



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jaakko Salomaa

Korjausvalmiuden luominen ohivirtaus- moottorin apulaitevaihteiston kotelolle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

2.6.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jaakko Salomaa Korjausvalmiuden luominen ohivirtausmoottorin apulaitevaihteiston kotelolle 20 sivua 2.6.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Suunnittelun johtaja, Juha-Pekka Honkanen Yliopettaja, Pekka Salonen
<p>Insinööriä tehtiin Ga Telesis Engine Services Oy:lle (GATES) ja sen aiheena oli korjausvalmiuden luominen ohivirtausmoottorin apulaitevaihteiston kotelolle, valmistajan antamien korjausohjeiden mukaan. Työn keskeisin osa oli kotelon korjausprosessin painetestauksessa käytettävien tulppien suunnittelu.</p> <p>Apulaitevaihteiston tehtävänä on säädellä ja ohjata lentokoneen ja moottorin apulaitteita. Laakeri, joka sijaitsee kotelossa hammaspyörästön alla, aiheuttaa rikkoutuessaan jäljet laakeripesään. Korjausprosessissa laakerin aiheuttamista jäljistä hiotaan ensin terävät reunat ja jäysteet pois. Sen jälkeen kotelon pohjan sisällä, laakeripesien alla sijaitseville öljykanaville suoritetaan painetestausta. Painetestauksessa öljykanavien ulostulot on suljettava tulpilla. Testauksen jälkeen kotelolle tehdään moottorin manuaalin mukainen fluoresoiva tunkeumanestetarkastus, minkä jälkeen koneistetuille pinnoille laitetaan suojaava oksidikalvopinnoite.</p> <p>Kotelon öljykanavien painetestauksessa käytettävät tulpat suunniteltiin yhdessä osakorjaamon työntekijöiden ja päällikön kanssa. Suljettavia öljykanavia on yhteensä neljä. Suunniteltujen neljän tulpan toimintaperiaate on sama, ja ne kaikki koostuvat kiristimestä, kierretangosta, laipasta, tiivisteholkista ja kahdesta kiinnitysruuvista. Tulpassa on pyöreä laippa, joka kiinnitetään muttereilla kotelossa oleviin kolmeen kierretappiin. Kierretangon alapäässä kiinni oleva tiivisteholki kierretään tiukasti öljysuuttimen pintaa vasten, laipan sisäpinnassa olevien kierteiden avulla. Kiristys tehdään käsivoimalla, kierretangon yläpäässä olevalla kiristimellä.</p> <p>Insinööriä kohteena oleva apulaitevaihteiston kotelo on Finnairin omistama, mutta korjaustyö tullaan toteuttamaan GATESin toimesta. Tässä insinööriä luoduilla tulpilla ja korjausprosessiohjeilla voidaan jatkossa korjata myös muita vastaavanlaisia koteloita, joille on kysyntää jatkossa.</p>	
Avainsanat	apulaitevaihteisto, ohivirtausmoottori, suunnittelu, korjaus

Author Title	Jaakko Salomaa Repair Readiness for the Accessory Gearbox Housing of the Bypass Turbofan Engine
Number of Pages Date	20 pages 2 Jun 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Production and Manufacturing Engineering
Instructors	Juha-Pekka Honkanen, Planning Manager Pekka Salonen, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by GA Telesis Engine Services Oy (GATES), and the purpose was to create repair readiness for the accessory gearbox housing of the bypass turbofan engine. The main object of the thesis was to design new plugs for the accessory gearbox housing.</p> <p>The accessory gearbox supports and controls both aircraft and engine accessories. If a bearing under the gear shaft assembly breaks, it will left wear marks to bearing housing. The repair process starts by machining sharp edges from the revealed wear marks. After machining, oil canals will be pressure tested. Oil nozzles must be blocked with plugs when performing the pressure test. After pressure testing, a fluorescent penetrant inspection will be done according to a motor manual. Finally, a protective oxide film coating will be sprayed on the machined surfaces.</p> <p>The plugs used in the housing pressure testing process were designed in co-operation with the parts repair team. The designed plugs consist of six parts. The rounding flange of the plug is attached to the screws, which are attached to the housing. The pin attached to the lower end of the threaded rod will be screwed against the bottom surface of the bearing housing in order to seal the oil nozzle. Tightening is done with the clamp at the top of the threaded rod.</p> <p>The housing concerned in this thesis is owned by Finnair, however, the repair work will be conducted by GATES. The plugs designed in this thesis and the internal repair process instructions can be utilized also in the future when other similar housings will be repaired.</p>	
Keywords	accessory gearbox, turbofan engine, design, repair

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	GA Telesis yrityksenä	2
2.1	GA Telesis	2
2.2	Ga Telesis Engine Services Oy (GATES)	2
3	Apulaitevaihteisto ja sen toimintaperiaate	3
3.1	Apulaitevaihteiston toiminta	3
3.2	Vaaka-akseli	4
3.3	Hammaspyörästö	5
3.4	Apulaitevaihteiston kotelo	6
3.5	Tiivisteet	6
4	Apulaitevaihteiston kotelon korjausprosessi	9
4.1	Prosessin kuvaus	9
4.2	Tulppien suunnittelu öljykanavien sulkemiseen	12
4.3	Tulppien tietojen lisääminen GATESin toiminnanohjausjärjestelmään	17
5	Yhteenveto	19
	Lähteet	20

Lyhenteet

AGB	Accessory gearbox. Apulaitevaihteisto.
HDS	Horizontal drive shaft. Vaaka-akseli.
HMU	Hydromechanical unit. Hydromeekaaninen yksikkö.
IDG	Integrated drive generator.
TGB	Transfer gearbox.
DICA	Deviation to Instructions for Continued Airworthiness.
GATES	Ga Telesis Engine Services Oy.
FPI	Fluorescent Penetrant Inspection. Fluoresoiva tunkeumanestetarkastus.
NDT	Nondestructive Testing. Tärinämätön testausmenetelmä, joka ei aiheuta kriittisille kappaleille vaurioita tai muutoin heikennä sitä.

1 Johdanto

Insinööriyö tehtiin GA Telesis Engine Service Oy:lle (GATES). Yrityksen toimenkuva on CFM ja CF6 –mallisten suihkumoottoreiden huolto- ja korjaustoimenpiteet. Työn pääta-voitteena oli CFM56-5B-mallisen suihkumoottorin apulaitevaihteiston korjausvalmiuden luominen moottorimanuaalin ulkopuoliselle korjaukselle, laitteen valmistajan antamien DICA –ohjeiden mukaisesti. Työhön liittyvä apulaitevaihteisto on Finnairin omistama, mutta korjaustoimenpiteet suoritetaan GATESilla. Apulaitevaihteisto tukee ja ohjaa len- tokoneen sekä moottorin apulaitteita. Työn keskeisin sisältö oli apulaitevaihteiston kor- jaustoimenpiteisiin kuuluvien, painetestauksessa tarvittavien tulppien suunnittelu.

