(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3539148号
(P3539148)
(45)発行日　平成16年7月7日(2004.7.7)　(24)登録日　平成16年4月2日(2004.4.2)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H02K 19/26　H02K 19/26　A

請求項の数 2　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平9-220942
(22)出願日　平成9年7月31日(1997.7.31)
(65)公開番号　特開平11-55912
(43)公開日　平成11年2月26日(1999.2.26)
審査請求日　平成14年5月29日(2002.5.29)

(73)特許権者　000001812
株式会社サタケ
東京都千代田区外神田４丁目７番２号
(72)発明者　佐竹　覺
広島県東広島市西条西本町２番３８号
(72)発明者　大野木　幸男
広島県広島市東区上温品２丁目１６番１８号
(72)発明者　猪上　憲治
広島県広島市西区大芝３丁目１８番９号
(72)発明者　保坂　幸男
広島県東広島市西条西本町２番３０号　株式会社佐竹製作所内

審査官　安池　一貴

最終頁に続く

(54)【発明の名称】円筒型同期発電機

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
主発電巻線（３）及び固定子界磁巻線（４）が巻装された固定子（２）と、ダイオード（８）で短絡した少なくとも６個の回転子巻線（７），（９）を全節集中巻に巻装するとともに、回転子励磁巻線（５）及び該回転子励磁巻線（５）の起電力を直流に変換する回転整流器（６）を備えた円筒型の回転子（１０）と、から構成された円筒型同期発電機であって、
前記円筒型の回転子（１０）に巻装された回転子巻線（７），（９）のうち、隣接する４個の回転子巻線は主界磁巻線（７）に形成するとともに、他の２個の回転子巻線はダンパ巻線（９）に形成する一方、前記４個の主界磁巻線（７）には前記回転整流器（６）の出力を接続したことを特徴とする円筒型同期発電機。
【請求項２】
前記４個の主界磁巻線（７）は、２つの主界磁巻線（７）を直列に接続して回路を一対形成し、該一対の回路の両端をそれぞれ並列に接続して単一の回路に形成し、該単一の回路両端に前記回転整流器（６）の出力を接続してなる請求項１記載の円筒型同期発電機。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、円筒型同期発電機に関する。
【０００２】

従来、特開平３－２４５７５５号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機が知られており、これを図９を参照して説明する。

【０００３】

図９に示すブラシレス自励同期発電機は、固定子鉄心２０に、集中全節巻乃至集中全節巻に準ずる巻線態様の２極（実施例）の主発電巻線Ｕ，Ｖ，Ｗと、該主発電巻線の極数の５倍（実施例）の極数を有する１０極（実施例）の固定子界磁巻線２１とが巻装される一方、固定子鉄心２２には、前記主発電巻線Ｕ，Ｖ，Ｗの極数と同じ極数を有する２極（実施例）の回転子界磁巻線２３と、前記固定子界磁巻線の極数と同じ極数を有し、かつ、前記主発電巻線Ｕ，Ｖ，Ｗの電流が作る電機子反作用磁界の第５次空間高調波成分（１０極磁界）とも磁気的結合をなす１０極（実施例）の回転子励磁巻線２４とを巻装するものである。そして、前記固定子界磁巻線２１は、制御整流装置VR（三相全波整流器２５及び可変抵抗器Rf）を介して主発電巻線U，V，Rの各相に設けた中間タップu，v，wに接続する一方、前記回転子励磁巻線２４は、４個のダイオードからなるダイオードブリッジ回路２６を介して回転子界磁巻線２３に接続する。

