



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

(51) Int.Cl.: F 03 D 11/00

(21) Patentansøgning nr: PA 1998 00715

(22) Indleveringsdag: 1998-05-29

(24) Løbedag: 1998-05-29

(41) Alm. tilgængelig: 1999-11-30

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2003-02-17

(73) Patenthaver: NEG Micon A/S, Alsvej 21, 8900 Randers, Danmark

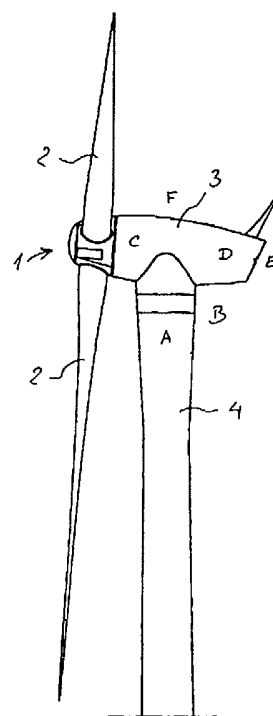
(72) Opfinder: Herman F. Veldkamp, Hermodsvej 29, 8900 Randers, Danmark
Lars Risager, Brobjerg Parkvej 5, 1. sal, nr. 3, 8250 Egå, Danmark
Flemming Rasmussen, Torslundevej 38, 4960 Holeby, Danmark

(74) Fuldmægtig: Plougmann & Vingtoft A/S, Sundkrogsgade 9, 2100 København Ø, Danmark

(54) Benævnelse: Vindmølle med svingningsdæmper

(57) Sammendrag:

Vindmøllekonstruktioner er stort set udæmpede. For at reducere svingningerne, kan der bygges dæmpere ind i vingerne. Ved den foreliggende opfindelse, gøres det imidlertid klart, at ved en vindmølle med svingningsdæmper (5), hvilken vindmølle omfatter en rotor (1), der har to eller flere vinger (2) og er roterbart monteret på en nacelle (3), der er monteret på et tårn (4), hvor svingningsdæmperen (5) er tilvejebragt ved nacellen (3) og/eller tårnet (4), opnås forbedret svingningsdæmpning i vindmøllen. Opfindelsen omfatter yderligere en dæmpningsanordning til en vindmølle, i hvilken anordning svingningsdæmperen (5) omfatter et masseelement (M) og/eller i det mindste et fjederelement (S) og/eller i det mindste et dæmpningselement (D), og en fremgangsmåde til svingningsdæmpning i en vindmølle, hvor svingninger i en eller flere retninger fra vingerne (2) dæmpes i nacellen (3) og/eller tårnet (4) ved hjælp af en sådan dæmpningsanordning. Ved anvendelsen af dæmpning på den stort set udæmpede vindmøllekonstruktion undgås faretruende store belastninger og de opstående belastninger bliver mere forudsigelige, således at designet af de forskellige vindmølledele kan optimeres. Dæmpning af de stationære dele i vindmøllen frembyder betydelige vedligeholdelsesmæssige og økonomiske fordele og gør belastningerne på vindmøllekonstruktionen mere forudsigelige.



Figur 1

VINDMØLLE MED SVINGNINGSDÆMPER

Den foreliggende opfindelse angår en vindmølle med svingningsdæmper, hvilken

5 svingningsdæmper er af en type, der omfatter i det mindste ét af følgende elementer: et masseelement (M), et fjederelement (S) og et dæmpningselement (D), og hvilken vindmølle omfatter en rotor, der har en eller flere vinger, monteret på en nacelle, der er på monteret på et tårn.

10 I vindmøller, der anvendes til at producere elektricitet, kan der opstå uønskede svingninger. Disse svingninger kan omfatte hele møllen, dvs. adskillige dele svinger i en eller anden kombineret svingningstype eller kan opstå lokalt, fx i møllevingerne, enten kantvist (i rotorplanet), flapvist (vinkelret på rotorplanet) eller i en kombineret kant og flapvis svingningstype. Om disse svingninger opstår, afhænger af vindmølledesignet og de vejrlige

15 forhold.

Svingninger i vingerne kan dæmpes ved at bygge en dæmpningsanordning ind i vingerne, såsom det er beskrevet i WO-A-95/21327, men det er vanskeligt at fremstille et gennemførligt design, der er tilstrækkeligt kompakt og flat til at overholde de strenge pladsrestriktioner. Ydermere er det vanskeligt og dyrt at indsætte en dæmper i eksisterende vinger.

