

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5353867号
(P5353867)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2P 6/16	(2006.01)	HO2P 6/02	3 4 1 N		
HO2P 21/00	(2006.01)	HO2P 5/408	C		
HO2P 27/04	(2006.01)				

請求項の数 19 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2010-269088 (P2010-269088)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成22年12月2日 (2010.12.2)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2012-120360 (P2012-120360A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成24年6月21日 (2012.6.21)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成24年5月28日 (2012.5.28)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100155789
			弁理士 栗田 恭成
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100143063
			弁理士 安藤 悟
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転機に接続される交流電圧印加回路と、前記回転機の回転角度を検出する検出手段と、該検出手段の検出誤差情報を記憶する記憶手段とを備える回転機の制御システムに適用され、

前記検出誤差情報を取得する取得手段と、

前記回転機のトルクを要求トルクにフィードバック制御するトルクフィードバック制御手段と、

前記要求トルクに応じて設定される指令電流に前記回転機を流れる電流をフィードバック制御する電流フィードバック制御手段と、

正常な検出誤差情報を利用した制御を行うことができない異常である使用不可異常の有無を判断する異常判断手段と、

該異常判断手段によって使用不可異常があると判断される場合、前記トルクフィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御を制限する制限手段とを備え、

前記トルクフィードバック制御手段は、前記検出手段によって検出される回転角度が前記取得される検出誤差情報によって補正されたものに基づき、前記回転機のトルクを要求トルクにフィードバック制御すべく前記交流電圧印加回路の出力電圧の位相を操作する位相操作手段を備え、

前記制限手段は、前記トルクフィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御から前記電流フィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御に切り替えること

を特徴とする回転機の制御装置。

【請求項 2】

前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、

前記制限手段は、前記直流交流変換回路の変調率が規定値以下となることで前記電流フィードバック制御への切り替えを行うことを特徴とする請求項 1 記載の回転機の制御装置。

【請求項 3】

前記制限手段は、前記電流フィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御に際しての前記直流交流変換回路の変調率が規定値以下となるように前記直流交流変換回路を操作する変調率低下制御手段を備えることを特徴とする請求項 2 記載の回転機の制御装置。

10

【請求項 4】

前記変調率低下制御手段は、前記トルクフィードバック制御手段によって前記変調率を低下させる処理を行うことを特徴とする請求項 3 記載の回転機の制御装置。

【請求項 5】

前記変調率低下制御手段は、前記トルクフィードバック制御手段によって前記変調率を低下させる処理を行うに際し前記位相操作手段による位相を固定することを特徴とする請求項 3 記載の回転機の制御装置。

【請求項 6】

前記変調率低下制御手段は、前記直流交流変換回路の高電位側のスイッチング素子および低電位側のスイッチング素子のいずれか一方を全相についてオン状態とすることで前記電流フィードバック制御手段による制御の開始に先立って前記回転機の回転速度を低下させることを特徴とする請求項 3 記載の回転機の制御装置。

20

【請求項 7】

前記電流フィードバック制御手段は、弱め界磁制御を行うものであることを特徴とする請求項 3 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

【請求項 8】

前記制限手段は、前記変調率低下制御手段による制御時における前記回転機のトルク、電流、回転速度、前記直流交流変換回路の出力電圧、変調率の少なくとも 1 つに基づき前記電流フィードバック制御への切り替えを行うことを特徴とする請求項 3 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

30

【請求項 9】

前記電流フィードバック制御手段は、前記指令電流を実電流にフィードバック制御するための操作量として d q 軸上の指令電圧を設定した後、これを回転角度に基づき固定子に印加する指令電圧に変換するものであって且つ、前記制限手段による制限がなされる場合、前記検出誤差情報をゼロと仮定し前記回転角度として前記検出手段によって検出される回転角度を用いて前記固定子に印加する指令電圧への変換処理を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

【請求項 10】

前記トルクフィードバック制御手段は、前記回転機に対する要求トルクと前記回転機の回転速度とに基づき前記交流電圧印加回路の出力電圧のベクトルノルムを設定するノルム設定手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

40

【請求項 11】

前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、

前記トルクフィードバック制御手段は、前記ノルム設定手段によって設定されるノルムおよび前記直流交流変換回路の入力電圧に基づき前記直流交流変換回路のスイッチング素子の操作信号波形を定める波形設定手段と、前記位相操作手段によって位相が操作された

50

前記操作信号波形に基づき、前記回転機の回転角度に同期して前記直流交流変換回路に操作信号を出力する出力手段とを備えることを特徴とする請求項 10 記載の回転機の制御装置。

【請求項 12】

前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、

前記トルクフィードバック制御手段は、前記ノルム設定手段によって設定されるノルムおよび前記位相操作手段によって操作される位相を有する各固定子の指令電圧を搬送波と大小比較することに基づき前記直流交流変換回路の操作信号を生成する P W M 処理手段を備えることを特徴とする請求項 10 記載の回転機の制御装置。

10

【請求項 13】

前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、

前記トルクフィードバック制御手段は、前記回転機の 1 電気角周期において前記正極側のスイッチング素子および前記負極側のスイッチング素子のそれぞれを 1 度ずつオン状態とする矩形波制御を行うものであることを特徴とする請求項 10 記載の回転機の制御装置。

【請求項 14】

前記回転機の実際のトルクを推定する推定手段を備え、

前記推定手段は、前記交流電圧印加回路の出力電圧の位相、前記交流電圧印加回路の出力電圧ベクトルノルムおよび前記回転機の電気角速度と前記回転機を流れる電流との少なくとも一方を入力とする数式モデルおよびマップのいずれかに基づき前記トルクを推定することを特徴とする請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

20

【請求項 15】

前記検出誤差情報を記憶する記憶手段は、当該制御装置とは別に該制御装置と通信する外部制御装置に備えられるものであり、

前記取得手段は、前記外部制御装置との通信によって前記検出誤差情報を取得するものであり、

前記異常判断手段は、前記外部制御装置からの前記検出誤差情報の出力に異常が生じることで前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

30

【請求項 16】

前記外部制御装置から出力される検出誤差情報を記憶する内部記憶手段をさらに備え、

前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に前記検出誤差情報が既に記憶されている場合、前記内部記憶手段に記憶された前記検出誤差情報に基づき前記異常の有無を判断することを特徴とする請求項 15 記載の回転機の制御装置。

【請求項 17】

前記検出誤差情報を記憶する記憶手段は、当該制御装置とは別に該制御装置と通信する外部制御装置に備えられるものであり、

前記取得手段は、前記外部制御装置から出力される前記検出誤差情報を当該制御装置内の内部記憶手段に記憶するものであり、

前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に異常が生じることで前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

40

【請求項 18】

前記記憶手段としての不揮発性メモリをさらに備え、

前記異常判断手段は、前記不揮発性メモリに異常が生じた場合に前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の回転機の制御装置。

【請求項 19】

50

前記不揮発性メモリとは別に内部記憶手段を備え、

前記取得手段は、前記不揮発性メモリに記憶された検出誤差情報を前記内部記憶手段に記憶させるものであり、

前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に前記検出誤差情報が既に記憶されている場合、前記内部記憶手段に記憶されている前記検出誤差情報に基づき前記使用不可異常の有無を判断することを特徴とする請求項 18 記載の回転機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機に接続される交流電圧印加回路と、前記回転機の回転角度を検出する検出手段と、該検出手段の検出誤差情報を記憶する記憶手段とを備える回転機の制御システムに適用される回転機の制御装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

この種の制御装置としては、例えば下記特許文献 1 に見られるように、3相電動機に対する要求トルクおよび回転速度とインバータの出力電圧ベクトルのノルムとの関係が定められたマップを用いてインバータの出力電圧のベクトルノルムを設定するものも提案されている。ここでは、設定されるベクトルノルムとインバータの入力電圧とによって定まる変調率から、インバータの操作信号波形が設定される。そして、インバータの出力電圧の位相は、トルクフィードバック制御の操作量とされている。これにより、インバータの操作信号は、トルクフィードバック制御のための操作量によって可変とされる位相と、3相電動機の回転角度の検出値とに基づき操作信号波形中の箇所が指定されることで定まることとなる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 232531 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

ところで、3相電動機の回転角度を検出するレゾルバ等の検出手段を3相電動機に取り付ける際に取り付け誤差が生じることがある。このため、通常、検出手段の検出値から取り付け誤差の影響を除去するための補正值を予め求めて制御装置に記憶させておくことが周知である。ただし、上記補正值を記憶する記憶手段に異常が生じる等、正常な補正值を利用した制御を行うことができなくなる場合には、トルクフィードバック制御によって操作されるインバータの出力電圧の位相が正常時においてはとり得ない値となるおそれがあり、ひいては制御が破綻することが懸念される。

【0005】

本発明は、上記課題を解決する過程でなされたものであり、その目的は、回転機に接続される交流電圧印加回路と、前記回転機の回転角度を検出する検出手段と、該検出手段の検出誤差情報を記憶する記憶手段とを備える回転機の制御システムに適用される新たな回転機の制御装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下、上記課題を解決するための手段、およびその作用効果について記載する。

【0007】

第 1 の発明は、回転機に接続される交流電圧印加回路と、前記回転機の回転角度を検出する検出手段と、該検出手段の検出誤差情報を記憶する記憶手段とを備える回転機の制御システムに適用され、前記検出誤差情報を取得する取得手段と、前記回転機のトルクを要求トルクにフィードバック制御するトルクフィードバック制御手段と、正常な検出誤差情

