

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-23815  
(P2012-23815A)

(43) 公開日 平成24年2月2日(2012.2.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2P 9/48 (2006.01)</b>	HO2P 9/48 A	5H590
<b>HO2K 21/14 (2006.01)</b>	HO2K 21/14 G	5H621

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2010-158161 (P2010-158161)  
(22) 出願日 平成22年7月12日 (2010.7.12)

(71) 出願人 598150950  
河村 英男  
神奈川県高座郡寒川町岡田8-13-5  
(71) 出願人 508022447  
河村 雅代  
神奈川県高座郡寒川町岡田8-13-5  
(74) 代理人 100087468  
弁理士 村瀬 一美  
(72) 発明者 河村 英男  
神奈川県高座郡寒川町岡田8-13-5  
Fターム(参考) 5H590 AA03 CA23 CC02 CC24 CC32  
EA10 EB02 FB01 FC12 HA02  
HA03 JA02  
5H621 BB10 JK14

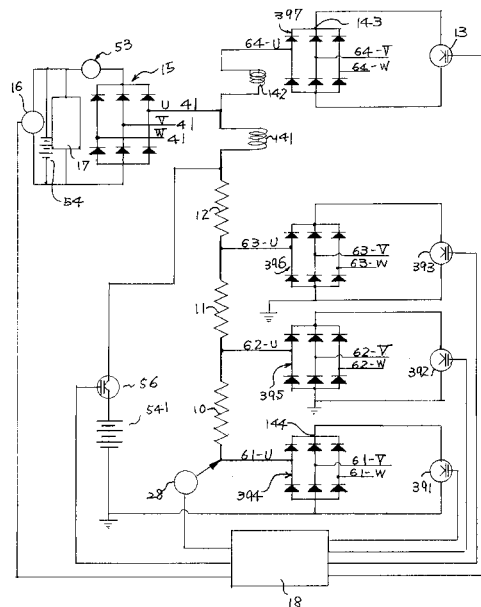
(54) 【発明の名称】 永久磁石式発電機の電圧一定化の制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】安価なスイッチング素子を使えと共にスイッチング素子数そのものを減らし、大幅なコストダウンを可能とする。

【解決手段】永久磁石式発電機の制御装置において、ステータ内に巻き上げられた出力巻線10、11、12とステータ外に配置された出力巻線側ソレノイドコイル141とを含む出力側巻線と、該出力側巻線と直列に接続されステータ外に配置された制御側ソレノイドコイル142とを備え、出力側巻線と制御側ソレノイドコイル142の間に配設され出力巻線10、11、12に発生した電流の一部を制御側ソレノイドコイル142に流すため制御スイッチ13を各相の端子を集約した整流器の先に設けた直流部分に配置し、及び出力巻線10、11、12による発電電圧を検出するセンサ16からの検出信号に応答して制御スイッチ13をON、OFF制御することにより極低速から超高速までの発電電圧を所定の電圧に制御するコントローラ18を備える。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ハウジングに回転自在に支持されたロータシャフト、前記ロータシャフトに固定され且つ外周側に複数の永久磁石部材を取り付けたロータ及び前記ロータの外側に巻線が巻き上げられたステータから成る永久磁石式発電機の制御装置において、前記ステータ内に巻き上げられる出力巻線と、前記ステータ外に配置され前記出力巻線と直列に接続された出力巻線側ソレノイドコイルと、該出力巻線側ソレノイドコイルと直列に接続されて前記ステータ外に配置される制御側ソレノイドコイルと、前記制御側ソレノイドコイルのそれぞれ相の端部が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される電圧制御スイッチと、前記出力巻線に発生する発電電圧を検出するセンサからの検出信号にตอบสนองして前記電圧制御スイッチのデューティ比を変更させて前記制御側ソレノイドコイル側に流れる電流を加減して前記発電電圧を一定電圧に制御するコントローラとを備えることを特徴とする永久磁石式発電機の制御装置。

10

## 【請求項 2】

前記三相整流器は、ダイオード全波整流器であり、前記制御側ソレノイドコイルの端部が前記整流器のダイオード間に接続されるものである請求項 1 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

## 【請求項 3】

前記コントローラは、前記電圧センサによる検出信号にตอบสนองして前記電圧制御スイッチを ON - OFF 制御し、前記発電電圧が高いことにตอบสนองして前記制御側ソレノイドコイルに流れる前記電流を増し、前記発電電圧が低いことにตอบสนองして前記制御側ソレノイドコイルに流れる前記電流を減少させて前記設定電圧を一定電圧に制御するものである請求項 1 または 2 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

20

## 【請求項 4】

前記出力巻線の巻きの途中または巻き始めの部分に選択的に中性点位置を変更できる複数の中性点端子を備え、該中性点端子に前記中性点に流れる電流を断続して中性点位置を変更するスイッチをそれぞれ配置し、かつ前記ロータシャフトの回転数を回転数センサで検出し、前記コントローラで前記ロータシャフトの回転数に応じて前記スイッチを選択的に断続して中性点位置を変更するようにしたものである請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

30

## 【請求項 5】

中性点位置を変更する前記スイッチは、出力巻線側のそれぞれ相の前記中性点端子が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される中性点切替スイッチとで構成され、前記コントローラで前記ロータシャフトの回転数に応じて前記中性点切替スイッチを選択的に断続して中性点位置を変更するようにしたものである請求項 4 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

## 【請求項 6】

前記三相整流器は、ダイオード全波整流器であり、前記出力巻線側のそれぞれ相の前記中性点端子が前記整流器のダイオード間に接続されるものである請求項 5 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

40

## 【請求項 7】

前記出力巻線は巻き数  $T_1, T_2, \dots, T_n$  の複数の巻線から成ると共に前記出力巻線の巻き数は  $T_1 < T_1 + T_2 < T_1 + T_2 + \dots + T_n$  の関係が成立するものであり、かつ前記出力巻線の巻き始め端部と複数の巻線の間の中間部端子に前記中性点端子を備え、各中性点端子を前記ダイオード全波整流器のダイオード間に接続すると共に各々の前記ダイオード全波整流器の直流出力部に第 1, 第 2, ..., 第  $n$  の中性点切替スイッチを接続し、前記ロータシャフトの回転数に応じて前記コントローラで前記第 1, 第 2, ..., 第  $n$  の中性点切替スイッチを断続して中性点位置を変更するものである請求項 4 から 6 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

## 【請求項 8】

50

前記コントローラは前記ロータシャフトの回転数を検出する回転数センサからの信号により、所定回転数の以上の時、前記出力巻線の巻き数が小さい側の前記中性点切替スイッチをONさせると共に大きい側の前記中性点切替スイッチをOFFさせ、所定回転数以下の時、出力巻線の巻き数が大きい側の前記中性点切替スイッチをONさせると共に小さい側の前記中性点切替スイッチをOFFさせるものである請求項4から7のいずれか1つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項9】

前記出力側ソレノイドコイルと前記出力巻線との間に配置される出力端子部に電動機切替用スイッチを設け、該電動機切替用スイッチの一端部を前記出力巻線側の前記出力端子部に他端部をバッテリーに接続し、前記コントローラにより前記電動機切替用スイッチをモーター駆動できる位相タイミングに合わせ、前記出力巻線側に電流を供給することにより電動機として運転可能にすることを特徴とする請求項4から8のいずれか1つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

10

【請求項10】

前記コントローラは前記中性点切替スイッチを負荷に応じてスイッチングし、電流制御して必要な負荷状態を得ることを特徴とする請求項9記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項11】

前記コントローラは前記回転数センサで検出した回転数の小さな時には前記出力巻線の巻き数が大きくなる前記中性点切替スイッチを接続し、回転数が大きな時には前記出力巻線の巻き数が小さくなる前記中性点切替スイッチをON, OFF制御すると共に負荷に応じて電流を制御する前記中性点切替スイッチをスイッチングさせる機能を併せ持つものである請求項9記載の永久磁石式発電機の制御装置。

20

【請求項12】

前記コントローラは前記出力巻線に異常が発見された場合、または回転数が異常に増加した場合、前記中性点切替スイッチの全てをOFFさせる制御を行なう請求項4から11のいずれか1つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ハウジングに取り付けられたステータとステータに対して回転する永久磁石部材を備えたロータを備えた永久磁石式発電機の巻線とスイッチを用い一定電圧化させる制御装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来、発電機について、省エネルギー化が要求される中で発電機の効率向上は大きな課題である。発電機の構造は、従来、回転子を電磁石とし、電流を用いて磁界を作り発電させる方式が主であった。しかし、発電機において、永久磁石を用いると、電磁石に流す電流が不要なので効率が向上することが判っていた。ところが、永久磁石を用いた発電機では、永久磁石の磁力が変化せず、発電機の回転が変化すると電圧が大幅に変化するので、一定電圧により各種電気装置を駆動する自動車などの発電機には使えないでいた。永久磁石式発電機は、ロータに永久磁石を用いるので、構造が簡単で大きな発電電力を得ることができ、近年、それを組み込みDC-DCコンバーター、位相制御装置を用いたシステムが自動車用発電機、風力発電機等として利用されることが多くなってきた。永久磁石式発電機は、例えば、発電した電力を電動機に送る場合に、電圧が変動してもその機能が十分に発揮できるが、この電力を各種の電気機器を駆動しているバッテリーの電圧に合わせる場合に、電圧変動を一定の電圧に揃える操作をしなければならない。永久磁石を用いた発電機の研究について多くの研究者たちが研究を行い、永久磁石発電機の発電電力を一旦直流に変換し、その電力をレギュレーターを用いてスイッチングの時間制御により一定電圧にするDC-DCコンバーター方式が開発されたが、発電電力全てをスイッチングする必要が

40

50

あるため、高電圧、大電流の大きな電力をスイッチングするパワートランジスタが必要であり、制御装置が巨大となり、高価格で効率が悪くなるなどの問題がある。また、自動車のハイブリット車、電気自動車などではモーター駆動のインバーターを用い、発電機とし、位相制御により電圧を一定にする方式が主流であった。この方法では交流電力の波形を切り欠く制御を行なうため、電圧と電流の重なり点が変化し、力率が低下する問題点がある。即ち、永久磁石式発電機は、自動車、風力等で発電した電圧を一定にするためには、スイッチングレギュレーター、位相制御装置等を用いて電力を切り刻む操作をしなければならないが、高電圧、大電流をオン・オフするためには大型のパワートランジスタを要し、装置が大型になり、冷却ロスが大きくなり、極めて高価になる。パワートランジスタは通過電流が大きいほど、スイッチ抵抗に発生する熱の影響で破壊されやすく、また、電圧が高すぎるとエミッターコレクタ間の絶縁が破壊される等の問題があるので電圧、電流は小さいほど耐久性が有り、安価である。

10

**【0003】**

例えばハイブリット車、電気自動車などに使用する永久磁石発電機は高速時には発電電圧を下げなければならないが、極低速時には発電電圧を上昇させなければならない。これをコンバーターで電圧調整させる場合、電圧降下させるためには降圧回路、電圧上昇させる場合には昇圧回路を用いなければならないが、制御装置が複雑、高価になる。

**【0004】**

また、発電電圧を一定にするために、電流を切り刻む時に、発生するサージ電圧、電流は電波障害の引き金になり、そのノイズ対策に必要なスナバーの処置等が高電圧、大電流ほど大変である。

