(19) DANMARK

(10) **DK/EP 1164691 T4**

Patent- og Varemærkestyrelsen

(12) Oversættelse af ændret europæisk patentskrift

(51) Int.Cl.: ***H 02 P 9/30 (2006.01)***

(45) Oversættelsen bekendtgjort den: **2020-06-29**

(80) Dato for Den Europæiske Patentmyndigheds bekendtgørelse om opretholdelse af patentet i ændret form: **2020-04-01**

(86) Europæisk ansøgning nr.: **01122899.6**

(86) Europæisk indleveringsdag: **1998-12-18**

(87) Den europæiske ansøgnings publiceringsdag: **2001-12-19**

(30) Prioritet: **1997-12-19 DE 19756777**

(62) Stamansøgningsnr: **98966834.8**

(84) Designerede stater: **AT DE DK ES FI FR GB GR IE IT NL PT SE**

(73) Patenthaver: **Wobben, Aloys, Argestrasse 19, 26607 Aurich, Tyskland**

(72) Opfinder: **Wobben, Aloys, Argestrasse 19, 26607 Aurich, Tyskland**

(74) Fuldmægtig i Danmark: **Zacco Denmark A/S, Arne Jacobsens Allé 15, 2300 København S, Danmark**

(54) Benævnelse: **Fremgangsmåde til drift af et vindenergianlæg samt vindenergianlæg**

(56) Fremdragne publikationer:
DE-A- 3 438 893
DE-C- 3 833 719
E-40 Kurzbeschreibung; Rotor Generator Netz.

Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til drift af et vindenergianlæg med en elektrisk generator, der kan drives af en rotor, til afgivelse af elektrisk effekt til en elektrisk forbruger, herunder især til et elektrisk net.

I de kendte vindenergianlæg til generering af elektrisk energi på basis af vind drives generatoren i parallel drift med den elektriske forbruger, som ofte er et elektrisk net. Under driften af vindenergianlægget varierer den af generatoren leverede elektriske effekt alt efter den aktuelle vindhastighed og dermed efter vindeffekten. Heraf følger, at også den elektriske generatorspænding varierer efter vindeffekten. Dette giver følgende problemer:

I tilfælde af, at den genererede elektriske effekt skal ledes ud i et elektrisk net, fx et offentligt ledningsnet, opstår der en øget netspænding ved det knude- eller nettilslutningspunkt, hvor generatoreffekten ledes ud i nettet. Især ved store spændingsændringer i generatorspændingen opstår der kraftige, uønskede ændringer i netspændingen.

Under særlige omstændigheder kan det ske, at netspændingen i forsyningsnettet stiger til en uønsket høj værdi. Det er især tilfældet, hvis den effekt, forbrugeren har aftaget, er meget lille, samtidig med, at der i forsyningsnettet indføres en høj elektrisk effekt. Sådanne situationer kan fx opstå om natten, når husstandenes elektriske effektforbrug er temmelig lavt, og en vindenergikonverter samtidig i kraftigt blæsevejr stiller en hertil svarende høj elektrisk effekt til rådighed for forsyningsnettet. Når spændingen i forsyningsnettet hhv. ved vindenergianlæggets nettilslutningspunkt stiger til over en forudbestemt værdi, skal vindenergianlægget hhv. dets generator kobles af nettet, og vindenergianlægget burde kobles helt ud af nettet, fordi der ikke kan aftages mere effekt. En sådan afbrydelse medfører en for vindenergianlæggets og netværkets driftsselskaber lige uønsket afbrydelse af udledningen af elektrisk effekt.

Fra DE-PS 368 799, DE-OS 44 28 085 samt DE-OS 30 23 195 er det almindelig kendt, at den effekt, generatoren leverer, svinger ved anlæg som fx vindkraftanlæg og solcellegeneratorer, hvilket ved udledning i nettet 24 fører til de ovenfor beskrevne problemer.

