



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 7227/88

(51) Int.Cl.⁵ F 03 D 7/02

(22) Indleveringsdag: 23 dec 1988

(41) Alm. tilgængelig: 24 jun 1990

(44) Fremlagt: 02 apr 1991

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(71) Ansøger: Helge *Petersen; Klostermarksvej 17; 2700 Brønshøj, DK

(72) Opfinder: SAMME

(74) Fuldmægtig: Larsen & Birkeholm A/S Skandinavisk Patentbureau

(54) Aerodynamisk bremse på en vindrotor til en vindmølle

7227-88

(56) Frømdragne publikationer

(57) Sammen drag:

7227-88

Opfindelsen angår en aerodynamisk bremse på en vindrotor til en vindmølle, hvilken bremse omfatter den drejelige radialt yderste ende af vindrotorens vinger.

Denne drejelige del består af et radialt yderste første afsnit i vingens fulde bredde og et dermed forbundet andet afsnit, der strækker sig radialt indefter fra det første afsnit og kun udgør en del af vingens bredde. Den drejelige del er hængslet forbundet med vingen.

Fortrinsvis indgår det andet afsnit som den bageste del af vingen, set i rotationsretningen.

Skillelinien mellem vingen og den drejelige del forløber nogenlunde parallelt med vingens længderetning, og hængslingens akse forløber skråt bagud og radialt indad på vingen.

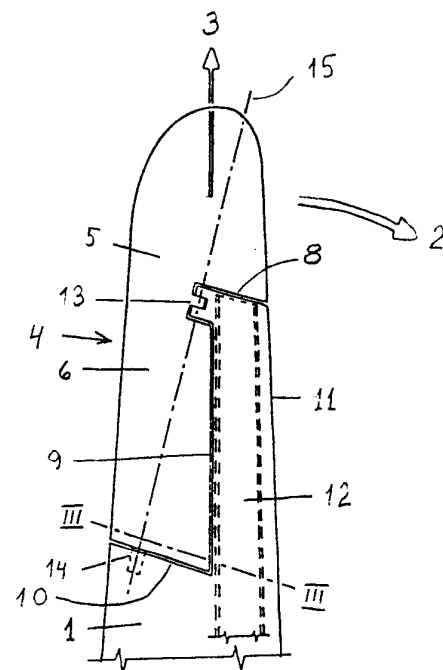


Fig.1

Opfindelsen angår en vindrotor til en vindmølle, hvilken vindrotor har vinger med en aerodynamisk bremse, som kan træde i funktion enten ved overskridelse af en forud fastsat rotationshastighed for vindrotoren eller for at regulere nævnte hastighed, hvilken bremse består af en drejelig del af nævnte vinger, hvilken drejelige del fortrinsvis er den radialt yderste ende af vingerne.

En vindmølle er en maskine, som udvinder energi af vinden ved kraftpåvirkningen på vindmøllens vindrotor, hvilken maskine omsætter vindens energi til elektrisk, mekanisk eller anden udnyttelig energiform. Den vindmølletype, som opfindelsen fortrinsvis kan nyttiggøres på, er den horisontalakslede, eller omtrentligt horisontalakslede, vindmølle, med en vindrotor bestående af et vilkårligt antal vinger roterende i et omtrentligt lodret plan vinkelret på vindretningen.

Det er krævet for godkendelse af en vindmølle, at den er udstyret med to bremsesystemer, der hver for sig kan forhindre, at vindmøllens rotor kommer op på for højt omdrejningstal. Det ene af de to bremsesystemer kan mest hensigtsmæssigt være et aerodynamisk bremsesystem, som træder i funktion ved overhastighed, og som ved luftkræfternes bremsende virkning begrænser rotorens omdrejningstal til en værdi, der sikrer mod overlaster. Overhastighed kan for eksempel optræde i tilfælde af, at vindmøllens mekaniske akselbremse svigter under en standsning af vindmøllen. Den aerodynamiske bremse kan også, foruden den ovennævnte primære nødfunktion, udnyttes til at virke sammen med den mekaniske bremse under den almindelige drift af vindmøllen, hvortil dog kræves, at bremsen manøvreres fra vindmøllens styresystem.

