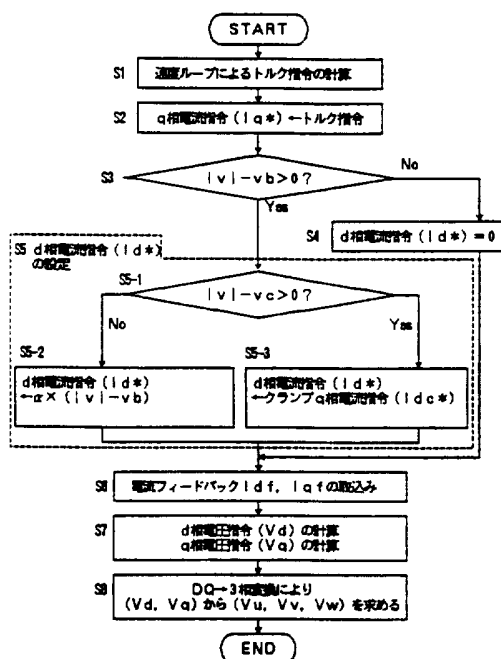




(51) 国際特許分類6 H02P 21/00	A1	(11) 国際公開番号 WO97/10643 (43) 国際公開日 1997年3月20日(20.03.97)
(21) 国際出願番号 PCT/JP96/02661 (22) 国際出願日 1996年9月17日(17.09.96) (30) 優先権データ 特願平7/261042 1995年9月14日(14.09.95) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社(FANUC LTD)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 内田裕之(UCHIDA, Hiroyuki)[JP/JP] 〒401-03 山梨県南都留郡勝山村4447-8 Yamanashi, (JP) 岩下平輔(IWASHITA, Yasusuke)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3533-2 ファナックマンションハリモミ9-307 Yamanashi, (JP) 遠藤裕一(ENDO, Yuichi)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3539-1 ファナックマンションハリモミ7-308 Yamanashi, (JP)	(11) 国際公開番号 WO97/10643 (21) 国際出願番号 PCT/JP96/02661 (22) 国際出願日 1996年9月17日(17.09.96) (30) 優先権データ 特願平7/261042 1995年9月14日(14.09.95) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社(FANUC LTD)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 内田裕之(UCHIDA, Hiroyuki)[JP/JP] 〒401-03 山梨県南都留郡勝山村4447-8 Yamanashi, (JP) 岩下平輔(IWASHITA, Yasusuke)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3533-2 ファナックマンションハリモミ9-307 Yamanashi, (JP) 遠藤裕一(ENDO, Yuichi)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3539-1 ファナックマンションハリモミ7-308 Yamanashi, (JP) (74) 代理人 弁理士 竹本松司, 外(TAKEMOTO, Shoji et al.) 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階 Tokyo, (JP) (81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書	

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING CURRENT OF SERVOMOTOR
(54) 発明の名称 サーボモータの電流制御方法


S1 ... calculate torque command by speed loop
 S2 ... q-phase current command (Iq*) = torque command
 S4 ... d-phase current command (Id*) = 0
 S5 ... Set d-phase current command (Id*)
 S5-2 ... d-phase current command (Id*) = $\alpha \times (|v| - vb)$
 S5-3 ... d-phase current command (Id*) = clamp q-phase current command (Idc*)
 S6 ... capture fed-back currents Idf and Iqf
 S7 ... calculate d-phase voltage command (Vd) calculate q-phase voltage command (Vq)
 S8 ... find (Vu, Vv, Vw) from (Vd, Vq) by DQ-3-phase conversion

(57) Abstract

A method for controlling the current of a servomotor by which the reactive current is reduced in the region where no voltage saturation occurs to suppress the heat generated by the reactive current, and the motor is stably rotated even in the high-speed range. In the method using DQ conversion, to reduce the reactive current, current is made to flow in the q-phase not in the d-phase in the range other than the high-speed range and a reactive current is made to flow in the d-phase in the high-speed range. The reactive current entails the lowering of the terminal voltage of the servomotor.

(57) 要約

電圧飽和が発生しない領域では無効電流を少なくして無効電流による発熱を抑制し、かつ高速域まで安定した回転を行なうサーボモータの電流制御方法。DQ変換を用いたサーボモータの電流制御において、高速回転域まではd相には電流を流さずq相にのみ電流を流し、高速回転時にのみd相に無効電流を流し、この無効電流によってモータの端子電圧を下げることによって、電圧飽和が発生しない領域では無効電流を少なくして無効電流による発熱を抑制し、高速域においても安定した回転を行なう。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SD	スーダン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BB	バルバドス	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BE	ベルギー	GE	イグルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BG	ブルガナ・ファソ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BJ	ブルガリア	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラ	TD	チャド
BR	ベナン	GR	ギリシャ	UA	ウクライナ	TG	トーゴ
BY	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TJ	タジキスタン
CA	カナダ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MR	モリタニア	TR	トルコ
CG	コンゴ	IT	イタリア	MW	マラウイ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	MX	メキシコ	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NE	ニジェール	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NL	オランダ	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	NZ	ニュージーランド	VN	ヴェトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PL	ポーランド	YU	ユーゴスラビア
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	PT	ポルトガル		
		LK	スリランカ	RO	ルーマニア		

明 細 書

サーボモータの電流制御方法

技 術 分 野

本発明は、工作機械や産業用機械等の機械装置やロボ
5 ットの駆動源として使用される A C サーボモータの電流
制御方法に関する。

背 景 技 術

図 7 は、従来の A C サーボモータの制御系を示すブ
ロック線図である。この制御系に於いて、位置指令からエ
ンコーダ等で検出される位置フィードバック値を減じて
10 位置偏差が求められ、位置偏差に項 1 でポジションゲイ
ンを乗じて位置ループ処理により速度指令が求められる。
速度指令から速度フィードバック値を減じて速度偏差が
求められ、項 2 で比例積分制御の速度ループ処理を行な
いトルク指令（電流指令）が求められる。更に、トルク
15 指令から電流フィードバック値を減じ、項 3 で電流ル
ープ処理を行ない各相の電圧指令を求めて P W M 制御等
を行ない A C サーボモータ M が制御される。

上記の制御系において、3 相 A C サーボモータを制御
20 する場合には、電流ループに於いて 3 相電流を別々に制
御する交流電流制御方法が知られている。この電流制御
方法では、速度ループ処理で求められたトルク指令（電
流指令）にエンコーダ等で検出されたサーボモータのロ
ータ位置 θ より U、V、W 相に対して電気角でそれぞれ
25 $2\pi/3$ ずれた正弦波を乗じて各相の電流指令を求め、

求められた電流指令から各電流検出器で検出さる各相の実電流 I_u 、 I_v 、 I_w を減じて電流偏差を求め、各相電流制御器で比例積分 (PI) 制御等を行なって各相指令電圧 E_u 、 E_v 、 E_w を電力増幅器に出力する。電力増幅器では、インバータ等で PWM 制御を行なって各相の電流 I_u 、 I_v 、 I_w をサーボモータ M に流して駆動を行なう。これによって、位置及び速度ループの最も内側のマイナーループに電流ループが形成され、この電流ループは AC サーボモータの各相に流す電流を制御する。

上記 3 相電流を別々に制御する方法では、モータの回転速度が上昇すると電流指令の周波数も上昇し、電流位相が徐々に遅れるため電流の無効成分が多くなり、トルクを効率よく発生することができなくなるという問題点がある。また、制御量として交流を扱っているため、定速度回転かつ定負荷時における定常状態においてさえも、指令に対する位相の遅れや振幅の減衰等の偏差が存在し、直流モータと同程度のトルク制御を実現することが困難である。

