



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

-
- (51) Int.Cl.[®]: *F 03 D 1/02 (2006.01)* *F 03 D 1/06 (2006.01)* *F 03 D 7/02 (2006.01)*
(21) Patentansøgning nr: *PA 2005 01626*
(22) Indleveringsdag: *2005-11-21*
(24) Løbedag: *2005-11-21*
(41) Alm. tilgængelig: *2007-05-22*
(45) Patentets meddelelse bkg. den: *2007-09-24*
- (73) Patenthaver: *LM Glasfiber A/S, Rolles Møllevej 1, 6640 Lunderskov, Danmark*
(72) Opfinder: *Peter Grabau, H.C. Petersens Vej 10, 6000 Kolding, Danmark*
- (74) Fuldmægtig: *Zacco Denmark A/S, Åboulevarden 17, 8000 Århus C, Danmark*
-

(54) Benævnelse: *Et vindenergianlæg med ekstra sæt vinger*

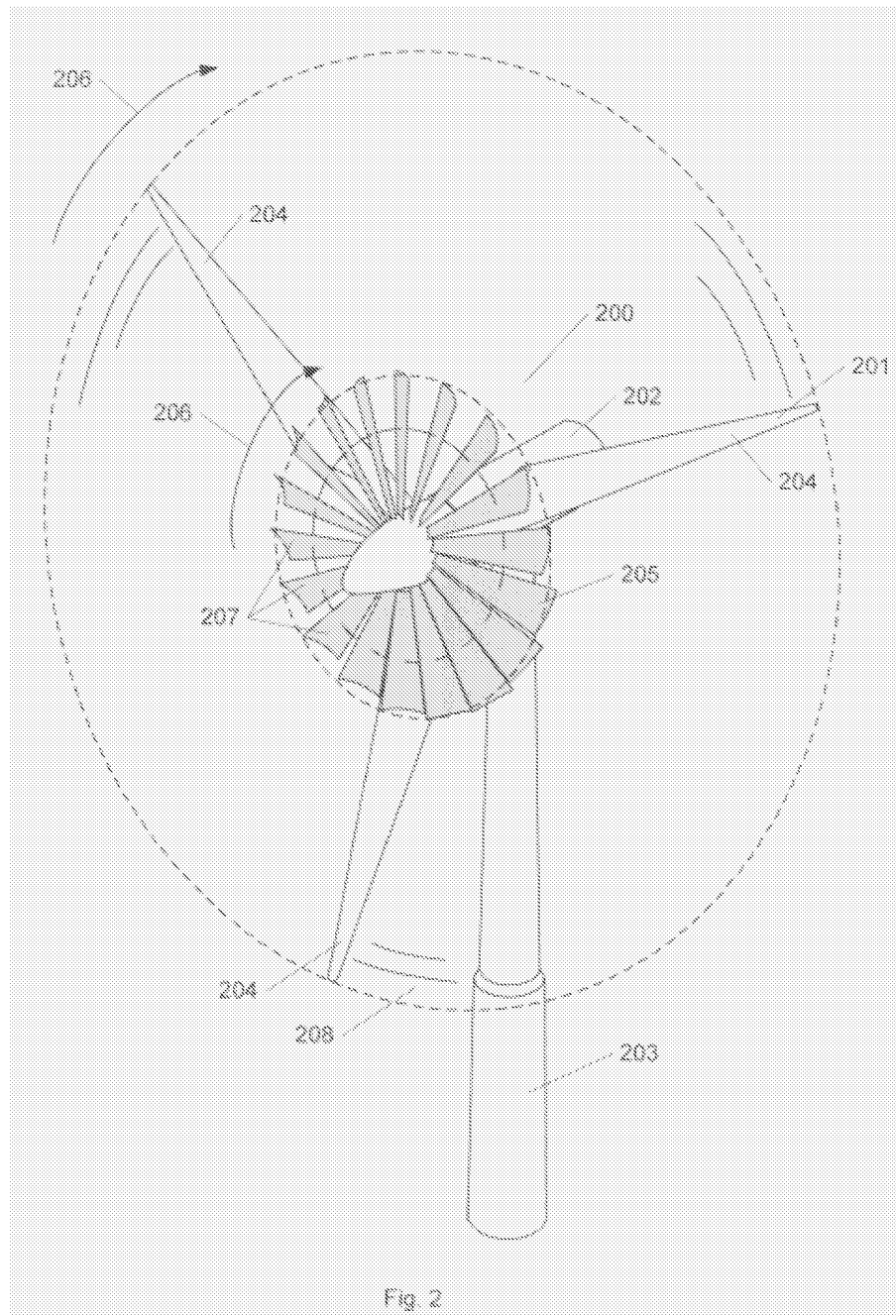
(56) Fremdragne publikationer:
US A 4150301
GB A 2347178

(57) Sammendrag:

Den foreliggende opfindelse angår et vindenergianlæg med et første sæt med mindst en vinge monteret på en aksel, samt mindst et andet sæt med mindst en vinge monteret på samme aksel og monteret således, at vingesættene vil have samme rotationsretning og samme omdrejningstal. Det andet sæt vinger har en længde, som er mindre end det første sæt vingers og et andet optimalt tiphastighedsforhold end det første sæt vinger, således at de to sæt vinger er optimerede med hensyn til effektudbytte ved samme omdrejningstal.

Forholdet mellem længderne af de to sæt vinger kan være tilnærmelsesvist bestemt ved forholdet mellem de to sæt vingers optimale tiphastighedsforhold. Alternativt kan det andet sæt vinger være konstrueret til at have et optimalt tiphastighedsforhold, hvilket er bestemt ud fra forholdet mellem de to sæt vingers længde og det optimale tiphastighedsforhold for det ene sæt vinger. De to eller flere sæt vinger kan enten sidde lige bag hinanden eller sidde i samme rotorplan, og de to sæt vinger kan ifølge opfindelsen udgøres af en lille vindrose og en større hurtigløber.

Opfindelsen angår endvidere anvendelse af et sådant vindenergianlæg.



ET VINDENERGIANLÆG MED EKSTRA SÆT VINGER.

Opfindelsen angår et vindenergianlæg med et første sæt vinger monteret på en aksel samt mindst et ekstra andet sæt vinger med en mindre længde end
5 det første sæt vinger. De mindst to sæt vinger er monteret på samme aksel og med samme rotationsretning.

Baggrund

Vinden søges i stigende grad udnyttet som energikilde, hvorfor både flere og
10 stadig større vindenergianlæg opstilles rundt omkring. For at opnå større effektudbytte gøres vindenergianlæggene dels mere effektive ved at optimere de enkelte komponenter i anlægget og dels større med længere og længere vinger.

