

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5916526号
(P5916526)

(45) 発行日 平成28年5月11日 (2016. 5. 11)

(24) 登録日 平成28年4月15日 (2016. 4. 15)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 21/00 (2016. 01)

H O 2 P 5/408 A

H O 2 P 27/04 (2016. 01)

H O 2 P 7/63 3 O 2 B

H O 2 P 27/06 (2006. 01)

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-136690 (P2012-136690)
 (22) 出願日 平成24年6月18日 (2012. 6. 18)
 (65) 公開番号 特開2014-3783 (P2014-3783A)
 (43) 公開日 平成26年1月9日 (2014. 1. 9)
 審査請求日 平成26年10月8日 (2014. 10. 8)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100094916
 弁理士 村上 啓吾
 (74) 代理人 100073759
 弁理士 大岩 増雄
 (74) 代理人 100127672
 弁理士 吉澤 憲治
 (74) 代理人 100088199
 弁理士 竹中 孝生
 (72) 発明者 石塚 充
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機を駆動するために上記複数の巻線群にそれぞれ電力供給する複数の電力変換器を P W M 制御する電力変換器制御装置において、
 上記多重巻線型電動機の回転子の磁極位置を検出する位置検出器と、
 与えられたトルク指令および上記位置検出器からの磁極位置信号に基づいて上記各電力変換器の三相電圧指令を生成する電圧指令演算部と、
 上記複数の電力変換器をそれぞれ P W M 制御するための複数のキャリア信号を等しい周波数で生成するキャリア生成部と、
 上記各電力変換器毎に上記三相電圧指令と上記キャリア信号とを比較して P W M 処理されたスイッチングパルス信号を生成するキャリア比較部とを備え、
 上記キャリア生成部は、上記磁極位置信号に基づく上記多重巻線型電動機の回転速度、上記トルク指令、あるいは上記回転速度と上記トルク指令とから演算される変調率のいずれか 1 つである位相差基準信号に基づいて決定される位相差を与えて上記複数のキャリア信号を生成し、
上記位相差基準信号の値が低い領域では上記位相差を 9 0 度とし、上記位相差基準信号の値が高い領域では上記位相差を 1 8 0 度とすることを特徴とする電力変換器制御装置。

【請求項 2】

上記位置検出器からの磁極位置信号から上記多重巻線型電動機の上記回転速度を演算する速度演算部を備え、

10

20

上記キャリア生成部は、上記回転速度を上記位相差基準信号として、上記回転速度が所定値以下の時は上記位相差を90度とし、上記回転速度が上記所定値を超えると上記位相差を180度として上記複数のキャリア信号を生成することを特徴とする請求項1に記載の電力変換器制御装置。

【請求項3】

上記キャリア生成部は、上記トルク指令を上記位相差基準信号として、上記トルク指令が所定値以下の時は上記位相差を90度とし、上記トルク指令が上記所定値を超えると上記位相差を180度として上記複数のキャリア信号を生成することを特徴とする請求項1に記載の電力変換器制御装置。

【請求項4】

上記位置検出器からの磁極位置信号から上記多重巻線型電動機の上記回転速度を演算する速度演算部と、上記回転速度と上記トルク指令とから上記変調率を演算する変調率演算部とを備え、

上記キャリア生成部は、上記変調率を上記位相差基準信号として、上記変調率が所定値以下の時は上記位相差を90度とし、上記変調率が上記所定値を超えると上記位相差を180度として上記複数のキャリア信号を生成することを特徴とする請求項1に記載の電力変換器制御装置。

【請求項5】

上記キャリア生成部は、上記位相差基準信号が上記所定値を超えると上記位相差を90度から180度まで連続的あるいはステップ的に切り換えることを特徴とする請求項2から請求項4のいずれか1項に記載の電力変換器制御装置。

【請求項6】

複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機の上記複数の巻線群にそれぞれ電力供給する複数の電力変換器と、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の電力変換器制御装置とを備え、該電力変換器制御装置が上記複数の電力変換器をPWM制御して上記多重巻線型電動機を駆動することを特徴とする多重巻線型電動機駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電機子巻線が複数の巻線群として多重化された多重巻線型電動機を駆動する複数の電力変換器を制御する電力変換器制御装置およびそれを備えた多重巻線型電動機駆動装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、電動機をパルス幅変調(PWM)制御された電力変換器によって駆動するとき、電流高調波が発生して損失、騒音などの悪影響を与える。

多重巻線型電動機を駆動するための複数の電力変換器を制御する場合には、各々の電力変換器のスイッチングタイミングに一定の時間差を与えることにより電流高調波を低減する方法が知られている。スイッチングタイミングが同時に発生しないようにするため、キャリア比較するための各々のキャリア信号に所定の位相差を与えてPWM処理するようスイッチングタイミングを制御する装置が開示されている。