20

Fra beskrivelsen til WO97/01709 kendes en fremgangsmåde og en indretning til reduktion af svingninger i vindmøllevinger. Formålet er at reducere påvirkningerne på resten af møllen. Dette opnås ved at ændre de aerodynamiske egenskaber ved vingen, f.eks. med

25 klapper, der kan svinges ud eller kanaler, der kan åbnes. Der kan også være permanente stallstrips, vortexgeneratorer eller tape.

Svingningsfænomenet kan forårsage en faretruende høj belastning, der kan medføre et pludseligt kollaps eller, alternativt, kan være årsag til udmattelsesskade og reduktion af

30 levetid, idet revner i komponenterne langsomt vokser, hvilket i sidste ende fører til svigt. Forekomsten af svingninger gør det vanskeligt præcist at forudsige belastningerne i en vindmølle, hvilket gør det nødvendigt at lave designet kraftigere end det ellers ville have været tilfældet.

Et af formålene med opfindelsen er på dette grundlag at tilvejebringe en vindmølle med en forbedret svingningsdæmper til dæmpning af rotorsvingninger for at overvinde ulemperne ved kendte arrangementer til dæmpning af svingninger som nævnt ovenfor.

- 5 Opfindelsen angår en vindmølle af den i begyndelsen nævnte type, hvori svingningsdæmpningsanordningen er tilvejebragt ved nacellen og/eller tårnet.

Herved kan en dæmpningsanordning ifølge opfindelsen designes og monteres på eksisterende vindmøller, hvorved rotorvingernes belastning kan reduceres, og vindmøllevingernes levetid forlænges.

I en vindmølle med en dæmpningsanordning som beskrevet ovenfor, kan dæmpningsanordningen være designet til at absorbere forskellige svingninger i rotoren, såsom kantvise eller flapvise vingesvingninger.

15

Kantvise svingninger af vingerne resulterer i, at rotorens tyngdepunkt svinger i rotorplanet. Da der er stiv forbindelse mellem nacelle og vinger via rotoren betyder dette at nacellen også bringes til at svinge, og da denne stive forbindelse ikke giver nogen egendæmpning af betydning, vil det være muligt at tilvejebringe i det mindste en delvis dæmpning af de kantvise svingninger af vingerne ved at anbringe en svingningsdæmper i nacellen, hvis denne svingningsdæmper er designet til at dæmpe sådanne kantvise svingninger. Selve nacellen er at betragte som en stiv konstruktion, og det er derved muligt at foretage selve dæmpningen på en eller flere næsten vilkårlige positioner på nacellen.

- 25 Nacellen er forbundet til tårnet via en krøjekrans, der udgør en forholdsvis stiv forbindelse i vertikal retning, mens nacellen kan dreje i horisontalt plan om en lodret krøjeakse. Dæmpningen vil derfor være mest effektiv i størst afstand fra krøjeaksen, fortrinsvis i den ende af nacellen, der er modsat enden, hvor rotoren er monteret.

- 30 I en vindmølle ifølge opfindelsen ved anvendelse af svingningsdæmper på den stort set udæmpede møllekonstruktion undgås faretruende store belastninger og belastningerne bliver mere forudsigelige, således at de forskellige vindmølledeles design kan optimeres.

Anbringelse af dæmpningsanordningen på eller inden i de stationære dele af vindmøllen i stedet for i vingerne frembyder betydelige vedligeholdelsesmæssige og økonomiske fordele.

- 5 I krav 2-15 beskrives forskellige foretrukne udførelsesformer af en vindmølle ifølge opfindelsen.

I det følgende forklares opfindelsen i detaljer med henvisning til de medfølgende tegninger, hvor;

- 10 figur 1 viser en vindmølle ifølge opfindelsen,
figur 2 viser et sidebillede af nacellen i en vindmølle ifølge opfindelsen,
figur 3 viser et topbillede af nacellen i en vindmølle ifølge opfindelsen,
figur 4 viser et skematisk billede af en to-retningsdæmpningsanordning til en vindmølle ifølge en foretrukken udførelsesform af opfindelsen,
15 figur 5-13 viser forskellige foretrukne udførelsesformer af en dæmpningsanordning til vindmøller ifølge foretrukne udførelsesformer for opfindelsen.

- Fig. 1 viser en vindmølle, der har en rotor 1, som omfatter et antal vinger 2. Rotoren 1 er roterbart forbundet med en nacelle 3, der er anbragt på toppen af et tårn 4. Vindmøllen
20 ifølge opfindelsen omfatter svingningsdæmpere 5 ved en eller flere af positionerne A-F.

