

## (12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2009年4月2日 (02.04.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/041157 A1

## (51) 国際特許分類:

*H02P 21/00* (2006.01)      *H02P 27/06* (2006.01)  
*H02P 27/04* (2006.01)

## (72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 井手 耕三 (IDE, Kozo).

## (21) 国際出願番号:

PCT/JP2008/063869

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

## (22) 国際出願日:

2008年8月1日 (01.08.2008)

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

## (25) 国際出願の言語:

日本語

## (26) 国際公開の言語:

日本語

## (30) 優先権データ:

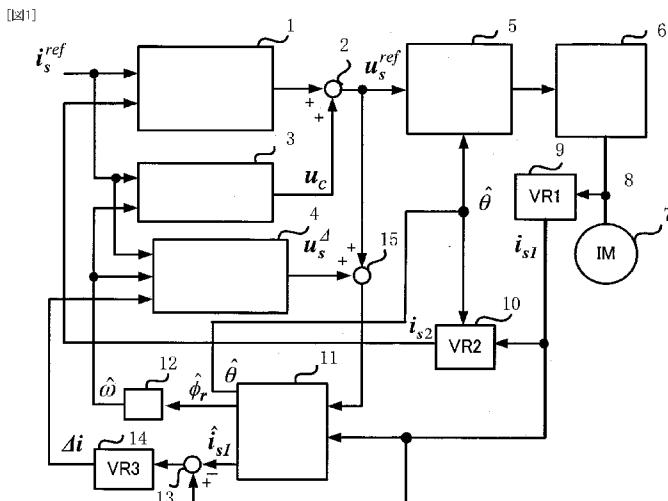
特願2007-250420 2007年9月27日 (27.09.2007) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI)  
[JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石  
2番1号 Fukuoka (JP).

/ 続葉有 /

## (54) Title: INVERTER CONTROL DEVICE AND ITS CONTROL METHOD

## (54) 発明の名称: インバータ制御装置及びその制御方法



(57) **Abstract:** Without changing a constant used in a state estimator, temperature variation and control degradation caused by a constant setting error are suppressed, and a vector state in the regeneration state of an electric motor is considered, so that the electric motor can be stably driven even in a regeneration period. An inverter control device comprises a current error vector calculator (13) for calculating a current error vector, a current error vector transformer (14) for performing a vector transformation of the current error vector using a magnetic flux phase, a voltage correction vector calculator (4) for calculating a voltage correction vector using the vector-transformed current error vector, an estimated stator angular speed, and a current command vector, and a voltage corrector (15) for adding the voltage correction vector to the voltage command vector and inputting the result to the state estimator (11).

(57) **要約:** 状態推定器に用いる定数を変化させることなく温度変動や定数設定誤差による制御劣化を抑制し、電動機の回生状態におけるベクトル状態を考慮し、回生時においても安定的な電動機駆動を実現できるようとする。  
電流誤差ベクトルを演算する電流誤差ベクトル演算器(13)と、電流誤差ベクトルを磁束位相でベクトル変換する電流誤差ベクトル変換器(14)と、

/ 続葉有 /

WO 2009/041157 A1



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,  
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

## 明細書

### インバータ制御装置及びその制御方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、誘導電動機を駆動するインバータ制御装置及びその制御方法に係り、特に速度・位置検出器を用いずに駆動し、温度変動や電動機定数設定誤差による制御劣化を抑制するインバータ制御装置及びその制御方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 従来の速度センサレスで誘導電動機を駆動するインバータ制御装置は、磁束オブザーバ(状態推定器)の出力である電流推定値と実電流値の誤差を求め、この誤差と電流推定値との内積値の積分を用いて温度係数Ktpを求め、これを用いて一次抵抗の設定誤差を小さくし、高性能な運転を行っている(例えば、特許文献1参照)。

[0003] また、一般に状態推定器は電動機の電圧・電流方程式より(1)式で構成されることが知られている。

$$[0004] \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \hat{i}_{s1} \\ \hat{\phi}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{r11} & a_{r12} - j\rho\hat{\omega}_r \\ a_{r21} & a_{r22} + j\hat{\omega}_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{i}_{s1} \\ \hat{\phi}_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_s \\ 0 \end{bmatrix} u_{s1}^{ref} + L(\hat{i}_{s1} - i_s) \quad \dots \dots \dots (1)$$

[0005] ここで、状態変数

$$[0006] i_{s1} = i_{s\alpha} + j \cdot i_{s\beta}, \quad u_{s1}^{ref} = u_{s\alpha}^{ref} + j \cdot u_{s\beta}^{ref}, \quad \hat{\phi}_r = \hat{\phi}_{r\alpha} + j \cdot \hat{\phi}_{r\beta}$$

[0007] は、それぞれ、 $\alpha - \beta$ (静止)座標系における固定子電流ベクトル、固定子電圧ベクトル、磁束ベクトルを示す。

また、定数の定義は以下のとおりである。

$$[0008] a_{r11} = -\frac{1}{\sigma L_s} (R_s + R_r'), \quad a_{r12} = \frac{R_r'}{\sigma L_s M}, \quad \rho = \frac{M}{\sigma L_s L_r}$$

$$a_{r21} = \frac{M}{T_r}, \quad a_{r22} = -\frac{1}{T_r}, \quad b_s = \frac{1}{\sigma L_s}$$

[0009] Rs:一次抵抗、Rr':一次換算された二次抵抗、

M':一次換算された相互インダクタンス、 $\sigma L_s$ :漏れインダクタンス、

$L_s$ :一次自己インダクタンス、 $L_r$ :二次自己インダクタンス、

$T_r$ :二次時定数、 $\omega_r$ :回転子角速度、 $\omega$ :固定子角速度、

L:オブザーバフィードバックゲイン、

記号<sup>~</sup>は推定値を、添え字refは指令値を表す。

[0010] 図7において、101はq軸電流制御器でq軸電流指令 $i_{q*}$ とq軸電流検出値 $i_q$ が一致するように比例積分制御してq軸電圧指令 $v_{q*}$ を出力し、102はd軸電流制御器でd軸電流指令 $i_{d*}$ とd軸電流検出値 $i_d$ が一致するように比例積分制御してd軸電圧指令 $v_{d*}$ を出力する。105はベクトル演算回路で $v_{q*}$ 、 $v_{d*}$ および後述の磁束位相に基づき $a-b$ ( $\alpha - \beta$ と等価)座標系の電圧指令値 $v_{sa*}$ 、 $v_{sb*}$ を演算する。106はインバータ回路で $v_{sa*}$ 、 $v_{sb*}$ に基づいて、半導体電力変換素子をスイッチングし、誘導電動機7に電圧を供給している。インバータ回路6には外部から電源が供給されており、 $v_{sa*}$ 、 $v_{sb*}$ に基づいて半導体電力変換素子を制御する。107はインバータによって駆動される誘導電動機、108、109は誘導電動機107に流れる電流を検出する電流検出器、110は三相一二相変換器で電流検出器108、109で検出された電流が入力され、三相交流座標系から二相交流座標系の $i_{sa}$ 、 $i_{sb}$ に変換する演算を行う。111はd-q変換器で $i_{sa}$ 、 $i_{sb}$ をd-q座標系の電流値 $i_d$ 、 $i_q$ に変換する。112は磁束オブザーバ(状態推定器)で、電圧指令値 $v_{sa}$ 、 $v_{sb}$ および電流検出値 $i_{sa}$ 、 $i_{sb}$ から磁束推定値を演算している。113は位相演算器で磁束推定値から磁束位相を演算し、114は一次抵抗オンラインチューニング演算器である。

[0011] 図8の一次抵抗オンラインチューニング演算器114において、磁束オブザーバ(状態推定器)112の出力である電流推定値と実電流値の誤差、及び電流推定値の内積を内積演算器115で求め、この内積値を積分する積分器118の出力を温度係数Ktpとしてオンラインチューニングし、磁束オブザーバ(状態推定器)112の演算で用いている一次抵抗値Rsを修正する。

このように、従来の速度センサレスで誘導電動機を駆動するインバータ制御装置は、駆動中にオンラインで誘導電動機の温度変動を演算し、電動機定数を直接可変させるのである。

