



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 320903

(13) B1

(51) Int Cl.

H02J 3/40 (2006.01)

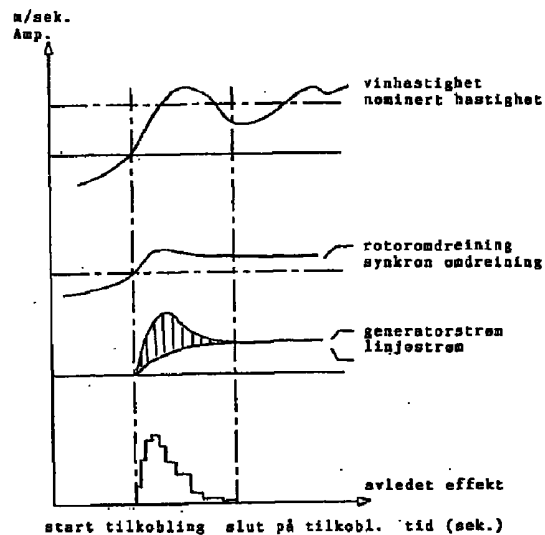
H02P 9/48 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20004889	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.03.30 PCT/DK99/00189
(22)	Inng.dag	2000.09.29	(85)	Videreføringsdag	2000.09.29
(24)	Løpedag	1999.03.30	(30)	Prioritet	1998.03.30, DK, 438/98
(41)	Alm.tilgj	2000.09.29			
(45)	Meddelt	2006.02.13			
(73)	Innehaver	Mita-Teknik A/S, Håndværkervej 1, DK-8840 Rødkjærbro, DK			
(72)	Oppfinner	Carsten Henriksen, Viborg, DK			
(74)	Fullmektig	Curo AS, Postboks 38, 7231 LUNDAMO, NO			

(54)	Benevnelse	Framgangsmåte for begrense nettilknytningsstrømmen for en vindturbin-generator
(56)	Anførte publikasjoner	US A1 4 656 413
(57)	Sammendrag	

Framgangsmåte for begrenning av nettilkoblingsstrømmen og overskuddseffekten fra en vindturbin e.l. elektrisitetsgenererende system for bruk med fornybar energi, (vanligvis en tre-fase generator) som er koblet til et tre-fase vekselstrøms-nett og hvor koplingen til nettet skjer gradvis ved hjelp av en variabel, elektronisk styrt elektrisk tilkobler av den type som er basert på tyristorer, hvis aksepvinkel pluss fasevinkelen til generatoren bestemmer den virkelige tilkoblingsgrad. Koplingen til nettet foretas ved å justere tyristorens akseptvinkel avhengig av den momentane fasevinkelen til generatoren og andre relevante driftsparametre, slik at begge generatorspenningene og dreiemomentbelastningen under tilkoblingsprosessen kan styres og økes gradvis i samsvar med ei forutbestemt kurve. Generatoren blir belastet med ei variabel dumpingslast under tilkoblingsprosessen og ellers under driftsperioder hvor generatorytelsen er høyere enn ønsket i forhold til nettføreenlighet. Denne dumpingslasta blir skrittvis eller kontinuerlig styrt med et forholdsvis bredt utgangsområde, som er tilstrekkelig til å styre i systemet effektavgivelsen til nettet under alle aktuell driftsvilkår. Dumpingslasta består av en motstand, kapasitet og eller induktor, eller en kombinasjon av disse, hvis motstand er trinnvis eller kontinuerlig variabel i sin tilkopling via generatoren ved hjelp av en tyristorbryter eller en lignende elektrisk eller elektromekanisk bryteanordning av kjent type, og at den variable dumpingslasta blir regulert på en måte som er elektronisk avhengig av generatorens utgangseffekt og/eller andre relevante driftsparametre som angir effekten på generatoren.



Framgangsmåte for å begrense nettilknytningsstrømmen for en vindturbin-generator

Oppfinnelsen omfatter en framgangsmåte for å begrense nettilknytningsstrømmen og overskuddseffekten av en vindturbin e.l. elektrisitetsgenererende system for bruk av fornybar energi, som angitt i innledningen til patentkrav 1.