- I fig. 2 og 3 er vist to positioner for dæmpningsanordningen 5. I en foretrukken udførelsesform af en vindmølle ifølge opfindelsen, er dæmpningsanordningen 5 anbragt i enden af nacellen 3 modsat rotoren 1. Dæmpningsanordningen er vist mere detaljeret i fig. 5.
25 Den er positioneret med masseelementet m1 i vindens retning fra rotoren. Foruden eller som et alternativ til anbringelsen i nacellen 3, kan dæmpningsanordningen også anbringes i tårnet.

- I fig. 4 er vist en udførelsesform for en dæmpningsanordning, der har en masse M op-
30 hængt i to fjederelementer S og to dæmpningselementer D.

- I fig. 5 er vist en udførelsesform for en afstemt dæmpningsanordning til en vindmølle ifølge en af de foretrukne udførelsesformer af opfindelsen. Et masseelement m1 er anbragt i en position, hvor er bevægeligt sidelæns. Det er forbundet til tårnets stel eller
35 nacellen via en fjeder s1 og en støddæmper d1 anbragt parallelt til fjederen s1.

I fig. 6 er vist en anden udførelsesform for en dæmpningsanordning, hvor masseelementet m_2 kan svinge fra side til side. Det er ophængt i til stellet 6 via to arme 7. Armene 7 er forbundet til stellet og/eller til massen m_2 via en i det væsentlige kvadratisk stang ved massen m_2 eller stellet 6 og en i stor størrelse i det væsentlige kvadratisk monteringsåbning i enderne af armene 7. Mellem en monteringsåbning i armene 7 og den kvadratiske stang af massen m_2 /stel 6 er arrangeret et antal fittings ds_2 af elastisk materiale.

I udførelsesformen ifølge fig. 7 er masseelementet m_3 anbragt på to søjler ds_3 , der er fremstillet af en gummi- eller plastickerne i en stålskal (sandwich-konstruktion).

10

I fig. 8 er masseelementet m_4 svingende anbragt og forbundet til indgangsakslen på en gearkasse 8. Udgangsakslen på gearkassen er forbundet til en hydro-kobling d_4 , hvorved den svingende masse m_4 dæmpes.

15 I fig. 9 er vist en udførelsesform for en elektrisk dæmpningsanordning. Når det magnetiske (eller ikke-magnetiske) masseelement m_5 forskydes fra side til side, genereres strøm i spolen 9. Spolen er forbundet til en modstand 10. Ved at vælge størrelsen på modstanden 10, kan dæmpningsmængden reguleres.

20 I fig. 10 er vist en udførelsesform for en dæmpningsanordning, hvor en væskebeholder 11 er anbragt på stellet 6. Væsken mds_6 i beholderen 11 tjener som både masse-, dæmper- og fjederelement i den afstemte dæmpningsanordning.

I fig. 11 er vist en variation af udførelsesformen ifølge fig. 10, hvor beholderbunden er konkav og monteret med en tandstang 14 ved de to modsatte ender af beholderbunden. Et cylindrisk masseelement m_8 er anbragt i beholderen 12. Masseelementet m_8 er forsynet med et tandhjul s_8 ved hver ende, som er i tandindgrebskontakt med en tilsvarende tandstang 14. Massen m_8 kan rulle langs bunden 13 af tanken 12. Beholderen 12 er i det mindste delvist fyldt med en dæmpningsvæske d_8 .

30

I fig. 12 hænger et masseelement m_7 i et gummirør ds_7 , der tjener som både dæmpnings- og fjederanordning i den afstemte dæmper ifølge opfindelsen.

I fig. 13 er vist en udførelsesform for en dæmpningsanordning, der består af et konventionelt masse-spiralfjeder-system, som angivet ved m_9 og s_9 . Dæmpningsaktionen er

