

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4131079号
(P4131079)

(45) 発行日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(24) 登録日 平成20年6月6日(2008.6.6)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2P 27/06	(2006.01)	HO2P	7/63	3O2G	
HO2M 7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	M	
HO2P 21/00	(2006.01)	HO2P	5/408	A	
HO2P 27/04	(2006.01)				

請求項の数 12 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2000-211426 (P2000-211426)	(73) 特許権者	000006622
(22) 出願日	平成12年7月12日(2000.7.12)		株式会社安川電機
(65) 公開番号	特開2002-34289 (P2002-34289A)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(43) 公開日	平成14年1月31日(2002.1.31)	(74) 代理人	100105647
審査請求日	平成17年8月31日(2005.8.31)		弁理士 小栗 昌平
		(74) 代理人	100105474
			弁理士 本多 弘徳
		(74) 代理人	100108589
			弁理士 市川 利光
		(72) 発明者	森本 進也
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		審査官	西村 泰英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インバータ装置およびその電流制限方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

周波数指令値と、前記周波数指令値からV/f演算により求めた電圧指令値より電圧指令ベクトルを求め、前記電圧指令ベクトルに基づいてPWM変調して電圧を出力するインバータ装置において、

前記インバータ装置の出力電流を検出して前記出力電流から電流の大きさと電流位相とからなる電流ベクトルを求め、電流検出手段と、前記電流の大きさが電流制限値を超えた時に超過分に比例した電圧制限値を求める電圧制限値演算手段と、前記電圧制限値を前記電流位相に基づいて電圧制限ベクトルに変換する電圧制限ベクトル演算手段と、前記電圧指令ベクトルに前記電圧制限ベクトルを加算する電圧補正手段と、前記電流位相に基づいて加速度修正方向を求め、前記電圧制限値に基づいて加速度修正量を求め、前記加速度修正方向と前記加速度修正量により周波数の加速度指令を修正する加速度修正手段とを備えたことを特徴とするインバータ装置。

【請求項2】

前記電圧制限値演算手段は、前記電流制限値を超えた時に超過分に比例した値に対して一次遅れフィルタによりフィルタリングした結果を電圧制限値として出力することを特徴とする請求項1記載のインバータ装置。

【請求項3】

前記電圧制限ベクトル演算手段は、前記電圧制限値を前記電流位相と逆方向のベクトルに変換することを特徴とする請求項1又は2記載のインバータ装置。

【請求項 4】

前記電圧制限ベクトル演算手段は、前記電圧制限値を前記電流位相と逆方向のベクトルのうち前記電圧指令ベクトル方向に直交する電圧制限ベクトル成分を 0 にて出力することを特徴とする請求項 3 記載のインバータ装置。

【請求項 5】

電流の大きさが前記電流制限値より大きな第 2 の電流制限値を超えている間は強制的にゼロ電圧の PWM パターンを出力する第 2 の電流制限手段と、電流の大きさが前記第 2 の電流制限値より大きな第 3 の電流制限値を超えている間はゲートを遮断する第 3 の電流制限手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のインバータ装置。

【請求項 6】

前記第 2 の電流制限手段と前記第 3 の電流制限手段に対し機能を無効にする手段を備えたことを特徴とする請求項 5 記載のインバータ装置。

【請求項 7】

周波数指令値と、前記周波数指令値から V/f 演算により求めた電圧指令値より電圧指令ベクトルを求め、前記電圧指令ベクトルに基づいて PWM 変調して電圧を出力し、過電流が検出された場合には保護動作を行うインバータ装置の電流制限方法において、

前記インバータ装置の出力電流を検出して前記出力電流から電流の大きさ I_1 と電流位相 i からなる電流ベクトルを求め、前記電流の大きさが電流制限値 I_{max} を超えた時に超過分に比例した電圧制限値 V を求め、前記電圧制限値 V を前記電流位相 i に基づいて電圧制限ベクトル V_q 、 V_d に変換し前記電圧指令ベクトルに加算して電圧補正を行い瞬時に電流を制限し、前記電流位相に基づいて加速度修正方向を求め、前記電圧制限値に基づいて加速度修正量を求め、前記加速度修正方向と前記加速度修正量により周波数の加速度指令を修正してパワー効率の良い電流制限を行うことを特徴とするインバータ装置の電流制限方法。

【請求項 8】

前記電圧制限値 V は、前記電流の大きさが電流制限値 I_{max} を超えた時に超過分に比例した値に対して一次遅れフィルタによりフィルタリングし高調波を除去して出力することを特徴とする請求項 7 記載のインバータ装置の電流制限方法。

【請求項 9】

前記電圧制限ベクトル V_q 、 V_d は、前記電圧制限値 V を、電流位相 i と逆方向のベクトル $V_q = -V \sin i$ 、(又は、 $V_q = -V \times I_q / I_1$)、および $V_d = -V \cos i$ 、(又は、 $V_d = -V \times I_d / I_1$)、に変換して作成することを特徴とする請求項 7 又は 8 記載のインバータ装置の電流制限方法。

