

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6015708号
(P6015708)

(45) 発行日 平成28年10月26日 (2016.10.26)

(24) 登録日 平成28年10月7日 (2016.10.7)

(51) Int.Cl.	F I
H O 2 P 21/12 (2016.01)	H O 2 P 21/12
G O 1 D 5/20 (2006.01)	G O 1 D 5/20 1 1 O Z

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-99196 (P2014-99196)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成26年5月13日 (2014.5.13)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2015-216799 (P2015-216799A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成27年12月3日 (2015.12.3)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成27年11月27日 (2015.11.27)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(72) 発明者	中井 康裕
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		審査官	尾家 英樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3相回転機の電流制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3相回転機(11)の各相に流れる電流を検出する電流センサ(41, 42)と、
前記3相回転機の回転子の回転角度を検出する回転角度センサ(45)と、
前記電流センサによる前記電流の検出タイミングと前記回転角度センサによる前記回転
角度の検出タイミングとを同期させる検出同期部(31A, 31B)と、

前記電流センサにより検出された前記電流と前記回転角度センサにより検出された前記
回転角度とに基づいて、前記3相回転機に流れる3相電流を回転座標系の2相電流に変換
する2相変換部(31A, 31B, 32, 33)と、

前記2相変換部により変換された前記2相電流を、所定の通信規格により送信する送信
部(34)と、

前記所定の通信規格により前記送信部と通信を行い、前記送信部により送信された前記
2相電流を受信して、前記2相電流に基づいて前記3相回転機の各相に流れる電流を制御
する制御部(13)と、

を備えることを特徴とする3相回転機の電流制御システム(10)。

【請求項2】

前記回転角度センサは、励磁信号、及び互いに位相が90°ずれた検出信号を出力する
レゾルバ(45)であり、

前記2相変換部は、前記レゾルバにより出力される前記励磁信号、及び前記検出信号に
基づいて前記回転角度を算出するレゾルバデジタル変換部(32)を備える請求項1に記

10

20

載の 3 相回転機の電流制御システム。

【請求項 3】

前記送信部は更に、前記回転角度センサにより検出された前記回転角度を、所定の通信規格により前記制御部へ送信する請求項 1 又は 2 に記載の 3 相回転機の電流制御システム。

【請求項 4】

前記検出同期部、前記 2 相変換部、及び前記送信部は、前記 3 相回転機の各相に流れる電流を制御するインバータ (12) の筐体 (12a) 内に収納されており、

前記送信部は、前記筐体の外部に設けられた制御部へ、前記 2 相電流を送信する請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の 3 相回転機の電流制御システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3 相回転機の各相に流れる電流を制御するシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、3 相モータの各相に流れる電流を制御するインバータにおいて、各相に流れる電流を電流センサにより検出し、モータの回転子の回転角度を回転角度センサにより検出するものがある (特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013-118746

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、インバータのスイッチング回路を制御する制御部は、インバータの筐体内に収納されていることが多い。この場合、電流センサの出力電圧及び回転角度センサの出力が制御部に入力され、制御部により、3 相電流が回転座標系の 2 相電流に変換される。そして、この 2 相電流を目標値に一致させるように、制御部によりスイッチング回路が制御される。

30

【0005】

本願発明者は、インバータの筐体の外部に設けられた制御部により、インバータのスイッチング回路を制御することを考案した。この場合、制御部がインバータの筐体内に収納されている構成と比較して、電流センサと制御部との距離が長くなる。このため、電流センサの出力電圧にノイズが乗り易くなることを考慮して、電流センサの出力電圧を所定の通信規格により制御部へ送信する必要がある。しかしながら、所定の通信規格により送信された電流値を制御部が受信するタイミングと、回転角度センサの出力を制御部が入力するタイミングとにずれが生じた場合には、これらの値に基づいて算出される回転座標系の 2 相電流が不適切な値となるおそれがある。

40

【0006】

本発明は、こうした課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、制御に用いられる電流値を所定の通信規格により制御部へ送信するシステムにおいて、3 相電流を変換した回転座標系の 2 相電流を正確に算出することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0008】

本発明は、3 相回転機の電流制御システムであって、3 相回転機の各相に流れる電流を検出する電流センサと、前記 3 相回転機の回転子の回転角度を検出する回転角度センサと