Bakgrunn

Når en induksjonsmotor drives over synkron hastighet virker den som en elektrisk generator som omdanner den tilførte mekaniske effekten på akselen til elektrisk effekt. Dersom motoren - nå en induksjonsgenerator - er koblet til et vekselstrømsnett, vil strømmen som genereres bli opptatt av nettet. Dette brukes f.eks. i moderne vindturbiner o.l. energisystemer for å utnytte fornybare energikilder. Induksjonsmotorene som brukes som generatorer blir utviklet for dette formålet.

Den elektriske effekten som utvikles av en vindturbin varierer pga. av vindens varierende og ustabile natur. Tilkoplingen til nettet skaper store tekniske vanskeligheter, forbindelsen finner sted på et punkt hvor turbinen løper nesten belastningsfritt, ofte mens vinden er stigende. Ideelt ville det være mulig å styre vindhastigheten som en annen styrbar driftsparameter: vindhastigheten kunne da bringes til å stige langsomt inntil det nøyaktige punktet hvor turbinrotoren roterer med synkron hastighet. Straks generatoren var i fase med nettet, så kunne generatoren kobles til nettet igjennom et rele e.l. enkel elektrisk brytermekanisme, uten å forårsake effektbølger i nettet eller momentsprang i vindsystemet. I praksis er imidlertid dette ikke mulig, fordi vindhastigheten ikke er en styrbar faktor.

I praksis er en tvunget til å ta hensyn til at vindhastigheten og således energien den inneholder, kan variere meget hurtig. Sterke vindkast kan således forårsake at turbinrotoren akselerer over synkron hastighet meget hurtig, forutsatt at turbinens startpunkt er tomgangshastighet, uten belastning på generatoren og at det derfor heller ikke er noen belastning på roteren. Koplingen av generatoren til nettet må skje senest på det tidspunkt at motoren når synkron hastighet, for å unngå at turbinen akselerer og ruser. For å hindre uakseptable effektstøt på nettet og dreiemomentstøt, er det nødvendig å foreta tilkoplingen til nettet "mykt", dvs. at effektoverføringen fra generatoren til nettet under koblingsprosessen må økes jevnt og gradvis fra et minimum til en full tilkopling av effekt. For dette formålet er det blitt utviklet en elektronisk styrbar elektrisk tilkobler som tilfredsstiller behovet for en fullstendig styrbar koblingsprosess. Det kan henvises til dansk patentsøknad 0758/97.

Ønsket om å foreta en myk tilkopling til nettet er imidlertid i direkte konflikt med behovet for en hard og fast belastning av roteren når de dynamiske forbindelsene som omgir vindturbinen

krever det, dvs., når turbinen, under tomgang, utsettes for et sterkt vindkast som beskrevet ovenfor. Grunnen til dette er naturligvis at en for å unngå at turbinen ruser er nødt til å holde en stram styring, slik at den ikke akselerer på en ustyrt måte under tilkoblingsprosessen. Det er akkurat under tilkoblingsprosessen at en, for å oppnå en myk tilkopling til nettet, ønsker å øke generatorbelastningen gradvis over et tidsintervall, under hvilket bremseeffekten fra generatoren på rotoren blir redusert som et resultat. I praksis er det nødvendig å velge et kompromiss, hvor generatoren blir koblet til nettet ved en styrt koblingsprosess som tar hensyn til de mulige effekter på vindmøllestrukturen (gir og rotoraksel-moment, bøyepåkjenninger på bladene etc.). Det er også nødvendig å ta hensyn til det maksimale strømnivået for nettilkobling, hvilket er akseptabelt i forhold til nettets tilpasningsevne.