2 GA Telesis yrityksenä

2.1 GA Telesis

Ga Telesis on vuonna 2002 perustettu kaupallinen ilmailualan yritys, joka operoi myynti-, vuokraus-, jakelu- ja ylläpitopalveluita sekä tarjoaa lentokone-, moottori-, varaosa- ja huoltopalveluita. Pääkonttori sijaitsee Floridan Fort Lauderdaleissa, Yhdysvalloissa. Yrityksellä on yhteensä yli 30 toimipaikkaa ja tytäryhtiötä ympäri maailmaa ja yksi niistä sijaitsee Suomessa Helsinki-Vantaa lentokentällä. [1.]

2.2 Ga Telesis Engine Services Oy (GATES)

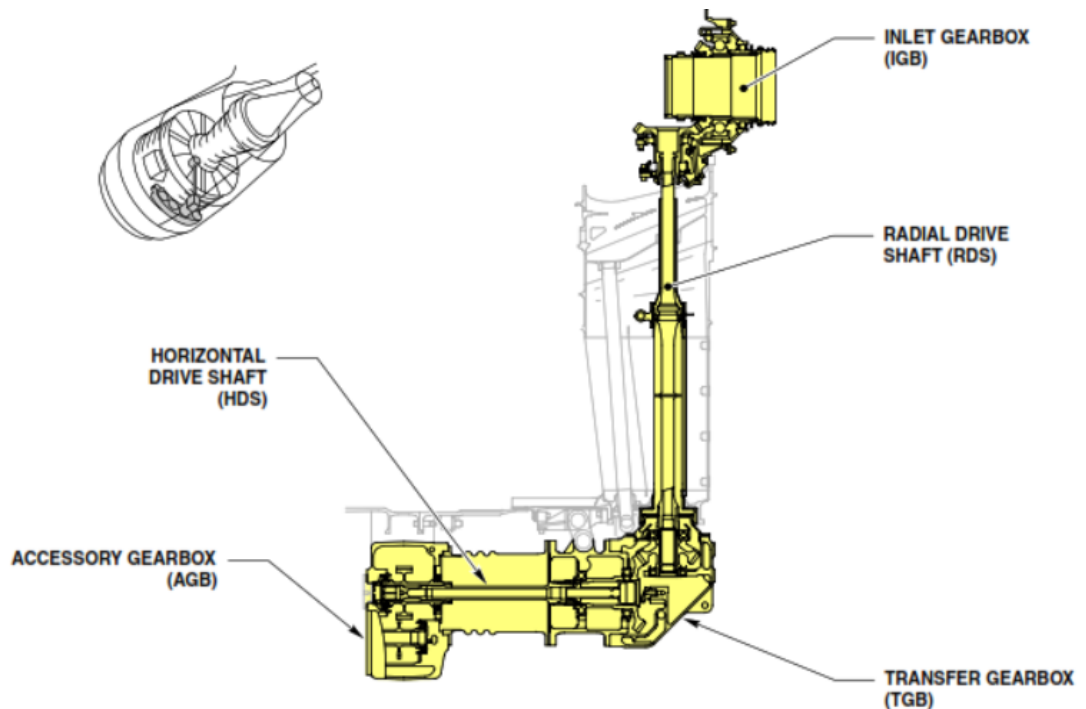
Ga Telesis Engine Services Oy (GATES) On Ga Telesiksen tytäryhtiö, joka aloitti liiketoimintansa vuonna 2013 Finnairin entisissä työtiloissa Helsinki-Vantaan lentoasemalla. GATES huoltaa, koekäyttää ja korjaa GE:n ja CFMI:n valmistamia moottoreita, kuten CF6-80C2B ja -D1F sekä CFM56-5B ja -7B – mallisia moottoreita. GATESilla on EASA, FAA, CAAC, TCCA, GACA, ECAA ja DGAC ilmailuviranomaisten myöntämä toimilupa ja yritys työllistää noin 180 työntekijää. GATESilla on myös tilat ja valmiudet moottoreiden koekäyttöä varten. [2.]

3 Apulaitevaihteisto ja sen toimintaperiaate

Tässä luvussa kuvataan apulaitevaihteiston ja siihen kuuluvien pääkomponenttien toimintaa.

3.1 Apulaitevaihteiston toiminta

Apulaitevaihteisto tukee, ohjaa ja säätelee lentokoneen, sekä moottorin apulaitteita. Se sijaitsee moottorin siipikotelon alla. Apulaitevaihteisto on kiinnitetty kahdella kiinnikkeellä moottorin puhaltimen runkoon ja se koostuu kolmesta pääkokoospanosta : vaaka-akselista, apulaitevaihteiston kotelosta sekä hammaspyörästä (kuva 1), joka vähentää tai lisää pyörimisnopeutta vastaamaan kunkin laitteen tarvittavaa vaatimusta. [4.]



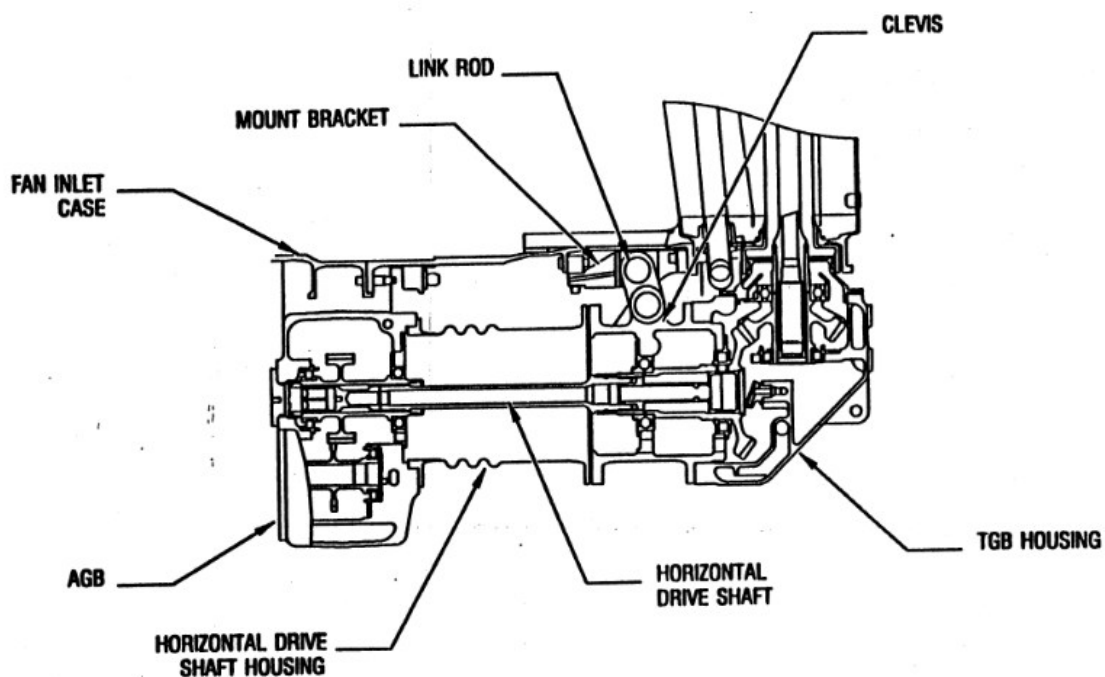
Kuva 1. Apulaitevaihteisto, siihen liittyvät laitteet ja sen sijainti puhaltimen rungossa [3, s. 161].

