

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
KØBENHAVN

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 154239 B



(21) Patentansøgning nr.: 3731/80

(51) Int.Cl.⁴ F 03 D 1/06

(22) Indleveringsdag: 02 sep 1980

(41) Alm. tilgængelig: 05 mar 1981

(44) Fremlagt: 24 okt 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 04 sep 1979 NL 7906627

(71) Ansøger: *Technische Universiteit Delft; Julianalaan 134; 2628 BL Delft, NL

(72) Opfinder: Theodoor van *Holten; NL

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Rotor til en vindmølle

(56) Fremdragne publikationer

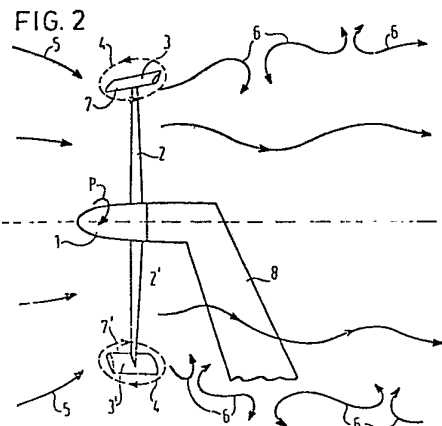
(57) Sammendrag:

skovle placeres længere inde, hvilke skovles spændvidde tilvejebringer en subsynkron strømningsstilstand ved rotation. Rotationsaksen for vingerne er placeret fortrinsvis under en vinkel på ca. 30°.

3731-80

Ved fremgangsmåde til udvinding af energi fra en fluidumstrøm anvendes der et nav (1) med blade (2), hvilke blade ved spidsen har en hjælpevinge eller skovl (3). Hjelpevingen eller skovlen fremkalder ved spidsen en "Venturi"-virkning i fluidet, hvorved en del af fluidet, der normalt ville passere uden om propellerarealet, trækkes ind i denne. Den naturligt tilstedeværende blandingsvirkning for fluidum, der strømmer gennem propellerarealet, med fluidum, der strømmer uden om dette areal, forøges herved. Blandingen opnås ved anordninger ved skovlene eller vingerne. Det er muligt at opnå den ønskede virkning med en ringformet vinge og med et organ i form af en skovl ved bladets spids. Når blandingen opnås ved hjælp af anordninger ved en ringformet vinge eller skovle ved spidserne, er profilerne eller indstillingsvinklerne forskellig på en usymmetrisk måde. En anden mulighed er, at én eller flere hjælpe-

3731-80



DK 154239 B

Opfindelsen vedrører en rotor til en vindmølle og med radialt orienterede blade, hvor hvert blad ved enden bærer en hjælpeskovl, som under drift fremkalder en radialt indadrettet løftekraft.

5 En sådan rotor kendes fra U.S.A. patentskrift nr. 4 093 402. Tilstedeværelsen af hjælpeskovlene bevirker, at der under rotorens rotation opstår en roterende ringformet hvirvel ved bladenes spidser. Denne hvirvel vil ved hjælp af en slags "venturi"-
10 virkning suge luft ind, som normalt ville passere uden om det af bladene bestrøgne areal og dermed øge den luftmængde, der pr. arealenhed strømmer ind i rotoren. "Venturi"-virkningen kan demonstreres ved modelforsøg under anvendelse af røg, idet man sammen-
15 ligner blade med og uden hjælpeskovle ved vinge-spidserne.

Hvad angår den opnåede effektivitetsforøgelse, så fremgår det af U.S.A. patentskrift nr. 4 093 402, at der ved anvendelse af den deri beskrevne teknik
20 kan tilvejebringes i det mindste en fordobling af den luftmængde, der afgiver energi i den aktuelle retning.

Det har ved forsøg imidlertid vist sig, at der rent faktisk opnås en større effektivitetsforøgelse
25 svarende til, at effektiviteten multipliceres med en faktor på ca. 1,3. Størrelsen af denne faktor er bekræftet ved kvantitative målinger, som yderligere viser, at multiplikationsfaktoren er en følge af et blandingsfænomen.

