(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6289825号
(P6289825)
(45)発行日　平成30年3月7日(2018.3.7)　(24)登録日　平成30年2月16日(2018.2.16)

(51)Int.Cl.　F I
H02P 9/00 (2006.01)　H02P 9/00 E

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21)出願番号　特願2013-136326(P2013-136326)
(22)出願日　平成25年6月28日(2013.6.28)
(65)公開番号　特開2015-12693(P2015-12693A)
(43)公開日　平成27年1月19日(2015.1.19)
審査請求日　平成28年2月12日(2016.2.12)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(73)特許権者　317015294
東芝エネルギーシステムズ株式会社
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
(74)代理人　100108855
弁理士　蔵田　昌俊
(74)代理人　100103034
弁理士　野河　信久
(74)代理人　100075672
弁理士　峰　隆司
(74)代理人　100153051
弁理士　河野　直樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】発電機励磁装置および電力変換システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転子の三相の巻線を電気的に独立させた巻線型誘導発電機の前記回転子の三相の巻線に電気的に接続されて直流と交流を双方向に変換する複数の第１の電力変換装置と、
前記第１の電力変換装置の直流側と三相交流電源との間で直流と交流を双方向に変換する第２の電力変換装置とを備え、
前記複数の第１の電力変換装置の直流側を共通させて前記第２の電力変換装置の直流側に電気的に接続したことを特徴とする発電機励磁装置。
【請求項２】
前記第２の電力変換装置は、
前記三相交流電源から出力される三相交流電圧を直流電圧に変換し、
前記複数の第１の電力変換装置は、
前記第２の電力変換装置により変換された直流電圧を、前記巻線型誘導発電機の三相のそれぞれの単相交流電圧に変換することを特徴とする請求項１に記載の発電機励磁装置。
【請求項３】
前記第１の電力変換装置は、
直列に接続されて中性点で区分された複数のスイッチング素子でなる回路を前記巻線型誘導発電機の三相についてそれぞれ有し、
前記第２の電力変換装置は、
直列に接続されて中性点で区分された複数のスイッチング素子でなる回路を有すること

を特徴とする請求項１に記載の発電機励磁装置。
【請求項４】
前記第１の電力変換装置の交流側に設けられ、前記巻線型誘導発電機の回転子の巻線に過電圧が印加されたときに三相についてそれぞれ短絡するための過電圧保護回路をさらに備えたことを特徴とする請求項１に記載の発電機励磁装置。
【請求項５】
前記巻線型誘導発電機の回転子の巻線に過電圧が印加されたときに前記第１の電力変換装置を停止させる停止制御部と、
前記複数の第１の電力変換装置の交流側の三相の高電位側に接続されて、前記第１の電力変換装置が停止した状態で、前記巻線型誘導発電機の三相の巻線の一端を短絡するための第１の過電圧保護回路と、
前記第１の電力変換装置の交流側の三相の低電位側に接続されて、前記第１の電力変換装置が停止した状態で、前記巻線型誘導発電機の三相の巻線の他端を短絡するための第２の過電圧保護回路とをさらに備えたことを特徴とする請求項１に記載の発電機励磁装置。
【請求項６】
回転子の三相の巻線を電気的に独立させた巻線型誘導発電機と、
前記巻線型誘導発電機の回転子の三相の巻線に電気的に接続されて直流と交流を双方向に変換する複数の第１の電力変換装置と、
前記第１の電力変換装置の直流側と三相交流電源との間で直流と交流を双方向に変換する第２の電力変換装置とを備え、
前記複数の第１の電力変換装置の直流側を共通させて前記第２の電力変換装置の直流側に電気的に接続したことを特徴とする電力変換システム。
【請求項７】
前記第１の電力変換装置の交流側に設けられ、前記巻線型誘導発電機の回転子の巻線に過電圧が印加されたときに三相についてそれぞれ短絡するための過電圧保護回路をさらに備えたことを特徴とする請求項６に記載の電力変換システム。
【請求項８】
前記巻線型誘導発電機の回転子の巻線に過電圧が印加されたときに前記第１の電力変換装置を停止させる停止制御部と、
前記複数の第１の電力変換装置の交流側の三相の高電位側に接続されて、前記第１の電力変換装置が停止した状態で、前記巻線型誘導発電機の三相の巻線の一端を短絡するための第１の過電圧保護回路と、
前記第１の電力変換装置の交流側の三相の低電位側に接続されて、前記第１の電力変換装置が停止した状態で、前記巻線型誘導発電機の三相の巻線の他端を短絡するための第２の過電圧保護回路とをさらに備えたことを特徴とする請求項６に記載の電力変換システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の実施形態は、発電機励磁装置および電力変換システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
発電機速度を可変とする発電システム、例えば水力発電システムでは巻線型誘導発電機が用いられる。この巻線型誘導発電機の２次側となる回転子側からの励磁周波数を制御することにより、発電機の回転速度を制御する。発電機の出力について可変周波数／可変電圧振幅とするために、近年では、２次励磁電源には半導体電力変換装置が用いられる場合が殆どである。
【０００３】
従来の２次励磁電源用の半導体電力変換装置には大電力・高電圧が要求される。このため、複数の電力変換装置を直列もしくは並列に組み合わせた上で、結合用の特殊なリアク

