



(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 26115 A1** (51) Cl. internationale : **F03D 11/00; H02K 11/00; G01R 31/02**
- (43) Date de publication : **01.04.2004**

-
- (21) N° Dépôt : **27448**
- (22) Date de Dépôt : **17.12.2003**
- (30) Données de Priorité : **20.06.2001 DE 10129365.8**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP02/06182 06.06.2002**
- (71) Demandeur(s) : **ALOYS WOBEN, Argestrasse 19, 26607 AURICH (DE)**
- (72) Inventeur(s) : **ALOYS WOBEN**
- (74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**

(54) Titre : **MACHINE SYNCHRONE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une machine synchrone comprenant de préférence des pôles saillants avec des enroulements polaires interconnectés galvaniquement. L'invention concerne en outre une centrale éolienne et un procédé de surveillance de la machine synchrone d'une centrale éolienne. Le but de l'invention est d'améliorer une machine synchrone et un procédé de fonctionnement d'une telle machine synchrone de manière à réduire le risque d'incendie. A cet effet, la machine synchrone comporte une armature (rotor) à plusieurs pôles munis chacun d'au moins un enroulement polaire, les enroulements polaires de plusieurs pôles étant interconnectés galvaniquement au moyen d'un conducteur traversé par un courant d'excitation. La machine de l'invention est spécifiquement caractérisée en ce qu'un conducteur de surveillance est monté de façon sensiblement parallèle par rapport au premier conducteur, moyennant quoi ledit conducteur de surveillance est ou peut être frappé par un signal prédéterminé. Le conducteur de surveillance est en outre couplé ou lié à un dispositif qui détecte le signal. Une interruption du premier conducteur est ou peut être détectée à la suite de la modification du signal dans le conducteur de surveillance. Le dispositif de détection du signal est couplé à un dispositif

de commande qui au moins réduit, de préférence déconnecte le courant d'alimentation circulant dans le premier conducteur.

MEMOIRE DESCRIPTIF

joint à l'appui d'une demande de brevet d'invention ayant pour titre :

« Machine synchrone »

Déposant/Inventeur

ALOYS WOBLEN
Argestrasse 19
26607 AURICH
ALLEMAGNE

Mandataire

M. Mehdi SALMOUNI-ZERHOUNI
Forum International Bldg
62 Boulevard d'Anfa
20000 CASABLANCA MAROC

26115

01 AVR 2004

26115

Sommaire

La présente invention concerne une machine synchrone équipée préférentiellement de pôles saillants à bobinages d'excitation reliés galvaniquement entre eux. De plus, l'invention concerne une centrale éolienne ainsi qu'un procédé de contrôle d'une machine synchrone équipant une centrale éolienne.

L'objectif de l'invention est de développer une machine synchrone et un procédé d'exploitation de ladite machine synchrone visant à réduire les risques d'incendie.

Machine synchrone pourvue d'un rotor présentant une multitude de pôles pourvus d'au moins un bobinage d'excitation, les bobinages d'excitation de plusieurs pôles étant reliés galvaniquement entre eux au moyen d'un premier conducteur parcouru par un courant d'excitation, caractérisé en ce qu'un conducteur de contrôle est installé essentiellement en parallèle au premier conducteur recevant ou susceptible de recevoir un signal défini à l'avance, en ce que le conducteur de contrôle est couplé ou raccordé à un dispositif de détection du signal et que, en cas de rupture du premier conducteur, ce fait est reconnu ou est susceptible d'être reconnu au travers d'une modification du signal dans le conducteur de contrôle, et en ce que le dispositif de détection du signal est couplé à un dispositif de contrôle qui du moins atténue le courant d'excitation dans le premier conducteur ou bien, de manière préférentielle, le coupe en entier.

Machine synchrone

La présente invention concerne une machine synchrone équipée préférentiellement de pôles saillants à bobinage d'excitation reliés galvaniquement entre eux. De plus, l'invention concerne une centrale éolienne ainsi qu'un procédé de contrôle d'une machine synchrone équipant une centrale éolienne.

Les machines synchrones sont généralement connues. Une forme de construction desdites machines est que soit le rotor ou le stator consiste en pôles (saillants), chaque pôle présentant au moins un bobinage d'excitation dans lequel circule un courant d'excitation. Dans le cas des machines synchrones, ledit courant d'excitation est toujours un courant continu.

Les bobinages d'excitation de tous ou de certains des pôles saillants sont reliés galvaniquement entre eux. Les bobinages d'excitation étant cependant fabriqués et installés individuellement, ledit raccord se fait en utilisant des moyens adaptés, tels que bornes de connexion, liaisons par soudure, etc. Ces points de raccord en particulier, mais également d'autres points, par exemple des points où le fil du bobinage est endommagé, présentent un risque de rupture de la connexion galvanique, par exemple dû aux vibrations induites par le fonctionnement de la machine.

