



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8920677**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Schroefvoortstuwingsstelsel.**
- ⑤1 Int.Cl⁵: B63H 1/28, B63H 21/26.
- ⑦1 Aanvrager: The United States of America as represented by the Secretary, U.S. Department of Commerce te Springfield, Virginië, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. Th.A.H.J. Smulders c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8920677.
- ⑧6 Aanvraagnummer oorspronkelijke internationale aanvraag: PCT/US89/00708.
- ②2 Ingediend 22 februari 1989.
- ③2 Voorrang vanaf 3 maart 1988.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 163578.
- ⑥2 - -

-
- ④3 Ter inzage gelegd 3 december 1990.
- ⑧7 Publicatiedatum oorspronkelijke internationale aanvraag: 21 september 1989.
- ⑧7 Publicatienummer oorspronkelijke internationale aanvraag: WO89/08580.

Deze octrooiaanvraag werd ingediend als internationale octrooiaanvraag onder de bepalingen van het Verdrag tot samenwerking inzake octrooien (PCT). De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van een Nederlandse vertaling van de oorspronkelijk in een andere taal ingediende beschrijving met conclusie(s) en tekening(en). De Nederlandse octrooiaanvraag wordt geacht te zijn ingediend op de indieningsdatum van de internationale octrooiaanvraag.

Titel: Schroefvoortstuwingsstelsel.

- Men heeft onderkend, dat verbeteringen in rendement kunnen worden verkregen door de stroom water naar een schroef op de juiste wijze te richten. Bij eerdere stelsels zijn vaan-(stator)-schroefcombinaties aanwezig, waarbij
- 5 de vanen zich òf voor de schroef (voorwervel) òf achter de schroef (nawervel) bevonden. Deze stelsels hebben een of meer van de volgende punten gemeen:
1. De vanen zijn as-symmetrisch gemonteerd en zijn ontworpen voor het geval, dat de stroom loodrecht op
 - 10 de schroefschijf staat.
 2. De vanen zijn zodanig ontworpen, dat deze in de visceuze grenslaag van het schip werkzaam zijn; in dit opzicht werken de vanen slechts als een stroominrichting.
 3. Bij elk van de bovengenoemde vanen wordt een
 - 15 speciaal ontworpen schroef (niet een gemodificeerde, in handel zijnde schroef) toegepast. Recentelijk is evenwel onderkend, dat in sommige gevallen de stroomrichtorganen niet symmetrisch dienen te zijn aangezien stroom naar de schroef niet symmetrisch is. Zie bijvoorbeeld
 - 20 de Japanse octrooiaanvraag nr. 56-162006 (welke een vaartuig met een enkele schroef toont, welk voertuig is voorzien van een stel stroomrichtvanen aan slechts een zijde van de achterstevan daarvan, welk stel vanen dient om een kielwater te verschaffen, dat stroomt in
 - 25 een richting tegengesteld aan de draairichting van de schroef. De schroefas van het schip is horizontaal; de stroomvervorming, waarvan het de bedoeling is, dat de vanen deze overwinnen, wordt veroorzaakt door de dichtbij de romp aanwezige grenslaag.
 - 30 De Japanse octrooiaanvraag nr. 58-77998 toont een vaartuig met twee schroeven, die op stijlen zijn gemonteerd, een aan elke zijde van de achterstevan. In deze aanvraag hebben de stijlen, welke asymmetrisch om de schroefschijf zijn opgesteld, een zodanige contour,

dat naar de schroef een waterstroom optreedt, welke een rotatiecomponent heeft, die tegengesteld is aan de rotatie van de schroef. In deze aanvraag echter zijn de schroefassen eveneens horizontaal en wordt stroomver-
5 vorming veroorzaakt door de vorm van de achtersteven van het vaartuig.

Hetgeen men niet heeft onderkend, is dat de stroom naar een schroef, welke op een hellende as is gemonteerd, schuin verloopt en een variatie van eenmaal per omwenteling
10 in de schroefbladdoorsnede invalshoek veroorzaakt. Tevens heeft men niet onderkend, dat de schroef bij een buitenboordmotor tevens helt ten opzichte van de waterstroom wanneer het vaartuig zich beweegt.

Derhalve beoogt de uitvinding te voorzien in
15 middelen om het rendement van een op een hellende as gemonteerde schroef te verhogen.

Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijk hoger rendement bij een vaartuig met òf een enkele schroef òf een aantal schroeven.

20 Een verder oogmerk van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijk hoger rendement onafhankelijk van de configuratie van de bodem van het vaartuig.

Een ander oogmerk van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijk hoger rendement zonder dat aan
25 het voortstuwingsstelsel beweegbare onderdelen worden toegevoegd.

Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijk hoger rendement bij een buitenboordmotor.

Een ander doel van de uitvinding is het verschaffen
30 van middelen om de schroefbelasting te vergroten en cavitatieproblemen tot een minimum terug te brengen.

Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een dergelijk hoger rendement bij een vliegtuigschroef.

De uitvinding beoogt voorts te voorzien in een
35 schroefbeveiliging voor een vaartuig, welke niet leidt tot een nettoverlies aan voortstuwingsrendement voor het

vaartuig.

- Daartoe voorziet de uitvinding in een stel asymmetrische voorwerfelvanen en een aangepaste schroef, waarbij de vanen asymmetrisch om de schroefschijf zijn
- 5 opgesteld. De meeste vanen bevinden zich aan de zijde van de schijf, waar de schroef zich bevindt bij het opwaartse deel van zijn rotatie. Het hogere voortstuwingsrendement is een gevolg van de onderstaande punten:
- 1) Gereduceerde axiale en rotatie kinetische energie-
 - 10 verliezen in de slipstroom van de voortstuwingsinrichting;
 - 2) Gereduceerde visceuze wrijvingsverliezen bij schroefbladen;
 - 3) Een meer optimale belasting van de schroef;
 - 4) Reduktie van het aantal omwentelingen per minuut
 - 15 van de motor, waardoor een scheepsdieselmotor in meer doeltreffend gebied van zijn brandstofdiagram bij een bepaalde snelheid van het vaartuig kan werken;
 - 5) Een reductie of eliminatie van de vaartuigweerstand, welke is geassocieerd met klachten, die een gevolg
 - 20 zijn van het feit, dat een schroef op een hellend as is gemonteerd. Het stelsel met de asymmetrische voorwerfelvanen en de aangepaste schroef volgens de uitvinding voorziet in de volgende punten, hetzij alleen, hetzij in combinatie:
- 25 1) een verhoogd voortstuwingsrendement;
 - 2) een reductie van de door de voortstuwingsinrichting geïnduceerde trillingen van de romp of de machine;
 - 3) een verbeterde richtstabiliteit bij vaartuigen met een enkele schroef;
 - 30 4) een tegenwerking van het koppel bij een vaartuig met een enkele schroef;
 - 5) een reductie van de schroefcavitatie en de bechadiging daardoor;
 - 6) een reductie van de schroefdiameter zonder dat
 - 35 iets aan het oorspronkelijke rendement wordt opgeofferd;
 - 7) een beveiliging tegen letsel door de schroef

9020677

voor personen in het water zonder een nettoverlies
aan voortstuwingsrendement ten gevolge van de weerstand
van de beveiligingsinrichting.

Ofschoon de vanen en de gewijzigde schroef volgens
5 de uitvinding werden ontworpen als een eenheid, bleek
verrassenderwijs, dat zij onafhankelijk van elkaar
konden werken. D.w.z., dat de vanen kunnen werken in
combinatie met een niet-gemodificeerde bekende in de
handel verkrijgbare van een plat oppervlak voorziene,
10 schroef met optimale constante spoed teneinde over
het gehele snelheidsgebied van het vaartuig een hoger
rendement te verkrijgen. Voorts kan een dergelijke schroef,
wanneer deze volgens de uitvinding wordt gemodificeerd,
leiden tot een rendementsverhoging wanneer deze schroef
15 zonder de vanen volgens de uitvinding werkt.

De uitvinding zal onderstaand nader worden toege-
licht onder verwijzing naar de tekening. Daarbij toont:

fig. 1 de reductie in het aantal omwentelingen
p/min. van de schroef bij een bepaalde snelheid nadat
20 het vaan- schroefstelsel volgens de uitvinding is geïnstal-
leerd;

fig. 2 de wijze waarop een verandering in omwentelin-
gen p/min. van de motor leidt tot reducties in het
brandstofverbruik bij een dieselmotorbrandstofdiagram;

25 fig. 3 de krachten, welke loodrecht op de schroef
werkzaam zijn;

fig. 4 een zijaanzicht van het vaartuig van
12 meter, dat bij het ontwikkelen van de uitvinding
werd toegepast en waarbij de schroef op de hellende
30 as daarvan is aangegeven;

fig. 5 de instroomsnelheden, beschouwd door
de schroefschijf;

fig. 6 de variatie in de bladdoorsnede invalshoek
wanneer de schroef een volledige omwenteling uitvoert;

35 fig. 7 de krachten, welke zich voordoen bij
asymmetrische vanen op een hellende as;

9020677

fig. 8 de wijze waarop het vaan- schroefstelsel volgens de uitvinding variaties in de bladvoorijlingshoek β reduceert of elimineert;

fig. 9 een zijaanzicht van een vaan als ontworpen voor het vaartuig van 12 meter;

fig. 10 de maximale welving van de vanen;

fig. 11 een eindaanzicht van de vanen;

fig. 12 een onderaanzicht van het vaartuig, beschouwd naar de achtersteven;

fig. 13 de toepassing van de principes van de uitvinding op een vliegtuigschroef; en

fig. 14 de coördinaten voor het trimvlak.

Fig. 4 toont een vaartuig 10 waarvoor de asymmetrische vanen en de aangepaste schroef werden ontwikkeld. Het vaartuig 10 is een normaal kustwacht patrouillevaartuig met een totale lengte van 12 meter en twee schroeven. Zoals blijkt is de schroef 12 gemonteerd op een hellende as 14, welke een hoek van ongeveer 14° maakt met de bodem van het vaartuig (of de lange lijnen) van het vaartuig. In verband met de hoek van de as 14 ten opzichte van de bodem van het vaartuig 10 maakt de schroef 12 een overeenkomstige hoek van 14° met het binnenstromende water aangezien de waterstroom bij benadering evenwijdig is aan de bodem van het vaartuig.