20

**【0005】**

また、その後、永久磁石の磁力を弱める方式が盛んに研究され、いろいろと発表された。例えば、永久磁石回転電機として、大きな変換機やリアクトルが必要な無効電流調整機や機械的変位機構等を必要とせず、簡素で部品点数が少なく小型で、信頼性に優れた電機子巻線電圧が調整可能なものが知られている。該永久磁石回転発電機は、電機子巻線群を有する固定子と、永久磁石による界磁極を有する回転子と、別個に設定した制御電流が供給され、永久磁石からの磁束の磁路形成部の磁気抵抗を変化させる制御巻線群と、制御巻線群に流れる制御電流を制御することによって、電機子巻線群に誘起される電圧を制御する制御回路とを備えている（例えば、特許文献1参照）。

30

**【0006】**

また、高効率の発電機を実現するものが提案されている。該発電機は、巻線を有する第1の物体と、鉄心と永久磁石を有する第2の物体を設け、インダクタンスは直軸に対して非対称とすることによってリラクタンス力を有効に利用し、高効率を実現したものである（例えば、特許文献2参照）。

**【0007】**

また、従来知られている交流発電機として作動可能な電気機械として、回転子と固定子と、この固定子内に導電するように設けた少なくとも一つの巻線と、この第1の巻線とは電氣的に絶縁して第1の巻線に誘導結合した二次巻線とを有し、二次巻線を第1の巻線の出電圧と電流のうち少なくとも一方の制御に用いることができる方式が提案されている。しかし、上記のような種々の方法では発電機に用いられた磁力を弱めることは至難の業で中々実用化されないでいる。（例えば、特許文献3参照）。

40

**【0008】**

また、永久磁石で構成される回転子とその外側に設けたステータ内に巻かれた巻線を巻き数の小さな出力巻線と、大きな巻き数を有する制御巻線、ソレノイドを直列に結線し、その中間にトランジスタスイッチを置き、出力巻線の電圧が高い時、これらの系に流れる電流を大きくし、出力巻線の電圧が低い時、電流を小さくする方式がある（例えば、特許文献4参照）。

**【0009】**

一方、ハイブリット車ではDC-DCコンバーターが用いられ、発電により整流された

50

電力を必要に応じてその電力を切り刻み、主として降圧により一定電圧を持つ直流に変換し、必要に応じてインバーターによりACに変換し、モータ駆動させるシステムが実用化されたが、高電圧、大電流の電力をそのままスイッチングするため、その装置の大きさがハイブリット車の小型化への普及を妨げている。一方、自動車の電気使用量はうなぎのぼりに増加し、エネルギー問題が益々深刻となり、現在用いられているランデル式発電機の効率50%は許容できない事態となった。自動車用発電機のこのような状況の下で構造が簡素で確実な制御性を持つ発電機構の出現が求められている。

#### 【0010】

一般に磁束制御を電氣的に行うためには、発電機の巻線に種類の異なる複数の巻線を巻き込み、インバーターにより同期された電流を1つの巻線に流し、永久磁石の磁力の方向に対抗する電磁力を与えることが提案され、多くの技術者が研究を試みた。しかし、この方法だと永久磁石の磁力に対し、逆向きの電磁力を加えるため、永久磁石により発生する発生電圧と相似で反対向きの電流、電圧をインバーターにより作らなければ成らないが、その方式は制御系の困難さが益々大きくなった。また、この方法だと別回路で作成した電磁石による磁力が永久磁石の磁力を消滅させることになり、成功しなかった。

10

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0011】

【特許文献1】特開2004-320972号公報

【特許文献2】特開2003-245000号公報

【特許文献3】特表2006-529076号公報

【特許文献4】特許第4227189公報

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0012】

本発明者等は、特許文献4記載の発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置を開発・製作し、神奈川県立の研究所において実験を重ねた結果、磁束制御装置を用いることなく且つ少ない電流で出力電圧を一定の範囲に維持して常に所望の電圧に制御すると共に永久磁石の磁力の減磁を生じさせないという効果が達成されることを確認した。

#### 【0013】

発電電圧が高くなる場合、例えば200V AC発電機では高速での電圧が非常に高くなり、高耐圧性のスイッチング素子(FET)を使わざるを得ないという問題が発生した。つまり、特許文献4記載の特許発明は、ステータに巻き上げた巻線を巻き数の小さな出力巻線と巻き数の大きな制御巻線とで構成すると共に両巻線間に制御スイッチを設け、負荷の変動に应答して制御スイッチをデューティ制御し、巻線切り換え時の電圧の上昇に対応して電圧制御巻線に微小電流を流して電圧を瞬間的に降下させて一定電圧を維持し、瞬間的な電圧の上昇又は降下を抑えて常に所望の電圧に制御することを特徴とするものである。したがって、特許文献4記載の特許発明によると、巻線の巻き数を大きくすると電圧が上がり、その反面、巻き数を有る程度大きくしないとインダクタンスが大きくなり、垂下特性の電流が小さくならないという二律背反の関係にあり、発電電圧が高くなるAC発電機に適用する場合には高速での電圧が非常に高くなることを回避できないものである。例えば、相電圧の値は出力側電力では220V(AC)/2000rpm、440V/4000rpm、660V/6000rpmである。この値は実効値であるので、ピーク電圧ではその1.4倍にもなる。しかも、制御巻線の巻き数を出力巻線の4倍にすると、電圧は4倍になり、6000rpmでは2640Vになる。この電圧はスイッチング素子・FET、またはIGBTにとって非常に大きな値で一般に市販されているFET、IGBTの耐圧600V又は1200Vを遥かにオーバーしてしまう。このため、発電電圧を高くする場合には、非常に高価(現在、一般的な1000V耐圧のFETの約100倍程度)な高耐圧性のスイッチング素子を使わざるを得ず、発電機のコストを押し上げてしまう問題が生ずる。しかも、三相発電機の各相に非常に高価な電圧制御スイッチをそれぞれ設

30

40

50

ける必要があるため、電圧制御スイッチの数が多くなることによるコストアップをも招いてしまう問題がある。

【0014】

本発明は、3相交流発電機において、出力巻線と出力側ソレノイドコイル、出力端子、制御ソレノイドコイルの先端を三相整流器に接続し、三相整流器の直流端子にパワートランジスタなどの電圧制御スイッチを接続し、出力端子側の電圧を検出し、その電圧が一定になるように電圧制御スイッチのON時間を制御することにより、装置の簡素化を実現し、かつパワートランジスタの容量を小さくさせた永久磁石発電機の制御装置を提供することを目的とする。また、本発明は、安価なスイッチング素子を使えると共にスイッチング素子数そのものを減らすことを可能とし、大幅なコストダウンを可能とする永久磁石式発電機の電圧一定化の制御装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

かかる目的を達成するため、本発明は、ハウジングに回転自在に支持されたロータシャフト、前記ロータシャフトに固定され且つ外周側に複数の永久磁石部材を取り付けたロータ、及び前記ロータの外側に巻線が巻き上げられたステータから成る永久磁石式発電機の制御装置において、前記ステータ内に巻き上げられる出力巻線と、前記ステータ外に配置され前記出力巻線と直列に接続された出力巻線側ソレノイドコイルと、該出力側ソレノイドコイルと直列に接続されて前記ステータ外に配置される制御側ソレノイドコイルと、前記制御側ソレノイドコイルのそれぞれ相の端部が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される電圧制御スイッチと、前記出力巻線に発生する発電電圧を検出するセンサからの検出信号に応答して前記電圧制御スイッチのデューティ比を変更させて前記制御側ソレノイドコイルに流れる電流を加減して前記発電電圧を一定電圧に制御するコントローラとを備えるようにしている。

20

【0016】

ここで、三相整流器は、ダイオード全波整流器であり、制御側ソレノイドコイルの端部が整流器のダイオード間に接続されるものであることが好ましい。また、コントローラは、電圧センサによる検出信号に応答して電圧制御スイッチをON-OFF制御し、発電電圧が高いことに応答して制御側ソレノイドコイルに流れる電流を増し、発電電圧が低いことに応答して制御側ソレノイドコイルに流れる電流を減少させて設定電圧を一定電圧に制御することが好ましい。

30

【0017】

また、本発明の永久磁石式発電機の制御装置において、出力巻線の巻きの途中または巻き始めの部分に選択的に中性点位置を変更できる複数の中性点端子を備え、該中性点端子に中性点に流れる電流を断続して中性点位置を変更するスイッチをそれぞれ配置し、かつロータシャフトの回転数を回転数センサで検出し、コントローラでロータシャフトの回転数に応じてスイッチを選択的に断続して中性点位置を変更可能とすることが好ましい。

【0018】

ここで、中性点位置を変更するスイッチとしては、出力巻線側のそれぞれ相の中性点端子が中性点として接続される三相整流器と、三相整流器の直流出力端子間に設置される中性点切替スイッチとで構成され、コントローラでロータシャフトの回転数に応じて中性点切替スイッチを選択的に断続して中性点位置を変更可能とするものであることが好ましい。そして、三相整流器としては、ダイオード全波整流器であり、出力巻線側のそれぞれ相の中性点端子が整流器のダイオード間に接続されていることが好ましい。

40

【0019】

また、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、出力巻線は巻き数 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ の複数の巻線から成ると共に出力巻線の巻き数は $T_1 < T_1 + T_2 < T_1 + T_2 + \dots + T_n$ の関係が成立するものであり、かつ出力巻線の巻き始め端部と複数の巻線の間の中間部端子に中性点端子を備え、各中性点端子をダイオード全波整流器のダイオード間に接続すると共に各々のダイオード全波整流器の直流出力部に第1、第2、 $\dots$ 、第

50

n の中性点切替スイッチを接続し、ロータシャフトの回転数に応じてコントローラで第 1 , 第 2 , ... , 第 n の中性点切替スイッチを断続して中性点位置を変更するものとするのが好ましい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の永久磁石式発電機の制御装置において、コントローラはロータシャフトの回転数を検出する回転数センサからの信号により、所定回転数の以上の時、出力巻線の巻き数が小さい側の中性点切替スイッチを ON させると共に大きい側の中性点切替スイッチを OFF させ、所定回転数以下の時、出力巻線の巻き数が大きい側の中性点切替スイッチを ON させると共に小さい側の中性点切替スイッチを OFF させるものであることが好ましい。これにより、高速回転時の大幅な電圧の上昇を防止させると共に極低速回転時の電圧を上昇させて発電出力させることで、設定電圧を一定電圧に制御させることができる。

10

【 0 0 2 1 】

また、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、出力側ソレノイドコイルと出力巻線との間に配置される出力端子部に電動機切替用スイッチを設け、該電動機切替用スイッチの一端部を出力巻線側の出力端子部に他端部をバッテリーに接続し、コントローラにより電動機切替用スイッチをモーター駆動できる位相タイミングに合わせ、出力巻線側に電流を供給することにより電動機として運転可能にすることを特徴とする請求項 4 から 8 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【 0 0 2 2 】

また、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、コントローラは中性点切替スイッチを負荷に応じてスイッチングし、電流制御して必要な負荷状態を得るものであることが好ましい。

20

【 0 0 2 3 】

また、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、コントローラは回転数センサで検出した回転数の小さな時には出力巻線の巻き数が大きくなる中性点切替スイッチを接続し、回転数が大きな時には出力巻線の巻き数が小さくなる中性点切替スイッチを ON , OFF 制御すると共に負荷に応じて電流を制御する中性点切替スイッチをスイッチングさせる機能を併せ持つことが好ましい。

【 0 0 2 4 】

さらに、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、コントローラは出力巻線に異常が発見された場合、または回転数が異常に増加した場合、中性点切替スイッチの全てを OFF させる制御を行なうものであることが好ましい。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 2 5 】

