

Elektriciteitopwekking in de luchtZX ronde 8 maart 2015

We hebben in vorige ZX rondes verschillende soorten van elektriciteit opwekking behandeld. Onder ander op land in auto's, en op schepen.

Vandaag gaat het verhaaltje over de energievoorziening in vliegtuigen met name airliners. (Verkeersvliegtuigen)

De meeste van ons hebben wel eens reis gemaakt in een vliegtuig en zich afgevraagd op welke wijze de elektriciteit wordt opgewekt welke nodig is voor de bedrijfsvoering in het toestel.

Doordat de toestellen van tegenwoordig groter en sneller geworden zijn

Is er veel elektrische vermogen in een vliegtuig nodig

Er moet steeds meer comfort geboden worden aan passagiers.

Denk aan warme maaltijden, warme en koude dranken maar ook de verlichting en andere applicaties zoals een aansluiting per stoel voor laptops enz.

Ook is er elektriciteit nodig voor bijvoorbeeld de besturing, navigatie en communicatiesystemen. Maar ook voor de luchtdrukcompressoren en hydraulische pompen die de cabinedruk en de oliedruk verzorgen voor het bedienen van de mechanische besturing onderdelen van het toestel.

De meeste vliegtuigen zijn zogenaamde Fly By Wire toestellen.

Dat wil zeggen dat de besturing van het toestel indirect is door de tussenkomst van programmeerbare besturing, computers dus.

Deze besturing is voor de aansturing van de aandrijfmotoren en hydraulisch bediende onderdelen als rolroeren, elevatieroeren, staartroer enz.

Alles wat nodig is om op te stijgen, te vliegen en weer te landen.

Bijvoorbeeld een Boeing B777 hier bestaat de computerbesturing uit drie systemen, het linker deel het middendeel en het rechterdeel. De computersystemen zijn identiek uitgevoerd, de drie systemen controleren elkaar en zijn een back up van elkaar zodat bij uitval van een systeem de twee andere systemen de functie overnemen. De architectuur hiervan wordt PFC genoemd (Primaire Flight Computer Architecture)

Deze drie computersystemen worden Lanes genoemd en zijn verbonden met een bidirectionele databus.

Dit is een zogenaamde ARINC 629 Flight Controls databus.

ARINC staat voor "Aeronautical Radio, Incorporated " een onderdeel van Rockwell Collins.

In beide turbinemotoren van een B777 is een generator geïntegreerd een zogenaamde IDG (Integrated Drive Generator met ieder een vermogen van 120 kVA

De IDG wordt indirect aangedreven door een zogenaamde CSD(Constant Speed Drive) welke ervoor zorgt dat de spanning en frequentie precies 115VAC / 400Hz blijft ongeacht het toerental van de vliegtuigmotoren. De CSD werkt ongeveer als een automatische versnellingsbak.

Verder is in iedere turbinemotor een Permanent Magneet Generator geïntegreerd van 20 kVA als back-up voorziening. De PMG is een variabele speed AC generator waarvan de wisselspanning via een AC /DC converter omgezet wordt naar 28VDC gelijkspanning.

Buiten deze twee generatorsystemen hebben we een APU (Auxiliary Power Unit) van 120 kVA welke zich achter in de staart bevindt.

De APU moet de energie leveren om beide motoren op te starten en wordt als back-up generator gebruikt als een van beide IDG` s zijn uitgevallen. De APU is een gasturbine welke een generator aandrijft en tevens de pneumatische druk levert om de airconditioning aan te drijven.

De spanning en frequentie van de APU generator is trouwens ook 115VAC / 400Hz

APU's hebben ook andere functies. Zo leveren ze de stroom voor het aandrijven van de elektrische systemen aan boord voordat het vliegtuig vertrekt.

Dit als er geen GPU (Groud Power Unit) aanwezig is)

Sommige APU's zijn ook verbonden aan een hydraulische pomp, zodat monteurs en crews het vliegtuig deels kunnen besturen zonder de hoofdmotoren te hoeven starten.