【０００４】

この構成のブラシレス自励同期発電機の作用を以下に説明する。回転子を回転させると、回転子鉄心２２の残留磁気によって主発電巻線U，V，Wに起電力が誘導される。起電力が誘導されると、主発電巻線には交流電流が流れるとともに、三相全波整流器２５によって整流された後、固定子界磁巻線２１に直流電流が流れる。回転子励磁巻線２４には、主発電巻線に流れる交流電流によって形成される電機子反作用磁界に基づく第５次空間高調波成分の起電力と、固定子界磁巻線２１に流れる直流電流I_{fs}によって形成される静止磁界に基づく起電力とが重畳することによって、起電力が誘導される。この重畳された誘導起電力はダイオードブリッジ回路２６によって整流されて、回転子界磁巻線２３に直流電流I_fが流れる。その結果、主磁界が増加されるとともに、主発電巻線の誘導起電力が増加される。そして、この動作を繰り返すことにより出力電圧値が自己確立されることになる。このとき、回転子鉄心２２の残留磁気が不足する場合には、バッテリーBによって初期励磁を行うとよい。

【０００５】

上記ブラシレス自励同期発電機は、三相の抵抗または誘導性負荷（遅れ力率）において、それぞれの負荷が増減すると、負荷電流の増減に比例して電気子反作用磁界の第５次空間高調波成分が増減することとなり、結果的に回転子界磁巻線２３の直流電流I_fが増減して、出力電圧の変動が抑制され、負荷の増減に対して平複巻特性の出力電圧が得られる。また、上記発電機に三相不平衡負荷または単相負荷を接続した場合には、電機子反作用磁界の第５次空間高調波成分による直巻励磁効果が三相平衡負荷を接続した場合に比べて減少する。しかし、電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分によって回転子巻線２３には起電力が誘導される。この誘導された起電力は、ダイオードブリッジ回路２６によって半波整流され、回転子界磁巻線２３の直流電流I_fの減少分を補償するものとなる。以上のように、発電機に三相不平衡負荷または単相負荷を接続した場合であっても、出力電圧は発電機に三相平衡負荷を接続した場合と同様に平複巻特性となるのである。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来のブラシレス自励同期発電機にあっては、発電機の負荷を三相負平衡負荷としたとき、電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分によって回転子巻線２３には起電力が誘導されるが、同時に界磁に２倍周波数の交流を誘起して電機子誘起電圧を歪ませ、回転子に渦電流を誘起して回転子を加熱するなどの種々の悪影響を及ぼすことが知られている。

【０００７】

つまり、高調波電流が自在に流れるままにしておくと、電機子巻線には基本波のほかに３倍、５倍、７倍等の高周波の電圧、電流を誘起し、界磁巻線には直流のほかに２倍、４倍、６倍、８倍等の高調波電流を発生するものである。

