

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4948598号
(P4948598)

(45) 発行日 平成24年6月6日(2012.6.6)

(24) 登録日 平成24年3月16日(2012.3.16)

(51) Int.Cl.

F I

F O 3 D 7/04 (2006.01)
 F O 3 D 1/06 (2006.01)
 H O 2 K 16/04 (2006.01)
 H O 2 K 19/34 (2006.01)
 H O 2 K 19/24 (2006.01)

F O 3 D 7/04 A
 F O 3 D 1/06 A
 H O 2 K 16/04
 H O 2 K 19/34
 H O 2 K 19/24 B

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-513535 (P2009-513535)
 (86) (22) 出願日 平成19年5月8日(2007.5.8)
 (65) 公表番号 特表2009-540172 (P2009-540172A)
 (43) 公表日 平成21年11月19日(2009.11.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2007/001499
 (87) 国際公開番号 W02008/124971
 (87) 国際公開日 平成20年10月23日(2008.10.23)
 審査請求日 平成20年12月3日(2008.12.3)
 (31) 優先権主張番号 200710020867.3
 (32) 優先日 平成19年4月16日(2007.4.16)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(73) 特許権者 508349436
 ▲顧▼ ▲為▼▲東▼
 中国 210013 江▲蘇▼省南京市北
 京西路 70号 9幢 108室
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (72) 発明者 ▲顧▼ ▲為▼▲東▼
 中国 210013 江▲蘇▼省南京市北
 京西路 70号 9幢 108室
 (72) 発明者 ▲湯▼ 瑞源
 中国 210016 江▲蘇▼省南京市御
 道街29号
 (72) 発明者 ▲嚴▼ 仰光
 中国 210016 江▲蘇▼省南京市御
 道街29号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オフグリッドの風力発電機システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

風車、発電機及びタワーからなるオフグリッドの風力発電機システムであって、
 風車が不変ピッチ且つ可変速度の風車であり、
 風車軸が直接に発電機の回転子を駆動し、

発電機は、内外の二つの固定子とこの二つの固定子の間に位置する一つの回転子とを含み、外固定子、内固定子及び回転子がいずれも凸極構造であるブラシレス直流発電機を使用することを特徴とするオフグリッドの風力発電機システム。

【請求項 2】

前記風車は、更に前記発電機の励磁電流を制御することにより、前記風車を常に高効率の作業区に位置させるように風車の回転数を調節し、風速がシステムの定格風速を超える場合、前記風車の羽根がストールになるように前記風車の回転数を制御し、前記風車のパワーの出力を規制することを特徴とする請求項 1 記載のオフグリッドの風力発電機システム。

【請求項 3】

前記外固定子の内側向きの凸極と前記内固定子の外側向きの凸極とが一対一に対応し、固定子の極数が $6n$ 個であり、

回転子の外側及び内側向きの極数がそれぞれ $4n$ 個有し、 n が正整数であり、且つ、回転子の外側向きの凸極と内側向きの凸極が二つずつ $60^\circ / 4n$ 機械角で相互ずれており、

10

20

外固定子の極毎に集中電機子巻線が巻きつけられており、それと同じ位相の極における電機子巻線が直列にされて一つの相を構成し、

内固定子の極毎にも集中電機子巻線が巻きつけられており、それと同じ位相の極における電機子巻線が直列にされて一つの相を構成し、

外固定子と内固定子にそれぞれ励磁巻線が嵌入して巻かれていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の オフグリッド の風力発電機システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電機に関し、特に、エネルギーの消費が大きい産業に直接に使用することができる大きいパワーの風力発電機システムを提供し、風力発電の分野に属する、本発明に係る風力発電機システムは、その構造が簡単で且つ信頼できる。また、本発明に係る風力発電機システムの使用やメンテナンスが便利であり、そのコストが低いとともに効率が高く、且つ有効な風速範囲が広い。

10

【背景技術】

【0002】

現在世界中で、風力エネルギーを大幅に利用することにあたって、主に「風車—発電機—電力網—ユーザー」（イングリッド又はオングリッドとも呼ばれる）という経路で行われる。そのうち、電力網は、風力電力のロードになり且つユーザーの電源になる。電力網の存在により、風力電力の利用を保証することができる。

