan rungon lisäksi hammaspyöräparin, akseliston, jossa on oma akseli lautaspyörälle ja pinionille eli käyttöpyörälle (kuva 2), sekä vetolaipan. /1/



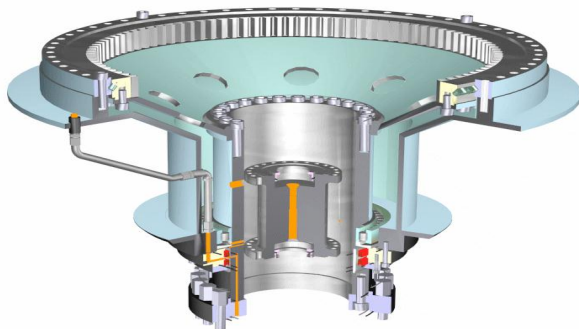
Kuva 2. Hammaspyöräpari (Nauticus 2011)

3.1.2 Väliosaa

Väliosaa (kuva 3) liittyy yläpäästään ylävaihdelaatikkoon (kiinteä osa) ja alapäästään alavaihdelaatikon alarunkoon (liikkuva osa). Väliosaa sisältää runkosovitteen, josta laite kiinnitetään laivaan. Runkosovitteen lisäksi väliosan osia ovat myös ohjausputki ja kääntökehä.

Kääntökehä on iso laakeri, jonka välityksellä laitetta käännetään kääntökoneistolla.

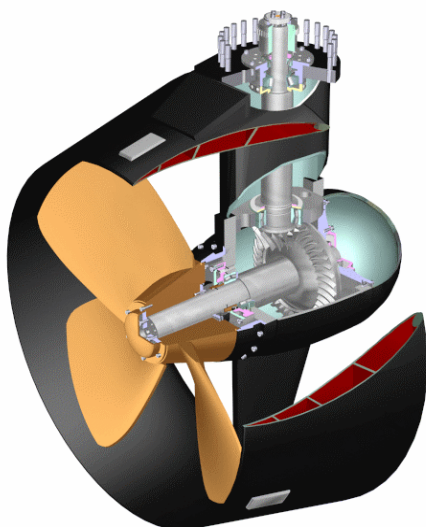
/1/



Kuva 3. Väliosia (Yrityksen sisäinen tietokanta)

3.1.3 Alavaihdelaatikko

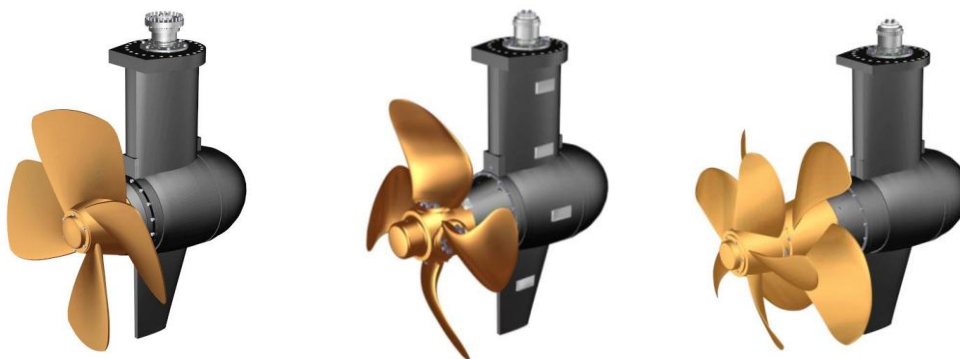
Alavaihdelaatikko (Kuva 4) pitää sisällään alavaihteen, potkurin tai potkurit, potkuriakselin tiivisteet, sekä mahdollisen suulakkeen. Alavaihteeseen kuuluu potkuriakseli sekä alapään hammaspyöräpari. /1/



Kuva 4. Alavaihdelaatikko (Yrityksen sisäinen tietokanta)

3.2 Potkurityypit

Rolls-Roycen potkurilaitteissa käytetään kolmea eri potkurityyppiä (Kuva 5): FP (fixed pitch) kiinteäsiipistä potkuria, CP (controllable pitch) säätösiipipotkuria sekä CRP (contra rotating propeller) vastakkain pyörivät potkurit. FP ja CP potkureita voidaan käyttää joko vetävinä tai työntävinä potkureina. CRP potkurit ovat aina työntäviä. /1/



Kuva 5. FP-potkuri, CP-potkuri, CRP-potkurit (Yrityksen sisäinen tietokanta)

Potkureista CRP-potkurit ovat aina avopotkureita, kun taas FP- ja CP-potkurit voivat olla suulakkeellisia, silloin kun ne ovat työntäviä, tai suulakkeettomia. Suulaketta käytetään paaluvedon, eli potkurin tuottaman työnnön lisäämiseksi. /1/

CP-potkurin pitchiä eli lapakulmaa pystytään säätämään. Tämä tarkoittaa laajemman käyttöalueen saavuttamista, eli koneen tehoa pystytään hyödyntämään tehokkaammin kaikissa kuormitustilanteissa, kuten esimerkiksi eri syväyksissä, paaluvedossa, jäässä kulussa, hinauksessa ja peruuttaessa. /1/3/

FP-potkurit taas suunnitellaan yhteen suunnittelupisteeseen, mikä tarkoittaa korkeimman hyötysuhteen jatkuvaa saavuttamista. Kiinteä nousukulma johtaa siihen, että potkuri toimii hyvin ainoastaan rajoitetulla nopeuden ja kierroksien suhteen alueella, eikä muilla alueilla pysty kunnolla hyödyntämään koneen tehoa. /1/3/

CRP-potkurit omaavat parhaat hyötysuhteet, koska teho on jaettu kahdelle potkurille. Näin saavutetaan pienempi teho potkuripinta-alaa kohden, kitkahäviöitä on vähem-

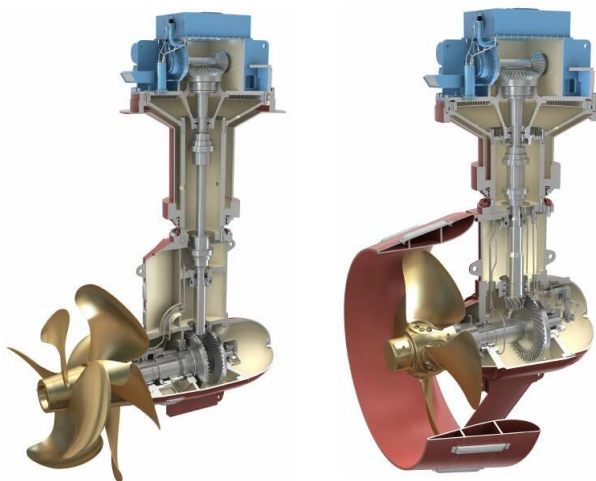
män, sekä takimmainen potkuri absorboi etupotkurin veteen jättämän pyörre-energia. CRP-potkurien ongelma on sama kuin FP-potkureilla suunnittelupisteen suhteen. /1/

Vetävä potkuri omaa paremman hyötysuhteen kuin työntävä FP- tai CP-potkuri, mutta heikomman kuin CRP-potkurit. Tämä johtuu siitä, että laite saa häiriöttömän veden potkurille, kun taas työntävässä laitteessa laitteen runko aiheuttaa häiriökentän, joka alentaa hyötysuhdetta. /1/

Vetäviä ja CRP-potkureita käytetään silloin kun aluksen on suunniteltu kulkevan yli 15 kn. Työntäviä suulakkeellisia potkureita taas käytetään esimerkiksi hinaajissa kun tarvitaan suurta työntöä pienillä nopeuksilla. /1/

3.3 Tuoteperhe

Standardi- eli US-laitteet (kuva 6) ovat työntäviä potkurilaitteita, joiden tehoalue on laitekoosta riippuen (US 55 – US 355) 308kW:sta 3700 kW:iin. US-laitteita on saatavilla FP-, CP- ja CRP-potkureilla. Tavallisimpia US-laitteiden sovelluksia FP- tai CP-potkurilla ovat hinaajat, työalukset ja pienet maantielautat, sekä CRP-potkureilla maantielautat ja supply alukset. Tavallisesti US-laitteiden sovellutusalue on 15 kn nopeuteen saakka, sekä suulakkeella että avopotkurilla. CRP-potkureilla voidaan operoida aina 16 kn nopeuteen asti.



