



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8303401**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Aandrijfturbine voor tegengesteld draaiende propellers.**
- ⑤1 Int.Cl<sup>3</sup>.: F02K 3/072, B64D 27/14.
- ⑦1 Aanvrager: General Electric Company te Schenectady, New York, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.H. Boelsma c.s.  
Octrooibureau Polak & Charlouis  
Laan Copes van Cattenburch 80  
2585 GD 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 8303401.
- ②2 Ingediend 4 oktober 1983.
- ③2 Voorrang vanaf 1 november 1982.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 437923 .
- ⑥2 - -

- ④3 Ter inzage gelegd 1 juni 1984.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Korte aanduiding: Aandrijfturbine voor tegengesteld draaiende propellers.

De uitvinding heeft betrekking op gasturbinemotoren en in het bijzonder op een nieuwe en verbeterde gasturbinemotor, voorzien  
5 van een aandrijfturbine met tegengesteld roterende rotors, welke vermogen aan de uitgaande as kunnen afgeven bij relatief lage snelheden.

De uitvinding is, hoewel niet daartoe beperkt, in het bijzonder toepasbaar op gasturbinemotoren voor aandrijving van vliegtuigen.

Op dit ogenblik zijn verschillende soorten gasturbinemotoren  
10 beschikbaar voor het aandrijven van vliegtuigen. De turbine-waaiermotor (turbofan) en de turbine-propellermotor (turboprop) zijn twee voorbeelden van deze motoren. De turbofanmotor heeft een hoofdmotor, d.w.z. een gas-generator, voor het aandrijven van een waaier, terwijl de turbopropmotor een gasgenerator heeft voor het aandrijven van een propeller. Voor  
15 zover deze motoren propellers of waaiers aandrijven voor het opwekken van de stuwkracht, verbruiken zij minder brandstof bij subsonische snelheden dan zuivere turbojet-motoren, die de stuwkracht slechts opwekken door hun uitlaatstralen.

Transportvliegtuigen van gemiddelde afmetingen, bijvoorbeeld  
20 voor het transport van 100 - 180 passagiers, gebruiken turbofanmotoren voor de aandrijving. Turbofanmotoren leveren de relatief hoge stuwkracht die nodig is voor het aandrijven van deze vliegtuigen op relatief grote hoogten en bij kruissnelheden ongeveer Mach. 0,6 tot ongeveer Mach. 0,8. Voor vliegtuigen, welke zijn ontworpen voor lagere kruissnelheden, worden  
25 gewoonlijk bekende turbopropmotoren gebruikt, daar deze groter vermogen bij hoger rendement kunnen leveren. Bijvoorbeeld is een belangrijke verlaging van het brandstofverbruik, d.w.z. de hoeveelheid verbruikte brandstof per passagierskilometer, mogelijk door het gebruik van de aerodynamisch meer efficiënte turbopropmotor ten opzichte van de turbofanmotor.

30 Het zou dan ook gewenst zijn de voordelen te kunnen combineren van de turbofan-en van de turbopropmotor voor het verkrijgen van een samengestelde motor met hoger rendement bij kruissnelheden, welke gebruikelijk zijn voor de met een turbofanmotor aangedreven vliegtuigen.

Een eenvoudig vergrote versie van een gebruikelijke turbopropmotor, die geschikt is voor het aandrijven van een transportvliegtuig van  
35 gemiddelde afmetingen, bij de kruissnelheden en hoogten welke gebruikelijk zijn voor de met een turbofanmotor aangedreven vliegtuigen, zou echter een enkele propeller nodig hebben met een diameter van ongeveer 4,80 meter. Deze motor zou ook een vermogen van ongeveer 15.000 Aspk moeten opwekken,  
40 hetgeen verschillende malen het uitgaande vermogen van bekende turboprop-

motoren bedraagt.

Een bekende turbopropmotor, gebouwd voor deze eisen, zou verder het ontwikkelen nodig maken van een relatief grote en ongewenst zware vertragende tandwielkast voor het overbrengen van het vereiste vermogen en het koppel naar de relatief lage snelheid van de propeller. De rotatiesnelheid van de propeller met grote diameter is een beperkende faktor voor het beneden supersonische snelheden houden van de schroeflijnsnelheid van de propellerpunt, d.w.z. de vliegtuigsnelheid plus de tangentielle snelheid van de propellerpunt. Dit is gewenst, daar een propellerpunt, werkend bij supersonische snelheden, een grote hoeveelheid ongewenst lawaai doet ontstaan en verlies aan aerodynamisch rendement tot gevolg heeft. Gasturbinemotoren, welke doelmatig zijn voor het aandrijven van propellers of waaiers zonder gebruik van een vertragende tandwielkast zijn reeds bekend. Zij hebben een relatief lage snelheid, tegengesteld roterende turbinerotors met relatief weinig schoepenrijtrappen, die een paar tegengesteld roterende waaiers of propellers aandrijven. Deze motoren omvatten verschillende uitvoeringsvormen die de waaiers of propellers uitsluitend gebruiken voor het vergroten van de door de uitlaatgassenstraal opgewekte stuwkracht.

Voor het voortdrijven van een modern vliegtuig van gemiddelde afmetingen, dat een relatief groot uitgaand vermogen vraagt, is echter een praktische nieuwe motor met laag brandstofverbruik nodig, die een belangrijk groter vermogen heeft dan de bekende turbofan- en turbopropmotoren en dan deze motoren met tegengesteld roterende rotors.

Het is daarom een doel van de uitvinding een nieuwe en verbeterde gasturbinemotor te verschaffen. Deze moet een aandrijfturbine met tegengesteld roterende rotors hebben. De rotors moeten in de tegengesteld roterende rotors een aantal schoepenrijtrappen hebben, waarbij vrijwel al het uitgaande vermogen wordt verkregen uit de expanderende verbrandingsgassen door de trappen en relatief weinig vermogen achterblijft in de uitlaatgassen die de motor verlaten.

