(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2011-155801
(P2011-155801A)
(43)公開日　平成23年8月11日(2011.8.11)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H02P 27/06	(2006.01)	H02P 7/63	302B	5H505

審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 28 頁）

(21)出願番号　特願2010-16889(P2010-16889)
(22)出願日　平成22年1月28日(2010.1.28)

(71)出願人　000100861
アイダエンジニアリング株式会社
神奈川県相模原市緑区大山町２番１０号
(71)出願人　502129933
株式会社日立産機システム
東京都千代田区神田練塀町３番地
(74)代理人　110000350
ポレール特許業務法人
(72)発明者　長瀬　博
神奈川県相模原市大山町２番１０号　アイダエンジニアリング株式会社内
(72)発明者　森永　茂樹
東京都千代田区神田練塀町３番地　ＡＫＳビル　株式会社日立産機システム内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】モータ制御システムおよびモータ制御方法

(57)【要約】
【課題】高効率で高信頼なモータ制御システムおよびモータ制御方法を提供する。
【解決手段】複数組の電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄをもつ交流モータ１と、各電機子巻線組を駆動する複数のインバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄと、各インバータを個別に制御する複数の制御装置を備え、モータトルク指令τｃに対応してトルク指令が最も小さい範囲では、インバータ１１Ａを動作させ、電機子巻線１－Ａに電流を流し、トルク指令がその上の範囲では、インバータ１１Ａと１１Ｂを動作させ、電機子巻線１－Ａと１－Ｂに電流を流し、トルク指令がさらにその上の範囲では、インバータ１１Ａと１１Ｂと１１Ｃを動作させ、電機子巻線１－Ａと１－Ｂと１－Ｃに電流を流し、さらにトルク指令が最も大きい範囲では、すべてのインバータを動作させ、すべての電機子巻線に電流を流し、トルク指令に応じてインバータおよび／または各電機子巻線組の駆動数を順次変更する。
【選択図】図４

図４

トルク指令 τ_c（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（トルク演算式）（%）	23a	100	100	100	100
	23b	0	$(\tau_c - 25) \times 100$	100	100
	23c	0	0	$(\tau_c - 50) \times 100$	100
	23d	0	0	0	$(\tau_c - 75) \times 100$
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作

【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数組の電機子巻線をもつモータと、
上記各組の電機子巻線を個別に駆動する複数のインバータと、
モータ駆動指令を受けて、上記各インバータを個別に動作制御する複数の制御装置を備えたモータ制御システムにおいて、
トルク指令または位置指令のモータ駆動指令を受けて、このモータ駆動指令の大きさに応じた複数の動作ステージに判別してステージ信号を出力する動作切替制御部と、
上記動作切替制御部からのステージ信号を受けて、上記モータ駆動指令の各インバータが分担するトルクの割合のゲインを決めて対応する上記制御装置に出力するゲイン切替部を設け、
上記各制御装置は、上記ゲイン切替部で決められたゲインに基いて対応するインバータを駆動制御または停止制御することにより、上記駆動指令の大きさに応じた必要数のインバータを駆動制御することを特徴とするモータ制御システム。
【請求項２】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記動作切替制御部は、各動作ステージの切換点がモータの損失が少なくなるモータ駆動指令の所定の大きさに設定されていることを特徴とするモータ制御システム。
【請求項３】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は、上記動作ステージに応じて、駆動インバータが交代するように対応の制御装置にゲインを出力することを特徴とするモータ制御システム。
【請求項４】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部と上記制御装置との間に、対応する電機子巻線の最大トルクを超えないようにゲインを制限するリミッタを介在させたことを特徴とするモータ制御システム。
【請求項５】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は、インバータがモータの周方向に対称位置にある電機子巻線に同時に電流を流すように対応の制御装置にゲインを出力することを特徴とするモータ制御システム。
【請求項６】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記インバータと電機子巻線の間にスイッチを設け、上記動作切替制御部からのステージ信号に基づいて駆動されるインバータに接続されたスイッチを閉とし、非駆動のインバータに接続されたスイッチを開とすることを特徴とするモータ制御システム。
【請求項７】
請求項１に記載のモータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は動作するインバータを切替るに際し、ゲインを徐々に変化させて対応の制御装置に出力することを特徴とするモータ制御システム。
【請求項８】
複数組の電機子巻線をもつモータと、上記各組の電機子巻線を個別に駆動する複数のインバータを備え、モータ駆動指令を受けて、制御装置により対応する上記インバータを個別に動作制御するモータ制御方法において、
トルク指令または位置指令のモータ駆動指令を受けて、この駆動指令の大きさに応じた複数の動作ステージに判別し、
上記で判別された動作ステージに基づいて、上記駆動指令を各インバータが分担するトルクの割合のゲインを決め、
上記ゲインに基いて対応するインバータを駆動制御または停止制御することにより、上記駆動指令の大きさに応じて所定数のインバータを動作制御することを特徴とするモータ制御方法。

【請求項９】
請求項８に記載のモータ制御方法において、各動作ステージの切換点がモータの損失が少なくなる所定の大きさに設定されていることを特徴とするモータ制御方法。
【請求項１０】
請求項８に記載のモータ制御方法において、上記動作ステージに応じて動作インバータの切替え動作に際し、徐々に変化するゲインに基づいてインバータを動作制御することを特徴とするモータ制御方法。
【請求項１１】
請求項８に記載のモータ制御方法において、上記ゲインが対応する電機子巻線の最大トルクを超えないトルクに制限された状態でインバータを動作制御することを特徴とするモータ制御方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は大容量モータのモータ制御システムおよびモータ制御方法に係り、特に複数組の電機子巻線をもつモータの各巻線がそれぞれのインバータで駆動されるモータ制御システムおよびモータ制御方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
プレス機械や工作機械で大容量サーボモータが必要とされてきている。これらのモータは１台のモータに複数組の電機子巻線を設け、これを複数のインバータで駆動される。図２５は１つの交流モータ１に４組の電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄを設けた場合の従来例で、各巻線のそれぞれを４つのインバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄで駆動し、これらを制御装置２で制御している。４つのインバータで４組の電機子巻線に電流を流すので、１台のインバータでは制御困難な大容量駆動、あるいは安価な汎用的なインバータを用いて大容量駆動が実現できる。上記のような技術文献としては、特許文献１（特開２００８－４３０４６号公報）、特許文献２（特開平８－２８９５８７号公報）が挙げられる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００８－４３０４６号公報
【特許文献２】特開平８－２８９５８７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、上記従来技術では、複数のインバータを用いているが、1台のインバータで駆動するのと等価な特性が得られるように制御するために、各巻線には同一の電流を流して（特許文献２に記載）、各巻線間の電流不平衡をなくすことに力点がおかれている。従って、各インバータはトルクの大小に関係なく均等に駆動され、各巻線には駆動電流が均等に流されている。
【０００５】
プレス機械や工作機械の運転は、被加工物を機械に搬入、機械から搬出するための待機運転と、実際に加工する加工運転に分けられる。加工運転は被加工物を加工するための大トルクをする運転であり、待機運転は一定速の運転であれば、小トルクである。また、待機運転から加工運転に遷移するときに、速度を変える場合にはやや大きなトルクが必要な遷移運転もある。また、待機運転の時間的な割合も大きなことも多い。このように、プレス機械や工作機械は様々なトルクを必要とされる運転を行なう。上記従来技術は、常に全インバータが均等に駆動され、全巻線にはトルクに応じた電流が均等に流れるので、トルクが必要ではない待機運転時もインバータが駆動され、省エネの点で改善の余地がある。

【０００６】
一方、複数の電機子巻線組を複数のインバータで駆動するとき、各電機子巻線電流を自由に制御したり、各インバータ自体を制御的に動作させたり停止することができる自由度がある。これを利用すれば、複数電機子巻線組のモータを複数インバータで駆動することによって、高効率あるいは、高信頼の駆動が考えられるが、特許文献１や２には、低損失駆動による省エネ運転や高信頼駆動については考慮されていない。
【０００７】
本発明は、前記課題に対してなされたもので、その目的とするところは、高効率で高信頼な大容量モータ駆動に適したモータの制御装置および制御方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記課題を解決するため、本発明は、複数組の電機子巻線をもつモータと、上記各組の電機子巻線を個別に駆動する複数のインバータと、モータ駆動指令を受けて、上記各インバータを個別に動作制御する複数の制御装置を備えたモータ制御システムにおいて、
トルク指令または位置指令のモータ駆動指令を受けて、この駆動指令の大きさに応じた複数の動作ステージに判別してステージ信号を出力する動作切替制御部と、
上記動作切替制御部からのステージ信号を受けて、上記駆動指令の各インバータが分担するトルクの割合のゲインを決めて対応する上記制御装置に出力するゲイン切替部を設け、
上記各制御装置は、上記ゲイン切替部で決められたゲインに基いて対応するインバータを駆動制御または停止制御することにより、上記駆動指令の大きさに応じた必要数のインバータを駆動制御することを特徴とする。
【０００９】
従って、待機運転などにおいては必要最少のインバータの運転で済み、低損失の省エネ駆動で高効率運転が行える。
【００１０】
また、上記モータ制御システムにおいて、上記動作切替制御部は、各動作ステージの切換点がモータの損失が少なくなる所定の大きさに設定されていることを特徴とする。従って、損失を最小にして運転できるので、さらに高効率な駆動が行なえる。
【００１１】
また、上記モータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は、上記動作ステージに応じて、駆動インバータが交代するように対応の制御装置にゲインを出力することを特徴とする。従って、インバータまたは電気子巻線が発生する損失を均一化するように切替えられるので、インバータまたは電気子巻線が偏って運転されることなく、高信頼の駆動が行なえる。
【００１２】
また、上記モータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部と上記制御装置との間に、対応する電機子巻線の最大トルクを超えないようにゲインを制限するリミッタを介在させたことを特徴とする。従って、電機子巻線を保護することで、動作信頼性が高まる。
【００１３】
また、上記モータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は、インバータがモータの周方向に対称位置にある電機子巻線に同時に電流を流すように対応の制御装置にゲインを出力することを特徴とする。電機子巻線の駆動組数を切り替えても、常にバランスのよいモータ駆動が行える。
【００１４】
また、上記モータ制御システムにおいて、上記インバータと電機子巻線の間にスイッチを設け、上記動作切替制御部からのステージ信号により駆動するインバータに接続されたスイッチを閉とし、非駆動のインバータに接続されたスイッチを開とすることを特徴とする。インバータをＰＷＭ制御部で制御する場合は、動作するＰＷＭ制御部では当該のスイッチを閉とし、停止するＰＷＭ制御部では当該のスイッチを開とする。従って、モータ電

気子巻線からインバータへの電流の流れ込みを確実に防止でき、損失低下を図ることができる。

【００１５】

また、上記モータ制御システムにおいて、上記ゲイン切替部は動作するインバータを切替るに際し、ゲインの大きさを徐々に変化させて対応の制御装置に出力することを特徴とする。電機子巻線の駆動組数を切り替えるとき、モータのトルク変動のない駆動が行える。

【００１６】

また、本発明は、上記ゲイン切替部の前記ゲインの値は、全トルク指令領域に亘ってトルク指令とモータ発生全トルクの比がほぼ同じようになるように設定することを特徴とする。トルク指令に対する実発生トルクの線形性を保つことができる。

【００１７】

また、前記インバータを制御するＰＷＭ制御部をもち、前記トルク指令に応じてインバータ駆動数を変えるとき、各ＰＷＭ制御部の動作、停止を制御することを特徴とする。インバータの動作、不動作を確実にかつ簡易に実施することができる。

