

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Henri Lehtinen

YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄN TOIMILAITTEIDEN VIKA-ANALYYSI

Työn ohjaaja TkL Heikki Aalto
Työn teettäjä Satakunnan lennosto, valvojana Inskapt Harri Saarinen
Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Lehtinen, Henri

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Tammikuu 2008

Hakusanat

Ympäristöjärjestelmän toimilaitteiden vika-analyysi

63 sivua + 4 liitesivua

TkL Heikki Aalto

Satakunnan lennosto, valvojana Inskapt Harri Saarinen

Hornet, toimilaitte, vika-analyysi

TIIVISTELMÄ

Ilmavoimien F-18 Hornet-torjuntahävittäjäkaluston nykytoiminnon vaihe elinkaariajattelussa on käyttö ja sen aikainen tuki. Kyseiseen vaiheeseen kuuluu järjestelmän ylläpidon ja tukitoimien lisäksi myös tiedonkeruu, testaus ja analysointi sekä tarvittaessa muutosten teko. Tässä työssä kerättiin tietoja ympäristöjärjestelmän vikaantuneista toimilaitteista ja tehtiin vika-analyysi vikaantuneimmille toimilaitteille. Analyysissä tarkasteltiin vikatiheyden kehitystä, vikatyyppejä ja toimilaitteen yleisimpiä vikoja. Yhtenä työhön liittyvä osana oli myös pohtia Lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmän käyttökelpoisuutta vika-analyysin työkaluna.

Työssä käytettiin luottamuksellisia tietoja, jotka omistaa Ilmavoimat. Kyseiset tiedot ovat omina liitteinään. Vika-analyysi aloitettiin keräämällä tietoa Lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmään laadituista vikailmoituksista. Tiedot vietiin tietokantaan ja niitä täydennettiin myös muista tietojärjestelmistä saaduilla tiedoilla. Saadut tiedot piti osittain jakaa uusiin ryhmiin ja tarpeettomat sekä ylimääräiset tiedot piti poistaa. Joukko-osastoissa tapahtuvaa analysointia varten vikailmoitustietojen käyttö ei nykyisellä järjestelmään syötetyllä tietojen tarkkuudella ole kovinkaan tehokasta.

Toimilaitteiden osalta analyysi osoitti, että pitkällä tarkasteluvälillä keskimääräinen vikaantumisväli on pääosin kasvanut, mikä on tietysti hyvä asia. Toimilaitteiden vikaantumiset johtuvat pääosin tyypillisistä vioista jokaisen toimilaitteen kohdalla. Materiaaleista johtuvia vikoja voitaisiin poistaa jatkossa paremmalla suunnittelulla ja laadukkaammilla materiaali- ja varaosavalinnoilla. Lisäksi tulisi miettiä ohjeistuksen ja toimintatapojen muuttamista aiheettomien laiteirrotusten ehkäisemiseksi.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aircraft Technics

Lehtinen, Henri

Failure analysis of Environmental Control System devices

Engineering Thesis

63 pages, 4 appendices

Thesis Supervisor

Heikki Aalto (Lic.Sc.)

Commissioning Company

Satakunta Air Command. Supervisor: Harri Saarinen (Eng. Capt.)

January 2008

Keywords

Hornet, device, failure analysis

ABSTRACT

The Finnish Air Force F-18 fighter fleet life span phase is now, utilization and its support. Phase is consisting of maintenance, support, data acquisition, testing, analysing and making modifications if needed. In this thesis, data acquisition was made of the Environmental Control System devices. Failure analysis was made at the most failure devices. Analysis is made up of; Mean Time Between Failure progress, type of the failure and typical failure of device. One part of the thesis was also to think over that how the computer-aided acquisition and logistic support system called LTJ is usable for making failure analysis.

The Finnish Air Force confidential information is separately appended. Failure analysis data base is based on LTJ failure reports and some other information from other sources. There was some need for reorganized the information and remove unnecessary and additional data. Using the LTJ failure reports for failure analysis is not that efficient at level of the Air Force flying units. Information input should be more accuracy than what it is now.

Failure analysis showed that the Mean Time Between Failure rate mostly grew up during the perusal period. Devices failures were mostly so called typical failures. Material failures could be reduced in the future with better planning and better quality of spare parts. Some effort should be also put into an instructions and operations models to prevent unfounded device releases.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO	4
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Ilmavoimat /11/	9
1.2 Satakunnan lennosto /11/	10
1.3 F-18 Hornet /11/	12
2 KUNNOSSAPITO JA KÄYTETTÄVYYS	13
2.1 Ehkäisevä kunnossapito /4/	14
2.2 Käytettävyys	16
3 LENTOTEKNIIKAN LOGISTIIKAN TIETOJÄRJESTELMÄ (LTJ) /8/	16
3.1 Vikailmoitusmenettely	17
3.2 Vikailmoituksen laatiminen	18
3.3 Menettelytavat	18
3.4 Vikailmoituksen numerointi	21
3.5 Vikailmoituksen käyttö	21
4 F-18 HORNET-HÄVITTÄJÄN YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ	21
4.1 Ympäristöjärjestelmän kuvaus ja toiminta /3, 5/	22
4.2 Ympäristöjärjestelmän osajärjestelmien tehtävät /3, 5/	25
4.3 Ympäristöjärjestelmän vianilmaisujärjestelmä /3/	27
5 VIKA-ANALYYSIN TOIMILAITTEET	29
6 VIKA-ANALYYSIN PERUSTIEDOT	30
6.1 Tietokannan luonti	31
6.2 Kerätyn tiedon vertailu	32
6.3 Vikahavainnon ajankohdan uudelleenjako	32
6.4 Tutkimuksen kohteet vika-analyysissa	35
7 VIKAILMOITUSTIETOJEN ANALYSOINTITAVAT	35
7.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	36
7.2 Yleisimmät vikaindikaattorit, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	36
7.3 Toimilaitteisiin kohdistetut viat	37

8	AVIONICS RAM AIR CHECK VALVE	37
8.1	MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	38
8.2	Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	39
8.3	Toimilaitteeseen kohdistetut viat	40
9	COCKPIT AVIONICS COOLING FAN	41
9.1	MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	42
9.2	Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	43
9.3	Toimilaitteeseen kohdistetut viat	45
10	BLEED AIR PRESSURE REGULATING AND SHUT OFF VALVE	46
10.1	MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	46
10.2	Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	47
10.3	Toimilaitteeseen kohdistetut viat	49
11	RLCS RAM AIR SCOOP ACTUATOR	50
11.1	MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	50
11.2	Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	51
11.3	Toimilaitteeseen kohdistetut viat	53
12	ACS TEMPERATURE/FLOW CONTROLLER	54
12.1	MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana	58
12.2	Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset	59
12.3	Toimilaitteeseen kohdistetut viat	60
13	JOHTOPÄÄTÖKSET	61
	LÄHDELUETTELO	63

LIITTEET

- 1 Hornetin ympäristöjärjestelmän aikavalvotut toimilaitteet LTJ:ssä
- 2 Toimilaitteisiin kohdistettujen vikailmoitusten määrät (luottamuksellinen)
- 3 Tarkastelujakson lentotunnit ja MTBF-arvot (luottamuksellinen)
- 4 Tarkastelujakson tehtävänkeskeytykset (luottamuksellinen)

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

ACS	Air Conditioning System, Ilmastointijärjestelmä
ADC	Air Data Computer, Ilma-arvotietokone
AIM	Air Intercept Missile, Ilmatorjuntaohjus
AMRAAM	Advanced Medium Range Air to Air Missile, Edistyksellinen keskimatkan ilmasta ilmaan ohjus
APU	Auxiliary Power Unit, Apuvoimalaite
BIT	Built-In Test, Itsekoeistus
DDI	Digital Display Indicator, Järjestelmänäyttölaite
DW	Data Warehouse, Tietovarasto
ECS	Environmental Control System, Ympäristöjärjestelmä
FLIR	Forward Looking Infra Red, Infrapunaetsin
HN	F-18 Hornet
IFEI	Integrated Fuel and Engine Indicator, Moottori- ja polttoainejärjestelmien näyttölaite
LCS	Liquid Cooling System, Nestejäähdytteinen järjestelmä
LentoTL	Lentotekniikkalaitos
LEX	Leading Edge Extension, Etureunajatke
LHV	Lentokaluston huolto- ja valvontajärjestelmä
LTJ	Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmä
LYK	Laiteyksilö
MLU 1	Mid Life Upgrade 1, Elinkaaren keskivaiheen päivitys 1
MMP	Maintenance Monitor Panel, Huoltonäyttölaite
MT	Muutostiedote
MTBF	Mean Time Between Failure, Keskimääräinen vikaantumisväli
NDI	Nondestructive Inspection, Ainettarikkomaton tarkastusmenetelmä
OBOGS	On-Board Oxygen Generating System, Hapenkehitysjärjestelmä
REKNO	Rekisterinumero
RLCS	Radar Liquid Cooling System, Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä
ROR	Repair of Repairables, Korjattavissa olevien korjaus
SAR	Software Anomaly Report, Ohjelmiston poikkeamaraportti
SPC	Statistical Process Control, Tilastollinen prosessinohjaus

STR	Software Trouble Report, Ohjelmiston haittaraportti
TMT	Teknillinen muutos- ja tiedotusjärjestelmä
VI001	Vikailmoituksen haku
VIRA30	Vikailmoitusluettelo
VMAHA	Ilmavoimien lentoteknillisen toimialan materiaalihallintajärjestelmä

1 JOHDANTO

Tässä tutkintotyössä perehdyttiin F-18 Hornet-hävittäjän ympäristöjärjestelmässä (ECS) havaittuihin vikoihin ja poikkeamiin järjestelmän toimilaitteissa, jotka on kirjattu Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmään (LTJ). Hornet-hävittäjä on moderni ja monimutkainen kokonaisuus, joka koostuu monista eri pääjärjestelmistä. Koko koneen toimilaitteiden vika-analyysi olisi tutkintotyöksi liian laaja-alainen. Analysoimalla yhden pääjärjestelmän toimilaitteet, saavutettiin sellainen taso, jolla voitiin katsoa olevan merkitystä työn teettäjän ja tekijän kannalta.

Työ rajattiin siten, että vika-analyysi koski toimilaitteiden vikailmoituksia ajanjaksolta 1.1.2000 – 30.6.2007. Kyseisellä aikavälillä saatiin riittävä määrä vikailmoituksia sisällytettyä analysoinnin piiriin. Tämän lisäksi konetyypin käyttöönoton alkuvaiheen lastentautimaiset viat toimilaitteissa, sekä LTJ:n käyttöönotovaiheen epätarkkuudet ja virheellisuudet jäivät tarkastelun ulkopuolelle.

Tutkintotyön tavoitteena oli

- löytää ja analysoida ympäristöjärjestelmän vikaantuneimpien toimilaitteiden pitkän aikavälin toistuvat vikamoodit sekä tarkastella pitkän aikavälin vikatiheyden kehittymistä ympäristöjärjestelmän toimilaitteiden osalta
- tarkastella, ovatko LTJ:n vikailmoitussovelluksen selaus- ja raportointiominaisuudet käyttökelpoisia joukko-osastotasolla sekä määritellä niiden käytölle mahdollisia parannusehdotuksia

Tutkintotyö syventää lisäksi tekijän tietämystä HN-koneen ympäristöjärjestelmästä sekä sen eri vikaantumistyypeistä ja korjaustoimenpiteistä. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää asiantuntijan työtehtävissä Hornetin parissa.

1.1 Ilmavoimat /11/

Ilmavoimien operatiivisina tehtävinä rauhan aikana ovat ilmavalvonta, tunnistus-lentotoiminta sekä sodan ajan valmiusyhtymien tuottaminen. Ilmavoimat vastaa maamme ilmatilan jatkuvasta valvonnasta ja vartioinnista. Ilmatilan loukkaukset estetään tarvittaessa voimakeinoin. Sodan aikana ilmavoimien päätehtävä on hävittäjätorjunta.

Suomen ilmavoimien historia ulottuu vuoteen 1918 ja se on yksi maailman vanhimmista ilmavoimista. Hävittäjätorjunnan perinteet alkavat 1930-luvulta, jolloin tapahtui siirtyminen vesitasoista maakoneisiin. Tuolloin aloitettiin uuden hävittäjä-taktiikan kehittäminen ja se oli avainasemassa toisen maailmansodan aikaisessa menestyksellisessä torjuntatoiminnassa viholliskoneita vastaan. Väkilukuunsa suhteutettuna Suomi tuotti eniten hävittäjä-ässä koko maailmassa.

1990-luvun loppupuolella ilmavoimat uusi hävittäjäkalustonsa. MiG-21BIS ja Saab 35 Draken –kaluston korvasi F-18 Hornet. Uuden hävittäjäkaluston sekä ilmavalvonta- ja taistelunjohtojärjestelmien uusintojen ja päivitysten jälkeen ilmavoimiemme torjuntakyky nousi uudelle ja kansainvälisestikin ottaen korkealle tasolle. Ilmavoimilla on käytössään monilta osin tuoreinta teknologiaa ja se on nykyaikainen ja virtaviivainen itsenäinen puolustushaara.

Toiminta kansainvälisessä ympäristössä on lisääntynyt huomattavasti tämän vuosikymmenen aikana, jolloin eurooppalainen kriisinhallinta on tullut voimakkaasti esiin. Hävittäjäkalustomme on osaltaan yhteensopiva muiden Euroopan valtioiden järjestelmien kanssa, ja kansainvälisen toiminnan eri tehtäviin koulutetaan yhä enemmän ilmavoimiemme henkilöstöä tänä päivänä.

Maamme on jaettu kolmeen ilmapuolustusalueeseen (kuva 1), jotka ovat yhteneväisiä maanpuolustusalueiden kanssa. Pohjoisen Maanpuolustusalueen ilmatilasta vastaa Rovaniemellä päätukikohtaansa pitävä Lapin lennosto. Itäisen Maanpuolustusalueen ilmatilan vastuuta hoitaa Karjalan lennosto Kuopion lähettyviltä

ja Läntisen Maanpuolustusalueen ilmatilasta vastaa Satakunnan lennosto Pirkkalan päätukikohdastaan.



Kuva 1 Maanpuolustusalueet /13/

Ilmavoimien tunnuslause on "Qualitas Potentia Nostra", "Laadussa on voimamme".

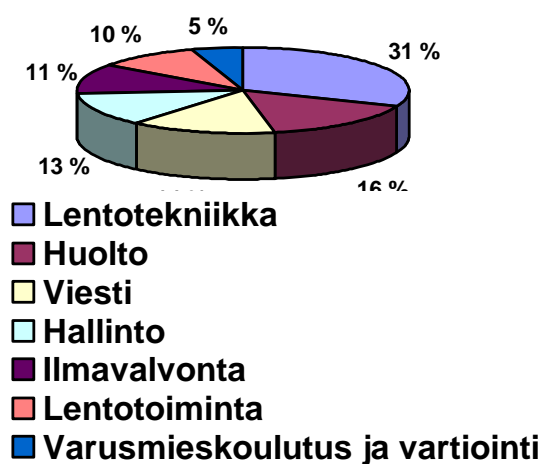
1.2 Satakunnan lennosto /11/

Satakunnan lennosto ilmavoimien valmiusyhtymänä vastaa hävittäjätorjunnasta, ilmatilan jatkuvasta valvonnasta ja vartioinnista sekä alueellisen koskemattomuuden turvaamisesta Lounais-Suomen ilmatilassa. Lennoston vastuualue yhtyy Läntiseen Maanpuolustusalueeseen ja rajoittuu etelässä ja lännessä laajaan kansainväliseen ilmatilaan. Suurin osa maamme väestöstä sekä talouselämästä sijaitsee lennoston vastuualueella. Satakunnan lennosta johtaa lennoston komentaja. Hänen apuna on esikunta, jonka eri osastot suunnittelevat ja koordinoivat omien alojensa toimintaa ja koulutusta. Satakunnan Lennoston yksiköt ja niiden tehtävät ovat:

- 3. Pääjohtokeskus vastaa tutka-asemineen ilmatilan valvonnasta ja tunnistuslentoja suorittavien koneiden johtamisesta. 3. Pääjohtokeskus johtaa noin 100 tunnistuslentoa vuodessa.
- Hävittäjälentolaivue 21 vastaa tunnistuslentotehtävistä, mahdollisten ilmatilan loukkausten torjunnasta sekä hävittäjälentäjien lentokoulutuksesta.
- Viestikorjaamon tehtävänä ovat lennoston toimintaan liittyvien viesti- ja sähkötekniisten laitteiden asennukset, huollot ja korjaukset.
- Lentokonekorjaamon tehtävänä on suorittaa lentokoneiden määräaikaishuollot ja vikakorjaukset.
- Tukikohtakomppaniassa annetaan kutsuntojen kautta palvelukseen tulleille varusmiehille mm. sotilaspoliisikoulutusta.
- Huoltokeskus huolehtii muonituksesta, kuljetuksista, varastoinnista ja terveystalouksista.

Lennostossa on rauhan aikana noin 500 henkilöä töissä erilaisissa tehtävissä, joko virka- tai työsopimussuhteisina. Henkilöstö muodostuu upseereista, erikoisupseereista, opistoupseereista, aliupseereista ja siviilityöntekijöistä. Tästä määrästä on naisia noin 18 prosenttia.

