

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5409727号  
(P5409727)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日(2013.11.15)

(51) Int. Cl. F 1  
 H O 2 P 21/00 (2006.01) H O 2 P 5/408 C  
 H O 2 P 27/04 (2006.01)

請求項の数 6 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-191978 (P2011-191978)                  (22) 出願日 平成23年9月2日 (2011.9.2)                  (65) 公開番号 特開2013-55788 (P2013-55788A)                  (43) 公開日 平成25年3月21日 (2013.3.21)                  審査請求日 平成25年6月14日 (2013.6.14)</p>	<p>(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 100089118                  弁理士 酒井 宏明                  (72) 発明者 江頭 洋一                  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 塩治 雅也</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流電動機の速度制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

交流電動機の電流を回転する直交2軸座標上の2つの成分である磁束軸電流とトルク軸電流とに分けてそれぞれを比例積分制御する電流制御器を有する交流電動機の速度制御装置であって、

トルク軸電流を比例積分制御するトルク軸電流制御器から出力されるトルク軸電圧成分を所定の値以下になるように制限するトルク軸電圧リミッタと、

前記トルク軸電流制御器から出力されるトルク軸電圧成分と前記トルク軸電圧リミッタから出力されるトルク軸電圧指令とからトルク軸電圧飽和量を求める第1の減算器と、

前記求められたトルク軸電圧飽和量を、推定器により推定されたトルク軸過渡電圧飽和量で補正する補正部と、

前記補正されたトルク軸電圧飽和量を保持する第1の積分器と、

前記保持されたトルク軸電圧飽和量と直交2軸座標の回転角速度とから磁束軸電流指令修正量を求めて出力する磁束軸電流指令修正器と、

磁束軸電流指令から前記磁束軸電流指令修正量を減算し磁束軸電流指令修正指令を求めて出力する第2の減算器と、

を備えたことを特徴とする交流電動機の速度制御装置。

【請求項2】

前記補正部は、前記求められたトルク軸電圧飽和量から前記トルク軸過渡電圧飽和量を減算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の交流電動機の手速度制御装置。

【請求項 3】

前記補正部は、トルク軸インダクタンスが第 1 のインダクタンス値である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に第 1 の係数をかけた第 1 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算し、トルク軸インダクタンスが前記第 1 のインダクタンス値より小さい第 2 のインダクタンス値である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に前記第 1 の係数より小さい第 2 の係数をかけた第 2 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算することを特徴とする請求項 1 に記載の交流電動機の手速度制御装置。

【請求項 4】

前記補正部は、トルク軸電流の時間的变化率が第 1 の変化率である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に第 1 の係数をかけた第 1 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算し、トルク軸電流の時間的变化率が前記第 1 の変化率より小さい第 2 の変化率である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に前記第 1 の係数より小さい第 2 の係数をかけた第 2 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の交流電動機の手速度制御装置。

【請求項 5】

前記補正部は、トルク軸インダクタンスとトルク軸電流の時間的变化率との積が第 1 の値である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に第 1 の係数をかけた第 1 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算し、トルク軸インダクタンスとトルク軸電流の時間的变化率との積が前記第 1 の値より小さい第 2 の値である場合、前記トルク軸過渡電圧飽和量に前記第 1 の係数より小さい第 2 の係数をかけた第 2 の補正量を前記求められたトルク軸電圧飽和量から減算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の交流電動機の手速度制御装置。

【請求項 6】

磁束軸電流を比例積分制御する磁束軸電流制御器から出力される磁束軸電圧成分を所定の値以下になるように制限する磁束軸電圧リミッタと、

前記磁束軸電流制御器から出力される磁束軸電圧成分と前記磁束軸電圧リミッタから出力される磁束軸電圧指令とから磁束軸電圧飽和量を求める第 3 の減算器と、

前記求められた磁束軸電圧飽和量を、第 2 の推定器により推定された磁束軸過渡電圧飽和量で補正する第 2 の補正部と、

前記補正された磁束軸電圧飽和量を保持する第 2 の積分器と、

前記保持された磁束軸電圧飽和量と直交 2 軸座標の回転角速度とからトルク軸電流指令修正量を求めて出力するトルク軸電流指令修正器と、

トルク軸電流指令から前記トルク軸電流指令修正量を減算しトルク軸電流指令修正指令を求めて出力する第 4 の減算器と、

をさらに備えた

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の交流電動機の手速度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、交流電動機の手速度制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、交流電動機の手速度制御装置において、q 軸電流制御器から q 軸電圧成分が q 軸電圧リミッタへ出力される場合に、q 軸電圧リミッタの入出力の値を減算器に通してその偏差として q 軸電圧飽和量を求め、q 軸電圧飽和量から d 軸電流指令修正量を求めて d 軸電流を修正することが記載されている。これにより、特許文献 1 によれば、交流電動機において速度が高速回転となった場合でも、回転数に比例して増加する定常的な誘起電圧飽和の発生を抑えることができるので、交流電動機の制御の安定性を向上できるとされている。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4507493号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載の速度制御装置では、定常的な誘起電圧飽和を抑制するために、q軸電圧リミッタの入出力の値の偏差として求めたq軸電圧飽和量の全てを用いてd軸電流指令修正量を求めている。すなわち、定常電圧成分と過渡電圧成分とを含むq軸電圧飽和量に対して、過渡電圧成分が十分小さいと仮定した修正(補正)を行っているものと考えられる。

10

【0005】

しかし、q軸電圧飽和量における過渡電圧成分の割合が無視できないくらい大きくなった場合、過渡電圧成分が十分小さいと仮定した修正(補正)をd軸電流に対して行うと、この補正は、d軸電流(磁束軸電流)の過補償となりやすい。d軸電流(磁束軸電流)の過補償が起こると、交流電動機のモータトルクが減衰する可能性がある。

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、磁束軸電流の過補償を抑制できる交流電動機の速度制御装置を得ることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の1つの側面にかかる交流電動機の速度制御装置は、交流電動機の電流を回転する直交2軸座標上の2つの成分である磁束軸電流とトルク軸電流とに分けてそれぞれを比例積分制御する電流制御器を有する交流電動機の速度制御装置であって、トルク軸電流を比例積分制御するトルク軸電流制御器から出力されるトルク軸電圧成分を所定の値以下になるように制限するトルク軸電圧リミッタと、前記トルク軸電流制御器から出力されるトルク軸電圧成分と前記トルク軸電圧リミッタから出力されるトルク軸電圧指令とからトルク軸電圧飽和量を求める第1の減算器と、前記求められたトルク軸電圧飽和量を、推定器により推定されたトルク軸過渡電圧飽和量で補正する補正部と、前記補正されたトルク軸電圧飽和量を保持する第1の積分器と、前記保持されたトルク軸電圧飽和量と直交2軸座標の回転角速度とから磁束軸電流指令修正量を求めて出力する磁束軸電流指令修正器と、磁束軸電流指令から前記磁束軸電流指令修正量を減算し磁束軸電流指令修正指令を求めて出力する第2の減算器とを備えたことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、磁束軸電流指令修正量を求めるためのトルク軸電圧飽和量に対して過渡電圧飽和量の影響が減少するように補正できるので、磁束軸電流指令修正量が過剰に大きくなることを抑制でき、磁束軸電流の過補償を抑制できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施の形態1にかかる速度制御装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、実施の形態1における補正部の構成を示す図である。

【図3】図3は、実施の形態1における推定器の構成を示す図である。

【図4】図4は、実施の形態1による効果を説明するための図である。

【図5】図5は、実施の形態1の変形例における推定器の構成を示す図である。

【図6】図6は、実施の形態2における補正部の構成を示す図である。

【図7】図7は、実施の形態2の変形例における補正部の構成を示す図である。

【図8】図8は、実施の形態3にかかる速度制御装置の構成を示す図である。

50

【図 9】図 9 は、実施の形態 3 における推定器の構成を示す図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態 3 における推定器の構成を示す図である。

【図 11】図 11 は、基本の形態にかかる速度制御装置の構成を示す図である。

【図 12】図 12 は、基本の形態にかかる速度制御装置の動作を示す図である。

【図 13】図 13 は、基本の形態にかかる速度制御装置の動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、本発明にかかる速度制御装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0011】

実施の形態 1 .