15 Ved et vindenergianlæg med en trebladet rotor på horisontal akse er vingerne på deres inderste stykke ind mod navet relativt smalle, og i denne del af rotoren passerer en stor del af vinden igennem uudnyttet eller kun udnyttet i ringe omfang. Såfremt også denne del af vinden i stedet kan udnyttes optimalt af vingerne, vil møllens effektudbytte kunne øges betragteligt.

20 En metode til at opfange og udnytte denne energi er ved at gøre vingerne meget brede på deres inderste stykke inde ved roden. Dette medfører imidlertid meget store belastninger på vingerne - især ved større vindhastigheder og vindstød, hvor rotoren derfor må standses eller drejes ud af vinden tidlige-
25 re (ved mindre vindhastigheder) end det ellers ville være tilfældet med traditionelt formede vinger. Endvidere giver de meget brede vinger problemer dels under produktionen og dels ikke mindst ved transport af de færdige vinger hen til opstillingsstedet.

30 Det er ligeledes kendt blandt andet fra DE 10152449 at udforme vingerne således, at deres inderste del ind mod roden består af sammenfoldelige duge

eller skaller således, at vingens overflade kan ændres som funktion af eksempelvis vindhastigheden. Sådanne vinger indebærer imidlertid en betydelig komplicering af fremstillingsprocessen, som fordyres betydeligt. Desuden indebærer teknikken brug af avancerede styremekanismer til at regulere og
5 iværksætte ændringen af vingernes overfladeareal.

Det er endvidere kendt fra EP 1255931 med vindenergianlæg, hvor 'hullet' i midten af rotoren dækkes med en tilsvarende ekstra men lille rotor, som roterer samme vej placeret foran den første. Den mindre rotor skal da dreje hurtigere rundt end den store rotor, for at de to rotorers kører lige effektivt. Dette
10 design med en ekstra rotor kræver derfor enten gearudveksling mellem rotorerne eller to aksler, hvis output så skal kobles sammen på en eller anden vis. Konstruktionen af møllen bliver således både væsentligt fordyret og kompliceret. Ligeledes kan det være nødvendigt at lade den lille rotors vinger
15 være udformet med pitchlejer, for at de kortere vinger kan klare de store forskelle i indfaldsvinkler.

Formål og beskrivelse af opfindelsen

Det er formålet med opfindelsen at frembringe et vindenergianlæg, som kan udnytte al vinden indenfor rotorplanet optimalt eller næsten optimalt og ved
20 alle vindhastigheder, således at ovennævnte problemer med dels stormlaster og dels komplicerede og fordyrende gearudveksling undgås.

Nærværende opfindelse angår således et vindenergianlæg med et første sæt
25 med mindst en vinge monteret på en aksel samt mindst et andet sæt med mindst en vinge monteret på samme aksel. De mindst to sæt rotorers er monteret således, at vingesættene har samme rotationsretning og samme omdrejningstal, og det andet sæt vinger har en længde, som er mindre end det første sæt vingers. Det andet sæt vinger har endvidere et andet optimalt
30 tipphastighedsforhold end det første sæt vinger, således at de to sæt vinger er optimerede med hensyn til effektudbytte ved samme omdrejningstal.

Tiphastighedsforholdet er her og i det følgende defineret som forholdet mellem vingetiphastigheden og vindhastigheden. Med optimerede med hensyn til effektudbytte menes, at hvert sæt vinger er optimeret til at udvise tilnærmelsesvist maksimal effektkoefficient for pågældende rotortype og derved udnytte vindens energi optimalt.

Ved et vindenergianlæg ifølge det førnævnte opnås det fordelagtige, at vindenergianlæggets effektudbytte øges betragteligt, idet vinden også udnyttes ved midten af rotoren, hvor den ellers ved traditionelle vindmøller ryger imellem rotorbladene. Samtidig opnås en synergieffekt, idet den samlede vindenergi, som opnås ved vindenergianlægget ifølge opfindelsen, er større end hvad der kan opnås for hver af de to sæt vinger tilsammen. Dette opnås, idet vinden nær midten af rotoren ikke blot udnyttes af det mindre sæt vinger men også i et vist omfang dirigeres og sendes ud på de store vinger, hvor de udnytter vinden optimalt. Endvidere er nærværende opfindelse fordelagtig ved, at de to sæt vinger er monteret på samme aksel, hvorved der ikke skal anvendes flere aksler, ligesom det ikke er nødvendigt at skulle anvende gearudveksling mellem de to sæt vinger, da disse roterer med samme omdrejningstal.

I en udførselsform bestemmes forholdet mellem længderne af de to sæt vinger tilnærmelsesvist ved forholdet mellem de to sæt vingers optimale tiphastighedsforhold. Herved opnås, at begge sæt vinger er konstrueret til at køre optimalt ved samme omdrejningstal, med størst muligt effektudbytte til følge.

Dette opnås ligeledes i endnu en udførselsform af opfindelsen, hvor det andet sæt vinger er konstrueret til et optimalt tiphastighedsforhold bestemt ud fra forholdet mellem de to sæt vingers længde og det optimale tiphastighedsforhold for det ene sæt vinger.

Opfindelsen angår desuden et vindenergianlæg ifølge ovenstående, hvor de mindst to sæt vinger er placeret lige efter hinanden på deres fælles aksel, eller hvor de mindst to sæt vinger udgør et fælles rotorplan. Hermed opnås at
5 hvert sæt vinger kan udnytte vindens energi optimalt uden at forstyrre strømningsfeltet nævneværdigt for det andet sæt vinger. Ved at placere de to sæt vinger lige foran hinanden forhindres endvidere et aerodynamisk gab mellem de to eller flere sæt vinger. Denne udførselsform er ligeledes fordelagtig ved, at det eller de ekstra sæt vinger let og på enkel vis kan monteres på vind-
10 energianlægget og tilsvarende nemt udskiftes eller måske helt fjernes igen ved behov.

En udførselsform af opfindelsen beskriver et vindenergianlæg, hvor det andet sæt vinger udgør en vindrose, og det første sæt vinger udgør en hurtigløber. Denne udførselsform er fordelagtig ved, at en vindrose er enkel og rela-
15 tivt billig at fremstille. Dertil kommer, at vindrosen ved et fast omdrejningstal er effektiv over et relativt bredt interval af vindhastigheder.

I endnu en udførselsform af opfindelsen er det andet sæt vinger hængslet monteret således, at de kan drejes om deres længdeakse. Herved kan be-
20 lastningerne på disse vinger på enkel vis reduceres betydeligt, hvilket kan være en fordel ved høje vindhastigheder, som ikke er så store, at hele rotoren behøver standses eller drejes ud af vinden. Det ene sæt vinger kan således drejes ud af vinden uafhængigt af det andet sæt vinger.