上記の問題点を改善する方法として、3 相電流を DQ 変換して d 相及び q 相の 2 相の直流座標系に変換した後、各相を直流成分で制御する DQ 制御方法が知られている。

図 8 は、AC サーボモータを DQ 変換により制御する制御系を示す。d 相の電流指令を「0」とし、q 相の電流指令を速度ループが出力されるトルク指令とする。3 相電流から 2 相電流へ変換する変換器 9 において、モー

タの各 u 、 v 、 w 相の実電流およびロータ位置検出器 7
で検出されたロータの位相を用いて d 相、 q 相の電流 I_d 、 I_q を求め、この電流を各相指令値から減じて d 相、 q 相の電流偏差を求める。電流制御器 5 d 、5 q において、この電流偏差を比例及び積分制御して d 相指令電圧 V_d 及び q 相指令電圧 V_q を求める。2 相電圧から 3 相電圧に変換する変換器 8 は、2 相の指令電圧 V_d 、 V_q から u 、 v 、 w 相の指令電圧 V_u 、 V_v 、 V_w を求め、電力増幅器 6 に出力してインバータ等でサーボモータの
10 各相に対して電流 I_u 、 I_v 、 I_w を流してサーボモータ M の制御を行なう。

上記従来の電流制御方法では、逆起電力によって電流制御系が不安定となるという問題点がある。

図 9 は、従来の AC サーボモータの制御系を d 相と q
15 相の制御系に分けて線図で示したものである。 d 相コントローラ及び q 相コントローラは夫々、積分項 11、12 (K_1 は積分ゲイン) と比例項 13、14 (K_2 は比例ゲイン) を備え、モータは抵抗 R とインダクタンス L とで表わされる。また、 d 相及び q 相は、互いに他の
20 相からの干渉項 15、16 を備える。 d 相コントローラはモータが発生するトルクに寄与しない電流成分を制御し、 q 相コントローラはモータが発生するトルクに寄与しない電流成分を制御する。

図 9 において、 d 相コントローラへの d 相電流指令
25 I_d^* を零とし、 q 相コントローラへの q 相電流指令

- I_q^* にトルク指令を印加する制御方法では、d 相方向の無効電流は流れずモータ駆動に寄与しない電流分は除去できるものの、q 相にはモータ回転数 ω_e に比例した逆起電力 $E (= \omega_e \cdot \Phi)$ が発生する。図 10 は、d 相電流指令 I_d^* を零とした場合の加速中の d 相及び q 相の電圧状態を示す。図 10 に於いて円は DC リンク電圧を表わす。図 9 に示した q 相巻線の抵抗 R による q 相電圧 $R \cdot I_q$ はモータを制御する有効電圧であり、干渉項 15 によって d 相に現われる電圧 $\omega_e \cdot L \cdot I_q$ は、モータ駆動に寄与しない無効電圧である。E は逆起電力である。モータの端子電圧は逆起電力 E と $R \cdot I_q$ との和となる。モータ制御は、端子電圧が DC リンク電圧以下の場合に可能であり、端子電圧が DC リンク電圧を超えると制御が困難となる。
- 図 11 は逆起電力 E と DC リンク電圧が一致した場合の d 相及び q 相の電圧状態を示す。高速まで加速を行なうと、増加する逆起電力 E によって加速電流を生成するための電圧が減少し、加速電流が減少して最終的に逆起電力と DC リンク電圧が一致し、加速が終了することになる。この状態から減速を行なう場合には、減速電流を流すに要する電圧が不足して電流制御が困難となり、異常電流が流れる場合がある。

そこで、高速域でのモータの端子電圧を下げるために、電流位相を高速域の大電流時において d 相方向にずらす方法が知られている。図 12 は、電流位相を d 相方向に

ずらした場合の d 相及び q 相の電圧状態を示す。この場合、q 相電流 I_q の d 相方向成分 I_{qd} が d 相方向に流れ、これによって q 相に発生する電圧 $\omega_e \cdot L \cdot I_{qd}$ は端子電圧に表れる逆起電力を減少させる。しかしながら、この方法においては、小電流の場合には d 相方向の電流も小さいため、逆起電力を弱める効果は少ないという問題点がある。

発 明 の 開 示

本発明は、電圧飽和が発生しない低速領域に於いて無効電流による発熱を抑制すると共に、高速領域に於いて安定した回転を実現するサーボモータの電流制御方法を提供する。

本発明は、サーボモータの DQ 変換による電流制御において、高速回転域までは d 相には電流を流さず q 相にのみ電流を流し、高速回転時にのみ d 相に無効電流を流し、この無効電流によってモータの端子電圧を下げることによって、電圧飽和が発生しない領域では無効電流を少なくして無効電流による発熱を抑制し、高速域においても安定した回転を行なう。

モータの回転速度が高速回転域に達するまでの間は、モータに発生する逆起電力はサーボアンプの DC リンク電圧より十分に小さく、モータの制御電流を生成するのに十分な電圧を得ることができる。この領域では、サーボモータの DQ 変換による電流制御において、d 相電流指令を零として d 相に電流を流さず、q 相にのみ電流を流

す電流制御を行なう。これによって、モータの駆動制御に寄与する q 相にのみ有効電圧を発生させ、モータの駆動制御に寄与しない d 相については無効電流を流さないよう制御して、無効電流による発熱を防止する。

- 5 モータの回転速度が高速回転域に達して逆起電力が増大し、この逆起電力がサーボアンプの DC リンク電圧に近い値となって電圧飽和が起こると、モータの制御電流を生成するに十分な電圧を得ることができなくなる。この高速回転時に d 相に無効電流を流すと、無効電流によ
- 10 って d 相巻線の電圧が発生する。d 相巻線のインダクタンスによって発生する電圧は逆起電力と逆方向であるため、逆起電力はこれによって減少し、モータに発生する端子電圧は下降する。これによって、端子電圧はサーボアンプの DC リンク電圧より小さくなり、モータの制御
- 15 電流を生成するに十分な電圧を得ることができる。

- したがって、電圧飽和が生じないような回転速度領域では、q 相にのみの電流供給によって発熱を最小限に抑えたモータ制御を行ない、電圧飽和が生じるような高速回転領域では、d 相への電流供給によって逆起電力を減少させて安定した回転制御を行なう。
- 20

- 無効電流の供給を、電圧飽和が発生する速度の近傍の設定速度から開始し、速度に応じて増加するよう行なうことができる。これによって、設定速度までは q 相の有効電流のみで制御を行ない、設定速度以上では速度に応じて無効電流の供給量を増大して、速度に応じて増加す
- 25

る逆起電力の増加を抑える。

無効電流の供給は、速度に対して一次の増加関数に従って増加し、第2の設定速度以上で一定値に固定するように設定することができる。これにより、無効電流の増加の割合を増加関数の係数で設定することが出来、第2の設定速度以上の速度において、無効電流による発熱の増大が抑制される。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の方法を実施するためのACサーボモータの制御系をd相とq相の制御系に分けて示したブロック線図、

