

# Komponentdatabas samt felanalys av luftsystemkomponenter

Författare: Johan Andersson och Fredrik Johansson  
Rapportkod: MDH.IMA.FLY.0185.2007.C.10p.M



**MÄLARDALENS HÖGSKOLA  
ESKILSTUNA VÄSTERÅS**

# Sammanfattning

STOTP-M (SAS Component) har fått luftriggat från SAS-Braathens Stavanger och uppgiften är att iordningställa dessa och fasa in komponenter för provning.

STOTP-M har tidigare ej utfört komponentprovning i rigg och ska nu ta fram procedurer för dokumentation av detta. Som ett led i detta ska en databas arbetas fram där provaren kan lagra information från provning. Denna information ska senare kunna användas för att åtgärdsbestämning underhållet av komponenter.

Åtgärdsbestämning av de nya komponenternas fel är i nuläget svårt då inget tidigare underhåll är utfört av verkstaden.

När en komponent kommer in för underhåll kan det vara svårt att direkt säga vad som är fel på den. Därför utför man en pre-test för att bestämma de åtgärder och reparationer som sedan ska genomföras.

Detta examensarbete syftar till att skapa en databas för lagring av detta testresultat samt utfört underhåll på komponenter. Detta medför att man i framtiden kan få en bra bild över vad som fallerar i komponenten beroende på vilken typ av reason for removal som har inträffat.

Utöver databasen har även en felanalys på tre luftkomponenter genomförts. Denna analys innefattar en felbeskrivning för olika typer av reason for removal, samt vad som måste repareras/bytas vid varje underhållstillfälle.

Resultatet syftar till att ge ett förbättrat underhåll av de tre analyserade komponenterna. Dessutom ska man i framtiden med hjälp av databasen på ett effektivt sätt kunna lagra och få fram information kring varje komponent, som i sin tur ska leda till en effektivare åtgärdsbestämning. Eftersom felanalysens inriktning är med avseende RFR så kan det ge en felindikation på komponenten redan vid incoming test, och med hjälp av databasen har man procedurerna för hela provningen.

# Abstract

STOTP-M (SAS Component) have received air-rigs from SAS-Braathens Stavanger and the task is to put them in use so different type of components can be tested.

STOTP-M has never before performed any component testing in air-rigs and is now creating procedures for documentation of this.

As a part of this work a database has to be created so that the person who is performing the tests can store the results.

This information will later determine the level of disassembly for different types of failures. To determine the level of disassembly for different types of failures is today very hard because the shop has never performed earlier maintenance of this kind.

When a component enter the shop it can be very hard to find the faulty parts that caused the failure. Based on this a pre-test is accomplished where you decide what actions to perform in the shop.

In this thesis a database is created where you can store the data from the pre-test and also the performed work on the component. This will in the future give a good image of what parts in the component that will break down depending on what type of reason for removal that have occurred.

In addition to the database an failure analysis on three pneumatical components have been performed. This analysis includes a failure description for different types of reason for removals, and what actions to implement for each shop visit.

The results from the analysis will give a better maintenance of the three analysed components. In the future the database will in effective way store and supply information from all the components, which will lead to more effective measures.

Because the failure analysis is with consideration to reason for removal it will give the failure indications on the component already in the incoming test, and with the help of the database the mechanic will have the procedures for the test.

# Förord

Detta examensarbete utfördes under våren 2007 på SAS Component i Arlanda. Vi vill ge ett stort tack till vår handledare på SAS Component Claes Eriksson samt Tommy Nygren på MDH. Vi vill även tacka övriga anställda på motorverkstaden för ett trevligt välkomnande och roliga stunder under arbetet.

Västerås den 1 september 2007

# Ordlista och förkortningar

**ACM:** Air Cycle Machine

**APU:** Auxiliary Power Unit

**CMM:** Component Maintenance Manual

**FMEA:** Failure Mode and Effect Analysis

**IPL:** Illustrated Part List

**MOPS:** Maintenance and Overhaul Planning System

**NDT:** Non Destructive Testing.

**RFR:** Reason For Removal

**STS:** SAS Technical Services

**TO:** Technical Order

**T/O:** Take-Off

**VBA:** Visual Basic for Applications

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
	1.1 Bakgrund .....	1
	1.2 Syfte .....	1
	1.3 Avgränsningar .....	1
	1.4 Disposition .....	2
<b>2</b>	<b>Felanalysmetodik</b>	<b>3</b>
	2.1 Problembeskrivning .....	3
	2.2 Källor till felanalysen .....	3
	2.2.1 MOPS .....	3
	2.2.2 Arkivet STS .....	4
	2.2.3 CMM.....	4
	2.2.4 Servicebulletiner.....	4
	2.3 Metod .....	5
	2.3.1 FMEA (Feleffektsanalys).....	5
	2.3.2 Dokumentation av resultat .....	5
	2.3.3 Felande detaljer .....	6
	2.3.4 Drifftider.....	7
	2.3.5 Servicebulletiner.....	7
	2.4 Utförande .....	7
	2.5 Osäkerheter och begränsningar .....	8
	2.5.1 Felanalysen .....	8
	2.5.2 Felande komponenter .....	8
	2.5.3 Servicebulletiner.....	8
	2.5.4 Drifftider.....	8
<b>3</b>	<b>Komponentanalysen</b>	<b>9</b>
	3.1 High Stage Valve .....	9
	3.1.1 Uppbyggnad .....	9
	3.1.2 Funktion .....	10
	3.1.3 Analyserad data.....	10
	3.1.4 Felanalysen .....	11
	3.1.5 Felande detaljer .....	12
	3.1.6 Tider .....	13
	3.1.7 Servicebulletiner.....	13
	3.2 Air Turbine Engine Starter .....	15
	3.2.1 Uppbyggnad .....	15
	3.2.2 Funktion .....	15
	3.2.3 Analyserad data.....	16
	3.2.4 Felanalysen .....	17
	3.2.5 Felande detaljer .....	18
	3.2.6 Tider .....	19
	3.2.7 Servicebulletiner.....	19
	3.3 Air Cycle Machine .....	21
	3.3.1 Uppbyggnad .....	21
	3.3.2 Funktion .....	21
	3.3.3 Analyserad data.....	22
	3.3.4 Felanalysen .....	23

3.3.5 Felande detaljer .....	24
3.3.6 Tider .....	25
3.3.7 Servicebulletiner.....	25
<b>4 Databasen</b> .....	<b>26</b>
4.1 Introduktion till Microsoft Access .....	26
4.2 Problembeskrivning .....	26
4.3 Uppbyggnad och utförande .....	27
4.3.1 Utförande .....	27
4.4 Tabeller.....	28
4.4.1 Uppbyggnad tabeller.....	28
4.4.2 Relationer .....	29
4.5 Formulär.....	30
4.5.1 Uppbyggnad formulär .....	30
4.5.2 Filter.....	31
4.6 Frågor.....	32
4.6.1 Uppbyggnad frågor .....	32
4.6.2 SQL.....	32
4.7 Rapporter.....	33
4.7.1 Uppbyggnad rapporter.....	33
4.8 Makron.....	34
4.9 Moduler och VBA .....	34
<b>5 Slutsatser</b> .....	<b>35</b>
<b>6 Framtida arbeten</b> .....	<b>36</b>
<b>7 Referenser</b> .....	<b>37</b>

## **Bilagor**

<i>Bilaga 1, Felanalysblankett High Stage Valve .....</i>	<i>1</i>
<i>Bilaga 2, Felanalysblankett Air Turbine Engine Starter.....</i>	<i>3</i>
<i>Bilaga 3, Felanalysblankett Air Cycle Machine .....</i>	<i>5</i>
<i>Bilaga 4, Excelblad för datainsamling .....</i>	<i>6</i>
<i>Bilaga 5, Figurer till databasen .....</i>	<i>7</i>
<i>Bilaga 6, Tider.....</i>	<i>12</i>
<i>Bilaga 7, Felande detaljer .....</i>	<i>15</i>

*Separat Instruktionshäfte till STOTP-M Component Database*

# Kapitel 1

## Inledning

*Detta kapitel ger en kort beskrivning av bakgrunden till examensarbetet tillsammans med syfte och avgränsningar. Till sist beskrivs hur själva rapporten är uppbyggd.*

---

### 1.1 Bakgrund

SAS Component motorverkstad på Arlanda (STOTP-M) har nyligen fått tre stycken luftprovriggar från SAS-Braathens Stavanger. Dessa riggar skall iordningställas och komponenter skall fasa in för provning.

Uppgiften med luftriggarna är att man skall kunna förbättra underhållet av komponenter på flygmotorer. När komponenter kommer in till verkstad för underhåll är det svårt att veta exakt vilken del i komponenten som är trasig/felar.

Riggarna skall användas för provning av komponenter, och genom provningen skall man därför få fram orsaken till fel och därefter kunna reparera felen utan att behöva kassera delar som man tidigare gjort vid enklare fel. Det finns mycket tid och pengar att tjäna genom s.k. riktad demontering, då man i förväg kan bestämma de delar som ska bytas ut.

STOTP-M har inte tidigare utfört komponentprov i rigg och ska nu ta fram procedurer för dokumentation av detta. Som en del i detta ska en metod som systematiskt kan lagra underhåll och funna fel tas fram. Denna metod ska också syfta till att kunna åtgärdsbestämma underhåll av komponenter. Därför skall en databas skapas där underhåll kan lagras och med hjälp av tidigare felorsaker kan man förbestämma demontering.

### 1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att på ett systematiskt sätt dokumentera underhåll och uppkomna fel i databas. Dessa data blir sedan till hjälp för åtgärdsbestämning/demontering då samma fel uppträder i framtiden på samma typ av komponent eller samma individ.

Examensarbetet syftar även till att analysera felorsaker (RFR) och dess effekter på tre luftsystemkomponenter till flygplanstypen Boeing 737. Dessa tre komponenter är en kylturbin (Air Cycle Machine), starter (Air Turbine Engine Starter) samt en luftventil (High Stage Valve). Med hjälp av programmet Microsoft Access 2003 och felanalysen ska detta ge ett förbättrat underhåll av dessa komponenter.



## 1.3 Avgränsningar

All information om tidigare underhåll är enbart information som var tillgänglig i MOPS datasystem samt i arkivet på Arlanda. Ingen tid har därför åtgått till att hämta information från SAS Component i Danmark och Norge.

Analysen som enbart behandlar tre komponenter baserades på FMEA-metodiken, men då denna analys mer lämpar sig under utvecklings- och konstruktionsarbetet på en komponent, användes FMEA-metoden mer som stöd till vår analys.

## 1.4 Disposition

Varje kapitel i rapporten inleds med en liten sammanfattning över kapitlets innehåll. Detta för att ge läsaren en inblick i vad kapitlet tar upp samt om det är av intresse att läsa. Följande lista beskriver upplägget i denna rapport.

**Kapitel 1, Introduktion** Inledande kapitel som ger en kort beskrivning av bakgrund och syfte med examensarbetet.

**Kapitel 2, Felanalysmetodik** Kapitlet beskriver metodik och upplägg för felanalysen, samt även hur arbetet utfördes för de tre komponenterna. Dessutom ges en beskrivning över de osäkerheter som finns i analysen.

**Kapitel 3, Komponentanalysen** Denna del av rapporten beskriver resultatet av analysen på de tre komponenterna. I kapitlet beskrivs även de mest felande delarna för varje komponent samt även drifttider och servicebulletiner.

**Kapitel 4, Databasen** Detta kapitel behandlar uppbyggnaden och funktionen på komponentdatabasen. Hur man använder databasen hänvisas till det separata instruktionshäftet, *STOTP-M Component Database*

**Kapitel 5, Slutsatser** Kapitlet innehåller en sammanfattning av resultatet

**Kapitel 6, Framtida arbeten** Det avslutande kapitlet innehåller förslag om framtida tillägg och förbättringar.

**Kapitel 7, Referenser**

**Bilagor** Totalt finns 7 st bilagor samt ett separat instruktionshäfte för databasen.

## Kapitel 2

# Felanalysmetodik

*Detta kapitel ger en ingående beskrivning av själva felanalysen och den metod som användes.*

---

### 2.1 Problembeskrivning

Syftet med felanalysen är att för komponenter finna de fel som orsakat underhållet. Genom att isolera dessa kan man bestämma demontering och åtgärd. Detta för att spara kostnad och tid. För att kunna utföra analysen behövs följande information:

- CMM:er
- Servicebulletiner
- Reason for removal för varje komponenttyp
- Findings
- Utförda åtgärder inklusive modifikationer
- Utbytta partnummer

Denna information finns i nuläget lagrad i SAS interna databas, MOPS, samt i pappersarkiv på Arlanda.

### 2.2 Källor till felanalysen

All data som analyserats går att sortera in i olika informationstyper enligt punktlistan ovan. Tidigare underhåll har rapporterats i s.k. shop finding reports, vilket är en sammanställning gjord av de underhållsverkstäder som gjort jobbet. Dessa lagras sedan i MOPS och i arkiv.

#### 2.2.1 MOPS

MOPS står för Maintenance and Overhaul Planning System. För analysen användes den delen i systemet där tidigare utfört underhåll lagras. Sidorna som var av intresse var P786, P613, P540, P781 och P517. I dessa sidor kan man genom att söka på komponentens identifikationsnummer (KN) få data kring varje komponentindivid.

P786, Component Complaints and Shop Findings, ger för varje komponentindivid information om utfört underhåll inklusive reason for removal och shop findings. Dessutom ges information om datum då jobbet utfördes, flygplanets registreringsnummer, tider sedan A-check, B-check, C-check och totala tiden som komponenten varit i bruk.

P613, Component Individual Structure, listar information om utförda servicebulletiner, TO, tidigare shopvisits, samt även allmän information kring varje komponentindivid.

P540, Display of Component Individual Data, innehåller en lista över samtliga individer av en komponenttyp inklusive serienummer (SN), partnummer (PN), originalserienummer (SNORG) samt om individen är aktiv eller passiv.

P781, Component Type Removal Rate per 1000 Hours and Cycles, är som namnet antyder en beskrivning över demonteringsfrekvensen för vald komponenttyp.

P517, Technical Order Data, ger information om varje technical order (TO) som är utförd på komponenterna.

### **2.2.2 Arkivet STS**

I arkivet lagras shop finding reports från underhåll som är utfört på externa underhållsverkstäder. De externa verkstäder som utfört underhåll på de tre komponenterna var Lufthansa Technik, Honeywell Aerospace, SAS Component och Singapore Technologies.

I rapporterna finns information kring komponenten inklusive serie- och partnummer, reason for removal, incoming inspection, shop findings och actions. Vissa rapporter innehåller även lista över utbytta delar.

### **2.2.3 CMM**

Som källa används även varje komponents CMM, Component Maintenance Manual, vilket är manualer som beskriver komponenten och förfarandet vid test, disassembly, check, repair och assembly. Manualerna innehåller även IPL, Illustrated Parts List, som är en ingående beskrivning av delarna i komponenten inklusive sprängskissar.

I analysen användes främst kapitlen testing, check och IPL. I testing beskrivs hur test av komponenten utförs. Kapitlet innehåller även fault isolation som ger en trolig felorsak när kraven på testresultaten inte uppfylls. Detta är extra användbart vid felanalysen. Check beskriver de procedurer som följs vid avsyning för att bedöma skador på delar. IPL är en detaljerad sprängskiss av komponentens alla delar och detaljer. Skissen har numrerade detaljer med tillhörande lista som både beskriver partnummer och namn. IPL är extra användbart vid granskning av shopreports där partnummer på utbytta detaljer saknas.

### **2.2.4 Servicebulletiner**

En servicebulletin är en ändring av komponenten som är utfärdad av tillverkaren. Detta för att förbättra prestandan eller förhindra framtida fel på komponenten.

Ur servicebulletinerna kan man få information om bakgrunden till utfärdandet, samt åtgärder som ska göras på komponenten.

## 2.3 Metod

Metoden som användes vid analysen av de tre komponenterna baserades till viss del på FMEA-metoden.

### 2.3.1 FMEA (Feleffektsanalys)

FMEA, Failure Mode and Effect Analysis, eller feleffektanalys är en metod som systematiskt identifierar de potentiella fel, orsaker och effekter som kan uppstå i en produkt. Analysen utgår från tre frågor:

- Vilka fel kan tänkas uppkomma i konstruktionen?
- Vad är orsaken till felet?
- Vad blir effekterna?

Förutom dessa tre frågor görs även en uppskattning av ett risktal som baseras på följande tre parametrar:

- Sannolikheten för att felet ska uppträda
- Sannolikheten för att felet upptäcks
- Feleffektens allvarlighetsgrad

Då FMEA-metoden bäst lämpar sig vid utvecklings- och konstruktionsarbete av en ny komponent användes inte metoden fullt ut vid denna analys. Men eftersom syftet med FMEA är att identifiera fel och brister, samt orsakerna och följderna av dessa, fungerade metoden bra som stöd då man kunde använda sig av samma frågeställningar. Mer om FMEA beskrivs i [2].

### 2.3.2 Dokumentation av resultat

För att dokumentera resultatet användes en felanalysblankett, **se bilaga 1, 2, 3**. Blanketten delas in i de fyra kategorierna feltyp, felkaraktistik, rating samt åtgärder. Även denna blankett har till viss del baserats på FMEA-metoden.

**Feltyp:** Kolumnen feltyp beskriver första felindikationen på komponenten i form av reason for removal. RFR är orsaken till borttagen komponent i form av pilotens/teknikerns indikationer av felet från instrument- eller visuella varningar. RFR kan t.ex. även vara time-limit på komponenten.

**Felkaraktistik:** Komponentens felkaraktistik delas in i fyra kolumner, vilka alla styrs av vilken typ av RFR som komponenten har.

- Inspektion: Listar de troliga visuella fel som uppkommer för varje RFR och komponent. Resultatet baseras på information som rapporterats från incoming inspection
- Felorsak: Orsaker till fel på komponenterna. Denna kolumn är mycket svår att bestämma då felet kan vara orsakade av externa influenser.