Een ander doel van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijke motor, zonder dat een vertragende tandwielkast behoeft te worden gebruikt. Verder beoogt de uitvinding het verschaffen van een nieuwe en verbeterde gasturbinemotor, die een gasgenerator heeft en een aandrijfturbine met tegengesteld roterende rotors, waarbvān de aandrijfturbine vast wordt gesteund achter de gasgenerator.

Nog een ander doel van de uitvinding is met de aandrijfturbine tegengesteld roterende draagvlakprofiëlelementen aan te drijven, zoals propellers en waaierschoepen.

8303401

De gasturbinemotor volgens de uitvinding heeft dus een gas-generator en een aandrijfturbine. De aandrijfturbine omvat een eerste rotor en een aantal eerste rijen turbineschoepen, die daarvan radiaal naar buiten steken, en een tweede rotor en een aantal tweede rijen turbineschoepen die radiaal daarvan naar binnen steken. De aandrijfturbine wordt gesteund achter de gasgenerator en kan verbrandingsgassen daarvan opnemen, welke gassen dan uitzetten door de eerste en tweede rijen turbineschoepen, waardoor vrijwel al het uitgaande vermogen daarvan wordt onttrokken voor het aandrijven van de eerste en tweede rotor in tegengestelde richtingen.

Volgens verschillende uitvoeringsvormen volgens de uitvinding kan de aandrijfturbine tegengesteld roterende waaiers of propellers aandrijven, die zijn aangebracht hetzij aan het vooreinde of aan het achtereinde van de motor.

De uitvinding zal hieronder nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin enige uitvoeringsvoorbeelden van de gasturbinemotor volgens de uitvinding zijn weergegeven.

Fig. 1 is een doorsnede door een gasturbinemotor in een eerste uitvoeringsvorm, met een aandrijfturbine met tegengesteld roterende rotors voor het drijven van aan de achterzijde gemonteerde propellers.

Fig. 2 toont een vliegtuig met twee gasturbinemotoren volgens fig. 1, gemonteerd aan het achtereinde.

Fig. 3 is een aanzicht in perspectief van een andere wijze van montage van de gasturbinemotor volgens fig. 1 aan een vleugel van een vliegtuig.

Fig. 4 is een langsdoorsnede door een andere uitvoeringsvorm van de gasturbinemotor, met een aandrijfturbine voor het drijven van aan de achterzijde gemonteerde waaiers.

Fig. 5 is een doorsnede door een gasturbinemotor in nog een andere uitvoeringsvorm met een aandrijfturbine voor het drijven van tegengesteld roterende, aan de voorzijde gemonteerde waaiers.

Fig. 6 is een doorsnede door een gasturbinemotor in nog een andere uitvoeringsvorm waarbij een opjaagcompressor en een middeldrukturbine een gemeenschappelijke aandrijf-as hebben met een aan de voorzijde gemonteerde waaier en een rotor van een aandrijfturbine.

Fig. 7 toont een doorsnede door weer een andere uitvoeringsvorm met een aandrijfturbine voor het drijven van aan de voorzijde gemonteerde tegengesteld roterende propellers, waarbij een ringvormige gasgenerator is aangebracht evenwijdig aan en op een afstand van de langshartlijn van de motor.

In fig. 1 is een gasturbinemotor 10 weergegeven volgens een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding. De motor 10 heeft een langshartlijn 12 en een ringvormig huis 14 dat coaxiaal om de hartlijn 12 is aangebracht. De motor 10 heeft verder een bekende gasgenerator 16, die  
5 bijvoorbeeld kan bestaan uit een opjaagcompressor 18, een compressor 20, een verbrandingseenheid 22, een hogedrukturbine (HD) 24 en een middeldrukturbine (MD) 26, die alle coaxiaal om de langshartlijn 12 van de motor 10 achter elkaar zijn aangebracht in axiale doorstroomverhouding. Een eerste ringvormige aandrijf-  
10 fas 28 vormt een vaste verbinding tussen de compressor 20 en de HD-turbine 24. Een tweede ringvormige aandrijf-  
30 fas 30 verbindt de opjaagcompressor 18 vast met de MD-turbine 26.

Bij de werking verschaft de gasgenerator 16 druklucht van de opjaagcompressor 18 en de compressor 20 aan de verbrandingseenheid 22 waar deze lucht wordt vermengd met brandstof en op geschikte wijze  
15 ontstoken voor het doen ontstaan van verbrandingsgassen. De verbrandingsgassen drijven de HD-turbine 24 en de MD-turbine 26, die op hun beurt de compressor 20 resp. de opjaagcompressor 18 aandrijven. De verbrandingsgassen worden uit de gasgenerator 16 uitgelaten via de MD-turbine 26 op een gemiddelde uitlaatstraal (R1) ten opzichte van de langshartlijn 12.  
20 Aan een achtereinde van het huis 14 en achter de gasgenerator 16 is een ringvormig steunorgaan 30 bevestigd. Het steunorgaan 30 verloopt radiaal naar binnen en in achterwaartse richting aan het achtereinde van het huis 14. Het steunorgaan 30 heeft een aantal in omtreksrichting op afstand geplaatste schoorelementen 32, die radiaal naar binnen steken van het  
25 achtereinde van het huis 14, en een ringvormig naafonderdeel 34 dat vast is bevestigd aan de radiale binneneinden van de schoorelementen 32, welke naaf in achterwaartse richting verloopt. De schoorelementen 32 dienen voor het steunen van het naafonderdeel 34 en het voeren van verbrandingsgassen van de gasgenerator 16 naar een aandrijfturbine 36, geconstrueerd  
30 volgens een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding. De aandrijfturbine 36 of eenvoudig de lage druk turbine (LD-turbine) 36 is roteerbaar gemonteerd aan het naafonderdeel 34.

De LD-turbine 36 heeft een eerste ringvormige trommelrotor 38, die roteerbaar is gemonteerd door geschikte legers 40 op het naafonder-  
35 deel 34 aan het voor- en achtereinde 42, resp. 44 daarvan. De eerste rotor 38 omvat een aantal eerste turbineschoepenrijen 46 die radiaal daarvan naar buiten steken en op axiale afstand daarop zijn aangebracht.