30 Dette blandingsfænomen kan illustreres som følger:

I fluidumet omkring en luftpropeller eller et andet organ, hvor spidserne af vingerne er forsynet med hjælpeskovle, opstår der en "Venturi"-kanal. Denne "Venturi"-kanal, der fremkaldes omkring luftpropelleren ved
35 et passende omdrejningstal for denne kan gøres synlig

ved hjælp af f.eks. røg. "Halsen" af denne "Venturi"-kanal dannes af en stationær roterende, ringformet hvirvel, der opstår i området ved rotoren ved hjælpeskovlene. Luften, der ikke strømmer forbi luftpropelleren, synes nu at strømme omkring "Venturi"-kanalen og at blandes med luft, der er passeret over luftpropelleren, og som således er blevet bremsset. Den gennem luftpropelleren strømmende luft benævnes sugning, og den omkring "Venturi"-kanalen strømmende luft benævnes som ydre strømning. Eftersom den afbremsede sugning blandes med den ikke afbremsede ydre strømning, fremkaldes der en medrivnings- eller pumpevirkning, hvorved luftpropelleren vil opnå en usædvanlig høj ydelseseffekt pr. enhed af frontareal. Denne forøgede effekt kan ikke forklares ud fra overvejelser om effekten af en rotor med blade med hjælpeskovle ved spidserne, som omtalt i det ovenfor nævnte U.S.A. patentskrift nr. 4 093 402.

Rotoren ifølge opfindelsen adskiller sig fra kendte rotorers ved, at mindst én af hjælpeskovlene har en i forhold til de øvrige hjælpeskovle afvigende indstillingsvinkel eller profil.

Herved opnås en yderligere stigning i effektiviteten i og med, at der sker en forøgelse af den eksisterende, naturlige blanding af sugning og ydre strømning. Den tilvejebragte effektivitetstigning svarer til, at værdien af den tidligere nævnte multiplikationsfaktor vokser fra ca. 1,3 til 2-3.

Den således ønskede blanding eller ejektorvirkning opnås fortrinsvis ved tilvejebringelse af en fluktuerende radial hastighed af luften, som strømmer gennem rotoren. Denne fluktuerende radiale hastighed kan opnås på optimal måde, hvis en eller flere af de individuelle hjælpeskovle ved spidserne af vingerne har en stærkere løftekraft end en hjælpeskovl ved andre vinger. En stærkere løftekraft kan tilvejebringes ved hjælp af en forskellig indstillingsvinkel eller ved forskellig udformning af profilerne af hjælpeskovlene.

Det bemærkes, at en forskel i løftekraft giver anledning til den ulempe, at der fås en uens aksial belastning. Det viser sig imidlertid, at denne aksialbelastning kan optages af et passende leje. Blandevirkningen kan altså opnås, om ønsket i kombination med den tidligere nævnte effekt, ved at forsyne en eller flere vinger med individuelle hjælpeskovle ved spidserne med flere hjælpeskovle, der er placerede længere inde, og som har en spændvidde, der bevirker en subsynkron tilstand af strømmingen. En subsynkron tilstand af strømmingen betyder, at hjælpeskovlene, der er placerede længere inde, ikke på nogen måde bevirker en stationær, ringformet hvirvelstrøm. Kun hjælpeskovlene ved spidserne af vingerne må fremkalde en stationær, ringformet hvirvelstrøm. Spændvidden af de indvendigt placerede hjælpeskovle skal derfor være kortere end for skovlene ved spidserne af vingerne.

En meget simpel måde at opnå blandingsvirkningen på er at orientere rotationsaksen under en vinkel i forhold til en vandret linie. Rotorens rotationsakse forløber således med fordel under en vinkel på 15° - 45° med vandret. Den optimale værdi er ca. 30° .

I det mindste på basis af nuværende kendskab til forholdene bemærkes det, at en vindturbinerotor med vinger med hjælpeskovle vil have en mere fordelagtig udførelsesform end en vindturbinerotor med en ringformet vinge, der omgiver bladene enten helt eller delvis. En foretrukken udførelsesform med hældende hjælpeskovle har to fordele. For det første er mængden af materialer til den roterende del betydelig mindre. Generelt anvendes der kun to blade og ikke mange sådanne, og endvidere er mængden af materiale for to skrå hjælpeskovle mindre end for en ringformet vinge. En anden fordel er, at den ringformede hvirvelstrøm, der fremkaldes af de hæl-

dende hjælpeskovle, er mere intens. Hvirvelstrømmen er mere intens, fordi kapaciteten af den ringformede vinge for størstedelens vedkommende optages af det fluidum, der kan indgå i hvirvlen, mens dette volumen ved en ringformet vinge, i modsætning til hvad tilfældet er ved vinger med hjælpeskovle ved spidserne, optages af den ringformede vinges eget volumen.