- Feleffekt: Konsekvensen av en feltyp, RFR, i termer av drift, funktion eller status hos de ingående delarna i komponenten. Då RFR är den enda information som finns när komponenten kommer in för underhåll är resultatet för varje feleffekt baserat på detta.
- Felande komponenter: Beskriver vilka detaljer, inklusive partnummer, som felar eller behövs bytas ut. Informationen i kolumnen följer feleffekten på komponenten. I många fall har det rapporterats felande delar utan tillhörande partnummer. Då har partnumret baserats på den mest troliga felande detaljen.

Det är viktigt att poängtera att resultatet enbart är det mest troliga för varje RFR. Det är omöjligt att till 100 % kunna förutsäga alla felande delar, samt vilka typer av skador de har.

**Rating:** Här beskrivs den delen i analysen som visar vilka fel som har störst sannolikhet att uppstår, hur allvarligt felet är om det uppstår samt vilken upptäcktssannolikhet felet har om det inträffar. Denna del i blanketten delas också in i fyra kolumner:

- Felfrekvens, **Po**: Är ett mått på hur stor sannolikheten är för att just felet uppstår. Detta mäts med en gradering från 1-10, där 1 är osannolikt att felet skulle inträffa och 10 är en mycket hög sannolikhet för att felet inträffar. Resultatet i denna tabell är baserat på hur ofta varje RFR återkommer.
- Allvarlighetsgrad, **S**: Denna kolumn beskriver hur allvarligt felet är för varje RFR. Graderingen är från 1-10, där 1 är ingen inverkan på komponentens funktion medan 10 är ett allvarligt fel på komponenten.
- Upptäcktssannolikhet, **Pd**: Här mäts sannolikheten på att felet i komponenten är lätta att upptäcka och isolera. Graderingen är 1-10, där 1 är fel som är lätta att bestämma och 10 är fel som ej går att isolera och upptäcka utan att skruva isär hela komponenten.
- Risktal, **RPN**: Det tal som fås när man multiplicerar graderingarna Po, S samt Pd. Ju högre tal desto högre prioritet.

**Åtgärd:** Åtgärder är sista delen i blanketten och den är indelad i tre kolumner.

- Checkprocedurer: Beskriver vilka kontroller som är viktiga att utföra enligt CMM.
- Rekommenderad åtgärd: Denna kolumn beskriver vilka åtgärder som rekommenderas att man gör för att kunna lösa de fel som har uppstått. Det kan vara allt från att byta ut en detalj i komponenten eller rekommendationer till en servicebulletin.
- CMM: Lista över kapitel och sidor i CMM:en som är aktuella för varje RFR.

### 2.3.3 Felande detaljer

Förutom felanalysen gjordes även en sammanställning över de mest felande detaljerna för varje komponent. Genom att sammanställa alla reparerade och utbytta detaljer för alla shop finding reports, tillsammans med PN från CMM:erna, får man ett bra provisioneringsunderlag för komponenterna, samt en uppfattning om vilka detaljer som behövs i lager. Resultatet kan även användas till rekommendationer för nya revisioner eller servicebulletiner till CMM.

### 2.3.4 Drifttider

Vid utförandet av felanalyserna togs det hänsyn till de olika drifttiderna för komponenterna och detaljerna. Detta för att fastställa om fel på komponenter och detaljer enbart kan vara beroende på naturligt slitage eller om andra orsaker kan ligga bakom.

Vid varje underhållstillfälle har komponenten gått ett visst antal timmar/cykler. De tider som går att utläsa är total time (TSN), time since A-check (TSA), time since B-check (TSB), time since C-check (TSC) samt även motsvarande cykler. Snitttider för underhållstillfällena samt snitttider för varje felande detaljtyp presenteras i **bilaga 6** respektive **7**.

### 2.3.5 Servicebulletiner

Då alla komponenter inte har samtliga av sina servicebulletiner utförda var det viktigt att studera skillnaden mellan de olika konfigurationerna. Detta för att kunna se om en förbättring av detaljerna gör att felkaraktistiken ändras.

## 2.4 Utförande

Det första som gjordes var att samla ihop all information som var tillgänglig för de tre komponenterna. Dessa data infogades in i förarbetade Excel-blad, **se bilaga 4**. Dessa Excel-blad utformades för att vid ett senare tillfälle kunna konverteras till Access-databasen.

Därefter sorterades informationen i tabellen efter de olika typer av RFR som rapporterats för de olika komponenterna. För varje RFR identifierades de felorsaker och feleffekter som komponenten kan uppvisa.

Eftersom drifttiderna vid varje underhållstillfälle kan påverka resultatet av analysen gjordes även en sammanställning av dessa med avseende på RFR. De tider och cykler som togs hänsyn till var totaltiden, tid sedan C-check samt totala antalet cykler.

Parallellt med analysen av RFR gjordes sammanställningar av alla felande detaljer för varje komponent. Resultatet gav bra information om vilka detaljer som var extra viktiga att följa upp. Även de detaljer som enligt CMM:en rekommenderas att bytas ut vid varje underhållstillfälle ingick i sammanställningen.

Samtliga komponenters servicebulletiner granskades. Detta för att se om det fanns något samband mellan dessa och de olika RFR-typerna.

Nästa steg i analysen var att föra in informationen i felanalysblanketten. Genom att först sammanställa samtliga RFR med felorsaker och feleffekter kunde man därefter bestämma åtgärder och rekommendationer i form av servicebulletiner.

De RFR som återkom mest för varje komponent fick det högsta värdet i felfrekvenskolumnen (Po). Allvarlighetsgraden (S) bestämdes av hur många och stora fel detaljerna uppvisade för varje RFR. Sista kolumnen upptäcktssannolikheten (Pd) var beroende på vilka detaljer i komponenten som felade. Höga värden fick de fel som kräver att hela komponenten skruvas isär. Dessa tre resultat multiplicerades sedan för att ge risktalet (RPN).

När hela analysen var färdigställd kopierades resultatet från blanketten till Excel-blad för att sedan konverteras till databasen.

## **2.5 Osäkerheter och begränsningar**

### **2.5.1 Felanalysen**

Noggrannheten i felanalysens resultat är helt beroende på hur tidigare underhåll rapporterats, då många shop reports saknar reason for removal.

Hur noggrant man än utför felanalysen går det ej att till 100 % bestämma de komponenter som felar. Detta beroende på att en felande del kan påverka en annan samt det faktum att många olika fel kan uppstå på en komponent. Dessutom får man ha i åtanke att många komponenter i ett flygplan utgör system där ett fel på en komponent kan ha inverkan på andra.

Vid analysen har hänsyn enbart tagits till de mest intressanta reason for removal. RFR-typer så som cannibalization och removed from aircraft ingår ej i resultatet.

Många gånger vid en rapporterad reason for removal är utförda åtgärder enbart "unit repaired". Dessa har också försummats i resultatet.

### **2.5.2 Felande komponenter**

Många rapporter beskriver enbart utfört arbete med orden "worn parts replaced". Därför är det omöjligt att säga exakt vilka komponenter som är utbytt och därmed ingår inte dessa rapporter i sammanställningen. Många rapporter saknar även PN till detaljerna. Detta gällde främst för Air Turbine Engine Starter.

### **2.5.3 Servicebulletiner**

Problemet var att många komponenter redan från början är av den senaste versionen. Detta gör att det kan bli svårt att se någon effekt av de utförda servicebulletinerna.

### **2.5.4 Drifftider**

För ACM:en där många komponentindivider inte varit inne på första underhållet blir osäkerheten större än för övriga komponenter. Även många rapporter saknade dokumenterade drifftider. Man får även ta hänsyn till att många av de rapporterade RFR inte behöver vara fel på aktuell komponent. Därför kan det vara svårt att utläsa något mönster i de olika drifftiderna.

Eftersom det är svårt att kontrollera MOPS egna tidrapportering, sidan P781, har enbart denna använts som jämförelse till de rapporterade tiderna från shop finding reports.

## Kapitel 3

# Komponentanalysen

Detta kapitel beskriver resultatet av felanalysen på de tre komponenterna High Stage Valve, Air Turbine Engine Starter och Air Cycle Machine. Alla dessa komponenter är tillverkade av Honeywell, USA, och används i flygplanstypen Boeing 737.

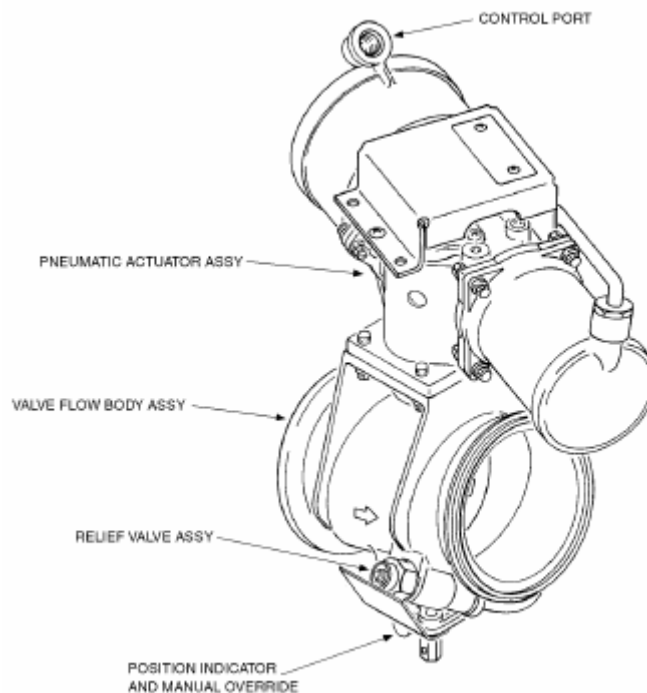
---

### 3.1 High Stage Valve

High Stage Valve är en typ av luftventil för reglering av avtappningsluft, bleed air, från kompressorn. Luft tas från olika steg på kompressorn. Från vilka steg man tar luft varierar från motor till motor. Luften som tas från det högre steget regleras med hjälp av ventilen för att därefter blandas med luft från det lägre steget. Vid låga motorpådrag är ventilen öppen och luften tas från båda stegen. Vid högre gaspådrag stängs ventilen och luft tas enbart från det lägre steget. Detta för att kunna bibehålla korrekt tryck och temperatur vid olika gaspådrag. Bleed air används på flygplanet till luftkonditionering, trycksättning, elektronik och anti-ice.

#### 3.1.1 Uppbyggnad

High Stage Valve består huvudsakligen av två delar. En valve flow body assembly som är placerad i luftströmmen. I denna enhet sitter själva spjället som styr flödet. Den andra huvuddelen är en s.k. pneumatic actuator assembly. Denna manövercylinder styr ventilens läge.



Figur 3.1 High Stage Valve

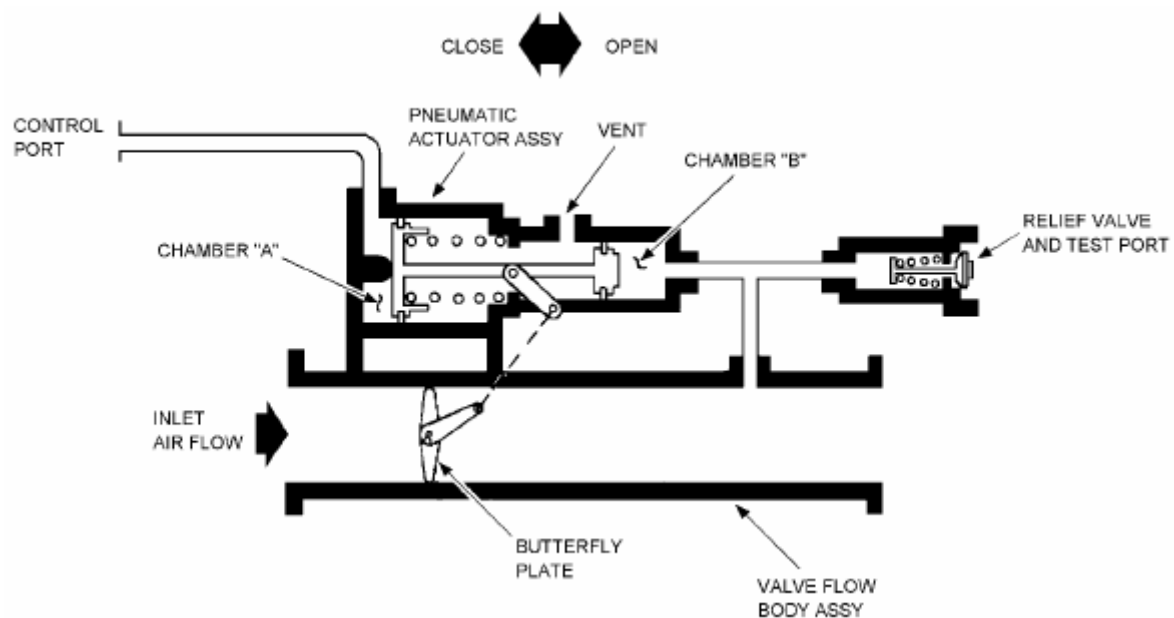


De mer ingående delarna presenteras i felanalysen. Fortsättningsvis kommer även de ingående delarna att beskrivas med sitt engelska namn då detta underlättar felanalysen och då även bilderna har engelsk beskrivning.

### 3.1.2 Funktion

Ventilen befinner sig ursprungligen i stängt läge med hjälp av en fjäderbelastning. Tryckluft appliceras på control porten. När trycket blir tillräckligt stort övervinner detta fjäderkraften och kolven roterar ventilen till öppet läge. Detta medför att luften kan passera ventilen och öka trycket i systemet. Detta tryck leds även in till motsatt sida på kolven, se chamber B, fig 3.2. När trycket efter ventilen blir tillräckligt stort övervinner detta, tillsammans med fjäderkraften, lufttrycket som kommer från control porten. Detta medför att ventilen går mot sitt stängda läge. Dessa mottryck bildar efter ett tag en jämvikt i systemet.

Komponenten är även utrustad med en relief valve. Då ventilen inte sluter helt tätt när den är stängd ser relief valve till att minska på övertrycket bakom ventilen. Detta för att trycket bakom ventilen inte ska vara så stort så att ventilen inte går att öppna.



Figur 3.2 Springskiss High Stage Valve

### 3.1.3 Analyserad data

Totalt har data från 178 st shop finding/workshop reports analyserats. Dessa shop finding reports är rapporterade från totalt 127 st olika High Stage Valves.

Om man delar in alla rapporter i de repair-koder som var rapporterade fås följande resultat:

- 119 st repair – A-check
- 3 st inspection – B-check
- 17 st overhaul – C-check
- 0 st modification – MOD
- 38 st övrigt – Exchange, ingen kod osv.

Anledningen till att ingen komponent har genomgått modifikation är att alla analyserade High Stage Valve har partnumret 3214446-4 vilket är den senaste versionen.

### 3.1.4 Felanalysen

För High Stage Valve fanns det totalt 8 olika typer av RFR. Dessa var baserade på totalt 68 shop finding reports, vilket är 38 % av totala antalet rapporter. Fyra av typerna är enbart rapporterade i <7 % av fallen och dessa resultat hänvisas till felanalysblanketten, **bilaga 1**.

De olika typerna av reason for removal är enligt följande:

- Bleed trip off light on during T/O, 29 %
- Bleed trip off light on during climb/cruise, 24 %
- Idle duct pressure low, 12 %
- High stage valve does not move to fully close position, 12 %
- During descent not able to maintain cabin pressure with both engines on idle, 7 %
- Duct pressure fluctuating, 6 %
- Larger than normal difference in duct pressure between left and right side, 6 %
- Bleed trip off light when eng anti ice selected on/off, 4 %

där % -talet står för andelen av de 68 rapporter som ingick i analysen.

**Bleed trip off light on during T/O:** En bleed trip off light on sker då temperaturen eller trycket på bleed air passerar en viss gräns. Detta sker främst vid T/O eller under fullt pådrag vid stigning. Orsaken till detta är ett ökat läckage förbi den stängda High Stage Valven. Detta leder i sin tur till en tryckökning i systemet och en varning utfärdas.

I många rapporter med bleed trip off light on during T/O rapporteras "plate ring wedged between body and plate". Detta innebär att det clip som håller fast ringen lossnat och gjort att ringen hamnat utanför sitt spår och låst butterfly plate. De skador som rapporterats är skador på de spår på butterfly plate där ringen ska sitta. Även skador på den kromade innerdiametern på body har rapporterats, vilket troligtvis orsakats av ringen.

Förutom detta gör låsningen av plate att shaft blir vriden. Shaft är en av de mest felande detaljerna på high stage valve.

Övriga fel som rapporterats för detta RFR är "spring tension out of limit", och att piston ring set, seal och relief valve har förslitningsskador. Om detta beror på den naturliga förslitningen eller att plate låst sig är svårt att säga.

Orsaken att relief valve är sliten beror troligtvis på att den vid T/O får släppa ut övertryck mer än normalt.

Ofta i samband med att piston ring set är utslitna får innerdiametern på big och small cover slitskador.

**Bleed trip off light on during climb/cruise:** Denna RFR liknar den för T/O då motorn har ett större pådrag under stigning. Under cruise är pådraget mindre och därmed blir de rapporterade skadorna inte lika allvarliga.

De vanligaste felen för denna RFR är förslitningsskador på seal, plate ring och piston ring set. Dessutom rapporteras "spring tension out of limit" och "actuator cover inner diameter worn".

**Idle duct pressure low:** Vid idle duct pressure low får systemet inte tillräckligt med trycksatt luft. De fel som beskrivs från rapporterna är slitskador på seals, rings, covers och spring. Även gasket och relief valve har rapporterade slitskador. För detta RFR fanns inte tillräckligt med fel rapporterade för att utskilja något särskilt fel på detaljerna.

**High stage valve does not move to fully close position:** Detta beror troligtvis på att spring är out of limit och inte lyckas stänga plate helt. Bearings är också en felande detalj som har rapporterats rotera tungt och påverkar stängningen. Även relief valve har rapporterats vara sliten.