【０００８】
【０００９】
本発明の目的は、主発電巻線の逆相回転磁界により回転子の回転方向とは逆方向に逆相回転磁界が回転した場合であっても、多種類の負荷に対応することができる円筒型同期発電機を提供することにある。
【００１０】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するため本発明は、主発電巻線（３）及び固定子界磁巻線（４）が巻装された固定子（２）と、ダイオード（８）で短絡した少なくとも６個の回転子巻線（７），（９）を全節集中巻に巻装するとともに、回転子励磁巻線（５）及び該回転子励磁巻線（５）の起電力を直流に変換する回転整流器（６）を備えた円筒型の回転子（１０）と、から構成された円筒型同期発電機であって、
前記円筒型の回転子（１０）に巻装された回転子巻線（７），（９）のうち、隣接する４個の回転子巻線は主界磁巻線（７）に形成するとともに、他の２個の回転子巻線はダンパ巻線（９）に形成する一方、前記４個の主界磁巻線（７）には前記回転整流器（６）の出力を接続する、という技術的手段を講じた。
【００１１】
以上の構成の発電機において、正常な三相平衡負荷時は従来のものと同様に動作し、単相負荷が三相負荷に混在して三相不平衡負荷時は直流電流によるダンパ巻線の起磁力により界磁束を増加させる作用を有するので、単相負荷やインバータ等の高調波を発生する負荷を接続した場合であっても、多種類の負荷に対応することができる。しかも、負荷接続時には、主界磁巻線（７）及びダンパ巻線（９）にダイオード（８）による半波整流電流が流れてその直流分が界磁を増磁させるので、AVRによる励磁電力を減少し、損失が少なくなる。
【００１２】
また、前記４個の主界磁巻線（７）は、２つの主界磁巻線（７）を直列に接続して回路を一対形成し、該一対の回路の両端をそれぞれ並列に接続して単一の回路に形成し、該単一の回路両端に前記回転整流器（６）の出力を接続するとよい。
【００１３】
【００１４】
【００１５】
【００１６】
【００１７】
【００１８】
【発明の実施の形態】
本発明の一例として三相仕様による同期発電機１を以下に示す。図１は第１の実施例を示すもので、固定子２には、三相４極の主発電巻線３と８極の固定子界磁巻線４が巻装されている。また、回転子１０には、三相８極の回転子励磁巻線５を巻装するとともに、回転子巻線としてのダイオード８で短絡した４個の主界磁巻線７とダイオード８で短絡した２個のダンパ巻線９を巻装し、さらに、前記回転子励磁巻線５の起電力を直流に変換する回転整流器６を備えている。４個の主界磁巻線７と２個のダンパ巻線９は、図２に示すように、全節集中巻で円筒型回転子に形成してある。つまり、４個の主界磁巻線７と２個のダンパ巻線９からなる６個の巻線を１組の回転子巻線として円筒型の回転子に巻装するのであるが、前記三相４極の主発電巻線３と同じ極数を構成するために、回転子は２４個のスロットとし、全スロットを用いて全節集中巻により巻装するのである。そして、前記固定子界磁巻線４には任意の直流電源１１が接続される。ここで、全節集中巻というのは、主発電巻線３の極数と同じ極数で、回転子に巻装した主界磁巻線７及びダンパ巻線９のコイルピッチを電気角πで集中二層巻にすることである。
【００１９】
図１に示すように、ダイオード８で短絡した４個の主界磁巻線７は、２つの主界磁巻線７

を直列に接続して回路を一対形成し、この一対の回路の両端をそれぞれ並列に接続して単一の回路に形成したもので、この単一の回路両端に回転整流器６の出力を接続してある。

【００２０】

【００２１】

次に、三相平衡負荷時の運転状況について、図１を参照して説明する。原動機（図示せず）により回転子１０を回転させるとともに、固定子界磁巻線４に直流電源１１を接続して直流電流を流すと、固定子２及び回転子１０に８極の磁界が形成され、回転子励磁巻線５に起電力が生じて補償電流が流れ、この電流が回転整流器６により直流に変換されて主界磁巻線７に流れ、該主界磁巻線７では４極の界磁磁束が生じ、これにより主発電巻線３に起電力が生じて負荷１２に電力を供給するものとなる。

【００２２】

前記固定子界巻線４は８極であるが、このとき、回転子１０が回転すると、８極の静止磁界の基本波には４個の主界磁巻線７と２個のダンパ巻線９が鎖交し、巻線の導体部にｅ１，ｅ２，ｅ３，及びｅ４の電圧が誘起される。その総和はダイオード８に供与される電圧Ｖであり、（１）式のように０Ｖになる。

【００２３】

【数１】

$$e_1=E \quad ,e_2=E\varepsilon^{j2\pi} \quad ,e_3=E\varepsilon^{j4\pi} \quad ,e_4=E\varepsilon^{j6\pi}$$

$$V=e_1-e_2+e_3-e_4=E\,(1-\varepsilon^{j2\pi}+\varepsilon^{j4\pi}-\varepsilon^{j6\pi})$$

$$=E\,(1-1+1-1)=0 \qquad \cdots(1)$$

従って、ダイオード８は点弧されず、本発明の発電機は従来のものと同様に動作することになる。なお、固定子界磁巻線４と回転子励磁巻線５は従来の励磁機と同様の電力増幅作用があるので、ＡＶＲ（自動電圧調整装置）の容量を小さくできる利点がある。