25

I yderligere en udførselsform af opfindelsen er det andet sæt vinger monteret således, at de kan bremses uafhængigt af det første sæt vinger eller kan samles radiale i en eller flere grupper. Begge udførselsformer er fordelagtige ved, at stormlasterne kan reduceres på det andet sæt vinger, mens det første
30 sæt vinger kan køre videre uberørt heraf.

Nærværende opfindelse angår ligeledes anvendelse af et vindenergianlæg som beskrevet ved et eller flere af de førnævnte elementer. Fordelene hermed er som nævnt ovenfor.

5 Kort beskrivelse af tegninger

I det følgende beskrives opfindelsen med henvisning til figurerne, hvor

figur 1 viser skematiske kurver over forskellige vindrotorers effektkoefficient som funktion af deres tiphastighedsforhold,

10

figur 2-3 viser et vindenergianlæg ifølge opfindelsen med to sæt vinger placeret lige bag hinanden, set skråt forfra og fra siden,

figur 4-5 viser en anden udførelsesform ifølge opfindelsen af et vindenergianlæg med to sæt vinger placeret i samme rotorplan, set skråt forfra og fra siden,

15

figur 6 viser et vindenergianlæg ifølge opfindelsen, hvor det andet sæt vinger er hængslet monteret,

20

figur 7 viser et vindenergianlæg ifølge opfindelsen, hvor det andet sæt vinger kan samles i grupper, og

figur 8-11 viser forskellige udførelsesformer af det andet sæt vinger.

25

Beskrivelse af udførelsesformer

I figur 1 er vist forskellige slags vindrotorers effektfaktorer eller effektkoefficienter c_p , 102 skitseret som funktion af deres tiphastighedsforhold X , 101.

Tiphastighedsforholdet X er givet som forholdet mellem vingetiphastigheden og vindens hastighed og varierer således proportionalt med vingens længde

30

og omvendt proportionalt ved vingens omløbstid (den tid en omdrejning tager). Ud fra kurverne i figur 1 kan aflæses, ved hvilket tiphastighedsforhold 101 en rotor af en bestemt type vil operere optimalt (have maksimal effektfaktor). Kurven 103 er for en ideel propelrotor, som blandt andet grundet friktionen i virkelige rotorers altid vil ligge over det realiserbare. Kurven 104 viser 5 effektkoefficienten for en hurtigløber, som er betegnelsen for en rotor, hvis tiphastigheder er flere gange større end vindhastigheden. Moderne vindenergianlæg med tre blade er hurtigløbere. En mangebladet langsomomløber, såsom en vindrose, har karakteristika, som skitseret ved kurven 105. En 10 gammeldags vejrmølles effektkoefficientskurve er givet ved 108, og kurverne 106 og 107 er for henholdsvis en Savonius- og en Darrieus-mølle, hvilke begge er møller med vertikale rotationsakser. For at opnå det maksimale effektudbytte fra en rotor skal dennes omløbstid således afstemmes med rotorens diameter, således at en større rotor bør dreje langsommere rundt end 15 en lille. Disse effektkoefficientskurver udnyttes i det følgende til at designe et vindenergianlæg med optimal udnyttelse af vinden.

Figur 2 viser et vindenergianlæg 200 ifølge opfindelsen, hvor vindmøllen som almindeligt omfatter en rotor 201 og en nacelle 202 på et tårn 203. Rotoren 20 201 er her en hurtigløber med tre blade eller vinger 204. Lige umiddelbart foran denne primære rotor er monteret en yderligere lille rotor 205 med en langt mindre diameter, som dækker det inderste af den store rotor 201. Herved bliver al vinden inden for det store rotorareal 208 udnyttet optimalt, idet vinden ved det inderste af vingerne 204 dels udnyttes af den ekstra rotor 205 25 i stedet for at ryge direkte igennem hullet i rotoren og dels i et vist omfang dirigeres ud på de store vingers 204 bredeste del, hvor vinden udnyttes optimalt.

De to rotorers 201, 205 er monteret på samme aksel og roterer samme vej, 30 som illustreret med pilene 206. På grund af de forskellige længder af de to rotorers vinger 204, 207 er deres vingetipphastigheder, og dermed også deres

tiphastighedsforhold, tilsvarende forskellige, hvis roto-
roerne drejer lige hurtigt med samme omløbstid. Såfremt 'hullet' i en primær rotor fyldes ud med endnu en tilsvarende rotor af samme type blot med mindre diameter, vil resultatet således blive, at den ene af roto-
roerne ikke kan køre så effektivt som muligt, eller alternativt at de to roto-
roer ikke kan køre lige hurtigt rundt, og en gearudveksling bliver nødvendig. Dette problem løses ifølge nærværende opfindelse ved at vælge den mindre sekundære rotor 205 af en anden type eller efter et andet princip med et andet optimalt tiphastighedsforhold end den primære rotors 201. Herved kan begge roto-
roer køre med samme omløbstid og ved deres respektive optimale tiphastighedsforhold med størst effektudbytte til følge. Samtidig kan roto-
roerne sidde på samme aksel, og gear til lille rotor er overflødiggjort. Dette er illustreret i figur 2, hvor den primære største rotor 201 er en trebladet hurtigløber, mens den mindre sekundære rotor 205 er en vindrose, hvilken type vindrotor er en langsomløber med et langt mindre tiphastighedsforhold, se figur 1. Ved at designe og konstruere de to roto-
roer i forhold til hinanden på denne måde opnås således, at begge roto-
roer vil give maksimalt effektudbytte ved samme omløbshastighed. Samtidig opnås følgende synergieffekt, at vinden udnyttes bedre end ved summen af de to roto-
roer tilsammen, idet vinden ved den mindste rotor 205 ikke bare opfanges og udnyttes men også i en vis grad ledes og sendes ud til den primære rotors vinger 204, hvor disse er bredest og mest effektive.

I en udførselsform af opfindelsen bestemmes forholdet mellem længderne af de to sæt vinger 204, 207 tilnærmelsesvist som forholdet mellem de to sæt vingers optimale tiphastighedsforhold. Det vil sige, at hvis de to rotortyper er valgt, og dermed deres optimale tiphastighedsforhold, dimensioneres deres størrelsesforhold herudfra. Tilsvarende kan typen af den sekundære (primære) rotor bestemmes direkte ud fra typen af den primære (sekundære) rotor og forholdet mellem vingelængderne af hver rotor. Dette kan illustreres ved følgende eksempler:

Eksempel 1:

Som vindhastighed anvendes en middelværdi gældende for begge rotor.