En annan orsak kan vara att plate ring lossnat och kärvat fast mellan plate och body, se första RFR.

### 3.1.5 Felande detaljer

För High Stage Valve är följande detaljer de mest återkommande i alla shop finding reports:

- Spring
- Shaft
- Plate ring
- Seal
- Piston ring set
- Plate

**Spring:** Spring är den mest rapporterade detaljen för high stage valve. Dess funktion är att hålla ventilen stängd när inget lufttryck kommer från control port. De rapporterade felen för spring är främst att fjäderkraften har försämrats. Detta beror troligtvis på att high stage valve öppnas och stängs så många gånger att fjäderkraften försämras naturligt.

De gånger high stage valve har låst sig rapporteras fjädern vara ”out of limit”. Detta kan bero på att fjädern fastnar i komprimerat läge under en mycket lång tid och därmed tappar sin fjäderkraft.

**Shaft:** Shaft är den axel som vrider och styr öppning samt stängning av butterfly plate. Vanligtvis kasseras shaft p.g.a. att den blivit vriden. Detta har ett samband med att High Stage Valve låser sig, vilket medför att shaft får en onormal belastning. Även skador på diametern har rapporterats. Även slitna bearings kan ha inverkan på skadorna.

**Plate ring:** Plate ring är tätningssringar mellan butterfly plate och body. Ringarna förhindrar att luft tar sig förbi vid ytterkanten på butterfly plate. De vanligaste felen som uppstår är att plate ring kilas fast mellan body och butterfly plate. Denna plate ring är utsatt för stora påfrestningar vilket gör att den slits ut kontinuerligt. Därför rekommenderas det att ringen byts ut vid varje underhållstillfälle.

Många gånger rapporteras det att plate ring har lossnat från sitt spår, men detta beror snarare på att den clip som håller fast ringen har gått sönder.

**Seal:** High Stage Valve har två stycken tätningssringar som är av koltätningstyp. Dessa förhindrar att luft tar sig ut vid shaft. Eftersom koltätningar slits ut naturligt så rekommenderas det att dessa byts ut vid varje underhåll. Samtliga skador som rapporterats är av typen seals worn.

**Piston ring set:** Precis som plate ring så är piston ring set ett antal tätningssringar. Dessa sitter i actuators och även dessa ska man byta ut varje gång.

I samband med att High Stage Valve låser sig har det rapporterats att ringarna slits onormalt mycket.

**Plate:** Plate eller butterfly plate är det spjäll som reglerar luftflödet i High Stage Valve. Det skador som främst rapporteras är skador på spåret för plate ring. Dessa uppstår i samband med att ringen lossnar.

CMM:en föreslår även att ett antal detaljer ska bytas ut vid varje underhållstillfälle. Många av dessa detaljer är det som nämnts ovan.

### 3.1.6 Tider

Snittiden för första underhållet är cirka 7100 h. Detta är beräknat för de komponenter som har tid rapporterad vid första underhållstillfället. Om man sammanfattar de rapporterade totaltiderna för de olika RFR-typerna fås följande resultat:

- Bleed trip off light on during T/O, 8700h
- Bleed trip off light on during climb/cruise, 9800h
- Idle duct pressure low, 14400h
- High stage valve does not move to fully close position, 13300h
- During descent not able to maintain cabin pressure with both engines on idle, 11900h
- Duct pressure fluctuating, 9000h
- Larger than normal difference in duct pressure between left and right side, 14600h
- Bleed trip off light when eng anti ice selected on/off, 6900h

Anledningen att de flesta tiderna är mycket högre än snittiden för första underhållet är att dessa tider är uträknade på samtliga underhållstillfällen, även om komponentindividen har varit inne för underhåll mer än en gång.

Det är svårt att hitta något speciellt mönster i tiderna men för den vanligaste RFR är snittiden lägst. Detta kan bero på att felet kan inträffa när som helst vid T/O då motorpådraget är högt, och dessa fel är ofta inte beroende på någon naturlig förslitning.

Även snittider för de mest felande detaljerna är uträknade och om man studerar dessa kan man se att tiderna ligger runt 8100 h. Detta troligtvis beroende på att många detaljer har samma snittid som den vanligaste RFR.

För en lista med snittgångtider för varje enskild detalj hänvisas till **bilaga 6**.

### 3.1.7 Servicebulletiner

Då samtliga analyserade komponenter är av typen 3214446-4, vilket är den senaste versionen, har inga effekter av de genomförda servicebulletinerna kunnat undersökas. Detta eftersom alla felande detaljer är av den senaste uppgraderingen.

Trots detta har en genomgång av samtliga servicebulletiner gjorts. Detta för att undersöka varför man har utfärdat dem och vilka detaljer i komponenten som är uppgraderade. Resultatet av denna genomgång kan ge förståelse för de fel som uppstått/uppstår på komponenten.

För att motverka de tidigare nämnda problemen vid no bleed T/O har en servicebulletin, SB 36-1675, utfärdats där high stage valve ska omarbetas från PN 3214446-3 till 3214446-4. I servicebulletinen ingår ett byte av relief valve samt byte av butterfly ring. Detta ska enligt tillverkaren minska läckaget (port leakage) och det övertryck som bildas i systemet. Om man studerar felanalysen samt de rapporterade RFR ser man att detta fortfarande är en av de största felorsakerna som drabbar high stage valve.

Ytterligare en servicebulletin, SB 36-1626, har utfärdats där en uppgradering av butterfly ring ska göras. Detta för att vidare motverka problemen vid no bleed T/O. Samtliga analyserade butterfly rings är av denna uppgraderade typ.

Det har även noterats vid testing att high stage valve inte sluter helt tätt när inget tryck är applicerat på komponenten. Detta har medfört att ett byte av actuator spring ska utföras, SB 36-1696. Den nya har en hårdare fjädring vilket ska säkra att ventilen stänger tätt. Om man studerar de felande komponenterna kan man direkt säga att problemet kvarstår då spring har den största mängden fel av detaljerna.

Övriga servicebulletiner tar upp åtgärder kring actuator och byte av piston ring set för att förbättra deras livslängd.

Förutom ovan nämnda servicebulletiner finns även en spare parts bulletin utfärdat, VAL1470. Denna bulletin beskriver ett byte av den clip som håller fast butterfly ring. Tidigare underhåll har visat att clip har brustit under drift och därmed frigjort butterfly ring. Detta medför att ventilen kilas fast och orsakar de stora skador som drabbat high stage valve. Detta sker som nämnts tidigare främst vid T/O.

Om man sammanfattar de servicebulletiner som är utfärdade på high stage valve kan man direkt se att de förväntade förbättringarna uteblivit då de största felen fortfarande drabbar de uppgraderade detaljerna.

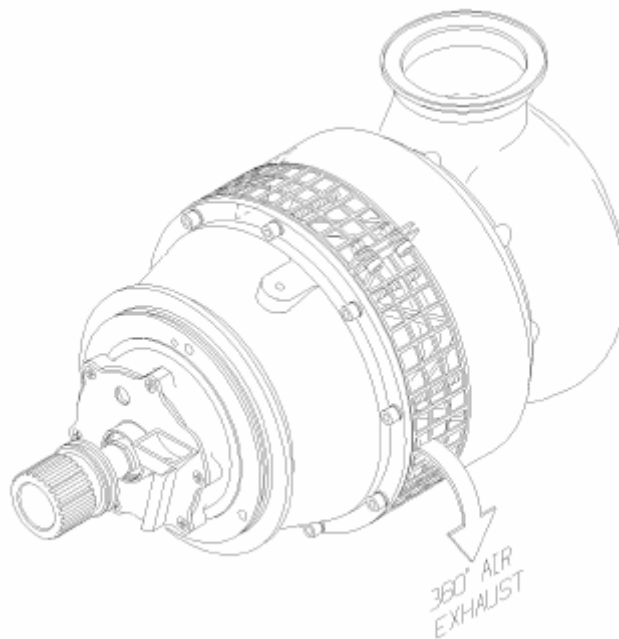
No bleed T/O är fortfarande en stor felorsak för high stage valve. Även spring drabbas av fel i stor utsträckning trots servicebulletinen.

## 3.2 Air Turbine Engine Starter

Air Turbine Engine Starter är en enhet som används för start av flygplanets motorer. Startern omvandlar komprimerad luft till drivning av en axel som är kopplad till växellådan. Den i sin tur ökar hastigheten på motorn till dess att tändning kan ske. Den komprimerade luften kan tas från APU:n, marken eller från den andra motorn om denna är i drift.

### 3.2.1 Uppbyggnad

Air Turbine Startern består i stora delar av ett turbinhjul, en planetväxel, oljepump, frikopplingsmekanism, luftinlopp och utlopp och en utgående axel.



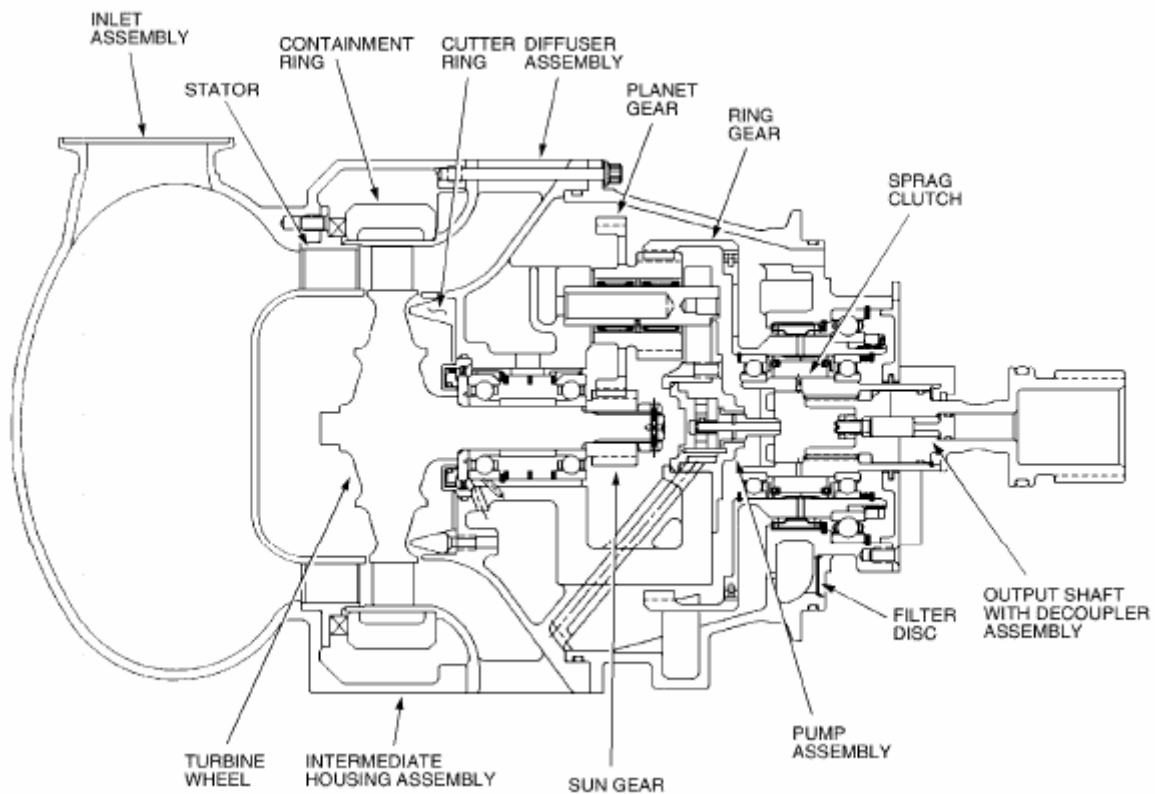
Figur 3.3 Air Turbine Engine Starter

### 3.2.2 Funktion

Komprimerad luft strömmar genom inloppet och turbinens ledskenor till turbinhjulet. Detta gör att turbinhjulet börjar rotera med hög hastighet. Luften passerar därefter genom utloppet, diffusern, och till omgivande luft. Planetväxeln medför att den höga hastigheten på den ingående axeln blir till ökat moment på utgående axeln.

När motorns hastighet är större än starterns kopplar frikopplingsmekanismen från den utgående axeln ifrån startern och detta medför att turbinhjulet och planetväxeln stannar. Den utgående axeln tillsammans med oljepumpen fortsätter att rotera med motorn. Oljepumpens uppgift är att smörja frikopplingsmekanismen och lagren då motorn är i drift.

I händelse att frikopplingsmekanismen inte lyckas koppla från den utgående axeln finns en tension bar som kopplar bort startern ifrån motorn.



Figur 3.4 Sprängskiss Air Turbine Engine Starter

### 3.2.3 Analyserad data

Totalt har data från 180 st shop finding/workshop reports analyserats. Dessa shop finding reports är rapporterade från totalt 117 st olika Air Turbine Engine Starters.

Om man delar in alla dessa rapporter i de repair-koder som var rapporterade fås följande resultat:

- 93 st repair – A-check
- 3 st inspection – B-check
- 3 st overhaul – C-check
- 45 st modification – MOD
- 36 st övrigt – Exchange, ingen kod osv.

En stor del (25 %) av alla rapporter har modification som felorsak. Detta är vanligtvis inte orsakat av fel på komponenten och detta gör att dessa rapporter blir svåra att analysera.

I MOPS fanns totalt 124 st (070326) Air Turbine Engine Starters inlagda. Hela 94% av alla komponenter har varit inne för underhåll.

### 3.2.4 Felanalysen

Enbart 56 rapporter (31 % av totalt) var intressanta för felanalysen. Efter sammanställning gav dessa 5 olika reason for removal.

De rapporterade RFR-typerna är enligt följande:

- For modification, 36 %
- Oil leak from starter, 32 %
- During start-up smoke observed from the engine, 16 %
- Unable to start engine, 9 %
- Metal particles found on chip detector, 7 %

Där % -talet står för andelen av de 56 rapporter som ingick i analysen.

**For modification:** For modification var den vanligaste reason for removal, och totalt finns det 10 servicebulletiner tillgängliga för startern. Den servicebulletin som var mest återkommande som orsak till underhåll var SB 80-1756:R1. Denna servicebulletin syftar bland annat till att förhindra oplanerat oljeläckage från startern.

For modification behöver inte vara orsakat av något fel på komponenten, utan kan göras i förebyggande syfte. Därför är det svårt att utföra en felanalys på just denna reason for removal.

**Oil leak from starter:** Oil leak from starter är också en av de vanligaste reason for removal som inträffar. Denna RFR kan orsakas av att det uppstår vibrationer i startern p.g.a. utmattnings av materialet i turbine wheel. Vibrationerna gör sedan att läckage uppstår från turbine wheel seal eller från plate i oljepumpen.

Det vanligaste läckaget från turbine wheel seal kommer även ofta från naturligt slitage.

**During start-up smoke observed from the engine:** Rök från motorn kan bero på att startern inte frikopplats från motorn, vilket gör att startern går på för höga varvtal och delarna inne i startern överhettas. Orsakerna till detta fel kan vara designproblem på turbine wheel stack eller en skada på spring washer.

Det kan också bero på oljeläckage från turbine wheel seal vilket gör att rök uppstår genom att olja hamnar på varma detaljer.

**Unable to start engine:** Unable to start engine är en RFR som beror på skador på turbine wheel bearings. Skadorna på lagret uppstår p.g.a. för lite smörjning vilket relaterar till läckage från turbine wheel seal. Skadorna kan även komma från skador på clutch, oil pump, gear samt deucoupler. Vissa fall så är felen enbart beroende av naturlig förslitning.

Eftersom startern drivs av bleed air kan denna reason for removal även bero på yttre fel, så som fel i bleed air system. Därför är det svårt att exakt säga vilka fel som orsakar RFR.

**Metal particles found on chip detector:** Metal particles found on chip detector är en RFR som inte sker så ofta. Det är metallbitar från bl.a. skadade lager som fastnar på chipdetector. Lagerna sitter oftast på turbine wheel vilket ofta leder till att den fastnar.

Metallpartiklar kan även komma från naturligt slitage från övriga detaljer som smörjs av oljan i startern. Många gånger rapporteras även startern vara väldigt smutsig.



### 3.2.5 Felande detaljer

För Air Turbine Engine Starter är följande detaljer de mest återkommande i alla shop finding reports:

- Turbine wheel seal set
- Bearings
- Oil pump journal bushing
- Turbine wheel
- Turbine bearing
- Oil pump driveshaft

**Turbine wheel seal set:** Är den mest rapporterade delen för startern. Det är en uppsättning tätningsskivor som tätar kring turbine shaft. Ringarna är placerade i planetväxeln i diffuser assembly. De skador som rapporterats är främst förslitningsskador så som seal set worn.

**Oil pump journal bushing:** Är en infästningsring för lubrication pump assembly som innefattar all delar i oljepumpen. Oil pump journal håller fast oil pump driveshaft som i sin tur är ihopkopplad med resten av oljepumps detaljerna, plate-pump, ball-bearing, rotor set-lube pump och plate pump. Skadorna som upptäcks samt rapporteras på denna detalj är oftast förslitningsskador och repsskador.

**Turbine wheel:** Är en detalj som också rapporteras som fel vid många tillfällen. Turbine wheel drivs av den inkommande luften med hjälp av ledskenorna vid inloppet. Skadorna på den kan bero både på värme från den inkommande luften från kompressorn och även nötning/förslitningar p.g.a. stor rotation då bladen slår i cutter ring.

**Oil pump driveshaft:** Skadorna som rapporterats på oil pump driveshaft är främst repsskador och förslitningsskador och i de flesta fallen är dessa skador allvarliga. Det har även rapporterats att driveshaft har blivit sheared off vilket innebär att den har gått helt av. Oil pump driveshaft får drivning av motorn och är i konstant rotation under hela flygningen. Detta gör att detaljen slits mer än vanligt.

Oil pump journal bushing och oil pump driveshaft är två detaljer som hör ihop och byts eller repareras vanligtvis tillsammans.