Endvidere kendes der fra DE-PS 38 33 719 et net og et forbrugerforsynende strømgenereringsanlæg i form at et vindenergianlæg, i hvilket den elektriske effekt, som vindenergianlæggets generator leverer, ledes ud i nettet ved hjælp af en vekselretter.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at angive en fremgangsmåde til drift af et vindenergianlæg, der undgår ulemperne hos den kendte teknik og især spændingsudsving hos forbrugeren, især i et elektrisk net, samt uønsket udkobling af vindenergianlægget.

Opfindelsen løser denne opgave ved hjælp af en fremgangsmåde ifølge krav 1.

I forbindelse med en indretning af den indledningsvis nævnte art kan den effekt, generatoren afgiver til forbrugeren, reguleres afhængigt af den spænding, spændingsføleren har målt, ved hjælp af en reguleringsindretning med en spændingsføler til måling af en elektrisk spænding, fx netspænding, hos forbrugeren.

Som beskrevet kan der ved energigenereringen forekomme udsving i, hvor meget energi der kan genereres, hvilket i forbindelse med vindenergianlæg er en naturgiven ting, der afhænger af vindstyrken. Det er dog ikke disse udsving, opfindelsen tager udgangspunkt i. Den beskæftiger sig derimod med det problem, at der også på forbrugersiden forekommer udsving i effektforbruget, hvilket giver sig udslag i en svingende netspænding. Sådanne netspændinger er som bekendt kritiske, fordi elektriske apparater - især computere - ofte kun i utilstrækkeligt omfang er sikret mod kritiske spændingsudsving. Ifølge opfindelsen skal der ved energiudledningen således ikke kun tages højde for udsving i energigenereringen på producentsiden, men derimod også for udsving på forbrugersiden, således at den leverede elektriske spænding ved tilledningspunktet reguleres til den ønskede index- eller målværdi.

Med opfindelsen undgås uønskede udsving i den hos forbrugeren foreliggende spænding, især den i et net bestående elektriske spænding, ved at den af generatoren afgivne elektriske effekt reguleres afhængigt af spændingen hos forbrugeren

hhv. i nettet. Herved undgås også uønskede spændingsudsving, der kan opstå som følge af ændringer i vindeffekten.

En yderligere fordel ved opfindelsen ligger i, at vindenergianlægget selv ved meget store ændringer i vindeffekten ikke behøver at blive frakoblet for at forhindre netsvingninger. Ifølge opfindelsen fortsættes driften af vindenergianlægget også ved store ændringer i vindeffekten, uden at der optræder ændringer i netspændingen. Til dette formål er reguleringsindretningen ifølge opfindelsen udstyret med spændingsfølere til måling af den hos forbrugeren eller i nettet foreliggende spænding.

Ved hjælp af opfindelsen kan der endvidere også ved konstant vindeffekt kompenseres for de udsving i netspændingen, som jævnligt opstår i elektriske elforsyningsnet, da nogle forbrugere, der er forbundet med nettet, i perioder optager betydelig effekt fra nettet, hvilket kan resultere i et spændingsfald. I tilfælde af et sådant spændingsfald kan vindenergianlægget ifølge opfindelsen lede en øget elektrisk effekt ud i nettet og på denne måde kompensere for spændingsudsving. Til dette formål hæves udledningsspændingen ved grænsefladen mellem vindenergianlæg og net på grundlag af den ifølge opfindelsen målte netspændingsværdi.

Ifølge en foretrukken udførelsesform for fremgangsmåden ifølge opfindelsen reguleres den afgivne effekt ved, at den leverede elektriske spænding indstilles til en ønsket værdi. I denne forbindelse kan der på særlig enkel vis foretages en netspændingskompensation, der - som ovenfor beskrevet - fx kan foregå, når en med nettet forbundet forbruger har brug for en høj effekt.