Kuva 6. US-laite CRP-potkureilla, US-laite CP-potkurilla ja suulakkeella (Yrityksen sisäinen tietokanta)

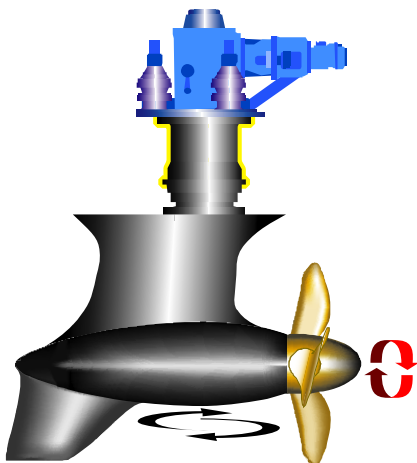
UUC offshore laitteet (Kuva 7) ovat ison offshore sovellutuksia, joiden tehoalue on laitekoosta riippuen (UUC 305 – UUC 505) 3000 kW:sta 6500 kW:iin. UUC laitteet on mahdollista asentaa laivaan vedenalaisesti, ja niitä käytetään mm. öljynporauslautoissa ja tuotantolautoissa.



Kuva 7. UUC-laite (Yrityksen sisäinen tietokanta)

Contaz- eli CTZ-laitteet ovat suulakkeettomia laitteita, joilla on vastakkain pyörivät potkurit. Laitekoosta (CTZ 15 – CTZ 65) riippuen laitteet toimivat tehoalueella 2200 kW – 5500 kW. Laite on suunniteltu raskaaseen käyttöön suurella teholla pitkäaikaisesti ja sen yleisimmät käyttökohteet ovat rahtilaivat, matkustajalaivat ja – lautat ja supply alukset. Nopeusalue ulottuu 20 kn nopeuteen.

Azipull-laitteet (Kuva 8) ovat vetäviä potkurilaitteita, joiden tehoalue ulottuu laitekoosta riippuen (AZP 85 – AZP 150) 1700 kW:sta 5500 kW:iin. Laitteet on aina suunniteltu 24 kn nopeuteen ja niiden yleisimpiä sovellutuksia ovat maantielautat, rahtilaivat ja supply alukset.



Kuva 8. Azipull-laite (Yrityksen sisäinen tietokanta)

UL-laitteita (Kuva 9) käytetään apupropulsiona erilaisissa aluksissa, etupäässä supply aluksissa. UL-laite on nostosysteemillä varustettu laite, joka voidaan nostaa laivan rungon sisään pois tieltä silloin kun sitä ei tarvita. /1/



Kuva 9. UL-laite CP-potkurilla. (Yrityksen sisäinen tietokanta)

4 POTKURILAITTEEN KOEAJO

Kaikki Rolls-Roycen potkurilaitteet koeajetaan ja luokitetaan ennen tilaajalle lähettämistä. Koeajon tarkoituksena on estää viallisten laitteiden toimitus asiakkaalle. Koeajoissa mukana on kolme tahoja; suunnittelu, tuotannon työntekijät koeajossa ja luokituslaitos.

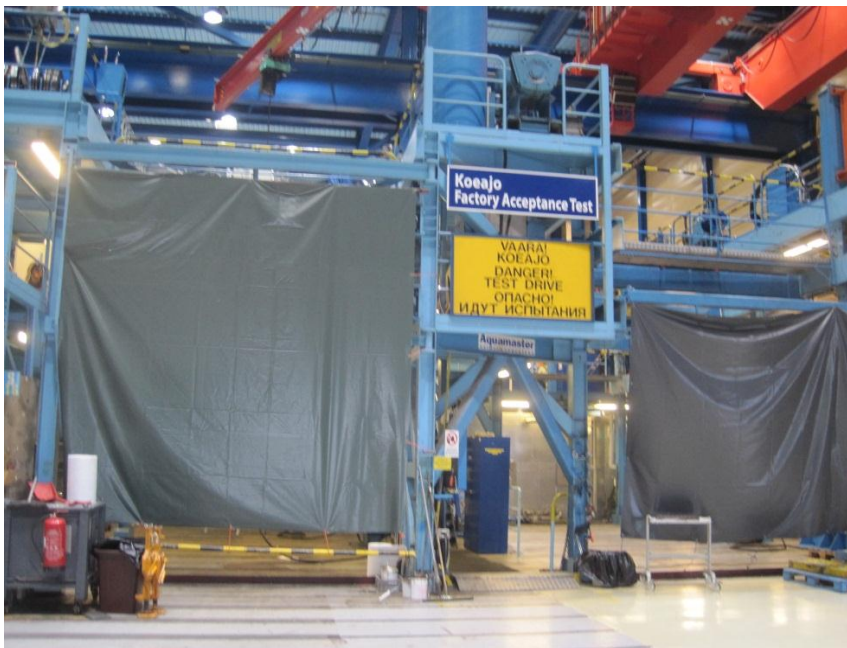
4.1 Suunnittelun osuus

Ennen laitteen koeajoa suunnitteluosastolla luodaan projektikohtaisesti koeajopöytäkirja potkurilaitteille. Koeajopöytäkirjassa (LIITE 1) on omat kohtansa sähkötekniikkaan, hydraulikkaan ja mekaniikkaan liittyvään koestukseen ja niihin liittyviin raja- ja säätöarvoihin. /4/

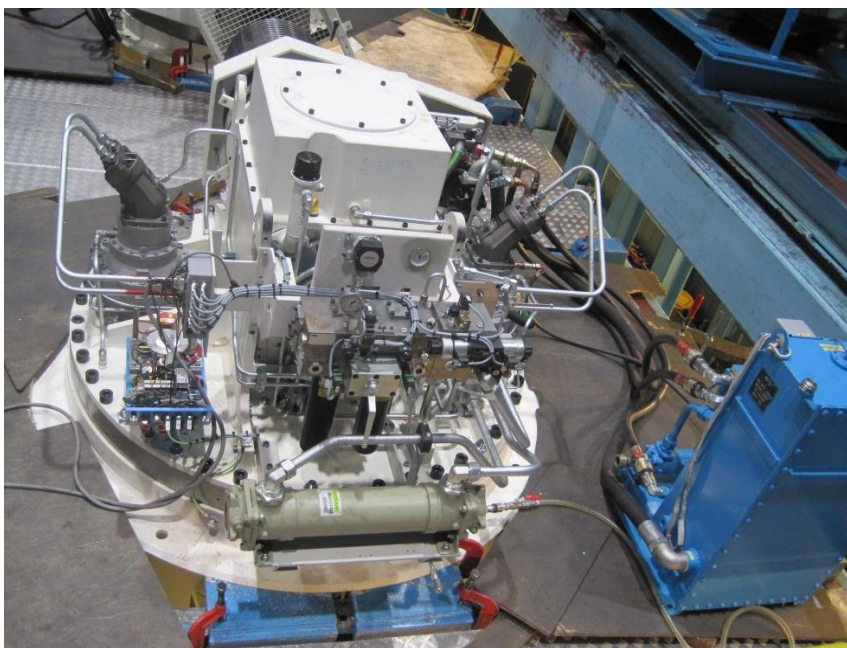
Koeajopöytäkirja toimii tuotannon työntekijöille ohjeena laitetta koeajettaessa. Koeajopöytäkirjassa mainitut koestuskohdat ovat paitsi olennaisia laitteen toimivuuden kannalta myös luokituslaitosten vaatimia. /5/

4.2 Tuotannon osuus

Ennen varsinaista koeajoa koeajopisteen työntekijät nostavat valmiin laitteen koeajopukille (kuva 10) koestusta varten. Laitteen kiinnityksen jälkeen työntekijät lisäävät tarvittavat kulkutiet (kuva 11). Laite täytetään voiteluöljyllä ja tarkastetaan tulppien ja luukkujen pitävyys. /5/



Kuva 10. Koeajopukki.



Kuva 11. Potkurilaite kiinnitettynä koeajopukille.