50

報を利用した制御を行うことができない異常である使用不可異常の有無を判断する異常判断手段と、該異常判断手段によって使用不可異常があると判断される場合、前記トルクフィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御を制限する制限手段とを備え、前記トルクフィードバック制御手段は、前記検出手段によって検出される回転角度が前記取得される検出誤差情報によって補正されたものに基づき、前記回転機のトルクを要求トルクにフィードバック制御すべく前記交流電圧印加回路の出力電圧の位相を操作する位相操作手段を備えることを特徴とする。

【0008】

トルクと位相との間には、位相の操作範囲が所定の範囲内にある場合に限って、1対1の対応関係がある。このため、操作される位相が所定の範囲から外れる場合には、トルクと位相との間に1対1の対応関係が存在しないため、同一のトルクを生じる複数の位相候補が存在することとなり、回転機の制御破綻を生じやすい。上記発明では、この点に鑑み、検出誤差情報を用いて正常に位相を操作することができない状況下、トルクフィードバック制御手段を用いた制御に制限を加えることで、制御破綻を好適に回避する。

10

【0009】

第2の発明は、第1の発明において、前記要求トルクに応じて設定される指令電流に前記回転機を流れる電流をフィードバック制御する電流フィードバック制御手段をさらに備え、前記制限手段は、前記トルクフィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御から前記電流フィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御に切り替えることを特徴とする。

20

【0010】

正常な検出誤差情報を利用した制御ができない場合、電流フィードバック制御において実際に制御される電流の位相が指令値からずれるおそれがあるものの、指令値と実際の電流との間に定常的な位相ずれが生じるのみと考えられ、制御破綻を生じにくい。上記発明では、この点に鑑み、電流フィードバック制御手段をフェールセーフ制御として採用する。

【0011】

第3の発明は、第2の発明において、前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、前記制限手段は、前記直流交流変換回路の変調率が規定値以下となることで前記電流フィードバック制御への切り替えを行うことを特徴とする。

30

【0012】

電流フィードバック制御は、変調率が大きくなることで、その制御性が低下しやすい。上記発明では、この点に鑑み、電流フィードバック制御への切り替えを規定した。

【0013】

第4の発明は、第3の発明において、前記制限手段は、前記電流フィードバック制御手段を用いた前記要求トルクへの制御に際しての前記直流交流変換回路の変調率が規定値以下となるように前記直流交流変換回路を操作する変調率低下制御手段を備えることを特徴とする。

【0014】

第5の発明は、第4の発明において、前記変調率低下制御手段は、前記トルクフィードバック制御手段によって前記変調率を低下させる処理を行うことを特徴とする。

40

【0015】

第6の発明は、第4の発明において、前記変調率低下制御手段は、前記トルクフィードバック制御手段によって前記変調率を低下させる処理を行うに際し前記位相操作手段による位相を固定することを特徴とする。

【0016】

上記発明では、変調率低下制御手段を、要求トルクへの開ループ制御手段として構成することで、制御破綻が生じる事態を好適に回避することができる。

【0017】

50

第7の発明は、第4の発明において、前記変調率低下制御手段は、前記直流交流変換回路の高電位側のスイッチング素子および低電位側のスイッチング素子のいずれか一方を全相についてオン状態とすることで前記電流フィードバック制御手段による制御の開始に先立って前記回転機の回転速度を低下させることを特徴とする。

【0018】

回転速度が大きい場合には、電流フィードバック制御を行う際の変調率が大きくなりやすい。一方、上記全相をオン状態とする制御によれば、回転機に負荷トルクを生じさせることができるため、回転機の回転速度を低下させることができる。上記発明では、この点に鑑み、回転速度を低下させることで電流フィードバック制御の開始に際して変調率が大きくなることを好適に回避する。

10

【0019】

第8の発明は、第4～第7のいずれかの発明において、前記電流フィードバック制御手段は、弱め界磁制御を行うものであることを特徴とする。

【0020】

電流フィードバック制御による制御性の低下は、回転機に印加される電圧の正弦波成分の変動量が直流電源の電圧を上回ることによって生じる。この点、上記発明では、弱め界磁制御を行うことで、直流電源の電圧を上回る事態を生じにくくすることができる。

【0021】

第9の発明は、第4～第8のいずれかの発明において、前記制限手段は、前記変調率低下制御手段による制御時における前記回転機のトルク、電流、回転速度、前記直流交流変換回路の出力電圧、変調率の少なくとも1つに基づき前記電流フィードバック制御への切り替えを行うことを特徴とする。

20

【0022】

第10の発明は、第2～第9のいずれかの発明において、前記電流フィードバック制御手段は、前記指令電流を実電流にフィードバック制御するための操作量としてd q軸上の指令電圧を設定した後、これを回転角度に基づき固定子に印加する指令電圧に変換するものであって且つ、前記制限手段による制限がなされる場合、前記検出誤差情報をゼロと仮定し前記回転角度として前記検出手段によって検出される回転角度を用いて前記固定子に印加する指令電圧への変換処理を行うことを特徴とする。

【0023】

第11の発明は、第1の発明において、前記制限手段は、前記位相の操作を制限するものであることを特徴とする。

30

【0024】

上記発明では、位相の操作を制限することで、トルクと位相との間に1対1の対応関係が存在しない領域に実際の位相が移行する事態等を好適に抑制できる。

【0025】

第12の発明は、第11の発明において、前記位相操作手段は、進角側制限値と遅角側制限値とを境界とする位相操作許容範囲で前記位相を操作するものであり、前記制限手段は、前記位相操作許容範囲を縮小するものであることを特徴とする。

【0026】

第13の発明は、第12の発明において、前記制限手段は、前記回転機の力行制御時においては、前記進角側制限値を遅角側に変更し、前記回転機の回生運転時においては、前記遅角側制限値を進角側に変更することを特徴とする。

40

【0027】

第14の発明は、第11～第13のいずれかの発明において、前記制限手段は、前記位相の操作制限に加えて、要求トルクの絶対値を制限する処理を併せ行うことを特徴とする。

【0028】

回転機のトルクの絶対値を小さくするうえでの位相と比較して回転機のトルクの絶対値を大きくするうえでの位相は、力行時であればより進角側の値となる一方、回生時であれ

50

ばより遅角側の値となる。上記発明では、この点に鑑み、要求トルクの絶対値を制限することで、位相の操作が制限される場合であっても、要求トルクへの制御を適切に行なうことが容易となる。

【0029】

第15の発明は、第11～第14のいずれかの発明において、前記制限手段は、前記検出誤差情報をゼロとして且つ前記位相操作手段が用いる角度情報として前記検出手段によって検出される回転角度を用いることを特徴とする。

【0030】

第16の発明は、第1～第15のいずれかの発明において、前記トルクフィードバック制御手段は、前記回転機に対する要求トルクと前記回転機の回転速度とに基づき前記交流電圧印加回路の出力電圧のベクトルノルムを設定するノルム設定手段をさらに備えることを特徴とする。

10

【0031】

第17の発明は、第16の発明において、前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、前記トルクフィードバック制御手段は、前記ノルム設定手段によって設定されるノルムおよび前記直流交流変換回路の入力電圧に基づき前記直流交流変換回路のスイッチング素子の操作信号波形を定める波形設定手段と、前記位相操作手段によって位相が操作された前記操作信号波形に基づき、前記回転機の回転角度に同期して前記直流交流変換回路に操作信号を出力する出力手段とを備えることを特徴とする。

20

【0032】

第18の発明は、第16の発明において、前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、前記トルクフィードバック制御手段は、前記ノルム設定手段によって設定されるノルムおよび前記位相操作手段によって操作される位相を有する各固定子の指令電圧を搬送波と大小比較することに基づき前記直流交流変換回路の操作信号を生成するPWM処理手段を備えることを特徴とする。

【0033】

第19の発明は、第16の発明において、前記交流電圧印加回路は、直流電源の正極および負極のそれぞれに前記回転機の端子を選択的に接続するスイッチング素子を備える直流交流変換回路であり、前記トルクフィードバック制御手段は、前記回転機の1電気角周期において前記正極側のスイッチング素子および前記負極側のスイッチング素子のそれぞれを1度ずつオン状態とする矩形波制御を行うものであることを特徴とする。

30

【0034】

第20の発明は、第1～第19のいずれかの発明において、前記回転機の実際のトルクを推定する推定手段を備え、前記推定手段は、前記交流電圧印加回路の出力電圧の位相、前記交流電圧印加回路の出力電圧ベクトルノルムおよび前記回転機の電気角速度と前記回転機を流れる電流との少なくとも一方を入力とする数式モデルおよびマップのいずれかに基づき前記トルクを推定することを特徴とする。

【0035】

第21の発明は、第1～第20のいずれかの発明において、前記検出誤差情報を記憶する記憶手段は、当該制御装置とは別に該制御装置と通信する外部制御装置に備えられるものであり、前記取得手段は、前記外部制御装置との通信によって前記検出誤差情報を取得するものであり、前記異常判断手段は、前記外部制御装置からの前記検出誤差情報の出力に異常が生じることで前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする。