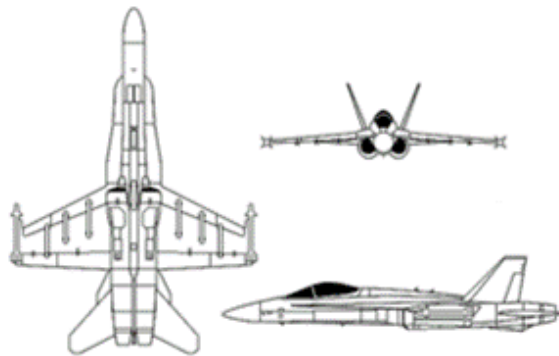
Toimialoittain henkilöstö jakaantuu kaavion 1 osoittamalla tavalla.



Kaavio 1 Henkilöstön toimialajako

1.3 F-18 Hornet /11/

Suomen ilmavoimien käyttämä Hornet on tyypiltään torjuntahävittäjä. Ensimmäiset neljä kaksipaikkaista F-18D Hornet hävittäjää lennettiin USA:sta Suomeen marraskuussa 1995 ja loput kolme helmikuussa 1996. Kaikki yksipaikkaiset F-18C Hornetit koottiin Suomessa Patria Finavitecin toimesta, joista ensimmäinen yksipaikkainen kone luovutettiin Ilmavoimille kesäkuussa 1996 ja viimeinen kone luovutettiin ilmavoimien käyttöön elokuussa 2000. Koneita on tällä hetkellä yhteensä 63 kappaletta, joista kaksipaikkaisia D-versioita on seitsemän. Yksi yksipaikkainen kone on tuhoutunut lento-onnettomuudessa marraskuussa 2001.



Kuva 2 F-18 Hornetin silhuetit /2/

Tekniset tiedot:

Konetyyppi:	Boeing F-18C ja F-18D Hornet
Alkuperämaa:	Amerikan Yhdysvallat
Voimalaite:	Kaksi 7 983 kp General Electric F404-GE-402 – ohivirtausmoottoria
Suoritusarvot:	Suurin nopeus matalalla 1 300 km/h, korkealla 1,8 Machia, pisin lentomatka lisäsäiliöiden kanssa korkealla 3 700 km, lakikorkeus 15 000 m
Tyhjäpaino:	10 680 kg
Suurin lentopaino:	23 541 kg
Pituus:	17,07 m
Korkeus:	4,67 m

Kärkiväli:	11,43 m
Aseistus:	1 kpl Vulcan 20 mm M61 tykki, 10 kpl AIM-120 AMRAAM tutkahakeutuva ohjus, 2 kpl AIM-9M Sidewinder infrapuna ohjus

2 KUNNOSSAPITO JA KÄYTETTÄVYYS

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. Kunnossapidosta puhutaan teiden, katujen, kevyen liikenteen väylien, latujen, avantojen, rakennusten tai teollisuuden tuotantokoneiden hoidon yhteydessä. Tietojärjestelmien kunnossapitoa sanotaan ylläpidoksi. Henkilöiden kunnossapitoa sanotaan huoltamiseksi tai holhoukseksi. /14/

Käsitteellisesti kunnossapito ja huolto eivät ole täysin vakiintuneita maassamme. Sisällön ja merkityksen suhteen on eri toimintojen alueella suuriakin vaihteluita. Kunnossapito käsitteenä on huomattavasti huoltoa laajempi, johon kuuluu keskeisenä osana oma ajattelutapa konkreettisten toimintojen lisäksi /4/.

Lindley R. Higginsin /7, s. 1/ mukaan kunnossapito on tiedettä, koska ennemmin tai myöhemmin sen toteuttaminen riippuu suuresta osasta, tai jopa kaikista tieteenaloista. Se on taidetta, koska näennäisesti samanlaiset ongelmat säännöllisesti vaativat ja saavat vaihtelevia lähestymistapoja ja toimenpiteitä, ja koska jotkut päälliköt, työnjohtajat sekä mekaanikot osoittavat suurempaa kyvykkyyttä kuin muut näyttävät tai edes saavuttavat. Se on ennen kaikkea filosofiaa, koska se on tieteenala jota voidaan soveltaa intensiivisesti, vaatimattomasti tai ei ollenkaan, riippuen laajan alueen vaihteluista, jotka toistuvasti ylittävät välittömät ja ilmeiset ratkaisumallit.

2.1 Ehkäisevä kunnossapito /4/

Vian ilmenemistä ennen suoritettu ehkäisevä kunnossapito voidaan tarvittaessa erotella käytön seurantaan, jaksotettuihin huoltoihin ja kunnonvalvontaan.

Käyttöseuranta

Käyttöseuranta on kaiken kunnossapitotoiminnan peruspilareita. Sitä suorittavat pääsääntöisesti käyttäjät, mutta jossain määrin myös kunnossapitohenkilöstö. Tärkeimpiä asioita käyttöseurannassa ovat: pienet huoltotoimenpiteet, kunnon seuranta ja havaintojen kirjaaminen, työympäristöstä huolehtiminen sekä yhteistyö kunnossapitohenkilöstön kanssa toimintoja kehittäen.

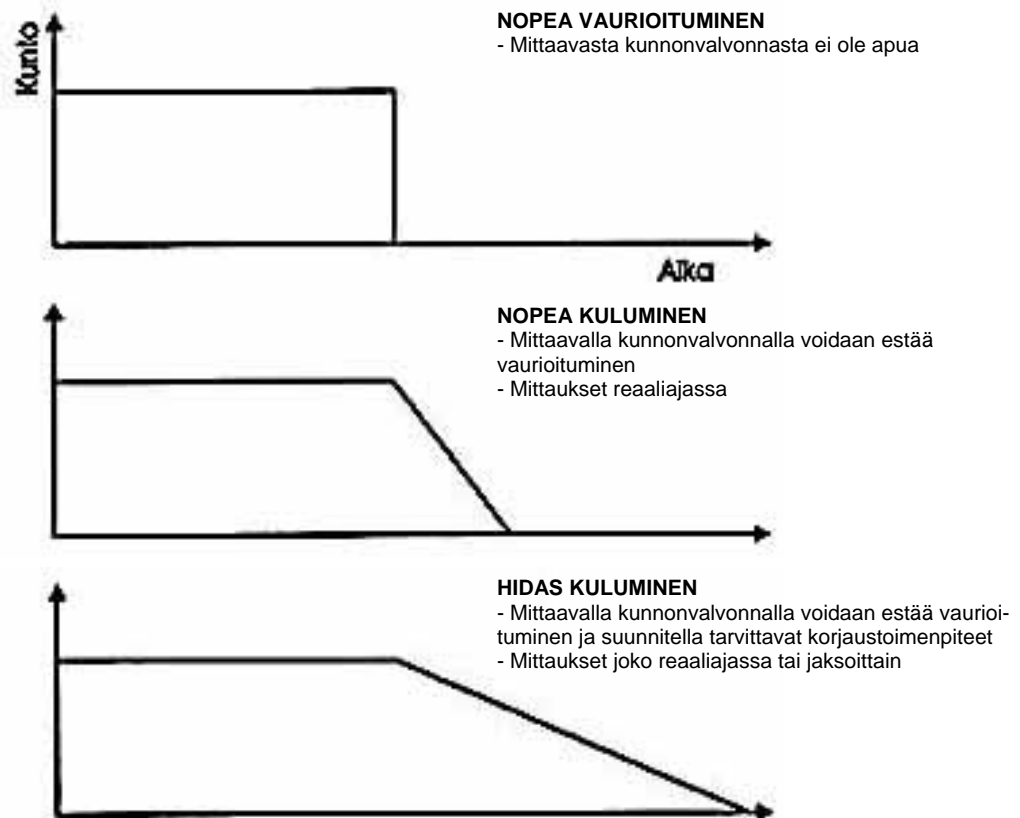
Jaksotetut huollot

Jaksotetut huollot ovat merkittävässä asemassa ehkäistäessä järjestelmien ja laitteiden vikaantumisia. Tärkeää ovat huoltojen vaatimukset, systemaattisuus, oikea-aikaisuus. Nämä tulee suunnitella yhteistyössä valmistajan ja käyttäjän kanssa, jotta huollatusjärjestelmästä saadaan mahdollisimman tehokas ja tarkoituksenmukainen, unohtamatta taloudellisia ja analyttisiä tavoitteita. Huoltotoiminnan jaksotusperusteina voidaan käyttää esimerkiksi: kalenteriaikaa, käyttöaikaa, käytettävää määrää, kunnonvalvonnassa saatuja tuloksia ja käyttöolosuhteita.

Kunnonvalvonta

Aluksi pitää luoda järjestelmä, jossa pitää valita mitattavalle kohteelle sopivimmat tunnussuureet ja niille määritellään suoritusten taajuudet ja raja-arvot. Alkuvaiheen päätöksiin kuuluu myös valita suoritusjärjestelmä mittauksille sekä tulosten tulkin- ta- ja taltiointijärjestelmät. Kunnonvalvonnan etuina saavutetaan: kustannussäästö- jä, turvallisuutta, ympäristöpäästöjen minimointia, käytön tehokkuutta ja laatua sekä tuotekehityksen parantelua. Kunnonvalvonnassa suoritettavilla mittauksilla on kiinteä yhteys mittaustulosten tulkitsemiseen ja analysointiin. Mittausten tehok-

kuus ja soveltuvuus riippuvat voimakkaasti tutkittavan vikaantumisen muodostumisnopeudesta, kuten kuvasta 3 voidaan nähdä.



Kuva 3 Vaurioitumisen nopeuden vaikutus mittaavan kunnonvalvonnan käyttekelppoisuuteen.

Kunnonvalvontamittausten luokittelu

Luokitusperusteina voivat olla tunnussuureet tai mittausmenetelmät:

- Aistinvaraiset tarkastukset
- Fysikaaliset perussuureet
- Sähköiset perussuureet
- Ainetta rikkomattomat (NDI) tarkastukset
- Värähtely- ja äänimittaukset
- Nesteanalyysit

Valmiiden tuotteiden ominaisuudet

SPC on tuotteiden laadunvalvonnassa mitattujen ominaisuuksien tilastolliseen analyysiin perustuva menetelmä. Pääsääntöisesti SPC analyysissa esille tulevat poikkeamat johtuvat prosessin säätövirheistä.

2.2 Käytettävyys

Ilmailuteollisuudessa ja lentoyhtiöissä on ollut jo kauan käytössä edellä kuvattujen kaltaiset ehkäisevän kunnossapidon toimintamenetelmät ja kunnonvalvonnan jatkuva tarkkailu sekä parantaminen. Edellä mainittuja menetelmiä on tosin jalostettu ilmailun piirissä, mutta tarkoitus ja periaatteet ovat samoja kuin muillakin teollisuuden ja liikenteen aloilla.

Puolustusvoimat ja erityisesti ilmavoimat ovat panostaneet kalustonsa korkeaan käytettävyyteen, joka on käyttövarmuuden mittari. Se on yksi tapa, jolla uskottavaa maanpuolustustamme voidaan mitata. Ilmavoimien hävittäjäkalustolle on annettu käytettävyysprosenttitavoite, jonka yläpuolella joukko-osastot parhaansa mukaan pyrkivät olemaan. Käytettävyysprosenttiin vaikuttavat hyvin moninaiset asiat aina yksittäisestä mekaanikosta tai autonkuljettajasta maailmanpoliittisen tilanteen kiristymisen välillä, jolloin tiettyjen varaosien saantimahdollisuudet heikenevät.

Käytettävyyttä voidaan parantaa, kun huolehditaan kohteen toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden korkeasta laadusta johonka koko henkilöstö saadaan sitoutettua.

3 LENTOTEKNIIKAN LOGISTIIKAN TIETOJÄRJESTELMÄ (LTJ) /8/

Ilmavoimat aloitti 1964 Saab Safir –koneiden manuaalisen valvonnan. Manuaalisella valvonnalla haluttiin edistää lentokaluston käyttövalmiutta ja parantaa lentoturvallisuutta. Käytetyn järjestelmän nimi oli Lentokaluston huolto- ja valvontajär-

jestelmä (LHV). Manuaalisesta järjestelmästä siirryttiin atk-pohjaiseen LHV-järjestelmään vuonna 1981 ja sille suoritettiin laajamittainen päivitys vuonna 1990. Päivityksen yhteydessä järjestelmän nimeksi tuli LHV90. Lentotekniikkalaitos (ent. Lentovarikko) oli järjestelmän atk-operaattori varsin luonnollisesta syystä, koska se vastasi ilmavoimien lentoteknisestä materiaalihallinnosta ja siihen liittyvistä toiminnoista. LHV90-järjestelmän tiedot ja toiminnot on sisällytetty nykyisin käytössä olevaan lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmään (LTJ). LTJ:n myötä joukko-osastot voivat hyödyntää kyseisiä tietoja ja toimintoja varsin tehokkaasti. LTJ otettiin käyttöön vuonna 1998 ja se korvasi täysin LHV90-järjestelmän vuotta myöhemmin.

Ilmavoimat oli 1990-luvun alkupuolella tilanteessa, jossa se halusi yhden järjestelmän hallinnoimaan lentosuoritusilmoituksia, häiriöilmoituksia, vikailmoituksia ja lentokoneiden konfiguraatioita. Ilmavoimat tilasi konfiguraatiohallinnan ja tuotannonohjauksen sovelluksen TietoEnator Oyj:ltä. Ilmavoimien nykyisen lentokaluston kaikki vikailmoitukset, myös LHV90-järjestelmän aikaiset manuaalivikailmoitukset, on syötetty LTJ-tietokantaan. Lentosuoritusilmoitusten, häiriöilmoitusten ja vikailmoitusten käsittelyyn lausuntomenettelyineen sekä lentokoneiden ja laitteiden huolto-, muutos- ja korjaustöiden hallintaan, laitekokonaisuuksien konfiguraation ja sijainnin seurantaan on nyt LTJ:n myötä olemassa atk-pohjaiset välineet ja menetelmät.

LTJ mahdollistaa täysin reaaliaikaisen konetilanteen ylläpidon, josta hyötyvät kaikki sitä tarvitsevat tahot. Järjestelmä mahdollistaa siihen tallennetun tiedon myötä konetilanteesta tehtävän tilastoinnin sekä liitännät myös muihin järjestelmiin.

3.1 Vikailmoitusmenettely

Lentoteknisessä toiminnassa havaitut poikkeamat raportoidaan LTJ:ssä vikailmoituksella ja sitä käytetään toiminnan jokaisella osa-alueella. Jokainen havaittu poikkeama aiheuttaa ainoastaan yhden vikailmoituksen, mutta se voi kohdistua:

- lentotekniseen tuotteeseen
- yksilötasoiseen lentokoneeseen
- yksilötasoiseen laitteeseen
- lentokonelaitteeseen
- lentovarusteeseen
- lentotekniseen maalaitteeseen
- lentotekniseen mittauslaitteeseen
- viestitekniiseen laitteeseen
- muuhun tuotteeseen
- lentokoneohjelmistoon
- lentotekniseen toimintaan yksilöimättä kohdetta tuotteella tai yksilöllä (ohjeet, menettelyt, toiminta ilman kohdetta).

3.2 Vikailmoituksen laatiminen

Mekaanikko tai koneen ohjaaja laatii vikailmoituksen havaittuaan poikkeaman. Normaalissa toiminnassa vikailmoitus laaditaan suoraan LTJ:een atk-päätteellä. Tilanteessa, jossa LTJ ei ole käytössä jonkin syyn vuoksi, joudutaan käyttämään manuaalista vikailmoitusjärjestelmää varajärjestelmänä. Tällöinkin manuaalisesti täytetyt vikailmoitukset tietoineen ja lausuntoineen tallennetaan jälkikäteen LTJ:een heti kun se on mahdollista ja tarkoituksenmukaista.

3.3 Menettelytavat

Vikailmoituksen laadintavaiheessa ryhmitellään eri osa-alueiden tiedot omiin alueisiinsa. Nämä eri osa-alueet toimivat omina hakukriteereinään, joilla voidaan suorittaa erilaisia hakutoimintoja vikailmoituksille myöhäisempää tarkastelua varten esim. tietyn tyyppisiä vikatapauksia tutkittaessa.