Fig. 5 toont een zijaanzicht van de waarden en richtingen van waterstroomcomponenten in vectorvorm "beschouwd" door een schroef, welke niet is voorzien van de vanen volgens de uitvinding. De snelheidsvector V1 stelt de werkelijke waterstroom evenwijdig aan de bodem van het vaartuig voor. Snelheidsvector V2 stelt de component van de waterstroom evenwijdig aan de schroefas 14 voor. Aangezien een bepaald watermolecuul, dat in het punt 18 begint het punt 20 in dezelfde tijd dient te bereiken onafhankelijk of het molecuul de baan V1 of V2 volgt, betekent dit, dat er een snelheidscomponent aanwezig moet zijn, zoals deze is weergegeven door

9020677

de snelheidsvector V_3 , voor het water, dat evenwijdig aan de as 14 stroomt. Fig. 5a toont de wijze waarop de schroef 12 de snelheidsvector V_3 "ziet"; d.w.z., dat het water, dat de schroef 12 nadert, schijnbaar een uniforme opwaartse snelheid heeft, die gelijk is aan de waarde van de snelheidsvector V_3 . Opgemerkt wordt, dat het water, dat de schroef 12 nadert, niet wordt verstoord door de achtersteven van het vaartuig of eventueel de uitsteeksels van de onderzijde van het vaartuig. Bij dit voorbeeld wordt aangenomen, dat de schroef in rechtse zin roteert; derhalve is voor de eerste helft van de rotatie van de schroef (van 0 graden tot 180 graden in fig. 5a) deze snelheid tegen- gesteld aan de rotatie van de schroef, terwijl deze in de richting van de rotatie van de schroef verloopt bij de tweede helft van de rotatie van de schroef. Een schroef levert minder stuwkracht aan de zijde, waar deze zich in dezelfde richting als de waterstroom, welke zich daarnaar beweegt, beweegt (d.w.z. de tweede helft van de rotatie van de schroef in fig. 5a) dan aan de zijde, waarin de schroef zich beweegt in een richting, tegengesteld aan de waterstroom naar de schroef (d.w.z. de eerste helft van de rotatie van de schroef in fig. 5a). Dit omdat de snelheidsvector V_3 in fig. 5 veroorzaakt, dat de bladdoorsnede-invalshoek periodiek verandert wanneer het blad een omwenteling uitvoert, als aangegeven in fig. 6. In deze figuur is een enkele bladdoorsnede aangegeven bij de posities van 0, 90, 180 en 270 graden in de schroefschijf. De snelheidsvector V_2 is dezelfde als in fig. 5. De tangentiale snelheid V_t van een bladdoorsnede bij een straal r en bewegende met n omwentelingen per seconde is $V_t = 2\pi rn$. Zoals blijkt wordt de snelheid V_3 bij respectievelijk 90 graden en 270 graden opgeteld bij en afgetrokken van V_t . Dit veroorzaakt, dat de bladvoorijlingshoek, β , verandert, hetgeen leidt tot variaties in de doorsnede-invalshoek,

9020677

uit wrijving- en wervelstroomverliezen. De geïnduceerde weerstand is een gevolg van het naijlende wervelstelsel van de vanen. Tenslotte leidt de asymmetrie van de vanen tot een kracht, welke onder een hoek ten opzichte van de as werkzaam is en loodrecht staat op het instromende water, en welke een krachtscomponent bezit, die naar achteren is gericht. Wanneer de drie weerstandscomponenten alle evenwijdig aan de richting van de beweging van het vaartuig worden ontbonden, verkrijgt men een netto-
10 weerstand, D_v .

Het rotatiesnelheidsveld, $V(\theta)_{\text{wervel}}$, bij de schroefschijf, veroorzaakt door de vanen, is aangegeven in fig. 8. De rotatie- of wervelsnelheden, geïnduceerd door de vanen, hebben cyclische variaties in de voorijlings-
15 hoek, β , gereduceerd of geëlimineerd en hebben derhalve de kracht loodrecht op de as en de weerstandscomponent D_p daarvan tot een minimum teruggebracht of geëlimineerd. De afname in de loodrechte kracht, opgewekt door de schroef, wordt, hetzij geheel hetzij gedeeltelijk teniet gedaan door
20 de toename in de component van de vaankracht, welke loodrecht op de schroefas staat.

De reductie of eliminatie van variaties in de voorijlingshoek reduceert ook de waarschijnlijkheid van cavitatie. Bovendien hebben de vanen de neiging om de belasting
25 bij het zwaarder belaste gedeelte van de schroefschijf te verminderen, zoals later zal worden besproken. Hierdoor wordt tevens de mate of kans op cavitatie aan de achterzijde van de bladen gereduceerd.

Voor een bepaalde snelheid van het vaartuig treedt
30 een reductie in het aantal omwentelingen $p/\text{min.}$ van de schroef op vergeleken met hetzelfde vaartuig zonder de vaan- schroefcombinatie, fig. 1. Aangezien wrijvingsenergieverliezen bij de schroefbladen (ten gevolge van de viscositeit van het water) evenredig zijn met het kwadraat van
35 het aantal omwentelingen $p/\text{min.}$ van de schroef zal een significante toename van het schroefrendement optreden.

9020677

Bovendien leidt voor een typerende dieselmotor een reductie in het aantal omwentelingen p/min. bij een bepaalde snelheid van het vaartuig tot een reductie van de maat van brandstofverbruik van de motor. Fig. 2 toont dit verschijnsel,

5 dat optrad bij het testvaartuig. De besparing aan brandstof ten gevolge van dit effect bedroeg bij benadering 2% van de totale brandstofbesparing. Dit naast de besparing, welke wordt gerealiseerd door een reductie in asvermogen, dat voor een bepaalde snelheid nodig is.

10 Voor vaartuigen met een enkele schroef en hellende assen doch zonder vanen werkt een kracht, welke onveranderlijke en veranderlijke componenten omvat, zie de figuren 3a en 3b, loodrecht op de as. De horizontale component van de onveranderlijke kracht doet het vaartuig afbuigen.

15 Deze afbuiging dient te worden tegengegaan onder gebruik van het roer en er treedt een energieverlies op ten gevolge van de toename in wrijving, welke door de roerafbuiging wordt veroorzaakt. Wanneer op de juiste wijze aangepaste vanen worden toegevoegd, wordt de zijdelingse kracht van
20 de schroef teniet gedaan door de zijdelingse kracht van de vanen, aangegeven in fig. 7b. De zijdelingse kracht van de vanen doet ook het koppel van de schroef bij een vaartuig met een enkele schroef gedeeltelijk of volledig teniet.

25 Ten gevolge van de helling van de schroefas wordt een zijde van de schroefschijf (zonder dat vanen aanwezig zijn), de zijde, waar de schroef zich bij het opwaartse gedeelte van zijn rotatie bevindt, licht belast, terwijl de andere zijde zwaar wordt belast. Als een enkele voort-
30 stuwingsseenheid kan de asymmetrische voorwervelvaan-schroefcombinatie voor een meer uniforme belasting van de schroefschijf worden ontworpen. Dit leidt tot een verdere reductie van de axiaal kinetische energieverliezen in de slipstroom van de voortstuwingsinrichting. Door
35 de belasting aan de sterk belaste zijde van de schroefschijf te reduceren, wordt de cavitatie aan de achterzijde van

9020677

de bladen gereduceerd of geëlimineerd. Voorts kan aan de licht belaste zijde van de schroefschijf een cavitatie aan het voorvlak optreden. Door deze zijde van de schijf met de vanen te belasten, zal de cavitatie aan de voorzijde van de bladen worden geëlimineerd.

Ten gevolge van de ongelijkmatige belasting bij de bekende schroefschijven zonder vanen, treden trillingen op, die een gevolg zijn van veranderlijke krachten, die loodrecht op de as (slechts hellende assen) staan en evenwijdig aan de as zijn. Deze trillingen worden via de as naar het reductietandwielmechanisme of de motor en tevens via de aslegers direkt naar de romp overgedragen. Onder gebruik van een op een juiste wijze ontworpen asymmetrische voorwervelvaan en een aangepaste schroef kunnen de door de schroef veroorzaakte veranderlijke krachten tot een minimum worden teruggebracht of worden geëlimineerd. Dit leidt tot gereduceerde trillingen van de romp, een meer rustig vaartuig, een grotere levensduur van de schroefas, en reduceert het onderhoud van de reductietandwielen en de motoren.

Voorwervelvanen werken ook als een beveiliging voor de schroef. Een eventueel verlies in rendement, veroorzaakt door de vanen, wordt teniet gedaan door het hogere rendement van een op een juiste wijze ontworpen voortstuwingsseenheid. De beveiliging kan beletten, dat restanten de schroef treffen wanneer deze in bedrijf is of kan letsel voor mensen beletten, wanneer deze aan boord klimmen of in de nabijheid van een roterende schroef zwemmen.

Een schroef op een hellende as levert een kracht, welke loodrecht op de as staat. De component van deze kracht werkt als een weerstand voor het vaartuig in de richting waarin het vaartuig zich beweegt als aangegeven in fig. 3a. Het gebruik van de asymmetrische voorwervelvaan en de aangepaste schroef brengt deze door de schroef veroorzaakte weerstand tot een minimum terug of elimineert deze.

9020677

Wanneer de asymmetrische combinatie van voorwervel-
vaan en aangepaste schroefkop op de juiste wijze is ontworpen,
kan deze een schroef met kleinere diameter omvatten
vergeleken met de bekende optimale schroefdiameter
5 zonder vanen. Hierdoor is een grotere speling tussen
de romp en de schroef mogelijk en wordt de diepgang
van het vaartuig gereduceerd.

Fig. 9 is een afbeelding, beschouwd vanaf de boven-
zijde van de schroef^{gs}legerstijl. Het trimvlak, dat zoals
10 aangegeven, aan de stijl is bevestigd, werkt op een soort-
gelijke wijze als een trimvlak bij een vliegtuigvleugel.
Dit trimvlak wekt een circulatie om de legerstijl op,
welke leidt tot op de stijl uitgeoefende horizontale kracht.
Derhalve wekken de stijl en het trimvlak tangentialen snel-
15 heden of een wervel op, die tegengesteld is aan de rotatie
van de schroef, en worden zij als een integraal deel van
het ontwerp van de voortstuwingsinrichting beschouwd.

Fig. 9 toont, dat elke vaan de vorm heeft van een haaievin;
dit om vuil van de vanen en de schroeven af te schudden
20 aangezien vuil een gemeenschappelijk probleem is in de
wateren waarin deze boten werkzaam zijn. De koordenlengte
van de vanen bij r/R (R is de topstraal van de vaan,
 r de lokale straal) $= 0,25$ bedraagt 25,8 cm en is bij
 $r/R = 0,96$ lineair afgeschuind tot 5,3 cm.
25 De vaanverschuivingen, inclusief de bovenste (aanzuigzijde)
en onderste (drukzijde) van diktekoördinaten, de spoedver-
deling en de koordenlengten bij vier niet-dimensionale
stralen, worden in Tabel I voor de vanen 1 en 2 (zie fig. 5a)
en in Tabel II voor de vanen 3 en 4 gegeven. Deze verschui-
30 vingen gelden voor de vanen van de bakboordschroef; de
vanen voor de stuurboordschroef zijn spiegelbeelden van
deze vanen, aannemende, dat de schroeven in tegengestelde
richtingen roteren. Fig. 14 toont de verschuivingen van
het stijltrimvlak.