4.2.1 Hydrauliiikan koestus

Hydrauliiikan koestusta varten hydrauliikkasäiliöt täytetään hydrauliiikkaöljyllä. Pumput ja paineenrajoitusventtiilit säädetään annettuihin arvoihin koeajopöytäkirjaa ohjeena käyttäen. Tämän jälkeen hydrauliikkapumput ja painelinjat koeponnistetaan

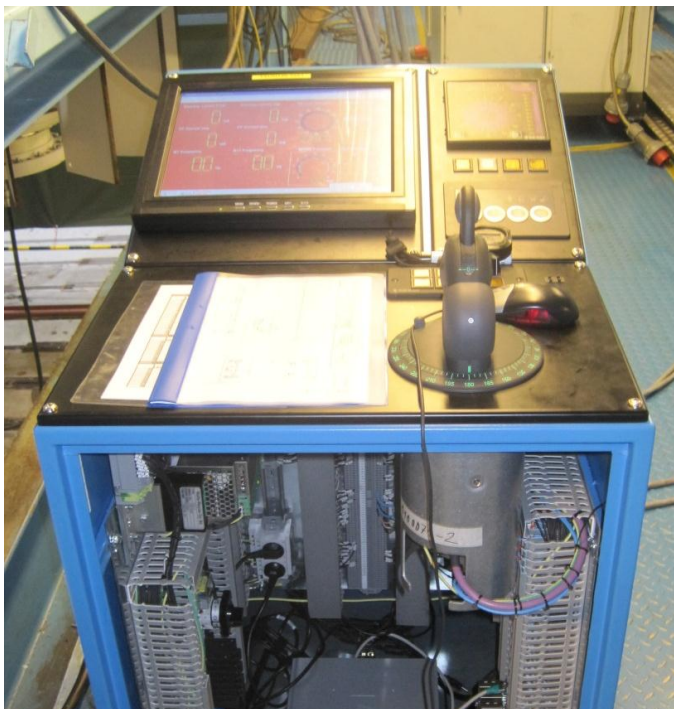
puolitoistakertaisella paineella ja säädetyt arvot ja koestetut laitteet merkitään koeajopöytäkirjaan. /5/6/

4.2.2 Sähköjen koestus

Sähköasentajat säätävät kaikki painekeytkimet annettuihin arvoihin ja tarkistavat kytkentöjen olevan oikein. Annetut arvot löytyvät koeajopöytäkirjasta. Lisäksi sähköasentajilla on oma sähköjen koestusraportti (LIITE 2), jota täytetään ja jonka mukaan **toiminnalliset kokeet suoritetaan**. /6/7/

4.2.3 Toiminnalliset kokeet

Toiminnallisia kokeita ovat laitteen kääntymisaikojen tarkastus minimi- ja maksimikierreoksilla, Laitteen potkurinkierrosten tarkastus, kääntymisnopeuden testaus sekä kytkimen koestus. Toiminnalliset kokeet voidaan aloittaa vasta hydraulikan kokeiden jälkeen ja ne suoritetaan kokeita varten erikseen suunnitellulla koeajopulpetilla. (kuva 12). /6/7/



Kuva 12. Koeajopulpetti.

Minimi- ja maksimikierroksia koestettaessa potkurilaite ajetaan ensin mekaaniseen nollakohtaan laitteessa olevan tunnustelutapin avulla. Tämän jälkeen tarkastetaan kääntymisajat minimi- ja maksimikiirroksilla. /5/6/

Laitteen potkurinkierrokset tarkastetaan kolmella eri pyörimisnopeudella (idle, half, full) verraten niitä annettujen välityssuhteiden avulla potkurin kierroksiin. Kääntymisnopeutta koestettaessa laitetta ohjataan kääntymään täysi kierros täydellä nopeudella. Tämä toimenpide toistetaan sekä myötä- että vastapäivään tyhjäkäynnillä ja täydellä nopeudella. /6/7/

Kytkeitä koestettaessa tarkastetaan kytkimen käyttöpaine ja kytkeytymispaine. Kytkemishetkellä kytkimen kevennysventtiili alentaa kytkimen painetta 24 barista 8 bariin. Kun kytkin on täysin kytketty, syttyy siitä merkiksi valo koeajopulpettiin. Lisäksi kytkimestä tarkastetaan kytkeytymisaika ja aukeamisaika. /6/7/

4.2.4 Mekaniikan koestus

Mekaniikan koestuksessa suoritetaan itse koeajo. Pääasiallisena tarkoituksena on varmistaa, että laakerit eivät ajettaessa kuumene liikaa. **Lämpötilat mitataan yleismitareilla.** Mekaniikan koeosuudessa varmistetaan myös välityssuhde sekä kierrokset. /5/

4.3 Luokitus

Koeajossa suoritetaan luokkasääntöjen vaatimat kokeet. Luokkasääntöjen puitteissa laitteesta on koestettava kytkimen toiminta, koeponnistettava koko hydraulisjärjestelmä (ohjaus, voitelu) ja sähköisten kytkimien toiminta. /8/

Koeajon jälkeen paikalle kutsutaan luokituslaitoksen edustaja ja suoritetaan tunnin kestävä koeajo. Tunnin ajossa laitetta käytetään täysillä kierroksilla tunnin ajan luokituslaitoksen edustajan **tarkkaillessa laitteen toimintaa ja laakerien lämpötiloja.** Tarkastaja haluaa myös yleensä nähdä täytetyn koeajopöytäkirjan, sekä teettää satunnai-

sia pistokokeita, jotka asentajat suorittavat tarkastajan valvomana. Lopuksi tarkastaja hyväksyy koeajosta läpi menneen laitteen. /5/6/

5 KÄYTTÖÖNOTTO

Tehtaalla koeajetut laitteet maalataan ja lähetetään laivaan asennettavaksi. Käyttöön-
oton laivassa suorittavat pääsääntöisesti telakan oma henkilökunta ja kohteesta riip-
puen voi mukana olla 1-2 henkeä Rolls-Roycen käyttöönottohenkilöstöä./9/

5.1 Käyttöönotto pääpiirteittäin

Potkurilaitteen asennus laivaan tapahtuu Rolls-Roycen omien tarkastuslistojen poh-
jalta. Listoja löytyy kaikille eri laitetyypeille. Tarkastuslistat ovat inspection check-
list for shipyard (LIITE 3) eli asennusten tarkastuslista telakalle, HAT- harbour ac-
ceptance list (LIITE 4) eli laiturikokeen hyväksymislista ja SAT- seatrial acceptance
test (LIITE 5) eli merikoeajossa täytettävä hyväksymislista. Jokaisesta potkurilait-
teesta täytetään omat listansa. /9/

5.1.1 Asennusvaihe

Potkurilaitteen laivaanasennuksen suorittaa telakan oma henkilökunta. Ennen asen-
nusta varmistetaan jäähdytysvesi- ja hydrauliputkien asennuksen oikeellisuus, paino-
voimasäiliön asennus, öljyn riittävyys ja vedenalaisten osien kunto.

Asennuksen jälkeen tarkistetaan laitteen keskilinjan sijainti laivassa sekä väliakselis-
ton linjaus. Keskilinja muodostuu ylävaihteen ja välioson pystyakseleista, sekä ala-
vaihteen hammaspyöräparin pinionin varresta. Väliakselisto on akselisto potkurilait-
teen ja käyttömoottorin välissä, joka muodostuu mahdollisista nivelakseleista, laake-
roiduista väliakseleista, hammaskytkimestä ja joustavasta kytkimestä

Kontrollijärjestelmän asentamiseen ja läpikäymiseen kuuluu kaikkien elektronisten
laitteiden asennus ja virtalähteen vaatimusten mukaisuuden tarkistaminen. Lisäksi

kaapelit asennetaan asennusdiagrammin ja ohjeistuksen mukaan ja kaikki kaapelien kytkennät tarkastetaan./9/

5.1.2 Laiturissa tapahtuva koestus.

Laiturikoe aloitetaan käymällä läpi asennusta tehtäessä täytetty tarkastuslista, sekä tekemällä visuaalinen tarkastus laitteelle ja varmistamalla virtalähteen toiminta. Ennen ensimmäistä käynnistystä varmistetaan pumppujen ja ohjauskoneikon öljyt.