Dû à l'intensité de courant élevée, il peut se produire à ces points de rupture un arc électrique qui augmentera l'intervalle de rupture, dû à une érosion de matériel, de sorte que l'arc grandira également, pouvant atteindre une longueur de plusieurs centimètres. Ceci peut également causer l'allumage de matériel avoisinant et donc l'amorce d'un incendie pouvant détruire la machine.

L'invention a donc pour objet de présenter un développement d'une machine synchrone ainsi que d'un procédé d'exploitation d'une telle machine réduisant les risques d'incendie.

Ce problème est résolu au moyen d'un procédé ou respectivement d'une machine synchrone du type nommé au début, où le raccord galvanique (d'au moins un) des bobinages d'excitation est contrôlé et en assurant que, en cas de rupture du raccord

galvanique, le courant d'excitation soit pour le moins réduit. Le contrôle du raccord galvanique permet de reconnaître à temps une rupture. La réduction du courant d'excitation empêche alors la formation d'un arc électrique, réduisant de manière effective le risque de combustion de matériel au voisinage de la rupture.

Dans une réalisation préférentielle de l'invention, le courant d'excitation est coupé en entier, afin d'assurer l'extinction effective d'un éventuel arc électrique. Ainsi, la détection d'une rupture à temps permet d'empêcher de manière effective qu'il ne puisse se produire un incendie induit par un arc électrique.

Dans une réalisation particulièrement privilégiée de l'invention, par exemple dans le cas de bobinages d'excitation en parallèle, seul le groupe dans lequel se produit une rupture est arrêté. Ainsi, seules les bobinages d'excitation de ce groupe cesseront d'être alimentés en courant, le courant d'excitation continuant à circuler dans les autres groupes, de sorte que le fonctionnement de la machine synchrone puisse être maintenu.

Afin de d'identifier simplement une rupture et en particulier un arc électrique, un signal pouvant être défini à l'avance est commuté sur un conducteur situé très près du raccord galvanique, la présence dudit signal étant contrôlée. En cas de formation d'un arc électrique, le conducteur voisin est également interrompu par l'arc. Le signal sera interrompu de même et, selon le procédé de l'invention, la machine synchrone pourra être pilotée en conséquence.

On pourra simplifier au maximum la réalisation mécanique en prévoyant que le conducteur (fil de contrôle) soit mené en spirale, parallèlement au bobinage galvanique, ou bien enroulé autour de, ou encore fixé ou collé à ce dernier.

Dans une réalisation particulièrement préférée de l'invention, le conducteur de contrôle est un fil électrique, par exemple un fil de cuivre isolé du type communément utilisé. Ce genre de fil est disponible à des prix économiques dans le commerce et peut être facilement installé selon l'invention. De même, l'introduction d'un signal défini à l'avance est facile à réaliser avec un fil électrique. Dans une réalisation alternative, le conducteur de contrôle est un conducteur optique. Dans ce cas, l'introduction du signal de contrôle est plus compliquée, mais les signaux sont insensibles aux influences électromagnétiques, présentant donc une insensibilité plus élevée face à d'éventuels dérangements.

Afin d'augmenter la sûreté de fonctionnement du procédé selon l'invention et de la machine synchrone, on pourra par exemple prévoir de manière redondante un premier dispositif d'introduction d'un signal dans le conducteur de contrôle et un second dispositif de contrôle du signal. Ainsi, en cas de défaillance d'un composant, sa fonction pourra être assurée par le composant redondant.

Il sera procédé maintenant à décrire l'invention plus en détail en se référant aux figures. Ces dernières représentent:

- Figure 1 une section de rotor de la machine synchrone;
- Figure 2 une vue de détail agrandie de la figure 1;
- Figure 3 une représentation schématique simplifiée d'un conducteur dans une première réalisation de l'invention, au moyen d'un fil électrique;
- Figure 4 une réalisation alternative d'un dispositif de contrôle utilisant un conducteur optique;
- Figure 5 un dispositif de contrôle sans conducteur supplémentaire;
- Figure 6 une centrale éolienne avec une barre omnibus autour de laquelle est enroulé un fil de sûreté.

La figure 1 montre un schéma simplifié d'une section du rotor d'une machine synchrone (générateur). Le repère 10 désigne les épanouissements polaires individuels des pôles saillants, le 12 désignant les bobinages d'excitation enroulés autour des pôles saillants.

Lesdits bobinages d'excitation 12 sont reliés entre eux par un raccord galvanique 14, de sorte que ces bobinages d'excitation 12 se trouvent en série, le même courant circulant donc dans chacun d'eux. Les bobinages d'excitation 12 étant fabriqués individuellement, la connexion de leurs raccords entre eux est assurée par exemple au moyen de douilles de connexion 16.

