



(12) PATENT

(19) NO

(11) 325985

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

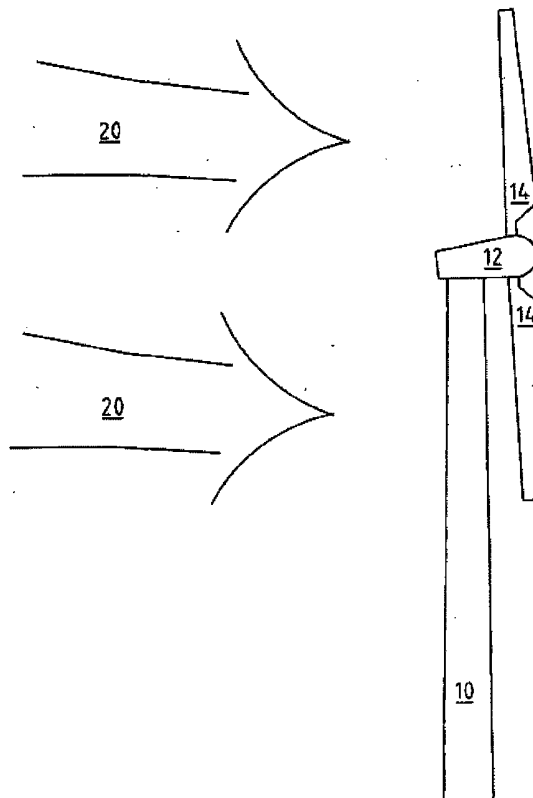
F03D 11/04 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20032316	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2001.11.15 PCT/EP01/13202
(22)	Inng.dag	2003.05.22	(85)	Videreføringsdag	2003.05.22
(24)	Løpedag	2001.11.15	(30)	Prioritet	2000.11.23, DE, 10058076
(41)	Alm.tilgj	2003.05.22			
(45)	Meddelt	2008.08.25			
(73)	Innehaver	Aloys Wobben, Argestrasse 19, 26607 AURICH, DE			
(72)	Oppfinner	Aloys Wobben, Argestrasse 19, 26607 AURICH, DE			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 7085 Majorstua, 0306 OSLO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg, og vindkraftanlegg for utførelse av fremgangsmåten
(56)	Anførte publikasjoner	DE19717059, DE19756777, DE3106624, US4213734
(57)	Sammendrag	

Formålet med oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg og et vindkraftanlegg for utførelse av denne fremgangsmåte, som i en ekstrem vindsituasjon er i stand til i størst mulig grad å redusere de på grunn av denne ekstremvind frembrakte, mekaniske belastninger på vindkraftanlegget. For oppnåelse av dette, innstilles vindkraftanleggets rotor i en første forutbestemt posisjon ved oppnåelse av en første forutbestemt vindhastighet (frakoplingshastighet, grensehastighet) som er større enn 20 m/s, og ved oppnåelse av en andre forutbestemt vindhastighet som er tydelig høyere enn den første forutbestemte vindhastighet, bringes maskinhuset (12) i en forutbestemt asimutposisjon.



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg som omfatter et maskinhus og en rotor med minst ett rotorblad, ved hvilken vindkraftanleggets rotorblad ved oppnåelse av en første forutbestemt hastighet (frakoplingshastighet/-grensehastighet) som er større enn 20 m/s, stilles i en første forutbestemt posisjon, og maskinhuset anbringes i en forutbestemt asimutposisjon ved oppnåelse av en andre forutbestemt vindhastighet.

Videre angår oppfinnelsen et vindkraftanlegg, særlig for utførelse av en slik styringsfremgangsmåte, omfattende en asimutdrivanordning og en rotor med minst ett individuelt innstillbart rotorblad.

En fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg ifølge hovedkravets innledning og et vindkraftanlegg ifølge innledningen til krav 10 er kjent fra DE 195 32 409. Videre er fremgangsmåter for styring av et vindkraftanlegg ved høye vindhastigheter kjent fra Erich Hau, "Windkraftanlagen", Springer Verlag, 2. opplag, 1996, p 89ff, 235 ff, og fra DE 197 17 059 C1.

Denne kjente teknikkens stand beskriver overveiende forholdsregler som tilgripes for å beskytte vindkraftanlegg mot overbelastning ved meget høye vindhastigheter. Derved tas det særlig hensyn til mekaniske belastninger for å unngå en beskadigelse av anlegget og/eller enkelte komponenter.