【0003】

従来の多重巻線型電動機駆動装置(電力変換器制御装置)として、以下に示すPWM制御モータ装置がある。PWM制御モータ装置は、三角波発生回路により三角波信号を発生し、第1系統のコイルのU、V、W各相に対する電圧指令と三角波発生回路の出力とを第1のPWM変換回路に入力してPWM変換し、第1のPWM変換回路の出力に基づき第1系統のコイルへの電力供給を第1のインバータにより制御する。また、三角波発生回路の出力をずらし手段により所定位相だけずらし、第2系統のコイルのU、V、W各相に対する電圧指令とずらし手段の出力とを第2のPWM変換回路に入力してPWM変換し、第2のPWM変換回路の出力に基づき第2系統のコイルへの電力供給を第2のインバータによ

10

20

30

40

50

り制御する（例えば特許文献１）。

【０００４】

また、従来の多重巻線型電動機駆動装置（電力変換器制御装置）の別例である負荷駆動装置では、第１の三相インバータの第１キャリア周波数と、第２の三相インバータの第２キャリア周波数とは互いに略等しく、第１の三相インバータのデューティ値と、第２の三相インバータのデューティ値とは互いに略等しく、第１の三相インバータと第２の三相インバータとは同じスイッチングパターンで動作し、第１キャリア信号と第２キャリア信号との位相差 d が $117.5^\circ \sim 242.5^\circ$ の範囲にある（例えば特許文献２）。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【０００５】

【特許文献１】特開平６－１９７５９３号公報

【特許文献２】特開２０１０－２８８３２０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上記特許文献１記載の装置では、複数のインバータのPWM制御に用いる三角波信号を所定位相だけずらし、各コイルに流れる電流によって生じる磁束の波形が合成することにより、合成磁束の波形のリプル幅を小さくして鉄損を低減する。これにより高調波損失を低減できるが、運転条件に拘わらず同じ位相差を与えるため騒音低減に対して十分な効果

20

が得られないという問題点があった。

また、上記特許文献２記載の制御では、複数のキャリア信号間の位相差は可変であるが、操作者が位相差を主観的に変更するものであり、安定的な騒音低減効果は得られないものであった。

【０００７】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機を、電力変換器で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で駆動可能な電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【０００８】

この発明の請求項１に係る電力変換器制御装置は、複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機を駆動するために上記複数の巻線群にそれぞれ電力供給する複数の電力変換器をPWM制御するものであって、上記多重巻線型電動機の回転子の磁極位置を検出する位置検出手段と、与えられたトルク指令および上記位置検出器からの磁極位置信号に基づいて上記各電力変換器の三相電圧指令を生成する電圧指令演算部と、上記複数の電力変換器をそれぞれPWM制御するための複数のキャリア信号を等しい周波数で生成するキャリア生成部と、上記各電力変換器毎に上記三相電圧指令と上記キャリア信号とを比較してPWM処理されたスイッチングパルス信号を生成するキャリア比較部とを備える。そして、上記キャリア生成部は、上記磁極位置信号に基づく上記多重巻線型電動機の回転速度、上記トルク指令、あるいは上記回転速度と上記トルク指令とから演算される変調率のいずれか一つである位相差基準信号に基づいて決定される位相差を与えて上記複数のキャリア信号を生成し、上記位相差基準信号の値が低い領域では上記位相差を 90° とし、上記位相差基準信号の値が高い領域では上記位相差を 180° とするものである。

40

【０００９】

この発明の請求項６に係る多重巻線型電動機駆動装置は、複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機の上記複数の巻線群にそれぞれ電力供給する複数の電力変換器と、請求項１に係る上記電力変換器制御装置とを備え、該電力変換器制御装置が上記複数の電力変換器をPWM制御して上記多重巻線型電動機を駆動するものである。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 0 】

この発明に係る電力変換器制御装置は上記キャリア生成部が、上記磁極位置信号に基づく上記多重巻線型電動機の回転速度、上記トルク指令、あるいは上記回転速度と上記トルク指令とから演算される変調率のいずれか1つである位相差基準信号に基づいて決定される位相差を与えて上記複数のキャリア信号を生成し、上記位相差基準信号の値が低い領域では上記位相差を90度とし、上記位相差基準信号の値が高い領域では上記位相差を180度とするため、複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機を、電力変換器で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で駆動できる。

【 0 0 1 1 】

また、この発明に係る多重巻線型電動機駆動装置は、複数の巻線群を備えた多重巻線型電動機を、電力変換器で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で駆動できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置の構成図である。

【図2】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置に係るキャリア信号のタイミングチャート図である。

【図3】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置に係るキャリア信号の位相差によるスイッチングタイミングの第1の説明図である。

【図4】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置に係るキャリア信号の位相差によるスイッチングタイミングの第2の説明図である。

【図5】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置に係るキャリア信号の位相差の制御特性の説明図である。

【図6】この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置に係るキャリア生成部の詳細ブロック図である。

【図7】この発明の実施の形態2による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機制御システム構成図である。

【図8】この発明の実施の形態2による電力変換器制御装置に係る位相差の制御特性の説明図である。

【図9】この発明の実施の形態3による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機制御システム構成図である。

【図10】この発明の実施の形態3による電力変換器制御装置に係る位相差の制御特性の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

実施の形態1.