40

【0036】

第22の発明は、第21の発明において、前記外部制御装置から出力される検出誤差情報を記憶する内部記憶手段をさらに備え、前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に前記検出誤差情報が既に記憶されている場合、前記内部記憶手段に記憶された前記検出誤差情報に基づき前記異常の有無を判断することを特徴とする。

50

【 0 0 3 7 】

第 2 3 の発明は、第 1 ~ 第 2 0 のいずれかの発明において、前記検出誤差情報を記憶する記憶手段は、当該制御装置とは別に該制御装置と通信する外部制御装置に備えられるものであり、前記取得手段は、前記外部制御装置から出力される前記検出誤差情報を当該制御装置内の内部記憶手段に記憶するものであり、前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に異常が生じることで前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

第 2 4 の発明は、第 1 ~ 第 2 0 のいずれかの発明において、前記記憶手段としての不揮発性メモリをさらに備え、前記異常判断手段は、前記不揮発性メモリに異常が生じた場合に前記使用不可異常が生じた旨判断することを特徴とする。

10

【 0 0 3 9 】

第 2 5 の発明は、第 2 4 の発明において、前記不揮発性メモリとは別に内部記憶手段を備え、前記取得手段は、前記不揮発性メモリに記憶された検出誤差情報を前記内部記憶手段に記憶させるものであり、前記異常判断手段は、前記内部記憶手段に前記検出誤差情報が既に記憶されている場合、前記内部記憶手段に記憶されている前記検出誤差情報に基づき前記使用不可異常の有無を判断することを特徴とする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 0 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態にかかるシステム構成図。

【 図 2 】 同実施形態にかかる操作信号生成処理に関するブロック図。

20

【 図 3 】 同実施形態にかかる位相操作許容範囲を示す図。

【 図 4 】 同実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 5 】 第 2 の実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 6 】 第 3 の実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 7 】 第 4 の実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 8 】 第 5 の実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 9 】 第 6 の実施形態にかかる操作信号生成処理に関するブロック図。

【 図 1 0 】 第 7 の実施形態にかかる操作信号生成処理に関するブロック図。

【 図 1 1 】 同実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 1 2 】 第 8 の実施形態にかかる M G E C U の構成を示す図。

30

【 図 1 3 】 同実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 1 4 】 第 9 の実施形態にかかる M G E C U および H V E C U の構成を示す図。

【 図 1 5 】 同実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 図 1 6 】 第 1 0 の実施形態にかかる M G E C U および H V E C U の構成を示す図。

【 図 1 7 】 同実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す流れ図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 1 】

< 第 1 の実施形態 >

以下、本発明にかかる回転機の制御装置を車載主機としての回転機の制御装置に適用した第 1 の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

40

【 0 0 4 2 】

図 1 に、本実施形態にかかるシステム構成図を示す。

【 0 0 4 3 】

モータジェネレータ 1 0 は、3 相の永久磁石同期モータである。また、モータジェネレータ 1 0 は、突極性を有する回転機（突極機）である。詳しくは、モータジェネレータ 1 0 は、埋め込み磁石同期モータ（IPMSM）である。

【 0 0 4 4 】

モータジェネレータ 1 0 は、インバータ I V および昇圧コンバータ C V を介して高電圧バッテリー 1 2 に接続されている。ここで、昇圧コンバータ C V は、高電圧バッテリー 1 2 の電圧（百 V 以上：例えば「288V」）を所定の電圧（例えば「666V」）を上限とし

50

て昇圧するものである。一方、インバータIVは、スイッチング素子 S^*p , S^*n ($*$ = u, v, w) の直列接続体を3組備えており、これら各直列接続体の接続点がモータジェネレータ10のU, V, W相にそれぞれ接続されている。これらスイッチング素子 S^*p , S^*n として、本実施形態では、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)が用いられている。そして、これらにはそれぞれ、ダイオード D^*p , D^*n が逆並列に接続されている。

【0045】

本実施形態では、モータジェネレータ10やインバータIVの状態を検出する検出手段として、以下のものを備えている。まずモータジェネレータ10の回転角度(電気角)を検出するたとえばレゾルバ等の回転角度センサ15を備えている。また、モータジェネレータ10の各相を流れる電流 i_u, i_v, i_w を検出する電流センサ16, 17, 18を備えている。さらに、インバータIVの入力電圧(電源電圧VDC)を検出する電圧センサ19を備えている。

【0046】

上記各種センサの検出値は、インターフェース13を介して低圧システムを構成するモータジェネレータ制御装置(MGECU14)に取り込まれる。MGECU14は、上位の制御装置であるハイブリッド制御装置(HVECU16)とCAN通信を行っており、HVECU16からモータジェネレータ10に対する要求トルク T_r を受け取る。そして、上記各種センサの検出値に基づき、モータジェネレータ10のトルクが要求トルク T_r となるように、インバータIVや昇圧コンバータCVを操作する操作信号を生成して出力する。ここで、インバータIVのスイッチング素子 S^*p, S^*n を操作する信号が、操作信号 g^*p, g^*n である。また、昇圧コンバータCVの2つのスイッチング素子を操作する信号が、操作信号 g_{up}, g_{cn} である。また、「上位の制御装置」とは、アクセルペダルやブレーキペダル等のユーザインターフェースからの信号の伝達経路としてより上流という意味である。

【0047】

なお、MGECU14は、ソフトウェア処理手段である中央処理装置(CPU14a)と、不揮発性メモリ14bとを備えている。そして、不揮発性メモリ14bには、回転角度センサ15によって検出される回転角度の誤差を補正するための補正值が記憶されている。この補正值は、モータジェネレータ10に回転角度センサ15を取り付ける際に生じる取り付け誤差等による検出誤差を補正するものであり、当該システムの製造時や製造直後において回転角度センサ15の検出値の誤差を検出することで算出され不揮発性メモリ14bに記憶される。MGECU14では、回転角度センサ15によって検出される回転角度に対して都度補正值を加算することで、モータジェネレータ10の回転角度が「 $\theta + \Delta\theta$ 」であるとして要求トルク T_r への制御を行う。なお、不揮発性メモリ14bは、給電の有無にかかわらずデータを保持する記憶装置であり、たとえば電氣的書き換え可能な読み出し専用メモリ等である。

【0048】

図2に、上記インバータIVの操作信号の生成に関する処理のブロック図を示す。

【0049】

図示されるように、本実施形態では、トルクフィードバック制御部20および電流フィードバック制御部30を備えている。以下では、「トルクフィードバック制御部20の処理」、「電流フィードバック制御部30の処理」の順に説明した後、最後に「フェールセーフ処理」について詳述する。

「トルクフィードバック制御部20の処理」

モータジェネレータ10の各相を流れる電流 i_u, i_v, i_w は、2相変換部40において、回転2相座標系の実電流であるd軸上の実電流 i_d とq軸上の実電流 i_q とに変換される。トルク推定部22では、2相変換部40の出力するq軸電流 i_q およびd軸電流 i_d に基づき、推定トルク T_e を算出する。ここでは、d軸電流 i_d およびq軸電流 i_q とトルクとの関係が記憶されたマップを用いて推定トルク T_e を算出してもよいし、d軸

10

20

30

40

50

電流 i_d および q 軸電流 i_q からトルクの算出が可能なモデル式を用いて推定トルク T_e を算出してもよい。そして、位相設定部 23 では、推定トルク T_e を要求トルク T_r にフィードバック制御するための操作量として位相 θ を算出する。この位相 θ は、推定トルク T_e と要求トルク T_r との差を入力とする比例制御器と積分制御器との各出力の和として算出されるものである。

【0050】

ノルム設定部 21 では、要求トルク T_r および電気角速度 ω とインバータ IV の出力電圧ベクトルのノルム V_n との関係記憶したマップを用い、要求トルク T_r および電気角速度 ω を入力としてノルム V_n を設定する。ここで、ベクトルのノルムは、ベクトルの各成分の 2 乗の和の平方根によって定義される。なお、ここでのノルム V_n は、最小電流最大トルク制御を実現可能なように設計されている。

10

【0051】

そして、操作信号生成部 25 では、上記位相設定部 23 の設定する位相 θ (正確には、これがリミッタ 24 によってガード処理されたもの) と、上記ノルム設定部 21 によって設定されるノルム V_n と、電源電圧 V_{DC} と、回転角度 θ とに基づき、操作信号 g^*p , g^*n を生成する。詳しくは、操作信号生成部 25 は、変調率毎に、電気角の 1 回転周期分の操作信号波形をマップデータとして記憶している。

【0052】

操作信号生成部 25 では、電源電圧 V_{DC} とノルム V_n とに基づき、変調率を算出し、これに応じて、該当する操作信号波形を選択する。ここで、上記変調率の上限は、矩形波制御時の変調率である「1.27」とされている。このため、変調率が最大値「1.27」となる場合には、操作信号波形として、矩形波制御時の波形である電気角の 1 回転周期に高電位側のスイッチング素子 S^*p がオン状態とされる期間と低電位側のスイッチング素子 S^*n がオン状態とされる期間とのそれぞれを 1 回ずつとする波形 (1 パルス波形) が選択される。

20

【0053】

こうして操作信号波形が選択されると、操作信号生成部 25 では、この波形の出力タイミングを上記位相設定部 23 の設定する位相 θ に基づき設定することで、操作信号を生成する。