Ifølge en yderligere foretrukken udførelsesform af opfindelsen leveres den elektriske spænding som vekselspænding med en frekvens, der kan bestemmes forud. På denne måde kan den udledte effekt tilpasses til forholdene i nettet, og netfrekvensen kan påvirkes. Det er hensigtsmæssigt, at den frekvens, der kan forudbestemmes, svarer til netfrekvensen.

Vindenergianlægget videreudvikles med fordel ved hjælp af en reguleringsindretning, som omfatter en mikroprocessor, da der på denne måde kan foretages en digital regulering.

Opfindelsen anskueliggøres i det efterfølgende ved hjælp af et udførelseseksempel på en fremgangsmåde til drift af et vindenergianlæg under henvisning til tegningerne. Her viser:

Fig. 1 et vindenergianlæg, der forsyner et net, i en skematisk gengivelse,

Fig. 2 en reguleringsindretning ifølge opfindelsen til drift af et vindkraftanlæg og

Fig. 3 et diagram, som anskueliggør sammenhængen mellem vindeffekt og net-spænding.

Et i fig. 1 skematisk gengivet vindenergianlæg 2 med en rotor 4 er forbundet med et elektrisk net 6, som fx kan være et offentligt net. Til nettet er der tilsluttet flere elektriske forbrugere 8.

Den ikke i fig. 1 viste elektriske generator i vindenergianlægget 2 er koblet sammen med en elektrisk styrings- og reguleringsindretning 10, som i første omgang ensretter den vekselstrøm, der genereres i generatoren, og derefter konverterer den til en vekselspænding, der svarer til netfrekvensen. I stedet for et net 6 kunne vindenergianlægget 2 også forsyne en enkelt forbruger med elektrisk energi. Styrings- og reguleringsindretningen 10 omfatter en reguleringsindretning.

Fig. 2 illustrerer reguleringsindretningen. Den skematisk gengivne rotor 4 er koblet sammen med en generator 12, som leverer en elektrisk effekt, der afhænger af vindhastigheden og dermed af vindeffekten. Den i generatoren 12 genererede vekselspænding kan i første omgang ensrettes og efterfølgende konverteres til en vekselspænding med en frekvens svarende til netfrekvensen.

Ved hjælp af en spændingsføler (ikke gengivet) bestemmes netspændingen et sted på nettet 6 (fig. 1). Afhængig af den konstaterede netspænding beregnes der - eventuelt ved hjælp af en i fig. 4 gengivet mikroprocessor - en optimal generatorspænding U_{index} (jfr. fig. 2). Ved hjælp af reguleringsindretningen indstilles generatorspændingen $U_{faktisk}$ til den ønskede spændingsværdi U_{index}. Ved denne regulering af generatorspændingen reguleres den af generatoren 12 til en forbruger, i udførelseseksemplet til nettet 6, afgivne elektriske effekt, som ledes ud i nettet 6. Ved en

sådan reguleret udledning af effekten fra vindenergianlægget kan udsving i netspændingen i nettet 6 undgås eller reduceres betydeligt.

Det i fig. 3 gengivne diagram illustrerer sammenhængen mellem den effekt, der afgives af vindenergianlægget, og som er afsat ud ad ordinataksen, og netspændingen, som er afsat ud ad abscisseaksen. Hvis netspændingen kun afviger lidt fra sin indexværdi, som ligger mellem spændingsværdierne U_{min} og U_{max}, bliver der svarende til det retlinede øvre afsnit af kurven (ret linie parallel med abscissen) afgivet en konstant effekt fra generatoren til nettet. Hvis netspændingen stiger yderligere og overstiger en værdi, der er defineret ved punktet P1, reduceres den effekt, der ledes ud. Når værdien U_{max} er nået, er den udledte effekt lig nul (punktet P2). Selv i det tilfælde, hvor vindeffekten er høj, ledes der ingen effekt ud i nettet ved punktet P2. Falder vindeffekten kraftigt, kan der herefter kun ledes en reduceret effekt ud i nettet. Selv når vindenergikonverteren ikke længere afgiver nogen effekt, fortsættes driften af denne - ganske vist uden udgangseffekt - således at der til enhver tid kan afgives en effekt, så snart netspændingen igen har antaget en værdi mellem U_{min} og U_{max}.