【００２４】

次に、単相負荷を含む三相不平衡負荷時について説明する。発電機１に三相不平衡負荷を接続すると、主発電巻線３に逆相電流が流れる。この逆相電流により主発電巻線３は４極の逆相回転磁界を作り、回転子１０に巻装してある主界磁巻線７及びダンパ巻線９と鎖交し電圧を誘起する。

【００２５】

図５に示すように、回転子１０が回転し、主発電巻線３の逆相回転磁界と、４個の主界磁巻線７及び２個のダンパ巻線９が鎖交すると、その主界磁巻線７及びダンパ巻線９の導体部にｅ１，ｅ２，ｅ３，及びｅ４の電圧が誘起される。その総和はダイオード８に供与される電圧Ｖであり、（２）式のように４Ｅ’となる。従って、ダイオード８には電圧４Ｅ’が供与されて、主界磁巻線７及びダンパ巻線９に半波整流電流が流れる。

【００２６】

【数２】

$$e_1=E',\quad e_2=E'\varepsilon^{j\pi},\quad e_3=E'\varepsilon^{j2\pi},\quad e_4=E'\varepsilon^{j3\pi}$$

$$V=e_1-e_2+e_3-e_4=E'\,(1-\varepsilon^{j\pi}+\varepsilon^{j2\pi}-\varepsilon^{j3\pi})$$

$$=E'\,\{1-(-1)+1-(-1)\}=4E' \qquad \cdots(2)$$

この半波整流電流は直流成分と交流成分に分解することができ、直流成分は回転整流器６の直流出力電流に重畳されて、界磁電流が増加するように作用する。

つまり、図６（ａ）に示すように、回転整流器６からの直流出力電流I_1は主界磁巻線７のＷを通じて流れるが、逆極性となるダイオード８には流れない。また、図６（ｂ）に示すように、逆相回転磁界と回転子１０の主界磁巻線７の鎖交により誘起された電圧ｅによる半波整流電流中の直流成分はダイオード８の極性によってI_2のように流れる。従って、図６（ｃ）のようにI_1とI_2は重畳されて（I_1+I_2）となり、界磁電流が増加するように作用する。

【００２７】
同様に、逆相回転磁界と回転子１０のダンパ巻線９の鎖交により誘起された電圧ｅによる半波整流電流中の直流成分Ｉｄはダイオード８の極性によって図６（ｂ）のように流れる。この直流電流によるダンパ巻線９の起磁力は図７のように界磁束を増加させる作用を有する。なお、界磁束の増加が大き過ぎて支障がある場合は、ダイオード８を使用しない短絡としてもよい。
【００２８】
【００２９】
ダイオード８による半波整流電流の交流成分は、主界磁巻線７とダンパ巻線９が多相に巻装されているので、逆相回転磁界を打ち消すように磁束が作用することになる。すなわち、主界磁巻線７とダンパ巻線９が全てダンパ作用をすることになる。また、逆相回転磁界はダイオード８の作用によって主界磁巻線７とダンパ巻線９によって吸収され、界磁電流に変換されることで増磁作用をすることになる。
【００３０】
次に、インバータのような高調波電流を含む負荷が接続された場合を説明する。高調波電流によって主発電巻線３が作る磁界は時間高調波であるから、図５に示す主界磁巻線７及びダンパ巻線９に誘起される電圧ｅ１，ｅ２，ｅ３，及びｅ４は（３）式のようになる。
【００３１】
【数３】

$$\left.\begin{aligned} e_1 &= E'' \varepsilon^{jm\omega t}, \quad e_2 = E'' \varepsilon^{j\pi} \varepsilon^{jm\omega t} \\ e_3 &= E'' \varepsilon^{j2\pi} \varepsilon^{jm\omega t}, \quad e_4 = E'' \varepsilon^{j3\pi} \varepsilon^{jm\omega t} \end{aligned}\right\} \quad \cdots (3)$$