特許文献1:特開2005-20817号公報(第9頁、図3)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0012] 従来のインバータ制御装置は、オンラインチューニングで求めた温度係数Ktpを用いて、磁束オブザーバ(状態推定器)の演算式の温度変動に関する設定定数、つまり(1)式のRsに関係する項を直接変更するので演算が複雑になる上、ノイズ成分除去やリミッタの付加などの考慮が難しいという問題があった。さらに、2相交流信号である電流推定ベクトルと検出電流から得られる電流ベクトルとのスカラー積の演算において、電流検出のタイミング遅れや電流推定の演算遅れなどで生じる両信号の位相差により、最終的に演算される温度係数の真値からのずれを生じ、制御劣化を抑制できなかった。また、電動機の回生状態においては補償方向を反転させる必要があるが、内積(以下、スカラー積と称す)を用いて演算していくこの考慮がなされていないといった問題があった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、状態推定器に用いる定数を変化させることなく温度変動や定数設定誤差による制御劣化を抑制し、電動機の回生状態におけるベクトル状態を考慮し、回生時においても安定的な電動機駆動を実現できるインバータ制御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

[0013] 上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1に記載の発明は、誘導電動機に流れる電流の電流ベクトルを検出する電流検出器と、前記電動機への電流指令ベクトルと前記検出された電流ベクトルが一致するように制御して電圧指令ベクトルを得る電流制御器と、前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機に電圧を印加するインバータ部と、前記検出された電流ベクトルと前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機の電流ベクトル、磁束ベクトル及び磁束位相を推定演算する状態推定器と、前記磁束ベクトルから前記電動機の固定子角速度を推定する角速度推定器とを備えたインバータ制御装置において、前記検出された電流ベクトルと前記推定演算された電流ベクトルを入力とし、電流誤差ベクトルを演算する電流誤差ベクトル演算器と、前記電流誤差ベクトルを前記磁束位相でベクトル変換する電流誤差ベクトル変換器と、前記ベクトル変換された電流誤差ベクトル、前記推定された固定子角速度及び前記電流指令ベクトルを用いて電圧補正ベクトルを演算する電圧補正ベクトル演算器と、前記電圧補正ベクトルを前記電圧指令

ベクトルに加算し、前記状態推定器に入力する電圧補正器とを備えるものである。

[0014] また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記電圧補正ベクトル演算器は、前記電流誤差ベクトルと前記電流指令ベクトルのスカラー積を演算するスカラー積演算器と、前記電流指令ベクトルを用いてすべり角周波数を演算するすべり角周波数演算器と、前記推定された固定子角速度から前記すべり角周波数を減算して前記電動機の回転子速度を演算する速度演算器と、前記電動機の運転状態を判別する電動回生判別器と、電動時と回生時で前記スカラー積の符号を変えて加算し、その大きさが等しくなるように電圧補正係数を調整する電圧補正係数調整器と、前記電圧補正係数を前記電流指令ベクトルに乗算する乗算器とを備えるものである。

[0015] また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記電動回生判別器は、前記電流指令ベクトルのトルク電流成分と前記速度演算器の出力の積に基づき、電動回生を判別するものである。

また、請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記電圧補正ベクトル演算器は、前記推定された固定子角速度の絶対値を演算する絶対値演算器と、前記電圧補正ベクトルの大きさを調整する電圧補正ベクトル調整器とを備えるものである。

また、請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、前記電圧補正ベクトル調整器は、前記推定された固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの大きさを制限するものである。

また、請求項6に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、前記電圧補正ベクトル調整器は、前記推定された固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの変化量を調整するものである。

[0016] 上記問題を解決するため、本発明は、次のようにしたのである。

請求項7に記載の発明は、誘導電動機に流れる電流の電流ベクトルを検出する電流検出器と、前記電動機への電流指令ベクトルと前記検出された電流ベクトルが一致するように制御して電圧指令ベクトルを得る電流制御器と、前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機に電圧を印加するインバータ部と、前記検出された電流ベクト

ルと前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機の電流ベクトル、磁束ベクトル及び磁束位相を推定演算する状態推定器と、前記磁束ベクトルから前記電動機の固定子角速度を推定する角速度推定器とを備えたインバータ制御装置の制御方法において、前記検出された電流ベクトルと前記推定演算された電流ベクトルを用いて電流誤差ベクトルを演算し、前記電流誤差ベクトルを前記磁束位相でベクトル変換し、前記ベクトル変換された電流誤差ベクトル、前記推定された固定子角速度及び前記電流指令ベクトルを用いて電圧補正ベクトルを演算し、前記電圧補正ベクトルと前記電圧指令ベクトルを加算して前記状態推定器に入力するという手順をとったのである。

[0017] また、請求項8に記載の発明は、請求項7記載の発明において、前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、前記電流誤差ベクトルと前記電流指令ベクトルのスカラー積を演算し、前記電流指令ベクトルを用いてすべり角周波数を演算し、前記推定された固定子角速度から前記すべり角周波数を減算して前記電動機の回転子速度を演算し、前記電流指令ベクトルのトルク電流成分と前記速度演算器の出力の積に基づき、前記電動機の運転状態が電動状態か回生状態かを判別し、電動時と回生時で前記スカラー積の符号を変えて加算し、その大きさが等しくなるように電圧補正係数を調整し、前記電流指令ベクトルに乗算して前記電圧補正係数を求めるという手順をとったのである。

また、請求項9に記載の発明は、請求項8記載の発明において、前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、前記推定された固定子角速度の絶対値を演算し、前記固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの大きさ又は前記電圧補正係数の大きさを制限するという手順をとったのである。

また、請求項10に記載の発明は、請求項8記載の発明において、前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、前記推定された固定子角速度の絶対値を演算し、前記固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの変化量を調整するという手順をとったのである。

## 発明の効果

[0018] 請求項に記載の発明によると、状態推定器に用いる定数を可変させずに状態推定器に入力する電圧ベクトルを補正するようにしたので、複雑な演算を必要としなくても

温度変動や定数設定誤差による制御劣化を抑制でき、電動機の回生状態においても安定的な電動機駆動を実現することができる。さらに、運転周波数や負荷状況により電圧補正ベクトルの補正量を制限するようにしたので、電動機の挙動によらない安定した駆動を実現できる。

### 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の第1実施例を示すインバータ制御装置の制御ブロック図  
[図2]電圧補正ベクトル演算器4の詳細ブロック図  
[図3]電動回生判別器26の詳細ブロック図  
[図4]電動機の運転状態が電動時のベクトル関係図  
[図5]電動機の運転状態が回生時のベクトル関係図  
[図6]本発明の第2実施例を示す電圧補正ベクトル演算器4'の詳細ブロック図  
[図7]従来のベクトル制御装置の制御ブロック図  
[図8]従来の一次抵抗オンラインチューニング演算器114の制御ブロック図

### 符号の説明

- [0020]
- 1 電流制御器
  - 2、45 加算器
  - 3 前向き補償器
  - 4、4' 電圧補正ベクトル演算器
  - 5 電圧制御器
  - 6 インバータ部
  - 7、107 誘導電動機
  - 8、108、109 電流検出器
  - 9 第1のベクトル変換器
  - 10 第2のベクトル変換器
  - 11 状態推定器
  - 12 角速度推定器
  - 13 電流誤差ベクトル演算器
  - 14 電流誤差ベクトル変換器

- 15 電圧補正器
- 21 スカラー積演算器
- 22、24、25、31、43、44 乗算器
- 23 電圧補正係数調整器
- 26 電動回生判別器
- 27 減算器
- 28 すべり角周波数演算器
- 29 絶対値演算器
- 30 電圧補正ベクトル調整器
- 32 トルク係数
- 33 不感帯
- 34 符号判別器
- 40、41 ベクトル分解器
- 42 ベクトル合成器
- 101 d軸電流制御器
- 102 q軸電流制御器
- 105 ベクトル演算回路
- 106 インバータ回路
- 110 三相一二相変換器
- 111 d-q変換器
- 112 磁束オブザーバ
- 113 位相演算器
- 114 一次抵抗オンラインチューニング演算器
- 115 内積演算器
- 116、119 リミッタ
- 117 ローパスフィルタ
- 118 積分器
- 120 遅延回路

