

(19) **DANMARK**

(10)

DK 177538 B1



(12)

PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

- (51) Int.Cl.: **F 03 D 7/02 (2006.01)** **F 03 D 7/00 (2006.01)**
- (21) Ansøgningsnummer: **PA 2006 00475**
- (22) Indleveringsdato: **2006-04-03**
- (24) Løbedag: **2006-04-03**
- (41) Alm. tilgængelig: **2006-12-04**
- (45) Patentets meddelelse bkg. den: **2013-09-16**
- (30) Prioritet: **2005-06-03 US 11/144,931**
- (73) Patenthaver: **General Electric Company, 1 River Road, Schenectady, New York 12345, USA**
- (72) Opfinder: **Aaron John Avagliano, 46 Schwaber Drive, Niskayuna, NY 12309, USA**
Ralph Teichmann, 13 Riverwalk Way, Cohoes, NY 12047, USA
Kirk Gee Pierce, 101 Gilderview Drive, Simpsonville, SC 29681, USA
Paul David Hopewell, Dale House, Mixon, Leek, Staffordshire, ST13 7SH, Storbritannien
Ameet Shridhar Deshpande, Charuhas B Apts., 65, Rambaug colony, Paud road, Pune, Maharashtra -411038, Indien
Sukru Alper Eker, Meadow Brook Court #23-E, Guilderland, NY 12084, USA
- (74) Fuldmægtig: **Zacco Denmark A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark**
- (54) Benævnelse: **System og fremgangsmåde til at drive en vindmøllepark ved høje vindhastigheder**
- (56) Fremdragne publikationer:
GB A 2089901
WO A1 01/66940
DE A1 3342583
- (57) Sammendrag:
Der er tilvejebragt en teknik (110) til at drive en vindmøllepark (12) ved forøget mærkeeffekt. Teknikken (110) omfatter at registrere (112) en flerhed af driftsparametre (96) af vindturbinegeneratoren (14), vurdere (114) flerheden af driftsparametre (96) med hensyn til respektive designmærkedata for driftsparametrene (100), og dynamisk at forøge en mærkeeffekt (116) af vindturbinegeneratoren (14) baseret på vurderingen.

Fortsættes ...

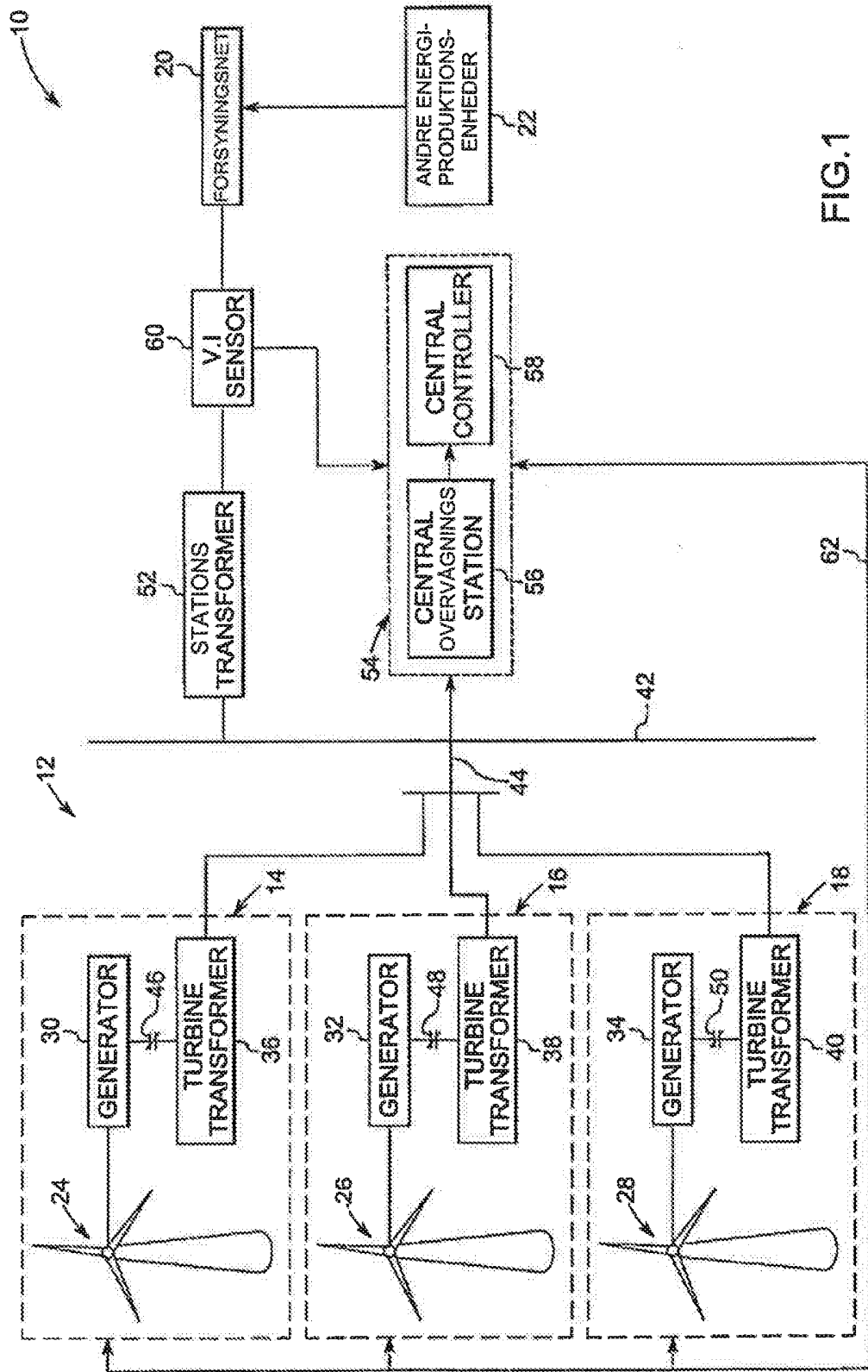


FIG.1

Opfindelsen angår generelt området vindkraftproduktion, og nærmere bestemt teknikker til regulering af mærkeeffekten af vindturbinegenerators.

Vindturbinegenerators anses for miljøvenlige og relativt billige alternative energikilder, som udnytter vindenergi til at producere elektrisk strøm. En vindturbinegenerator omfatter generelt en vindrotor med en flerhed af vinger, som omdanner vindenergi til rotationsbevægelse af en drivaksel, som igen anvendes til at drive en rotor af en elektrisk generator til at producere elektrisk strøm. Moderne vindkraftanlæg tager typisk form af en vindmøllepark med flere sådanne vindturbinegenerators, som kan drives til at strømforsyne et transmissionssystem, der leverer strøm til et forsyningsnet.

Vind er en intermitterende kilde, og den samlede afgivne effekt af vindmølleparken påvirkes betydeligt af ændringer i vindforholdene. Vindforholdene kan ændre sig drastisk i et relativt lille tidsrum. Generelt forøges den afgivne effekt af en vindturbinegenerator med vindhastigheden, indtil vindhastigheden når mærkevindhastigheden for turbinen. Med yderligere forøgelse i vindhastigheden drives turbinen ved en mærkeeffekt op til en cut-off værdi eller et afbryderniveau. Det er generelt den vindhastighed, ved hvilken dynamiske belastninger på vindturbinen forårsager de mekaniske komponenter af turbinen at nå en udmattelsesgrænse, som har en tendens til at forkorte levetiden af turbinen. Ved vindhastigheder over en vis hastighed, fordres vindturbines som en beskyttende funktion ofte at lukke ned eller reducere belastningen ved at regulere pitch af vingerne eller bremse rotoren, hvilket fører til en reduceret afgiven effekt af vindturbinegeneratoren, og følgelig af vindmølleparken. Dette begrænser imidlertid den maksimale effektoptagelse til den fastsatte mærkeeffekt, og forøger den gældende omkostning for energi fra vindmølleparken. For en vindturbinegenerator eksisterer der følgelig en iboende afvejning mellem den effekt, ved hvilken den drives og dens levetid, som beskyttet under henvisning til udmattelsesgrænsen og andre faktorer, det vil sige den maksimale mærkeeffekt.