まず、実施の形態 1 にかかる速度制御装置について説明する前に、実施の形態 1 にかかる速度制御装置に対する基本の形態について説明する。基本の形態にかかる速度制御装置 900 の構成について図 11 を用いて説明する。

【0012】

速度制御装置 900 は、永久磁石型の同期式の交流電動機（以下、単に交流電動機とする）PM の電流（すなわち、巻線電流）を制御することにより、交流電動機 PM 内の固定子に対する回転子の回転速度を制御する。速度制御装置 900 は、交流電動機 PM の電流を制御する際に、交流電動機 PM の電流を、回転する直交 2 軸座標（以下、d q 軸座標とする）上の成分である磁束軸（以下、d 軸とする）成分とトルク軸（以下、q 軸とする）成分とに分解して、それぞれ制御するベクトル制御を行う。

【0013】

具体的には、速度制御装置 900 は以下の構成要素を有する。

【0014】

PWM インバータ 22 は、電圧指令  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  に基づいて交流電動機 PM に電力を供給する。すなわち、PWM インバータ 22 は、電圧指令  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  に基づき直流電力を交流電力に変換して、U 相電流  $i_u$ 、V 相電流  $i_v$ 、W 相電流  $i_w$  を含む交流電力を交流電動機 PM へ供給する。電流検出器 23 a、23 b、23 c は、それぞれ交流電動機 PM の U 相電流  $i_u$ 、V 相電流  $i_v$ 、W 相電流  $i_w$  を検出して 3 相 2 相座標変換器 29 へ供給する。

【0015】

速度検出器 24 は、交流電動機 PM 内における回転子の回転速度  $\omega_r$  を検出する。座標回転角速度演算器 40 は、速度検出器 24 により検出された回転速度  $\omega_r$  に係数をかけて、d q 軸座標の回転角速度  $\omega_{dq}$  を演算して積分器 28 及び d 軸電流指令修正器 905 へ供給する。積分器 28 は、回転角速度  $\omega_{dq}$  を積分して d q 軸座標の位相角  $\theta_{dq}$  を求めて 3 相 2 相座標変換器 29 及び 2 相 3 相座標変換器 38 へ供給する。

【0016】

3 相 2 相座標変換器 29 は、d q 軸座標の位相角  $\theta_{dq}$  に基づいて、UVW 軸座標系（固定座標系）における電流ベクトル  $(i_u, i_v, i_w)$  を d q 軸座標系（回転座標系）における電流ベクトル  $(i_d, i_q)$  へ座標変換する。すなわち、3 相 2 相座標変換器 29 は、電流検出器 23 a、23 b、23 c により検出された U 相電流  $i_u$ 、V 相電流  $i_v$ 、W 相電流  $i_w$  を d q 軸座標上の d 軸電流（d 相電流） $i_d$  と q 軸電流（q 相電流） $i_q$  とに分解して、それぞれ減算器 34、36 へ出力する。

【0017】

減算器 32 は、上位コントローラ（図示せず）から速度指令  $\omega_r^*$  を受け、速度検出器 24 から回転速度  $\omega_r$  を受ける。減算器 32 は、速度指令  $\omega_r^*$  から回転速度  $\omega_r$  を減算して、速度指令  $\omega_r^*$  と回転速度  $\omega_r$  との速度偏差  $e_w$  を求めて速度制御器 33 へ出力する。速度制御器 33 は、速度偏差  $e_w$  が 0 になるように P I 制御して、P I 制御の結果として q 軸電流成分  $i_q'$  を q 軸電圧リミッタ 42 へ出力する。

【0018】

10

20

30

40

50

減算器 34 は、後述の d 軸電流修正指令  $i_{d}^* c_{m d}$  を減算器 907 から受け、d 軸電流  $i_d$  を 3 相 2 相座標変換器 29 から受ける。減算器 34 は、d 軸電流修正指令  $i_{d}^* c_{m d}$  から d 軸電流  $i_d$  を減算して、d 軸電流修正指令  $i_{d}^* c_{m d}$  と d 軸電流  $i_d$  との電流偏差  $e_{i_d}$  を求めて d 軸電流制御器 35 へ出力する。d 軸電流制御器 35 は、電流偏差  $e_{i_d}$  が 0 になるように P I 制御して、P I 制御の結果として d 軸電圧成分  $V_d'$  を d 軸電圧リミッタ 43 へ出力する。

【0019】

減算器 36 は、q 軸電流指令  $i_q^*$  を q 軸電流リミッタ 42 から受け、q 軸電流  $i_q$  を 3 相 2 相座標変換器 29 から受ける。減算器 36 は、q 軸電流指令  $i_q^*$  から q 軸電流  $i_q$  を減算して、q 軸電流指令  $i_q^*$  と q 軸電流  $i_q$  との電流偏差  $e_{i_q}$  を求めて q 軸電流制御器 37 へ出力する。q 軸電流制御器 37 は、電流偏差  $e_{i_q}$  が 0 になるように P I 制御して、P I 制御の結果として q 軸電圧成分  $V_q'$  を q 軸電圧リミッタ 44 へ出力する。

10

【0020】

2 相 3 相座標変換器 38 は、d q 軸座標の位相角に基づいて、d q 軸座標系（回転座標系）における電圧ベクトル  $(V_d^*, V_q^*)$  を U V W 軸座標系（固定座標系）における電圧ベクトル  $(V_u^*, V_v^*, V_w^*)$  へ座標変換する。すなわち、2 相 3 相座標変換器 38 は、d 軸電圧指令  $V_d^*$  及び q 軸電圧指令  $V_q^*$  を、それぞれ d 軸電圧リミッタ 43 及び q 軸電圧リミッタ 44 から受ける。2 相 3 相座標変換器 38 は、d 軸電圧指令  $V_d^*$  と q 軸電圧指令  $V_q^*$  とを 3 相交流座標上の電圧指令  $V_u^*, V_v^*, V_w^*$  に変換して P W M インバータ 22 へ電圧指令として出力する。

20

【0021】

q 軸電流リミッタ 42 は、速度制御器 33 から出力される q 軸電流成分  $i_q'$  を所定の範囲内に制限し、その結果を q 軸電流指令  $i_q^*$  として出力する。d 軸電圧リミッタ 43 は、d 軸電流制御器 35 から出力される d 軸電圧成分  $V_d'$  を所定の範囲内に制限し、その結果を d 軸電圧指令  $V_d^*$  として出力する。q 軸電圧リミッタ 44 は、q 軸電流制御器 37 から出力される q 軸電圧成分  $V_q'$  を所定の範囲内に制限し、その結果を q 軸電圧指令  $V_q^*$  として出力する。