トルや変圧器を用いる必要があった。
【０００４】
このような特殊な部品を不要とするために、半導体電力変換装置に単相出力の中性点クランプ形（ＮＰＣ（Neutral-Point-Clamped））のインバータ（直流→交流電力変換装置）３台を用いてフルブリッジ構成とした回路方式がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開平９－１８２４５１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
上述した単相出力のＮＰＣインバータの出力電力は、出力電圧周波数の２倍の周期で脈動する。この影響により、ＮＰＣインバータとコンバータとの間の直流リンクコンデンサの電圧としての直流リンク電圧も同じ周期で変動する。
【０００７】
２次励磁電源の出力周波数は最高でも数Ｈｚ程度と非常に低いため、変動電圧幅が大きくなる。この大きい変動を回避するために直流リンクコンデンサの容量を大きくすることが考えられる。しかし、直流リンクコンデンサの容量を大きくすると、装置の大型化や高コスト化を免れることができない。
【０００８】
本発明が解決しようとする課題は、直流リンクコンデンサの容量を大きくせずに直流リンク電圧の変動を低減することが可能な発電機励磁装置および電力変換システムを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
実施形態によれば、発電機励磁装置は、回転子の三相の巻線を電気的に独立させた巻線型誘導発電機の前記回転子の三相の巻線に電気的に接続されて直流と交流を双方向に変換する複数の第１の電力変換装置と、第１の電力変換装置の直流側と三相交流電源との間で直流と交流を双方向に変換する第２の電力変換装置とを備え、複数の第１の電力変換装置の直流側を共通させて第２の電力変換装置の直流側に電気的に接続する。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、発電機励磁装置の直流リンクコンデンサの容量を大きくせずに直流リンク電圧の変動を低減することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】第１の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムの回路構成例を示す図。
【図２】第２の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムの２次側過電圧保護（ＯＶＰ）回路の設置例を示す図。
【図３】第３の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムの２次側過電圧保護回路の設置例を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、実施形態について、図面を参照して説明する。
【００１３】
（第１の実施形態）
まず、第１の実施形態について説明する。
図１は、第１の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムの回路構成例を

示す図である。
第１の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムでは、三相交流電源１と巻線型誘導発電機２とを有する。このシステムでは、三相交流負荷としての巻線型誘導発電機２の励磁巻線に印加する電圧の周波数を制御する事で、巻線型誘導発電機２の回転速度を制御する。
【００１４】
従来技術における通常の巻線型誘導発電機では、回転子側の三相の励磁巻線の結線がスター（星型）結線とされている。これに対し、本実施形態においては、図１に示すように、巻線型誘導発電機２の三相の励磁巻線の結線を、各相の巻線が電気的に独立したオープンスター結線とする。
【００１５】
巻線型誘導発電機２の各相の励磁巻線の両端は、単相フルブリッジ型のインバータユニットを構成する２つのレグにそれぞれ接続される。
この２次励磁システムの各相の計３台の単相フルブリッジインバータは、同一の直流リンク部に接続される。
この直流リンク部への電力の供給は、通常の３相交直半導体電力変換装置（ＰＷＭ(Pulse Width Modulation)整流器）により行われる。
【００１６】
この２次励磁システムは、巻線型誘導発電機２からみて、巻線型誘導発電機２の各相に対応したインバータユニットが、少なくとも１台のコンバータユニットに電気的に接続される。このコンバータユニットは、コンバータトランスに電気的に接続される。
【００１７】
三相交流電源１からの三相交流電圧Ｅはコンバータユニットにより直流電圧に一旦変換される。さらに、インバータユニットは、この直流電圧を任意の周波数による任意の交流電圧に変換して巻線型誘導発電機２の励磁巻線に供給する。本実施形態では、電力系統の三相をＲＳＴ相と呼び、巻線型誘導発電機２の三相をＵＶＷ相と呼ぶ。
【００１８】
図１に示した例では、この２次励磁システムでは、三相交流電圧Ｅを直流電圧に変換するための第１のコンバータトランスTR_1と、第１のコンバータユニットCNV_1とが直列接続される。また、三相交流電圧Ｅを直流電圧に変換するための第２のコンバータトランスTR_2と、第２のコンバータユニットCNV_2とが直列接続される。
コンバータユニットの構成について、第１のコンバータユニットCNV_1を例として説明する。第２のコンバータユニットCNV_2の構成も同様である。
第１のコンバータユニットCNV_1は、三相の中性点クランプ（ＮＰＣ）形である。そして、このコンバータユニットCNV_1は、ＲＳＴ相の各相に応じた３つのＮＰＣレグが並列接続されて三相ハーフブリッジ構成をなす。コンバータユニットCNV_1の３つのＮＰＣレグのそれぞれの中性点の出力端子は第１のコンバータトランスTR_1の直流巻線に接続される。コンバータユニットCNV_1は、直流電圧端子を有する。この直流電圧端子は、高電位側端子、中性点側端子、低電位側端子でなる。コンバータユニットCNV_1の高電位側端子と中性点側端子との間には直流リンクコンデンサC_1が設けられ、中性点側端子と低電位側端子との間には直流リンクコンデンサC_2が設けられる。
【００１９】
第２のコンバータユニットCNV_2の高電位側端子は第１のコンバータユニットCNV_1の高電位側端子に接続される。
第２のコンバータユニットCNV_2の中性点側端子は第１のコンバータユニットCNV_1の中性点側端子に接続される。
第２のコンバータユニットCNV_2の低電位側端子は第１のコンバータユニットCNV_1の低電位側端子に接続される。つまり、それぞれのコンバータユニットは、インバータユニットとコンバータユニットとの間の同一の直流リンク部に接続される。
【００２０】

