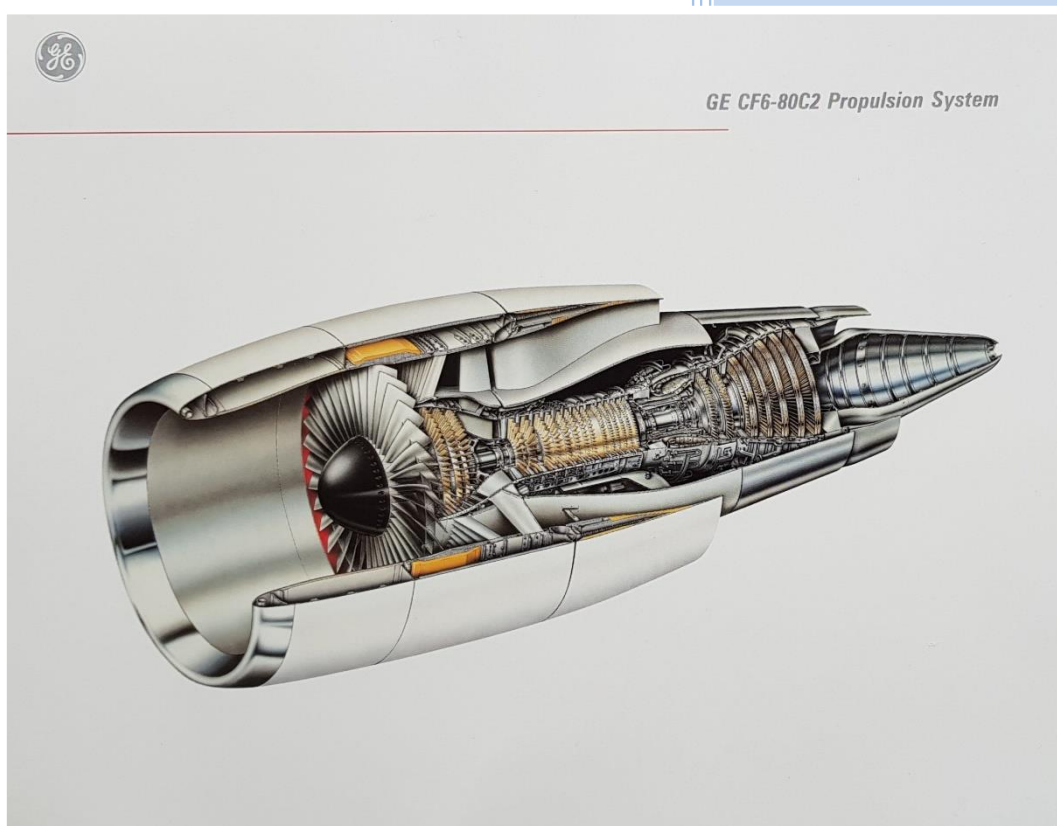




Nieuwsbrief no. 23

*Verhalen en anekdotes,
voor Oud-Werktuigkundigen
van de voormalige Koninklijke Rotterdamsche Lloyd*



Arie de Waardt

Harry van der Brugh

KRL

30 3-2022

Inleiding

Na het lezen van het laatste deel over de walperiode van Frans Kok bij Akzo Ede, werd ik blij verrast door hetgeen ik las.

Een deel van het artikel uit het NRC Handelsblad van 10 maart 1994 heb ik als kopie bijgevoegd op deze pagina, hierin komt de naam van onze oud collega Frans Kok duidelijk naar voren.

Bron: NRC Handelsblad 10 maart 1994 *Technologi*

Warmtekracht overtreft alle verwachtingen

Als de gasturbine bij Akzo Vezels in Ede 's nachts 'tript' moet Frans Kok zijn bed uit. 'Vannacht was het we zover', schreeuwt Kok boven de tienduizend toeren van zijn LM5000-gasturbine uit.

Het is alweer anderhalf jaar geleden dat Akzo deze gasturbine installeerde. In Ede vormt hij het hart van een warmtekrachtcentrale. Deze kleine energiecentrale genereert proceswarmte voor de productie van viscose-vezels. Tegelijkertijd wekt hij elektriciteit op, maar die heeft Akzo niet nodig. Alles vloeit naar het net. Bij elkaar 33 tot 45 megawatt, genoeg voor 20.000 gezinnen.

In de anderhalf jaar dat de LM5000 draait maakte Kok 'heel wat trips' mee. De warmtekracht-eenheid ligt dan 40 uur stil. Niet leuk, want het bedrijf moet het een half uur zonder proceswarmte doen, tot de reserveketel is opgestart. 'We zitten nog steeds in de kinderziektes', lacht Kok onder zijn gele veiligheidshelm.

Bij een turbinemotor die General Electric ook voor Boeing 747's levert, zou je storingen toch niet zo gauw verwachten. Maar het blijkt dat de elektronica veel vals alarm geeft. Vooral druk- en temperatuuroptometers zijn de boosdoeners. Het veiligheidssysteem bij Akzo neemt het zekere voor het onzekere, en schakelt af. Bij een vliegtuig wordt bij zo'n melding doorgevoegen.