【0022】

減算器 2 は、q 軸電圧成分  $V_q'$  を q 軸電流制御器 37 から受け、q 軸電圧指令  $V_q^*$  を q 軸電圧リミッタ 44 から受ける。すなわち、減算器 2 は、q 軸電圧リミッタ 44 の入出力の値を受け、減算器 2 は、q 軸電圧成分  $V_q'$  から q 軸電圧指令  $V_q^*$  を減算して、q 軸電圧成分  $V_q'$  と q 軸電圧指令  $V_q^*$  との偏差を q 軸電圧飽和量  $V_q$  として求めて積分器 904 へ出力する。積分器 904 は、q 軸電圧飽和量  $V_q$  を保持しながら積分し、積分結果として保持された q 軸電圧飽和量  $V_q'$  を d 軸電流指令修正器 905 へ出力する。

30

【0023】

d 軸電流指令修正器 905 は、保持された q 軸電圧飽和量  $V_q'$  を積分器 904 から受け、d q 軸座標の回転角速度  $\omega$  を回転角速度演算器 40 から受ける。d 軸電流指令修正器 905 は、q 軸電圧飽和量  $V_q'$  と d q 軸座標の回転角速度  $\omega$  とに基づいて、d 軸電流指令修正量  $i_d$  を求めて減算器 907 へ出力する。

40

【0024】

d 軸電流指令生成部 46 は、任意の d 軸電流指令  $i_d^*$  を生成して減算器 907 へ出力する。減算器 907 は、d 軸電流指令  $i_d^*$  を d 軸電流指令生成部 46 から受け、d 軸電流指令修正量  $i_d$  を d 軸電流指令修正器 905 から受ける。減算器 907 は、d 軸電流指令  $i_d^*$  から d 軸電流指令修正量  $i_d$  を減算して d 軸電流指令  $i_d^*$  を修正し、修正結果として d 軸電流修正指令  $i_d^* c_{m d}$  を減算器 34 へ出力する。

【0025】

次に、基本の形態にかかる速度制御装置 900 の動作について図 12 及び図 13 を用いて説明する。以下の速度制御装置 900 の動作の説明では、速度検出器 24 により検出される回転速度  $r_r$  を、モータの電氣的な角速度を表すものとして  $r_e$  と表すことにする

50

。

## 【0026】

交流電動機（永久磁石型同期式電動機）PMのベクトル制御において、d軸（磁束軸）電圧指令 $V_d'$ およびq軸（トルク軸）電圧指令 $V_q'$ は、ベクトル制御の電圧方程式より次の数式1、数式2で表される。

## 【0027】

$$V_d' = (R + sL_d) i_d - r_e L_q i_q \cdots \text{数式 1}$$

## 【0028】

$$V_q' = (R + sL_q) i_q + r_e (\omega_{pe} / P_m + L_d i_d) \cdots \text{数式 2}$$

## 【0029】

数式1、2において、 $V_q'$ はq軸電圧指令（モータ印加電圧）である。Rはモータ電機子抵抗である。sはラプラス演算子（微分相当 過渡成分）である。L<sub>q</sub>はq軸インダクタンス（q軸モータ電機子インダクタンス）である。i<sub>q</sub>はq軸電流（q軸モータ電流）である。r<sub>e</sub>は交流電動機PMにおける回転子の電気的な回転速度（モータ電機角速度）である。ω<sub>pe</sub>は磁束鎖交数である。L<sub>d</sub>はd軸インダクタンス（d軸モータ電機子インダクタンス）である。i<sub>d</sub>はd軸電流（d軸モータ電流）である。

## 【0030】

図12に示すように、インバータに供給される電圧には限りがあるのでその最大値をV<sub>MAX</sub>と設定するとd軸電圧指令 $V_d'$ およびq軸電圧指令 $V_q'$ は、それぞれd軸電圧リミット $V_d^*_{Lim}$ およびq軸電圧リミット $V_q^*_{Lim}$ で制限される。すなわち、最大電圧とd q軸電圧リミットとの関係は、次の数式3で表される。

## 【0031】

$$((V_d^*_{Lim})^2 + (V_q^*_{Lim})^2) \leq V_{MAX} \cdots \text{数式 3}$$

## 【0032】

このとき、電圧指令 $V_d^*$ 、 $V_q^*$ の制限は、次の数式4、数式5で表される。

## 【0033】

$$\begin{aligned} & \text{if } V_d' \leq V_d^*_{Lim} \\ & \quad V_d^* = V_d' \\ & \text{else} \\ & \quad V_d^* = \text{sgn}(V_d') V_d^*_{Lim} \cdots \text{数式 4} \end{aligned}$$

## 【0034】

$$\begin{aligned} & \text{if } V_q' \leq V_q^*_{Lim} \\ & \quad V_q^* = V_q' \\ & \text{else} \\ & \quad V_q^* = \text{sgn}(V_q') V_q^*_{Lim} \cdots \text{数式 5} \end{aligned}$$

## 【0035】

高速回転時、回転角速度 $r_e$ が大きくなり電圧方程式（数式1、数式2）の右辺第2項が支配的になると、d軸電圧指令 $V_d^*$ およびq軸電圧指令 $V_q^*$ は、d軸電圧リミット $V_d^*_{Lim}$ およびq軸電圧リミット $V_q^*_{Lim}$ で制限されやすくなる。

## 【0036】

この現象を一般に電圧飽和と言う。交流電動機PMのベクトル制御において、電圧飽和が発生すると交流電動機PMが振動的な応答となったり不安定となったりすることが一般に知られている。特に、q軸電圧指令 $V_q^*$ は $r_e / P_m$ の誘起電圧項があるため、高速回転になるほど電圧飽和しやすく、トルク不足なども生じるので電圧飽和対策を行う必要がある。

## 【0037】

例えば、以下のような電圧飽和対策を行うことが考えられる。すなわち、交流電動機PMが高速回転している場合、電圧方程式（数式1、数式2）の右辺第2項の絶対値が第1項の絶対値よりも十分大きいと仮定して、電圧方程式を次のように置き直す。すなわち、下記の数式6及び数式7のように仮定して、電圧方程式を下記の数式8及び数式9のよう

10

20

30

40

50

に置き直す。

【0038】

$$|(R + sL_d) i_d| \ll | - r_e L_q i_q | \cdots \text{数式 6}$$

【0039】

$$|(R + sL_q) i_q| \ll | r_e ( \ / P_m + L_d i_d ) | \cdots \text{数式 7}$$

【0040】

$$V_d' = - r_e L_q i_q \cdots \text{数式 8}$$

【0041】

$$V_q' = r_e ( \ / P_m + L_d i_d ) \cdots \text{数式 9}$$

【0042】

d軸電圧飽和量  $V_d$  は、d軸電圧指令 (d軸電圧成分)  $V_d'$  からd軸電圧指令をリミッタで制限した値  $V_d^*$  を差引いたものであるから、次の数式10が成り立つ。

【0043】

$$V_d = V_d' - V_d^* \cdots \text{数式 10}$$

【0044】

このd軸電圧飽和量  $V_d$  に高速回転定常状態を想定したd軸電圧指令  $V_d'$ 、すなわち数式8で表される  $V_d'$  を代入すると、下記の数式11となる。

【0045】

$$V_d = - r_e L_q i_q - V_d^* \cdots \text{数式 11}$$

【0046】

このとき、電圧飽和対策の為、(、Lは操作できないので) q軸電流  $i_q$  を  $i_q$  で操作してd軸電圧飽和量  $V_d$  が0になるようにする。すなわち、下記の数式12が成り立つようにd軸電流  $i_d$  を  $i_d$  で操作する。