「電流フィードバック制御部 30 の処理」

30

指令電流設定部 31 は、要求トルク T_r に基づき、回転 2 相座標系の電流の指令値である d 軸上の指令電流 i_{dr} および q 軸上の指令電流 i_{qr} を設定する。ここでは、後述する場合を除き、最小の電流で最大のトルクとなる最小電流最大トルク制御を実現可能なように指令電流 i_{dr} , i_{qr} が設定されている。

【0054】

フィードバック制御部 32 は、 d 軸上の実電流 i_d を指令電流 i_{dr} にフィードバック制御するための操作量を算出する。一方、フィードバック制御部 33 は、 q 軸上の実電流 i_q を指令電流 i_{qr} にフィードバック制御するための操作量を算出する。詳しくは、フィードバック制御部 32, 33 では、比例制御器の出力と積分制御器の出力とを加算することで上記算出を行う。

40

【0055】

非干渉制御部 34 では、 dq 軸上の実電流 i_d , i_q と電気角速度 ω とに基づき、 dq 軸上の実電流 i_d , i_q を指令電流 i_{dr} , i_{qr} に制御するためのフィードフォワード操作量を算出する。詳しくは、 d 軸のフィードフォワード項は、 q 軸の実電流 i_q および電気角速度 ω の積に比例した項であり、 q 軸のフィードフォワード項は、 d 軸の実電流 i_d および電気角速度 ω の積に比例した項と、誘起電圧補償項とである。そして、上記フィードバック操作量にフィードフォワード操作量が加算されたものが指令電圧 v_{dr} , v_{qr} となる。

【0056】

3 相変換部 35 では、回転 2 相座標系の指令電圧 v_{dr} , v_{qr} を、3 相の指令電圧 V

50

v_{ur} , v_{vr} , v_{wr} に変換する。PWM信号生成部36では、3相の指令電圧 v_{ur} , v_{vr} , v_{wr} と、電源電圧VDCとに基づき、PWM処理によって、操作信号 g^*p , g^*n を生成する。本実施形態では、特に、3相の指令電圧 v_{ur} , v_{vr} , v_{wr} を2相変調して且つ電源電圧VDCにて規格化した信号と三角波形状のキャリアとの大小比較に基づき操作信号を生成する。

【0057】

「フェールセーフ処理」

本実施形態では、トルクフィードバック制御部20によってモータジェネレータ10のトルクを要求トルク T_r に制御して且つ、フェールセーフ処理時において電流フィードバック制御部30によってモータジェネレータ10のトルクを要求トルク T_r に制御する。ここで、フェールセーフ処理は、正常な補正值 θ_{err} を利用してトルクフィードバック制御部20による制御を行なえなくなる場合に行なわれる。これは、正常な補正值 θ_{err} を利用できない場合、トルクフィードバック制御部20による制御が破綻する懸念があるからである。すなわち、図3に示すように、インバータIVの出力電圧ベクトルの位相 θ_{inv} とモータジェネレータ10のトルクとの間には、位相 θ_{err} の操作許容範囲を一点鎖線にて規定された領域に限ることで1対1の対応関係があるものの、この領域から外れることでこの関係は崩れる。すなわち、同一のトルクを生成可能な位相 θ_{inv} が複数存在することとなる。このため、先の図2に示したリミッタ24では、位相操作可能範囲を上記領域に規定してガード処理を施すことで、位相 θ_{inv} をトルクを制御するための操作量として適切な値に制限していた。しかし、正常な補正值 θ_{err} を利用できなくなる場合、位相 θ_{inv} を位相操作許容範囲内に収めたとしてもインバータIVの出力電圧の実際の位相は、位相操作許容範囲から外れるおそれがある。特に、補正值 θ_{err} としては、「10°」程度の補正を行う値となることがあるため、この問題は深刻である。

【0058】

そこで本実施形態では、上記フェールセーフ処理として電流フィードバック制御部30による処理を行うこととする。ここで、電流フィードバック制御部30においても、回転角度として、回転角度センサ15によって検出された回転角度 θ_{rot} に補正值 θ_{err} が加算された値が用いられる。このため、インバータIVの出力電圧の位相は、正常な補正值 θ_{err} を利用できる場合と利用できない場合とで相違することとなる。ただし、電流フィードバック制御部30では、実電流 i_d , i_q を指令電流 i_{dr} , i_{qr} にフィードバック制御するため、正常な補正值 θ_{err} を利用できないことに起因して指令電流 i_{dr} , i_{qr} と実電流 i_d , i_q との間に定常的なずれが生じたとしても、制御そのものの破綻を招くことはない。

【0059】

図4に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU14によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。

【0060】

この一連の処理では、まずステップS10において、上記不揮発性メモリ14bから補正值 θ_{err} を読み出す。続くステップS12においては、読み出された補正值 θ_{err} の異常の有無を判断する。ここでは、補正值 θ_{err} が、想定される最小値 L 未満であるか想定される最大値 H を上回る場合に異常がある旨判断する。また、不揮発性メモリ14bに記憶された補正值 θ_{err} には、誤り検出符号が付与されているため、この符号に基づき補正值 θ_{err} の異常の有無を判断する。

【0061】

ステップS12において肯定判断される場合、ステップS14において、補正值 θ_{err} に異常がある旨の仮異常カウンタCNTをインクリメントする。続くステップS16においては、仮異常カウンタCNTが閾値 C_{th} (>1)以上であるか否かを判断する。この処理は、正常な補正值 θ_{err} を利用した制御ができなくなる異常を高精度に判断するためのものである。そして、ステップS16において肯定判断される場合、正常な補正值 θ_{err} を利用した制御を行うことができない異常が生じたと判断し、ステップS18において補正值

10

20

30

40

50

をゼロとする。これにより、以降の制御では、回転角度センサ 15 によって検出される回転角度 が直接用いられることとなる。

【 0 0 6 2 】

続くステップ S 2 0 においては、電流フィードバック制御部 3 0 によってモータジェネレータ 1 0 のトルクを制御する場合の変調率が切替閾値 M_{th} よりも大きいか否かを判断する。この処理は、電流フィードバック制御部 3 0 による制御に切り替えるタイミングを判断するためのものである。ここで切替閾値 M_{th} は、電流フィードバック制御部 3 0 による制御性の低下が生じないと想定される変調率の上限値に設定される。詳しくは、インバータ I V の出力電圧の正弦波成分の変動量がインバータ I V の入力電圧となる時の変調率 (「 1 . 1 5 」) に設定される。また、電流フィードバック制御部 3 0 によってモータジェネレータ 1 0 のトルクを制御する場合の変調率は、簡易には現在のインバータ I V の出力電圧ベクトルのノルムと電源電圧 V D C とに基づき算出すればよい。より正確には、モータジェネレータ 1 0 を現在流れている電流に基づき、これを流す上で電流フィードバック制御部 3 0 による制御において要求される変調率を算出してもよい。

10

【 0 0 6 3 】

上記ステップ S 2 0 において否定判断される場合、ステップ S 2 2 において要求トルク T_r を低減し、トルクフィードバック制御部 2 0 による制御を継続し、ステップ S 2 0 に戻る。一方、ステップ S 2 0 において肯定判断される場合、ステップ S 2 4 において電流フィードバック制御部 3 0 による制御に切り替える。なお、この際、変調率が切替閾値 M_{th} となる場合には、指令電流 i_{dr} , i_{qr} を最小電流最大トルク制御を行うためのものから弱め界磁制御を行うものに変更することが望ましい。これにより、最小電流最大トルク制御のみを行う場合と比較して、電流フィードバック制御部 3 0 による制御の利用領域を拡大することができる。ただし、トルクフィードバック制御部 2 0 においては最小電流最大トルク制御がなされている場合、上記ステップ S 2 0 において、トルクフィードバック制御部 2 0 による制御において流れる電流を電流フィードバック制御部 3 0 によって流すために要求される変調率を算出することは適切ではない。このため、要求トルク T_r とするうえで電流フィードバック制御部 3 0 によって要求される変調率を算出することが望ましい。

20

【 0 0 6 4 】

一方、ステップ S 1 2 において否定判断される場合には、ステップ S 2 6 において、仮異常カウンタ C N T をリセットする。なお、上記ステップ S 2 4 , S 2 6 の処理が完了する場合や、ステップ S 1 6 において否定判断される場合には、この一連の処理を一旦終了する。

30

【 0 0 6 5 】

ちなみに、ステップ S 2 0 において否定判断される場合、ステップ S 2 2 において要求トルク T_r の低減処理がなされつつトルクフィードバック制御部 2 0 による制御が継続されるため、要求トルク T_r を維持したままの場合と比較して制御破綻は生じにくくなっていると考えられる。

【 0 0 6 6 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

40

【 0 0 6 7 】

(1) 正常な補正值 を利用した制御を行えない場合、トルクフィードバック制御部 2 0 を用いた要求トルク T_r への制御から電流フィードバック制御部 3 0 を用いた要求トルク T_r への制御に切り替えた。これにより、フェールセーフ処理を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

(2) インバータ I V の変調率が切替閾値 M_{th} 以下となることで電流フィードバック制御部 3 0 による制御へと切り替えた。これにより、切り替え後における電流フィードバック制御部 3 0 による制御の制御性の低下を好適に回避することができる。