**Bearings:** Startern har totalt åtta olika lager. Dessa är av typen ball bearing och needle bearing. I gear assembly sitter det två lager av typen ball bearing. Dessa lager har en hög förslitning eftersom de ständigt roterar med kopplingen från motorn. Hub assembly har två stycken ball bearings som också har en hög förslitning.

De lager som främst drabbas av skador är turbine bearings och dessa är två stycken lager som sitter i diffuser assembly och är av typen ball bearings. Anledningen till att dessa lager slits mer än övriga är svårt att säga, men troligtvis beror det på för lite smörjning och mer vibrationer.

### 3.2.6 Tider

Totalsnitttiden för det första underhållet ligger i snitt på cirka 2500 h. Att denna tid är låg är troligtvis beroende på att komponenter skickas på modifiering vilket sänker snitttiden för första underhållet.

Om man sammanfattar de rapporterade totaltiderna för de olika RFR-typerna fås följande resultat:

- For modification, 7900 h
- Oil leak from starter, 12900 h
- During start-up smoke observed from the engine, 9700 h
- Unable to start engine, 7800 h
- Metal particles found on chip detector, 6000 h

Det är svårt att läsa ut något exakt mönster i tiderna, men den troliga orsaken till att metal particles found on chip detector har en låg tid kan bero på att komponenten tas ur drift tidigt. Detta p.g.a. att man funnit metallpartiklar vid inspektionen. Detta behöver inte betyda att komponenten är trasig.

De övriga snittgångtiderna för RFR är troligtvis servicerelaterade skador som innefattar en naturlig uttmatning av detaljerna och de har en högre tid.

Vid granskning av de enskilda detaljerna kan man se att snitttiden för underhåll ligger runt 7000 h. Av de detaljer som har en låg gångtid märks bl.a. turbine wheel. Detta beror troligtvis på att felen är oplanerade och inte beror på naturlig förslitning.

För övriga snitttider på detaljer hänvisas till **bilaga 6**.

### 3.2.7 Servicebulletiner

Totalt finns det 10 st servicebulletiner för Air Turbine Engine Startern, vilket är många fler än övriga komponenter. Det finns även 10 st versioner av startern från -1 till -10.

Nedan följer en sammanfattning av samtliga servicebulletiner:

**SB 80-1665:** Denna servicebulletin uppgraderar komponenterna från -3 till -5 och -4 till -6. Anledningen till att SB:n har utfärdats är att skruven på decoupler assembly har minskat i storlek av de kalla temperaturerna. Följderna av detta är att skruven tappat fästet från i output shaft. När skruven tappar fästet så upphör drivningen från startern till motorn och detta medför att man inte kan genomföra en start av motorn. Dessutom uppgraderas även preload spring washer för att förhindra skada av lagret om fel uppstår. Totalt har 6 komponenter fått denna SB införd.

**SB 80-1693:** Denna service bulletin förbättrar gear shaft som tidigare drabbats av för tidig uttmatning p.g.a. cyklisk uttmatning. Vissa starters blev förstörda mellan 303-1108 h, och över 400 komponenter har blivit identifierade för detta problem. Den nya gear shaften förhindrar för tidig uttmatning och gör att oplanerade underhåll undviks. 27 komponenter har fått denna servicebulletin införd. Av dessa komponenter var inga identifierade som de som troligtvis hade detta fel.

**SB 80-1705:** Denna service bulletin uppgraderar spur gear shafts (planetväxeln) och gäller för versionerna -5/-6. Servicebulletinen syftar till att förbättra hållbarheten på kugghjulen i planetväxeln vilket leder till ett mindre underhåll och minskar oplanerad service. Ingen av komponenterna har fått denna servicebulletin införd. Detta beror på att denna servicebulletin utfärdades för att förbättra spur gears till dess att en slutlig version blev tillgänglig.

**SB 80-1709:** Servicebulletinen syftar till att uppgradera version -5 till -7 och -6 till -8. Denna bulletin är en fortsättning på ovan nämnda bulletin och den innehåller en förbättring av spur gear shafts och spur gears. Detta ska medföra att kugghjulen får en robustare konstruktion i planetväxeln vilket förhindrar sprickor eller brott som försenar underhållet av komponenten. En stor mängd starters har fått denna servicebulletin införd, totalt 31 st.

**SB 80-1768:** Servicebulletin 80-1768 innefattar en uppgradering av magnetic drain plug assembly. De tidigare magnetic drain plug assembly har haft problem med låsanordningen i bulten. Detta medförde att bulten lösgjorde sig ifrån huset vilket resulterade i ett oljeläckage. Den nya magnetic drain plug assembly har uppgraderats med en extra packning och hindrar pluggen från att lösgöra sig.

Många komponenter har oil leakage som reason for removal men enbart 6 st har infört denna servicebulletin. Detta kan betyda att magnetic drain plug inte orsakar oljeläckagen i de flesta fallen.

**SB 80-1756:** Uppgraderar version -7/-8 till version -9. Totalt 40 komponenter har fått denna servicebulletin införd vilket är mest av samtliga SB:er. Den ska förhindra oplanerade underhåll av startern p.g.a. oljeläckage. Läckaget uppstår genom att O-ringen i turbine wheel seal utsätts för en stark friktion som i längden leder till oljeläckage. Lösningen är en förbättrad O-ring.

Denna servicebulletin kan relateras till oil leak from starter och during start-up smoke observed from the engine. Dessa RFR är väldigt vanliga och det är troligtvis därför som servicebulletinen är införd så många gånger.

**SB 80-1762:** Denna servicebulletin uppgraderar startern till den senaste versionen -10. Servicebulletinen ska ge förbättringar på turbine stack och preload spring vilket medför att ett utbyte av turbine wheel, spur gear, retaining nut och preload spring måste ske. Servicebulletinen är skapad för att ge en kostnadseffektiv uppgradering från version -9 till version -10 de gånger då reparation av turbine wheel eller spur gear måste göras. 20 komponenter har denna SB införd.

**SB 80-1801:** Under uppstart kan preload spring hoppa ur sin position vilket resulterar i invändig skada på startern. Symtomen för ett preload spring fel är att det blir metall på magnetic drain plug eller en felande start p.g.a. urkoppling av output shaft. Bara 7 st komponenter har denna servicebulletin införd.

**SB 80-1803:** Denna service bulletin uppgraderar startern genom ett byte av packningar på magnetic drain plug. Anledning till packningsbytet är att man då kan ha en bättre olja i startern av typen HTS. Denna olja är mer lämpad för användning i krävande temperaturer. Om inte packningsbyte gjorts så hade HTS oljan löst upp de gamla packningarna och det hade resulterat i ett oljeläckage. 11 komponenter har SB-1803 införd.

**SB 80-1804:** Även service bulletin 80-1804 innefattar en uppgradering av magnetic drain plug assembly. Den gamla magnetic drain plug skall ersättas av en ny modifierad plug med ett större huvud.

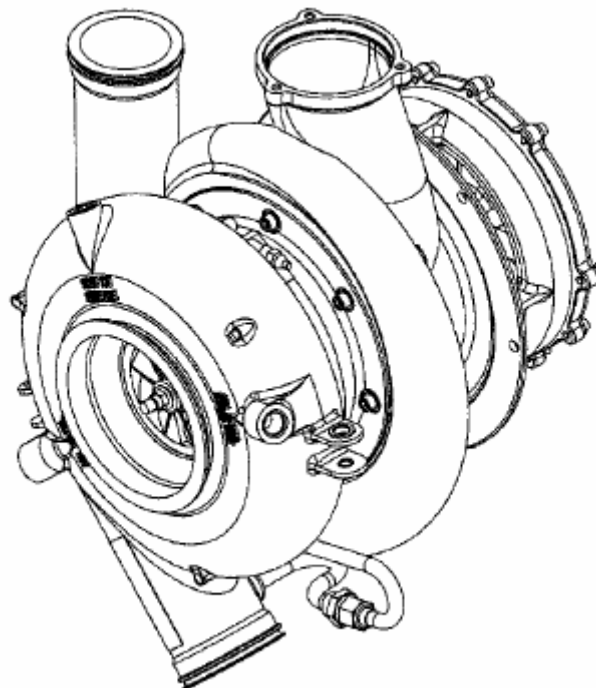
Anledningen till denna modifiering är att mekanikerna har haft svårt att lossa den gamla pluggen vid underhåll. Den nya pluggen skall även kunna lossas utan hjälp av verktyg. 8 komponenter har fått ett större huvud på magnetic drain plug.

### 3.3 Air Cycle Machine

Air Cycle Machine ingår som en komponent i luftkonditioneringssystemet och dess funktion är ungefär som hos ett kylskåp. Den kyler bleed air från motorn och försörjer därefter hela systemet med kyld luft. Tillsammans med värmeväxlare och vattenseparator förser ACM:n kabinen och cockpit med tempererad luft.

#### 3.3.1 Uppbyggnad

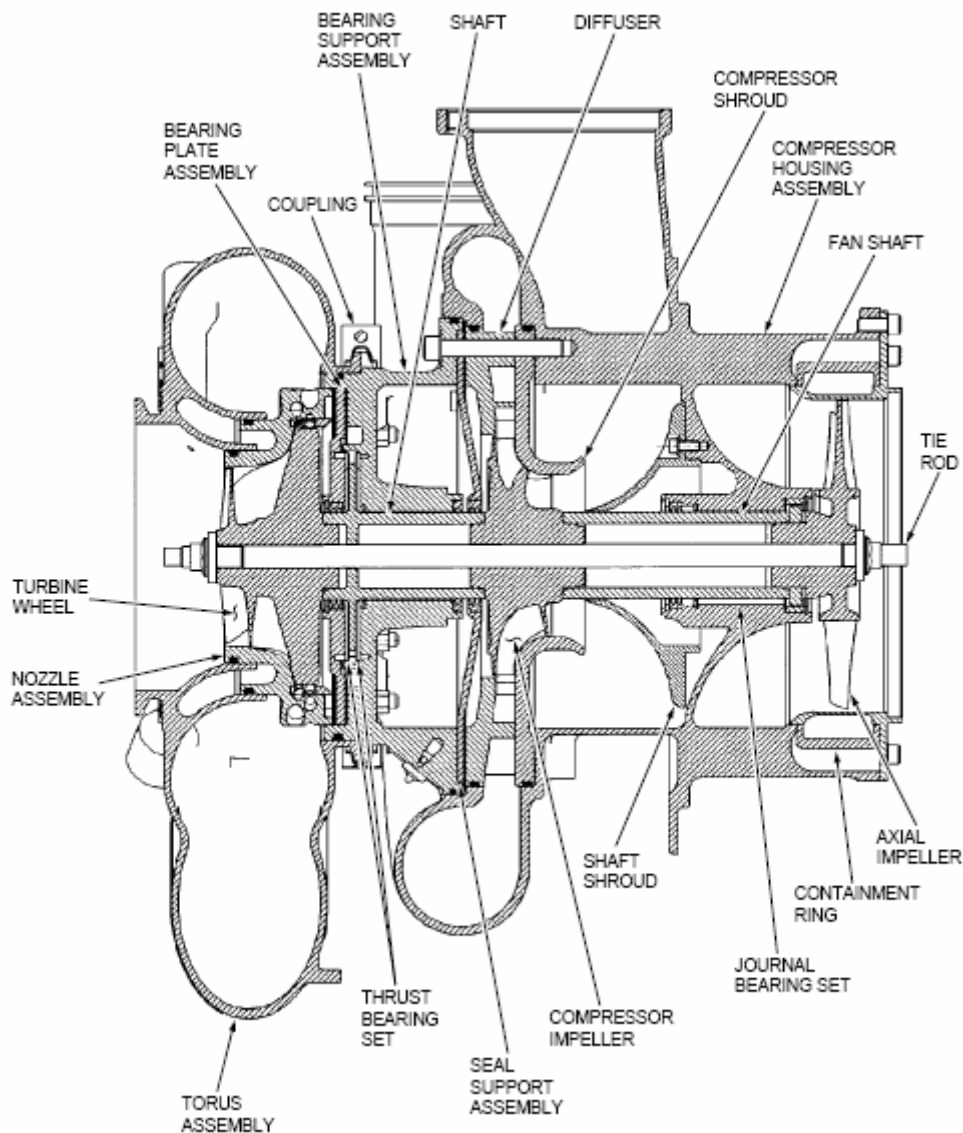
Air Cycle Machine består i huvudsak av ett kompressorhjul, turbinhjul, fläkthjul, inlopp och utlopp samt en roterande axel med tillhörande lager.



*Figur 3.5 Air Cycle Machine*

#### 3.3.2 Funktion

Varm bleed air från motorn leds in i kompressorhjulet via kompressorinloppet. Luften komprimeras och får en högre temperatur. Därefter leds luften genom en värmeväxlare, där den kyls ner, till turbinen. Genom ledskenor styrs luften till turbinbladen vilket medför att turbinen roterar. Turbinen driver det tidigare nämnda kompressorhjulet och dessutom fläkthjulet. P.g.a. uttaget arbete över turbinhjulet sjunker luftens temperatur. Fläktens uppgift är att dra omgivande luft över värmeväxlaren när flygplanet står på marken.



Figur 3.6 Sprängskiss Air Cycle Machine

### 3.3.3 Analyserad data

Totalt har data från 44 st shop finding/workshop reports analyserats. Dessa shop finding reports är rapporterade från totalt 32 st olika ACM.

Om man delar in alla dessa rapporter i de repair-koder som var rapporterade fås följande resultat:

- 28 st repair – A-check
- 1 st inspection – B-check
- 5 st overhaul – C-check
- 3 st modification – MOD
- 7 st övrigt – Exchange, ingen kod osv.

Till skillnad från de övriga komponenterna fanns det inte lika stor mängd data att analysera på ACM. Detta beror på att komponenten har en längre gångtid, och därför har många ACM har inte varit inne på sitt första underhåll än. Av de antal som fanns inlagda i MOPS (totalt 89 st, 070326) har bara 36 % varit inne för underhåll.

### 3.3.4 Felanalysen

Efter insamling av all information kunde man dela in rapporterna i fyra olika reason for removal. Totalt fanns 24 rapporter som var av intresse för analysen, vilket är 55 % av totala antalet rapporter. Då felanalys enbart har gjorts på 24 rapporter medför detta att osäkerheten i resultatet ökar.

De fyra reason for removal typerna är följande:

- Air cycle machine stuck/rough rotation, 37,5 %
- Air conditioning pack trip off light on, 29 %
- Unable to regulate temp, 21 %
- Pack trip off light on with APU bleed on, 12,5 %

Där %-talet står för andelen av de 24 rapporter som ingick i analysen.

Nedan följer en beskrivning av varje reason for removal för ACM:en. I övrigt hänvisas till felanalysblanketten i **bilaga 2**.

**Air cycle machine stuck/rough rotation:** Den mest förekommande RFR var då ACM roterade tungt eller var helt låst. Detta är ett allvarligt fel och det var ofta stora skador på komponenten som följde.

Orsaken till felet berodde vanligtvis på att lagren havererat. Felrapporterna beskriver lagren som grooved, worn, burned. Som en följd av att trycklagret (thrust bearing set) havererar har det resulterat i att shaft fått repskador. Även impellern har rapporterats fått slitskador. Det har utfärdats en SB för denna impeller då operatörer rapporterat utmattning på bladen, vilket resulterat i kärvande ACM. Se **3.3.7**

Rapporterna beskriver även seals som out of limit, men detta behöver ej ha med RFR att göra, då komponenten har lång drifttid och därmed slits naturligt.

**Air conditioning pack trip off light on:** Orsaken till en pack trip off light on beror på förhöjd temperatur i ACM. En pack i flygplanet är en ACM-enhet. Överhettningen beror vanligtvis på att packen får jobba hårdare, och det resulterar i att den automatiskt stängs av, dvs. ingen luft in och ingen luft ut.

Denna RFR är vanligtvis orsakad av in-service förslitningsskador på impeller, bearings och seals. Även shaft har fått repskador, vilket som innan troligtvis beror på lagren. Följden av att impellern slits kan göra att metall från bladen sugas in i ACM:en och orsakar felen på övriga delar, men detta antagande är svårt att bevisa med den mängd data som fanns tillgänglig.

**Unable to regulate temperature:** De felande komponenter som orsakar detta RFR är precis som innan slitna bearings, seals och i viss mån även impellern. Men orsaken till att det inte går att reglera temperaturen behöver inte direkt bero på ACM:en, då det är ventiler som styr luftblandningen in till kabinen.

**Pack trip off light on with APU bleed on:** När bleed air tas från APU:n är ofta flygplanet på marken. Detta medför att ACM:en får arbeta hårdare för att kyla luften. Mer kylning innebär att kompressorn får jobba hårdare. De fel som rapporterats är sprickor och skavningar på kompressorhjulet, slitna seals och bearings samt repor på shaft.

Dessa fel kan i sin tur resultera i att ACM:en kärvar eller låser sig; se RFR ovan.

### 3.3.5 Felande detaljer

De gånger Air Cycle Machine varit inne på underhåll har ett stort antal detaljer och skador rapporterats. För att kunna skapa ett bra provisioneringsunderlag har det gjorts en sammanställning av de vanligaste felande delarna och deras felfrekvens.

De detaljer som är mest återkommande för ACM:en är följande:

- Bearings
- Shaft
- Seals
- Impeller

För en hel sammanställning över felrapporterade detaljer inklusive partnummer, se **bilaga 7**.

**Bearings:** De mest utbytta komponenterna är bearings. Totalt finns fyra sets med bearings, varav två thrust air bearing set och två journal air bearing set.

En thrust bearing tar upp krafter axiellt, medan journal bearing tar upp krafter radiellt. Att de båda är av typen air menas att luft används för att skapa en tunn "film" som minskar friktionen. På detta sätt slipper man olja som smörjmedel i ACM:en.

Allteftersom lagren slits ut minskar den skyddande hinnan. Då dessa har en mycket viktig del i komponenten ska de bytas ut vid varje underhållstillfälle. Slitna lager är orsaken till många av de fel som rapporterats.