I fig. 4 ses væsentlige bestanddele af styrings- og reguleringsindretningen 10 fra fig. 1. Styrings- og reguleringsindretningen 10 har en ensretter 16, hvori den i generatoren genererede vekselspænding ensrettes. En med ensretteren 16 forbunden frekvensomformer 18 konverterer den i første omgang ensrettede jævnspænding til en vekselspænding, der via ledningerne L1, L2 og L3 ledes ud i nettet 6 som trefaset vekselspænding. Frekvensomformeren 18 styres ved hjælp af en mikrocomputer 20, som er en del af den samlede reguleringsindretning. Til dette formål er mikroprocessoren 20 koblet sammen med frekvensomformeren 18. Indgangsstørrelser til regulering af den spænding, med hvilken den af vindenergianlægget 2 leverede elektriske effekt ledes ud i nettet 6, er den aktuelle netspænding U, netfrekvensen f, generatorens elektriske effekt P, reaktiveffektfaktoren $\cos\varphi$ samt effektgradienten dP/dt. I mikroprocessoren 20 sker reguleringen ifølge opfindelsen af den spænding, der skal ledes ud.

Fig. 5 illustrerer det tidsmæssige forløb af spændingerne og strømmene i nettet 6's tre faser.

Patentkrav

1. Fremgangsmåde til drift af et vindenergianlæg med en elektrisk generator, der kan drives af en rotor, til afgivelse af elektrisk effekt til et elektrisk net (6), især til dets tilsluttede forbruger (8),
Kendetegnet ved, at ved hvilken den af generatoren til nettet (6) afgivne elektriske effekt reguleres afhængigt af en i nettet (6) herskende elektrisk spænding, og hvor der med henblik på net-overspændingsbeskyttelse sker en effektafgivelse, som er mindre end vindenergianlæggets disponible generatoreffekt, og at den reducerede effektafgivelse sker allerede inden opnåelse af en defineret maksimal netspændingsværdi (U_{max}) efter overskridelse af en bestemt netspændingsværdi (P1), og at den af generatoren til nettet afgivne elektriske effekt efter overskridelse af den bestemte netspændingsværdi (P1) ved en yderligere stigende netspænding reduceres yderligere indtil opnåelsen af den definerede, maksimale netspændingsværdi (U_{max}), og at, når netspændingen opnår den definerede, maksimale netspændingsværdi (U_{max}), den leverede elektriske effekt så er nul, og at der selv i det tilfælde, hvor der en høj vindeffekt til stede, ikke leveres nogen elektrisk effekt til nettet ved opnåelsen af den forudbestemte maksimale netspændingsværdi (U_{max}).