本発明の永久磁石式発電機の制御装置によれば、極めて簡単な構造を持つ発電機の巻線（ステータコイル）をステータ内に巻き上げられた出力巻線とステータ外に配置された出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルとを接続して、出力巻線と出力巻線側ソレノイドコイルとで出力側巻線を、さらに制御側ソレノイドコイルで制御側巻線を構成し、それら出力側巻線と制御側巻線とを直列に繋ぎ、その全体巻き数の垂下特性を用いて少ない電流で出力電圧を一定に制御するようにしているので、出力側巻線及び制御側巻線の巻き数を大きくすることなく、インダクタンスを大きくして、垂下電流を制御できる。本願発明の発電機は、従来の発電機と大幅に異なり、出力巻線で出力しているとき、垂下特性は、図 2 に示すように、電流が大きく、電圧が小さくなるように変化したが、出力側巻線にソレノイドコイルが加わった全体巻線が大きいと電圧が変化すること無く、電流は極めて小さい状態で垂下する。出力巻線と出力巻線側ソレノイドコイル、制御側ソレノイドコイルを加えた全体巻線とこれに対し巻き数が少ない出力巻線単独とでは、垂下電圧特性は非常に大きな差が有り、出力側巻線及び出力巻線側ソレノイドコイル、制御側ソレノイドコイルの 2 つの巻線を直列に接続し、全体巻線の大きな巻き数の逆起電力による電圧制御性を利用し、この巻線系に微少の電流を流すと、この垂下特性により出力巻線端子

40

50

の電圧が低下し、制御スイッチのON、OFFにより電流を調節すると出力端子の電圧を一定にすることができる。つまり、負荷の変動に応答して制御スイッチをON・OFF制御し、出力側巻線の電圧の上昇に対応して全体巻線に微小電流を流して電圧を瞬間的に降下させて一定電圧を維持し、瞬間的な電圧の上昇又は降下を抑えて常に所望の電圧（設定電圧）に制御することができる。図3にはその原理を示す。出力巻線は永久磁石の磁力を受け、起電電圧がAからB0まで上昇する。この巻線に電流が流れると、巻線のインピーダンスにより電圧が下がり、出力巻線の端子電圧はBとなる。出力巻線側ソレノイドコイルのインピーダンスにより電圧はC点まで下がり、制御側ソレノイドコイルのインピーダンスにより電圧はD点まで下がる。従って、この巻線系が繋がった時、できるだけ電流が小さければこの系に流れる電流を制御する電圧制御スイッチをON、OFFする事によって出力端子部の電圧をB0から0までの間で自由に变化させる事ができる。この制御電流を小さくするため、出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルの相互インダクタンス効果は効果的である。

10

20

30

40

50

【0026】

即ち、出力巻線側ソレノイドコイルの巻き数をN1、制御側ソレノイドコイルの巻き数をN2とすると、出力巻線側ソレノイドコイルを単独で用いる場合には、インダクタンス  $L_1 = \mu \cdot A \cdot N_1^2 / l$ 、制御側ソレノイドコイルを単独で用いる場合には、 $L_2 = \mu \cdot A \cdot N_2^2 / l$ となる。ところが直列に接続すると、 $L_3 = \mu \cdot A \cdot (N_1 + N_2)^2 / l$ となり、 $L_1$ の2倍以上の値になる。直列に繋がれた二つのソレノイドコイルに電圧を掛ければ  $E = I \cdot 2 \cdot f \cdot L_3 / 1000$  となり、電流は出力巻線側ソレノイドコイル単独に流す場合の  $1/2 \sim 1/5$  以下に低減する。ここでlは各ソレノイドコイルコアの磁路長さ、Aはソレノイドコアの断面積、 $\mu$ は透磁率である。この効果はステータ巻線でも同様である。

【0027】

ところで、この電圧制御は三相交流のU相、V相、W相の各相の中性点端子、即ち図3のD点を三相交流整流器に接続すると共に直流端子部に電圧制御スイッチを置けば、1つの電圧制御スイッチで済むこととなる。また、中点部に電圧制御スイッチを置くので電流が流れているときには電圧は0である。この電圧制御スイッチをOFFにすると電圧は最大B0まで上がるが、この電圧はON時の電圧と合成、整流効果により、出力電圧以下になる。また、スイッチングによるサージ電圧が発生したとしても0電圧からの上昇なので余り大きくはならず、スナバー等で十分吸収できる。

【0028】

ここで、発電機の電圧と巻線、ソレノイドコイルのインピーダンスによる電圧降下についての理論式について述べる。発電電圧は出力巻線の巻き数に比例して上昇するが、この電圧は巻線のインピーダンスと電流の積および出力巻線側ソレノイドコイルのインピーダンスと電流の積の和にしたがって降下する。従って、所定電圧になるように制御側ソレノイドコイルへの電流を増すと出力巻線側ソレノイドコイル端子の電圧が減少し、電流を減少すると出力巻線側ソレノイドコイル、即ち出力電圧は一定になる。出力が小さい時には制御側に流れる電流により電圧は制御される。下記に計算式を示す。

計算式 V - A 特性

(1) 起電力  $E_0$  について

$$E_0 = 4.44 \cdot f \cdot W_s \quad \text{----- (1)}$$

(2) 端子電圧 E について

$$E = E_0 - E_1 - E_2$$

$$= 4.44 \cdot f \cdot W_s - I_1 \cdot (R_1^2 + (2 \cdot f \cdot L_{11} / 1000)^2)^{1/2} - I_2 \cdot (R_2^2 + (2 \cdot f \cdot L_{31} / 1000)^2)^{1/2} \quad \text{----- (2)}$$

(3) 制御側へ流れる電流、即ち制御スイッチに流れる電流

$$I_2 = \{ 4.44 \cdot f \cdot W_s - E \} / [ R_2^2 + (2 \cdot f \cdot L_{31} / 1000)^2 ]^{1/2} \quad \text{----- (3)}$$

ただし、式中の記号は以下の通りである。



$E_0$  : 出力巻線の起電電圧、 $E$  : 希望する所定電圧 (設定電圧)、 $E_1$  : 出力側巻線への電流  $I_1$  の時の降下電圧、 $E_2$  : 出力巻線 + 出力巻線側ソレノイドコイル + 制御側ソレノイドコイル全体に流れる電流  $I_2$  の時の降下電圧、 $R_1$  : 出力巻線 + 出力巻線側ソレノイドコイルの抵抗、 $B$  : 磁力の強さ、 $R_2$  : 出力巻線 + 出力巻線側ソレノイドコイル + 制御側ソレノイドコイルの合計抵抗値、 $f$  : 周波数、 $L_{11}$  : 出力巻線 + 出力巻線側ソレノイドコイルの合計インダクタンス、 $W_s$  : 巻線数、 $I_1$  : 出力巻線端子に流れる電流、 $I_2$  : 制御側ソレノイドコイル側に流れる電流、 $L_{31}$  : 出力巻線のインダクタンス + 出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルの相互インダクタンス。

#### 【0029】

ここで、巻線の垂下電流は巻線数が大きいほど小さくなるが、その反面巻線の巻き数が大きくなるほど永久磁石による起電電圧が大きくなるので、起電電圧を制限した状態で制御電流を小さくし、電圧制御できることが望ましい。上式で出力側巻線及び制御側巻線の各インダクタンス  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_{11}$  の値を大きくできれば制御電流値  $I_2$  を更に小さくできる。したがって、大電流を必要とする発電機ではステータ外に配置された出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルとを加える効果が極めて有効である。しかし、 $L_{11}$  を余り大きくしすぎると出力側の電圧降下をもたらすので、ソレノイドコイルの相互インダクタンス効果が重要である。

#### 【0030】

また、上式に示すように出力側巻線、制御側巻線の端子電圧は、起電電圧からそれぞれの巻線に流れた電流とインダクタンスの積を差し引いた電圧で決まるが、出力巻線の巻き数が大きくなるほど起電電圧は大きくなるので電圧を降下させる為には大きなコイルのインダクタンスが必要になる。そこで、起電電圧を大きくしないで電圧制御させる為には、ステータ内に巻き上げられた巻線を増加させることなく、ロータの磁束と鎖交しない位置例えばステータ外に配置された出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルとを加えることにより、インダクタンスを大きくして垂下電流を制御できるようにすることが効果的である。

#### 【0031】

本発明の発電機を電動機として使用する場合、車両の電動機は低速ではトルクが大きく、高速ではトルクを余り必要としないが回転数が伸びる特性が必要である。本電動機をこの特性に合わせるため、速度に応じて出力巻線の巻き数 (巻線) を切り替える中性点切替スイッチを配置したが車両の負荷状態に応じて電動機の出力を変更する必要がある。そのため、中性点切替スイッチをスイッチングさせて電流の大きさを制御させることにより、車両特性の全トルク、回転領域の負荷特性に合致させた運転ができる。図4には巻線を変えた場合の駆動力特性とスイッチングにより電流制御した場合の特性変化の状況を示す。

#### 【0032】

しかして、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置によれば、出力巻線などを直列接続した各相の巻線系の端部を1つの三相整流器に接続し、かつこの三相整流器の直流端子に接続したパワートランジスタなどの1つの電圧制御スイッチを出力端子側の電圧が一定になるようにデューティ制御することにより電圧一定化の制御を行うようにしているので、極めて簡単かつ廉価に電圧制御装置を構成できると共に簡単に制御できる。しかも、3相整流器は非常に廉価であるのでコスト低減上極めて大きなメリットがある。また、電圧制御スイッチとしても、高電圧、大電流をオン・オフする大型のパワートランジスタを必要とせず、容量が小さく安価なスイッチング素子・パワートランジスタを使えるので、スイッチング素子の数を減らすことと相俟って大幅なコストダウンを可能とする。

#### 【0033】

また、本発明の永久磁石式発電機の制御装置において、さらに出力巻線の巻きの途中で中性点位置を変更するスイッチを有する複数の中性点端子を備える場合、ロータシャフトの回転数に応じて中性点位置を変更可能とすることにより、回転数に対応した巻き数を選定することで設定電圧を一定電圧に制御させることができる。即ち、高速回転時には巻

10

20

30

40

50

き数を小さくして大幅な電圧の上昇を防ぐと共に極低速回転時には巻き数を大きくして電圧を上昇させるように発電出力させることができる。

【0034】

また、本発明の永久磁石式発電機を電動機として用いる場合には、電流を流す出力巻線の巻き数を中性点切替スイッチの切替により増減させることにより、発生トルクを増減させることができる。つまり、巻き数の大きなコイルに電流を流すと大きな磁力が発生し、大きなトルクが発生する。その反面、巻き数の小さなコイルに電流を流すと小さな磁力しか発生せず、小さなトルクしか得られない。このため、中性点位置の変更により、恰も自動車のトランスミッションのようにトルク特性を変化させることができることから、巻線の巻き数と中性点位置を設定することで用途に応じた出力トルク特性あるいは負荷状態を得ることが可能となる。

10

【0035】

さらに、中性点位置を変更するスイッチとして、三相整流器とその直流出力端子間に設置されるパワートランジスタなどの中性点切替スイッチとで構成されるものを用いる場合には、極めて簡単かつ廉価に中性点位置変更スイッチを構成できると共に簡単に制御できる。しかも、コントローラによって、ON状態の中性点切替スイッチを流れる電流を切り刻むように負荷に応じて中性点切替スイッチをスイッチングし、電流制御により必要な負荷状態を得ることが容易にできる。