図2は、本発明の一実施例によるd相電流指令の特性を示すグラフ、

図3は、高速領域に於けるd相及びq相の電圧状態を示す図、

図4は、速度ループ及び電流ループの処理のフローチャート、

図5は、本発明の方法を実施するサーボモータ制御系のブロック図、

図6aは、従来の制御方法によるサーボモータのトルクカーブを示すグラフ、図6bは、本発明の制御方法によるサーボモータのトルクカーブを示すグラフ、

図7は、位置ループ、速度ループ及び電流ループを備えた従来のACサーボモータの制御系のブロック線図、

図8は、ACサーボモータをDQ変換により制御する

制御系のブロック線図、

図 9 は、A C サーボモータの制御系を d 相と q 相の制御系に分けて示したブロック線図、

図 10 は、従来の方法により q 相電流指令 I_q^* を零とした場合の加速中の d 相及び q 相の電圧状態を示す図、

図 11 は、従来の方法により逆起電力と D C リンク電圧が一致した場合の d 相及び q 相の電圧状態を示す図、

図 12 は、従来の方法により電流位相を d 相方向にずらした場合の d 相及び q 相の電圧状態を示す図である。

10 発明を実施するための最良の形態

図 1 に示すブロック線図に於いて、d 相の制御系に対する電流指令をモータの速度に応じて設定し、これによって、逆起電力 $E (= \omega_e \cdot \Phi)$ と逆方向の電圧を実質的に発生し、逆起電力 E を減少させる。

15 図 1 のブロック線図において、d 相コントローラ及び q 相コントローラは夫々、積分項 11、12 (K_1 は積分ゲイン) と比例項 13、14 (K_2 は比例ゲイン) を備え、モータは抵抗 R とインダクタンス分とで表わされている。また、d 相及び q 相は、互いに他の相からの干渉項 15 及び 16 を備える。この構成は、図 9 に示した従来のブロック線図と共通している。

本発明では、d 相コントローラに対してモータの回転速度に応じた d 相電流指令 I_d^* を供給し、q 相コントローラに対してトルク指令 I_q^* を供給する。モータの
25 回転速度に応じた d 相電流指令 I_d^* として、例えば、

図 2 に示されるような特性の d 相電流指令を用いる。図 2 に示す d 相電流指令は、モータの回転速度 v が 0 からベース速度 v_b までの速度領域では零であり、回転速度 v がベース速度 v_b を超える高速領域では速度 v に比例して増加し、回転速度 v がクランプ速度 v_c を超える高速領域では一定値に固定される。

なお、ベース速度 v_b は、逆起電力が DC リンク電圧に接近して電圧飽和が始まる付近の速度として設定することができ、また、クランプ速度 v_c は d 相電流の増加によって発生する発熱等の障害が許容できる境界の速度として設定することができる。

モータの回転速度がベース速度 v_b 以下の低い速度領域では、d 相コントローラに入力される d 相電流指令は零であって図 9 を用いて説明した従来の制御方法と同様であり、加速時における d 相及び q 相の電圧状態は図 10 に示された如くなる。ベース速度 v_b 以下の低い速度領域では、DC リンク電圧から逆起電力 E を差し引いた電圧分によって、モータを制御する電流を生成することができる。

次に、モータの回転速度が増大してベース速度 v_b を超えると、逆起電力が増大して DC リンク電圧に接近し、電圧飽和が始まる。このとき、d 相コントローラに対して d 相電流の入力を始める。図 3 はベース速度 v_b を超えた高速領域において q 相電流指令 I_q^* を入力した場合の d 相及び q 相の電圧状態を示す。図 3 において、d

相電流指令 I_d^* によって d 相巻線に d 相電流 I_d が流れると、d 相巻線の抵抗 R によって無効電圧 $R \cdot I_d$ が発生し、d 相巻線のインダクタンス分 L によって干渉項 16 により有効電圧 $\omega_e \cdot L \cdot I_d$ が発生する（図 3 中の破線）。この有効電圧 $j \cdot \omega_e \cdot L \cdot I_d$ の方向は逆起電力 E と逆方向であるため、逆起電力は減少して図中の一点鎖線で示される補償逆起電力 E' となる。したがって、q 相方向の電圧について見ると、補償逆起電力 E' は DC リンク電圧内に収まり、制御電流を流すために十分な電圧が確保される。図 1 中の逆起電力 E と逆方向の電圧は d 相巻線のインダクタンス L による有効電圧 $\omega_e \cdot L \cdot I_d$ であり、d 相への電流の供給は逆起電力 $E (= \omega_e \cdot \Phi)$ と逆方向の電圧を q 相コントローラに入力することと実質的に一致し、これによって、端子電圧が減少する。

モータの回転速度がさらに増大すると、逆起電力 $E (= \omega_e \cdot \Phi)$ は回転速度にしたがって増大する。このとき、d 相コントローラに対する d 相電流指令 I_d^* を回転速度に応じて増加させることによって、d 相巻線のインダクタンス分 L に発生する有効電圧 $\omega_e \cdot L \cdot I_d$ を増加して逆起電力 E を打ち消す方向の電圧を増やし、逆起電力 E の増大を抑制する。

図 1 に示す d 相電流指令では、クランプ速度 v_c を超えた回転速度 v に対して d 相電流がクランプされるよう d 相電流指令値を固定する。これは、d 相電流の無制限

の増大によって発生する過剰電流や過熱等の障害を防止するためである。

次に、図4のフローチャートを用いて、速度ループ及び電流ループの処理を説明する。

- 5 はじめに、図7に示した速度制御の項2を含む速度ループ処理によってトルク指令を計算し（ステップS1）、求めたトルク指令をq相電流指令 I_q^* とする（ステップS2）。

- 10 次に、エンコーダからモータの実速度 v を求め、この実速度 v とベース速度 v_b との比較を行なう。なお、ここでは、モータの回転方向を考慮してモータの実速度 v の絶対値とベース速度 v_b との差（ $|v| - v_b$ ）をとり、速度差の正負を判定する（ステップS3）。ここで、ベース速度 v_b は、逆起電力がDCリンク電圧に接近して電圧飽和が始まる付近の速度である。このベース速度
- 15 v_b は、使用するモータ特性に応じて任意に定めることができる。例えば、モータの定格速度、モータの定格電圧を印加したときのモータ速度、及びそれらに所定倍率を乗じた値を用いたりすることができる。

- 20 モータの回転速度がベース速度 v_b を超えていない場合には、前記速度差は負又は零となる。この速度領域は図2中のaで示される範囲であり、この場合にはd相電流指令 I_d^* を零に設定する（ステップS4）。なお、このとき、q相電流指令 I_q^* は前記ステップS2で設
- 25 定したトルク指令である。

一方、モータの回転速度がベース速度 v_b を超えた場合には、前記速度差は正となる。この速度領域は図 2 中の b あるいは c で示される範囲であり、この場合には d 相電流指令 I_d^* をステップ S 5 で設定する。なお、このとき、 q 相電流指令 I_q^* は前記ステップ S 2 で設定したトルク指令である。

以下、 d 相電流指令 I_d^* を設定するステップ S 5 - 1 ~ ステップ S 5 - 3 を説明する。

ステップ S 5 - 1 において、エンコーダから求めたモータの実速度 v をクランプ速度 v_c と比較する。ここでは、モータの回転方向を考慮してモータの実速度 v の絶対値とクランプ速度 v_c との差 ($|v| - v_c$) をとり、この速度差の正負を判定する (ステップ S 5 - 1)。クランプ速度 v_c は、 d 相電流の増加によって発生する発熱等の障害が許容できる境界の速度に設定することができる。

モータの回転速度がクランプ速度 v_c を超えていない場合には、前記速度差は負又は零となる。この速度領域は図 2 中の b の範囲であり、この場合には、($|$ 実速度 $v| -$ クランプ速度 v_c) に係数 α を乗じた値に設定する (ステップ S 5 - 2)。この係数 α は、回転速度 v に応じて d 相電流指令 I_d^* を一次関数で増加させるときの係数であり、この係数に応じて d 相電流指令 I_d^* の増加の割合を調節することができる。なお、このとき、 q 相電流指令 I_q^* は前記ステップ S 2 で設定したトル