以下、この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置について、図1～図6に基づいて以下に説明する。図1は、この発明の実施の形態1による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置の構成図である。図2は、電力変換器制御装置におけるキャリア信号のタイミングチャート図である。図3はキャリア信号の位相差によるスイッチングタイミングを示す第1の説明図、図4はキャリア信号の位相差によるスイッチングタイミングを示す第2の説明図である。図5はキャリア信号の位相差の制御特性の説明図であり、図6はキャリア生成部の詳細ブロック図である。

【 0 0 1 4 】

図1は、例えば2つの巻線群を有する多重巻線型電動機10に対応する二重化した電力変換器制御装置を用いた多重巻線型電動機駆動装置の構成を示している。多重巻線型電動機10は、電動機を構成する巻線が2つの巻線群として多重化された多重巻線型電動機であり、多重巻線型電動機10を駆動するため、第1の巻線群に第1電力変換器8が接続され、第2の巻線群に第2電力変換器9が接続されている。多重巻線型電動機駆動装置は、

複数の電力変換器（第１電力変換器８、第２電力変換器９）とこれらを制御する電力変換器制御装置にて構成され、電力変換器制御装置は、第１電力変換器８および第２電力変換器９を制御することにより、第１電力変換器８から第１の巻線群に電力供給し、第２電力変換器９から第２の巻線群に電力供給して多重巻線型電動機１０を駆動する。

【００１５】

図１に示すように、電力変換器制御装置は、第１電圧指令演算部２および第２電圧指令演算部３と、速度演算部４と、第１キャリア比較部５および第２キャリア比較部６と、キャリア生成部７とを備える。また電力変換器制御装置は、多重巻線型電動機１０の回転子の磁極位置を検出するための位置検出器１１、例えば、インクリメンタルエンコーダやレゾルバを備える。なお、多重巻線型電動機１０が位置検出器１１を備えても良く、その場合、電力変換器制御装置は、位置検出器１１からの出力を得て回転子の磁極位置を検出する。また、位置検出手段として、位置検出器１１の代わりに回転検出器を備えても良い。

10

【００１６】

位置検出器１１で検出された多重巻線型電動機１０の回転子の磁極位置信号（電気角位置信号） e は、速度演算部４に出力されるとともに、第１電圧指令演算部２および第２電圧指令演算部３にも出力される。

電力変換器制御装置の入力端子１に外部からトルク指令 N が入力され、第１電圧指令演算部２では、このトルク指令 N と、位置検出器１１で検出された多重巻線型電動機１０の回転子の磁極位置信号 e とに基づき、三相交流で表された第１の電圧指令 v_1^* を生成し、第１キャリア比較部５に出力する。同様に第２電圧指令演算部３では、トルク指令 N が入力され、このトルク指令 N と、位置検出器１１で検出された多重巻線型電動機１０の回転子の磁極位置信号 e とに基づき、三相交流で表された第２の電圧指令 v_2^* を生成し、第２キャリア比較部６に出力する。

20

なお、多重巻線型電動機１０では、構造上、各巻線群間に一定の位相差が発生するため、この位相差を考慮した電圧指令 v^* （第１の電圧指令 v_1^* 、第２の電圧指令 v_2^* ）の演算を行う。

【００１７】

速度演算部４では、多重巻線型電動機１０の回転子の磁極位置信号 e から、位相差基準信号となる多重巻線型電動機１０の回転速度 e を演算し、キャリア生成部７に出力する。キャリア生成部７は、速度演算部４からの回転速度 e に基づいて位相差を決定し、この位相差を有する等しい周波数の２つのキャリア信号 $7a$ 、 $7b$ （第１のキャリア信号 $7a$ 、第２のキャリア信号 $7b$ ）を出力する。なお、キャリア信号 $7a$ 、 $7b$ には、三角波が用いられるのが一般的である。

30

第１キャリア比較部５では、第１電圧指令演算部２からの第１の電圧指令 v_1^* と、キャリア生成部７が生成する第１のキャリア信号 $7a$ とを振幅比較することにより、PWM処理されたパルス信号である第１のスイッチングパルス $5a$ を第１電力変換器８に出力する。第２キャリア比較部６では、第２電圧指令演算部３からの第２の電圧指令 v_2^* と、キャリア生成部７が生成する第２のキャリア信号 $7b$ とを振幅比較することにより、PWM処理されたパルス信号である第２のスイッチングパルス $5b$ を第２電力変換器９に出力する。

40

【００１８】

次に、電力変換器制御装置の動作の詳細について説明する。

第１電圧指令演算部２、第２電圧指令演算部３では、上位の外部手段から入力されるトルク指令 N と位置検出器１１からの磁極位置信号 e とから三相電圧指令 v^* （第１の電圧指令 v_1^* 、第２の電圧指令 v_2^* ）を演算して出力する。

三相電圧指令 v^* （ v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* ）の生成方法を以下に説明する。