【0036】

さらに、本発明にかかる永久磁石式発電機の制御装置において、コントローラは出力巻線に異常が発見された場合、または回転数が異常に増加した場合、中性点切替スイッチの全てをOFFさせる制御を行なうことで容易に電圧の発生を停止できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】この発明による制御装置を適用する永久磁石式発電機を示しており、(A)は正面図、及び(B)は側面図である。

【図2】出力巻線と巻線+ソレノイド巻線の垂下特性を示すグラフである。

【図3】この発明による電圧制御の原理を示した回路抜粋と電圧推移の説明図である。

【図4】巻線切り替えと中性点切替スイッチによる電動機駆動トルクの変化状況を示す。

【図5】この発明による永久磁石式発電機の制御装置の一実施例を示す回路図である。

30

【図6】図3の永久磁石式発電機の制御装置の作動を示す処理フロー図の一部である。

【図7】図3の永久磁石式発電機の制御装置の作動を示す処理フロー図の残部である。

【図8】相互インダクタンス効果を得るための出力側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルの巻線配置。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明の構成を図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0039】

この実施形態にかかる制御装置が組み込まれた永久磁石式発電機は、図1に示すように、フロントハウジング3とリアハウジング5から成るハウジング34、ハウジング34に  
 40 一对の軸受4を介して回転可能にそれぞれ支持されたロータシャフト1、ロータシャフト1に固定された永久磁石部材7から成る回転子即ちロータ35、及びロータ35の外周側に配置され且つハウジング34に固定された固定子即ちステータ2から構成されている。ステータ2は、ステータコア36とステータコア36に巻き上げられたステータコイル8から構成されている。また、ロータシャフト1には、その一端部に、エンジン、風車等の駆動源からの駆動力が入力する入力プーリ等の入力手段(図示せず)が設けられている。この発電機は、ロータ35を構成するロータシャフト1の両端が軸受4でハウジング34に回転可能に支持されている。ロータ35は、ロータシャフト1の外周に配設された透磁性部材37、透磁性部材37の外周面に配置された複数の永久磁石片から成る永久磁石部材7、及び永久磁石部材7の外周面に固定された非磁性材からなる円筒状スリーブ40を  
 50

備えている。ロータ35を構成する永久磁石部材7と透磁部材37との両端面には、非磁性材からなる端板38がそれぞれ配置され、ナット、フランジ等の固着手段でロータシャフト1に一体に固定されている。また、リアハウジング5には、整流器15、21を覆ったカバー6が取り付けられ、カバー6には出力端子9が配設され、また、フロントハウジング3の外側にはソレノイドコイル141及び142が配設されている。

#### 【0040】

ここで、ソレノイドコイル141及び142はステータ外に配置されているが、本明細書においてソレノイドコイルに関しステータ外に配置されたとは、ロータの磁束と鎖交しない状況に配置されていることを意味するものである。つまり、ロータの磁束と鎖交しない状況であれば良く、その設置位置には特に限定されない。例えば、前述のロータの磁束が鎖交しないように磁気遮蔽されているのであればハウジング内に設置しても良いし、あるいはモータケーシングの外に配設しても良い。また、ステータコイル8は、ステータコア36の櫛部間に形成されたスロット部に位置して巻き上げられ、ステータコイル8をステータコア36に成形固定するためスロット部内に非磁性材が充填されている。また、本明細書において、ステータコイル8を構成する出力巻線は、複数の巻線即ち出力巻線10、11、12を含み、さらにその出力巻線10、11、12に出力巻線側ソレノイド141を加えたものを出力側巻線という。また、制御側巻線は制御側ソレノイドコイル142によって構成されている。そして、これら出力側巻線と制御側巻線とを含む概念を、全体巻線あるいは巻線系と呼ぶものとしている。

10

#### 【0041】

この発明による永久磁石式発電機の制御装置の一実施例について、図5の回路図を参照して説明する。ステータコイル8を構成する巻線10、11、12は、例えば、ステータ2のステータコア36の櫛部に巻き上げられており、三相交流の中性点には整流器394のダイオード間に接続された61-U、61-V、61-Wの3つの相線（中性点切替端子線）とその両端に第一の中性点切替スイッチ391が設けられてU、V、Wの3相電流がそれぞれ流されると共に、出力コイル即ち出力巻線10及び11、12が直列に接続されその直後に出力巻線側ソレノイドコイル141が接続され、ソレノイドコイル141の他端には出力ライン41が接続され、更に制御側ソレノイドコイル142とが接続されている。そして出力巻線10の端子には異なる巻き数を持つ出力巻線11、12を持ち、出力巻線10と11、11と12の間には3相を夫々連結する第二、第三の整流器395、396とそのDC出力端に中性点切替スイッチ392、393が存在する。本実施形態の場合、出力巻線10、11、12と出力巻線側ソレノイドコイル141とで構成される出力側巻線と制御側ソレノイドコイル142で構成される制御側との間で、出力巻線側ソレノイド141の端子には出力ライン41が接続され、出力ライン41は整流器15を介して負荷17に接続されている。負荷17に対して、電圧検出比較器16が並列に設けられている。また、出力巻線10、11、12の端部には、回転数と極位置を検出するセンサ28が設けられている。電圧検出比較器16及びセンサ28からの検出信号は、コントローラ18に入力される。コントローラ18は、これらに検出信号に応答して、制御スイッチ13及び中性点切替スイッチ391、392、393のON/OFF及びスイッチング（本明細書では断続を連続に行うこと、特に高い周波数で断続的に切り替えることを言う）制御するように構成されている。さらに、出力巻線10、11の端子には主発電スイッチ53が設けられ、負荷状況に応じてコントローラ18によってON、OFF制御されるようにしている。また、出力側には場合によってはバッテリー54を設けることがある。尚、本実施形態では、出力巻線は巻き数の異なる3種類の巻線10、11、12で構成され、出力巻線10、11、12は発電機、又は電動機の特性に合わせて巻き数を決定する。

20

30

40

#### 【0042】

この永久磁石式発電機の制御装置では、複数の巻線10、11、12を持つ発電機の出力の利用領域を回転数と負荷により規定し、発電機の制御を限定することにより、制御装置の簡素化ができる。ロータ35の回転と負荷17の変動に対し、領域を指定することにより、端子電圧を低く抑え、高速、高負荷時発熱を抑制できる。ところが、巻線系の経路

50

に設けた制御スイッチ 13 により制御側ソレノイドコイル 142 側に流れる電流を制御する場合に、制御スイッチ 13 が ON - OFF された時、電圧が大きく振れると電圧を平滑させる制御機構が複雑になる。特に 3 相のそれぞれに電圧制御スイッチを設けると構造が複雑になるばかりか、スイッチのコストが上昇する。そこで、3 相の端子を三相整流器のダイオード間に接続すると、電圧制御スイッチは 1 つで済む事になる。3 相整流器は非常に廉価であるのでコスト低減上極めて大きなメリットがある。一方、三相整流器の中心 144 は中心と同じで電圧が 0 になる。しかし電流が流れなければ機能を発揮しないので中性点切替スイッチ 391 を設け、中性点の役割を果たさせる。

#### 【0043】

発電機を電動機として使用する場合、発電機側のスイッチ 53、電圧制御スイッチ 13 を OFF とし、電動機スイッチ 56、中性点切替スイッチ 391 を ON させ、コントローラ 18 が回転子 1 の極ポジションを検出センサー 28 によりセンスし、極位相に合わせて電動機スイッチ 56 を ON させると電動機運転ができる。回転数が低い時には巻線 10, 11, 12 を用い、速度が速くなると 11, 12 を用い、高速では巻線 12 を用いるように、中性点切替スイッチ 391, 392, 393 を順次 ON, OFF させ、任意の 1 つの中性点切替スイッチのみが接続されているようにすると、電動機は恰もトランスミッションのようにトルク特性を変化させる。図 4 にその特性を示す。しかし、低速で用いる場合でもこの特性の中間部分で使用させる場合、電流を選択的に制御できなければ、必要なトルク特性を得ることができない。そこで、中間位置でのトルク特性を得るためには ON 状態の中性点切り替えスイッチ例えば低速回転時では中性点切替スイッチ 391 をチョッ

10

20

#### 【0044】

この永久磁石式発電機の制御装置は、制御側ソレノイドコイル 142 への電流を開閉時間が可変にできる電圧制御スイッチ 13 を介して電流を増減させ電圧一定の制御をするが、ソレノイドコイル 141、142 を用いるので、これらのソレノイドコイル 141、142 を図 8 に示すように同一のコア 55 に巻き上げるとインダクタンスの相乗効果が作用し、周波数の大きい場合にはインダクタンスが大きくなって抵抗が比例的に大きくなり、この系に流れる電流が小さくなり、発電機の発電電圧が相当大きくなってインピーダンスと電流の積が電圧降下作用させ、出力ライン 41 の電圧を一定に保持させることができる。制御系に流れる電流は無効電力負荷となるので、流れる電流が小さく銅損が少なくなる。図 2 に示したように、破線で示される制御特性によると、制御側ソレノイドコイル 142 側に流れる電流は A1 電流を流すと電圧が 0 となるので、最大に流しても A1 アンペアである。設定電圧 V1 を得るためには、制御スイッチ 13 の ON 時間をデューティ制御して、2000 rpm では A21 アンペア、4000 rpm では A22 アンペアの電流を流せばよい。

30

40

#### 【0045】

この永久磁石式発電機の制御装置は、電圧制御スイッチ 13 を出力巻線 10、11、12 に接続された出力巻線側ソレノイドコイル 141 の後流に設定される出力端子 41 と制御用ソレノイドコイル 142 の後流でかつ 3 相が合流する中性点部分に配置することを特徴とした巻線構造であって、特に、電圧制御スイッチ 13 の配置は重要な構成要因である。この永久磁石式発電機の制御装置の特徴は、出力巻線 10、11、12 を用いているので、発電機の発生電圧は、出力巻線 12 の端子では 600V 以上になる。電圧制御スイッチ 13 が OFF の状態では、電流が 0 アンペアになるので、電圧は無負荷状況の 600V になり、ON 状態では出力巻線側ソレノイドコイル 141、142 によって降下した電圧になり、その平均値が所定電圧になるので、出力巻線 10、11、12 の電圧を一定に制御ができる。一方、発電機の回転数が非常に低くなる場合、極低速の状態では出力巻線 10、11、12 の中性点切替スイッチ 391、392、393 を用いて巻き線数を適宜変える事により、低速でも高い電圧が得られ、発電機が運転されるあらゆる回転数に対し、一つの負荷電圧に対して複数の出力巻線 10、11、12 を使って極低速から高速まで出力を得ることが可能になる。この方法は電気自動車などのブレーキエネルギーの回生に役