Endvidere er mekaniske og termiske belastninger de afgørende faktorer, der bestemmer mærkeeffekten af en vindturbinegenerator. Den

maksimalle afgivne effekt af en vindturbinegenerator bestemmes i designfasen og anvendes til at udvælge passende mærkedata for andre nøglekomponenter, såsom elektriske generatorer, transformatorer, effektomformerudstyr, lejer, aksler, gearkasser, og så videre, med visse konservative antagelser. Konservativ designpraksis og standardsatser for disse komponenter tillader ikke operatøren at høste den overskydende energi i vinden når først hele mærkeeffekten er blevet opnået, selv hvis der kan være yderligere energi i vinden. Nuværende teknikker har følgelig begrænsninger i at opnå høj effekt under høje vindhastigheder.

10 I patentskriftet GB 2089901 A beskrives en metode og et system til at regulere effekt af en vindturbinegenerator over mærkeeffekten, hvis et antal betingelser er opfyldt. Metoden omfatter registrering af driftsparametre med sensorer, vurdere disse med hensyn til designmærkedata og derudfra ændre mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren.

15 Det er derfor ønskeligt at tilvejebringe en teknik til effektivt og omkostningseffektivt at høste større vindenergi under betingelser med høje vindhastigheder, mens basislevetiden af vindturbinegeneratorene sikres. Det er også ønskeligt at forbedre designet af vindturbinegeneratorene til derved at høste større vindenergi end det er muligt ved de nuværende typer design.

I overensstemmelse med et aspekt af teknikken er ganske kort tilvejebragt en fremgangsmåde til at regulere mærkeeffekten af en vindturbinegenerator. Fremgangsmåden omfatter at registrere en flerhed af driftsparametre af vindturbinegeneratoren, vurdere flerheden af driftsparametre i forhold til respektive design-mærkedata for driftsparametrene, og intermitterende forøge en mærkeeffekt af vindturbinegeneratoren baseret på vurderingen. Systemer og computerprogrammer, der giver sådan funktionalitet kan blive tilvejebragt ved den foreliggende teknik.

30 Ifølge et andet aspekt af teknikken er tilvejebragt et styresystem til at regulere mærkeeffekten af en vindturbinegenerator. Styresystemet omfatter en flerhed af sensorer til at registrere en flerhed af driftsparametre af vindturbinegeneratoren og en processor til at vurdere flerheden af driftsparametre med hensyn til respektive designmærkedata for driftsparametrene. Styresystemet omfatter endvidere en

controller til intermitterende at forøge en mærkeeffekt af vindturbinegeneratoren baseret på vurderingen.

Ifølge et yderligere aspekt ved den foreliggende teknik er tilvejebragt en vindturbinegenerator. Vindturbinegeneratoren omfatter et styresystem konfigureret til intermitterende at forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren baseret på vurdering af driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren.

Ifølge et yderligere aspekt ved den foreliggende teknik er tilvejebragt en vindmøllepark. Vindmølleparken omfatter en flerhed af vindturbinegenerators og et vindmøllepark-styresystem. Flerheden af vindturbinegenerators kan drives til i fællesskab at levere elektrisk strøm til et brugssystem. Vindmøllepark-styresystemet er konfigureret til intermitterende at forøge mærkeeffekten af én eller flere af flerheden af vindturbinegenerators baseret på vurderingen af driftsbetingelserne af de respektive vindturbinegenerators.

Disse og andre træk, aspekter og fordele ved den foreliggende opfindelse vil blive bedre forstået når den efterfølgende, detaljerede beskrivelse læses med henvisning til den medfølgende tegning, hvor tilsvarende symboler repræsenterer dele tilsvarende gennem hele tegningen, hvor:

Fig. 1 er en skematisk illustration af et vindkraftsproduktionssystem ifølge aspekter ved den foreliggende teknik,

Fig. 2 er en skematisk illustration af funktionelle komponenter af en vindturbinegenerator ifølge aspekter ved den foreliggende teknik,

Fig. 3 er en skematisk illustration af en styremekanisme af en vindturbinegenerator ifølge aspekter ved den foreliggende teknik,

Fig. 4 er en grafisk repræsentation af en moment-hastighedskurve af en vindturbinegenerator ved forskellige vindhastigheder, og

Fig. 5 er et blokdiagram, der illustrerer et eksempel på en fremgangsmåde til at drive en vindmøllepark ifølge aspekter ved den foreliggende teknik.

Den foreliggende teknik tilvejebringer et system og en fremgangsmåde til at regulere mærkeeffekten af en vindturbinegenerator. I

den foreliggende teknik defineres effekt som tilsyneladende effekt, således at den omfatter nytteeffekt- og reaktiveffektkomponenter. Teknikken kan udvides til tilsvarende mærkeeffektklassificering af en vindmøllepark med en flerhed af vindturbinegeneratoreer ved høje vindhastigheder via et centralt eller tilsynsførende vindmølleparkstyresystem. I visse udførelsesformer kan vindmølleparkstyresystemet betjenes til at regulere mærkeeffekten af vindmølleparken ved intermitterende at forøge den afgivne mærkeeffekt af vindturbinegeneratoreer, således at basislevetiden af vindturbinegeneratoreerne ikke kompromitteres. Udførelsesformer af den foreliggende teknik beskrives detaljeret nedenfor under henvisning generelt til fig. 1-5.

Fig. 1 illustrerer et eksempel på et vindkraftsystem 10 i overensstemmelse med aspekter ved den foreliggende teknik. Vindkraftsystemet 10 omfatter en vindmøllepark 12 med en flerhed af vindturbinegeneratoreer 14, 16, 18, der kan drives til at levere elektrisk strøm til et forsyningsnet 20. Yderligere kan forsyningsnettet 20 modtage strøm fra andre energiproduktionsenheder 22 for at optage variabilitet i den afgivne effekt af vindmølleparken 12 på grund af ændrede vindbetingelser. Andre energiproduktionsenheder 22 kan for eksempel omfatte termiske, hydroelektriske eller nukleare kraftværker, blandt andre.

Vindturbinegeneratoreer 14, 16, 18 indbefatter turbinerotorer 24, 26, 28 med en flerhed af vinger, der driver rotorere af elektriske generatoreer 30, 32, 34 til at producere elektrisk strøm. Strøm produceret af generatoreer 30, 32, 34 kan optransformeres i spænding af turbinetransformerne 36, 38, 40 før den kobles til et distributionsnetværk 42 med mellemspænding. I den illustrerede udførelsesform anvendes en tilførselsledning 44 til at koble den afgivne effekt af vindturbinegeneratoreerne 14, 16, 18 for levering til mellemspændingsdistributionsnetværket 42. I en typisk anvendelse kobler mellemspændingsdistributionsnetværket 42 effekt fra en flerhed af tilførselsledninger (ikke vist), hvor hver tilførselsledning kobler den afgivne effekt af en flerhed af vindturbinegeneratoreer. I visse udførelsesformer kobles effekt fra vindturbinegeneratoreerne 14, 16, 18 til tilførselsledningen 44 via omkoblingsindretninger 46, 48, 50, som eksempelvis kan omfatte en elektrisk afbryder. Sådanne omkob-

lingsindretninger anvendes generelt i vindkraftproduktionssystemer til at lukke energiproduktion af en eller flere af vindturbinegeneratorerne ned under store vindhastigheder med høje turbulensintensitet. En stations-
transformer 52 anvendes generelt til at optransformere eller nedtrans-
5 formere spændingen af strømmen fra mellemspændingsdistributionsnet-
værket 42 til en transmissionsspænding fordret af forsyningsnettet 20.