Som standardforholdsregel beskrives vanligvis innstilling av rotorbladene i en såkalt fanestilling. Forutsetningen for dette er riktignok at det eksisterer en mulighet til å variere rotorbladenes innstillings- eller angrepsvinkel – den såkalte stigningsregulering. Dersom en slik mulighet ikke eksisterer, forårsakes en strømningsavrivning ved rotorbladene for å iverksette en avlastning av vindkraftanlegget.

Ved disse kjente fremgangsmåter er det imidlertid en ulempe at det for ytterligere stigende vindhastigheter over den første forutbestemte vindhastighet ikke angis noen forholdsregler, slik at man bare kan stole på at anleggene er tilstrekkelig dimensjonert til å hindre en fullstendig ødeleggelse av anlegget og en uunngåelig dermed opptredende, akutt fare for den nærmeste omgivelse.

Formålet med oppfinnelsen er derfor å tilveiebringe en fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg og et vindkraftanlegg for utførelse av denne fremgangsmåte, som ved en ekstremvindsituasjon er i stand til i størst mulig grad å redusere de på grunn av denne ekstreme vind forekommende, mekaniske belastninger på vindkraftanlegget.

Ovennevnte formål oppnås med en fremgangsmåte av den innledningsvis angitte type som ifølge oppfinnelsen er kjennetegnet ved det trekk som er angitt i den karakteriserende del av krav 1.

Det angitte formål oppnås også ved et vindkraftanlegg som er kjennetegnet ved de trekk som er angitt i krav 12.

Ved hjelp av den angitte fremgangsmåte blir det mulig å understøtte den ved hjelp av en egnet innstilling av rotorbladene foretatte forholdsregel for beskyttelse av

vindkraftanlegget, ved hjelp av innstillingen av rotoren i en posisjon i hvilken vindmotstanden er særlig liten.

I en foretrukket utførelsesform av fremgangsmåten dreies rotoren ved en omstilling av asimutposisjonen mot lesiden, slik at den befinner seg på den fra vinden
5 vendende side av vindkraftanleggets tårn.

I en særlig foretrukket utførelsesform av fremgangsmåten innstilles angrepsvinkelen til de omstillbare rotorblad – i tillegg til maskinhusets asimutposisjon og dermed leside-orienteringen av rotoren – på en slik måte at de frembringer en minst mulig motstand for vinden. På denne måte kan belastningen på hele vindkraftanlegget reduseres
10 betydelig. For dette formål bringes rotorbladene på nytt i fanestillingen.

Styringsmetoden ifølge oppfinnelsen kan særlig foretrukket være slik utformet at spesielt belastningen på ett eller flere rotorblad registreres. Denne registrering kan f.eks. skje ved bestemmelse av vindhastigheten ved rotorbladet, deformasjonen av rotorbladet og/eller på andre passende måter (måling av strekk- og trykkrefter på rotorbladet eller
15 rotornavet).

Ved en foretrukket videreutvikling av oppfinnelsen blir vridningen av kabler som spesielt forløper fra maskinhuset inne i tårnet eller omvendt, tatt i betraktning ved bestemmelsen av bevegelsesretningen for omstilling av maskinhusets asimutposisjon. På denne måte kan uunngåelige skader virkelig unngås. Den første forutbestemte
20 vindhastighet av størrelsesorden ca. 20 m/s betegnes også vanligvis som frakoplingshastighet eller grensehastighet. Ved denne hastighet eller en verdi noe over denne, for eksempel 25 m/s vindhastighet, frakoples de fleste vindkraftanlegg, dvs. hele rotoren bremses og det skjer da ingen ytterligere kraftgenerering.

Ved en særlig foretrukket videreutvikling av fremgangsmåten løsnes
25 asimutbremsen og/eller rotorbremsen, slik at den tilstrømmende vind automatisk innstiller lesiderotoren i posisjonen med den minste vindmotstand, hvorved samtidig kreftene på selve rotorbladene kan reduseres ved en mulig dreining av rotoren, slik at vindkraftanlegget ved hjelp av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen innstilles på en slik måte at det i størst mulig grad kan unngå kreftene fra vinden.