ク指令である。

一方、モータの回転速度がクランプ速度 v_c を超えた場合には、前記速度差は正となる。この速度領域は図 1 の矩形中の c で示される範囲であり、この場合には d 相電流指令 I_d^* をクランプ q 相電流指令 I_{dq}^* に設定する（ステップ S5-3）。このクランプ q 相電流指令 I_{dq}^* は、回転速度 v の増大にかかわらず固定値とする。なお、このとき、q 相電流指令 I_q^* は前記ステップ S2 で設定したトルク指令である。

次に、電流フィードバックによってサーボモータの d 相、q 相の電流フィードバック I_{df} 、 I_{qf} の取込みを行なう。この d 相、q 相の電流フィードバック I_{df} 、 I_{qf} の取込みは、サーボモータの u 相及び v 相の実電流 I_u 、 I_v を取込み、 $I_u + I_v + I_w = 0$ の関係を用いて、 $I_w = -(I_u + I_v)$ の演算によって w 相の実電流 I_w を求め、また、ロータ位置検出器の出力からロータの電気角 θ_e を求め、次に、次式 (1) で示されるような、3 相交流電流から 2 相直流電流を求める DQ 変換により行なうことができる（ステップ S6）。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} &= \sqrt{2/3} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_e & \sin \theta_e \\ -\sin \theta_e & -\cos \theta_e \end{bmatrix} \\ &\cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{bmatrix} \\ &\dots\dots (1) \end{aligned}$$

次に、d 相、q 相の電流 I_{df} 、 I_{qf} を d 相、p 相の各相指令値から減じて d 相、q 相の電流偏差を求め、この電流偏差を電流制御ブロックでの電流ループで比例及び積分制御を行なって、d 相指令電圧 V_d 、q 相指令電圧 V_q を求める（ステップ S 7）。さらに、2 相電圧から 3 相電圧に変換する変換器において、次式（2）で示されるような、2 相直流電圧から 3 相交流電圧を求める D Q 変換によって、U、V、W 相の指令電圧 V_u 、 V_v 、 V_w を求め（ステップ S 8）、この指令電圧を電力増幅器に出力してインバータ等でサーボモータの各相に対して電流 I_u 、 I_v 、 I_w を流してサーボモータの制御を行なう。

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3/2} \\ -1/2 & -\sqrt{3/2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_e & -\sin \theta_e \\ \sin \theta_e & \cos \theta_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} \quad \dots\dots (2)$$

図 5 は、本発明の実施例を適用したサーボモータ制御系のブロック図である。この構成は従来のデジタルサーボ制御を行なう装置と同一であるため、概略的に示している。図 5 において、20 はコンピュータを内蔵した数値制御装置（CNC）、21 は共有 RAM、22 はプロセッサ（CPU）、ROM、RAM 等を有するデジタルサーボ回路、23 はトランジスタインバータ等の電力増

幅器、MはACサーボモータ、24はACサーボモータMの回転とともにパルスを発生するエンコーダ、25はロータ位相を検出するためのロータ位置検出器である。

図6aは、従来の制御方法によるサーボモータのトルクカーブを示し、図6bは、本発明の制御方法によるサーボモータのトルクカーブを示す。これらのトルクカーブは、回転数（r.p.m）に対する発生トルク（kg・cm）により表わされている。

図6a及び6bにおいて、回転数が4000rpm付近のトルク特性を比較すると、本発明による制御方法によって4000rpm付近におけるトルクの低下が減少し、高速トルクでの伸びが得られることが分かる。

以上説明したように、本発明によれば、電圧飽和が発生しない領域では無効電流を少なくして無効電流による発熱が抑制され、かつ高速域まで安定した回転が得られる。

請 求 の 範 囲

1. 速度ループ処理を行なうと共に、交流 3 相電流をモータが発生するトルクに寄与しない d 相電流及びモータが発生するトルクに寄与する q 相電流の直流 2 相電流に、
又、直流 2 相電圧を交流 3 相電圧に変換する D Q 変換を行なってサーボモータに供給する電流を制御する方法であって、

(a) サーボモータの低速回転時に於いて前記 q 相に前記速度ループ処理で求められたトルク指令を供給すると共に、前記 d 相には電流を供給しないステップと、

(b) 高速回転時に於いて前記 q 相に前記トルク指令を供給すると共に、前記 d 相に無効電流を流し、該無効電流によって前記 q 相に発生する逆起電力と逆方向の電圧を発生させ、モータの端子電圧を下げるステップとを備えた、サーボモータの電流制御方法。

2. 前記ステップ (b) は、前記逆起電力が増加して電圧飽和が発生する速度の近傍に設定された第 1 の設定速度から前記無効電流の供給を開始し、モータ速度に応じて増加させるステップを含む、請求の範囲第 1 項に記載のサーボモータの電流制御方法。

3. 前記ステップ (b) は、モータ速度に対して一次の増加関数に従って増加する無効電流を供給し、モータ速度が前記第 1 の設定速度よりも大きい第 2 の設定速度以上となったときに一定値に固定する、請求の範囲第 2 項に記載のサーボモータの電流制御方法。

