

## **Tentamen Octrooigemachtigden**

Tentamen "*Opstellen van octrooiaanvraag en verdedigen hiervan*"

*Electrotechniek/werktuigkunde*

---

**25 februari 2002**

**13.45 – 17.45 deel B**

## Opgave B

---

In het door het B.I.E. uitgebrachte rapport van een onderzoek naar de stand van de techniek worden genoemd:

Het Britse octrooigeschrift GB 2 216 abc (bijlage D1) en het Technical Journal Paper, jan 2000 (bijlage D2) Alle documenten zijn op tijd gepubliceerd en vormen stand van de techniek.

Bijgesloten vindt U de octrooiaanvraag zoals die ruim een jaar geleden is ingediend (bijlage A0). Deze octrooiaanvraag is gebaseerd op meer informatie dan in de bij opgave A gevoegde brief van de cliënt is vermeld.

Uw cliënt brengt inmiddels windturbines met trek – torsie – elementen op de markt.

Uw opdracht is om ten opzichte van de stand van de techniek verdedigbare conclusies voor te stellen, en uw standpunt in een aan uw cliënt gerichte brief te motiveren.

Bijlages: A0: Octrooiaanvraag als ingediend (incl. figuren 1 – 3)

D1: GB 2 216 abc

D2: Technical Journal Paper, Jan 2000

B1: US 4,374,XYZ

## Korte aanduiding: Windturbine met passieve regeling.

5 De uitvinding heeft betrekking op een windturbine omvattende een rotor met een aantal rotorbladen, die elk een eindgedeelte bezitten dat draaibaar is om de lengteas van het rotorblad, waarbij elk rotorblad is voorzien van een regelmechanisme dat verbonden is met het eindgedeelte van het rotorblad en dat is ingericht om de hoekstand van het eindgedeelte van het rotorblad ten opzichte van een meer naar de rotatie-as van de rotor gelegen gedeelte van het rotorblad te regelen in afhankelijkheid van de rotatiesnelheid van de rotor. De uitvinding heeft  
10 ook betrekking op een rotor die geschikt is voor gebruik in de windturbine volgens de uitvinding.

Een windturbine van het hierboven aangeduide type wordt gebruikt voor het opwekken van elektrische energie en is in verschillende uitvoeringsvormen bekend. Bij een algemeen  
15 bekende windturbine, waarbij het eindgedeelte van elk rotorblad een afzonderlijke, ten opzichte van het hoofddeel van het rotorblad draaibare tip is, omvat het regelmechanisme een schroefmechanisme en een onder voorspanning staande veer. Het schroefmechanisme heeft een as met uitwendige schroefdraad en een daarmee samenwerkend element met een opening met inwendige schroefdraad. De as steekt door de opening, waardoor bij verplaatsing van het element langs de as een  
20 draaiing van het element ontstaat. De veer heeft een langsas, die evenals de genoemde as, dezelfde richting heeft als de langsas van het rotorblad. De tip is bevestigd aan het element met inwendige schroefdraad, terwijl de van uitwendige schroefdraad voorziene as is verbonden met de naaf van de rotor. Zodra de centrifugale kracht op de tip groter wordt dan de voorspanning van de veer, beweegt de tip naar buiten en draait tegelijkertijd om zijn as door de werking van het  
25 schroefmechanisme. Door de regeling van de hoekstand van de tips van de rotorbladen wordt de invalshoek van de de rotorbladen passerende luchtstroom veranderd en wordt het aerodynamisch vermogen van de windturbine geregeld. Het mechanisme is passief en werkt zowel als vermogensregeling als als veiligheidssysteem ter voorkoming van een te hoge rotatiesnelheid. Voor het opwekken van elektrische energie is de rotor verbonden met een  
30 elektrische generator.

De bekende windturbine heeft als nadeel dat het regelmechanisme verschillende met elkaar samenwerkende bewegende onderdelen omvat. Een dergelijk mechanisme vraagt het

nodige onderhoud hetgeen bij windturbines vrij moeilijk is uit te voeren. Een andere uitvoering van een windturbine is beschreven en getoond in US 4,374,XYZ (Bijlage B1).

Een doel van de uitvinding is een windturbine te verschaffen met een eenvoudig, betrouwbaar en onderhoudsvrij regelmechanisme, dat dezelfde vermogensregel- en veiligheidsfuncties kan uitoefenen als het regelmechanisme bij bekende windturbines.

Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat het regelmechanisme een niet – isotroop element als torsie-element omvat, waarvan de langsas in hoofdzaak dezelfde richting heeft als de langsas van het rotorblad en dat onder invloed van een geschikte kracht tordeert. De windturbine volgens de uitvinding is gedefinieerd in conclusie 1.