Käynnistyksen jälkeen potkurilaitteen käydessä käydään läpi hydraulijärjestelmän ilmaus sekä paineiden tarkastus. Kaikki öljytasot tarkastetaan ennen ja jälkeen käynnistyksen, sekä laakereiden lämpötiloja tarkastellaan.

Ensimmäinen käynnistyksen jälkeen suoritetaan kaikki huoltokirjassa mainitut toiminnalliset kokeet, kuten ohjaus ja erilaiset hälytykset. Kaikki kohdat löytyvät HAT-listasta. /9/

5.1.3 Merikoeajo

Ennen virallista merikoeajoa käydään vielä läpi laiturikokeen tarkastuslista, eli HAT-lista. Lisäksi ennen ja jälkeen merikoeajoa tarkastetaan öljytasot sekä lämpötilat voiteluöljystä, hydraulioöljystä, sekä painovoimaöljystä. Lisäksi laakereiden ja akselilinjan lämpötilat mitataan ennen ja jälkeen kuormitetun koestuksen.

Merikoeajon aikana tarkkaillaan kierrosnopeuksia sekä nimelliskierroksilla, että tyhjäkäynnillä. Myös öljynpainetta ja keskiakselilinjan värähtelyä tarkkaillaan eri kierrosnopeuksilla. Mahdollisia öljyvuotoja etsitään, voitelu-, ohjaus- ja painovoimajärjestelmistä. Lisäksi koeajon jälkeen mitataan jäähdytysvedestä ja öljyistä lämpötilaero ennen ja jälkeen koeajon. /9/

5.2 Luokituslaitos käyttöönotossa

Luokituslaitos on käyttöönottilanteessa mukana seuraamassa laiturikoeajossa suoritettavia toiminnallisia kokeita, sekä virallista merikoeajoa. Toisinaan luokituslaitoksen tarkastaja saattaa vaatia esittämään jo tehtaalla luokitettuja asioita, kuten painekytinten toimintaa uudelleen. **Telakka suorittaa yleensä alustavat kokeet luokitettavista osioista ennen luokituslaitoksen edustajan kutsumista paikalle. /9/**

6 LUOKITUSLAITOKSEN VAATIMUKSET KOESTUKSESTA JA KOEAJOSTA

Luokituslaitokset määräävät omissa luokkasäännöissään vaatimuksia, jotka potkuri-laitteen on täytettävä erilaisissa puitteissa. Myös tehtaalla tapahtuvalle koestukselle ja merikoeajolle on omat vaatimuksensa.

6.1 Luokituslaitoksen vaatimukset tehtaalla tapahtuvalle koestukselle

Tehtaalla tapahtuva koeajo pohjautuu luokituslaitosten vaatimuksiin, joista osan täytyy tapahtua luokituslaitoksen tarkastajan seurannassa. Luokkasäännöissä on eritelty tarkastajan seurannassa tehtävät kokeet. /10/

Tarkastajan läsnä ollessa tehtäviä kokeita ovat momenttikoe, mahdollisen kytkimen toiminta sekä pyörityskoe. Momenttikokeessa tarkastetaan pinionin ja lautaspyörän hammastus värikokeella. Tulokset myös valokuvataan. /8/11/

Pyörityskokeessa laitetta pyöritetään täysillä kierroksilla tunti. Ajon aikana seurataan laakerien mahdollista kuumenemistä. Luokituslaitosten vaatimat kokeet läpäisseet laitteet lähtevät tehtaalta telakalle luokitettuina. /10/11/

6.2 Luokituslaitoksen vaatimukset merikoeajossa

Merikoeajossa käytettävät pöytäkirjat (LIITE 3, LIITE 4, LIITE 5) perustuvat luokituslaitoksen vaatimuksille merikoeajossa koestettavista asioista. Merikoeajossa on luokittaja mukana Rolls-Roycen oman henkilökunnan lisäksi. /9/

Ennen varsinaista merikoeajoa käydään läpi luokituslaitoksen vaatimia kokeita. Muun muassa ohjausvaihteen toiminnallinen koe ja hälytykset ja erilaiset ilmaisimet käydään läpi. Täysi koestuslista löytyy Rolls-Roycen omasta asennusten tarkastuslistasta telakalle (LIITE 3). /12/

Varsinaisessa merikoeajossa koestettavia asioita ovat ohjaustoiminnot mahdollisimman haastavissa ympäristöolosuhteissa sekä ohjausvaihteen kyky tuoda potkurilaitte neutraaliin asentoon mistä tahansa ohjauskulmasta. Useamman potkurilaitteen asennustapauksessa koestetaan aluksen ohjauskykyä siten, että yksi laitteista on pois käytöstä. Lisäksi koestetaan laivan pysäytystä (eng. crash stop) käyttäjän manuaalin ohjeiden mukaisesti, silloin todennetaan laivan pysäyttämismatka. Myös hälytykset käydään läpi ja koeajon jälkeen laite tarkastetaan mahdollisten vuotojen ja muiden ongelmien varalta. /8/

Hammaspyöriä tulisi myös tarkkailla koko koeajon ajan. Luokituslaitoksen tarkastajalle pitää pystyä esittämään eri kierroksilla otetut hammaspyöräparien kosketuskäiviot. Merikoeajon jälkeen hammaspyörät tulisi tarkastaa mahdollisten vaurioiden varalta. /12/

7 YHTEENVETO JA KEHITYSEHDOTUKSET

Rolls-Royce Oy Ab toimittaa valmiiksi luokitettuja 360° kääntyviä potkurilaitteita laivoihin eri tilaajien toimesta. Potkurilaitteet kokoonpannaan ja koestetaan Rauman tehtaalla. Koestuksessa ja koeajossa on mukana Rolls-Roycen oma henkilökunta ja luokituslaitoksen tarkastaja luokkasääntöjen niin vaatiessa.

7.1 Nykyiseen koeajoprosessiin tehtävät nopeuttavat muutokset

Koeajoprosessia nykyisessä muodossaan pystytään nopeuttamaan tekemällä joitakin muutoksia nykyisiin toimintatapoihin. Suurimpina muutoksina sähköjen koestus pystyttäisiin ainakin osittain siirtämään tehtäviksi jo ylävaihteen kokoonpanossa. Lisäksi kokoonpanoa tulisi ohjeistaa paremmin sähkökomponenttien asentamisesta, jolloin satunnaisista kokoonpanon virheistä johtuvaa ylimääräistä työtä voidaan välttää koeajopukilla.

Suunnittelun taholta prosessia voisi nopeuttaa tekemällä omat koeajopöytäkirjat kullekin laitetypille ja kiinnittämällä suurempaa huomiota pöytäkirjojen oikeellisuuteen. Tämä helpottaisi esimerkiksi uusien työntekijöiden ja kesätyöntekijöiden työtä. **Laitetyyppien omia koeajopöytäkirjoja tulisi kuitenkin melko rajallinen määrä ja pohjatyö (nykyinen pöytäkirja) on jo valmiiksi tehtynä.**

7.2 MSA-sopimus

MSA eli Manufacturing Survey Arrangement on kirjallinen sopimus yrityksen ja luokituslaitoksen välillä. Sopimuksessa kuvataan laajuus, vaatimukset, hyväksymiskriteerit, dokumentointi sekä luokituslaitoksen ja valmistajan osat ja vastuualueet tuotteen arvioinnista. MSA-sopimus voi olla laaja (Major MSA), jolloin sen piiriin kuuluu iso osa kaikista tarkastusta vaativista osioista, tai suppeampi (Minor MSA). MSA-sopimus on yleensä voimassa neljä vuotta. /13/

MSA-sopimus voidaan tehdä jos valmistajan menetelmät, valmistusprosessit ja laadunvalvonta kohtaavat luokkasäännöissä määritellyt laatu-, turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Lisäksi vaaditaan riittävän alhaista vauriotasoa sekä säännöllisin väliajoin tapahtuvaa sertifiointia. /13/

MSA-sopimuksen teko tarkoittaa käytännössä sitä, että Rolls-Roycen omasta henkilökunnasta koulutetaan edustaja luokituslaitokselle. Tällöin luokituslaitos ei lähetä koeajoon omaa tarkastajaansa joka kerta, vaan järjestää satunnaisia auditointeja. Näin välttyttäisiin tekemästä tunnin pyörityskoetta kahteen kertaan, eikä laitetta tarvitsisi seisottaa koeajopukilla luokituslaitoksen tarkastajaa odottaessa.