**Shaft:** P.g.a. havererande lager rapporteras även en stor mängd shafts som skadade. Det är främst i samband med bearing failure. Skadorna som rapporterats är bl.a. rep-skador och shaft burned. Det är svårt att exakt bestämma orsaker till skadorna men troligtvis beror de på ett bearing failure. Totalt finns två shafts i ACM:en men den som är överlägset mest rapporterad är den shaft som är placerad vid ACM:ens thrust bearing set.

**Seals:** Det finns sex olika lager i ACM:en. Eftersom dessa slits naturligt är den vanligaste felorsaken slitskador. Vissa shop finding reports rapporterar enbart seals utan att specificera vilket PN som har fallerat. Därför rekommenderas att samtliga seals byts ut vid varje underhållstillfälle.

**Impeller:** De mest rapporterade skadorna på impellern är slitskador så som impeller out of limit eller impeller eroded/peeled. Vid enstaka fall har det rapporterats att blad lossnat och gjort att ACM:en blivit helt förstörd. Detta har tidigare rapporterats av andra operatörer vilket medfört att en servicebulletin har utfärdats, se kapitlet **3.3.7** nedan.

Förutom ovan nämnda komponenter rekommenderar Honeywell att ett visst antal detaljer byts ut vid varje underhållstillfälle. Dessa är enligt CMM:en främst en mängd packings, men även samtliga lager rekommenderas att bytas ut vid varje underhållstillfälle.

### 3.3.6 Tider

Genomsnittstiden för första underhållet är cirka 8100 h och detta värde är beräknat på de ACM som varit inne på underhåll.

Om man sammanfattar de rapporterade totaltiderna för de olika RFR-typerna fås följande resultat:

- Air cycle machine stuck/rough rotation, 4100 h
- Air conditioning pack trip off light on, 9500 h
- Unable to regulate temp, 12200 h
- Pack trip off light on with APU bleed on, 10400 h

Orsaken till att ACM found stuck har lägst snittgångtid kan bero på att detta fel kan ske utan förvarning. Detta kan vara orsakat av obalans i systemet p.g.a. ojämn förslitning på de roterande detaljerna, eller ovarsamt monterade lager. Det behöver alltså inte ha med den naturliga förslitningen att göra. En annan orsak till detta kan också vara att det finns mer rapporterade tider för de vanligaste RFR och därmed sänks snitttiden.

De övriga RFR som troligtvis beror på naturliga förslitningsskador har en högre tid än genomsnittstiden för första underhållet.

Det har även gjorts beräkningar på snittgångtider för de mest felande detaljerna i ACM:en. Om man studerar dessa värden ser man att tiderna ligger ungefär mellan 7000-9000 h vilket ligger runt snitttiden för första underhållet. Snittgångtider för varje enskild detalj hänvisas till tidrapporteringen i **bilaga 6**.

### 3.3.7 Servicebulletiner

Det finns enbart en servicebulletin tillgänglig för ACM:en och det är en servicebulletin som är utfärdad för att förbättra livslängden på impellern.

Operatörer har rapporterat utmattning på impellerns blad vilket resulterat i obalans. Detta har i sin tur resulterat i att ACM:en blivit utbytt. Den gamla impellern skall uppgraderas om nötningskador upptäcks vid underhåll.

På de komponenter som innan servicebulletinen har haft rapporterade skador på impeller och fått den uppgraderad har därefter inte haft samma noterbara problem. Om man jämför alla de rapporterade skadorna på den gamla och den nya impellern märker man en förbättring från 14 rapporterade totalt till 5 rapporterade efter byte.

Det rekommenderas att utföra denna servicebulletin vid nästa underhållstillfälle, med den anledningen att impellern, förutom egna förslitningsskador, även kan orsaka stora skador på övriga detaljer i ACM:en vid fel.



## Kapitel 4

# Databasen

*I följande kapitel presenteras uppbyggnad och funktion på komponentdatabasen. Detta kapitel tar inte upp användarförfarandet. Detta hänvisas istället till instruktionshäftet "STOTP-M Component Database".*

---

### 4.1 Introduktion till Microsoft Access

Microsoft Access är en s.k. databashanterare. Databaserna i Access är uppbyggda av sex olika huvuddelar. Dessa är tabeller, formulär, frågor, rapporter, makron och moduler.

Tabellerna är kärnan i databasen. De påminner om ett kalkylblad och det är där man lagrar all information. Formulären är själva arbetsfönstret för Access och dessa är länkade till tabellerna. Det man skriver in i formuläret lagras i tabellen.

Med hjälp av frågorna kan man plocka ut ett urval av databasens alla uppgifter, så just den informationen man för tillfället är intresserad av blir mer överskådlig. Frågorna används t.ex. för uppbyggnad av databasens rapporter. Dessa rapporter i sin tur används för att kunna skriva ut information eller visa upp t.ex. sammanställningar av information.

Makron är en typ av programmering som kan används för att köra kommandon i Access. Programmeringsspråket i Access är av VBA-typ. Detta står för Visual Basic for Applications. Modulerna i Access använder sig av detta programmeringsspråk. Det finns ytterligare ett programmeringsspråk som kallas SQL. Detta betyder Structured Query Language, och detta språk används bl.a. för att skapa de tidigare nämnda frågorna.

Databasen som skapades i detta examensarbete använder sig av versionen Microsoft Access 2003. En mer ingående förklaring av Access alla funktioner hänvisas till [7].

### 4.2 Problembeskrivning

Det gavs relativt fria händer att utforma databasen enligt eget tycke, men följande delar skulle från början ingå i grundversionen:

- Information om varje komponent, t.ex. SN, PN, KN, CMM.
- Utförda servicebulletiner för varje komponent.
- Tidigare utfört underhåll inlagt för de tre komponenterna.
- Möjlighet att kunna lägga till testresultat för varje komponent.
- Resultat från avsyning.
- Möjlighet att kunna skicka Shop Finding Reports till kund.
- Kunna utläsa och uppdatera analyser av komponenter.

Under arbetets gång tillkom extra funktioner och i den slutliga versionen skulle förutom de primära delarna även ingå:

- Kundregister med information om varje kund.
- Möjlighet att söka efter tidigare underhåll och utgående från detta kunna åtgärdsbestämma.
- Möjlighet att kunna skriva ut avsyningsrapporter och tomma blanketter.

Då databasen skulle kunna användas av personal utan någon särskild utbildning var det även viktigt att den blev användarvänlig med en klar "röd tråd". Dessutom skulle det vara svårt för användaren att göra fel då man arbetade med databasen. Med detta som bakgrund bestämdes det även att en användarmanual skulle skrivas som stöd.

Det skulle också i framtiden finnas möjlighet att kunna utöka databasen med nya funktioner.

### 4.3 Uppbyggnad och utförande

Uppbyggnaden av databasen följde inget särskilt mönster, men ett antal frågeställningar gjordes för att styra delar av arbetet. Hur ska gränssnittet se ut? Hur lägger man till nya komponenter, CMM, underhåll? Hur ändrar man information i databasen? Hur ska rapporterna se ut? Hur fungerar testfunktionen? Hur anpassas analysen för att passa databasen? Hur skapar man och skickar Shop Finding Reports?

Dessa frågeställningar tillsammans med de krav på databasen som fanns blev som en mall för arbetet.

#### 4.3.1 Utförande

Uppbyggnaden av databasen startades med en planering av själva gränssnittet. Därefter fördes all information om tidigare utfört underhåll på de tre komponenterna in i excelblad. Dessa excelblad konverterades till Access-databasen och indelades i olika tabeller beroende på informationstyp.

Då varje tabell behöver ett inmatningsformulär, dvs. en dialog som hjälper användaren att lägga in och redigera information, så gjordes ett antal formulär. En stor del av arbetet åtgick också till att länka ihop tabellerna med dessa formulär.

När väl information kunde läggas till och redigeras övergick delar av arbetet till att skapa rapporterna. I samband med detta skapades ett antal frågor. Dessa frågor länkades i sin tur till rapporterna. Därefter skapades test- och analysfunktionerna. Dessa funktioner blev ett av de mest tidkrävande då det var svårt att implementera dessa i databasen.

Till sist gjordes en total genomgång av databasen för att hitta diverse fel och för att få en så bra "röd tråd" genom programmet som möjligt.

Genom hela uppbyggnaden användes och skapades makron för att sköta bl.a. knappfunktionerna. Även VBA-koder programmerades in i databasen för att kunna hantera sökfunktionerna samt även rapporterna.

Totalt innehåller databasen 11 st tabeller, 2 st frågor, 22 st formulär, 4 st rapporter samt 8 st grupper med makron. För exempelfigurer hänvisas fortsättningsvis till **bilaga 5**.

## 4.4 Tabeller

All information lagras som nämnts tidigare i tabeller. Vid skapandet av tabellerna togs det hänsyn till hur informationen om varje komponent kunde delas in. Exakt hur upplägget på tabellerna skulle vara var inte bestämt från början utan framkom under arbetets gång.

### 4.4.1 Uppbyggnad tabeller

En första huvudindelning av informationen i tabellerna baserades på en förenklad uppdelning av underhållet på en komponent:

- Inkommande inspektion
- Inkommande test
- Åtgärdsbestämning grundat på reason for removal, inspektion och test
- Avsugning, reparation och byte av delar
- Sluttest
- Slutinspektion

Varje tabell i databasen tilldelades en kolumn som fungerar som primärnyckel. Denna nyckel kommer till användning då tabeller länkas med varandra och med formulär. Förutom primärnycklar fick vissa kolumner s.k. unika index. Med detta menas att dubletter av värden ej är tillåtna. De unika index som användes i databasen var komponenternas originalserienummer (SNORG) och KN.

Kolumnerna kan vara av olika datatyper beroende på innehållet. De datatyper som användes var av typen text, PM, tal och datum/tid. Skillnaden mellan text och PM är att text är begränsat till 255 tecken.

Den slutgiltiga indelningen av informationen i de mest väsentliga tabellerna blev enligt följande:

- CMM
- CMM SB
- Components
- Components SB
- Testing
- Analysis
- Disassembly
- Shop Reports Data
- Customers

**CMM:** I denna tabell återfinns all information som rör komponentens manual. Då ett stort antal komponenter har samma CMM är det onödigt att skriva denna information för varje komponent. Därför placerades alla manualer i en egen tabell som därefter länkades med tillhörande komponenter. På så sätt är det lätt att ändra t.ex. en revision på en CMM, istället för att ändra informationen på varje komponent.

**CMM SB:** Till varje CMM finns det även tillhörande servicebulletiner. Dessa fick en egen tabell som är direkt länkad till CMM-tabellen. Detta eftersom det finns fler än en servicebulletin för varje CMM. Dessutom blir det enklare att redigera och lägga till nya SB's.

**Components:** Detta är själva huvudtabellen i databasen. I denna finns den viktigaste informationen om precis varje komponent i hela databasen. Denna tabell är länkad till huvudformuläret.

**Components SB:** Precis som för CMM har även varje komponent utförda servicebulletiner. Dessa SB's infogades till en egen tabell där användaren kan lägga till nya eller redigera gamla. Till skillnad från de andra tabellerna har denna tabell en kolumn med ett kryssalternativ för att markera om servicebulletinen är utförd eller ej.

**Testing:** I tabellen testing placerades alla testprocedurer tillsammans med kolumner för att kunna skriva in testresultat. Tillsammans med testing specific component- och analysis-tabellerna utgör dessa tre databasens testingfunktion.

**Testing Specific Component:** För varje test skrivs information om vilken komponent som testas in i denna tabell. Då innehållet raderas efter varje test är denna tabell vanligtvis tom.

**Analysis:** Resultatet från analysen av de tre komponenterna är i förenklad form inskriven i denna tabell. Då nya analyser av komponenter kan ske i framtiden finns det möjlighet att både uppdatera och lägga till ny information i tabellen. Analysis skiljer sig från de andra tabellerna då denna tabell är den enda som inte har någon direkt relation till övriga tabeller.

**Disassembly:** Hela avsyningen med utförda åtgärder läggs in i denna tabell. Den är länkad till Component-tabellen för att man ska kunna veta exakt vilken komponent som har fått t.ex. delar utbyta eller lagade.

**Shop Reports Data:** I Shop Reports Data finns allmän information kring varje underhållstillfälle. Denna information kan t.ex. vara datum, kund, WO-nr, reason for removal osv. Varje komponent kan ha mer än ett underhållstillfälle.

**Customers:** I denna tabell finns all information rörande kunder. Även e-mail adresser läggs in i denna tabell för att enkelt kunna skicka Shop Finding Reports.

#### 4.4.2 Relationer

Då varje tabell innehåller delinformation kring varje komponent och underhåll måste relationer skapas mellan dessa för att foga samman informationen till en helhet. En relation fungerar genom att data i två tabeller matchas i nyckelfält. Dessa fält har samma namn i de båda tabellerna.

Vid skapandet av denna databas relationer användes komponentens originalserienummer (SNORG) och komponentnummer (KN) för att länka tabeller med varandra.

## 4.5 Formulär

Varje tabell har ett formulär där information kan skrivas in eller redigeras. Det bestämdes att varje formulär skulle få ett så enhetligt utseende som möjligt för att underlätta för användaren. Dessutom får databasen ett mer professionellt utseende.

Utöver formulären för varje tabell skapades även formulär för diverse filterfunktioner och sökfunktioner. Vissa formulär har även s.k. underformulär. Dessa är speciellt lämpliga i denna databas då varje komponent har många underhållstillfällen och servicebulletiner. Underformulären är bundna till huvudformuläret men informationen hamnar i andra tabeller.

### 4.5.1 Uppbyggnad formulär

Alla formulär skapades med funktionen formulärdesign. I denna funktion har man ett arbetsfönster där man kan infoga textrutor och knappfunktioner. På detta sätt kan man skapa precis det utseende på databasen man vill ha. För att slippa mycket arbete användes samma designstil på varje formulär.

När väl designen är färdig får man först och främst länka själva formuläret till rätt tabell. Därefter ska varje textruta i tabellen få en länk till tillhörande kolumn i tabellen. På så sätt hamnar informationen som skrivs in i formuläret till rätt tabell. Alla knappfunktioner i varje formulär programmerades därefter med makron.

Underformulär, som egentligen är ett formulär som klistras in i ett annat, skapades och länkades till korrekt tabell. Genom att skapa underformulär kan man kombinera information från olika tabeller till att visas i ett huvudformulär.

Listan över de viktigaste formulären i databasen är enligt följande:

- Main form
- Maintenance
- Component SB
- CMM
- Testing
- Testing Subform
- Analysis Subform
- Disassembly
- Customers

För figurer över varje formulär hänvisas till bilagan ”STOTP-M Component Database”.

**Main form:** Vid uppbyggnaden av main form skapades först en huvudmeny där alla databasens funktioner kunde skötas ifrån. I själva fönstret kan man redigera eller lägga till nya komponenter. I main form placerades även två underformulär; Maintenance och Component SB. Dessa formulär använder egna tabeller för lagring av information, men de är beroende av informationen som står i huvudformuläret.

All information som skrivs in i main form läggs in i tabellen Components.

**Maintenance:** Formuläret maintenance är ett s.k. underformulär till main form. Här lägger man till eller redigerar underhållstillfällen för varje komponent. Formuläret är länkat till tabellen Shop Reports Data. Även maintenance har ett underformulär, maintenance subform, men detta är enbart skapat för utseendes skull.

**Component SB:** Component SB är även detta ett underformulär till main form. I Component SB finns all information rörande varje komponents servicebulletiner och därför är formuläret länkat till tabellen Component SB.

**CMM:** Detta formulär används för att redigera eller lägga till all information rörande komponenternas CMM, och det är länkat till tabellen med samma namn. Formuläret har även ett underformulär som heter CMM SB Subform, detta för att kunna redigera eller lägga till de olika servicebulletinerna som tillhör varje CMM.

**Testing:** Testing är huvudformuläret för hela testing- och analysfunktionen. Det innehåller tre underformulär; Testing Subform, Analysis Subform och Testing Specific Subform. I själva testingformuläret går det inte lägga till någon information, utan allt detta sköts genom underformulären.

**Testing Subform:** Underformuläret används för att lagra information kring test av komponenter. Informationen som skrivs in länkas till tabellen testing.

**Analysis Subform:** I analysis subform återfinns resultat från felanalyserna av komponenterna. Analysen är anpassad för databasen och det finns även möjlighet att lägga till ny information i detta formulär. Tabellen Analysis är länkad till detta underformulär.

**Disassembly:** Disassembly är det formulär i vilket all information rörande avsyning och åtgärder skrivs in. Delar som bytts på komponenten skrivs även i här. All information hamnar i tabellen Disassembly.

**Customers:** Detta är ett formulär för hantering av all kundinformation. All data läggs in i tabellen med samma namn. Customers har egentligen inget med lagringen av underhållet att göra. Istället har man här möjlighet att skicka rapporter direkt till vald kund.

Förutom ovan nämnda lista skapades ytterligare några formulär. Dessa skiljer sig p.g.a att de inte har en egen tabell där information kan läggas till.

Browse All Components, Search Maintenance, Search Disassembly och Search Components är formulär som används för att söka efter inlagda komponenter och underhåll. Links, Reports och View Reports är formulär som skapades för att bl.a. kunna öppna rapporter.

#### 4.5.2 Filter

Ett antal formulär är skapade för att fungera som filter. Dessa används inte för att lägga till information, istället sällar de bort den "onödiga" informationen när man t.ex. vill hitta en tidigare inlagd komponent.

Analysis- och Report filter är två formulär som fungerar som filter. Båda dessa har kod som är programmerad i VBA. I filterformulären finns textrutor där man har möjlighet att skriva in den information man för tillfället är intresserad av. Genom programmeringen sorteras allt bort som inte har med sökordet att göra och kvar blir det sökta resultatet.

## 4.6 Frågor

Det finns olika typer av frågor men den som används i denna databas är av typen urvalsfrågor. Med detta menas att information från olika tabeller kombineras för att bilda en ny tabell. Då kan man få information som är relevant för just det tillfället. Frågor är ett bra verktyg att använda då man vill skapa rapporter.