20

【0003】

風力電力のイングリッドは、今まで世界で大規模風力発電所の唯一の応用方式である。しかし、風力エネルギーが極端に不安定であるため、風力電力の電流は大幅且つランダムに波動する特性を有している。このことが、電力網における風力電力の比率を大幅に抑制している。従って、現在の終端負荷の用電比率は 10 % を超えることができず、これが世界的な難題の一つになっている。

【0004】

それと同時に、風力電力のイングリッドにおける安定した周波数、安定した位相等の厳しい要求を満たすために、全世界の関連する最新の科学技術成果と材料とが殆どイングリッド風力機に応用されている。これにより、設備及び技術が複雑になり、且つ風力エネルギーの利用効率も下げ、風力電力のコストが大幅に上昇させることになっている。従って、これらが風力電力の産業の大規模な発展を大きく抑制している。

30

【0005】

風力発電所において風速の変化範囲が大きいので、不変ピッチ且つ不変回転数で稼動する風力機の風車は、風力発電所の風速が増加することに従って、風車の羽根の翼型に対する気流の迎え角が増加する。風速が一定値になると、羽根の上面に流動分離が生じるので、羽根がストールになる。風速が更に大きくなると低いストールから高いストールに切替えている。

【0006】

図 1 は、流入する異なる風速に対応する翼型速度とモーメント係数とを示す図である。図 1 の上部の 1 - 1 は、曲線の a 点における高いストールの状態を示す速度図であり、1 - 2 は、曲線の b 点における低いストールの状態を示す速度図であり、1 - 3 は、曲線の c 点における無分離状態を示す速度図である。この三つの速度図において、C は、風速に関する軸方向の速度であり、U は、風車の回転数に関する接線速度であり、W は、風車の羽根に関する相対速度である。

40

【0007】

風力機の風車は、不変ピッチ且つ不変回転数であると、風力機の高効率且つ安定な作業範囲が狭くなる。有効な作業範囲を増大し、且つイングリッドの技術ニーズを最大限に満足するために、構造がより複雑である可変ピッチ且つ可変速度で稼動する風力機を採用する。このような風力機を採用することにより、広い作業範囲内において、流入する風速の

50

増加につれて、羽根のピッチを調節することにより、羽根のピッチを変えることができる。これにより気流方向の変化に適応し、羽根のストールを避けることができ、変速により稼働効率を向上させることができる。しかし、可変ピッチ調節機構と変速システムにより、風力機の構造とシステムの複雑性を増加し、設備のコスト及びメンテナンスの作業量を著しく増加した。

【 0 0 0 8 】

オフグリッド発電の技術構想は、電力網を利用しないオフグリッドの風力電力の理論に基づいて、風力電力を直接にユーザーに用いられるものである。オフグリッド発電の技術は、最大限に風力電力を使用し、且つ風力電力を発展させることに有利である。且つ、電力網に対する風力電力の衝撃を避けることができ、都市電力網にイングリッドするための厳しい条件を満たすために増加された風力電力の必要でない高いコストを削減することができる。

10

【 0 0 0 9 】

風力電力のコストが大幅に下がる条件でこそ、風力電力を大量に使用する電力消費の大きいユーザーを引き付けることができる。従って、オフグリッドの風力電力を大幅に発展することは、風力電力の発展を規制する限界を突き破るために非常に有効な対策である。多年の研究と実験によれば、例えば、アルミウム電解産業、銅電解産業、マンガン電解産業、塩水電解産業、海水淡水化産業等の電力消費の大きいユーザーは、主に直流電を使用して大規模な生産を行っているが、風力電力を直接使用することができる。

20

【特許文献 1】中国特許 2 6 4 9 7 9 9 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

しかしながら、現在の風力電力は、そのコスト又は価格が依然として高いので、高効率、高信頼性且つ低コストの風力発電機システムを開発しないと、風力電力のコストを大幅に下げ、風力電力の事業を速く発展させることができない。