Rolls-Roycella on jo MSA-sopimus potkurin sovitukselta potkuriakseliin. Jotta koeajo saataisiin kokonaan MSA-sopimuksen piiriin, vaatii se mitä todennäköisimmin laajemman (MSA major) sopimuksen. MSA-sopimus tosin poistaisi luokituslaitoksen vaatimat tarkastukset, auditointeja lukuun ottamatta, kokonaan ja näin nopeuttaisi koeajoprosessia huomattavasti.

7.3 Sertifiointi myöhemmässä vaiheessa

Tarkastajan saapuminen koeajotilanteeseen voidaan välttää myös suorittamalla pyörityskoe vasta laivaanaseuksen jälkeen telakalla. Tällöin laite tosin sertifioidaan vasta telakalla, eikä jo tehtaalla kuten nykytilanteessa. Tämä tarkoittaa sitä, ettei Rolls-Royce enää toimittaisi valmiiksi luokitettuja laitteita.

7.4 Kehitysehdotukset

Koeajoprosessin nopeuttamiseksi ehdottaisin ensisijaisesti kappaleessa 7.1 kerrottuja muutoksia koeajotilanteeseen. Lisäksi luokituslaitokselle voisi tehdä ehdotuksen, jossa Rolls-Roycen oma koeajoaikataulu ilmoitetaan luokituslaitokselle ja he lähettävät tarkastajan seuraamaan koeajoa ennalta määriteltyyn aikaan. Tämä nopeuttaisi tämänhetkistä prosessia, jossa tarkastaja kutsutaan paikalle vasta kun laitteen koeajo

tuotannon henkilökunnan toimesta on valmis. Ongelmia tässä ehdotuksessa aiheuttavat mahdolliset toimimattomat laitteet ja aikataulun pettäminen.

Muita toimenpiteitä, joissa vaaditaan luokituslaitoksen tarkastajan läsnäoloa (luokitettavien osien tarkastus ja momenttikoe) kannattaa aikatauluttaa samalle päivälle koeajon kanssa. Tällöin tarkastajien käynnit tehtaalla vähenevät. Tarkastajien käyntien ajoitus samalle päivälle vaatii tarkempaa tuotannon suunnittelua.

Toisena vaihtoehtona on kappaleessa 7.2 esitelty MSA-sopimus koeajosta. Tällöin Rolls-Roycen koeajoaikataulu ei olisi mitenkään riippuvainen luokituslaitoksen aikataulusta. Ilman MSA-sopimusta koeajoja tuskin päästään tekemään ilman luokituslaitoksen tarkastajan valvontaa, sillä luokkasäännöissä pyörityskoe on merkitty tehtäväksi tarkastajan läsnä ollessa.

LIITTEET

LIITE 1. Koeajopöytäkirja

LIITE 2. Sähköjen koestusraportti

LIITE 3. Asennusten tarkastuslista telakalle


LIITE 4. Laiturikokeen hyväksymislista (HAT)


LIITE 5: Merikoeajon hyväksymislista (SAT)


LÄHTEET

1. Rolls-Royce Oy AB, Presentations. Viitattu 2.9.2011. Yrityksen sisäinen tietokanta.
2. Tammiaho, E. 2009. Ruoripotkurilaitteiden liiketoiminta Suomessa. Tekesin katsaus 258/2009. 6, 8-15.
3. Beck, R., Cummins, W., Dalzel, J., Mandel, P. & Webster, W. 1989. Principles of Naval Architecture. Lindroos, H. 1979. Vastus ja propulsiokokeiden analysointi. Matusiak, J. 1993. Laivan propulsio. Teoksessa Pekka Räisänen (toim.) Laivatekniikka. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino. 1997. 8:5-6.
4. Hyörinen, M. 2011. Chief design engineer, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Haastattelu 12.9.2011
5. Niittyrinta, J. 2011. Koneasentaja, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Haastattelu 15.9.2011
6. Sirrola, J. 2010. Potkurilaitteen koeajopulpetin suunnittelu. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
7. Peltonen, V. 2011. Sähköasentaja, CLS Oy. Rauma. Haastattelu 15.9.2011
8. Rules for Classification of Ships. Pt.4: Machinery and Systems – Main Class. Ch.5: Rotating Machinery, Driven Units. Sec.3: Podded and Geared Thrusters. D: Workshop Testing, E: Control, Alarm, Safety Functions and Indication, I: Shipboard testing. July 2011. DNV.
9. Lehtola, T. 2011. Commissioning & control system service coordinator, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2011
10. Repo, A. 2011. Senior surveyor, Det Norske Veritas Oy/Ab. Rauma. Haastattelu 8.12.2011.
11. Rules for Classification of ships. Pt. 4: Machinery and Systems – Main Class. Ch.4: Rotating Machinery, Power Transmission. Sec.2: Gear transmission. D: Workshop Testing, I: Shipboard Testing. July 2011. DNV.
12. Rules for Classification of ships. Pt. 4: Machinery and Systems – Main Class. Ch.14: Steering gear. Sec.1: Steering gear. I: Shipboard Testing. July 2011. DNV.
13. Repo, A. 2011. Senior surveyor, Det Norske Veritas Oy/Ab. Henkilökohtainen tiedonanto 17.1.2012

Koeajopöytäkirja

 Rolls-Royce		TEST FOR HYDRAULICS (variable displ.pumps)				Approved: JOKA Checked: EKP 18.02.2005 / ARHA	
AQM TYPE: US 205/3305		SERIAL No: I: _____ II: _____					
REF. No: _____		TEST DATE: _____					
ON BEHALF OF THE MANUFACTURER: _____				ON BEHALF OF THE CLASSIFICATION SOCIETY: _____			
TEST POINT	Rating	Dim.	Unit I		Unit II		Notes
			1.rpm	2.rpm	1.rpm	2.rpm	
SETTING AND TESTS OF SWITCHES							
Boost pressure							
SP100 (MP100)	17	bar ↓		--			With hand pump
SP101	20	bar ↓		--			
SP102, SP103	17	bar ↑		--			
SP200 (MP200)	4	bar ↓		--			
SP313 (MP313)	10	bar ↓		--			
BP100, BP101, BP102	Analog	--	--	--	--	--	
Clutch operating pressure(MP310)							
SP310	17	bar ↓					With hand pump
SP311	8	bar ↑					
SP312	8	bar ↓					
SP321, SP322	8	bar ↑					
BP310, BP311	Analog	--	--	--	--	--	
Clutch engaged (MP300)							
SP300, SP301	15	bar ↑		--			With hand pump
Lube oil temperature							
ST200	80	°C ↑		--			
ST202	85	°C ↑		--			
RT200, BT200	Analog	--	--	--	--	--	
Lube oil level							
SL200,SL201,SL202							
Temperature of hydraulic oil tank							
ST140	65	°C ↑		--			
RT140, BT140	Analog	--	--	--	--	--	
Level of hydraulic oil tank							
SL140, SL141	ok	↓		--			
Clogging indicators of filters							
SP150, SP151, SP230, SP231	2.2-2.8	bar		--			Special testing tool
PRESSURE TEST							
Motor circuit (MP10, MP11)	450	bar		--			NOTE ! Max. duration 5 sec.
Steering pump, clockwise (MP10)	450	bar		--			NOTE ! Pressure test can be carried out by using the locking device of the unit, if only one motor is tested at a time.
Steeringpump, anticlockwise (MP11)	450	bar		--			
Lubricationpump, (with clutch) (MP310)	36	bar		--			
Lubricationpump, (without clutch) (MP200)	15	bar		--			
Temperature of steering circuit	20-40	°C		--			
Temperature of lubrication circuit	20-40	°C		--			