35

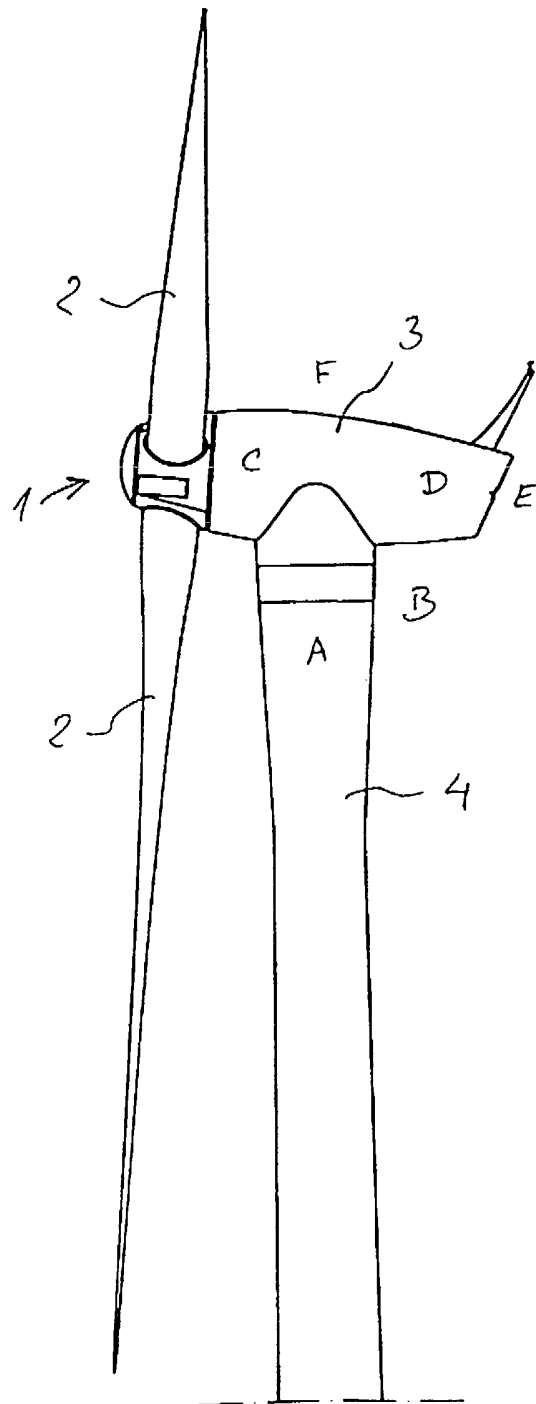
tilvejebragt ved deformation af gummien d9, der kan være anbragt på hjulene 14 eller på skinnerne 15 eller på begge dele.

Patentkrav

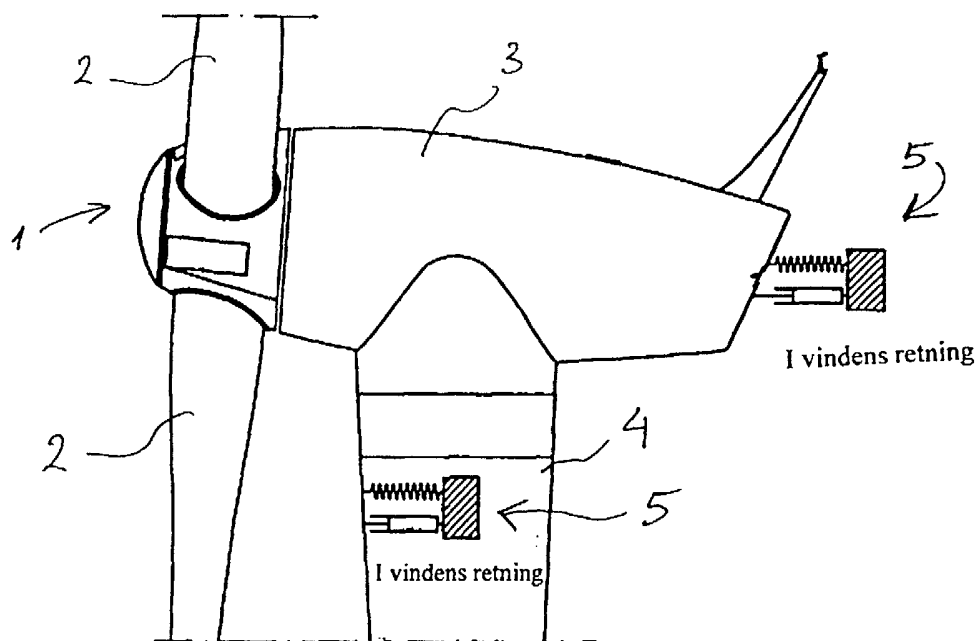
1. Vindmølle med svingningsdæmper (5) til dæmpning af svingninger i rotoren, hvilken svingningsdæmper er af en type, der omfatter i det mindste ét af følgende elementer: et
5 masseelement (M), et fjederelement (S) og et dæmpningselement (D), og hvilken vindmølle omfatter en rotor (1), der har to eller flere vinger (2), hvilken rotor (1) er monteret på en nacelle (3), der er monteret på et tårn (4), **kendetegnet ved**, at svingningsdæmperen (5) er placeret ved nacellen (3) og er designet til at absorbere svingninger af vingerne (2) i det mindste i rotorens (1) plan.
- 10 2. Vindmølle ifølge krav 1, hvor svingningsdæmperen (5) er anbragt ved den ende af nacellen (3) modsat enden, hvor rotoren (1) er monteret.
3. Vindmølle ifølge krav 1 eller 2, hvor svingningsdæmperen (5) er anbragt inde i nacellen
15 (3).
4. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-3, hvor svingningsdæmperen (5) er anbragt på ydersiden af nacellen (3).
- 20 5. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, hvor svingningsdæmperen (5) er i stand til at dæmpe svingninger i mere end én retning.
6. Vindmølle ifølge krav 5, hvor svingningsdæmperen (5) er konstrueret til at modvirke forskellige svingninger samtidigt, fortrinsvis kantvise eller flapvise vingesvingninger.
- 25 7. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 5 og 6, hvor svingningsdæmperen er konstrueret i en symmetrisk eller asymmetrisk konfiguration, der udviser forskellige eller identiske resonansfrekvenser i to eller flere retninger.
- 30 8. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, hvor dæmperen (5) omfatter et retningsmæssigt flytbart masseelement (m1), der er forbundet til et stel ved hjælp af en skrueformet fjeder (s1) og en støddæmper (d1).
9. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor et svingende masseelement
35 (m2) er drejeligt monteret i den ene ende af en eller flere arme (7), og den anden ende af