Straks en vindturbin av induksjonstypen er tilkoblet, vil nettfrekvensen og -spenningen styre generatoren og på denne måten også turbinen. I praksis betyr dette at hastigheten på turbinmotoren bestemmes av nettfrekvensen. Fordi effekten som utvikles av turbinen avhenger av hastigheten på vinden, er det klart at den elektriske effekten som avgis til nettet stadig varierer. Vindkraftsystemer er utformet for å utvikle en viss nominell avkastning (normert kapasitet) ved en viss vindhastighet, som heretter vil bli kalt "nominell vindhastighet". Av økonomiske grunner er nettet vanligvis utformet for den samme elektriske effektavgivelsen (dvs. normert kapasitet). Vindhastigheter over de nominelle - mer spesifikt i intervallet mellom den nominelle vindhastigheten og vindmølla sin utkoblingshastighet - vil resultere i en høyere utgangseffekt fra generatoren enn nettverket er utformet for å motta. To forskjellige metoder brukes i forsøket på å styre effekten som genereres av vindturbiner. En metode kalles "metningsstyring" og den utnytter tendensen i bladene til å gå i metning (tape sin løft), når angrepsvinkelen på bladet i forhold til luftstrømmen overskrider en viss terskelverdi som bestemmes av formen på bladet og det brukes rotorblad med fast stigning, med særlig utviklete aerodynamiske bladformer. Denne styringsmetoden er ikke særlig nøyaktig, og den krever overdimensjonerte gir og generatorer, slik at bremsemomentet fra generatoren mot turbinrotoren er tilstrekkelig til å hindre metningstilstanden for bladene ved den innstilte vindhastigheten. Like før bladene går i metning ("staller") foreligger det ofte et uønsket og ustyrbart effektstøt. I tilfeller hvor kravene til effektkvaliteten er høy, er denne styringsmåten utilstrekkelig.

Den andre metoden er å bruke blad med variabel stigning. Systemet som kreves er teknisk krevende og i praksis er det umulig å variere bladstigningen tilstrekkelig hurtig til å samsvare med forandringer i vindhastigheten. Resultatet er en uønsket periodisk overbelastning av nettet og mellomperioder med effekttap, fordi bladene ikke er i stand til å følge forandringene i vindhastighet tilfredsstillende, og at de derfor periodisk tilpasser en stigning som utvikler mindre effekt enn det de er i stand til å produsere ved den gitte vindhastigheten.

Andre framgangsmåter for effektstyring er basert på mekaniske hjelpebremses som kan aktiveres i korte tidsrom under nett-tilkoblingsprosessen, for å begrense de problematiske støtene i den utviklede effekten. Det blir også brukt såkalte "frittstående" vindkraftsystem, hvor frekvensen og effekten styres med et system med variabel belastning. Dumpingsbelastninger (lastmotstander) blir koblet til nettet eller koblet i fra, avhengig av den brukerinduserte belastningen på nettet og den aktuelle vindhastigheten, slik at turbinen møter en konstant elektrisk impedans som tillater den å rotere med en bestemt frekvens og ikke mer. Disse to siste framgangsmåtene er ikke aktuelle for den type vindkraftsystemer som oppfinnelsen dreier seg om.

Uavhengig av den valgte styringsmåten, finnes et fenomen som kalles flimring og som ofte opptrer i forbindelse med vindkraftutvikling, dvs. spenningsvariasjoner som typisk har sin årsak i periodiske lastvariasjoner. Et av kjennetegnene på dette fenomenet er en flimring av det elektriske lyset, som er uakseptabelt. Flimring skapt av vindturbiner ligger vanligvis i et frekvensområde på 0-8 Hz. Årsakene til flimringen kan variere: bladene løper igjennom leområdet til vindmøllertårnet, periodiske turbulensfenomener i vinden forårsaket av spesielle terrengetyper, tre som vokser nær vindmølla etc. Det eksisterer for tiden ingen kjent framgangsmåte for effektivt å undersøke eller fjerne flimring fra vindturbiner.

Når det gjelder nettilkoblede vindkraftsystemer og liknende systemer for å utnytte gjenvinnbar energi, stiger kravene til kvaliteten på den elektriske strømmen som genereres av vindturbinene generelt etter hvert som det blir utformet større vindkraftsystemer og antallet av dem øker. I Tyskland og andre land, har vindturbinprodusentene møtt strenge standarder for kraftkvalitet, som har gjort det nødvendig å finne en løsning på problemene med vindkraftkvalitet og elektrisk produksjon som beskrevet ovenfor. "Nettkvalitet" referer til et sett av pålagte spesifikasjoner, - medregnet en maksimal nett-tilkoblingsstrøm, et smalt område av akseptable nettbelastninger, et maksimalt tillatt nivå av flimring etc., som nett-tilkoblede vindkraftsystemer må tilfredsstille før de kan godkjennes.