【 0 0 6 9 】

(3) 正常な補正值 を利用した制御を行えない場合、要求トルク T_r を低減する

50

ことで変調率を低下させた。これにより、電流フィードバック制御部 30 による制御への切り替えを促進することができる。

【0070】

(4) 電流フィードバック制御部 30 において弱め界磁制御を行う場合、電流フィードバック制御部 30 による制御を行う領域を拡大することができる。

【0071】

(5) 仮異常カウンタ CNT の値が閾値 Cth (> 1) となることで、正常な補正値を利用した制御ができなくなる異常が生じたと判断した。これにより、異常判断精度を向上させることができる。

< 第 2 の実施形態 >

以下、第 2 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【0072】

図 5 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU14 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。なお、図 5 において、先の図 4 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

【0073】

この一連の処理では、ステップ S20 において否定判断される場合、ステップ S22a において、インバータ IV の上側アームのスイッチング素子 Swp の全て、または下側アームのスイッチング素子 Swn の全てをオン状態とするアーム短絡処理を行う。これは、モータジェネレータ 10 の回転速度を低下させ、誘起電圧を減少させることで、電流フィードバック制御部 30 による制御によって要求される変調率を小さくするためのものである。ちなみに、アーム短絡処理によれば、モータジェネレータ 10 の全相が短絡されるため、モータジェネレータ 10 には負荷トルクが働き、モータジェネレータ 10 の運動エネルギーがインバータ IV の熱エネルギーとして消費されるため、モータジェネレータ 10 の回転速度が低下する。

【0074】

なお、ステップ S20 における電流フィードバック制御部 30 による制御による変調率が切替閾値 Mth よりも大きいかな否かの判断は、たとえば電気角速度 および要求トルク Tr に基づき行うことができる。すなわち、電気角速度 に応じてモータジェネレータ 10 に生じる誘起電圧を把握可能であり、また、要求トルク Tr に応じてモータジェネレータ 10 に必要な電流が把握可能であるため、これらに基づき上記変調率を算出することができる。

< 第 3 の実施形態 >

以下、第 3 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【0075】

図 6 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU14 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。なお、図 6 において、先の図 4 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

【0076】

この一連の処理では、ステップ S20 において否定判断される場合、ステップ S22b において、トルクフィードバック制御部 20 における操作信号生成部 25 の入力パラメータとしての位相 を、位相設定部 23 によって設定される値に代えて、固定値とすることで、要求トルク Tr への開ループ制御を行う。これは、位相設定部 23 によって上述した位相操作許容範囲から外れた状態で位相 が操作される事態を回避するためのものである。なお、この際、要求トルク Tr についてはこれを低減していくことが望ましい。

< 第 4 の実施形態 >

以下、第 4 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

本実施形態では、フェールセーフ処理として、電流フィードバック制御部 30 による制御を行う代わりに、トルクフィードバック制御部 20 による制御において位相 の操作を制限する。

【 0 0 7 8 】

図 7 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、M G E C U 1 4 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。なお、図 7 において、先の図 4 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

【 0 0 7 9 】

この一連の処理では、ステップ S 1 8 の処理が完了する場合、ステップ S 3 0 において力行制御中であるか否かを判断する。この処理は、先の図 2 に示したりミッタ 2 4 の進角側のガード値を遅角補正すべきか、遅角側のガード値を進角補正すべきかを判断するためのものである。すなわち、先の図 3 に示したように、力行時（トルクが正）においては、進角側にガード値が存在し、回生時（トルクが負）においては、遅角側にガード値が存在する。このため、ステップ S 3 0 において肯定判断される場合、ステップ S 3 2 において、進角側ガード値を遅角補正し、ステップ S 3 0 において否定判断される場合、ステップ S 3 4 において、遅角側ガード値を進角補正する。なお、この際の補正量は、補正值の進角側の想定最大値や、遅角側の想定最大値以上とすることが望ましい。

【 0 0 8 0 】

以上説明した本実施形態によれば、先の第 1 の実施形態の上記（ 1 ）の効果に加えて、さらに以下の効果が得られるようになる。

【 0 0 8 1 】

（ 6 ）正常な補正值 を利用した制御が行なえなくなる異常が生じる場合、トルクフィードバック制御部 20 による制御に際して位相操作許容範囲を縮小させた。これにより、インバータ I V の出力電圧ベクトルの実際の位相が、トルクと位相との 1 対 1 の対応関係を有する領域から外れる事態を好適に回避することができる。

< 第 5 の実施形態 >

以下、第 5 の実施形態について、先の第 4 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 8 2 】

本実施形態では、フェールセーフ処理として、電流フィードバック制御部 30 による制御を行う代わりに、トルクフィードバック制御部 20 による制御において位相 の操作を制限する。

【 0 0 8 3 】

図 8 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、M G E C U 1 4 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。なお、図 8 において、先の図 4 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

【 0 0 8 4 】

この一連の処理では、ステップ S 1 8 の処理が完了する場合、ステップ S 3 6 において、モータジェネレータ 1 0 が稼動中であるか否かを判断する。そして、稼動中であると判断される場合、ステップ S 3 8 において、位相操作許容範囲を縮小する。続くステップ S 4 0 においては、要求トルク T_r をゼロとする。この処理は、位相操作許容範囲を縮小した場合であってもトルクの制御性を好適に維持可能とする設定である。すなわち、要求トルク T_r が小さい場合は大きい場合と比較して、適切な位相が、力行においては遅角側にずれて且つ、回生においては進角側にずれる。このため、要求トルク T_r に制御する上で要求される位相が位相操作許容範囲の境界に近づくことを好適に抑制することができ、ひいては縮小された位相操作許容範囲内においてトルクを適切に制御することができる。

【 0 0 8 5 】

以上説明した本実施形態によれば、先の第 4 の実施形態の上記（ 6 ）の効果に加えて、さらに以下の効果が得られるようになる。

【 0 0 8 6 】

(7) 位相 の操作制限に加えて、要求トルク T_r を制限した。これにより、位相の操作が制限される場合であっても、要求トルクへの制御を適切に行なうことが容易となる。

< 第 6 の実施形態 >

以下、第 6 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 8 7 】

図 9 に、本実施形態にかかる操作信号 $g^* \#$ の生成に関するブロック図を示す。なお、図 9 において、先の図 2 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一の符号を付している。

10

【 0 0 8 8 】

図示されるように、本実施形態では、操作信号生成部 25 を変更した。すなわち、操作信号生成部 25 は、ノルム V_n 、位相 および回転角度 (θ) に応じて設定されるモータジェネレータ 10 の固定子に対する印加電圧の指令値 (指令電圧 V_{ur} , V_{vr} , V_{wr}) を設定し、インバータ I_V の出力電圧が指令電圧 $V^* r$ ($* = u, v, w$) となるように PWM 処理を行う。ここで、指令電圧 $V^* r$ ($* = u, v, w$) は、その振幅 V_a がノルム V_n によって定まり、位相が位相 θ に応じて定まり、回転角度 θ と同一の周期性を有する正弦波である。

【 0 0 8 9 】

この場合であっても、トルクフィードバック制御の操作量として位相 θ が操作されるために、トルクと位相との間に 1 対 1 の対応関係が存在しなくなる場合には、制御の破綻を生じる懸念がある。このため、電流フィードバック制御部 30 を用いたフェールセーフ処理を行うことが有効である。

20

< 第 7 の実施形態 >

以下、第 7 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 9 0 】

図 10 に、本実施形態にかかる操作信号 $g^* \#$ の生成に関するブロック図を示す。なお、図 10 において、先の図 2 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一の符号を付している。

30

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、変調率が大きい領域においてトルクフィードバック制御部 20 による矩形波制御を行なって且つ、変調率の小さい領域において電流フィードバック制御部 30 による制御を行う。ただし、矩形波制御時において正常な補正值 I_{ref} を利用した制御ができなくなる異常が生じる場合には、フェールセーフ処理として、電流フィードバック制御部 30 を用いた制御を行う。

【 0 0 9 2 】

図 11 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU14 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。なお、図 11 において、先の図 4 に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

40

【 0 0 9 3 】

この一連の処理では、まずステップ S50 において、矩形波制御がなされているか否かを判断する。そして、ステップ S50 において肯定判断される場合、先の図 5 に示したものと同様、ステップ S10 ~ S26 にかかる処理を行う。

< 第 8 の実施形態 >

以下、第 8 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 9 4 】

図 12 に、本実施形態にかかる MGECU14 の構成を示す。本実施形態では、不揮発

50

性メモリ 14 b 内の補正值 を CPU 14 a 内の内部に搭載される RAM 14 c に書き込み、RAM 14 c 内に記憶された補正值 を利用する。

【0095】

図 13 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU 14 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。

【0096】

この一連の処理では、まずステップ S60 において、読み出し完了フラグ F が「1」であるか否かを判断する。ここで、読み出し完了フラグ F は、不揮発性メモリ 14 b から補正值 を読み出し RAM 14 c 内に記憶する処理が完了した場合に「1」とされるものである。なお、読み出し完了フラグ F は、RAM 14 c に記憶されており、MGECU 14 がオフされることで、無効とされる（「0」とされる）。

10

【0097】

ステップ S60 において否定判断される場合、ステップ S62 において、不揮発性メモリ 14 b に異常があるか否かを判断する。ここでは、たとえば CPU 14 a と不揮発性メモリ 14 b とを接続する通信線の異常等に起因して補正值 を読み出すことができない場合や、読み出された補正值 について、先の図 4 のステップ S12 と同様の処理によって肯定判断される場合に、異常である旨判断する。