35 De welvingverdeling van de vanen is bij benadering
die van een gemiddelde en NACA 65 airfoillijn en de spans-

gewijze verdeling van de maximale welving is aangegeven in fig. 10. Er wordt op gewezen, dat de vanen 1 en 2 een geringe reductie in spoed bij de uiteinden daarvan vertonen, terwijl de vanen 3 en 4 dit niet doen. Deze reductie in spoed ontlast de vaantoppen van deze twee sterkbelaste vanen. De neus-staartlijn van de voetsecties van de vanen 1 en 2 wordt ingesteld op een hoek van 2 graden ten opzichte van de centerlijn en de as en die van de vanen 3 en 4 wordt ingesteld onder een hoek van 5 graden ten opzichte van de centerlijn van de as. De doorsnedeinvalshoek van een vaandoorsnede ten opzichte van de instroming bij een willekeurige straal wordt bij benadering bepaald door de volgende formule:

$$\alpha = \xi - \phi \sin \theta \quad (2)$$

waarbij:

α = doorsnedeinvalshoek

ξ = hoek van de vaanvoetdoorsnede ten opzichte van de centerlijn van de as

ϕ = de hoek van de as ten opzichte van de bodem van het vaartuig of de "lange lijnen"

θ = de hoekpositie van de vaan ten opzichte van de legerstijl; 0 graden bij de stijl en 90 graden bij de positie van 9 uur, beschouwd naar voren vanaf de achterzijde van de schroef.

Wanneer de doorsnedewelving met de doorsnedeinvalshoek gegeven door de vergelijking (2) wordt gebruikt voor het bepalen van de belasting, blijkt, dat elke vaan op een verschillende wijze wordt belast. De vanen 1 en 2 bezitten de grootste belasting met een iets gereduceerde mate bij de vaan 3. De geringste belastingen treden op bij het stijl, trimvlak en bij het blad 4. Dit leidt tot zeer grote, lokale tangentiale snelheden, welke door de vanen bij en stroomafwaarts ten opzichte van de schroef worden geïnduceerd.

9020677

Dit asymmetrische tangentiële snelheidsveld is het veld, dat verantwoordelijk is voor de vermelde verbeteringen in het voortstuwingsrendement. Het rotatiesnelheidsveld of het tangentiële snelheidsveld, geïnduceerd door de schroef in de slipstroom daarvan, wordt gedeeltelijk opgeheven door de tegenrotatie van het fluïdum geïnduceerd door de vanen. Hierdoor verkrijgt men een gedeelte van de genoemde energiebesparing. Een van nature optredende gedeeltelijke opheffing van de wervelsnelheden, welke door de schroef in de slipstroom daarvan worden geïnduceerd, is een gevolg van de superpositie van de vector V_3 (fig. 5) op de zijde van de slipstroom, die niet door de vanen wordt bestreken.

De afstand van de naaf van de vaan tot het uiteinde van de vaan bedraagt 25 cm., hetgeen bij benadering 77 procent is van de straal van de schroef (de straal van de schroef bedraagt 33 cm.). Zoals eerder vermeld zijn de vanen op het aslegerhuis onmiddellijk voor de schroef gemonteerd.

Fig. 11, welke een aanzicht is langs de centerlijn van de schroefas, toont, dat de vanen in linkse zin ten opzichte van een radiale lijn, welke door het midden van de vaanvoet gaat, schuin verlopen. Deze schuine stand was nodig als gevolg van de methode voor het vervaardigen van de vanen. Bij toekomstige ontwerpen kan het zijn, dat deze schuine positie al dan niet afhankelijk is, afhankelijk van de constructiemethoden. Fig. 12 is een afbeelding van de vanen vanaf de onderzijde van het testvaartuig, beschouwd naar de achtersteven, en toont de vaan-schroefcombinatie als waargenomen door de binnenkomende waterstroom. De vanen bevinden zich in hoofdzaak bij dat gedeelte van de schroefschijf, waarbij de bladen zich in het opwaartse gedeelte van hun rotatie bevinden, aangezien dit het gedeelte van de schijf is, waar de bladen ten gevolge van de helling van de schroefas weinig zijn belast.

De schroef, welke initieel werd gebruikt bij het testvaartuig, was een in de handel verkrijgbare, van vlakke

zijden voorziene schroef met optimale konstante spoed, vervaardigd door Columbian Bronze Corp. Aan een identieke schroef, behalve met een geringere oorspronkelijke spoed, werd later langs mechanische weg nieuwe spoed gegeven voor een
5 aanpassing aan het door de vanen opgewekte storingssnelheidsveld. De karakteristieken van deze schroef met nieuwe spoed zijn aangegeven in de Tabel IV en V. Het vermogen om gebruik te maken van een gemodificeerde in de handel verkrijgbare schroef met de vanen is van belang aangezien
10 hierdoor de installatiekosten van het stelsel bestaande uit de asymmetrische voorwervelvanen en de aangepaste schroef aanzienlijk worden gereduceerd. Fysische beperkingen beletten een nauwkeurige aanpassing van de schroef aan de vanen bij het langs mechanische weg herzien van
15 de spoed; waar evenwel een maximale werking of een maximale rendement de primaire overweging is, kan een speciaal ontworpen en vervaardigde schroef worden gebruikt. De initiële kosten zullen evenwel sterk toenemen.

20 Tabel IV

Gemodificeerde-schroefspecificaties

	Diameter	65 cm
	Spoed en koordenlengten	Zie Tabel V
	Naaflengte	15 cm
25	Bladdikte verdeling	Dezelfde als bij de 65x70cm TETRADYNE* reeks schroeven
	Bladhellingshoek- verdeling	Dezelfde als bij de 65x70cm TETRADYNE* reeks schroeven
	Bladhelling	Dezelfde als bij de 65x70cm TETRADYNE* reeks schroeven
30	Aantal schroefbladen	vier
	Asdiameter	5 cm
	Asafschuining	Normale SAE J755-afschuining
	Materiaal	Ni-BRAL, ABS-kwaliteit 4

* Vervaardigd door Columbian Bronze Corp.

9020677

Tabel V

Spoed- en koordenverdelingen van gemodificeerde schroef

	<u>r/R</u>	<u>Spoed (cm)</u>	<u>Koorden (cm)</u>
	0,30	62	15
5	0,40	64	19
	0,5.	65	22
	0,60	66	25
	0,70	68	26
	0,80	71	25
10	0,90	74	20
	0,95	76	14

- Op dit moment zijn er twee methoden voor het ontwerpen van het uit de vanen en de schroef bestaande stelsel. De eerste methode berust op de gewijzigde momenttheorie en de tweede op de heflijn- en hefvlaktheorie. Laatstgenoemde is de voorkeursmethode aangezien lokale snelheden en drukken kunnen worden voorspeld. Om gebruik van deze methode worden de stoorsnelheden van de vanen berekend in en stroomafwaarts ten opzichte van de schroefschijf.
- Op hun beurt worden stoorsnelheden, welke een gevolg zijn van de schroef, ter plaatse van de vanen berekend. Dit proces wordt herhaald tot een convergentie optreedt. De uiteindelijk berekende stoorsnelheden te zamen met de ontwerpeisen beschrijven de vaan- en schroefgeometrie voor.
- Zoals bij alle methoden, welke worden gebruikt voor het ontwerpen van voortstuwingsinrichtingen, zijn model- of volle-schaalproeven nodig. In het algemeen zullen kleine veranderingen in de voortstuwingsinrichtingsgeometrie nodig zijn na de eerste reeks proeven. Derhalve wordt het vaan- en schroefstelsel volgens de uitvinding zodanig ontworpen, dat dit zo dicht mogelijk bij de optimale geometrie ligt als de huidige stand der techniek mogelijk maakt, gevolgd door model- of volle-schaalproeven, en eventueel kleine geometrieveranderingen.

9020677

Verder is gebleken, dat de vanen en de gewijzigde schroef zeer goed onafhankelijk van elkaar werkten. Wanneer de asymmetrische voorwervelvanen voor de originele schroef ("Tetradyne"-schroef met een diameter van 65 cm en een optimale konstante spoed van 70 cm) op het testvaartuig werden opgesteld, werden reducties in het asvermogen tot 6 procent geregistreerd. Wat van meer belang is, is dat reducties in het brandstofverbruik tot 15 procent werden geregistreerd bij snelheden van 10 knopen; wanneer de snelheid toenam tot 23 knopen verdwenen de brandstofbesparingen echter. Er werden ook andere voordelen, overeenkomende met die, welke een gevolg zijn van het gebruik van de vanen en de aangepaste schroef, verwezenlijkt doch in een aanzienlijk mindere mate. De sterke reductie in brandstofverbruik bij lagere snelheden onder gebruik van de oorspronkelijke schroef en een toegevoegd stel van symmetrische vanen, kon van groot belang zijn bij vaartuigen, welke gedurende lange perioden met lage snelheden worden bedreven, zoals werkvaartuigen en treilers.

De gemodificeerde schroef, welke met de vanen werd gebruikt, voldeed bijzonder goed zonder de vanen op de hellende as. Het gebruik van deze schroef alleen leidde tot aanzienlijke reducties in het asvermogen en het brandstofverbruik over het snelheidsgebied van het vaartuig. Gemeend wordt, dat de belasting van de bladeinden met grote spoed en de ontlasting van de voetsecties verantwoordelijk zijn voor de betere bedrijfsresultaten. De huidige stand van techniek op het gebied van het ontwerpen van schroeven, waarbij wordt aangenomen, dat geen visceus kielwater aanwezig is, schrijft voor, dat bij deze toepassing voor een maximaal rendement een schroef met konstante spoed moet worden gebruikt. Na een overzicht van de testgegevens voor deze schroef alleen wordt gemeend, dat twee verschijnselen optraden:

- 1) onregelmatige krachten, welke zijn gerelateerd aan de variatie van eenmaal per omwenteling in de blad-

doorsnedeinvalshoek, welke het grootst is bij de binnenstralen van de schroef, worden gereduceerd, wanneer de spoed - derhalve de belasting - bij de binnenstralen wordt gereduceerd, waardoor een reductie optreedt in de energieverliezen, die aan deze veranderlijke krachten zijn gereduceerd.

2) Bij de buitenste schroefstralen wordt de variatie van eenmaal per omwenteling in bladdoorsnedeinvalshoek minimaal; derhalve veroorzaakt de belasting van de bladeinden, dat een stuwdruk op een meer uniforme wijze wordt geleverd over de ring, die door het buitenste gedeelte van de einden wordt bestreken, en dit maakt op zijn beurt de axiale en rotatie kinetische energieverliezen in de slipstroom van de schroef minimaal.