Fig. 1

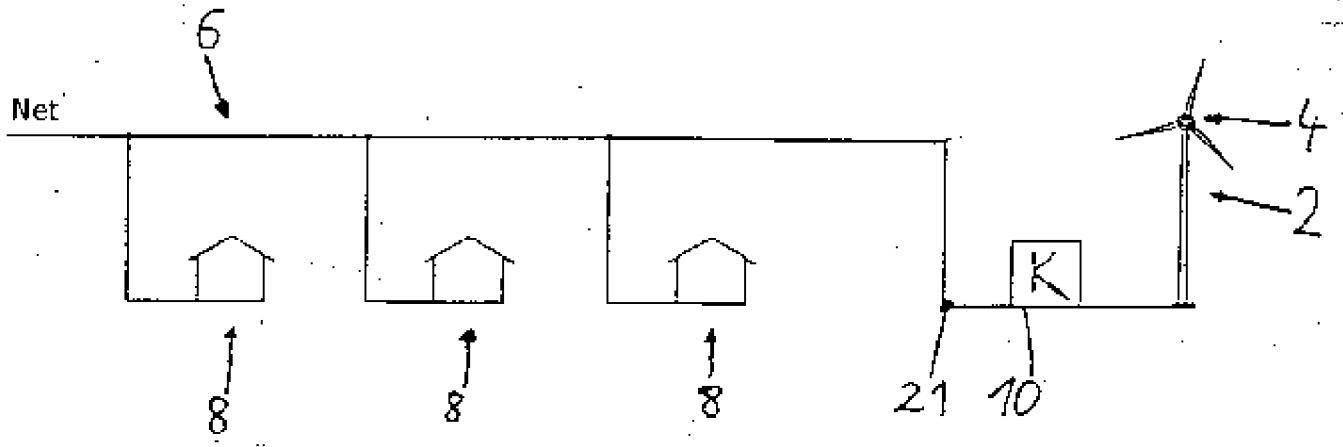


Fig. 2

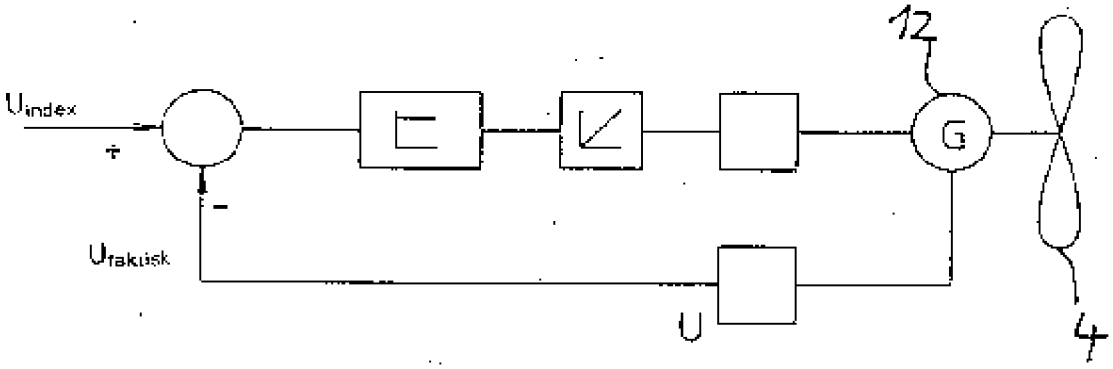


Fig. 3

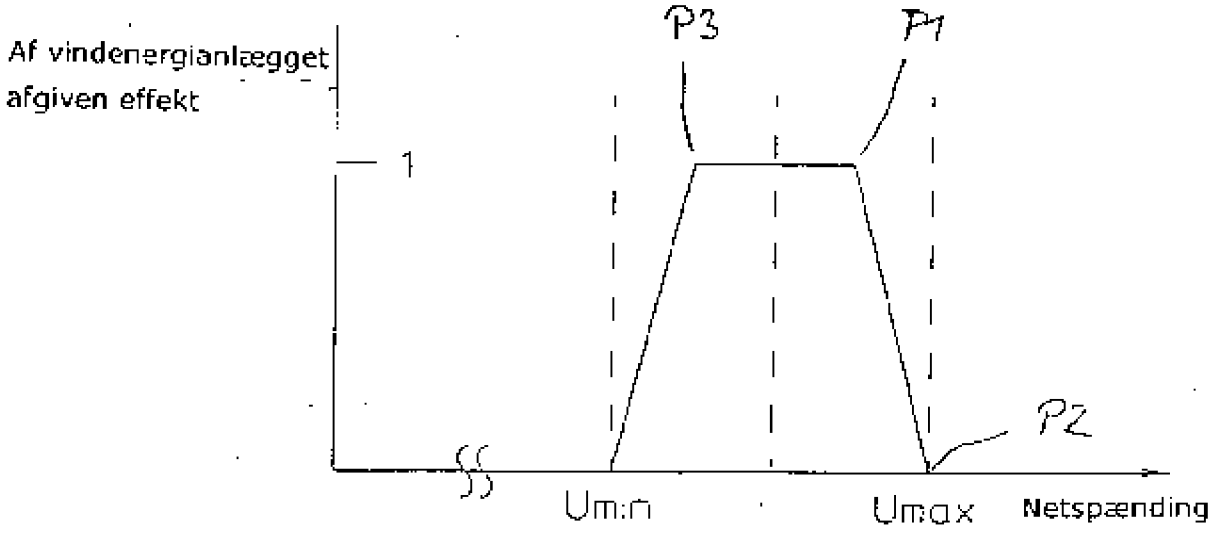


Fig. 4