1/9

FIG. 1

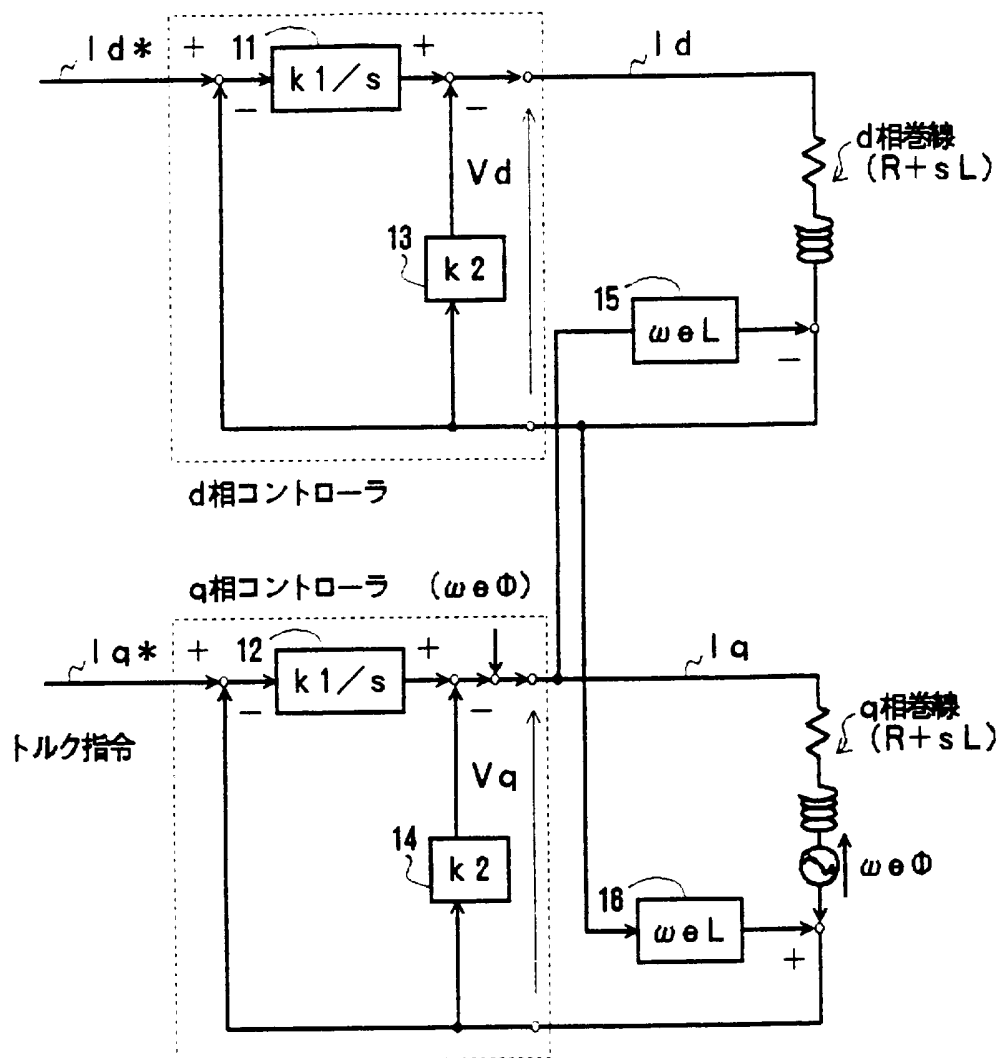
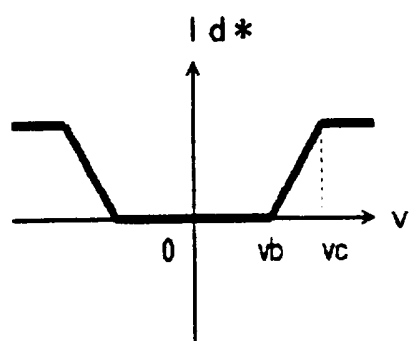
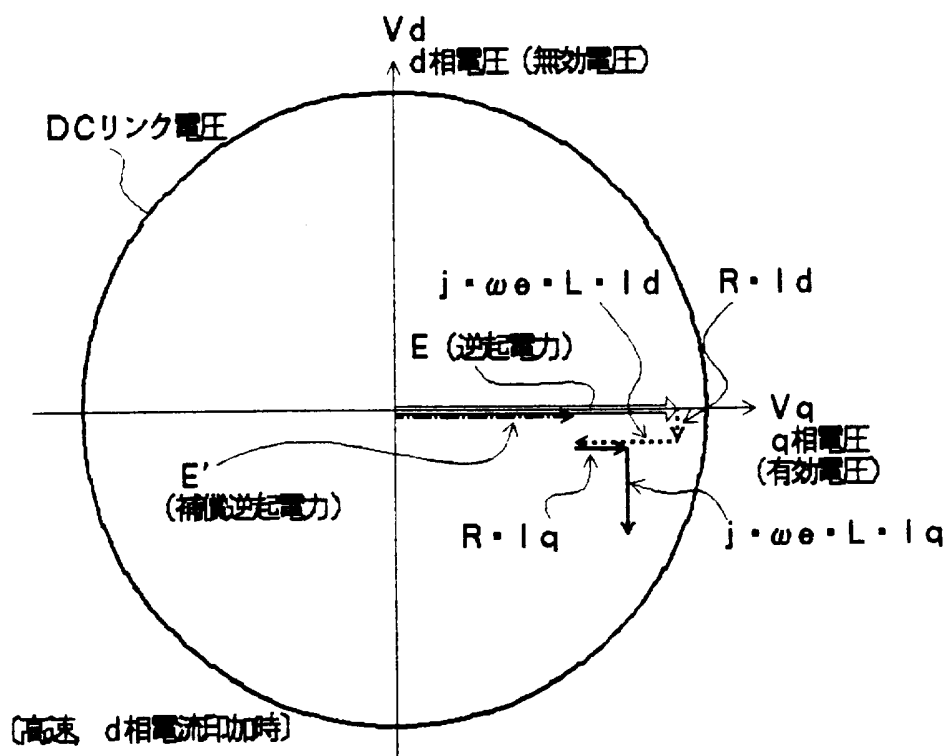