Lausuntomenettely

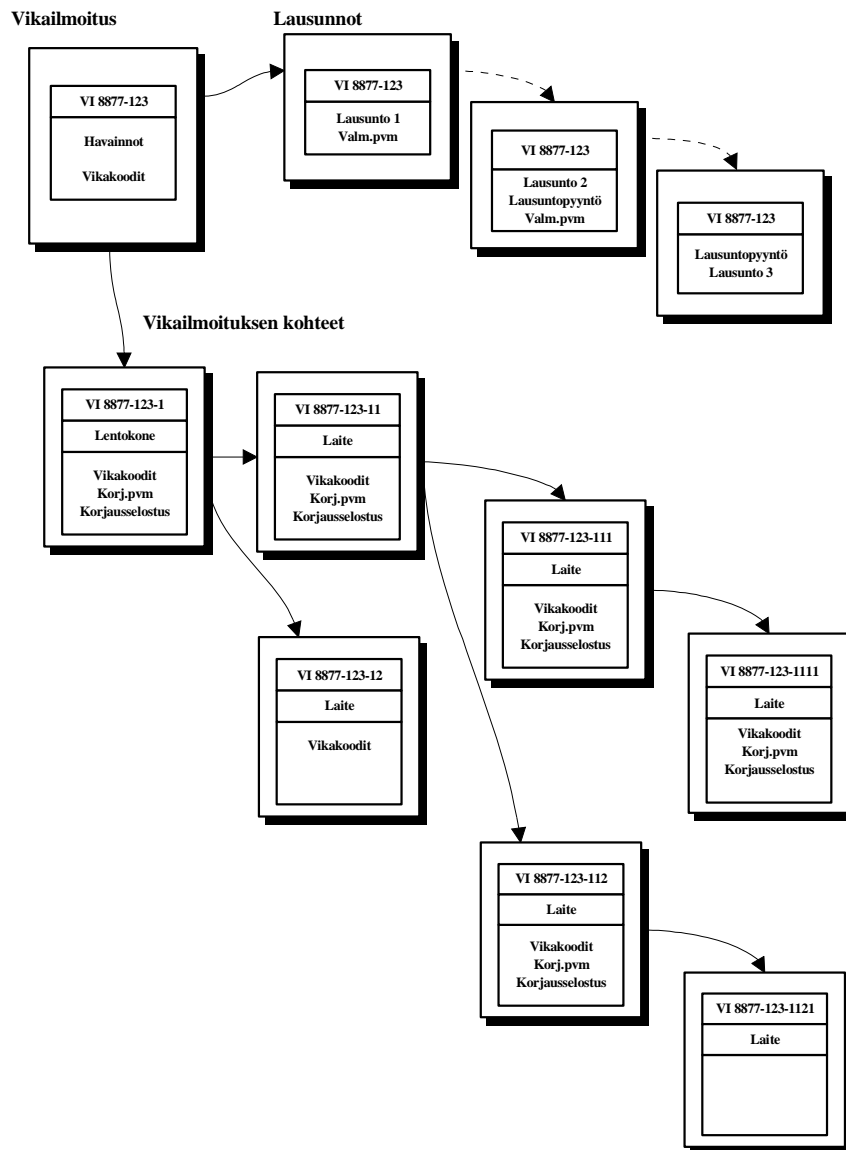
Vikailmoituksessa on vastaavantuypinen kolmiportainen lausuntomenettely kuin häiriöilmoituksessakin. Vian vakavuus määrittelee lausuntovaiheiden lukumäärän ja tason lentoteknisessä organisaatiossa. Vähäinen poikkeama vaatii yhden lausunnon ja puolestaan erittäin vakavaksi luokiteltuun poikkeamaan annetaan kolme lausuntoa. Lausunnot koskevat aina vikakokonaisuutta.

Vikakoodausmenettely

Jokainen poikkeama koodataan aina. Vikaan liittyviä asioita on yhteensä kuusi, joihin vikakoodauksella otetaan kantaa. Jokaisella vikakokonaisuudella ja kaikilla sen kohteilla on omat koodinsa. Esimerkkinä voidaan ottaa tapaus, jossa ensimmäinen vikakoodaus suoritetaan lentokoneella vian ilmetessä. Tällöin koodaus koskee kokonaisuutta ja lentokonetta. Myöhemmässä vaiheessa vian selvittelyn yhteydessä saatetaan lentokoneessa ollut laite todeta vialliseksi ja tällöin vika kohdistetaan laiteirrotuksen yhteydessä kyseiseen laitteeseen ja sille annetaan omat vikakoodinsa.

Erillisten vikailmoitusten yhteenliittäminen

Yhden vian selvittelyprosessi kytketään vikailmoituksen kohdenumeroinnilla kokonaisuudeksi (kuva 4). Esimerkiksi vikailmoituksen numero 8877-123, ensimmäisen kohteen numero 8877-123-1, ensimmäisen kohteen ensimmäisen alakohteen numero 8877-123-11 ja toisen alakohteen numero 8877-123-12 jne.



Kuva 4 Vikailmoituksen selvittely- ja korjausketju

Liittymä häiriöilmoitukseen

Liitäntä vikailmoituksen ja häiriöilmoituksen välillä tehdään joko häiriöilmoituksen laatimisen yhteydessä tai jälkepäin. Vikailmoituksia voi olla useita, jotka liittyvät yhteen häiriöilmoitukseen liittyvään häiriöön. Vikailmoitukseen liittyy aina enintään yksi häiriö.

Liittymä vikakorjaukseen

Vikailmoitukset liitetään suoritettuihin vikakorjaustehtäviin huollon tehtävänkirjauksen yhteydessä tai huoltotehtävien jälkeenpäin kirjauksien yhteydessä.

3.4 Vikailmoituksen numerointi

Vikailmoitus ja sen kohteet kytketään toisiinsa numeroinnin avulla. Joukko-osasto, missä vikailmoitus laaditaan, antaa vikailmoitukselle perusnumeron. Vikailmoituksen ensimmäiseksi osaksi tulee joukko-osaston tunniste ja sitä seuraava juokseva perusnumero on aina joukko-osastokohtainen. Vikailmoitusketjujen kohdenumerointi jakautuu useiksi sarjoiksi alanumerointia, jotka kuvaavat kuvan 5 mukaisesti selvittelyketjua.

3.5 Vikailmoituksen käyttö

LTJ mahdollistaa selaustoiminnan vikailmoituksille erilaisia hakutoimintoja käyttäen. Hakukriteereinä voi olla esimerkiksi lentokoneen runkotyyppi, laiteyksilön numero, vikailmoituksen päiväys tai vikailmoituksen numero. Vikailmoituksen viikahavainto- ja lisätietokentistä voidaan hakea myös vapaalla tekstihaulla. Hakutoiminnat ovat osaltaan toimivia, tosin niiden käyttökelpoisuus kärsii tietoverkon ja/tai palvelimien hitaudesta.

4 F-18 HORNET-HÄVITTÄJÄN YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ

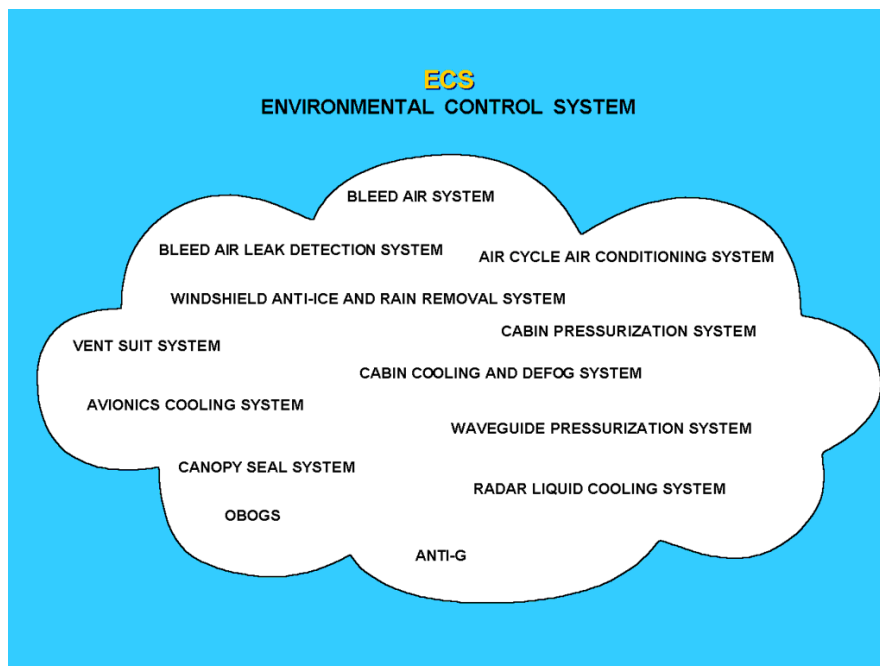
Nykyaikaisissa hävittäjissä pääroolia näyttelevät yleisesti ottaen edistykselliset tietokoneohjatut ase- ja ohjausjärjestelmät. Kyseisillä järjestelmillä on suuri painoarvo hävittäjien kehitystyössä. Kuten hyvin tiedetään, niin kaikessa pätee se tosiasia, että monimutkaisen kokonaisuuden toimivuuden kannalta kaikki osajärjestelmät ovat yhtä tärkeitä lopputuloksen kannalta. Tämä pätee myös Hornet-hävittäjään. Mikäli ase- ja ohjausjärjestelmien tietokoneet eivät saa riittävästi jäähdytysilmaa ympäristöjärjestelmästä, niin tällöin edellä mainitut järjestelmät eivät voi toimia

täysipainoisesti, mikä voi olla kohtalokasta jopa koko hävittäjälle sen suorittaessa tehtävänsä ilmassa.

Hornetin ympäristöjärjestelmän suunnittelukriteerien lähtökohdina ovat olleet ohjaamon, sähkö- ja avioniikkalaitteiden paine- ja lämpötilatarpeen tyydyttäminen mahdollisimman pienellä vuodatusilmamäärällä. Tämän lisäksi järjestelmän tuli kyetä takaamaan ohjaajalle hyvä näkyvyys ulos kaikissa olosuhteissa, poistamalla tuulilasilta ja kuomulta huurteen, sadeveden ja jään. Koneen jäähdytystarpeen tuli olla toteutettavissa monien eri jäähdytyslähteiden (moottorit, APU, puhaltimet, paineilma ja maapuhallin) joustavalla käytöllä. ECS-laitteiden sijoittelu melko ahtaisiin laitetiloihin eri puolelle lentorankoa asetti omat vaatimuksensa laitteiden koolle. BIT-järjestelmä oli huollettavuuden vaatimuksena auttamaan ja helpottamaan vianhaussa. /5/

4.1 Ympäristöjärjestelmän kuvaus ja toiminta /3, 5/

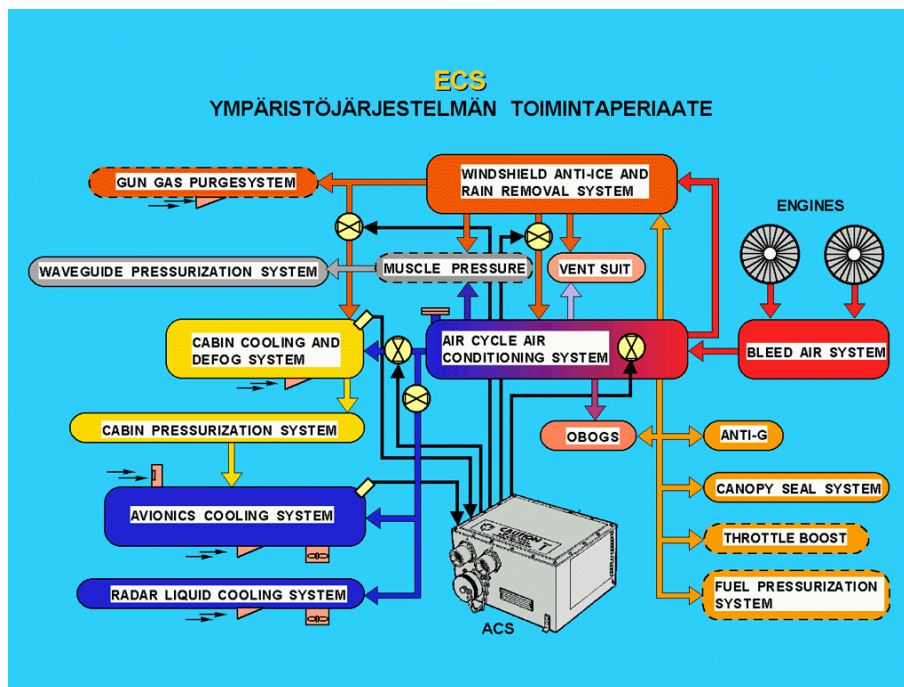
Ympäristöjärjestelmään kuuluu varsinaisesti 13 eri osajärjestelmää (kuva 5) sekä työpaine (Muscle Pressure), jota ei ole piirretty kuvaan. Työpainetta käytetään venttiilien ohjaukseen. Nämä 13 järjestelmää valvovat ja suorittavat toimintojaan lentokoneen ohjaamo- ja avioniikkaympäristössä. Useat näistä järjestelmistä ovat fyysisesti ja elektronisesti kytketty toisiinsa ilmavirtauksen ja lämpötilan jatkuvaa valvontaa varten.



Kuva 5 Ympäristöjärjestelmän osajärjestelmät /9/

Tämän lisäksi ympäristöjärjestelmän tuottamaa ilmaa käyttävät polttoainesäiliöiden paineistus (Fuel Pressurization System), tehonsäätövipujen liikkeen kevyys (Throttle Boost System), tykin ruutikaasujen poisto (Gun Gas Purge System) ja FLIR-podin jäähditys.

Normaalissa toiminnassa ympäristöjärjestelmän tarvitsema vuodatusilma otetaan koneen moottorin korkeapaineahtimen viimeiseltä vaiheelta. Tämä vuodatusilma on lähes koko ympäristöjärjestelmän tarvitseman lämmitys- ja jäähdytysilman perusta. Kuvassa 6 on esitetty ympäristöjärjestelmän toimintaperiaate hyvin yksinkertaisella tasolla.



Kuva 6 Ympäristöjärjestelmän toimintaperiaate /9/

Normaalissa toiminnassa ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö (ACS Temperature/flow Controller) säätää elektronisesti useita komponentteja kuudesta eri osajärjestelmästä. Ohjausyksikkö testaa itsensä, sekä kymmenen muuta siihen sähköisesti kytkettyä laitetta. Ohjaamoon virtaavan ilman lämpötila pyritään pitämään vakiona lentotilasta ja moottoreiden tehoasetuksista riippumatta ohjaajan asetuksen mukaisesti. Avioniikan jäähdytysilman virtausta ja lämpötilaa säädetään myös automaattisesti riippumatta ulkoisista olosuhteista, jotta järjestelmät säilyttäisivät operointikykyänsä.

Manuaalisessa toiminnassa ohjaaja säätää itse ohjaamon lämpötilaa, jolloin lämpötila vaihtelee lentokorkeuden ja moottoreiden tehoasetusten mukaisesti. Mikäli järjestelmän paineet laskevat jostain syystä, avautuvat patopaineventtiilit automaattisesti. Kytettäessä järjestelmä pois päältä, tapahtuu paineistus ja tuuletus patopaineventtiilien avulla patopaineilmaa hyväksi käyttäen.

4.2 Ympäristöjärjestelmän osajärjestelmien tehtävät /3, 5/

Ilmanvuodatusjärjestelmä (Bleed Air System)

Säätää ahtimilta vuodatetun vuodatusilman paineen sopivaksi, jonka jälkeen se johdetaan putkistoa pitkin ilmastointijärjestelmään.

Vuodatusilman vuodonilmaisujärjestelmä (Bleed Air Leak Detection System)

Varoittaa kuumista vuodatusilman vuodoista. Vuodonilmaisukytkimen sulkeutuminen pysäyttää ilmanvuodatusjärjestelmän toiminnan. Järjestelmään kuuluu ohjausyksikkö ja 10 anturia.

Ilmastointijärjestelmä (Air Cycle Air Conditioning System)

Jäähdyttää ja säätää ilmanvuodatusjärjestelmästä tulevan kuuman ilman sopivaksi muiden järjestelmien käyttöön. Pääosa ilmavirrasta otetaan ensiölämmönvaihtimen takaosasta. Jäähdytysturbiinin, vedenerottimen ja lämmönvaihdinten avulla tämä ilmavirta säädetään sopivaksi ohjaamoa ja avioniikkajärjestelmän laitteita varten.

Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmä (Cabin Cooling And Defog System)

Säätelee ja johtaa ilmastointijärjestelmästä tulleen sopivaksi käsitellyn ilman ohjaamoon. Sopivaksi säädetty ilma jaetaan ohjaamoon meneväksi ilmaksi ja tuulilasin huurteenpoistoilmaksi huurteenpoistovivulla.

Avioniikan jäähdytysjärjestelmä (Avionics cooling System)

Säätelee ja jakaa käsitellyn ilman useisiin avioniikkakoteloihin ja -laittiloihin. Ohjaamon avioniikkalaitteet jäähdytetään ohjaamon sivukonsoleissa olevilla sähkökäyttöisillä tuulettimilla. Lisätehoa jäähdytykseen saadaan ohjaamon ilmasta.

Ohjaamon paineistusjärjestelmä (Cabin Pressurization System)

Säätää ohjaamon paineistusta ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmän tuottamalla ilmalla. Ohjaamon korkeus pidetään samana kuin lentokoneen korkeus alle 2400 metrissä.

G-pukujärjestelmä (Anti-G System)

Säätää automaattisesti ohjaajan g-puvun ilmanpainetta ohjaajan kestäkyvyn lisäämiseksi suurilla kiihtyvyyksillä.

Ilmastointipukujärjestelmä (Vent Suit System)

Järjestelmä on poistettu käytöstä MLU 1 aikana tehdyllä rungonmuutostyöllä. Se toteutettiin poistamalla järjestelmään kuuluvat ohjaamon alueen laitteet ja putkistot.

Tuulilasipuhallusjärjestelmä (Windshield Anti-ice And Rain Removal System)

Poistaa jään ja sadeveden tuulilasin ulkopinnalta ilmastointijärjestelmän tuottamalla ilmalla.