Als het toestel op een vliegveld voor de gate staat en de motoren worden uitgeschakeld dan stopt ook de elektriciteit voorziening daarom is er externe walaansluiting voorzien om het toestel aansluiten op een GPU.

Deze GPU aansluiting bevindt zich onder de cockpit van het toestel.

De GPU is een unit die de vliegveld netspanning van 400 Volt / 50Hz omzet naar de spanning en frequentie die het vliegtuig nodig heeft. De frequentie van 400 Hz dient zeer nauwkeurig te zijn. Een afwijking van 1 % is voldoende om de werking van de apparatuur te verstoren of zelfs de apparatuur defect te maken.

Daarom wordt in het vliegtuig de aangeboden boordspanning continue gecontroleerd en schakelt de spanning af als een frequentie variatie groter dan 4 Hz optreed. Er worden dus hoge eisen gesteld aan deze voedingsapparatuur.

Als er in de lucht zich een probleem voordoet met de brandstof voorziening waardoor de motoren uitvallen en de APU niet kan worden gestart wordt de zogenaamde RAT generator ingeschakeld.

De RAT (Ram Air Turbine) kan de stroom leveren om de meest belangrijke benodigde systemen van het vliegtuig om te landen in bedrijf te houden.

De RAT bevindt zich buiten het toestel, en wordt aangedreven door de luchtstroom veroorzaakt door de snelheid van het vliegtuig. Normaal zit de RAT ingeklapt in de vleugel of cabine. Hij wordt alleen uitgeklappt in een noodsituatie .
Het vermogen van de RAT generator is 7 kVA

De beide IDG en de APU hebben een 3 fase spanning van 115 VAC met een frequentie van 400Hz

Het totale kortsluitvermogen van beide IDG` s te samen is +/- 715kVA met een maximale kortsluitstroom van $I_k = 3,6 \text{ kA} / 1\text{sec}$.
Voldoende kortsluitvermogen is nodig om bij een kortsluiting selectief de kortsluit beveiliging te kunnen afschakelen.

Power distributiesysteem.

In de zogenaamde Main Equipment Center zijn de schakel en distributiepanelen opgesteld.

Het Primaire 115VAC bestaat uit een linker en een rechterdeel.
Op het linkerdeel is de IDG Generator van de linker motor aangesloten en op rechterdeel is de IDG generator van het rechterdeel aangesloten.
Bij delen zijn met een 3 fase AC bus verbonden middels automatische vermogens automaten.

De 115 VAC van de APU generator is aangesloten op deze AC bus.
Als een van de twee IDG generatoren uitvalt kan zijn functie overgenomen worden door de opgestarte APU generator.
Dit betekent dat als een van twee straalmotoren uitvalt de primaire stroomvoorziening in takt blijft.

Op dit 115VAC / 400Hz power distributie systeem zijn de zogenaamde power loads aangesloten.
Dit zijn de onderdelen die relatief veel vermogen vragen

De 115VAC distributie van de PMG generatoren bestaat net als het PFC (Primaire Flight Control) systeem uit drie delen.
Het linker deel, het midden deel en het rechte deel.
Ook hier kunnen de delen bij een calamiteit als een stroomuitval elkaar overnemen.

Beide PMG generatoren voeden parallel een 28VDC back-up converter welke de gelijkspanning levert voor DC systemen als computers, navigatie en communicatieapparatuur.

De 28VDC distributie is ook weer verdeeld over een linker en rechterdeel welke ieder zijn voorzien van een back-up systeem wat bestaat uit batterijen en de de omgezette spanning van de RAT generator.

Het gehele powerdistributie systeem wordt gecontroleerd vanuit het managementsysteem ELMS (Electric load Management Systeem) die ook weer aangesloten is op de ARINC 629 Flight Controls databus.

Via deze bus gaan alle status meldingen en storingssignaleringen welke gevisualiseerd worden in de cockpit.

Waarom 115 VAC / 400 Hz?