【請求項 10】

前記電圧制限ベクトルは、前記電圧制限値 V を前記電流位相 i と逆方向のベクトル V_q 、 V_d のうち前記電圧指令ベクトル方向に直交する電圧制限ベクトル成分 V_d を 0 にて出力することを特徴とする請求項 9 記載のインバータ装置の電流制限方法。

【請求項 11】

電流の大きさが前記電流制限値 I_{max} より大きな第 2 の電流制限値 I_{cla}' を超えている間は強制的にゼロ電圧の PWM パターンを出力し、更に、電流の大きさが前記第 2 の電流制限値 I_{cla}' より大きな第 3 の電流制限値 I_{clb}' 、 I_{oc}' を超えている間はゲートを遮断して保護動作を行うことを特徴とする請求項 7 又は 8 記載のインバータ装置の電流制限方法。

【請求項 12】

前記第 2 および第 3 の電流制限値による保護機能を無効にすることが可能であることを特徴とする請求項 11 記載のインバータ装置の電流制限方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、 V/f 制御により誘導電動機等を駆動する際の過電流の抑制を強化したインバ

10

20

30

40

50

ータ装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、誘導電動機を V/f 制御する際、急加速や負荷の急変があると電流が大きくなる。その場合、インバータ装置の半導体素子に許容量を超える電流が流れると素子が破壊されるため過電流レベルを設定して、これを超える電流が流れると過電流保護機能が働き、ゲート遮断により素子の破壊を抑止するようにしている。

また、過電流保護機能によるゲート遮断は再起動の必要が出てくるために、先の過電流レベルより低いレベルで自動復帰させる機能を持つゲート遮断回路や、更に低いレベルに 0 電圧パターンを出力する電流制限回路を用いて電流制限と半導体の保護を行っていた。

また、電流の大きさを検出して周波数を修正する方法や、加速中に電流が増加した場合に加速を停止し、定常運転中に電流が増加した場合は周波数を下げるなど、電流の大きさのみに注目した制御が行われていた。

【 0 0 0 3 】

次に、従来の V/f 制御の実際について具体例を示して説明する。

図 5 は従来の V/f 制御の制御ブロック図である。図 8 は図 5 に示すような V/f 制御の、ある力行状態における電圧指令 V_q^* と電流 I 、および電動機の電圧成分の一例を示したもので、ここでは d 軸を制御出力の基準位相に取り、 d 軸から 90 度の位置に設定した q 軸の電圧を制御する制御形態を示している。

図 5 に示す V/f 制御では、 θ はある基準位置（例えば U 相）からみた d 軸の位置を表している。周波数指令演算部 1 は周波数指令 F_{ref} を入力し加速指令演算手段 2 により設定した加速時間から加速周波数を計算し、加速周波数積分手段 3 により積分して、指令値制限手段 4 により設定した周波数指令値になると、加速を停止するようにして現時点での周波数指令を作成する。

また、減速時には加速周波数積分手段 3 により積分した速度を指令値制限手段 4 により下限値が周波数指令値になると減速を停止するようにする。滑り周波数手段 5 はトルク分電流検出値から電動機の滑り周波数を計算し、出力周波数 6 を求める。

V/f 演算部 7 は出力周波数から、図 7 に示すような周波数 - 電圧パターンより、電圧指令 V_q^* を求める。また、出力周波数から位相演算手段 8 により積分して出力位相 θ を求め、電圧指令 V_q^* 、 V_d^* （値 0）と θ から PWM 指令演算部 9 により 3 相（ UVW 相）の電圧指令を求めて PWM パターンに変換し、ゲートドライバ回路 10 へ出力して電動機 IM に電圧を印加する。

また、従来はストール（停止状態）防止策として電流検出手段 12b により電流の大きさ I_1 を検出し、加速度補正手段 11b により I_1 の大きさが大きくなった時に、加速中であれば加速を遅くし、定常運転中であれば負の値で加速（減速）するようにしていた。しかし急加速や急激な負荷変動があった場合には、電流の増加を抑えることができず、ハードの過電流保護に掛りストールすることがある。

【 0 0 0 4 】

この問題に対しては、図 6 に示すような電流制限回路を作成して電流を抑制しながら、ストールを防止する対策が取られている。

図 6 のように、PWM 指令演算部 9 内の電圧変換手段 9a により dq 軸から UVW 相の電圧に変換され、これを三角波比較器 9b により PWM 変調を行い、反転回路とオンディレイ回路 26 を介してゲートドライブ信号を作成するという通常の構成に、電流制限回路を加えて半導体素子の破壊を防止している。図では過電流レベルを、

$I_{oc} > I_{clb} > I_{cla}$

の 3 段階に分け、まず、電流検出値 I_1 と過電流レベル I_{oc} を比較器 21 により比較して、 I_1 が I_{oc} より大きい時にはラッチ回路 24 によりラッチされゲート遮断選択回路 27 によりゲート遮断信号を選択して出力する。なお、ラッチ回路 24 は所定のタイミングでコントローラからの $reset$ 信号によりリセットされる。