De Edese centrale viel het eerste jaar vijf maal uit. Een normaal getal volgens gegevens van ABB Energieopwekking BV en Thomassen International, de fabrikant die de GE-motor in Ede leverde. 'De uitval van centrales volgt een badkuipcurve', zegt E.M. Reijns van ABB, 'in het begin zijn er kinderziektes en aan het eind gaat het weer omhoog door het verslijten van de componenten.' Kleine turbines voor warmtekracht vertonen overigens hetzelfde gedrag als de gasturbines in grote centrales.

Besparing

De populariteit van gecombineerd warmte en elektriciteit genereren overtreft alle verwachtingen. Het is een oud concept, dat ook aan stadsverwarmingsprojecten ten grondslag ligt. Daarvan heeft Nederland er momenteel twaalf, waarvan de oudste in 1923 in Utrecht is gestart. In de tuinbouw geven warmtekrachtinstallaties warmte voor kassen en in enkele gevallen stroom voor assimilatiebelichting. Zes procent van de Nederlandse glastuinbouw, ruim 1200 bedrijven, heeft inmiddels de beschikking over kleinschalige installaties.

In 1970 bedroeg het warmtekrachtvermogen in Nederland ruim 1000 megawatt. Dat werd toen voornamelijk toegepast in de industrie, waarbij het ging om betrekkelijk kleine installaties. De leverantie van elektriciteit stond voorop. Het was mooi meegenomen dat de warmte, die bij opwekking vrijkwam, nuttig kon worden gebruikt.

Directe aanleiding tot de recente populariteit zijn milieu en besparing. Want door warmte- en elektriciteitsgeneratie te combineren vallen aanzienlijke redementswinsten te halen. Met aardgas als milieuvriendelijkste fossiele brandstof geeft dat een ruime reductie op uitstoot. In vergelijking met afzonderlijke opwekking zijn energiebesparingen van 15 tot 30 procent mogelijk. In Ede is die winst 22

procent. Dat betekent dat er per jaar 100.000 ton minder CO de lucht in gaat. Ook de NOx- en SO-uitstoot liggen - puur door brandstofbesparing - beide ruim 400 ton lager.

Elektriciteitswet

Decentrale warmtekraftkoppeling werd economisch aantrekkelijk door de elektriciteitswet van 1989. Die opende de elektriciteitsmarkt door een scheiding aan te brengen tussen productie- en distributie van stroom. In samenwerking met provinciale distributiebedrijven kon de industrie ineens zijn overtollige stroom tegen een redelijke prijs verkopen. De rollen draaiden daarmee om. Het werd aantrekkelijk om een warmtekrachtinstallatie op de warmte-vraag af te stemmen. Het 'bijproduct' elektriciteit - meestal veel meer dan de bedrijven nodig hadden - kon men nu ongelimiteerd verkopen. De industriële installaties werden door deze mogelijkheid grofweg vier keer groter.

Het gaat hard met warmtekracht. Van het principe 'stoom gebruiken en stroom verkopen' is momenteel 800 megawatt in aanbouw. Volgens het Projectbureau WarmteKracht (PWK) brengt dit het totale warmtekrachtvermogen op ruim 4400 MW, verdeeld over zo'n 150 centrales van 10 tot 60 megawatt (2700 megawatt industrieel, 1000 megawatt stadsverwarming, 500 megawatt tuinbouw en 200 kleinschalig).

Goudmijn

'Ons eerste doel was om er in 1995 in ieder geval 1000 megawatt bij te hebben", zegt Ton van der Does, directeur van het in 1987 op initiatief van EZ opgerichte PWK. 'Nou, dat stond er in 1992 al.' De machineleveranciers doen dan ook goede zaken. 'Nederland is voor ons een goudmijn geworden", schrijft ABB in een uitnodiging ter bezichtiging van een nieuwe turbine bij Heineken in Den Bosch.

De aanwas van het Nederlandse warmtekracht-vermogen is heel wat groter dan de 100 tot 150 megawatt per jaar die de samenwerkende elektriciteits-productiebedrijven (SEP) verantwoord achten in hun elektriciteitsplan 1991-2000. Deze beheerders van de grote centrales krijgen het intussen knap benauwd van de woekerende warmtekracht. Want zij moeten volgens de wet van '89 hun grote eenheden terugschakelen wanneer de kleintjes opdringen. 'Je krijgt inderdaad een probleem", zegt PWK-directeur Van der Does. 'Hoe pas je die grote centrales nog in? Want als warmtekracht het beste is, moet je dat in eerste instantie doen.'