De LD-turbine 36 heeft ook een tweede ringvormige trommelrotor 48, die radiaal buiten de eerste rotor 38 en de eerste schoepenrijen 46  
40 is aangebracht. De tweede rotor 48 omvat een aantal tweede turbineschoe-

penrijen 50 die radiaal naar binnen daarvan uitsteken en op axiale afstand daarop zijn aangebracht. De tweede rotor 48 is roteerbaar gemonteerd aan het naafonderdeel 34 door geschikte legers 52 die aan radiaal binnen gelegen einden van een voorste schoepenrij 50a van de tweede schoepenrijen 5 50 en op radiaal binnen gelegen einden van een achterste schoepenrij 50b, die roteerbaar is aangebracht op de eerste rotor 38, gemonteerd aan het naafonderdeel 34, zijn aangebracht.

Elk van de eerste en tweede turbineschoepenrijen 46 en 50 omvat een aantal in omtreksrichting op afstand aangebrachte turbineschoe- 10 pen, waarbij de eerste schoepenrijen 46 afwisselend zijn geplaatst met schoepenrijen van de tweede schoepenrijen 50. Verbrandingsgassen, die door de schoepenrijen 46 en 50 stromen, bewegen langs een gemiddelde stroombaanstraal R2 die per definitie een schoepstraal vertegenwoordigt waarop de resultante van de werkbelasting van de LD-turbine 36, naar wordt 15 aangenomen, wordt geconcentreerd. De straal R2 kan bijvoorbeeld worden gedefinieerd als de gemiddelde steeklijnstraal van alle schoepenrijen van de LD-turbine 36.

Verbrandingsgassen die worden afgevoerd uit de gasgenerator 16 op de gemiddelde stroombaanstraal R1 worden gevoerd door de schoren 32 20 naar de RD-turbine 36. De LD-turbine 36 doet de verbrandingsgassen expanderen door de eerste en tweede turbineschoepenrijen 46 en 50 volgens de gemiddelde stroombaanstraal R2, waardoor vrijwel al het uitgaande vermogen aan de gassen wordt onttrokken voor het drijven van de eerste en de tweede rotor 38 resp. 48, in tegengestelde richtingen, bij rotatie- 25 snelheden die lager zijn dan die van de eerste aandrijfas 28.

De gasgenerator 16 en de LD-turbine 36, aangebracht op de boven aangegeven wijze, geven een nieuwe en verbeterde gasturbinemotor met tegengesteld bewegende rotors, die vermogen aan de uitgaande as geeft bij relatief lage rotatiesnelheden.

Belangrijke kenmerken van de uitvinding zijn de complementaire plaatsing 30 van de motorelementen. In het bijzonder is de HD-turbine 24 achter de verbrandingseenheid 22 aangebracht zodat deze eerst de verbrandingsgassen met relatief hoge druk ontvangt die daardoor worden uitgelaten. De HD-turbine 24 heeft het hoogste rendement wanneer deze en de eerste aan- 35 drijfas 28 zijn ontworpen voor rotatie met ongeveer 10.000 tot 15.000 rpm in een motor van 15.000 aspk, waardoor de hogedrukverbrandingsgassen van de verbrandingseenheid 22 het meest doelmatig worden gebruikt.

De verbrandingsgassen hebben na het passeren van de HD-turbine 24 een verlaagde of middeldruk. De middeldrukassen stromen dan door de 40 middeldrukturbine 26 die de druk van de gassen nog verder verlaagt tot

een relatief lage druk, terwijl het meest doelmatig daaraan vermogen wordt onttrokken voor het roteren van de tweede aandrijfas 30 en de opjaag-compressor 18 met snelheden die lager zijn dan die van de HD-turbine 24.

5 Tenslotte worden de lagedrukverbrandingsgassen gevoerd naar de LD-turbine 36 waar zij verder expanderen en vrijwel alle overblijvende energie wordt onttrokken voor het roteren van de eerste en tweede rotors 38 en 48 die vermogen aan de uitgaande as geven. Er blijft weinig energie over en deze wordt dan minder doelmatig gebruikt in de uitlaatstraal, die uit de LD-turbine 36 wordt afgevoerd.

10 Verder is de LD-turbine 36, daar deze het laatste element is in de motor 10, onderworpen aan de verbrandingsgassen met de laagste temperatuur en daardoor zijn de warmtespanningen lager, zodat een minder ingewikkelde LD-turbine 36 mogelijk is.

Voor het meer doelmatig onttrekken van energie aan de verbrandingsgassen in de LD-turbine 36 verdient het de voorkeur dat de gemiddelde stroombaanstraal R2 daarvan groter is dan de gemiddelde uitlaatstraal R1 van de gasgenerator 16. Bij de in fig. 1 weergegeven uitvoeringsvorm is de gemiddelde stroombaanstraal R2 ongeveer het dubbele van de gemiddelde uitlaatstraal R1. Deze opstelling is gunstig voor het plaatsen van de 20 turbineschoepenrijen 46 en 50 op een grotere straal ten opzichte van de langshartlijn 12, voor het vergroten van de relatieve tangentiale snelheden daarvan, voor het doelmatiger onttrekken van vermogen aan de door deze schoepen stromende gassen.

Daar de LD-turbine 36 een aandrijfturbine is die vrijwel al 25 het uitgaande vermogen door de rotors 38 en 48 moet leveren en bij voorkeur achter de gasgenerator 16 is aangebracht, is een geschikt en doelmatig montagesysteem nodig. Het steunorgaan 30, dat uitsteekt van het achtereinde van het huis 14, zoals hierboven is beschreven, is daarom ook een belangrijk kenmerk van de uitvinding.

30 In de als voorbeeld gegeven uitvoeringsvorm volgens fig. 1 drijft de LD-turbine 36 tegengesteld roterende propellers, namelijk een voorste propeller 54 en een achterste propeller 56, welke tegengestelde spoed hebben. In het bijzonder steekt van het achtereinde van de eerste rotor 38 een achterste schoepenrij 46A uit, radiaal naar buiten tot 35 ongeveer de radiale plaats van de tweede rotor 48. Aan de radiale buiteneinden van de achterste schoepenrij 46 is een ringvormig afdekorgaan 58 bevestigd. De achterste propeller 56 is op geschikte wijze bevestigd aan het afdekorgaan 58. Evenzo is de voorste propeller 54 op geschikte wijze bevestigd aan een vooreinde van de tweede rotor 48. Geschikte spoed- 40 veranderingsorganen 60 zijn aangebracht voor het onafhankelijk kunnen

besturen van de spoed van de voorste en de achterste propeller 54 en 56.