30 Ytterligere fordelaktige utførelsesformer av oppfinnelsen er angitt i underkravene.

Et utførelseseksempel på oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, der

fig. 1 viser et vindkraftanlegg i normal drift,

fig. 2 viser et vindkraftanlegg som ved hjelp av fremgangsmåten ifølge
35 oppfinnelsen er blitt innstilt etter oppnåelse av en første vindhastighet, og

fig. 3 viser et vindkraftanlegg som ved hjelp av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er blitt innstilt ved oppnåelse av en andre forutbestemt vindhastighet.

Fig. 1 viser et som luvartrotor utformet vindkraftanlegg, dvs. rotoren befinner seg på den mot vinden vendende side av tårnet 10. Maskinhuset 12 med generatoren (ikke vist) og rotorbladene 14 befinner seg ved spissen av tårnet 10.

På denne figur er det som eksempel viste vindkraftanlegg vist i normal drift, og rotorbladene 14 er slik innstilt at de fra vinden, som er antydnet ved en pil 20, trekker ut den maksimale ytelse for omforming til elektrisk energi.

Fig. 2 viser likeledes et vindkraftanlegg med et tårn 10 med et maskinhus 12 som befinner seg på spissen av tårnet. På denne figur er det vist en mulig innstilling av rotorbladene 14 som iverksettes ved hjelp av styringen ifølge oppfinnelsen når en første forutbestemt vindhastighet, f.eks. 20 m/s, oppnås eller overskrides. Rotorbladene 14 dreies da til en såkalt fanestilling i hvilken de er innrettet slik at de oppviser den minste vindmotstand.

På denne måte blir den belastning som den tilstrømmende vind 20 utøver via rotorbladene 14 på vindkraftanlegget 8, 10, 12, 14, tydelig redusert. Videre ligger strømmingen i denne stilling selvsagt ikke an mot rotorbladene 14, slik at de tilsvarende (løfte-) krefter heller ikke oppstår. Derved fremkommer ingen rotordreining.

Ved vindkraftanlegg ved hvilke endringen av rotorbladenes 14 angrepsvinkel ikke er mulig, kan reaksjon på styringen i overensstemmelse med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen bestå i at f.eks. en del av rotorbladet, fortrinnsvis en ytre del som er lengst mulig fjernet fra rotornavet (ikke vist) innstilles på en slik måte at strømmingen avrives ved rotorbladene og rotasjonen således hindres.

Ved denne innstilling er imidlertid de krefter som virker på rotorbladene 14, maskinhuset 12 og tårnet 10, fremdeles forholdsvis store, og særlig asimutinnstillingen må motstå betydelige belastninger.

For å unngå skader, innstiller styringsmetoden ifølge oppfinnelsen derfor maskinhusets 12 asimutposisjon ved oppnåelse av en andre forutbestemt vindhastighet, f.eks. mer enn 30-50 m/s, på en slik måte at rotoren befinner seg i le, altså på den fra vinden bortvendende side av tårnet 10. Dette er vist på fig. 3. Den andre forutbestemte vindhastighet er av en størrelsesorden hvor man kan snakke om en orkanaktig storm eller en orkan. Ved slike vindhastigheter beveger vanligvis ingen ting seg lenger på kjente vindkraftanlegg, på grunn av at både asimutbremsen og rotorbremsen sørger for fullstendig stillstand av anlegget.

På fig. 3 er maskinhuset 12 på spissen av tårnet 10 slik innstilt at vinden 20 først strømmer forbi tårnet 10 og først deretter når frem til rotoren med rotorbladene 14. Ved løsning av asimutbremsen og rotorbremsen blir det ved denne innstilling mulig at de av den tilstrømmende vind frembrakte og særlig på rotorbladene 14 virkende krefter kan føre til en fri dreining av maskinhuset 12 i asimutlageret, slik at vinden ved retningsendringer "medbringer" maskinhuset 12.

Slik det kan innses av fig. 3, er stillingen av rotorbladene 14 forblitt uforandret i forhold til vinden, dvs. rotorbladene 14 befinner seg som før i den såkalte fanestilling i hvilken de oppviser den minste vindmotstand.

Da imidlertid vindkraftanleggets 10, 12, 14 maskinhus 12 er blitt dreid fra lopo-
5 losisjonen til leposisjonen, dvs. har utført en dreining på 180° , dreies også rotorbladene 14 180° , slik at de kan bibeholde sin stilling i forhold til vinden.