La figure 2 est une vue détaillée agrandie de la figure 1, montrant deux épanouissements polaires 10 avec les bobinages d'excitation 12 situés derrière les mêmes. Une liaison galvanique 14 est établie entre les bobinages d'excitation 12. Cette dernière est

établie en reliant le conducteur 14 formant le bobinage d'excitation 12 en un point de raccord 16, par exemple au moyen d'une douille de connexion 16, d'un raccord soudé ou de tout autre moyen approprié, au conducteur du bobinage d'excitation 12 voisin. De tels points de raccord 16 se trouvent à leur tour entre les deux bobinages d'excitation 12 représentés sur cette figure et, dans chaque cas, les bobinages d'excitation 12 voisins (non représentés). Ces points de raccord 16 représentent en particulier une faiblesse structurelle du raccord galvanique 14, une rupture pouvant s'y produire, par exemple à la suite des vibrations causées par le fonctionnement de la machine synchrone.

Un conducteur 18 enroulé en spirale autour du raccord galvanique 14 et du point de raccord 16 représenté sur la figure joue le rôle de dispositif de contrôle ou de conducteur de contrôle respectivement.

S'il venait à se produire une rupture au point de raccord 16, dû par exemple aux vibrations, il s'y formerait un arc électrique, vu qu'au premier moment la rupture serait très petite, le courant d'excitation étant relativement élevé. L'arc électrique provoquera une corrosion du matériau, ce qui causera un agrandissement de la rupture. Cependant, l'érosion due à l'arc électrique coupera également le conducteur 18, cette coupure étant reconnue grâce à un contrôle adéquat du conducteur 18, permettant de conclure à une rupture du raccord galvanique 14 et de ce fait, à la formation d'un arc électrique. Il sera dès lors possible de prendre les mesures qui s'imposent, ainsi par exemple la coupure du courant d'excitation, afin d'éteindre l'arc électrique, empêchant de ce fait l'amorce d'un incendie.

La figure 3 représente schématiquement une possibilité de contrôle au moyen d'un conducteur 18. Une extrémité dudit conducteur 18 est raccordée à terre. Un élément de commutation 20, dans le cas présent un relais, est raccordé à l'autre extrémité du conducteur, ledit relais recevant une tension suffisante pour l'exciter. Le relais présente un interrupteur 22, qui est donc ouvert lorsque le relais 20 est excité. En cas de rupture du conducteur 18, le relais 20 retourne à sa position de repos et l'interrupteur ferme. Cette fermeture peut par exemple être détectée aux bornes 24 au moyen d'un dispositif raccordé à ces dernières et interprété en conséquence.

Il est bien sûr possible d'installer le relais à l'autre extrémité du conducteur 18. Le conducteur sera alors soumis à une tension adaptée permettant d'exciter le relais 20, qui retombera dès que le conducteur 18 sera interrompu, ce qui peut causer la coupure immédiate du courant d'excitation.

La figure 4 montre une réalisation alternative du contrôle montré à la figure 3. En figure 4, le conducteur 18 est une fibre optique. Une source lumineuse 30, représentée ici comme étant une diode lumineuse, émet un signal optique dans ladite fibre optique 18, qui est capté à l'autre extrémité par un récepteur 32, dans notre exemple un photoconducteur, pouvant lui-même faire partie d'un circuit en pont.

Aussi longtemps que la lumière émise par la source lumineuse 30 est transmise par le conducteur 18, le récepteur 32 présente une certaine valeur résistive. En cas de coupure du conducteur 18, la lumière émise par la source lumineuse 30 n'arrive plus au récepteur 32, dont la valeur résistive changera en conséquence, permettant la reconnaissance de l'interruption du conducteur 18.

Bien sûr, le récepteur pourra être par exemple une phototriode ou tout élément photosensible.

Une forme alternative de contrôle du conducteur galvanique 14 est représentée à la figure 5. Dans ce cas, une tension alternative de faible amplitude et de fréquence donnée à l'avance sera superposée au courant d'excitation en un point de couplage 36. Ladite tension alternative est contrôlée au point de découplage 38. Ce découplage pourra être soit capacitif, soit inductif. Une armature de condensateur 40 est représentée sur la figure. L'autre armature pourra par exemple être constituée par le raccord galvanique 14 lui-même.

Un circuit adapté suivant ce dispositif peut à son tour assurer le contrôle de la tension alternative découplée par le condensateur 40. En cas de rupture du raccord galvanique 14, le courant d'excitation continuera à être transporté par l'arc électrique, mais la tension alternative superposée sera interrompue, de sorte qu'elle cessera d'être découplée au point de découplage 38. Ceci permettra d'identifier la rupture du raccord galvanique 14.

Lorsque plusieurs bobinages d'excitation sont rassemblés pour former un groupe, plusieurs groupes de bobinages d'excitation de ce type étant présents, il sera raisonnable d'avoir un fil de sécurité individuel pour chaque groupe, de sorte que seul le courant d'excitation du groupe concerné sera réduit ou coupé en cas de coupure du fil de sécurité. Ceci assurera que les autres groupes continueront à fonctionner normalement, permettant donc la continuation de l'exploitation du générateur.