Wildgroei

Terwijl de kleintjes groter en talrijker worden raakt de discussie aardig gepolariseerd. Op de komst van een grote 400 megawatt warmtekrachtcentrale bij Dow Chemical in Terneuzen reageert SEP-directeur Ketting geïrriteerd: 'Ik ben een voorstander van concurrentie binnen de sector, maar het moet wel volgens de spelregels gebeuren. Dow misbruikt het systeem. In wezen subsidieert de elektriciteitssector Dow.'

Hoe milieu- en energievriendelijk warmtekracht ook is, de wildgroei geeft ook problemen. De uren met een grote vraag naar stroom vallen bijvoorbeeld niet samen met de industriële warmtevraag. Die twee moeten dus zoveel mogelijk onafhankelijk van elkaar kunnen verlopen. Dat vereist extra investeringen. In Ede staat daarvan het bewijs in de vorm van een tien meter hoge buffer, een soort snelkookpan waarin stoom onder druk bij 400 graden Celsius is opgeslagen. Dit is stoom die is opgewarmd met de afgassen van de gasturbine.

Met deze voorraad kan men twee kanten op. De eerste weg leidt naar een stoomturbine. Daar wordt elektriciteit geproduceerd voor Akzo. De overblijvende stoom van 190 graden Celsius wordt als proceswarmte gebruikt. De buffer kan echter ook worden gebruikt om een extra massastroom aan de gasturbine toe te voegen. Men laat dan waterdamp in de LM5000 expanderen, wat het vermogen (voor de piekvraag) opstuwt van 33 naar 45 megawatt.

Mijn verhaal over de LM5000 van Akzo Ede

Wat is het geval, Ik heb namelijk destijds bij AKZO Ede, mede met collega's van Thomassen International B.V. de gasturbine installatie opgebouwd en later onderhoud gepleegd. Akzo Ede was de eerste LM5000 WKC installatie in Nederland. Voordat deze WKC werd gebouwd zijn wij met een groep van 5 personen naar General Electric in Sacramento geweest om een LM5000 trainingscursus te volgen, dit om gecertificeerd te zijn. Voor alle andere type gasturbines, zoals de LM2500 hebben wij dus ook diversen trainingscursussen in Cincinnati Ohio, moeten volgen. Voor de LM1600 ben ik daarvoor bij GE in Ontario, Californië geweest. De LM6000 hebben wij zelf in Rheden gehouden. Vandaar deze reactie op het stukje van Frans Kok.