Primær rotor: Trebladet hurtigløber med maksimal C_p ved

$$X_{stor} = \frac{V_{tip,stor}}{V_{vind}} = 7.$$

Rotordiameter $D_{stor} = 100m$.

- 5 Sekundær rotor vælges med diameteren $D_{lille} = 20m$.

$$X_{lille} = \frac{V_{tip,lille}}{V_{vind}} = V_{tip,lille} \cdot \frac{X_{stor}}{V_{tip,stor}} = \frac{\pi D_{lille} \cdot T_{stor}}{\pi D_{stor} \cdot T_{lille}} \cdot X_{stor} = \frac{D_{lille}}{D_{stor}} \cdot X_{stor} = \frac{20m}{100m} \cdot 7 = \underline{\underline{1,4}},$$

hvor T er omløbstiden.

- 10 Som sekundær rotor vælges eller konstrueres således ifølge opfindelsen en rotor med optimalt tiphastighedsforhold X_{lille} på ca. 1,4.

Eksempel 2:

Primær rotor som i eksempel 1.

- 15 Som sekundær rotor vælges en art vindrose med $X_{lille} = 1$.

$$X_{lille} = \frac{D_{lille}}{D_{stor}} \cdot X_{stor} \text{ (samme udregninger som i eksempel 1).}$$

⇕

$$D_{lille} = \frac{X_{lille}}{X_{stor}} \cdot D_{stor} = \frac{1}{7} \cdot 100m \approx \underline{\underline{14,3m}}.$$

Diameteren på den sekundære rotor vælges således på omkring 14,3 m.

Vindenergianlægget ifølge opfindelsen er desuden fordelagtigt ved, at vindrosen er effektiv over et større interval af vindhastigheder, hvorfor vindrosen ikke er så følsom over for udsving i vindhastigheder. Dette er en stor fordel frem for eksempelvis en lille trebladet hurtigløber, som, for at kunne operere ordentligt ved de lave tiphastigheder, ville skulle virke over et stort interval af indfaldsvinkler, hvorfor det ville være nødvendigt med pitchregulering af hver vinge.

10

De to rotor 201, 205 er monteret umiddelbart efter hinanden, som det også kan ses i figur 3, hvor vindenergianlægget 200 er vist set ind fra siden. Ved at rotorerne 201, 205 er monteret lige efter hinanden undgås, at der dannes et aerodynamisk gab mellem de to rotor, hvorved strømningsfeltet forbliver optimalt, og al vinden gennem rotorplanet vil blive udnyttet. Den sekundære mindre rotor 205 kan her ligeledes monteres på hovedakslen på en sådan måde, at den kan kobles ud og stoppes uafhængigt af den primære rotors rotation. Dette er fordelagtigt ved store vindhastigheder, hvor stormlasterne således kan mindskes betragteligt.

20

Den sekundære mindre rotor 205 kan ligeledes i en anden udførselsform placeres umiddelbart bag den primære store rotor 201.

I figur 4 er vist endnu en udførselsform af et vindenergianlæg ifølge opfindelsen, hvor det ene sæt vinger 204 fra den større primære rotor 201 er monteret i samme plan som det ekstra sæt kortere vinger 207 fra den anden rotor 205 og således udgør en samlet rotor med kortere vinger 207 placeret ind mellem de større vinger 204. I den skitserede udførselsform udgøres den samlede rotor her af en vindrose og en trebladet hurtigløber. Dette er ligeledes vist i figur 5 set fra siden.

30

Ved høje vindhastigheder kan det være nødvendigt at begrænse lasterne på vingerne. Belastningerne på en vindrose bliver kritiske ved lavere vindhastigheder end på en hurtigløber, hvorfor det kan være fordelagtigt at kunne reducere vindrosens areal op mod vinden uden at ændre på hurtigløberens indstilling. En måde at gøre dette på er ved at montere vingerne 207 på den mindre sekundære rotor i hængsler eller drejelige led 601, som skitseret i figur 6, hvor kun en del af rotoren er vist. Herved kan vingerne 207 drejes ud af vindretningen 602, og stormlasterne reduceres kraftigt. Ved meget korte vinger, kortere end afstanden fra rotorplanet til tårnet, kan vingerne 207 ligeledes monteres hængslet på en sådan måde, at de ved kritiske vindhastigheder kan lægges helt eller delvist ned i vindretningen langs med nacellen.

En anden metode til at reducere belastningerne på den sekundære rotors vinger 207 ved høje vindhastigheder er skitseret i figur 7. Her er vingerne ligeledes hængslet monteret 701, men i denne udførselsform på en sådan måde at vingerne 207 kan samles i grupper 702 ved at glide eller føres sammen og delvist eller i et vist omfang ind over hinanden radialt. De skitserede forslag i figurene 6 og 7 til begrænsning af stormlaster på det andet sæt kortere vinger 207 kan ligeledes anvendes på flere andre typer rotor end for den viste vindrose.

Figurene 8-11 viser forskellige andre udførselsformer af den mindre sekundære rotor 205. I figur 8 er illustreret en rotor 205 af en type, hvor bladene eller vingerne 207 er udformet som skovle lig på en ventilator.

Rotoren 205 skitseret i figur 9 har ligeledes skovlformede og et relativt stort antal tætsiddende vinger 207. Grundet vingernes skovlform er rotoren ikke så følsom over for små tip hastigheder og vil værre nogenlunde lige effektiv over et relativt stort vindhastighedsinterval. Bladene på den viste rotor i figur 9 kan eksempelvis fremstilles ved bukning af tynde plader.

I figur 10 er skitseret en rotor 205, hvis blade er fremstillet efter samme princip som i den tidligere figur, men med kun ganske få vinger 207 (her 4 vinger), hvorfor de to rotorers optimale tipfastighedsforhold vil være forskellige.

- 5 Endelig er i figur 11 vist endnu et rotorprincip 205 til brug som sekundær rotor på et vindenergianlæg ifølge opfindelsen. Her er de enkelte vinger 207 er dannet af udspændt sejdug eller tynde plader.

- Vingerne i de forskellige rotorprincipper vist i de foregående figurer 8-11 kan
10 ligeledes placeres i samme rotorplan som den større primære rotor 201 mellem de længere vinger og på denne måde fylde midten af rotoren ud og udnytte vinden optimalt.

- Det må forstås, at opfindelsen, således som den er omtalt i nærværende be-
15 skrivelse og figurer, kan modificeres eller ændres og fortsat være omfattet af beskyttelsesomfanget af de nedenstående patentkrav.