Si donc un fil de sécurité individuel est prévu pour chaque groupe de bobinages d'excitation (pourvu, bien sûr, des systèmes d'alimentation et de contrôle correspondants), il

s'en suivra une affectation univoque entre chaque groupe de bobinage d'excitation et le fil de sécurité correspondant, permettant la coupure de la commande du groupe de bobinage d'excitation en cas de rupture du fil de sécurité correspondant. Il serait également possible de n'utiliser qu'un seul fil de sécurité pour le bobinage d'excitation du rotor complet, menant à la coupure du courant d'excitation en cas de rupture du fil de sécurité. Lorsque cette coupure, qui doit être maintenue durant un certain temps déterminé à l'avance, afin d'assurer que l'arc électrique soit effectivement éteint, est levée, le courant d'excitation sera rétabli, sauf dans le groupe de bobinage d'excitation dans lequel a eu lieu l'interruption. Un désavantage de cette solution peut être dû au fait que le fil de sécurité est interrompu, de sorte que, soit l'exploitation devra continuer sans fil de sécurité, soit l'exploitation devra être interrompue pour des raisons de sûreté.

L'invention n'est pas limitée au contrôle du générateur d'une centrale éolienne, mais peut également être utilisée en d'autres endroits de ladite centrale. Ainsi, le problème de formation d'un arc électrique n'est pas seulement donné en cas de rupture d'un bobinage d'excitation, mais également en cas de rupture d'une des barres omnibus pour courant continu servant à transporter le courant généré dans la nacelle de la centrale éolienne depuis ladite nacelle aux armoires de contrôle et de distribution situées dans le pied de la tour ou en dehors de cette dernière. Ces barres omnibus pour courant continu sont habituellement métalliques, par exemple en aluminium, descendant le long de la paroi intérieure de la tour, à laquelle elles sont fixées. La tour effectuant également des mouvements, dû à l'effort total exercé par le vent (l'amplitude de ces mouvements pouvant facilement atteindre 0,5 à 2 m à hauteur de la nacelle), les barres omnibus seront soumises à des mouvements et des efforts correspondants, pouvant causer leur rupture dans des cas défavorables, lorsque les mouvements deviennent excessifs, ou si l'installation des barres omnibus avait été incorrecte. Une telle rupture d'une barre omnibus causera également la formation d'un arc électrique entre les extrémités de rupture. Ceci pourra causer de sérieux dégâts à la centrale éolienne, vu la forte intensité des flux d'énergie à de tels endroits, et vu également qu'il est bien possible que l'arc électrique saute à la tour reliée à terre, provoquant un incendie.

La réalisation représentée à la figure 6 montre une section des fils de sécurité enroulés autour d'une barre omnibus à trois conducteurs, les dispositifs de contrôle connus des figures 3 à 5 pouvant être utilisés pour le contrôle des fils de sécurité. En cas de rupture d'une barre omnibus, le fil de sécurité correspondant sera également interrompu, dans lequel cas la centrale entière est arrêtée pour en assurer la protection. L'exploitation de la centrale sera interrompue, vu que dans un cas pareil, la barre omnibus (pour courant continu)

endommagée devra être réparée, voire remplacée, afin d'assurer une reprise d'exploitation en sûreté. Dans l'exemple présenté, les barres omnibus servent comme d'habitude à transporter le courant électrique du générateur situé dans la nacelle de la centrale éolienne, au pied de la tour et aux installations électriques situées en cet endroit, en l'occurrence des onduleurs et/ou des transformateurs.

Revendications

1. Machine synchrone pourvue d'un rotor présentant une pluralité de pôles, pourvus à leur tour d'au moins un enroulement d'excitation, les bobinages d'excitation de plusieurs pôles étant raccordés galvaniquement entre eux au moyen d'un premier conducteur dans lequel circule un courant d'excitation, caractérisée en ce que qu'un conducteur de contrôle est posé essentiellement en parallèle au premier conducteur, qui reçoit ou pouvant recevoir un signal pouvant être défini à l'avance, en ce que le conducteur de contrôle est couplé ou raccordé à un dispositif de réception du signal, en ce qu'en cas de rupture du premier conducteur, ce fait est détecté, ou est susceptible d'être détecté, grâce à une modification du signal dans le conducteur de contrôle et en ce que le dispositif de réception du signal est raccordé à un dispositif de contrôle atténuant au moins, mais de préférence coupant en entier, le courant dans le premier conducteur.
2. Machine synchrone selon la revendication 1, caractérisée par un conducteur enroulé en spirale autour du raccord galvanique.
3. Machine synchrone selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le conducteur de contrôle est un conducteur électrique et/ou une fibre optique.
4. Machine synchrone selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif d'injection d'un signal dans le conducteur de contrôle est redondant, consistant préférentiellement en un premier et un second dispositif d'injection d'un signal dans le conducteur.
5. Machine synchrone selon la revendication 4, caractérisée en ce que le premier et le second dispositifs d'injection d'un signal dans le conducteur de contrôle constituent une unité.
6. Station éolienne équipée d'une machine synchrone selon l'une quelconque des revendications précédentes.