【0047】

$$0 = - r_e L_q (i_q - i_q) - V_d^* \cdots \text{数式 12}$$

【0048】

d軸電圧飽和量  $V_d$  を0にする補正量  $i_q$  を導出するため数式12を展開して変形すると下記の数式13になる。

【0049】

$$- r_e L_q i_q = - r_e L_q i_q - V_d^* \cdots \text{数式 13}$$

【0050】

高速回転定常状態を想定したd軸電圧指令は上記の数式8で表される通りであるから、数式13に数式8を代入すると、下記の数式14になる。

【0051】

$$- r_e L_q i_q = V_d' - V_d^* \cdots \text{数式 14}$$

【0052】

数式14に数式10を代入して整理すると、下記の数式15になる。

【0053】

$$i_q = - V_d / ( r_e L_q ) \cdots \text{数式 15}$$

【0054】

数式15により、q軸電流指令  $i_q$  を補償する補正量を得られる。

【0055】

また、q軸電圧飽和量  $V_q$  についても同様にして補正量を求める。すなわち、q軸電圧飽和量  $V_q$  は、下記の数式16で示すように、q軸電圧指令 (q軸電圧成分)  $V_q'$  とq軸電圧指令をリミッタで制限した後の値  $V_q^*$  の差で得られる。

【0056】

$$V_q = V_q' - V_q^* \cdots \text{数式 16}$$

【0057】

このq軸電圧飽和量  $V_q$  に高速回転定常状態を想定したq軸電圧指令  $V_q'$ 、すなわち数式9で表されるq軸電圧指令  $V_q'$  を与えると、下記の数式17となる。

10

20

30

40

50

【0058】

$$V_q = r_e \left( \frac{\omega}{P_m} + L_d i_d \right) - V_q^* \cdots \text{数式 17}$$

【0059】

このとき、電圧飽和対策の為、 $(\omega, L)$ は操作できないので) d軸電流  $i_d$  を  $i_d$  で操作して q 軸電圧飽和量  $V_q$  が 0 になるようにする。すなわち、下記の数式 18 が成り立つように d 軸電流  $i_d$  を  $i_d$  で操作する。

【0060】

$$0 = r_e \left( \frac{\omega}{P_m} + L_d (i_d - i_d^*) \right) - V_q^* \cdots \text{数式 18}$$

【0061】

q 軸電圧飽和量  $V_q$  を 0 にする補正量  $i_d$  を導出するため数式 18 を展開して変形すると下記の数式 19 になる。 10

【0062】

$$r_e L_d i_d = r_e \left( \frac{\omega}{P_m} + L_d i_d \right) - V_q^* \cdots \text{数式 19}$$

【0063】

高速回転定常状態を想定した q 軸電圧指令は上記の数式 9 で表される通りであるから、数式 19 に数式 9 を代入すると、下記の数式 20 になる。

【0064】

$$r_e L_d i_d = V_q' - V_q^* \cdots \text{数式 20}$$

【0065】

数式 20 に数式 16 を代入して整理すると、下記の数式 21 になる。 20

【0066】

$$i_d = V_q / (r_e L_d) \cdots \text{数式 21}$$

【0067】

数式 21 により、d 軸電流指令  $i_d$  を補償する補正量を得られる。

【0068】

図 11 に示すような基本の形態にかかる速度制御装置 900 では、例えば数式 21 で表される d 軸電流指令修正量  $i_d$  を用いて d 軸電流指令  $i_d^*$  を補正(修正)する事で、電圧飽和による不安定やトルク不足を回避しようとしている。

【0069】

基本の形態にかかる速度制御装置 900 では、上記したように、高速回転時の定常運転を想定しているため、d 軸電流指令  $i_d^*$  を補正するために取得する q 軸電圧飽和量  $V_q$  には、数式 9 に示されるように、高速回転数に起因した定常的な電圧飽和量のみが含まれるものとされている。すなわち、q 軸電流制御器 37 から出力される q 軸電圧指令  $V_q'$  と q 軸電圧リミッタから出力されるリミット後の q 軸電圧指令  $V_q^*$  との差から q 軸電圧飽和量  $V_q$  を求めている。 30

【0070】

ここで、q 軸電流制御器 37 から出力される q 軸電圧指令  $V_q'$  は、一般的な P I 制御の場合、下記の数式 22 で表される。

【0071】

$$V_q' = (K_{c p} + K_{c i} / s) (i_q^* - i_q) \cdots \text{数式 22}$$

【0072】

数式 22 における q 軸電流  $i_q$  は、電圧方程式(数式 2)から求めることができるが、電圧方程式(数式 2)は、変形すると、下記の数式 23 のように過渡電圧項と定常電圧項とに分けられる。

【0073】

$$V_q' = \{ s L_q i_q \} + \{ R i_q + r_e \left( \frac{\omega}{P_m} + L_d i_d \right) \} \cdots \text{数式 23}$$

【0074】

数式 23 における 1 つ目のカッコ { } 内が過渡電圧項であり、2 つ目のカッコ { } 内が定常電圧項である。そのため、数式 23 を変形して得る q 軸電流  $i_q$  も数式 24 に示すよ 50

うに過渡成分を含む形になる。

【0075】

$$i_q = \frac{V_q' - r_e \left( \frac{1}{P_m + L_d i_d} \right)}{(R + s L_q)} \quad \dots \text{数式 24}$$

【0076】

数式24における分母のうち  $s L_q$  の部分が過渡成分になっている。すなわち、基本の形態にかかる速度制御装置900では、数式2、9、16、21に示されるように、定常電圧成分と過渡電圧成分とを含むq軸電圧飽和量  $V_q$  に対して、過渡電圧成分が十分小さいと仮定した修正(補正)を行っているものと考えられる。

10

【0077】

しかし、q軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分の割合が無視できないくらい大きくなった場合、過渡電圧成分が十分小さいと仮定した修正(補正)をd軸電流に対して行くと、この補正は、d軸電流(磁束軸電流)の過補償となりやすい。すなわち、過渡電圧成分を  $V_{qt}$ 、定常電圧成分  $V_{qs}$  とすると、q軸電圧飽和量  $V_q$  は下記の数式25で表される。

【0078】

$$V_q = V_{qt} + V_{qs} \quad \dots \text{数式 25}$$

【0079】

数式25においてq軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分  $V_{qt}$  の割合が無視できないくらい大きくなった場合、数式21に示すように、q軸電圧飽和量  $V_q$  を用いてd軸電流指令修正量  $i_d$  を求めると、d軸電流指令修正量  $i_d$  が過剰に大きくなるので、d軸電流(磁束軸電流)の過補償となりやすい。d軸電流(磁束軸電流)の過補償が起こると、交流電動機のモータトルクが減衰する可能性がある。

20

【0080】

例えば、図13に示すように、モータ速度が変化する際(例えば、一点鎖線で囲った領域)において、q軸電流  $i_q$  が減衰する傾向にある。このことは、モータ速度が変化する際に、交流電動機のモータトルクが減衰する傾向にあることを示している。

【0081】

次に、実施の形態1にかかる速度制御装置1について図1を用いて説明する。以下では、基本の形態にかかる速度制御装置900と異なる部分を中心に説明する。

30

【0082】

速度制御装置1は、推定器6、補正部3、積分器4、d軸電流指令修正器5、及び減算器7を備える。

【0083】

推定器6は、d軸電流  $i_d$  を3相2相座標変換器29から受け、回転速度(モータ角速度)  $\omega_r$  を速度検出器24から受け、q軸電圧成分  $V_q'$  をq軸電流制御器37から受ける。推定器6は、d軸電流  $i_d$ 、回転速度  $\omega_r$ 、及びq軸電圧成分  $V_q'$  に基づいて、q軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を推定して補正部3へ出力する。

【0084】

補正部3は、q軸電圧飽和量  $V_q$  を減算器2から受け、q軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を推定器6から受ける。補正部3は、過渡電圧飽和量の影響が減少するように、q軸電圧飽和量  $V_q$  をq軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  で補正する。例えば、補正部3は、q軸電圧飽和量  $V_q$  からq軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を減算する。そして、補正部3は、補正されたq軸電圧飽和量  $V_{qs}$  を積分器4へ出力する。