De eerste vliegtuigen hadden een boordnet van 28V gelijkspanning (dat is de spanning van een geladen loodbatterij van $2 \times 12V$ + laadspanning). Deze spanning was echter te laag voor grotere vermogens. Een hogere spanning was nodig, en liefst een wisselspanning, die men omhoog en omlaag kon converteren naar gelang de behoeften.

De reden om voor een 400 Hz frequentie te kiezen in de luchtvaart was gewoon gewichtsbesparing. Transformatoren voor 400 Hz vallen veel lichter uit dan die van 50 of 60 Hz in. Nog een bijkomend voordeel in de luchtvaart is dat een 400 Hz transformator minder dan de helft van de ruimte inneemt van een 50/60 Hz trafo. Verder is gelijkrichting van de spanning wat eenvoudiger omdat de te verwijderen 'rimpel' een veel hogere frequentie heeft en volstaan kan worden met kleinere en lichtere afvlakcapaciteiten. Het trafokernmateriaal moet wel aan hogere eisen voldoen omdat de verliezen (Foucaultse stromen) van het gewone 50/60 Hz ijzermateriaal te groot zijn voor deze hogere frequentie.

Dit geldt ook voor de Generatoren en Elektromotoren aan boord, door een hogere magnetisch flux kan het stator / rotor materiaal lichter uitgevoerd worden.

Tegenwoordig denk men er over na om vliegtuigen uit te rusten met brandstofcellen. Dit moet veel Kerosine brandstof besparen. Omdat buiten de aandrijving van de vliegtuig motoren voor de vliegsnelheid ook veel extra brandstof meegenomen moet worden voor de generatoren.

Bijvoorbeeld Airbus experimenteert met brandstofceltechnologie voor zijn vliegtuigen.

Recent is Airbus een samenwerkingsverband aangegaan met het Zuid-Afrikaanse National Aerospace Centre voor verder onderzoek. Volgens het instituut gaat brandstofceltechnologie de luchtvaartindustrie de komende jaren sterk veranderen.

Hierdoor kan nog meer gewicht besparing worden doorgevoerd door gebruik van minder brandstof en een nog lichtere opwekkingsysteem voor elektriciteit en warmte.

Nadelen van het gebruik van 400 Hz

Los van de genoemde voordelen zijn er ook nadelen om 400 Hz te gebruiken.

Een nadeel is bijvoorbeeld de verliezen die optreden in de bekabeling en bedrading. Ook in een vliegtuig is de aangesloten belasting steeds meer non lineaire geworden met als gevolg een slechtere powerfactor. Het is te vergelijken met wat er gebeurt bij ons in het 50 Hz elektriciteitsnet.

De grootste veroorzaker is ook hier de vermogens elektronica als schakelende voedingen, frequentie regelaars enz.

Bedrijfszekerheid

Door de vele redundantie is de elektriciteitsvoorziening geborgd tegen verschillende vormen van stroomuitval.

Zelf als de meest belangrijke opwekkers uitvallen kan het toestel op op de back-up spanning met behulp van RAT generator een noodlanding maken.

Een aantal statusmeldingen en signaleringen van de elektriciteitsvoorziening of die daarmee te maken hebben worden als data weg geschreven naar de FDR (Flight Data Recorder dat is een van de zogenaamde zwarte dozen die in werkelijkheid niet zwart is maar oranje. Hiermee kan achteraf bij een Crash onderzocht worden wat de status van ongeveer 80 boordsystemen waren voor de Crash

De FDR kan heel veel informatie geven over de toedracht van de Crash.

Tot zover mijn verhaaltje, we kunnen e.v.t. een volgende ZX ronde inzoomen op een aantal onderdelen die te maken hebben met dit onderwerp zoals:

- Bliksembeveiliging (Afvoeren van lading)
- EMC problematiek (Emissie en Immunititeit.)
- Aardfouten in het distributiesysteem
- 37,5 kHz noodsignaal FDR recorder.
- 406 Mhz ELT (Emergencie Locator Transmitter)
- Flightradar signalen (ADS-B transpondersignaal)

Jan. PA1JT