Formål

Hovedformålet med oppfinnelsen er å skape en løsning på problemet med å tilfredsstille kravene til kraftkvalitet. Mer spesielt, er formålet å skape en framgangsmåte for å begrense nett-tilkoblingsstrømmen til vindgeneratorer og avlede overskuddseffekten som genereres i de situasjonene hvor generatorproduksjonen overstiger normal ytelse, dvs. når der er flimring og når vindhastigheten er generelt høyere enn de normale driftsvilkårene. Formålet med oppfinnelsen er også å skaffe en styrbar elektrisk bremsebelastning for bruk i samsvar med oppfinnelsen.

Oppfinnelsen

Oppfinnelsen er angitt i patentkrav 1. Den er spesiell ved at generatoren under nettilkoplingen - altså i de driftsperioder når generatorytelsen er høyere enn ønsket i forhold til nettets spesifikasjoner - er belastet med en variabel effektavleder som er uavhengig av nettet. Denne belastningsmotstanden har et trinnvis eller kontinuerlig variabelt styringssystem som spenner over et forholdsvis bredt effektområde. Utgangsintervallet som velges bør være stort nok til å tillate en begrensning av effekten som overføres til nettet, for å hindre at generatorens utgangseffekt overstiger nominelt nivå for nettet. Denne "dumpingsteknikken" stabiliserer generatorens utgangseffekt til nettet ved den maksimalt tillatte ytelse uten å tillate den å overstige dette nivået og uten unødvendig sløsing med effekt som ellers ville blitt tilført nettet. Dette sikrer optimal ytelse, såvel som generatorens samsvar med kravene fra nettet.

Ved oppfinnelsen blir denne dumpingsteknikken således brukt primært i driftssituasjoner, hvor vindhastigheten varierer i intervallet mellom turbinens nominelle vindhastighet og den maksimalt tillatte vindhastigheten, pluss i situasjoner hvor der er spenningsvariasjoner (flimring) som forårsaker periodiske støt. Denne teknikken brukes også, som nevnt ovenfor, under prosessen med tilkopling av generatoren til nettet, når den eksterne dumpingslasta virker som en tilleggsbelastning, slik turbinrotoren kan styres effektivt under tilkoblingsprosessen. Dette betyr at turbinen kan tilkobles til nettet uten effektstøt og uten risiko for at den akselerer ut av styring.

Dumpingslasta - som i samsvar med oppfinnelsen kan bestå av en motstand, en kondensator eller induktor eller en kombinasjon av disse - er trinnvis eller kontinuerlig variable, det vil si at den kan tilkobles på en trinnvis eller kontinuerlig variable måte via generatoren ved hjelp av en tyristorbryter eller liknende elektrisk eller elektromekanisk kobling av kjent type. På denne måten kan dumpingslasta dumpe alle typer elektrisk effekt, inkludert kapasitiv og reaktiv effekt fra generatoren. I prinsipp er dumpingslast-funksjonen en motstand som er plassert direkte over generatoren og uavhengig av nettet.

Ved oppfinnelsen kan styringen av graden av tilkobling gjøres avhengig av generatoreffekten og/eller andre relevante driftsparametre som kan gi opplysning om generatoreffekten.

Styringssystemet kan følge et forutbestemt program, f.eks. i form av en algoritme i en av systemets datamaskiner for styring. Programmet sikrer at dumpingslasta blir frakoblet når ytelsen fra generatoren er mindre enn eller lik den nominelle ytelsen, dvs. kapasiteten for nettutformingen. På denne måten blir det tatt hensyn til kraftkvaliteten. Utgangstopper som overstiger den nominelle effektterskel blir "brent av" i belastningsmotstanden. Utnyttelsen av effekten generert av turbinen blir gjort optimal. Sammenfattet vil den framgangsmåten som beskrives i samsvar med oppfinnelsen ha denne effekt at den stabiliserer generatoreffekten ut til

nettet på den maksimalt tillatte ytelsen, uten å overstige den og uten unødvendig avledning av effekt i tidsrommet hvor effekten kunne vært levert til nettet. Med andre ord, oppfinnelsen sikrer et optimalt utbytte samtidig som den sikrer samsvar med kravene om kraftkvalitet.