Apulaitevaihteisto tukee ja ohjaa seuraavia laitteita:

- polttoaine pumppua
- hydromekaanista yksikköä
- hydraulipumppua
- voitelujärjestelmää
- käynnistintä
- IDG:tä
- ohjausgeneraattoria
- N2 nopeusanturia
- Vaaka-akselia. [4.]

3.2 Vaaka-akseli

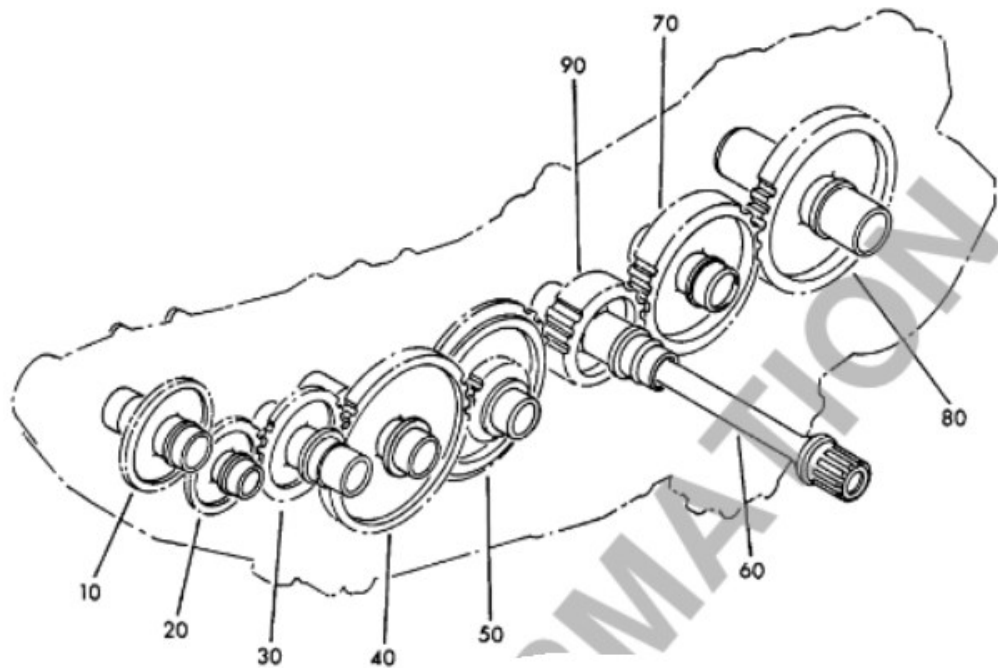
Vaaka-akselin tarkoitus on välittää voimaa apulaitevaihteiston ja TGB:n välillä (kuva 2) [4].



Kuva 2. Moottorin poikkileikkauksessa vaaka-akseli kiinnitettynä apulaitevaihteiston ja TGB:n välille [5, s. 7].

3.3 Hammaspyörästö

Hammaspyörästö sijaitsee apulaitevaihteiston kotelon sisällä. Sen tehtävänä on lisätä tai vähentää laitteiden pyörimisnopeutta. Kukaan hammaspyörä on tuettu kuula- ja/tai rullalaakereilla. [3.] Kuvassa kolme on kuvattu hammaspyörien sijainti kotelossa.



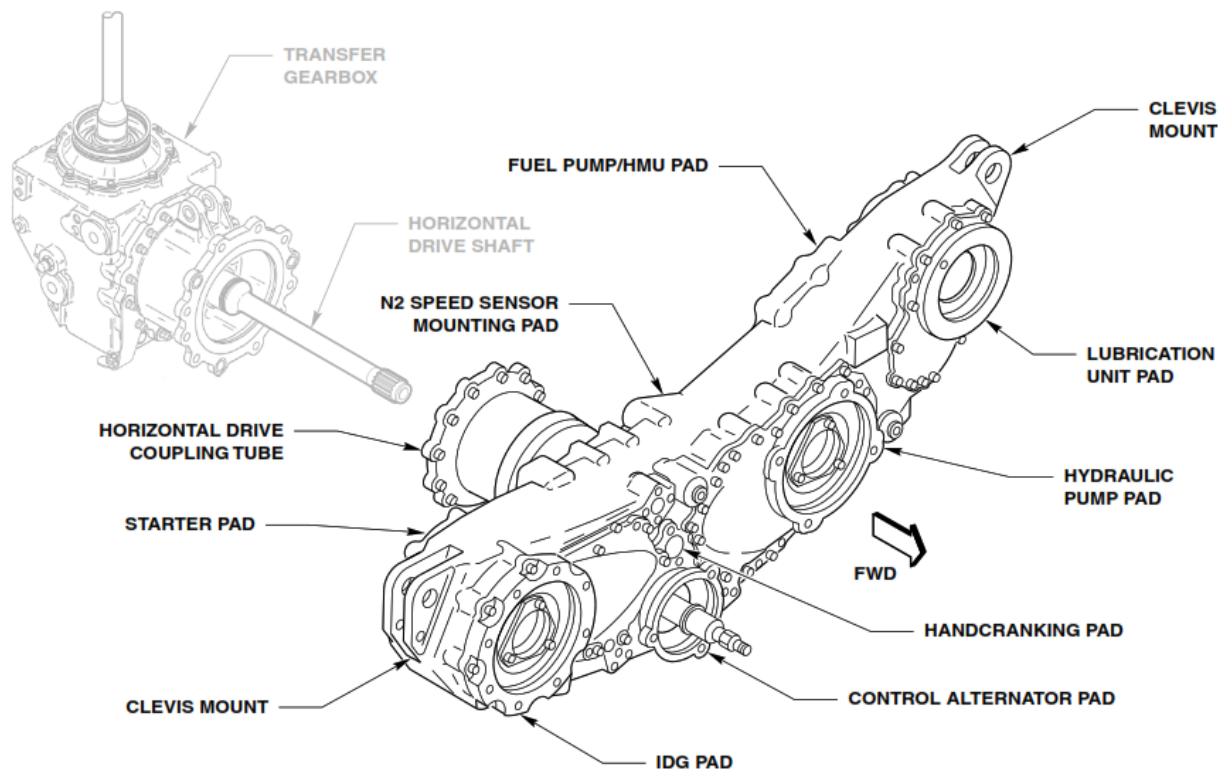
Kuva 3. Apulaitevaihteiston hammaspyörästö [4].