50

、前記電流センサによる前記電流の検出タイミングと前記回転角度センサによる前記回転角度の検出タイミングとを同期させる検出同期部と、前記電流センサにより検出された前記電流と前記回転角度センサにより検出された前記回転角度とに基づいて、前記３相回転機に流れる３相電流を回転座標系の２相電流に変換する２相変換部と、前記２相変換部により変換された前記２相電流を、所定の通信規格により送信する送信部と、前記所定の通信規格により前記送信部と通信を行い、前記送信部により送信された前記２相電流を受信して、前記２相電流に基づいて前記３相回転機の各相に流れる電流を制御する制御部と、を備えることを特徴とする。

【０００９】

上記構成によれば、３相回転機の各相に流れる電流が電流センサにより検出され、３相回転機の回転子の回転角度が回転角度センサにより検出される。ここで、電流センサによる電流の検出タイミングと、回転角度センサによる回転角度の検出タイミングとが同期せられる。そして、同期して検出された電流及び回転角度に基づいて、３相回転機に流れる３相電流が回転座標系の２相電流に変換される。このため、回転座標系の２相電流を正確に算出することができる。

【００１０】

上記変換された２相電流が、送信部によって所定の通信規格により送信される。所定の通信規格により送信部と制御部とで通信が行われ、送信部によって送信された２相電流が制御部により受信される。そして、制御部により、この２相電流に基づいて、３相回転機の各相に流れる電流が制御される。したがって、電流センサの出力電圧を所定の通信規格により制御部へ送信する構成であっても、３相回転機の各相に流れる電流を適切に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】一実施形態のモータの制御システムを示す模式図

【図２】比較例のモータの制御システムを示す模式図

【図３】比較例のレゾルバ角検出及び電流検出のタイミングを示すタイミングチャート

【図４】相電流及びレゾルバ角を示すタイムチャート

【図５】電流ベクトルを示す模式図

【図６】相電流検出ＩＣを示すブロック図

【図７】一実施形態のレゾルバ角検出及び電流検出のタイミングを示すタイミングチャート

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、一実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態は、電気自動車等に搭載される主機としてのモータを制御する制御システムとして具体化している。

【００１３】

まず、図１に基づいて、モータ１１の制御システム１０の概略構成を説明する。制御システム１０（電流制御システム）は、モータ１１、レゾルバ４５、インバータ１２、制御部１３（ＭＧ　ＥＣＵ）等を備えている。

【００１４】

モータ１１（３相回転機）は、車載主機であり、その回転子が自動車の駆動輪に機械的に連結されている。モータ１１は、３相の永久磁石同期モータである。モータ１１は、インバータ１２を介して、図示しない高電圧バッテリーに接続されている。

【００１５】

インバータ１２は、スイッチング回路２１、電流センサ４１、４２、相電流検出ＩＣ３０等を備えている。スイッチング回路２１、電流センサ４１、４２、及びＩＣ３０は、インバータ１２の筐体１２ａ内に収納されている。

【００１６】

スイッチング回路２１は、スイッチング素子の直列接続体を３組備える周知のブリッジ

10

20

30

40

50

回路である。各直列接続体の接続点は、モータ11のU相ケーブルCu、V相ケーブルCv、W相ケーブルCwにそれぞれ接続されている。スイッチング素子として、例えば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。スイッチング素子には、それぞれダイオードが逆並列に接続されている。U相ケーブルCu、V相ケーブルCv、W相ケーブルCwに流れる電流の総和は、理論上「0」となる。

【0017】

モータ11のV相ケーブルCv(第1相)には、V相ケーブルCvに流れる電流を検出するV相電流センサ41が取り付けられている。モータ11のW相ケーブルCw(第2相)には、W相ケーブルCwに流れる電流を検出するW相電流センサ42が取り付けられている。電流センサ41、42は、電流の大きさに応じた電圧(アナログ信号)を出力する。

10

【0018】

モータ11には、レゾルバ45が取り付けられている。レゾルバ45(回転角度センサ)は、モータ11の回転子と共に回転する励磁コイル、及び固定された2つの検出コイル等を備える周知の構成である。2つの検出コイルは、励磁コイルに印加される正弦波状の励磁信号及びモータ11の回転子の回転角度に基づいて、正弦波状に振幅が変化する互いに位相が90°ずれた検出信号Sin、Cos(アナログ信号)を出力する。