なお、誘導電動機や同期電動機の制御を考える場合、三相交流座標系でなく直交二相座標系（回転座標系）である dq 座標で行われるのが一般的である。

【００１９】

三相交流座標系から dq 座標系への変換を行う行列式は、以下の式（１）で表される。

50

式(1)において、 i_d はd軸上で、 i_q はq軸上で表された電流値である。磁極位置信号は、回転子の界磁磁束の方向をd軸としたときの、d軸の磁極位置を示している。この場合、には電気角の磁極位置信号 e が用いられる。

【0020】

【数1】

$$\begin{aligned} i_d &= \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left[i_u \cdot \cos \theta + i_v \cdot \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) + i_w \cdot \cos\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \right] \\ i_q &= -\sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left[i_u \cdot \sin \theta + i_v \cdot \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) + i_w \cdot \sin\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \right] \end{aligned} \quad \dots (1)$$

10

【0021】

式(1)より、 i_d 、 i_q は、以下の式(2)にて求められる。

【数2】

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

20

なお、 $i_w = -i_u - i_v$ とすれば、三相交流座標系の2つの相電流からdq座標系へ変換可能である。

【0022】

まず、外部からのトルク指令Nに基づき、dq座標系で表された電流指令 i_d^* 、 i_q^* を生成する。多重化された複数の電力変換器(第1電力変換器8、第2電力変換器9)と多重巻線型電動機10との間に流れる電流 i を電流センサを用いて検出し、電流制御ループを構成して電流(値) i を電流指令値 i^* どおりに流れるよう制御する。

即ち、電流センサで検出した相電流値 i (i_u 、 i_v 、 i_w)を、上記式(2)を用いてdq座標系で表された電流検出値 i_d 、 i_q に変換した後、電流指令 i_d^* 、 i_q^* との電流偏差をPI制御することにより電圧指令 v_d^* 、 v_q^* を生成する。

30

さらに電圧指令 v_d^* 、 v_q^* を、以下の式(3)を用いて座標変換することにより、三相電圧指令 v^* (v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^*)に変換する。

【0023】

一般に、dq座標系から三相交流座標系へ座標変換は以下の式(3)で表される。

【数3】

$$\begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

40

【0024】

以上のように、第1、第2電圧指令演算部2、3では、三相電圧指令 v^* (v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^*)である第1の電圧指令 v_1^* 、第2の電圧指令 v_2^* をそれぞれ生成して出力する。なお、必要に応じて各巻線群の機械的な位相差を磁極位置信号 e において考慮し、第1の電圧指令 v_1^* 、第2の電圧指令 v_2^* を生成する。

【0025】

速度演算部4は、位置検出器11からの回転子の磁極位置信号 e に基づき、以下の式(4)を用いて、回転速度 ω を演算する。

50

【数 4】

$$\omega e = \frac{d\theta e}{dt} \quad \dots (4)$$

【 0 0 2 6 】

第 1 の電圧指令 v_1^* 、第 2 の電圧指令 v_2^* は、第 1 キャリア比較部 5、第 2 キャリア比較部 6 において、キャリア生成部 7 にて生成された第 1 のキャリア信号 7 a、第 2 のキャリア信号 7 b と振幅比較され、P W M 処理された第 1、第 2 のスイッチングパルス 5 a、5 b が生成される。

図 2 に各巻線群の三角波のキャリア信号である第 1 のキャリア信号 7 a と第 2 のキャリア信号 7 b のタイミングの関係を示す。図 2 に示すように、実線で示した第 1 のキャリア信号 7 a と、点線で示した第 2 のキャリア信号 7 b とは、一定タイミングずらす処理がされている。この場合、キャリア信号 7 a、7 b の位相差（以下、キャリア位相差と称す）は 90 度である。

10

【 0 0 2 7 】

図 3 は、キャリア位相差が 90 度の場合の、第 1、第 2 のスイッチングパルス 5 a、5 b のスイッチングタイミングを示した図である。なお、キャリア位相差に比して第 1 の電圧指令 v_1^* と第 2 の電圧指令 v_2^* との位相差は僅かであるため、便宜上、第 1 の電圧指令 v_1^* と第 2 の電圧指令 v_2^* とは等しい電圧指令 v^* として表した。この例では、電圧指令 v^* の振幅が小さい場合であり、キャリア位相差が 90 度のときの各々のスイッチングパルス 5 a、5 b、スイッチングタイミング、およびスイッチングノイズの関係を

20

【 0 0 2 8 】

キャリア位相差が 90 度のときは、第 1 のスイッチングパルス 5 a と第 2 のスイッチングパルス 5 b の関係は、キャリア周期の 1 周期の 1 / 4 期間ずれた関係となる。また、第 1 のスイッチングタイミングと第 2 のスイッチングタイミングがちょうど 1 周期の 1 / 4 期間ごとに交互に来ることになり、多重巻線型電動機 10 の巻線群間の結合等に起因して発生するスイッチングノイズなどの騒音周波数はちょうど 2 倍となって発生する。

例えば、キャリア信号 7 a、7 b が 5 K H z の周波数とすると、それぞれのスイッチングパルス 5 a、5 b は 10 K H z の周波数で発生し、このときキャリア信号間に 90 度の位相差を設定すると、スイッチングパルス 5 a、5 b による騒音を 20 K H z の周波数に変化させることができ、人間の耳には聞こえにくい帯域に移動することができる。