Krav

1. Et vindenergianlæg med et første sæt med mindst en vinge monteret på en aksel, samt mindst et andet sæt med mindst en vinge monteret på samme aksel og monteret således, at vingesættene vil have samme rotationsretning og samme omdrejningstal, hvilket andet sæt vinger har en længde, som er mindre end det første sæt vingers, og hvilket andet sæt vinger har et andet optimalt tipfastighedsforhold end det første sæt vinger, således at to sæt vinger er optimerede med hensyn til effektudbytte ved samme omdrejningstal.
2. Et vindenergianlæg ifølge krav 1, **kendetegnet ved, at** forholdet mellem længderne af de to sæt vinger er tilnærmelsesvist bestemt ved forholdet mellem de to sæt vingers optimale tipfastighedsforhold.
3. Et vindenergianlæg ifølge krav 1, **kendetegnet ved, at** det andet sæt vinger er konstrueret til et optimalt tipfastighedsforhold bestemt ud fra forholdet mellem de to sæt vingers længde og det optimale tipfastighedsforhold for det ene sæt vinger.
4. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-3, **kendetegnet ved, at** de mindst to sæt vinger er placeret lige efter hinanden på deres fælles aksel.
5. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-4, **kendetegnet ved, at** de mindst to sæt vinger udgør et fælles rotorplan.
6. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-5, **kendetegnet ved, at** det andet sæt vinger udgør en vindrose og det første sæt vinger udgør en hurtigløber.

7. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-6, **kendetegnet ved, at** det andet sæt vinger er hængslet monteret således, at de kan drejes om deres længdeakse.

5 8. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-7, **kendetegnet ved, at** det andet sæt vinger er monteret således, at de kan bremses uafhængigt af det første sæt vinger.

10 9. Et vindenergianlæg ifølge et eller flere af kravene 1-8, **kendetegnet ved, at** det andet sæt vinger er monteret således, at de kan samles radialt i en eller flere grupper.

10. Anvendelse af et vindenergianlæg, som beskrevet ved et eller flere af kravene 1-9.

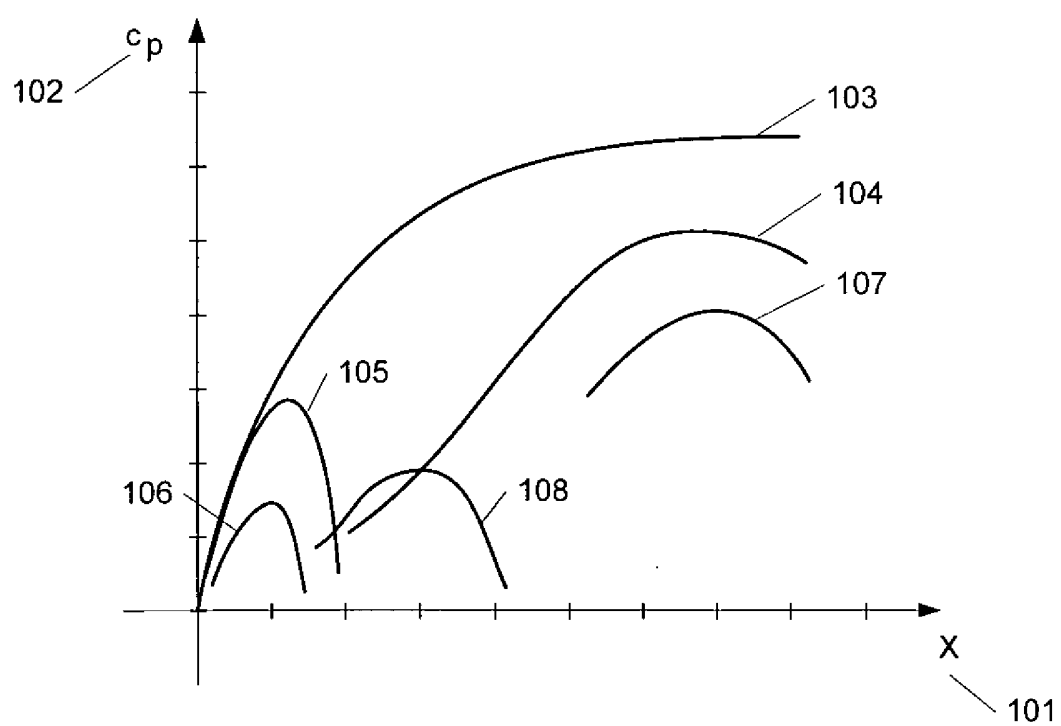
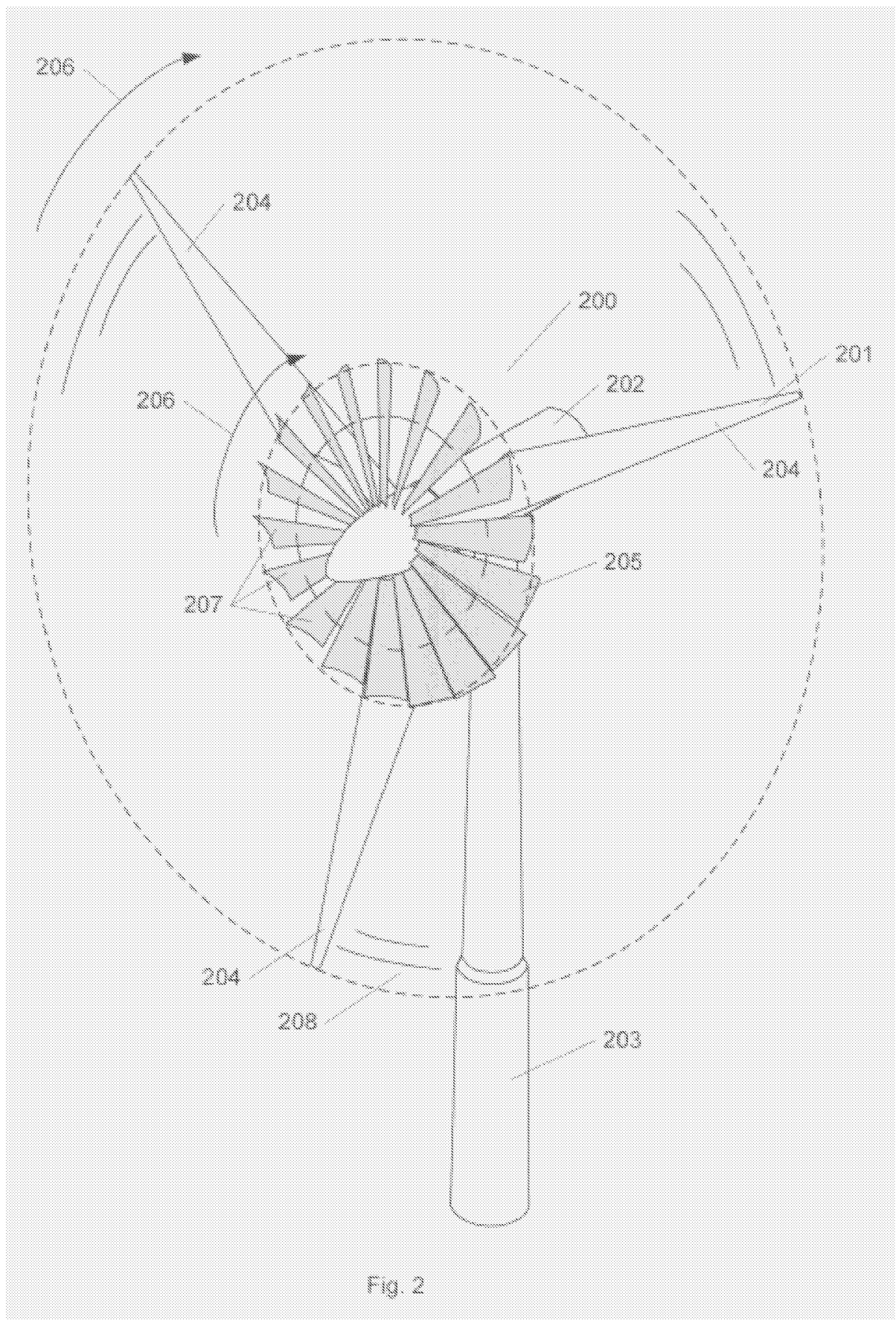