次に、インバータユニットの構成について、Ｕ相のインバータユニットINV_Uを例として説明する。Ｖ相のインバータユニットINV_Vの構成やＷ相のインバータユニットINV_Wの構成も同様である。

Ｕ相のインバータユニットINV_Uは、コンバータユニットCNV_1と同じく中性点クランプ（ＮＰＣ）形である。そして、このインバータユニットINV_Uは、２つのＮＰＣレグが並列接続されてフルブリッジ構成をなす。インバータユニットINV_Uの高電位側端子と中性点側端子の間には、直流リンクコンデンサC_{UP}が設けられる。また、インバータユニットINV_Uの中性点側端子と低電位側端子との間には、直流リンクコンデンサC_{UN}が設けられる。

【００２１】

Ｖ相のインバータユニットINV_VやＷ相のインバータユニットINV_Wの高電位側端子は、Ｕ相のインバータユニットINV_Uの高電位側端子に接続される。

Ｖ相のインバータユニットINV_VやＷ相のインバータユニットINV_Wの中性点側端子は、Ｕ相のインバータユニットINV_Uの中性点側端子に接続される。

Ｖ相のインバータユニットINV_VやＷ相のインバータユニットINV_Wの低電位側端子は、Ｕ相のインバータユニットINV_Uの低電位側端子に接続される。つまり、各相のインバータユニットは、インバータユニットとコンバータユニットとの間の同一の直流リンク部に接続される。

ＵＶＷ相の各相のコンバータトランス、コンバータユニット、インバータユニットの電圧・電流定格は、各相の間で全て同じであるとする。

【００２２】

コンバータトランスTR_1、TR_2の交流巻線は、コンバータトランスTR_1、TR_2の順に直列接続される。また、各相の電力変換装置における図１中の最下段のコンバータトランスをコンバータトランスTR_2とする。また、図１に示した最上段のコンバータトランスTR_1は三相交流電源１に接続される。この構成により、各コンバータユニットCNV_1、CNV_2の電力系統への出力電圧を加算した電圧が電力系統に出力される。

また、各相のインバータユニットから巻線型誘導発電機２への２つの出力端子は巻線型誘導発電機２の三相の各相に対応する端子にそれぞれ接続される。

【００２３】

次に、図１に示したインバータユニットの詳細構成を説明する。ここでは、Ｕ相を例として説明するが、Ｖ相やＷ相のインバータユニットの構成も同様である。

図１に示したＵ相のインバータユニットINV_Uは８つのスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}、S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}を有する。また、このインバータユニットINV_Uは、８つの還流ダイオードD_{UA1}、D_{UA2}、D_{UA3}、D_{UA4}、D_{UB1}、D_{UB2}、D_{UB3}、D_{UB4}を有する。これらの還流ダイオードは全スイッチング素子にそれぞれ１対１で逆並列接続される。さらに、インバータユニットINV_Uは、中性点に接続される４つのクランプダイオードD_{UA5}、D_{UA6}、D_{UB5}、D_{UB6}を有する。

【００２４】

これらスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}と還流ダイオードD_{UA1}、D_{UA2}、D_{UA3}、D_{UA4}とクランプダイオードD_{UA5}、D_{UA6}とでインバータユニットINV_Uの１つ目のレグが構成される。

これらのスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}は、インバータユニットINV_Uの高電位側から低電位側にかけてS_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}の順で直列接続される。クランプダイオードD_{UA5}のアノードはインバータユニットINV_U側の中性点に接続され、クランプダイオードD_{UA5}カソードはスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}の接続点に接続される。クランプダイオードD_{UA6}のカソードはインバータユニットINV_U側の中性点に接続され、クランプダイオードD_{UA6}のアノードはスイッチング素子S_{UA3}、S_{UA4}の接続点に接続される。

【００２５】

スイッチング素子S_{UA1}には還流ダイオードD_{UA1}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{UA2}には還流ダイオードD_{UA2}が逆並列接続される。また、スイッチング素子S_{UA3}には還流ダイオードD_{UA3}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{UA4}には還流ダイオードD_{UA4}が逆並列