Kuomun tiivistysjärjestelmä (Canopy Seal System)

Paineistaa kuomun ja muun rakenteen välissä olevan ilmalla täytettävän tiivisteiden ilmastointijärjestelmästä saadulla ilmalla.

Aaltoputkien paineistusjärjestelmä (Waveguide Pressurization System)

Tuottaa säädettyä, suodatettua, kuivaa ja paineistettua ilmaa tutkan ja elektronisen häirinnän aaltoputkien sisälle tuulilasipuhallusjärjestelmästä saadulla ilmalla.

Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä (Radar Liquid Cooling System)

Jäähdyttää tutkan lähetinyksikköä jäähdytinnesteellä. Järjestelmän lämmönvaihdinta jäähdytetään joko puhaltimella, patoilmailla tai ilmastointijärjestelmän ilmailla. Jäähdytystapa riippuu siitä, onko kone maassa vai lennolla ja lennolla ollessa patoilman lämpötilasta.

Hapenkehitysjärjestelmä (OBOGS)

Poistaa typpeä ja muita epäpuhtauksia moottorin vuodatusilmasta, tehden siitä ohjaajien käyttöön tarkoitettua happirikasta hengitysilmaa.

4.3 Ympäristöjärjestelmän vianilmaisujärjestelmä /3/

Ympäristöjärjestelmän, kuten koneen muidenkin järjestelmien vianilmaisuuksiin on olemassa BIT-järjestelmä. Tämä järjestelmä testaa ja valvoo sekä ilmaisee viat ja poikkeamat järjestelmien ja laitteiden toiminnoissa koodein. Osa testauksista ja valvonnasta ei ole toiminnassa koneen ollessa maassa. Asetetut koodit voidaan lukea nokkateline-tilassa sijaitsevalta MMP:lta ja ohjaamossa sijaitsevalta DDI:ltä tai IFEI:ltä. Koodit auttavat lentotekniikkaa ja lentäjiä järjestelmän poikkeavan toiminnan sekä vianhaun määrittelytyössä.

Ympäristöjärjestelmään liittyvät koodit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, sen mukaan missä ne on asetettu. Ryhmään 1 kuuluvat ne koodit, jotka ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö on asettanut (taulukko 1).

Taulukko 1 Ilmastointijärjestelmän ohjausyksikön asettamat koodit

KOODI	SELITYS
820	ACS temperature/flow controller fail
821	Cabin airflow/temperature sensor fail
822	Avionics airflow/temperature sensor fail
823	Suit/Cabin temperature control fail
824	System supply airflow incorrect
825	Cabin airflow incorrect
826	ECS airflow to radar liquid cooling valve fail
827	Cabin temperature incorrect
828	Radar liquid coolant temperature sensor fail
829	ECS delivery air temperature incorrect
830	Vent suit temperature sensor fail

Ryhmään 2 kuuluvat ne koodit, joita ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö ei ole asettanut, vaan niiden asettamiset tulevat muiden pääjärjestelmien kautta (taulukko 2).

Taulukko 2 Muista järjestelmistä asetetut koodit

KOODI	SELITYS
831	Bleed air leak or bleed air leak detection fail
832	Primary bleed air overpressure
833	Secondary bleed air overpressure
836	Left avionics cooling fan overheat
837	Right avionics cooling fan overheat
838	Left rear avionics cooling fan overheat (F-18D)
839	Right rear avionics cooling fan overheat (F-18D)
840	Radar liquid cooling system filter overpressure
841	Radar liquid cooling system pressure low
842	Radar liquid cooling system heat exchanger or fan fail
843	Radar liquid cooling system door operation fail
844	Radar liquid cooling system temperature high
845	Cabin exit air controller fail
846	Cabin exit air valve fail
847	Cabin exit air pressure low
848	Avionics undercool warning temperature sensor fail
849	Aft equipment bay avionics cooling fan overheat (F-18C)
856	Avionics cooling pressure sensor fail
985	Radar liquid cooling system liquid level low or over filled

5 VIKA-ANALYYSIN TOIMILAITTEET

HN:n ympäristöjärjestelmässä on 38 erilaista toimilaitetta, jotka on syötetty LTJ:ään ympäristöjärjestelmän rakennepuuhun. Kyseiset toimilaitteet kuuluvat siten ns. aikavalvottujen laitteiden ryhmään. Yhtä toimilaitetta lukuun ottamatta, ne ovat täsmälleen samoja sekä yksi-, että kaksipaikkaisissa koneversioissa. Tämän lisäksi joidenkin laitteiden asennetut lukumäärät poikkeavat hieman eri koneversioiden välillä, johtuen ohjaamoiden lukumäärästä. Lista ympäristöjärjestelmän toimilaitteista löytyy liitteestä 1.

Analysoitavat toimilaitteet

Analysoinnin alkuvaiheen pohjaksi luotiin MS-Excel taulukko ympäristöjärjestelmän toimilaitteista. LTJ:ssä suoritettiin hakuikkunalla VI001 haku kaikille ympäristöjärjestelmän toimilaitteille. Hakuparametreina olivat ennalta määritelty tarkastelujakso, toimilaitteen REKNO ja vikailmoituksen käsittelyvaihe (korjatut viat, lentokone). Kyselyn tuloksena saatiin selville laitteisiin kohdistettujen vikailmoitusten määrät, jotka lisättiin taulukkoon (liite 2). Saatujen tietojen perusteella analysoitaviksi toimilaitteiksi otettiin viisi eniten vikaantunutta toimilaitetta, jotka näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3 Analysoitavat toimilaitteet

TOIMILAITE	OSANUMERO
Avionics Ram Air Check Valve	2S2698-7
Cockpit Avionics Cooling Fan	09E69-5
Bleed Air Pressure Regulating And Shutoff Valve	3214394-7
RLC Ram Air Airscoop Actuator	6035A0001-03
ACS Temperature/Flow Controller	625416-5-1

Viiden vikaantuneimman toimilaitteen osuus kaikista laitteisiin kohdistetuista vi-oista oli lähes $\frac{2}{3}$.

6 VIKA-ANALYYSIN PERUSTIEDOT

Vika-analyysityön alkuvaiheessa piti miettiä huolellisesti kahta asiaa: mitä perustietoa tarvitaan ja mistä se on mahdollista saada. LTJ mahdollistaa muutamia raportointimenetelmiä ja alussa parhaaksi perustiedon hankintakanavaksi osoittautui vikailmoitusluettelo, joka saatiin VIRA30:llä.

VIRA30 mahdollistaa vikatietojen tulostamisen runkotyypeittäin, runkoyksilöittäin, järjestelmittäin, alajärjestelmittäin sekä näiden eri yhdistelmin. Vaihtoehtoisesti tietoja voidaan hakea myös laiteen/alirungon REKNRO:n ja LYK:n numeron avulla. Rajauksena voidaan käyttää tarvittaessa myös vian vakavuutta ja vian havaintopäivämäärää.

Valittavana on joko suora tulostus kirjoittimelle (kuva 7) tai vaihtoehtoisesti esikatseluikkunalle. Suorassa tulostuksessa raportista löytyvät haussa käytettyjen hakuparametrien lisäksi myös; vikailmoituksen numero, vian kuvaus ja lisätiedot sekä korjausselostus (korjausselostus koskee aina laitetta, ei lentokonetta).

LTJ SATAKUNNAN LENNOSTO		VI-luettelo	TULOСТАJA SIVU: AJOPVM:	HLEH 6 / 11 28.10.2007
Yksilö Vikailmoitus Havaintopäivä Järjestelmä Alajärjestelmä	Vian kuvaus ja lisätieto	Korjausselostus		
354 191 / 0172 8650-16537-11 09.03.2006	TAKALAITETILAN JÄÄHDYTYSPUHALLIN PITÄÄ EPÄMÄÄRAISTA ÄÄNTÄ.	ANKKURI OTTI KIINNI KENTTÄKÄÄMEIHIN, JA LAAKERIPESÄ OLI VÄLJÄ. VAIHDETTIIN UUSI MOOTTORI + TOIMINTAKOKEET		
354 191 / 0172 8630-13306-11 10.07.2006	OHJAAMON A-TUULETIN PITÄÄ VOIMAKASTA RÄMISEVÄÄ, EPÄNORMAALIA ÄÄNTÄ.	ROOTTORIPÄÄN LAAKERIPESÄ VÄLJÄ. VAIHDETTU UUSI MOOTTORI.		

Kuva 7 Ote Vikailmoitusluettelon paperitulosteesta /12/

VIRA30-raportilla pääsi työn alkuun. Hyvin nopeasti tuli kuitenkin huomattua, että tietoa tarvitaan lisää analyysin suorittamiseksi.

LentoTL:lla on käytössä DW-sovellus, joka mahdollistaa laajempien raporttien tuottamisen kuin LTJ. Esimerkiksi vikakoodaustietoja ei ole mahdollista saada LTJ:n kautta tulostettavaan VIRA30-raportteihin ollenkaan. DW-sovelluksen kautta tiedot on mahdollista saada Excel-taulukkoon liitettynä. Joukko-osastoilla on ns. vierastunnukset kyseiseen järjestelmään, joiden avulla on mahdollista päästä tuotamaan järjestelmän mahdollistamia raportteja. Käyttööni luovutettiin kyseiset tunnukset opinnäytetyön tekemisen ajaksi, saadakseni järjestelmän kautta tarvitsemäni tiedot keräytyksi.

HN kaluston lentämät vuosittaiset lentotunnit tarkastelujakson ajalta sain suoraan LentoTL:n Hornet-toimistosta.

Analyysin tekemisen helpottamiseksi ja selkeyttämiseksi oli tarve seuraavassa vaiheessa yhdistää monesta eri lähteestä kerätyt tiedot yhteen omaksi tietokannakseen.

6.1 Tietokannan luonti

Tein Excel-pohjaisen tietokannan, koska se oli tuttu itselleni jo entuudestaan ja osa kerätyistä tiedoista oli myös Excel-tiedostoina. Lisäksi kaavioiden muodostaminen tiedoston tiedoista Excel-ohjelmistossa tuki valintaani. Jokaiselle toimilaitteelle tuli oma sivustonsa, jolloin eri toimilaitteiden analyysitietojen hahmottaminen oli selkeämpää. Alustavassa työssä tehdyssä vikailmoitusten haussa saatiin liitteessä 2 mainitut vikailmoitusmäärät.

Tietokannan erillisiksi tietosarakkeiksi valikoituivat työn edetessä seuraavat kohdat vikailmoituksista:

- runkoyksilö
- käyntiaika
- joukko-osasto
- vikailmoituksen numero
- havaintopäivämäärä

- vikailmoituksen kohdistustaso
- häiriöilmoituksen numero
- vikaseloste
- ajankohta
- havainto
- vakavuus
- vikaantuneen laitteen tila
- vikaantuneen laitteen korjausseloste

Edellä mainittujen tietojen lisäksi tietokantaan liitettiin erillinen taulukko vuosittaisista lentotunneista.

6.2 Kerätyn tiedon vertailu

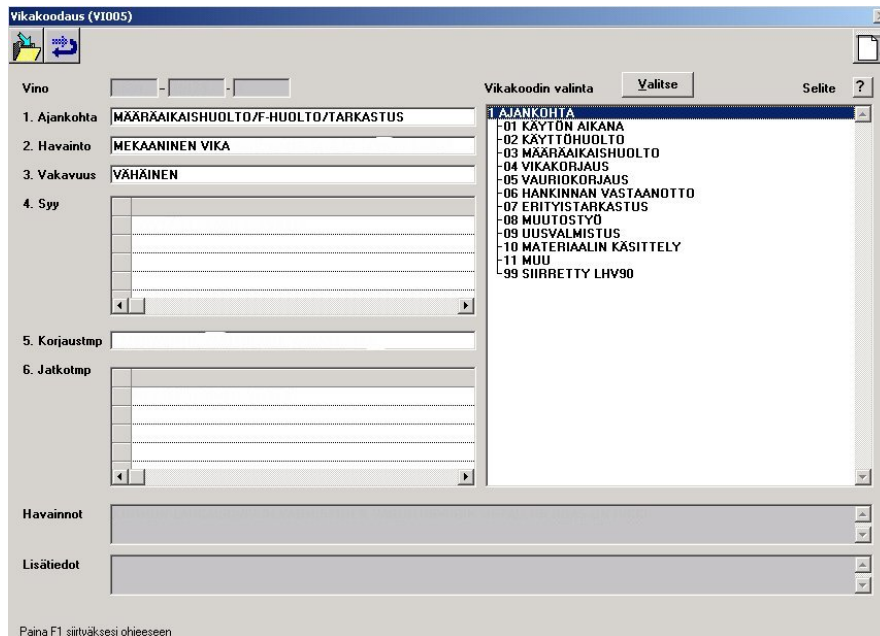
Vertailuissani LTJ- ja DW-tietojärjestelmistä hankittujen tietojen osalta kävi ilmi, että niiden kesken esiintyy ristiriitaisia tietoja vikailmoitusten lukumäärien suhteen. Saadakseni syyn selville, kävin läpi yksitellen todelliset vikailmoitukset LTJ:ssä ja huomasin seuraavat asiat. Molemmista tietojärjestelmistä saadut tiedot sisältävät virheelliset sekä vahingossa kahdesti samaan toimilaitteeseen kohdenneet viat. DW-tietojärjestelmä jättää raportista pois korjaamattomat laitteet, jolloin todelliset kyseisille toimilaitteille tehdyt vikailmoitusmäärät jäävät lukumäärältään pienemmiksi.

Lopullinen tietokanta pieneni 22 prosenttia alkuperäisestä määrästä (liite 2), mikä oli mielestäni melko suuri ero tällaisessa työssä.

6.3 Vikahavainnon ajankohdan uudelleenjako

LTJ:n vikailmoituksen laadinnan koodauskohdassa on ajankohdan ryhmittelyssä yhteensä 12 pääkohtaa (kuva 8). Näiden pääkohtien alaisuudessa on lisäksi yhteensä 20 erilaista alakohtaa kahdessa eri tasossa. Näiden kombinaationa on mahdollis-


ta määrittellä 143 erilaista ajankohtaa, jolloin vika on havaittu. Analysointiin osallistuvien vikailmoitusten joukossa oli näistä käytössä 26 eri vaihtoehtoa.



Kuva 8 Vikailmoituksen ajankohdan pääryhmittely /12/

Vikailmoituksissa olleista 26 eri ajankohdasta oli tarpeellista selkeyttää ja vähentää ryhmien lukumäärää. Valitsin viisi eri ryhmää, joihin sijoitin tietokannassa olleet ajankohdat uudelleen (kuva 9). Nämä uudet ryhmät kuvaavat havaitun vian ajankohdan selkeästi ja yksinkertaisesti. Uusi ryhmittely oli seuraava; Lennolla, Maassa, Käyttöhuollossa, Määräaikaishuollossa ja Vikakorjauksessa.

01 KÄYTÖN AIKANA	
0101 KÄYTÖN AIKANA / LENNOLLA	
010101 KÄYTÖN AIKANA / LENNOLLA / TEHTÄVÄ KESKEYTYI	
0102 KÄYTÖN AIKANA / MAASSA	
010201 KÄYTÖN AIKANA / MAASSA / TEHTÄVÄ KESKEYTYI	
0201 KÄYTTÖHUOLTO / KÄYTTÖÄ EDELTÄVÄ TARKASTUS	
0204 KÄYTTÖHUOLTO / MUU	
03 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO	
0301 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / A-TARKASTUS	
0302 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / B-TARKASTUS	
030205 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / B-TARKASTUS / TARKASTUS	
0304 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / D-HUOLTO	
0305 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / E-HUOLTO	
030505 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / E-HUOLTO / TARKASTUS	
0306 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / F-HUOLTO	
030604 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / F-HUOLTO / TESTAUS	
030605 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / F-HUOLTO / TARKASTUS	
030606 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / F-HUOLTO / KOEKÄYTTÖ	
030607 MÄÄRÄAIKAISHUOLTO / F-HUOLTO / KOELENTO	
04 VIKAKORJAUS	
0401 VIKAKORJAUS / PURKU	
0404 VIKAKORJAUS / TESTAUS	
0405 VIKAKORJAUS / TARKASTUS	
0406 VIKAKORJAUS / KOEKÄYTTÖ	
0408 VIKAKORJAUS / MUU	
07 ERITYISTARKASTUS	
11 MUU	



• LENNOLLA
• MAASSA
• KÄYTTÖHUOLLOSSA
• MÄÄRÄAIKAISHUOLLOSSA
• VIKAKORJAUKSESSA

Kuva 9 Vikailmoitusten havaintohetken uudelleenryhmittely

Uudistetun ajankohtaryhmien luettelo ja selitykset

- Lennolla
 - Havainnot lennolla (ml. koelennot).
- Maassa
 - Havainnot maassa ennen lento-olähtöä tai lennon jälkeen moottoreiden käydessä.
- Käyttöhuollossa
 - Havainnot käyttöhuollon A- ja B-tarkastuksissa.
- Määräaikaishuollossa
 - Havainnot määräaikaishuolloissa.

- Vikakorjauksessa
 - Havainnot vikakorjauksissa.