【 0 0 1 1 】

本発明は、電力エネルギーを大規模に消費する、電力消費の大きいユーザーに廉価の電力エネルギーを直接に提供するための高効率、低コスト且つ大きいパワーであるオフグリッドの風力発電機システムを提供することをその目的とする。本発明の風力発電機システムは、その設計が簡単且つ合理的で、使用やメンテナンスが便利で、有効な風速範囲が広い、高効率、高信頼性且つ低コストのために設計されたものである。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明に係る高効率、低コスト且つ大きいパワーであるオフグリッドの風力発電機システムは、主に風車、発電機及びタワーからなる。その中で、風車は不変ピッチ且つ可変速度の風車であり、風車軸は直接に発電機の回転子を駆動する。発電機として、パワー制御可能な直流発電機、ダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機、又はダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機を選択して使用することを特徴とする。

40

【 0 0 1 3 】

ダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機は、主にダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機を基礎にして、シングルの固定子又は同側にあるダブルの固定子を、内外の両側にそれぞれ固定子が設けられるように変更したものである。その構造としては、内外の二つの固定子及び一つの回転子を含み、前記回転子が二つの固定子の間に位置されている。外固定子、内固定子及び回転子がいずれも凸極構造である。外固定子の内側向きの凸極と内固定子の外側向きの凸極とは一対一に対応し、且つそれぞれ $6n$ 個の極を有する。回転子は外側及び内側に向けてそれぞれ $4n$ 個の凸極を有し、 n が正整数である。回転子の外側向きの凸極と内側向きの凸極が二つずつ $60^\circ / 4n$ 機械角で相互にずれている。外固定子の極毎に集中電機子巻線が巻きつけられており、そ

50

の同じ位相の極における電機子巻線と直列して一つの相を構成する。内固定子の極毎にも集中電機子巻線が巻きつけられており、その同じ位相の極における電機子巻線と直列して一つの相を構成する。外固定子と内固定子にそれぞれ励磁巻線を嵌入して巻いている。

【 0 0 1 4 】

風力電力を直接にユーザーが使用し、特に電流が一定の範囲内で変動する場合でも対応することができる電力消費の大きいユーザーは、主に直流電を使用しており周波数と位相等に対し何の要求もない。このような電力消費の大きいユーザーとして、例えば、アルミウム電解産業、銅電解産業、マンガン電解産業、塩水電解産業、海水淡水化産業等がある。従って、「周波数不変」ということを避けることができ、システムを非常に広い風速範囲内で正常且つ高効率に作動させることができる。

10

【 0 0 1 5 】

不変ピッチの風車を使用した、新システムにおいて、その機能が既に質的に変化している。本発明の不変ピッチの風車はパワー制御可能な発電機により風車の回転数を直接に制御して、風車の羽根を制御できる迎え角になり、風車を常に高効率の作業区に位置させる。風速がシステムの定格風速を超えた場合、羽根がストールになるように風車の回転数を制御してパワーの出力を制御し、風車の作業風速範囲を有効に拡大させた。これにより、システムの風力エネルギーの利用効率と作業範囲が可変ピッチの風力発電機システムと同じにされ、或いは可変ピッチの風力発電機システムより大きくなり、これに対して従来の不変ピッチの風力発電機が比べられない。

【 0 0 1 6 】

20

それと同時に、風車軸が直接的に発電機の回転子を駆動するので、構造を非常に簡単化し、稼動コストを有効的に低下させることができる。また、ダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機を使用するので、その励磁巻線の電源として直接に電機子巻線の出力電源を使用し、風速が不足で風車を押し進められない際に、励磁巻線の作業電圧がゼロになり、固定子の磁性は非常に少ない残留磁気であり、低い風速の際に回転子の起動に有利である。回転子が起動された後、残留磁気を利用するだけで低電圧を発電して励磁巻線に小さい電流を提供し、磁界をだんだん増強させて、出力電圧と電流とも徐々に増大させる。