接続される。

【００２６】

また、スイッチング素子S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}と還流ダイオードD_{UB1}、D_{UB2}、D_{UB3}、D_{UB4}とクランプダイオードD_{UB5}、D_{UB6}とでインバータユニットINV_Uの２つ目のレグが構成される。

これらのスイッチング素子S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}は、インバータユニットINV_Uの高電位側から低電位側にかけてS_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}の順で直列接続される。クランプダイオードD_{UB5}のアノードはインバータユニットINV_U側の中性点に接続される。クランプダイオードD_{UB5}のカソードはスイッチング素子S_{UB1}、S_{UB2}の接続点に接続される。クランプダイオードD_{UB6}のカソードはインバータユニットINV_U側の中性点に接続される。クランプダイオードD_{UB6}のアノードはスイッチング素子S_{UB3}、S_{UB4}の接続点に接続される。

【００２７】

スイッチング素子S_{UB1}には還流ダイオードD_{UB1}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{UB2}には還流ダイオードD_{UB2}が逆並列接続される。また、スイッチング素子S_{UB3}には還流ダイオードD_{UB3}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{UB4}には還流ダイオードD_{UB4}が逆並列接続される。

【００２８】

つまり、インバータユニットINV_Uは、スイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}が直列接続され、かつ、スイッチング素子S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}が直列接続されて２つのレグを構成するＮＰＣフルブリッジ電力変換装置である。

【００２９】

また、スイッチング素子S_{UA2}、S_{UA3}の接続点電位V_{UA}とスイッチング素子S_{UB2}、S_{UB3}の接続点電位V_{UB}との電位差$V_{UA}-V_{UB}$は、巻線型誘導発電機２へ出力される。この電位差は、PWM電圧を意味する。

【００３０】

次に、図１に示した各コンバータユニットの詳細構成を説明する。

ここでは第１のコンバータユニットCNV_1について説明するが、第２のコンバータユニットCNV_2の構成も同様である。

第１のコンバータユニットCNV_1は、１２個のスイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}、S_{S1}、S_{S2}、S_{S3}、S_{S4}、S_{T1}、S_{T2}、S_{T3}、S_{T4}を有する。このコンバータユニットCNV_1は、１２個の還流ダイオードD_{R1}、D_{R2}、D_{R3}、D_{R4}、D_{S1}、D_{S2}、D_{S3}、D_{S4}、D_{T1}、D_{T2}、D_{T3}、D_{T4}を有する。これらの還流ダイオードは、全スイッチング素子にそれぞれ１対１で逆並列接続される。さらに、コンバータユニットCNV_1は、このコンバータユニットCNV_1側の中性点に接続される６つのクランプダイオードD_{R5}、D_{R6}、D_{S5}、D_{S6}、D_{T5}、D_{T6}を有する。

【００３１】

詳細に述べると、スイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}と還流ダイオードD_{R1}、D_{R2}、D_{R3}、D_{R4}とクランプダイオードD_{R5}、D_{R6}とでコンバータユニットCNV_1のＲ相のレグが構成される。

【００３２】

スイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}は、コンバータユニットCNV_1の高電位側から低電位側にかけてスイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}の順で直列接続される。

クランプダイオードD_{R5}のアノードはコンバータユニットCNV_1の中性点に接続される。クランプダイオードD_{R5}のカソードはスイッチング素子S_{R1}、S_{R2}の接続点に接続される。また、クランプダイオードD_{R6}のカソードはコンバータユニットCNV_1の中性点に接続される。クランプダイオードD_{R6}のアノードはスイッチング素子S_{R3}、S_{R4}の接続点に接続される。

【００３３】

スイッチング素子S_{R1}には還流ダイオードD_{R1}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{R2}には還流ダイオードD_{R2}が逆並列接続される。また、スイッチング素子S_{R3}には還流ダイオードD_{R3}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{R4}には還流ダイオードD_{R4}が逆並列接続さ

れる。

【００３４】

また、スイッチング素子S_{S1}、S_{S2}、S_{S3}、S_{S4}と還流ダイオードD_{S1}、D_{S2}、D_{S3}、D_{S4}とクランプダイオードD_{S5}、D_{S6}とでコンバータユニットCNV_1のＳ相のレグが構成される。詳細に述べると、スイッチング素子S_{S1}、S_{S2}、S_{S3}、S_{S4}は、コンバータユニットCNV_1の高電位側から低電位側にかけてスイッチング素子S_{S1}、S_{S2}、S_{S3}、S_{S4}の順で直列接続される。

クランプダイオードD_{S5}のアノードはコンバータユニットCNV_1の中性点に接続される。クランプダイオードD_{S5}のカソードはスイッチング素子S_{S1}、S_{S2}の接続点に接続される。クランプダイオードD_{S6}のカソードはコンバータユニットCNV_1の中性点に接続される。クランプダイオードD_{S6}のアノードはスイッチング素子S_{S3}、S_{S4}の接続点に接続される。