### 4.6.1 Uppbyggnad frågor

Frågorna skapades precis som formulär i designläge. Skillnaden här är att man enbart kan programmera frågan i SQL-kod. Man kan alltså inte bestämma designen på frågan. Resultatet presenteras som en vanlig tabell.

I designläget väljer man först vilka tabeller som ska kombineras, därefter går man ner till kolumnnivå och väljer ut de kolumner man vill ha. För att frågan ska ge resultat måste tabellerna ha en relation mellan varandra. Om man vill kan man lägga till villkor för varje kolumn.

I denna databas används två olika frågor:

- Shop Finding Report
- Test

**Shop Finding Report:** Denna fråga kombinerar information från tabellerna Components, Disassembly, CMM och Shop Reports Data. Det är dessa tabeller som innehåller all information rörande underhållstillfället. Frågan används i rapporten Shop Finding Report.

**Test:** Test används till rapporten Test Data Sheet. Informationen tas från tabellerna Testing Specific Subform, Testing och CMM. Genom att kombinera dessa tabeller kan man skriva ut fullständig information om varje komponenttest.

### 4.6.2 SQL

I databasens båda frågor användes programmeringsspråket SQL, Structured Query Language. SQL kallas för ett frågespråk därför att dess kommandon är begränsade till att skriva in, uppdatera och hämta information. Därför passar det utmärkt till just frågor, då olika information ska hämtas från olika tabeller. Mer om SQL hänvisas till litteratur om Microsoft Access.

## 4.7 Rapporter

För att kunna skriva ut och skicka information från databasen skapades även ett antal rapporter. Dessa rapporter fungerar så att information från antingen frågor eller tabeller överförs till ett rapportblad som går att förhandsgranska och sedan skriva ut. Layouten på rapporten är alltid samma, medan innehållet kan väljas. Detta är bra då man slipper att skapa en ny rapportdesign för varje utskrift.

Alla databasens rapporter använder samma huvud då enhetliga rapporter ger ett mer professionellt intryck.

### 4.7.1 Uppbyggnad rapporter

Genom rapportdesign skapades samtliga rapporter. I designen har man möjlighet att skapa precis det utseende på rapporten man vill ha.

Varje rapport kan delas in i rapporthuvud, rapportfot, sidhuvud, sidfot och detalj. Precis som i formulärdesign kan man skapa textutor där information från tabellkolumner skrivs ut. För att underlätta arbetet användes samma struktur på huvud och fot i samtliga rapporter.

När väl designen är skapad får man länka rapporten till korrekt fråga eller tabell. Man kan länka direkt eller genom att använda SQL-kod.

SQL-kodning används då man vill sortera ut information i fråga eller tabell för att få precis den rapport man för tillfället vill ha. För att kodningen ska fungera måste rapporten ha ett filterformulär, vilket är fallet för analys- och shop finding rapporten.

I databasen finns följande rapporter:

- Shop Finding Report
- Test Data Sheet
- Analysis Sheet
- Disassembly Sheet

**Shop Finding Report:** Shop Finding Report är den rapport som ska skickas till kunden. Den innehåller all väsentlig information rörande underhållet på komponenten. Informationen kommer från frågan med samma namn.

**Test Data Sheet:** Med denna rapport har man möjlighet att skriva ut resultatet från incoming- och final test. Den är skapad så att information tas från frågan Test. Är det många testprocedurer är rapporten skapad med sidhuvud och sidfot för att få med den viktiga informationen på varje sida.

**Analysis Sheet:** Genom att skriva ut en analysis sheet kan mekanikern få information från felanalysen på komponenten med sig vid avsyning. Rapporten blir ett bra stöd för åtgärdsbestämning. Det är möjligt att skriva ut en analys baserad på komponentens reason for removal.



**Disassembly Sheet:** Disassembly sheet används om man enbart vill kunna skriva ut resultat från avsyning och reparation. Detta är bra då man vill kunna föra statistik på t.ex. delar som ofta blir utbytta. Detta skapar en bra provisionering för nästa underhållstillfälle.

## 4.8 Makron

Vid skapandet av formulären användes makron för att programmera de olika knappfunktionerna.

Ett makro är en uppsättning av instruktioner som utför en viss åtgärd. För återkommande åtgärder så som att öppna ett formulär eller skriva ut en rapport är makron bra att använda då man slipper krånglig programmering.

I databasen gjordes en indelning av alla makron till olika makrogrupper. Detta gjordes enbart för att förenkla hanteringen.

## 4.9 Moduler och VBA

VBA eller Visual Basic for Applications var det programmeringsspråk som användes för att programmera sökfunktionerna i databasen. Även de olika filtren programmerades till viss del med VBA. Till skillnad från SQL och makron kan man med detta programmeringsspråk själv skapa instruktioner och procedurer.

All kod hamnar i vad man kallar moduler som är en samling deklarerationer, instruktioner och procedurer. Då databasen innehåller tre olika sökfunktioner fick varje funktion en egen modul.

Mer om VBA hänvisas till litteratur om Microsoft Visual Basic.

## Kapitel 5

### Slutsatser

*I följande kapitel presenteras det resultat examensarbetet syftar till att ge.*

---

Resultatet av examensarbetet syftar till att ge ett förbättrat underhåll av de tre analyserade komponenterna.

En databas har skapats där man kan lagra och hantera information kring varje komponent och underhållstillfälle. Dessutom ska man i framtiden med hjälp av denna databas på ett effektivt sätt kunna få fram information kring varje typ av fel, som i sin tur ska leda till en effektivare åtgärdsbestämning.

Eftersom felanalysens inriktning är med avseende RFR så kan lagrad information från databasen ge en felindikation på komponenten redan vid incoming test, vilket gör att vidare arbete med komponenten kan effektiviseras.

Den riktade demontering som informationen från databasen ger, sparar tid i underhållsarbetet vilket resulterar i ett billigare underhåll av komponenterna.

I sin tur kan de findings som demonteringen ger länkas tillbaka till felanalysen och i sin tur databasen för att effektivisera provningen.

## Kapitel 6

### Framtida arbeten

*I det avslutande kapitlet presenteras förslag på fortsatta arbeten kring examensarbetet.*

---

Det går att dela in framtida arbeten i två delar. En för felanalysen och en för databasen.

Framtida arbeten för felanalysen är att granska mer felrapporter av komponenterna och på detta sätt få en mer noggrann felanalys, samt även att följa upp inlagd information från databasen och på detta sätt uppdatera analysen.

Dessutom att utföra nya analyser vid infasningen av nya komponenter.

Framtida tilläggsfunktioner för databasen kan bland annat vara:

- Utökad information med protokoll och procedurer för varje CMM.
- Beräkningsfunktion av komponenters beräknade livslängd "On-wing" osv.
- Uppgradering genom att lägga in bilder över komponenterna både var det gäller fel och utseende.
- Öka ut sökfunktionen på databasen så man kan söka upp mer historiska detaljer om komponenterna.

## Kapitel 7

### Referenser

---

- [1] Rydebrink, Peter, *Utveckling av FMEA-metodiken*, 1995
- [2] Britsman, Claes, *Handbok i FMEA*, 1993
- [3] Bergman, Bo, *Kvalitet från behov till användning*, 2001
- [4] Honeywell, CMM 36-12-45, Rev 11, Mars 2006
- [5] Honeywell, CMM 80-11-79, Rev 5, Maj 2005
- [6] Honeywell, CMM 21-50-78, Rev 5, Feb 2004
- [7] Friberg, Iréne, *Microsoft Access 2003 : grundkurs*, 2004

# Bilaga 1

SAS Component Sweden STOTP-M					FELEFFEKTSANALYS/FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS							
CMM		Part name / PN			SAS Component nr			Leverantör/Supplier				
36-12-45, Rev 11		High Stage Valve / 3214446-4			737373			Honeywell Engine, Systems & Service				
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by			Bilaga i rapporten			Utgåva/Issue		
Pneumatic System		2007-05-15		Johan Andersson, Fredrik Johansson			1			1		
FELTYP		FELKARAKTERISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS		
Nr/No	Reason for Removal / RFR	Inspektion / Receiving inspection	Felorsak / Causes of failure	Feleffekt på komponent/system / Effects of failure on part/system	Felande komponenter / Failing components	Po	S	Pd	RPN	Checkprocedur / Check procedure	Rekommenderad demontering / Recommendations/Limits	CMM
1	Bleed trip off light on during T/O		Plate ring wedged between body and plate	Body i.d. chromeworn. Plate ring groove damage. Shaft distorted. Spring tension out of limit. Piston ring set, seal, plate ring and relief valve worn. Act. covers i.d worn. Linkage flattened out.	Clip 887986-4, 10 IPL6 Body 3171536-3, 170 IPL5, Plate assy 3171537-3, 30 IPL6 Shaft 3171538-2, 70 IPL5 Spring 3181135-1, 80 IPL2 Relief valve 967070-23 and Piston ring set 3177253-1, 3176985-1, 3176986-1, 3176987-1, 40,50,90,100 IPL2	8	6	3	144	Body: Wear or damage to butterfly plate sealing surface. Shaft: Wear or damage to lower major diameter, wear or damage to middle major diameter, wear or damage to upper major diameter. Spring: Load at loaded length. Relief valve: Load at loaded length, wear or damage to valve face, wear or damage to seat for valve. Repair or replace damaged parts. Check linkage. If not performed replace clip PN 887986-4 with PN 3184948-1 acc. to SB VAL1470	Clip: replace if broken. Body: Se figure 505-170 for dimensional requirements. Plate assy: Replace damaged rings. Shaft: No wear grooves permitted, diameter within limits. No burrs or nicks permitted, diameter must be within limits. Spring: Must be within limits. Relief valve: Load at loaded length within limits. No wear, dents, nicks or wear through chrome plating to base metal permitted. No uneven wear, dents, nicks or metal displacement permitted. Piston ring set: Replace if damaged.	Refer to pages 513, 507, 521, 523
2	During descent not able to maintain cabin pressure with both engines on idle.		Excessive port leakage	Butterfly plate not closing tight enough. Worn or damaged rings. Worn or damaged plate assy. Worn or damaged flow bore in valve body assy. Worn or damaged actuator linkage assy	Plate assy 3171537-3, 30 IPL6 Ring 859989-73*, 20 IPL6 Piston ring set 3176987-1**, 3176986-1**, 3177253-1**, 3176985-1**, 40,50,90,100 IPL2 Flow bore body 3171536-3***, 170 IPL5 Actuator linkage assy 90 IPL4	4	8	5	160	Flow bore body: Wear or damage to butterfly plate sealing surface. If butterfly plate not closing tight enough, refer to test instructions page 106. Actuator linkage assy: Se figure 507. *Post SB 36-1575 and 36-1626. **Post SB 36-1637. ***Post SB 36-1575	Plate assy: Replace damaged rings. Ring: Replace ring. Piston ring set: Replace if damaged. Flow bore body: Se figure 505-170 for dimensional requirements. Actuator linkage assy: See page 519.	Refer to pages 513, 519, 106
3	High stage valve do not move to fully close position.		Relief valve operation	Worn gasket, worn or leaking relief valve assy	Gasket VD261-0109-0106, 150 IPL5 Relief valve assy 967070-23*, 160 IPL5	5	6	3	90	Relief valve: Load at loaded length, wear or damage to valve face, wear or damage to seat for valve, If vent pressure is not within limits, refer to test instr page 107. *Post SB 36-1575	Gasket: replace damaged gasket. Relief valve: Load at loaded length within limits. No wear, dents, nicks or wear through chrome plating to base metal permitted. No uneven wear, dents, nicks or metal displacement permitted.	Refer to pages 521, 523
4	Duct pressure fluctuating.		Minimum full-closing pressure test	Butterfly plate assembly not properly centered in flow bore of valve body. Actuator linkage assembly binding or worn. Spring worn. Leaking rings	Plate assy 3171537-3, 30 IPL6 Actuator linkage assy 90 IPL4 Spring 3181135-1, 80 IPL2 Ring set 3177253-1*,3176985-1*,90,100 IPL2	4	6	6	144	Actuator linkage assy: Se figure 507. Spring: Load at loaded length. *Post SB 36-1637	Plate assy: Replace damaged rings. Actuator linkage assy: Se page 519. Spring: Load at load length within limits. Piston ring set: Replace if damaged.	Refer to pages 519, 507,
5	Bleed trip off light came on when eng anti ice was selected on/off.		Minimum full-opening pressure test +optional	Leaking rings, binding piston, worn or binding actuator linkage assy, defective bearings.	Ring set 3176987-1*,3176986-1*,40, 50 IPL2 Piston 3171543-4*, 3174547-3** ,120, 70 IPL2 Actuator linkage assy 90 IPL4 Bearings 358474-1, 117088, 50 IPL4, 80,120 IPL5	3	6	5	90	Actuator linkage assy: Se figure 507. *Post SB 36-1637. **Post SB 36-1697	Piston ring set: Replace if damaged. Pistons: Replace if damaged. Actuator linkage assy: Se page 519. Bearings: Replace damaged bearings.	Refer to pages 519
6	Bleed trip off light came on during climb/cruise.		Downstream pressure regulation	Worn or damaged rings. Worn or grooved i.d cover. Seal assy shaft worn or leaking	Piston ring set 3176987-1*, 3176986-1*, 3177253-1*, 3176985-1*, 40,50,90,100 IPL2 Big cover 3171540-2 30, IPL2 Small cover 3172185-1, 120 IPL1 Seals 857760-1, 40 IPL5	8	6	3	144	Big cover: Wear or damage to bore for piston. Small cover: Wear or damage to bore for piston. *Post SB 36-1637. Replace seats together with seals.	Piston ring set: Replace if damaged. Big cover: Diameter must be within limits. Small cover: Diameter must be within limits. Seals: replace damaged seals.	Refer to pages 519, 507,

7	Idle duct pressure low		Excessive case leakage	Worn or damaged piston rings. Big and small cover i.d. worn/grooved. Worn or damaged seals in shaft. Leaking gasket. Leaking relief valve assy. Worn spring.	Piston ring set 3176987-1**, 3176986-1**, 3177253-1**, 3176985-1**, 40,50,90,100 IPL2 Big cover 3171540-2 30 IPL2 Small cover 3172185-1 120 IPL1 Seals 857760-1 100 IPL3 Gasket VD261-0109-0106, 150 IPL5 Relief valve assy 967070-23*, 160 IPL5	5	7	4	140	Big cover: Wear or damage to bore for piston. Small cover: Wear or damage to bore for piston. *Post SB 36-1575. **Post SB 36-1637. Check for cover i.d worn or grooved. Repair if possible. Relief valve: Load at loaded length, wear or damage to valve face, wear or damage to seat for valve. If vent pressure is not within limits, refer to test instr page 107	Piston ring set: Replace if damaged. Big cover: Diameter must be within limits. Small cover: Diameter must be within limits. Seals: Replace damaged seals. Gasket: Replace damage gasket. Relief valve: Load at loaded length within limits. No wear, dents, nicks or wear through chrome plating to base metal permitted. No uneven wear, dents, nicks or metal displacement permitted.	Refer to pages 519, 507, 521, 523
8	Larger than normal difference in duct pressure between left and right side.			Spring tension under limit. Butterfly plate not centered in flow bore. Bearings rough running.	Worn or damaged spring. Worn or damaged bearings.	4	6	5	120	Replace spring and bearings.		