40

【0085】

積分器4は、q軸電圧飽和量  $V_{qs}$  を保持しながら積分し、積分されたq軸電圧飽和量  $V_{qs}'$  をd軸電流指令修正器5へ出力する。

【0086】

d軸電流指令修正器5は、積分されたq軸電圧飽和量  $V_{qs}'$  を積分器4から受け、

50

d q 軸座標の回転角速度 を回転角速度演算器 40 から受ける。d 軸電流指令修正器 5 は、q 軸電圧飽和量  $V_{q_s}$  と d q 軸座標の回転角速度 とに基づいて、d 軸電流指令修正量  $i_d$  を求めて減算器 7 へ出力する。

【0087】

減算器 7 は、d 軸電流指令  $i_d^*$  を d 軸電流指令生成部 46 から受け、d 軸電流指令修正量  $i_d$  を d 軸電流指令修正器 5 から受ける。減算器 7 は、d 軸電流指令  $i_d^*$  から d 軸電流指令修正量  $i_d$  を減算して d 軸電流指令  $i_d^*$  を修正し、修正結果として d 軸電流修正指令  $i_d^*_{cmd}$  を減算器 34 へ出力する。

【0088】

次に、補正部 3 の構成について図 2 を用いて説明する。図 2 は、補正部 3 の構成を示す図である。

10

【0089】

補正部 3 は、例えば、減算器 3a を有する。減算器 3a は、q 軸電圧飽和量  $V_q$  を減算器 2 (図 1 参照) から受け、q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  を推定器 6 (図 1 参照) から受ける。減算器 3a は、q 軸電圧飽和量  $V_q$  から q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  を減算し、減算結果を q 軸電圧飽和量  $V_{q_s}$  として積分器 4 (図 1 参照) へ出力する。

【0090】

次に、推定器 6 の構成について図 3 を用いて説明する。図 3 は、推定器 6 の構成を示す図である。

【0091】

20

推定器 6 は、乗除算器 6a、乗算器 6g、加算器 6b、乗算器 6c、減算器 6d、リミット 6e、及び減算器 6f を有する。乗除算器 6a は、磁束鎖交数を極対数  $P_m$  で割った値「 $\frac{\quad}{P_m}$ 」を求めて加算器 6b へ出力する。乗算器 6g は、d 軸電流  $i_d$  に d 軸インダクタンス  $L_d$  を乗算した値「 $i_d L_d$ 」を求めて加算器 6b へ出力する。加算器 6b は、値「 $\frac{\quad}{P_m}$ 」と値「 $i_d L_d$ 」とを加算した値「 $\frac{\quad}{P_m} + i_d L_d$ 」を乗算器 6c へ出力する。乗算器 6c は、値「 $\frac{\quad}{P_m} + i_d L_d$ 」に回転速度 (モータ電気角速度)  $r_e$  を乗算した値「 $r_e (\frac{\quad}{P_m} + i_d L_d)$ 」を減算器 6d へ出力する。減算器 6d は、q 軸電圧成分 (トルク軸電圧指令)  $V_q'$  から値「 $r_e (\frac{\quad}{P_m} + i_d L_d)$ 」を減算した値「 $(R + s L_q) i_q$ 」を q 軸過渡電圧  $V_{q_s}'$  として求めてリミット 6e 及び減算器 6f へ出力する。リミット 6e は、減算器 6d から出力される q 軸過渡電圧  $V_{q_s}'$  を所定の範囲内に制限し、その結果を q 軸過渡電圧指令  $V_{q_s}^*$  として出力する。減算器 6f は、q 軸過渡電圧  $V_{q_s}'$  から q 軸過渡電圧指令  $V_{q_s}^*$  を減算して q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  を求めて出力する。

30

【0092】

以上のように、実施の形態 1 では、補正部 3 が、q 軸電圧飽和量  $V_q$  を q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  で補正する。これにより、d 軸電流指令修正量  $i_d$  を求めるための q 軸電圧飽和量に対して過渡電圧飽和量の影響が減少するように補正できるので、d 軸電流指令修正量  $i_d$  が過剰に大きくなることを抑制でき、d 軸電流 (磁束軸電流) の過補償を抑制できる。この結果、交流電動機のモータトルクの減衰を低減できる。

【0093】

40

例えば、図 4 に示すように、モータ速度が変化する際 (例えば、一点鎖線で囲った領域) における q 軸電流  $i_q$  の減衰は、過渡電圧飽和量で補正しない場合 (図 13 参照) に比べて、低減できる。これにより、モータ速度が変化する際に、交流電動機のモータトルクの減衰を低減できる。

【0094】

また、実施の形態 1 では、補正部 3 が、q 軸電圧飽和量  $V_q$  から q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  を減算することにより、q 軸電圧飽和量  $V_q$  を q 軸過渡電圧飽和量  $V_{q_t}$  で補正する。これにより、補正部 3 を図 2 に示すように簡易な構成で実現できる。

【0095】

なお、速度制御装置 100 は、推定器 6 (図 3 参照) に代えて、図 5 に示すような推定

50

器 106 を有していても良い。図 5 に示す推定器 106 は、q 軸電流指令  $i_q^*$  を q 軸電流リミッタ 42 から受け、q 軸電流指令  $i_q^*$  に基づいて q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を推定して補正部 3 へ出力する。

【0096】

具体的には、推定器 106 は、減算器 106 a、制御ゲイン 106 b、リミット 106 c、積分器 106 e、及び減算器 106 d を有する。減算器 106 a は、q 軸電流指令  $i_q^*$  から q 軸電流変化推定値  $i_q$  を減算した値  $i_q'$  を制御ゲイン 106 b へ出力する。制御ゲイン 106 b は、値  $i_q'$  をゲイン ( $c_c L_q$ ) により増幅してその結果  $s L_q i_q$  を q 軸過渡電圧  $V_{qs}'$  としてリミット 106 c 及び減算器 106 d へ出力する。リミット 106 c は、制御ゲイン 106 b から出力される q 軸過渡電圧  $V_{qs}'$  を所定の範囲内に制限し、その結果を q 軸過渡電圧指令  $V_{qs}^*$  として減算器 106 d 及び積分器 106 e へ出力する。積分器 106 e は、q 軸過渡電圧指令  $V_{qs}^*$  を積分するとともに所定の係数 ( $1/L_q$ ) をかけて q 軸電流変化推定値  $i_q$  を求めて減算器 106 a へ出力する。減算器 106 d は、q 軸過渡電圧  $V_{qs}'$  から q 軸過渡電圧指令  $V_{qs}^*$  を減算して q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を求めて出力する。

10

【0097】

実施の形態 2 .