Ifølge den foreliggende teknik omfatter vindmølleparken 12 et vindmølleparkstyresystem 54 omfattende en central overvågningsstation 56 og en central controller 58. I den illustrerede udførelsesform er vind-
10 mølleparkstyresystemet 54 funktionsdygtigt til at overvåge og styre den samlede afgivne effekt af vindmølleparken 12. Vindmølleparkstyresy-
stemet 50 omfatter yderligere effektsensorer, såsom spændings- og strømstyrkesensorer 60, som er konfigureret til at registrere den samle-
de afgivne effekt af vindmølleparken 12 og kan enten være koblet til et
15 udtag af stationstransformereren 52 (som illustreret i fig. 1) eller til et punkt i mellemspændingsdistributionsnetværket 42.

Vindmølleparkstyresystemet 54 er konfigureret til at kommunike-
kere med individuelle vindturbinegeneratorer via kommunikationsforbin-
delser 62, som kan være implementeret i hardware og software. I visse
20 udførelsesformer kan kommunikationsforbindelserne 62 være konfigu-
ret til at fjernkommunikere datasignaler til og fra vindmølleparkstyresy-
stemet 54 i overensstemmelse med enhver trådbaseret eller trådløs kommunikationsprotokol kendt af fagmanden. Som drøftet senere kan
sådanne datasignaler omfatte signaler, der indikerer driftsbetingelserne
25 af individuelle vindturbinegeneratorer transmitteret til vindmølleparksty-
resystemet 54 og forskellige styresignaler kommunikeret af vindmølle-
parkstyresystemet 54 til individuelle vindturbinegeneratorer. Vindmølle-
parkstyresystemet 54 kan yderligere være i forbindelse med mellem-
spændingsdistributionsnetværket 42, og kan være funktionsdygtigt til at
30 styre forskellige omkoblingsindretninger i netværket, såsom kondensato-
rer og reaktansspoler (ikke vist) til derved at styre den afgivne effekt af
vindmølleparken 12 inden for specifikationer foreskrevet af transmissi-
onssystemoperatører.

Som drøftet tidligere er vindturbinegeneratorer 14, 16, 18 gene-

relt designet til at generere effekt ved vindhastigheder lavere end en forudbestemt tærskelværdi, der også kaldes beskyttelsesvindhastigheden eller cut-out vindhastigheden. I den illustrerede udførelsesform kan mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren imidlertid forøges intermitterende baseret på vurderingerne af driftsbetingelserne, således at basislevetiden af vindturbinegeneratorene ikke kompromitteres. På grund af variationer og perioder hvor turbinen kører under den maximale mærkeeffekt kan turbinen for eksempel køres over det fastsatte mærkepunkt i korte perioder, mens man stadig bevarer de forventede udstyrslevetider.

5 10 Denne beslutning kan let tages ved at se på driftscyklus af maskinen.

Hver af vindturbinegeneratorene har yderligere en autonom controllerbeskyttelsefunktion, der fordrer vindturbinegeneratoren at afbryde eller lukke ned for energiproduktionen, når vindhastighederne ved vindturbinegeneratoren overstiger denne beskyttelsesvindhastighedsgrænse og basislevetiden af vindturbinegeneratorene ville blive påvirket såsom under betingelser med høj vindhastighed med høj turbulensintensitet. I en udførelsesform, såsom i tilfælde af en vindturbinegenerator med vinger med variabel pitch, kan en nedlukningsoperation indbefatte at pitche vingerne mod stalling (dvs. ved 90 grader mod vindretningen) eller kantstilling (dvs. ved 0 grader mod vindretningen), hvilket resulterer i en minimal indfangning af vindenergi af vingerne. I en yderligere udførelsesform kan en nedlukningsoperation indbefatte mekanisk bremsning af turbinerotoren. I endnu en yderligere udførelsesform kan nedlukning udføres via omkoblingsindretninger som illustreret i fig. 1.

15 20 25

Den foreliggende teknik tilvejebringer en styremekanisme hvorved mærkeeffekten af vindturbinegeneratorer intermitterende kan forøges til derved at forøge den samlede afgivne effekt af vindmølleparken 12. I overensstemmelse med aspekter ved den foreliggende teknik er individuelle vindturbinegeneratorer konfigureret til at forvente deres forøgede mærkeeffekt og kommunikere et signal til vindmølleparkstyresystemet 54. Signalet omfatter typisk en forespørgsel fra vindturbinegeneratoren om at drive vindturbinegeneratoren ved en forøget afgiven effekt end dens mærkeeffekt til derved at høste højere vindenergi. Vindmølleparkstyresystemet 54 er konfigureret til at overvåge driftsbetingelserne

30

af de individuelle vindturbinegeneratorer, vurdere forespørgslen automatisk eller via en operatørgrænseflade og autorisere eller afvise forespørgslen baseret på en parkniveauvurdering af driftsbetingelserne foretaget af vindmølleparkstyresystemet 54 automatisk eller af operatørerne. Udvælgelsen af individuelle vindkraftgeneratorer, som tillades at køre ved højere mærkeeffekt kan være baseret på parkniveauvurdering af driftsbetingelserne af vindturbinegeneratorerne med hensyn til andre betingelser, såsom den afgivne effekt af andre energiproduktionsenheder 22, levetiden af de individuelle vindkraftgeneratorer, antallet af gange 10 vindkraftgeneratorerne allerede er blevet tilladt at køre over den fastsatte mærkeeffekt i fortiden og så videre.

Som illustreret i fig. 2 kan en bred vifte af sensorer installeres på de individuelle vindturbinegeneratorer til at tilegne sig og kontinuert overvåge driftsparametrene, såsom elektriske, mekaniske eller meteorologiske driftsparametre som afspejler driftsbetingelserne af de respektive vindturbinegeneratorer. En eller flere sensorer kan for eksempel anvendes til at tilegne sig vindhastigheden, middelvindhastigheden, vindhastighedsvariansen, og/eller vindturbulensintensiteten. Alternativt kan en sensor, såsom et anemometer 64, installeres for at opnå data for vindhastighed. Vindhastighedsvariansen, og følgelig vindturbulensintensiteten, som er et forhold mellem middelvindhastigheden og vindhastighedsvariansen, kan så udledes indirekte fra middelvindhastigheden og rotorhastigheden. 20

Tilsvarende kan en temperatursensor 66 og/eller en tryksensor 25 68 installeres på vindturbinegeneratoren 14 for at opnå omgivelsestemperaturen og/eller atmosfæretrykket. Det vil værdsættes af fagmanden, at en projiceret vindhastighed også kan udledes fra de ovennævnte tilgængelige parametre. En eller flere sensorer 70 kan også installeres på turbinevingerne 72 for at opnå vingepitchvinklen og den mekaniske belastning på turbinevingerne 72. De mekaniske belastninger som turbineakslen 74, gearkassen 76 eller mekaniske komponenter af generatoren 78 udsættes for kan yderligere opnås via sensorer 80 installeret på turbineakslen 74, gearkassen 76 og/eller generatoren 78. 30

Yderligere sensorer 82 kan installeres til at registrere moment

eller hastighed af generatoren 78 eller rotoren. Endvidere kan termosensorer 84 installeres på turbineakslen 74, gearkassen 76 og/eller generatoren 78 for at overvåge den termiske belastning, som vindturbinegeneratoren 14 er udsat for. Overvågning af termiskbelastning kan omfatte

5 kontinuert overvågning af driftstemperaturen af effektbegrænsende nøglekomponenter i vindturbinegeneratoren, såsom elektrisk generator, effektomformer og transformere. I visse udførelsesformer kan overvågningen udvides til at omfatte mekaniske aspekter, såsom gearkasseolietemperaturen, som også kan give yderligere idé om den mekaniske be-

10 lastning af gearkassen 76. En eller flere elektriske sensorer 86 kan endvidere installeres i generatoren 78 for at registrere strømstyrke, spænding og/eller afgiven effekt af vindturbinegeneratoren 14 for at beregne den elektriske belastning.