30

【 0 0 2 9 】

図 4 は、キャリア位相差が 180 度の場合の、第 1、第 2 のスイッチングパルス 5 a、5 b のスイッチングタイミングを示した図である。第 1 のスイッチングパルス 5 a と第 2 のスイッチングパルス 5 b の関係は 1 周期の 1 / 2 期間ずれた関係となる。この結果、第 1 のスイッチングタイミングと第 2 のスイッチングタイミングがほぼ同じタイミングで発生することとなり、90 度の場合のようなスイッチングパルスの周波数の変化は起こらない。従って、キャリア位相差を 180 度に設定したときには、騒音の低減効果は得られない。しかし、第 1 のスイッチングパルス 5 a と第 2 のスイッチングパルス 5 b の山谷の関係が反転しているため、各コイルに流れる電流によって生じる磁束の波形が合成された合成磁束の波形のリプル幅を小さくして鉄損を低減できるため、高調波損失を低減できる。

40

【 0 0 3 0 】

上述したように、キャリア生成部 7 は、速度演算部 4 からの回転速度 e に基づいてキャリア位相差を決定して、第 1 のキャリア信号 7 a、第 2 のキャリア信号 7 b を出力する。この際、回転速度 e が低い条件では、キャリア位相差を 90 度に設定して低騒音効果を優先し、回転速度 e が大きくなると、キャリア位相差を 180 度に設定して低損失効果を優先して制御する。

図 5 は、回転速度 e とキャリア位相差の関係の一例を示したものである。回転速度

50

e が所定値以下の時はキャリア位相差を 90 度に設定し、回転速度 e が所定値を超えるとキャリア位相差を 180 度に切り換える。なお、この場合、キャリア位相差を 90 度から 180 度まで連続的に切り換えられているが、ステップ的に切り換えても良い。

【0031】

キャリア位相差を決定して第 1 のキャリア信号 7 a、第 2 のキャリア信号 7 b を出力するキャリア生成部 7 の構成および詳細動作を、図 6 に基づき説明する。なお、キャリア位相差を有する複数のキャリア信号の生成方法は、これに限らず他の構成でも可能である。

図 6 に示すように、速度演算部 4 からの回転速度 e が入力端子 12 に入力される。位相差演算部 13 は入力された回転速度 e に応じて、第 1 のキャリア信号 7 a と第 2 のキャリア信号 7 b との位相差を演算する。このとき、メモリマップを用いて出力を求めることや、回転速度を入力とする近似式から位相差の設定量を演算することも可能である。

10

【0032】

比較回路 14 はキャリア比較用の一方のキャリア信号（第 1 のキャリア信号 7 a）を後述するアップ/ダウンカウンタ 16 により生成するときのアップ/ダウンカウンタ 16 の最大値と最小値の比較を行う。アップ/ダウンカウンタ 16 では、アップ/ダウンカウンタ 16 がアップカウント動作中に最大値まで進むと、ダウンカウント動作に切り換わり、ダウンカウント動作中に最小値まで進むとアップカウント動作に切り換わる。その結果、一定周期でアップカウント動作とダウンカウント動作を交互に繰り返されて三角波の形をした第 1 のキャリア信号 7 a を出力端子 18 から出力する。

20

【0033】

位相差設定回路 15 は、アップ/ダウンカウンタ 16 の出力にキャリア位相差に相当する一定値の加算を行うことにより、第 1 のキャリア信号 7 a の出力と第 2 のキャリア信号 7 b の出力にタイミングの差を設定する。例えば、アップ/ダウンカウンタ 16 の出力が、ゼロ～5000 までのカウント値で動作する場合、2500 の値を加算すると、1/4 周期の位相差を与えることができる。

リミッタ回路 17 は、出力の振幅を所望の範囲に調整する。上記の例で、位相差設定回路 15 がカウント値に 2500 の値を加算すると、その結果は、2500～7500 の値を変化することになるので、5000 を越えたカウント値については、5000 を減算して 0～5000 の値が出力されるようにリミッタ処理を行う。リミッタ処理された第 2 のキャリア信号 7 b は出力端子 19 から出力される。

30

【0034】

以上のように、この実施の形態では、多重巻線型電動機 10 の回転速度 e が低い条件では、キャリア位相差を 90 度に設定して低騒音効果を優先し、回転速度 e が大きくなると、キャリア位相差を 180 度に設定して低損失効果を優先して制御する。一般的に電動機で発生する騒音は、電動機の低速運転時には大きく感じられ、高速運転時には小さく感じられる。この実施の形態では、騒音が大きく感じられる時に低騒音効果を優先し、それ以外の時は低損失効果を優先して制御することになり、電力変換器 8、9 で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で多重巻線型電動機 10 を制御することができる。

またキャリア位相差を 90 度に設定する制御では、スイッチングに起因して発生するスイッチングノイズを高周波化できるので、多重巻線型電動機 10 の制御に及ぼす影響を低減することができる。