電流がそれより小さい場合は電流検出値 I_1 と次の電流制限レベル I_{clb} とを比較器 2

10

20

30

40

50

0により比較した結果がラッチ回路23にラッチされ、ゲート遮断選択回路27によりゲート遮断信号が出力される。この比較器20とラッチ回路23をCLB回路と呼ぶ。

更に電流が小さい場合は、電流検出値I1とその次の電流制限レベルIc1aとを比較器19により比較し、I1の方が大きければon信号をラッチ回路22によりラッチし、その信号を0電圧切替え回路25により、0電圧パターン発生器18で作成された0電圧パターンを出力する。この比較器19とラッチ回路22、0電圧パターン発生回路18と0電圧切替え回路25を総称してCLA回路と呼ぶ。

ラッチ回路22、23はある設定されたタイミングCLKにより自動的にリセットされる。これによって電流検出値I1が過電流レベルIocより低く、電流制限レベルIc1aより大きい場合は固定パターンのゲートドライブ信号になるが、ゲート遮断ではないので電流を制限しながら運転は継続することができる。但し、こうした電流の大きさだけによる過電流防止策では、電動機の回生状態の時に電圧を小さくすると逆に電流が増加したり、又、CLA、CLB回路が動作している間は電動機に対してパワーが供給されないために効率が落ちる点は否めない。

次に、電流の大きさによる補正以外の方式としては、検出した電流と逆方向の電圧制限ベクトルを用いて電圧の補正を行い、電圧制限ベクトルの大きさに対してPI制御を施して速度指令の補正を行うようにした方式がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図6の方式の場合は、電流の大きさから電圧の大きさを補正して電流制限を行っているので、電動機が回生状態の時に電圧を小さくすると逆に電流を増加させてしまう、このように電動機の状態によっては電流を制限することができず、逆に電流が大きくなって過電流保護機能が働きゲート遮断によりストールする場合がある。

また、0電圧を使う方式では電流が歪み電動機へのパワーの供給が無くなるため、結果的に効率が悪くなってしまう。このため電流を確実に落としながらパワー効率の良い電流制限方法が望まれているにも関わらず、未だ要望が満たされていないという問題があった。更に、検出した電流と逆方向の電圧制限ベクトルを用いて電圧の補正を行い、電圧制限ベクトルに対してPI制御を施して速度指令を補正する場合は、電流と逆方向のベクトルで電圧を補償することにより電流を減らすことが可能になっているが、速度指令に対して電流の大きさのみに注目したPI制御を施すために、電動機が力行状態の場合は補正が働くが、回生の場合には周波数補正が逆に悪影響を及ぼし電流を制限できなくなる場合がある。また、速度の補正方法がPI制御であるため、瞬間的に大きな負荷が掛かった場合には、それに応じた大きな周波数補正が入るため不安定になりやすい。また、不安定な状態の時には積分が溜まり暴走の危険性がある。それに電圧の補正DVq、DVdの方向が電圧制御軸方向のみでなく、それと直交する方向にまで補正を加えるため、乱調などの不具合の発生を抑制することが難しく、安定性を確保できないという問題があった。依って、本発明の目的は、電動機の状態に関わらず確実に電流を制限して素子の破壊とストールを防止して、電動機を効率良く安定に運転させることが可能なインバータ装置およびその電流制限方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1に記載のインバータ装置の発明は、周波数指令値と、前記周波数指令値から V/f 演算により求めた電圧指令値より電圧指令ベクトルを求め、前記電圧指令ベクトルに基づいてPWM変調して電圧を出力するインバータ装置において、前記インバータ装置の出力電流を検出して前記出力電流から電流の大きさと電流位相とからなる電流ベクトルを求める電流検出手段と、前記電流の大きさが電流制限値を超えた時に超過分に比例した電圧制限値を求める電圧制限値演算手段と、前記電圧制限値を前記電流位相に基づいて電圧制限ベクトルに変換する電圧制限ベクトル演算手段と、前記電圧指令ベクトルに前記電圧制限ベクトルを加算する電圧補正手段と、前記電流位相に基づいて加速度修正方向を求め、前記電圧制限値に基づいて加速度修正量を求め、前記加速度

10

20

30

40

50

修正方向と前記加速度修正量により周波数の加速度指令を修正する加速度修正手段とを備えたことを特徴としている。

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 記載のインバータ装置において、前記電圧制限値演算手段が、前記電流制限値を超えた時に超過分に比例した値に対して一次遅れフィルタによりフィルタリングした結果を電圧制限値として出力することを特徴としている。

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載のインバータ装置において、前記電圧制限ベクトル演算手段が、前記電圧制限値を前記電流位相と逆方向のベクトルに変換することを特徴としている。

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 記載のインバータ装置において、前記電圧制限ベクトル演算手段が、前記電圧制限値を前記電流位相と逆方向のベクトルのうち前記電圧指令ベクトル方向に直交する電圧制限ベクトル成分を 0 にて出力することを特徴としている。