## 121 切り替えスイッチ

## 発明を実施するための最良の形態

[0021] 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。

## 実施例 1

[0022] 図1は、本発明の誘導電動機を駆動するインバータ制御装置の制御ブロック図を示す。図1は図4と異なり、図で示される信号はベクトルを表している。図において、1は電流制御器で、電流指令ベクトル $i_s^{\text{ref}}$ と後述の第2のベクトル変換器10出力の電流ベクトル $i_{s2}^{\text{ref}}$ が一致するように制御して電圧ベクトルを出力する。2は加算器、3は前向き補償器でこれらは必要に応じて設けられ、加算器2は電流制御器1が出力する電圧指令ベクトルと前向き補償器3が出力する前向き補償ベクトル $u_c^{\text{ref}}$ を加算して、電圧指令ベクトル $u_s^{\text{ref}}$ を演算する。4は電圧補正ベクトル演算器で、電圧補正ベクトル $u_s^{\Delta}$ を出力するが、この動作については詳細に後述する。

[0023] 5は電圧制御器で、電圧指令ベクトル $u_s^{\text{ref}}$ を相電圧指令に変換し、指令どおりの電圧が出力されるように例えばオンディレイ補償を行い、後述のインバータ部6に出力する。6はインバータ部で、電圧指令ベクトル $u_s^{\text{ref}}$ に基づき、例えばPWM制御して後述の誘導電動機7に電圧を印加する。7は誘導電動機で、インバータ部6に接続されている。8は電流検出器で、電動機の相電流を検出し、9は第1のベクトル変換器で、検出された相電流は三相一二相変換し電流ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ を求める。10は第2のベクトル変換器で、電流ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ を磁束位相 $\theta_r^{\text{ref}}$ でd-q変換し電流ベクトル $i_{s2}^{\text{ref}}$ を求める。11は状態推定器で、誘導電動機7の数式モデル、電流ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ 及び電圧ベクトル $u_{s1}^{\text{ref}}$ に基づき電流ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ 、磁束ベクトル $\phi_r^{\text{ref}}$ 及び磁束の位相 $\theta_r^{\text{ref}}$ を推定演算する。12は角速度推定器で、状態推定器11で推定された磁束推定ベクトル $\phi_r^{\text{ref}}$ から固定子角速度 $\omega_r^{\text{ref}}$ を推定し、13は電流誤差ベクトル演算器で電流ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ と電流推定ベクトル $i_{s1}^{\text{ref}}$ の差を電流誤差として演算する。14は電流誤差ベクトル変換器で、電流誤差ベクトル演算器13の出力をd-q変換して電流誤差ベクトル $\Delta i$ を出力する。なお、15は加算器であり、電圧指令ベクトル $u_s^{\text{ref}}$ と電圧補正ベクトル $u_s^{\Delta}$ を加算したベクトル $(u_s^{\text{ref}} + u_s^{\Delta})$ を状態推定器11に出力する。

なお、状態推定器は上記(1)式で示した演算を行うが、(1)式に入力される電圧ベ

クトル( $u_s^{\text{ref}} + u_s^{\Delta}$ )は、磁束の位相  $\theta^\wedge$ を用いて状態推定器11内で(2)式により、2相交流ベクトルである電圧ベクトル $u_{s1}^{\text{ref}}$ に変換される。

$$[0024] \quad \boldsymbol{u}_{sl}^{ref} = \begin{bmatrix} \cos \hat{\theta} & -\sin \hat{\theta} \\ \sin \hat{\theta} & \cos \hat{\theta} \end{bmatrix} \cdot \left( \boldsymbol{u}_s^{ref} + \boldsymbol{u}_s^A \right) \quad \dots \quad (2)$$

[0025] 上記のように、電流ベクトル  $i_{s1}$ 、電流推定ベクトル  $\hat{i}_{s1}$  及び電流誤差ベクトル演算器13出力の電流誤差ベクトルは2相の交流電流であり、電流誤差ベクトル変換器14が输出するベクトル  $\Delta i$  は、d-q変換された電流誤差ベクトルとして(3)式に示される

[0026]

$$\Delta i = \begin{bmatrix} \Delta i_d \\ \Delta i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \hat{\theta} & \sin \hat{\theta} \\ -\sin \hat{\theta} & \cos \hat{\theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} - \hat{i}_{s\alpha} \\ i_{s\beta} - \hat{i}_{s\beta} \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (3)$$

[0027] さらに、状態推定器11で推定された磁束ベクトル $\hat{\phi}_r$ から固定子角速度 $\omega^*$ を推定する角速度演算器12では、(4)式の演算を実施している。

[0029] 本発明が従来技術と異なる部分は、電圧補正ベクトル演算器4を設け、状態推定器11での演算式(1)式で用いる定数を直接可変調整せず、状態推定器11へ入力される電圧指令ベクトルを補正することである。

[0030] 図2は、電圧補正ベクトル演算器4の詳細ブロック図である。図において、21はスカラーパー積演算器で、d-q変換された電流誤差ベクトル $\Delta i$ と電流指令ベクトル $i_s^{\text{ref}}$ を、それぞれベクトル分解器40、41でd、q成分に分解し、スカラーパー積を乗算器43、44及び加算器45を用いて演算している。

一方、回転子角速度  $\hat{\omega}_r$  は、固定子角速度の推定量  $\hat{\omega}_s$  からすべり角周波数演算器 28 で演算されたすべり角周波数  $\hat{\omega}_s$  を減算器 27 で減算して推定演算される。26 は電動回生判別器で、トルク電流指令に相当する  $i_q^{\text{ref}}$  と回転子角速度  $\hat{\omega}_r$  を用いて後述する演算により電動機の電動あるいは回生かを判別し、電動の場合は 1 を回生の場合は -1 を出力する。

乗算器22では、スカラー積演算器21の出力と電動回生判別器26の出力を乗算して、電圧補正係数調整器23に出力し、電圧補正係数調整器23は入力の積算値が零となるように電圧補正係数を出し、その出力された電圧補正係数は、電流指令ベクトル $i_s^{ref}$ のd、q軸成分とそれぞれ乗算器24、25を用いて乗算し、それをd、q軸成分としたベクトルにベクトル合成器42を用いて合成し、電圧補正ベクトル $u_s^{\Delta}$ として出力している。

このようにして、電動機の運転状態が電動か回生かにより上述のスカラー積の符号を変えて加算し、電圧補正係数を演算している。

[0031] 図3は、電動回生判別器26の詳細ブロック図を示すものである。図において、31は乗算器でトルク電流指令に相当する $i_q^{ref}$ と回転子角速度の演算量 $\omega_r^{\hat{}}$ の積を演算し、32はトルク係数で乗算器31の出力と乗算され二次電力を求める。33は不感帯で電動・回生判別の切替時や低負荷時のチャタリングを防ぎ、34は符号判別器で不感帯33の出力をその符号により電動か回生かを判別し、電動の場合は1を回生の場合は-1を出力する。

このようにして、電動回生判別器26では、トルク電流と回転子角速度との積の符号に基づき、電動機の運転状態(電動、回生)を判別している。

[0032] 次に、電圧補正係数を演算において、誘導電動機の運転状態(電動、回生)の考慮の必要であることについて説明する。

まず、一次側のインピーダンス降下と誘起電圧ベクトル推定値について簡単に説明する。

状態推定器11へ入力される電圧ベクトルをd-q座標系に変換して求められる電圧ベクトル $u_{s1}^{ref}$ は、一次側のインピーダンス $R_s$ 、 $\sigma L_s$ による電圧降下と誘起電圧ベクトル推定値 $e^{\hat{}}$ から(5)式で表される。誘起電圧ベクトル推定値 $e^{\hat{}}$ は状態推定器11では実際には演算されないが、固定子角速度の推定量 $\omega^{\hat{}}$ と磁束ベクトル $\phi_r^{\hat{}}$ との積に相当する。

[0033]

$$u_{s1}^{ref} = \left( R_s^* + j\hat{\omega} \sigma L_s^* \right) i_s + \hat{e} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (5)$$