De opnåede driftsparametre kan så kommunikeres til en

15 controller 88, hvor en vurdering af driftsbetingelsen af vindturbinegeneratoren 14 er baseret på driftsparametrene. Controlleren 88 kan så beslutte hvorvidt den intermitterende skal forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren 14 eller ej baseret på vurderingen som beskrevet nærmere nedenfor. Forespørgslen om at forøge mærkeeffekten kan så

20 kommunikeres til vindmølleparkstyresystemet 54 via et netværksinterface 90 over kommunikationsforbindelsen 62, såsom en optisk fiber- eller ethernetforbindelse. Alternativt kan de opnåede driftsparametre og/eller vurderingen af driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren 14 baseret på driftsparametrene kommunikeres direkte til vindmølleparkstyresy-

25 stemet 54 over kommunikationsforbindelsen 62. Vindmølleparkstyresystemet 54 kan så beslutte hvorvidt det intermitterende skal forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren 14 eller ej baseret på driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren. Som beskrevet tidligere kan vindmølleparkstyresystemet 54 foretage denne beslutning baseret på for-

30 skellige andre faktorer enten automatisk eller gennem operatører og kommunikere dette tilbage til controlleren 88. Baseret på bekræftelsen kan controlleren 88 så øge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren 14 for at høste den overskydende vindenergi i en transient tidsperiode, således at basislevetiden af vindturbinegeneratoren 14 ikke kompromitte-

res. Det skal bemærkes, at den transiente tidsperiode i visse udførelsesformer kan være forudbestemt baseret på vurderingen af driftsbetingelserne.

Vurderingen af driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren til
5 intermitterende at forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren er beskrevet via en skematisk styremekanisme 92 som illustreret i fig. 3. De elektriske, mekaniske, termiske og/eller meteorologiske sensorer 94 installeret på vindturbinegeneratoren som beskrevet ovenfor måler forskellige driftsparametre 96, der repræsenterer driftsbetingelserne af
10 vindturbinegeneratoren. Disse parametre 96 kan omfatte for eksempel mekaniske belastninger, vindhastigheder, middelvindhastigheder, vindhastighedsvarians, vindturbulensintensitet, projiceret vindhastighed, temperaturbelastninger, lufttemperaturen, atmosfæretrykket, luftdensiteten, den afgivne effekt af vindturbinegeneratoren, moment eller hastighed af generatoren eller rotoren, og/eller vingepitchvinklen. Driftsparametrene 96 kan så lagres i en hukommelse 98. Det skal forstås, at
15 enhver type hukommelse 98 kan anvendes i styresystemet. Hukommelsen 98 kan endvidere lagre designmærkedata 100 for de opnåede driftsparametre. Driftsparametrene 96 sammenlignes så med deres respektive designmærkedata via controlleren 88 for at vurdere driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren. Controlleren 88 kan så beslutte hvorvidt den skal øge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren for realtidsdriftsbetingelserne. Med andre ord bestemmes mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren på
20 realtidsbasis. Det vil anerkendes af fagfolk, at mens enkeltparametre kan sammenlignes mod deres designgrænser eller intervaller, i mange systemer, vil en samling af sådanne parametre, blive anvendt i sammenligningen. Teknikken kan også efterspørge generering af sammensatte parametre baseret på den registrerede værdi og designværdier, således at adskillige faktorer tages hensyn til samtidig. Den pågældende sammensatte parameter og dens beregning vil typisk afhænge
25 af designet af generatoren og præferencer af operatøren i at respektere designbegrænsningerne.

For eksempel tager standardmærkedata af vindturbiner ikke hensyn til overskydende kapacitet som kan være til stede i de elektriske

komponenter af vindturbinegeneratoren. Sådant kapacitet kan opstå på grund af usikkerhed forbundet med omgivelsesafkøling og nylig driftshistorie. For eksempel kan koldt vejr resultere i lavere udstyrstemperaturer for et givet effektgennemløb end varmt vejr ville, på grund af den til

5 rådighed værende forbedrede køling. Et system, som har været ubelastet i et betydeligt tidsrum, og således er kølet ned, har en meget højere korttidsduelighed end en maskine, som allerede er tæt på sin maksimumtemperatur. Controlleren 88 kan bestemme en realtids tilgængelig mærkeeffekt baseret på termisk information tilgængelig fra kontinuert

10 temperaturovervågning og kan intermitterende forøge mærkeeffekten baseret på den til rådighed værende realtidsmærkeeffekt. Controlleren 88 kan så autorisere eller søge autorisation fra vindmølleparkstyresystemet 54 for at tillade øgningen af vindturbinegeneratoren til niveauet af disponibel reel kapacitet underkastet den gældende vindstyrke. Mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren ændres dynamisk via turbine og

15 generatorstyringen 102. Som det vil indses af fagfolk kan mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren forøges ved at drive vindturbinegeneratoren ved et højere moment eller hastighed end designmærkemomentet eller –hastigheden. Alternativt, i visse udførelsesformer, kan mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren forøges ved at drive vindturbinegeneratoren ved højere afgivne strømstyrker end designmærkestrømstyrken ved ethvert moment og hastighed af vindturbinegeneratoren. Det skal bemærkes, at dette muliggør forøgelse i evnen til afgiven effekt selv ved

20 lav eller ingen vindhastighed, hvilket er tilfældet for ren reaktiv energiproduktion, når kun konverteren er i drift.

Som det vil værdsættes af fagfolk, svigter materialer tilsvarende når de bliver udsat for cyklisk belastning ved meget lavere belastning end deres brudstyrke. For en vindtype med høj hastighed og lille turbulens (høj middelvindhastighed og lille vindvarians) akkumulerer turbinen

30 følgelig udmattelse i meget lavere takt, da det er vindvariansen og ikke middelvindhastigheden som hovedsagelig bidrager til udmattelse og følgelig kan en beslutning om at øge turbinen til at forøge energioptagelse tages uden at give afkald på basislevetiden. Forøgelsen af mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren under høje vindhastigheder er beskrevet

mere detaljeret ved hjælp af moment-hastighedsdiagrammet 104 for en vindturbinegenerator som vist i fig. 4

Som illustreret viser den fuldt optrukne linie 106 de forskellige stader, som en turbine gennemgår når vinden forøges fra cut-in vindhastigheden (~ 4 m/s) til meget høje vindhastigheder (18 m/s). Ved punkt A, når vinden er ved cut-in hastigheden, startes turbinen. Efterhånden som vindhastigheden forøges bringes turbinen i ligevægt til at fange maksimal energi fra den indkommende vind, følgelig er pitchen fikseret ved fin pitch (nærmest rettet mod vindretningen). Med en fin pitch, og en vindhastighed på fx 6 m/s, fastlægges turbinen det der kan opnås med varierende moment, ligger på den prikkede linje med betegnelsen 6 m/s. På denne linje drives generatoren ved et punkt, hvor effekten (dvs. produktet af moment og hastighed) er maksimal. Driftstilstande af alle sådanne punkter ved forskellige vindhastigheder er den fuldt optrukne linje A-F-H-C. Dette regime kan betegnes "Drift Under Mærkeeffekt"-regime. Efterhånden som vindhastigheden øges yderligere er der et potentiale af turbinen til at krydse sin grænse for brudstyrke/udmattelse. Følgelig begrænses effektoptaget ved at pitche vingerne. Punkt E kaldes det fastsatte mærkeeffektpunkt, og moment og hastighed ved dette punkt benævnes henholdsvis mærkemoment (T_E , typisk omkring 10090 Nm i et nuværende design) og generatorens mærkehastighed (N_E , typisk omkring 1440 omdr/min i det nuværende design). Hvis vindhastigheden passerer mærkehastigheden (14 m/s i det ovennævnte diagram for systemet ifølge eksemplet), varieres pitch således at turbinedriftstilstanden (priklinjerne 16 m/s, 18 m/s) passerer gennem punkt E. Dette kan betegnes som et "Drift Over Mærkeeffekt"-regime. Kortfattet kan siges, i regimet Drift Under Mærkeeffekt holdes pitch konstant (fin pitch) og momentet varieres, og i regimet Drift Over Mærkeeffekt holdes momentet konstant, mens pitch varieres, og turbinen blive ved punkt E på moment-hastighedskurven.