10

また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載のインバータ装置において、電流の大きさが前記電流制限値より大きな第 2 の電流制限値を超えている間は強制的にゼロ電圧の PWM パターンを出力する第 2 の電流制限手段と、電流の大きさが前記第 2 の電流制限値より大きな第 3 の電流制限値を超えている間はゲートを遮断する第 3 の電流制限手段とを備えたことを特徴としている。

また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 5 記載のインバータ装置において、前記第 2 の電流制限手段と前記第 3 の電流制限手段に対し機能を無効にする手段を備えたことを特徴としている。

20

また、請求項 7 に記載のインバータ装置の電流制限方法の発明は、周波数指令値と、前記周波数指令値から V/f 演算により求めた電圧指令値より電圧指令ベクトルを求め、前記電圧指令ベクトルに基づいて PWM 変調して電圧を出力し、過電流が検出された場合には保護動作を行うインバータ装置の電流制限方法において、前記インバータ装置の出力電流を検出して前記出力電流から電流の大きさ I_1 と電流位相 i からなる電流ベクトルを求め、前記電流の大きさが電流制限値 I_{max} を超えた時に超過分に比例した電圧制限値 V を求め、前記電圧制限値 V を前記電流位相 i に基づいて電圧制限ベクトル V_q 、 V_d に変換し前記電圧指令ベクトルに加算して電圧補正を行い瞬時に電流を制限し、前記電流位相に基づいて加速度修正方向を求め、前記電圧制限値に基づいて加速度修正量を求め、前記加速度修正方向と前記加速度修正量により周波数の加速度指令を修正してパ

30

ワー効率の良い電流制限を行うことを特徴としている。

また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 7 記載のインバータ装置の電流制限方法において、前記電圧制限値 V が、前記電流の大きさが電流制限値 I_{max} を超えた時に超過分に比例した値に対して一次遅れフィルタによりフィルタリングし高調波を除去して出力することを特徴としている。

また、請求項 9 に記載の発明は、請求項 7 又は 8 記載のインバータ装置の電流制限方法において、前記電圧制限ベクトル V_q 、 V_d が、前記電圧制限値 V を、電流位相 i と逆方向のベクトル $V_q = -V \sin i$ 、(又は、 $V_q = -V \times I_q / I_1$)、および $V_d = -V \cos i$ 、(又は、 $V_d = -V \times I_d / I_1$)、に変換して作成することを特徴としている。

40

また、請求項 10 に記載の発明は、請求項 9 記載のインバータ装置の電流制限方法において、前記電圧制限ベクトルが、前記電圧制限値 V を前記電流位相 i と逆方向のベクトル V_q 、 V_d のうち前記電圧指令ベクトル方向に直交する電圧制限ベクトル成分 V_d を 0 にて出力することを特徴としている。

また、請求項 11 に記載の発明は、請求項 7 又は 8 記載のインバータ装置の電流制限方法において、電流の大きさが前記電流制限値 I_{max} より大きな第 2 の電流制限値 $I_{cl a'}$ を超えている間は強制的にゼロ電圧の PWM パターンを出力し、更に、電流の大きさが前記第 2 の電流制限値 $I_{cl a'}$ より大きな第 3 の電流制限値 $I_{cl b'}$ 、 $I_{oc'}$ を超えている間はゲートを遮断して保護動作を行うことを特徴としている。

また、請求項 12 に記載の発明は、請求項 11 記載のインバータ装置の電流制限方法に

50

において、前記第2および第3の電流制限値による保護機能が無効にすることが可能であることを特徴としている。

【0007】

このインバータ装置およびその過電流抑制方法によれば、図1で過電流制限値 I_{max} を超えた超過分に比例した電圧制限値 V を求め、電圧制限値を電流位相に基づいた電圧制限ベクトル V_q 、 V_d に変換し、電圧指令ベクトルに加算することによって、瞬時の過電流を抑止可能にすると共に、電圧制限値 V と電流位相 i に基づいて周波数の加速度指令を修正することによって、電流を制限しながらストールを避けて効率良く運転することができる。

その際、電圧制限値 V に対しては一次遅れフィルタ ($K/1 + Ts$) を通した後に電圧制限ベクトルを求めるようにしたので、電流に含まれる高調波成分を除去した安定な補償を可能にしている。

また、電圧制限値 V を電圧制限ベクトル V_q 、 V_d に変換する際に、電流方向と逆方向になるように電圧制限ベクトルを求めて補償を行うので、抵抗負荷などの用途に対しては瞬時に電流を制限することが可能になる。又、モータ等を制御する場合には、電圧制限ベクトルの電流と逆方向の成分のうち、電圧指令ベクトルと直交する方向成分 V_d を0となるようにして、 V/f 制御される電圧指令ベクトルの方向のみに対して補償を行うようにすることで、安定な電流制限制御が可能になる。