Door toepassing van een dergelijk niet –isotroop element wordt een regelmechanisme verschaft dat geen ten opzichte van elkaar bewegende onderdelen omvat en daardoor onderhoudsvrij is.

Doelmatig is het torsie-element opgebouwd uit lagen vezelversterkte kunststof, waarbij de vezels van het torsie-element zodanig zijn georiënteerd dat het element onder invloed van een axiale trekkracht of een buigkracht tordeert. De vezels versterken de constructie en vergroten derhalve de veiligheid en het maximaal toelaatbare toerental van de rotor.

Doelmatige en voorkeursuitvoeringsvormen van de windturbine volgens de uitvinding zijn vastgelegd in de onderconclusies.

De uitvinding wordt in het hiernavolgende uitvoeringsvoorbeeld toegelicht aan de hand van de tekening, waarin de figuren 1, 2 en 3 schematisch een deel van een van de rotorbladen van een voorkeursuitvoeringsvorm van de windturbine volgens de uitvinding weergeven.

Het rotorblad 1 volgens de uitvinding, waarvan in de tekening een deel is weergegeven, omvat een hoofddeel 2 dat vast verbonden is met een niet weergegeven centrale naaf van de rotor van de windturbine volgens de uitvinding en een ten opzichte van het hoofddeel 2 draaibare tip 3. De tip 3 is met lagers 4 en 5 gelagerd op een holle as 6, die ter plaatse van de bevestigingsplaatsen 7 en 8 vast verbonden is met het hoofddeel 2 van het rotorblad. De hartlijn van de holle as 6 valt samen met de langsas 9 van het rotorblad. Ter plaatse van de

bevestigingsplaats 10 is de om de langsas 9 draaibare tip 3 vast verbonden met een langwerpige, binnenin de holle as 6 aangebracht en gedeeltelijk buiten de holle as uitstekend niet-isotrop trek-torsie element 11. Dit trek-torsie-element 11 is in dit voorbeeld uit een vezelversterkte kunststof gemaakt, en tordeert om de langsas 9 als er een axiale trekkracht op wordt  
5 uitgeoefend. De in figuur 1 met II en III aangeduide details zijn in figuur 2, respectievelijk figuur 3 vergroot weergegeven.

In het algemeen zal deze constructie zodanig zijn uitgevoerd, dat torsie van het element eerst optreedt nadat een bepaalde minimum waarde van de trekkracht wordt overschreden.

10 Wanneer de rotatiesnelheid van de rotor van de windturbine toeneemt, zal de centrifugale kracht op de tip 3 van elk rotorblad en daarmee de op het trek-torsie-element 11 uitgeoefende trekkracht, eveneens toenemen. Het trek-torsie-element 11 zal daardoor, wanneer de trekkracht een bepaalde waarde overschrijdt, een torsie ondergaan, waardoor de hoekstand van de tip 3 ten opzichte van het hoofddeel 2 van elk rotorblad zal veranderen.

Op deze wijze kan, zoals bij bekende windturbines, het vermogen van de windturbine  
15 worden geregeld en een veiligheidsfunctie in de windturbine worden ingebouwd, teneinde te voorkomen dat de rotatiesnelheid van de turbine boven een bepaalde maximale waarde komt.

Het trek-torsie-element 11 is bij voorkeur uitgevoerd als een buis uit vezelversterkte kunststof, waarbij de vezels zodanig zijn georiënteerd dat de buis onder invloed van een axiale trekkracht de buis tordeert. Het verband tussen de axiale trekkracht en de torsiehoek wordt  
20 bepaald door de afmetingen van de buis, het kunststofmateriaal, het materiaal van de vezels en de wijze waarop de vezels in de buis zijn aangebracht.

Het kunststofmateriaal van de trek-torsie buis 11 is bijvoorbeeld epoxy of polyester. Het materiaal van de vezels is bijvoorbeeld glas, aramide of koolstof. Een bijzonder gunstige materiaalcombinatie voor de trek-torsie buis is epoxy met aramidevezels.

25 Teneinde een op het eindgedeelte van elk rotorblad werkende centrifugale kracht van voldoende grootte te verkrijgen, zal het in het algemeen nodig zijn dat aan het uiteinde van de rotorbladen een extra massa wordt aangebracht. De grootte van deze massa wordt bepaald door de vereiste verband tussen rotatiesnelheid van de rotor en de torsiehoek van het eindgedeelte van de rotorbladen.

30 Door toepassing van een dergelijk torsie-element wordt een windturbine verkregen met een eenvoudig, betrouwbaar en onderhoudsvrij regel- en veiligheidssysteem.