【0019】

相電流検出IC30は、入出力ポート、処理回路、通信回路等を備える集積回路である。IC30は、電流センサ41、42の出力電圧Iva、Iwa(アナログ出力)をそれぞれ入力する。また、IC30は、検出信号Sin、Cos(アナログ出力)、及び励磁信号Ref(アナログ出力)をそれぞれ入力する。

20

【0020】

IC30は、検出信号Sin、Cos、及び励磁信号Refに基づいて、モータ11の回転子の回転角度θ(デジタル信号)を算出する。また、IC30は、出力電圧Iva、Iwa、及び回転角度θに基づいて、モータ11に流れる3相電流を回転座標系の2相電流Id、Iq(デジタル信号)に変換する。そして、IC30は、2相電流Id、Iq及び回転角度θを制御部13へ送信する。

【0021】

制御部13は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を備えるマイクロコンピュータである。制御部13は、インバータ12の筐体12aの外部に設けられている。制御部13は、相電流検出IC30と所定の通信規格により通信を行い、IC30が送信するデジタル信号Id、Iq、θを受信する。そして、制御部13は、これらの2相電流Id、Iq、及び回転角度θに基づいて、スイッチング回路21の駆動を制御する。詳しくは、スイッチング信号を送信することにより、スイッチング回路21の各スイッチング素子の駆動を制御する。

30

【0022】

図2は、比較例のモータ11の制御システム10Aを示す模式図である。この制御システム10Aでは、以下の点が図1の制御システム10と相違しており、その他の点は制御システム10と同様である。

40

【0023】

相電流検出IC30Aは、入力した出力電圧Iva、Iwa(アナログ出力)に基づいて、V相電流を表すデジタル信号Ivd、及びW相電流を表すデジタル信号Iwdを制御部13Aへ送信する。制御部13Aは、相電流検出IC30Aと所定の通信規格により通信を行い、IC30Aが送信するデジタル信号Ivd、Iwdを受信する。

【0024】

また、制御部13Aは、検出信号Sin、Cos(アナログ出力)、及び励磁信号Ref(アナログ出力)をそれぞれ入力する。そして、制御部13Aは、検出信号Sin、Cos、及び励磁信号Refに基づいて、モータ11の回転子の回転角度θ(デジタル信号)を算出する。制御部13Aは、デジタル信号Ivd、Iwd(電流値)、及び回転角度

50

θ に基づいて、モータ11に流れる3相電流を回転座標系の2相電流 I_d 、 I_q （デジタル信号）に変換する。

【0025】

ここで、図3に示すように、制御部13Aは、レゾルバ45から、検出信号 S_{in} 、 Cos 、及び励磁信号 Ref を、周期 T_{a1} で入力している。周期 T_{a1} は、上記スイッチング回路21のスイッチング信号を生成する際のPWMキャリアに対して、所定のタイミング毎の間隔として設定されている。これに対して、相電流検出IC30Aは、電流センサ41、42から、出力電圧 I_{va} 、 I_{wa} を周期 T_{a1} よりも長い周期 T_{a2} で入力している。そして、相電流検出IC30Aは、所定の通信規格によりデジタル信号 I_{vd} 、 I_{wd} を制御部13Aへ送信している。なお、PWMキャリアの周期は、モータ11の駆動状態に応じて変動するため、周期 T_{a1} よりも周期 T_{a2} が短くなることもある。

10

【0026】

このため、レゾルバ45による回転角度の検出タイミングと、電流センサ41、42による電流の検出タイミングとが非同期となっている。さらに、制御部13Aが検出信号 S_{in} 、 Cos 及び励磁信号 Ref を入力するタイミングに対して、制御部13Aがデジタル信号 I_{vd} 、 I_{wd} を受信するタイミングは、通信時間の分だけ遅延している。