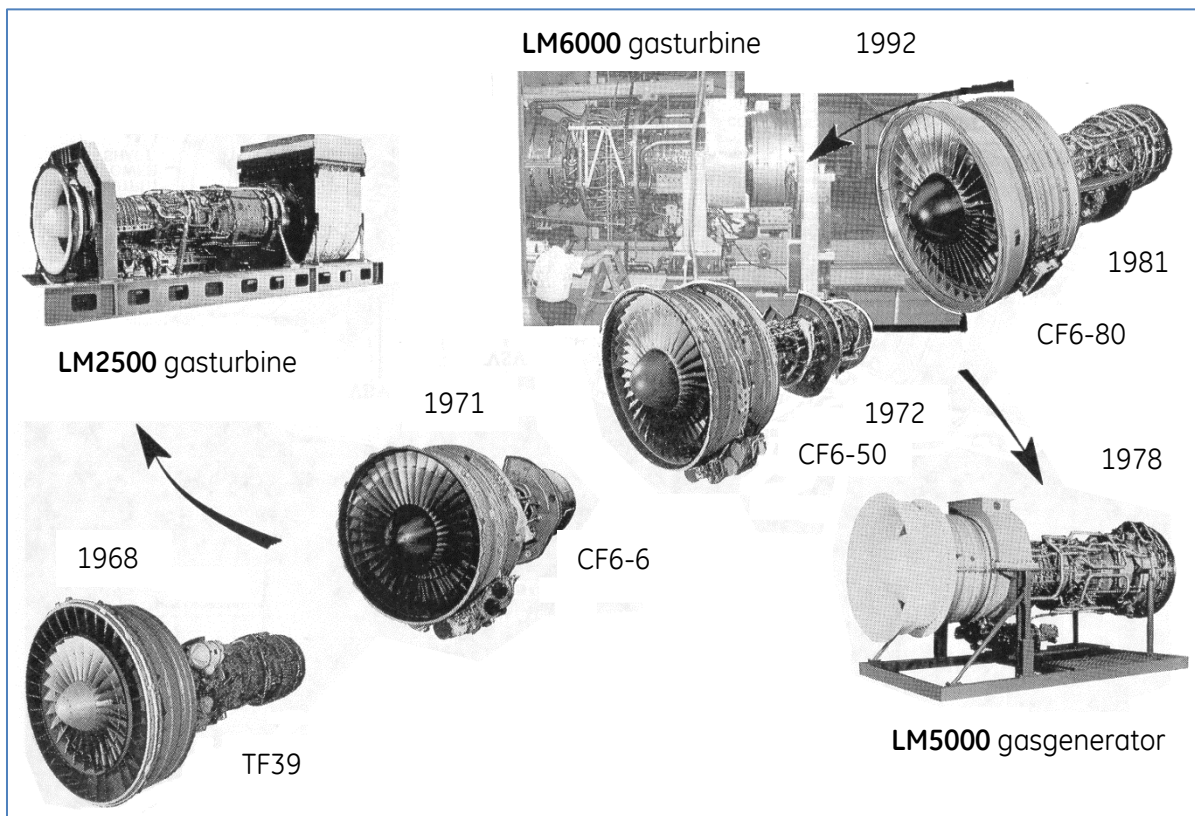
De LM5000 gasturbine

De eerste LM5000 unit werd aan AKZO Zout Chemie Nederland B.V. in 1991 door General Electric via OEM (Original Engine Manufacture) TSSI aan AKZO in Ede geleverd. TSSI staat voor Thomassen Steward & Stevenson International. De gasturbines waarvan de LM machines zijn afgeleid, stuwden de grote "wide-body" passagiersvliegtuigen, zoals de boeing 747 en de DC-10/MD-11, voort. De kleinere LM machines, zoals de LM1600 die GE levert, is afgeleid van de F404 straalmotor, die gevechtswliegtuigen voorstuwt.

Alle type LM machines worden opgesteld in een verplaatsbare omkasting, package of module genoemd. In de package vinden we, naast de turbine, de ondersteunende systemen zoals het startsysteem, de olie systemen, enz. Deze systemen worden in de fabriek gemonteerd, afgesteld en beproefd. De omkasting wordt zonder de gasturbine naar de bouwplaats vervoerd en daar opgesteld. De gasturbine zelf arriveert op de bouwplaats in een speciaal met gas gevulde container. Hij wordt ter plaatse uit de container gehesen en met speciaal gereedschap in de omkasting geplaatst. Het afmonteren neemt afhankelijk van het type uitvoering een aantal dagen in beslag. Vervolgens wordt de package uitgelijnd op de uitlaatgassenketel, en wordt ook de uitgaande as van de powerturbine op de generatoras uitgelijnd. Deze werkzaamheden lopen bijna parallel aan elkaar. Als dat alles gereed is, kan men delen van de systemen langzaam gaan opstarten, totdat men gereed is voor de opstart.

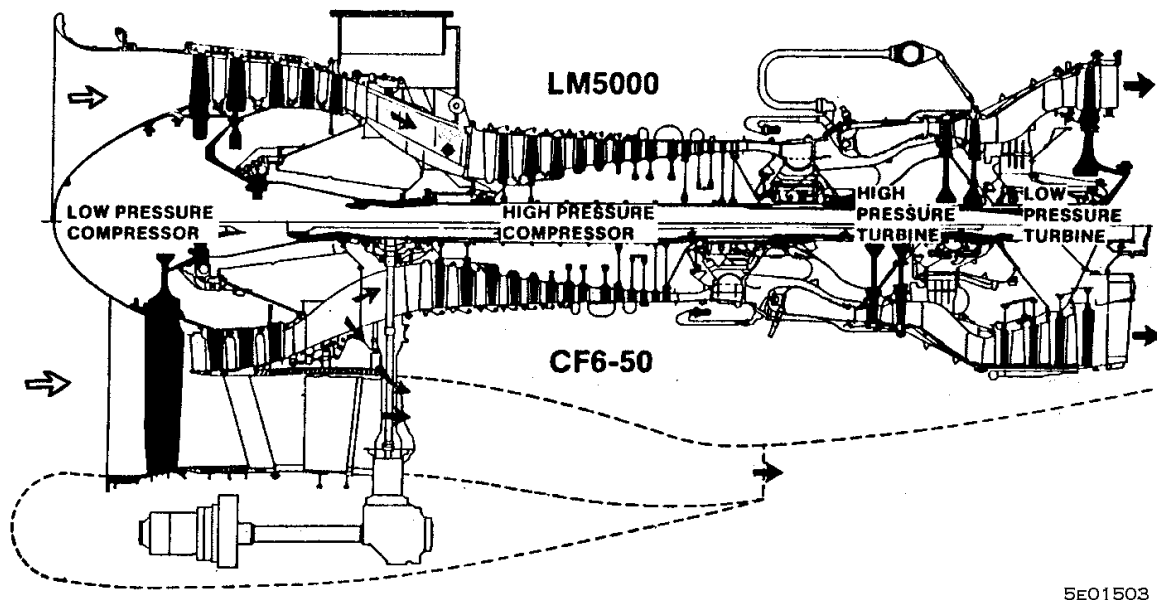
Mile stones (zie Figuur-1)

De LM 5000, afgeleid van de CF6-50 engine, deze is weer afgeleid van de CF6-6, door de massa air flow en het verhogen en het toenemen van de by-pass turbofan. De DC-10 serie 30 wordt door de CF6-50 voortgestuwd en is in december van 1972 voor het eerst op de markt gekomen. In mei 1974 voor de A300 Airbus. Een jaar later, september 1975 voor enkele 747-200 modellen, waaronder voor de KLM.