Der kendes forskellige typer af aerodynamiske bremses på

vindrotorer til vindmøller, og følgende kan nævnes:

a) Pitchkontrol

5 Her kan hele vingen drejes om dens længdeakse og anvendes ved effektkontrol af vindmøllen. Pitchkontrol er en løsning af en anden art end den, der er defineret i opfindelsens overbegreb.

10 b) Bremsefaldskærm

En bremsefaldskærm er anbragt sammenfoldet i et rum i vingetippen, det vil sige i vingens radialt yderste del, og den kan bringes til at folde sig ud og bremse vingen. Anvendelse af en bremsefaldskærm byder på to problemer, det ene, at det er tidskrævende at sammenfolde og deponere skærmen påny i rummet, når skærmen har været i brug, det andet, at det styrkemæssigt er problematisk at bruge bremsefaldskærme på lange vinger, da bremsningen sker meget brat.

c) Luftbremser

Luftbremser består af plader, der ligger indfældet i vingen, hvilke plader kan drejes eller udskydes i luftstrømmen. Denne type bremse er lig med bremser, der anvendes på svævefly. Erfaringer fra sådanne bremser på vindmøller viser, at disse ikke er tilstrækkeligt effektive, med mindre de er meget lange i forhold til vingens længde og dermed uforholdsmæssigt dyre.

d) Forkantklap

35 På den radialt yderste del af vingen, ca. 15% af vingelængden, er den i rotationsretningen forreste del, der

kan udgøre 15-20% af vingens bredde, hængslet til den bageste faste del af vingen på en sådan måde, at den kan vippe ud til en stilling næsten vinkelret på vingen.

5

For en forkantklap er det et problem at udføres dens hængsling på en sådan måde, at den nøjagtigt indtager den korrekte position, når den er indfældet, hvilket er nødvendigt, da blot en lille unøjagtighed i dens stilling i forhold til den bagved liggende faste vingedel medfører betydelige ændringer i vingeprofilets aerodynamiske egenskaber.

10

e) Drejetip

15

Den radialt yderste del af vingen, tippen, hvilken del typisk udgør de yderste 15% af vingens samlede længde, kan drejes om en aksel, der er placeret i vingens længderetning nogenlunde i midten af vingen. Når drejetippen aktiveres, drejes den til en position omtrentligt vinkelret på vingens rotationsplan. Denne aksels lejring frembyder en del problemer, og ved overgangen mellem vingens faste del og drejetippen er akslen udsat for betydelige bøjningspåvirkninger, der nødvendiggør en kraftig dimensionering af akslen, som på sin side medfører en tilsvarende forøgelse af vingens tykkelse.

20

25

Det er derfor formålet med opfindelsen at angive en udformning af en aerodynamisk bremse, som er uden de ovenfor beskrevne ulemper ved den kendte teknik, idet der som udgangspunkt for opfindelsen anvendes en vindrotor, der er baseret på en drejetip.

30

35

Dette formål opnås ved en vindrotor af den indledningsvist angivne art, hvilken vindrotor ifølge opfindelsen er sær-

egen ved, at den drejelige del omfatter et første og et andet afsnit, hvoraf det første afsnit udgøres af den radialt yderste del af vingen i dennes fulde bredde, at det andet afsnit strækker sig radialt indefter fra det første afsnit og udgør en del af vingens bredde, samt at den drejelige del er forbundet med vingen ved hængsler mellem det andet afsnit og vingen.

Sammenlignet med den kendte drejetip er fordelene, at akslen, hvorom drejetippen drejer, er undgået. Det ifølge opfindelsen anviste konstruktionsprincip med hængsler indbygget i vingens struktur modstår bedre end en aksel de aerodynamiske kræfter og centrifugalkræfterne, og vingen behøver derfor ikke at være så tyk, hvilket giver vingen en højere virkningsgrad. Af samme grund kan bremsen gøres længere end en drejetip og derfor give en bedre bremseeffekt.

Det andet afsnit af den drejelige del indgår fortrinsvis som en bageste del af vingen, set i rotationsretningen, jfr. krav 2, da dette giver den bedste form for vingen i aerodynamisk henseende.

Der opnås en fordelagtig udformning af den drejelige del, når skillelinien, som omhandlet i krav 3, mellem det andet afsnit og vingen strækker sig i det væsentlige i vingens længderetning, at hængslingens akse forløber i vingens plan, samt at den radialt inderste del af hængslingen fortrinsvis er i større afstand fra vingens forreste kant end hængslingens radialt yderste del.