【００１８】

また、駆動割合が時間的に長いインバータはその定格を増大させることを特徴とする。長時間駆動による損失発生が大きな部位の冷却が確実に行えるので、高信頼な駆動が行える。

【００１９】

また、前記トルク指令に応じたインバータ駆動数の切替時にインバータから電機子巻線への出力接続を切替え、各電機子巻線には常時電流を流し、該トルク指令に応じてインバータ駆動数だけを変更することを特徴とする。電機子巻線の銅損失の大きなモータに対して、全体の損失を小さくして、高効率な駆動が行える。

【００２０】

また、前記トルク指令に応じた駆動数の切替では、駆動停止させたインバータを他のインバータで代替させることを特徴とする。万一、インバータが故障したときにも確実に運転を継続でき、高効率で高信頼な駆動が行える。

【００２１】

また、複数モータで駆動する装置にも適用し、複数モータ全体で上記記載の制御を実行することを特徴とする。さらなる大容量駆動に対しても、高効率で高信頼な駆動が行える。

【発明の効果】

【００２２】

本発明によれば、大容量モータの運転において、低損失駆動による省エネを図ると共に運転の高信頼性を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】本発明の実施例１の制御ブロック図である・

【図２】本発明の実施例１の制御要素の動作を示すフローチャートである。

【図３】本発明の実施例１の動作説明図である。

【図４】本発明の実施例１の制御方法を説明する表である。

【図５】本発明の実施例２～６、７、９、１２，１３に利用する制御ブロック図である。

【図６】本発明の実施例２の動作説明図である。

【図７】本発明の実施例２の制御方法を説明する表である。

【図８】本発明の実施例２の特性図である。

【図９】本発明の実施例３の動作説明図である。

【図１０】本発明の実施例３の制御方法を説明する表である。

【図１１】本発明の実施例４の制御方法を説明する表である。

【図１２】本発明の実施例５の制御方法を説明する表である。

【図１３】本発明の実施例６の制御要素の動作を示すフローチャートである。
【図１４】本発明の実施例８に利用する制御ブロック図である。
【図１５】本発明の実施例８の制御方法を説明する表である。
【図１６】本発明の実施例９に利用する制御ブロック図である。
【図１７】本発明の実施例９の動作説明図である。
【図１８】本発明の実施例９の制御方法を説明する表である。
【図１９】本発明の実施例１０の制御方法を説明する表である。
【図２０】本発明の実施例１１に利用する制御ブロック図である。
【図２１】本発明の実施例１２の動作説明図である。
【図２２】本発明の実施例１３の制御方法を説明する表である。
【図２３】本発明の実施例１４に利用する制御ブロック図である。
【図２４】本発明の実施例１４の制御方法を説明する表である。
【図２５】従来例を示す装置構成図である。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
以下、本発明の実施の形態を図１～図２５を用いて説明する。
【実施例１】
【００２５】
図１は本発明の実施例１に利用する制御ブロック図である。１は交流モータで、４組の電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄがステータの全周に均等にずらして設けられている。交流モータ１には、図示しない回転子に永久磁石が装着された永久磁石同期モータが適用される。それぞれの電機子巻線は、対応するインバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄで駆動される。交流モータ１の発生トルクのトータルは、指令部２１からモータトルク指令（モータ駆動指令）τｃを受け、トルク指令τｃの大きさに比例したトルクになるように、複数の制御装置により各インバータが個別に駆動制御される。前記トルク指令τｃを出す指令部２１は、例えば、図示しない周知の回転位置指令部、位置制御部、速度制御部の演算から得られる。以下、図１に示される複数の制御装置の構成と動作について述べる。
【００２６】
トルク指令τｃは、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄに入力される。ゲイン切替部は、それぞれ各インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄの出力電流を制御するゲインを決める。このゲインは、トルク指令τｃに対する各巻線が発生するモータトルクの割合である。ここでは、トルク指令τｃを１００％とし、モータ１から発生する全トルクを１００％としたとき、トルク指令τｃを各巻線が負担（分担）するトルク割合がゲインの値である。ゲイン切替部２３は、動作切替制御部２２で決められた動作ステージⅠ～Ⅳに対応してゲインを決めるが、その制御は後述する。
【００２７】
ゲイン切替部２３ａから出力されるゲインは、電機子巻線１－Ａの発生トルクを指令する信号で、リミッタ部５１ａに入力される。リミッタ部５１ａは、電機子巻線１－Ａの発生トルクがその巻線の最大トルクを越えないようにトルク指令を制限する。電機子巻線１－Ａへのトルク指令が＋１００％以上、または、－１００％以下のとき、それぞれ出力は＋１００％、－１００％に制限され、電機子巻線１－Ａへのトルク指令が＋１００％～－１００％のとき、ゲイン切替部２３ａの値がリミッタ部５１ａの出力となる。リミッタ部５１ａの出力は電機子巻線１－Ａが負担（分担）する実トルク指令τｃａである。リミッタ部５１ａからの実トルク指令τｃａは、ｄ／ｑ軸電流指令部２４ａに入力され、トルク指令に適する交流モータ１の電機子巻線１－Ａのｄ軸電流、ｑ軸電流を指令する信号が出力される。
【００２８】
ｄ／ｑ軸電流指令部２４ａの動作は、例えば、ｄ軸電流指令を零とし、ｑ軸電流指令を実トルク指令τｃａに比例させる方式がある。あるいは、実トルク指令τｃａと、その時

のモータ回転速度をパラメータとして、モータが高効率運転するようにｄ／ｑ軸電流指令を出す方式などいくつかの方式がある。詳述は省略するが、ここでは、ｄ軸電流指令を零とし、ｑ軸電流指令を実トルク指令に比例させる方式として以下説明する。他のｄ／ｑ軸電流指令方式でも各実施例に適用できる。

【００２９】

ｄ／ｑ軸電流指令部２４ａからのｄ／ｑ軸電流指令Ｉｄｃａ／Ｉｑｃａはｄ／ｑ軸電流制御部２５ａに入力される。一方、インバータ１１Ａからのｕ、ｖ相の出力交流電流ｉｕａ／ｉｖａは電流検出器２８ａで、フィードバック信号ｉｕｆａ／ｉｖｆａとして検出される。電流検出器２８ａで検出された信号は、座標変換部２９ａでｄ／ｑ軸上のｄ／ｑ軸電流検出信号Ｉｄｆａ／Ｉｑｆａに変換される。ｄ／ｑ軸電流制御部２５ａは、ｄ／ｑ軸電流指令部２４ａからの指令信号と座標変換部２９ａからのフィードバック信号によって動作し、ｄ／ｑ軸の電圧を指令する信号を出力する。この信号は座標変換部２６ａを介して静止座標系の電圧指令信号Ｖｕｃａ、Ｖｖｃａ、Ｖｗｃａに変換され、ＰＷＭ制御部２７ａに入力される。ＰＷＭ制御部２７ａではＰＷＭ制御信号が生成され、このＰＷＭ制御信号によりインバータ１１ＡがＰＷＭ制御される。こうして、電機子巻線１－Ａの電流はトルク指令τｃａに応じて電流制御される。

【００３０】

これら図１に示したｄ／ｑ軸電流指令部２４ａ、ｄ／ｑ軸電流制御部２５ａ、座標変換部２６ａ、ＰＷＭ制御部２７ａ、電流検出器２８ａ，座標変換部２９ａにより構成される制御装置（ベクトル制御部）２０１ａによって、インバータ１１Ａを制御して電機子巻線１－Ａの交流電流を制御する。この方式は交流モータのベクトル制御として周知であるので、詳細な説明は省略する。

【００３１】

ゲイン切替部２３ｂの出力は、電機子巻線１－Ｂの発生トルクを指令する信号で、リミッタ部５１ｂに入力される。リミッタ部５１ｂの出力は電機子巻線１－Ｂが負担する実トルク指令τｃｂである。リミッタ部５１ｂの出力からＰＷＭ制御部２７ｂへの制御構成は、上述の巻線１－Ａを制御する構成と同じであり、図１では破線のベクトル制御部２０１ｂで示す。

【００３２】

ゲイン切替部２３ｃの出力は電機子巻線１－Ｃの発生トルクを指令する信号で、リミッタ部５１ｃに入力される。リミッタ部５１ｃの出力は電機子巻線１－Ｃが負担する実トルク指令τｃｃである。リミッタ部５１ｃの出力からＰＷＭ制御部２７ｃへの制御構成は、上述の巻線１－Ａを制御する構成と同じであり、図１では破線のベクトル制御部２０１ｃで示す。

【００３３】

ゲイン切替部２３ｄの出力は電機子巻線１－Ｄの発生トルクを指令する信号で、リミッタ部５１ｄに入力される。リミッタ部５１ｄの出力は電機子巻線１－Ｄが負担する実トルク指令τｃｄである。リミッタ部５１ｄの出力からＰＷＭ制御部２７ｄへの制御構成は、上述の巻線１－Ａを制御する構成と同じであり、図１では破線のベクトル制御部２０１ｄで示す。

【００３４】

なお、図１の例では交流モータ１の電流制御はインバータ１１で実施したが、交流電源から直接に可変電圧、可変周波数を得る変換器、いわゆるマトリックスコンバータを利用してもよい。本発明では、上記マトリックスコンバータを含めてインバータと称する。

【００３５】

次に本実施例（本発明）の特徴である各電機子巻線の通電状態を決める動作切替制御部２２について述べる。指令部２１からのトルク指令τｃが動作切替制御部２２に入力され、動作切替制御部２２の指令により、各電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄの動作状態を決める。図２は動作切替制御部２２の動作を示すフローチャートである。すなわち、動作切替制御部２２で、トルク指令τｃの大きさに応じて動作ステージがＩ、II、II

I、IVのどこにあるかを判別する。

【００３６】

図２に従い、動作切替制御部２２の制御内容を詳しく述べる。ここでは、トルク指令τｃの最大値を１００％とする。動作切替制御部２２がスタートすると（Ｓ１００１）、まず、トルク指令τｃを読み込み（Ｓ１００２）、トルク指令τｃの絶対値が２５％以内かを判別する（Ｓ１００３）。２５％以内（Ｓ１００３でＹｅｓ）ならば、ステージＩとして（Ｓ１００７）、ステージＩ信号（動作指令信号）が出力される。

【００３７】

２５％以内でない（Ｓ１００３でＮｏ）ならば、トルク指令τｃの絶対値が５０％以内かを判別する（Ｓ１００４）。５０％以内（Ｓ１００４でＹｅｓ）ならば、ステージIIとして（Ｓ１００８）、ステージII信号が出力される。

【００３８】

５０％以内でない（Ｓ１００４でＮｏ）ならば、τｃの絶対値が７５％以内かを判別する（Ｓ１００５）。７５％以内（Ｓ１００５でＹｅｓ）ならば、ステージIIIとして（Ｓ１００９）、ステージIII信号が出力される。

【００３９】

７５％以内でない（Ｓ１００５でＮｏ）ならば、ステージIVとして（Ｓ１００６）、ステージIV信号が出力される。

【００４０】

以上のようにして、トルク指令τｃに対する動作ステージＩ～IVを決め、対応のステージ信号を出力して終了する（Ｓ１０１０）。

【００４１】

上記Ｓ１００１～Ｓ１０１０の一連の動作は所定周期で繰返して実行され、トルク指令τｃに変化が有れば、その変化に対応して最新のステージを検出して、ステージ信号を更新する。