Het niet-isotrope torsie element kan binnen het kader van de uitvinding (1) een trek-torsie-element zijn, waarbij door uitoefening van een axiale trekkracht - de centrifugaal kracht

op een rotorblad - het element tordeert, of (2) een buig-torsie-element zijn, waarbij door een zijwaartse kracht – de buigkracht bij buiging van de rotorbladen tijdens het draaien - het element tordeert. In geval (2) kan het buig-torsie element zijn gevormd door het rotorblad zelf, waardoor bij buiging van het rotorblad een torsie in het rotorblad zelf ontstaat. Een oscillatie van de stand van tip van de rotor en daarmee van de werking, bijvoorbeeld na plotselinge windvlagen, treedt voor trek-torsie-elementen beduidend minder op dan voor buig-torsie-elementen. Dergelijke oscillaties veroorzaken een verlies aan vermogen en een toename van slijtage van de elementen. In trek-torsie-elementen zijn over het algemeen ook minder vezels nodig voor eenzelfde sterkte van het element. De hoek die de vezels maken ten opzichte van de lengteas van de buis, indien gebruik wordt gemaakt van vezels, is ook verschillend in de verschillende types; voor een buig-torsie-element ligt deze hoek typisch tussen  $180^{\circ}$  en  $220^{\circ}$ , voor een trek-torsie element typisch tussen  $50^{\circ}$  en  $90^{\circ}$ .

### Conclusies

1. Windturbine omvattende een rotor met een aantal rotorbladen, die elk een eindgedeelte bezitten dat draaibaar is om de langsas van het rotorblad, waarbij elk rotorblad is  
5 voorzien van een regelmechanisme dat verbonden is met het eindgedeelte van het rotorblad en dat is ingericht om de hoekstand van het eindgedeelte van het rotorblad ten opzichte van een meer naar de rotatie-as van de rotor gelegen hoofdedeelte van het rotorblad te regelen in afhankelijkheid van de rotatiesnelheid van de rotor, met het kenmerk dat het regelmechanisme een torsie-element (11) bevat, dat is gevormd door een niet-isotroop element, waarvan de  
10 langsas in hoofdzaak dezelfde richting heeft als de langsas (9) van het rotorblad en dat onder invloed van een trekkracht of een buigkracht tordeert.

2. Windturbine volgens conclusie 1, met het kenmerk dat het torsie-element is opgebouwd uit lagen vezelversterkte kunststof waarbij de vezels van het torsie-element zodanig zijn georiënteerd dat het element (11) onder invloed van een axiale trekkracht tordeert.

15 3. Windturbine volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk dat het draaibaar eindgedeelte van elk rotorblad een afzonderlijke, ten opzichte van het hoofddeel van het rotorblad draaibare tip is, waarbij in elk rotorblad (1) een langwerpige torsie-element (11) is aangebracht, dat aan een einde is bevestigd aan de tip (3) en aan het andere einde is bevestigd aan het hoofddeel (2) van het rotorblad.

20 4. Windturbine volgens conclusie 3, met het kenmerk dat het torsie-element buisvormig is.

5. Windturbine volgens conclusie 1, met het kenmerk dat het torsie-element is gevormd door het rotorblad.

25 6. Windturbine volgens conclusie 2, met het kenmerk dat de vezels glas, arimide of koolstof bevatten en dat de kunststof epoxy of polyester is.