Begge disse fordele, dvs. anvendelsen af mindre materiale og en mere intens, ringformet hvirvel, vil også blive opnået, hvis der anvendes en hjælpeskovl, der er placeret i hovedsagen vinkelret på rotationsaksen, eller en hjælpeskovl, der er placeret på nedstrømssiden i en slags nedadbøjet stilling.

I alle disse tilfælde anvendes der hjælpeskovle, der er rettet noget mod rotationscentret, idet den forreste kant af skovlen er rettet skrånende generelt i rotationsretningen.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et skematisk billede af en vindturbinerotor forsynet med en ringformet vinge med varierende profiler på forskellige tværsnitsarealer,

fig. 2 et skematisk billede af en vindturbine forsynet med hjælpeskovle ved begge spidserne af vingebladene, idet en af disse hjælpeskovle udøver en anden løftekraft mod navet,

fig. 3 og 4 planbilleder i større skala af begge spidserne af vingebladene med hjælpeskovle svarende til de i fig. 2 viste, og

fig. 5, 6 og 7, inklusive hastighedsdiagrammet, der hører til fig. 7, en yderligere belysning af en del af strømningsfænomenerne, der er af betydning ved vindturbiner med vinger med hjælpeskovle.

I fig. 1 er der vist et nav 1, der er forsynet med vredne blade 2, generelt er der mere end to blade. Blade 2 er omgivet af en ringformet vinge 3, der har en mere svulmende profil i retning mod navet 1. Som føl-

ge af denne mere svulmende profil udøver vingen en løftekraft, der er rettet mod navet 1. Den ringformede vinge 3 fremkalder en ringformet hvirvelstrøm 4 som følge af den løftekraft, der udøves mod navet 1, så at luft
5 suges ind som i en "Venturi"-kanal 5, som vist med pile. På stedet 3' er tværsnitsarealet af den ringformede vinge anderledes, så at løftekraften ved strømmingen er mindre på dette punkt. Den forskellige løftekraft fører til en fluktuerende, radial blanding af luften, der
10 strømmer omkring "Venturi"-mønstret, der er angivet med 5, og der opstår sugning. Denne blanding er skematisk angivet ved pilene 6. Det ses, at den stumpede forkant 7 af den ringformede vinge 3 er på forsiden eller sugesiden af vindturbinen.

15 Den ringformede hvirvelstrøm bevirkes i dette tilfælde i hovedsagen af luft, der strømmer ind i vingerne i en aksial retning.

Ved den i fig. 2 viste udformning med hjælpeskovle ved spidserne af vingerne fremkalder den cirkulerende, ringformede hvirvel imidlertid af luft, der i hovedsagen strømmer tangentialt langs disse skovle, der har
20 profiler i lighed med en flyvemaskinevinge. Forskellen i relativ hastighed af den indstrømmende luft med hjælpeskovlen og ved den ringformede vinge er yderligere vist i fig. 5, 6 og 7 og i hastighedsdiagrammet, der
25 hører til fig. 7.

I fig. 2 er der vist et nav 1, hvorpå der er fastgjort to vredne blade 2 og 2' på en sådan måde, at navet 1, hvis luften kommer fra venstre side, vil begynde at rotere i den med pilen P angivne retning.
30 Navet 1 er placeret på en understøtning 8. Ved spidserne af vingerne 2 og 2' er der fastgjort to hjælpeskovle 3 og 3' med profiler i lighed med flyvemaskinevinger, hvilke profiler er mere svulmende i retning mod navet 1. I tilfældet i fig. 1 er profilerne
35 af skovlen 3' mere svulmende end profilet af skovlen