【 0 0 1 7 】

このようなダブルの凸極を持つ発電機は弱い励磁と非常によい制御可能特性を有する。内外でダブルの固定子を有する構造のダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機を使用すれば、効率の向上及び体積、重量の減少にさらに有利である。またブラシレス直流発電機は構造が簡単で信頼性があり、使用やメンテナンスに便利である。設備コスト及び電気料金が低く、効率が高く、有効な風速範囲が広い等のメリットを有し、風力発電所に大量に設置して使用することに適する。主にオフグリッドで直接にユーザーに電力を供給する場合に用いられ、或いは複数の風力発電機システムを互いに連結して専用の風力電力のローカルエリア・ネットワークになって、ユーザーに直接に電力を供給する場合に用いられる。必要な場合、逆変流器を介して該直流電を都市電力網の周波数、位相及び電圧と同じ交流電に変換した後、都市電力網に電力を供給することもできる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

40

下記の実施例は、説明のための例とするだけで、本発明に対する限定ではない。

図1は、空気動力学におけるストールの流動速度と翼型との関係に基づいて作成した概略図である。本発明のオフグリッドの風力発電システムにおいて、用いられる不変ピッチの風力機と発電機調節システムとを組み合わせることにより、ピッチ調節機構がなくても大きい風速範囲で高効率に稼動することを実現することができ、且つ大きい風速の時のオーバーロードを避けることができる。

【 0 0 1 9 】

流入した風速が小さい時、発電機制御システムで風力機の回転数を調節して、接線速度 U を変え、気流相対速度 W を常に羽根の前縁に沿って流入させ、羽根を常に有利な迎角に位置させる。これにより、風車がより大きいパワーの出力を有するようになる。

50

【0020】

流入下風速が大きい時、システムのオーバーロードを避けるように風車のパワーの出力を下げるために、風力機の風車回転数調節システム（例えば、発電機の励磁電流を増加すること）によって風車の回転数を変えることにより、Tip速度比を調整して、相対気流速度の迎え角を増大させ、風車がストールの状態になる。風力エネルギー利用係数が風速の増加につれて下がり、出力パワーの安定を保証するとともに、風車の軸方向推力係数もTip速度比の下がりによって下がり、風車構造の安全性を増加することができる。

【0021】

即ち、本発明の不変ピッチ且つ可変速度の風車がさらに発電機の励磁電流を制御することにより、風車の回転数を調節して、風車を常に高効率の作業区に位置させる。風速がシステムの定格風速を超えた場合、羽根をストールさせるように風車の回転数を制御して、風車のパワーの出力を規制する。

10

【0022】

図2は、本発明の構造を示す概略図であり、図中の21が風車で、22が風車軸で、23が発電機で、24が機体ベースで、25がタワーである。その構造は主に風車21、発電機23及びタワー25からなる。風車21として不変ピッチ且つ可変速度の風車を使用し、風車軸22が発電機23の回転子を直接に駆動することに特徴がある。発電機としては内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が選用されることが好ましい。しかし、通常のダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機又は他のパワー制御可能な直流発電機を選用してもいい。

20

【0023】

図3は、図2における内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機の構造を示す概略図である。図3における31が発電機の外固定子で、32が発電機の外固定子の電機子巻線で、33が回転子で、34が発電機の内固定子で、35が発電機の内固定子の電機子巻線で、36が外固定子の励磁巻線で、37が内固定子の励磁巻線で、A1、X1、B1、Y1、C1、Z1が外固定子における電機子巻線のA、B、C接続線端である。

【0024】

本発明の内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が三相発電機である場合、基本的な構造は、 $6n/4n/4n/6n$ 極の構造である。即ち、外固定子の極数が $6n$ 個であり、中間の回転子の外側の極数が $4n$ 個であり、中間の回転子の内側の極数が $4n$ 個であり、内固定子の極数が $6n$ 個であり、中間の回転子の外側向きの凸極と内側向きの凸極とは2つずつ 60° 電気角で相互にずれて、対応する機械角が $60^\circ/4n$ である。

30

【0025】

1つの実施例として、図3は、基本的な構造が三相 $6/4$ 極である内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機の断面構造の概略図である。外固定子31が六つの内側向きの凸極の極を有し、それぞれの極に集中電機子巻線32が巻きつけており、対向する2つの極の電機子巻線が直列連結されて一つの相を構成し、A1-X1、B1-Y1、C1-Z1である三つの相の巻線を組成する。