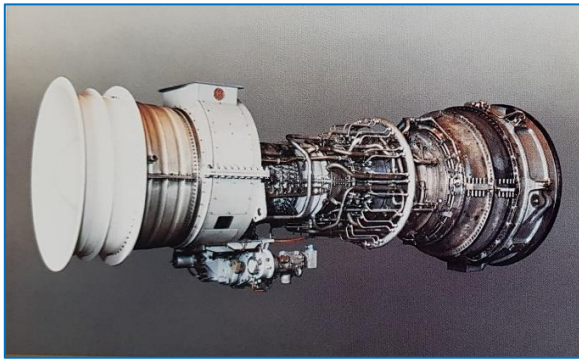
Figuur-1, Ontwikkeling van de LM5000

De LM-familie (Land & Marine) van vliegtuig afgeleide motoren bestaan uit de : LM500, LM1600, LM2500, LM2500+, LM5000 en LM6000. Variërend van 4 Mw tot 49 MW met zijn vliegende versie. In onderstaande Figuur-2 zie je de vergelijking van de LM5000 gasturbine en de CF6-50 (comonality van 70% van de onderdelen).

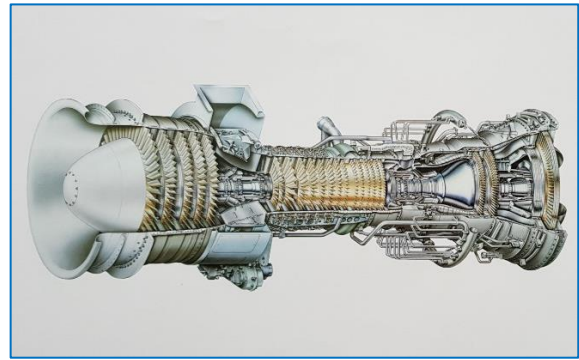


5E01503

Figuur-2, Vergelijking van LM5000 met CF6-50



LM5000 gasturbine



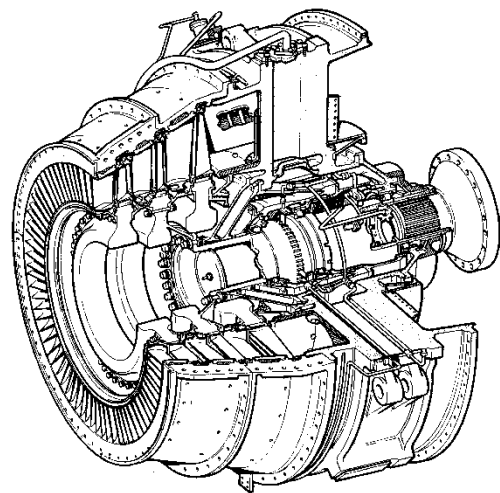
LM5000 3D gasgenerator doorsnede

Zie onderstaande tabel met specificatie voor de LM5000 gasturbine.