armen eller armene (7) er drejeligt monteret til et stel (6), hvor samlingspunkterne mellem armene (7) og stellet og/eller masseelementet (m2) er forsynet med elastiske elementer (ds2).

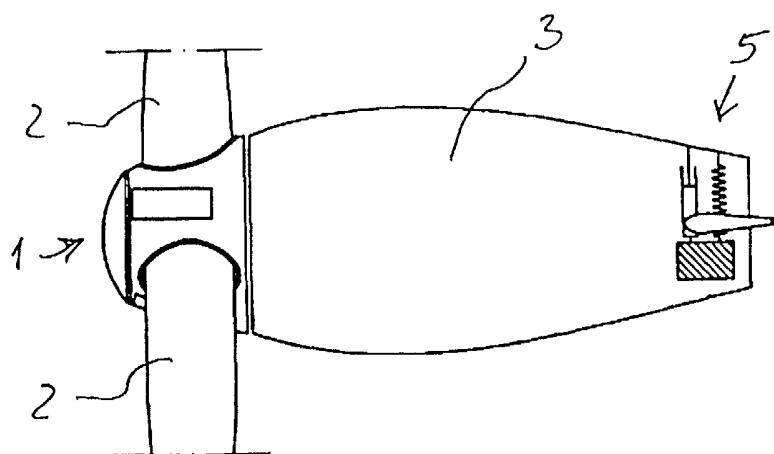
- 5 10. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor masseelementet (m3), der er understøttet af en eller flere elastiske søjler (ds3), fortrinsvis består af en eller flere stål-elementer kombineret med en eller flere elementer lavet af plastic, gummi eller lignende i en lagvis konstruktion, så som en sandwich-konstruktion.
- 10 11. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor masseelementet (m4) er svingende forbundet til en indgangsaksel på en gearkasse 8, der har en udgangsaksel forbundet til en hydrokobling (d4).
12. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor et forlænget masseelement
15 (m5) af magnetisk materiale er anbragt inde i en spole (9), der er elektrisk forbundet til en modstand (10), hvilket masseelement (m5) er monteret til et stel (6), fortrinsvis over en skrueformet fjeder (s5).
13. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor en væskebeholder (11) er
20 monteret på et stel (6), hvor væsken (mds6) i beholderen (11) udgør masse-, dæmper- og fjederelement.
14. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor et svingende masseelement (m7) er ophængt i et ophængningselement (ds7), så som et gummirør.
- 25 15. Vindmølle ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvor svingningsdæmperen (5) omfatter en beholder (12) med en konkav bundoverflade (13), der er forsynet med en eller flere tandstænger (14), der er i indgreb med i det mindste et tandhjulcylindermasseelement (s8), der kan rulle langs bundoverfladen (13), hvilken beholder (12) er i det mindste
30 delvist fyldt med et dæmpningsmateriale (d8), så som en væske.