以上のような電流制限が正常に働かなかつた場合の保護対策としては、電流の大きさ I_1 が、過電流制限値 I_{max} より大きな第2の過電流制限値 $I_{cl a'}$ を超えている間は、強制的にゼロ電圧のPWMパターンを出力して保護動作を行い、電流の大きさが第2の過電流制限値 $I_{cl a'}$ より大きな第3の過電流制限値 $I_{cl b'}$ あるいは $I_{oc'}$ を超えている間は、ゲートを遮断して保護するようにしているので、電流の大きさ I_1 が過電流制限値 I_{max} を大きく超えても、第2、第3の過電流制限値 $I_{cl a'}$ 、 $I_{cl b'}$ 、 $I_{oc'}$ の3段階の保護が行われるので、确实・安全な過電流抑制が可能になる。この場合の設定レベルの大小関係は、 $I_{oc'} > I_{cl b'} > I_{cl a'} > I_{max}$ 、となる。従って、本発明の場合は、過電流制限値 I_{max} による抑制によって、殆ど抑制できるので、従来の場合の過電流レベルが設定されたCLA、CLB回路の設定レベル I_{oc} 、 $I_{cl b}$ 、 $I_{cl a}$ 、の値を上げることができる。

また、過電流制限値 I_{max} の制御で殆ど足りることから、CLA、CLB回路を無効にする切替え手段29a、bを設け、CLA、CLB回路をON/OFFできるようにして幅広い制御を可能にしている。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図1は本発明の実施の形態に係るインバータ装置による V/f 制御の制御ブロック図である。

図2は図1に示すインバータ装置の制御時のベクトル図である。

図3は図2において V_d を0とした場合のベクトル図である。

図4は図1に示すインバータ装置の電流制限回路のブロック図である。

図1において、11aは加速度を修正する電流制限加速度補正手段、11a'は周波数指令と電流制限時出力周波数とを切替える周波数指令切替え手段、12aは電流の大きさ I_1 と電流位相 i を出力する電流検出手段、13は検出電流 I_1 と過電流制限値 I_{max} を比較する電流比較手段、14は比較結果を出力するリミット回路、15は電圧制限値 V を演算する電圧制限値演算手段、16は電圧制限ベクトル V_q 、 V_d を求める電圧制限ベクトル演算手段、17a、bは電圧制限ベクトルの加算手段である。

なお、その他の図5と同一構成には同一符号を付し重複する説明は省略する

図4において、29a、29bは電流制限回路の無効手段であり、 $I_{cl a'}$ は第2の電流制限値、 $I_{cl b'}$ 、 $I_{oc'}$ は第3の電流制限値である。

なお、その他の図6と同一構成には同一符号を付し重複する説明は省略する。

10

20

30

40

50

【0009】

つぎに動作について説明する。

先ず、電流検出手段12aにより電流の大きさ I_1 と、基準位相に対する電流位相 i を求め、電流比較手段13によって設定した電流制限値 I_{max} から電流の大きさ I_1 を減算し、リミット回路14によって減算結果が負の場合は0とし、電圧制限演算手段15でゲイン及びフィルタ処理($K/1 + Ts$)を施して電圧制限値 V を求める。電圧制限ベクトル演算手段16では、求めた電圧制限値 V と電流位相 i より次式で、

$$\begin{aligned} V_q &= -V \sin i \\ V_d &= -V \cos i \end{aligned}$$

dq 軸電圧制限値 V_q 、 V_d を求める。

なお、電流検出値 I_d 、 I_q を用いて、

$$\begin{aligned} V_q &= -V \times I_q / I_1 \\ V_d &= -V \times I_d / I_1 \end{aligned}$$

として求めても同じ結果が得られる。

次に、演算した V_q 、 V_d を電圧指令 V_q^* 、 V_d^* に加算手段17a、17bにより加算して出力電圧指令 V_q 、 V_d を求めPWM指令演算部9により3相(UVW相)の電圧指令を求めてPWMパターンに変換し、ゲートドライバ回路10へ出力し電動機IMに電圧を印加する。これにより瞬時に電流を制限することが可能になる。

この間の電圧制限ベクトル V 、電圧指令ベクトル V^* 、電流ベクトル I の関係は、図2(a)に力行状態の場合を、図2(b)に回生状態の場合を示している。

図2(a)では q 軸上の電圧指令 V^* に対して電流と逆方向の電圧制限ベクトル V を加算し、印加電圧 V を小さくして、電流ベクトル I を制限する様子を示している。

図2(b)に示す回生状態では、逆に同方向に V を加算して印加電圧 V を大きくして電流ベクトル I を制限する様子を示している。

このように電動機の状態に関係なく瞬時に電流を制限することが可能になる。

【0010】

また、 V/f 制御によりモータ等を制御する場合、モータや負荷の状態によって不安定になる場合がある。このような状態の時、図2のように dq 軸それぞれに対して電圧補正を行うと、 q 軸方向は制御可能であるが、 d 軸方向は制御を行っていないため不安定状態を回避できなくなる場合がある。

従って、図3に示すように、 V_d を0として V_q のみを電圧指令 V^* に加算するように制御することによって、これを回避できるようにしている。

図3(a)は力行状態を、図3(b)は回生状態を示し、図3(a)では電圧指令 V^* に逆方向の電圧制限ベクトル V_q を加算し電圧 V を小さくして、電流 I を制限している。