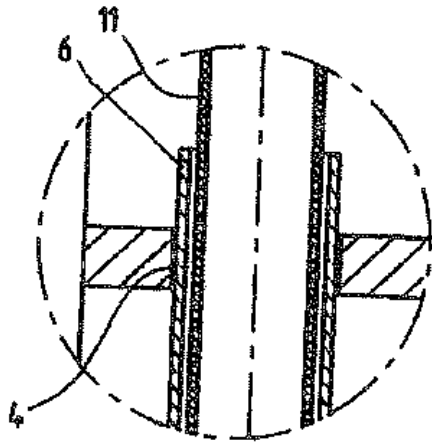


Fig. 2

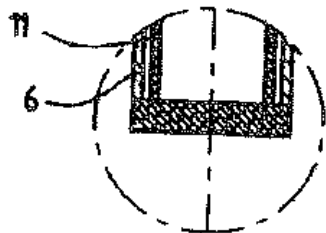


Fig. 3

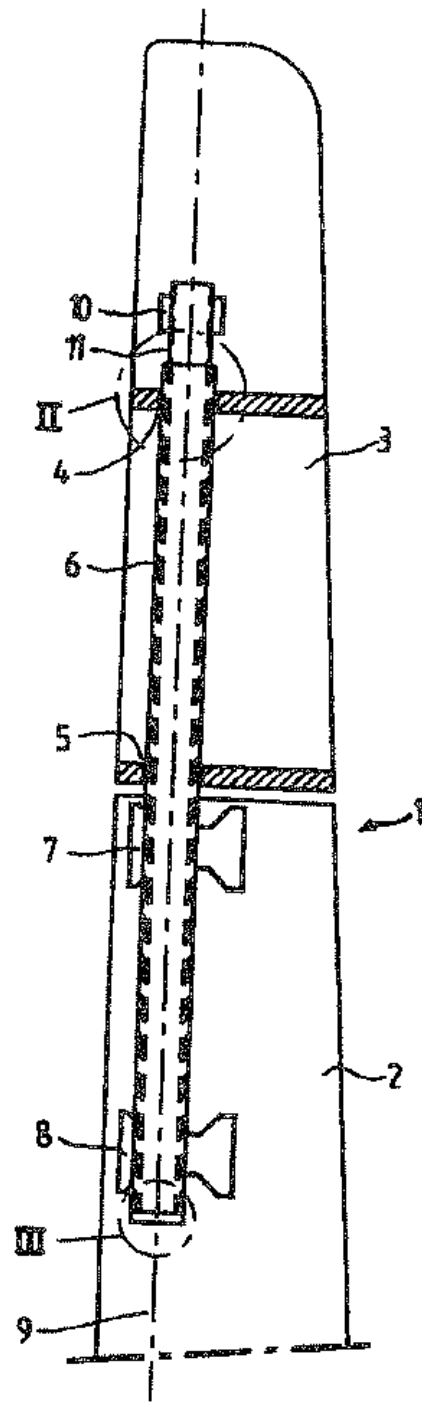


Fig. 1



STRUCTURES CONTAINING ANISOTROPIC MATERIAL

GB 22 16 abc

Bijlage D1

This invention relates to structures containing anisotropic material, i.e. material that exhibits different physical properties in different directions. The invention applies particularly to structures in which the anisotropic materials are in sheet-like form..

The invention applies especially to blades, shaped to be capable of generating useful thrust when in motion relative to surrounding fluid at an appropriate angle of attack. Such blades may acquire energy and so generate useful force because moving fluid flows over them, as is the case for example with wind turbines.

It has been proposed in the published Proceedings of a Workshop on "Use of Composite Materials for Wind Turbines" at Harwell, UK In November 1987, that an isotropic material could be used for wind turbine blades. Such blades can be mounted in various ways, but are typically vertically-mounted to rotate about a vertical axis, or horizontally mounted. Those Proceedings disclose that as wind turbine blades rotate at increasing speed they are subjected to bending forces which increase with that speed. For a horizontally-mounted blade the bending force results from wind striking the blade in a direction parallel to the axis of rotation.

If the blade is made of anisotropic material, i.e. the blade has non-isotropic properties, then the bending of the blade can result in a twist of the blade about its lengthwise axis, with the result that the angle of attack between the blade and the surrounding fluid may change. This change may be put to useful effect; as the blade bends, indicating a tendency to overload, the progressive change in the angle of attack may be used to counteract this tendency, e.g. by diminishing the load upon the blade and so the resultant bending.

The present invention arises from appreciating two things. Firstly that there are limitations on making such structures as wind turbine blades entirely from anisotropic material, and if such a blade is made wholly from anisotropic material and is subjected in use to bending, that change of shape is certain to result not only in useful twist but also in detrimental other changes to the blade shape, such as buckling. Secondly, that by the appropriate inclusion of anisotropic material in a structure such as a wind turbine blade, twist and useful resultant change to the angle of attack can be induced other than by lengthwise bending resulting from the force of the wind, or from forces generated by the rotation of the blade.

GB 2 216 abc

The present invention is defined by the claims, and the invention will now be described by way of example with reference to the accompanying diagrammatic drawings in which :

Fig. 1 is a transverse sections through a wind turbine blade;

Fig. 2 is a plan view of the blade of Fig. 1;

5 Fig. 3 is a cut-away elevation of a hollow cylindrical reinforcing spar;

Fig. 4 is a cut-away perspective view of another hollow cylindrical reinforcing spar;

Fig. 5 shows the effects of bending upon cylindrical spars containing antiotropic material;

Figs. 6 and 7 show a vertical-axis wind turbine in elevation and plan view respectively;

10 Fig. 8 illustrate the effects of bending upon a blade of the turbine of Figs 6 and 7.

Fig. 1 is a transverse section through a wind turbine blade comprising two parts. Outer part 1 is of generally aerofoil section and hollow inner part 2 is a reinforcing spar (i.e. post) which presents a long axis 3 and is of circular section. Parts 1 and 2 are attached together by joints 4 and 5 extending over the full length of part 2, which will typically extend from root 25 to tip 26, as shown in Fig. 2. The free end of the root 25 can be attached to a rotor of a wind turbine.