40

【0035】

また、多重化された複数の電力変換器を用いて多重巻線型電動機を駆動するときには、同じスイッチングタイミングでスイッチング素子を駆動すると高調波が増加することが知られている。この実施の形態では、各巻線群の U 相同士など同じ相の電圧のスイッチングが同方向で同時に起こることがなく、低騒音効果を優先して制御している時も、高調波の増加が抑制できる。

【0036】

なお、多重巻線型電動機の駆動の際に発生する騒音と損失は基本周波数に依存し、また

50

周波数における電動機の動作は電動機の電気的特性に依存する。このため、キャリア位相差の切り換え方は電動機特性によって変更しても良い。また、キャリア位相差についても、電動機特性によっては、90度と180度で切り換えるのが必ずしも最良ではなく、この値に限定されるものではない。

【0037】

また、この実施の形態では、多重巻線型電動機10として2つの巻線群を有する三相交流電動機を用いたが、特に相数や巻線群の数が限定されるものではない。また対象となる多重巻線型電動機は永久磁石型同期電動機でも誘導電動機でもいずれの電動機でもよい。

【0038】

実施の形態2.

10

次に、この発明の実施の形態2による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置について、図7、図8に基づいて以下に説明する。図7は、この発明の実施の形態2による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置の構成図である。図8は、電力変換器制御装置におけるキャリア信号の位相差の制御特性の説明図である。

図7において、図1と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。図7は、実施の形態1と同様、例として2つの巻線群を有する多重巻線型電動機10に対応する二重化した電力変換器制御装置を用いた多重巻線型電動機駆動装置の構成を示している。

【0039】

図7に示すように、キャリア生成部20は、入力された位相差基準信号としてのトルク指令Nに基づいてキャリア位相差を決定し、このキャリア位相差を有する等しい周波数の2つのキャリア信号20a、20b（第1のキャリア信号20a、第2のキャリア信号20b）を出力する。

20

この実施の形態2では、実施の形態1とは異なり、速度演算部がなく、回転速度でなくトルク指令Nに基づいてキャリア位相差を決定する。その他の構成は上記実施の形態1と同様である。

図8は、トルク指令Nとキャリア位相差の関係の一例を示したものである。トルク指令Nが所定値以下の時はキャリア位相差を90度に設定し、トルク指令Nが所定値を超えるとキャリア位相差を180度に切り換える。

【0040】

このように、トルク指令Nが低い条件では、キャリア位相差を90度に設定して低騒音効果を優先し、トルク指令Nが大きくなると、キャリア位相差を180度に設定して低損失効果を優先して制御する。

30

一般的に電動機で発生する騒音は、電動機の低トルク運転時には大きくなり、高トルク運転時には小さくなる傾向がある。この実施の形態では、騒音が大きい時に低騒音効果を優先し、それ以外の時は低損失効果を優先して制御することになり、電力変換器8、9で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で多重巻線型電動機10を制御することができる。実施の形態1に比較して、低トルクの際に騒音が大きく発生する傾向が大きい多重巻線型電動機10の場合に、特に有効である。その他の効果については上記実施の形態1と同様である。

【0041】

40

実施の形態3.

次に、この発明の実施の形態3による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置について、図9、図10に基づいて以下に説明する。図9は、この発明の実施の形態3による電力変換器制御装置および多重巻線型電動機駆動装置の構成図である。図10は、電力変換器制御装置におけるキャリア信号の位相差の制御特性の説明図である。

図9において、図1と同一あるいは相当部分には、同一の符号を付している。図9は、実施の形態1と同様、例として2つの巻線群を有する多重巻線型電動機10に対応する二重化した電力変換器制御装置を用いた多重巻線型電動機駆動装置の構成を示している。

【0042】

図9に示すように、変調率演算部21は、トルク指令Nと速度演算部4で求めた回転速

50

度 e とから位相差基準信号としての変調率 p を演算する。

変調率演算部 2 1 では、まず、トルク指令 N から dq 軸上の電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を求め、さらに電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と回転速度 e から、 dq 軸上の電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* を以下の式 (5) を用いて計算する。このとき、 R は抵抗値、 L_d 、 L_q は dq 座標系で表されたインダクタンス値、 ϕ は誘起電圧定数である。

【0043】

【数5】

$$v_d^* = R \cdot i_d^* - \omega_e \cdot L_q \cdot i_q^* \quad \dots (5)$$

$$v_q^* = R \cdot i_q^* + \omega_e \cdot (L_d \cdot i_d^* + \phi)$$

10

【0044】

さらに、電力変換器 8、9 に入力される直流母線電圧 V_{dc} を用い、以下の式 (6) から変調率 p を求める。

【数6】

$$p = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\sqrt{(v_d^*)^2 + (v_q^*)^2}}{\frac{V_{dc}}{2}} \quad \dots (6)$$

【0045】

キャリア生成部 2 2 は、入力された変調率 p に基づいてキャリア位相差を決定し、このキャリア位相差を有する等しい周波数の 2 つのキャリア信号 2 2 a、2 2 b (第 1 のキャリア信号 2 2 a、第 2 のキャリア信号 2 2 b) を出力する。