De werking van de gewijzigde schroef op een hellende as kan niet worden voorspeld met de huidige analytische of empirische middelen. Gemeend wordt echter, dat indien men een schroef met platte vlakken en een konstante spoed voor een optimale werking kiest, gebaseerd op een niet-hellende as analyse, de werking van deze schroef kan worden verbeterd onder gebruik van de volgende richtlijnen:

- 1) kies een bladvoetspoed, welke 10 procent kleiner is dan de optimale konstante spoed van de schroef.
- 2) kies een bladeind - ($r/R = 0,95$) - spoed, welke 10 procent groter is dan de konstante spoed van de schroef.
- 3) kies een bladdoorsnedespoed bij $r/R = 0,7$ gelijk aan de spoed van de optimale konstante spoed van de schroef.

Wanneer in een grafische voorstelling van r/R versus de spoed door deze drie punten een curve wordt getrokken, verkrijgt men een niet-lineaire spoedverdeling. De resulterende gemodificeerde schroef zal in alle geometrie details behalve wat betreft de niet-lineaire spoedverdeling identiek zijn aan de schroef met optimale konstante spoed.

In het geval van het testvaartuig bleek door Columbian bronze Corp. geleverde "Tetradyne"-schroef met een diameter van 65 cm en een konstante spoed van 70 cm

9020677

optimaal te zijn om gebruik van empirische standaard-
diagrammen. Er werd een tweede "Tetradyne"-schroef met
een diameter van 65 cm verkregen, die een konstante
snelheid van 63 cm had. Van deze tweede schroef werd daarna
5 langs mechanische weg de snelheid vergroot tot 70 cm bij
 $r/R = 0,7$ en tot 78 cm bij $r/R = 0,95$. Dit is de schroef,
welke was aangepast aan de asymmetrische voorwervelvanen
en welke eveneens bijzonder goed werkte zonder dat zich
daarvoor vanen bevonden.

10 Aangezien lucht en water beide fluïda zijn en de
uitvinding een toepassing van de fluïdum mechanica is,
is het duidelijk, dat de principes van de uitvinding kunnen
worden toegepast op een vliegtuigschroef teneinde het
bedrijfsrendement daarvan te verbeteren wanneer de schroef
15 niet absoluut vertikaal is. Zo kon bijvoorbeeld een schroef
met een configuratie van het druktype waarschijnlijk voor
de werking daarvan voordeel trekken van de toepassing
van de principes van de uitvinding. Zoals aangegeven in
fig. 13, zouden vanen 40 volgens de uitvinding op de buiten-
20 zijde van het motorhuis 42 worden gemonteerd aan de zijde,
waar de schroef 44 zich in het opwaartse gedeelte van
zijn rotatie bevindt, waardoor aan de schroef 44 een posi-
tieve invalshoek aan die zijde van de schroefschijf wordt
gegeven. Evenals bij een vaartuig, zullen de afmetingen
25 en de hoekoriëntatie van de vanen voor een vliegtuigschroef
worden voorgeschreven door de stroom bij de schroef.

C O N C L U S I E S

1. Een vaartuig gekenmerkt door een hellende as, een gewijzigde schroef op deze hellende as en organen om de stroom water naar de schroef zodanig te richten, dat de invloed van helling van de as teniet wordt gedaan.
- 5 2. Een vaartuig volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat de bladen van de gewijzigde schroef aan de voet een kleinere spoed en aan de toppen een grotere spoed hebben dan wordt toegepast bij de bekende schroeven met optimale konstante spoed.
- 10 3. Een vaartuig volgens conclusie 2 met het kenmerk, dat de organen voor het richten van een stroom van water asymmetrisch om de gewijzigde schroef zijn opgesteld.
4. Een vaartuig volgens conclusie 3 met het kenmerk, dat de organen voor het richten van een stroom van water
15 zich in hoofdzaak aan de zijde van de schroefschijf bevinden, waar de schroef zich in het opwaartse gedeelte van zijn rotatie bevindt.
5. Een vaartuig volgens conclusie 4 met het kenmerk, dat de organen voor het richten van een stroom van water
20 zijn voorzien van vanen, die stroomopwaarts ten opzichte van de schroef zijn aangebracht.
6. Een vaartuig volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat de vanen op het schroefashuis zijn gemonteerd.
7. Een vaartuig volgens conclusie 6 met het kenmerk,
25 dat de vanen de stroom van water naar beneden naar de schroef richten.
8. Een vaartuig volgens conclusie 7 met het kenmerk, dat de bladen van de schroef een spoed van bij benadering 90% van die van een bekende schroef met optimale konstante
30 spoed bij hun voet hebben, 100% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij een straal van bij benadering 70% hebben, en 110% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij hun uiteinden hebben.

9020677

9. Een vaartuig volgens conclusie 8 met het kenmerk, dat de vanen bij benadering de contour van een NACA 65 airfoil hebben.
10. Werkwijze voor het verbeteren van het rendement van een vaartuigschroef, welke op een hellende as is gemonteerd met het kenmerk, dat de stroom van water zodanig naar de schroef wordt gericht, dat de invloed van de helling van de as teniet wordt gedaan.
11. Werkwijze volgens conclusie 10 met het kenmerk, dat de stroom asymmetrisch om de schroefschijf wordt gericht.
12. Werkwijze volgens conclusie 11 met het kenmerk, dat de stroom, welke primair bij het gedeelte van de schroefschijf aanwezig is, waar de schroef zich in het opwaartse deel van zijn rotatie bevindt, wordt gericht.
13. Werkwijze volgens conclusie 12 met het kenmerk, dat de stroom naar beneden in de schroef wordt gericht.
14. Werkwijze volgens conclusie 13 met het kenmerk, dat de organen om de stroom te richten zijn voorzien van vanen, die stroomopwaarts ten opzichte van de schroef zijn gemonteerd.
15. Werkwijze volgens conclusie 10 met het kenmerk, dat aan de bladen van de schroef een nieuwe spoed wordt gegeven tot bij benadering 90% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij hun voet, 100% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij, bij benadering een straal van 70% en 110% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij hun uiteinden.
16. Werkwijze voor het reduceren van cavitatie in een schroef, welke is gemonteerd op een hellende schroefas, welke zich door ongestoord water beweegt, met het kenmerk, dat het water dat naar de schroef stroomt, zodanig wordt gericht, dat aan de schroef een positieve invalshoek ten opzichte van het water over de gehele schijf van de schroef wordt gegeven.

9020677

17. Werkwijze volgens conclusie 16 met het kenmerk,
dat de waterstroom wordt gericht door middel van vanen,
die stroomopwaarts ten opzichte van de schroef zijn ge-
monteerd.
- 5 18. Werkwijze volgens conclusie 17 met het kenmerk,
dat de vanen zich in hoofdzaak aan de zijde van de schroef-
schijf bevinden, waar de schroefbladen zich in het opwaartse
gedeelte van hun rotatie bevinden.
19. Werkwijze volgens conclusie 18 met het kenmerk,
10 dat de waterstroom naar beneden naar de schroef wordt
gericht.
20. Buitenboordmotor voorzien van een schroef gekenmerkt
door organen, die voor de schroef zijn opgesteld om het
rendement van de motor te verbeteren.
- 15 21. Buitenboordmotor volgens conclusie 20 met het kenmerk,
dat de bladen van de schroef bij de voet een kleinere
spoed en bij de uiteinden daarvan een grotere spoed hebben
dan bij een bekende schroef met optimale konstante spoed.
22. Buitenboordmotor volgens conclusie 21 met het kenmerk,
20 dat de bladen van de schroef een spoed van bij benadering
90% van die van een bekende schroef met optimale konstante
spoed bij hun voet hebben, 100% van de spoed van een bekende
schroef met optimale konstante spoed bij een straal van
bij benadering 70% hebben, en een spoed van bij benadering
25 110% van die van een bekende schroef met een optimale
konstante spoed bij hun uiteinden hebben.
23. Buitenboordmotor volgens conclusie 22 met het kenmerk,
dat de organen voor het verbeteren van het rendement van
de motor zijn voorzien van vanen om de stroom van water
30 naar de schroef te richten.
24. Buitenboordmotor volgens conclusie 23 met het kenmerk,
dat de vanen op slechts een gedeelte van de schroefschijf
van de motor zijn gemonteerd.
25. Buitenboordmotor volgens conclusie 24 met het kenmerk,
35 dat de vanen zich in hoofdzaak bij dat gedeelte van de
schroefschijf bevinden, waar de schroef zich in het opwaartse

9020677

gedeelte van zijn rotatie bevindt.

26. Buitenboordmotor volgens conclusie 25 met het kenmerk, dat de vanen de stroom van water naar beneden naar de schroef richten,

5 27. Een vliegtuig voorzien van een schroef gekenmerkt door organen, die voor de schroef zijn opgesteld om de stroom van lucht naar de schroef te richten.

28. Een vliegtuig volgens conclusie 27 met het kenmerk, dat de stroomrichtorganen zich op slechts een gedeelte
10 van de schijf van de schroef bevinden.

29. Een vliegtuig volgens conclusie 28 met het kenmerk, dat de stroomrichtorganen zich in hoofdzaak aan de zijde van de schroefschijf bevinden, waar de schroef zich in het opwaartse gedeelte van zijn rotatie bevindt.

15 30. Een vliegtuig volgens conclusie 29 met het kenmerk, dat stroomrichtorganen zijn voorzien van vanen, die op de buitenzijde van het motorhuis zijn gemonteerd.

31. Een vliegtuig volgens conclusie 30 met het kenmerk, dat de stroomrichtorganen de luchtstroom naar beneden
20 naar de schroef richten.

32. Werkwijze voor het reduceren van door de schroef geïnduceerde trillingen van de romp bij een vaartuig met een schroef, die op een hellende as is gemonteerd met het kenmerk, dat de waterstroom naar de schroef wordt
25 gericht teneinde de invloed van de helling van de as te elimineren.

33. Werkwijze volgens conclusie 32 met het kenmerk, dat het water asymmetrisch om de schroefschijf wordt gericht.

34. Werkwijze volgens conclusie 33 met het kenmerk,
30 dat het water in hoofdzaak naar dat gedeelte van de schijf wordt gericht, waar de schroef zich in het opwaartse deel van zijn rotatie bevindt.

35. Werkwijze volgens conclusie 34 met het kenmerk, dat de waterstroom naar beneden naar de schroef wordt gericht.

35 36. Werkwijze volgens conclusie 35 met het kenmerk, dat de organen om de stroom te richten zijn voorzien van

9020677

vanen, die stroomafwaarts ten opzichte van de schroef zijn gemonteerd.

37. Een schroefbeveiligingsinrichting voor een vaartuig, welke inrichting niet bijdraagt tot weerstandsverliezen
5 voor het vaartuig, gekenmerkt door een stel vanen, die stroomopwaarts ten opzichte van de schroef zijn gemonteerd om de waterstroom naar de schroef te richten.