[0034] ここで、\*は設定値を示している。

[0035] (5)式で示されるベクトル関係を、電動時を図4、回生時を図5に示す。

図4(電動時)において、左図は一次抵抗設定値 $R_s^*$ が実際値より大きく設定された場合、右図は小さく設定された場合を示している。なお、漏れインダクタンス $\sigma L_s$ の設定値は、低速領域での影響が少ないので、ここではその設定誤差の影響は省略している。

電圧指令ベクトル $u_{s1}^{ref}$ を基準にして、インピーダンス降下分から誘起電圧ベクトル $e$ の位置が決まり、推定磁束ベクトル $e$ はそれに直交する位置(γ軸)に生成される。

一次抵抗設定値 $R_s^*$ が実際値より大きく設定された場合、推定磁束ベクトル $\hat{\phi}_r$ は、実磁束ベクトル $\phi_r$ (d軸に発生)よりも進み位相となり、負荷がかかると位相はさらに進むことになる。このとき推定磁束ベクトル $\hat{\phi}_r$ の振幅は実磁束より小さくなる。ベクトル制御により励磁電流成分は推定磁束の振幅になるように制御されるので、電圧指令ベクトル $u_{s1}^{ref}$ は減少するように調整される。この結果、起動に必要な電圧に達せずに脱調現象を生じることがある。

一方、 $R_s^*$ が実際値より小さく設定された場合、磁束推定ベクトル $\hat{\phi}_r$ は実磁束ベクトル $\phi_r$ (d軸に発生)よりも遅れ位相となり、負荷がかかると位相はさらに遅れることになる。このとき推定磁束ベクトル $\hat{\phi}_r$ の振幅は実磁束より大きくなる。ベクトル制御により励磁電流成分は推定磁束の振幅になるように制御されるので、電圧指令ベクトル $u_{s1}^{ref}$ は増加するように調整される。

[0036] 図5(回生時)において、一次抵抗設定値 $R_s^*$ が実際値より大きく設定された場合、推定磁束ベクトル $\hat{\phi}_r$ は、電圧指令ベクトル $u_{s1}^{ref}$ は増加するように調整され、 $R_s^*$ が小さく設定されると電圧指令ベクトル $u_{s1}^{ref}$ は減少するように調整され、ベクトル関係は電動時と逆になる。

[0037] 以上のように、一次抵抗の設定誤差による影響は、電流ベクトル $i_{s1}$ と状態推定器で推定された電流推定ベクトル $\hat{i}_{s1}$ との誤差ベクトル $\Delta i$ の大きさで観測することができ、設定誤差による $u_{s1}^{ref}$ の電圧增加分あるいは減少分は、電流誤差ベクトル $\Delta i$ と電流推定ベクトル $\hat{i}_{s1}$ のスカラー積により求まることが、図4、5からも理解される。

[0038] 上記のようにして、電流ベクトル $i_{s1}$ と電流推定ベクトル $\hat{i}_{s1}$ との誤差ベクトルを電流誤差ベクトル演算器13で演算し、その値を磁束の位相の推定量 $\theta_r$ でd-q座標系、つ

まり直流信号に変換し、その直流信号に変換された電流誤差ベクトルとやはり直流信号である電流指令ベクトルのスカラー積を演算するようによることで、電流検出遅れや推定演算遅れが、電圧補正係数演算に影響しないようにし、さらに、電動機の運転状態の電動、回生状態におけるベクトル状態を考慮して、電圧補正係数を調整している。

- [0039] このように、状態推定器に用いる定数を可変させることなく温度変動や定数設定誤差による制御劣化を抑制するようにしているので、電動機の回生状態においても安定的な電動機駆動を実現することができる。

## 実施例 2

- [0040] 図8は、第2実施例の構成を示す電圧補正ベクトル演算器4'の詳細ブロック図である。図において、図2を用いて説明した電圧補正ベクトル演算器4の構成に、絶対値演算器29と電圧補正ベクトル調整器30を追加した構成となっている。

絶対値演算器29は、固定子角速度推定量 $\omega^*$ の絶対値を演算し、電圧補正ベクトル調整器30は、絶対値演算器29で演算した固定子角速度推定量 $\omega^*$ の絶対値に基づき、電圧補正ベクトル $u_s^\Delta$ の大きさを制限し、また電圧補正ベクトル $u_s^\Delta$ の変化量を調整する。

運転周波数を高くなるにつれ、一次抵抗の設定値誤差による影響は、運転周波数により増加する変圧器起電力で観測しにくく、かつ電動機制御に与える影響も小さくなるため、電圧補正ベクトル調整器30には、運転周波数に応じて電圧補正ベクトル $u_s^\Delta$ の大きさを制限するようにしたものである。

さらに、電圧補正ベクトル調整器30には、例えば一次遅れフィルタ等のフィルタ要素を内蔵するようにし、電動機の過渡的な挙動により、過剰に反応する電圧補正ベクトルの応答を制限することができるようしている。

- [0041] このように、状態推定器11へ入力される電圧ベクトル $u_s^{ref}$ に補正する電圧補正ベクトル $u_s^\Delta$ の大きさと変化量を制限しているので、電動機のいかなる挙動によらず、安定的な電動機駆動を実現することができる。

## 産業上の利用可能性

- [0042] 本発明は、誘導電動機を速度・位置検出器を用いずに駆動し、温度変動や電動機

定数設定誤差による制御劣化を抑制して駆動するインバータ制御装置及びその制御方法に適用可能である。

## 請求の範囲

[1] 誘導電動機に流れる電流の電流ベクトルを検出する電流検出器と、前記電動機への電流指令ベクトルと前記検出された電流ベクトルが一致するように制御して電圧指令ベクトルを得る電流制御器と、前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機に電圧を印加するインバータ部と、前記検出された電流ベクトルと前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機の電流ベクトル、磁束ベクトル及び磁束位相を推定演算する状態推定器と、前記磁束ベクトルから前記電動機の固定子角速度を推定する角速度推定器とを備えたインバータ制御装置において、