 Rolls-Royce		TEST FOR HYDRAULICS (variable displ.pumps)				Approved: JOKA Checked: EKP 18.02.2005 / ARHA	
AQM TYPE: US 205/3305		SERIAL No: I: _____ II: _____					
REF. No: _____		TEST DATE: _____					
ON BEHALF OF THE MANUFACTURER: _____				ON BEHALF OF THE CLASSIFICATION SOCIETY: _____			
TEST POINT	Rating	Dim.	Unit I		Unit II		Notes
			1.rpm	2.rpm	1.rpm	2.rpm	
MAX. WORKING PRESSURES							
Max. press.relief sett. Clockwise P_{max}/A (MP10)	330	bar	--		--		NOTE ! Max. working pressure adjustment can be done by using the locking device.
Max. press.relief sett. ccw. P_{max}/B (MP11)	330	bar	--		--		
Pressure cut-off P_{kmax} (MP10, MP11)	300	bar	--		--		
Boost pressure setting P_B (MP100)	23-30	bar					$P_{max}=40$ bar
Shock relief valves for motors (MP10,MP11)	315	bar					
CLUTCH							
Clutch operating pressure P_{CL} (MP300)	24	bar					$P_{min}=19$ bar $P_{max}=30$ bar
Clutch engaging pressure P_{EN} (MP300)	8	bar		--		--	
Oil temperature (t)	20-40	°C					
Engaging time	1,5-3	s		--		--	-(inf.)
Disengaging time	1-2	s		--		--	-(inf.)
OPERATING PRESSURES							
Unit turning cw. with nominal speed (MP10)	35-50	bar					-(inf.)
Unit turning ccw. with nominal speed (MP11)	35-50	bar					-(inf.)
BY-PASS VALVE FUNCTION	ok			--		--	

 Rolls-Royce		TEST FOR HYDRAULICS (variable displ.pumps)	Approved: JOKA Checked: EKP 18.02.2005 / ARHA
AQUAMASTER TYPE: US 205/3305 REFERENCE No: _____ TEST DATE: _____			
IDENTIFICATION DATA OF MAIN COMPONENTS:			
UNIT NO. _____			
Component	Model code	Serial code	Notes
Main pump of steering circuit (pump P1.2)			
Pump of cooling circuit (pump P4)			
Hydraulic motor of steering gear			Right motor viewed from input shaft (HM1)
			Left motor viewed from input shaft (HM2)
Clutch control valve			

UNIT NO. _____			
Component	Model code	Serial code	Notes
Main pump of steering circuit (pump P1.2)			
Pump of cooling circuit (pump P4)			
Hydraulic motor of steering gear			Right motor viewed from input shaft (HM1)
			Left motor viewed from input shaft (HM2)
Clutch control valve			

ROLLS-ROYCE OY AB
DATE __.__.2011

WORKSHOP TRIAL TESTING RECORD
6451402-B-000

AQUAMASTER TYPE US 205/3305
REFERENCE No. _____
CUSTOMER _____
CERTIFICATE No. _____

TEST RUN WITHOUT LOAD _____ rpm
GEAR RATIO 1:____

SERIAL No. AQM _____/2011
PROPELLER rpm ____

TEST POINT	RUN TIME / min	00	15	30	45	60
Driving shaft forward bearing temp. °C						
Driving shaft aft bearing temp. °C						
Upper bevel gear bearing temp. °C						
Lower bevel gear bearing temp. °C						

SERIAL No. AQM _____/2011
PROPELLER rpm ____

TEST POINT	RUN TIME / min	00	15	30	45	60
Driving shaft forward bearing temp. °C						
Driving shaft aft bearing temp. °C						
Upper bevel gear bearing temp. °C						
Lower bevel gear bearing temp. °C						

Max. allowed oil temperature +80 °C
Lubr. oil volume _____ l/unit

Survey of gear tooth contacts

X

No objections.

ON BEHALF OF THE
ROLLS-ROYCE OY AB

ON BEHALF OF THE
CLASSIFICATION SOCIETY

Sähköjen koestusraportti

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****SHIPYARD**Shipyard:
Ship NB number:
Ship name:
Ship type:**CLASSIFICATION**Classification society:
Classification mark:**TEST SITE OF CONTROL SYSTEM**Company: Rolls-Royce Oy Ab
Address: Rauma Finland**Rolls-Royce Oy Ab**Work No: 514-xxxx-340-02
Thruster unit type: xxxxxxx
Thruster Stern-Port code/ serial No: AZT1/xxxxx
Thruster Stern-Stbd code/ serial No: AZT2/xxxxxControl system type: xxxxx
Control system General Arrangement dwg.: 7357537--000**Test representatives:**

Classification society: _____

Rolls-Royce Oy Ab: _____

Test date: _____

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****1. Steering test****1.1. Steering with belt driven hydr.pump****1.2. Azimuth transmitters**Instruction: *Steer thruster full round 360°, check transmitters.*Acceptance Criteria: *The range of transmitter is to be continuous and linear. Neither breaks nor non linearity are accepted***1.2.1. Azimuth thruster AZT1**

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

1.2.2. Azimuth thruster AZT2

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

THRUSTER UNIT
TEST REPORT**1.3. Turning speed test of AZT**

Instruction: *Steer Thruster full round 360° (flying start)*
Measure turning time and valve current.

Acceptance Criteria: *Thruster is to be capable of nominal turning speed (+10%)*
Valve currents are measured only for further investigation/trouble shooting

Nominal turning speed = $xxS/360^\circ$

1.3.1. Azimuth thruster AZT1

Row	PM's rpm [1/min]	Turning time C.W. / 360° [sec]	C.W. turning Valve current [mA]	Turning time C.C.W. / 360° [sec]	C.C.W. turning Valve current [mA]
01	Idle=				
02	Full=				

1.3.2. Azimuth thruster AZT2

Row	PM's rpm [1/min]	Turning time C.W. / 360° [sec]	C.W. turning Valve current [mA]	Turning time C.C.W. / 360° [sec]	C.C.W. turning Valve current [mA]
01	Idle=				
02	Full=				

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****1.4. Steering with an electric motor driven pump****1.4.1. El.motor marking and insulation resistance**

Instruction: *Verify motors insulation level between:*

1. *all phases connected together and earth*
2. *all phases*

Acceptance criteria:	Rated voltage Un	Test voltage	Min insulation resistance
	250<Un<1000 V	500 V	1 MΩ

1.4.1.1. Pump El.motor AZT1

Maker	Type	Serial No	Pn [kW]	COS φ	Un [V]		In [A]	
					Star	delta	star	delta

Insulation resistance MOhm			
L1->L2	L2->L3	L3->L1	L1 L2 L3-> ground

1.4.1.2. Pump El.motor AZT2

Maker	Type	Serial No	Pn [kW]	COS φ	Un [V]		In [A]	
					Star	delta	star	delta

Insulation resistance MOhm			
L1->L2	L2->L3	L3->L1	L1 L2 L3-> ground

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

THRUSTER UNIT**TEST REPORT****1.4.2. Azimuth transmitters**

Instruction: *Steer thruster full round 360°, check transmitters.*

Acceptance Criteria: The range of transmitter is to be continuous and linear. Neither breaks nor non linearity are accepted

1.4.2.1. Azimuth thruster AZT1

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

1.4.2.2. Azimuth thruster AZT2

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****1.4.3. Turning speed test**

Instruction: *Steer Thruster full round 360° (flying start)*
Measure turning time and valve current.

Acceptance Criteria: *Thruster is to be capable of nominal turning speed (±10%)*

Valve currents are measured only for further investigation/trouble shooting

Nominal turning speed = $\frac{xxS}{360^\circ}$

1.4.4. Azimuth thruster AZT1

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	Turning Valve current [mA]	A.C. supply U / f
01	C.W.			
02	C.C.W.			

1.4.5. Azimuth thruster AZT2

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	Turning Valve current [mA]	A.C. supply U / f
01	C.W.			
02	C.C.W.			