図3(b)の場合は、逆に電圧 V を大きくして電流 I を制限している。実際に、電流が大きくなる場合は、制御が正常で回転数がある程度あれば、 q 軸の方向に増加するため、電流の抑制能力は V_q のみの補正で十分である。

以上の操作によって電流を瞬時に制限することが可能になるが、定常的に電流を制限して、電動機の効率を考慮する場合は周波数を修正する必要がある。これに対応するために、図1に示す電流制限加速度補正手段11aは、電流位相 i を用いて電動機の状態が力行か回生かを判断して加速度の修正方向を設定し、電圧制限値 V を用いて加速度の大きさを修正する。修正量は設定値又は、電圧制限値 V の負荷方向成分計算値などを用いて計算する。

また、電流制限加速度補正手段11aは、負荷の状態により回生の場合は最大値が最高周波数、力行の場合は最小値が0となるように電流制限時の周波数指令を出力し、周波数指令切替え手段11a'により、周波数指令と電流制限時出力周波数とを切替える。

【0011】

なお、力行/回生の判断は q 軸電流のみを参照する方法、無効電力から演算する方法等各種あるがここでは割愛する。

回転方向と負荷方向により加速度補正を次のようにして行う。

10

20

30

40

50

- a) 正回転で力行の場合は正側に補正。
- b) 正回転で回生の場合は負側に補正。
- c) 逆回転で力行の場合は負側に補正。
- d) 逆回転で回生の場合は正側に補正。

加速度補正の最も単純な方法は、加速中であれば電圧制限値 V が 0 でない場合に力行負荷であれば加速を停止し、定常運転中であれば V が 0 でない場合に力行中なら減速、回生中なら加速となるように加減速度設定値を加速度に代入する方法であるが、これらの方法でも十分に過電流を抑制できる。

また、予期せぬ電流変動があった場合のための保護対策として、図 4 に示す電流制限回路を用いる。図 4 の回路では、検出電流 I_1 が電流制限値 I_{max} より大きい過電流レベル I_{oc}' より大きい場合は、ゲート遮断回路 27 によりゲート遮断信号を選択・出力する。

電流 I_1 がそれより小さい場合は、更に、電流制限レベル I_{clb}' と比較して電流 I_1 の方が大きければ、同様にゲート遮断信号を出力する。

電流 I_1 がそれより小さく、電流制限レベル I_{cla}' よりも大きい場合は、0 電圧パターンを出力することになる。

この場合の各レベルの大小関係は次のようになっている。

$$I_{oc}' > I_{clb}' > I_{cla}' > I_{max}$$

しかも、図 1 に示した電圧制限ベクトル V_q 、 V_d 及び電流制限加速度補正等の制御によって、かなりの部分で制限が可能となるため、各過電流レベル I_{oc}' 、 I_{clb}' 、 I_{cla}' は図 6 の従来例で示した対応する各過電流レベル I_{oc} 、 I_{clb} 、 I_{cla} をアップした値 ($I_{oc}' > I_{oc}$ 、 $I_{clb}' > I_{clb}$ 、 $I_{cla}' > I_{cla}$) と設定することが可能になり、ストール防止が図られる。

また、用途によっては図 1 の制御で十分な場合もあるので、無効手段 29a、29b により図 4 の電流制限回路を切離し無効にして、0 電圧切替え回路 25 とゲート遮断選択回路 27 の切替え部を除外することができる。

なお、この無効手段 29 は電流制限回路を所望の形態 (自動/手動も含み) で ON/OFF できれば如何なる方式でも構わない。

このように、本実施の形態によれば、電流の位相 i と電流の大きさ I_1 を検出して、電流の大きさ I_1 と電流制限値 I_{max} を比較して電圧制限値 V を求め、これを電流位相と逆方向になるように変換して電圧制限ベクトル V_q 、 V_d を求め、電圧指令に加算して瞬時の電流制限を可能にすると共に、電圧制限値 V と電流位相 i を用いて加速度を修正することにより、ストールを防止して効率良く運転することが可能になる。

【0012】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、電圧指令に対して電流制限値を超過した分に比例し電流ベクトルと逆方向あるいは逆方向の内の電圧指令軸上の成分の電圧制限ベクトルを加えることにより、瞬時に電流を制限することができるようになり、更に、3つのレベルの電流制限方法を持たせることによって、電流による素子の破壊と、ストールを確実に防止することができる。

また、電圧制限値と電流位相とから加速度を補正することによって定常的に電流を制限し、誘導電動機等を効率良く運転することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実紙の形態に係るインバータ装置による V/f 制御の制御ブロック図である。