3. Forkanten 7 og 7' af hjælpeskovlene 3 og 3' er placeret i retning af rotationen P.

Udformningen af hjælpeskovlene 3 og 3' fremkalder en roterende, ringformet hvirvel, som er markeret med 4. Denne ringformede hvirvel 4 har det resultat, at luft, som strømmer ind fra venstre side, suges ind i et "Venturi"-kanalmønster, der er angivet med 5. Eftersom profilet af hjælpeskovlen 3' er mere svulmende end ved 3, opstår der en blanding af ydre strømming og sugning, som angivet med pile 6. I dette tilfælde består sugningen af en luftstrøm fra venstre mod højre gennem "Venturi"-kanalmønstret 5. I fig. 3 og 4 er spidserne af vingerne 2 og 2' med tilhørende hjælpeskovle 3 og 3' vist i større skala. Strømmingen i fig. 2 er endvidere vist i fig. 5, 6 og 7 og i hastighedsdiagrammet, der hører til fig. 7. I forbindelse med gennemgangen af fig. 5, 6 og 7 bemærkes det, at virkningen af hjælpeskovlen forbedres yderligere ifølge en foretrukken udførelsesform ved, at hjælpeskovlen er hældende langs den korde, der er beliggende i et tværsnitsplan, der bestemmes af den relative strømningsretning og propellerbladets centerlinie, så at nedstrømsenden af hjælpeskovlen har større afstand fra rotationsaksen af apparatet end opstrømsenden. Herved begrænses den inducerede modstand af hjælpeskovlen i særdeleshed, og hjælpeskovlen kan absorbere energi fra den luft, der strømmer langs den, fordi skovlen tilvejebringer en aksial kraftkomponent.

Fig. 5 viser et skematisk sidebillede af den øverste vinge 2 med en hjælpeskovl. Her er kun vist én vinge,

fig. 6 viser et billede set bagfra efter linien VI-VI i fig. 5,

fig. 7 viser et billede oven fra af systemet af nav, vinge og hjælpeskovl i fig. 5 sammen med et hastighedsdiagram. Der er vist et nav 1, der er beregnet til pla-

cering af to vinger 2 og 2', af hvilke kun én vinge 2 er vist på tegningen. I tilfælde af at en luftstrøm med en hastighed L strømmer ind i apparatet fra venstre side, som vist i fig. 5, vil navet begynde at rotere i retning af pilen P . Hvis apparatet roterer, vil spidsen af vingen 2 have en hastighed, der er angivet med S i fig. 6.

I fig. 5-7 er en hjælpeskovl 3 fastgjort til spidsen af vingen 2, hvilken hjælpeskovl er rektangulær i dette tilfælde. Det bemærkes, at andre former, som f.eks. tilspidsede former af hjælpeskovle, også er anvendelige. Som følge af rotationen af vingen har hjælpeskovlen 3 en periferihastighed, der er ca. lig med S . I skemaet fig. 7 er den relative lufthastighed, der fremkommer ved rotationen, angivet med S_R , så at der i forhold til hjælpeskovlen 3 fremkalder en relativ lufthastighed L_R . Eftersom S_R er mange gange større end L , vil retningen af L_R kun være udsat for små variationer, også hvad angår en ændring af andel. Hjælpeskovlen 3, hvis forkant er omtrent vinkelret på retningen af L_R , vil også i hovedsagen modtage en strøm på måde. Af fig. 6 fremgår det navnlig, at hjælpeskovlen 3 har en angrebsvinkel i forhold den relative lufthastighed, så at der vil blive udøvet en kraft på hjælpeskovlen, hvis væsentligste komponent vil være rettet mod akse for navet 1. Fig. 6 viser ganske vist et billede bagfra af fig. 1, men dette billede bagfra viser kun en meget lille vinkel mod et vandret plan i langsgående retning af skovlen, hvilket betyder vinkelret på en plan V , der er angivet i fig. 7, og som er parallel med den relative lufthastighed og passerer gennem centerlinien af vingen 2. Den komponent, der er angivet med L'_R i fig. 6 af den relative lufthastighed, danner således kun en meget lille vinkel med den virkelige, relative lufthastighed.

Som det fremgår af fig. 5 og 6, er hjælpeskov-
len 3 i sin længderetning ikke vinkelret på planet
V, men hælder i forhold til en korde, der passerer i
dette plan på en sådan måde, at nedstrømsspidsen 3a
5 er beliggende i større afstand fra centerlinien af
navet 1 end opstrømsspidsen 3b. Dette giver anled-
ning til de allerede ovenfor nævnte fordele.