Fig. 1



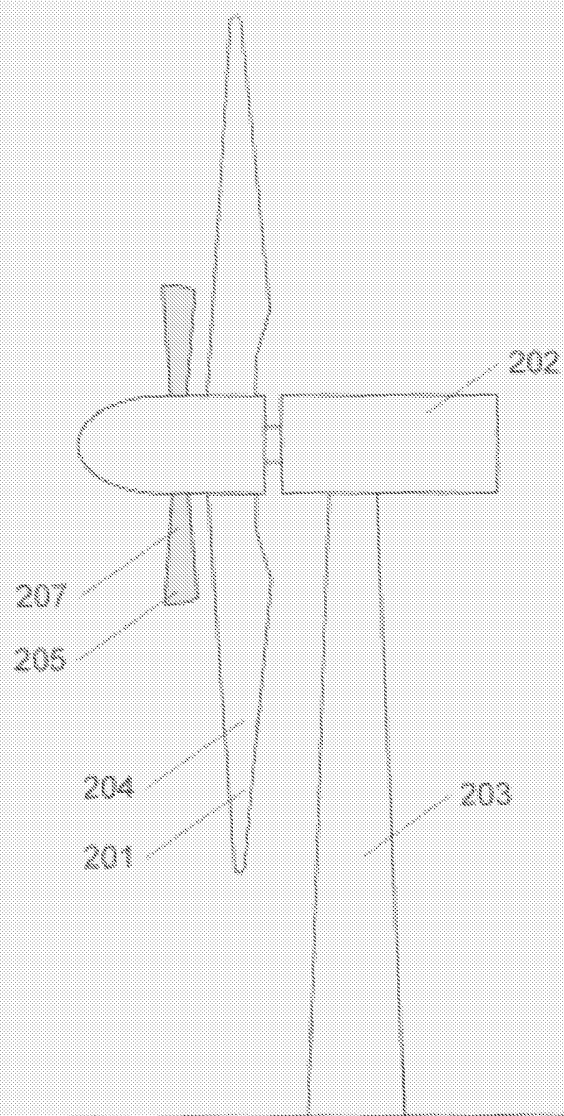
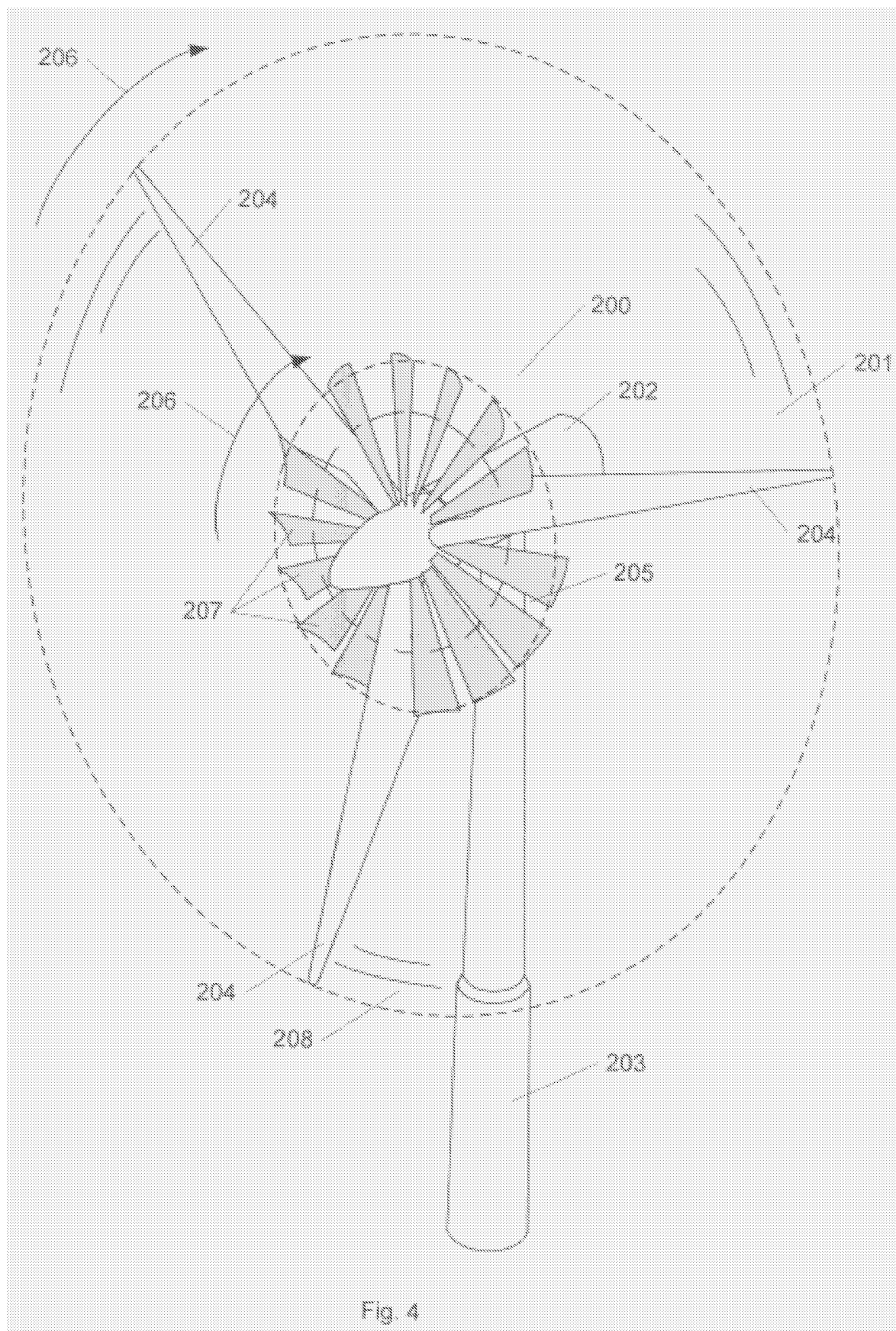