Tarkastelun aikana havaitsin, että osa vikailmoitusten ajankohdan koodauksista ei täsmännyt vikailmoituksen havaintotekstin kanssa. Nämä tapaukset siirsin havaintotekstissä ilmenneen kuvauksen mukaiseen ajankohtaan tietokannan ajankohtapäivityksen yhteydessä.

6.4 Tutkimuksen kohteet vika-analyysissa

Tarkastelun kohteena olleet asiat:

- vikatiheyden kehityssuunta vuositasolla
- yleisimmät vikatyypit ja tehtävänkeskeytykset
- toimilaitteisiin kohdistetut viat
- LTJ:n vikailmoitussovelluksen selaus- ja raportointiominaisuuden käyttökelpoisuus joukko-osastotasolla

7 VIKAILMOITUSTIETOJEN ANALYSOINTITAVAT

Kuten ja aiemmin on mainittu, niin analysoinnissa tarvittavat tiedot kerättiin aluksi eri lähteistä MS-Excel –taulukkolaskentaohjelmistoon yhdeksi tietokannaksi. Jokaiselle tarkasteltavalle toimilaitteelle tehtiin oma sivustonsa työn selkeyttämiseksi. Tietojen analysoinnissa käytettiin ohjelman toimintoja, kuten; lajittelua, pikasuodatusta, laskentakaavoja ja kaavioiden luontia annetuista arvoista.

Vika-analyysi toimilaitteiden kohdalla rakentuu kohtien 7.1–7.3 mukaisesti jokaiselle erikseen. Analyysin alussa kuvataan toimilaitteen rakennetta ja selitetään toimintaperiaate lyhyesti.

7.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

MTBF-arvo laskettiin aluksi jokaiselle toimilaitteelle koko tarkastelujakson ajalta. Tämän jälkeen suoritettiin MTBF-arvon laskut myös vuositasolla (liite 3). Laskut laskettiin yhtälön (1) mukaisesti.

$$MTBF = \frac{\text{lentotunnit}}{\text{vikailmoitusten lukumäärä}} \quad (1)$$

Kuvaajan muodostaminen saaduista arvoista selkeyttää havainnointia vuositasolla ja näyttää varsinaisia lukuarvoja paremmin MTBF-arvojen muutokset. Kuvaajasta on helppo nähdä MTBF-arvon kehityssuunta ja suorittaa mahdollinen vertailu esimerkiksi muuttuneiden olosuhteiden tai käytettyjen huoltomenetelmien suhteen niiden muutosten jälkeen.

7.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

Vikaindikaatiot

Jokaisen toimilaitteen osalta suoritettiin erilaisten vikaindikaatioiden vertailua. Vertailun pohjana käytettiin vikailmoituksiin kirjattuja havaintotekstejä, joissa esiintyy vikaan vaikuttavat olennaisesti samankaltaiset havainnot ja indikaatiot. Tuloksista muodostettiin taulukko, jossa suurimman lukuarvon saanut vikaindikaatio päätyi listan ylimmäksi ja seuraavaksi suurimman lukuarvon saanut listan toiseksi jne.

Havaintoajankohdat

Vian havaintoajankohdat taulukoitiin suuruusjärjestykseen kohdassa 6.3 esitetyn uudelleenjaon mukaisesti. Yleisin ajankohta ylimpänä jne.

Tehtävänkeskeytykset

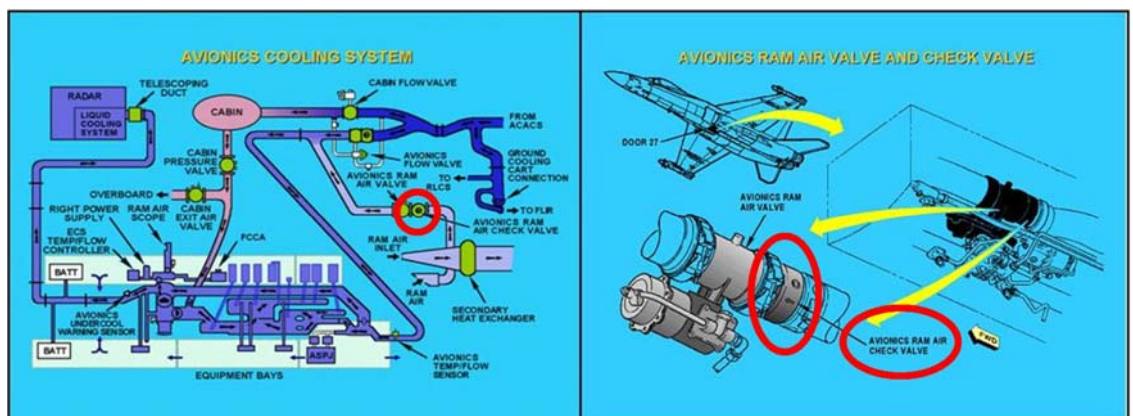
Tehtävänkeskeytyksiin johtaneet tapaukset on laskettu yhteen (liite 4) ja tässä osiossa esitetään niiden prosentuaalinen osuus havaituista vioista tarkastelujakson aikana.

7.3 Toimilaitteisiin kohdistetut viat

Toimilaittekohtaisesti käytiin läpi irrotettujen ja korjattujen toimilaitteiden korjausselostukset. Samankaltaisista vioista tehtiin taulukko, minkä perusteella voitiin päätellä mahdolliset vikaindikaatioihin johtaneet syyt. Tässä kohdassa esitetään myös mahdolliset parannusehdotukset tulevaisuutta ajatellen.

8 AVIONICS RAM AIR CHECK VALVE

Kuvassa 10 esitettyyn avioniikan jäähdytysjärjestelmään kuuluva avioniikan patoilman suuntaventtiili (Avionics Ram Air Check Valve) on jousikuormitteinen perhosläppäventtiili, joka sijaitsee avioniikan patoilmaputkessa luukun 27 takana. Suuntaventtiilin toinen pää on kiinnitettynä avioniikan patopaineen venttiiliin (Avionics Ram Air Valve). Suuntaventtiilin tehtävänä on normaalitilassa (kiinni asento) estää avioniikan jäähdytysilman pääsy ulkoilmaan. /5/

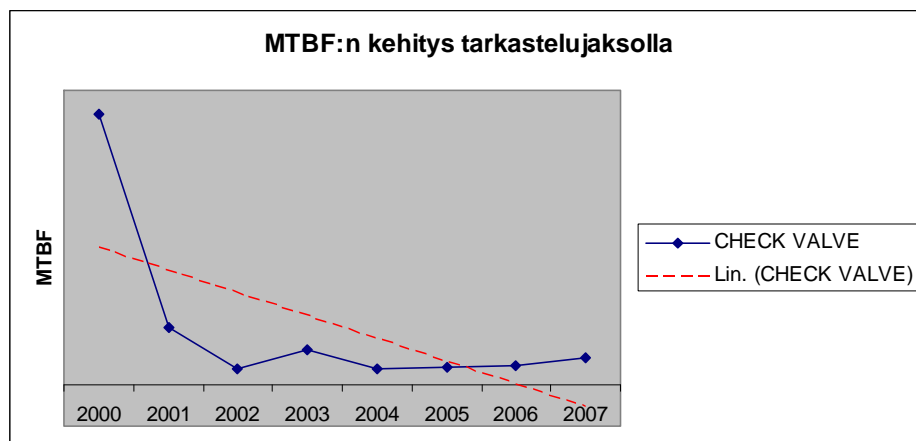


Kuva 10 Avioniikan jäähdytysjärjestelmä ja patoilman suuntaventtiili /8/

8.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

Tarkastelujakson kokonaislentotuntimäärän ja avioniikan patoilman suuntaventtiiliin kohdistettujen vikailmoitusten perusteella laskettiin yhtälöllä (1) laitteen vikaantumisväli (liite 3).

Vikatiheyden tarkastelussa avioniikan patoilman suuntaventtiilin osalta, voidaan todeta sen heikentyneen vuositasolla radikaalisti tarkastelujakson ensimmäisen vuoden jälkeen. On kuitenkin huomattava, että sen kehityssuunta on lievässä nousussa vuodesta 2004 lähtien (kaavio 2).



Kaavio 2 MTBF-arvon kehitys tarkastelujaksolla

8.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

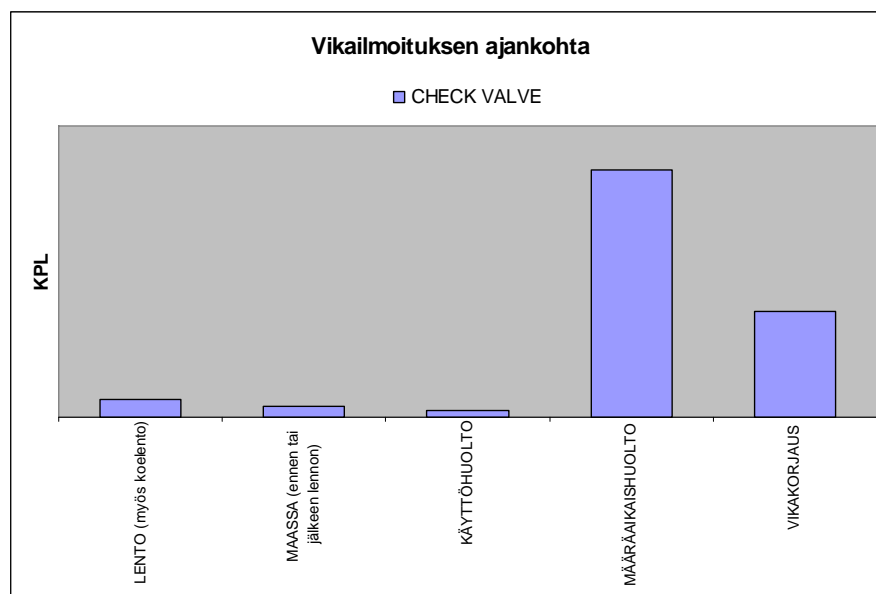
Vikaindikaatiot

Taulukko 4 Yleisimmät vikaindikaatiot

INDIKAATIO	% OSUUS
Viallinen toimilaite, mekaaninen vika	78,6 %
Ilmavuoto, vasemman kainalon patopaineaukosta	14,0 %
Toimintahäiriö, havaittu lennon aikana	3,7 %
Epäselvä indikaatio (ei sovellu yllä oleviin)	3,7 %

Taulukosta 4 voidaan todeta, että yli $\frac{3}{4}$ kaikista ensisijaisista vikaindikaatioista on ollut mekaanisesti viallinen toimilaite.

Havaintoajankohdat



Kaavio 3 Havaintoajankohdat

Kaaviosta 3 voidaan todeta, että yli 90 prosenttia vikahavainnoista on tehty huoltojen ja vikakorjausten aikana.

Tehtävänkeskeytykset

Tehtävänkeskeytyksiä on aiheutunut liitteessä 4 ilmoitettu määrä ja niiden prosentuaalinen osuus on vain 1,8 prosenttia, mikä on todella pieni osuus kaikista havaituista vioista.

Yhteenveto

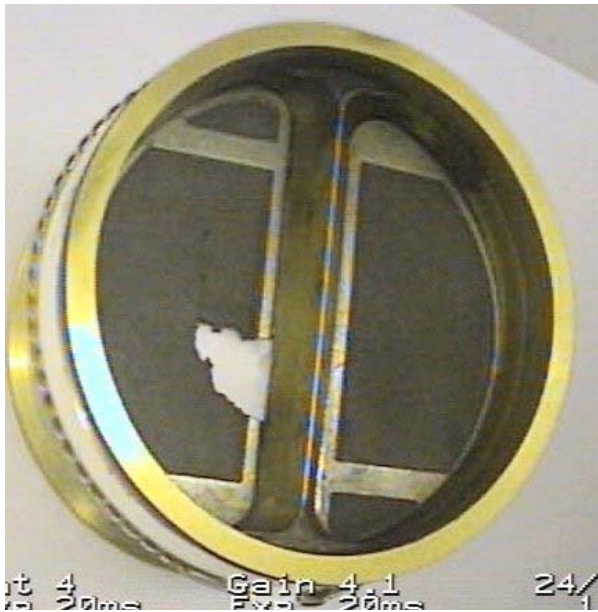
Yhteenvetona voidaan todeta, että avioniikan patoilman suuntaventtiilin viat löydetään tehokkaasti tarkastuksissa huoltojen ja vikakorjausten yhteydessä.

8.3 Toimilaitteeseen kohdistetut viat

Taulukko 5 Korjattujen toimilaitteiden viat

HAVAITTU VIKA / VAURIO	% OSUUS
Läpän saranakorvake, akseli ja akselin reiät kuluneet voimakkaasti	68,0 %
Läpästä irronnut pala tai jousen kuluttama reikä läpässä	32,0 %

Avioniikan patoilman suuntaventtiileistä, joihin oli kohdistettu vika, oli korjattu ainoastaan noin 25 prosenttia. Taulukossa 5 on luetteloitu laitekorjaamon viankorjauksessa havaitut viat. Muutama venttiili oli hylätty läpän istukkapinnan vaurioitumisen johdosta ja noin 75 prosenttia venttiileistä on yhä korjaamatta. Noin $\frac{2}{3}$ vaurioista on ollut läpän saranakorvakkeen, akselin ja akselin reikien voimakasta kulumista, minkä johdosta toinen tai molemmat läpät eivät ole enää päässeet asettumaan normaaliin asemaansa. $\frac{1}{3}$ vaurioista on ollut läpässä oleva reikä, joka on joko irti murtuneen palan seurausta tai vastinjousen aiheuttamasta kulumasta. Kuvassa 11 näkyy vaurioitunut läppä, josta on murtunut pala irti.



Kuva 11 Vaurioitunut avioniikan patoilman suuntaventtiilin läppä /10/

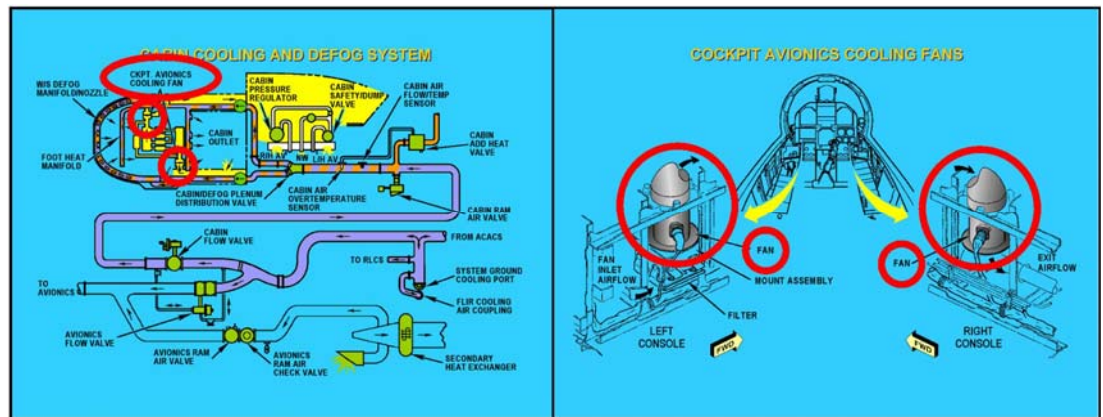
Tälle toimilaitteelle on julkaistu MT/316/HN/41000; Avioniikan patoilman suuntaisventtiilin 2S2698-7 muutos. Muutostiedotteen korjaavana toimenpiteenä on mainittu venttiilien varaosien valmistus paremmasta materiaalista, jolloin venttiilin oletettua elinikää saadaan kasvatetuksi. Jatkossa rikkoontuneiden tilalle tullaan toimittamaan ainoastaan modifioituja venttiilejä. Aiemmin huolto-ohjelmaan lisättyä avioniikan patoilman suuntaisventtiilin tarkastusjaksoa tullaan myös tarkastelemaan tulevaisuudessa uudelleen, kunhan modifioiduista venttiileistä on riittävästi käyttökokemuksia.

Tälle toimilaitteelle ei löydy nyt mitään parannusehdotuksia, koska ne on tehty jo aiemmin. Voidaan todeta, että huollatusjärjestelmä on reagoinut asiaan oikein.

9 COCKPIT AVIONICS COOLING FAN

Ohjaamossa sijaitsevien ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmään kuuluva jäähdytyspuhallin (Cockpit Avionics Cooling Fan) on sähkömoottoritoiminen aksiaalisesti virtaava puhallin (kuva 12). Jäähdytyspuhaltimia on C-version ohjaamotilassa kolme kappaletta; yksi kummankin puolen jalkatilan konsolitiilassa sekä

yksi heittoistuimen takana sijaitsevassa avioniikkalaitetilassa. D-version neljä jäähdytyspuhallinta sijaitsevat kummankin ohjaamon vastaavissa jalkatilan konsolituloissa, kuin C-versionkin.