P A T E N T K R A V

10 1. Rotor til en vindmølle og med radialt orien-
terede blade (2), hvor hvert blad (2) ved en-
den bærer en hjælpeskovl (3, 3'), som under drift frem-
kalder en radialt indadrettet løftekraft, k e n d e -
t e g n e t ved, at mindst én af hjælpeskovlene (3, 3')
15 har en i forhold til de øvrige hjælpeskovle afvigende
indstillingsvinkel eller profil.

2. Rotor ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t
ved, at rotorens rotationsakse forløber under en vinkel
på 15° - 45° med vandret.

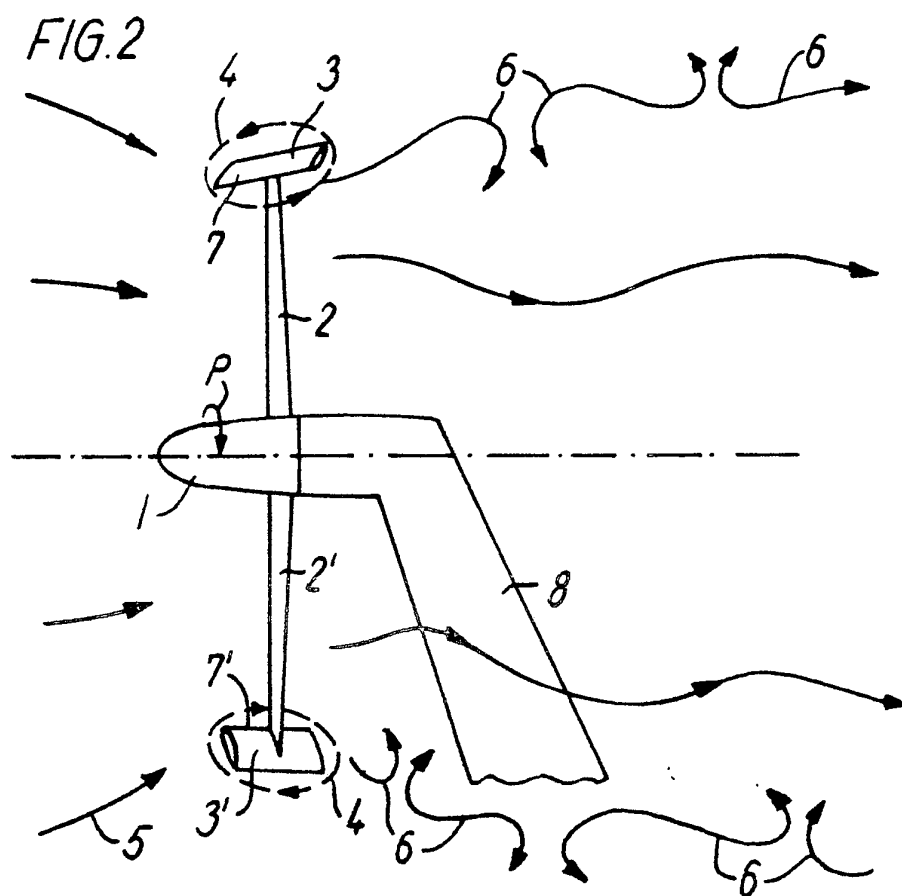
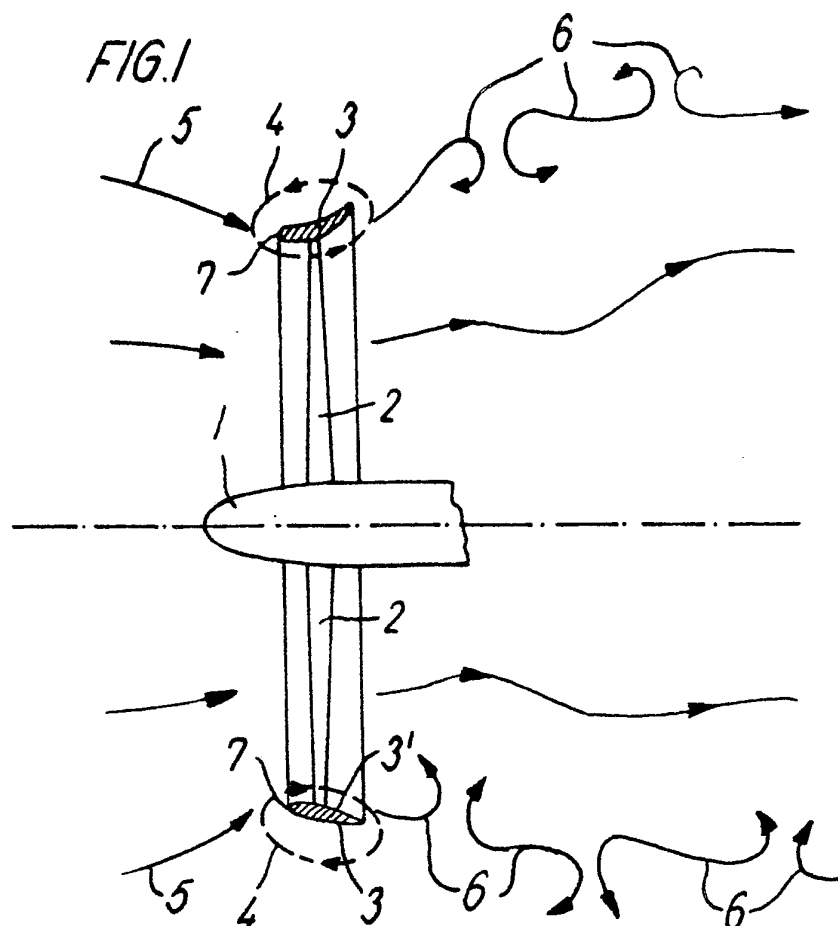