7. Procédé de contrôle de l'exploitation d'une machine synchrone présentant un rotor constitué de plusieurs pôles pourvus d'un bobinage d'excitation, lesdits bobinages d'excitation de plusieurs pôles étant reliés galvaniquement entre eux, et un courant d'excitation circulant dans les bobinages d'excitation, des moyens de contrôle du raccord galvanique entre les bobinages d'excitation étant prévus, atténuant au moins, mais coupant totalement de préférence ledit courant d'excitation, en cas de rupture du raccord galvanique.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que lorsque plusieurs groupes de bobinages d'excitation sont installés en parallèle, le courant d'excitation étant coupé dans le groupe de bobinages d'excitation présentant une rupture du raccord galvanique, la circulation du courant d'excitation n'est de préférence pas interrompue dans les autres groupes.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que, pour reconnaître la rupture du raccord galvanique, en au moins une position du raccord galvanique pouvant être définie à l'avance, une tension alternative de fréquence et/ou amplitude pouvant être définies à l'avance, est superposée au courant d'excitation et, en ce que la présence de ladite tension alternative est contrôlée au moins une seconde position donnée à l'avance au moyen d'un dispositif de contrôle.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'afin de reconnaître une rupture du raccord galvanique, un signal pouvant être défini à l'avance est injecté dans un conducteur de contrôle situé très près dudit raccord galvanique, la présence dudit signal étant contrôlée, et en ce qu'en cas de suppression ou de forte modification dudit signal, un dispositif de contrôle est amené à atténuer et/ou couper le courant d'excitation en entier.

11. Centrale éolienne avec un rotor couplé à un générateur mettant à disposition une puissance électrique lors de l'exploitation de la centrale éolienne, ladite puissance électrique étant transportée au moyen de barres omnibus depuis le générateur situé dans la nacelle au pied de la tour, où elle est conditionnée de manière à pouvoir alimenter le secteur, un conducteur de contrôle installé essentiellement en parallèle à la barre omnibus recevant ou pouvant recevoir un signal défini à l'avance, ledit conducteur de contrôle (fil de sécurité) étant couplé ou raccordé à un dispositif de réception du signal, une rupture éventuelle de la barre omnibus pouvant être ou étant détectée par l'intermédiaire d'une modification du signal dans le conducteur de contrôle et le dispositif de détection du signal étant couplé à un

dispositif de contrôle qui, dans ce cas, déclenche au moins une atténuation du courant dans la barre omnibus, ou même la coupure du courant en entier.

12. Centrale éolienne présentant les caractéristiques indiquées dans l'une quelconque des revendications 2 à 5.

13. Centrale éolienne selon la revendication 11, caractérisée en ce que le conducteur de contrôle est enroulé autour d'une barre omnibus unique ou d'un groupe de barres omnibus, et est mené essentiellement en parallèle, du début à la fin de la barre omnibus.