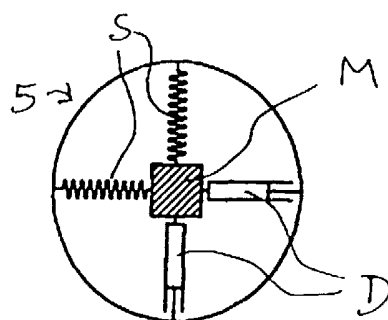
Figur 1



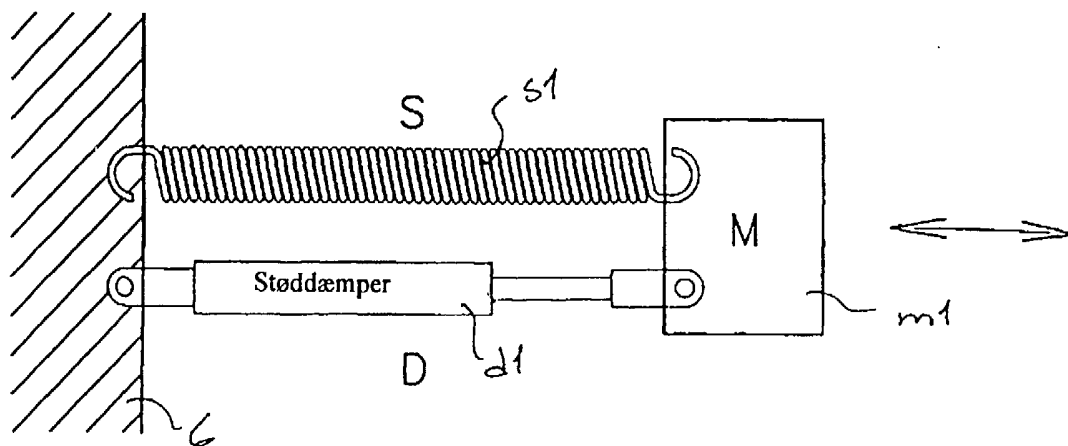
Figur 2



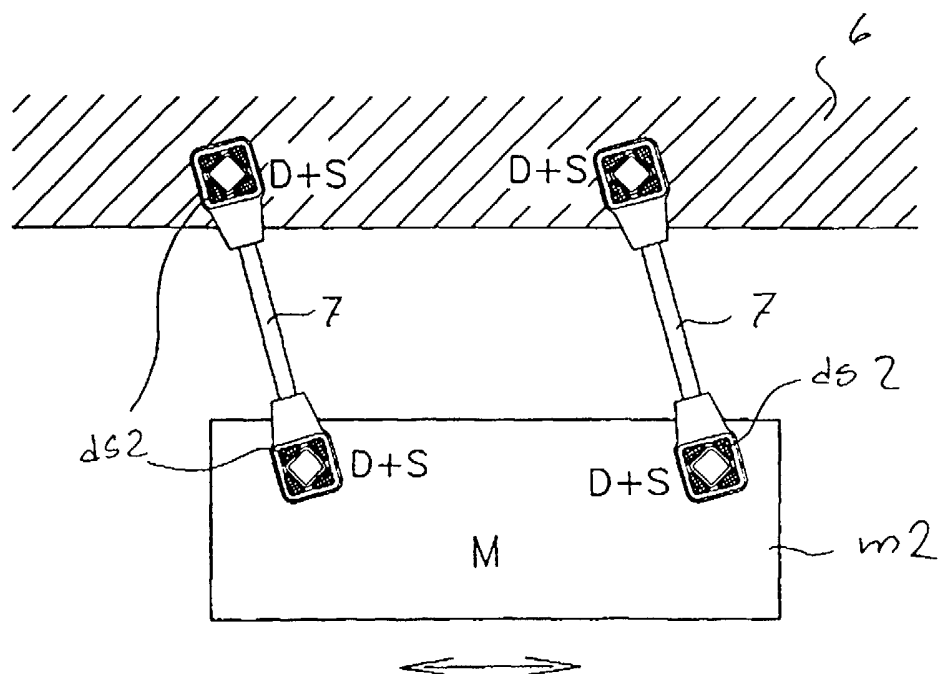