40

【0026】

内固定子34が六つの外側向きの凸極の極を有し、外固定子31の六つの凸極の極とそれぞれ対応する。同様に、内固定子34のそれぞれの極にも集中電機子巻線35が巻きつけており、対向する2つの極の電機子巻線も直列連結されて一つの相を構成し、A2-X2、B2-Y2、C2-Z2である三つの相の巻線を組成する。

【0027】

外固定子31と内固定子34との間には回転子33があり、回転子33が外側及び内側向けてそれぞれ四つの凸極の極がある。外側向きの凸極の極と内側向きの凸極の極とが2つずつ 15° 機械角で相互にずれて、対応する電気角が 60° である。

【0028】

50

本実施例は、励磁巻線を採用して直流電を導入し発電機の磁位源を提供する。外固定子 31 の溝内に励磁巻線 36 を嵌入して巻いており、内固定子 34 の溝内に励磁巻線 37 を嵌入して巻いている。外固定子と内固定子にそれぞれ嵌入して巻いた励磁巻線 31 と 36 は、その両端が制御回路を介して電機子巻線から出力された直流電に電氣的に接続され、或いは電機子巻線から出力された直流電に直接に電氣的に接続される。

【0029】

内外の固定子の夫々の電機子巻線の出力は、それぞれ三相半波共用陽極整流回路を介して、或いはそれぞれ三相半波共用陰極整流回路を介して、或いはそれぞれフルブリッジ整流回路を介して直流電に整流された後、直列又は並列にして出力する。その連結関係は、図 4 から図 9 に示されている。

10

【0030】

そのうち、図 4 と図 5 は、三相半波共用陽極整流回路を採用した二つの方式である。外固定子における三相電機子巻線 A1 - X1、B1 - Y1、C1 - Z1 の出力は、三つの共用陽極を介して連結された整流ダイオード D31、D32、D33 により半波整流される。内固定子における三相電機子巻線 A2 - X2、B2 - Y2、C2 - Z2 の出力も三つの共用陽極を介して連結された整流ダイオード D34、D35、D36 により半波整流される。二組の整流出力が直列（図 4）又は並列（図 5）に連結されている。

【0031】

図 6 と図 7 は、三相半波共用陰極整流回路を採用した二つの方式である。外固定子における三相電機子巻線 A1 - X1、B1 - Y1、C1 - Z1 の出力は、三つの共用陽極を介して連結された整流ダイオード D21、D22、D23 により半波整流される。内固定子における三相電機子巻線 A2 - X2、B2 - Y2、C2 - Z2 の出力も三つの共用陽極を介して連結された整流ダイオード D24、D25、D26 により半波整流される。二組の整流出力が直列（図 6）又は並列（図 7）に連列されている。

20

【0032】

図 8 と図 9 は、三相フルブリッジ整流の方式を採用している。外固定子における三相電機子巻線 A1 - X1、B1 - Y1、C1 - Z1 の出力は、パワーダイオード D1 ~ D6 からなるフルブリッジ整流回路により整流される。内固定子における三相電機子巻線 A2 - X2、B2 - Y2、C2 - Z2 の出力がパワーダイオード D7 ~ D12 からなるフルブリッジ整流回路により整流される。二つの整流出力が直列（図 8）又は並列（図 9）に連結されている。

30

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】ストールの流動速度と翼型との関係図である。

【図 2】本発明の構造を示す概略図である。

【図 3】本発明に係る内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機の構造を示す概略図である。

【図 4】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相半波共用陽極整流回路を駆動する際の原理図である。

【図 5】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相半波共用陽極整流回路を駆動する際の原理図である。

40

【図 6】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相半波共用陰極整流回路を駆動する際の原理図である。

【図 7】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相半波共用陰極整流回路を駆動する際の原理図である。

【図 8】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相フルブリッジ整流回路を駆動する際の原理図である。