FIG. 2



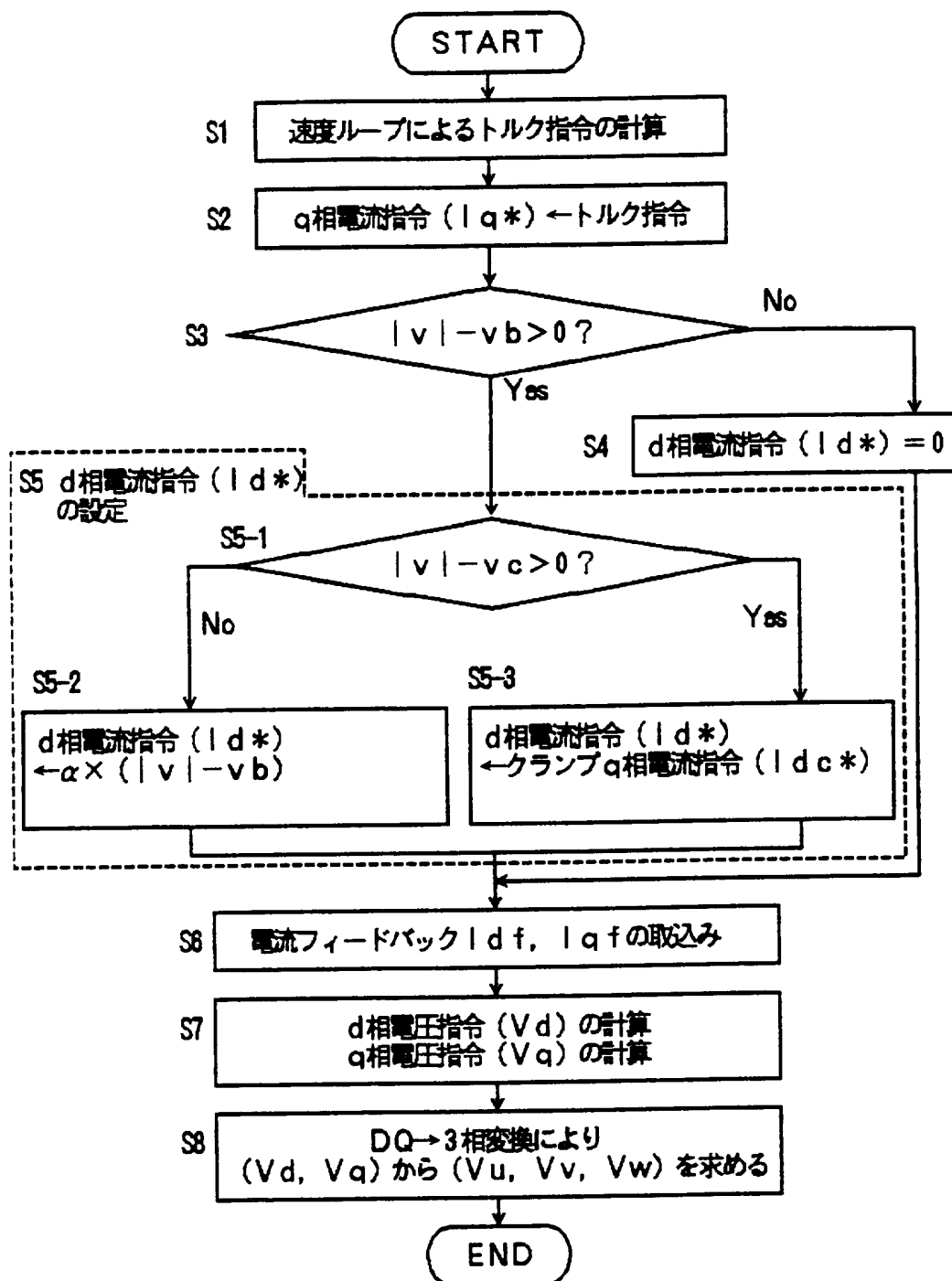
2/9

FIG. 3



3/9

FIG. 4



4/9

FIG. 5

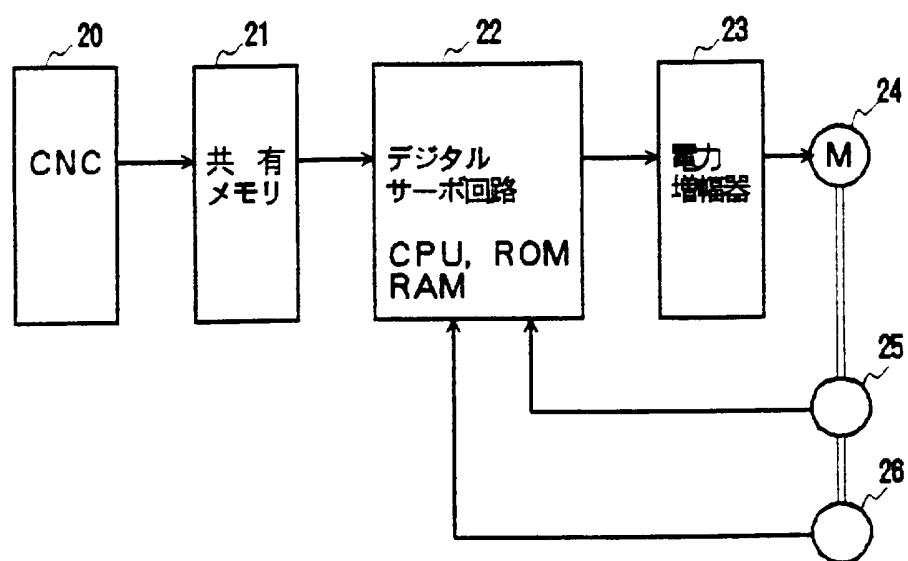


FIG. 6a

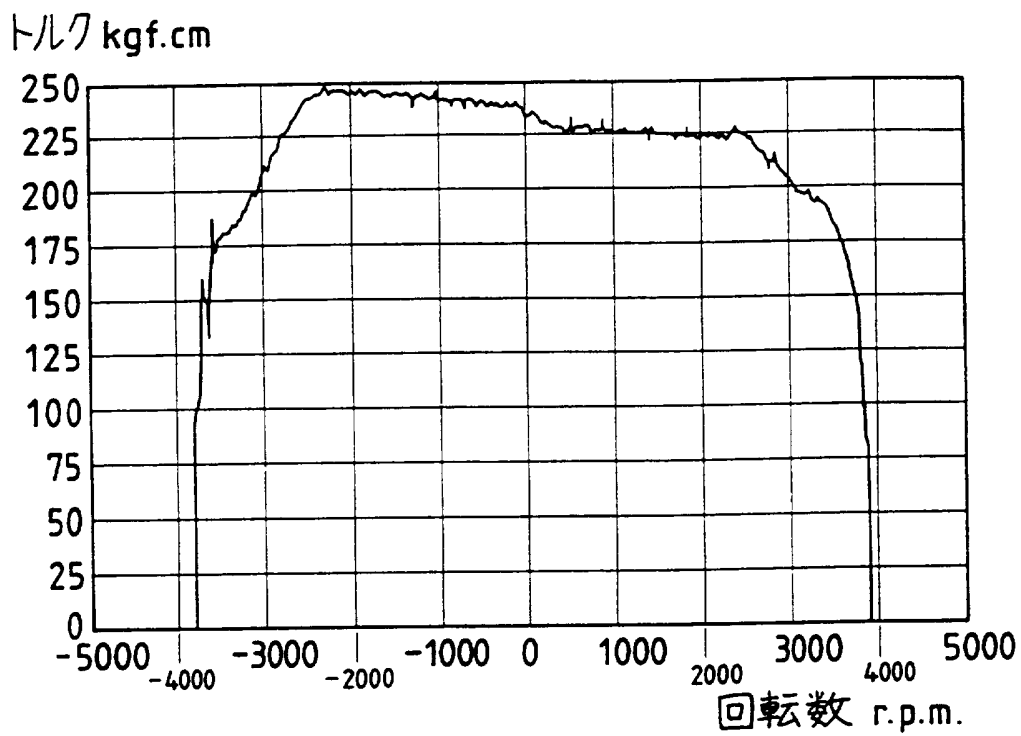
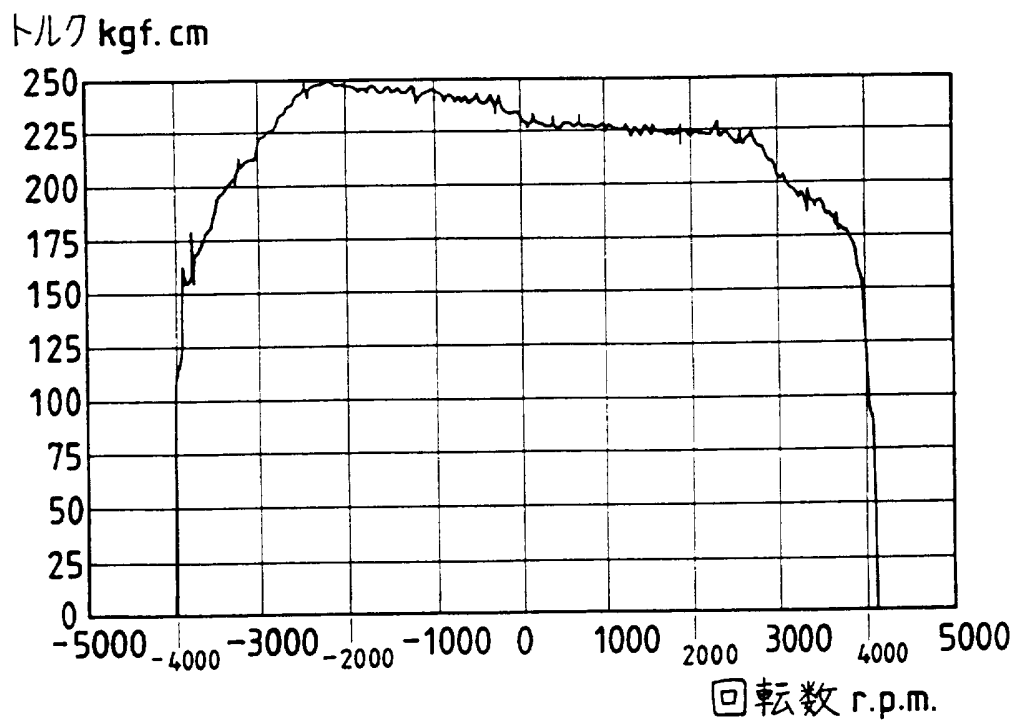