## Bilaga 2

SAS Component Sweden STOTP-M					FELEFFEKTSANALYS/FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS							
CMM		Part name / PN			SAS Component nr			Leverantör/Supplier				
80-11-79, Rev 5		Air turbine starter / 3505945			737620			Honeywell Engine, Systems & Services				
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by			Bilaga i rapporten			Utgåva/Issue		
Pneumatic System		2007-06-05		Johan Andersson, Fredrik Johansson			2			1		
FELTYP		FELKARAKTERISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS		
Nr/No	Reason for Removal / RFR	Inspektion / Receiving inspection	Felorsak / Causes of failure	Feleffekt på komponent/system / Effects of failure on part/system	Felande komponenter / Failing components	Po	S	Pd	RPN	Checkprocedur / Check procedure	Rekommenderad demontering / Recommendations/Limits	CMM
1	Oil leak from starter	Unit contaminated and showing service scratches. Oil accumulation visible within the turbine and air exhaust section. Oil black.	Service wear or material/production fatigue. Design problem on turbine seal.	Wear on the turbine wheel seal. The end of the turbine wheel shaft cracked. Spur-gears indicating excessive wear Spring disintegrated, clutch bearings worn, thrust washers scored & thrust bearings worn. Oil pump plate cracked diagonally. Tension bar elongated. Oil leakage visible on the turbine wheel seal. Oil pump drive shaft bushing grooved. Gearshaft indicating cavitations/wear and the needle bearing shows excessive wear.	Turbine Wheel Seal set Turbine Wheel 362851-4 Spur gears (Gearshaft spur) 3507463-1. Spring washer 3507134-1 Thrust washer 3507161-1 Clutch bearing 3502858-1 Oil pump plate 3504881-1 Oil pump journal bushing 3504898-1 Tension bar 3504903-1 Gear shaft 3507160-1 Needle bearing 3504764-1 Turbine Bearing 3502689-1	8	3	7	168	Turbine wheel: Examine the external spline wear, measure the dynamic imbalance, cracks. Spur gears (Gearshaft spur): The teeth for wear, ID, cracks. Oil pump plate: Cracks. Gear Shaft: Do a magnetic particle inspection.	Turbine Wheel Seal set: Replace if broken. Turbine wheel: Dimension must be within limits. Imbalance must be in limits. No cracks permitted. Spur gears (Gearshaft spur): All dimensions must be within limits. No cracks permitted. Oil pump plate: No cracks permitted. Replace oil pump journal bushing if damaged Tension bar: Replace if broken. Turbine Wheel Seal set: Replace if broken. Replace all bearing if they are worn or damaged. Gear Shaft: No cracks permitted	Refer to pages 513, 511, 521, 514.
2	Metal particles found on chip detector	Unit contaminated and showing service scratches. Major metal on the magnetic plug and in the remaining oil. Rotating group stuck.	Turbine wheel bearing failure causing the entire damage observed. Initial cause of the bearing damage have to be attributed to turbine wheel stack interferences due to a design problem.	The turbine wheel feed into the turbine stator and cutter ring. Each of those parts heavily damaged or destroyed. Turbine stator vanes deformed, cracked and partially broken out and the diffuser wall chafed through. Turbine wheel blades broken out or bent. Blade tip edges broken out on the trailing edges ends. Turbine wheel seal washer discoloured blue and the hub end bearing destroyed, light discoloured blue and the balls wear-in to the turbine wheel bearing seat. Pinion gear and spur gearshaft heavily chipped and worn. Oil pump drive shaft bushing grooved. The bearings rotating rough.	Turbine Wheel 362851-4 Diffuser housing 3504827-3 Cutter Ring 3504886-1 Thrust washer 3507161-1 Turbine Bearing 3502689-1 Pinion gear 3504845-1 Spur gears 3507463-1 Oil Pump Driveshaft 3504880-1 Needle bearing 3504764-1 Clutch bearing 3502858-1 Clutch-sprag 3503399-1	3	3	5	45	Turbine wheel: Examine the external spline wear, the dynamic imbalance, cracks. Diffuser housing: Examine for loose, damaged or missing inserts and pins, cracks. Examine bearing journal for wear. Cutter Ring: Cracks. Pinion Gear: Measure across two pins to examine the teeth for wear, cracks. Spur gears: The teeth for wear, ID, cracks. Oil pump driveshaft: Cracks. Clutch-sprag: Measure the inner and outer race diameters concentricity.	Turbine wheel: Dimension must be within limits. Imbalance must be in limits. No cracks permitted. Diffuser housing: Replace all loose or missing inserts or pins. No cracks permitted. Replace damaged bearing. Cutter Ring: No cracks permitted. Thrust washer: Replace if broke. Pinion Gear: Dimension must be within limit. No cracks permitted. Spur gears: All dimensions must be within limits. No cracks permitted. Oil pump driveshaft: No cracks permitted. Replace all damaged bearings. Clutch-sprag: Concentricity must be in limits.	Refer to pages 513, 514, 512, 511, 521, 509

3	During start up smoke observed from the engine.	Unit contaminated and showing service scratches. Major metal found on the magnetic plug and oil contaminated with metal particles.	Entire damage observed caused by turbine wheel stack design problem. Damage could also be caused by spring washer displacement and breakage. Cause of spring washer displacement have to be attributed to a design problem on the spring washer itself.	The turbine wheel rubbed on the cutter pins, cutter pin ring and diffuser housing. Turbine wheel seat worn-in. Turbine wheel nut loose. Bearings rotating rough. Pinion gear worn-down. Chipping damage on the spur gear teeth. Wear on the oil pump drive shaft and bushing. Cages of the needle bearings partially wear-in. Unit leaking at turbine seal. Spring washer of the clutch section broken. Spring end wedged into the inner clutch race bearing. The oil pump member parts seized and pump plates grooved. Bearing seat worn and the guide shaft seat for the pinion gear. Starting wear was noticed on the turbine wheel.	Turbine Wheel 362851-4 Cutter Ring 3504886-1 Diffuser housing 3504827-3 Turbine Wheel Seal set Thrust washer 3507161-1 Turbine wheel nut 364494-1 Clutch bearing 3502858-1 Pinion gear 3504845-1 Spur gears (Gearshaft spur) 3507463-1 Oil Pump Driveshaft 3504880-1 Oil pump journal bushing 3504898-1 Needle bearing 3504764-1 Turbine Bearing 3502689-1 Spring washer 3507134-1 All bearings worn	6	3	7	126	Turbine wheel: Measure across two pins to examine the external spline wear, measure the dynamic imbalance, do a fluorescent penetrant inspection. Cutter Ring: Do a fluorescent penetrant insp. Diffuser housing: Examine for loose, damaged or missing inserts and pins, Do a fluorescent penetrant inspection, Visually examine bearing journal for wear. Pinion Gear: Measure across two pins to examine the teeth for wear, do a magnetic particle inspection. Spur gears (Gearshaft spur): Measure across two pins to examine the teeth for wear, measure th inner diameter, do a magnetic particle insp. Oil pump driveshaft: Do a magnetic particle inspection. Oil pump plate: Do a fluorescent penetrant insp.	Turbine wheel: Dimension must be within limits. Imbalance must be in limits. No cracks permitted. Cutter Ring: No cracks permitted. Thrust washer: Replace if broke. Diffuser housing: Replace all loose or missing inserts or pins. No cracks permitted. Replace damaged bearing. Turbine Wheel Seal set: Replace if broken. Turbine wheel nut: Replace if broken. Pinion Gear: Dimension must be within limit. No cracks permitted. Spur gears: All dimensions must be within limits. No cracks permitted. Oil pump driveshaft: No cracks permitted. Replace oil pump journal bushing if damaged. Replace all damaged bearings. Spring washer: Replace if broken.	Refer to pages 513 ,514, 512, 511, 521.
4	For modification		Turbine wheel bearing failure caused the damages observed. Bearing damage have to be attributed to low oil operation due to turbine wheel seal leakage generated by seal itself (design problem). Damage could be subjected to service wear.	The turbine wheel feed into the cutter pins and chafed through the diffuser wall. Turbine wheel hub end bearing discoloured. Bearings rotating rough. Inner platform section of the cutter ring deformed. Heat distress indicated by the turbine wheel seal washer and the carbon seal disintegrated. All gears heavily damaged (chipped, dented, rough). Excessive damage on the oil pump parts. Tension bar of the output shaft assy stretched and causing too much axial play. Thrust washer grooved	Turbine Wheel 362851-4 Diffuser housing 3504827-3 Turbine Bearing 3502689-1 Race-inner clutch 3504834-1 Clutch bearing 3502858-1 Cutter Ring 3504886-1 Thrust washer 3507161-1 Spur gears (Gearshaft spur) 3507463-1 Needle bearing 3504764-1 Turbine Wheel Seal set. Oil pump parts damaged Oil Pump Driveshaft 3504880-1 Oil pump journal bushing 3504898-1 Oil pump plate 3504881-1 Tension bar 3504903-1 All bearings/seals worn Thrust washer 3507161-1	8	2	2	32	Turbine wheel: Examine the external spline wear, the dynamic imbalance, cracks. Diffuser housing: Examine for loose, damaged or missing inserts and pins, cracks, bearing journal for wear. Race-inner clutch: Cracks. Cutter Ring: Cracks. Spur gears: Examine the teeth for wear, ID, cracks. Oil pump plate: Cracks. All bearings/seals	Turbine wheel: Dimension must be within limits. Imbalance must be in limits. No cracks permitted. Diffuser housing: Replace all loose or missing inserts or pins. No cracks permitted. Replace damaged bearing. Race-inner clutch: No cracks permitted. Cutter Ring: No cracks permitted. Thrust washer: Replace if broken. Spur gears: All dimensions must be within limits. No cracks permitted. Replace all damaged bearings and oil pump parts. Replace all damaged bearings. Turbine Wheel Seal set: Replace if broken. Oil pump driveshaft: No cracks permitted. Tension bar: Replace if broken. Thrust washer: Replace if broken.	Refer to pages 513, 514, 509, 512, 521, 511
5	Unable to start engine		Internal damage was caused by the spring washer fractured, attributed to a design problem. Source of the deposits on the turbine wheel.	Thrust washer fractured. Wear on the turbine wheel seal which also is leaking. All number of bearings rotated rough. All bearings/seals worn. Excessive wear on the gear shaft seats of the diffuser housing. The journal bushing of the oil pump drive shaft worn/grooved. Wear on the turbine.	Thrust washer 3507161-1 Turbine Wheel Seal set All bearings rotated rough All bearings/seals worn Diffuser housing 3504827-3 Oil pump journal bushing 3504898-1 Turbine Wheel 362851-4 Spring washer 3507134-1	4	3	8	96	Diffuser housing: Examine for loose, damaged or missing inserts and pins, cracks. Examine bearing journal for wear. Turbine wheel: Examine the external spline wear, the dynamic imbalance, cracks.	Thrust washer: Replace if broken. Turbine Wheel Seal set: Replace if broken. Replace all damaged bearings. Replace all damaged bearings and seals. Diffuser housing: Replace all loose or missing inserts or pins. No cracks permitted. Replace damaged bearing. Replace oil pump journal bushing if damaged. Turbine wheel: Dimension must be within limits. Imbalance must be in limits. No cracks permitted. Spring washer: Replace if broken.	Refer to page 514, 513



# Bilaga 3

SAS Component Sweden STOTP-M					FELEFFEKTSANALYS/FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS							
CMM		Part name / PN			SAS Component Nr			Leverantör/Supplier				
21-50-78, Rev 5		Air Cycle Machine / 2206400-1/2			737241			Honeywell Engine, Systems & Services				
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by			Bilaga i rapporten			Utgåva/Issue		
Pneumatic System		2007-06-13		Johan Andersson, Fredrik Johansson			3			1		
FELTYP		FELKARAKTERISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS		
Nr/No	Reason for Removal / RFR	Inspektion / Receiving inspection	Felorsak / Causes of failure	Feleffekt på komponent/system / Effects of failure on part/system	Felande komponenter / Failing components	Po	S	Pd	RPN	Checkprocedur / Check procedure	Rekommenderad demontering / Recommendations/Limits	CMM
1	Air conditioning pack trip off light on	ACM contaminated with dust.	Are the cause of a increased temperature of the ACM. The overheat is coming from the pack which have to work harder and results in that the pack automatically shuts off. No air in and no air out. Results in overheated and worn details in ACM.	Bearing worn. Shaft scratched. Wheel grooved. Impeller eroded.	Bearings 2207333-1/-2 Bearing 2207347-2 Impeller 2206466-1 Shaft 2205772-1 Wheel turbine 2206408-1	6	5	7	210	Impeller: Bore ID, hub OD, nicks or deterioration of the blades or hub, cracks and unbalance. Shaft: Dimension, cylindricity and tolerances, bare basemetal, surface, unbalance and visual cracks. Wheel turbine: Dimension and tolerances, cracks, bare base metal in bore or hub, surface, unbalance.	Replace bearings. Impeller: Replace if ID is more than the specified dimension. Replace if OD is less than the specified dimension. Shaft: Replace if DIA isn't within limits, if chrome plating is worn, if cracked. Wheel turbine: Replace if DIA is less than specified, replace if cracked. If surface is not as specified.	Refer to pages 302, 510, 540, 536
2	Pack trip off light on with APU bleed on.	ACM contaminated with dust.	Air to the ACM takes from the APU which results in that the ACM have to work harder to cool the air. This can results in cracks and overheated details in the ACM	Compressor outlet flange damaged and cracked. Bearings set thrust, bearing set journal, shaft and support assy burned and seized. Seal plate scratched. Seals worn. Compressor and wheel rotor grooved flange.	Housing assy compr. 2206439-1 Wheel turbine 2206408-1 Compressor rotor 2206405-1 Bearing support assy 2206442-1 Plate assy 2206463-1 Bearings 2207333-1/2207333-2 /2207347-2.	3	5	7	105	Housing assy compressor: Look for damage, cracks, bent and or broken mounting flange, dimension and tolerances. Wheel turbine: Dimension and tolerances, cracks, bare base metal in bore or hub, surface, unbalance. Compressor rotor: Dimension and tolerances, cracks, bare base metal in bore or hubs, surface, unbalance. Bearing support assy: Loseness and damage, visible cracks, damaged threads, dimension and tolerances, bare base metal, bearing bore surface and slots. Plate assy: Visible cracks, ID, looseness and damage, bare base metal, tolerances	Housing assy compressor: Replace if damaged. Wheel turbine: Replace if DIA is less than specified. Replace if cracked. Compressor rotor: Replace if DIA is less than specified, replace if cracked. Bearing support assy: Replace if damages are over given limits. Plate assy: Replace if cracked. Replace if ID is more than specified. Replace if loose or damaged. Replace if tolerances are not as specified. Replace all bearings.	Refer to pages 302, 524, 536, 530, 543, 538
3	Air cycle machine found stuck/rough rotation	ACM contaminated with dust.	Often resulted by bearings worn or out of limit. The details in the ACM gets burned which give a rough rotation of the ACM.	Shaft burned. Bearings grooved. Seals out of limit. Impeller surface peeling disengaged. Impeller, plate and nozzle eroded. Compressor shimming not in accordance with CMM.	Shaft 2205772-1 Bearings 2207333-1/-2 Bearing 2207347-2 Seals 2205775-1, 2205783-1/-2, 2205957-1, 2205956-1 Impeller 2206466-1 Plate 2206463-3 Nozzle 2206407-1 Compressor impeller 2206405-1 Compr shims 2205785-1/2/3/4	8	3	9	216	Shaft: Dimension, cylindricity and tolerances, bare base metal, surface, unbalance and visual cracks. Rotor seal: Visible nicks or worn edges, ID, OD. Seal: Visible cracks, ID. Impeller: Bore ID, hub OD, nicks or deterioration of the blades or hub, cracks and unbalance. Nozzle: Looseness and damage, broken or damaged studs, erosion of the inner surface, dimension and tolerances. Fan seal: Visible cracks or uneven wear, or loose, ID. Compressor impeller: Dimension and tolerances, cracks, bare base metal in bore or hubs, surface, unbalance.	Shaft: Replace if DIA isn't within limits, if chrome plating is worn, if cracked. Rotor seal: Replace if damaged, if ID or OD are out of limit. Seal: Replace if cracked, if ID is out of limit. Impeller: Replace if ID is more than the specified dimension, if OD is less than the specified dimension. Plate: Replace if damaged. Nozzle: Replace if loose, damage, eroded, if studs are broken, if DIA is out of limit. Fan seal: Replace if damaged or loose, if ID is out of limit. Compressor impeller: Replace if DIA is less than specified, replace if cracked. Replace bearings.	Refer to pages 302, 540, 511, 521, 538, 510, 534, 530
4	Unable to regulate temp	ACM contaminated with dust.	Excessive worn or damaged to the bearings,seals and impeller.	Bearings chafed, seal fan worn och tie rod seized. Shaft burned and turbine lightly chafed. Seals ut of limit. Nozzle, bearing plate assy and shims eroded, impeller peeled.	Seal fan 2205793-1 Tie rod 2205768-1 Bearing set thrust 2207333-1/-2 Bearing set journal 2207347-2 Shaft 2205772-1 Turbine wheel 2206408-1 Seals 2205775-1, 2205783-1/-2, 2205957-1, 2205956-1, (205793-1) Nozzle 2206407-1 Bearing plate assy 2206463-1 Turbine shims 2205834-1/2/3/4 Impeller 2206466-1	5	6	6	180	Fan seal: Visible cracks or uneven wear, or loose, ID. Tie Rod: Visible cracks, damaged threads, nicks or burrs. Shaft: Dimension, cylindricity and tolerances, bare base metal, surface, unbalance and visual crack. Wheel turbine: Dimension and tolerances, cracks, bare base metal in bore or hub, surface, unbalance. Seal : Visible cracks, ID. Nozzle: Looseness and damage, broken or damaged studs, erosion of the inner surface, dimension and tolerances. Rotor seal : Visible nicks or worn edges, ID,OD. Fan seal: Visible cracks or uneven wear, or loose, ID.	Fan seal: Replace if damaged or loose. Replace if ID is out of limit. Tie Rod: Replace if cracked. Shaft: Replace if DIA isn't within limits, if chrome plating is worn, if cracked. Wheel turbine: Replace if DIA is less than specified. Replace if cracked. Rotor seal: Replace if damaged, if DIA is out of limit. Seal: Replace if cracked, if ID out of limit. Nozzle: Replace if loose or damage, if studs are broken, if DIA is out of limit. Plate assy: Replace if damaged. Replace turbine shims if damaged. Rotor seal: Replace if damaged, if ID or OD are out of limit. Replace all bearings	Refer to pages 302, 538, 510, 536, 540, 511, 521, 534,

# Bilaga 4

PN	SNORG	KN	SN	RFR-DATE	RFR	ACCDATE	SHOPACT	FELTYP/FELHÄNDELSE	ÅTGÄRDER	TT	SB

## Bilaga 5

Objekt	Namn	Beskrivning
Tabeller	Skapa en tabell i designläge	
Frågor	Skapa en tabell genom att använda en guide	
Formulär	Skapa en tabell genom att mata in data	
Rapporter	Analysis	
Sidor	CMM	
Makron	CMM SB	
Moduler	Components	
	Components SB	
	Customers	Används för att lista kunder
	Disassembly	
	Reports	Lista över tillgängliga rapportformat
	Shop Reports Data	
	Test Specific Component	
	Testing	Används för testfunktion

Figur 5.1 Lista över databasens tabeller

Objekt	Namn	Beskrivning
Tabeller	Skapa ett formulär i designläge	
Frågor	Skapa ett formulär genom att använda en ...	
Formulär	Analysis Filter	
Rapporter	Analysis Subform	Formulär för analys
Sidor	Browse All Components	
Makron	CMM	Formulär för nya CMM
Moduler	CMM SB Subform	Formulär för CMM:s SB's
	Component SB	Formulär för komponenters SB's
	Customers	Formulär för kunder
	Disassembly	Formulär för avsyning
	Disassembly Subform	
	Links	
	Main Form	Huvudformulär
	Maintenance	Underhåll på varje komponent
	Maintenance Subform	
	Report Filter	
	Reports	
	Search Components	Sökfunktion för komponenter
	Search Disassembly	Sökfunktion för underhåll i databas
	Search Maintenance	Sökfunktion för underhåll i databas
	Testing	Huvudformulär för test och analys
	Testing Specific Subform	
	Testing Subform	Formulär för test
	View Reports	

Figur 5.2 Lista över databasens formulär

Objekt	Namn	Beskrivning
Tabeller	Skapa en fråga i designläge	
Frågor	Skapa en fråga genom att använda en guide	
Formulär	Shop Finding Report	Till Shop Report Rapporten
Rapporter	Test	Till Test-Rapporten
Sidor		
Makron		
Moduler		
Grupper		
Favoriter		

Figur 5.3 Lista över databasens frågor.