Den aerodynamiske bremse ifølge opfindelsen hører til den klasse af bremser, hvor en del af bladet drejes vinkelret på den normale driftstilling og derved yder aerodynamisk modstand mod bladets rotation om vindmølleakslen.

35

I forhold til kendte aerodynamiske bremsekonstruktioner vil opfindelsens konstruktionsprincip føre til en konstruktion, som gør bremsen mere effektiv, sikrere, stærkere og billigere.

5

Vindrotoren ifølge opfindelsen skal forklares nærmere i det følgende under henvisning til tegningerne, hvor:

10 Fig. 1 viser en udførelsesform for en drejelig del på den radialt yderste ende af en vinge ifølge opfindelsen, hvor vingen tænkes at rotere i urvisernes retning, set forfra, det vil sige i vindens retning,

15 fig. 2a og b viser to alternative drejningsretninger for den i fig. 1 viste drejelige del, og

20 fig. 3a og b viser det i fig. 1 med linien III-III angivne snit, hvor den drejelige del er i en tilbagetrukket henholdsvis en udklappet stilling.

På fig. 1 er vist den radialt yderste ende af en vinge 1 til en vindrotor på en vindmølle, hvilken vinge er set i vindens retning og tænkes at rotere i den med pilen 2 viste retning, det vil sige i urvisernes retning. Når vindrotoren er i drift, vil vingen påvirkes af ydre kræfter, luftens kræfter på vingen og centrifugalkraften, som er antydnet med pilen 3.

30 På enden af vingen 1 er anbragt en vingetip 4, der udgør en aerodynamisk bremse på vingen 1. Denne vingetip 4 omfatter et første 5 og et andet afsnit 6, hvor det første afsnit 5 udgør den radialt yderste ende af vingen 1 i dennes fulde bredde, idet afsnittets 5 kontur indgår som en naturlig del af vingens kontur.

35

Det andet afsnit 6 strækker sig radialt indefter fra det første afsnit 5 og er integrerende forbundet med dette, hvorhos det andet afsnit udgør en del af vingens bredde.

5

På tegningen er det andet afsnit 6 vist som udgørende den i forhold til rotationsretningen 2 bageste del af vingen 1 og/eller vingetippen 4, men det ligger inden for opfindelsens ramme, at det andet afsnit 6 også kunne udgøre en forreste del af vingens 1 bredde.

10

Skillelinien mellem det andet afsnit 6 og vingen 1 strækker sig i Z-form og kan opdeles i en radialt yderste første del 8, en radialt inderste tredie del 10 og en mellemliggende anden del 9. Den mellemliggende anden del 9 af skillelinien strækker sig i det væsentlige parallelt med vingens 1 forkant 11.

15

Vingen 1 kan have en eller flere bjælker 12, som indgår i vingens struktur, og denne bjælke henholdsvis bjælker er antydnet med stiplede linier i fig. 1.

20

Vingetippen 4 er hængslet til vingen 1 med hængsler 13, 14, som tilvejebringer en hængsellinie 15. Hængsellinien 15 kan være placeret nær vingens 1 overflade eller inden i vingen 1, for eksempel midt inde i vingen.

25

Hængsellinien 15 forløber i vingens 1 plan og forløber fortrinsvis på en sådan måde, at det radialt inderste hængsel 14 er i større afstand fra vingens 1 forreste kant 11 end det radialt yderste hængsel 13, så hængsellinien 15 således strækker sig skråt bagud og radialt indad fra den forreste kant 11.

30

Den radialt yderste første del 8 og den radialt inderste

35

tredie del 10 af skillelinien forløber i planer vinkelret på hængsel­linien 15.

I fig. 2 er vist to valgmuligheder for drejningsretningen for bremsen. Ved udførelse (a) drejes bremsens forkant imod vindretningen, der er vist med pilen 16, og ved udførelse (b) drejes bremsens forkant bort fra vindretningen. Vingens bevægelsesretning i rotationen om aks­en er betegnet med pilen 17. Hvilken drejeretning der vælges er uden betydning for opfindelsen.

Ved skillelinien 8, 9 og 10 er der nødvendigvis spalter mellem vingen 1 og vingetippen 4, hvilke spalter kan fremkalde uønsket luftstrømning langs vingen.