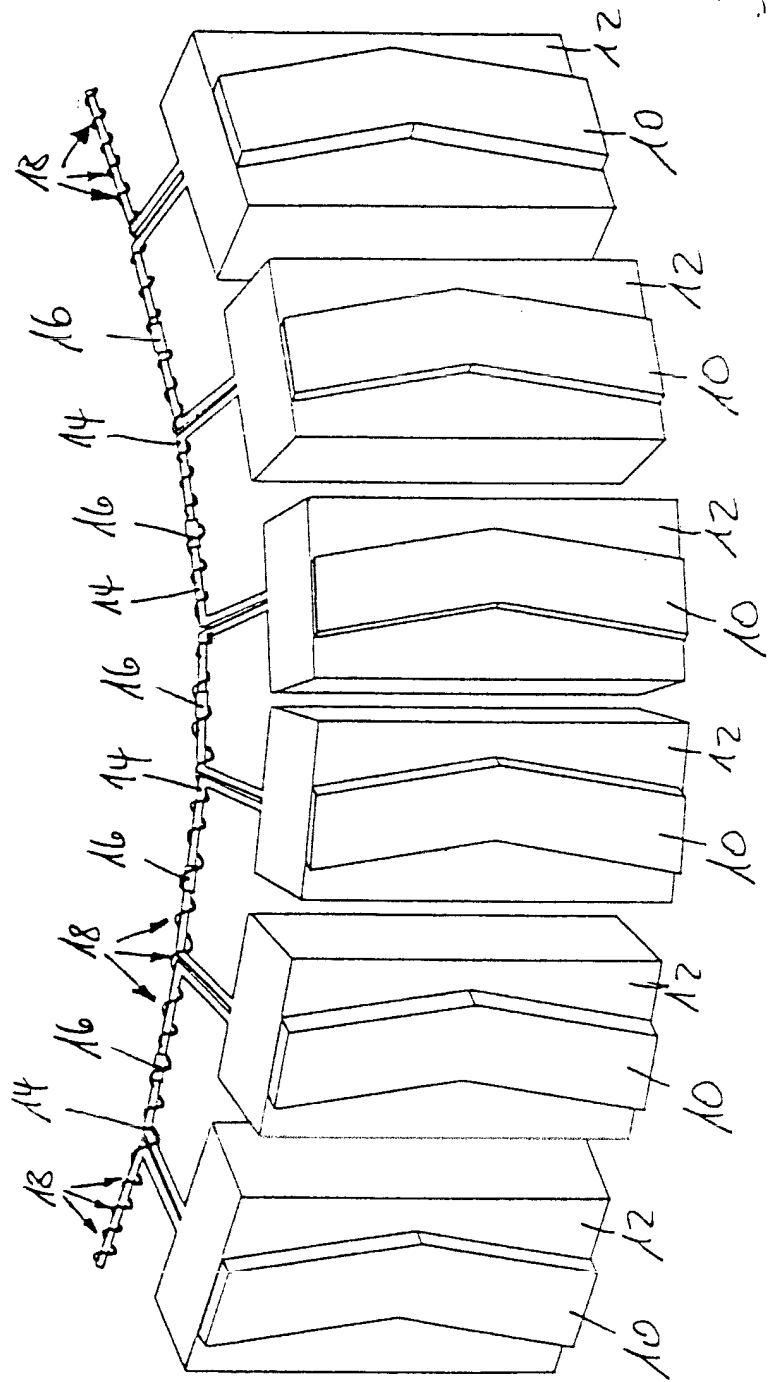


Fig. 1

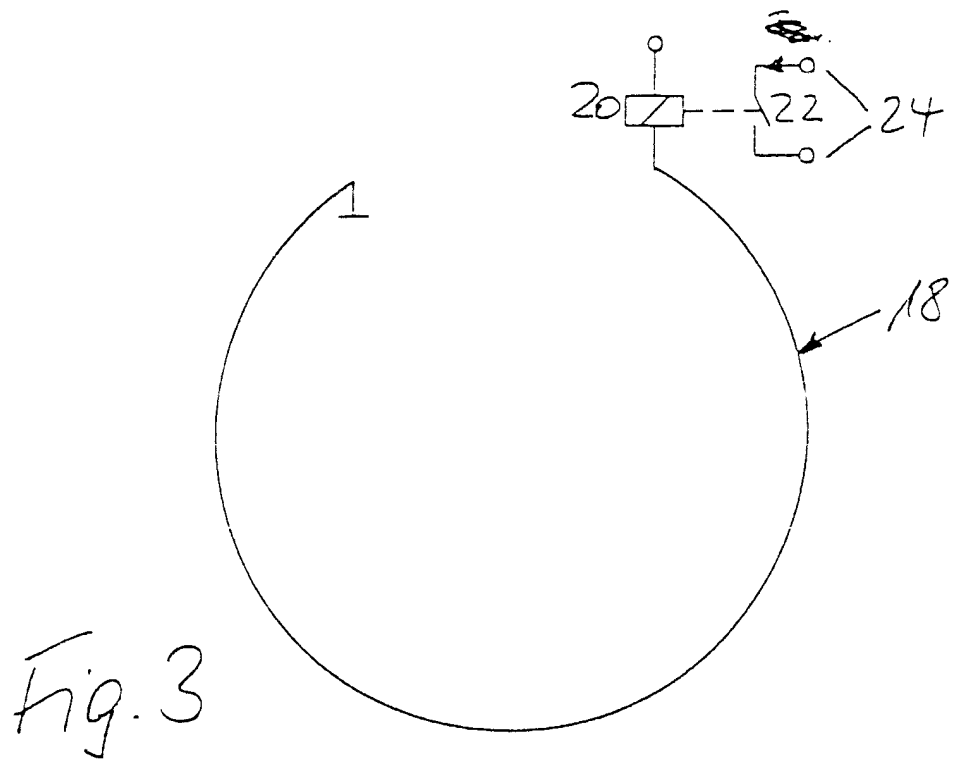
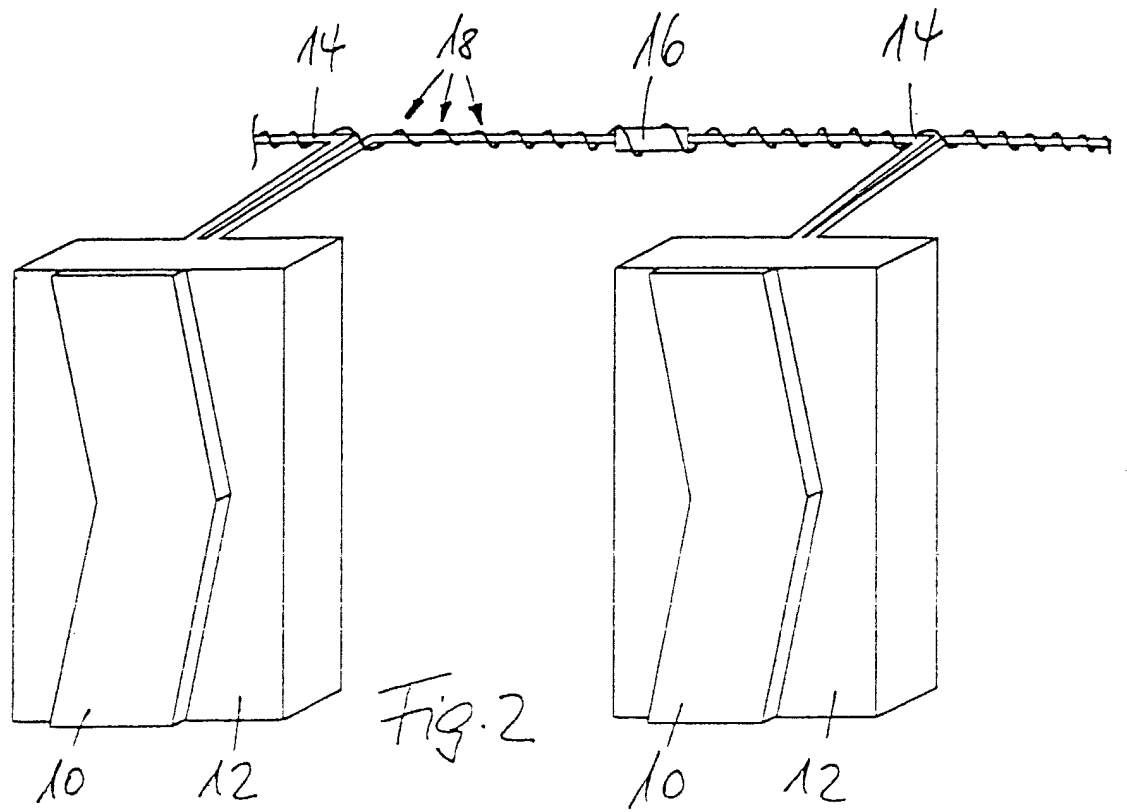