According to the invention either the part 1 or the part 2, or both parts, of the blade shown by way of example in Figure 1 include material of an overall anisotropic character relative to the length of the blade.

Fig. 3 shows a hollow GRP (plastic reinforced with glass fiber) cylinder 30 formed about an axis 31, which could be a suitable unit for use as spar 2 of Fig. 1, where that spar is intended to undergo useful twist as a consequence of bending. Cylinder 30 comprises laminated layers 32-34 of sheet-form GRP. As shown for layer 32, one web of aligned glass fibres 35 could be embedded in each layer, these fibres being laid helically at an angle A to the axis 31. More typically, as shown for layers 33, 34, each of the laminated sheets comprises two webs of aligned fibres 37, 38, making angles B and C with axis 31 respectively. If angle A or the mean of angles B and C is other than zero, then layers 32-34 will have an anisotropic character. Fig. 4 shows an arrangement of anisotropic material within hollow cylinder 67 having a slightly different effect from the arrangement of Fig. 3. In Fig. 4 the material is incorporated within the hollow cylinder in regions 61 and 62 lying to opposite-sides of a mid-plane 60. The two sections of the anisotropic material are arranged so that their aligned fibres 63 and 64 are

GB 2 216 abc

arranged in mirror-image fashion to each other on opposite sides of the mid-plane 60. Suppose that a hollow cylinder 67, as described with reference to Fig. 4, is anchored at root 40 and subjected to a bending load directed as indicated by arrow 41, as shown in Fig. 5. Provided the direction of load 41 does not lie exactly in mid-plane 60, not only will the axis 31 bend but an  
5 imaginary line 42 drawn on the surface of the cylinder can take up the helical configuration shown in Fig. 5.

Figs. 6 to 8 show the practical effect of these changes for a vertical-axis wind turbine (VANT). VANT's comprise a central mast 50 supporting a hub 51 from which radiate arms 52 with blades 53. At rest, the blades are set at an angle of attack E. When the blades 53 contain  
10 anisotropic material and are subjected to an externally-generated bending force as in Fig. 5, the result is as shown in simplified and schematic elevation in Fig. 8. Fig. 8 shows how the twist, caused by the bending, may be used to diminish the angle of attack from an unchanged E, where blade 53 is attached to arm 52, to a diminished E, at the tip 54 of the blade, thereby providing the means whereby as the wind strength increases towards the level at which the  
15 VANT might become overloaded or fall, the turbine blades automatically change shape so that blade bending and rotor speed both increase no further.

### CLAIM

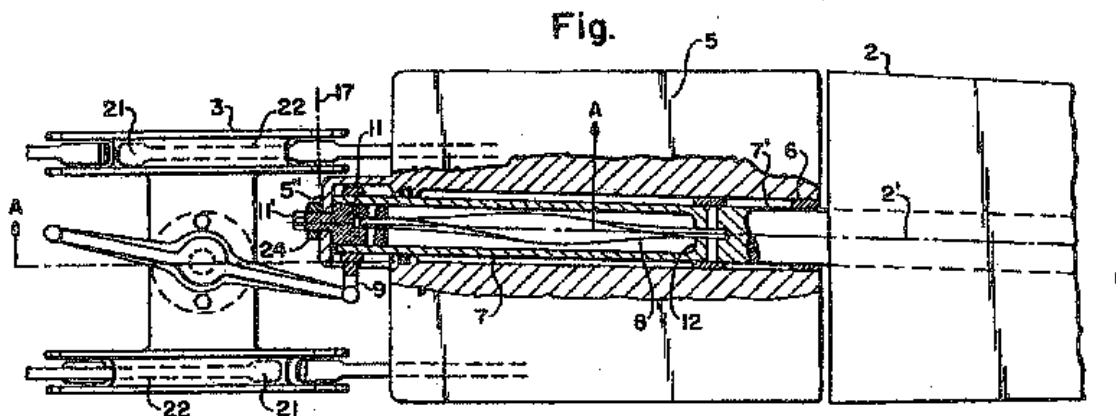
20 1. An elongated structure comprising a first and hollow elongated outer part and at least one second and reinforcing part within and attached to the first part, in which the first part is so shaped as to be capable of generating useful thrust when set in motion relative to surrounding fluid at an appropriate angle of attack, and in which at least one of the first and second parts includes material of an overall anisotropic character relative to the long axis of the  
25 structure, whereby bending of the length dimension causes a twisting of the structure about the same dimension, whereby varying the angle of attack.