20

この実施の形態 3 では、回転速度 e とトルク指令 N とを用いて演算された変調率 p に基づいてキャリア位相差を決定する。その他の構成は上記実施の形態 1 と同様である。

図 10 は、変調率 p とキャリア位相差の関係の一例を示したものである。変調率 p が所定値以下の時はキャリア位相差を 90 度に設定し、変調率 p が所定値を超えるとキャリア位相差を 180 度に切り換える。

【0046】

このように、変調率 p が低い条件では、キャリア位相差を 90 度に設定して低騒音効果を優先し、変調率 p が大きくなると、キャリア位相差を 180 度に設定して低損失効果を優先して制御する。

30

一般的に電動機で発生する騒音は、電動機制御の変調率が低い時には大きくなり、変調率が高い時には小さくなる傾向がある。この実施の形態では、騒音が大きい時に低騒音効果を優先し、それ以外の時は低損失効果を優先して制御することになり、電力変換器 8、9 で発生するスイッチングに伴う騒音と損失を抑え、運転条件に応じて最適な環境で多重巻線型電動機 10 を制御することができる。実施の形態 1、2 に比較して、変調率が低い際に騒音が大きく発生する傾向が大きい多重巻線型電動機 10 の場合に、特に有効である。その他の効果については上記実施の形態 1 と同様である。

【0047】

なお、この発明は、発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

40

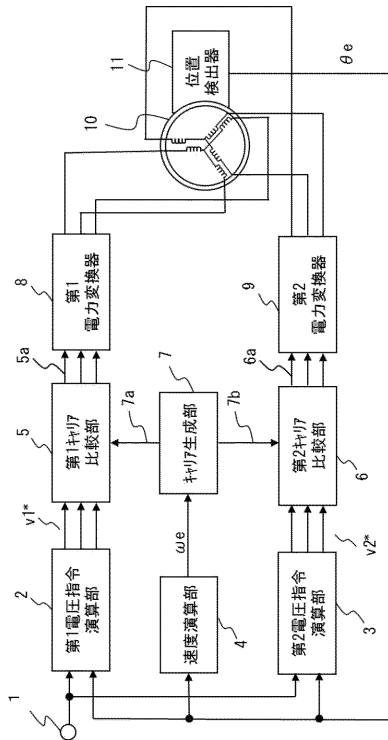
【符号の説明】

【0048】

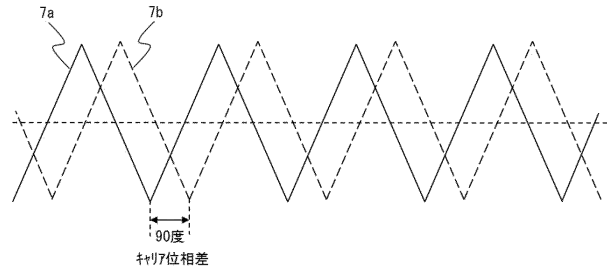
2 第 1 電圧指令演算部、3 第 2 電圧指令演算部、4 速度演算部、
5 第 1 キャリア比較部、6 第 2 キャリア比較部、7 キャリア生成部、
7 a 第 1 のキャリア信号、7 b 第 2 のキャリア信号、8 第 1 電力変換器、
9 第 2 電力変換器、10 多重巻線型電動機、11 位置検出器、
15 位相差設定回路、20 キャリア生成部、20 a 第 1 のキャリア信号、
20 b 第 2 のキャリア信号、21 変調率演算部、22 キャリア生成部、
22 a 第 1 のキャリア信号、22 b 第 2 のキャリア信号。