【００３５】

スイッチング素子S_{S1}には還流ダイオードD_{S1}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{S2}には還流ダイオードD_{S2}が逆並列接続される。また、スイッチング素子S_{S3}には還流ダイオードD_{S3}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{S4}には還流ダイオードD_{S4}が逆並列接続される。

【００３６】

また、スイッチング素子S_{T1}、S_{T2}、S_{T3}、S_{T4}と還流ダイオードD_{T1}、D_{T2}、D_{T3}、D_{T4}とクランプダイオードD_{T5}、D_{T6}とでコンバータユニットCNV_1のＴ相のレグが構成される。詳細に述べると、スイッチング素子S_{T1}、S_{T2}、S_{T3}、S_{T4}は、コンバータユニットCNV_1の高電位側から低電位側にかけてスイッチング素子S_{T1}、S_{T2}、S_{T3}、S_{T4}の順で直列接続される。

クランプダイオードD_{T5}のアノードはコンバータユニットCNV_1の中性点に接続される。クランプダイオードD_{T5}のカソードはスイッチング素子S_{T1}、S_{T2}の接続点に接続される。また、クランプダイオードD_{T6}のカソードはコンバータユニットCNV_1側の中性点に接続される。クランプダイオードD_{T6}のアノードはスイッチング素子S_{T3}、S_{T4}の接続点に接続される。

【００３７】

スイッチング素子S_{T1}には還流ダイオードD_{T1}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{T2}には還流ダイオードD_{T2}が逆並列接続される。スイッチング素子S_{T3}には還流ダイオードD_{T3}が逆並列接続され、スイッチング素子S_{T4}には還流ダイオードD_{T4}が逆並列接続される。

【００３８】

つまり、コンバータユニットCNV_1は、Ｒ相のスイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}とＳ相のスイッチング素子S_{S1}、S_{S2}、S_{S3}、S_{S4}と、Ｔ相のスイッチング素子S_{T1}、S_{T2}、S_{T3}、S_{T4}とを各相のそれぞれについて直列接続して３つのレグを構成する三相ＮＰＣ電力変換装置である。

【００３９】

なお、コンバータユニットCNV_1のＲ相のレグの接続点電位V_Rと、Ｓ相のレグの接続点電位V_Sと、Ｔ相のレグの接続点電位V_Tとでなる三相電圧はコンバータトランスT_{R1}の直流巻線へ出力される。

接続点電位V_Rは、コンバータユニットCNV_1のＲ相のレグのスイッチング素子S_{R2}、S_{R3}の接続点電位である。接続点電位V_Sは、コンバータユニットCNV_1のＳ相のレグのスイッチング素子S_{S2}、S_{S3}の接続点電位である。また、接続点電位V_Tは、コンバータユニットCNV_1のＴ相のレグのスイッチング素子S_{T2}、S_{T3}の接続点電位である。

【００４０】

本実施形態では、コンバータユニットCNV_1をコンバータトランスT_{R1}の直流巻線側にΔ結線で接続することで、三相の線間電圧V_R-V_S、V_S-V_T、V_T-V_RをコンバータトランスT_{R1}の交流巻線側に出力する。

【００４１】

次に、インバータユニットによる電圧出力方法をＵ相のインバータユニットINV_Uを例として説明する。

インバータユニットINV_Uはフルブリッジ構成である。このため、インバータユニットIN

V_Uの直流電圧をV_{DC}とすると、インバータユニットINV_Uは、$-V_{DC}$、$-V_{DC}/2$、０、$+V_{DC}/2$、$+V_{DC}$でなる５レベルの直流電圧を出力できる。

【００４２】

インバータユニットINV_Uのスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}、S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}の駆動方法を述べる。

本実施形態では、図１に示すように制御装置１０を有する。この制御装置１０は、インバータユニットのスイッチング素子に対するＯＮ／ＯＦＦやコンバータユニットのスイッチング素子に対するＯＮ／ＯＦＦを制御する。

【００４３】

インバータユニットINV_Uは、制御装置１０によるスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA2}、S_{UA3}、S_{UA4}、S_{UB1}、S_{UB2}、S_{UB3}、S_{UB4}に対する選択的なＯＮ／ＯＦＦ制御によって、電位差$V_{UA}-V_{UB}$を巻線型誘導発電機２に出力する。この出力により、巻線型誘導発電機２へは、前述した５レベル、つまり$-V_{DC}$、$-V_{DC}/2$、0、$+V_{DC}/2$、$+V_{DC}$の電圧が印加される。

【００４４】

制御装置１０は、インバータユニットINV_U内の１つ目のレグのスイッチング素子S_{UA1}、S_{UA3}をそれぞれ相補的に動作させ、このレグのスイッチング素子S_{UA2}、S_{UA4}をそれぞれ相補的に動作させる。また、本実施形態では、制御装置１０は、インバータユニットINV_U内の２つ目のレグのスイッチング素子S_{UB1}、S_{UB3}をそれぞれ相補的に動作させ、このレグのスイッチング素子S_{UB2}、S_{UB4}をそれぞれ相補的に動作させる。

