

Hur vet man att hydraulik och elektronik inte styr flygplanet i fördärvet?



Boeing 737 byggs med mekaniskt styrt, hydrauliskt kraftförstärkt sidroder.

Haverikommissionen i USA konstaterar att världens vanligaste trafikflygplan har åkt omkring i trettio år med ett sidroder som inte är att lita på. Litet skräp i hydrauloljan eller ett materialfel i en servoventil kan ge fullt utslag mot pilotens vilja. Konsekvenserna av detta kan bli katastrofala. Därför ska det, enligt reglerna, mera till än ett enkelfel för att utsätta passagerarna för risken.

”Det finns riktlinjer för hur flygplan ska konstrueras, som om de följs minimerar riskerna”, kommenterar svenska experter sin olycklige amerikanske kollega.

MACH bad dem berätta litet närmare om hur man försäkras sig mot att roder, som styrs indirekt via hydraulik och elektronik, inte ställer till med fatala hyss.

Text Håkan Ahlström, foto och illustrationer Saab, Boeing, Crossair

Saab 2000 får tjäna som exempel. Detta 50-sitsiga matarflygplan skulle ha ärvt lillebror Saab 340's helmekaniska styrsystem. Men det sprack på motorstyrkan. Piloten i Saab 2000 kan inte utan hjälp hålla emot sneddragningen om en av de 4.200 hk starka motorerna stannar. Vilket är sidrodrets viktigaste uppgift på ett tvåmotorigt flygplan.

Hjälpen heter hydraulisk kraftförstärkning. Det fungerar på samma sätt som servostyrningen på en bil. När föraren rör ratten, eller sidroderpedalerna, öppnas ventiler som matar olja under högt tryck till en eller flera hydraulcylindrar, som vrider hjulen/rodrer.

Ingen back-up värd namnet

Hydrauliken kan styras med ett mekaniskt länkage, som skulle kunna ha dubbelrollen av back-up. Någon back-up värd namnet blir det emellertid inte om piloten ändå inte klarar styrningen med muskelkraft. Därmed var det fritt

fram att plocka bort mekaniken för att spara vikt i Saab 2000.

Innan vi går vidare kan det vara på sin plats att säga några ord om systemsäkerhet, tycker Olle Nyrinder, chefsprovingenjör på Saab Aircraft. Det är ett ämne som alla tillverkare av produkter som kan ställa till med elände måste fördjupa sig i.

Vänder på varje sten

Flygplan kan ställa till med mycket elände. Därför underkastas hela skapelsen en systemsäkerhetsanalys, där man vänder på varenda sten, tittar vilka hemskheter som döljer sig under, och tänker igenom konsekvenserna av att de släpps lösa. Riktlinjerna för denna fel- och följdutredning, och hur resultatet ska användas vid konstruktion, provning och certifiering av trafikflygplan, finns i regelverket FAR/JAR 25.

I detta sägs klart och tydligt ifrån att totalförlust av ett flygplan under inga omständigheter får orsakas av ett enkelfel. Därför minst två motorer, dubbla styrsystem, dubbla navigationsutrustningar, skadetolerans genom dubbla lastvägar i skrovkonstruktionen, etc, etc.

Högst en gång på en miljard flygtimmar

Bägge motorerna måste stanna, bägge stötstängerna till höjdrodrer, som dragits olika vägar från spak till stjärt, måste gå av för att det ska bli farligt.

Det sägs vidare att om ett dubbelt fel kan få katastrofala konsekvenser så får sannolikheten att bägge felen inträffar under en flygning inte vara större än en gång på en miljard flygtimmar. Är sannolikheten större måste ytterligare redundans byggas in i systemet, exempelvis med ett tredje länkage till höjdrodrer, kanske med linor istället för stötstänger.

Tripplerat är normen

Ett hydrauliskt sidroder ska enligt denna filosofi ha minst två separat styrda och försörjda

Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!



Saab 2000 har elektriskt styrt och hydrauliskt kraftförstärkt sidroder. Men så var det inte tänkt från början, därför hamnade servona i bulor utanpå fenan.



I marschfart är sidroderutslaget maximerat till några få grader. I låg fart kan ett hydraulfel i 737-100/200/300/400/500 leda till fullt utslag mot pilotens vilja.

servon som vart och ett klarar manövreringen i det mest extrema driffallet. Servona arrangeras vanligtvis så att ett är aktivt och ett är stand-by. Eftersom man inte vet om ett vilande servo fungerar, dubblas även detta så att det i praktiken blir tre servon.

Sidrodret på Saab 2000 har emellertid bara två, vilket Lars Gimstedt, chef på avdelningen mekaniska system, betraktar som genialt. Innan vi fördjupar oss i denna fitness ska vi titta på vad det är för faror som man vill gardera sig mot när det gäller hydraulmanövrerade roder:

Skräder inte orden

1991 och 1994 inträffade två svåra flygolyckor under liknande omständigheter i USA. Fortfarande saknas avgörande bevis för vad som egentligen hände men bägge haverierna, där flygplanen träffade marken i brant vinkel och samtliga omkom, skulle kunna förklaras av en så kallad *uncommanded rudder hardover*.