Een zeer belangrijk kenmerk van de uitvinding is dat de gasturbinemotor 10, voorzien van de LD-turbine 36, een relatief hoog uitgaand vermogen en een relatief hoog uitgaand koppel kan leveren bij relatief lage rotatiesnelheden zonder gebruik van een vertragende tandwielkast. Een vertragende tandwielkast en bijbehorende hulpstukken betekenen belangrijk meer gewicht en ingewikkeldheid van de motor, die een grote stuwkracht moet kunnen opwekken, welke nodig is voor de aandrijving van een transportvliegtuig, bijvoorbeeld een transportvliegtuig voor 150 passagiers.

Snelheidsvermindering is nodig wanneer een gasturbinemotor wordt gebruikt voor het drijven van draagvlakprofiëlelementen, zoals propellers of waaiers. Een niet-weergegeven bekende lagedrukturbine heeft een enkele rotor, die bijvoorbeeld roteert met 10.000 tot 15.000 rpm. Deze rotatiesnelheden moeten worden verlaagd tot relatief lage snelheden van ongeveer 1000 tot 2000 rpm voor het drijven van draagvlakprofiëlelementen. Propellers en waaiers zijn ontworpen voor het verplaatsen van een vrij grote hoeveelheid lucht bij relatief lage axiale snelheden, voor het opwekken van de stuwkracht en voor werking met een groter rendement bij de relatief lage rotatiesnelheden. Bovendien zijn de lage rotatiesnelheden nodig voor het beperken van de schroeflijnsnelheid van de punt van de propellers tot beneden supersonische snelheden.

Volgens de uitvinding heeft men, door dat men de tweede rotor 48 volgens fig. 1 van de LD-turbine 36 laat roteren in een richting tegen- gesteld aan die van de eerste rotor 38, twee uitgaande assen, de eerste rotor 38 en de tweede rotor 48, die roteren met ongeveer een kwart van de snelheid van een overeenkomstige enkelvoudige rotor bij een bekende lagedrukturbine, waardoor snelheidsverlaging wordt verkregen.

Verder is extra snelheidsverlaging verkrijgbaar door het vergroten van het aantal van de eerste en de tweede turbineschoepenrijen 46 en 50, d.w.z. het aantal trappen. Dit is zo doordat bij lagere rotatiesnelheden van de rotoren 38 en 48 minder energie kan worden onttrokken aan de verbrandingsgassen per trap van de LD-turbine 36. Voor het verkrijgen van de gewenste verlaagde snelheden en het onttrekken van vrijwel al het overblijvende vermogen aan de verbrandingsgassen is een groter aantal trappen nodig.

Echter kan een kleiner aantal trappen worden gebruikt voor het verkrijgen van deze doeleinden wanneer men grotere waarden heeft van de verhouding  $R2/R1$  voor het voeren van de verbrandingsgassen naar de LD-turbine 36 op een grotere gemiddelde stroombaanstraal  $R2$ . Te veel trappen is



ongewenst, door de vergrote ingewikkeldheid, de afmetingen en het gewicht daarvan, en een LD-turbine 36 met minder trappen en een relatief grote R2/R1 verhouding is ongewenst, door het grotere oppervlak aan de voorzijde en het gewicht daarvan. Zoals hierboven beschreven en volgens de  
5 uitvinding is bepaald dat een R2/R1 verhouding van ongeveer 2 de voorkeur verdient.

Verder heeft in de in fig. 1 weergegeven uitvoeringsvorm, voor het drijven van de tegengestelde roterende propellers 54 en 56 de LD-turbine 36 bij voorkeur ongeveer 14 trappen voor het verkrijgen van  
10 snelheden van de uitgaande as van de eerste en de tweede rotor 38, 48 van ongeveer 1200 rpm. Deze snelheid is veel kleiner dan de rotatiesnelheden van de eerste en tweede aandrijfassen 28, 30.

Bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 1 zijn de tegengesteld roterende propellers 54, 56 gemonteerd aan de achterzijde van de motor 10  
15 radiaal buiten zowel de eerste rotor 38 als de tweede rotor 48. Deze propellers hebben een naafstraal R3 en een puntstraal R4 ten opzichte van de langshartlijn 12. Bij de uitvoeringsvorm van de motor 10 met een LD-turbine 36, die de propellers drijft en ongeveer 14 trappen heeft, verdient het ook de voorkeur dat R1/R4, R2/R4 en R3/R4 ongeveer gelijk  
20 zijn aan resp. 0,18, 0,35 en 0,45. Het aantal trappen van de LD-turbine 36 kan echter liggen tussen ongeveer 10 en 18 trappen en de verhoudingen R1/R4, R2/R4 en R3/R4 kunnen liggen resp. tussen ongeveer 0,2 tot 0,16; 0,4 tot 0,3; en 0,5 tot 0,4. Deze verhoudingen verdienen de voorkeur voor het verkrijgen van een motor 10 die geschikt is voor het meest doelmatig  
25 aandrijven van de tegengesteld roterende propellers 54, 56 bij rotatiesnelheden van ongeveer 1200 rpm.

De snelheidsverlaging van de rotor 38, 48 van de LD-turbine 36 veroorzaakt een verkleining van de tweede orde van de opgewekte centrifugaalspanningen. Een verlaging van de snelheid van bijvoorbeeld 1/4  
30 geeft een verlaging van de centrifugaalspanning van 1/16. Dit is van belang doordat hierdoor de LD-turbine 36 minder materiaal nodig heeft voor het opnemen van de centrifugaalspanningen, hetgeen een lichtere LD-turbine 36 geeft. Het totale effect van de toepassing van de tegengesteld roterende LD-turbine 36 is een belangrijke verkleining van het motorgewicht, vergeleken met een motor voorzien van een bekende LD-turbine en een vertragen-  
35 de tandwielkast.