三角波キャリア変調を用いて、制御装置１０からのインバータＵ相電圧指令値V_U^*に対応したPWM電圧$V_{UA}-V_{UB}$をインバータユニットINV_Uから出力させる。

【００４５】

また、インバータユニットINV_Uに対する電圧指令値の位相と、インバータユニットINV_Vに対する電圧指令値の位相と、インバータユニットINV_Wに対する電圧指令値の位相は、120度ずつずれている。

つまり、三角波キャリア変調を用いて、制御装置１０からのインバータＶ相電圧指令値V_V^*に対応したPWM電圧$V_{VA}-V_{VB}$をインバータユニットINV_Vから出力させる。また、三角波キャリア変調を用いて、制御装置１０からのインバータＷ相電圧指令値V_W^*に対応したPWM電圧$V_{WA}-V_{WB}$をインバータユニットINV_Wから出力させる。

このように電圧指令値の位相がずれていること以外は、インバータユニットINV_U、INV_V、INV_Wの動作は共通している。

【００４６】

次に、コンバータユニットによる電圧出力方法を第１のコンバータユニットCNV_1を例として説明する。第２のコンバータユニットCNV_2による電圧出力方法も同様である。

第１のコンバータユニットCNV_1は三相ハーフブリッジ構成であるため、系統電圧のＲ相電圧を出力するレグを例として、電力系統の各相についての電圧出力方法を述べる。

コンバータユニットCNV_1のＲ相レグは、スイッチング素子S_{R1}、S_{R2}、S_{R3}、S_{R4}に対するＯＮ/ＯＦＦ制御によって電圧を出力する。この際、直流電圧は、$-V_{DC}/2$、0、$+V_{DC}/2$でなる３レベルの電圧となる。

【００４７】

制御装置１０は、第１コンバータユニットCNV_1内のＲ相のレグのスイッチング素子S_{R1}、S_{R3}をそれぞれ相補的に動作させ、コンバータユニットCNV_1内のＲ相のレグのスイッチング素子S_{R2}、S_{R4}をそれぞれ相補的に動作させる。

【００４８】

次に、コンバータユニットCNV_1、CNV_2を含めたＲ相電圧V_Rの出力方法を説明する。

各コンバータトランスTR_1、TR_2の交流巻線は直列接続されている。このため、Ｒ相電圧V_Rは各コンバータユニットCNV_1、CNV_2のＲ相の出力電圧に基づいて求められる。

本実施形態では、インバータユニットの交流側は各相で電気的に独立しているため、各相のインバータユニットを介して短絡ループが構成されることはない。よって、各相のインバータユニットを構成するスイッチング素子のＯＮ／ＯＦＦ状態に特に制限はない。

【００４９】
　また、３台の単相のインバータユニットが同一の直流リンク部に接続されているため、励磁回路の周波数が低い場合でも、各相のインバータユニットは、電力の脈動を互いに打ち消しあうように動作する。
　このため、直流リンク部に電力を供給するためのコンバータユニット（ＰＷＭ整流器）は、通常のＰＷＭ制御を行なえば、直流リンク電圧を一定に制御することができる。
【００５０】
　また、コンバータユニットのスイッチング素子に対する高速な制御を行う必要がなくなるため、この半導体素子のスイッチング周波数を下げることができる。これにより、スイッチング素子に対するスイッチングに伴って発生する損失を低減することが可能となる。
【００５１】
　本実施形態では、コンバータユニットの数は特に限られず、交流側の電圧と直流リンク電圧に応じて、直列接続や並列接続を行っても良い。
　この実施形態では、中性点クランプ式とした３レベルの半導体電力変換装置を用いている。しかしこれに限らず、出力電圧がさほど高くない場合には、中性点のない２レベルの半導体電力変換装置を用いてもよい。
【００５２】
　また、この実施形態では、巻線型誘導発電機２から電力が流出する場合について説明を行った。しかしこれに限らず、巻線型誘導発電機２へ電力を流入させ、この巻線型誘導発電機２から機械的な出力を得る場合にも適用可能である。
【００５３】
（第２の実施形態）
　次に、第２の実施形態について説明する。なお、以下の各実施形態における構成のうち図１に示したものと同一部分の説明は省略する。
　第２の実施形態では、第１の実施形態にて説明した回路方式に対して、２次側過電圧保護（ＯＶＰ:0ver Voltage Protection）回路を設けている。
【００５４】
　図２は、第２の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムの過電圧保護（ＯＶＰ）回路の設置例を示す図である。図２では、２レベルの半導体電力変換装置を用いた例を示す。
　図２に示すように、第２の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムでは、巻線型誘導発電機２と各相のインバータユニットとの間にＯＶＰ回路１１，１２，１３が設けられる。
【００５５】
　図２に示すように、ＯＶＰ回路１１は、サイリスタなどの半導体素子１１ａ，１１ｂを逆並列に接続したもので構成される。ＯＶＰ回路１２，１３も同様である。
　ＯＶＰ回路１１は、巻線型誘導発電機２とＵ相のインバータユニットとの間における、巻線型誘導発電機２のＵ相における励磁巻線と並列に接続する。
　ＯＶＰ回路１２は、巻線型誘導発電機２とＶ相のインバータユニットとの間における、巻線型誘導発電機２のＶ相における励磁巻線と並列に接続する。
　ＯＶＰ回路１３は、巻線型誘導発電機２とＷ相のインバータユニットとの間における、巻線型誘導発電機２のＷ相における励磁巻線と並列に接続する。
【００５６】
　電力系統にて地絡・短絡事故が発生した場合、巻線型誘導発電機２の一次側（固定子側）には、通常運転時よりはるかに大きな電流が流れる場合がある。
　この場合、巻線型誘導発電機２の２次側（回転子側）には、電磁誘導作用により過大な電圧が発生する。この場合、励磁回路を構成するインバータユニットを停止させても、このインバータユニット内のスイッチング素子と並列に接続されたダイオードを介して電力が直流リンク部に流入し、この直流リンク部の電圧を上昇させてしまう。
【００５７】