次に、実施の形態 2 にかかる速度制御装置 200 について説明する。以下では、実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

【0098】

実施の形態 1 では、q 軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分の割合が無視できないくらい大きくなった場合を想定して、補正部 3 が、q 軸電圧飽和量  $V_q$  から q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を減算することにより、q 軸電圧飽和量  $V_q$  を q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  で補正している。

20

【0099】

一方、q 軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分の割合が無視できない度合は、数式 7 に示されるように、q 軸インダクタンス  $L_q$  に依存するものと考えられる。そこで、実施の形態 2 では、q 軸インダクタンス  $L_q$  がどの程度大きいかに応じて、q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  による補正量を可変にする。

【0100】

具体的には、速度制御装置 200 における補正部 203 は、図 6 に示すように、係数器 203 c、乗算器 203 b、及び減算器 203 a を有する。

30

【0101】

係数器 203 c は、q 軸インダクタンス  $L_q$  の値に応じて係数 K の値を決定する。

【0102】

例えば、係数器 203 c は、q 軸インダクタンス  $L_q$  の複数の値と係数 K の複数の値とが対応付けられた係数テーブルを有している。例えば、係数器 203 c は、係数テーブルを参照することにより、q 軸インダクタンス  $L_q$  がインダクタンス値  $L_{q1}$  である場合、係数 K を値  $K_1$  (例えば、= 1) に決定し、q 軸インダクタンス  $L_q$  がインダクタンス値  $L_{q2}$  ( $< L_{q1}$ ) である場合、係数 K を値  $K_2$  ( $< K_1, > 0$ ) に決定し、q 軸インダクタンス  $L_q$  がインダクタンス値  $L_{q3}$  ( $< L_{q3}$ ) である場合、係数 K を値  $K_3$  ( $< K_2, > 0$ ) に決定する。

40

【0103】

あるいは、例えば、係数器 203 c は、q 軸インダクタンス  $L_q$  の閾値  $L_{qth}$  を有している。例えば、係数器 203 c は、q 軸インダクタンス  $L_q$  の値と閾値  $L_{qth}$  とを比較し、q 軸インダクタンス  $L_q$  の値が閾値  $L_{qth}$  より大きい場合、係数 K を値  $K_1$  (例えば、= 1) に決定し、q 軸インダクタンス  $L_q$  の値が閾値  $L_{qth}$  以下である場合、係数 K を値  $K_2$  ( $< K_1, > 0$ ) に決定する。

【0104】

乗算器 203 b は、q 軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  を推定器 6 から受け、係数 K を係数器

50

203cから受ける。乗算器203bは、q軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  に係数Kを乗算し、その結果を補正量  $K \cdot V_{qt}$  として減算器203aへ出力する。

【0105】

減算器203aは、q軸電圧飽和量  $V_q$  を減算器2（図1参照）から受け、補正量  $K \cdot V_{qt}$  を乗算器203bから受ける。減算器203aは、q軸電圧飽和量  $V_q$  から補正量  $K \cdot V_{qt}$  を減算する。

【0106】

以上のように、実施の形態2では、補正部203が、q軸インダクタンスが第1のインダクタンス値である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数のかけた第1の補正量をトルク軸電圧飽和量から減算し、q軸インダクタンスが第1のインダクタンス値より小さい第2のインダクタンス値である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数より小さい第2の係数のかけた第2の補正量をトルク軸電圧飽和量から減算する。これにより、q軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分の割合が無視できない度合に応じて、補正量を可変にするので、補正に伴う誤差の影響を低減できる。この結果、d軸電流（磁束軸電流）の過補償をさらに抑制できる。

10

【0107】

なお、速度制御装置200iは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率がどの程度大きいかに応じて、q軸過渡電圧飽和量  $V_{qt}$  による補正量を可変にしてもよい。具体的には、速度制御装置200iにおける補正部203iは、図7に示すように、演算部203di、係数器203ci、乗算器203b、及び減算器203aを有する。

20

【0108】

演算部203diは、q軸電流  $i_q$  を3相2相座標変換器29から受ける。演算部203diは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率を演算してその演算結果  $s i_q$  を係数器203ciへ出力する。

【0109】

係数器203ciは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の値に応じて係数Kの値を決定する。

【0110】

例えば、係数器203ciは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の複数の値と係数Kの複数の値とが対応付けられた係数テーブルを有している。例えば、係数器203ciは、係数テーブルを参照することにより、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  が変化率  $s i_{q1}$  である場合、係数Kを値  $K_1$ （例えば、 $= 1$ ）に決定し、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  が変化率  $s i_{q2}$ （ $< s i_{q1}$ ）である場合、係数Kを値  $K_2$ （ $< K_1, > 0$ ）に決定し、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  が変化率  $s i_{q3}$ （ $< s i_{q2}$ ）である場合、係数Kを値  $K_3$ （ $< K_2, > 0$ ）に決定する。

30

【0111】

あるいは、例えば、係数器203ciは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の閾値  $s i_{qth}$  を有している。例えば、係数器203ciは、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の値と閾値  $s i_{qth}$  とを比較し、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の値が閾値  $s i_{qth}$  より大きい場合、係数Kを値  $K_1$ （例えば、 $= 1$ ）に決定し、q軸電流  $i_q$  の時間的変化率  $s i_q$  の値が閾値  $s i_{qth}$  以下である場合、係数Kを値  $K_2$ （ $< K_1, > 0$ ）に決定する。

40

【0112】

このように、補正部203iが、q軸電流の時間的変化率が第1の変化率である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数のかけた第1の補正量をトルク軸電圧飽和量から減算し、q軸電流の時間的変化率が第1の変化率より小さい第2の変化率である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数より小さい第2の係数のかけた第2の補正量をq軸電圧飽和量から減算する。これによっても、q軸電圧飽和量  $V_q$  における過渡電圧成分の割合が無視できない度合に応じて、補正量を可変にするので、補正に伴う誤差の影響を低減できる。この結果、d軸電流（磁束軸電流）の過補償をさらに抑制できる。

50

## 【0113】

あるいは、速度制御装置200iは、q軸インダクタンス $L_q$ とq軸電流 $i_q$ の時間的変化率との積がどの程度大きいかに応じて、q軸過渡電圧飽和量 $V_{qt}$ による補正量を可変にしてもよい。具体的には、速度制御装置200iにおける補正部203iは、図7に示すように、演算部203di、係数器203ci、乗算器203b、及び減算器203aを有する。

## 【0114】

演算部203diは、q軸電流 $i_q$ を3相2相座標変換器29から受ける。演算部203diは、q軸電流 $i_q$ の時間的変化率を演算し、さらにq軸インダクタンス $L_q$ とq軸電流 $i_q$ の時間的変化率との積を演算し、その演算結果 $sL_q i_q$ を係数器203ciへ出力する。

10

## 【0115】

係数器203ciは、q軸インダクタンス $L_q$ とq軸電流 $i_q$ の時間的変化率との積 $sL_q i_q$ の値に応じて係数Kの値を決定する。

## 【0116】

例えば、係数器203ciは、積 $sL_q i_q$ の複数の値と係数Kの複数の値とが対応付けられた係数テーブルを有している。例えば、係数器203ciは、係数テーブルを参照することにより、積 $sL_q i_q$ が値 $sL_{q1} i_{q1}$ である場合、係数Kを値 $K_1$ （例えば、 $=1$ ）に決定し、積 $sL_q i_q$ が値 $sL_{q2} i_{q2}$ （ $< sL_{q1} i_{q1}$ ）である場合、係数Kを値 $K_2$ （ $< K_1, > 0$ ）に決定し、積 $sL_q i_q$ が値 $sL_{q3} i_{q3}$ （ $< sL_{q2} i_{q2}$ ）である場合、係数Kを値 $K_3$ （ $< K_2, > 0$ ）に決定する。

20

## 【0117】

あるいは、例えば、係数器203ciは、積 $sL_q i_q$ の閾値 $sL_{qth} i_{qth}$ を有している。例えば、係数器203ciは、積 $sL_q i_q$ の値と閾値 $sL_{qth} i_{qth}$ とを比較し、積 $sL_q i_q$ の値が閾値 $sL_{qth} i_{qth}$ より大きい場合、係数Kを値 $K_1$ （例えば、 $=1$ ）に決定し、積 $sL_q i_q$ の値が閾値 $sL_{qth} i_{qth}$ 以下である場合、係数Kを値 $K_2$ （ $< K_1, > 0$ ）に決定する。