Kuvassa 3. osoitetut hammaspyörät ohjaavat seuraavia laitteita (vasemmalta oikealle):

- 10 – Voiteluyksikkö
- 20 – Tyhjäkäynnin vaihde
- 30 – Polttoainepumppu
- 40 – Hydraulipumppu
- 50 – Tyhjäkäynnin vaihde
- 60 – Vetoakseli
- 90 – Käsikäyttö
- 70 – Tyhjäkäynnin vaihde
- 80 – Käynnistin. [4.]

3.4 Apulaitevaihteiston kotelo

Apulaitevaihteiston kotelon materiaali on alumiiniseosta ja se on kiinnitetty puhaltimen rungon alle kahdella kiinnikkeellä. Kotelon etupuolella on kullekin laitteelle (IDG:lle, ohjausgeneraattorille, hydraulipumpulle ja voiteluyksikölle) omat kiinnityspaikat. Apulaitevaihteiston takapintaan kiinnittyy vaaka-akseli sekä polttoainepumppu, käynnistin ja N2 nopeusanturi (kuva 3). [4.]

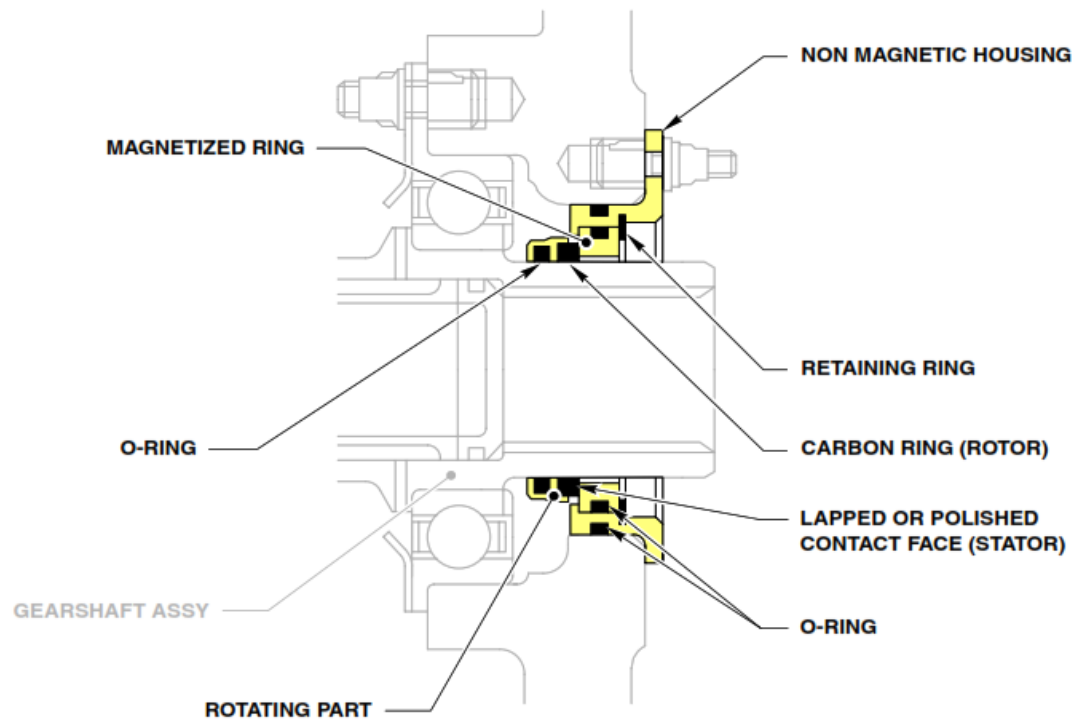


Kuva 4. Apulaitevaihteiston kotelo ja siihen liitettävät laitteet [3, s.173].

3.5 Tiivisteet

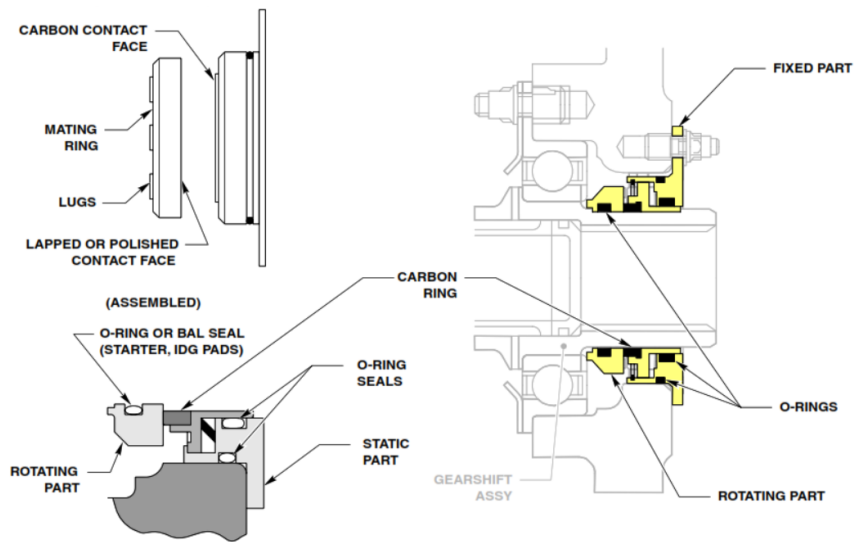
Apulaitevaihteistossa käytetään kahta hiilitiivistetyyppiä: magneettista tai jousikuormitteista. Magneettisella tiivisteellä on ei-magneettinen kotelo. Se sisältää magneettisen vastinrenkaan kiillotetulla pinnalla ja kiinnitysrenkaan (Kuva 5). Tätä tiivistetyyppiä käytetään hydraulij- ja polttoainepumpuissa. Käynnistimen ja IDG:n magneetti rengas eroaa

hieman muista, sillä niissä on puristusrenkas, joka toimii myös jäähdytyslementtinä. Puristusrenkas sijaitsee vastinrenkaan ja kiinnitysrenkaan välissä. [3, s. 174.]



Kuva 5. Magneettisen hiilitiivisteiden poikkileikkauskuva [3, s. 175].

Jousikuormitteinen tiiviste (Kuva 6) koostuu hiilipakkauksesta ja kiiltävällä pinnalla pyörivästä vastinrenkaasta. Vastirenkaassa on neljä korvaketta, jotka kytkeytyvät vastaaviin uriin hammasrattaan akselin laakerissa. Jousitiivisteiden kotelo varmistaa jatkuvan kosketuksen kiillotetun pinnan ja hiilitiivisteiden elementtien välillä. Tätä tiivistetyyppiä käytetään IDG:ssä, hydraulipumpussa, käynnistimessä ja polttoainepumpussa. [3, s. 178.]