FIG. 6b



6/9

FIG. 7

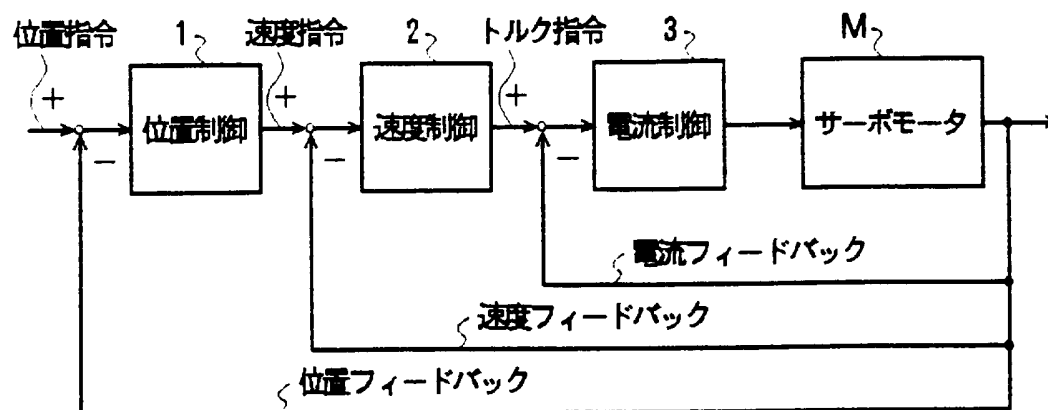
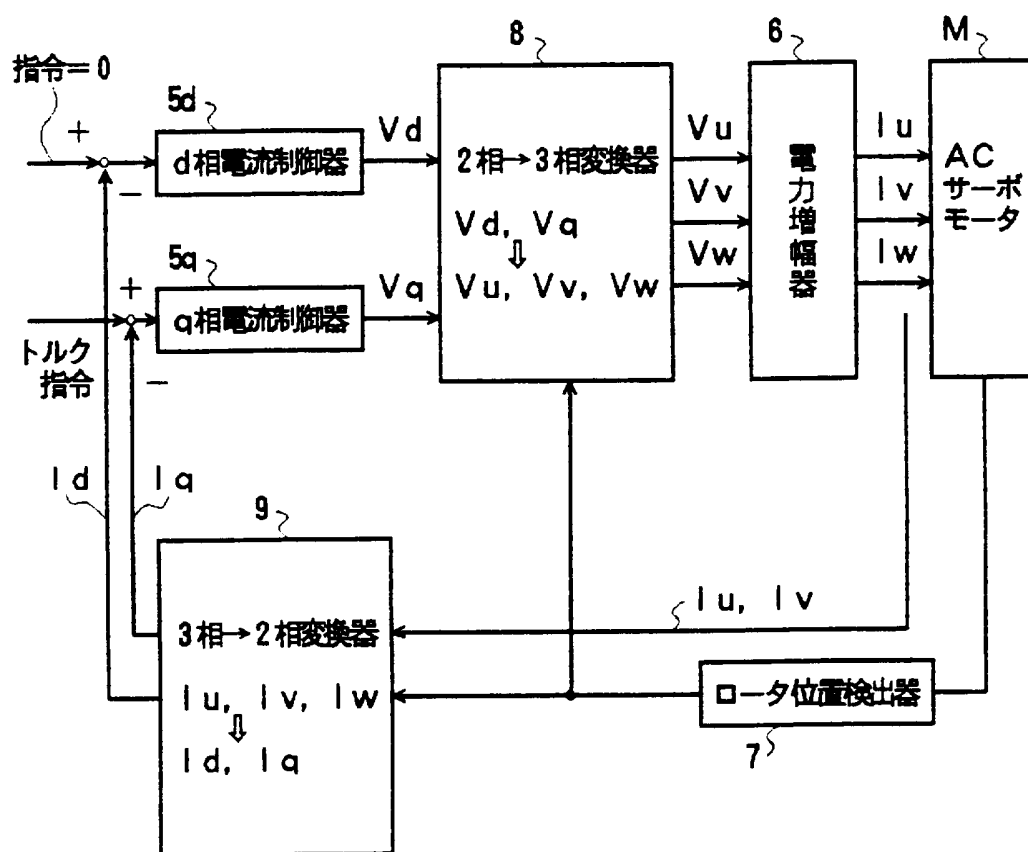
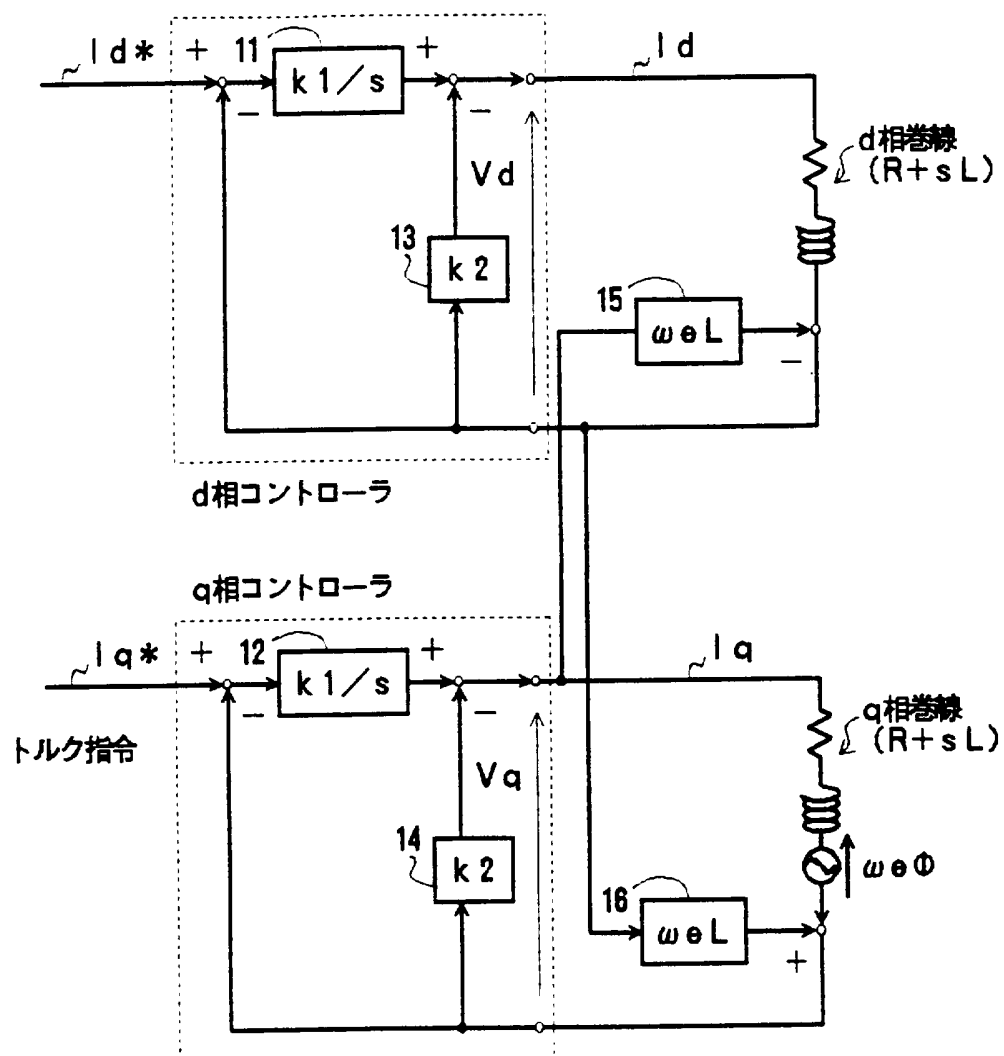