【図 9】内外でダブルの固定子を具備するとともにダブルの凸極を持つブラシレス直流発電機が発電作業により三相フルブリッジ整流回路を駆動する際の原理図である。

【符号の説明】

50

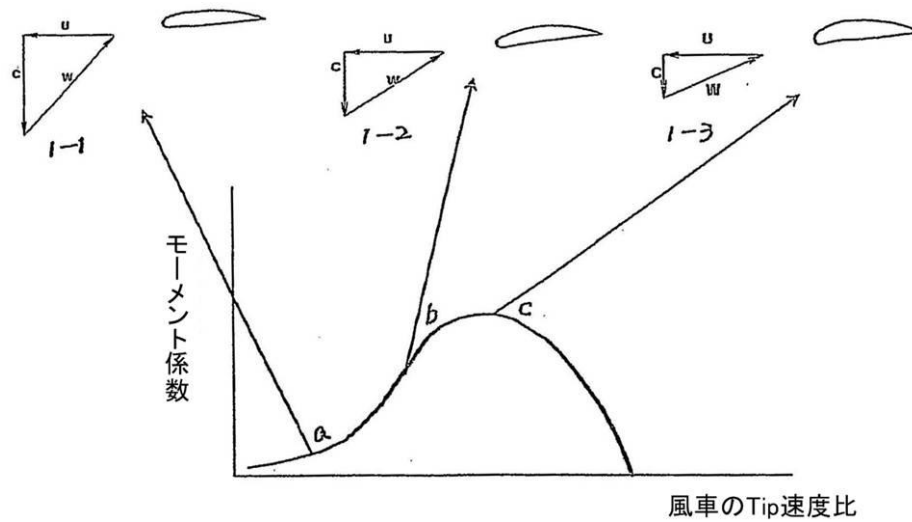
【 0 0 3 4 】

- 2 1 ... 風車
- 2 2 ... 風車軸
- 2 3 ... 発電
- 2 4 ... 機体ベース
- 2 5 ... タワー
- 3 1 ... 発電機の外固定子
- 3 2 ... 発電機の外固定子の電機子巻線
- 3 3 ... 回転子
- 3 4 ... 発電機の内固定子
- 3 5 ... 発電機の内固定子の電機子巻線
- 3 6 ... 外固定子の励磁巻線