## 【0118】

このように、補正部203iが、q軸インダクタンスとq軸電流の時間的変化率との積が第1の値である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数をかけた第1の補正量をトルク軸電圧飽和量から減算し、q軸インダクタンスとq軸電流の時間的変化率との積が第1の値より小さい第2の値である場合、q軸過渡電圧飽和量に第1の係数より小さい第2の係数をかけた第2の補正量をq軸電圧飽和量から減算する。これによっても、q軸電圧飽和量 $V_q$ における過渡電圧成分の割合が無視できない度合に応じて、補正量を可変にするので、補正に伴う誤差の影響を低減できる。この結果、d軸電流（磁束軸電流）の過補償をさらに抑制できる。

30

## 【0119】

実施の形態3。

次に、実施の形態3にかかる速度制御装置300について説明する。以下では、実施の形態1と異なる部分を中心に説明する。

40

## 【0120】

実施の形態1では、q軸電圧の変動量が大きいことから、q軸電圧の飽和量に基づいてd軸電流を修正（補正）する場合について着目し、補正部3が、q軸電圧飽和量 $V_q$ をq軸過渡電圧飽和量 $V_{qt}$ で補正している。

## 【0121】

一方、q軸電圧ほどではないにしてもd軸電圧も変動している。そこで、実施の形態3では、d軸電圧の飽和量に基づいてq軸電流を修正（補正）する場合についても、補正部313が、d軸電圧飽和量 $V_d$ をd軸過渡電圧飽和量 $V_{dt}$ で補正するようにする。

## 【0122】

具体的には、速度制御装置300は、推定器316、補正部313、積分器314、q

50

軸電流指令修正器 3 1 5、及び減算器 3 1 7 を備える。

【 0 1 2 3 】

推定器 3 1 6 は、q 軸電流  $i_q$  を 3 相 2 相座標変換器 2 9 から受け、回転速度（モータ電気角速度） $\omega_r$  を速度検出器 2 4 から受け、d 軸電圧成分  $V_d'$  を d 軸電流制御器 3 5 から受ける。推定器 3 1 6 は、q 軸電流  $i_q$ 、回転速度  $\omega_r$ 、及び d 軸電圧成分  $V_d'$  に基づいて、d 軸過渡電圧飽和量  $V_{dt}$  を推定して補正部 3 1 3 へ出力する。

【 0 1 2 4 】

補正部 3 1 3 は、d 軸電圧飽和量  $V_d$  を減算器 3 1 2 から受け、d 軸過渡電圧飽和量  $V_{dt}$  を推定器 3 1 6 から受ける。補正部 3 1 3 は、過渡電圧飽和量の影響が減少するように、d 軸電圧飽和量  $V_d$  を d 軸過渡電圧飽和量  $V_{dt}$  で補正する。例えば、補正部 3 1 3 は、d 軸電圧飽和量  $V_d$  から d 軸過渡電圧飽和量  $V_{dt}$  を減算する。そして、補正部 3 1 3 は、補正された d 軸電圧飽和量  $V_{ds}$  を積分器 3 1 4 へ出力する。

【 0 1 2 5 】

積分器 3 1 4 は、d 軸電圧飽和量  $V_{ds}$  を保持しながら積分し、積分された d 軸電圧飽和量  $V_{ds}'$  を q 軸電流指令修正器 3 1 5 へ出力する。

【 0 1 2 6 】

q 軸電流指令修正器 3 1 5 は、積分された d 軸電圧飽和量  $V_{ds}'$  を積分器 3 1 4 から受け、d q 軸座標の回転角速度  $\omega_{dq}$  を回転角速度演算器 4 0 から受ける。q 軸電流指令修正器 3 1 5 は、d 軸電圧飽和量  $V_{ds}'$  と d q 軸座標の回転角速度  $\omega_{dq}$  に基づいて、q 軸電流指令修正量  $i_q$  を求めて減算器 3 1 7 へ出力する。

【 0 1 2 7 】

減算器 3 1 7 は、q 軸電流指令  $i_q^*$  を q 軸電流リミッタ 4 2 から受け、q 軸電流指令修正量  $i_q$  を q 軸電流指令修正器 3 1 5 から受ける。減算器 3 1 7 は、q 軸電流指令  $i_q^*$  から q 軸電流指令修正量  $i_q$  を減算して q 軸電流指令  $i_q^*$  を修正し、修正結果として q 軸電流修正指令  $i_{qc}^*$  を減算器 3 6 へ出力する。

【 0 1 2 8 】

以上のように、実施の形態 3 では、補正部 3 1 3 が、d 軸電圧飽和量  $V_d$  を d 軸過渡電圧飽和量  $V_{dt}$  で補正する。これにより、q 軸電流指令修正量  $i_q$  を求めるための d 軸電圧飽和量に対して過渡電圧飽和量の影響が減少するように補正できるので、q 軸電流指令修正量  $i_q$  が過剰に大きくなることを抑制でき、q 軸電流（トルク軸電流）の過補償を抑制できる。この結果、交流電動機のモータトルクの減衰をさらに低減できる。

【 0 1 2 9 】

なお、補正部 3 1 3 の内部構成は、実施の形態 1 と同様でもよいし、実施の形態 2 と同様でもよい。また、推定器 3 1 6 の内部構成は、図 9 に示す構成でもよいし、図 10 に示す構成でもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 3 0 】

以上のように、本発明にかかる速度制御装置は、交流電動機の速度の制御に有用である。

【符号の説明】

【 0 1 3 1 】

- 1、1 0 0、2 0 0、2 0 0 i、3 0 0、9 0 0 速度制御装置
- 2 減算器
- 3、2 0 3、2 0 3 i 補正部
- 4、9 0 4 積分器
- 5、9 0 5 d 軸電流指令修正器
- 6、1 0 6 推定器
- 7、9 0 7 減算器
- 3 1 2 減算器
- 3 1 3 補正部