ただし　ｍ：高調波次数に関する係数、ω＝2πf、ｆ＝周波数

従って、ダイオード８に供与される電圧Ｖは（４）式のようになる。
【００３２】
【数４】

$$\begin{aligned} V &= e_1 - e_2 + e_3 - e_4 \\ &= E'' \varepsilon^{jm\omega t} - E'' \varepsilon^{j\pi} \varepsilon^{jm\omega t} + E'' \varepsilon^{j2\pi} \varepsilon^{jm\omega t} - E'' \varepsilon^{j3\pi} \varepsilon^{jm\omega t} \\ &= E'' \varepsilon^{jm\omega t} (1 - \varepsilon^{j\pi} + \varepsilon^{j2\pi} - \varepsilon^{j3\pi}) \\ &= 4E'' \varepsilon^{jm\omega t} \end{aligned} \quad \cdots (4)$$

すなわち、電圧Ｖの大きさは４Ｅ’’であり、ダイオード８を通じて半波整流電流が流れる。従って、主発電巻線３に高調波電流が流れたときも、主界磁巻線７とダンパ巻線９がダイオード８によってダンパ作用と増磁作用をすることに変わりはない。
【００３３】
図８は第２の実施例を示すものであり、これを参照して大型の発電機に本発明を適用した場合を説明する。なお、図１と同じ構成については同符号を付している。
【００３４】
図８において、符号１４は発電部を示し、符号１５は励磁部を示す。発電部１４は、固定子側に三相４極主発電巻線３が巻装され、回転子側に前記主発電巻線３と同一極数である４個の主界磁巻線７と２個のダンパ巻線９を巻装するとともに、それぞれの巻線をダイオード８で短絡する。このダイオード８で短絡された４個の主界磁巻線７は、２個の主界磁巻線７を直列に接続して回路を一対形成し、この一対の回路の両端をそれぞれ並列に接続して単一の回路に形成してある。励磁部１５は、固定子側に固定子界磁巻線４が巻装され、また、回転子側には前記固定子界磁巻線４と磁気的結合をなす三相の回転子励磁巻線５を巻装するとともに、前記回転子励磁巻線５の起電力を直流に変換する回転整流器６を備えている。さらに、励磁部１５の回転子側の回転整流器６の出力を、発電部１４の回転子側の主界磁巻線７に接続してある。すなわち、ダイオード８で短絡した４個の主界磁巻線７を、２個の主界磁巻線７を直列に接続して２つの回路を形成し、この２つの回路の両端

をそれぞれ並列に接続して１つの回路に形成し、この回路の両端に回転整流器６の出力を接続してある。ここで、全節集中巻というのは、主発電巻線３の極数を基本に、回転子に巻装した主界磁巻線７及びダンパ巻線のコイルピッチを電気角でπとすることである。

【００３５】

【００３６】

以上のように構成した第２の実施例の作用は、第１の実施例とほぼ同様であるが、低出力から高出力の発電機において適用することができるものであり、不平衡負荷や高調波を発生する負荷に対して十分に適用範囲を拡大することができる。

【００３７】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、主発電巻線（３）及び固定子界磁巻線（４）が巻装された固定子（２）と、ダイオード（８）で短絡した少なくとも６個の回転子巻線（７），（９）を全節集中巻に巻装するとともに、回転子励磁巻線（５）及び該回転子励磁巻線（５）の起電力を直流に変換する回転整流器（６）を備えた円筒型の回転子（１０）と、から構成された円筒型同期発電機であって、前記円筒型の回転子（１０）に巻装された回転子巻線（７），（９）のうち、隣接する４個の回転子巻線は主界磁巻線（７）に形成するとともに、他の２個の回転子巻線はダンパ巻線（９）に形成する一方、前記４個の主界磁巻線（７）には前記回転整流器（６）の出力を接続したので、正常な三相平衡負荷時は従来のものと同様に動作し、単相負荷を含む三相不平衡負荷時には直流電流によるダンパ巻線の起磁力により界磁束を増加させる作用を有するので、単相負荷やインバータ等の高調波負荷を接続した場合であっても、対応することができる。しかも、負荷接続時には、主界磁巻線（７）及びダンパ巻線（９）にダイオード（８）による半波整流電流が流れてその直流分が界磁を増磁させるので、AVRによる励磁電力を減少し、損失が少なくなる。