Kuva 6. Jousikuormitteisen tiivistein leikkauskuvat [3, s. 179].

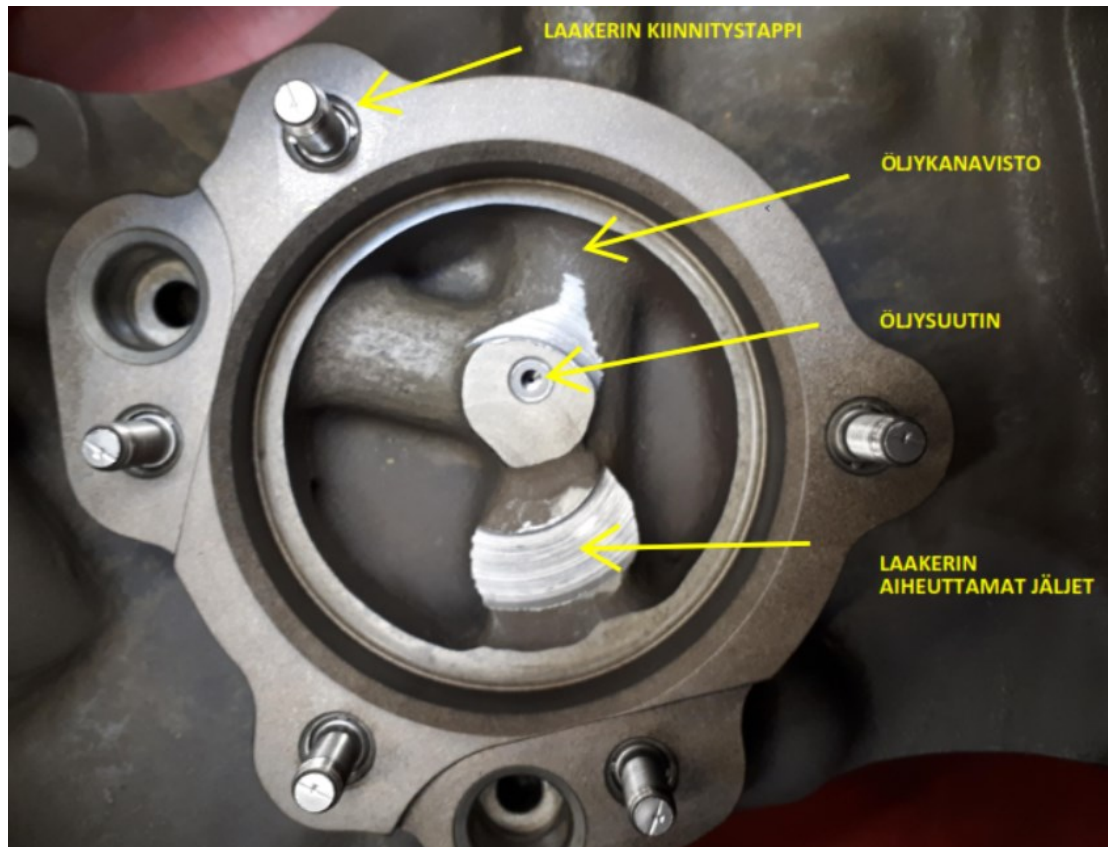
4 Apulaitevaihteiston kotelon korjausprosessi

Tässä luvussa käydään läpi apulaitekoneiston kotelon korjausprosessia ja tulppien suunnittelua ja toteutusta.

4.1 Prosessin kuvaus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä korjausvalmius CFM56-5B- mallisen suihkumoottorin apuvaihekotelon korjaukselle. Kotelo on Finnairin omistama, mutta korjaustyöt suoritetaan Ga Telesiksellä. Moottorit ja moottorin osat korjataan sekä huolletaan aina moottorivalmistajan (tässä tapauksessa CFM:n) antamien tarkkojen korjauskäsikirjojen mukaan. Kaikkiin korjattaviin löydöksiin ei kuitenkaan välttämättä löydy korjausta mahdollistavaa ohjetta suoraan moottorimanuaalista. Jos moottorimanuaalissa ei ole ohjeistusta, ohjeista tehdään kysely moottorin osan - tai laitteen valmistajalle. Valmistaja tekee ohjeistuksen korjaustoimenpiteille, jos tuote on valmistajan mukaan korjattavissa. Näin osalle tai laitteelle voidaan kirjoittaa huoltotodiste ja siitä saadaan taas lentokelpoinen. Valmistajan antamaa ohjetta kutsutaan DICA:ksi. DICA-korjaus koskee aina yhtä tiettyä osanumeroitua tai yksilönumeroitua osaa, osakokonaisuutta tai laitetta.

Apulaitevaihteiston kotelossa hammaspyörästön alla on jokaista laitetta tukeva laakeri. Laakeri on aiheuttanut rikkoutuessaan merkittäviä jälkiä kotelon laakeripesiin, joiden alla öljykanavat sijaitsevat (Kuva 7).



Kuva 7. Laakeripesä ja rikkoutuneen laakerin aiheuttamat jäljet.

Valmistajan antaman DICA –korjausprosessin mukaisesti jäljistä on ensin hiottava terävät reumat sekä karkeudet pois. Ohjeissa on mainittu moottorimanuaalin viite, joka kertoo mikä korjaus osalle tehdään. Moottorimanuaalissa kerrotaan yksityiskohtaisesti, kuinka hionta suoritetaan ja mitä työvälineitä siinä käytetään. Hionnan jälkeen kotelossa oleville öljykanaville on tehtävä painetestausta. Testauksen tarkoituksena on varmistaa, ettei hionnut alueet ole liian hauraita ja näin ollen aiheuta vuotokohtia laakeripesiin. Öljysuuttimet (kuva 7) on suljettava tiiviisti testauksen ajaksi. Testaus suoritetaan joko öljyllä, polttoaineella tai korroosionestoainetta sisältävällä vedellä. Painetestiä varten on oma laite, jonka kokoonpano koostuu tason ympärillä olevista mittareista ja säätimistä, letkuista sekä säiliöstä (kuva 8).



Kuva 8. Painetestissä käytettävä laite

Painetesti tehdään kolmenkymmenen barin paineella kahden minuutin ajan. Paineen on pysyttävä kolmessakymmenessä barissa koko testin ajan. Testissä laitteen toinen letku on kiinnitetty kotelon keskellä olevaan öljyreikään, josta öljy virtaa kanavia pitkin kotelon toiselle puolelle. Toisella puolella koteloa on kiinni toinen letku, jota pitkin öljy virtaa edelleen laitteeseen.