そこで、第２の実施形態では、巻線型誘導発電機２の２次側電圧の振幅もしくは直流リンク部の電圧が、あらかじめ設定された値を超えたことを過電圧検出部１０ａが検出した場合、制御装置１０の停止制御部１０ｂは、各相のインバータユニットのスイッチング素子へのゲート信号を停止させることで、インバータユニットを停止させる。

【００５８】

そして、制御装置１０の停止制御部１０ｂは、各相のＯＶＰ回路１１，１２，１３を構成する半導体素子に点孤指令を与えることで、巻線型誘導発電機２の２次側の巻線を短絡させる。このようにして、直流リンク部への電力の流入を抑えることができる。点弧指令の後は、巻線型誘導発電機２は完全な誘導機として電力系統に接続される。

【００５９】

以上のように、第２の実施形態では、巻線型誘導発電機２の２次側に過大な電圧が発生した場合に、励磁巻線に並列に接続されるＯＶＰ回路を動作させる。これにより、２次励磁システムの直流リンク部に流入する電力を抑えて、直流リンク部の電圧の上昇を抑制することができる。

よって、過電圧によるインバータユニットやコンバータユニット（ＰＷＭ整流器）の素子破壊を回避することができる。

【００６０】

（第３の実施形態）

次に、第３の実施形態について説明する。

図３は、第３の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムのＯＶＰ回路の設置例を示す図である。図３では、２レベルの半導体電力変換装置を用いた例を示す。

図３に示すように、第３の実施形態における巻線型誘導発電機の２次励磁システムでは、巻線型誘導発電機２と各相のインバータユニットとの間にＯＶＰ回路２１，２２が設けられる。

【００６１】

図３に示すように、ＯＶＰ回路２１は、３つの半導体素子２１ａ，２１ｂ，２１ｃを設ける。ＯＶＰ回路２２の構成も同様である。

半導体素子２１ａ，２１ｂ，２１ｃはサイリスタであるとする。半導体素子２１ａのアノードはＯＶＰ回路２１の第１の端子をなす。半導体素子２１ａのカソードは、半導体素子２１ｂのアノードに接続されるとともに、ＯＶＰ回路２１の第２の端子をなす。

【００６２】

半導体素子２１ｂのカソードは、ＯＶＰ回路２１の第３の端子をなすとともに、半導体素子２１ｃのアノードに接続される。半導体素子２１ｃのカソードは半導体素子２１ａのアノードに接続される。

【００６３】

ＯＶＰ回路２１の第１の端子は、Ｕ相のインバータユニットINV_Uの接続点電位V_{UA}をなす箇所（高電位点）に接続され、第２の端子は、Ｖ相のインバータユニットINV_Vの接続点電位V_{VA}をなす高電位点に接続され、第３の端子は、Ｗ相のインバータユニットINV_Wの接続点電位V_{WA}をなす高電位点に接続される。

【００６４】

また、ＯＶＰ回路２２の第１の端子は、Ｕ相のインバータユニットINV_Uの接続点電位V_{UB}をなす箇所（低電位点）に接続され、第２の端子は、Ｖ相のインバータユニットINV_Vの接続点電位V_{VB}をなす低電位点に接続され、第３の端子は、Ｗ相のインバータユニットINV_Wの接続点電位V_{WB}をなす低電位点に接続される。

【００６５】

第３の実施形態では、巻線型誘導発電機２の３組の励磁巻線の一端を短絡し、かつ、励磁巻線の他端を短絡するために、ＯＶＰ回路２１，２２は、各相のインバータユニットの高電位側と低電位側に１つずつ設置される。

【００６６】

第３の実施形態では、制御装置１０がＯＶＰ回路３２の半導体素子に点弧指令を与える

と、巻線型誘導発電機２の３組の励磁巻線の中性点を接続することができる。この結果、巻線型誘導発電機２の各相の励磁巻線の結線は、通常の巻線型誘導発電機と同様な星型結線となり、各相の励磁巻線を同一電位とすることができる。