50

立つ。

【 0 0 4 6 】

図 6 及び図 7 の処理フロー図を参照して、図 5 の回路図による永久磁石式発電機の制御装置の説明をする。発電機の回転数が非常に大きくなった場合、出力巻線 1 2 の端子部では 1 0 0 0 V に達する。そこで、回転数が非常に大きな場合でも制御系に問題ない電圧にて制御させるため、出力巻線 1 0、1 1、1 2 のそれぞれの間あるいは巻き始め端に配置された中性点切替端子線 6 1-U、6 2-U、6 3-U に接続される三相交流整流器 3 9 4、3 9 5、3 9 6 を中性点として機能させるべく、コントローラ 1 8 で第一、第二、第三の中性点切替スイッチ 3 9 1、3 9 2、3 9 3 を制御することにより中性点位置を変更するようにしている。即ち、出力巻線 1 0 の端部に有る第一の中性点切替スイッチ 3 9 1、  
 第二の中性点切替スイッチ 3 9 2 を OFF とし、第三の中性点切替スイッチ 3 9 3 を ON  
 させることにより、中性点位置を変更して出力巻線 1 2 のみが中性点に接続されるようにして発電電圧が低く抑えられるようにする。一方、ロータの磁束と鎖交しない位置に配置される外置きの出力巻線側ソレノイド 1 4 1 と制御側ソレノイドコイル 1 4 2 が加わった場合、電圧制御スイッチ 1 3 が ON 状態になると相互インダクタンスの効果で電流が小さくなると共に出力巻線側ソレノイド 1 4 1 の端部、即ち、出力ライン 4 1 では出力巻線側ソレノイドコイル 1 4 1 の電圧降下作用により、1 0 0 V 以下の電圧に止まる。したがって、この状態で電圧制御スイッチ 1 3 を断続させても大きなサージ電圧は発生しない。一般に、出力巻線 1 2 の先端で電圧制御スイッチ 1 3 を断続させた場合、電圧が高いため、電圧制御スイッチ 1 3 の損傷、サージ電圧による火花の発生などの大きなトラブル要因となる。これに対して、この永久磁石式発電機の制御装置は、電圧制御スイッチ 1 3 を出力巻線側ソレノイドコイル 1 4 1、制御側ソレノイドコイルの後流となる位置に設定しているので電圧制御スイッチ 1 3 を ON から OFF に切り替えても、電圧制御スイッチ 1 3 の端子で発生する電圧は低いので、大きな損傷原因とはならない。また、電圧制御スイッチ 1 3 は、負荷端子に置かれた一定電圧を保持するための電圧検出比較器(コンパレータ) 1 6 からの入力により、もし電圧が高くなれば、電流を大きくするように、電圧制御スイッチ 1 3 の開放時間を長く取り、電圧が低くなれば、開放時間を短くすることにより、端子電圧を一定に保持するように制御することができる。電圧制御スイッチ 1 3 は出力巻線側ソレノイドコイル 1 4 1、制御側ソレノイドコイル 1 4 2 の後流に配置されているので、制御スイッチ 1 3 の ON - OFF による出力巻線 1 2 に発生した電流の一部が制御側ソレノイドコイル 1 4 2 に流される電流の断続が平均化され、あたかも電流量が連続的に変化するように作用する。尚、図 5 において図中の符号 6 1-V、6 2-V、6 3-V は V 相の中性点切替端子線、6 1-W、6 2-W、6 3-W は W 相の中性点切替端子線、6 4-U は電圧制御スイッチ 1 3 に入る U 相の中性点端子、6 4-V は電圧制御スイッチ 1 3 に入る V 相の中性点端子、6 4-W は電圧制御スイッチ 1 3 に入る W 相の中性点端子である。

【 0 0 4 7 】

また、回転数が低くなれば、第一の中性点切替スイッチ 3 9 1 を ON、第二の中性点切替スイッチ 3 9 2 及び第三の中性点切替スイッチ 3 9 3 を OFF とする切り替えにより、また元の 3 つの巻線 1 0、1 1、1 2 で構成される巻き数の出力巻線に戻す。例えば、出力巻線 1 0、1 1 側を通常出力巻線として使い、エンジンの回転速度が極低速例えば 4 5 0 r p m ~ 8 0 0 r p m 程度になった時、3 つの出力巻線 1 0、1 1、1 2 を使うことにより極低速での電圧を上昇させることができる。勿論、3 相交流の電圧制御が 1 つのパワートランジスタ制御で達成できるメリットを失うものでもない。さらに、エンジン回転速度が高速の場合、出力巻線 1 2 のみを使用することにより、安定した電圧で超高速まで対応できる。この出力巻線の切り替えは電動機として使用する場合においても同様に作動でき、エンジンのトランスミッションと同じで速度に応じて適宜に切り替え、あらゆる領域での使用に耐えられることになる。尚、中性点位置を変更するスイッチは 3 個に限定されるものではなく、必要に応じて増減できることは言うまでもない。

【 0 0 4 8 】

( 電動機運転 )

起動スイッチがONし、スタートが指令されると、この装置が電動機として使用されるか、発電機として使用されるかの判断がなされ(ステップS10)、電動機運転の場合には電動機切替スイッチ56、中性点切替スイッチ391をONさせ(ステップS11)、起動を始める。その後、回転速度センサー28にて速度検出し(ステップS12)、回転速度Nが所定値N1より大きいかなかを判断し(ステップS13)、大きい場合にはさらに回転速度Nが所定値N2より小さいかなかを確認する(ステップS33)。そして、回転速度NがN2より小さければ中性点切替スイッチ392をONさせると共に中性点切替スイッチ391, 393をOFFさせ(ステップS331)、ステップS14に移行させる。また、ステップS33において回転速度NがN2より大きければ、スイッチ393をONさせると共に中性点切替スイッチ391、スイッチ392をOFFさせ(ステップS332)、ステップS14に移行させる。ステップS13で回転速度NがN1より小さければ負荷Lを検出し(ステップS14)、自動車用発電機の場合にはその負荷Lがスロットル量に相当する電流量L1に合致するようにスイッチング幅を決定する(ステップS15)。そして、負荷L(スロットル量)が所定電流量L1+より大きいかなかを判断し(ステップS16)、大きい場合には電圧制御スイッチ13のON時間のスイッチング幅を減少させ(ステップS17)、さらにLがL1+より小さいかなかを判断する(ステップS18)。そして、小さい場合にはステップS17の前に戻し、さらにスイッチングON時間を減少させる(ステップS17)。ステップS18においてLがL1+より小さければ、さらにLがL1より大きいかなかを確認し(ステップS19)、大きい場合にはその条件を所定時間例えばt秒保持し(ステップS20)、ステップS10の前に戻す。ステップS16でLがL1+より小さければ、ステップS19にジャンプしてLがL1より大きいかなかを確認し(ステップS19)、大きい場合にはその条件をt秒保持し(ステップS20)、ステップS10の前に戻す。他方、LがL1-より小さい場合には、電圧制御スイッチ13のスイッチングON時間を増加させ(ステップS21)、ステップS19の前に戻す。そして、再度LがL1より大きいかなかを確認し(ステップS19)、LがL1-より大きくなった場合にはその条件をt秒保持し(ステップS20)、ステップS10の前に戻す。ステップS19でLがL1-より小さければ、電圧制御スイッチ13のスイッチングON時間を増加させ(ステップS21)、ステップS19の前に戻すことを繰り返す。

#### 【0049】

(発電機運転)

ステップS10にて発電機モードと判断された場合、回転速度Nを検出するセンサ28並びに電圧Vを検出するコンパレータ16の信号を得て(ステップS22)、回転速度Nが所定の速度N1より小さいかなかを判断し(ステップS23)、回転速度Nが所定の速度N1より小さければ、出力巻線10と11、12を利用するため、中性点切替スイッチ392、393をOFFし、中性点切替スイッチ391をONさせる(ステップS333)。他方、ステップS23において回転速度Nが所定の速度N1より大きい場合には、さらに回転数NがN2より大きいかなかを判断し(ステップS28)、大きい場合には出力巻線12のみを使用するため中性点切替スイッチ393をONし、391, 392をOFFさせた後(ステップS30)、ステップS34に移動させる。また、ステップS24において、回転速度Nが所定の速度N2より小さければ、出力巻線のうち巻き数の小さい方の出力巻線11、12を利用するため、中性点切替スイッチ392をONし、中性点切替スイッチ391、393をOFFさせ(ステップS25)、ステップS34に移動させる。

#### 【0050】

ステップS34では、電圧検出器16により検出した出力電圧Vが予め設定された電圧(設定電圧V1と呼ぶ。例えば、300V)の上限値(V1+、は許容幅を示す)より大きいかなかを判断し、設定電圧の上限値(V1+)より大きい時には、電圧制御スイッチ13のON時間を長くし、制御側ソレノイドコイル142に流れる電流を大きくし(ステップS35)、出力ライン41の電圧を小さくする。出力巻線10, 11, 12の出力電圧は負荷による出力ライン41側に流れる電流と出力側インピーダンスの降下電圧

、電圧制御スイッチ13のON状態で制御側ソレノイドコイル142に流れる電流とインピーダンスの降下電圧により大幅に降下する。ステップS34で検出電圧Vが設定電圧の上限値( $V1+$ )より大きくない時には、設定電圧の下限値( $V1-$ )よりは大きい  
 か否かを判断し(ステップS39)、検出電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )より大  
 きければ、そのままt時間保持させておく(ステップS40)。他方、検出電圧Vが設  
 定電圧の下限値( $V1-$ )より小さければ、制御側ソレノイドコイル142側に流れる  
 電流を減少させて、電圧を上昇させる(ステップS41)。次いで、出力電圧Vが設定電  
 圧の上限値( $V1+$ )より小さくなったか否かを判断し(ステップS36)、出力電圧  
 Vが設定電圧の上限値( $V1+$ )より小さくならない時には、ステップS35に戻り、  
 出力巻線10、11、12に流れる電流を大きくする処理、即ち電圧を小さくする処理を  
 繰り返す。他方、出力電圧Vが設定電圧の上限値( $V1+$ )より小さくなった時には、  
 出力電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )より大きい  
 か否かを判断し(ステップS37)。出力電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )より大きい場合には、そのままt時間  
 保持させておく(ステップS38)。また、ステップS37で出力電圧Vが設定電圧の下  
 限値( $V1-$ )より大きくない場合には、即ち電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )  
 より小さい場合には、出力巻線11に流れる電流を減少させて、電圧を上昇させる(ス  
 テップS41)。次いで、出力電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )より大きい  
 か否かを判断し(ステップS42)、検出電圧Vが設定電圧の下限値( $V1-$ )より大  
 きければ、そのままt時間保持させておく(ステップS43)。反対に、検出電圧Vが設定電  
 圧の下限値( $V1-$ )より小さければ、出力巻線11に流れる電流を減少させて、電圧を  
 上昇させる(ステップS41)。尚、スタート後に行われる、発電機の制御装置が一般に  
 備える診断機能による診断で発電機の巻線に異常が発見された場合、または回転数が異常  
 に増加した場合には、コントローラ18は中性点切替スイッチ391、392、393の  
 全てをOFFさせる制御を行なう。これにより、電圧が発生しなくなるので、安全となる  
 。

#### 【0051】

なお、上述の形態は本発明の好適な形態の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば、本実施形態では、ステータコイル8を構成する出力巻線として3つの巻線10、11、12を直列に  
 接続した構造とし、3つの巻線10、11、12の間や巻き始め端に中性点端子を設けて  
 それぞれ中性点を変更するスイッチを備えると共に、コントローラ18で選択的に中性点  
 位置を変更可能として図4に示す出力トルク特性を得るようにし、あるいは中性点切替ス  
 イッチをスイッチングすることにより電流制御して必要な負荷状態を得るようにしている  
 が、これに特に限られず、用途に応じて2つあるいは4つ以上の中性点端子と中性点を変  
 更するスイッチを備えることにより用途に応じた出力トルク特性あるいは負荷状態を得る  
 ようにしても良い。