Painetestin jälkeen kotelolle tehdään DICA:n viitteen mukainen moottorimanuaalin tunkeumanestetarkastus (FPI), ja se on yksi NDT-tarkastuksen menetelmistä [6; 7; 8]. FPI-menetelmässä kappaleen pinta puhdistetaan huolellisesti ja sen jälkeen pinnalle levitetään fluoresoivaa väriainetta. Tämän jälkeen ultraviolettivalon avulla voidaan tunnistaa kappaleessa olevia mahdollisia pintamurtumia, säröjä ja hitsaussaumojen sisäisiä murtumia [6; 7; 8]. Kuvassa 9 on kromipaneelin pinnalle levitetty väriaine, jota tarkastellaan ultraviolettivalolla.



Kuva 9. Kromipaneeli, jota tarkastellaan FPI-menetelmällä [7].

Viimeisessä vaiheessa kappaleen hiottu alue käsitellään kemiallisella oksidikalvopinnoitteella moottorimanuaalin ohjeiden mukaan. Tämä menettely antaa käsitellylle pinnalle hyvän korroosionkestävyyden. [4.]

Edellä mainitut korjaustoimenpiteet perustuvat moottorin valmistajan DICA –korjausohjeisiin. Työn pääaiheena oli korjausprosessin painetestauksen aikana käytettävien tulppien suunnittelu sekä niiden lisääminen IFS-toiminnanohjausjärjestelmään. Tulppien tarkoituksena on peittää ja tiivistää öljykanavien suuttimet, jotta öljyä tai muuta testauksessa käytettävää nestettä ei valuisi ulos painetestauksen aikana.

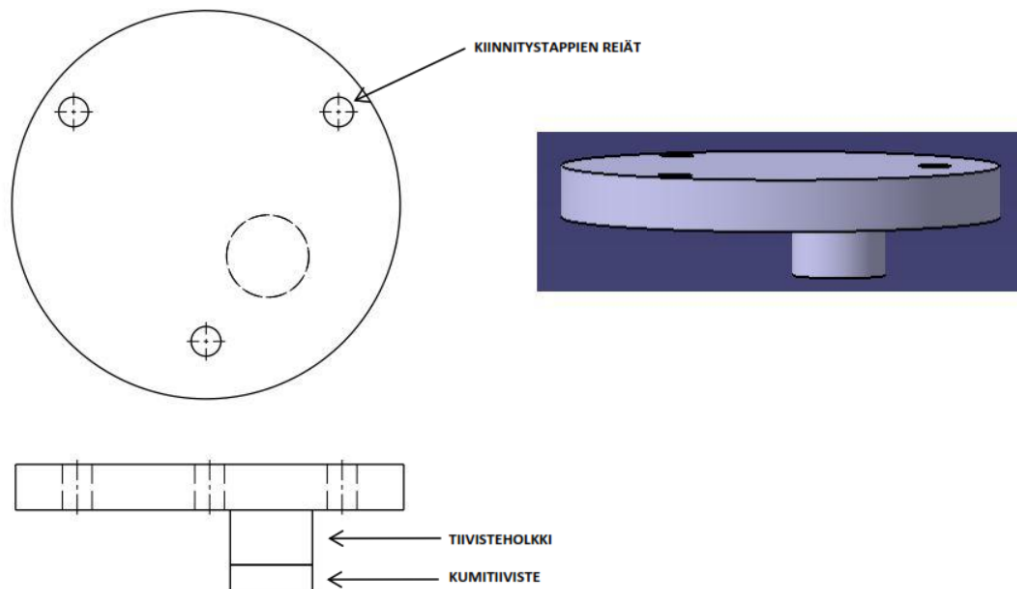
4.2 Tulppien suunnittelu öljykanavien sulkemiseen

Apulaitevaihteiston kotelossa on viisi laakeripesää ja neljä suljettavia öljykanavien suutinreikiä (kuva 10). Tulpat suunniteltiin öljykanavien suutinreikiin, joten niitä valmistettiin neljä kappaletta. Jokaisen tulpan toimintaperiaate on sama.



Kuva 10. Apulaitevaihteiston kotelo ja laakeripesät, joiden sisällä öljysuuttimet [8].

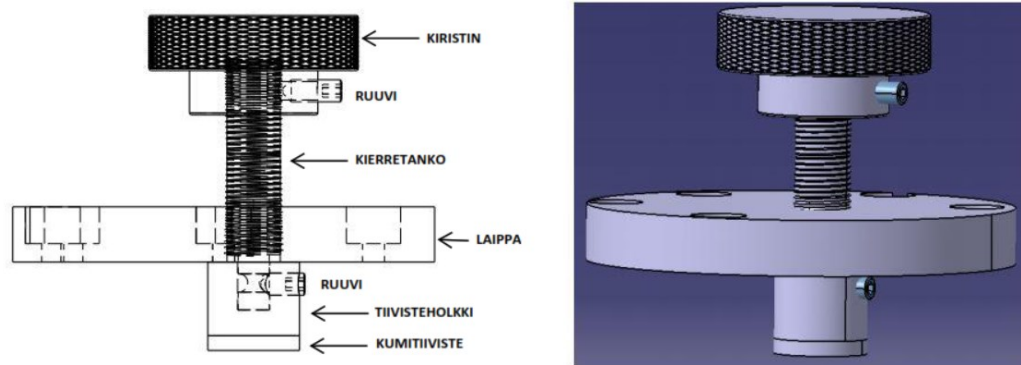
Ensimmäiset ideat tulppien suunnittelusta syntyivät nopeasti. Kotelo on materiaailtaan alumiinia, joten jo ensimmäistä ideaa suunniteltaessa tulpan materiaaliksi valittiin alumiini. Tarkoituksena oli että tulpan laippaosassa olisi kiinteä tiivisteholkki, joka puristetaisiin öljysuuttimen pintaa vasten, laakerin kiinnitystappeja käyttäen. Tiivisteholkin pohjaan oli tarkoitus liimata öljynkestävä kumitiiviste. Idea ei kuitenkaan olisi ollut toimiva, sillä öljysuutin ei ole keskellä kiinnitystappien keskinäistä pistettä. Tämän takia tiivisteholkki olisi saattanut olla epätasaisesti kiinni öljysuuttimen pinnassa ja öljyä olisi voinut vuotaa painetestauksessa. Kuvassa 11 on ensimmäinen versio suunnitellusta tulpasta 3D-mallinnuksena.



Kuva 11. Ensimmäinen versio tulpasta 3D-mallinnuksena.