Generelt er det fastsatte mærkeeffektpunkt E en hårdtkodet værdi, som begrænser den maksimale effekt indhøstet af vindturbinegeneratoren under perioder med høj vind. Som beskrevet ovenfor, ændres eller øges det fastsatte mærkeeffektpunkt E dynamisk på moment-

hastighedskurven afhængig af middelvindhastigheden (V) og vindvarian-
sen (S) i korte perioder. Positionen af det fastsatte mærkeeffektpunkt E
afhænger af overvejelser om brud- og udmattelsesbelastninger. For ek-
sempel kan generatorhastigheden på grund af rent mekaniske overvejel-
5 ser (centrifugalbelastninger) fastholdes inden for en maksimal hastig-
hedsgrænse (generelt omkring 1600 omdr/min for et eksempel på et
nuværende design), og på grund af elektriske begrænsninger af genera-
toren kan generatoren holdes inden for en maksimal momentbegræns-
ning (generelt omkring 11030 Nm for det samme nuværende design).
10 Hvis mærkemomentet og generatorens mærkehastighed er under græn-
serne for den maksimale hastighed og det maksimale moment, kan
vindturbinegeneratoren følgelig øges inden for et lille vindue (1440-1600
omdr/min og 10090-11030 Nm) uden at krydse brudbelastningerne.

Det skal bemærkes, at udmattelsesbelastninger akkumuleres
15 over tid. Risikoen for vedligeholdelsesproblemer og endog svigt forøges
når systemerne overskrider deres designudmattelsesgrænser. Udmattel-
se kan estimeres i realtid baseret på vindhistorie under anvendelse af
signalbehandling baseret på genererede overføringsfunktioner af effekt
og skadesfrekvenser. Fordi basislevetiden af en turbine beregnes under
20 antagelse af den værst tænkelige turbulens, er der en mulighed for at
forøge mærkeeffekten af turbinen, når som helst vindvariansen er min-
dre end den antagne værst tænkelige turbulens, mens levetiden holdes
længere end den forudsatte.

Som det vil blive værdsat af fagfolk, kan de pågældende drifts-
25 betingelser og beslutning om hvorvidt mærkeeffekten af vindturbinenege-
neratoren skal øges eller ej baseret på vurderingen af de pågældende
driftsbetingelser kan lagres i hukommelsen for fremtidig reference. En
optimal moment-hastighedsplan for det fastsatte mærkeeffektpunkt kan
derfor udledes baseret på den gennemløbne driftsbetingelseshistorie og
30 beslutningerne lagret i hukommelsen. Alternativt kan den optimale mo-
ment-hastighedsplan udledes under designfasen af vindturbinegenerato-
rerne ved hjælp af ethvert vindturbinesimulationsprogram, der optimerer
den afgivne effekt af vindturbinegeneratoren under levetidsrestriktion
ved at variere det fastsatte mærkeeffektpunkt som funktion af driftsbe-

tingelser (typisk input-vindkarakteristikker såsom middelvindhastighed og vindvarians). En vindturbinegenerator kan så forøges i mærkeeffekt for de gældende driftsbetingelser ved dynamisk at ændre det fastsatte mærkeeffektpunkt baseret på den udledele optimale moment-
5 hastighedsplan.

Et eksempel på en styreløgn til at regulere mærkeeffekten af en vindturbinegenerator baseret på driftsbetingelser af vindturbinegeneratoren er vist i fig. 5. Som illustreret i den eksempelvis logik, der generelt betegnes med henvisningstal 110, kan en flerhed af driftsparametre
10 af vindturbinegeneratoren opnås og overvåges via en eller flere sensorer ved trin 112. Flerheden af driftsparametre vurderes så med hensyn til respektive designmærkedata for driftsparametrene ved trin 114 via en controller. Det skal bemærkes, at vurderingen kan udføres via en lokal controller eller via et vindmølleparkstyresystem. Mærkeeffekten af vind-
15 turbinegeneratoren kan så intermitterende øges ved høje vindhastigheder baseret på vurderingen ved trin 116.

Teknikkerne til intermitterende at forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren som beskrevet i forskellige udførelsesformer diskuteres ovenfor tilvejebringer forøget afgiven effekt under anvendelse af
20 den eksisterende vindturbinegenerator med lavere mærkeeffekt uden at reducere dens basislevetid. Alternativt kan der anvendes en vindturbinegenerator med lavere mærkeeffekt end den der i øjeblikket anvendes til at tilvejebringe samme niveau af afgiven effekt. Realtidsviden om mekaniske, termiske og/eller elektriske driftsbetingelser tillader vurderingen
25 af uudnyttet kapacitet inden for designet og kan derfor tillade ekstraktion af yderligere vindenergi uden at overskride grænserne for den kritiske mekaniske, elektriske og/eller termiske belastning. Den fleksible, betingelsesbaserede mærkeeffektvurdering i realtid tillader denne yderligere energi at blive indhøstet uden nogen forøget omkostning. Det skal
30 bemærkes, at da turbinen er udsat for minimal vindvarians, i visse udførelsesformer, kan mærkeeffekten såvel som levetiden af vindturbinegeneratoren forøges i forhold til den nuværende afgivne effekt og basislevetiden.

Det vil anerkendes af fagfolk, at den foreliggende teknik tillader

den maksimale afgivne effekt at blive forøget uden at indebære nogen ændring af hardware og kan derfor eftermonteres som en opgradering af et styresystem af de eksisterende vindturbinegeneratorer. Kort sagt fører de foreliggende teknikker til højere årligt energiudbytte, lavere energiomkostning og forbedret virkningsgrad af det eksisterende anlæg og

5 udstyr med minimale hardwareændringer.

Mens der kun er illustreret og beskrevet visse træk af opfindelsen, vil mange modifikationer og ændringer falde fagfolk ind. Det skal derfor forstås, at kravene er tiltænkt at dække alle sådanne modifikatio-

10 ner og ændringer, der falder inden for opfindelsens sande ånd.