#### 【0052】

また、本実施形態では、出力巻線10は出力巻線11、12よりも巻き数が大きいもの  
 としているが、ステータコイル8を構成する複数の出力巻線の間巻き数の関係は特定の  
 ものに限られるものではなく、同じ巻き数でも、場合によっては出力巻線11や12の巻き  
 数の方が出力巻線10よりも大きくしても良い。つまり、出力巻線は巻き数 $T1$ 、 $T2$ 、  
 $\dots$ 、 $Tn$ の複数の巻線から成ると共に、出力巻線の巻き数は $T1 < T1 + T2 < T1 + T$   
 $2 + \dots + Tn$ の関係が成立するものであれば良い。

#### 【0053】

さらに本実施形態においては、三相整流器としてもっとも簡単な構成のダイオード全波  
 整流器(三相全波整流器)を用いた例を挙げて主に説明したが、これに特に限定されるも  
 のではなく、その他の三相整流器例えばダイオード全ブリッジ、サイリスタ整流器、正弦  
 波コンバータなどを適用することも可能である。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0054】

10

20

30

40

50

この発明による発電機の制御装置は、例えば、自動車の発電機、風力発電機、ハイブリット車、電気自動車の発電機、エレベーターのエネルギー回生発電機として使用して好ましく、発電された一定電圧の電力は、各種機器の駆動、電灯、照明等の一般消費電力として、或いは電子機器等で消費するのに適用できる。

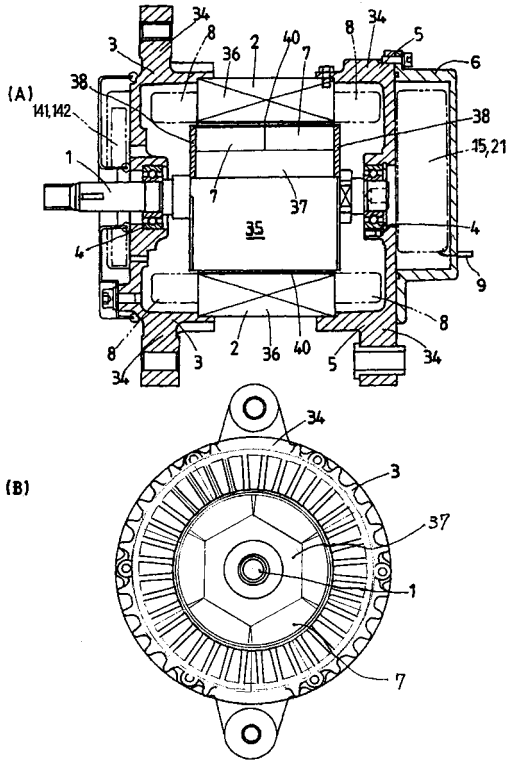
【符号の説明】

【0055】

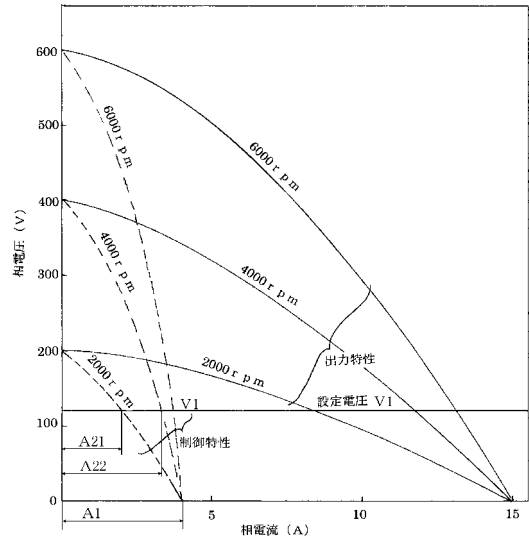
1	ロータシャフト	
2	ステータ	
7	永久磁石部材	
8	巻線	10
9	出力端子	
10	出力巻線	
11	出力巻線	
12	出力巻線	
13	制御スイッチ（デューティ制御）	
141	出力巻線側ソレノイドコイル	
142	制御側ソレノイドコイル	
15、21、143、394、395、396	三相整流器	
16	電圧検出比較器	
17	負荷	20
18	コントローラ	
54	バッテリー	
56	電動機切替スイッチ	
28	回転数と極位置の検出センサ	
34	ハウジング	
35	ロータ	
41	出力端子線	
53	主発電スイッチ	
541	バッテリー	
55	ソレノイドコイル141，142のコア	30
391、392、393	中性点切替スイッチ	
61-U、62-U、63-U	U相の中性点切替端子線	
61-V、62-V、63-V	V相の中性点切替端子線	
61-W、62-W、63-W	W相の中性点切替端子線	
64-U	電圧制御スイッチに入るU相の中性点端子	
64-V	電圧制御スイッチに入るV相の中性点端子	
64-W	電圧制御スイッチに入るW相の中性点端子	



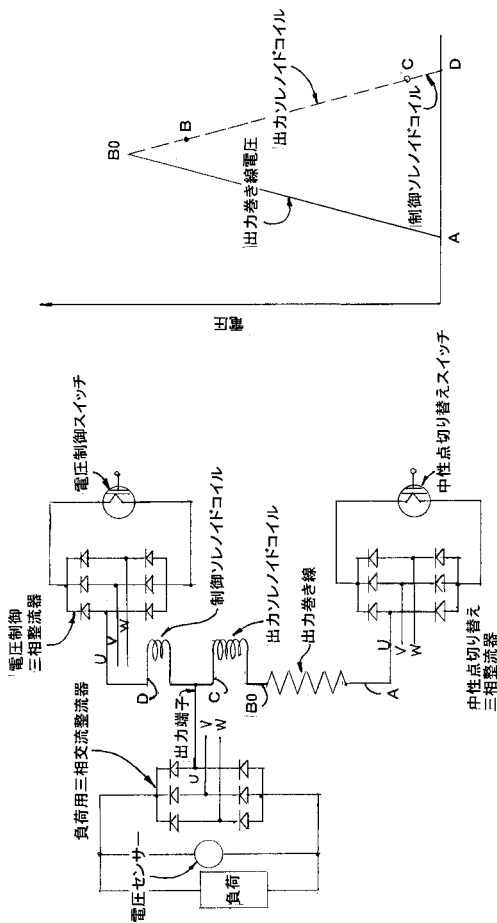
【 図 1 】



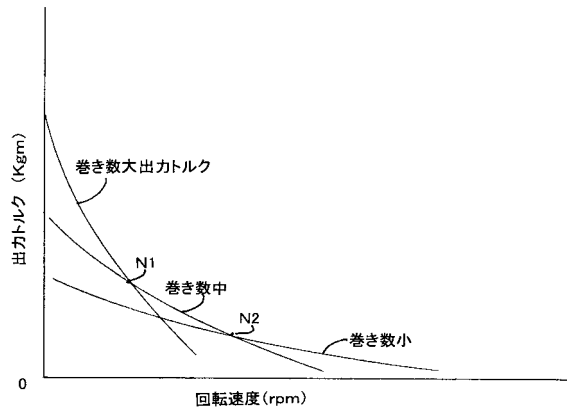
【 図 2 】



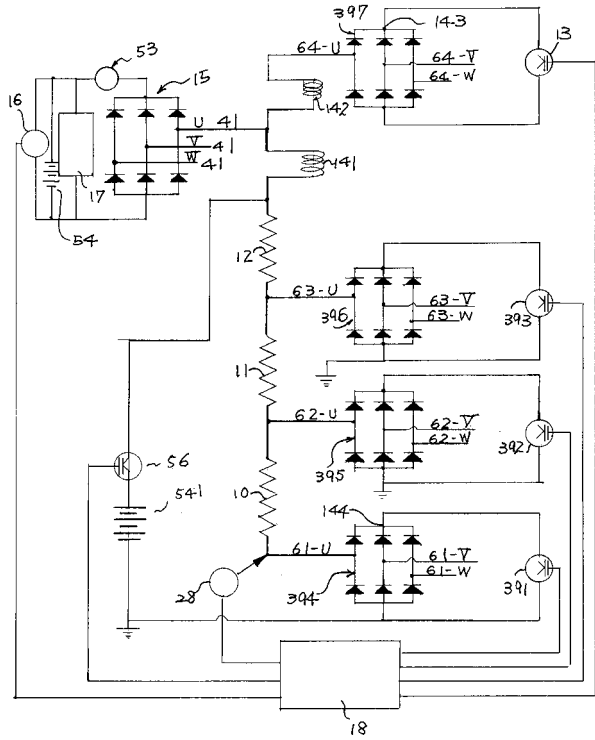
【 図 3 】



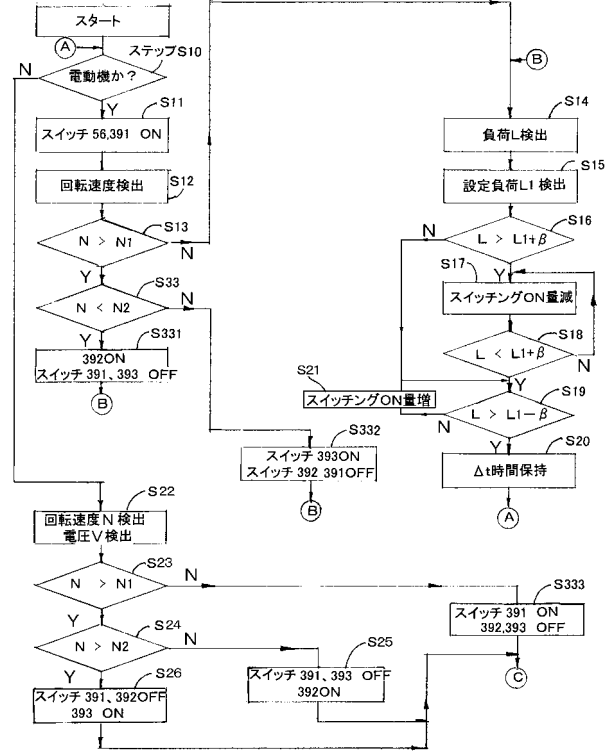
【 図 4 】



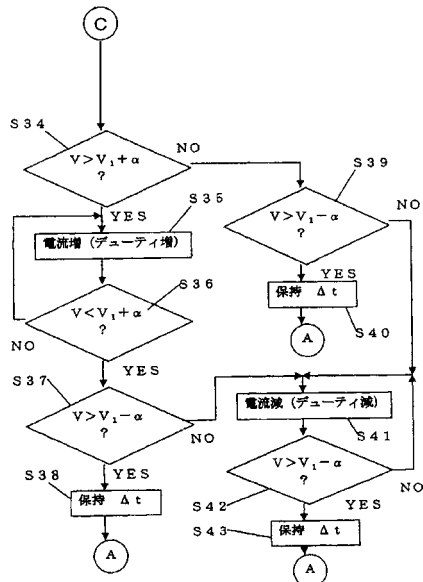
【図5】



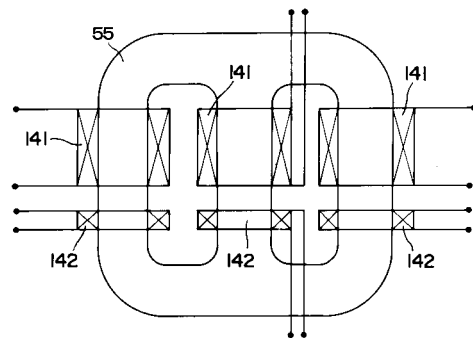
【図6】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成23年8月1日(2011.8.1)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジングに回転自在に支持されたロータシャフト、前記ロータシャフトに固定され且つ外周側に複数の永久磁石部材を取り付けたロータ及び前記ロータの外側に巻線が巻き上げられたステータから成る永久磁石式発電機の制御装置において、前記ステータ内に巻き上げられる出力巻線と、前記ステータ外に配置され前記出力巻線と直列に接続された出力巻線側ソレノイドコイルと、該出力巻線側ソレノイドコイルと直列に接続されて前記ステータ外に配置される制御側ソレノイドコイルと、前記出力線側ソレノイドコイルと前記制御側ソレノイドコイルとの間に設定される出力端子と、前記制御側ソレノイドコイルのそれぞれ相の端部が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される電圧制御スイッチと、前記出力巻線に発生する発電電圧を検出するセンサからの検出信号に応答して前記電圧制御スイッチのデューティ比を変更させて前記制御側ソレノイドコイル側に流れる電流を加減して前記発電電圧を一定電圧に制御するコントローラとを備えることを特徴とする永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項2】