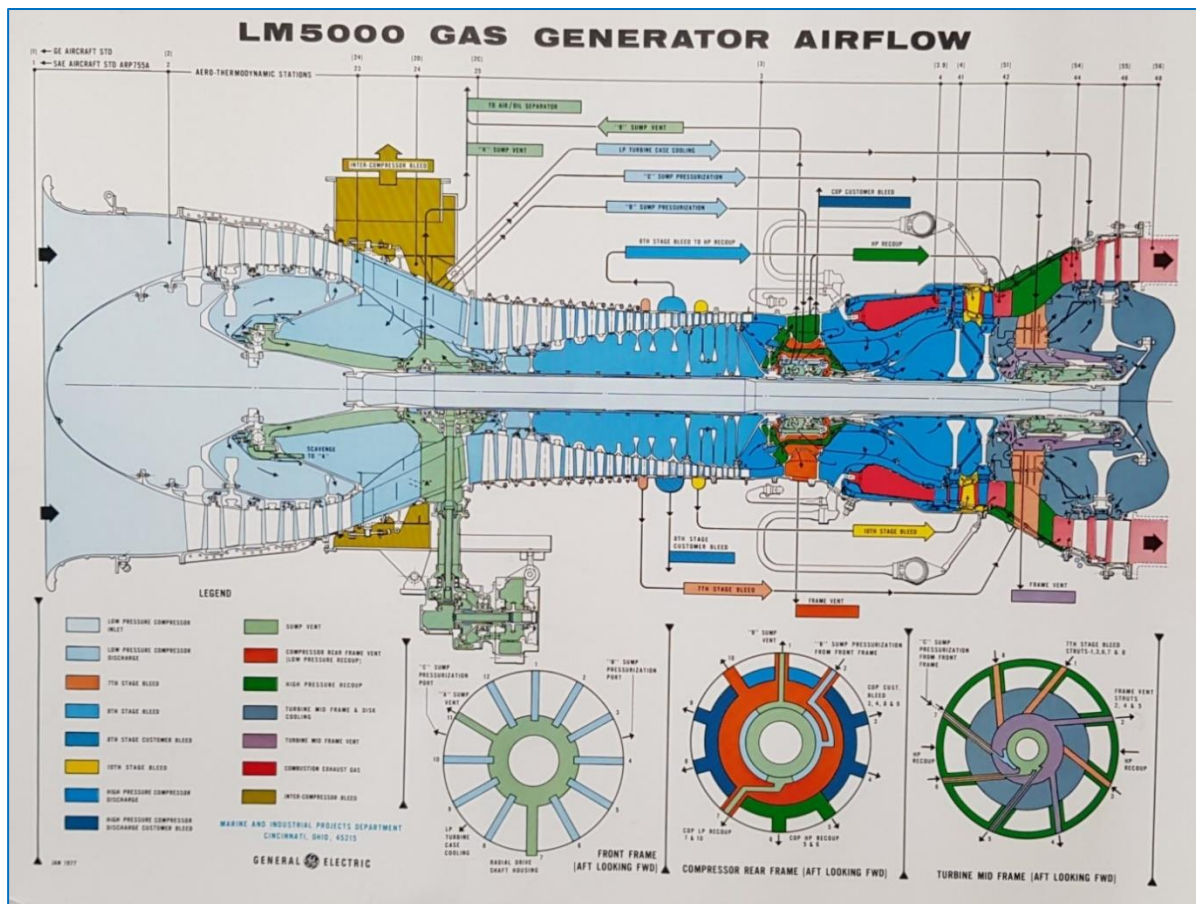
	LM5000PC	LM5000PC STIG80	LM5000PD STIG120
Elektriciteitsopwekking 50Hz			
Ontwerpvermogen (kW)	34.450	46.360	49.600
Rendement (%)	37,6	40,9	42
Drukverhouding	28,8	28,8	28,8
Toerental Powerturbine as (RPM)	3000	3000	3000
Uitlaatgassen stroom (kg/s)	120	149,7	156
Uitlaatgassen Temperatuur (° C)	436	421	408
Compressor aandrijving			
Ontwerpvermogen (kW)	34.450	48.900	52.475
Rendement (%)	37,6	43	44,5
Toerental uitgaande as (RPM)	3600	3600	3600
Afmetingen en gewicht van package			
Lengte (m)	24,4	24,4	24,4
Breedte (m)	4,1	4,1	4,1
Hoogte (m)	4,4	4,4	4,4
Gewicht (kg)	160.000	160.000	160.000