Figur 3



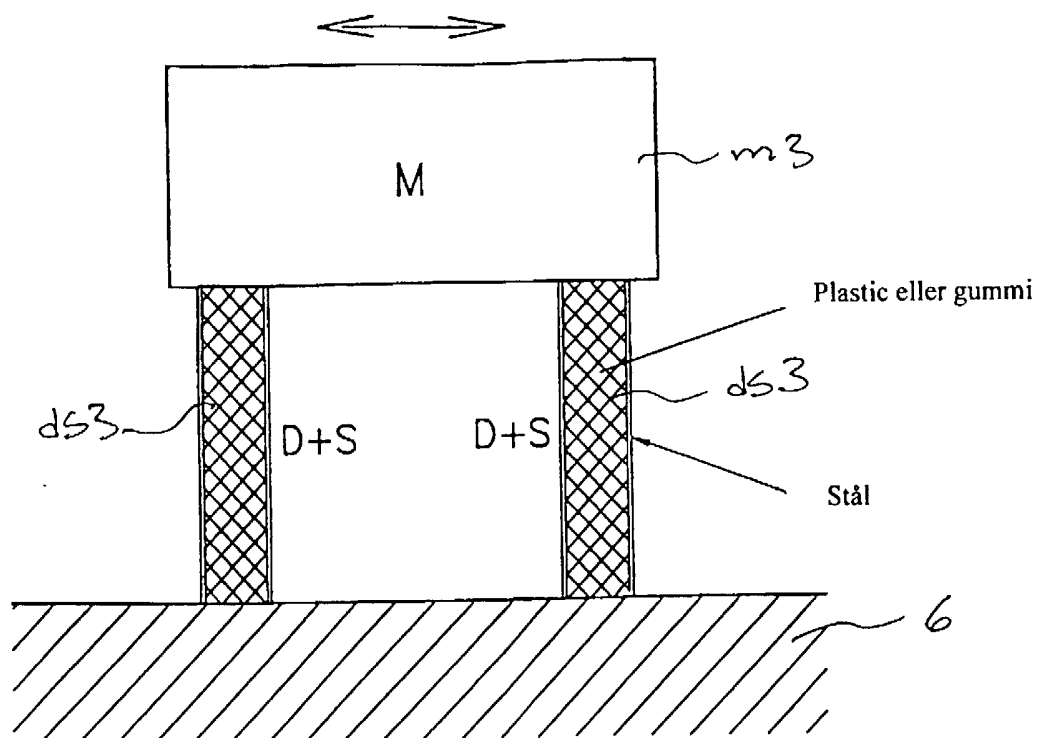
Figur 4



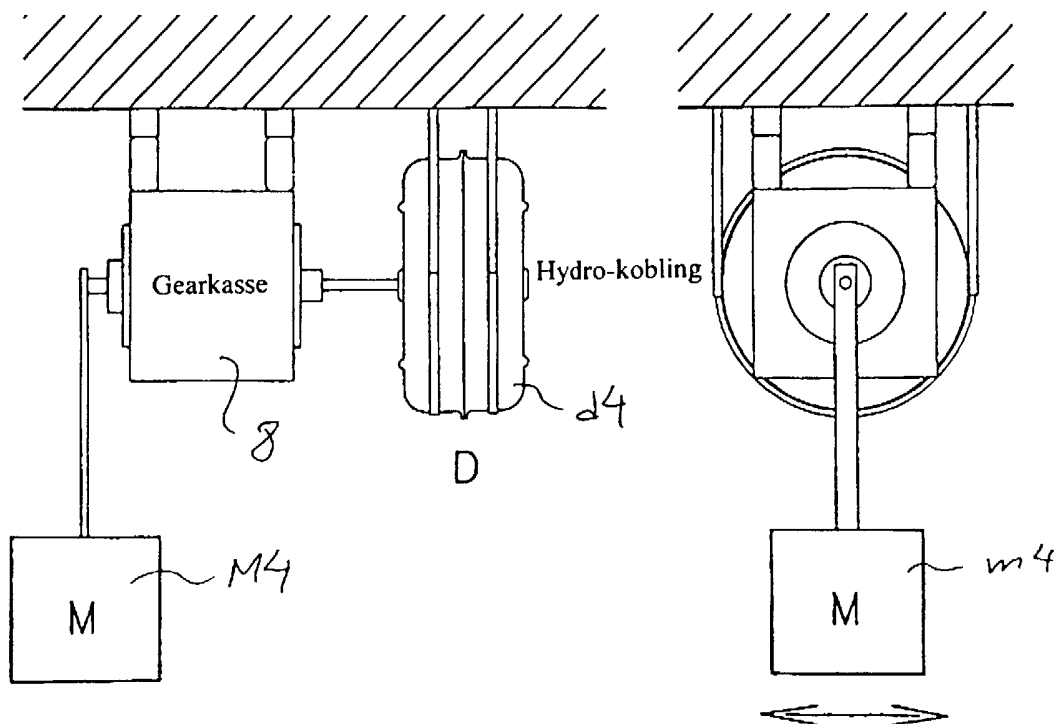
Figur 5