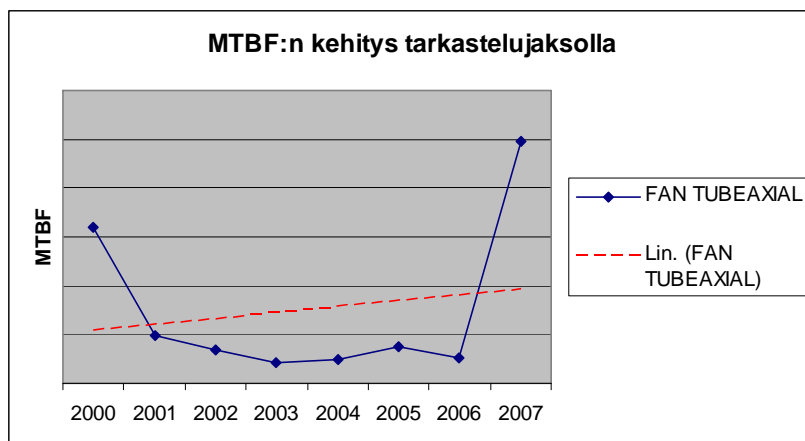
Kuva 12 Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmä ja jäähdytyspuhallin /8/

Jäähdytyspuhallimet ohjaavat jäähdyttävän ohjaamoilman avioniikkalaitteiden ympärille, estäen niiden ylikuumentumisen. Jäähdytyspuhallimien testikytkin sijaitsee ohjaamon vasemmalla puolella. C-version kolmatta jäähdytyspuhallinta avioniikkalaitetilassa ei voida testata testikytkimellä. Jäähdytyspuhallimet toimivat automaattisesti, mikäli jokin avioniikkalaite on toiminnassa tai virrallinen. /5/

9.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

Tarkastelujakson kokonaislentotuntimäärän ja jäähdytyspuhallimeen kohdistettujen vikailmoitusten perusteella laskettiin yhtälöllä (1) laitteen vikaantumisväli (liite 3). Tässä yhteydessä voidaan todeta, että jäähdytyspuhallimen todellinen vikaantumisväli on noin 1,5-kertainen edellä ilmoitettuun lukuun nähden. Tämä johtuu siitä, että kyseinen toimilaite toimii aina kun ohjaamon laitteisiin kytketään virrat eli määräaikaishuolloissa, vikakorjauksissa ja koneen maassaoloaikana toimilaite on täydessä toiminnassa.

Vikatiheyden tarkastelussa jäähdytyspuhaltimen osalta, voidaan todeta sen heikentyneen vuoden 2000 jälkeen tasolle, jossa se on vuosittain hieman elänyt molempiin suuntiin, kunnes se kuluvan vuoden osalta (6 kk) osoittaa huikeaa nousua. Mielestäni tämän perusteella on vielä liian aikaista tehdä johtopäätöksiä laitteen pysyvistä vikaantumisvälin muutoksesta parempaan suuntaan, vaikka kaavion 4 lineaarinen viivakin sen osoittaa.



Kaavio 4 MTBF-arvon kehitys tarkastelujaksolla

9.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

Vikaindikaatiot

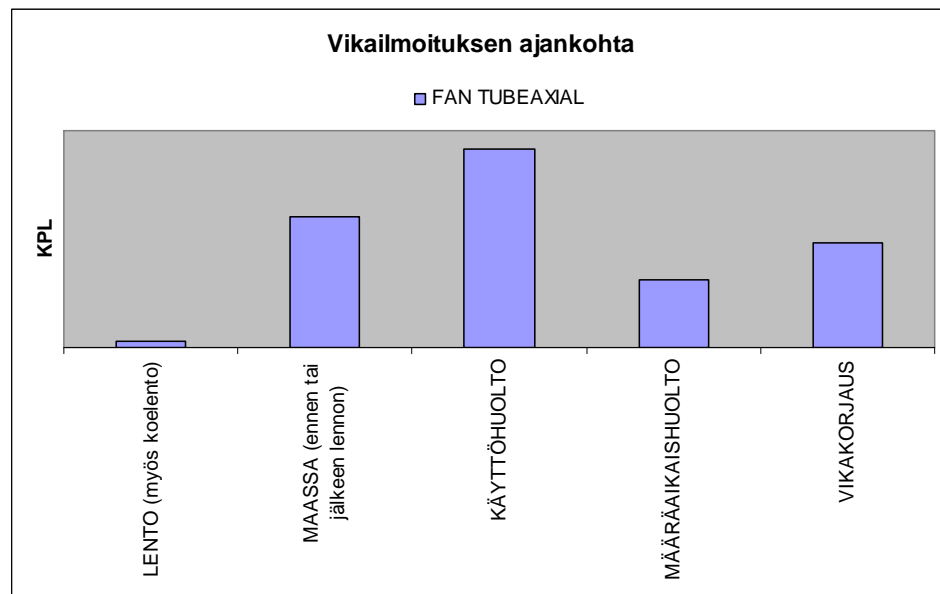
Taulukko 5 Yleisimmät vikaindikaatiot

INDIKAATIO	% OSUUS
Äänihavainto (epänormaali ääni)	59,8 %
MMP-koodi (849, 837, 836)	33,0 %
Laite ei toiminut (pyörinyt ollenkaan)	3,8 %
Hajuhavainto (savun haju)	2,4 %

Taulukosta 5 voidaan todeta, että lähes 60 prosenttia kaikista ensisijaisista vikaindikaatioista on ollut epänormaaliin käyntiääneen perustuvia. Vikakoodein ilmais-

tuja vikaindikaatioita on ollut $\frac{1}{3}$ kokonaismäärästä (osaan liittyi myös epäilty äänihavainto).

Havaintoajankohdat



Kaavio 5 Havaintoajankohdat

73 prosenttia vikahavainnoista on tehty huoltojen ja vikakorjausten aikana, josta käyttöhuollon osuus on yli puolet (kaavio 5). Havainnot käyttöhuollossa koostuvat pelkästään B-tarkastuksissa havaittuihin vikoihin.

Tehtävänkeskeytykset

Tehtävänkeskeytyksiä on aiheutunut liitteessä 4 ilmoitettu määrä ja niiden prosentuaalinen osuus on 12,2 prosenttia, mikä on mielestäni jo melko korkea määrä kaikista toimilaitteessa havaituista vioista.

Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että jäähdytyspuhaltimen viat ilmenevät pääosin toimilaitteen testauksissa ja käytössä huoltojen ja vikakorjausten yhteydessä. Vi-

kakoodin aiheuttamia indikaatioita on myös melko paljon, mikä osoittaa BIT-järjestelmän tarpeellisuuden ainakin näiden toimilaitteiden osalta. Yhtenä merkilepantavana asiana ilmeni vikailmoituksen havaintotekstejä tarkastellessa, että valtaosa viallisista jäähdytinpuhaltimista sijaitsi C-mallin takalaitetilassa. Kyseisen tilan puhaltimen pölysuojaus ei ole samaa luokkaa kuin konsolitiloissa olevien jäähdytyspuhaltimien.

9.3 Toimilaitteeseen kohdistetut viat

Taulukko 6 Korjattujen toimilaitteiden viat

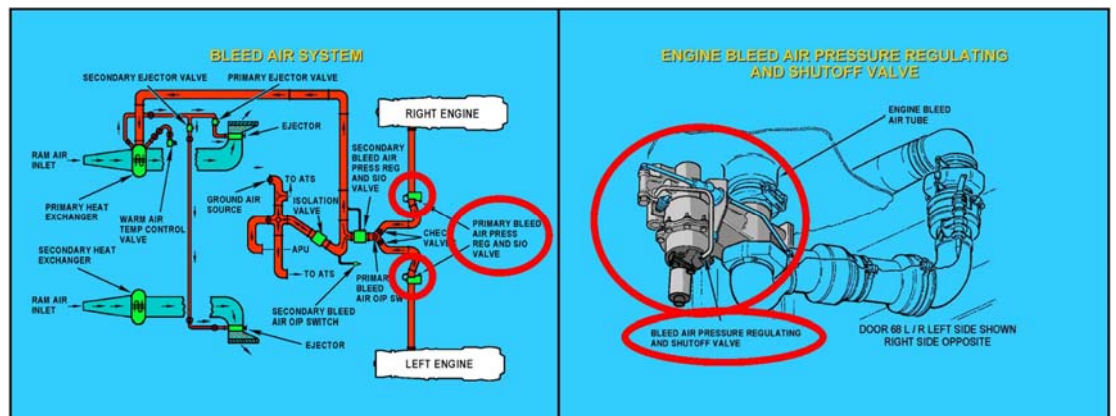
HAVAITTU VIKA / VAURIO	% OSUUS
Väljä laakeri ja/tai kulunut laakeripesä	75,3 %
Jumiutunut laakeri	6,2 %
Hajonneet laakerit	6,2 %
Ruostunut laakeri	4,9 %
Vaurioitunut moottori	4,9 %
Vioittunut lämpösuoja	2,5 %

Kaikista jäähdytyspuhaltimiin kohdistetuista vioista oli joukossa yksi sellainen, missä ei todettu korjauksen aikana lainkaan vikaa. Huomioitavaa on, että yli 90 prosenttia vioista on johtunut laakereista (taulukko 6). Useassa tapauksessa laakereista aiheutunut vika oli vahingoittanut myös moottoria ja käämejä, jotka oli myös jouduttu vaihtamaan korjauksen yhteydessä. Noin 25 prosenttia vikaantuneista laitteista oli korjattu vähintään kahteen kertaan ja kaksi yksilöä oli käynyt korjauksissa neljä kertaa.

Yhtenä selkeänä parannusehdotuksena jäähdytyspuhaltimen luotettavuuden parantamiseksi olisi vaihtaa puhaltimen laakerit korkeampilaatuisiin tuotteisiin.

10 BLEED AIR PRESSURE REGULATING AND SHUT OFF VALVE

Ilmanvuodatusjärjestelmään (kuva 13) kuuluva moottorin vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiili (Bleed Air Pressure Regulating And Shut Off Valve) sijaitsee moottorin alta lähtevässä putkessa. Kummallakin moottorilla on oma venttiilinsä. Venttiili säätelee moottorilta tulevan vuodatusilman paineen 121 ± 15 psig arvoon tai tarvittaessa sulkee sen kokonaan. Venttiili on tyypiltään perhosläppäventtiili ja normaalisti jousikuormitteisena kiinni. Venttiilejä ohjataan sähköisesti ohjaamossa sijaitsevalla vuodatus-kytkimellä sekä toisioylipainekeytimellä ja releellä. /5/

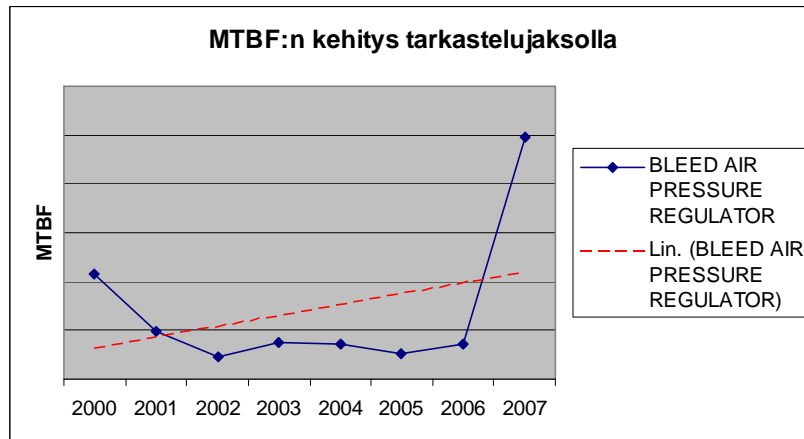


Kuva 13 Ilmanvuodatusjärjestelmä sekä vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiili /8/

10.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

Tarkastelujakson kokonaislentotuntimäärän ja vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiiliin kohdistettujen vikailmoitusten perusteella laskettiin yhtälöllä (1) laitteen vikaantumisväli (liite 3). Tässä yhteydessä voidaan myös todeta, että jäähdytyspuhaltimen todellinen vikaantumisväli on noin 1,2-kertainen edellä ilmoitettuun lukuun nähden. Tämä johtuu siitä, että kyseinen toimilaite on toiminnassa lähes aina kun lentokoneen moottori käy eli koekäytöissä määräaikaishuolloissa ja vikakorjauksissa sekä koneen maassaoloaikana ennen ja jälkeen lennon.

Vikatiheyden tarkastelussa venttiilin osalta voidaan todeta sen heikentyneen vuoden 2000 jälkeen tasolle, jossa se on vuosittain hieman elänyt molempiin suuntiin, kunnes se kuluvan vuoden osalta (6 kk) osoittaa huikeaa nousua (kaavio 6). Mielestäni tämän perusteella on vielä liian aikaista tehdä johtopäätöksiä laitteen pysyvistä vikaantumisvälin muutoksesta parempaan suuntaan.



Kaavio 6 MTBF-arvon kehitys tarkastelujaksolla

10.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

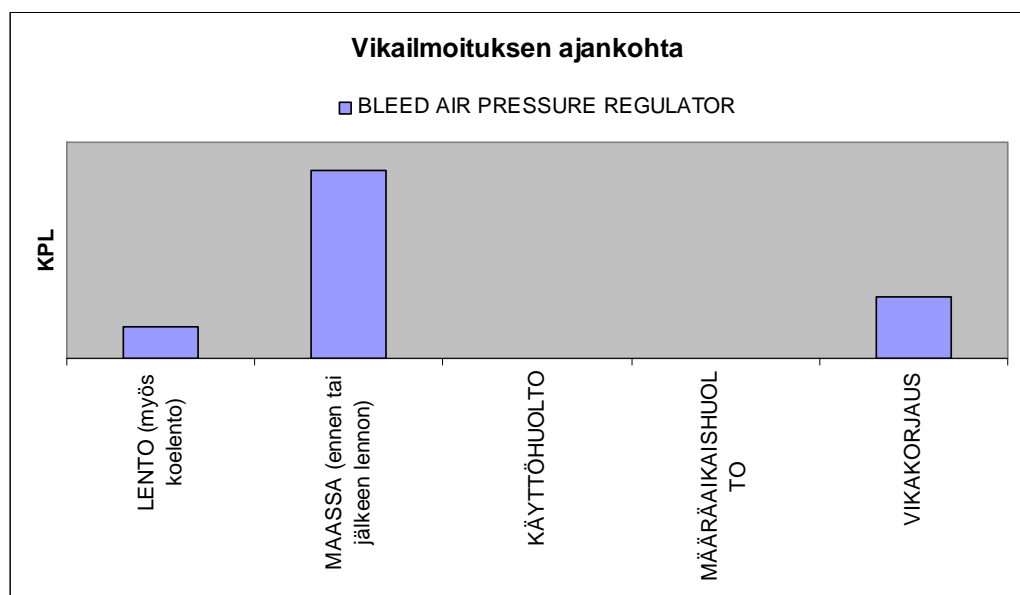
Vikaindikaatiot

Taulukko 7 Yleisimmät vikaindikaatiot

INDIKAATIO	% OSUUS
Ohjaamon/huurteenpoiston patoilmaluukku ei toimi oikein	60,3 %
Venttiilin toiminta takertelee	9,0 %
Varoituksia lennon aikana ohjaajalle (AV AIR DEGR, AV AIR HOT, GUN GAS, L/R BLEED OFF)	9,0 %
Ilmanvirtaus heikkoa tai puuttuu kokonaan ohjaamossa	6,4 %
Venttiili ei aukea moottorin käynnistyksen jälkeen	5,1 %
Ulkoinen vaurio venttiilissä	5,1 %
Epämääräinen indikaatio	3,8 %
Ilmavuoto venttiililtä (koekäytössä)	1,3 %

Taulukosta 7 voidaan todeta, että 60 prosenttia kaikista ensisijaisista vikaindikaatioista on ollut patoilmaluukun toimintavirheeseen perustuvia havaintoja. Kun edellä mainittuun lisätään vielä taulukon neljä seuraavaa kohta, niin voidaan johdatella venttiilin toimintahäiriöistä johtuviksi indikaatioiden määräksi 90 prosenttia koko vikaindikaatiomäärästä.

Havaintojankohdat



Kaavio 7 Havaintojankohdat

Vikahavainnoista on tehty 66,7 prosenttia maassa ja 11,6 prosenttia lennolla sekä loput 21,7 prosenttia vikakorjausten aikana (kaavio 7).

Tehtävänkeskeytykset

Tehtävänkeskeytyksiä on aiheutunut liitteessä 4 ilmoitettu määrä ja niiden prosentuaalinen osuus on noin 20 prosenttia, mikä on mielestäni liian korkea määrä kaikista toimilaitteesta havaituista vioista.

Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiiliin viat ilmenevät pääosin lennätys- ja lentotoiminnan yhteydessä. Toisinsanoen silloin kun koneen moottorit ovat käynnissä. Merkittävää on myös venttiilin toimintahäiriöiden korkea määrä. Yhdessä nämä kaksi asiaa selittävät korkean tehtävänkeskeytysmäärän tämän toimilaitteen osalta. Tehtävänkeskeytysmäärät olisivat vieläkin suurempia, mikäli toimintakulttuurit eivät poikkeaisi toisistaan eri joukko-osastojen ja lentopalveluksen johtajien välillä.