【図 2】図 1 に示すインバータ装置の制御時のベクトル図である。

【図 3】図 2 において V_d を 0 とした場合のベクトル図である。

【図 4】図 1 に示すインバータ装置の電流制限回路のブロック図である。

【図 5】従来のインバータ装置による V/f 制御の制御ブロック図である。

【図 6】図 5 に示すインバータ装置の電流制限回路のブロック図である。

10

20

30

40

50

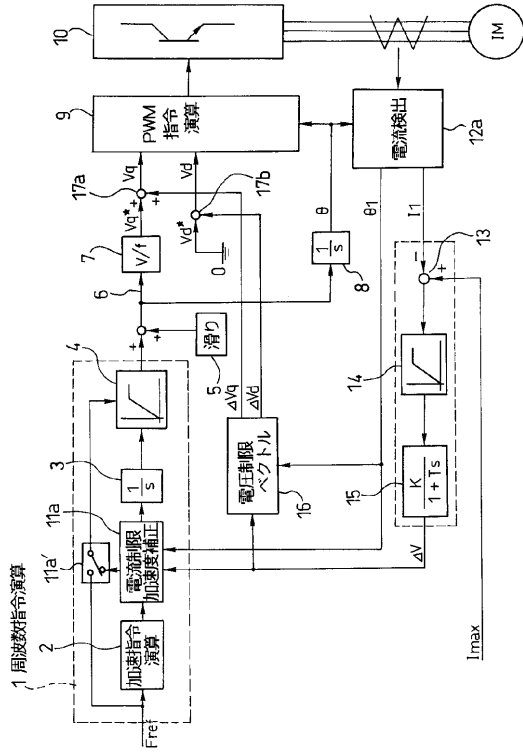
【図7】従来の周波数 - 電圧パターンを示す図である。

【図8】従来のインバータ装置の制御時のベクトル図である。

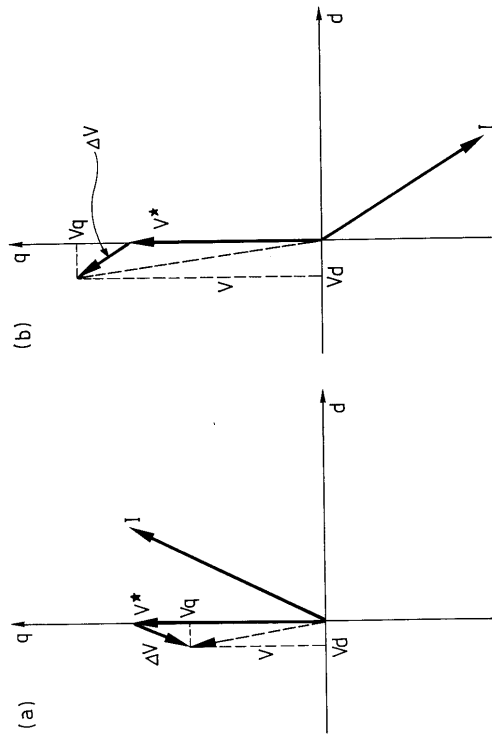
【符号の説明】

1	周波数指令演算部	
2	加速指令演算手段	
3	加速周波数積分手段	
4	指令値制限手段	
5	滑り周波数演算手段	
6	出力周波数	
7	V / f 演算部	10
8	位相演算手段	
9	PWM 指令演算部	
10	ゲートドライバ回路	
11 a	電流制限加速度補正手段	
11 a'	周波数指令切替え手段	
12 a	電流検出手段	
13	電流比較手段	
14	リミット回路	
15	電圧制限値演算手段	
16	電圧制限ベクトル演算手段	20
17 a	q 軸加算手段	
17 b	d 軸加算手段	
18	0 電圧パターン発生回路	
19、20、21	比較器	
22、23、24	ラッチ回路	
25	0 電圧切替え回路	
26	オンディレイ回路	
27	ゲート遮断選択回路	
28	ゲート遮断選択回路	
29	無効手段	30