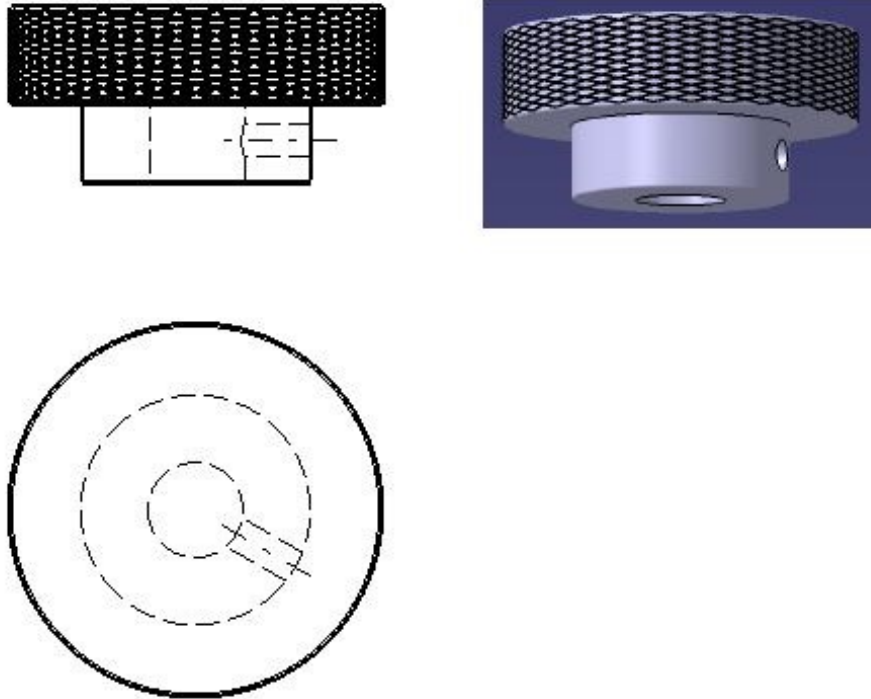
Lopullinen versio syntyi ensimmäisen mallinnuksen perusteella. Havaitimme että tiivisteholkkia tulisi kiristää kohtisuorasti, joten ideoimme kierteellä toimivan kiristimen. Toinen huomioitava asia oli se, että tiivisteholkin tulisi pyöriä vapaasti juuri ennen kiristämistä, jotta sen pohjaan liimattava kumitiiviste ei liukuisi paikaltaan ja rikkoutuisi.

Suunniteltu tulppa koostuu neljästä pääelementistä, kumitiivisteestä ja kahdesta kiinnitysruuvista. Pääelementtejä ovat kiristin, kierretanko, laippa sekä tiivisteholkki (kuva 12).



Kuva 12. Tulppakokoonpanon viimeinen versio.

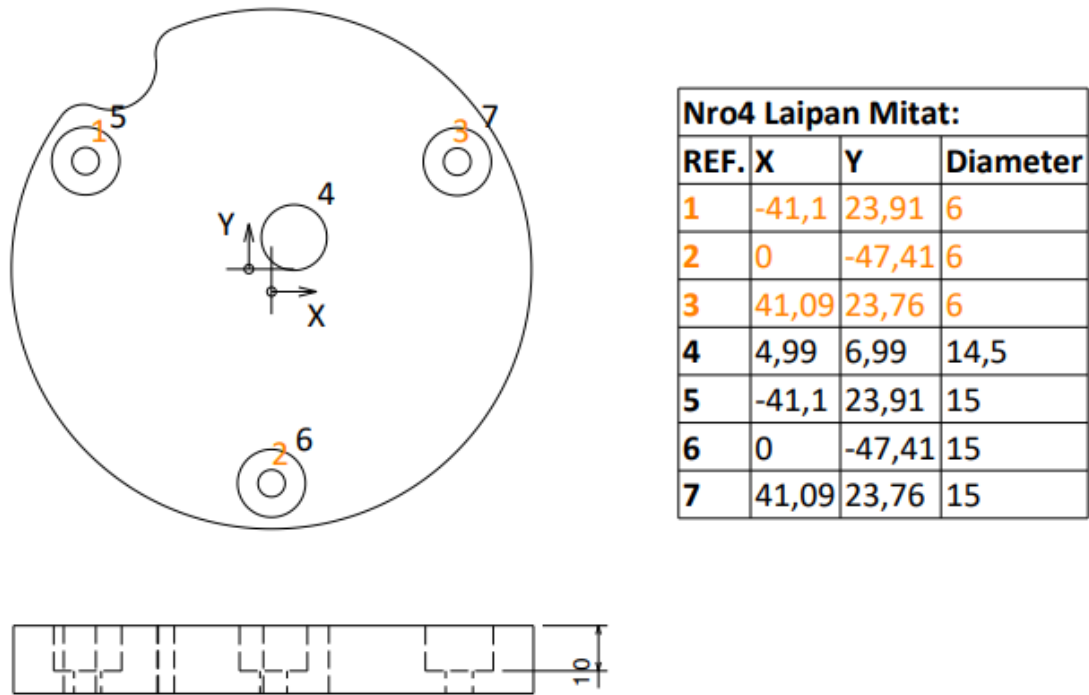
Kiristin kiinnitetään kierretangon yläpäähän ja lukitaan ruvin sekä tiivisteliiman avulla. Kuvassa 13 on kiristimen poikkileikkauspiirustus ja kuva 3D-mallinnuksesta.



Kuva 13. Kiristimen poikkileikkauspiirustus ja kuva 3D-mallinnuksesta.

Kierretangon alaosaan koneistetaan ura. Holkin sivusta ruuvattava ruuvi estää holkin tippumisen. Kun kiristintä pyöritetään, ruuvin pää liukuu kierretankoon koneistettua uraa vasten, joten tiivisteholkki ei pyöri kiristimen mukana. Laippa kiinnitetään kotelossa olevaan kolmeen kierretappiin. Kahden laakeripesän ympärillä on ylimääräisiä kierretappeja, joita varten laippaan on koneistettu kolot.

Kotelon laakeripesät mitattiin 3D-mittalaitteella tulpan osien valmistusta varten. Tulppien valmistusten kannalta tärkeitä mittoja olivat öljysuuttimen etäisyys laakeripesän keskiöön ja kiinnitettäviin pultteihin. Myös pulttien välien etäisyys, sekä mitat pulteista laakeripesän keskiöön olivat välttämättömiä mallinnusta varten. Mitat täytyi ottaa jokaisesta neljästä laakeripesästä erikseen, sillä suuttimen sijainnit laakeripesässä poikkesivat toisistaan. Laippoja mallintaessa hyödynnettiin 3D-mittaustuloksia. Mallinnetun laipan piirrokseen merkattiin CAD-ohjelmalla tarvittavien reikien mitat XY-koordinaateilla koneistusta varten. Kuvassa 13 laipan piirustus sekä reikien XY-koordinaatit. Diameter –sarakeeseen on merkattu reikien halkaisija.