STYKLISTE

	10	vindkraftanlæg
	12	vindmøllepark
	14	vindturbinegeneratorer
5	16	vindturbinegeneratorer
	18	vindturbinegeneratorer
	20	forsyningsnet
	22	andre energiproduktionsenheder
	24	turbinerotorer
10	26	turbinerotorer
	28	turbinerotorer
	30	elektriskegeneratorer
	32	elektriskegeneratorer
	34	elektriskegeneratorer
15	36	turbinetransformere
	38	turbinetransformere
	40	turbinetransformere
	42	mellemspændingsdistributionsnetværk
	44	forsyningsledning
20	46	omkoblingsindretninger
	48	omkoblingsindretninger
	50	omkoblingsindretninger
	52	stationstransformer
	54	vindmølleparkstyresystem
25	56	central overvågningsstation
	58	central controller
	60	effektsensorer
	62	kommunikationsforbindelser
	64	anemometer
30	66	temperatursensor
	68	tryksensor
	70	sensorer på turbinevinge
	72	turbinevinger
	74	turbineaksel

	76	gearkasse
	78	elektrisk generator
	80	mekaniske sensorer
	82	hastighedssensorer
5	84	termiske sensorer
	86	elektriske sensorer
	88	controller
	90	netværksinterface
	92	styremekanisme for forøgelse af effekten
10	94	sensorer
	96	driftsparametre
	98	hukommelse
	100	designmærkedata for de opnåede driftsparametre
	102	turbine- og generatorstyring
15	104	moment-hastighedsplan
	106	fuldt optrukken linje på moment-hastighedsplanen
	110	teknik til at regulere mærkeeffekten af en vindturbine-generator
	112	overvågnings/opnåelse af driftsparametre
20	114	vurdering af driftsparametre i forhold til respektive designmærkedata for driftsparametrene
	116	intermitterende/dynamisk at øge mærkeeffekten baseret på vurderingen

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til at regulere mærkeeffekt (110) af en vindturbinegenerator (114), hvilken fremgangsmåde omfatter:

5 registrere (112) en flerhed af driftsparametre (96) af vindturbinegeneratoren (14),

vurdere (114) flerheden af driftsparametre (96) med hensyn til respektive designmærkedata for driftsparametrene (100), **kendetegnet ved**

10 dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) af vindturbinegeneratoren (14) baseret på vurderingen ved alternerende styring af vindturbin pitch og vindturbinegeneratormoment eller vindturbinegenerator hastighed

2. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor flerheden af driftsparametre (96) omfatter elektriske driftsparametre, eller mekaniske driftsparametre, eller termiske driftsparametre, eller meteorologiske driftsparametre, eller enhver kombination deraf.

3. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor trinnet dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) omfatter intermitterende at drive vindturbinegeneratoren (14) ved et højere moment eller en højere hastighed end mærkemomentet eller -hastigheden.

4. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor trinnet dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) omfatter intermitterende at drive vindturbinegeneratoren (14) ved højere afgivne strømstyrker end designmærkestrømstyrken.

25 5. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor trinnet dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) omfatter dynamisk at ændre et fastsat mærkeeffektpunkt, hvor det fastsatte mærkeeffektpunkt omfatter mærkemoment eller -hastighed af en generator, eller begge dele.

30 6. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor trinnet dynamisk at ændre at øge mærkeeffekten (116) omfatter intermitterende at forøge mærkeeffekten for vindtyper med høj hastighed og lille turbulens.

7. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, hvor trinnet dynamisk at ændre e mærkeeffekten (116) omfatter intermitterende at forøge mærkeeffekten for driftstemperaturer under den specificerede tempera-

tur af elektriske eller mekaniske komponenter af vindturbinegeneratoren (14).

8. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 1, yderligere omfattende at udlede en optimal moment-hastighedsplan for det fastsatte mærkeeffektpunkt baseret på vurderingen.

9. Fremgangsmåde (110) ifølge krav 8, hvor trinnet dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) omfatter dynamisk at ændre det fastsatte mærkeeffektpunkt baseret på den optimale moment-hastighedsplan.

10. Fremgangsmåde ifølge krav 1, yderligere omfattende at bestemme en til rådighed værende mærkeeffekt i realtid baseret på termisk information til rådighed fra kontinuert temperaturovervågning.

11. Fremgangsmåde ifølge krav 10, hvor trinnet dynamisk at ændre mærkeeffekten (116) omfatter intermitterende at forøge mærkeeffekten baseret på den til rådighed værende mærkeeffekt i realtid.

12. Styresystem (92) til at regulere mærkeeffekten af en vindturbinegenerator (14), hvilket styresystem (92) omfatter:

en flerhed af sensorer (94) til at registrere en flerhed af driftsparametre (96) af vindturbinegeneratoren (14),

en processor (88) til at vurdere flerheden af driftsparametre (96) med hensyn til respektive designmærkedata for driftsparametrene (100), **kendetegnet ved at** omfatte

en controller (88) til dynamisk at ændre en mærkeeffekt af vindturbinegeneratoren baseret på vurderingen ved alternerende styring af vindturbin pitch og vindturbinegeneratormoment eller vindturbinegenerator hastighed.

13. Vindturbinegenerator (14), **kendetegnet ved at** omfatte:

et styresystem (92) konfigureret til dynamisk at forøge mærkeeffekten af vindturbinegeneratoren (14).

14. Vindturbinegenerator (14) ifølge krav 13), hvor driftsbetingelserne af vindturbinegeneratoren (14) omfatter elektriske driftsbetingelser, eller mekaniske driftsbetingelser, eller termiske driftsbetingelser, eller meteorologiske driftsbetingelser, eller enhver kombination deraf.

15. Vindmøllepark (12) omfattende:

en flerhed af vindturbinegeneratorer (14,16, 18), der kan drives til kollektivt at levere elektrisk strøm til et forsyningssystem (20), **kendetegnet ved** at omfatte

5 et vindmølleparkstyresystem (54) konfigureret til dynamisk at ændre mærkeeffekten af en eller flere af flerheden af vindturbinegeneratorer (14, 16, 18) baseret på vurdering af driftsbetingelser af de respektive vindturbinegeneratorer (14, 16, 18) ved alternerende styring af vindturbin pitch og vindturbinegeneratormoment eller vindturbinegenerator hastighed.