前記検出された電流ベクトルと前記推定演算された電流ベクトルを入力とし、電流誤差ベクトルを演算する電流誤差ベクトル演算器と、

前記電流誤差ベクトルを前記磁束位相でベクトル変換する電流誤差ベクトル変換器と、

前記ベクトル変換された電流誤差ベクトル、前記推定された固定子角速度及び前記電流指令ベクトルを用いて電圧補正ベクトルを演算する電圧補正ベクトル演算器と、

前記電圧補正ベクトルを前記電圧指令ベクトルに加算し、前記状態推定器に入力する電圧補正器とを備えることを特徴とするインバータ制御装置。

[2] 前記電圧補正ベクトル演算器は、

前記電流誤差ベクトルと前記電流指令ベクトルのスカラー積を演算するスカラー積演算器と、

前記電流指令ベクトルを用いてすべり角周波数を演算するすべり角周波数演算器と、

前記推定された固定子角速度から前記すべり角周波数を減算して前記電動機の回転子速度を演算する速度演算器と、

前記電動機の運転状態を判別する電動回生判別器と、

電動時と回生時で前記スカラー積の符号を変えて加算し、その大きさが等しくなるように電圧補正係数を調整する電圧補正係数調整器と、

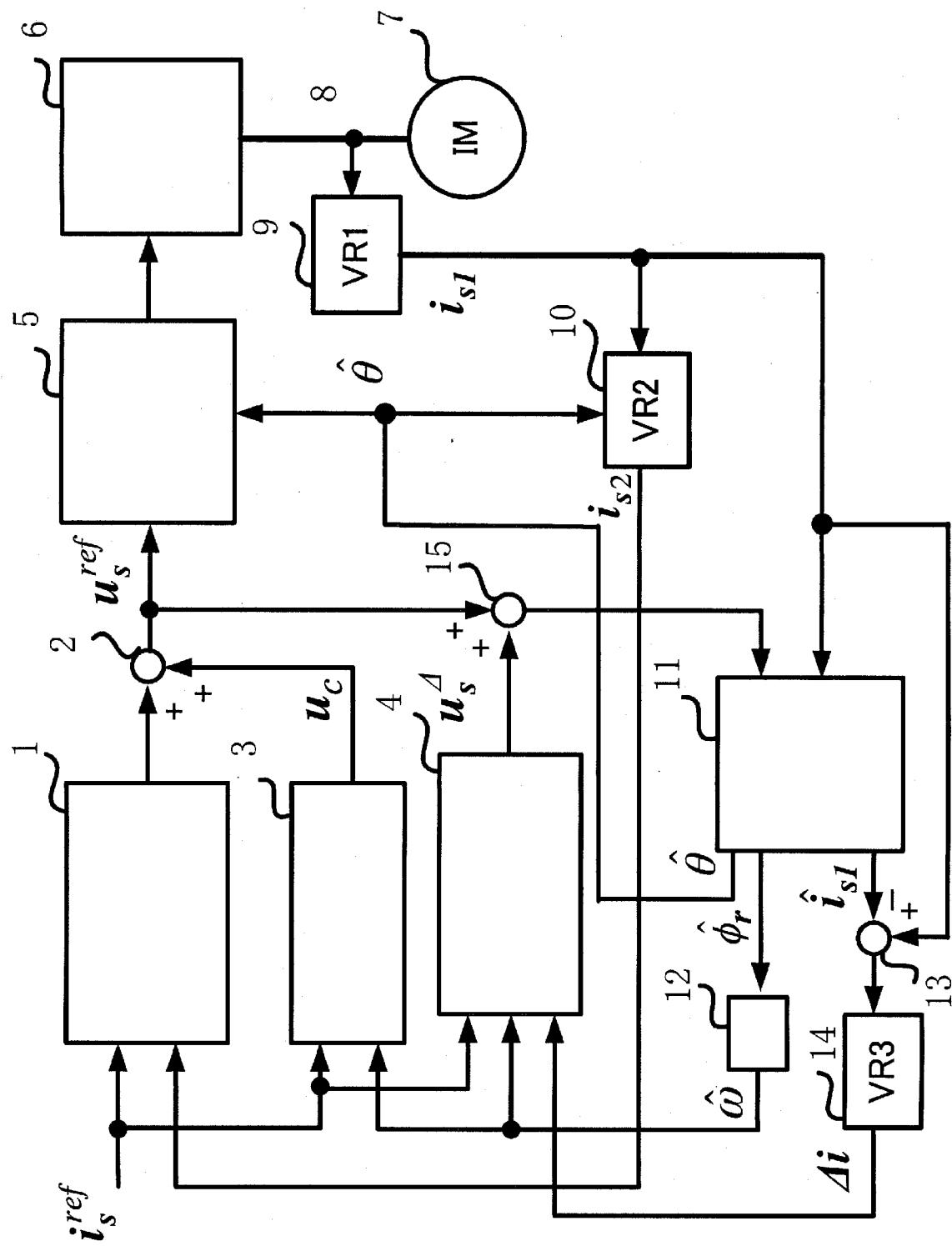
前記電圧補正係数を前記電流指令ベクトルに乗算する乗算器とを備えたことを特

徴とする請求項1記載のインバータ制御装置。

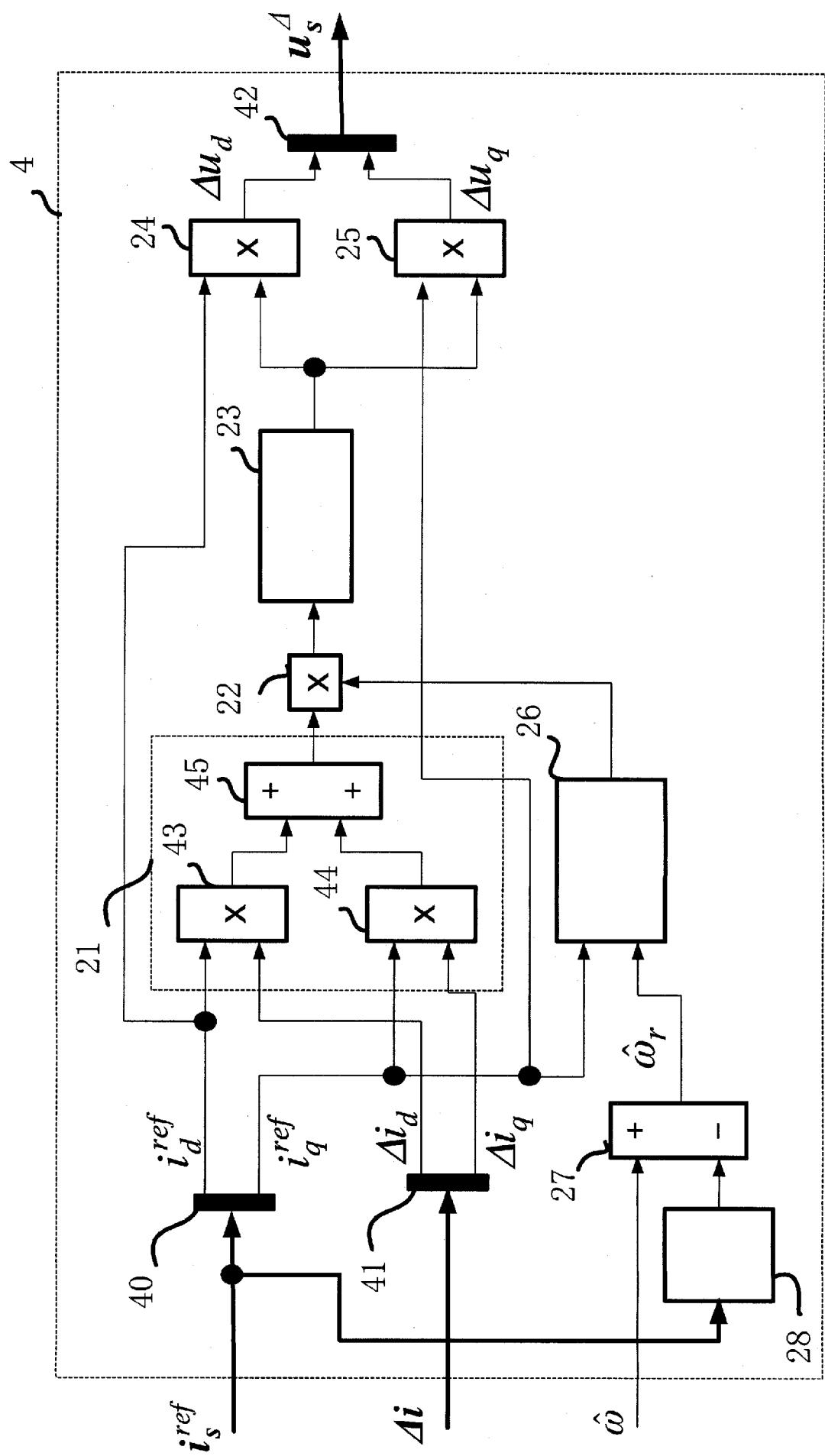
- [3] 前記電動回生判別器は、前記電流指令ベクトルのトルク電流成分と前記速度演算器の出力の積に基づき、電動回生を判別することを特徴とする請求項2記載のインバータ制御装置。
- [4] 前記電圧補正ベクトル演算器は、
  - 前記推定された固定子角速度の絶対値を演算する絶対値演算器と、
  - 前記電圧補正ベクトルの大きさを調整する電圧補正ベクトル調整器とを備えたことを特徴とする請求項2記載のインバータ制御装置。
- [5] 前記電圧補正ベクトル調整器は、
  - 前記推定された固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの大きさを制限することを特徴とする請求項4記載のインバータ制御装置。
- [6] 前記電圧補正ベクトル調整器は、
  - 前記推定された固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの変化量を調整することを特徴とする請求項4記載のインバータ制御装置。
- [7] 誘導電動機に流れる電流の電流ベクトルを検出する電流検出器と、前記電動機への電流指令ベクトルと前記検出された電流ベクトルが一致するように制御して電圧指令ベクトルを得る電流制御器と、前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機に電圧を印加するインバータ部と、前記検出された電流ベクトルと前記電圧指令ベクトルに基づき前記電動機の電流ベクトル、磁束ベクトル及び磁束位相を推定演算する状態推定器と、前記磁束ベクトルから前記電動機の固定子角速度を推定する角速度推定器とを備えたインバータ制御装置の制御方法において、
  - 前記検出された電流ベクトルと前記推定演算された電流ベクトルを用いて電流誤差ベクトルを演算し、
  - 前記電流誤差ベクトルを前記磁束位相でベクトル変換し、
  - 前記ベクトル変換された電流誤差ベクトル、前記推定された固定子角速度及び前記電流指令ベクトルを用いて電圧補正ベクトルを演算し、
  - 前記電圧補正ベクトルと前記電圧指令ベクトルを加算して前記状態推定器に入力するという手順で処理することを特徴とするインバータ制御装置の制御方法。