For at begrænse luftstrømning gennem spalterne mellem vingen og vingetippen kan bremsen ligge an mod anslag, som i fig. 2 er antyd­et skematisk ved henvisningsbetegnelsen 18 henholdsvis 19, idet anslagene virker som labyrinttætninger.

I fig. 3 er vist det snit i vinge og bremse, som i fig. 1 er betegnet med linien III-III. For figuren gælder den udførelsesform, hvor bremsen drejes i retning (a) i fig. 2. Fig. 3 viser en mulig udførelsesform for de mekaniske elementer, der anvendes til bremsens manøvrering. Som nævnt i indledningen, er der to muligheder for bremsens manøvrering. Den ene er, at bremsen udelukkende har en nødfunktion, nemlig at træde i funktion, hvis rotoren kommer op på overhastighed, den anden er foruden ovennævnte nødfunktion også at kunne indgå i den normale driftsprocedure.

I førstnævnte tilfælde skal bremsen træde i funktion ved overhastighed, og da dette indebærer en forøget centrifugalkraft, er det da tilstrækkeligt at udstyre bremsen med

en udløser, der aktiveres ved den forøgede centrifugal-
kraft. Dette er enkelt at udføre på kendte måder, og en mu-
lig placering for udløseren er angivet ved 20. Det er hen-
sigtsmæssigt, at bremsen forbliver udslået, idet fejlen,
5 der har forårsaget overhastigheden, vil være af en sådan
art, at den må rettes manuelt, hvorfor bremsen også må sæt-
tes manuelt tilbage til driftsstilling. For at begrænse de
stødkræfter, der opstår ved en pludselig drejning af brem-
sen, og for at give tid til at også de andre vingers brem-
ser når at blive aktiveret, inden omdrejningstallet afta-
10 ger, er det påkrævet, at bremsens drejning foregår dæmpet,
af hvilken grund en hydraulisk, pneumatisk eller mekanisk
dæmper kan indbygges. Dæmperen er betegnet 21 og er forbun-
det til bremsen ved lejet 22 i elementet 23, som er monte-
ret på bremsen og fikseret i forhold til hængsellinien 15.
15 Dæmperens anden ende er forbundet til vingens faste del med
lejet 24. Når bremsen er udfældet, indtager den positionen,
der er i vist i fig. 3b.

20 Drejebevægelsen af bremsen udvirkes dels af de aerodynami-
ske kræfters moment om hængsellinien, dels af centrifugal-
kraften, såfremt passende masser er indbygget, og dels af
indbyggede momentgivere. De aerodynamiske kræfters drejemo-
ment vil være afhængig af den indfaldsvinkel, som luft-
25 strømmingen danner med vingens profiler i den aktuelle
driftssituation, hvor bremsen skal træde i funktion, og
denne situation kan indtræffe ved alle vindhastigheder.
Hvis vindhastigheden er lav, vil indfaldsvinklen være lil-
le, idet den relative lufthastighedsretning vil være domi-
neret af rotationens tangentialhastighed. Hvis vindhastig-
30 heden er høj, vil indfaldsvinklen tilsvarende være stor.
Det er derfor ikke forudsigeligt, hvor stort de aerodynami-
ske kræfters moment er, og det er derfor påkrævet at udvir-
ke bremsens drejning aktivt ved indbyggede momentgivere.

35

Drejebevægelsen kan aktivt udvirkes på flere måder, af hvilke tre skal nævnes:

a) I dæmperen 21 kan der være indbygget en trykfjeder.

5

b) Der kan på et vilkårligt sted langs hængselinien 15 være monteret en torsionsfjeder (ikke vist).

c) Der kan indbygges masser, såsom metalklodser, der er skematisk antydnet i fig. 3a med henvisningsbetegnelsen 25, hvilke masser under påvirkning af centrifugalkraften og på grund af hængseliniens skrå stilling i forhold til bladets længderetning vil medvirke til bremsens drejning.

15

Såfremt det er ønskeligt at bruge den aerodynamiske bremse også som almindelig driftsbremse, eventuelt i forbindelse med vindmøllens mekaniske bremse, kan systemet udvides dertil ved med hydraulik, pneumatik, elektromekanik eller andet system at påvirke udløseren til udløsning kontrolleret af vindmøllens styresystem samt til at dreje bremsen tilbage til normal driftstilling på tilsvarende måde styret af vindmøllens styresystem.