【００４２】

ゲイン切替部２３は、上記ようにして決められた動作ステージＩ～IVに対応したステージ信号を受信することにより、ステージに対応したゲインを決め、ＰＷＭ制御部２７の動作状態を決める。図４はトルク指令τｃの大きさに応じた動作切替制御部２２からのステージ信号の受信に基く、ゲイン切替部２３とＰＷＭ制御部２７の動作を表わす。トルク指令τｃの最大値を１００％とし、動作切替制御部２２で判別した動作ステージＩ、II、III、IVに対応した各ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄのゲインの値（トルク指令の演算式）と、各ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄでＰＷＭ制御の実施（動作）か否（停止）かを示す。

【００４３】

図４のように設定したときの動作説明は後述するが、ゲイン切替部２３でゲイン値が０以外の値のとき、ＰＷＭ制御は実施（動作）され、ゲイン値が０のとき、ＰＷＭ制御は実施しない（停止）。インバータのスイッチング動作はＰＷＭ制御信号により実施されるので、ＰＷＭ制御を行うときはインバータは動作し、ＰＷＭ制御を行わないときはインバータ１１の動作も停止する。ＰＷＭ制御を実施するかどうかによって、インバータ１１の動作、停止を決める。こうすることによりインバータ１１の動作、不動作を確実にかつ簡易に実施することができるので、動作信頼性が高まる。あるいは、ＰＷＭ制御部２７を介さずにインバータ１１の動作、不動作を直接に指令もよい。

【００４４】

以上のように、トルク指令τｃの大きさに応じて動作ステージがＩからIVに切替わり、ステージ番号がＩからIVに大きくなるにつれて動作するインバータ数や電流を流す電機子巻線数が増加する。

【００４５】

この制御を実施した場合の、各インバータの動作／停止と各電機子巻線への電流の流れ方の例を図３に示し、トルク指令（０～１００％）に対して、各電機子巻線電流（大きさ

）がその巻線組の最大電流を１００％としたとき、どのよう流れるかを示す。

【００４６】

ゲイン切替部２３の演算を図１、図３、図４の例で示す。電機子巻線１－Ａを例にとると、トルク指令τｃ（％）、ゲイン切替部２３ａのゲインＫａ（％）、トルク指令τｃａ（％）、ｑ軸電流指令Ｉｑｃａ（％）、電機子電流の大きさをＩａ（％）とする。各電機子巻線の実トルク指令に比例させてその巻線の電流を流すので、リミッタ５１ａが動作しない範囲では、

τｃａ＝Ｋａ×τｃ／２５　　式１

Ｉａ＝Ｉｑｃａ＝τｃａ　　式２

である。他の巻線も同様の関係である。

【００４７】

図３から分かるように、トルク指令τｃが０～２５％のとき、動作切替制御部２２はステージＩと判定する。ステージＩでは、図４のようにゲイン切替部２３ａのゲイン値は１００％で、他のゲイン切替部はゲイン値がゼロとなる。ＰＷＭ制御部２７ａだけが動作するようにステージＩ信号が出力され、インバータ１１Ａだけが動作し、他のインバータは動作停止する。したがって、電機子巻線１－Ａだけに、トルク指令τｃの０～２５％の変化に比例した０～１００％の電流が流れる。

【００４８】

次に、トルク指令が２５～５０％のとき、動作切替制御部２２はステージIIと判定してステージII信号を出力する。ステージII信号に基き、ゲイン切替部２３ａのゲイン値は１００％、ゲイン切替部２３ｂのゲイン値は、演算式（上式とはやや違い）τｃｂ＝（τｃ－２５）×１００／２５（％）となり、ゲイン切替部２３ｃ、２３ｄのゲイン値はゼロとなる。これに伴い、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂが動作してインバータ１１Ａ、１１Ｂが動作し、他のインバータは動作停止する。電機子巻線１－Ａの電流は、リミッタ部５１ａの動作により１００％に維持され、電機子巻線１－Ｂにはトルク指令τｃの２５～５０％の変化に比例して０％から１００％の電流が流れる。電機子巻線１－Ｃ、１－Ｄには電流は流れない。

【００４９】

さらに、トルク指令が５０～７５％のとき、動作切替制御部２２はステージIIIと判定してステージIII信号を出力する。ステージIII信号に基き、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂのゲイン値は１００％、ゲイン切替部２３ｃのゲイン値は、演算式τｃｃ＝（τｃ－５０）×１００／２５（％）となり、２３ｄのゲイン値はゼロである。また、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃが動作するので、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃが動作し、残りのインバータ１１Ｄは動作停止する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂの電流はリミッタ部５１ａ、５１ｂの動作で１００％に維持され、電機子巻線１－Ｃにはトルク指令に比例して０％～１００％の電流が流れる。電機子巻線１－Ｄには電流は流れない。

【００５０】

さらに進んで、トルク指令が７５～１００％のとき、動作切替制御部２２はステージIVと判定してステージIV信号を出力する。ステージIV信号に基き、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃのゲイン値は１００％で、ゲイン切替部２３ｄのゲイン値は演算式τｃｄ＝（τｃ－７５）×１００／２５（％）である。これに伴い、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄ全部が動作し、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄが動作する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃの電流はリミッタ部５１ａ、５１ｂ、５１ｃの働きで１００％に維持され、電機子巻線１－Ｄにはトルク指令に比例して０～１００％の電流が流れる。

【００５１】

上記のように動作させたとき、トルク指令τｃが小さい範囲では動作休止するインバータがあるので、このインバータの動作損失および電力消費が発生しない。また、電流の流れない電機子巻線があるので、この巻線の銅損および電力消費は発生せず、電機子電流に起因する鉄損も発生しない。サーボモータは負荷状態や運転状態に応じてトルク指令が様

々に変化するので、運転全体としては損失および電力消費が低減できる。また、本実施例によれば、図３、図４から分かるように、トルク指令τｃが線形に増加または減少する場合、一旦動作したインバータは動作を継続し、一旦停止したインバータは停止を継続するので、インバータのＯＮ・ＯＦＦ回数を少なくすることができ、雑音の発生抑制とインバータを円滑に動作させることができる。

【００５２】

本実施例の制御によれば、図３から分かるように各巻線電流の総和は、どの動作ステージでも常にトルク指令τｃに比例して、トルク指令とモータで発生する全トルクの比は常に一定であり、しかもトルク指令の変化に対して連続して追従して変化している。したがって、トルク特性の変化をなくした、制御性のよいサーボシステムとなっている。

【００５３】

なお、本実施例の動作は、電機子電流がトルク指令に比例する場合、すなわち、ｄ／ｑ軸電流指令部２４で、Ｉｄを零とし、Ｉｑはトルク指令に比例させる場合である。一方、前述のように高効率制御などでｄ軸電流制御を積極的に実施したとき、すなわち、ｄ／ｑ軸電流指令部２４によりトルク指令に対して最適なｄ／ｑ軸電流を流した場合は、電流値は図３とは異なるものの、このときも基本的な動作は上記説明と同じである。また、動作切替制御部２２でのステージ切替において、トルク指令の変動によって、ステージ切替が頻繁に起きるのを防止するため、トルク指令からの判定部にヒステリシスを設けたり、フィルターを設けたりして、ステージ切替を行うこともできる。

【００５４】

以上の説明から分かるように、複数巻線モータの構成を活かして本実施例のように制御することにより、損失が小さく、高効率で省エネルギーの駆動装置が実現できる。

【００５５】

なお、ここでは交流モータ１は永久磁石同期モータとして説明したが、巻線型の同期モータ、誘導モータ、リラクタンスモータなど他の交流モータに適用できる。さらに、複数巻線をもつ他の構造のモータにも適用でき、モータは回転型でなく、直線型でもよいのは言うまでもない。

【００５６】

さらに、本実施例では動作切替制御部２２でのステージ切替はトルク指令τｃに対応させたが、位置指令で運転するシステムで位置指令と所要トルクとが対応する場合、位置指令に応じて動作切替制御を行うこともできる。例えば、サーボプレス機械は、スライドのモーションを指令してプレス作業を実施する。スライド位置に対する所要トルクはシミュレーションや試打時に確認できるから、位置指令に応じて動作切替制御を行うことができる。スライドモーションは記憶させておくことができ、そのプレス作業に必要なモーションを呼び出して使うことができるから、スライドモーションとともに動作切替を記憶させておくこともできる。

【実施例２】

【００５７】

図５は本発明の実施例２に利用する制御ブロック図である。図５において図１と同一番号は同一物を表し、図１と比べてリミッタ部５１が省略されているだけで、他は同じである。動作切替制御部２２でステージⅠ～Ⅳを判定するが、これに対するゲイン切替部２３の動作が実施例１とは異なる。基本的構成と動作は先の実施例１と同じなので、特徴点を以下に説明する。

【００５８】

図７は、トルク指令τｃに応じた動作切替制御部２２のステージⅠ～Ⅳの判定に対するゲイン切替部２３の値と、ＰＷＭ制御部２７の動作を表わす。また、図６はこのときのトルク指令に対する各組の電機子巻線の電流を示す。指令部２１からのトルク指令τｃの最大値を１００％とし、各組の電機子巻線電流がその巻線組の最大電流を１００％としたとき、どの大きさの電流が流れるかを示している。なお、電機子巻線１－Ａの場合、ゲイン切替部２３のゲインＫａ（％）と、実トルク指令τｃａ（％）、ｑ軸電流指令Ｉａｃａ、

電機子電流の大きさＩａ（％）の関係は、実施例１の式１、式２と同じであり、他の巻線も同様の関係にある。

【００５９】

まず、図６から分かるように、トルク指令τｃが０～２５％のとき、動作切替制御部２２は、ステージＩと判定してステージＩ信号を出力する。図７のようにゲイン切替部２３ａはステージＩ信号を受けてゲイン値１００％（トルク指令τｃを１００％負担）と決定し、他はゲイン切替部２３ｂ～２３ｄはゲイン値ゼロ％とし、制御装置内ではＰＷＭ制御部２７ａのみが動作し他のＰＷＭ制御部は停止するように信号を出す。従って、インバータ１１Ａだけが動作し、他のインバータは動作停止するようにステージＩ信号が出される。電機子巻線１－Ａだけに、トルク指令τｃの０～２５％の変化に比例した０～１００％の電流が流れる。

【００６０】

次に、トルク指令τｃが２５～５０％のとき、動作切替制御部２２はステージIIと判定してステージII信号を出力する。図７のようにゲイン切替部２３ａ、２３ｂはゲイン値を５０％とし、他の動作切替制御部はゲイン値ゼロとし、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂのみを動作させる。従って、インバータ１１Ａ、１１Ｂのみが動作し、他のインバータは動作停止する。図６に示すように、電機子巻線１－Ａの電流は、トルク指令τｃが２５を越えるとき一旦５０％に低下し、その後両電機子巻線１－Ａ、１－Ｂには、トルク指令τｃの２５～５０％の変化に比例した同一の電流が５０～１００％の割合で流れる。

【００６１】

さらに、トルク指令τｃが５０～７５％のとき、動作切替制御部２２はステージIIIと判定してステージIII信号を出力する。ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃは、のゲイン値を３３．３％とし、ゲイン切替部２３ｄはゲイン値をゼロとし、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃが動作する。インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃが動作し、残りのインバータ１１Ｄは動作停止する。図６に示すように、電機子巻線１－Ａ、１－Ｂの電流は、トルク指令τｃが５０を越えるとき一旦６６．７％に低下し、１－Ａの電流は切替後は一旦６６．７％に低下し、その後電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃには、トルク指令τｃの５０～７５％の変化に比例した同一の電流が６６．７～１００％の割合で流れる。