LM is de afkorting van Land & Marine

STIG is de afkorting Stoom Injectie

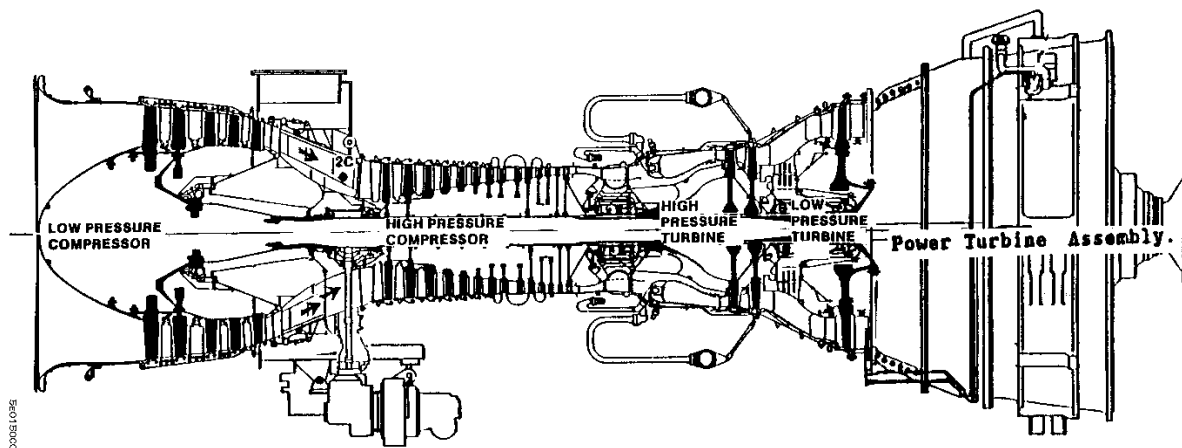


Figuur 3, LM5000 powerturbine

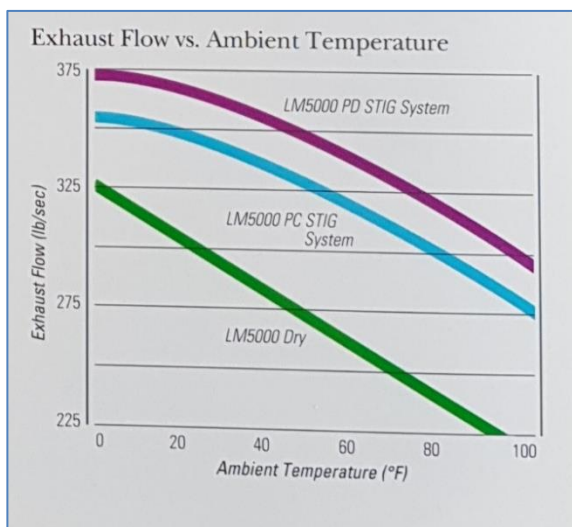
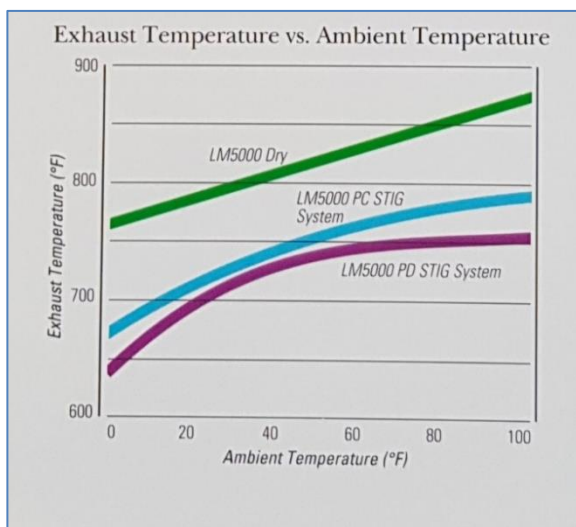
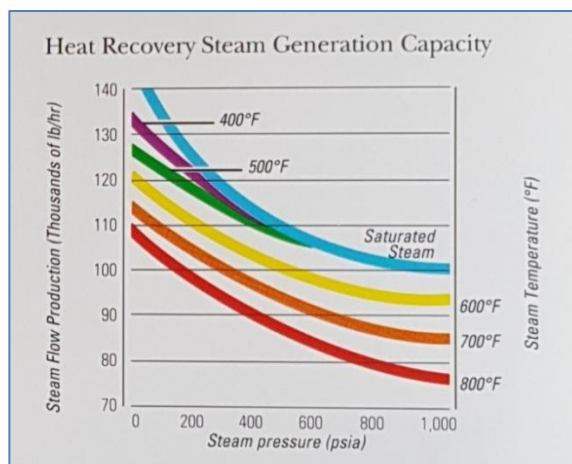
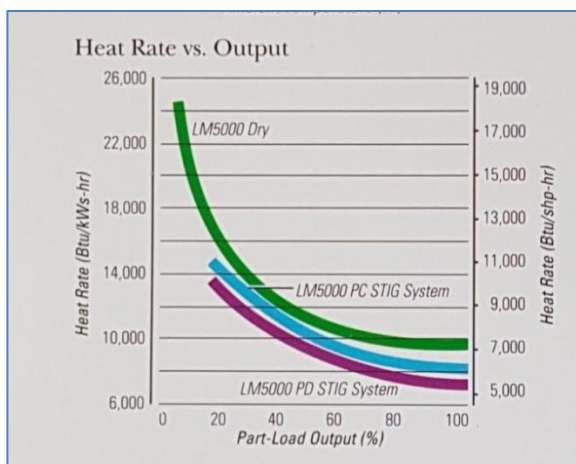
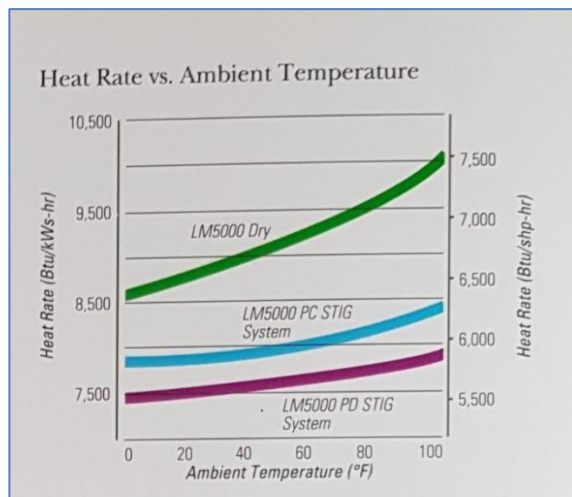
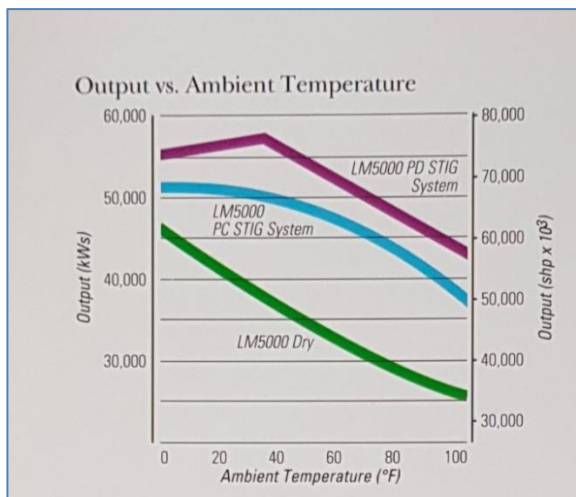