1.5. Electric Turning gear

1.6. El.motor marking and insulation resistance

Instruction: *Verify motors insulation level between:*
 1. *all phases connected together and earth*
 2. *all phases*

Acceptance criteria:	Rated voltage Un	Test voltage	Min insulation resistance
	250<Un<1000 V	500 V	1 M Ω

1.6.1. El.motor AZT1

No.	Maker	Type	Serial No	Pn [kW]	COS ϕ	Un [V]		In [A]	
						Star	delta	star	delta
M1									
M2									

Insulation resistance MOhm				
No.	L1->L2	L2->L3	L3->L1	L1 L2 L3-> ground
M1				
M2				

1.6.2. El.motor AZT2

No.	Maker	Type	Serial No	Pn [kW]	COS ϕ	Un [V]		In [A]	
						Star	delta	star	delta
M1									
M2									

Insulation resistance MOhm				
No.	L1->L2	L2->L3	L3->L1	L1 L2 L3-> ground
M1				
M2				

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

THRUSTER UNIT**TEST REPORT****1.7. Azimuth transmitters**Instruction: *Steer thruster full round 360°, check transmitters.*

Acceptance Criteria: The range of transmitter is to be continuous and linear. Neither breaks nor non linearity are accepted

1.7.1. Azimuth thruster AZT1

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

1.7.2. Azimuth thruster AZT2

Transmitter	Indication of TDI transmitter B...	Indication of control transmitter B...	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 1	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 2	Indication of DP's feed back transmitter B... Gang 3	Indication of TDI A1 feed back transmitter
Not included						
Checked						

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****1.7.3. Turning speed test**

Instruction: *Steer Thruster full round 360° (flying start)*
Measure turning time.

Acceptance Criteria: *Thruster is to be capable of nominal turning speed (±10%)*

Nominal turning speed = $\frac{xxS}{360^\circ}$

1.7.4. Azimuth thruster AZT1

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	Set signal to TAMU [mA]	A.C. supply U / f
01	C.W.		20	400/50
02	C.C.W.		4	400/50

1.7.5. Azimuth thruster AZT2

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	Set signal to TAMU [mA]	A.C. supply U / f
01	C.W.		20	400/50
02	C.C.W.		4	400/50

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****1.8. Maintenance pump turning****1.8.1. Turning speed test**

Instruction: *Steer Thruster full round 360° (flying start)*
Measure turning time.

Acceptance Criteria: *Thruster is to be capable of nominal turning speed (−10%)*

Nominal turning speed = $\frac{xxS}{360^\circ}$

1.8.2. Azimuth thruster AZT1

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	A.C. supply U / f
01	C.W.		
02	C.C.W.		

1.8.3. Azimuth thruster AZT2

Row	Turning direction	Turning time / 360° [sec]	A.C. supply U / f
01	C.W.		
02	C.C.W.		

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****2. Speed transmitters**

PM's nominal nnnn 1/min; idle nnn 1/min; Gear ratio 1:nnn

2.1. Pulse amplifier adjust

Instruction: *When input shaft of thruster is idling engage clutch and set rpm of input shaft to the max.*

Measure SPA-1 voltage level with VDC multimeter between pins 4 and 10.

Adjust voltage level to 12VDC with potentiometer R3.

Acceptance Criteria: *Voltage level must be 12VDC \pm 0.3VDC*

2.1.1. SPA-1 Adjustment

Unit	SPA-1 voltage level (V)
AZT1	
AZT2	

2.2. Input speed & output speed

Instruction: *Measure all RPM transmitters and compare the indicated value to the calculated value*

Acceptance Criteria: *Indicated value is to correspond with calculated value within $\pm 4rpm / Hz$*

2.2.1. Azimuth thruster AZT1

Insert a table of TDI from a tuning document.

Row	Ref. Speed [1/min]	Output speed B2 TDI's rpm display[1/min]		Input speed N1 B1 [Hz]		Input speed N2 B11 [Hz]			
		Included						YES()	NO()
		Calculated value	TDI's indication	Calculated value	B1's indication	Calculated value	B2's indication		
01	Idle=								
02	50%=								
03	100%=								

2.2.2. Azimuth thruster AZT2

Row	Ref. Speed [1/min]	Output speed B2 TDI's rpm display[1/min]		Input speed N1 B1 [Hz]		Input speed N2 B11 [Hz]			
		Included						YES()	NO()
		Calculated value	TDI's indication	Calculated value	B1's indication	Calculated value	B2's indication		
01	Idle=								
02	50%=								
03	100%=								

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****3. Clutch****3.1. Engage & Disengage**

Instruction: *When input shaft of thruster is idling engage/disengage the clutch by Aquapilot control lever and verify correct position of valves and pressure sensor*

Acceptance Criteria:

Clutch command	Engaging valve	Disengaging valve	Pressure switch	Low pressure
Disengage	Off	On	Off	Off
Engage	On	Off	On after 4 sec	On for 4 sec.
Disengage	Off	On	Off	Off

3.1.1. Azimuth thruster AZT1

Row	Clutch command	Engaging valve Y... (On/Off)	Disengaging valve Y.... (On/Off)	Pressure switch SP... (On/Off)	Low pressure valve Y.... (On/Off)
		Included			Yes() No()
01	Disengage				
02	Engage				
03	Disengage				

3.1.2. Azimuth thruster AZT2

Row	Clutch command	Engaging valve Y... (On/Off)	Disengaging valve Y.... (On/Off)	Pressure switch SP... (On/Off)	Low pressure valve Y.... (On/Off)
		Included			Yes() No()
01	Disengage				
02	Engage				
03	Disengage				

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****4. RR sliding clutch****4.1. Slide control**

Instruction: *When input shaft of thruster is idling slip the clutch smoothly with Aquapilot lever and verify related function.*

Acceptance Criteria: *Instrumentation in thruster unit works properly (Y362 valve is capable for slipping function, speed measurement is linear and continuous throughout the range and sequence of cooling oil flow valve is correct.*

Note! *As control system delivered with thruster is tested elsewhere there are no meaning of slipping function smoothness in test bench. However instrumentation should work properly and it is ready to fulfil the commands from actual control system.*

4.1.1. Azimuth thruster AZT1

Device	Set signal to VMOD 0 -> 10 [V]	N2 rpm B11	Y362 Valve	Y363 Cooling flow valve
Checked				

4.1.2. Azimuth thruster AZT2

Device	Set signal to VMOD 0 -> 10 [V]	N2 rpm B11	Y362 Valve	Y363 Cooling flow valve
Checked				

Rolls-Royce azimuth thrusters

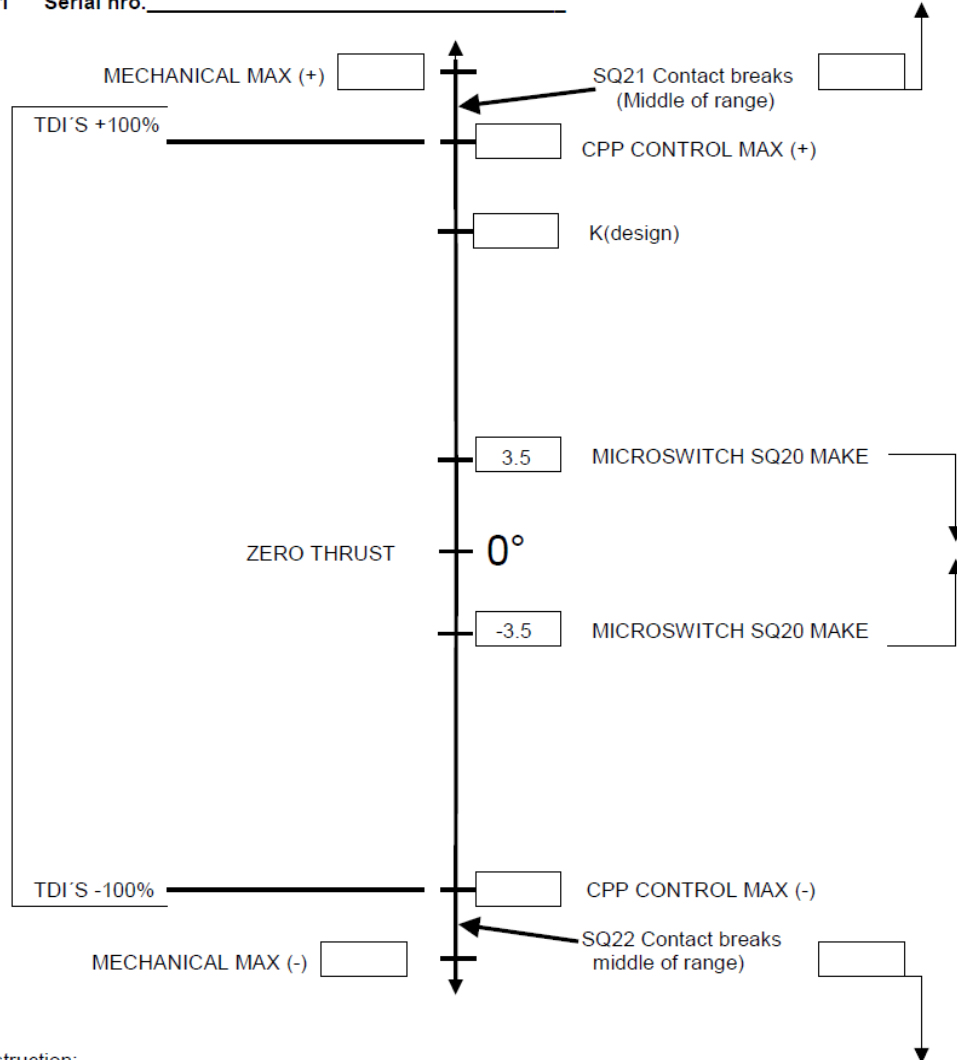
Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