【００６２】

さらに進んで、トルク指令τｃが７５～１００％のとき、動作切替制御部２２はステージIVと判定してステージIV信号を出力する。ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄはゲイン値を２５％とし、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄの全部を動作させる。この結果、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄが均等に動作して従来技術と変わりがない。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃの電流は、トルク指令τｃが７５を越えるとき一旦７５％に低下し、切替後は、トルク指令τｃの７５～１００％の変化に比例した同一の電流が７５～１００％の割合で流れる。

【００６３】

本実施例は上記のように動作させたとき、実施例１と違い、ステージが進むと通電中の電気子巻線の電流値を一旦、低下させるので、銅損が小さくでき、さらに高効率化を図ることができる。また、複数の電機子巻線に電流を流すとき同一の電流値となって、各電機子巻線に同一磁束を発生させることができるので、円周方向に均一な回転磁束が得られる。

【００６４】

図８は図５の主回路構成全体、すなわち、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄ、および、交流モータ１の鉄損や電機子巻線の銅損を含む交流モータ１の損失の合計損失の例を示す。全部のインバータを駆動し、各巻線組に同一の電流を流す従来方式と比較している。図示のように、本実施例（本発明方式）ではトルク指令τｃが小さい範囲では、動作休止するインバータがあるので、このインバータのスイッチング損失が発生せず、また、電流を流さない電機子巻線があるので、この巻線部の電機子電流に起因する銅損と鉄損が発生しない。このため、トルク指令τｃの小さい範囲（０～７５％）では従来方式よ

り損失が小さく、電力も小さくなる。７５％以上の領域では動作状態は従来と同じなので、損失は変わらない。サーボモータでは負荷状態や運転状態に応じてトルク指令が様々に変化するが、プレス機械や工作機械は待機運転を含めてトルク指令０～７５％の運転の割合が大きいので、運転全体にわたっては、大幅な損失低減を図ることが+できる。

【００６５】

また、ゲイン切替部２３のゲイン値の総和は、どの動作ステージでも常に１００％であるので、各電機子巻線から発生するトルクの総和はトルク指令τｃに比例しており、トルクが変わってもトルク指令τｃとモータ発生の全トルクの比は常に一定ある。従って、サーボモータとしてのトルク特性変化をなくすことができ、安定した運転が行なえる。

【００６６】

なお、図５ではリミッタ部５１を省略したが、リミッタ部５１を省略せず、図１のままでも本実施例は実現できる。

【００６７】

実施例１と２の動作を言い換えると、モータトルク指令τｃに対応してトルク指令が最も小さい範囲では、インバータ１１Ａを動作させ、電機子巻線１－Ａに電流を流し、トルク指令がその上の範囲では、インバータ１１Ａと１１Ｂを動作させ、電機子巻線１－Ａと１－Ｂに電流を流し、トルク指令がさらにその上の範囲では、インバータ１１Ａと１１Ｂと１１Ｃを動作させ、電機子巻線１－Ａと１－Ｂと１－Ｃに電流を流し、さらにトルク指令が最も大きい範囲では、すべてのインバータを動作させ、すべての電機子巻線に電流を流し、トルク指令に応じてインバータおよび／または各電機子巻線組の駆動数を順次変更する。

【実施例３】

【００６８】

本実施例３は、交流モータ１が連続定格と短時間定格をもつときに適用できる。ここでは、連続定格はトルク指令τｃの５０％まで、短時間定格は５０～１００％とし、トルク指令が５０％以下のときは連続的に電流を流すことができ、５０％を越えるときは短時間のみ電流を流すことができるものとする。本実施例３は実施例２と同構成の図５によって制御を行うが、動作ステージを切替る切換点でのトルク指令値が異なる。

【００６９】

図１０は動作切替制御部２２でのステージ切替を上記観点から変えた例で、図１０のようにトルク指令が、１２．５％、２５％、３７．５％の切換点で動作ステージを切替える。各ステージのゲイン切替部のゲイン値や、ＰＷＭ制御部の動作は実施例２と同じである。このゲイン値で動作させたとき、トルク指令に対する各電機子巻線電流を図９に示す。

【００７０】

まず、図９から分かるように、トルク指令が０～１２．５％のとき、動作切替制御部２２はステージＩと判定する。図１０のようにゲイン切替部２３ａはゲイン値を１００％とし、他のゲイン切替部のゲイン値をゼロとし、ＰＷＭ制御部２７ａだけが動作するようにステージＩ信号を出す。インバータ１１Ａだけが動作し、他のインバータは動作停止し、電機子巻線１－Ａだけにトルク指令τｃに比例して、０～５０％の電流が流れる。

【００７１】

次に、トルク指令τｃが１２．５～２５％のとき、動作切替制御部２２はステージIIと判定する。図１０のようにゲイン切替部２３ａ、２３ｂのゲイン値は５０％で、他はゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂを動作させる。インバータ１１Ａ、１１Ｂが動作し、他のインバータは動作停止する。電機子巻線１－Ａの電流は、図９に示すようにステージ切替時は一旦２５％に低下するが次第に上昇して、１－Ａ、１－Ｂにはトルク指令に比例する同一の電流が２５～５０％の割合で流れる。

【００７２】

さらに、トルク指令τｃが２５～３７．５％のとき、動作切替制御部２２はステージIIIと判定する。ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃのゲイン値は３３．３％で、２３ｄはゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃが動作する。インバータ１１Ａ、１

１Ｂ、１１Ｃが動作し、残りのインバータ１１Ｄは動作停止する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂの電流は図９に示すようにステージ切替時は一旦３３．３％に低下するが次第に上昇して、１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃにはトルク指令に比例する同一の電流が３３．３～５０％流れる。

【００７３】

さらに進んで、トルク指令τｃが３７．５～１００％のとき、動作切替制御部２２はステージIVと判定する。ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄのゲイン値は２５％で、従来方式と変わりがない。ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄ全部が動作させる。この結果、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄが動作する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃの電流は切替後は一旦３７．５％に低下して、１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄにはトルク指令に比例する同一の電流が３７．５～１００％流れる。

【００７４】

以上のように動作させれば、トルク指令τｃに対応して、インバータの運転を停止させ、また、電流を流さない電機子巻線を設けるとともに、トルク指令０～５０％の間はどの巻線電流も５０％電流を越えずに動作させることができ、短時間定格の５０％を越える指令に対しては、全電機子巻線を動作させる。短時間定格を考慮したモータ損失の少ない高効率な省エネ運転を行うことができる。

【実施例４】

【００７５】

実施例４は実施例３の変形で、動作ステージの切替点を変えた例であり、切替のポイントを損失最小点に選ぶ。すなわち、損失を最小にするために、鉄損や銅損、スイッチング損失などの損失の構成割合によって、損失が最小になるように動作ステージを切替えるトルク指令値τｃを選ぶ。

【００７６】

図１１は動作切替制御部２２でのステージ切替を上記観点から変えた一例で、表ではトルク指令τｃの２０％、４０％、６０％の切替点で動作ステージを切替えている。各ステージのゲイン切替部のゲイン値やＰＷＭ制御部の動作は実施例２と同じである。

【００７７】

上記した図１１のトルク指令τｃに対する動作ステージの切替えは一例であり、損失が最小になるように自在に選択してよい。例えば、システムの運転パターンが決まり、所要トルクの時間的な分布がわかるときは、運転パターンに応じて損失が最小になる切換点でステージを切替えることができる。サーボプレス機械では、スライドのモーションを指令してプレス作業を実施するので、スライド位置に対する所要トルクはシミュレーションや試打時に確認でき、所要トルクの位置的な分布、時間的な分布が事前に分かる。運転全体を通して損失が最小になるように動作ステージの切替点を選択する。

【００７８】

また、上記のように運転による損失分布の割合がトルク指令以外の他の条件（例えば位置指令、時間指令）によって決まるときは、それを指標としてステージ切替をすることができる。さらに、上記した位置・時間以外としては例えば、モータの回転速度によって損失分布の割合変化が主要因になる場合、速度に応じて動作ステージを変更することもできる。さらにまた、トルク指令と回転速度の両者を指標として動作ステージを切替えた方が損失が小さくなるときは、両者の値に応じて切替えることもできる。

【００７９】

このように、加工機械の特性に応じて制御を行えば、損失を一層小さくできるので、高効率な駆動が実現できる。

【実施例５】

【００８０】

上記実施例１～実施例４では、トータルの損失は従来より低減できるが、特定のインバータや特定の電機子巻線に損失が集中することが課題となる場合がある。本実施例５は、これを解決するもので、実施例２と同構成の図５によって制御を行い、各インバータや各

電機子巻線で発生する損失が互いに均一化するように制御を行う。

【００８１】

実施例１～実施例４ではトルク指令τｃの小さなステージＩでは、インバータ１１Ａを動作させ、電機子巻線１－Ａに電流を流す。トルク指令が増加してステージIIでは、ステージＩの動作インバータと電機子巻線１－Ａに加え、インバータ１１Ｂを動作させて電機子巻線１－Ｂに電流を流す。そしてステージIIIでは、ステージＩとIIに加えて動作するインバータ１１Ｃと電機子巻線１－Ｃを追加する。さらに、ステージIVでも、さらに動作するインバータ１１Ｄと電機子巻線１－Ｄを追加する。

【００８２】

このように、どのステージでもインバータ１１Ａと電機子巻線１－Ａが動作し続け、ステージII～IVではインバータ１１Ｂと電機子巻線１－Ｂが動作し続ける。この結果、インバータ１１Ａや電機子巻線１－Ａは常時電流が流れる動作をするため、損失量が大きく熱的に苦しくなる。これに次ぐのがインバータ１１Ｂや電機子巻線１－Ｂである。

【００８３】

本実施例５は、同じインバータ、電機子巻線を常に動作させるのではなく、ステージに応じて動作するインバータを切替えて交代させ、これに応じて電流を流す電機子巻線も切替えて交代させる。特定のインバータと特定の電機子巻線に損失が集中するのを回避する。図１２はこの制御指令の一例で、実施例１の制御方式を変更している。

【００８４】

図１２から分かるように、ステージＩとIVは図７の実施例２と同じであるが、ステージIIでは、ゲイン切替部２３ｂ、２３ｃを５０％、他をゼロ、また、ＰＷＭ制御部２７ｂ、２７ｃを動作とし、他は停止とする。ステージIIIではゲイン切替部２３ｂ、２３ｃ、２３ｄを３３．３％、２３ａをゼロ、また、ＰＷＭ制御部２７ｂ、２７ｃ、２７ｄを動作とし、２７ａは停止とする。このようにすると、インバータ１１Ａおよび電機子巻線１－Ａは常に動作することはなくなる。このため、各インバータや電機子巻線の動作期間が均一化され、どの部分からも同様な損失が発生するようにできる。

【００８５】

図１２の動作は一例であり、負荷あるいは負荷パターンによってどの動作ステージの期間が長いかは異なるので、各インバータと電機子巻線の動作期間と損失が均一化するように駆動するインバータを選択すればよい。すなわち、各ステージＩ～IVに対応するトルク指令の切替点は、各インバータと電機子巻線の損失が均一化するように負荷や負荷パターンに応じて設定する。

【００８６】

本実施例５によれば、各部の発生損失が均一化できるので、システムとしての信頼性を向上できる、さらに、連続定格も増加できる。

【実施例６】

【００８７】

実施例６は先の実施例５で述べた課題を解決する他の例である。本実施例はステージＩ～IVに対して動作させるインバータを固定的に対応するのではなく、あるタイミングでは、ステージＩはインバータ１１Ａと電機子巻線１－Ａを図７のように動作させる（モード１）が、別のタイミングではこれとは異なり、ステージＩはインバータ１１Ｃと電機子巻線１－Ｃを動作させる（モード２）。また、別のタイミングでは、ステージＩはインバータ１１Ｂと電機子巻線１－Ｂを動作させる（モード３）。さらに別のタイミングでは、ステージＩはインバータ１１Ｄと電機子巻線１－Ｄを動作させる（モード４）、というように動作ステージに対応して動作させるインバータを固定させずに、次々に変更（交代）する。他のステージも同様である。