【0027】

上述したように、制御部13Aは、デジタル信号 I_{vd} 、 I_{wd} 、及び回転角度 θ に基づいて、モータ11に流れる3相電流を回転座標系の2相電流 I_d 、 I_q に変換する。このとき、図4に示すように、同じタイミング t_1 （同時）に検出された相電流 I_v 、 I_w （ I_u ）、及びレゾルバ角 θ を用いて、回転座標系の2相電流 I_d 、 I_q を算出する必要がある。なお、U相電流 I_u は、キルヒホッフの法則に基づき、相電流 I_v 、 I_w から算出することができる。

20

【0028】

相電流 I_v 、 I_w （ I_u ）、及びレゾルバ角 θ が同時に検出されていない場合、これらに基づいて算出される2相電流 I_d 、 I_q は、図5に示すように不適切な値となる。詳しくは、相電流 I_v 、 I_w （ I_u ）の検出タイミングとレゾルバ角 θ の検出タイミングとが同期していない場合は、 dq 電流ベクトルの位相がずれることとなる。

【0029】

そこで、本実施形態では、相電流検出IC30を図6に示す構成とすることにより、電流センサ41、42による電流の検出タイミングと、レゾルバ45による回転角度の検出タイミングとを同期させる。

30

【0030】

図6は、相電流検出IC30を示すブロック図である。IC30は、AD変換器31A、31B、レゾルバデジタル変換器32、2相電流算出部33、及び通信部34を備えている。これらは、IC30が備える上記入出力ポート、上記処理回路、上記通信回路等により実現されている。

【0031】

V相電流センサ41は、V相ケーブル C_v に流れるV相電流の大きさに応じた出力電圧 I_{va} を出力する。詳しくは、V相電流センサ41の出力電圧は、入力電流に比例して増加する。同様に、W相電流センサ42は、W相ケーブル C_w に流れる電流の大きさに応じた出力電圧 I_{wa} を出力する。

40

【0032】

AD変換器31B（変換部）は、電流センサ41、42のそれぞれの出力電圧 I_{va} 、 I_{wa} を入力し、それぞれ電流を表すデジタル信号 I_{vd} 、 I_{wd} （以下、「電流値 I_{vd} 、 I_{wd} 」と称する）に変換して出力する。

【0033】

レゾルバ45は、正弦波状に振幅が変化する互いに位相が 90° ずれた検出信号 S_{in} 、 Cos 、及び正弦波状の励磁信号 Ref を出力する。AD変換器31A（変換部）は、レゾルバ45のそれぞれの信号 S_{in} 、 Cos 、 Ref を入力し、それぞれデジタル信号

50

SIN, COS, REFに変換して出力する。

【0034】

ここで、AD変換器31Bが出力電圧Iva, Iwaを入力するタイミングと、AD変換器31Aが信号Sin, Cos, Refを入力するタイミングとは同期している。すなわち、AD変換器31BとAD変換器31Aとは、同時に検出信号の入力を行う。なお、AD変換器31B及びAD変換器31Aにより、検出同期部が構成されている。

【0035】

レゾルバデジタル変換器32（レゾルバデジタル変換部）は、余弦関数乗算器や正弦関数乗算器、ローパスフィルタ等を備える周知の構成であり、上記デジタル信号SIN, COS, REFに基づいて、モータ11の回転子の回転角度 θ を算出して出力する。

10

【0036】

2相電流算出部33は、上記電流値Ivd, Iwd、及び回転角度 θ を入力する。2相電流算出部33は、電流値Ivd, Iwd（Iwu）、及び回転角度 θ に基づいて、モータ11に流れる3相電流を回転座標系の2相電流Id, Iq（d軸電流, q軸電流）に変換して出力する。U相の電流値Iudは、キルヒホッフの法則に基づき、相電流Ivd, Iwdから算出することができる。また、2相電流算出部33は回転角度 θ を出力する。なお、AD変換器31A, 31B、レゾルバデジタル変換器32、及び2相電流算出部33により、2相変換部が構成されている。

【0037】

通信部34（送信部）は、2相電流Id, Iq、及び回転角度 θ を入力する。通信部34は、所定の通信規格により、2相電流Id, Iq、及び回転角度 θ を制御部13（IC30の外部）へ送信する。所定の通信規格としては、例えばCAN（Controller Area Network）通信を採用することができる。CAN通信は、耐ノイズ性を向上させるように設計され、相互接続された機器間のデータ転送に用いられる規格である。