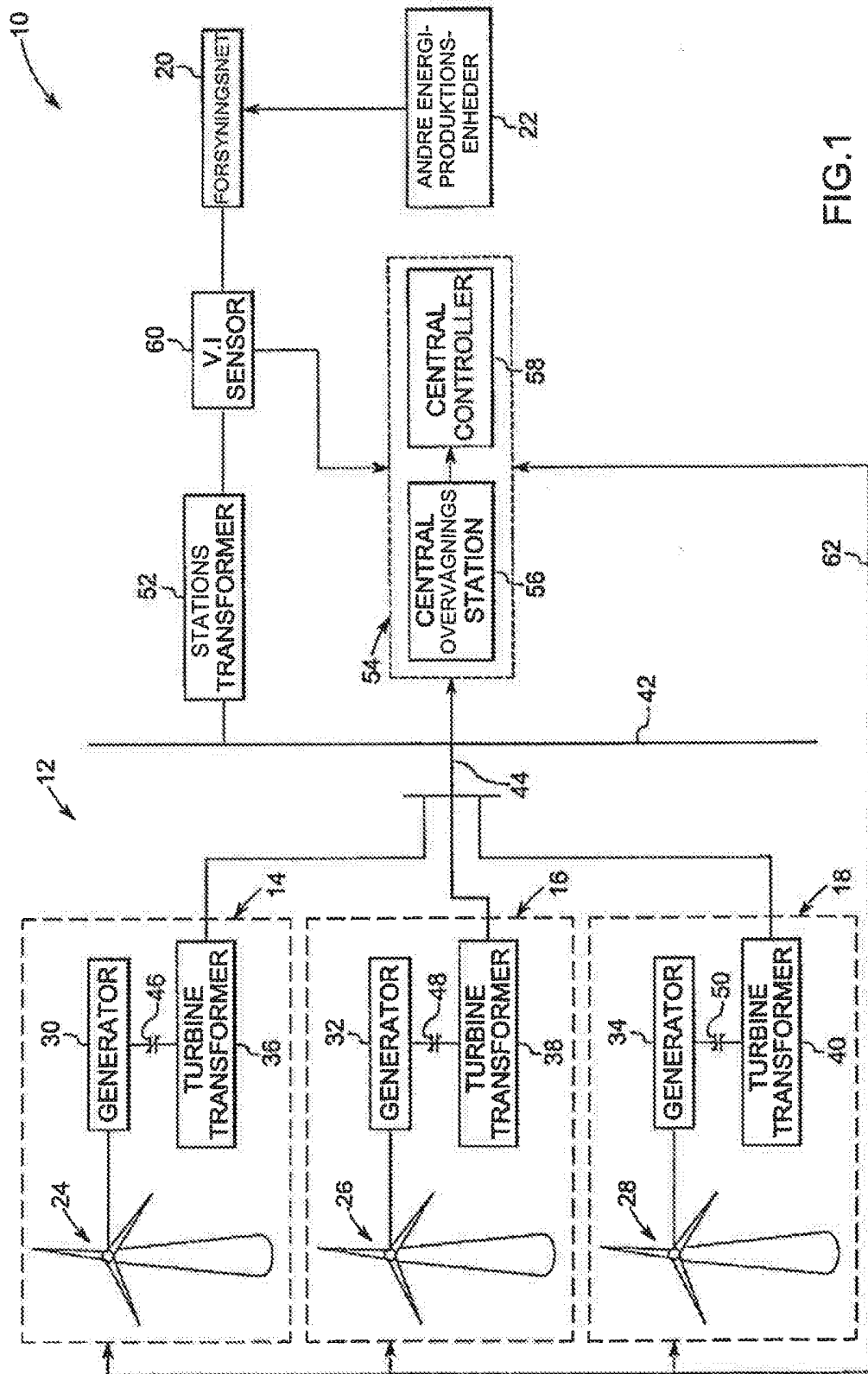


FIG.1

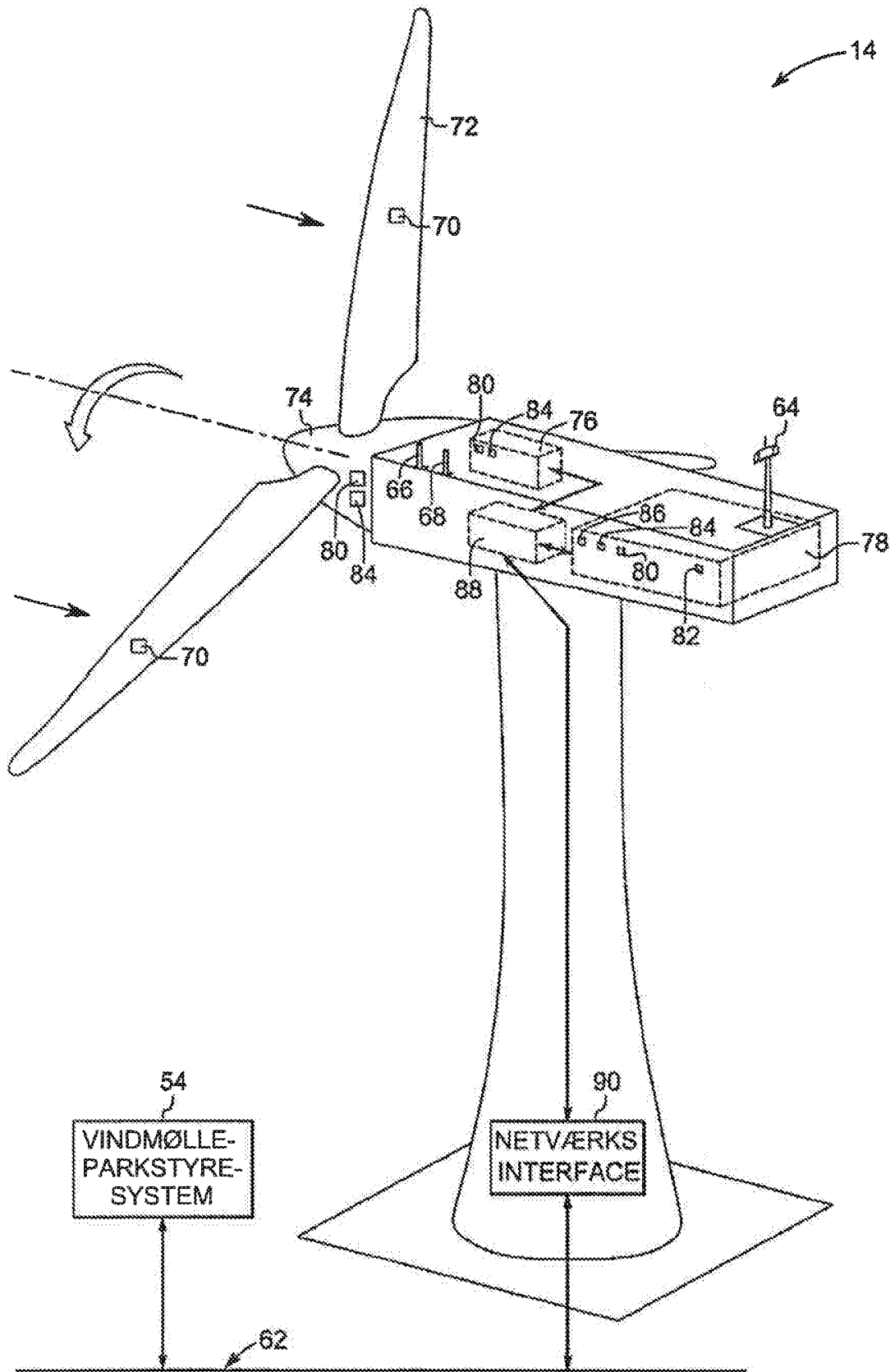


FIG.2

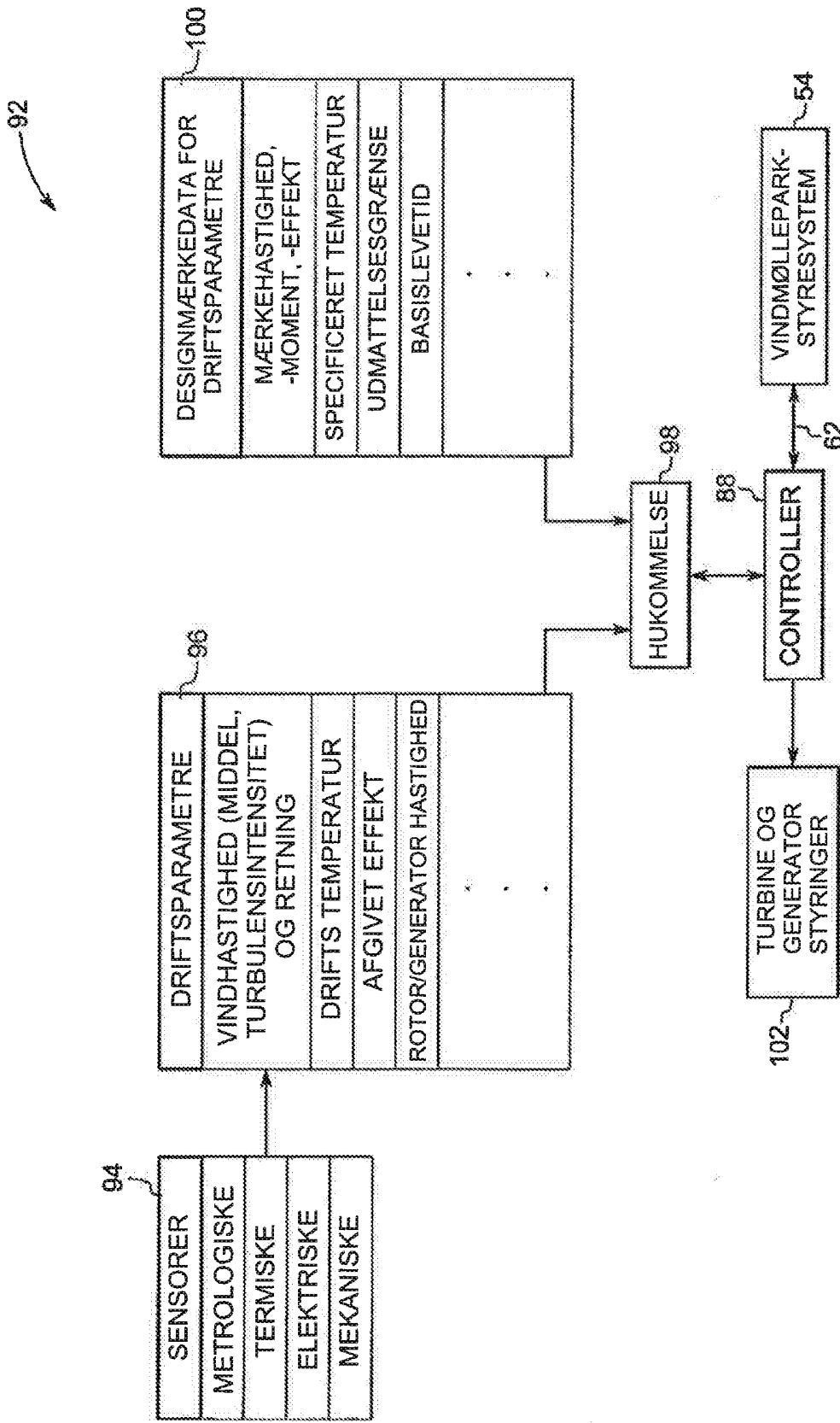