【００８８】

図１３は、動作切替制御部２２が実施例１の動作に加えて実行する動作フローチャートの例である。上記のモード繰り返しサイクルをＴとするとき、現在の時刻ｔとの関係で上記どのモードをとるか決める。

【００８９】
現在時刻ｔを読み込み（Ｓ２００２）、繰り返しサイクルのどこにいるか判定する（Ｓ２００３）。時刻ｔが（ｎ－１）Ｔ≦ｔ＜（ｎＴ／４）のとき（ｎは自然数）、モード１のトルク指令に対応するステージによってＳ２００４の枠内に記載のように巻線に電流を流す。時刻ｔが（ｎＴ／４）≦ｔ＜（ｎＴ／２）のとき、モード２でトルク指令に対応するステージによってＳ２００５の枠内に記載のように巻線に電流を流す。時刻ｔが（ｎＴ／２）≦ｔ＜（３ｎＴ／４）のとき、モード３でトルク指令に対応するステージによってＳ２００６の枠内に記載のように巻線に電流を流す。時刻ｔが（３ｎＴ／４）≦ｔ＜（ｎＴ）のとき、モード４でトルク指令に対応するステージによってＳ２００７の枠内に記載のように巻線に電流を流す。
このようにして、時刻に応じてモードを定め、そのときの動作ステージに対応して駆動することにより駆動するインバータ、電機子巻線を次々と変更する。このような制御を実施すれば、各インバータと各電機子巻線からは同じように損失が出るので特定のインバータと特定の電機子巻線の温度上昇が大きくなるのを防止することができる。
【００９０】
モードの切替実行は、図１３では繰り返しサイクルＴを定めたが、Ｔをランダムに変更してもよい。また、時間的に切替るだけでなく、繰り返す運転パターンの適当な点で切替えたり、インバータ部や巻線部の温度を計測あるいはそれと等価な値を計測して、温度の低いインバータと電機子巻線を動作期間が長いステージＩの動作インバータ、動作巻線として指令しても良い。
【００９１】
このようにしても、各部の発生損失が均一化できるので、システムとしての信頼性を向上でき、さらに、連続定格を増加できる。
【実施例７】
【００９２】
実施例７は、実施例５で述べた課題を解決する別の例である。実施例１～４ではトルク指令τｃの小さなとき、特定の電機子巻線１－Ａに常時電流を流すべくインバータ１１Ａが常時動作するため、損失量が大きく熱的に苦しくなる。
【００９３】
これを回避する実施例５や６と違う方法が実施例７である。電流を流す期間が長いインバータ１１Ａから期間が短い１１Ｄ側に向けて定格値を変更する。すなわち、電流最大値は変えず、定格がインバータ１１Ａ＞１１Ｂ＞１１Ｃ＞１１Ｄとなるようにインバータを構成する。具体的には、主パワー素子を冷却するフィンの冷却能力を変更して対応させ、また、電機子巻線部もその部分の冷却能力を向上させる。
【００９４】
以上の構成により、特定の熱が大きいところの問題を回避できるので、信頼性が向上できる。なお、上記説明は動作期間の長いインバータから順にインバータごとに４段階に定格を変えるように構成したが、定格大、定格小のように定格を２つ持つように構成してもよく、３つでもよい。
【実施例８】
【００９５】
実施例８は、実施例５で述べた課題を解決するさらに別の例である。実施例７ではインバータの熱的な定格だけを変えるように対応したが、最大変換容量を増加させ、定格を変更してもよい。図１４は実施例８に利用する常時電流を流すインバータの変換容量を増加させた制御構成ブロック図である。図１４において、図５と同一番号のものは同一部品を示す。図示の例は、図５に示すインバータ１１Ａと１１Ｂを、少なくともこれらより２倍の変換容量（電流容量が２倍）を持つ大きなインバータ１１２Ａに変更し、巻線１－Ａと１－Ｂの両者に供給する。
【００９６】
図１５は動作切替制御部２２での制御例を示す。トルク指令τｃが０～５０％のとき、

ステージＩになる（ステージ番号の意味は先の実施例とは異なる）。ゲイン切替部２３ａのゲイン値は１００％で、他はゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａだけが動作しているので、インバータ１１２Ａだけが動作し、他のインバータは動作停止する。電機子巻線１－Ａと１－Ｂだけにトルク指令τｃに比例して、０から１００％の電流が流れる。

【００９７】

次に、トルク指令τｃが５０～７５％のとき、ステージIIになる。ゲイン切替部２３ａの値は６６．７％、２３ｃの値は３３．３％で、他はゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃが動作しているので、インバータ１１２Ａ、１１Ｃが動作し、他のインバータは動作停止する。インバータ１１２Ａにはインバータ１１Ｃの２倍の電流が流れ、電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃには同一でトルク指令に比例する電流が６６．７～１００％の割合で流れる。

【００９８】

さらに、トルク指令τｃが７５～１００％のとき、ステージIIIになる。ゲイン切替部２３ａの値は５０％で、２３ｃ、２３ｄは２５％であり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃ、２７ｄが動作して、全インバータ１１２Ａ、１１Ｃ、１１Ｄが動作する。インバータ１１２Ａにはインバータ１２Ｃ、１２Ｄの２倍の電流が流れ、電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄには同一でトルク指令τｃに比例する電流が７５～１００％流れる。

【００９９】

以上の例の構成によっても、熱的に苦しい箇所の問題を回避でき、省エネで信頼性が向上できる。

【実施例９】

【０１００】

実施例９は実施例５で述べた課題を別の観点から解決する例である。実施例２の場合、０～２５％のステージＩでは、同じトルク指令に対して巻線１－Ａには、従来方式の４倍の電機子電流が流れる。一方、巻線１－Ｂ、１－Ｃ，１－Ｄには流れないが、モータの銅損は電流値の２乗に比例するため、モータ全体では、銅損が４倍に増加する。

【０１０１】

２５～５０％のステージIIでは、巻線１－Ａと１－Ｂには、同じトルク指令に対して従来の２倍の電流が流れるので、銅損が２倍に増加する。同様に、５０～７５％のステージIIIでは、巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃに同トルク指令に対して１．３倍の電流が流れる。このため、モータ全体での銅損は約１．３倍に増加する。

【０１０２】

損失全体の中で銅損の割合が大きな装置の場合、銅損以外の損失が低下しても、実施例２のように駆動したのでは、装置全体として低損失化できない可能性がある。本実施例はそのような場合に適用する実施例である。

【０１０３】

図１６は本実施例９に利用する制御ブロック図で、図５と同一番号のものは同一部品を示す。インバータ１１Ａと１１Ｂの各出力線同士を接続するスイッチ３１、インバータ１１Ｂと１１Ｃの各出力線同士を接続するスイッチ３２、インバータ１１Ｃと１１Ｄの各出力線同士を接続するスイッチ３３を設ける。動作切替制御部２２からのステージ信号により、スイッチ３１、３２、３３と、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄ、および、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄを図１８に示すように制御する。

【０１０４】

図１８はトルク指令に対する動作切替制御部２２からの制御指令を示す表である。トルク指令τｃの最大値との割合に応じて、各ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄのゲイン値の指令、各ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄでＰＷＭ制御を実施するかどうか、スイッチ３１、３２、３３の開閉状態の指令を示す。この制御を実施した場合の動作を図１７に示す。図１７はトルク指令（％）に対して、各電機子巻線電流がその巻線組の最大電流を１００％としたときどのよう流れるかを示している。また、併せてインバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄの運転状態を示している。

【０１０５】
図１７から分かるように、トルク指令τｃが０～２５％のステージＩのとき、ゲイン切替部２３ａの値は１００％で、他のゲイン切替部はゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａだけが動作しており、スイッチ３１、３２、３３は閉状態である。インバータ１１Ａだけが動作し、全部の巻線に電流を供給する。インバータ１１Ａにはトルク指令に比例して０～１００％の電流が流れ、各電機子巻線にはこの電流が分流するので、トルク指令τｃに比例して、０から２５％の電流が流れる。
【０１０６】
次に、トルク指令τｃが２５～５０％のステージIIのとき、ゲイン切替部２３ａ、２３ｃの値は５０％で、他のゲイン切替部はゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃが動作しており、スイッチ３１、３３のみが閉状態である。インバータ１１Ａ、１１Ｃが動作し、インバータ１１Ａは電機子巻線１－Ａと１－Ｂに、インバータ１１Ｃは電機子巻線１－Ｃと１－Ｄに電流を供給する。インバータ１１Ａと１１Ｃは５０～１００％の割合で流れ、各電機子巻線にはトルク指令に比例して、２５から５０％の電流が流れる。
【０１０７】
さらに、トルク指令τｃが５０～７５％のステージIIIに増加したとき、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃの値は３３．３％で、２３ｄはゼロであり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃが動作しており、スイッチ３３だけが閉である。インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃが動作し、インバータ１１Ａは電機子巻線１－Ａに、インバータ１１Ｂは電機子巻線１－Ｂに電流を供給する。また、インバータ１１Ｃは電機子巻線１－Ｃと１－Ｄに電流を供給する。インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃにはトルク指令τｃに比例して６６．７～１００％の電流が流れる。この結果、電機子巻線１－Ａと１－Ｂにはトルク指令に比例して６６．７～１００％の電流が流れ、電機子巻線１－Ｃと１－Ｄにはトルク指令に比例して３３．３～５０％の電流が流れる。
【０１０８】
さらに進んで、トルク指令τｃが７５～１００％のステージIVに増加したとき、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄの値はどれも２５％で、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄが動作しており、スイッチ３１、３２、３３は全部開である。インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄが動作し、インバータ１１Ａは電機子巻線１－Ａに、インバータ１１Ｂは電機子巻線１－Ｂに、インバータ１１Ｃは電機子巻線１－Ｃに、インバータ１１Ｄは電機子巻線１－Ｄにそれぞれ電流を供給する。インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄにはトルク指令τｃに比例して７５～１００％の電流が流れ、電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄにも７５～１００％の電流が流れる。
【０１０９】
以上のように、インバータは動作ステージにより動作、停止して、対応の各電機子巻線にはほぼトルク指令に比例した電流を流す。インバータのスイッチング損失の低減も図りながら、モータの銅損低減を図ることができる。
【０１１０】
図１７のスイッチ３１、３２、３３は機械的スイッチだけでなく、高速制御可能な電子スイッチでも実現できる。また、電機子巻線の各相間を結ぶスイッチの接続は一例であり、他の接続やそれに応じた制御もある。さらに、ステージIIIにおける各電機子巻線の電流分担は同一ではないので、低損失化の観点から、ステージIIIを省略し、ステージIVをトルク指令５０～１００％の間で動作させることもできる。
【０１１１】
以上の構成により、各電機子巻線組の電流はトルク指令に比例する電流値を基本として常時流し、インバータは順次起動させる。銅損割合の大きな装置に有効で、高効率な駆動ができる。
【実施例１０】
【０１１２】
本実施例１０は、交流モータ１の各電機子巻線がステータ全周で対称となる位置の巻線