Objekt	Namn	Beskrivning
Tabeller	Skapa en rapport i designläge	
Frågor	Skapa en rapport genom att använda en g...	
Formulär	Analysis Sheet	
Rapporter	Disassembly Sheet	
Sidor	Shop Finding Report	
Makron	Test Data Sheet	
Moduler		
Grupper		
Favoriter		

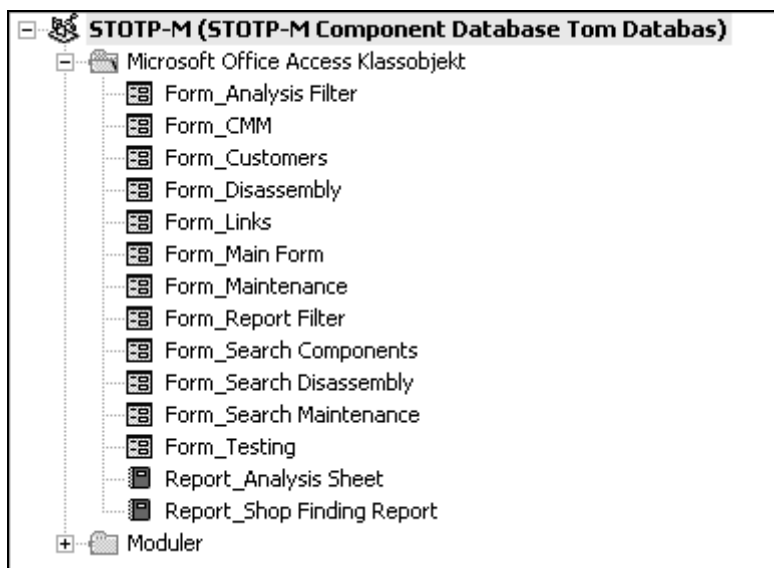
Figur 5.4 Lista över databasens rapporter.

Objekt	Namn	Beskrivning
Tabeller	Browse All Components Macros	
Frågor	CMM Macros	
Formulär	Common Report Macros	
Rapporter	Customer Macros	
Sidor	Main Form Macros	
Makron	Other Macros	
Moduler	Testing Macros	
Grupper	View Reports Macros	
Favoriter		

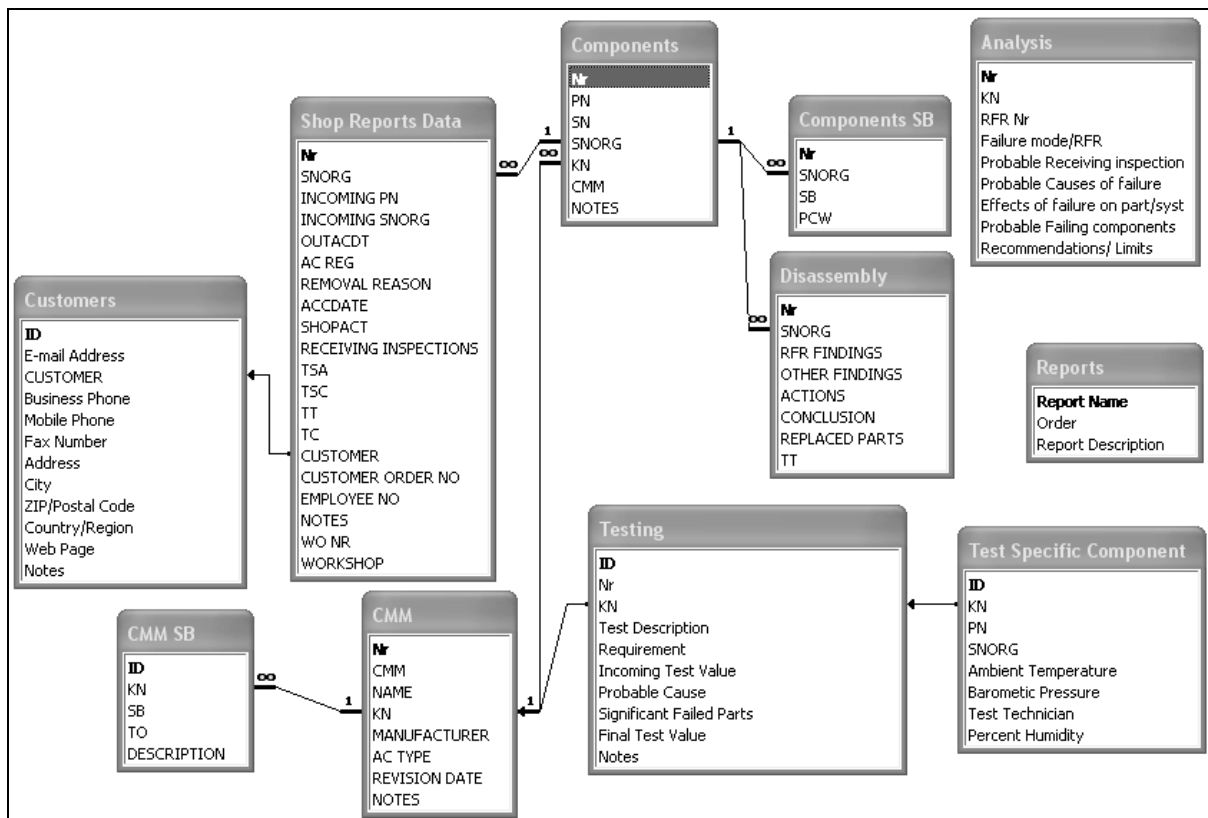
Figur 5.5 Lista över databasens makrogrupper.

	Makronamn	Villkor	Instruktion
▶	Form : On Load		SättVärde
	SearchComponents : On Click		KörKommando ÖppnaFormulär Meddelanderuta
	DeleteCurrentComponent : On Dbl Click	[Formulär],[NewRecord] Icke [Formulär],[NewRecord]	Ljudsignal KörKommando
	ViewShopFindingReport : On Click		KörKommando ÖppnaRapport
	AddDeleteCustomers : On Click		ÖppnaFormulär
	AddDeleteReports : On Click		ÖppnaFormulär
	ViewReports : On Click		KörKommando ÖppnaFormulär
	Testing : On Click		KörKommando ÖppnaFormulär Meddelanderuta
	CreateNewComponent : On Click		GåTillPost
	Filterbort : On click		VisaAllaPoster
	AfterUpdate		KörKommando
	BrowseComponents : On Click		KörKommando ÖppnaFormulär KörKommando
	AddDeleteCMM : On click		KörKommando ÖppnaFormulär Stäng Stäng GåTillPost
	Disassembly : On Click		KörKommando ÖppnaFormulär

Figur 5.6 Exempel på makron från makrogruppen Main Form Macros.



Figur 5.7 Lista på samtliga moduler i databasen.



Figur 5.8 Databasens tabellrelationer.

Fält:	SNORG	TT	CMM	INCOMING PN	INCOMING SNORG
Tabell:	Components	Shop Reports Data	Components	Shop Reports Data	Shop Reports Data
Sortera:					
Visa:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Villkor:					
eller:					

Figur 5.9 Utdrag ur SQL-kodningen till frågan Shop Finding Report

```

Option Compare Database
Option Explicit

Private Sub Clear_Click()
    DoCmd.Close
    DoCmd.OpenForm "Search Components"
End Sub

Private Sub Search_Click()
    Const cInvalidDateError As String = "You have entered an invalid date."
    Dim strWhere As String
    Dim strError As String

    strWhere = "1=1"

    ' If CMM
    If Nz(Me.CMM) <> "" Then
        'Add it to the predicate - match on leading characters
        strWhere = strWhere & " AND " & "Underkomponenter.CMM = '" & Me.CMM & "'"
    End If

    ' If SN
    If Nz(Me.SN) <> "" Then
        'Add it to the predicate - match on leading characters
        strWhere = strWhere & " AND " & "Underkomponenter.SN = '" & Me.SN & "'"
    End If

    ' If SNORG
    If Nz(Me.SNORG) <> "" Then
        'Add it to the predicate - match on leading characters
        strWhere = strWhere & " AND " & "Underkomponenter.SNORG = '" & Me.SNORG & "'"
    End If

    ' If PN
    If Nz(Me.PN) <> "" Then
        'Add it to the predicate - match on leading characters
        strWhere = strWhere & " AND " & "Underkomponenter.PN = '" & Me.PN & "'"
    End If

    ' If KN
    If Nz(Me.KN) <> "" Then
        ' Add it to the predicate - match on leading characters
        strWhere = strWhere & " AND " & "Underkomponenter.KN Like '*' & Me.KN & '*'"
    End If

```

*Figur 5.10 VBA-kodning till Search Component funktionen*

## Bilaga 6

Nedan följer en sammanställning av de tillgängliga underhållstiderna samt en snitttid för varje typ av reason for removal.

### High Stage Valve

**178 st Shop Reports**

**127 st komponenter**

**Repairkoder - Shopaction**

119 st Repair - A-check

17 st Overhaul - C-check

3 st Inspection - B-check

0 st Modification\*

38 st övrigt - Exchange, Ingen kod etc.

Genomsnittstotaltiden för första underhållet = 7086 h  
(för de 127 komponenter som varit inne på underhåll)

*Tabell 6.1 Sammanställning av Shop Reports*

Bleed trip off light on during T/O	Bleed trip off light on during climb/cruise	Idle duct pressure low	HSV does not Move to fully close position	During descent not able to maintain cabin pressure with both engines on idle	Duct pressure fluctuating	Larger than normal difference in duct pressure between left and right side	Bleed trip off light when eng anti ice selected on/off
12251+	13840+	9471+	9039+	11543+	11097+	12225+	5441+
8339+	5679+	11684+	8027+	9912+	6661+	19219+	8370
9331+	10819+	8598+	14823+	20433+	9656+	4469+	
9764+	14855+	11748+	16906+	11553+	8667	22677	
9905+	10962+	8654+	5973+	6116			
13145+	11699+	16739+	6627+				
12937+	9252+	18113+	32078				
7823+	9404+	30388					
6922+	5696+						
619+	6217+						
3596+	10637+						
4795+	4273+						
7357+	10720+						
6217+	16169+						
9596+	2689+						
9995+	13756						
9437							
<b>Snitt tid:</b> 8683h	<b>Snitt tid:</b> 9792h	<b>Snitt tid:</b> 14424h	<b>Snitt tid:</b> 13353h	<b>Snitt tid:</b> 11911h	<b>Snitt tid:</b> 9020h	<b>Snitt tid:</b> 14648h	<b>Snitt tid:</b> 6905h

*Tabell 6.2 Tider för High Stage Valve*



## Air Turbine Engine Starter

**180 st Shop Reports**

**117 st komponenter**

### Repairkoder - Shopaction

93 st Repair - A-check

3 st Overhaul - C-check

3 st Inspection - B-check

45 st Modification

36 st övrigt - Exchange, Ingen kod etc.

Genomsnittstotaltiden för första underhållet = 2525 h  
(för de 117 komponenter som varit inne på underhåll)

*Tabell 6.3 Sammanställning av Shop Reports*

For modification	Oil leak from starter	During start-up smoke from the engine	Unable to start engine	Metal particles found on chip detector
3620+	9027+	6843+	10218+50	2650+
6106+	16888+	11164+	67+	9304
6492+	12401+	10804+	7546+	
3657+	19102+	5533+	4690+	
9272+	10866+	8506+	11690	
10550+	6197+	11109+		
5314+	7635+	13916		
7604+	5078+			
9178+	25850+			
8322+	15320+			
7802+	11701+			
7103+	11255+			
8572+	14890+			
7310+	16854+			
8628+	23170+			
10866+	12253			
5934+				
7632+				
11339+				
6360+				
6603+				
3067+				
20437+				
8074+				
9404+				
6102+				
7275+				
8785+				
9082				
<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>
<b>7913h</b>	<b>12885h</b>	<b>9695h</b>	<b>7830h</b>	<b>5977h</b>

*Tabell 6.4 Tider för Air Turbine Engine Starter*

## Air Cycle Machine

**44 st Shop Reports**

**32 st komponenter**

### Repairkoder - Shopaction

28 st Repair - A-check

5 st Overhaul - C-check

1 st Inspection - B-check

3 st Modification

6 st övrigt - Exchange, Ingen kod etc.

Genomsnittstotaltiden för första underhållet = 8110 h  
(av de 32 st komponenter som har varit inne på underhåll)

*Tabell 6.5 Sammanställning av Shop Reports*

Air cycle machine stuck/rough rotation	Air conditioning pack trip off light on	Unable to regulate temp	Pack trip off light on with APU bleed on
4878+	5798+	14949+	12278+
72+	13577+	8033+	11598+
3608+	8356+	8834+	7464
5362+	5550+	12188+	
10880+	9020+	16591	
1904	14185+		
	9737		
<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>	<b>Snittid:</b>
4095h	9460h	12149h	10447h

*Tabell 6.6 Tider för Air Cycle Machine*

## Bilaga 7

Nedan följer tabeller för de mest felande detaljerna för varje komponent. Tabellerna innehåller detaljen med partnr, snitttiden, totalt antal rapporterade samt andelen i % av samtliga rapporter.

### High Stage Valve

Repaired/Exchanged parts				
Name	Part Nr	Nr repaired/xch*	Snittgångtid	% rapporterade av totalt
Spring	3181135-1	33	8800	19%
Small act. cover	3172185-1	15	6600	8,40%
Ring	859989-73	30	8200	17%
Plate	3171537-3	20	7500	11%
Tube assy	3172186-1	7		4%
Body	3171536-3	24	8200	13,50%
Shaft	3171538-2	30	8200	17%
Bearing	117088	17	10800	9,60%
Bearing	358474-1	16	10800	9%
Ring piston set	3176985-1	25	8500	14%
Ring piston set	3176986-1	26	8500	14,60%
Guide ring set	3176987-1	22	8500	12,40%
Ring set cover	3177253-1	13	8500	7,30%
Seal assembly	857760-1	24	6100	13,50%
Screw	3171577-1	1		0,60%
Relief valve assy	967070-23	12	7700	6,70%
Big act. cover	3171540-2	16	6700	9%
	AIR21371	5		2,80%
	AIR21372	3		1,70%
	AIR21373	3		1,70%
	AIR 21729	2		1,10%
Clip	887986-4	16	6900	9%
Linkage assy		4		2,20%
*Dessa antal gäller för alla funna rapporterade shop reports				

Tabell 7.1 Tider för de mest felande detaljerna i High Stage Valve

## Air Turbine Engine Starter

Repaired/Exchanged parts				
Name	Part Nr	Nr repaired/xch*	Snittgångtid	% rapporterade av totalt
Oil Pump Driveshaft	3504880-1	12	5600	6,70%
Oil pump journal bushing	3504898-1	21	5700	11,70%
Thrust washer	3507161-1	7	12000	3,90%
Thrust Bearings		1	7100	0,55%
Turbine Wheel Seal set		26	7400	14,40%
Turbine Wheel	362851-4	20	3900	11,10%
Spur gears (Gearshaft spur)	3507463-1	6	3200	3,30%
Reataning Rings		2		1,10%
Output Shaft	3504852-1	3		1,70%
Output Shaft Decopler	3504853-1	3		1,70%
Race-inner clutch	3504834-1	5		2,80%
Clutch-sprag	3503399-1 alt. 3503411-1	4		2,20%
Oil catcher		2		1,10%
Pinion gear	3504845-1	10	4400	5,60%
Tension bar	3504903-1	6	9200	3,30%
Cutter Ring	3504886-1	4		2,20%
Turbine Bearing	3502689-1	14	7100	7,80%
Diffuser housing	3504827-3	8	5100	4,40%
Turbine wheel nut	364494-1	6		3,30%
Needle bearing	3504764-1	9	7100	5%
Spring washer	3507134-1	8	8800	4,40%
Clutch bearing	3502858-1	8	7100	4,40%
Gear shaft	3507160-1	4		2,20%
Gear shaft	3507167-1	1		0,55%
Magnetic plug		3		1,70%
Lubrication pump assy	3504884-2	4		2,20%
Oil pump plate	3504881-1	4		2,20%
Rotor set-lube pump	3504879-1	2		1,10%
Housing assy gear		1		0,55%
Housing assy inlet	3504823-2	3		1,70%
Seals		4		2,20%
Bearings		21	7100	11,70%
*Dessa antal gäller för alla funna rapporterade shop reports				

Tabell 7.2 Tider för de mest felande detaljerna i Air Turbine Engine Starter

## Air Cycle Machine

Repaired/Exchanged parts				
Name	Part Nr	Nr repaired/xch*	Snittgångtid	% rapporterade av totalt
Shaft	2205772-1	22	7000 h	51%
	2205774-1	2		5%
Bearings	2207333-1	25	7300 h	58%
	2207333-2	25	7300 h	58%
	2207347-2	25	7300 h	58%
Seals	2205775-1	11	8200 h	26%
	2205783-1	14	8200 h	33%
	2205783-2	15	8200 h	35%
	2205793-1	15	8200 h	35%
	2205956-1	13	8200 h	30%
	2205957-1	12	8200 h	28%
Impeller	2206466-1	14	8900 h	30%
	2206469-1	5		19%
Wheel compressor	2206405-1	5	6700 h	12%
Wheel turbine	2206408-1	4	7700 h	9%
Torus assy turbine	2206409-1	2		5%
Housing assy	2206439-1	2		5%
Bearing support assy	2206442-1	1		2%
Plate assy	2206463-1	6		14%
Packings		5		12%
Shroud fan	2206419-1	2		5%
Shims (compressor)	2207585-1/2/3/4	3		7%
Compressor flange	2206406-1	1		2%
Tie rod		4		9%
*Antalet gäller för alla funna rapporterade shop reports				

Tabell 7.3 Tider för de mest felande detaljerna i Air Cycle Machine