FIG.3

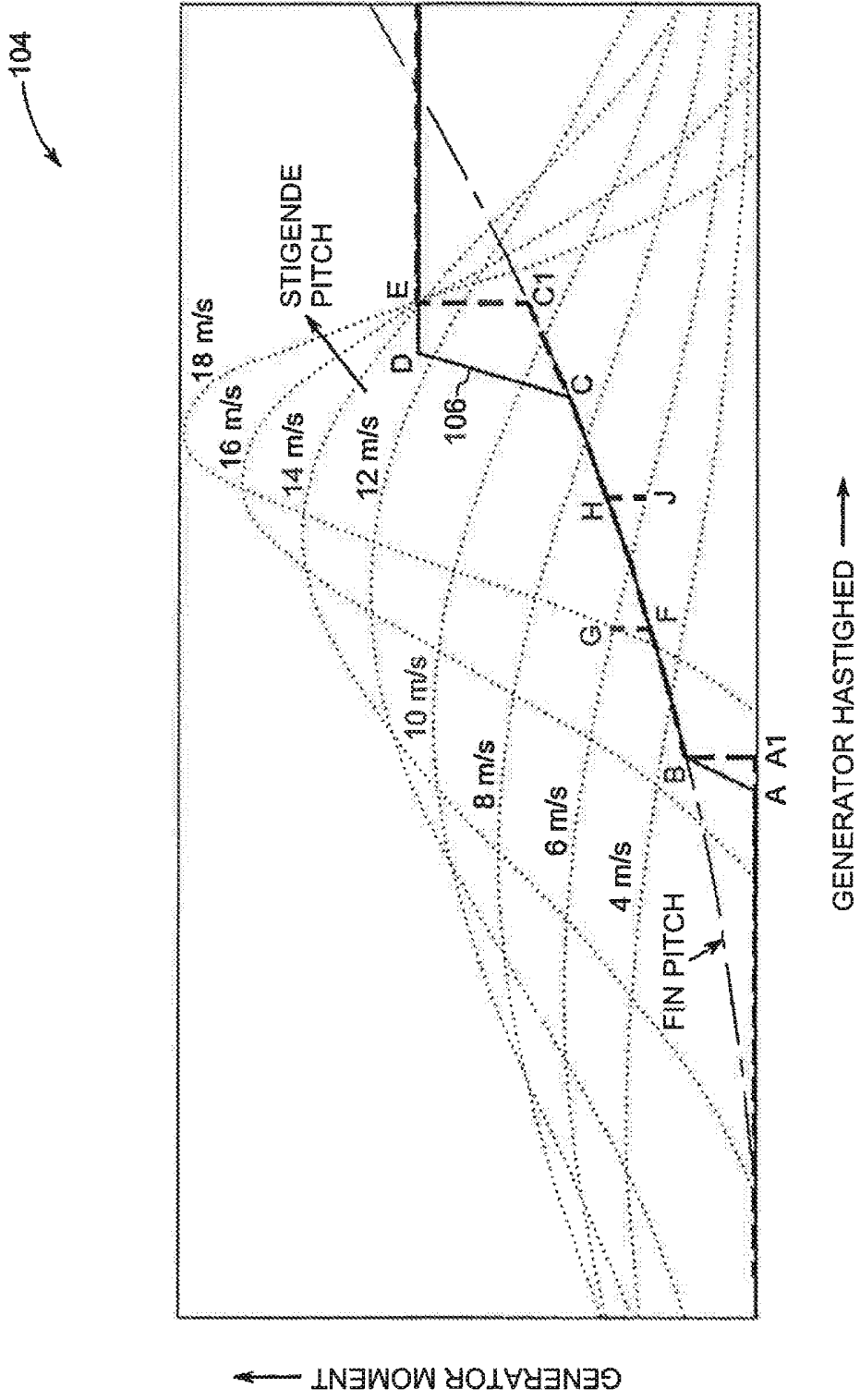


FIG.4

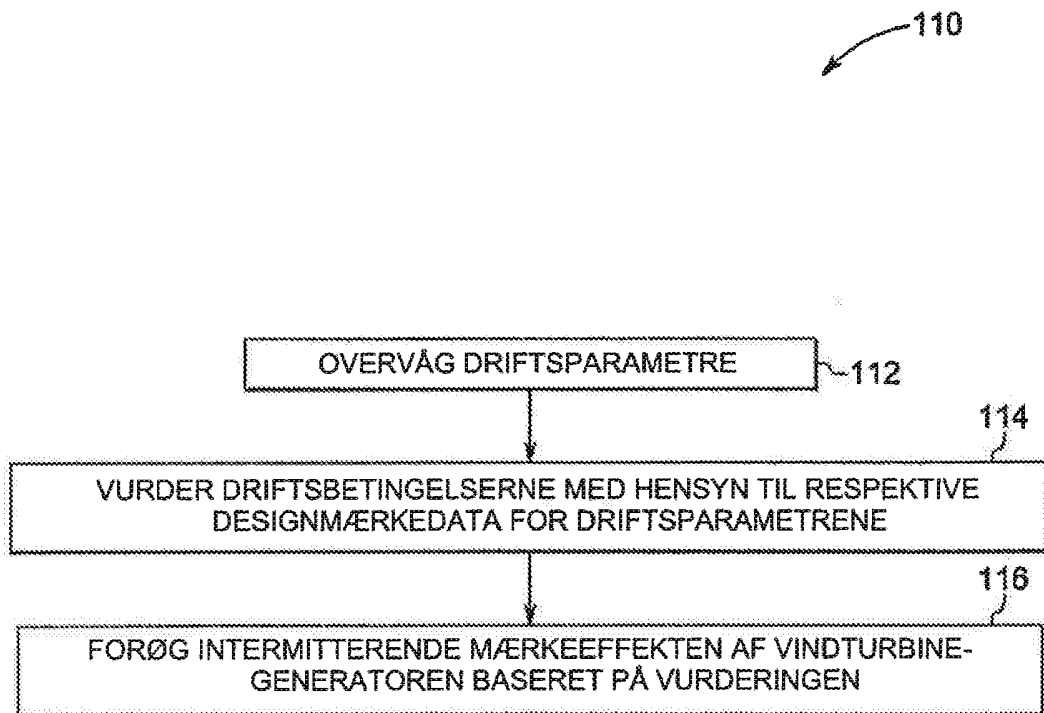


FIG.5