De uitvoeringsvorm volgens fig. 1 heeft nog extra voordelen. Bijvoorbeeld is door de montage van de propellers 54, 56 aan het achter-  
einde van de motor 10 een ringvormig inlaatgebied 62 van de motor 10  
40 verkregen dat relatief vrij is van de stroming storende hindernissen.

Hierdoor kan het inlaatgebied 62 en een ringvormige gondel 64, die de motor 10 omgeeft, op geschikte wijze worden ontworpen voor het verkrijgen van een betere aerodynamische prestatie van de lucht die de motor 10 binnengaat en die daar langs stroomt.

5           Het gebruik van twee propellers ten opzichte van een enkele propeller maakt mogelijk propellers van kleinere diameter toe te passen, bijvoorbeeld ongeveer 3,60 m, d.w.z.  $R_4 = 1,80$  m tegenover ongeveer 4,80 m voor het opwekken van een gelijke stuwkracht bij rotatiesnelheden van ongeveer 1200 resp. 900 rpm en bij kruissnelheden van het vliegtuig van  
10 ongeveer Mach. 0,7 tot ongeveer Mach. 0,8. De verkleinde diameter geeft lagere puntsnelheden van de propellers en minder lawaai daarvan.

De montage van de propellers 54, 56 radiaal buiten de tweede rotor 44 vergroot de verhouding tussen naaf en punt  $R_3/R_4$  van de propellers, waardoor een verbetering van de aerodynamische prestatie daarvan ontstaat.  
15 Verder hinderen de propellers de stroming van de verbrandingsgassen, die worden afgevoerd uit de LD-turbine 36 niet, hetgeen anders het motorvermogen zou verlagen en koelingsmaatregelen nodig maken, teneinde warmtebeschadiging van de propellers 54, 56 te voorkomen.

In fig. 2 is een vliegtuig 66 weergegeven met twee motoren 10  
20 die tegengesteld roterende propellers aandrijven, zoals die weergegeven in fig. 1, gemonteerd aan het achtereinde van het vliegtuig 66. De achter gemonteerde motoren 10 met tegengesteld roterende propellers volgens de uitvinding geven een vliegtuig 66 met betere prestatie en lager brandstofverbruik. Verder hebben de motoren 10 een lager gewicht  
25 vergeleken met een bekende turbo-prop-motor, ontworpen voor gelijke stuwkracht. Verlaagd propellerlawaai is bereikbaar waardoor een vermindering mogelijk is van wijzigingen aan het vliegtuig ter vermindering van lawaai, zodat hierdoor nog extra het totale vliegtuiggewicht wordt verminderd.

30           In fig. 3 is een andere opstelling weergegeven van de montage van motoren 10 met tegengesteld roterende propellers, van het type van fig. 1, aan een vleugel 68 van een niet-weergegeven vliegtuig. Bij deze uitvoeringsvorm is het naafonderdeel 34 van de motor 10 verlengd naar achteren en op geschikte wijze aan de vleugel 68 gemonteerd. Een stationaire ringvormige uitlaatbuis 70 is op geschikte wijze bevestigd aan het  
35 naafonderdeel 34 voor het geschikt voeren van de uitlaatgassen van de motor 10 bijvoorbeeld onder de vleugel 68. De uitvoeringsvorm volgens fig. 3 geeft duidelijk een belangrijk voordeel weer van het steunorgaan 30 van de motor 10. In het bijzonder is het steunorgaan 30 niet alleen  
40 doelmatig voor de montage van de LD-turbine 36 in de motor 10 maar ook

voor het monteren van de gehele motor 10 aan een vleugel 68 van een vliegtuig.

Fig. 4 toont een gasturbinemotor 72 volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding. De motor 72 heeft een gasgenerator 16, die in hoofdzaak gelijk is aan de gasgenerator 16 van de motor 10 van fig. 1. Bij deze uitvoeringsvorm drijft echter een LD-turbine 74 tegengesteld roterende waaiers, namelijk een voorste waaier 76 en een achterste waaier 78, gemonteerd aan het achtereinde van de motor 72. De waaiers 76, 78 omvatten een aantal radiaal naar buiten stekende en in omtreksrichting op afstand geplaatste waaierschoepen. Een ringvormige waaierbuis (80) is radiaal buiten de waaiers 76, 78 aangebracht en op geschikte wijze bevestigd door een aantal schoororganen 82 aan het huis 14 en de gondel 64 van de motor 72. Geschikte en niet-weergegeven stuwkracht-omkeerorganen kunnen zijn gemonteerd aan het naafonderdeel 34 en achter de achterste waaier 78.

Daar waaierschoepen anders werken dan propellerschoepen is de LD-turbine 74, hoewel deze in principe gelijk is aan de LD-turbine 36 volgens fig. 1, bij voorkeur ontworpen voor de aandrijving van waaierschoepen. In het bijzonder ligt het totale aantal trappen van de eerste en tweede turbine schoepenrijen 46, 50 bij voorkeur tussen ongeveer 6-12 trappen, waarbij 8 trappen (weergegeven in fig. 4) de voorkeur verdienen. Dienovereenkomstig hebben  $R1/R4$  en  $R2/R4$  bij voorkeur waarden tussen ongeveer 0,35 tot 0,25 en 0,65 tot 0,45. Echter zijn voor acht trappen waarden van  $R1/R4$  en  $R2/R4$  van ongeveer 0,3 tot 0,58 het meest gewenst. Zoals bij de uitvoeringsvorm volgens fig. 1 verdient het de voorkeur dat  $R2$  groter is dan  $R1$  en bij voorkeur twee keer zo groot.