Eksempel

Oppfinnelsen er nedenfor beskrevet nærmere under henvisning til tegningen, hvor

Fig. 1 viser en kurve som illustrerer driftsbetingelsene, før, under og etter tidspunktet da en vindgenerator er koblet til nettet

Fig. 2 viser en kurve som illustrerer effekten av dumpingsteknikken under driftsbetingelser hvori generatorytelsen overstiger den maksimalt tillatte nettspenningen, samt

Fig. 3 viser et tverrsnitt gjennom et vindmøletårn som viser lokaliseringen til motstandselementene i dumpingslastmotstanden.

Disse diagrammene illustrerer hvordan dumpingsteknikken brukes for å styre en vindturbin mens den blir koblet til nettet, for å hindre den i å skape et effektstøt (Fig. 1) og hvordan generatorytelsen blir "justert" med dumpingslasta under mer ordinære driftsvilkår (Fig. 2). Den styrte utgangseffekten til nettet er tegnet inn i ei kurve i Fig. 2. Kurva viser hvordan kraftkvalitetskravene blir tilfredsstilt og den størst mulig utnyttelse av turbinytelsen er oppnådd.

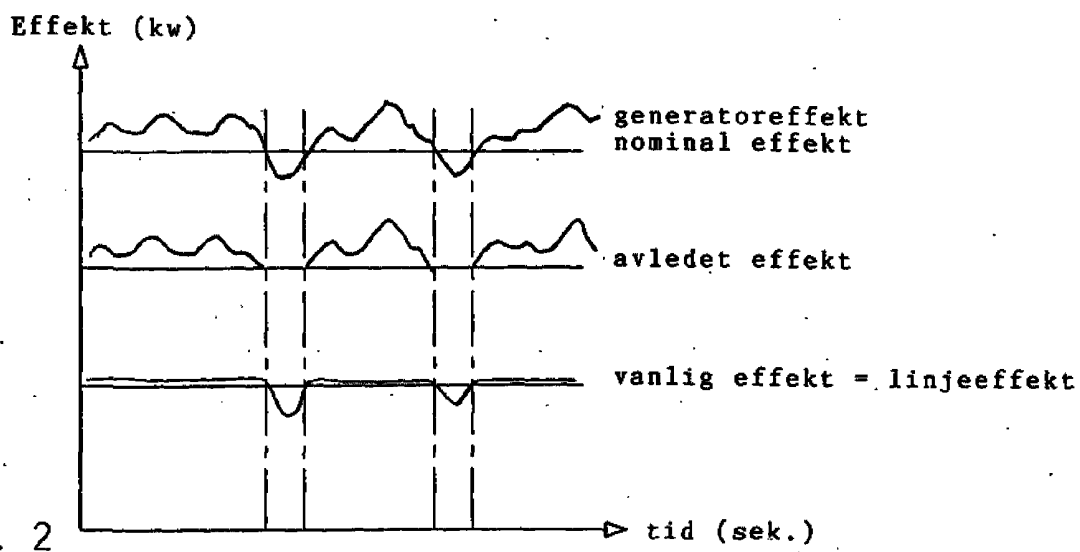
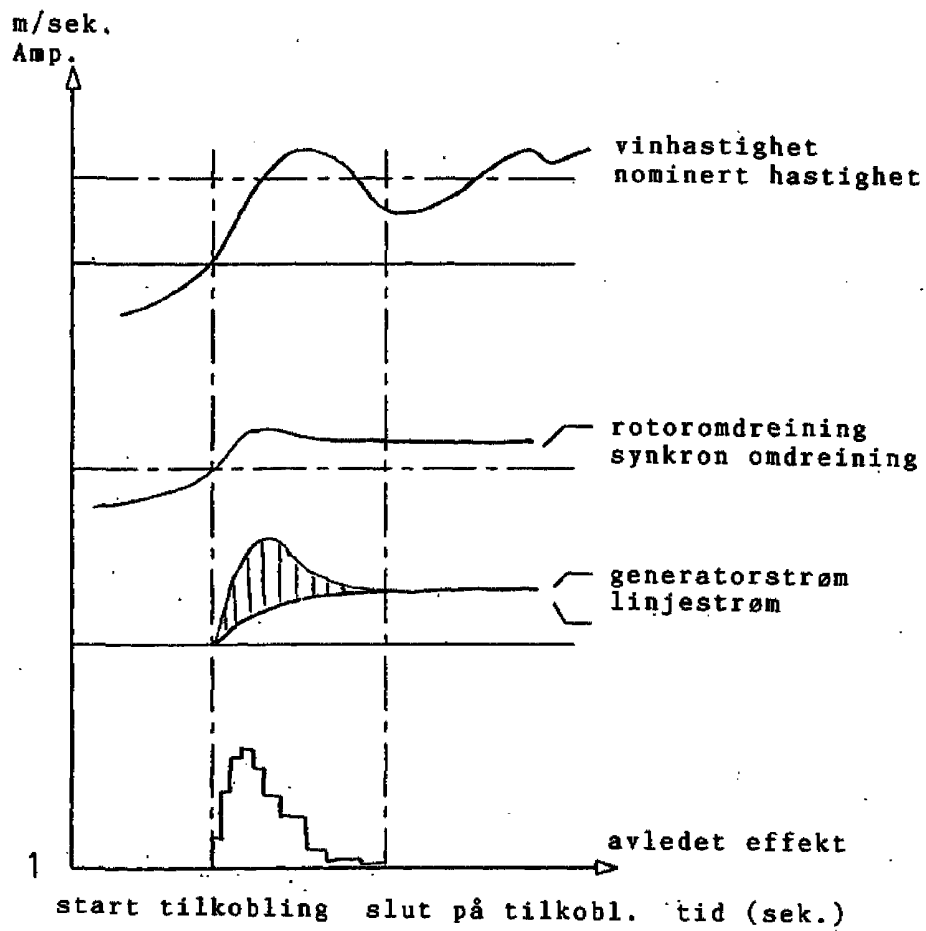
Fig. 3 viser hvordan systemets motstandselementer kan monteres i vindmøletårnets 1 innside, samtidig som tårnet brukes som ei kjøleflate. Tårnet består av bøydd eller valset stålplate 2. Belastningsmotstandene, eller i det minste deres respektive komponenter, består av elektriske varmedumper 3 som sitter i U-profil-holderne 4. Disse holderne 4 er boltet fast til det indre av plata i tårnet. Oppvarmingen fra effektavlederen blir frigjort inn i tårnplata og fordelt langs den, dvs. at den nedre flata virker som et kjøleelement. Kjøleelementene er symmetrisk og fordelt langs utsida av tårnet, i innbyrdes like avstander, slik at temperaturvariasjonen rundt omkretsen av tårnet er så lav som mulig.