同士を、同時に励磁するようにした例である。これまでの実施例では、トルク指令に応じて各巻線に順次電流が流れるので、電流が流れる巻線と流れない巻線で、ロータ（図示せず）とステータ（図示せず）間の磁気吸引力が違うことがある。各巻線組自身が単独でステータ全周にわたって分布して均一に巻回されている場合は、これまでの実施例の方法でも問題がないが、各巻線がステータ全周のある特定箇所に巻回されている場合は、通流する巻線と通流しない巻線での間でロータとステータ間の磁気吸引力が周方向で違いが生じてアンバランスとなり、問題になる場合がある。本実施例はこのような場合に適用され、実施例２の図５と同構成によって制御を行い、巻線１－Ａと１－Ｃがステータ全周の対称位置（モータの周方向に対称位置）に巻回され、巻線１－Ｂと１－Ｄが対称位置（モータの周方向に対称位置）に巻回されているとする。

【０１１３】

図１９は上記の場合の動作切替制御部２２によるゲイン切替２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄとＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄの制御方法を説明する表である。トルク指令τｃが０～５０％のときステージＩとし、ゲイン切替部２３ａ、２３ｃのゲイン値は５０％で、他はゼロとなり、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃを動作させる。インバータ１１Ａ、１１Ｃが動作し、他のインバータは動作停止する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｃにはトルク指令τｃに比例する同一の電流が０～１００％の割合で流れる。

【０１１４】

さらに、トルク指令τｃが５０～１００％のときステージIIとし、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄのゲイン値は２５％で、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｂ、２７ｃ、２７ｄ全部が動作し、インバータ１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄが動作する。電機子巻線１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄにはトルク指令τｃに比例する同一の電流が５０～１００％流れる。

【０１１５】

トルク指令に対する休止しているインバータや巻線の割合が小さくなるため、実施例１の方法より損失はやや増加するが、ロータとステータ間の磁気吸引力のアンバランス問題が生じない。

【実施例１１】

【０１１６】

本実施例１１は、交流モータ１に電流を流すインバータの動作を停止するとき、停止するインバータと各電機子巻線との接続が確実に切れるようにした例である。図２０は実施例２の図５の構成に本実施例の特徴を追加した制御ブロック図である。図において図５と同一番号のものは同一部品を示す。インバータ１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄから電機子巻線１－Ｂ、１－Ｃ，１－Ｄへの接続を開閉するスイッチ４１ｂ、４１ｃ、４１ｄを設ける。

【０１１７】

本実施例１１は、動作切替制御部２２からの動作指令信号（ステージ信号）によって、ＰＷＭ制御部２７ｂ、２７ｃ、２７ｄの動作が制御される場合を示している。動作切替制御部２２からの動作指令信号（ステージ信号）は、上記スイッチ４１ｂ、４１ｃ、４１ｄの開閉を制御するために送られ、ＰＷＭ制御部２７が動作するとき、それにより駆動する対応インバータ出力側に設けられた上記スイッチも同時に閉制御にされ、ＰＷＭ制御部が停止するときはそれによって非駆動のインバータに接続された上記スイッチも同時に開制御される。例えば、ＰＷＭ制御部２７ｂが動作してインバータ１１ｂが動作するとき、スイッチ４１ｂは閉に制御される。また、ＰＷＭ制御部２７ｂが停止してインバータ１１ｂが停止するとき、スイッチ４１ｂは開に制御される。

【０１１８】

このようにインバータの動作、停止に応じてスイッチをそれぞれ閉、開制御することにより、モータ電機子側からの回生電流が停止しているインバータへ流れ込むことを確実に防止でき、回生によるロータ回転の抵抗となることを防止でき、損失低下を図ることができる。特に、界磁制御を実施した場合、モータ誘起電圧の最大値がインバータの直流電圧より高くなることがあるので、このときに有効である。

【０１１９】
なお、図２０のスイッチ箇所は実施例２の場合に適用した場合であるが、実施例２以外の実施例に適用するときは、異なる箇所に接続することがあるのは言うまでもない。
【実施例１２】
【０１２０】
本実施例１２は、ゲイン切替部の切換制御に特徴を持たせたものである。先の各実施例では、トルク指令τｃに応じて各動作ステージでゲイン切替部２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄのゲイン値を一斉に切替るが、この一斉のゲイン値切換により各電気子巻線のトルクが一斉に変化してトルク擾乱が起きる可能性がある。本実施例１２では、動作切替制御部２２によりゲイン切替部のゲイン切替を実施するとき、切替前のゲイン値から切替後のゲイン値に徐々に移行するように構成している。
【０１２１】
図２１は、先の実施例２（図５）の構成において、上記制御を実施した場合の本実施例の動作を示す図であり、トルク指令が２５％を越える付近での動作ステージＩからIIへの切替時の動作を示す。実施例２と比較して、動作ステージ切替後の制御の仕方が異なる。
【０１２２】
図２１において、（ａ）はトルク指令２１τｃ、（ｂ）は図７で示すようにトルク指令に対応した動作ステージ、（ｃ）はゲイン切替部２３ａにおけるゲイン値、（ｄ）はゲイン切替部２３ｂにおけるゲイン値、（ｅ）はゲイン切替部２３ａの出力である電機子巻線１－Ａによるトルク指令τｃａ、（ｆ）はゲイン切替部２３ｂの出力である電機子巻線１－Ｂによるトルク指令τｃｂ、（ｇ）は交流モータ１の全トルクを示す。（ａ）から分かるように、この例では、時刻ゼロでトルク指令２０％でスタートして時刻ｔａまで一定値、時刻ｔａでトルク指令が徐々に増加し始め、時刻ｔｂで動作の切替点２５％になり、時刻ｔｃで３０％まで増加し、その後一定値である。時刻ゼロからｔｂまでは切替はステージＩ、時刻ｔｂ以後はステージIIとなる。
【０１２３】
ゲイン切替部２３ａのゲイン値は、（ｃ）から分かるようにステージＩのｔｂまでは１００％、ステージIIに切替わったｔｂから徐々に低下し、ｔｄで５０％になる。一方、ゲイン切替部２３ｂのゲイン値は、（ｄ）から分かるようにステージＩのｔｂまでは０％、ステージIIに切替わったｔｂから徐々に増加し、ｔｄで５０％になる。この結果、トルク指令τｃとゲイン切替部ゲイン値の積として出力される各巻線のトルク指令は次のようになる。すなわち、切替部２３ａの出力τｃａは（ｅ）のようにｔａまでは８０％で、ｔａから徐々に増加してｔｂでは１００％になる。ステージ切替後にゲインが低下するので、τｃａはｔｂから図示のように低下し、ｔｄで６０％になり、以後は一定値である。また、切替部２３ｂの出力τｃｂは（ｆ）のようにｔｂまでは０％で、このときインバータ１１Ｂは動作していない。ステージ切替後がｔｂからインバータ１１Ｂが動作し、また、τｃｂは図示のように徐々に増加してｔｄで６０％になり、以後は一定値である。図２１の期間では、ゲイン切替部２３ｃ、２３ｄのゲイン値はゼロであり、ゲイン切替部２３ａ、２３ｂの各ゲインの和は常に１００％となるように設定している。この結果、この動作では（ｅ）＋（ｆ）で表わされるモータ発生全トルクは（ｇ）のように（ａ）のトルク指令に比例した値となる。
【０１２４】
このように動作ステージ切替時に徐々にゲイン値を変更すると、各巻線でのトルク発生が徐々に変更されるので、切替ステージにおけるトルク擾乱が生じない。図２１の例はステージＩからIIについて切替るときを説明したが、他のステージの切替でも同様である。また、トルク指令の変化が大きく、例えばステージＩからステージIIIのように変更があっても同様である。
【０１２５】
ゲイン切替部２３のゲイン値を徐々に変化させる構成として、動作切替制御部２２から徐々に変化する動作指令信号（ステージ信号）を出すように回路構成してもよく、あるい

は、ゲイン切替部内部に、ゲイン値を切替える動作指令信号によりゲイン値を徐々に変化させる回路構成を組み込んでもよい。なお、ステージ切替後にゲインを徐々に変更する方法は本実施例のように時間的に行う代わりに、トルク指令値τｃに比例させて行っても同様な効果がある。なお、ステージ切替時のゲイン値の切替を徐々に行うので切替後の電流値が１００％を越える巻線があるケースもある。これを防止するため、切替えを行うトルク指令値τｃの値を適切に変更すれば対応できる。

【０１２６】

以上のように上記構成によれば、ステージ切替により電機子巻線の駆動組数を切り替えるとき、モータのトルク変動のない駆動が行える。

【実施例１３】

【０１２７】

本実施例１３は、トルク指令に対応して各インバータおよび／または各電機子巻線の駆動数を変更するので、あるインバータに万一の異常が出た場合、これを避けて運転を継続するようにしたものである。先の実施例２（図５）において、インバータ１１Ｂに異常が出て、このインバータの利用を避けて運転を継続する場合について説明する。図２２はこのときの制御指令例を示す。この場合、図示しない異常検知器によりインバータ１１Ｂに異常が出ていることが検知されているものとする。

【０１２８】

トルク指令が０～２５％のステージＩはゲイン切替部２３ａのゲイン値は１００％で、ＰＷＭ制御部２７ａだけを動作させ、インバータ１１Ａを動作させる。次にトルク指令が２５～５０％のステージIIになると、上記異常検知器の検知信号により、インバータ１１Ｂを使用せずに運転を行う。すなわち、ゲイン切替部２３ａ、２３ｃのゲイン値を５０％とし、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃを動作させ、インバータ１１Ａ、１１Ｃを動作させる。さらに、トルク指令が５０～７５％のステージIIIになると、ゲイン切替部２３ａ、２３ｃ、２３ｄのゲイン値を３３．３％とし、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｃ、２７ｄを動作させ、インバータ１１Ａ、１１Ｃ、１１Ｄを動作させて駆動を行う。このように、故障しているインバータ１１Ｂを動作させず、他のインバータで代替させて異常が生じていない場合と同じように動作させることができる。

【０１２９】

さらにトルク指令が増加して、７５～１００％になり、ステージIVになったときも、ゲイン切替部のゲイン値、ＰＷＭ制御部の動作はステージIIIと同じにする。このため、動作している各インバータの出力電流は１００％を越え過負荷になる。インバータ１１が１００％以上の過負荷を許容しないときは、制御系で１００％に抑える（図１のリミッタ部５１）か、あるいは、許容される時間だけ１００％を越える電流を流す。他のインバータに異常が出た場合も同様である。

【０１３０】

このように本実施例１３では、トルク指令が７５％を超えるときは運転が制限されるものの、インバータに異常が出た場合、異常検知器に基いて異常インバータの動作をパスさせて、他で代替しながら運転を継続できる。なお、ここでのインバータの異常停止は、インバータ自身の異常だけでなく、その主電源や制御電源の異常などインバータが正常に動作できなくなる他の要因も含めることはいうまでもない。さらに、なお、２台以上のインバータに異常が出た場合も同様な対応ができる。

【０１３１】

以上のように本実施例１３によれば、高効率を維持し、高信頼な駆動が行える。

【実施例１４】

【０１３２】

本実施例１４では、負荷がさらに大容量となり、交流モータ１を１台で駆動するのではなく、複数台を用いて駆動する場合の実施例である。

【０１３３】

図２３は装置の構成図で、図２４はステージ毎の動作図を示し、図５と同じ番号は同一

部品を示す。同一のトルク指令２１τｃで２つの交流モータ１と交流モータ１０１を利用して負荷を駆動する。交流モータ１０１は、交流モータ１と同様に４組の電機子巻線１－Ｅ、１－Ｆ、１－Ｇ、１－Ｈで構成され、その各巻線はインバータ１１Ｅ、１１Ｆ、１１Ｇ、１１Ｈで駆動される。それぞれのインバータを駆動するゲイン切替部２３ｅ、２３ｆ、２３ｇ、２３ｈ、ベクトル制御部（制御装置）２０１ｅ、２０１ｆ、２０１ｇ、２０１ｈ、およびＰＷＭ制御部２７ｅ、２７ｆ、２７ｇ、２７ｈもそれぞれのインバータごとに設けられる。これら交流モータ１と１０１を制御するゲイン切替部２３やＰＷＭ制御部１１は動作切替制御部９１からの指令により動作する。動作切替制御部９１の動作は、動作切替えるステージ数は増えるが、図２と同様の考え方で実行する。