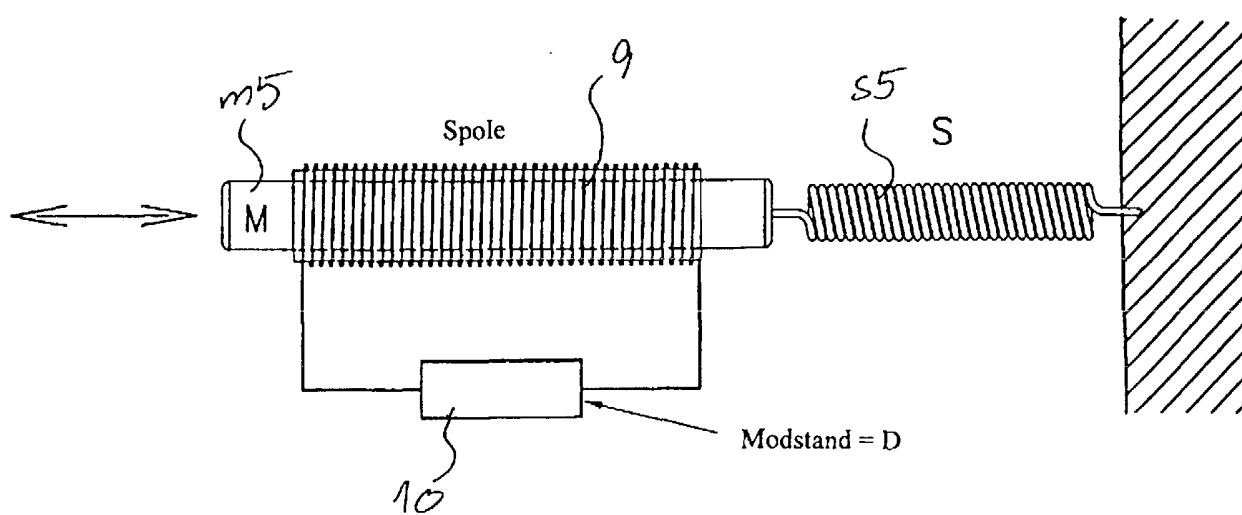
Figur 6



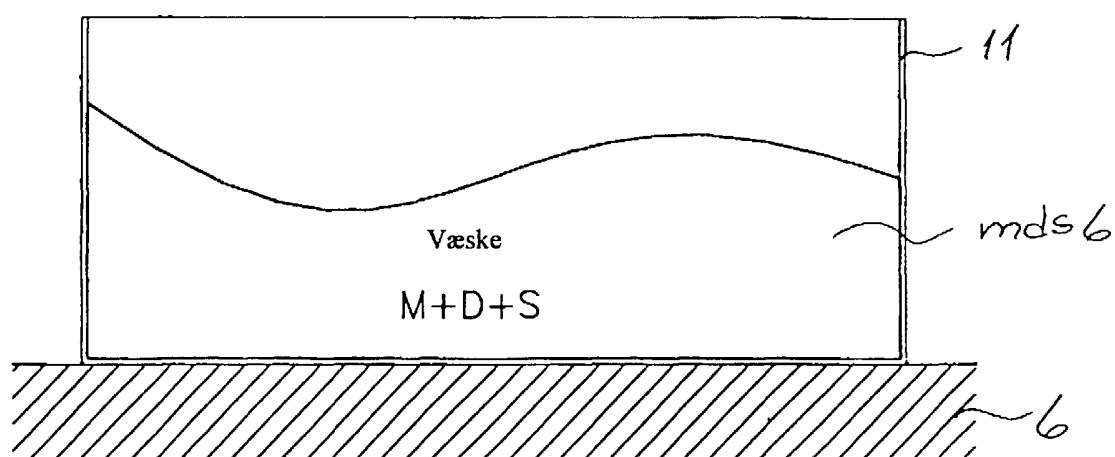
Figur 7



Figur 8



Figur 9



Figur 10