- [8] 前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、  
前記電流誤差ベクトルと前記電流指令ベクトルのスカラー積を演算し、  
前記電流指令ベクトルを用いてすべり角周波数を演算し、  
前記推定された固定子角速度から前記すべり角周波数を減算して前記電動機の回転子速度を演算し、  
前記電流指令ベクトルのトルク電流成分と前記速度演算器の出力の積に基づき、  
前記電動機の運転状態が電動状態か回生状態かを判別し、  
電動時と回生時で前記スカラー積の符号を変えて加算し、その大きさが等しくなる  
ように電圧補正係数を調整し、  
前記電流指令ベクトルに乗算して前記電圧補正係数を求める特徴とする請  
求項7記載のインバータ制御装置の制御方法。
- [9] 前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、  
前記推定された固定子角速度の絶対値を演算し、  
前記固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの大きさ又は前記電  
圧補正係数の大きさを制限することを特徴とする請求項8記載のインバータ制御装置  
の制御方法。
- [10] 前記電圧補正ベクトルを演算する処理は、  
前記推定された固定子角速度の絶対値を演算し、  
前記固定子角速度の絶対値に基づき、前記電圧補正ベクトルの変化量を調整する  
ことを特徴とする請求項8記載のインバータ制御装置の制御方法。

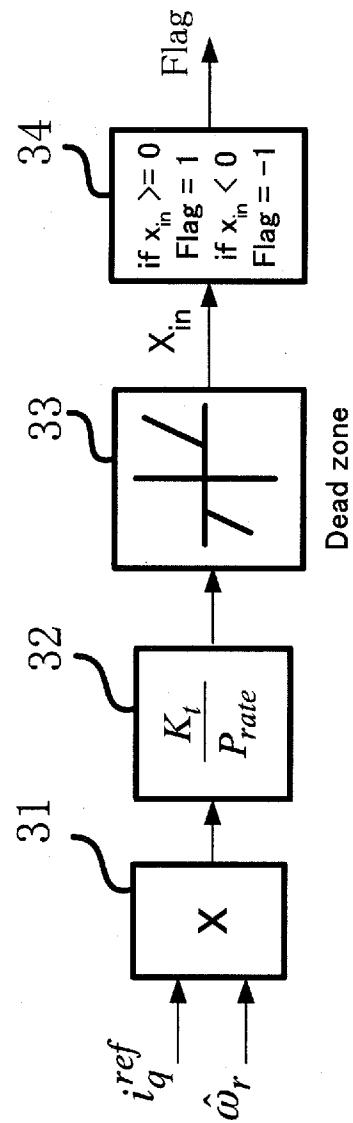
[図1]



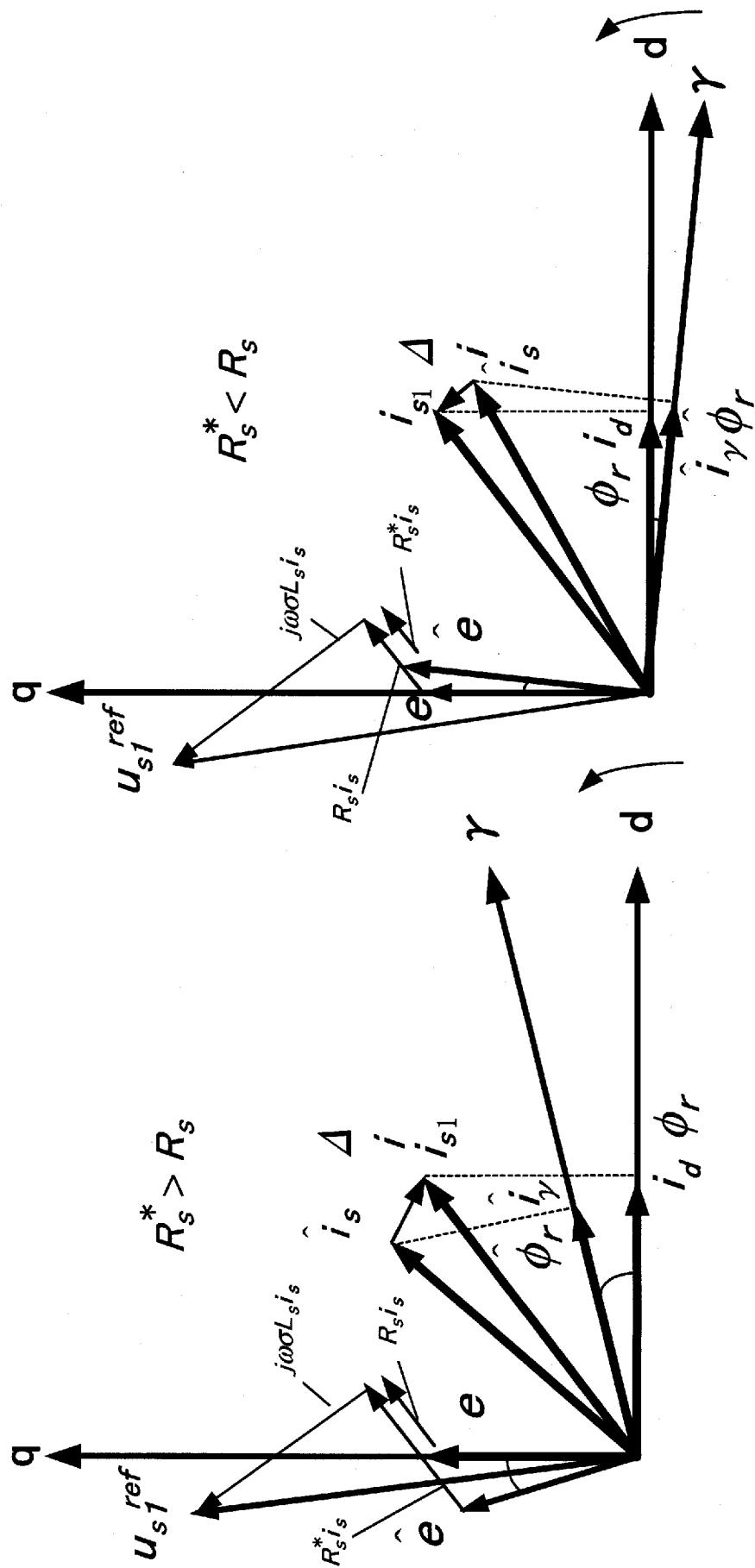
[図2]



[図3]