38. Een schroef voor een vaartuig met vergroot vermogen en verhoogd rendement en gereduceerde cavitatie vergeleken
10 met de bekende schroeven met optimale konstante spoed gekenmerkt door een naaf en bladen, welke aan de naaf zijn bevestigd, welke bladen bij de voet daarvan een kleinere spoed en bij de toppen daarvan een grotere spoed hebben dan de bekende schroeven met optimale konstante
15 spoed.

39. Een schroef volgens conclusie 38 met het kenmerk, dat de bladen van de schroef een spoed van bij benadering 90% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij de voet daarvan hebben, 100% van die van een
20 bekende schroef met optimale konstante spoed bij een straal van bij benadering 70% hebben, en bij benadering 110% van die van een bekende schroef met optimale konstante spoed bij hun uiteinden hebben.

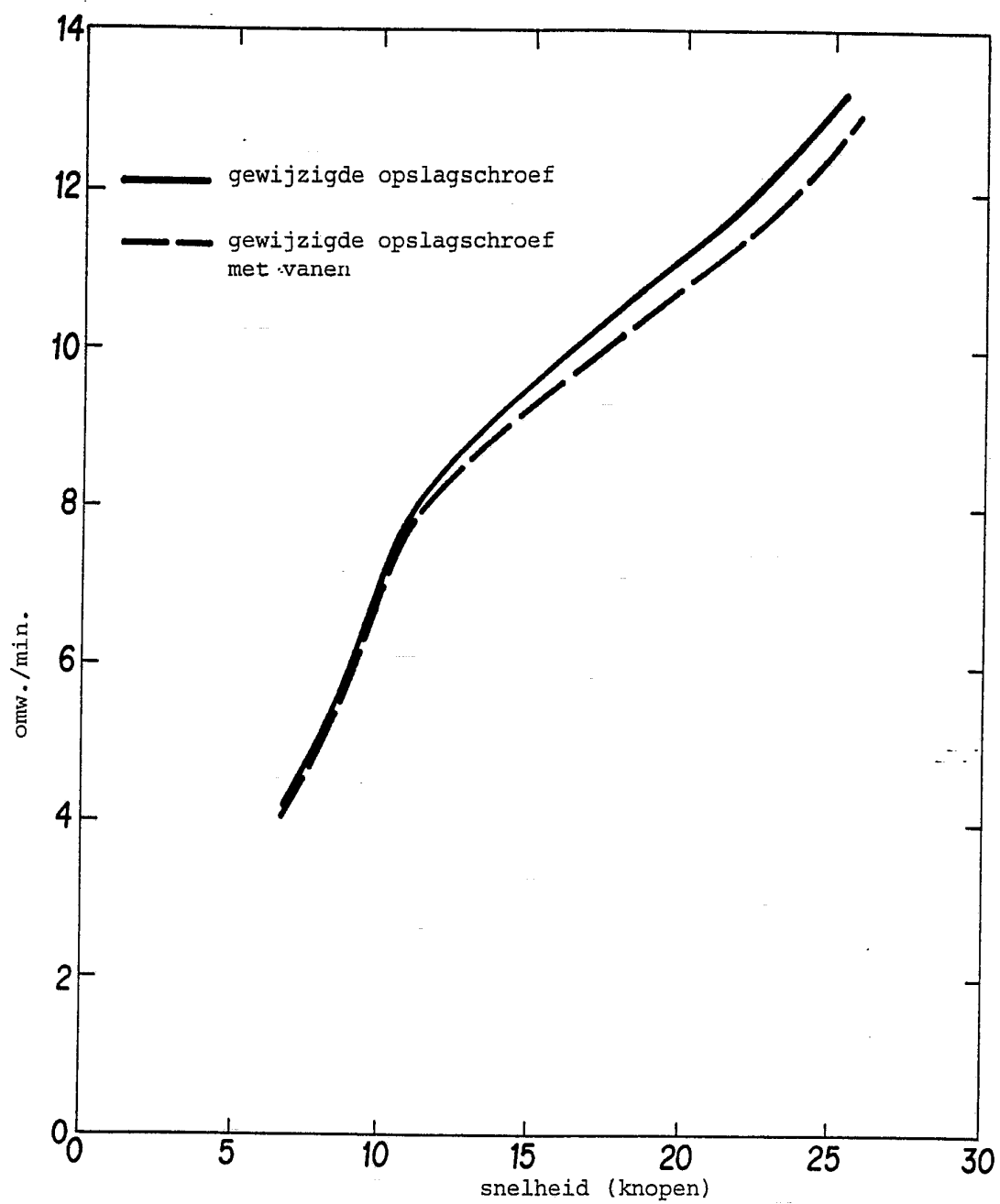


FIG. 1

9020677

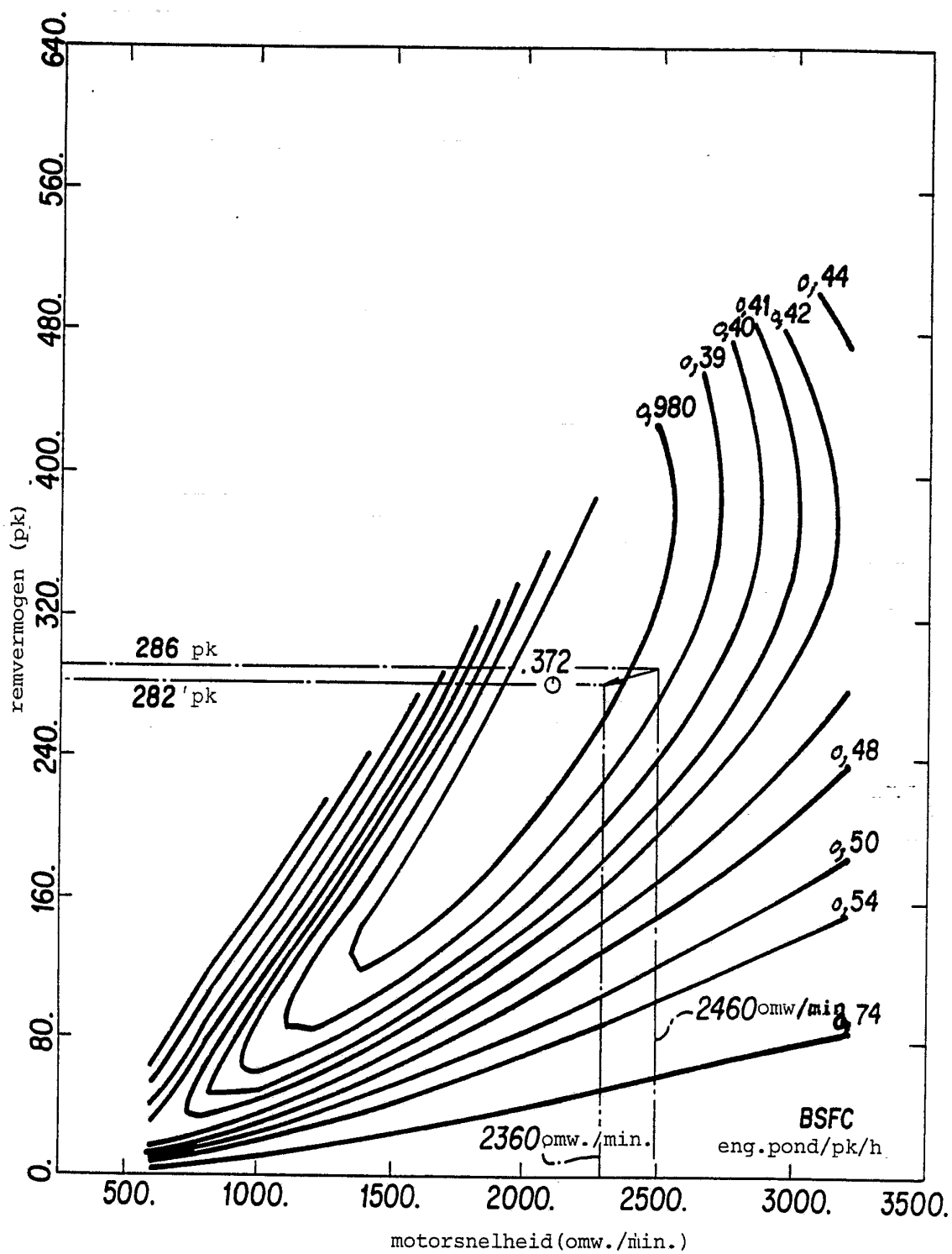


FIG. 2

9020677

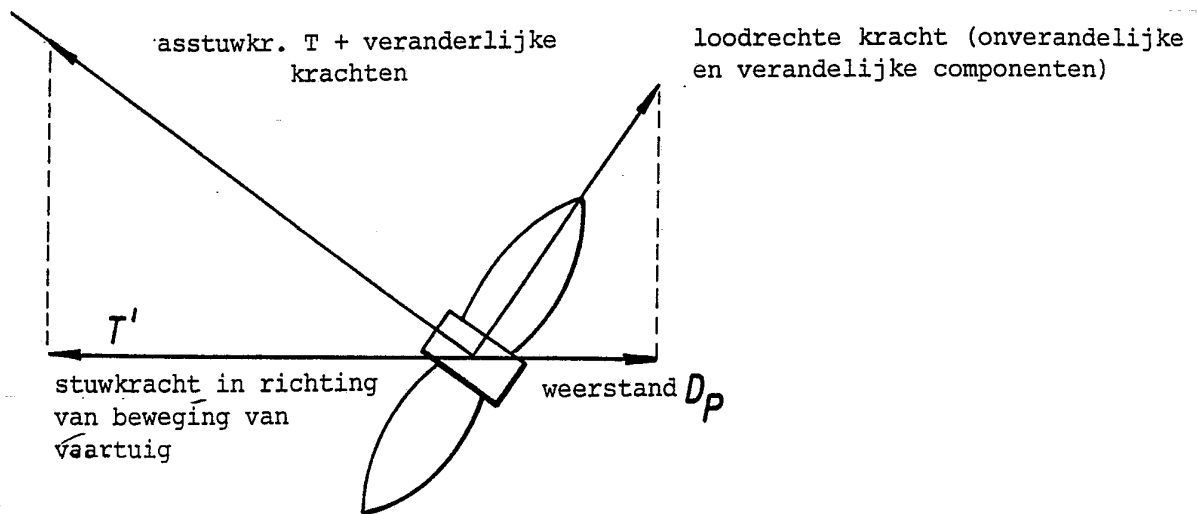


FIG. 3A