Patentkrav

1. Framgangsmåte for begrenning av nettilkoblingsstrømmen og overskuddseffekten fra en vindturbin e.l. elektrisitetsgenererende system for bruk med fornybar energi, hvor den elektriske generatoren er en vekselstrøms induksjonsgenerator, særlig en tre-fase generator, som er koblet til et vekselstrømsnett og hvor koplingen til nettet skjer gradvis ved hjelp av en variabel, elektronisk styrt elektrisk tilkobler av den type som er basert på tyristorer, hvis akseptvinkel pluss fasevinkelen til generatoren bestemmer den virkelige tilkoblingsgrad, med gradvis tilførsel av effekt til nettet, og hvor tilkoplingen til nettet foretas ved å justere tyristorens akseptvinkel avhengig av i det minste den momentane fasevinkelen til generatoren, slik at både generatorspenningen og dreiemomentbelastningen under tilkoblingsprosessen kan styres og økes gradvis i samsvar med ei forutbestemt kurve, **k a r a k t e r i s e r t** ved at generatoren blir belastet med ei variabel dumpingslast under tilkoblingsprosessen og ellers under driftsperioder hvor generatorytelsen er høyere enn ønsket i forhold til nettforenelighet, og at denne dumpingslasta blir skrittvis eller kontinuerlig styrt med et forholdsvis bredt utgangsområde, som er tilstrekkelig til å styre effektavgivelsen til nettet under alle aktuelle driftsvilkår, det vil si under tilkoblingsprosessen og i andre driftssituasjoner, særlig når en vindturbin kontinuerlig eller periodisk genererer en høyere elektrisk ytelse enn den nominelle opptakskapasiteten til nettet, driftssituasjoner som typisk opptrer når vindhastigheten varierer i intervallet mellom turbinens nominelle vindhastighet og dens utkoblingshastighet, og i situasjoner hvor spenningsfluktuasjonene opptrer og periodisk forårsaker effekt over den nominelle verdien, idet dumpingslasta består av en motstand, kapasitet og eller induktor, eller en kombinasjon av disse, hvis motstand er trinnvis eller kontinuerlig variabel i sin tilkopling via generatoren, ved hjelp av en elektrisk eller elektromekanisk bryteranordning, særlig en tyristor, og at den variable dumpingslasta blir regulert på en måte som er elektronisk avhengig av parametre som er knyttet til generatorens utgangseffekt.