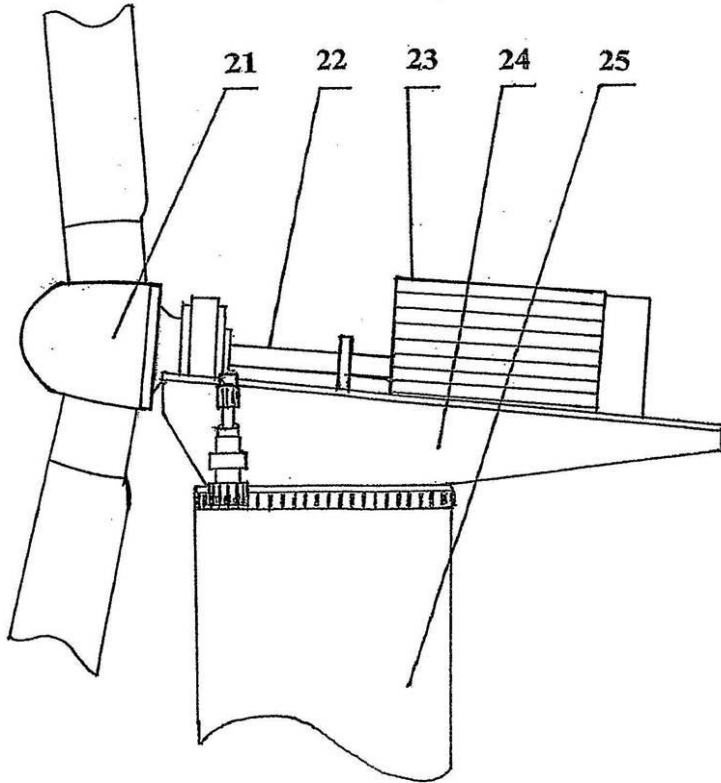
10

A 1 , X 1 , B 1 , Y 1 , C 1、Z 1 ... 外固定子における電機子巻線の A , B , C 連接線端

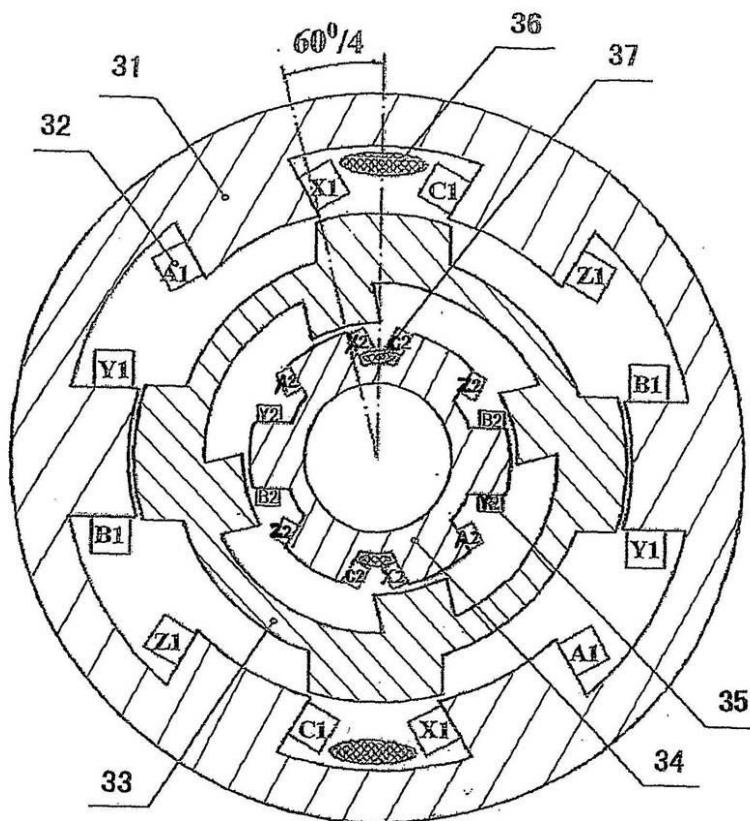
【 図 1 】



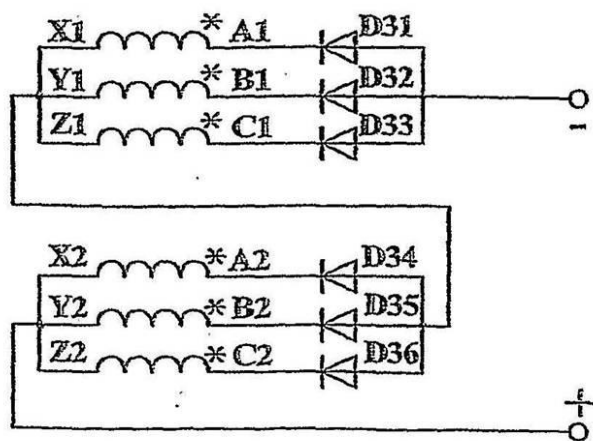
【図2】



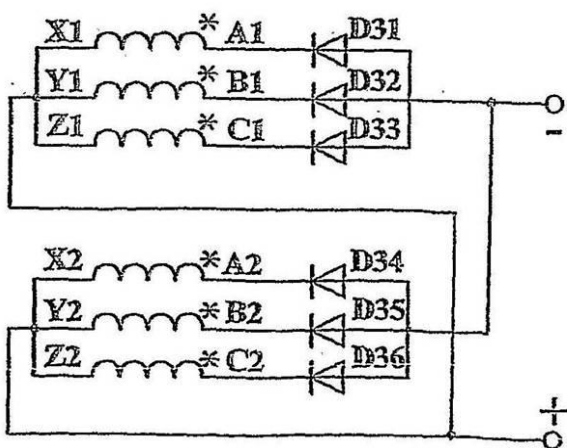
【図3】



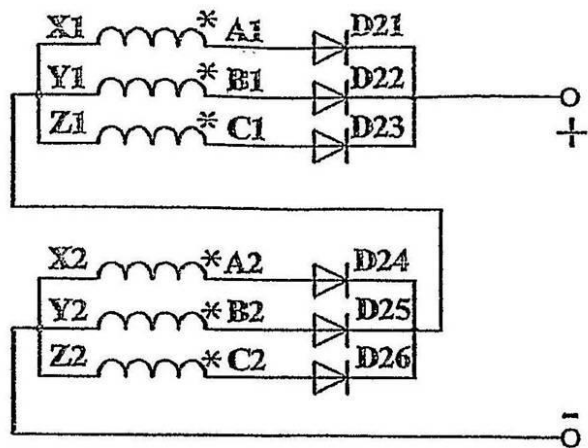
【図4】



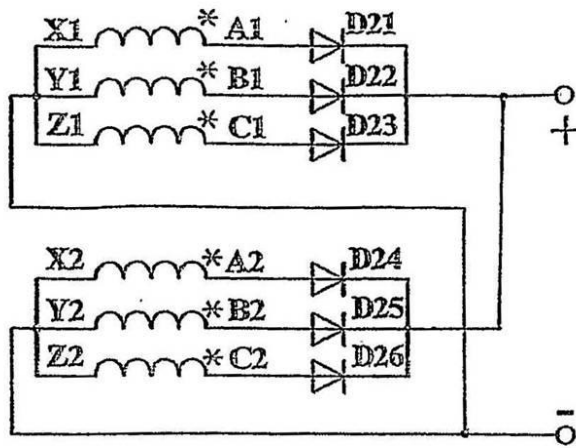