前記三相整流器は、ダイオード全波整流器であり、前記制御側ソレノイドコイルの端部が前記整流器のダイオード間に接続されるものである請求項1記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項3】

前記コントローラは、前記電圧センサによる検出信号に応答して前記電圧制御スイッチをON-OFF制御し、前記発電電圧が高いことに応答して前記制御側ソレノイドコイルに流れる前記電流を増し、前記発電電圧が低いことに応答して前記制御側ソレノイドコイルに流れる前記電流を減少させて前記設定電圧を一定電圧に制御するものである請求項1または2記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項4】

前記出力巻線の巻きの途中または巻き始めの部分に選択的に中性点位置を変更できる複数の中性点端子を備え、該中性点端子に前記中性点に流れる電流を断続して中性点位置を変更するスイッチをそれぞれ配置し、かつ前記ロータシャフトの回転数を回転数センサで検出し、前記コントローラで前記ロータシャフトの回転数に応じて前記スイッチを選択的に断続して中性点位置を変更するようにしたものである請求項1から3のいずれか1つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項5】

中性点位置を変更する前記スイッチは、出力巻線側のそれぞれ相の前記中性点端子が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される中性点切替スイッチとで構成され、前記コントローラで前記ロータシャフトの回転数に応じて前記中性点切替スイッチを選択的に断続して中性点位置を変更するようにしたものである請求項4記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項6】

前記三相整流器は、ダイオード全波整流器であり、前記出力巻線側のそれぞれ相の前記中性点端子が前記整流器のダイオード間に接続されるものである請求項5記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項7】

前記出力巻線は巻き数 $T_1$ 、 $T_2$ 、...、 $T_n$ の複数の巻線から成ると共に前記出力巻線の

巻き数は  $T_1 < T_1 + T_2 < T_1 + T_2 + \dots + T_n$  の関係が成立するものであり、かつ前記出力巻線の巻き始め端部と複数の巻線の間の中間部端子に前記中性点端子を備え、各中性点端子を前記ダイオード全波整流器のダイオード間に接続すると共に各々の前記ダイオード全波整流器の直流出力部に第 1, 第 2, ..., 第 n の中性点切替スイッチを接続し、前記ロータシャフトの回転数に応じて前記コントローラで前記第 1, 第 2, ..., 第 n の中性点切替スイッチを断続して中性点位置を変更するものである請求項 4 から 6 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項 8】

前記コントローラは前記ロータシャフトの回転数を検出する回転数センサからの信号により、所定回転数の以上の時、前記出力巻線の巻き数が小さい側の前記中性点切替スイッチを ON させると共に大きい側の前記中性点切替スイッチを OFF させ、所定回転数以下の時、出力巻線の巻き数が大きい側の前記中性点切替スイッチを ON させると共に小さい側の前記中性点切替スイッチを OFF させるものである請求項 4 から 7 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項 9】

前記出力側ソレノイドコイルと前記出力巻線との間に配置される出力端子部に電動機切替用スイッチを設け、該電動機切替用スイッチの一端部を前記出力巻線側の前記出力端子部に他端部をバッテリーに接続し、前記コントローラにより前記電動機切替用スイッチをモーター駆動できる位相タイミングに合わせ、前記出力巻線側に電流を供給することにより電動機として運転可能にすることを特徴とする請求項 4 から 8 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項 10】

前記コントローラは前記中性点切替スイッチを負荷に応じてスイッチングし、電流制御して必要な負荷状態を得ることを特徴とする請求項 9 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項 11】

前記コントローラは前記回転数センサで検出した回転数の小さな時には前記出力巻線の巻き数が大きくなる前記中性点切替スイッチを接続し、回転数が大きな時には前記出力巻線の巻き数が小さくなる前記中性点切替スイッチを ON, OFF 制御すると共に負荷に応じて電流を制御する前記中性点切替スイッチをスイッチングさせる機能を併せ持つものである請求項 9 記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【請求項 12】

前記コントローラは前記出力巻線に異常が発見された場合、または回転数が異常に増加した場合、前記中性点切替スイッチの全てを OFF させる制御を行なう請求項 4 から 11 のいずれか 1 つに記載の永久磁石式発電機の制御装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

発電電圧が高くなる場合、例えば 200V AC 発電機では高速での電圧が非常に高くなり、高耐圧性のスイッチング素子 (FET) を使わざるを得ないという問題が発生した。つまり、特許文献 4 記載の特許発明は、ステータに巻き上げた巻線を巻き数の小さな出力巻線と巻き数の大きな制御巻線とで構成すると共に両巻線間に電圧制御スイッチを設け、負荷の変動にตอบสนองして電圧制御スイッチをデューティ制御し、巻線切り換え時の電圧の上昇に対応して電圧制御巻線に微小電流を流して電圧を瞬間的に降下させて一定電圧を維持し、瞬間的な電圧の上昇又は降下を抑えて常に所望の電圧に制御することを特徴とするものである。したがって、特許文献 4 記載の特許発明によると、巻線の巻き数を大きくすると電圧が上がり、その反面、巻き数を有る程度大きくしないとインダクタンスが大きく

ならず、垂下特性の電流が小さくならないという二律背反の関係にあり、発電電圧が高くなるAC発電機に適用する場合には高速での電圧が非常に高くなることを回避できないものである。例えば、相電圧の値は出力側電力では $220\text{V (AC)}/2000\text{rpm}$ 、 $440\text{V}/4000\text{rpm}$ 、 $660\text{V}/6000\text{rpm}$ である。この値は実効値であるので、ピーク電圧ではその1.4倍にもなる。しかも、制御巻線の巻き数を出力巻線の4倍にすると、電圧は4倍になり、 $6000\text{rpm}$ では $2640\text{V}$ になる。この電圧はスイッチング素子・FET、またはIGBTにとって非常に大きな値で一般に市販されているFET、IGBTの耐圧 $600\text{V}$ 又は $1200\text{V}$ を遥かにオーバーしてしまう。このため、発電電圧を高くする場合には、非常に高価（現在、一般的な $1000\text{V}$ 耐圧のFETの約100倍程度）な高耐圧性のスイッチング素子を使わざるを得ず、発電機のコストを押し上げてしまう問題が生ずる。しかも、三相発電機の各相に非常に高価な電圧制御スイッチをそれぞれ設ける必要があるため、電圧制御スイッチの数が多くなることによるコストアップをも招いてしまう問題がある。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

かかる目的を達成するため、本発明は、ハウジングに回転自在に支持されたロータシャフト、前記ロータシャフトに固定され且つ外周側に複数の永久磁石部材を取り付けたロータ、及び前記ロータの外側に巻線が巻き上げられたステータから成る永久磁石式発電機の制御装置において、前記ステータ内に巻き上げられる出力巻線と、前記ステータ外に配置され前記出力巻線と直列に接続された出力巻線側ソレノイドコイルと、該出力側ソレノイドコイルと直列に接続されて前記ステータ外に配置される制御側ソレノイドコイルと、前記出力線側ソレノイドコイルと前記制御側ソレノイドコイルとの間に設定される出力端子と、前記制御側ソレノイドコイルのそれぞれ相の端部が中性点として接続される三相整流器と、前記三相整流器の直流出力端子間に設置される電圧制御スイッチと、前記出力巻線に発生する発電電圧を検出するセンサからの検出信号に応答して前記電圧制御スイッチのデューティ比を変更させて前記制御側ソレノイドコイルに流れる電流を加減して前記発電電圧を一定電圧に制御するコントローラとを備えるようにしている。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

本発明の永久磁石式発電機の制御装置によれば、極めて簡単な構造を持つ発電機の巻線（ステータコイル）をステータ内に巻き上げられた出力巻線とステータ外に配置された出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルとを接続して、出力巻線と出力巻線側ソレノイドコイルとで出力側巻線を、さらに制御側ソレノイドコイルで制御側巻線を構成し、それら出力側巻線と制御側巻線とを直列に繋ぎ、その全体巻き数の垂下特性を用いて少ない電流で出力電圧を一定に制御するようにしているので、出力側巻線及び制御側巻線の巻き数を大きくすることなく、インダクタンスを大きくして、垂下電流を制御できる。本願発明の発電機は、従来の発電機と大幅に異なり、出力巻線で出力しているとき、垂下特性は、図2に示すように、電流が大きく、電圧が小さくなるように変化したが、出力側巻線にソレノイドコイルが加わった全体巻線が大きいと電圧が変化すること無く、電流は極めて小さい状態で垂下する。出力巻線と出力巻線側ソレノイドコイル、制御側ソレノイドコイルを加えた全体巻線とこれに対し巻き数が少ない出力巻線単独とでは、垂下電圧特性は非常に大きな差が有り、出力側巻線及び出力巻線側ソレノイドコイル、制御側ソレ

ノイドコイルの2つの巻線を直列に接続し、全体巻線の大きな巻き数の逆起電力による電圧制御性を利用し、この巻線系に微少の電流を流すと、この垂下特性により出力巻線端子の電圧が低下し、電圧制御スイッチのON、OFFにより電流を調節すると出力端子の電圧を一定にすることができる。つまり、負荷の変動に应答して電圧制御スイッチをON-OFF制御し、出力側巻線の電圧の上昇に対応して全体巻線に微小電流を流して電圧を瞬間的に降下させて一定電圧を維持し、瞬間的な電圧の上昇又は降下を抑えて常に所望の電圧(設定電圧)に制御することができる。図3にはその原理を示す。出力巻線は永久磁石の磁力を受け、起電電圧がAからB0まで上昇する。この巻線に電流が流れると、巻線のインピーダンスにより電圧が下がり、出力巻線の端子電圧はBとなる。出力巻線側ソレノイドコイルのインピーダンスにより電圧はC点まで下がり、制御側ソレノイドコイルのインピーダンスにより電圧はD点まで下がる。従って、この巻線系が繋がった時、できるだけ電流が小さければこの系に流れる電流を制御する電圧制御スイッチをON、OFFする事によって出力端子部の電圧をB0から0までの間で自由に変化させる事ができる。この制御電流を小さくするため、出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルの相互インダクタンス効果は効果的である。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0028】

ここで、発電機の電圧と巻線、ソレノイドコイルのインピーダンスによる電圧降下についての理論式について述べる。発電電圧は出力巻線の巻き数に比例して上昇するが、この電圧は巻線のインピーダンスと電流の積および出力巻線側ソレノイドコイルのインピーダンスと電流の積の和にしたがって降下する。従って、所定電圧になるように制御側ソレノイドコイルへの電流を増すと出力巻線側ソレノイドコイル端子の電圧が減少し、電流を減少すると出力巻線側ソレノイドコイル、即ち出力電圧は一定になる。出力が小さい時には制御側に流れる電流により電圧は制御される。下記に計算式を示す。