In fig. 5 is een gasturbinemotor 84 volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding weergegeven. De motor 84 omvat een gasgenerator 16 die in hoofdzaak identiek is aan die welke in fig. 1 is weergegeven. De motor 84 omvat ook een LD-turbine 86 die in hoofdzaak identiek is aan de LD-turbine 74, weergegeven in fig. 4. Bij deze uitvoeringsvorm omvat echter de LD-turbine 86 bij voorkeur een extra, achterste schoepenrij 50c voor een totaal van 9 trappen, welke trappen zijn aangebracht voor het aandrijven van tegengesteld roterende waaiers, een voorste waaier 88 resp. een achterste waaier 90, welke roteerbaar zijn gemonteerd aan het vooreinde van de motor 84. Radiaal buiten de waaiers 88, 90 is een ringvormige waaierbuis 92 op geschikte wijze bevestigd aan de motor 84 door schoren 94.

In tegenstelling met de LD-turbine 74 volgens fig. 4 steekt het achtereinde 96 van de eerste rotor 38 radiaal naar binnen van het

naafonderdeel 34 en is vast bevestigd aan een derde ringvormige aandrijf-  
as 98, die verloopt naar het vooreinde van de motor 84 en op geschikte  
wijze is bevestigd aan de achterste waaier 90. De achterste schoepenrij  
50c steekt radiaal naar binnen van de tweede rotor 48. Radiale binneneinden  
5 100 van de achterste schoepenrij 50c zijn vast bevestigd aan een vierde  
aandrijfas 102, die verloopt naar het vooreinde van de motor 84 en vast  
is bevestigd aan de voorste waaier 88. De motor 84 omvat dus vier coaxiaal  
gemonteerde aandrijffassen 28, 30, 98 en 102, waarbij de LD-turbine 86  
de voorste en achterste waaier 88 en 90 in tegengestelde richtingen  
10 kan aandrijven. De verkregen motor 84 kan zeer hoge omloopverhoudingen  
hebben, groter dan ongeveer 6:1.

In fig. 6 is een gasturbinemotor 104 weergegeven volgens een  
andere uitvoeringsvorm van de uitvinding. Bij deze uitvoeringsvorm  
die in hoofdzaak identiek is aan de uitvoeringsvorm volgens fig. 5, is  
15 de achterste waaier 90 vast verbonden met de opjaagcompressor 18, welke  
beide worden aangedreven door een gemeenschappelijke aandrijfas, waarbij  
de derde aandrijfas 98 vast is verbonden met de eerste rotor 38 van de  
LD-turbine 86 en met de schijfrotor van de middeldrukturbine 26.

In fig. 7 is een gasturbine 106 weergegeven volgens een andere  
20 uitvoeringsvorm van de uitvinding. Deze uitvoeringsvorm omvat een LD-tur-  
bine 108 die in hoofdzaak identiek is aan de LD-turbine 36 volgens fig. 1  
die 14 trappen heeft. De LD-turbine 108 is echter soortgelijk aangebracht  
als de LD-turbine 86 volgens fig. 5, met de extra schoepenrij 50c voor  
een totaal van 15 trappen en voorzien van de derde en vierde aandrijf-  
25 assen 98 en 102. De aandrijffassen 98 en 102 kunnen tegengesteld roterende  
voorste en achterste propellers 110 resp. 112 aandrijven met variabele  
snelheid, welke roteerbaar zijn gemonteerd aan het vooreinde van de motor  
106.

Bij deze uitvoeringsvorm zijn één of een aantal gasgenerators  
30 114 aangebracht voor het drijven van de LD-turbine 108. De gasgenerator  
114 is in hoofdzaak identiek aan de gasgenerator 16 volgens fig. 1 en  
heeft een langshartlijn 116. Echter in tegenstelling met de gasgenerator  
volgens fig. 1 is de generator 114 zodanig gemonteerd dat de langshartlijn  
116 daarvan evenwijdig verloopt aan en op afstand van de langshartlijn  
35 12 van de motor 106. Een geschikt ringvormig kanaal 118 verbindt de  
gasgenerator 114 met de LD-turbine 108 voor de toevoer van verbrandings-  
gassen daaraan. Bij deze uitvoeringsvorm kunnen een of meer generatoren  
114 worden gemonteerd rondom en evenwijdig aan de langshartlijn 12 van  
de motor 106 voor het voeren van verbrandingsgassen naar de LD-turbine  
40 108 voor het drijven van de tegengesteld roterende propellers 110, 112.

Hoewel hier uitvoeringsvormen van de uitvinding zijn beschreven, die worden beschouwd als voorkeursuitvoeringsvormen, kunnen deskundigen uit het hierbovenstaande nog andere uitvoeringsvormen bedenken.

Bijvoorbeeld kan de gasgenerator 16 van fig. 1 ook zonder een opjaagcompressor 18 en de middeldrukturbine 26 worden gebruikt voor het doen ontstaan van verbrandingsgassen. Verder kunnen, daar de tegengesteld roterende lagedrukturbine 36 een vrij groot uitgaand vermogen en koppel kan verschaffen bij lage snelheden, gasturbinemotoren met deze lagedrukturbines worden gebruikt voor de aandrijving van bijvoorbeeld schepen, generatoren en grote pompen, welke kunnen worden ontworpen met tegengesteld roterende ingaande assen, die op geschikte wijze zijn bevestigd aan de eerste en tweede rotors 38, 40 van de LD-turbine 36.

Verder kan de uitvinding worden toegepast voor andere motor-grootten dan de beschreven motor van 15.000 as pk. Bijvoorbeeld kan bij een kleinere motor van 1500 as pk voor aandrijving van kortere propellers 54 en 56 de HD-turbine 24 worden ontworpen voor een toerental van ongeveer 30.000 rpm. De eerste rotor 38 en de tweede rotor 48 van de LD-turbine 36 volgens fig. 1 worden dan dienovereenkomstig ontworpen voor werking bij een snelheidsvertraging van ongeveer 10:1, d.w.z. bij ongeveer 3000 rpm. De propellers 54, 56 hebben kleinere puntstralen R4, hoewel zij werken bij ongeveer 3000 rpm en daardoor kunnen de schroeflijnsnelheden van de punt van de pladen beneden supersonische snelheid worden gehouden.