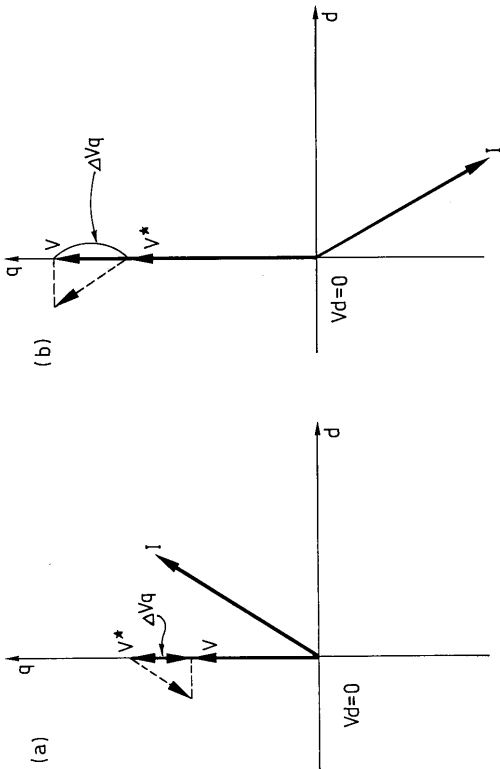
【図1】



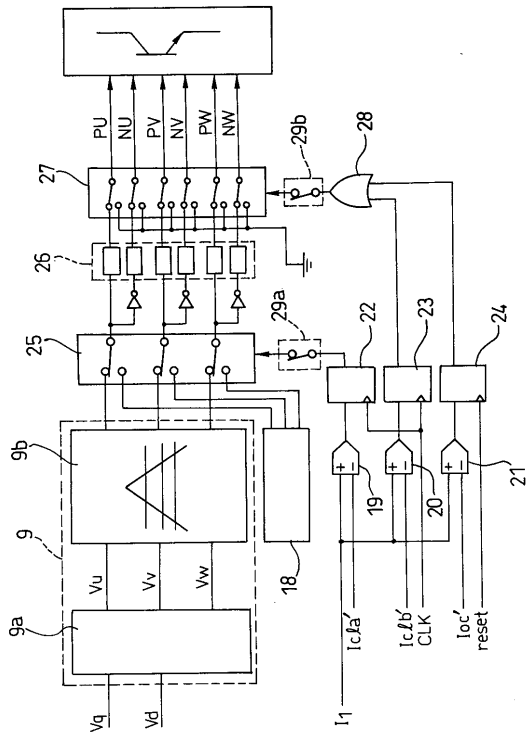
【図2】



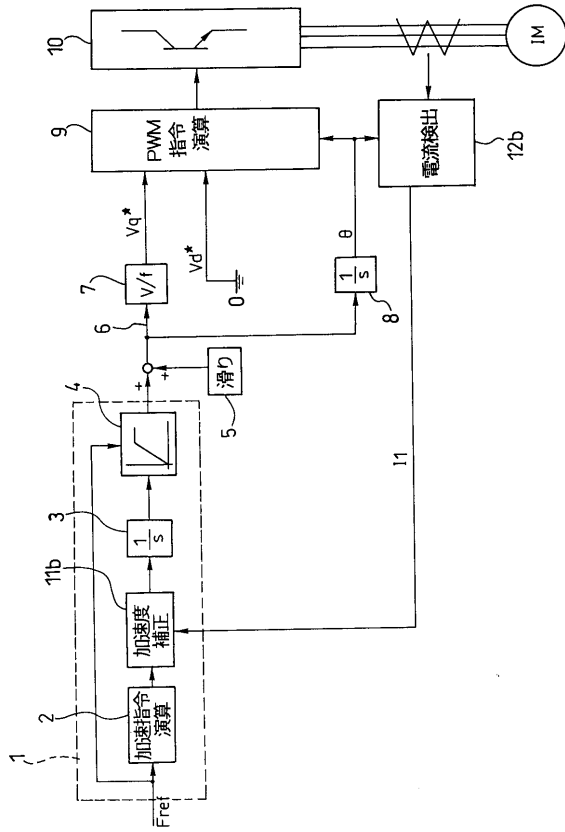
【図3】



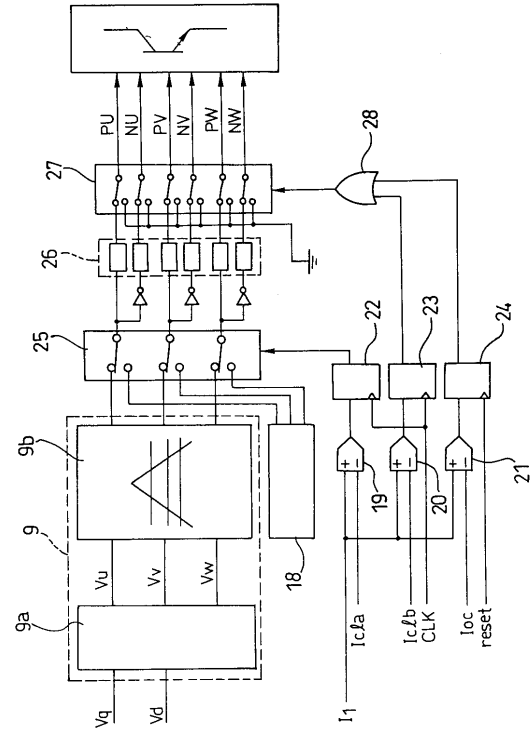
【図4】



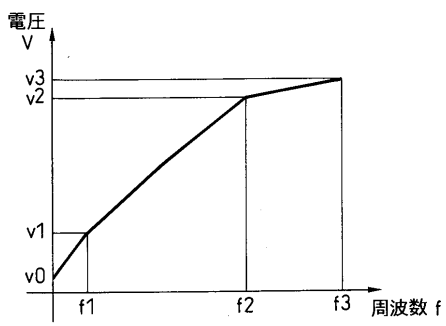
【 図 5 】



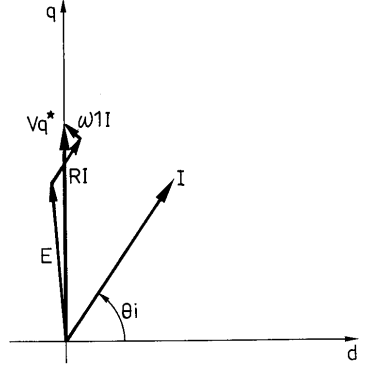
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭62-296796(JP,A)
特開平02-032788(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 27/06

H02M 7/48

H02P 21/00

H02P 27/04