FIG.3

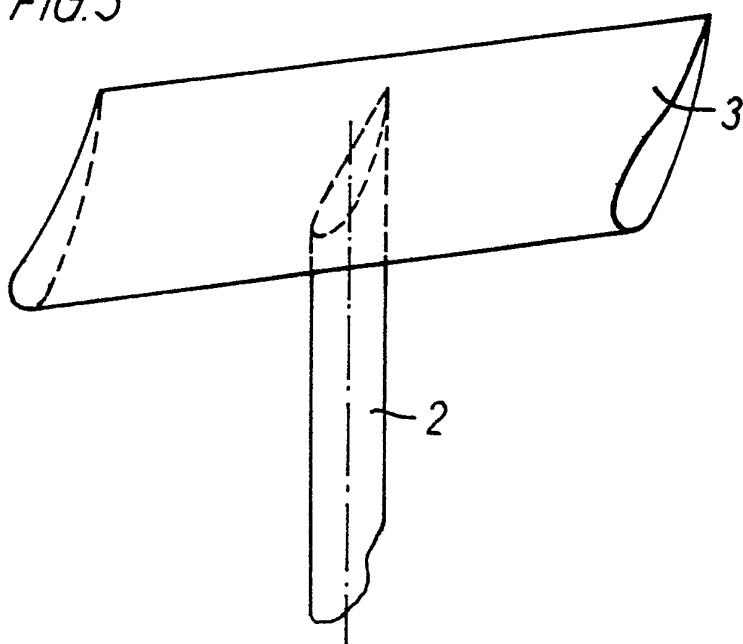
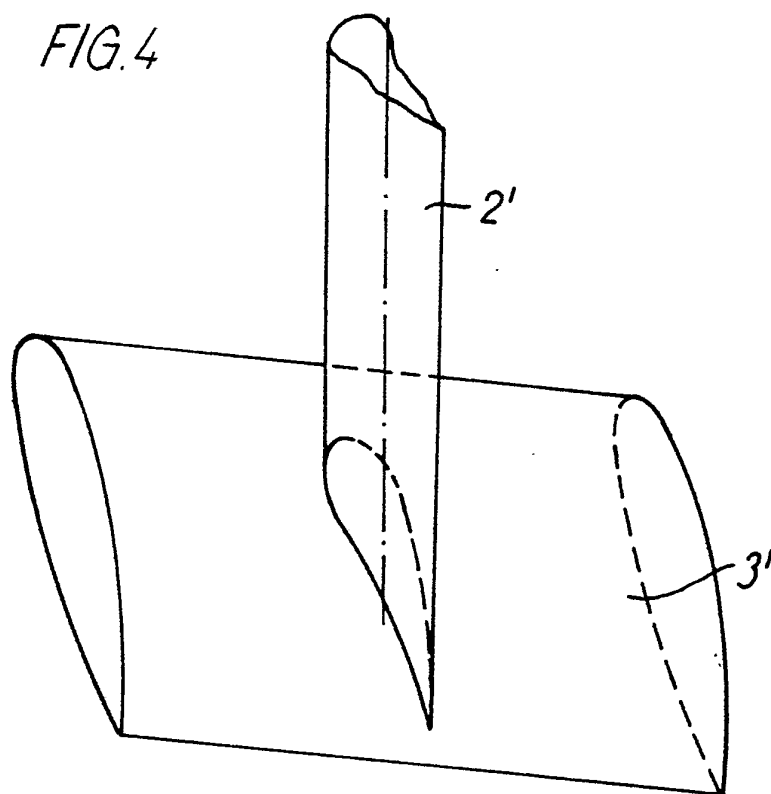