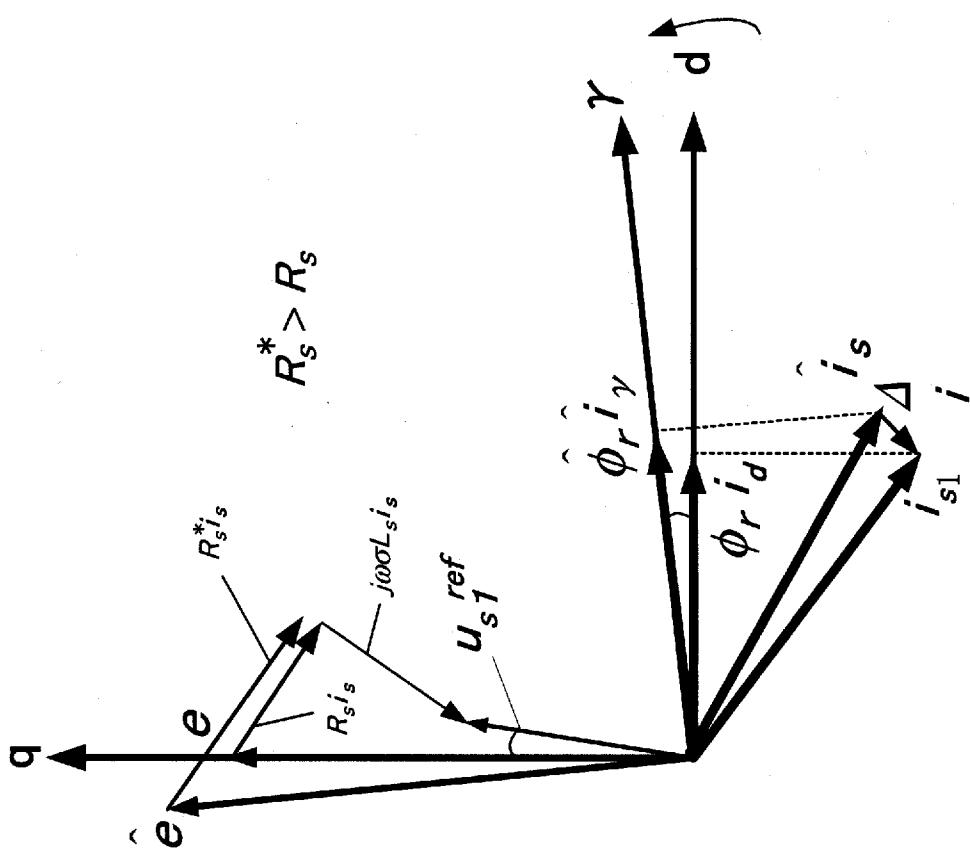
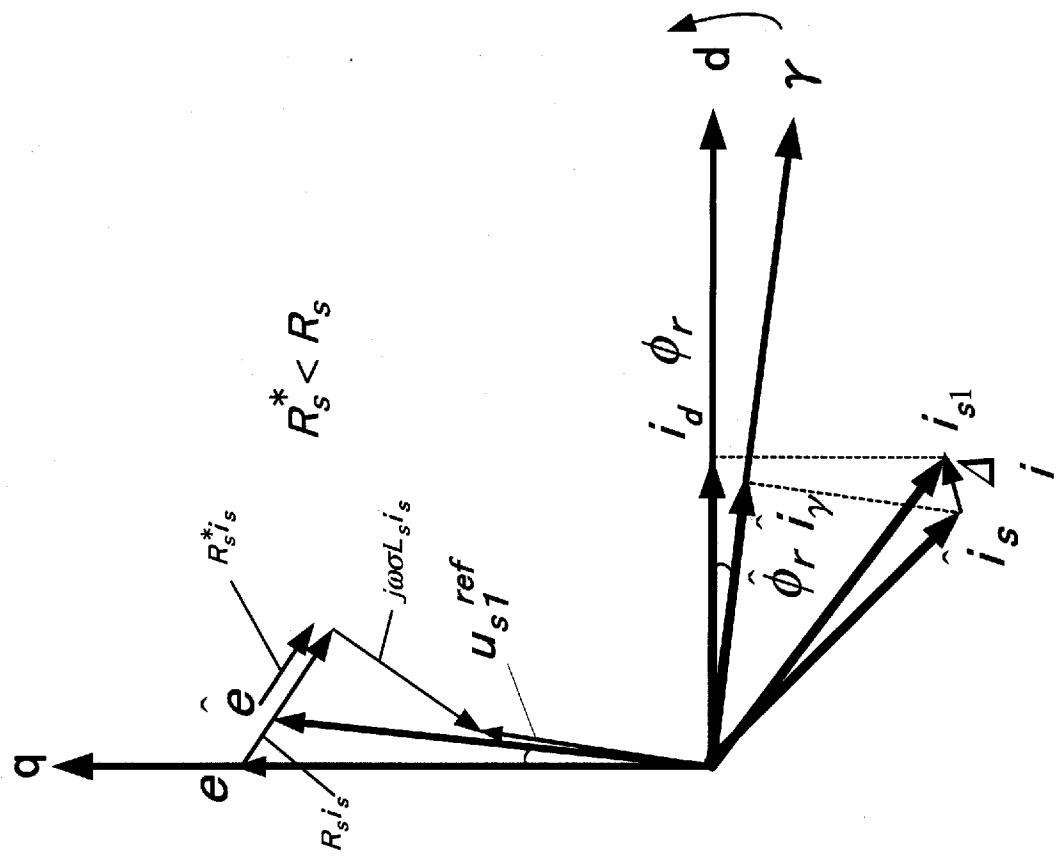


[図4]



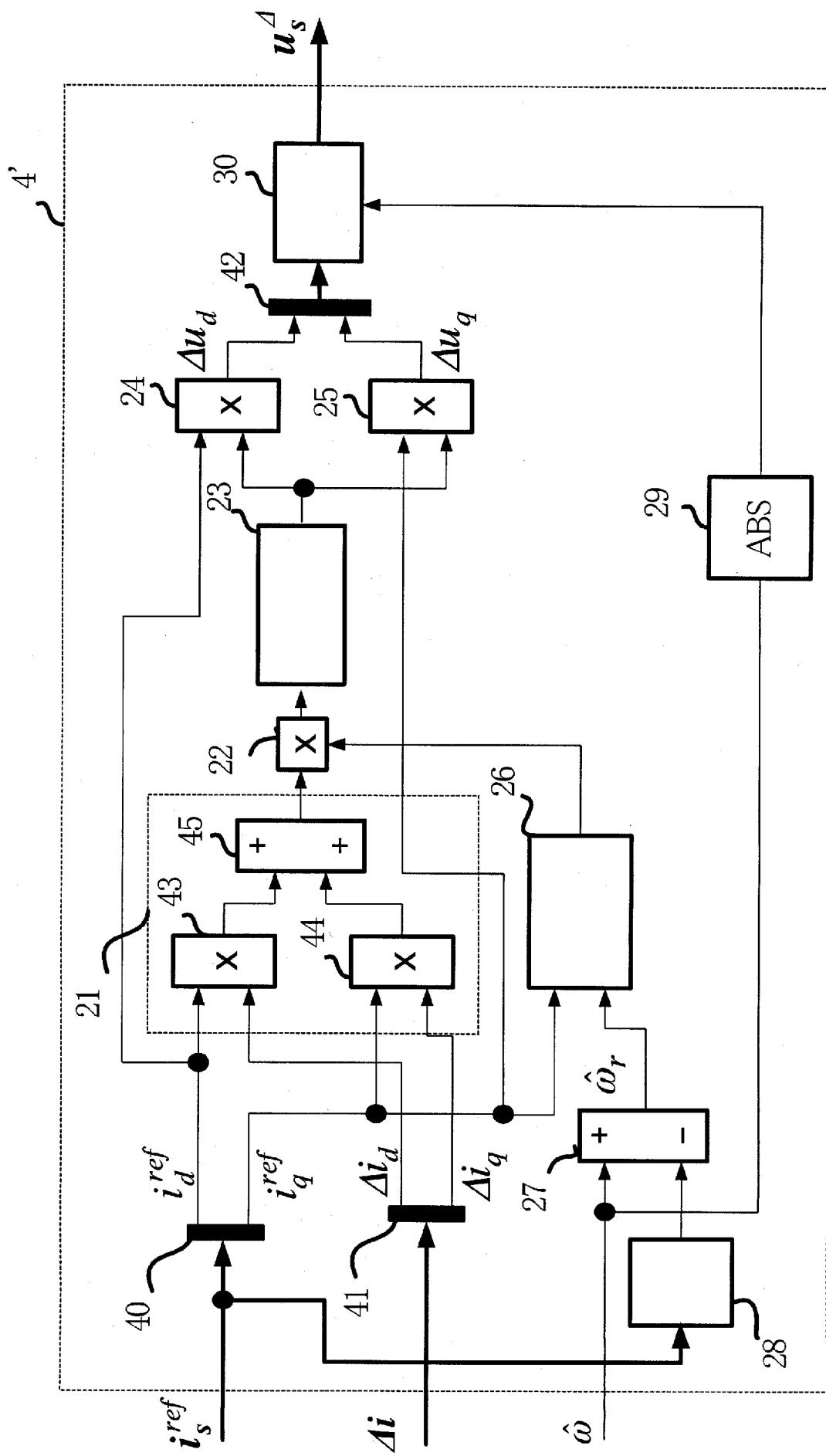
—一次抵抗の設定誤差によるベクトル関係の変化(電動モード)