【0098】

上記ステップ S62 において否定判断される場合、ステップ S64 において、CPU 14 a に内蔵される RAM 14 c に補正值 を書き込むとともに読み出し完了フラグ F を「1」とする。一方、ステップ S62 において肯定判断される場合、ステップ S66 において、トルクフィードバック制御部 20 による制御を禁止する。

20

【0099】

一方、上記ステップ S60 において肯定判断される場合、ステップ S68 において、CPU 14 a 内蔵の RAM 14 c から補正值 を読み出す。続くステップ S70 では、先の図 4 のステップ S12 と同様の処理によって、RAM 14 c から読み出される補正值 の異常の有無を判断する。そして、ステップ S70 において異常がある旨判断される場合、ステップ S72 において読み出し完了フラグ F を「0」とする。

【0100】

なお、上記ステップ S64、S66、S72 の処理が完了する場合や、ステップ S70 において否定判断される場合には、この一連の処理を一旦終了する。

30

< 第 9 の実施形態 >

以下、第 9 の実施形態について、先の第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【0101】

図 14 に、本実施形態にかかる MGECU 14 および HVECUCU 16 の構成を示す。本実施形態では、HVECUCU 16 内の不揮発性メモリ 16 b に補正值 を記憶する。そして、HVECUCU 16 では、不揮発性メモリ 16 b から読み出された補正值 を CPU 16 a 内の RAM 16 c に一旦記憶した後、CAN 通信によって MGECU 14 に送信する。MGECU 14 では、受信した補正值 を利用する。

40

【0102】

図 15 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、MGECU 14 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。

【0103】

この一連の処理では、まずステップ S80 において、CAN 通信によって HVECUCU 16 から補正值 を受信する処理を行う。続くステップ S82 においては、正常な補正值 を利用した制御ができない異常が生じたか否かを判断する。ここでは、補正值 を想定される最小値 L や想定される最大値 H と比較する処理や誤り検出符号を用いた処理に加えて、以下の異常の有無を判断する処理を行う。

(a) CAN 通信自体の異常：ここでは、周知の手法による CAN 通信自体の異常の有無

50

の判断を行う。

(b) H V E C U 1 6 内における補正值 の記憶異常：ここでは、H V E C U 1 6 内の C P U 1 6 a において、不揮発性メモリ 1 6 b から R A M 1 6 c に読み出された補正值 の異常の有無を判断する。これは、想定される最大値 H や想定される最小値 L との比較や、誤り検出符号を用いて行うことができる。

【 0 1 0 4 】

ステップ S 8 2 において肯定判断される場合、ステップ S 8 4 において、トルクフィードバック制御部 2 0 による制御を禁止し、電流フィードバック制御部 3 0 による制御を行う。なお、電流フィードバック制御部 3 0 による制御への切替に際しては、先の第 1 ~ 第 3 の実施形態に例示した処理を行なってもよい。

10

< 第 1 0 の実施形態 >

以下、第 1 0 の実施形態について、先の第 9 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【 0 1 0 5 】

図 1 6 に、本実施形態にかかる M G E C U 1 4 および H V E C U 1 6 の構成を示す。本実施形態では、H V E C U 1 6 から C A N 通信によって M G E C U 1 4 に送信された補正值 を C P U 1 4 a 内の R A M 1 4 c に記憶し制御に利用する。

【 0 1 0 6 】

図 1 7 に、本実施形態にかかるフェールセーフ処理の手順を示す。この処理は、M G E C U 1 4 によって、たとえば所定周期で繰り返し実行される。

20

【 0 1 0 7 】

この一連の処理では、まずステップ S 9 0 において、受信完了フラグ F が「 1 」であるか否かを判断する。受信完了フラグ F は、H V E C U 1 6 から補正值 を受信し C P U 1 4 a 内の R A M 1 4 c に記憶する処理が完了することで「 1 」とされる。なお、受信完了フラグ F は、R A M 1 4 c に記憶されており、M G E C U 1 4 がオフされることで、その値が無効とされる(「 0 」とされる)。ステップ S 9 0 において否定判断される場合、ステップ S 9 2 において補正值 の受信処理を行うとともに受信完了フラグ F を「 1 」とする。

【 0 1 0 8 】

続くステップ S 9 4 において、正常な補正值 を利用した制御ができない異常が生じたか否かを判断する。ここでの処理は、基本的には、先の図 1 5 のステップ S 8 2 に示したものと同様である。ただし、C A N 通信自体の異常の有無の判断として、所定時間内に補正值 を複数回受信して、受信した前回値と今回値との不一致に基づき異常である旨判断する手法を併せ用いる。

30

【 0 1 0 9 】

ステップ S 9 4 において否定判断される場合、ステップ S 9 6 において、C P U 1 4 a に内蔵される R A M 1 4 c に補正值 を書き込む。一方、ステップ S 9 4 において肯定判断される場合、ステップ S 9 8 において、トルクフィードバック制御部 2 0 による制御を禁止し、電流フィードバック制御部 3 0 による制御を行う。なお、電流フィードバック制御部 3 0 による制御への切替に際しては、先の第 1 ~ 第 3 の実施形態に例示した処理を行なってもよい。

40

【 0 1 1 0 】

一方、上記ステップ S 9 0 において肯定判断される場合、ステップ S 1 0 0 において、C P U 1 4 a 内蔵の R A M 1 4 c から補正值 を読み出す。続くステップ S 1 0 2 では、先の図 4 のステップ S 1 2 と同様の処理によって、R A M 1 4 c から読み出される補正值 の異常の有無を判断する。そして、ステップ S 1 0 2 において異常がある旨判断される場合、ステップ S 1 0 4 において読み出し完了フラグ F を「 0 」とする。

【 0 1 1 1 】

なお、上記ステップ S 9 6 , S 9 8 , S 1 0 4 の処理が完了する場合や、ステップ S 1 0 2 において否定判断される場合には、この一連の処理を一旦終了する。

50

<その他の実施形態>

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

【0112】

「制限手段について」

上記第4の実施形態において、位相操作許容範囲の縮小処理を行うに際して力行、回生の判断を行なうことなく、進角側ガード値の遅角補正と遅角側ガード値の進角補正との双方を行なってもよい。

【0113】

上記第5の実施形態において、要求トルク T_r の絶対値をゼロよりも大きい規定値以下に制限してもよい。

10

【0114】

「トルクフィードバック制御手段について」

ノルム設定手段としては、要求トルク T_r および電気角速度 ω とノルム V_n との関係を定めたマップを備えるものに限らない。たとえば要求トルク T_r に応じた指令電流（たとえば指令電流設定部31によって設定される指令電流）に基づき、電圧方程式によって電圧のベクトルノルムを算出するものであってもよい。

【0115】

出力電圧のベクトルノルムを開ループ制御によって操作するものにも限らない。たとえば、d軸電流を指令電流 i_{dr} にフィードバック制御するための操作量によってノルム設定部21によって設定されるノルムを補正するものであってもよい。なお、この際の指令電流 i_{dr} は、要求トルク T_r および電気角速度 ω に応じてノルムを定める際に想定する電流と同一の電流とする。すなわち、たとえばノルム設定部21において最小電流最大トルク制御を想定する場合、指令電流 i_{dr} についても最小電流最大トルク制御を想定する。

20

【0116】

ノルム設定手段において想定する制御としては、最小電流最大トルク制御に限らず、たとえば最大効率制御であってもよい。

【0117】

「変調率低下制御手段について」

上記第1の実施形態において、トルクフィードバック制御のための操作量としての位相を、上記第4の実施形態の要領で制限してもよい。

30

【0118】

変調率低下制御手段としては、上記各実施形態において例示したものに限らない。たとえば、電流フィードバック制御部30による制御への移行に際して、瞬時電流値制御を行なって且つ、この際の電流の指令値を、異常が生じる直前の要求トルク T_r よりも小さいトルクに応じたものとするなどしてもよい。

【0119】

「電流フィードバック制御手段について」

電流フィードバック制御手段としては、上記実施形態において例示したものに限らない。たとえば、指令電圧 v_{dr} 、 v_{qr} の算出に際して非干渉制御部34によるフィードフォワード操作量を加味しなくてもよい。また、フィードバック制御器としては、比例制御器および積分制御器からなるものに限らず、比例制御器、積分制御器および微分制御器からなるものや、積分制御器からなるものであってもよい。

40

【0120】

また、指令電流設定部31としては、変調率が高くなることで弱め界磁制御を行うものに限らない。

【0121】

電流フィードバック制御手段としては、指令電圧を操作量とするものにも限らない。たとえば瞬時電流値制御であってもよい。

【0122】

50

「推定手段について」

推定手段としては、電流センサ 16, 17, 18 による電流の検出値を用いてトルクを推定するものに限らない。たとえば、上記特許文献 1 の数式 (c 4) に例示されるように、インバータ I V の出力電圧の位相およびベクトルノルムと、モータジェネレータ 10 の電気角速度 とに基づきトルクを推定するものであってもよい。ここでインバータ I V の出力電圧のベクトルノルムは、たとえばインバータ I V の入力電圧と変調率とに基づき算出すればよい。さらに、モータジェネレータ 10 を流れる電流を、インバータ I V の出力電圧や電気角速度に基づき推定することでトルクを推定するものであってもよい。