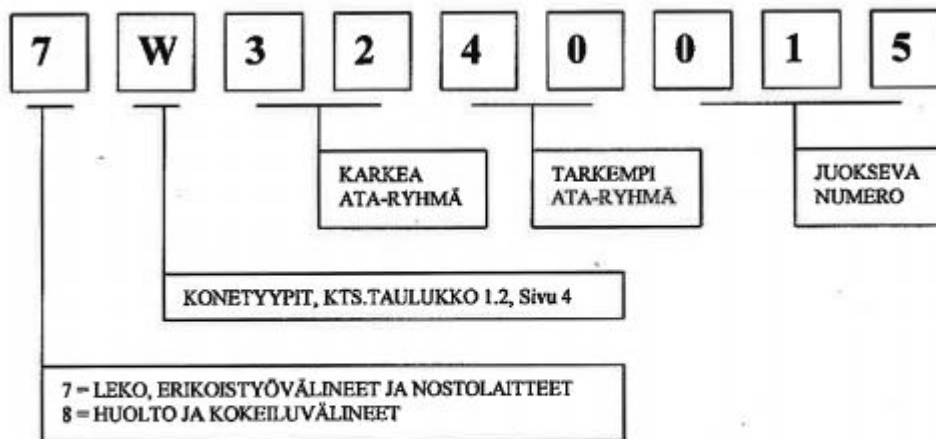
Kuva 14. Laippa ja siihen koneistettavien reikien mitat XY-koordinaateilla taulukossa.

4.3 Tulppien tietojen lisääminen GATESin toiminnanohjausjärjestelmään

Suunnitelluille tulpille tehdään GATESin työkaluprosessin mukaiset toimenpiteet. Työkalua varten täytetään ensin GATESin sisäinen 421-lomake. Lomaketta käytetään kokeilulaitteiden ja erikoistyövälineiden hyväksynnässä sekä käytöstä poistettaessa [9]. Lomakkeen laatii työkalua käyttävän osaston henkilö tai työkaluista vastaava henkilö [9]. Lomakkeeseen kirjataan työvälineen nimitys, käyttökohde sekä työkalunumero ja osanumero. Yksilönumero täytetään vain silloin, jos järjestelmässä on useita samanlaisia työkaluja. Työkalu- ja osanumerot ovat yleensä samoja.

Tulpille ja tulppien piirustuksille on luotava työkalunumero ja yksilönumero, jotka määritetään työkalun suunnittelijan toimesta. Työkalunumero määräytyy GATESin sisäisten ohjeiden mukaan. Kuvassa 10 on kuvattuna, minkä perusteella työkalunumero tulee määrittää. Kuvassa 10 olevaa juoksevaa numeroa käytetään myös yksilönumerona.

Numeroinnissa käytetään 9 merkkiä.



0	Yhteiset (Huolto, Kokeilu, Mittaus, ja Tarkastusvälineet)
1	MD11
1P	MD11, PW4000 moottorin työkalut
2	AT4, AT7
7	D1C
7F	D1C, JT9D-56 moottorin työkalut
B	757
D	Draken
E	Embraer 170 ja työkalut jotka käy myös 190 malliin
F	Embraer 190
HO	Hornet asiakasvarasto
H	Hawk asiakasvarasto
P	Airbus 340
R	Airbus 330
S	Airbus 350
U	Airbus 319
V	Airbus 320
W	Airbus 321 tai 32S yhteiset
Y	767

Kuva 15. Työkalunumeroiden määritelmä sekä taulukko, jossa on konetyyppeihin viittaavat merkin-
nät [10, s.4].

5 Yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin GATESille ja sen aiheena oli korjausvalmiuden luominen suihku-moottorin apulaitevaihteiston kotelolle valmistajan antamien DICA-ohjeiden mukaisesti. Työn keskeisin sisältö oli kotelon korjausprosessin painetestauksessa käytettävien tulppien suunnittelu.

Apulaitevaihteisto on moottoriin kuuluva laite, jonka tehtävänä on ohjata ja säädellä lentokoneen ja moottorin apulaitteita. Sen pääkokoontaan kuuluu apulaitevaihteiston kotelo, vaaka-akseli sekä hammaspyörästöstä, joka vähentää tai lisää pyörimisnopeutta vastaamaan kunkin laitteen tarvittavaa vaatimusta. Apulaitevaihteistossa on kotelo, joka sisältää hammaspyörästön ja laakerit. Jos kotelon laakeri rikkoutuu ja aiheuttaa laakeripesiin jälkiä, laakeripesä korjataan tässä opinnäytetyössä määritellyillä ohjeilla. Korjausprosessissa laakeripesän jäljet hiotaan, jonka jälkeen laakeripesien alla oleville öljykanaville tehdään painetestausta. Painetestausta varten tarvitaan tulpat, mitkä suunniteltiin tässä opinnäytetyössä. Apulaitevaihteiston kotelossa on viisi laakeripesää ja neljä suljettavia öljykanavien suutinreikiä, joten tulppia suunniteltiin neljä kappaletta. Tulpat estävät öljyn vuotamiset suuttimesta painetestauksen aikana.

Insinööriyön kohteena oleva apulaitevaihteiston kotelo on Finnairin omistama, mutta korjaustyö tullaan toteuttamaan GATESin toimesta. Tässä insinööriyössä luoduilla tulppilla ja korjausprosessiohjeilla voidaan jatkossa korjata myös muita vastaavanlaisia kotelaitteita, joille on kysyntää jatkossa.

Lähteet

- 1 Global Leader in Commercial Aviation. Verkkoaineisto. <<https://www.gatele-sis.com/about-ga-telesis/>>. Ga Telesis. Luettu 5.2.2021.
- 2 Gates Presentation Digital Version. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. GATES Oy.
- 3 CFM56-5A/5B Training Manual-Basic Engine. 2009. Yrityksen sisäinen dokumentti. CFM International.
- 4 CFM56-5B ENGINE SHOP MANUAL [SM.9], CFM-TP-516-A-ATA, version 77. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. CFM International.
- 5 CFM56-5B Training Manual. 1994. Yrityksen sisäinen dokumentti. CFM International.
- 6 Yleistä FPI-särötarkastuksesta. Verkkoaineisto. Finnsonic Oy. <<https://www.finnsonic.com/ilmailun-sarotarkastus-ja-pesuratkaisut/fpi-sarotarkastus/yleista-fpista>>. Luettu 1.5.2021.
- 7 Usein kysyttyä rikkomattomasta testauksesta. Verkkoaineisto. Rel, Inc. <<https://www.relinc.com/fi/ndt-faqs/>>. Luettu 1.5.2021.
- 8 Kadłub Przekładni AGB CFM56-5. 2015. Verkkoaineisto. Safran. <<https://www.safran-transmission-systems.pl/pl/image/268>>. Luettu 30.3.2021.
- 9 Kokeilulaitteet/Erikoistyövälineet (GATES 421) - Lomakekäsikirja.1. painos. 2013. Yrityksen sisäinen dokumentti. GATES Oy.
- 10 Finnair KO 7.6.5 Numbering of tools and drawings. 2012. Yrityksen sisäinen dokumentti. Finnair Oyj.