[図5]

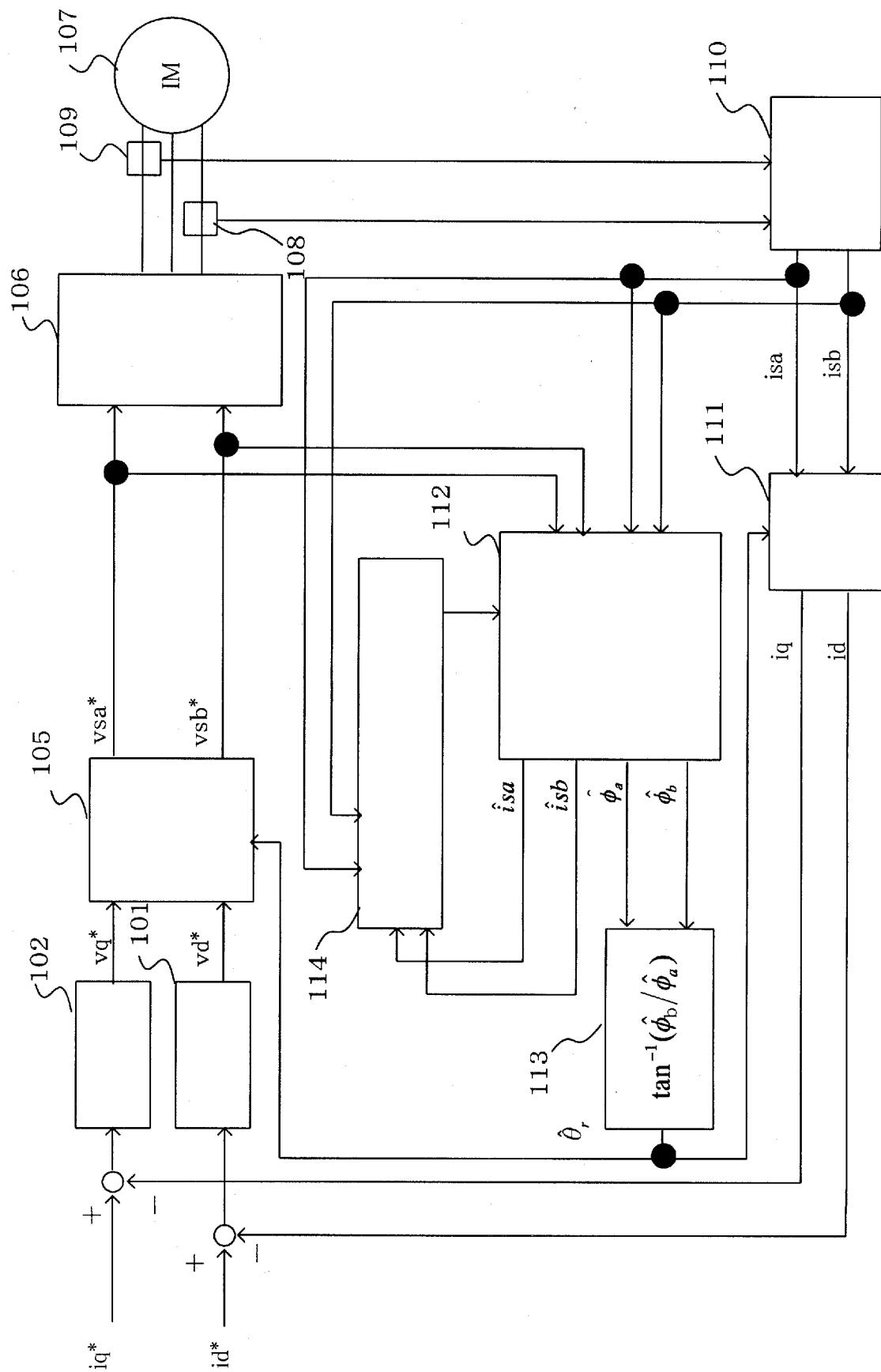


一次抵抗の設定誤差によるベクトル関係の変化(回生モード)

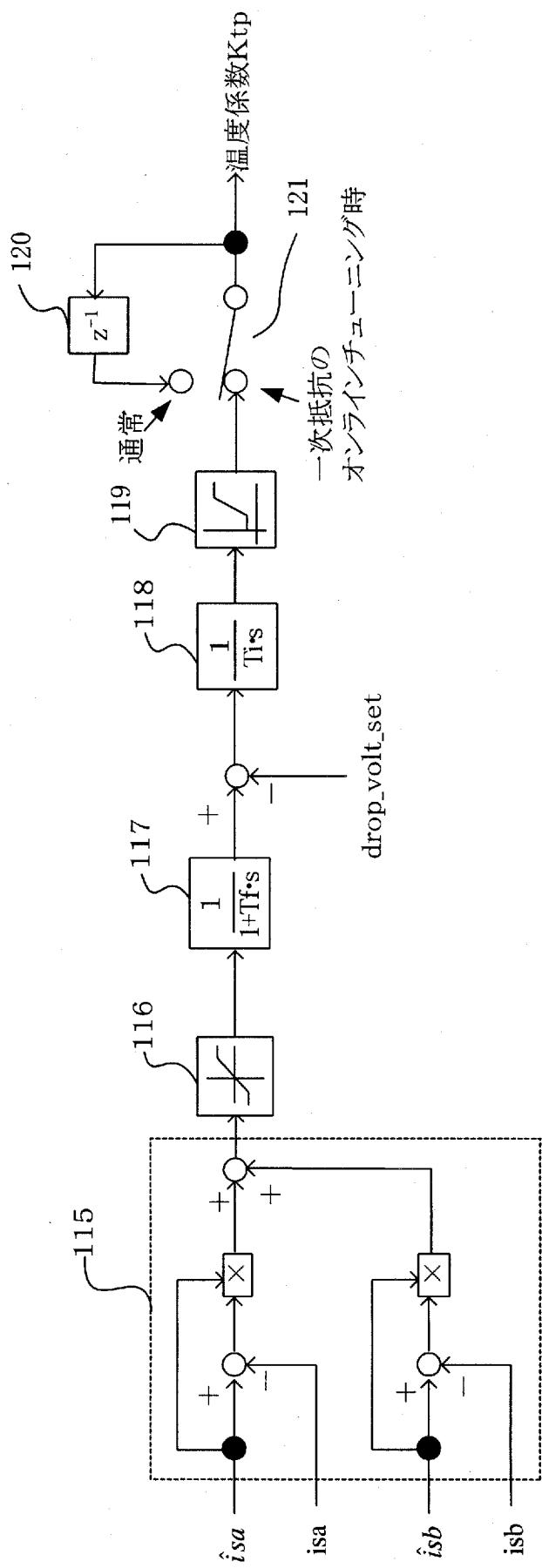
[図6]



[図7]



[図8]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/063869

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*H02P21/00 (2006.01)i, H02P27/04 (2006.01)i, H02P27/06 (2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

*H02P21/00, H02P27/04, H02P27/06*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2008</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2008</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2008</i>

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

*WPI*

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-84499 A (Meidensha Corp.), 26 March, 1996 (26.03.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 8-223998 A (Yaskawa Electric Corp.), 30 August, 1996 (30.08.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2005-20817 A (Yaskawa Electric Corp.), 20 January, 2005 (20.01.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

*24 October, 2008 (24.10.08)*

Date of mailing of the international search report

*04 November, 2008 (04.11.08)*

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P21/00(2006.01)i, H02P27/04(2006.01)i, H02P27/06(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P21/00, H02P27/04, H02P27/06

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008年

## 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-84499 A (株式会社明電舎) 1996.03.26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 8-223998 A (株式会社安川電機) 1996.08.30, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-20817 A (株式会社安川電機) 2005.01.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

24. 10. 2008

## 国際調査報告の発送日

04. 11. 2008

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森山 拓哉

3V 3924

電話番号 03-3581-1101 内線 3358