【 0 1 2 3 】

「使用不可異常の判断精度向上手法について」

10

仮異常が連続的に検出される回数が規定の複数回となることで使用不可異常である旨判断するものに限らず、たとえば一度正常と判断されると、仮異常回数をリセットすることなく 1 だけ減ずるものであってもよい。この場合であっても、複数回の仮異常の有無の判断後におけるカウンタ値に基づき使用不可異常が生じているか否かを判断することで、1 度の仮異常の有無の判断のみを行う場合と比較して、その判断精度を向上させることが可能となる。

【 0 1 2 4 】

「交流電圧印加回路について」

交流電圧印加回路としては、インバータ I V に限らない。たとえば特願 2008 - 30825 号に記載されているものであってもよい。

20

【 0 1 2 5 】

「そのほか」

・同期機としては、I P M S M に限らず、例えば表面磁石同期機 (S P M S M) や巻線界磁式同期機等であってもよい。

【 0 1 2 6 】

・回転機としては、車載主機となるものに限らない。例えばパワーステアリングに搭載される回転機等であってもよい。

【 0 1 2 7 】

・インバータ I V の入力端子に接続される直流電源としては、コンバータ C V に限らない。たとえば高電圧バッテリー 12 とすることで、コンバータ C V を備えることなくインバータ I V の入力端子に高電圧バッテリー 12 を直接接続してもよい。

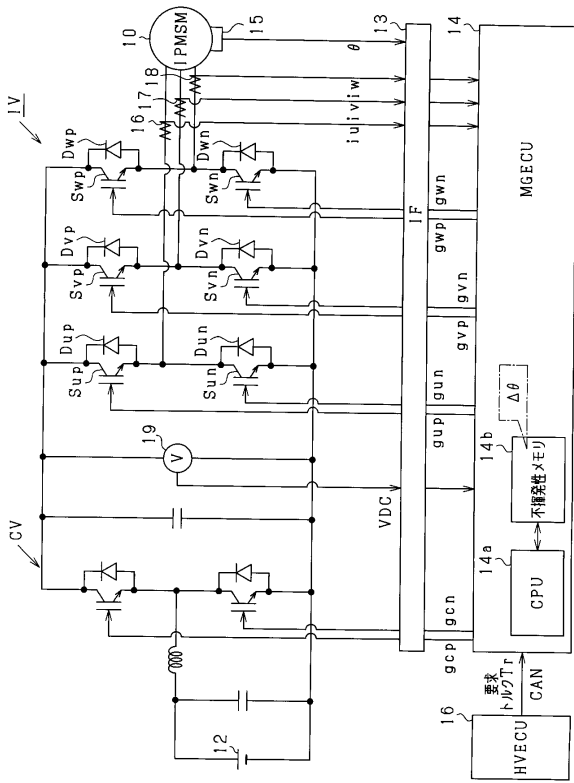
30

【符号の説明】

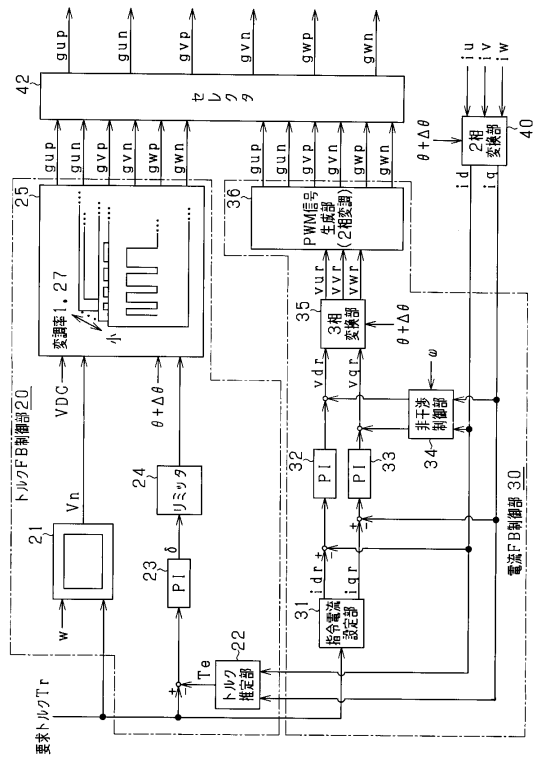
【 0 1 2 8 】

20 ... トルクフィードバック制御部、21 ... ノルム設定部、22 ... トルク推定部、23 ... 位相設定部、24 ... リミッタ、25 ... 操作信号生成部、30 ... 電流フィードバック制御部。