【００３８】

【００３９】

【００４０】

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による円筒型同期発電機の回路図である。

【図２】円筒型回転子と回転子巻線の分布を示す図である。

【図３】回転子のスロットを展開した図である。

【図４】正常運転時における主界磁巻線及びダンパ巻線の誘起電圧を示した図である。

【図５】不平衡負荷時における主界磁巻線及びダンパ巻線の誘起電圧を示した図である。

【図６】主界磁巻線及びダンパ巻線を短絡したダイオードの増磁作用を示した図である。

【図７】主界磁巻線及びダンパ巻線の起磁力分布を示した図である。

【図８】本発明の別の実施例を示した図である。

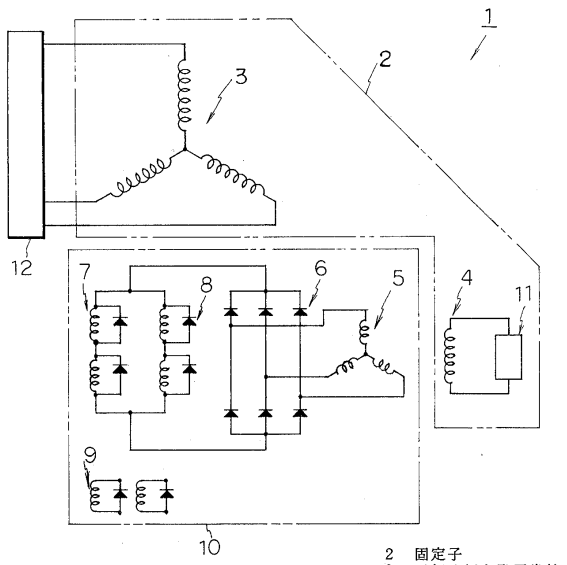
【図９】従来の同期発電機の回路図を示した図である。

【符号の説明】

１　円筒型同期発電機
２　固定子
３　主発電巻線
４　固定子界磁巻線
５　固定子励磁巻線
６　回転整流器
７　主界磁巻線
８　ダイオード
９　ダンパ巻線
１０　回転子
１１　直流電源
１２　負荷
１３　円筒型同期発電機