Regulating device for maintaining constant the rotary speed in turbines

The turbine shown only partially in the figure is used as a wind turbine for driving a load, such as an electric generator, by a drive shaft. The turbine blades, of which only the inner portion of one blade 2 is shown, are rotatably connected to the turbine hub 3 by means of a regulating device comprising a torsion spring 8 coaxially mounted in a tubular member 7. The member 7 is connected at its radially outer end to turbine blade 2 and extends axially through a hollow blade root 5, which serves as a housing for the tubular member 7. Blade 2 is rotatably mounted in blade root 5 by bearings 6. At its radially inner end, the blade root 5 is fixed to the hub 3.

The blade root 5 and the tubular member 7 are axially held together by means of the torsion spring 8, which is in the form of a leaf spring. At its radially outer end, the spring 8 is fixedly connected to the blade 2 by means of a spring attachment 12, and at its radially inner end fixed to the hub 3 by means of a spring attachment 11. The spring 8 can be given a bias for determining the basic setting of the rotary speed of the turbine shaft.

The turbine blade 2 has such a blade profile and is so arranged in relation to the common longitudinal axis of the parts 5 and 7 that the wind force acting on the blade against the action of the torsion spring 8 gives rise to a moment acting about the axis of rotation 2' of the blade. This moment tends to turn the blade 2 about said axis which coincides with the common longitudinal axis of the parts 5 and 7.



## Bijlage B1

**United States Patent  
Barnes**

**4,374,XYZ  
February 22, 1983**

Windmill speed limiting system utilizing hysteresis

5 BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

10 This invention relates generally to a speed limiting system for a windmill and more particularly to a speed limiting system utilizing a hysteresis effect to prevent the return of the system to its normal status until wind conditions have abated.

2. Description of the Prior Art

15 The use of windmills as a source of energy has been known for a long time. However, several problems exist which prevent the windmill from becoming an effective energy source. One problem long recognized is the effect of high winds, such as in gales and storms, on the blades and other equipment of the windmill. As the winds increase, the blades turn at a high rate of speed to the point that damage may be done to the equipment. Hence, it is necessary to  
20 limit the speed of the blades even though the point of damage has not been reached. Over the years, various adjusting mechanisms have been developed to counteract this effect. However, these various devices generally have not been satisfactory, due to their complex nature, their unreliability and their high degree of maintenance.

25 SUMMARY OF THE INVENTION

Accordingly, an object of this invention is to provide a novel speed limiting system for a windmill which is capable of reliable operation under adverse conditions.

30 This and other objects of the present invention are achieved by providing a speed limiting system which utilizes the blade tips as brakes by rotating the tips so that they act as a resistance to the wind. Each of the blade tips is connected to a central drum by means of a cable which is spring loaded, so that each blade receives the same braking action.

35 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a drawing of the overall invention;  
FIG. 2 is a schematic diagram of the blade and blade tip of the present invention;  
FIGS. 3A and 3B are schematic diagrams illustrating the normal orientation and the actuated  
40 orientation of the blade tip;

FIG. 4 is a schematic diagram of the cam track bushing utilized in the present invention; and  
FIGS. 5A and 5B are schematic diagrams illustrating the normal condition and the actuated  
45 condition of the central drum.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

Referring now to the drawings wherein like reference numerals designate identical or

corresponding parts throughout the several views, and more particularly to FIG. 1 thereof wherein the overall arrangement of the windmill and its speed limiting system 1 is shown as including a windmill tower 2 for supporting to a hub arrangement 3, and three blades 4, each containing a blade tip portion 5. Each of the blades is fixedly connected to the hub 3 and rotate therewith. The hub is connected to a shaft and bearing arrangement, not shown, which rests on top of the windmill support 2. When the wind blows against the windmill blades, the hub and blades rotate and may be used to drive an electrical generator, not shown, to generate electricity. When the force of the wind is too great and the blades rotate too fast, the blade tips rotate so that they act as a brake.

As is shown in FIG. 2, blade 4 contains a hollow shaft 6 which is mounted securely inside the blade and extends parallel to the axis of the blade. The end of the shaft extends into the blade tip 5 in a similar manner, but is not attached thereto. At a point inside the blade tip 5, two diametrically opposed, radially protruding pins 9 are fixed to the shaft 6 and thereby forming a so called cam follower 9. The blade tip 5 carries a bushing 10 which is attached thereto and which has two curved slots, which are provided in the wall of the bushing and form so called cam tracks 11, 12. The tracks are each formed in two sections, an upper section which extends in the axial direction and a lower section which extends axially and circumferentially around the bushing. Cam follower 9 extends through the tracks 11, 12 (thus the pins 9 are in the slots 11,12), and is movable therein. The bushing 10 has an inside diameter slightly larger than the outside diameter of shaft 6 and fits loosely around the shaft 6. The bushing may move about the shaft which is rigidly fixed as limited by the cam follower and cam track. A rod or cable 16 extends through the shaft 6 and is attached to the blade tip 5 in some manner. The rod extends down the shaft to the center of the windmill.