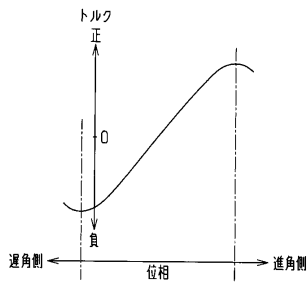
【図1】



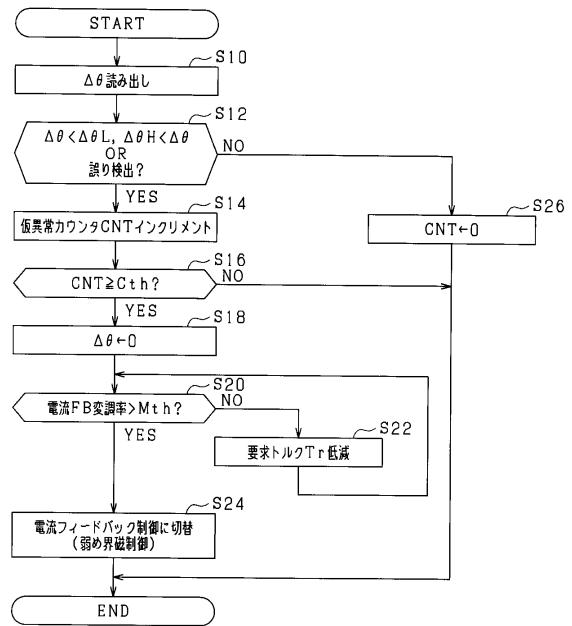
【図2】



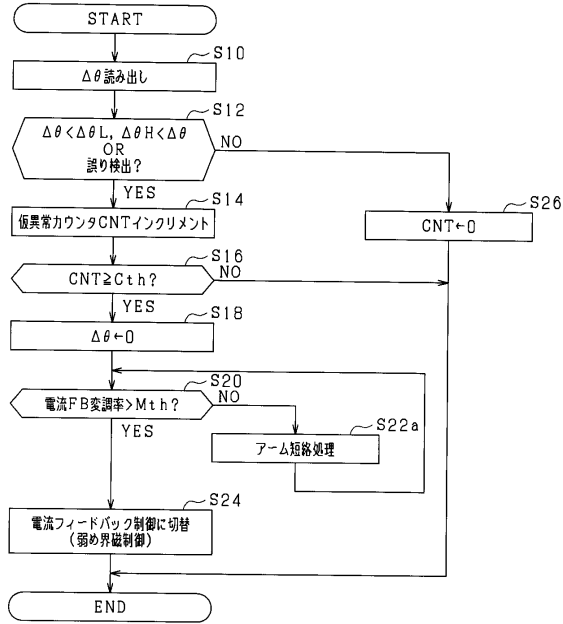
【図3】



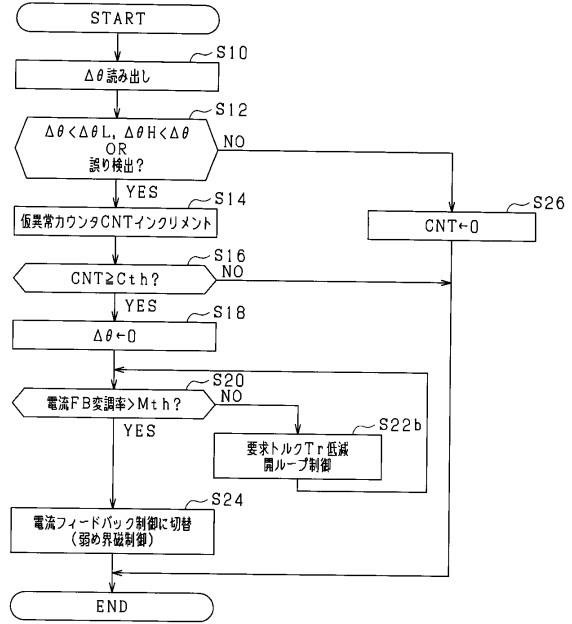
【図4】



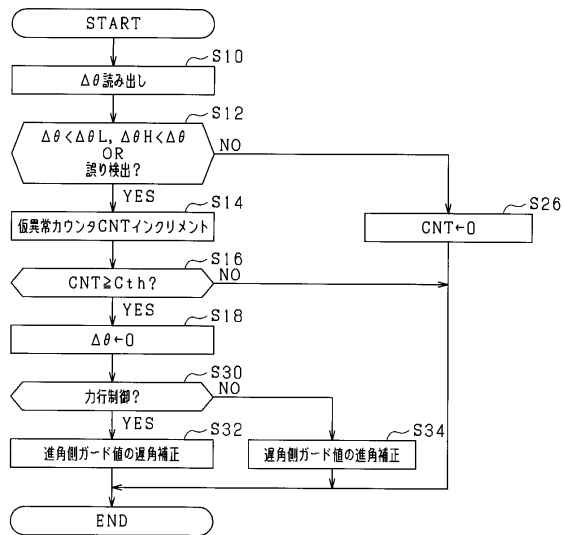
【図5】



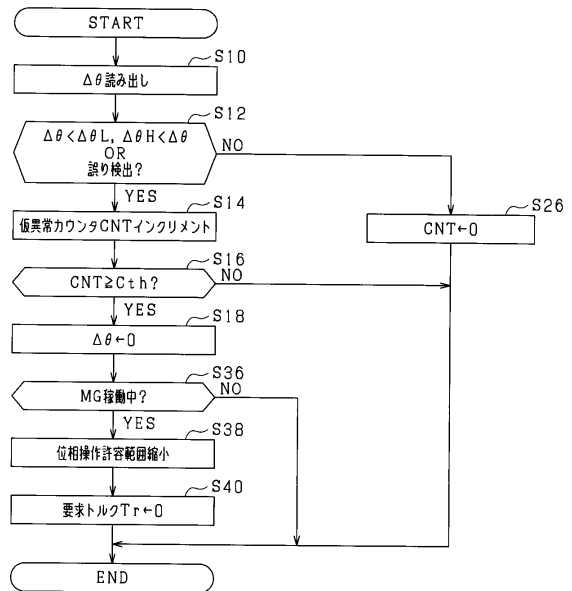
【図6】



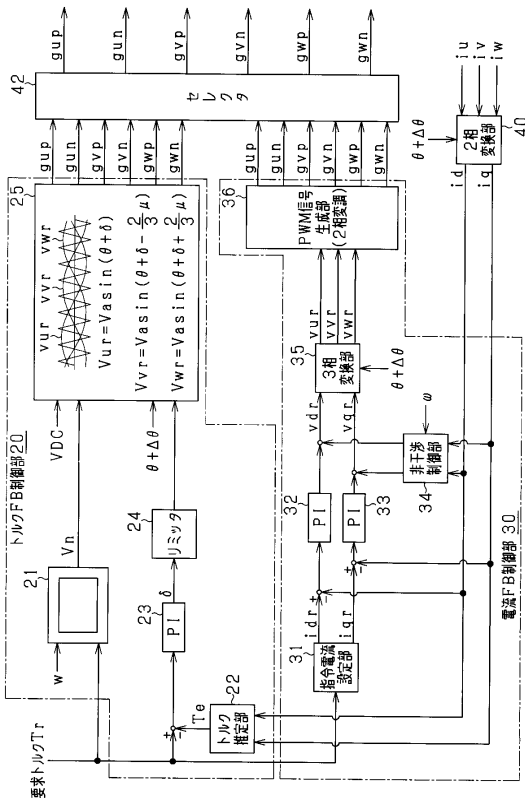
【図7】



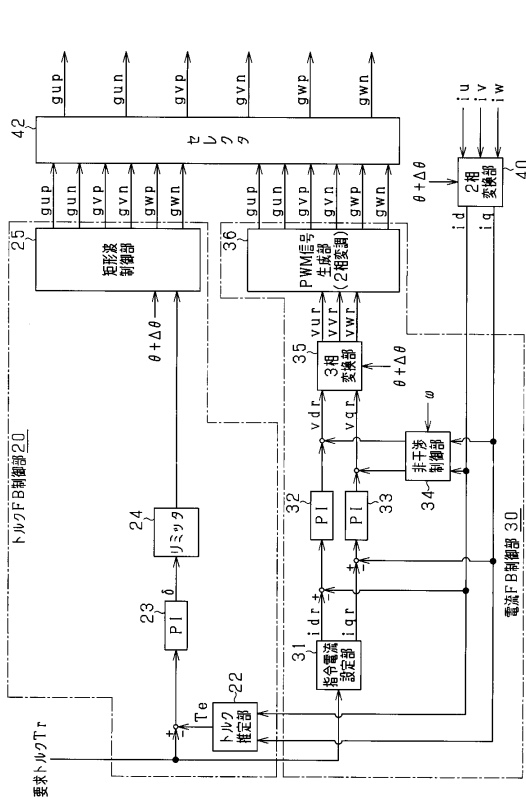
【図8】



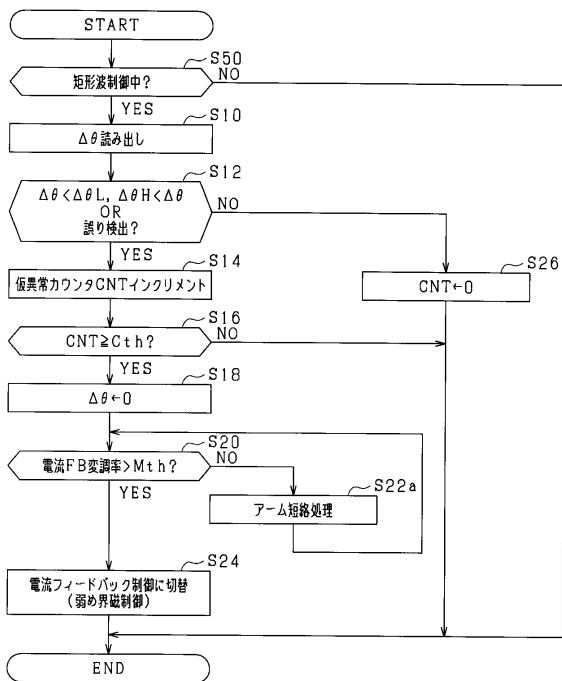
【図9】



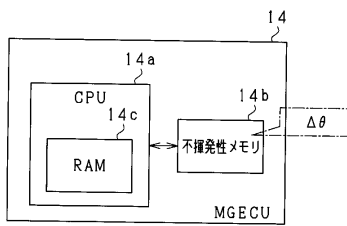
【図10】



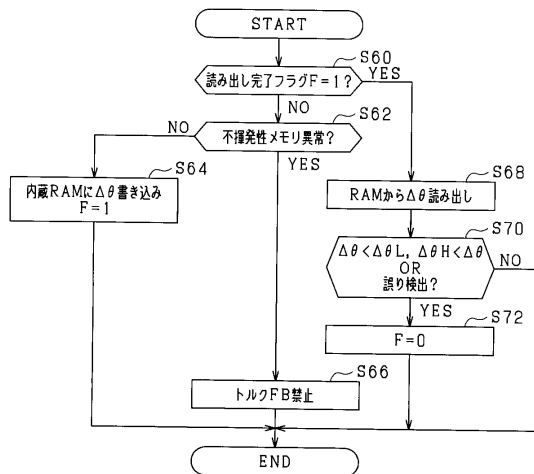
【図11】



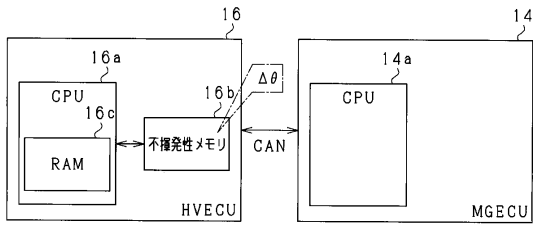
【図12】



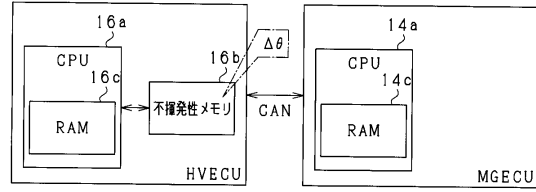
【図13】



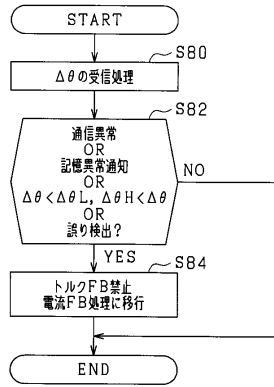
【図14】



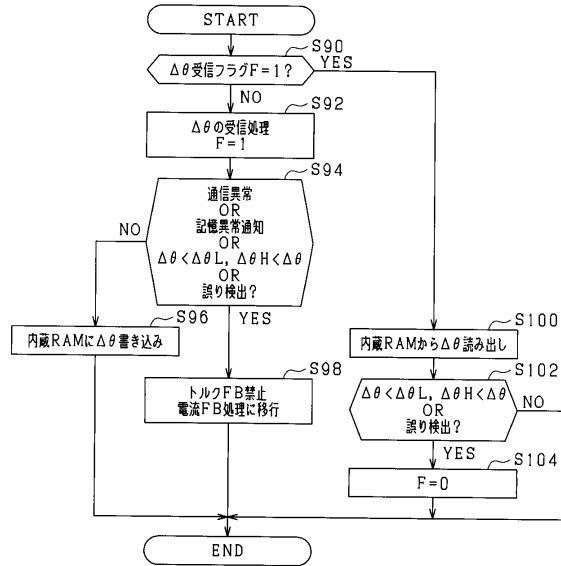
【図16】



【図15】



【図17】



フロントページの続き

- (72)発明者 川后 友裕
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 稲村 洋
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 西端 幸一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 森山 拓哉

- (56)参考文献 特開2007-336707(JP,A)
特開2009-232531(JP,A)
特開2008-253000(JP,A)
特開2000-217388(JP,A)
特開2005-033932(JP,A)
特開2010-119268(JP,A)
特開2000-050689(JP,A)
特開2002-359996(JP,A)
特開2005-098738(JP,A)
特開2000-262081(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/00 - 6/24
H02P 21/00 - 27/18