【図5】



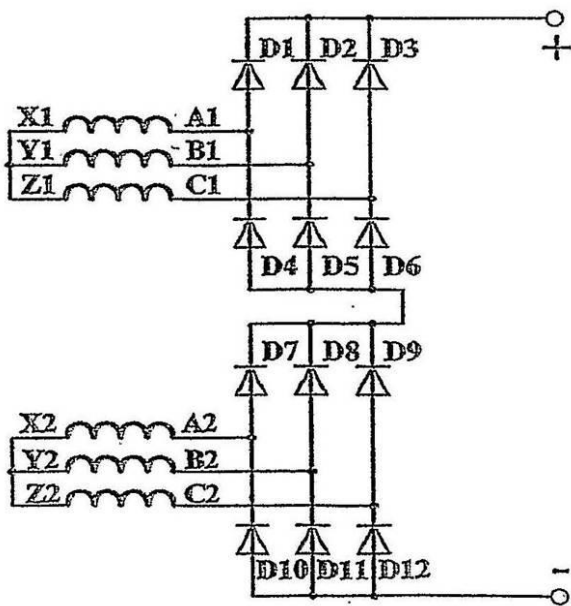
【図6】



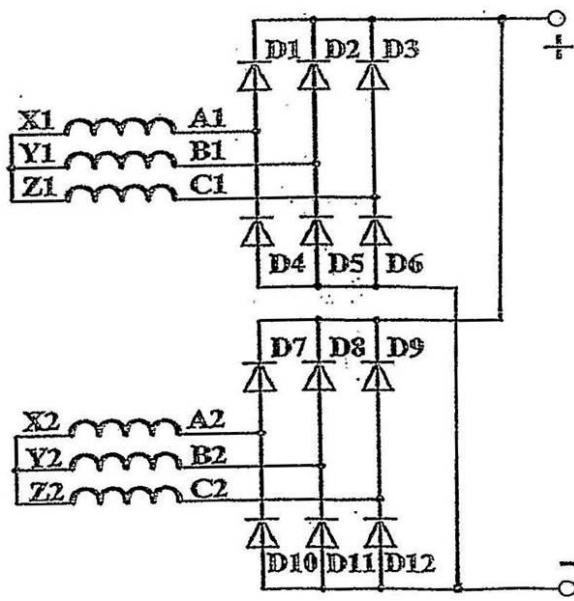
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

審査官 加藤 一彦

(56)参考文献 米国特許第01669028(US,A)
特開2002-272072(JP,A)
特開平03-045150(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 7/04

F03D 1/06

H02K 16/04

H02K 19/24

H02K 19/34