LM5000 Gasegenerator

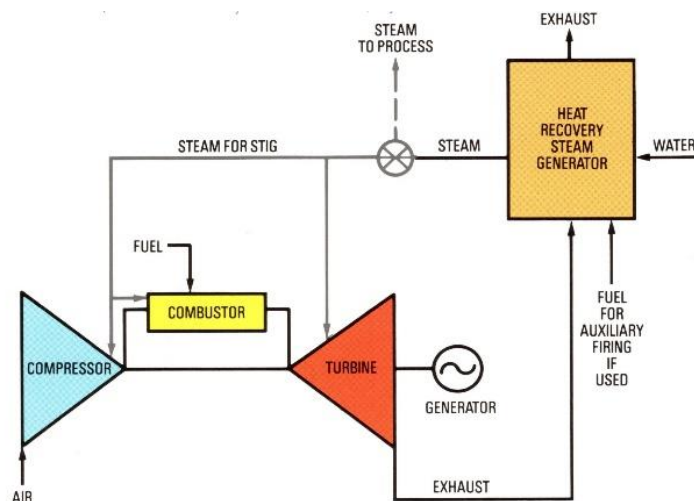
Wanneer we als voorbeeld de Boeing 747-400 nemen, dan zien we dat deze is uitgerust met vier motoren. Deze motoren moeten in staat zijn om het maximale vliegtuiggewicht (maximum take-off weight) in de lucht te stuwen en het daar te houden. Het gewicht voor de Boeing 747-400 is dan 394.600 kg. Het vliegtuigvliegt met een maximale snelheid van 1020 km/uur waarbij het brandstof verbruik 12300 liter/uur is. Dit betekent dat het vliegtuig op 1 liter brandstof 83 meter vliegt. Het totale motorvermogen is ongeveer $4 \times 45 \text{ MW} = 180 \text{ MW}$. Dit is het vermogen van 4500 middenklas auto's of 3 miljoen lampen van 60 W.



Enkele performance diagrammen



LM5000 toepassing

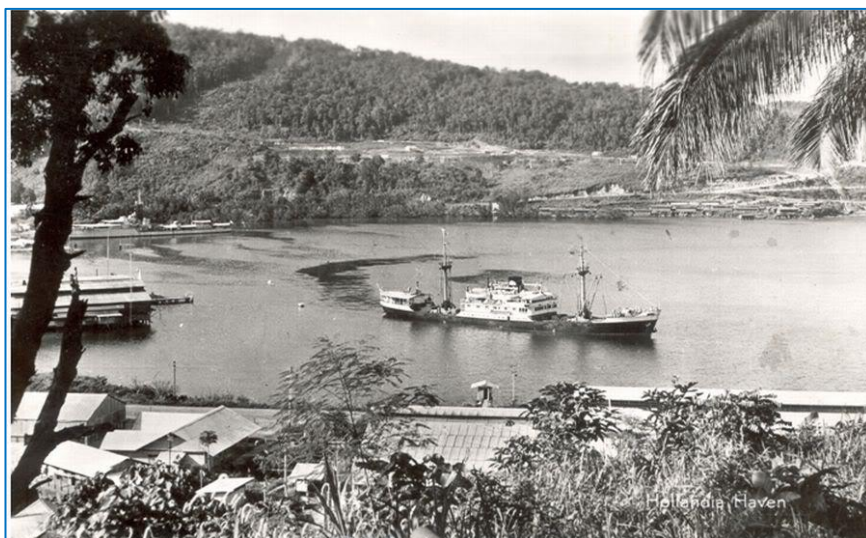


Met een drukverhouding van 30 tot 1 stelt het LM5000 STIG systeem in staat om tot 139,900 lb stoom per uur in de gasturbine te injecteren. Stoom injectie met deze hoeveelheid vermeerderd het vermogen van de gasturbine met 54% tot 53 MW en vermeerderd tevens de heat rate met 16%.

De stoom injectie vermindert ook de NO_x uitstoot

De LM5000 gasturbine is zo ontworpen dat de stoom op drie locaties van de machine kan worden geïnjecteerd: de compressor discharge, de verbrandingskamer (combustor) en de lage druk (Low-Pressure turbine)

Tot slot wil ik nog vermelden dat ik een aantal technische plaatjes en informatie van oud collega Jan Huisman heb mogen ontvangen. Jan was Training manager bij de firma Thomassen International B.V., en verder heeft Jan ook als 2^e Werktuigkundige op de woelige baren gevaren bij de Koninklijke Paketvaart-Maatschappij.



Tenslotte nog een plaatje van Si-schip liggende in de haven van Hollandia