【０１３４】

電機子巻線１－Ａを例にとると、ゲイン切替部２３ａの演算は、トルク指令τｃ（％）、ゲイン切替部２３ａのゲインＫａ（％）、トルク指令τｃａ（％）、ｑ軸電流指令Ｉｑｃａ（％）、電流Ｉａ（％）とする。合計８組の４電機子巻線は、その実トルク指令に比例させて電流を流すので、リミッタ５１ａが動作しない範囲では、

τｃａ＝Ｋａ×τｃ／１２．５

Ｉａ＝Ｉｑｃａ＝τｃａ

である。他の巻線も同様の関係がある。

【０１３５】

トルク指令τｃに対して、図２１のように８ステージに分けて制御が行われる。まず、トルク指令τｃが０～１２．５％はステージＩで、ゲイン切替部２３ａだけが１００％で、他のゲイン切替部はゼロ、ＰＷＭ制御部２７ａだけが動作、他のＰＷＭ制御部は停止と指令される。このため、インバータ１１Ａだけが動作し、他のインバータは動作しない。

【０１３６】

次に、トルク指令τｃが１２．５～２５％はステージIIで、ゲイン切替部２３ａ、２３ｅだけが５０％で、他のゲイン切替部はゼロ、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｅだけが動作、他のＰＷＭ制御部は停止と指令される。このため、インバータ１１Ａ、１１Ｅだけが動作し、他のインバータは動作しない。

【０１３７】

さらに、トルク指令τｃが２５～３７．５％はステージIIIで、ゲイン切替部２３ａ、２３ｅ、２３ｆは３３．３％で、他のゲイン切替部はゼロ、ＰＷＭ制御部２７ａ、２７ｅ、２７ｆが動作、他のＰＷＭ制御部は停止と指令される。このため、インバータ１１Ａ、１１Ｅ、１１Ｆだけが動作し、他のインバータは動作しない。

【０１３８】

同様に、図２４に示すように各ステージに対応して、動作切替制御部９１からゲイン値が指令され、各ＰＷＭ制御部に動作指令が出される。このように、ＰＷＭ制御部が動作し、インバータが駆動されて各電機子巻線に電流を流す。

【０１３９】

以上のようにして、複数台モータの場合もトルク指令に応じて順次インバータを駆動して運転を行えば、高効率な駆動ができる。なお、どのステージでも、各ゲイン値の和は常に１００％であり、複数モータとしてもトルク指令と全モータから発生するトルクの比は一定であり、サーボモータとしてのトルク特性変化をなくすことができる。

【０１４０】

以上の実施例ではいずれも、モータ電機子巻線が４組のモータを例にとって説明したが、これ以外の組数のモータでも本発明が適用できるのは言うまでもない。また、正転、逆転、電動、回生の４象限の運転に適用できる。さらに、動作ステージ数と電機子巻線組の数は全モータが同じでなくてもよい。さらにまた、実施例同士で組み合せが可能なものは組み合わせて実施してよい。

【符号の説明】

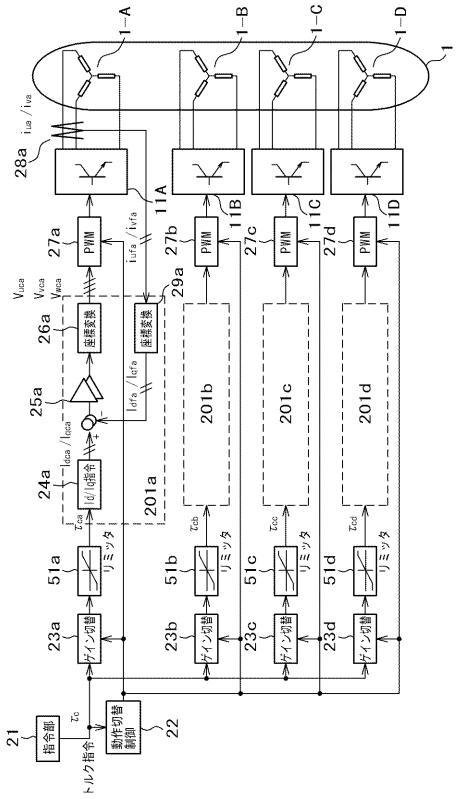
【０１４１】

１、１０１…交流モータ、１－Ａ、１－Ｂ、１－Ｃ、１－Ｄ…電機子巻線、１－Ｅ、１

－Ｆ、１－Ｇ、１－Ｈ…電機子巻線、１１Ａ、１１Ｂ、１１Ｃ、１１Ｄ、１１２Ａ…インバータ、１１Ｅ、１１Ｆ、１１Ｇ、１１Ｈ…インバータ、２１…トルク指令部、２２、９１…動作切替制御部、２３…ゲイン切替部、２４…ｄ／ｑ軸電流指令部、２５…ｄ／ｑ軸電流制御部、２６、２９…座標変換部、２７…ＰＷＭ制御部、２８…電流検出器、２０１（２４、２５、２６、２９）…制御装置（ベクトル制御部）、３１、３２、３３、４１…スイッチ、５１…リミッタ部。

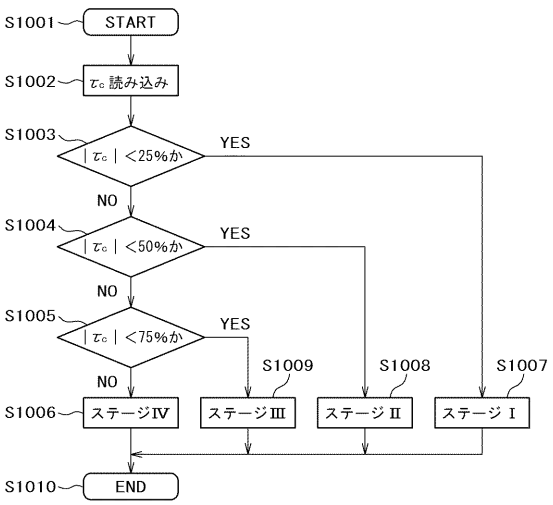
【図１】

図１



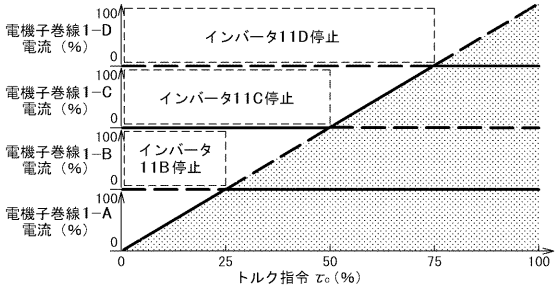
【図２】

図２



【図３】

図３



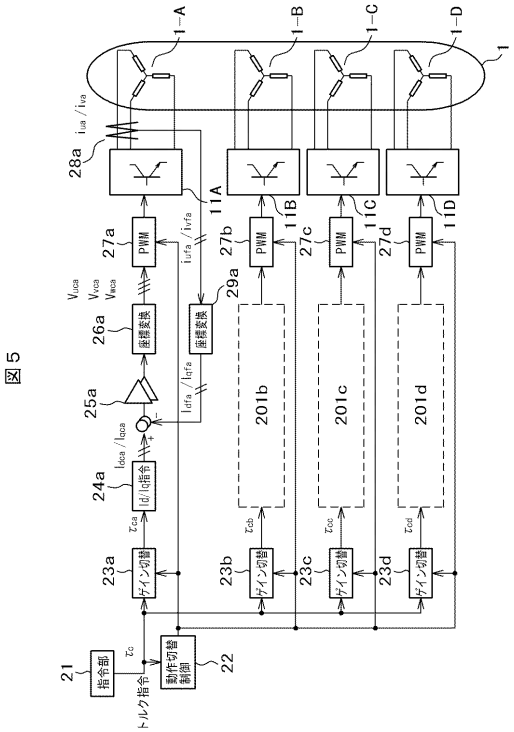
【図４】

図４

トルク指令 τ_c（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（トルク演算式）（%）	23a	100	100	100	100
	23b	0	（τ_c −25）×100	100	100
	23c	0	0	（τ_c −50）×100	100
	23d	0	0	0	（τ_c −75）×100
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作

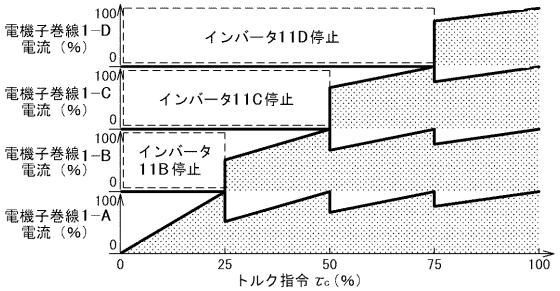
【図５】

図５



【図６】

図６



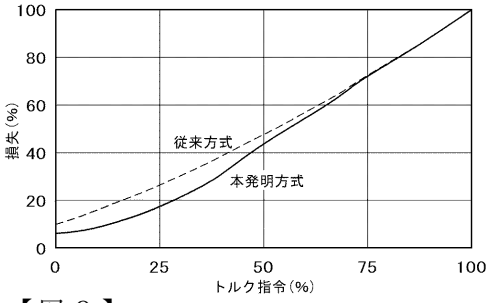
【図７】

図７

トルク指令（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	25
	23b	0	50	33.3	25
	23c	0	0	33.3	25
	23d	0	0	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作

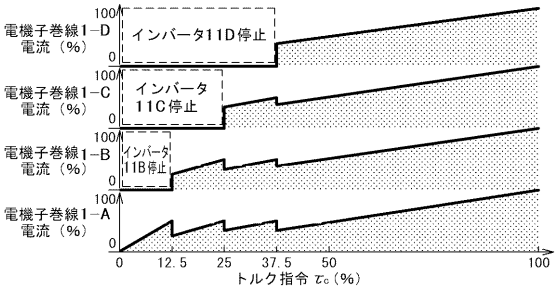
【図８】

図８



【図９】

図９



【図１０】

図１０

トルク指令（%）		0～12.5	12.5～25	25～37.5	37.5～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	25
	23b	0	50	33.3	25
	23c	0	0	33.3	25
	23d	0	0	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作

【図１１】

図１１

トルク指令（%）		0～20	20～40	40～60	60～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	25
	23b	0	50	33.3	25
	23c	0	0	33.3	25
	23d	0	0	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作