10.3 Toimilaitteeseen kohdistetut viat

Taulukko 8 Korjattujen toimilaitteiden viat

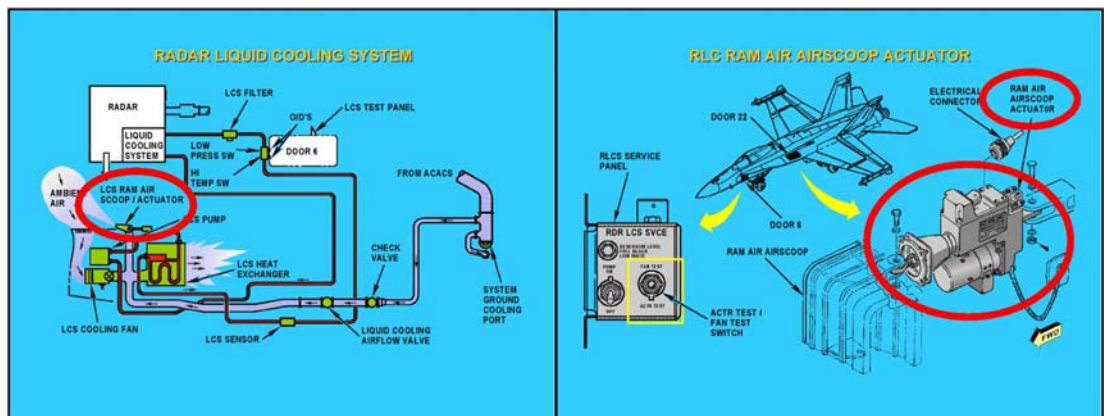
HAVAITTU VIKA / VAURIO	% OSUUS
ROR-korjaus / USA	42,9 %
Rikkoontunut kalvo	37,7 %
Kara poikki	11,6 %
Muut viat (yksittäisiä tapauksia)	7,8 %

Kaikista vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiiliin kohdistetuista vioista oli yksi laitevaihto tehty turhaan. 41 prosenttia laitteista on käynyt USA:ssa ROR-korjauksessa. Näiden laitteiden korjausilmoituksissa ei ole mitään kirjauksia, mistä pystyisi päättelemään mitään laitteissa havaituista vioista. Hyvin suurella todennäköisyydellä voidaan arvioida kyseisten laitteiden vikojen painottuvat vastaavasti, kuin kotimaassakin korjattujen laitteiden osalta. Tällöin noin 65 prosenttia vioista olisi johtunut viallisista kalvoista. Useissa näistä tapauksista oli myös muita venttiilin sisäisiä liikkuvia osia rikkoutunut tai kulunut yli sallitun rajojen.

Parannusehdotuksena vuodatusilman ensiöpaineensäädin- ja sulkuventtiilin luotettavuuden parantamiseksi tulisi tutkia kuluvien ja rikkoontuvien osien korvaamista korkeampilaatuisilla varaosilla. Puoltavana asiana tälle on myös melko korkea tehtävien keskeytysmäärä.

11 RLCS RAM AIR SCOOP ACTUATOR

Tutkan nestejäähdytysjärjestelmään (kuva 14) kuuluva tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaite (RLCS Ram Air Scoop Actuator) toimii 28 voltin tasasähköllä ja sen tarkoituksena on avata ja sulkea järjestelmään kuuluvaa patoilmaluukkuja. Normaalisissa toiminnassa käyttölaite avaa patoilmaluukun ilmassa (paino pois pyöriltä), jolloin patoilma jäähdyttää järjestelmän lämmönvaihinta. Käyttölaite saa käskyn sulkea patoilmaluukku, mikäli ilma-arvotietokoneen (ADC) mukaan patoilman lämpötila on liian korkea (korkeus/Machin-luku). Käyttölaite sijaitsee vasemmassa LEX:ssä, luukun 22 alla. Käyttölaitteen moottoria ohjaa luukun käyttörele ja sen toimintaa voidaan testata erillisellä testikytkimellä. /5/

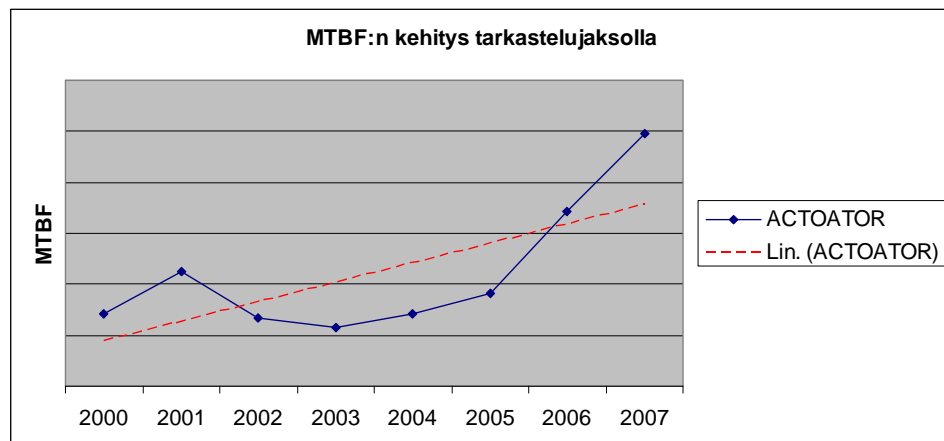


Kuva 14 Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä ja tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaite /8/

11.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

Tarkastelujakson kokonaislentotuntimäärän ja tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaiteeseen kohdistettujen vikailmoitusten perusteella laskettiin yhtälöllä (1) laitteen vikaantumisväli (liite 3).

Vikatiheyden tarkastelussa käyttölaitteen osalta voidaan todeta sen parantuneen vuodesta 2003 lähtien vuosittain, kuten kaavio 8 osoittaa.



Kaavio 8 MTBF-arvon kehitys tarkastelujaksolla

11.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

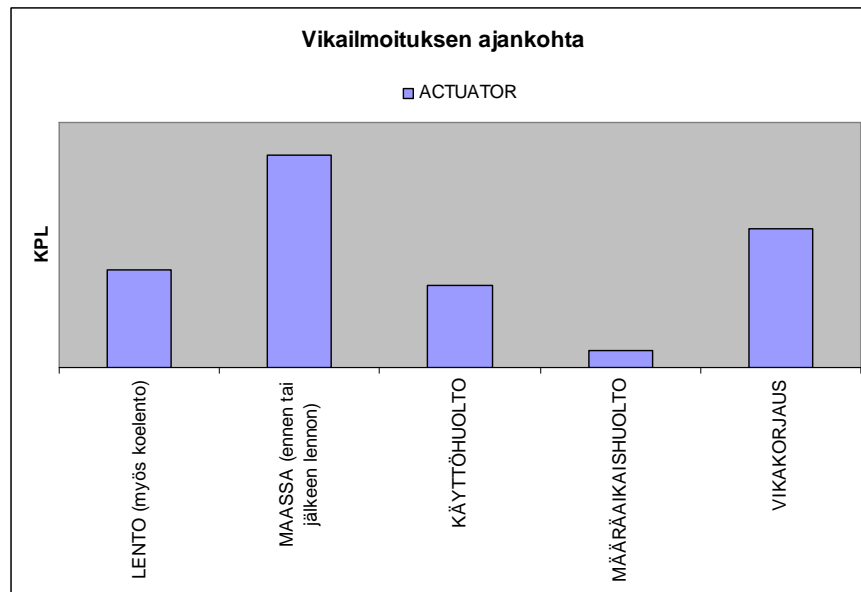
Vikaindikaatiot

Taulukko 9 Yleisimmät vikaindikaatiot

INDIKAATIO	% OSUUS
MMP-koodi 843 (10 kertaa myös 826)	59,7 %
Patoilmaluukku ei sulkeudu	16,4 %
Käyttölaitteen sähkömoottori jää ”ajamaan” luukun ollessa jo kiinni	14,9 %
Käyttölaitteen sähkömoottori pitää epänormaalia ääntä	7,5 %
Iskumainen kuormitus	1,5 %

Taulukosta 9 voidaan todeta, että lähes 60 prosenttia kaikista ensisijaisista vikaindikaatioista on ollut vikakoodin aiheuttamia indikaatioita. Reilut 20 prosenttia havainnoista on äänihavaintoja ja hieman yli 16 prosenttia perustuu näköhavaintoon patoilmaluukun väärästä asennosta.

Havaintoajankohdat



Kaavio 9 Havaintoajankohdat

39 prosenttia vikahavainnoista on tehty maassa ja lennolla havaintojen osuus on ollut 18 prosenttia (kaavio 9). Käyttöhuollossa on havaittu 15 prosenttia. Loput 28 prosenttia on havaittu määräaikaishuoltojen ja vikakorjausten aikana.

Tehtävänkeskeytykset

Tehtävänkeskeytyksiä on aiheutunut liitteessä 4 ilmoitettu määrä ja niiden prosentuaalinen osuus on ainoastaan 1,5 prosenttia, mikä on erinomainen asia.

Yhteenveto

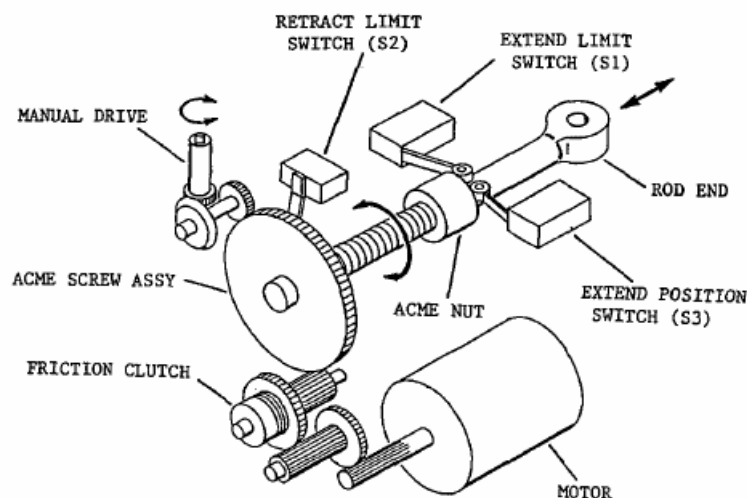
Tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaitteen viat ilmenevät pääosin lento-toiminnan yhteydessä (yli 70 prosenttia). Yli puolet vikaindikaatioista ilmenee MMP-koodina, mikä osoittaa BIT-järjestelmän tarpeellisuuden myös tämän toimilaitteen osalta.

11.3 Toimilaitteeseen kohdistetut viat

Taulukko 10 Korjattujen toimilaitteiden viat

HAVAITTU VIKA / VAURIO	% OSUUS
Viallinen mikrokytkin (1-3 kpl)	75,8 %
Mikrokytkimen säätö pielessä	9,1 %
Käyttömoottori rikki	4,5 %
Vaihteiston kytkin luistaa	3,0 %
Yksittäisiä vikatapauksia	7,6 %

Kaikista tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaitteeseen kohdistetuista vioista, oli yksi sellainen toimilaite, missä ei ollut todettu vikaa laitteen testauksessa paikallaan lentokoneessa. Yli 75 prosenttia vioista on johtunut viallisista mikrokytkimistä (S1, S2 ja S3), jotka on esitetty kuvassa 15. Mikrokytkimiä on jouduttu vaihtamaan toimilaitteen korjauksen yhteydessä yhdestä kolmeen kappaletta korjausta kohden. S3 mikrokytkin on ollut näistä kaikkein vikaherkin yli 60 prosentin osuudella. Lähes kymmenessä prosentissa tapauksista mikrokytkimen säätö on ollut pielessä. Valtaosa vioista on johtunut siis mikrokytkimistä. Loppuosa vioista on lähinnä marginaalinen määrä, eivätkä siten ole millään tavoin huolestuttavia vikoja kokonaisuuden kannalta.

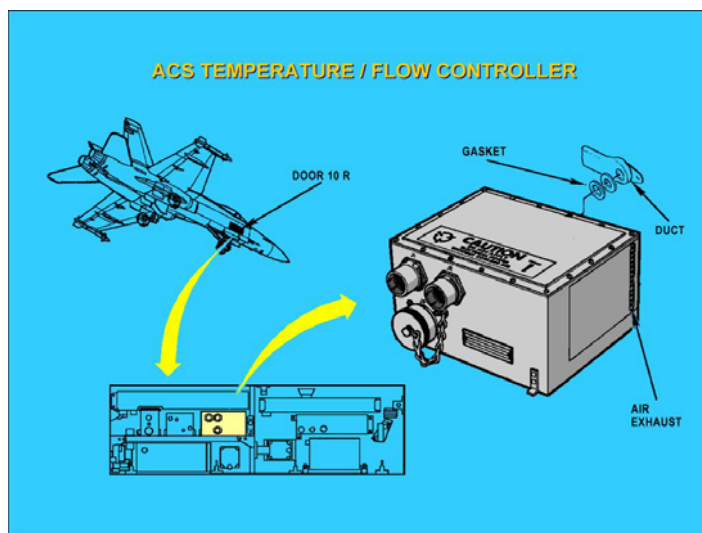


Kuva 15 Tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaitteen periaatekuva /1/

Parannusehdotuksena tutkan jäähdytyksen patoilmaluukun käyttölaitteen luotettavuuden parantamiseksi tulisi tutkia käyttölaitteen mikrokytkimien korvaamista korkeampilaatuisilla varaosilla.

12 ACS TEMPERATURE/FLOW CONTROLLER

Ympäristöjärjestelmään (kuva 6) kuuluva ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö (ACS Temperature/Flow Controller) on toinen ympäristöjärjestelmään liittyvistä ohjausyksiköistä. Ohjausyksikkö sijaitsee kuvan 16 osoittamassa laitetilassa koneen oikealla puolella luukun 10R takana.

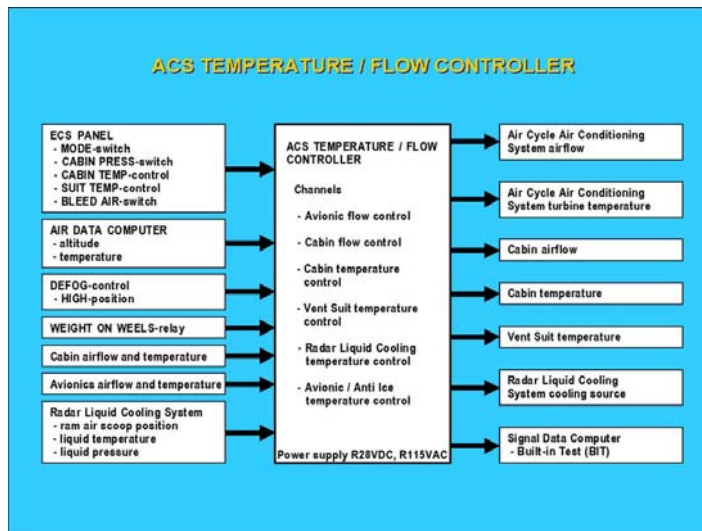


Kuva 16 Ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö /9/

Ilmastointijärjestelmän ohjausyksikkö koostuu virtalähteestä ja kuudesta ohjauskanavasta:

- Avionics/Anti-ice Temperature Control
- Vent Suit Temperature Control
- Cabin Temperature Control
- Avionics Flow Control
- Cabin Flow Control
- LCS Temperature Control

Tämän lisäksi ohjausyksikössä on BIT-toiminto, joka testaa itsensä sekä itseensä kytketyt sähköiset laitteet sekä niiden järjestelmien toimintoja. Kuvassa 17 on esitetty yksinkertaistetusti ohjausyksikön sisään- ja ulostulot. /5/



Kuva 17 Ohjausyksikön sisään- ja ulostulot /9/

BIT-toiminnot /5/

BIT-toiminto alkaa, kun laiteeseen kytketään virta (tapahtuu automaattisesti) ja on täysin itsenäinen puuttumatta piirin muuhun toimintaan. Ohjausyksikkö suorittaa monentyyppisiä testejä, kuten:

- ohjausyksikön eheyden testit
 - sisäinen jännitteensyöttö
 - ohjauskanavien sisään- ja ulostulojen mittaukset ja niiden oikeat yhteydet
- venttiilien testit
 - vääntömoottoreiden virtapiirien käämit
 - kiinnijuuttumiset auki tai kiinni –asentoihin tai oikosulut
- lämpötilavalitsimien testit
 - virtapiirien testit
- lentokoneen johdotuksen testit
 - virtapiirien testit samanaikaisesti laitteiden testien kanssa

Ohjausyksikkö káskee ja laskee 202:ta testikohtaa suorittaakseen BIT-testausta. Testin lopussa BIT resetoituu ja odottaa 25 sekuntia, ennen kuin aloittaa uuden testauksen. Ohjausyksikkö lähettää vikatapauksen ilmetessä koodin MMP:lle ja lopettaa testauksen kyseisessä testausjaksossa. Ohjausyksikön asettamat koodit löytyvät taulukosta 1.

Avionics/Anti-ice Temperature Control /5/

Ohjauskanava varmistaa, että ilmastointiturbiinilta lähtevä ilma on mahdollisimman kylmää, ilman että jään muodostusta tapahtuu. Osaa tästä ilmasta käytetään avioniikan jäähdytykseen. Alle 7,6 km:n korkeudessa lämpötila pidetään +4,5 °C:ssa. Tästä eteenpäin lämpötila laskee lineaarisesti -17,8 °C:een, korkeuden ollessa tällöin 13 km. Edellä mainittuihin lämpötiloihin ja niiden ylläpitämiseen päästään sekoittamalla tietty määrä kuumaa ilmaa ilmastointiturbiinilta lähtevään ilmaan Anti Ice/Add Heat Valven kautta.

Vent Suit Temperature Control /5/

Ei ole käytössä ilmavoimiemme HN-kalustolla.