Fig. 3



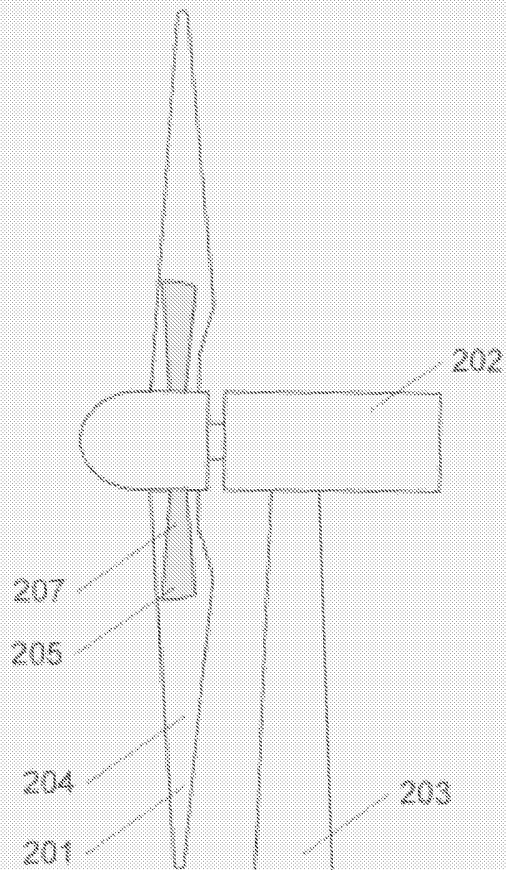


Fig. 5

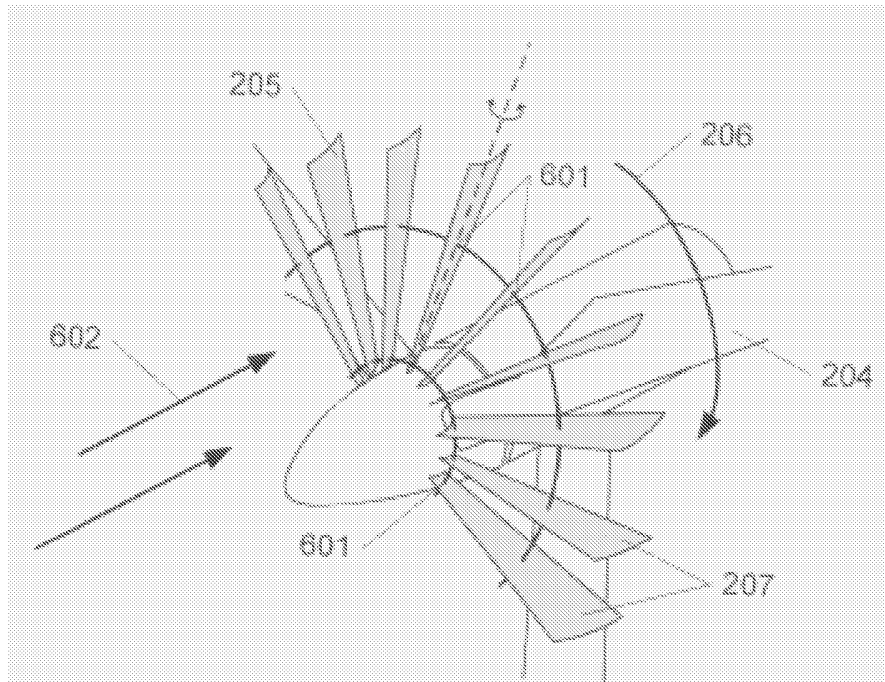


Fig. 6

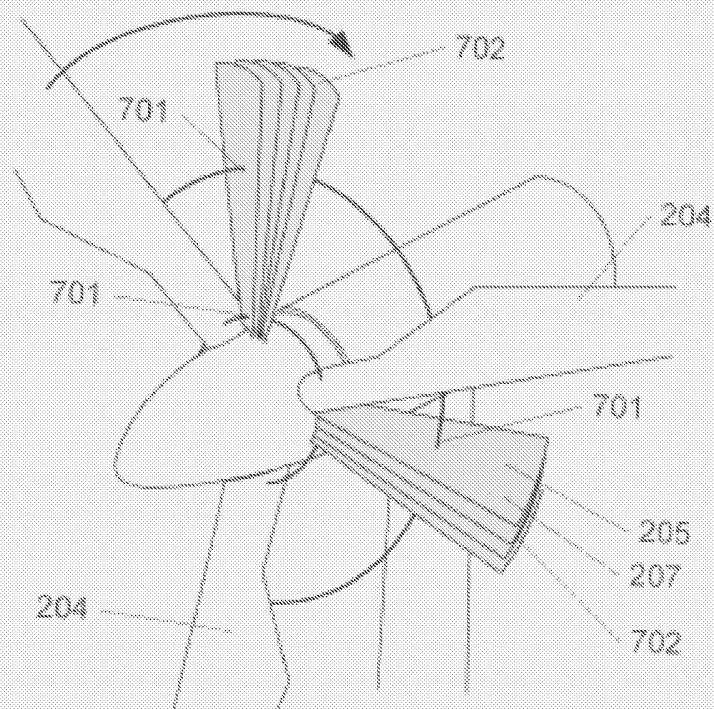


Fig. 7