Haverikommissionen National Transportation Safety Board har under utredningen funnit starka indicier på att detta är orsaken. Vidare har man kunnat slå fast att flygplanstypen i fråga, Boeing 737, saknar vissa skyddsmekanismer mot skenande sidroder och NTSB skräder inte orden om betydelsen av detta i sina rekommendationer om åtgärder till luftfartsmyndigheten FAA.

Styr mindre när det går fort

Att hydraulik, liksom fly-by-wire, ruvar på fel-möjligheter som kan få roder att leva sitt eget liv är ett välkänt faktum. Därför räcker det inte att minimera risken för att felen ska uppstå. Man skapar också skyddsnät som mildrar konsekvenserna om det osannolika trots allt inträffar. "Fartbegränsare", som endast tillåter några få graders sidroderutslag i hög fart, är ett sådant skyddsnät. Det hindrar dels att fenan bryts sönder i kampen mellan luft- och hydraulkrafter. Dels är det möjligt att styra emot ett felaktigt sidroderutslag som inte är större än så med skevroder, vilket ger tid att ta reda på vad det är som händer och vidta rätt åtgärder.

Men alla nät har maskor.

Kort betänketid

I låg fart, när fullt sidroderutslag är tillgängligt, och på låg höjd, blir betänketiden kort och ett felaktigt roderutslag kan bli fatalt.

På Saab 2000 har man ytterligare minskat risken genom att låta två servon arbeta samtidigt på sidrodret.

Eftersom servona är jämnstarka, 6,5 ton vardera, balanserar de ut varandras eventuella hyss. Om ett av två active/active servon ger upp, eller dess styrelektronik drabbas av en felsignal, arbetar det andra vidare som om ingenting hänt. Men i cockpit tänds en varningslampa, som talar om att nu saknas redundans. Det är mycket trevligare för både besättning och passagerare än ned- och uppkopplingstransienterna i ett active/stand-bysystem. Något tredje servo för back-up behövs inte när man kör active/active, vilket sparar vikt och underhåll.

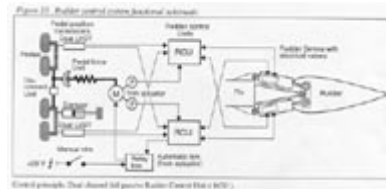
Farliga finesser

-- Att man kan lösa det så enkelt som vi gjort förbryllade först både konkurrenter och certifierande myndigheter, berättar Lars Gimstedt. Drivkraften var att spara vikt och göra det billigt. Saab 2000 är en liten landsvägsbuss, som inte kan bära kostnaderna för samma högteknologiska nivå som tre eller sex gånger så stora lyxkryssare som A320 eller B777.

Av samma anledning används elektriskt styrsystem med minsta tillåtna antal kanaler (= två).

Elektriska styrsystem inbjuder till att kläs upp med en massa digitala finesser, vilket Airbus A320 som första kommersiella fly-by-wire-flygplan excellerade i. Men dels är det dyrt, dels ger det betydande problem i introduktionen, vilket i Airbusens fall också kostat oskyldiga passagerares liv.

Elektrisk linstyrning



I stor-Saabens sidroderstyrning finns inget som helst behov av finesser, det räcker

Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!

med en "elektrisk linstyrning". Den fick en robust huvudsakligen analog konstruktion, med två identiska kanaler (= en säkerhetsanalys som blev grundligare men ändå billigare att göra än två). Digital signalbehandling används bara i den utsträckning som Saab visste att myndigheterna på 1987 års kunskapsnivå hade kompetens att certifiera. Och myndigheterna köpte konceptet.

Det fiffiga med det här styrsystemet är de tryckreglerade servona och korskopplingarna. Utan detta skulle inte servona kunna monteras som på Saab 2000, bägge två i nederkant på fenan och rodret.



Kamp om millimetrarna

Vanliga flödesreglerade servon är inte tillräckligt exakta utan måste, om de arbetar active/active, sättas så långt ifrån varandra att rodret kan ta upp vinkelfelen genom tordering. Annars blir det kamp om millimetrarna med servonas fulla dragkraft, vilket leder till materialutmattnings.



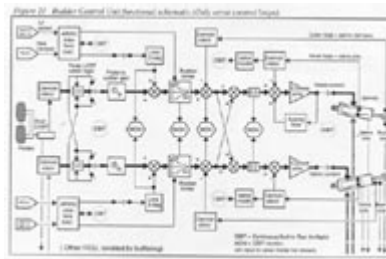
I Saabs fall hade det medfört tidsödande omkonstruktion att flytta isär servon, och tid var det ont om.

Tryckreglerade servon finns i moderna grävmaskiner och numeriskt styrda svarvar. Men de enda som flugit före Saab 2000 sitter i vektorstyrningen av Rymdfärjans raketmotorer. Tillverkaren var dessbättre intresserad av att leverera också till trafikflygplan och Saab tackar för förstklassiga prestanda och gedigen säkerhetsanalys, som går hand i hand med rymd-användningen.