Cabin Temperature Control /5/

Ohjaamon lämpötilan säätö voidaan suorittaa automaattisella ja manuaalisella toiminnolla ohjaajan valinnan mukaan. Lämpötilaa säädetään syöttämällä virtaa Cabin Temperature Control Valvelle. Venttiili säätelee kuumaa ilmaa syöttöä kylmän ilman sekaan, joka syötetään sekoitettuna ohjaamoon.

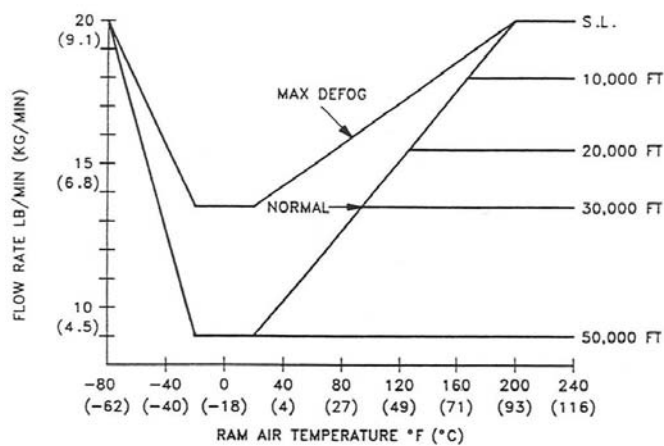
Avionics Flow Control /5/

Säätää virtausta kokonaisuudessaan avioniikan jäähdytyksessä. Nimellisvirtaus on 14,3 kg/min ja säätöalue on 90–160 % nimellisvirtauksesta. Ohjauskanava säätelee Avionics Flow Valvelle menevää virtaa, virran kasvattaminen pienentää ilmavirtausta. Virran vaihteluväli on 0 – 100 mA. Avionics Flow Sensor mittaa ilman vir-

tausvaihteluita. Sensori koostuu kahdesta samanlaisesta elementistä, joista toista lämmitetään. Virtaava ilma jäähdyyttää elementtiä ja kahden elementin välillä pysyy tietty lämpötilaero. Kahden elementin välinen lämpötilaero on verrannollinen ilmavirtaan.

Cabin Flow Control /5/

Tarvittavan ilmavirtauksen määrittämiseen tarvitaan tieto lentokorkeudesta, ulkoilmanlämpötilasta, lentokoneen konfiguraatio (C/D -malli) ja ohjaamossa sijaitsevan DEFOG -kytkimen asento. Näiden tietojen perusteella ohjauskanava määrittää ohjausvirran Cabin Flow Control Valvelle. Venttiilin nimellisvirtaus on 5.7 kg/min (C-malli, + 25 °C) ja säätöalue on 80–120 % nimellisvirtauksesta. Ohjaamon ilmavirtausta haastelee Cabin Flow Sensor (Toiminta sama kuin edellisessä kappaleessa). Ilmavirta ohjaamoon määräytyy ulkoilman lämpötilan ja lentokorkeuden mukaan kuvan 18 esittämällä tavalla.



Kuva 18 Ohjaamon ilmanvirtauksen suhde patoilman lämpötilan, korkeuden sekä DEFOG-vivun suhteen /5/

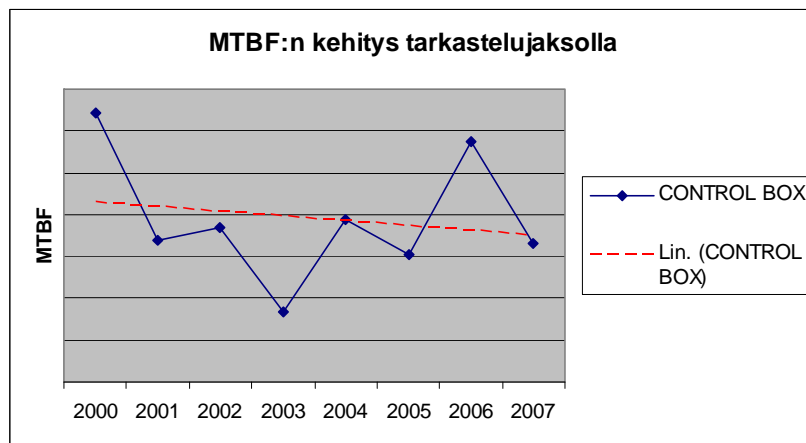
LCS Temperature Control /5/

Ohjauskanava tuottaa ohjausvirran LCS Temperature Control Valvelle, joka säätelee ilmavirtausta neste/ilma – lämmönvaihtimen läpi saaden halutun jäähdytyksen tutkan jäähdytysnesteelle.

12.1 MTBF:n kehitys tarkastelujakson aikana

Tarkastelujakson kokonaislentotuntimäärän ja ilmastointijärjestelmän ohjausyksikköön kohdistettujen vikailmoitusten perusteella laskettiin yhtälöllä (1) laitteen vikaantumisväli (liite 3).

Vikatiheyden tarkastelussa ohjausyksikön osalta voidaan todeta sen heilahdellen vuoroin alas ja ylös. Linearisessa tarkastelussa kehityksen suunta on lievästi alaspäin, kuten kaavio 10 osoittaa.



Kaavio 10 MTBF-arvon kehitys tarkastelujaksolla

12.2 Yleisimmät vikaindikaatiot, havaintoajankohdat ja tehtävänkeskeytykset

Vikaindikaatiot

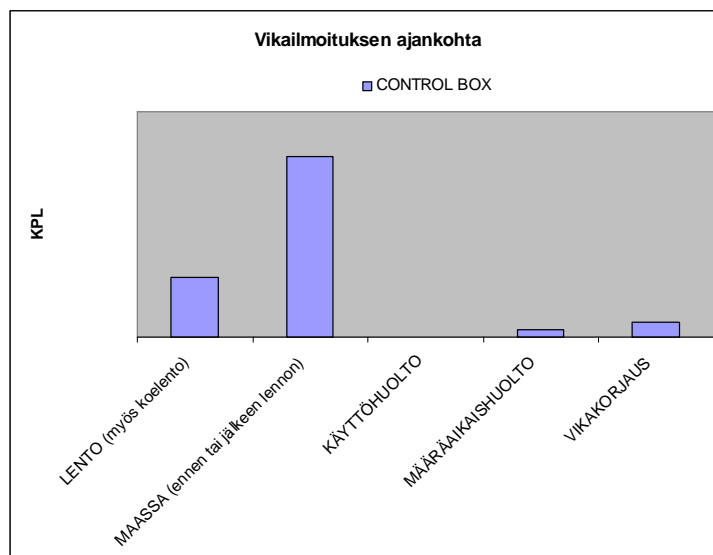
Taulukko 11 Yleisimmät vikaindikaatiot

INDIKAATIO	% OSUUS
MMP-koodi 823	28,6 %
MMP-koodi 820	20,0 %
MMP-koodi 825	8,6 %
MMP-koodi 826	8,6 %
MMP-koodi 820 + AV AIR DEGR-huomautus	5,6 %
Yksittäisiä koodeja tai huomautuksia	28,6 %

Kaikkiaan koodillisia vikaindikaatioita oli 85 prosenttia kaikista indikaatioista (taulukko 11). Loput indikaatiot olivat joko huomautuksia tai virhetoimintoja ilmastoinnin toiminnassa.

Havaintoajankohdat

Kaavio 11 Havaintoajankohdat



Lähes 70 prosenttia vikahavainnoista on tehty maassa ja lennolla havaintojen osuus on ollut hieman yli 20 prosenttia (kaavio 11). Loppu vajaa 10 prosenttia on havaittu määräaikaishuoltojen ja vikakorjausten aikana.

Tehtävänkeskeytykset

Tehtävänkeskeytyksiä on aiheutunut liitteessä 4 ilmoitettu määrä ja niiden prosentuaalinen osuus on 20 prosenttia, mikä on mielestäni liian suuri osuus vikatapaus-ten lukumäärään nähden.

Yhteenveto

Ohjausyksikön viat ilmenevät pääosin lentotoiminnan yhteydessä (yli 90 prosenttia).

12.3 Toimilaitteeseen kohdistetut viat

Taulukko 12 Korjattujen toimilaitteiden viat

HAVAITU VIKKA / VAURIO	% OSUUS
Vikaa ei todettu	94,3 %
Indikoitua vikaa ei todettu, mutta jännitteen toleransseissa pienet alitukset (säädetty kohdalleen)	5,7 %

Ilmastointijärjestelmän ohjausyksikköön kohdistetuista vikaindikaatioista ei yhdestäkään toimilaitteesta ole löydetty vikaa (taulukko 12). Toimilaitteet oli pääosin testauksen lisäksi myös avattu ja tarkastettu esim. piirikortit silmämääräisesti. Osa toimilaitteista on käynyt 2-3 kertaa vikakorjauksessa. Ohjekirjasta /6/ löytyy SAR 13592; Useita aiheettomia ECS-järjestelmän MMP-koodeja (820 - 830). Kyseinen SAR antaa ohjeistuksen, jonka mukaan koodit eivät aiheuta toimenpiteitä, mikäli ilmastointijärjestelmä tietyiltä osin toimii normaalisti. Ohje antaa lisäksi myös toimenpideohjeita, mikäli ilmenee muita vikaindikaatioita lennolla tai maassa.

Vikailmoitustekstejä selailtaessa huomio kiinnittyi siihen, että osassa tapauksista oli menetelty tämän ohjeen mukaan ja osassa ei. Kuitenkin kaikissa tapauksissa nämä toimilaitteet oli irrotettu ja lähetetty korjaukseen, missä ei ole havaittu mitään vikoja.

Tämän toimilaitteen kohdalla tulisi mielestäni suorittaa syvällisempi tarkastelu ja analysointi, jotta voitaisiin välttää ns. ehjien laitteiden irrotus lentokoneesta. Tulisi tarkastella ja kehittää ohjeistusta uudelleen lentäjien ja lentotekniikan näkökulmista, jotta saataisiin mahdollisimman aukottomasti todettua laitteen oikea toiminta.

13 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkintotyössä selvitettiin HN-koneen ympäristöjärjestelmän toimilaitteiden vikaantumista ja tehtiin vika-analyysi vikaantuneimmille laitteille. Samalla tarkasteltiin LTJ:n käytettävyyttä kyseiseen toimintaan joukko-osastotasolla.

LTJ:stä suoraan saatavalla vikaraportoinnilla ei ollut mahdollista tehdä kovinkaan tarkkaa toimilaitteiden tulosten analysointia. Osasyynä tähän on raporttiin liitettyjen tietojen vajavaisuus. Tutkintotyötä tehdessäni keräsin yksityiskohtaisesti osan haluamistani tiedoista. Toisaalta raportointi tuotti tietoa, joka piti tarpeen vaatiessa poistaa ja tarkastaa ennen sen lisäämistä analyysin tietokantaan. Esimerkkinä voidaan mainita toimilaitteiden kaksoiskohdennukset. Tietokannan koostaminen monesta eri osasesta oli työlästä ja siten aikaa vievää työtä.

Huomioitavaa oli myös koodaustavan kirjava käytäntö vertailtaessa sitä esimerkiksi vikailmoitusteksteihin. Oli selvästi havaittavissa, että osittain koodauksia oli tehty miettimättä sen tarkemmin, mitä sinne laitetaan. Osittaisena syynä on liian tarkaksi tehty vaihtoehtojen valintamahdollisuus. Pienemmällä ja analyysiä varten oikein mietityllä määrällä saataisiin tehokkaampi tulos aikaiseksi. Kouluttamalla kaikilla tasoilla LTJ:n kanssa toimivia henkilöitä sen täsmällisempään ja oikeaoppiseen käyttöön, saavutettaisiin tässä asiassa varmasti hyviä tuloksia. Käyttäjär ryhmille tulisi kertoa, mihin kaikkia syötettäviä ja koodattavia tietoja käytetään. Tällä tavoin niiden merkitys tulisi selvästi esille, eli ei niitä sinne turhaan keräillä,

vaan niillä on todellista käyttöä ja hyötyä analyyttisessä työssä myös joukko-osastotasolla.

Mikäli LTJ:stä halutaan parempia raportteja ulos, niin silloin järjestelmää tulee muokata ja kehittää siihen suuntaan. Jos taas LentoTL haluaa käyttää eri raportointijärjestelmiä, joiden tiedot perustuvat LTJ:een, niin tällöin LTJ:n raportointimenetelmiä ei ole tarpeellista juurikaan kehittää.

Toimilaitteiden vika-analyysi tuotti selkeästi sen tiedon, että neljällä toimilaitteella esiintyi ns. tyyppiviat, joidenka osuudet kaikista laitteen vioista vaihtelivat 65 ja 90 prosentin välillä. Nämä vikaantumiset saataisiin vähenemään kyseisten ongelmaosien vaihtamisella laadukkaimpiin varaosiin, kuten Avionics Ram Air Check Valven kohdalla on jo tehty. Asiaa pitäisi tutkia ja laskea tarkemmin, ottaen huomioon kokonaiskustannukset (työtunnit, varaosat, logistiikka ym.) ja lentoturvallisuusnäkökohdat.

ACS Temperature/Flow Controller:n osalta paljastui yllättävä tieto laitteiden olevan kunnossa vikakorjaushuollon testauksen jälkeen, eli vikoja ei havaittu ollenkaan. Tämän perusteella tulisi miettiä toimenpiteitä ohjeistuksen ja koulutuksen suhteen, jotta voitaisiin vähentää turhia laiteirrotuksia.

Mikäli jätetään ACS Temperature/Flow Controller pois laskuista, niin tällöin voidaan sanoa muiden laitteiden osalta MTBF-arvon olevan kasvusuunnassa analyysin mukaan.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 A1-555AC-410-080, RAM AIR SCOOP LINEAR ACTUATOR.
Ilmavoimat.
- 2 A1-F18AC-GAI-000K, GENERAL AIRCRAFT INFORMATION.
Ilmavoimat.
- 3 A1-F18AC-410-100, PRINCIPLES OF OPERATION, ECS.
Ilmavoimat
- 4 Aalto, Heikki, Kunnossapitotekniikan perusteet. Kustannus Oy Kunnossapitotekniikka. Painoyhtymä Oy. Loviisa 1994.
- 5 F/A-18 ECS Maintenance Training. McDonnell Douglas Aerospace
- 6 HN8-02S1, SAR/STR-luettelo. Ilmavoimat
- 7 Kinnison, Harry A, Aviation Maintenance Management. McGraw-Hill. New York. 2004.
- 8 YL003-10-01S, LTJ-MENETTELYOHJE. Ilmavoimat.

Painamattomat lähteet

- 9 Ilmavoimien Teknillinen Koulu. Hornet-opetusmateriaali.
- 10 TMT-järjestelmän liitekuva.

Sähköiset lähteet

- 11 Ilmavoimat. [www-sivu]. [viitattu 14.10.2007] Saatavissa:
<http://www.ilmavoimat.fi>
- 12 Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmä. Ilmavoimat.
- 13 Puolustusvoimat. [www-sivu]. [viitattu 14.10.2007] Saatavissa:
<http://www.mil.fi/maavoimat/mpalueet.dsp>
- 14 Wikipedia. [www-sivu]. [viitattu 2.11.2007] Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kunnossapito>

TOIMILAITTEEN LTJ-NIMIKE, ECS-järjestelmä
PUMP UNIT
FAN, TUBEAXIAL
CABIN AIR PRESSURE REGULATOR
CABIN AIR PRESSURE SAFETY
CABIN EXIT AIR VALVE, HNC
CABIN EXIT AIR VALVE, HND
VALVE, PRESSURE, ANTI-G
HEAT EXCHANGER, AIR
HEAT EXCHANGER, AIR
VALVE,CHECK
CONTROL BOX, CABIN EXIT AIR
HEAT EXCHANGER, AIR
ANTI-ICE/RAIN REMOVAL AIR
BLEED AIR, SECONDARY REGULATOR
SYSTEM FLOW MODULATING
AVIONICS FLOW VALVE
BLEED AIR PRESSURE REGULATING
WAVEGUIDE FLUID PRESSURE
HEAT EXCHANGER
TURBINE, AIRCRAFT, COOLING
ACTUATOR, ELECTRO-MECHANIC
AVIONICS GROUND COOLING FAN
RLC SYSTEM GROUND COOLING FAN
CONTROL BOX, ELECTRIC
VENT SUIT PRESSURE REGULATING
WARM AIR TEMPERATURE CONTROL
RLC AIR FLOW VALVE
FLOW/TEMP LIMITING ANTI-ICE
AVIONICS RAM AIR VALVE
AVIONICS RAM AIR SERVO
SERVOVALVE, HYDRAULIC
CABIN ADD HEAT VALVE
VENT SUITE TEMPERATURE VALVE
CABIN FLOW VALVE
CABIN/DEFOG RAM AIR CONTROL
VALVE, SOLENOID (ASPJ)
VALVE, SOLENOID (ASPJ)
VALVE, SOLENOID (ASPJ)

Toimilaitteisiin kohdistettujen vikailmoitusten määrät

LUOTTAMUKSELLINEN

Tarkastelujakson lentotunnit ja MTBF-arvot

LUOTTAMUKSELLINEN

Tarkastelujakson tehtävänkeskeytykset

LUOTTAMUKSELLINEN