I overensstemmelse med dette må rotorbladlagringen og rotorbladdrivan-
ordningen tillate en slik dreining.

For endring av stillingen av rotorbladene 14 er to grunnleggende metoder og
10 selvsagt enhver vilkårlig mellomvariant mulig. En mulighet består i først å endre maskinhusets 12 asimetriske posisjon på en slik måte at rotoren beveger seg fra lo til le, og å la stillingen av rotorbladene 14 være uforandret under denne omstilling. Dette fører imidlertid til at rotorbladene 14 etter en dreining på ca. 90° med hele sin flate står på tvers av vinden og således tilbyr denne hele angrepsflaten. Her kan en løsning av rotorbremsen
15 også skaffe bare betinget rådebot, da minst to blad, av hvilke ett befinner seg over og ett befinner seg under den horisontale rotorakse, påvirkes av vinden.

Det foretrukne alternativ består i å bibeholde rotorbladenes 14 stilling i forhold til vinden ved hjelp av en kontinuerlig endring av rotorbladenes 14 stilling like overfor maskinhuset 12 (ved konstant orientering av vinden) under innstillingen av asimet-
20 riske posisjonen. Også ved en posisjon av maskinhuset 12 på tvers av vindretningen 20 befinner rotorbladene 14 seg derved i en fanestilling og byr således fremdeles på den minst mulige motstand.

Den i det foregående beskrevne oppfinnelse er særlig egnet for vindkraftanlegg i offshoreområdet. Da det nettopp i offshoreområdet, altså ved vindkraftanlegg i åpen sjø,
25 kan forventes at de til dels utsettes for de sterkeste stormer, men samtidig imidlertid også ved mindre skader på anleggene kan repareres vesentlig umiddelbart, sørger oppfinnelsen for at større eller mindre skader på anleggsdelene ganske enkelt ikke kan forekomme, da det ved hjelp av innstillingen av rotorbladene i fanestillingen og innstillingen av maskinhuset i lestillingen sørges for at vindbelastningen på hele vindkraftanlegget og
30 dettes deler (særlig tårnet) er så liten som mulig.

P a t e n t k r a v

5 1. Fremgangsmåte for styring av et vindkraftanlegg som omfatter et maskinhus og en rotor med minst ett rotorblad, ved hvilken vindkraftanleggets rotorblad ved oppnåelse av en første forutbestemt vindhastighet (frakoplingshastighet, grensehastighet) som er større enn 20 m/s, stilles i en første forutbestemt posisjon, og maskinhuset (12) anbringes i en forutbestemt asimutposisjon ved oppnåelse av en andre forutbestemt vindhastighet,
10 **karakterisert ved** at ved bevegelse av maskinhuset til den forutbestemte asimutposisjon innstilles også rotorbladene samtidig på en slik måte at deres posisjon (i fanestilling) i forhold til hovedvindretningen i det vesentlige ikke endres.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at rotorbladene (14) ved oppnåelse av den andre forutbestemte vindhastighet bringes til en andre forutbestemt
15 innstilling.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, **karakterisert ved** at rotorbladene (14) stilles i den andre forutbestemte innstilling etter at maskinhuset (12) har oppnådd sin forutbestemte innstilling.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, **karakterisert ved** at den andre forutbestemte
20 innstilling av rotorbladene (14) utføres under det forutbestemte innstillingsforløp for maskinhuset (12).

5. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at de på rotorbladene (14) virkende belastninger registreres ved hjelp av lastregistreringsmidler på rotorbladene.

25 6. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at det ved bestemmelsen av bevegelsesretningen for maskinhuset (12) til den nye asimutposisjon tas hensyn til vridningen av kabler i maskinhuset.

7. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at det særlig ved hurtig vekslende vindretninger fastlegges en midlere vindretning, og at det tas
30 hensyn til denne midlere vindretning ved bestemmelsen av maskinhusets (12) bevegelsesretning.

8. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at det ved flere parametere som påvirker maskinhusets (12) bevegelsesretning, foretas en vektlegging av parametrene.

35 9. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at maskinhuset bringes i leposisjon og rotorbladene befinner seg i fanestilling ved oppnåelse av den andre forutbestemte vindhastighet.

10. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at asimutbremsen løsnes ved oppnåelse av en hastighet over den første hastighet, fortrinnsvis ved oppnåelse av den andre vindhastighet.

5 11. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at rotorbremsen løsnes.

12. Vindkraftanlegg, særlig for utførelse av fremgangsmåten ifølge ett av de foregående krav, omfattende en asimutdrivanordning og en rotor med minst ett individuelt innstillbart rotorblad, **karakterisert ved** en styreanordning som registrerer verdien av vindhastigheten og avhengig av den fastlagte verdi av vindhastigheten ved stillestående
10 rotor endrer rotorbladenes (14) angrepsvinkel og samtidig maskinhusets (12) asimutposisjon på en slik måte at rotorbladet eller rotorbladene under innstillingsforløpet for maskinhuset i en forutbestemt asimutposisjon stadig i det vesentlige befinner seg i fanestilling i forhold til hovedvindretningen.

13. Vindkraftanlegg ifølge krav 12, **karakterisert ved** minst én mikroprosessor i
15 styreanordningen.

1/3

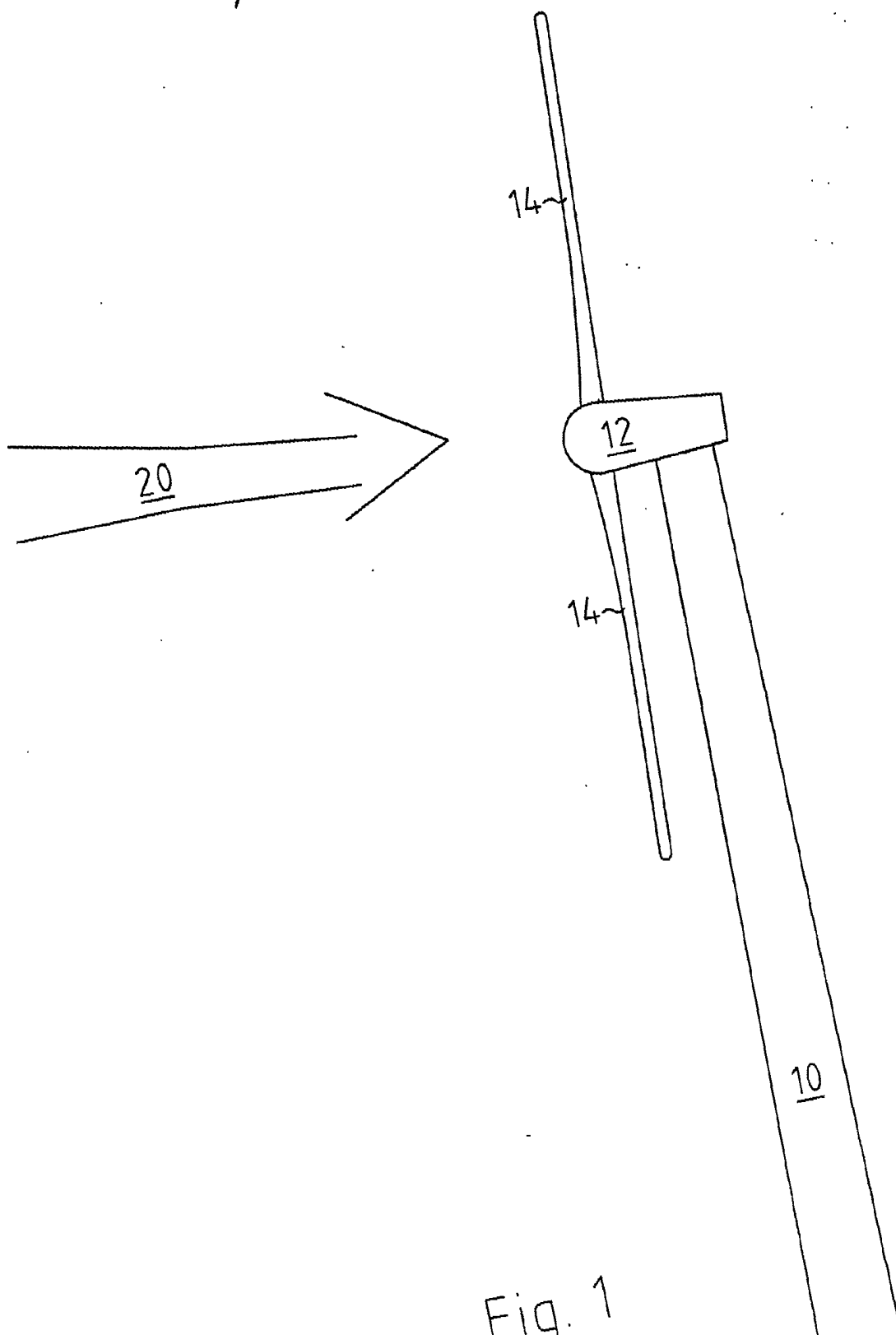
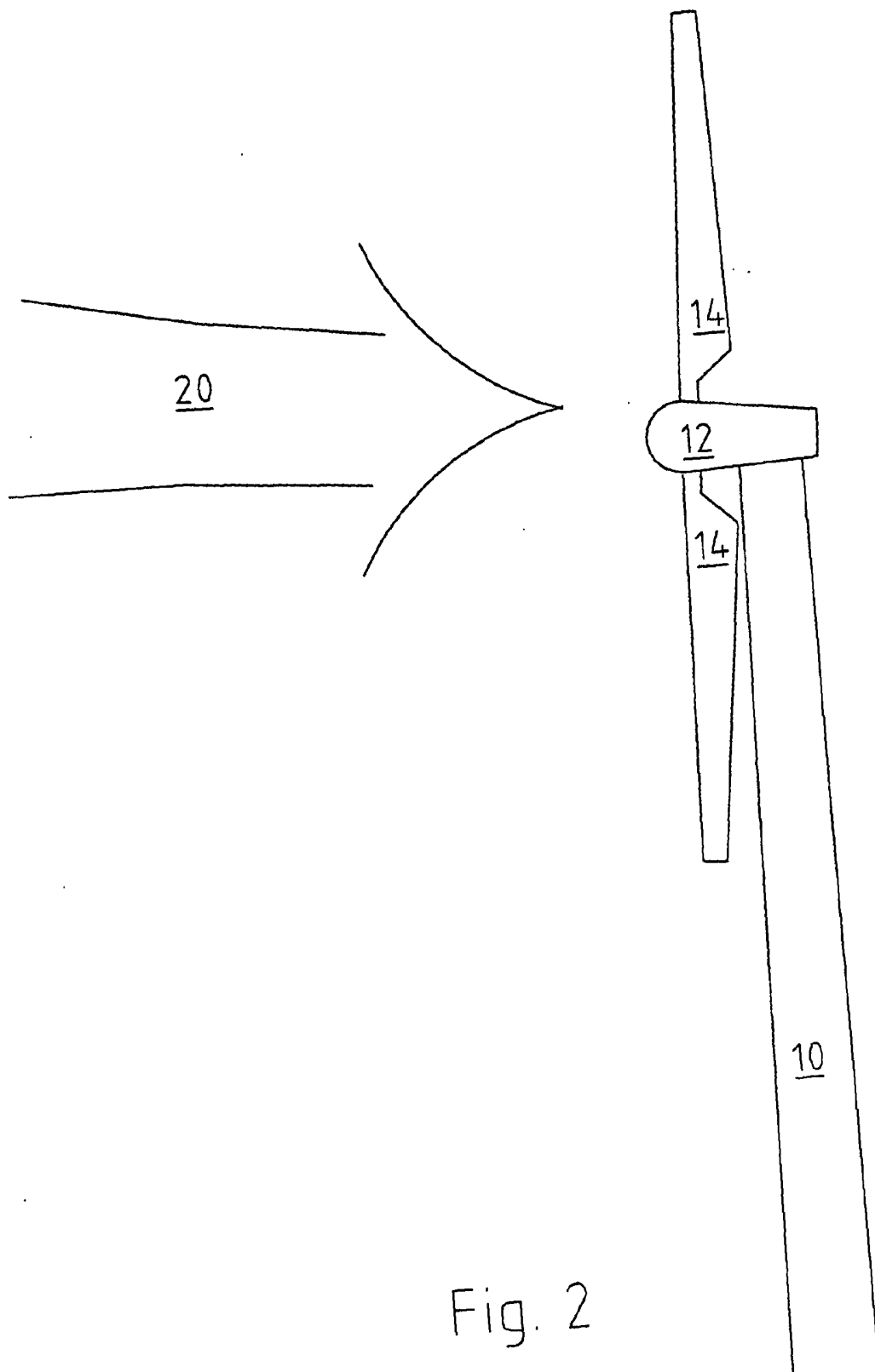