50

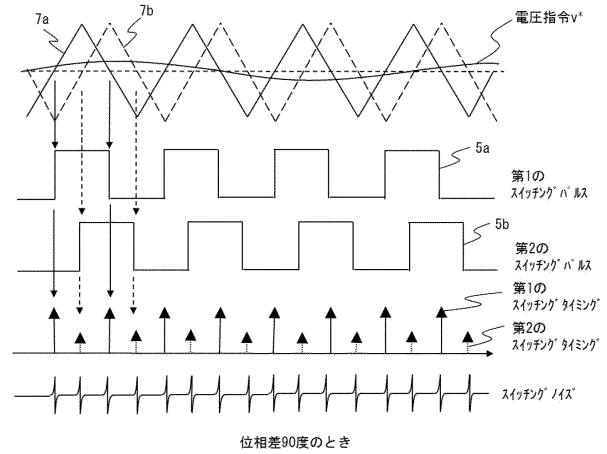
【図1】



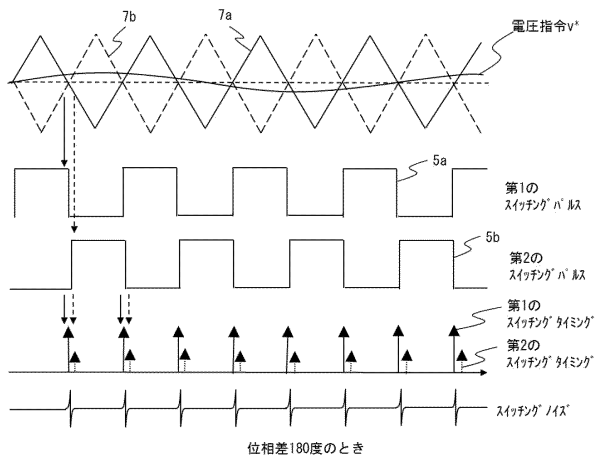
【図2】



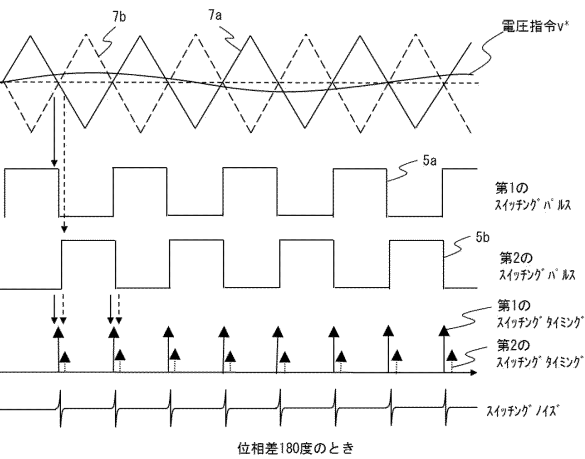
【図3】



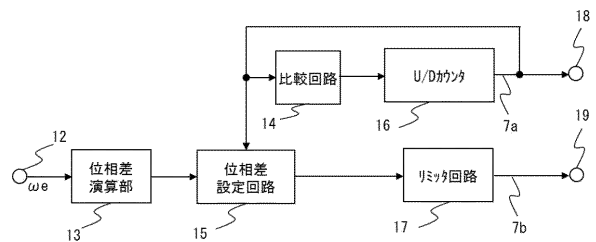
【図4】



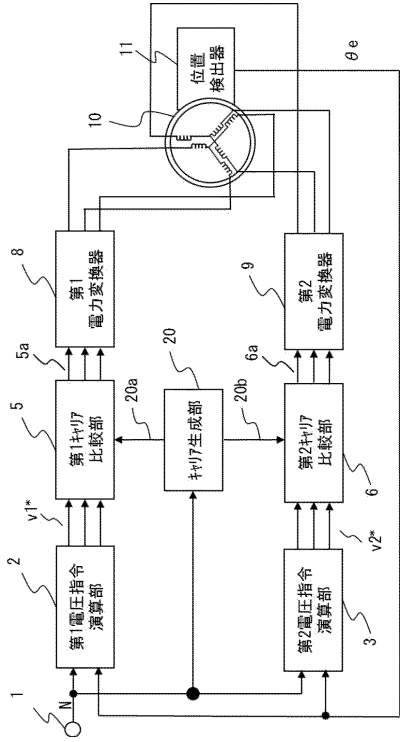
【図5】



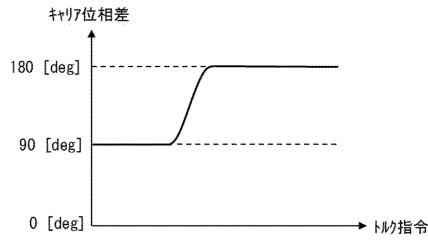
【図6】



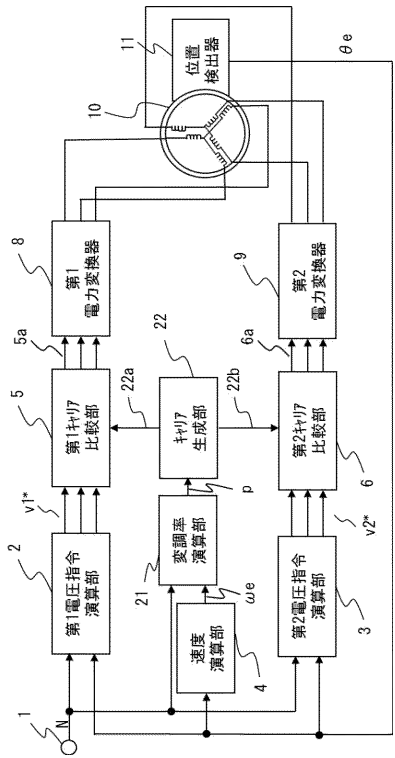
【図 7】



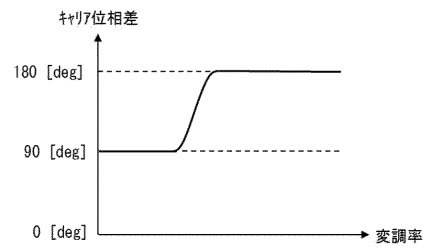
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 佐竹 彰
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0072928(US,A1)
特開2008-092739(JP,A)
特開2008-022671(JP,A)
特開2001-197779(JP,A)
特開2006-054992(JP,A)
特開2008-289322(JP,A)
特開2002-051566(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H02P 21/00-27/18