FIGS. 3A and 3B show the pivoting action of the blade tip, as viewed from the end of the blade. The pivot point 19 is indicated as being below the center of the blade. The center point 20 is marked by the intersection of the two center lines. In FIG. 3B the movement of the blade tip, when actuated, is shown. The tip moves about the pivot point 19 some  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  so as to present a large surface area in the direction of the rotational movement of the blade.

FIG. 4 shows more clearly the cam follower 9 and bushing 10 which were described in FIG. 2. Here, the relationship of the cam follower 9 and the cam tracks 11 and 12 can more easily be seen with the other parts of the mechanism removed. The cam tracks extend on the wall of the bushing in opposite circumferential directions. Thus, as the cam follower moves in the tracks, only axial and rotational movement is produced in the bushing and thus rotation of the tip 5.

FIGS. 5A and 5B show the connection of the rods 16 from the different blades to the central hub apparatus. Each of the rods is pivotally connected to the periphery of a drum 21 which is mounted on hub 3. The drum 21 is coaxial with the hub 3 and mounted so that the drum may rotate about its center in relation to the hub a portion of one turn. A shaft may be used to connect the hub and drum at their centers as long as at least one is loosely connected thereto. In addition to the relative rotation between the hub and drum, the hub and drum rotate with the blades and rods around their axis due to the driving force of the winds against the blades. Since the blades are rigidly mounted on the hub, the hub is directly driven. The drum is driven at the same rotational speed due to the rods which are connected to the blades and the drum and move at the same rotational speed as the hub. Further, the drum is spring loaded by springs 17 which are connected at one end to the drum and at the other end to the hub. The drum and hub are held together by springs 17 and aid in keeping the rotational movement of

both elements equal. Normally, the springs are essentially unextended, as shown in FIG. 5A. However, in the actuated position, the drum rotates part of one turn in relation to the hub, and the springs are extended, as shown in FIG. 5B. In either position, the hub and drum are moving rotationally at the same speed, with the blades and rods. As mentioned above, the rods are connected to the periphery of the drum. Any pulling forces on the rods are transferred to the rotational movement of the drum 21, in opposition to the springs 17, which tend to hold the drum in the unactuated position. Hence, when the pull on rods 16 is stronger than the pull of the springs, the drum will rotate a portion of one turn to the actuated position shown in FIG. 5B.

In normal operation, the blades are forced in a circular motion about the central hub by the force of the wind. As the blades move, centrifugal force is generated on the blade tips. This force is carried by the rods to the central hub where the drum is located. Since each of the rods is connected to the drum 21, the centrifugal force acting on the blades is averaged and the forces on the blades become equal. At normal operating speeds, the springs connected to the drum exert enough force to keep the rods from extending and allowing the blade tips to extend outwardly. With an increase in wind velocity, the blades move faster and the blade tips pull harder on the rods. Opposed by the springs, the rod will move outwardly slightly, allowing the blade tips to move outwardly. The position of the blade tips is controlled by the cam follower 9 moving within the cam tracks 11,12. As the tip moves outwardly, cam follower 9 moves axially from point 13 to point 14 on the first section of the track. Thus, the blade tip remains in its normal orientation even though it moves outwardly to a small degree.

Under storm conditions, the blades increase in velocity and the centrifugal force on the blade tips increase, pulling harder on the rods. As the rods are pulled and the drum is turned, the springs attached to the drum are expanded, while the cam follower 9 moves towards point 15 resulting in a rotation of the blade tip 5.

### *Claim*

1. A speed limiting system for a windmill, comprising:

a hub mounted for rotational movement;

a plurality of blades attached to said hub, each blade including a main blade portion and a rotatable blade tip portion;

a plurality of rods for coupling respective blade tip portions to said drum;

each blade tip portion containing a cam track bushing and a cam follower and coupled to a respective one thereof for imparting rotational movement to the respective blade tip portion in relation to the respective main blade portion, said cam track bushing including at least one cam track for receiving said cam follower and allowing relative movement therein, said cam track including a first track section extending axially with respect to the respective blade and a second track section extending both axially and circumferentially with respect to the respective blade;

a drum rotatably coupled to said hub;

bias means coupling said drum and said hub for producing a force opposing relative rotation therebetween.