2. Framgangsmåte i samsvar med patentkrav 1, **k a r a k t e r i s e r t** ved at den variable dumpingslasta blir regulert i samsvar med et forutbestemt program som sikrer frakobling av dumpingslasta når generatorytelsen er mindre eller lik den nominelle ytelsen gitt av nettkravene.

3. Framgangsmåte i samsvar med patentkrav 1 eller 2, **k a r a k t e r i s e r t** ved at dumpingslasta styres med en datamaskin som samler inn relevante driftsparametre og på basis av disse parametrene og etter en forutbestemt algoritme kontinuerlig beregner den optimale lasta for hver individuell driftssituasjon.



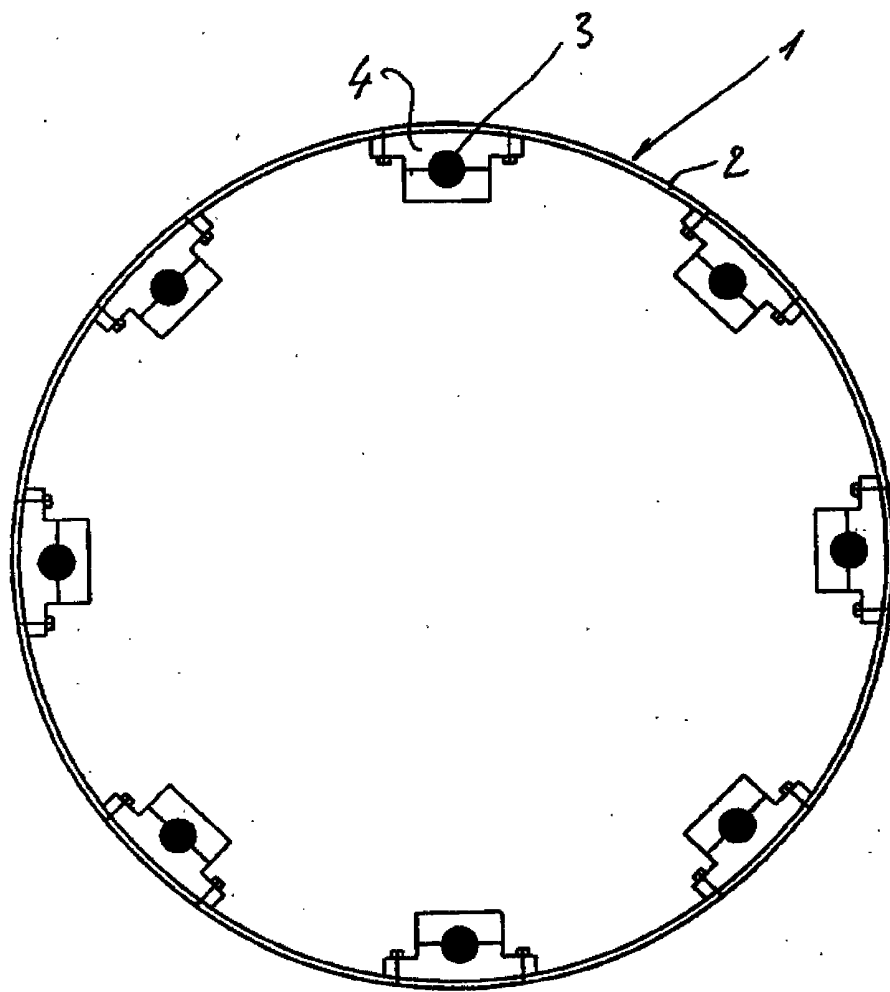


Fig. 3