"Grundöversett" före varje flygning

Förutom kontinuerlig övervakning i drift har sidstyrsystemet på Saab 2000 en inbyggd självtest, som körs automatiskt varje gång motorena startas inför en flygning. Detta är en springande punkt i sannolikhetskalkylen, att varje flygning börjar utan några dolda fel.

Sidroderstyrningen på Saab 2000 är vidare självriggande. Såväl servon som andra komponenter kan bytas utan att de måste justeras in med brickor och ställskruvar. Tillverknings-toleranserna tas om hand elektroniskt i ett litet



riggningsprogram i styrdatorn, som mekanikern aktiverar när han är klar med monteringen. Det eliminerar en felkälla samt sparar mycket tid och pengar i underhållet.

Fladderdämpare

Preventivt underhåll är reducerat till kontroll av oljan i ackumulatorerna, som gör servona till fladderdämpare om hydraultrycket försvinner. All annan service är *on condition*.

I en framtid när kostnadsjakten på flygbolagens tekniska avdelningar har förvandlat flygmekanikerna till komponentbytare är detta melodin, inte att krypa omkring och inspektera/serva ett mekaniskt pickelverk.

Det slutgiltiga kvittot på sidroderstyrningens kvaliteter levereras först efter fullgjord tjänstgöring. Men drift- och säkerhetsstatistik så här långt uppmuntrar tal om att konstruktionen är en fullträff. Den har redan återanvänts, i samma flygplan.

Dög som höjdstyrning också

"Rollad" 90 grader och kompletterad med ett tredje hydraulsystem blev sidroderstyrningen en höjdroderstyrning. Färdigställd på rekordtid efter att man med flygplan redan i serieproduktion konstaterat att den ursprungliga mekaniska styrningen aldrig skulle klara det generösa tyngdpunktsområde som utlovats. Men det är en annan historia.

Apropå systemsäkerhet vill Saab-folket dock ta tillfället att generalisera litet över turboprop.

Som bekant är Saab 2000 en försäljningsmässig flopp. Endast tre tjugor har funnit köpare och tillverkningen är nu nerlagd. Att fördela utvecklingskostnaderna på så få byggda är en ekvation som aldrig går ihop. Inte heller förvaltningen av typintyget under flygplanets livslängd, som kräver teknisk support och reservdelsförsörjning till samma priser som lyckosammare konkurrenters.

Bättre än sitt rykte

Att Saab 2000 kanske är det bästa flygplanet i sin klass, både säkerhetsmässigt, komfort- och prestandamässigt vägde tyvärr lätt när tilltänkta kunder plötsligt drabbades av antipropellerhysteri.

Det var nedisningsolyckorna i USA med

Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!

fransk-italienska regionalflygplanet ATR som blev dödsstöten. Fransmännen vägrade att sopa framför egen dörr. Började istället med att skylla på piloterna. När inte det lyckades hyrdes konkurrenters flygplan in för att bevisa att dessa var lika dåliga. När även det misslyckades konstruerades äntligen de undermåliga avisningsbootsen om. Bootsens täckte helt enkelt för liten yta. Det skamliga är att det fanns en mångfald rapporterade incidenter i nedisningsförhållanden redan före första katastrofen, som ATR-folket kunnat ta lärdom av långt tidigare.

Gammaldags isbrytare

Nu väntade man tills förtroendet för turboprop var kört i botten, sett från den regionalflygande allmänhetens sida, och gjorde hela branschen en björntjänst.

Man skulle kunna leka med tanken att fransmännens obegåvade reaktion bara satte fingret på det egentliga problemet, gummiboots som sådana. Varför används inget modernare skyddsnet mot konsekvenserna av att flyga i nedisningsförhållanden? Gummiboots hindrar ju inte isbildning. De kan bara bryta bort is som redan byggts upp. Dessutom kostar de luftmotstånd och drar mycket underhåll.

Jo, därför att en turbopropmotor till skillnad från en jetmotor inte kan tappas på så stora mängder varmluft som går åt för att värma upp vingframkanterna så att is aldrig byggs upp. Bara att värma upp motorluftintagen på Saab 340, vilket görs elektriskt, drar så mycket energi att "anti-ice" knappen i cockpit går under öknamnet "anti-climb" hos en stor användare i USA.

Turboprop klarar samma väder som jet

Därför får man fortsatt lita till att konstruktörer, flygplansprovare och certifierande myndigheter ser till att gummiboots blir så stora och så tillförlitliga som de måste vara för att en turboprop ska kunna flyga i lika dåligt väder som en jet.

Ny teknik är emellertid på väg. En rysk uppfinning att skaka bort isen från framkanterna med buller från högtalare inne i vinge, fena och stabilisator har klarat alla test och är klar för användning i FAR/JAR 25-certifierade flygplan.



Det svarta på framkanterna av vingar, fena och stabilisator är avisningsboots av gummi, som man pulserar tryckluft genom

för att bryta bort is som byggts upp. Liknande grejor finns på propellerbladen.

Bilder i helformat?

Återvänd till "Innehållsförteckningen" och sök under artikelrubriken!