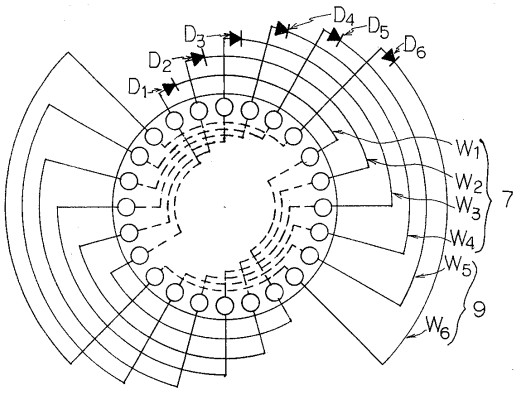
１４　発電部
１５　励磁部

【図１】

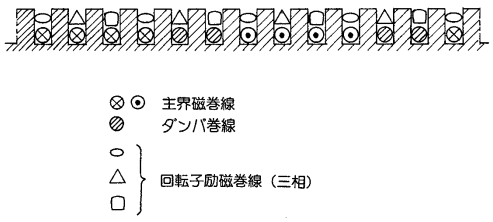


2　固定子
3　三相４極主発電巻線
4　固定子界磁巻線
5　回転子励磁巻線
6　回転整流器
7　主界磁巻線
8　ダイオード
9　ダンパ巻線
１０　回転子

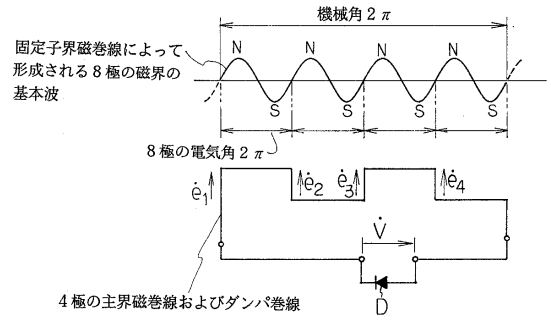
【図２】



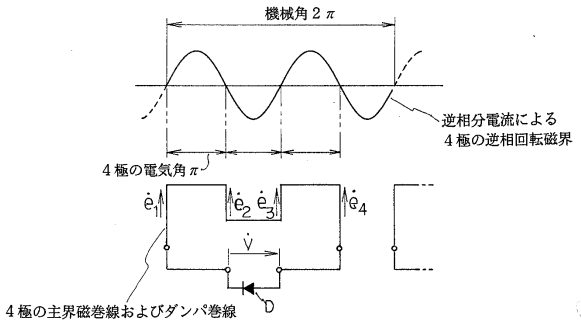
【図３】



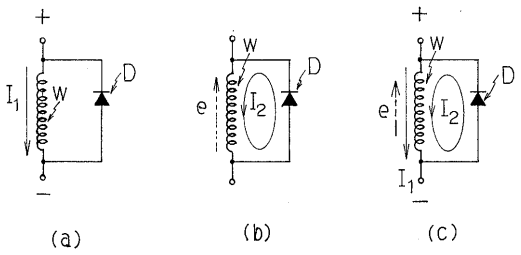
【図４】



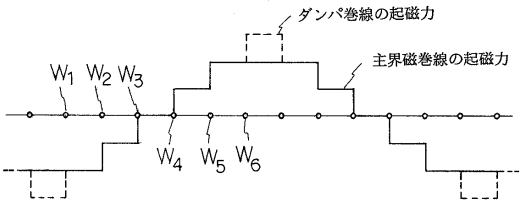
【図５】



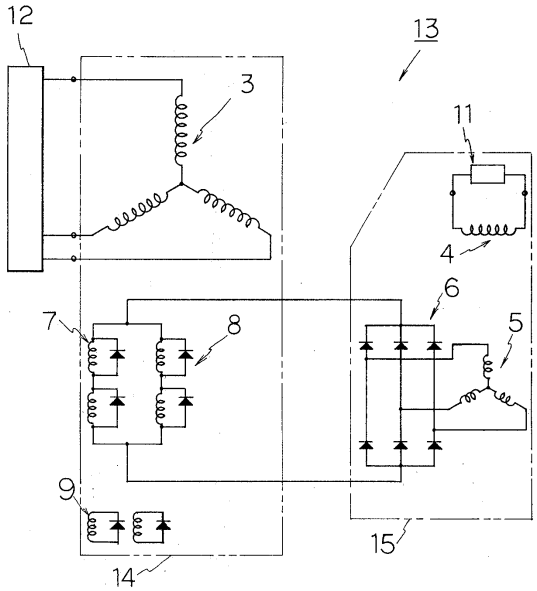
【図６】



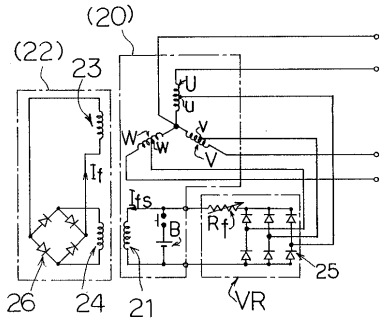
【図７】



【図８】



【図９】



２０　固定子鉄心
２１　固定子界磁巻線
２２　回転子鉄心
２３　回転子界磁巻線
２４　回転子励磁巻線
２５　三相全波整流器
２６　ダイオードブリッジ回路

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－０６５９７６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０２３３４８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H02K 19/26