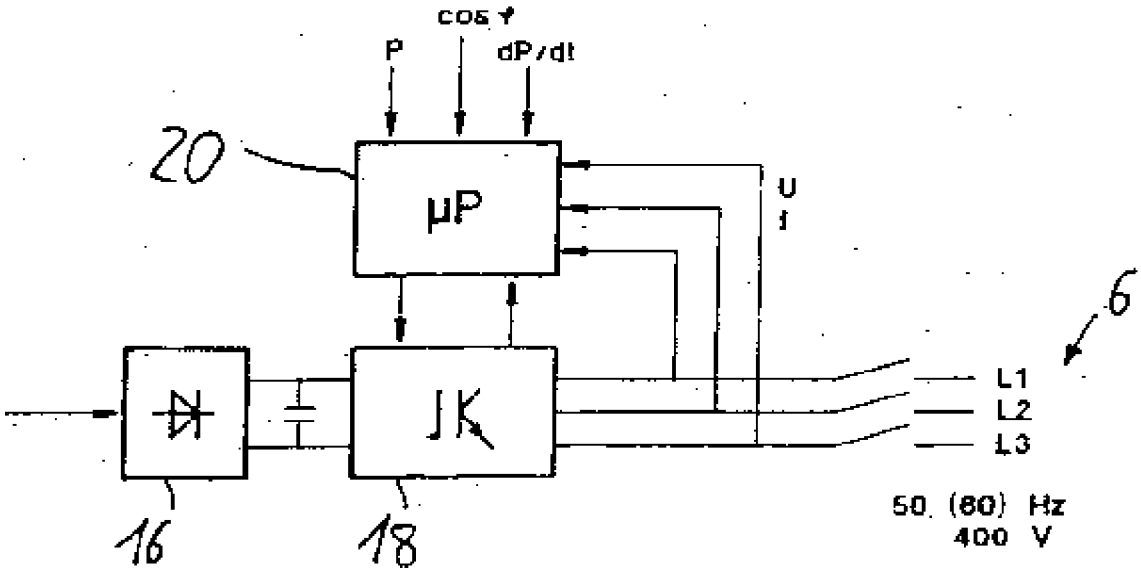
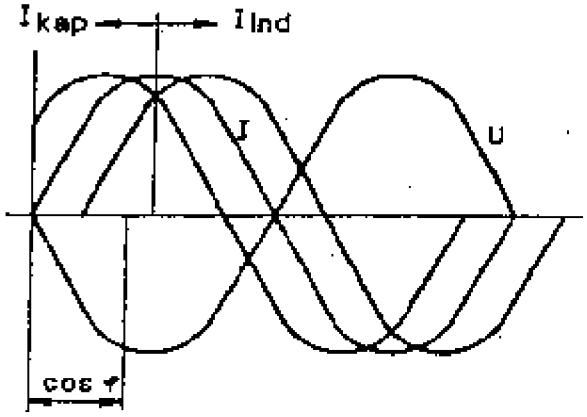

cos φ
P
dP/dt
20
µP
U
I
6
L1
L2
L3
JK
50. (60) Hz
400 V
16
18

Fig. 5


Ikap
Iind
I
U
cos φ