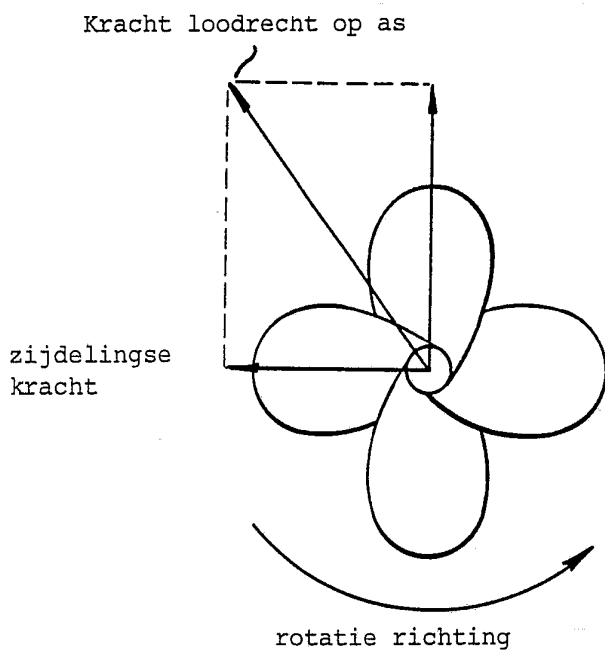


FIG. 3B

9020677

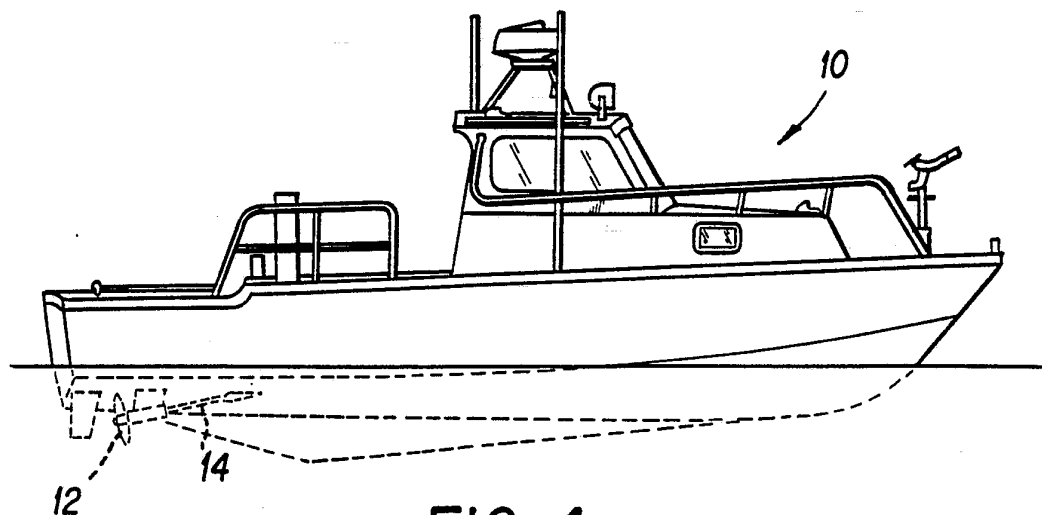


FIG. 4

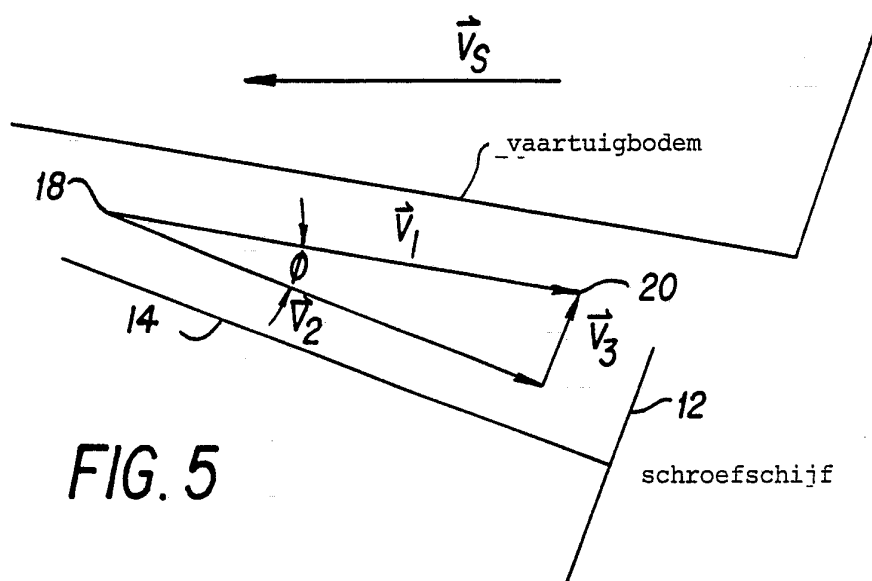


FIG. 5

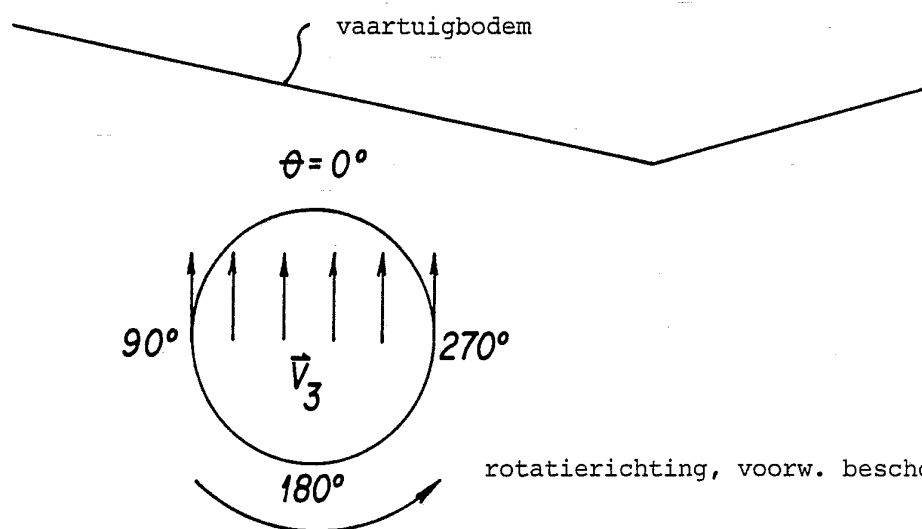


FIG. 5A

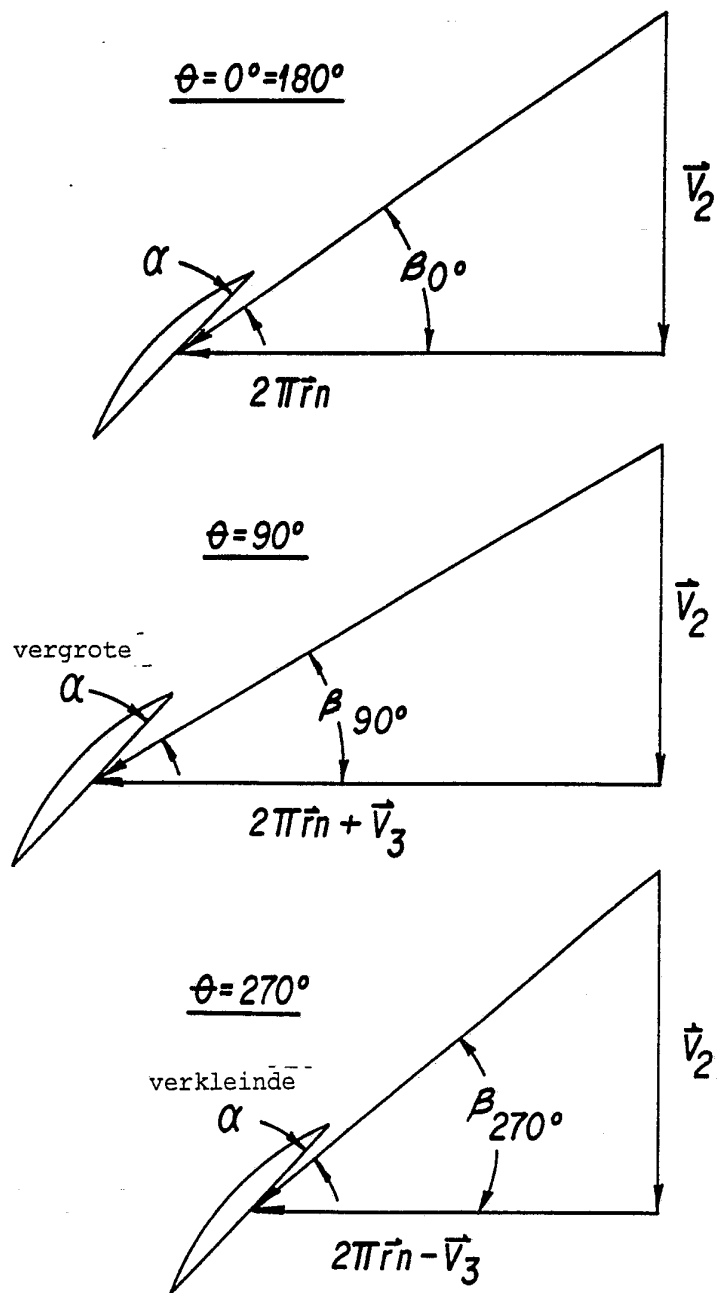
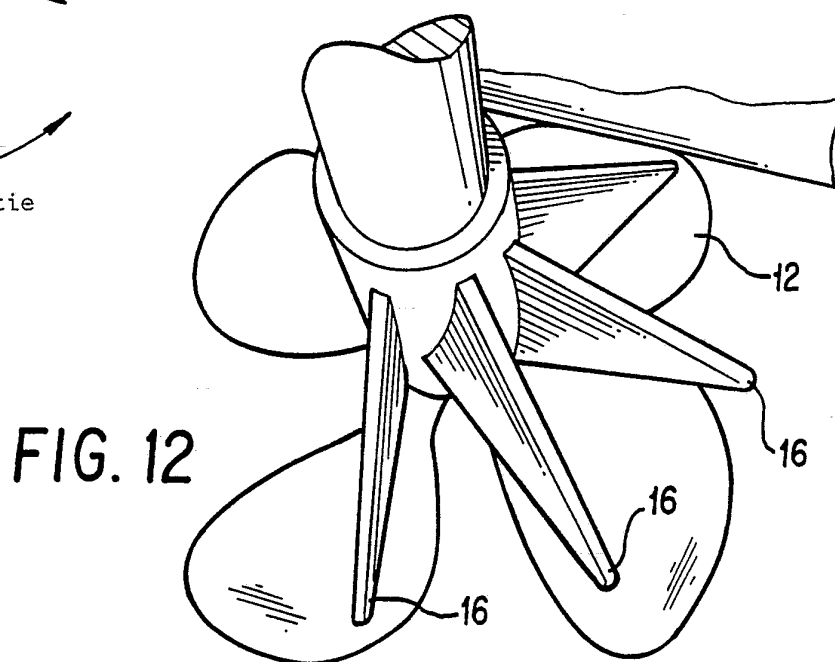
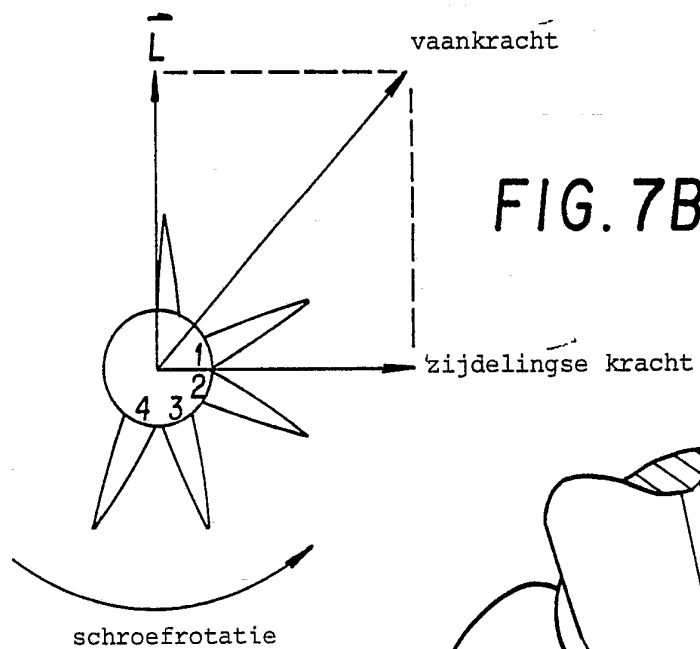
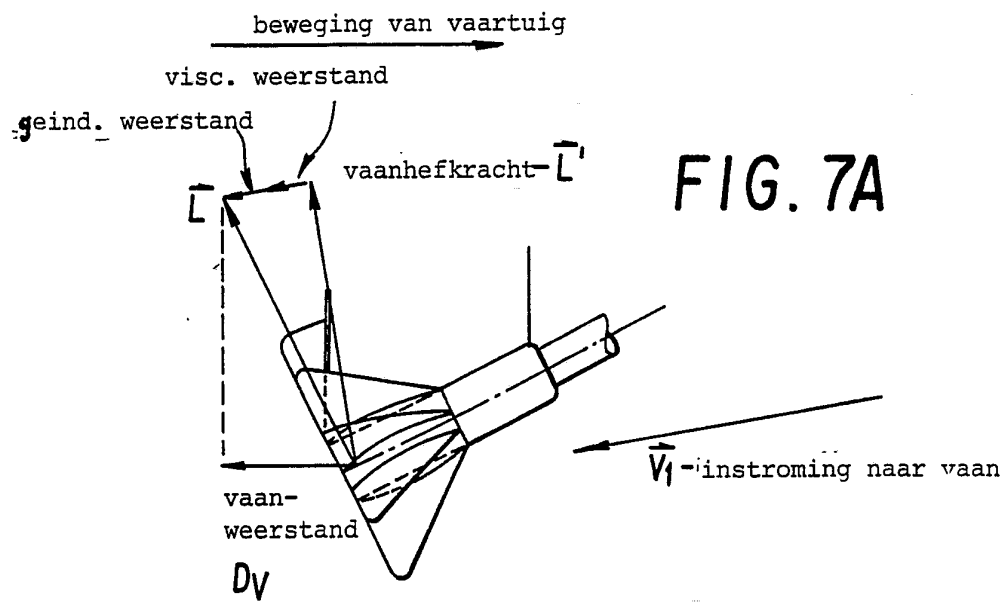
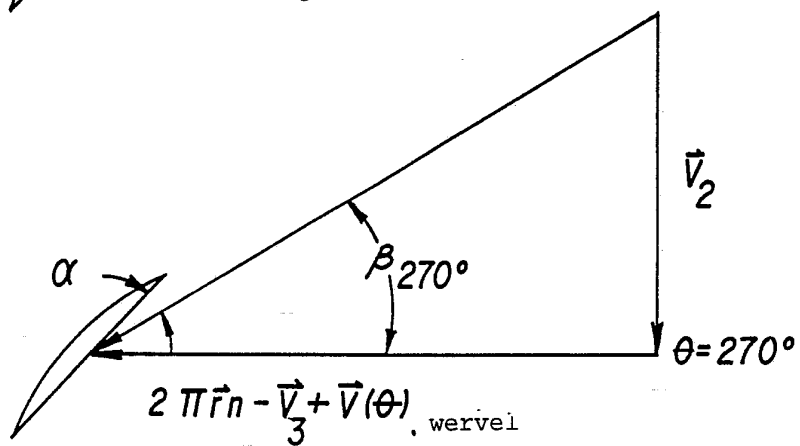
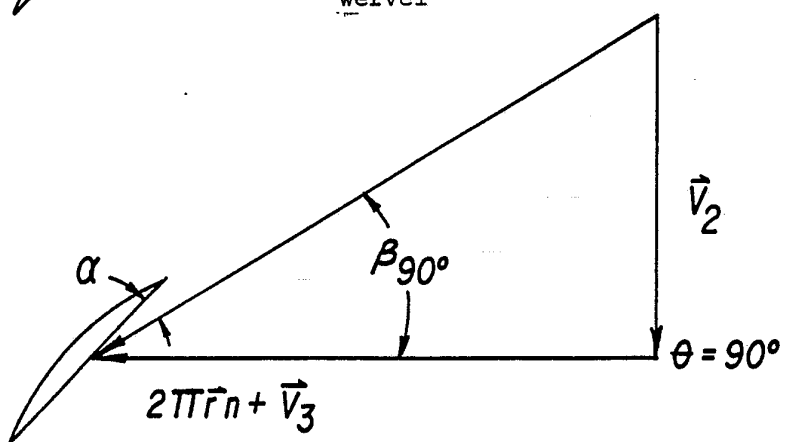
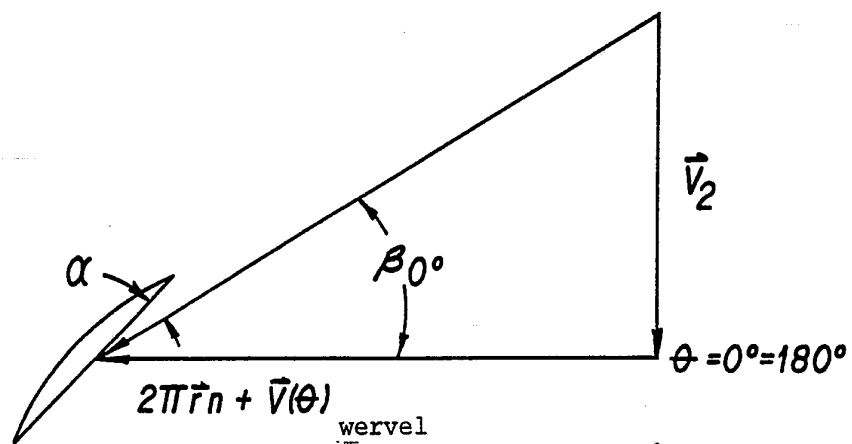