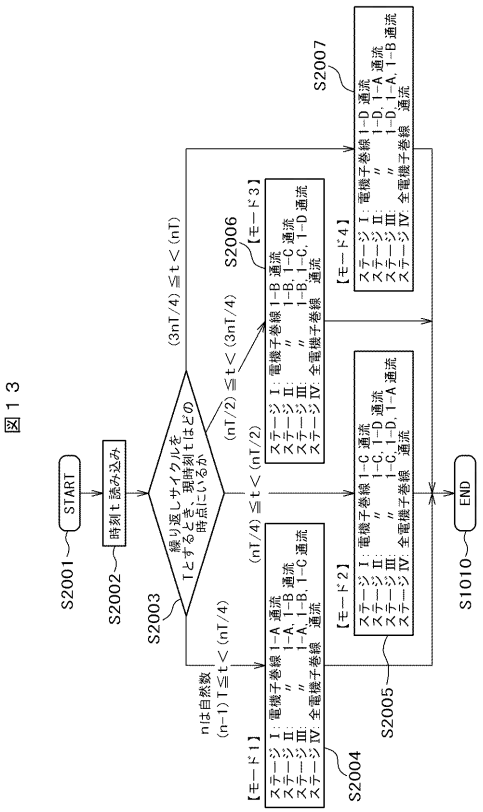
【図１２】

図１２

トルク指令（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	0	0	25
	23b	0	50	33.3	25
	23c	0	50	33.3	25
	23d	0	0	33.3	25
PWM制御実施	27a	動作	停止	停止	動作
	27b	停止	動作	動作	動作
	27c	停止	動作	動作	動作
	27d	停止	停止	動作	動作

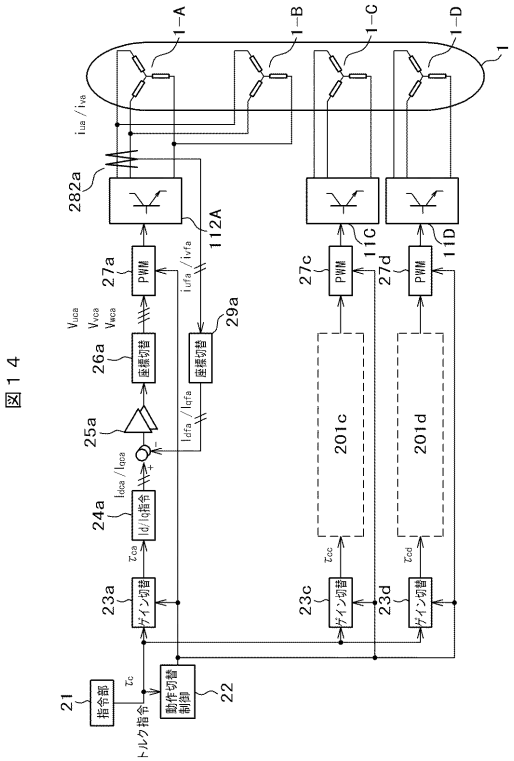
【図１３】

図１３



【図１４】

図１４



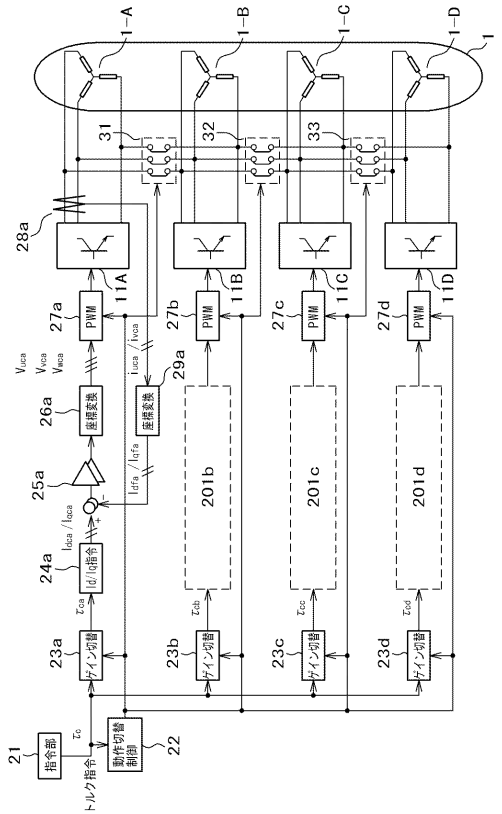
【図１５】

図１５

トルク指令（%）		0～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	66.7	50
	23c	0	33.3	25
	23d	0	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作
	27c	停止	動作	動作
	27d	停止	停止	動作

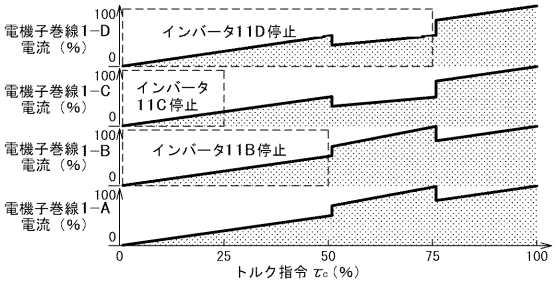
【図１６】

図１６



【図１７】

図１７



【図１８】

図１８

トルク指令（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	25
	23b	0	0	33.3	25
	23c	0	50	33.3	25
	23d	0	0	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	停止	動作	動作
	27c	停止	動作	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	動作
SWの状態	31	閉	閉	開	開
	32	閉	開	開	開
	33	閉	閉	閉	開

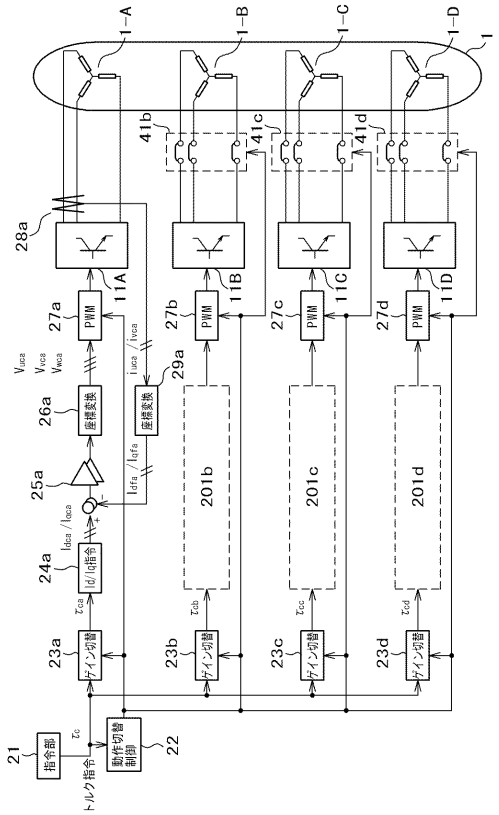
【図１９】

図１９

トルク指令（%）		0～50	50～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	50	25
	23b	0	25
	23c	50	25
	23d	0	25
PWM制御実施	27a	動作	動作
	27b	停止	動作
	27c	動作	動作
	27d	停止	動作

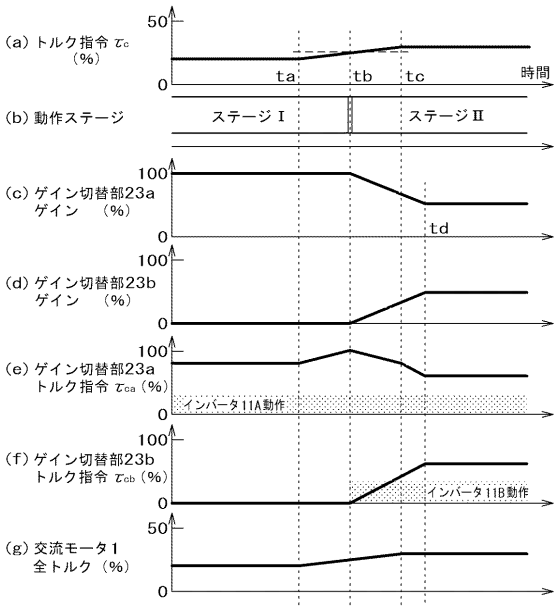
【図２０】

図２０



【図２１】

図２１



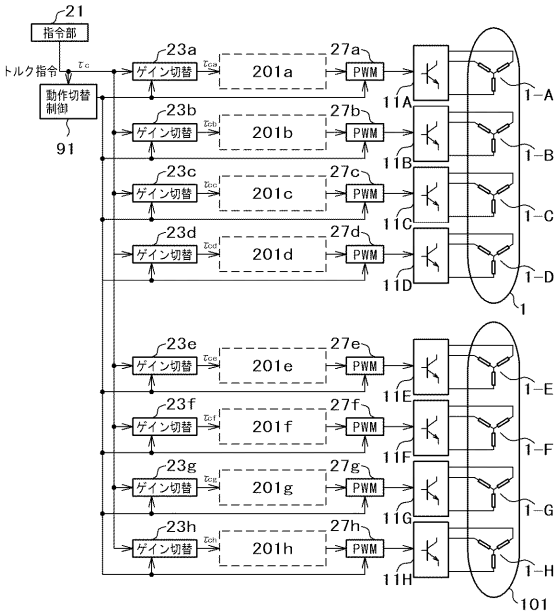
【図２２】

図２２

トルク指令（%）		0～25	25～50	50～75	75～100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	33.3
	23b	0	0	0	0
	23c	0	50	33.3	33.3
	23d	0	0	33.3	33.3
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	停止	停止	停止
	27c	停止	動作	動作	動作
	27d	停止	停止	動作	動作

【図２３】

図２３



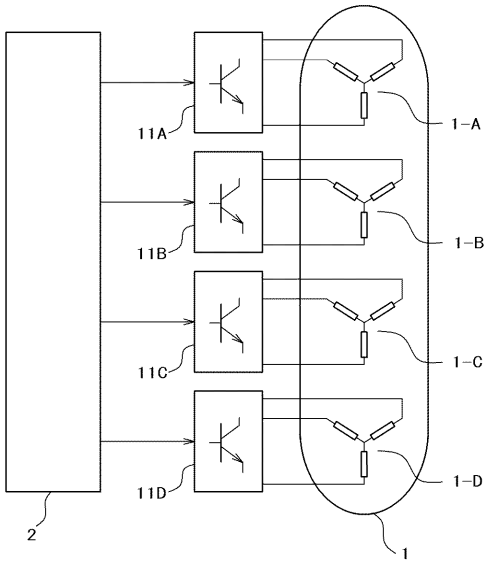
【図２４】

図２４

トルク指令（%）		0~12.5	12.5~25	25~37.5	37.5~50	50~62.5	62.5~75	75~87.5	87.5~100
動作ステージ		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
ゲイン切替ゲイン値（%）	23a	100	50	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5
	23b	0	0	0	25	20	16.7	14.3	12.5
	23c	0	0	0	0	20	16.7	14.3	12.5
	23d	0	0	0	0	0	0	0	12.5
	23e	0	50	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5
	23f	0	0	33.3	25	20	16.7	14.3	12.5
	23g	0	0	0	0	0	16.7	14.3	12.5
	23h	0	0	0	0	0	0	14.3	12.5
PWM制御実施	27a	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作
	27b	停止	停止	停止	動作	動作	動作	動作	動作
	27c	停止	停止	停止	停止	動作	動作	動作	動作
	27d	停止	停止	停止	停止	停止	停止	停止	動作
	27e	停止	動作	動作	動作	動作	動作	動作	動作
	27f	停止	停止	動作	動作	動作	動作	動作	動作
	27g	停止	停止	停止	停止	停止	動作	動作	動作
	27h	停止	停止	停止	停止	停止	停止	動作	動作

【図２５】

図２５



フロントページの続き

(72)発明者　八原　昌尚
千葉県習志野市東習志野七丁目１番１号　株式会社日立産機システム内
(72)発明者　小林　哲郎
東京都千代田区神田練塀町３番地　ＡＫＳビル　株式会社日立産機システム内
(72)発明者　田中　泰彦
神奈川県相模原市大山町２番１０号　アイダエンジニアリング株式会社内

Ｆターム(参考) 5H505 AA18 BB02 BB06 DD03 DD08 EE41 EE49 GG04 HB01 HB04
HB05 JJ28 LL22