FIG. 8



7/9

FIG. 9



8/9

FIG. 10

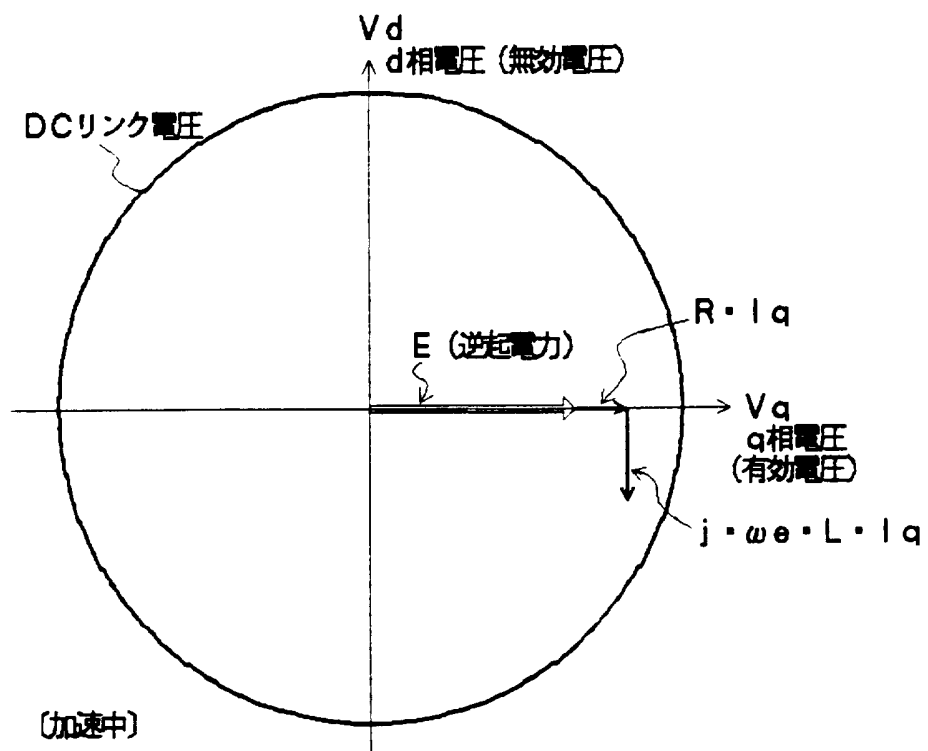
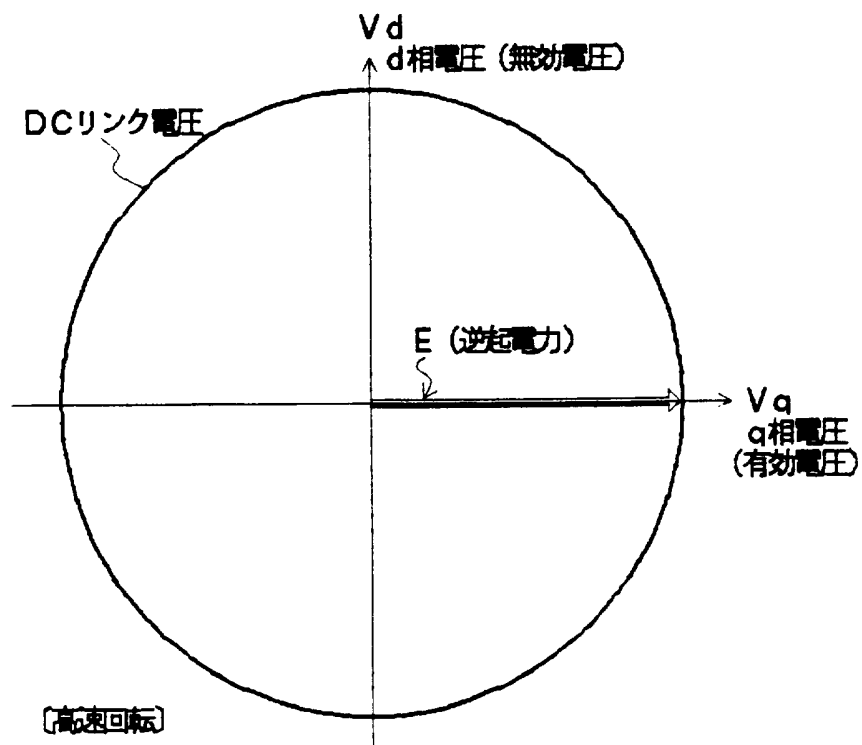
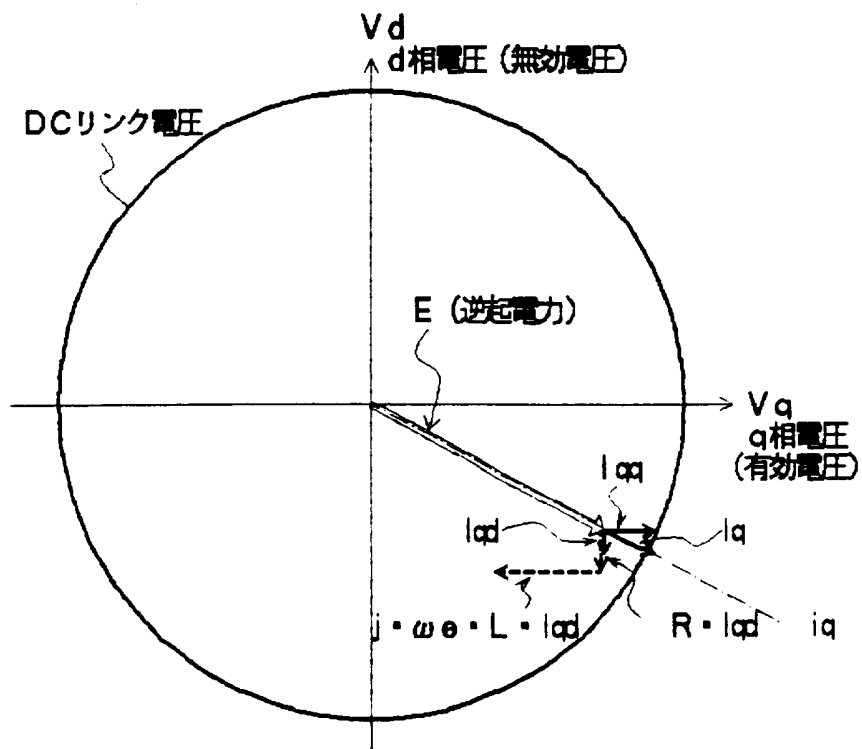


FIG. 11



9/9

FIG. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/02661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ H02P21/00

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)

Int. Cl⁶ H02P5/408-5/412, H02P7/628-7/632, H02P21/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996	Jitsuyo Shinan Toroku
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1995	Koho
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1996	1996 - 1996

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 57-113789, A (Fanuc Ltd.), July 15, 1982 (15. 07. 82) & WO, 8202461, A & EP, 67886, A & JP, 60-038954, B & EP, 67886, B & US, 4680525, A & KR, 8801837, B	1 - 3

☐ 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 document 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

November 12, 1996 (12. 11. 96)

Date of mailing of the international search report

November 19, 1996 (19. 11. 96)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ H 0 2 P 2 1 / 0 0

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. Cl⁶ H 0 2 P 5 / 4 0 8 ~ 5 / 4 1 2Int. Cl⁶ H 0 2 P 7 / 6 2 8 ~ 7 / 6 3 2Int. Cl⁶ H 0 2 P 2 1 / 0 0

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 1926~1996年

日本国公開実用新案公報 1971~1995年

日本国実用新案登録公報 1996~1996年

日本国登録実用新案公報 1994~1996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)

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	J P, 57-113789, A (ファナック株式会社) 15. 7月. 1982 (15. 07. 82) & WO, 8202461, A & EP, 67886, A & J P, 60-038954, B & EP, 67886, B & US, 4680525, A & KR, 8801837, B	1~3

☐ 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」 先行文献ではあるが、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

12. 11. 96

国際調査報告の発送日

19.11.96

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

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)

田良島 深

印

3H 9521

電話番号 03-3581-1101 内線 3316