U.S. Patent

4,374,XYZ

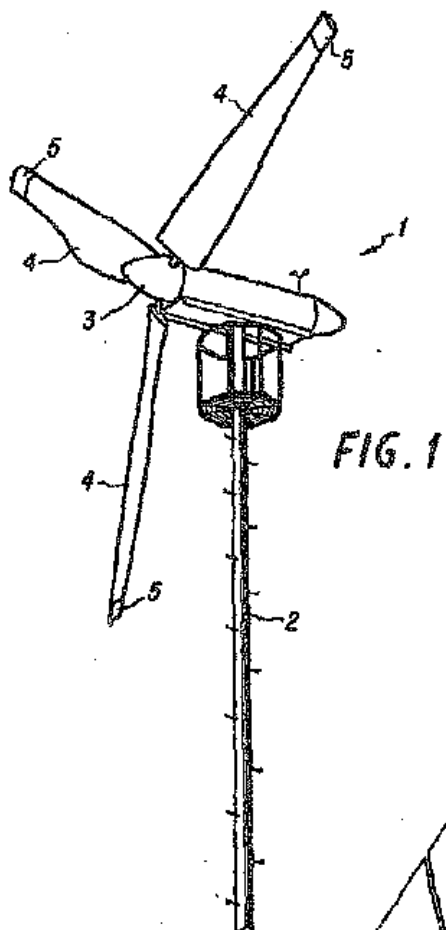


FIG. 1

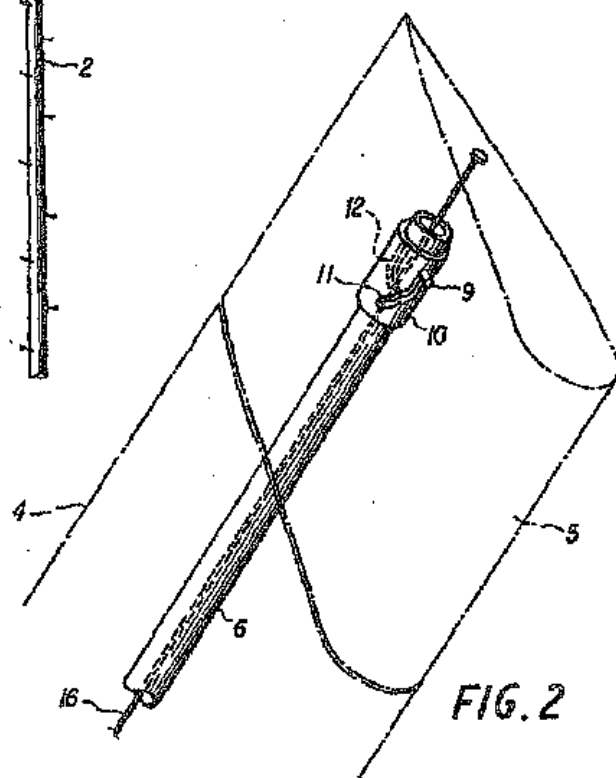


FIG. 2

U.S. Patent

4,374,XYZ



FIG. 3A

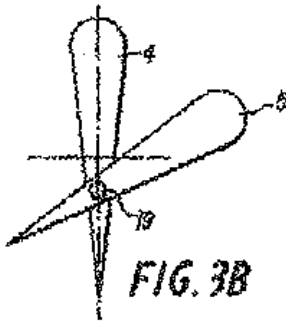


FIG. 3B

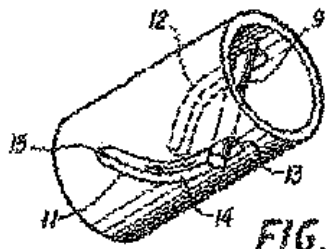


FIG. 4

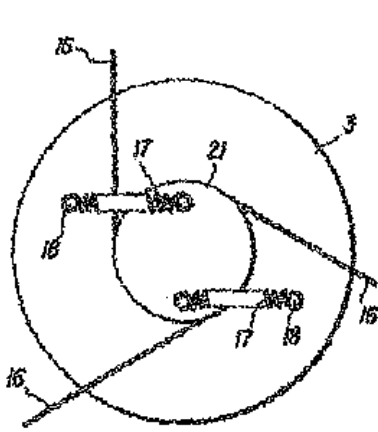


FIG. 5A

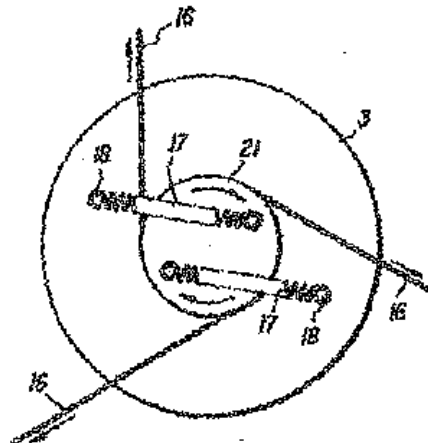


FIG. 5B