Fig. 4

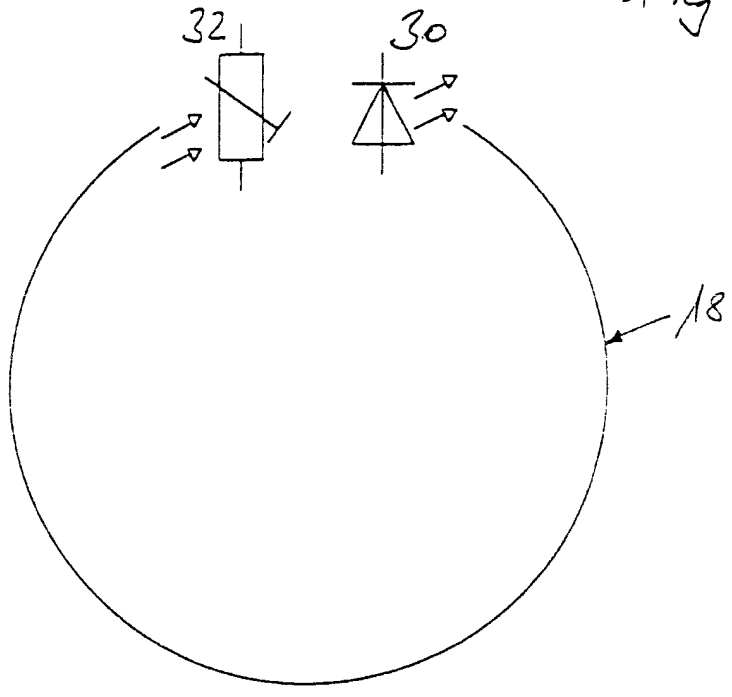
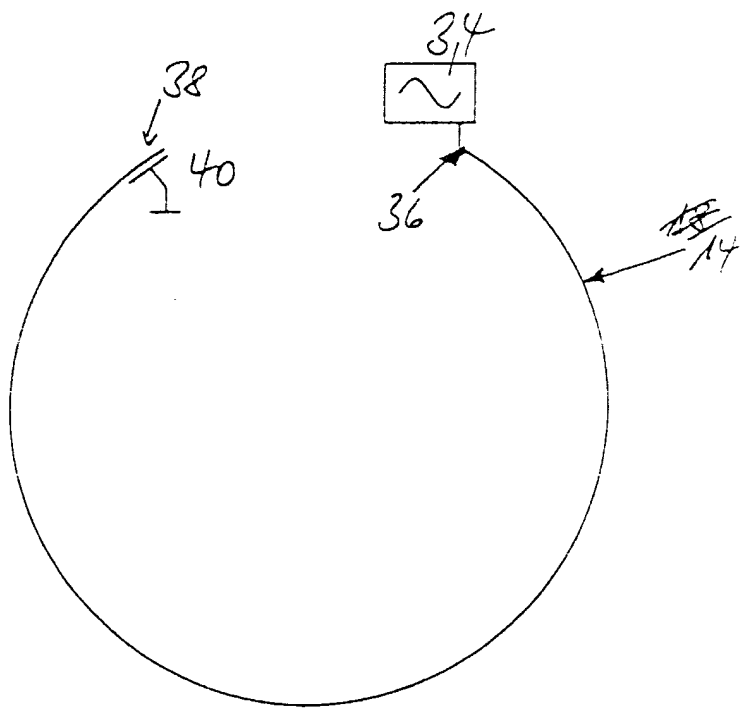