FIG.4



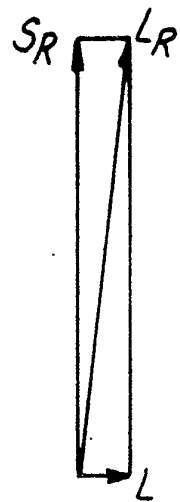


FIG. 7

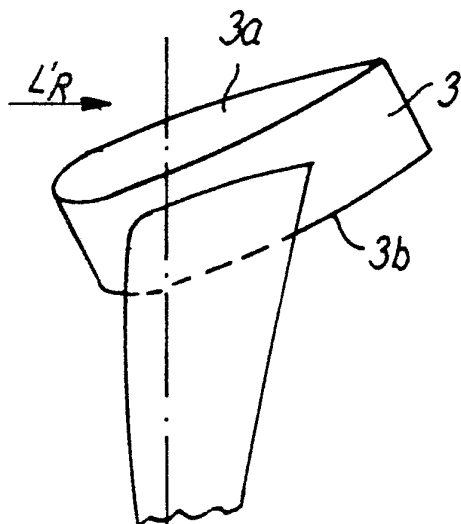
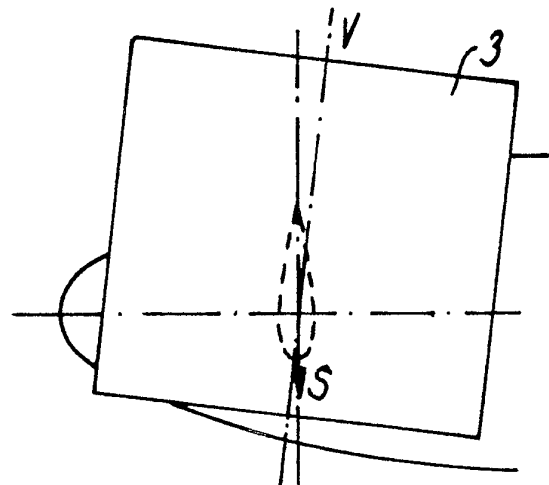


FIG. 6

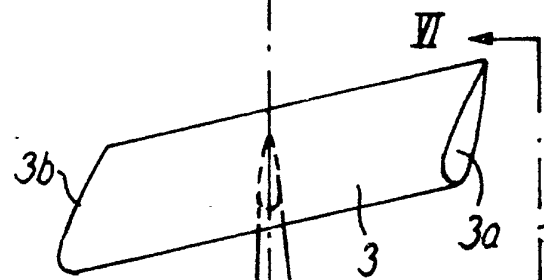
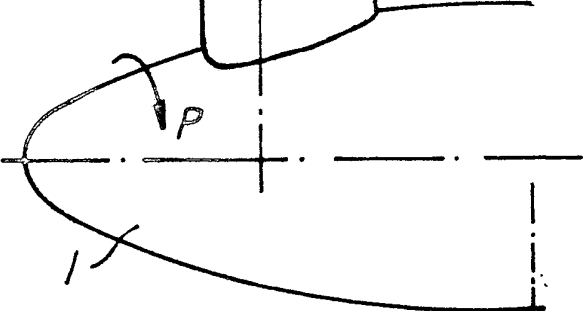
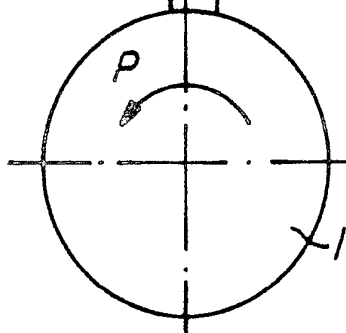


FIG. 5



VII