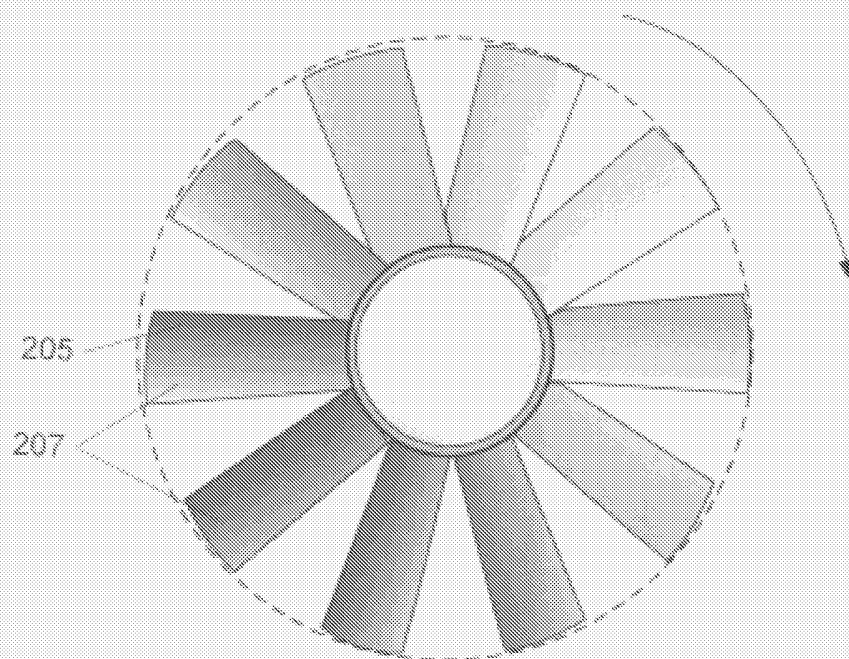


Fig. 8

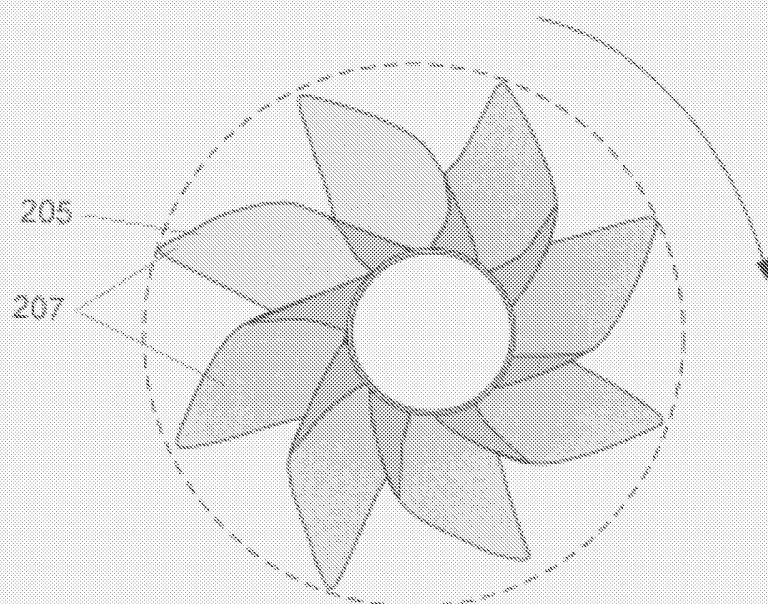


Fig. 9

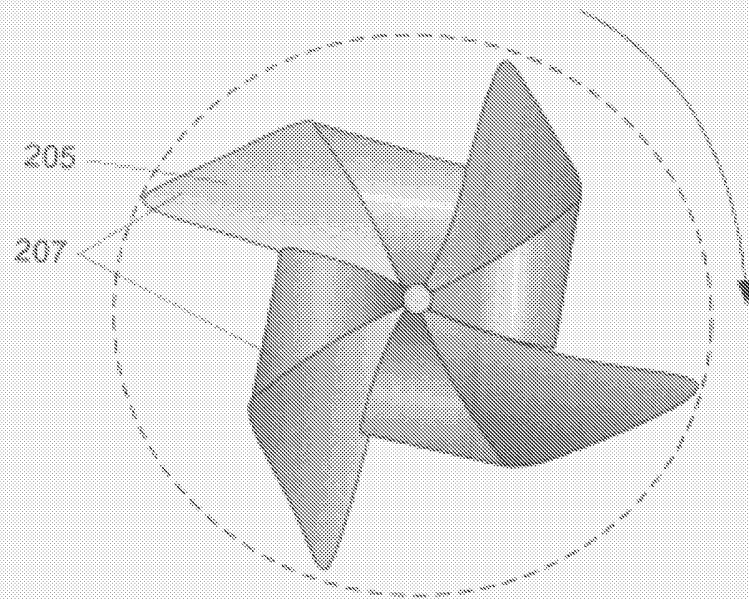


Fig. 10

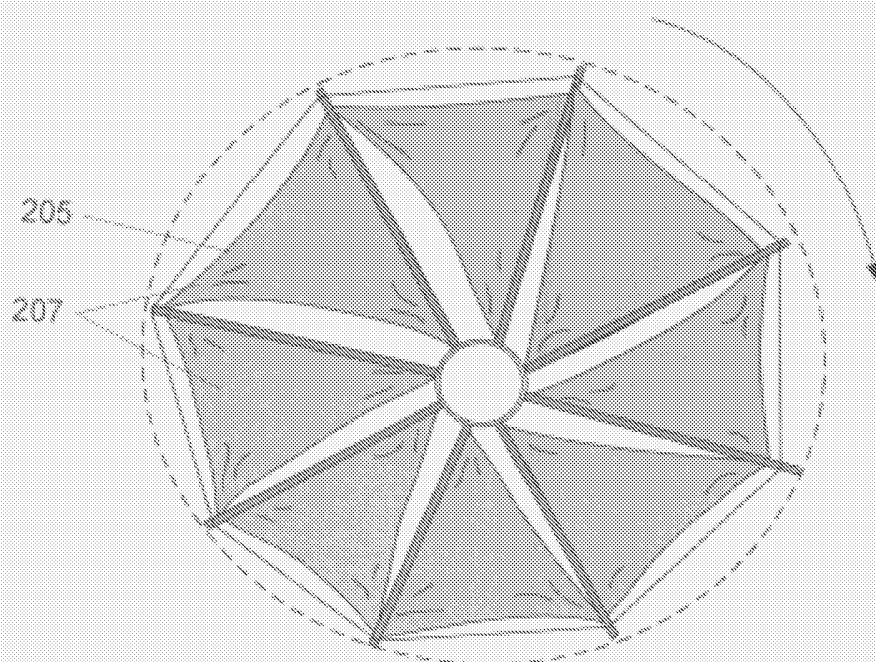


Fig. 11