計算式V-A特性

(1) 起電力 $E_0$ について

$$E_0 = 4.44 \cdot f \cdot W_s \quad \text{----- (1)}$$

(2) 端子電圧 $E$ について

$$E = E_0 - E_1 - E_2 \\ = 4.44 \cdot f \cdot W_s - I_1 \cdot (R_1^2 + (2 \cdot f \cdot L_{11} / 1000)^2)^{1/2} \\ - I_2 \cdot (R_2^2 + (2 \cdot f \cdot L_{31} / 1000)^2)^{1/2} \quad \text{----- (2)}$$

(3) 制御側へ流れる電流、即ち電圧制御スイッチに流れる電流

$$I_2 = [4.44 \cdot f \cdot W_s - I_1 \cdot (R_1^2 + (2 \cdot f \cdot L_{11} / 1000)^2)^{1/2} - E] / [(R_2^2 + (2 \cdot f \cdot L_{31} / 1000)^2)^{1/2}] \quad \text{----- (3)}$$

ただし、式中の記号は以下の通りである。

$E_0$ : 出力巻線の起電電圧、 $E$ : 希望する所定電圧(設定電圧)、 $E_1$ : 出力側巻線への電流 $I_1$ の時の降下電圧、 $E_2$ : 出力巻線+出力巻線側ソレノイドコイル+制御側ソレノイドコイル全体に流れる電流 $I_2$ の時の降下電圧、 $R_1$ : 出力巻線+出力巻線側ソレノイドコイルの抵抗、 $f$ : 磁力の強さ、 $R_2$ : 出力巻線+出力巻線側ソレノイドコイル+制御側ソレノイドコイルの合計抵抗値、 $f$ : 周波数、 $L_{11}$ : 出力巻線+出力巻線側ソレノイドコイルの合計インダクタンス、 $W_s$ : 巻線数、 $I_1$ : 出力巻線端子に流れる電流、 $I_2$ : 制御側ソレノイドコイル側に流れる電流、 $L_{31}$ : 出力巻線のインダクタンス+出力巻線側ソレノイドコイルと制御側ソレノイドコイルの相互インダクタンス。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0041】

この発明による永久磁石式発電機の制御装置の一実施例について、図5の回路図を参照して説明する。ステータコイル8を構成する巻線10、11、12は、例えば、ステータ2のステータコア36の櫛部に巻き上げられており、三相交流の中性点には整流器394のダイオード間に接続された61-U、61-V、61-Wの3つの相線（中性点切替端子線）とその両端に第一の中性点切替スイッチ391が設けられてU、V、Wの3相電流がそれぞれ流されると共に、出力コイル即ち出力巻線10及び11、12が直列に接続されその直後に出力巻線側ソレノイドコイル141が接続され、ソレノイドコイル141の他端には出力ライン41が接続され、更に制御側ソレノイドコイル142とが接続されている。そして出力巻線10の端子には異なる巻き数を持つ出力巻線11、12を持ち、出力巻線10と11、11と12の間には3相を夫々連結する第二、第三の整流器395、396とそのDC出力端に中性点切替スイッチ392、393が存在する。本実施形態の場合、出力巻線10、11、12と出力巻線側ソレノイドコイル141とで構成される出力側巻線と制御側ソレノイドコイル142で構成される制御側との間で、出力巻線側ソレノイド141の端子には出力ライン41が接続され、出力ライン41は整流器15を介して負荷17に接続されている。負荷17に対して、電圧検出比較器16が並列に設けられている。また、出力巻線10、11、12の端部には、回転数と極位置を検出するセンサ28が設けられている。電圧検出比較器16及びセンサ28からの検出信号は、コントローラ18に入力される。コントローラ18は、これらに検出信号に应答して、電圧制御スイッチ13及び中性点切替スイッチ391、392、393のON/OFF及びスイッチング（本明細書では断続を連続に行うこと、特に高い周波数で断続的に切り替えることを言う）制御するように構成されている。さらに、出力巻線10、11の端子には主発電スイッチ53が設けられ、負荷状況に応じてコントローラ18によってON、OFF制御されるようにしている。また、出力側には場合によってはバッテリー54を設けることがある。尚、本実施形態では、出力巻線は巻き数の異なる3種類の巻線10、11、12で構成され、出力巻線10、11、12は発電機、又は電動機の特性に合わせて巻き数を決定する。

## 【手続補正7】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0042

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0042】

この永久磁石式発電機の制御装置では、複数の巻線10、11、12を持つ発電機の出力の利用領域を回転数と負荷により規定し、発電機の制御を限定することにより、制御装置の簡素化ができる。ロータ35の回転と負荷17の変動に対し、領域を指定することにより、端子電圧を低く抑え、高速、高負荷時発熱を抑制できる。ところが、巻線系の経路に設けた電圧制御スイッチ13により制御側ソレノイドコイル142側に流れる電流を制御する場合に、電圧制御スイッチ13がON-OFFされた時、電圧が大きく振れると電圧を平滑させる制御機構が複雑になる。特に3相のそれぞれに電圧制御スイッチを設けると構造が複雑になるばかりか、スイッチのコストが上昇する。そこで、3相の端子を三相整流器のダイオード間に接続すると、電圧制御スイッチは1つで済む事になる。3相整流器は非常に廉価であるのでコスト低減上極めて大きなメリットがある。一方、三相整流器の midpoint 144は中点と同じで電圧が0になる。しかし電流が流れなければ機能を発揮しないので中性点切替スイッチ391を設け、中性点の役割を果たさせる。

## 【手続補正8】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0044

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0044】

この永久磁石式発電機の制御装置は、制御側ソレノイドコイル142への電流を開閉時間が可変にできる電圧制御スイッチ13を介して電流を増減させ電圧一定の制御をするが、ソレノイドコイル141、142を用いるので、これらのソレノイドコイル141、142を図8に示すように同一のコア55に巻き上げるとインダクタンスの相乗効果が作用し、周波数の大きい場合にはインダクタンスが大きくなって抵抗が比例的に大きくなり、この系に流れる電流が小さくなり、発電機の発電電圧が相当大きくなってインピーダンスと電流の積が電圧降下作用させ、出力ライン41の電圧を一定に保持させることができる。制御系に流れる電流は無効電力負荷となるので、流れる電流が小さく銅損が少なくなる。図2に示したように、破線で示される制御特性によると、制御側ソレノイドコイル142側に流れる電流はA1電流を流すと電圧が0となるので、最大に流してもA1アンペアである。設定電圧V1を得るためには、電圧制御スイッチ13のON時間をデューティ制御して、2000rpmではA21アンペア、4000rpmではA22アンペアの電流を流せばよい。

## 【手続補正9】

## 【補正対象書類名】明細書

## 【補正対象項目名】0046

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0046】

図6及び図7の処理フロー図を参照して、図5の回路図による永久磁石式発電機の制御装置の説明をする。発電機の回転数が非常に大きくなった場合、出力巻線12の端子部では1000Vに達する。そこで、回転数が非常に大きな場合でも制御系に問題ない電圧にて制御させるため、出力巻線10、11、12のそれぞれの間あるいは巻き始め端に配置された中性点切替端子線61-U、62-U、63-Uに接続される三相交流整流器394、395、396を中性点として機能させるべく、コントローラ18で第一、第二、第三の中性点切替スイッチ391、392、393を制御することにより中性点位置を変更するようにしている。即ち、出力巻線10の端部に有る第一の中性点切替スイッチ391、第二の中性点切替スイッチ392をOFFとし、第三の中性点切替スイッチ393をONさせることにより、中性点位置を変更して出力巻線12のみが中性点に接続されるようにして発電電圧が低く抑えられるようにする。一方、ロータの磁束と鎖交しない位置に配置される外置きの出力巻線側ソレノイド141と制御側ソレノイドコイル142が加わった場合、電圧制御スイッチ13がON状態になると相互インダクタンスの効果で電流が小さくなると共に出力巻線側ソレノイド141の端部、即ち、出力端子たる分岐点9から分かれた出力ライン41では出力巻線側ソレノイドコイル141の電圧降下作用により、100V以下の電圧に止まる。したがって、この状態で電圧制御スイッチ13を断続させても大きなサージ電圧は発生しない。一般に、出力巻線12の先端で電圧制御スイッチ13を断続させた場合、電圧が高いので、電圧制御スイッチ13の損傷、サージ電圧による火花の発生などの大きなトラブル要因となる。これに対して、この永久磁石式発電機の制御装置は、電圧制御スイッチ13を出力巻線側ソレノイドコイル141、制御側ソレノイドコイルの後流となる位置に設定しているので電圧制御スイッチ13をONからOFFに切り替えても、電圧制御スイッチ13の端子で発生する電圧は低いので、大きな損傷原因とはならない。また、電圧制御スイッチ13は、負荷端子に置かれた一定電圧を保持するための電圧検出比較器(コンパレータ)16からの入力により、もし電圧が高くなれば、電流を大きくするように、電圧制御スイッチ13の開放時間を長く取り、電圧が低くなれば、開放時間を短くすることにより、端子電圧を一定に保持するように制御することができる。電圧制御スイッチ13は出力巻線側ソレノイドコイル141、制御側ソレノイドコイル142の後流に配置されているので、電圧制御スイッチ13のON-OFFによる出力巻線



1 2 に発生した電流の一部が制御側ソレノイドコイル 1 4 2 に流される電流の断続が平均化され、あたかも電流量が連続的に変化するように作用する。尚、図 5 において図中の符号 6 1 - V , 6 2 - V , 6 3 - V は V 相の中性点切替端子線、6 1 - W , 6 2 - W , 6 3 - W は W 相の中性点切替端子線、6 4 - U は電圧制御スイッチ 1 3 に入る U 相の中性点端子、6 4 - V は電圧制御スイッチ 1 3 に入る V 相の中性点端子、6 4 - W は電圧制御スイッチ 1 3 に入る W 相の中性点端子である。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 5】

- 1    ロータシャフト
- 2    ステータ
- 7    永久磁石部材
- 8    巻線
- 9    出力端子
- 1 0   出力巻線
- 1 1   出力巻線
- 1 2   出力巻線
- 1 3   電圧制御スイッチ（デューティ制御）
- 1 4 1   出力巻線側ソレノイドコイル
- 1 4 2   制御側ソレノイドコイル
- 1 5、2 1、1 4 3、3 9 4、3 9 5、3 9 6   三相整流器
- 1 6   電圧検出比較器
- 1 7   負荷
- 1 8   コントローラ
- 5 4   バッテリ
- 5 6   電動機切替スイッチ
- 2 8   回転数と極位置の検出センサ
- 3 4   ハウジング
- 3 5   ロータ
- 4 1   出力端子線
- 5 3   主発電スイッチ
- 5 4 1   バッテリ
- 5 5   ソレノイドコイル 1 4 1 , 1 4 2 のコア
- 3 9 1、3 9 2、3 9 3   中性点切替スイッチ
- 6 1 - U、6 2 - U、6 3 - U   U 相の中性点切替端子線
- 6 1 - V、6 2 - V , 6 3 - V   V 相の中性点切替端子線
- 6 1 - W、6 2 - W、6 3 - W   W 相の中性点切替端子線
- 6 4 - U   電圧制御スイッチに入る U 相の中性点端子
- 6 4 - V   電圧制御スイッチに入る V 相の中性点端子
- 6 4 - W   電圧制御スイッチに入る W 相の中性点端子

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図5】