Fig. 1

2/3



3/3

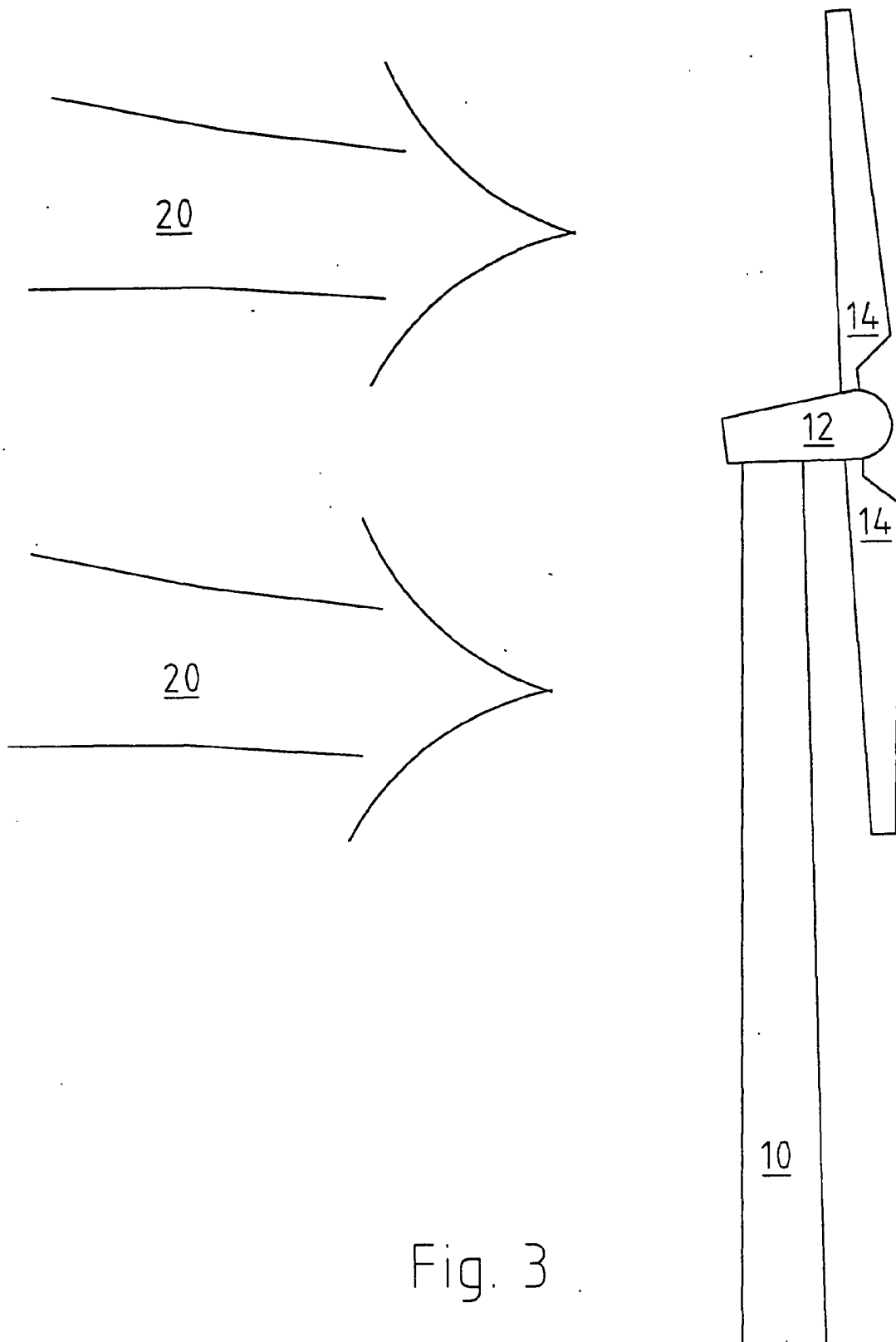


Fig. 3