20

P A T E N T K R A V

1. Vindrotor til en vindmølle, hvilken vindrotor har vinger med en aerodynamisk bremse, som kan træde i funktion enten ved overskridelse af en forud fastsat rotationshastighed for vindrotoren eller for at regulere nævnte hastighed, 5 hvilken bremse består af en drejelig del af nævnte vinger, hvilken drejelig del er den radialt yderste ende af vingen, k e n d e t e g n e t ved, at den drejelige del omfatter et første og et andet afsnit, hvoraf det første afsnit udgøres af den radialt yderste del af vingen i dennes fulde 10 bredde, at det andet afsnit strækker sig radialt indefter fra det første afsnit og udgør en del af vingens bredde, samt at den drejelige del er forbundet med vingen ved hængsler mellem det andet afsnit og vingen. 15

2. Vindrotor ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det andet afsnit indgår fortrinsvis som en bageste del af vingen, set i rotationsretningen. 20

3. Vindrotor ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at skillelinien mellem det andet afsnit og vingen strækker sig i det væsentlige i vingens længderetning, at hængslingens akse forløber i vingens plan, samt at den radialt inderste del af hængslingen fortrinsvis er i større afstand fra vingens forreste kant end hængslingens radialt yderste del. 25

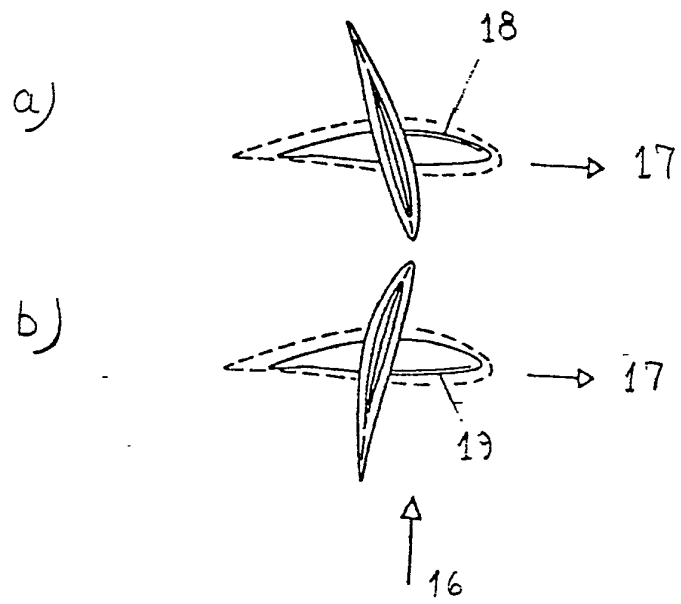


Fig.2

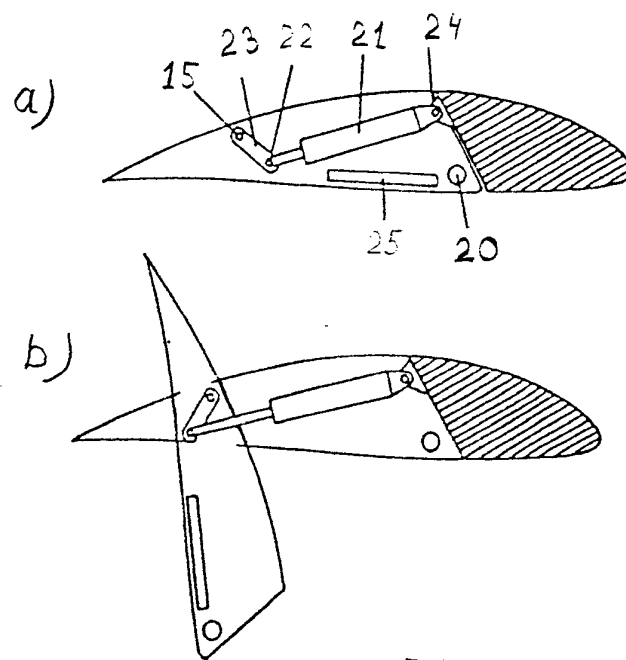


Fig.3