Fig. 5



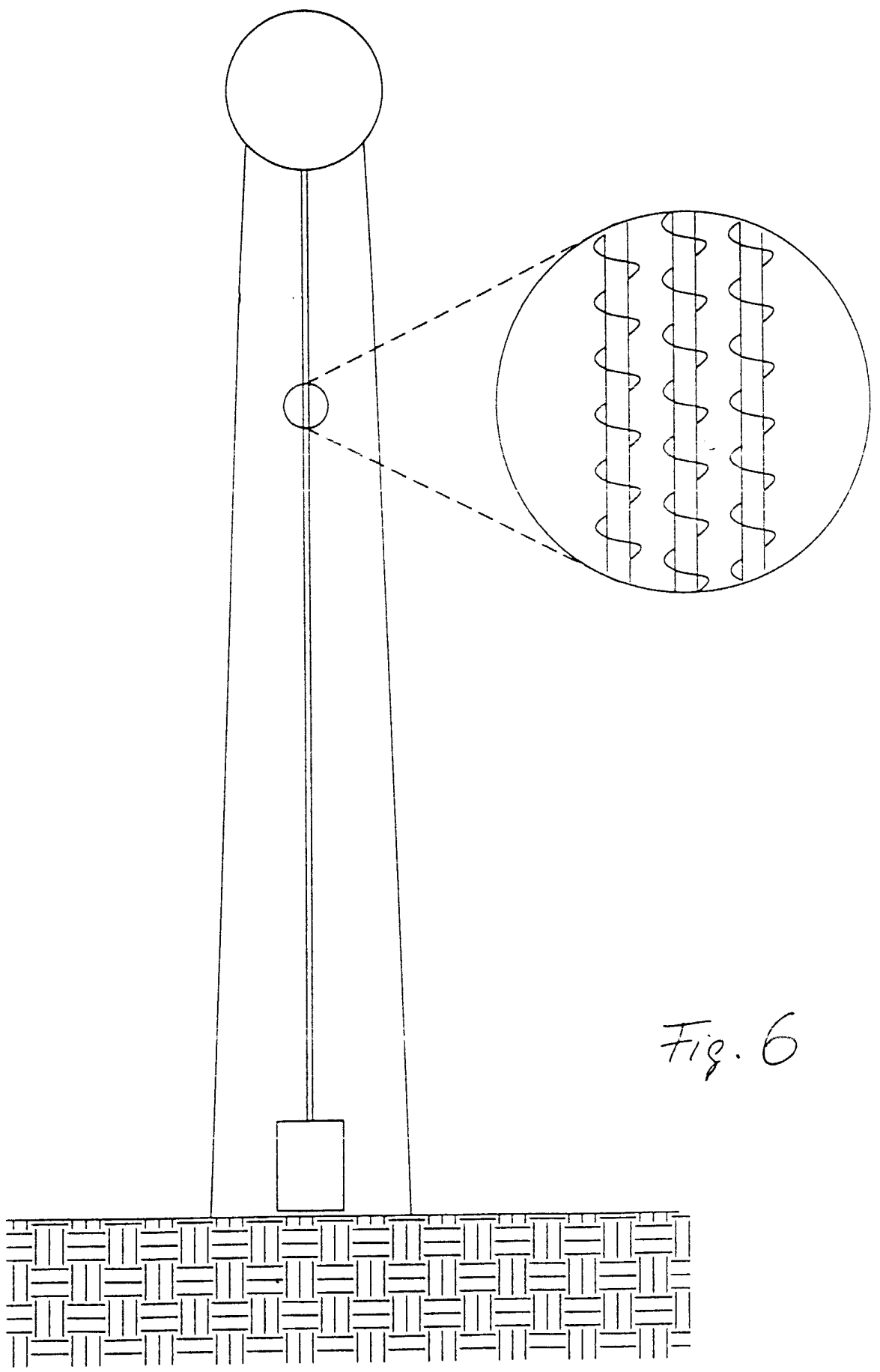


Fig. 6