THRUSTER UNIT
TEST REPORT

5. CP control

5.1. Limit switches

AZT1 Serial nro. _____

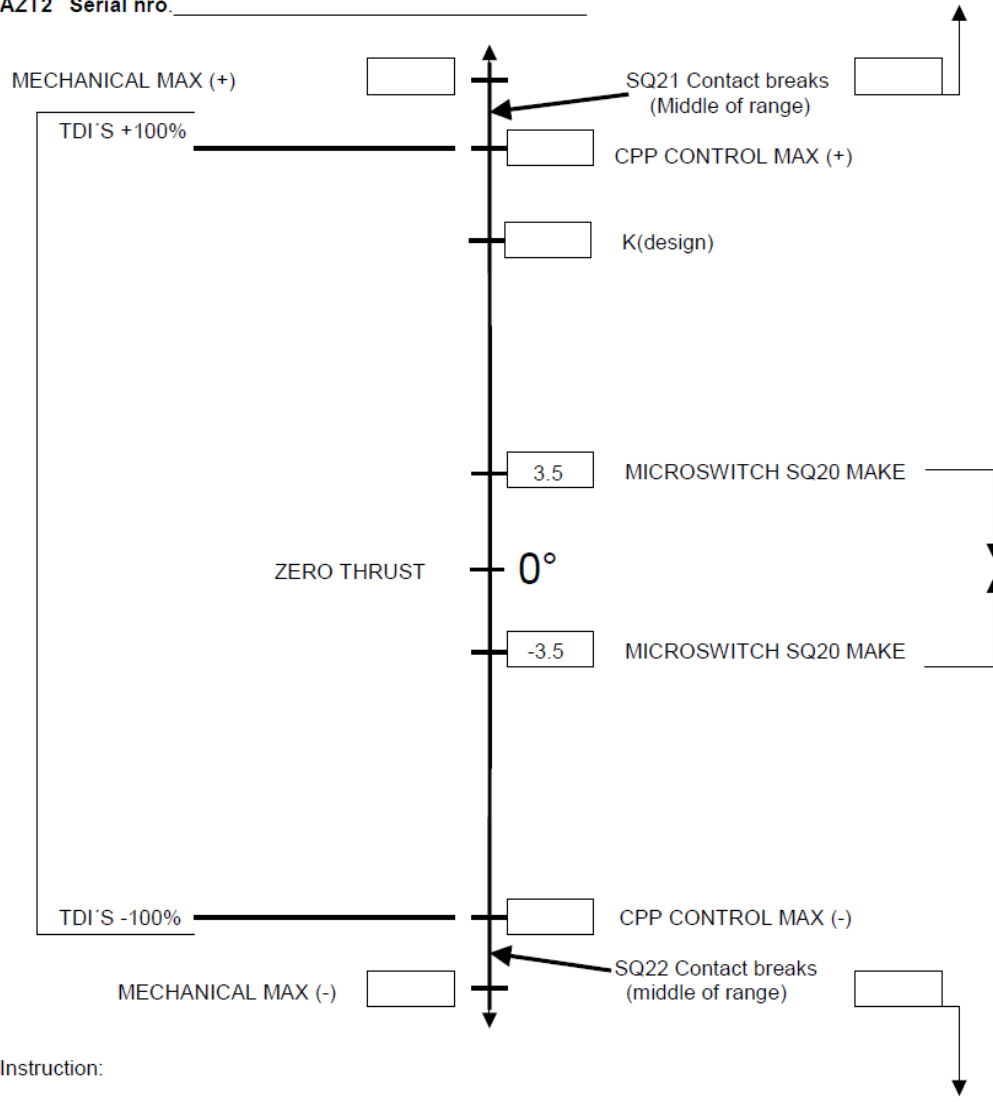


Instruction:

Set marking CL in the propeller blade and marking -K in the propeller hub in place,
Zero thrust = CL → ← K – indicator K(design)
Adjust mechanical ind. zero and TDI's zero to zero thrust position.

VALUES MEASURED AND CHECKED (date/person) _____

AZT2 Serial nro. _____



Instruction:

*Set marking CL in the propeller blade and marking -K in the propeller hub in place,
 Zero thrust = CL → ← K – indicator K(design)
 Adjust mechanical ind. zero and TDI's zero to zero thrust position.*

VALUES MEASURED AND CHECKED (date/person) _____

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

**THRUSTER UNIT
TEST REPORT****5.2. Pitch feedback and indication**

Instruction: *Control pitch angle –100%....+100% by push buttons and check that whole range of potentiometers are continuous and linear.*

Acceptance Criteria: *The whole range of transmitter is to be continuous and linear. Neither breaks nor non linearity are accepted.*

5.2.1. Azimuth thruster AZT1

Insert a table of TDI from a tuning document

Pitch [%] - -100->+100	Transmitter R63 for control system	Transmitter R64 for control system	Transmitter R65 for control system	Pitch transmitter B... for TDI
Not included				
checked				

5.2.2. Azimuth thruster AZT2

Pitch [%] - -100->+100	Transmitter R63 for control system	Transmitter R64 for control system	Transmitter R65 for control system	Pitch transmitter B... for TDI
Not included				
checked				

6. Thruster`s alarm points**6.1. Alarm transmitters**

According to hydraulic test program

7. UL unit lifting & retraction

7.1. Local starter-control unit ULU

7.1.1. Limit switches AZT3

UL-LIFTING SYSTEM			
Work number			
ULU starter			
Serial number			
Transformer primary connections			
At testdrive		V / Hz	
For delivery		V / Hz	
Functional test	Tested	Acceptance criteria	
Instruction		Acceptance criteria	
Switch the power on by main switch SM		Relay KH40 activated	
Turn motor heating ON		Indication light S3 is turned on	
Make sure thruster is in liftable position		H46.1 on	
Close loop PM's running status information		K60 activated	
Turn remote ON by S48			
Press lifting start button S41.1		No action	
Turn local ON by S48		KH41 activated	
Press lifting start button S41.1		Pump running H45.1 on	
		Relay K132 activated	
		Thruster unit is rising	
		Thruster unit in upper position and locked relay KH44 activated	
Press lowering start button S42.1		Motor starts	
		Relay K132 activated	
		Thruster unit is lowering	
Press stop button S40.1		Thruster unit is stopped	
		Valve Y796 activated for 1 sec	
Press lowering start button S42.1		Motor starts	
		Thruster unit is down KH46 activated	
		Thruster unit is down and shaft engaged relay KH45 activated	

UL-LIFTING SYSTEM

Rolls-Royce azimuth thrusters

Rolls-Royce Oy Ab, Rauma, Finland

THRUSTER UNIT

TEST REPORT

Interlocks	Tested	Acceptance criteria
Instruction		
Check prime mover's start-up prevention loop		Loop continuous
Check prime mover shut-down loop		Loop continuous
Check main hydraulic pump starting/stopping control		Loop continuous

7.1.2. Lift pump EI.motor marking and insulation resistance

Instruction:

Verify motors insulation level between:

1. all phases connected together and earth
2. all phases

Acceptance criteria:

Rated voltage Un	Test voltage	Min insulation resistance
250<Un<1000 V	500 V	1 MΩ

Maker	Type	Serial No	Pn [kW]	COS φ	Un [V]		In [A]	
					Star	delta	star	delta

Insulation resistance MOhm			
L1->L2	L2->L3	L3->L1	L1 L2 L3-> ground