FIG. 6

9 0 2 0 6 7 7



9 0 2 0 6 7 7



$$\beta_{0^\circ} = \beta_{90^\circ} = \beta_{270^\circ}$$

FIG. 8

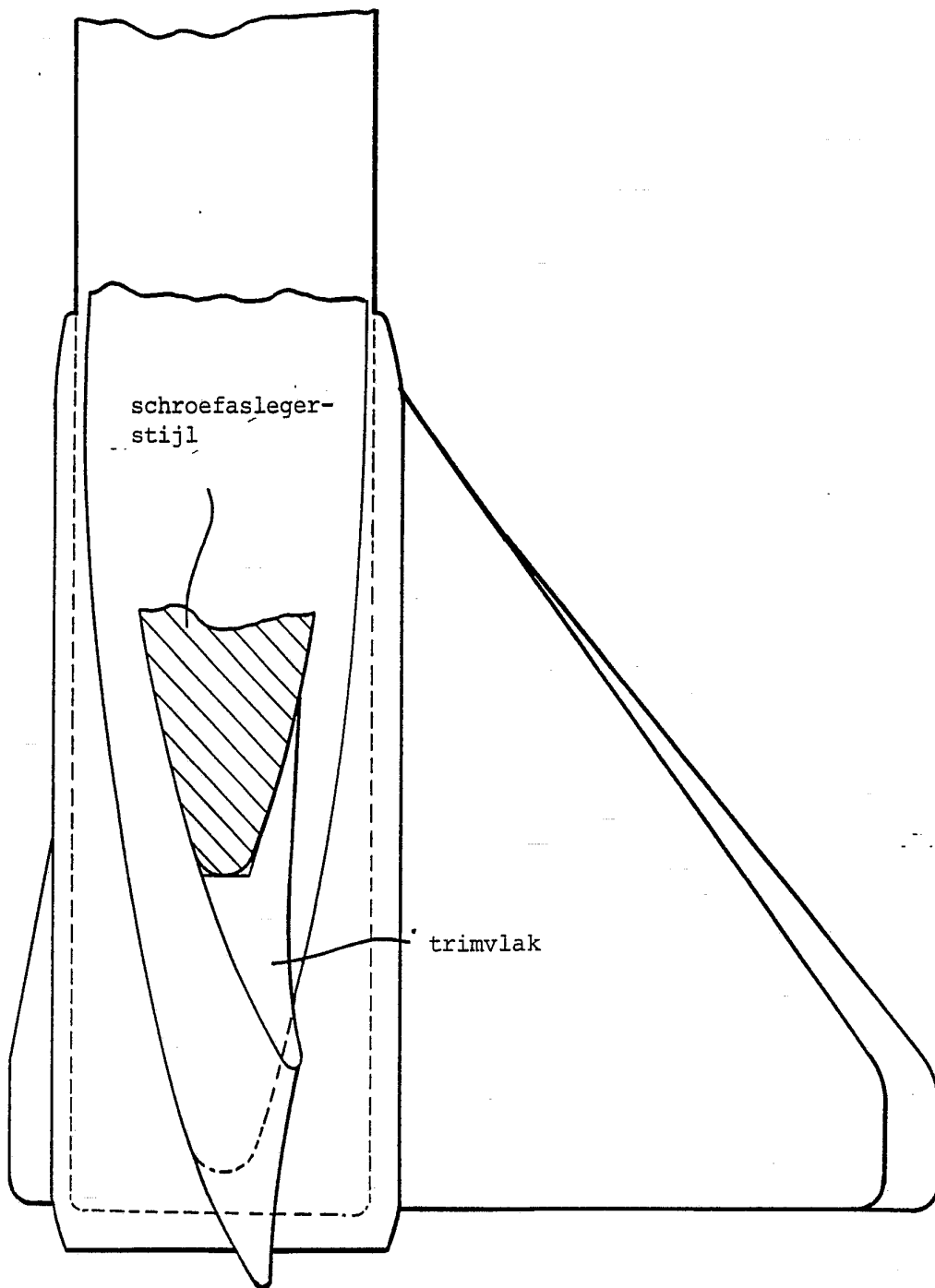
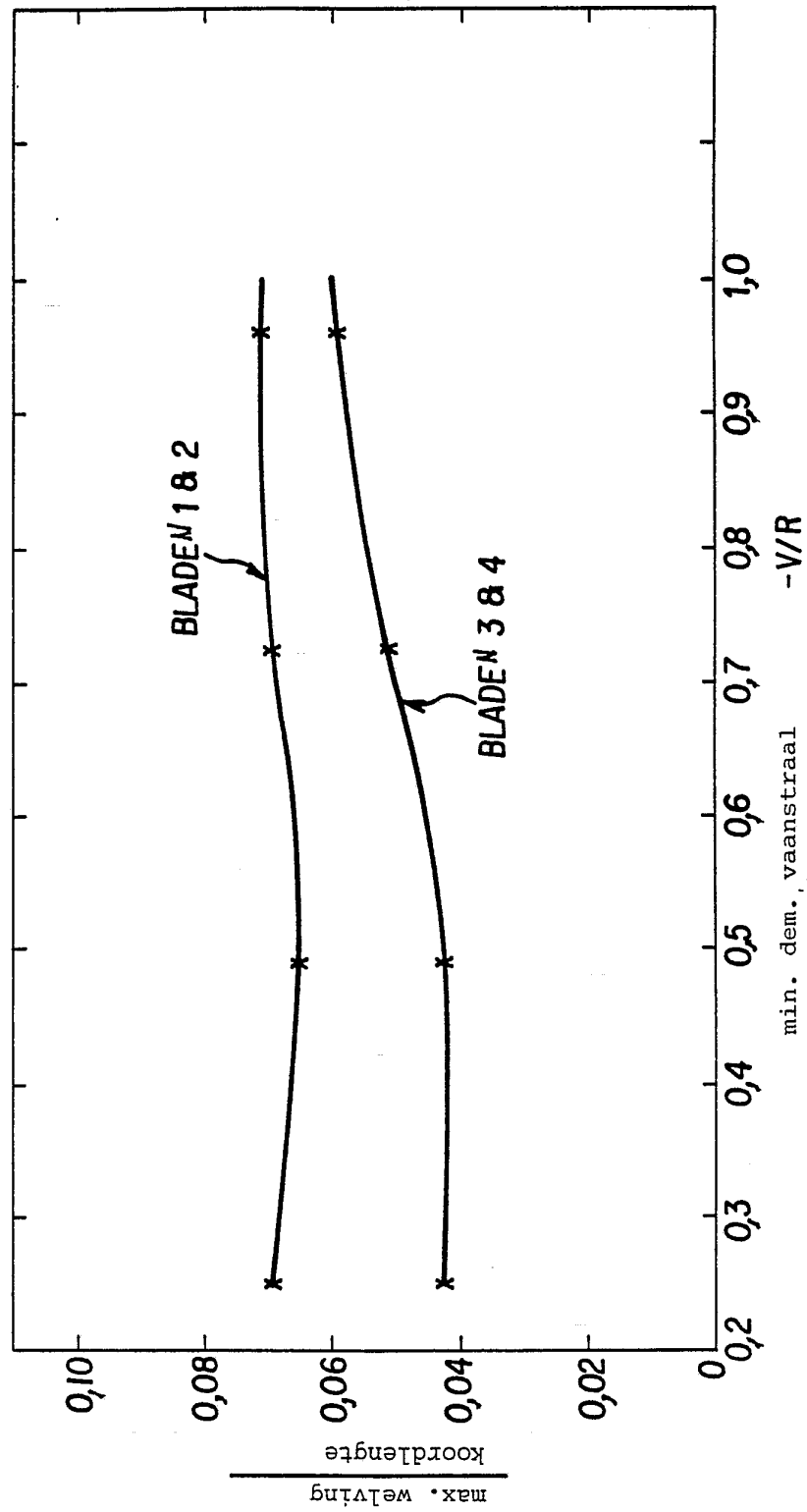


FIG.9

9020677

FIG.10



9 0 2 0 6 7 7

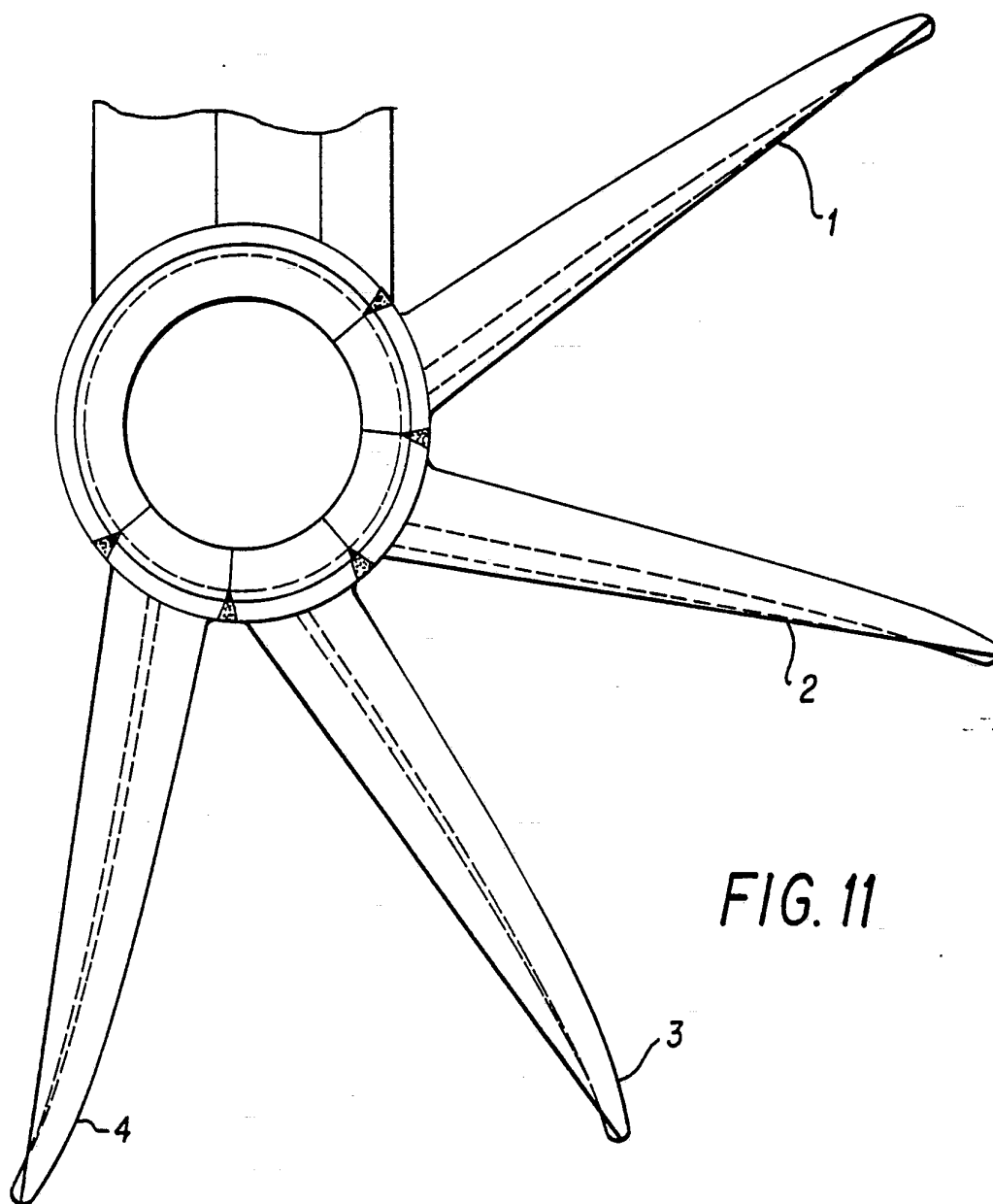


FIG. 11

9020677

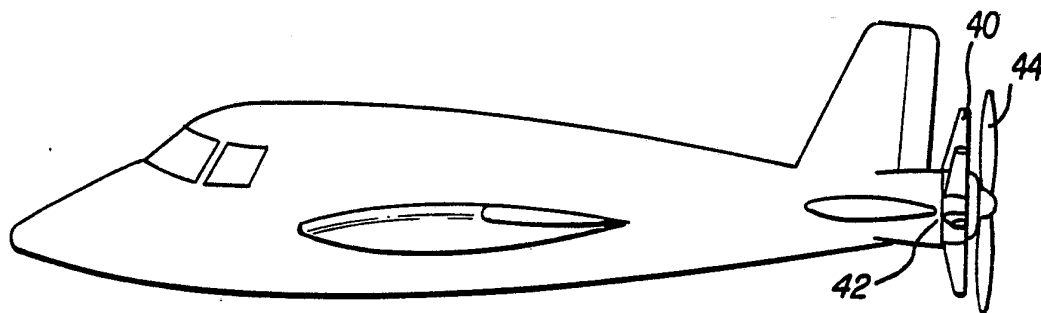
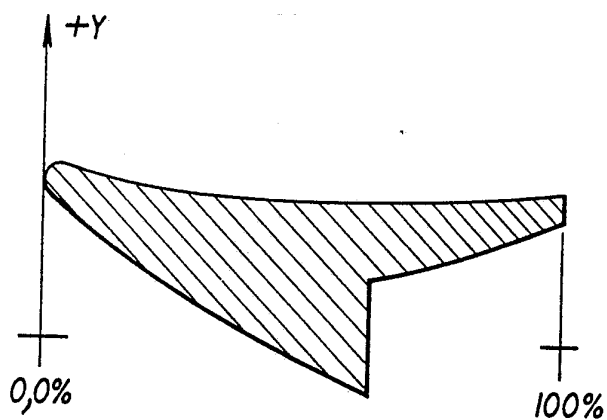


FIG. 13

tabel III
coördinaten aan trimvlak

koord = 8,9 cm

% koorden	Y_{onder}	Y_{tussen}	Y_{boven}
0	1,02	—	—
2,5	0,88	—	1,10
5,0	0,78	—	1,09
10,0	0,67	—	1,04
20,0	0,43	—	0,99
30,0	0,24	—	0,95
40,0	0,05	—	0,93
50,0	-0,12	—	0,91
60,0	-0,26	—	0,91
62,5	-0,30	0,38	0,91
70,0	0,46	—	0,91
80,0	0,57	—	0,92
90,0	0,69	—	0,95
100,0	0,80	—	0,97



trimvlak

FIG. 14

9 0 2 0 6 7 7