25

-----

30

C O N C L U S I E S

1. Gasturbinemotor voorzien van een gasgenerator voor het vormen van verbrandingsgassen, gekenmerkt door een aandrijfturbine, omvattend een eerste rotor met een aantal eerste turbineschoepenrijen, die radiaal van de rotor naar buiten steken en een tweede rotor met een aantal tweede turbineschoepenrijen, die radiaal naar binnen van de rotor uitsteken, welke aandrijfturbine is ingericht voor het opnemen van de verbrandingsgassen en het daaraan onttrekken van al het uitgaande vermogen, voor het drijven van de eerste en tweede rotor in tegengestelde richtingen.

2. Gasturbinemotor volgens conclusie 1, gekenmerkt door een ringvormig huis, dat in de omtreksrichting om de gasgenerator heen is aangebracht en door een ringvormig steunorgaan dat radiaal naar binnen steekt en in de richting naar achteren van een achtereinde van het huis, waarbij de eerste en tweede rotor van de aandrijfturbine roteerbaar zijn gesteund aan radiaal binnen gelegen einden door het steunorgaan.

3. Gasturbinemotor met een langshartlijn, gekenmerkt door een ringvormig huis dat coaxiaal om de hartlijn is aangebracht, door een ringvormig steunorgaan dat radiaal naar binnen en in de achterwaartse richting uitsteekt van een achtereinde van het huis, door een gasgenerator, aangebracht in het huis en voorzien van een compressor, een verbrandingseenheid en een hogedrukturbine in serie geschakeld, waarbij de hogedrukturbine is ingericht voor het eerst opnemen van verbrandingsgassen uit de verbrandingseenheid voor het drijven van de compressor d.m.v. een vast daarmee verbonden aandrijftras, welke gasgenerator is ingericht voor het uitlaten van de verbrandingsgassen daaruit ongeveer op een gemiddelde uitlaatstraal ten opzichte van de langshartlijn en in de richting naar achteren; en door een aandrijfturbine, coaxiaal om de langshartlijn geplaatst en voorzien van een eerste trommelrotor, roteerbaar verbonden met het steunorgaan, van een aantal eerste turbineschoepenrijen, die radiaal naar buiten steken van de eerste rotor en op axiale afstand daarop zijn aangebracht, van een tweede trommelrotor, roteerbaar bevestigd aan het steunorgaan en radiaal buiten de eerste rotor en de eerste turbineschoepenrijen aangebracht, en door een aantal tweede turbineschoepenrijen, die radiaal naar binnen steken van de tweede rotor en om de andere zijn geplaatst op afstand van bijbehorende schoepenrijen van de eerste turbineschoepenrijen, welke aandrijfturbine is ingericht voor

het opvangen van de verbrandingsgassen uit de gasgenerator en het expanderen van deze gassen door de eerste en tweede schoepenrijen volgens een gemiddelde stroombaanstraal, voor het onttrekken van vrijwel al het uitgaande vermogen daaraan, voor het drijven van de eerste en de  
5 tweede rotor in tegengestelde richtingen, met lagere snelheden dan die van de aandrijfjas.

4. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de gemiddelde stroombaanstraal van de aandrijfturbine groter is dan de gemiddelde uitlaatstraal van de gasgenerator.

10 5. Gasturbinemotor volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de gemiddelde stroombaanstraal ongeveer twee maal zo groot is als de gemiddelde uitlaatstraal.

6. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het steunorgaan bestaat uit een aantal in de omtreksrichting op afstand  
15 aangebrachte schoorelementen, die radiaal naar binnen steken van het achtereinde van het huis, en uit een ringvormig naafonderdeel dat vast is bevestigd aan radiaal binnen gelegen einden van de schoorelementen en in achterwaartse richting verloopt, welke schoorelementen het naafonderdeel kunnen steunen en verbrandingsgassen uit de gasgenerator voeren naar  
20 de aandrijfturbine, welk naafonderdeel de eerste en tweede rotors van de aandrijfturbine kan steunen.

7. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de tweede trommelrotor roteerbaar is gemonteerd op het steunorgaan aan radiaal binnen gelegen einden van een voorste schoepenrij van de tweede  
25 schoepenrijen, en op radiaal binnen gelegen einden van een achterste schoepenrij van de tweede schoepenrijen, welke achterste schoepenrij roteerbaar is aangebracht op de eerste trommelrotor, gemonteerd aan het steunorgaan.

8. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat  
30 de gasgenerator coaxiaal ten opzichte van de langshartlijn en van de aandrijfturbine is aangebracht.

9. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de gasgenerator een langshartlijn heeft, die evenwijdig ligt aan en op een afstand van de langshartlijn van de gasturbinemotor.

35 10. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de eerste en de tweede rotor zijn ingericht voor het drijven van eerste en tweede tegengesteld roterende draagvlakprofiëlelementen.

11. Gasturbinemotor volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de draagvlakprofiëlelementen propellers zijn.

40 12. Gasturbinemotor volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat

de draagvlakprofiëlelementen waaiers zijn.

13. Gasturbinemotor volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de draagvlakprofiëlelementen zijn aangebracht aan het vooreinde van de gasturbinemotor, vóór de gasgenerator daarvan.

5 14. Gasturbinemotor volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de draagvlakprofiëlelementen zijn aangebracht aan het achtereinde van de gasturbinemotor, nabij de aandrijfturbine.

15. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de eerste en tweede rotor van de aandrijfturbine zijn ingericht voor  
10 het drijven van eerste en tweede tegengesteld roterende propellers en het totale aantal van de eerste en tweede turbineschoepenrijen kleiner is dan ongeveer 18 en groter dan ongeveer 10 rijen.

16. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de eerste en tweede rotor van de aandrijfturbine zijn ingericht voor het  
15 drijven van eerste en tweede tegengesteld roterende propellers die een straal van de punt van de schoep en een straal van de naaf hebben, waarbij de gemiddelde uitlaatstraal van de gasgenerator, de gemiddelde stroombaanstraal van de aandrijfturbine en de naafstraal van de propellers een grootte hebben ten opzichte van de straal aan de punt van de propellers,  
20 van tussen ongeveer 0,2 tot 0,16, resp. 0,4 tot 0,3, resp. 0,5 tot 0,4, overeenkomend met een totaal aantal van de eerste en tweede turbineschoepenrijen groter dan ongeveer 10 en kleiner dan ongeveer 18 rijen.

17. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de eerste en tweede rotor van de aandrijfturbine zijn ingericht voor  
25 het drijven van eerste en tweede tegengesteld roterende waaiers en het totale aantal van de eerste en tweede turbineschoepenrijen kleiner is dan ongeveer 12 en groter dan ongeveer 6 rijen.

18. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de eerste en tweede rotor van de aandrijfturbine zijn ingericht voor  
30 het drijven van eerste en tweede tegengesteld roterende waaiers, welke waaiers een straal van de punt hebben, waarbij de gemiddelde uitlaatstraal van de gasgenerator en de gemiddelde stroombaanstraal van de aandrijfturbine grootten hebben ten opzichte van de straal van de punt van de waaiers gelegen tussen ongeveer 0,35 en 0,25 resp. 0,65 en 0,45, overeenkomende  
35 met een totaal aantal van de eerste en tweede turbineschoepenrijen groter dan ongeveer 6 en kleiner dan ongeveer 12 rijen.

19. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, gekenmerkt door een aantal voorste draagvlakprofiëlelementen, bevestigd aan en radiaal naar  
buiten stekend van een voorste deel van de tweede rotor, en door een aan-  
40 tal draagvlakprofiëlelementen, bevestigd aan een afdekring, bevestigd



aan radiaal buiten gelegen einden van een achterste schoepenrij van de eerste turbineschoepenrijen, welke ring radiaal daarvan naar buiten steekt, waarbij de aandrijfturbine is ingericht voor het drijven van de voorste en achterste draagvlakprofiëlelementen in tegengestelde richtingen, voor het opwekken van stuwkracht daarmee, waarbij de verbrandingsgassen, opgenomen door de aandrijfturbine, daaruit kunnen worden uitgelaten in een richting naar achteren en radiaal naar binnen ten opzichte van de voorste en achterste propeller.

20. Gasturbinemotor volgens conclusie 19, met het kenmerk, dat de draagvlakprofiëlelementen propellers zijn.

21. Gasturbinemotor volgens conclusie 19, met het kenmerk, dat de draagvlakprofiëlelementen waaiers zijn.

22. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat een achterste schoepenrij van het aantal tweede turbineschoepenrijen een achterste schoepenrij van de aandrijfturbine is en radiaal binnen gelegen einden heeft, bevestigd aan een derde rotor, welke derde rotor radiaal naar binnen ten opzichte van de aandrijf-as is gelegen en is ingericht voor het drijven van een voorste waaier, welke stroomopwaarts van de gasgenerator is aangebracht, terwijl de tweede rotor is ingericht voor het drijven van een achterste waaier, aangebracht tussen de eerste waaier en de gasgenerator.

23. Gasturbinemotor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de gasgenerator verder is voorzien van een opjaagcompressor, aangebracht vóór de compressor, en van een middeldrukturbine, aangebracht stroomafwaarts van de hogedrukturbine, waarbij de middeldrukturbine is ingericht voor het opnemen van de verbrandingsgassen uit de hogedrukturbine en het drijven van de opjaagcompressor voor het verschaffen van druklucht voor de compressor.

24. Gasturbinemotor met een langshartlijn, gekenmerkt door een ringvormig huis, coaxiaal om de hartlijn aangebracht, een ringvormig steunorgaan, dat radiaal naar binnen steekt en in achterwaartse richting van het achtereinde van het huis, een gasgenerator, aangebracht in het huis en voorzien van een compressor, een verbrandingseenheid en een hogedrukturbine, in serie geschakeld, waarbij de hogedrukturbine is ingericht voor het eerst opnemen van verbrandingsgassen uit de verbrandingseenheid voor het drijven van de compressor door middel van een vast daarmee verbonden aandrijf-as, waarbij de gasgenerator is ingericht voor het afvoeren van de verbrandingsgassen daaruit in hoofdzaak op een gemiddelde uitlaatstraal ten opzichte van de langshartlijn en in achterwaartse richting, en door een aandrijfturbine, coaxiaal aangebracht om de langs-

hartlijn en voorzien van een eerste trommelrotor, roteerbaar bevestigd aan het steunorgaan, van een aantal eerste turbineschoepenrijen die radiaal naar buiten steken van de eerste rotor en op axiale afstand daarop zijn aangebracht, waarbij een achterste schoepenrij van het aantal  
5 eerste turbineschoepen een achterste schoepenrij van de aandrijfturbine vormt; van een tweede trommelrotor, roteerbaar bevestigd aan het steunorgaan en radiaal buiten de eerste rotor gelegen en buiten de eerste turbineschoepenrijen; van een aantal tweede turbineschoepenrijen die radiaal naar binnen steken van de tweede rotor en om de andere op afstand  
10 zijn geplaatst van bijbehorende schoepenrijen van het aantal eerste turbineschoepenrijen; van een aantal voorste propellers, bevestigd aan en radiaal naar buiten stekend van het voorste deel van de tweede rotor, en uit een aantal achterste propellers, bevestigd aan een afdekring, op zijn beurt bevestigd aan de radiale buiteneinden van de achterste schoepenrij  
15 en daarvan radiaal naar buiten stekend, waarbij de aandrijfturbine coaxiaal om een langshartlijn van de gasturbinemotor is geplaatst en is ingericht voor het opnemen van de verbrandingsgassen uit de gasgenerator en het expanderen van deze gassen door de eerste en de tweede turbineschoepenrijen volgens een gemiddelde stroombaanstraal, voor het onttrekken  
20 van vrijwel al het uitgaande vermogen daaraan, voor het drijven van de eerste en tweede rotors in tegengestelde rotatierichtingen met snelheden welke lager zijn dan die van de aandrijf-~~fas~~, voor het doen ontstaan van stuwkracht, waarbij de verbrandingsgassen, opgenomen door de aandrijfturbine, daaruit kunnen worden uitgelaten in achterwaartse richting en  
25 radiaal naar binnen ten opzichte van de voorste en achterste propellers.

-----