また、制御装置１０がＯＶＰ回路３１の半導体素子に点弧指令を与えることで、巻線型誘導発電機２の励磁巻線の相間を短絡することができる。

【００６７】

制御装置１０の過電圧検出部１０ａが、直流リンク部や巻線型誘導発電機２の励磁巻線の過電圧を検知した場合、制御装置１０の停止制御部１０ｂは、各相のインバータユニットのスイッチング素子へのゲート信号を停止させることで、これらのインバータユニットを停止させる。

そして、停止制御部１０ｂは、ＯＶＰ回路３１，３２を構成する半導体素子に対して点孤指令を与える。

【００６８】

このようにして直流リンク部への電力流入を抑えることができ、過電圧の発生を抑制することができる。第２の実施形態と同様に、点弧指令の後は、巻線型誘導発電機２は完全な誘導機として電力系統に接続される。

【００６９】

以上のように、第３の実施形態では、第２の実施形態で説明した特徴に加えて、巻線型誘導発電機２の３組の励磁巻線の電位を同一とすることができる。これにより、巻線型誘導発電機２の設計にあたり、各相の巻線間の絶縁耐力などを考慮しなくてもすむようになる。また、第２の実施形態と比較して、２次側過電圧保護回路の数を減らすことができる。

【００７０】

発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

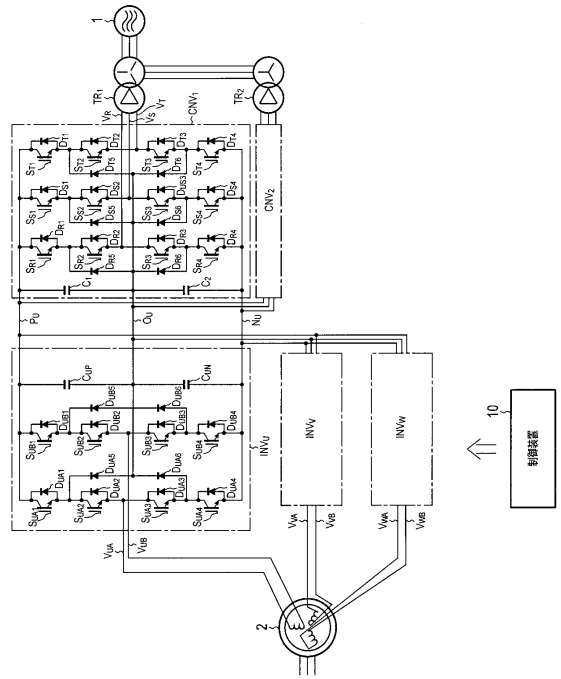
【符号の説明】

【００７１】

１…三相交流電源、２…巻線型誘導発電機、１１，１２，１３，２１，２２…２次側過電圧保護（ＯＶＰ:Over Voltage Protection）回路。

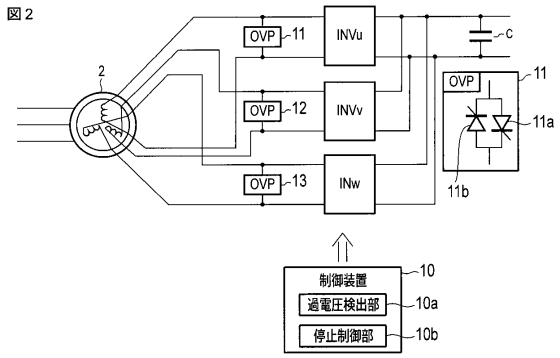
【図１】

図１



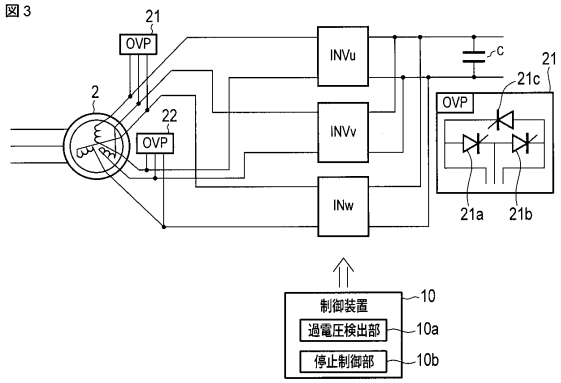
【図２】

図２



【図３】

図３



フロントページの続き

(74)代理人　100189913
弁理士　鵜飼　健
(72)発明者　稲垣　克久
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　鈴木　健太郎
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　長谷川　隆太
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　石月　照之
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内
(72)発明者　楠　清志
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

審査官　マキロイ　寛済

(56)参考文献　欧州特許出願公開第０２４７２１０７（ＥＰ，Ａ１）
特開昭５３－０９９４０９（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１２／１７４７３７（WO，Ａ１）
特開昭５９－０３７８９８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｐ　　９／００