10

20

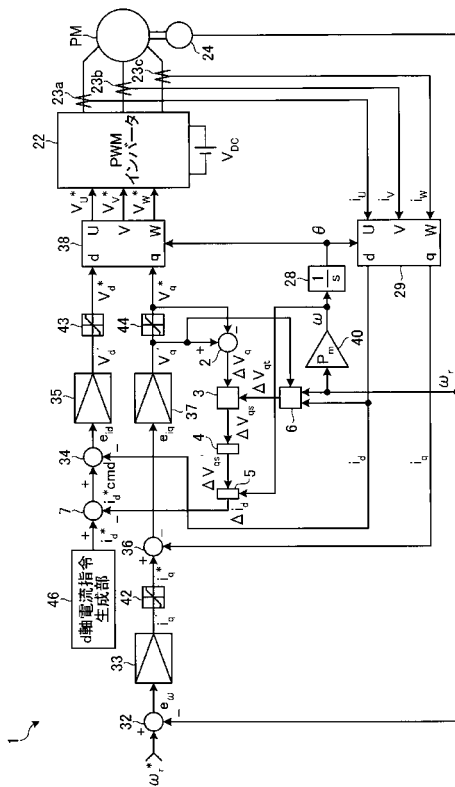
30

40

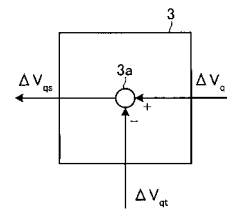
50

- 3 1 4 積分器
- 3 1 5 q 軸電流指令修正器
- 3 1 6 推定器
- 3 1 7 減算器

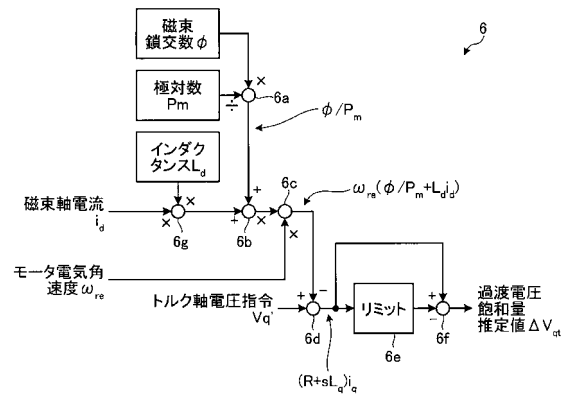
【 図 1 】



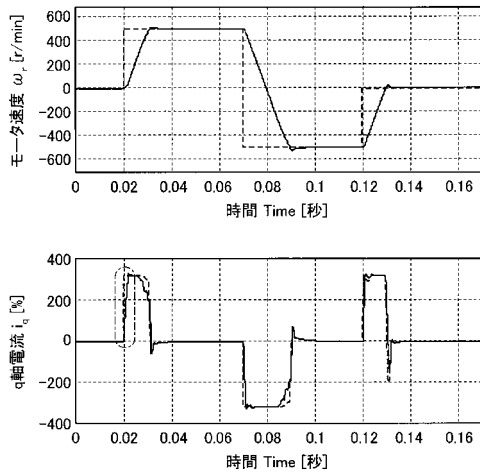
【 図 2 】



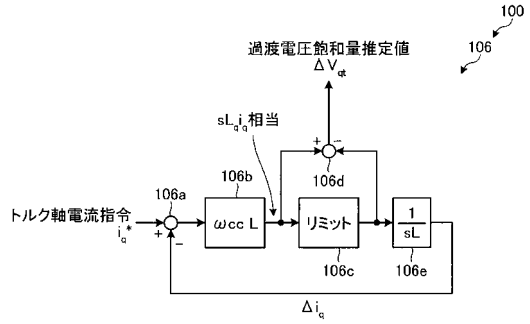
【 図 3 】



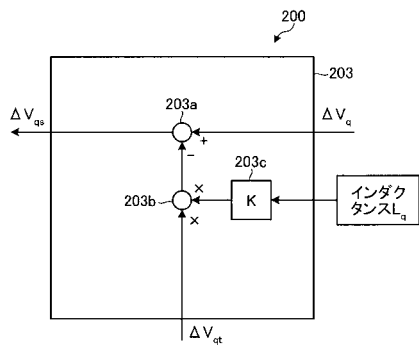
【図4】



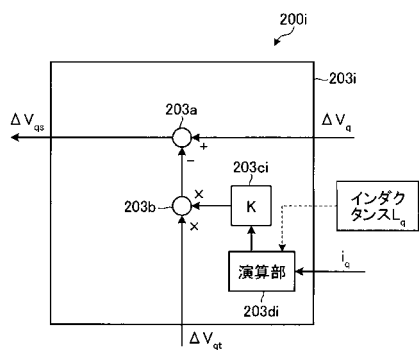
【図5】



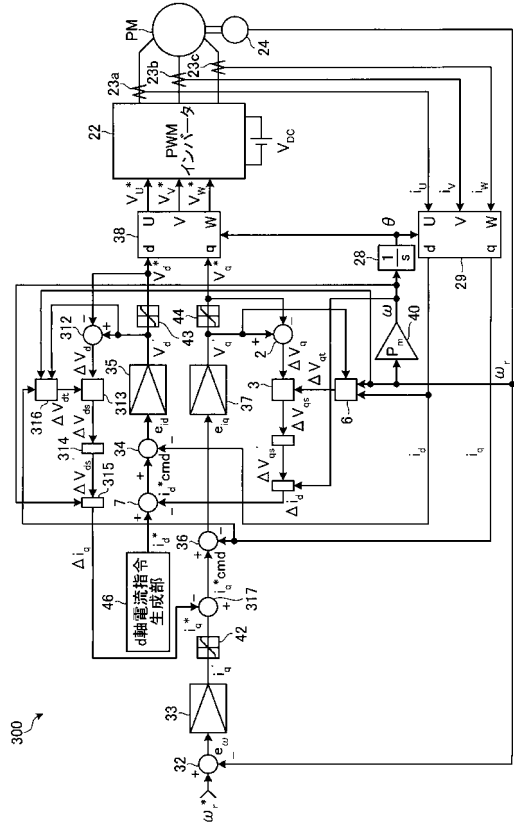
【図6】



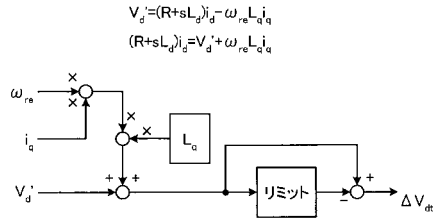
【図7】



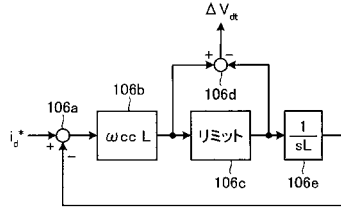
【図8】



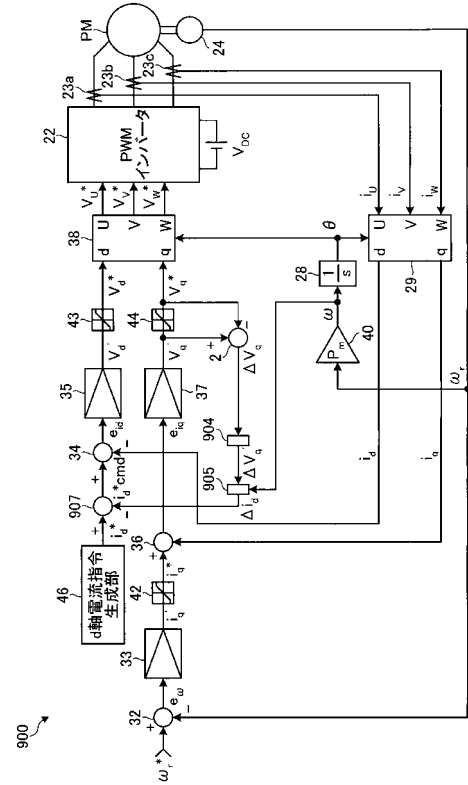
【図9】



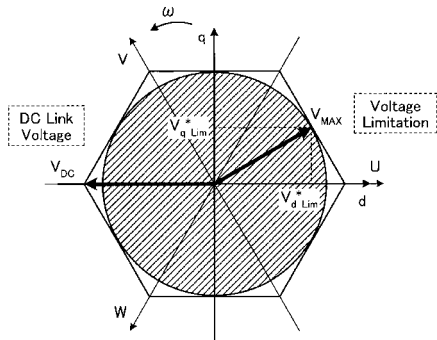
【図10】



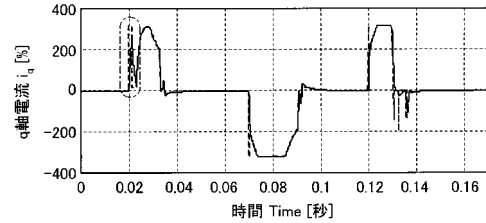
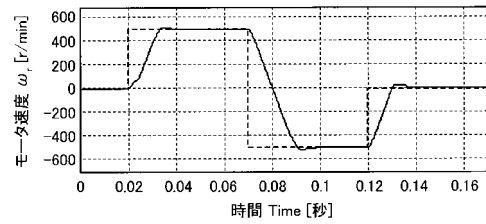
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第4507493(JP, B2)  
特開平11-308900(JP, A)  
特開2007-259538(JP, A)  
特開2010-057223(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 21/00  
H02P 27/04