20

【0038】

図7は、本実施形態のレゾルバ角検出及び電流検出のタイミングを示すタイミングチャートである。

【0039】

相電流検出IC30は、レゾルバ45から、検出信号Sin, Cos、及び励磁信号Refを、周期Ta3で入力している。さらに、相電流検出IC30は、電流センサ41, 42から、出力電圧Iva, Iwaを、レゾルバ45からの入力と同期して周期Ta3で入力している。周期Ta3は、PWMキャリアの周期にかかわらず一定に設定してもよいし、PWMキャリアの周期の変動に応じて可変としてもよい。例えば、PWMキャリアの周期が短くなるほど周期Ta3を短く設定してもよい。そして、相電流検出IC30は、所定の通信規格によりデジタル信号Id, Iq, θ を制御部13へ送信している。

30

【0040】

このため、電流センサ41, 42による電流の検出タイミングと、レゾルバ45による回転角度の検出タイミングとが同期している。そして、検出信号Sin, Cos、及び励磁信号Refに基づいて回転角度 θ が算出される。検出信号Sin, Cos、及び励磁信号Refと同時に検出された出力電圧Iva, Iwaが、電流値Ivd, Iwdに変換される。これらの電流値Ivd, Iwd（Iud）、及び回転角度 θ に基づいて、2相電流Id, Iqが算出される。

40

【0041】

そして、制御部13は、2相電流Id, Iqのそれぞれの目標値Id*, Iq*を算出する。制御部13は、目標値Id*, Iq*及び回転角度 θ に基づいて、3相電流Iu, Iv, Iwのそれぞれの目標値Iu*, Iv*, Iw*を算出する。制御部13は、3相電流Iu, Iv, Iwをそれぞれの目標値Iu*, Iv*, Iw*とすべく、スイッチング回路21のスイッチング信号を算出する。

【0042】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

50

【0043】

・電流センサ41、42による出力電圧 I_{va} 、 I_{wa} の検出タイミングと、レゾルバ45による信号 S_{in} 、 Cos 、 Ref の検出タイミングとが同期させられる。そして、同期して検出された出力電圧 I_{va} 、 I_{wa} 及び信号 S_{in} 、 Cos 、 Ref に基づいて、モータ11に流れる3相電流が回転座標系の2相電流 I_d 、 I_q に変換される。このため、回転座標系の2相電流 I_d 、 I_q を正確に算出することができる。

【0044】

・上記2相電流 I_d 、 I_q が、通信部34によって所定の通信規格により制御部13へ送信される。そして、制御部13により、この2相電流 I_d 、 I_q に基づいて、モータ11の各相に流れる電流が制御される。したがって、電流センサ41、42の出力電圧を所定の通信規格により制御部13へ送信する構成であっても、モータ11の各相に流れる電流を適切に制御することができる。

10

【0045】

・回転角度センサとして周知のレゾルバ45を用いて、レゾルバ45により出力される励磁信号 Ref 、及び検出信号 S_{in} 、 Cos に基づいて回転角度 θ を算出するレゾルバデジタル変換器32を、IC30が備えている。このため、相電流検出IC30に、電流検出及びレゾルバデジタル変換の機能をまとめることができる。

【0046】

・変換された2相電流 I_d 、 I_q 及び検出された回転角度 θ が制御部13へ送信されるため、制御部13により回転座標系の2相電流から3相電流へ変換することができる。

20

【0047】

なお、上記実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【0048】

・回転角度センサとして、レゾルバ45に限らず、光学式や磁気式のエンコーダ等を採用することもできる。

【0049】

・電流センサ41、42に加えて、U相ケーブルCuに流れる電流を検出するU相電流センサを設けることもできる。すなわち、モータ11の各相に流れる電流を検出する電流センサは、3相のうち2相の電流を検出するものでもよいし、3相全ての電流を検出するものでもよい。

30

【0050】

・3相回転機として、モータ11に限らず、オルタネータ（発電機）や、モータジェネレータを採用することもできる。

【0051】

・IC30は、インバータ12の筐体12aの外部に設けられた制御部13へ通信によりデジタル信号を送信したが、IC30の外部へ通信によりデジタル信号を送信するものであればよい。また、通信は、有線通信であってもよいし、無線通信であってもよい。

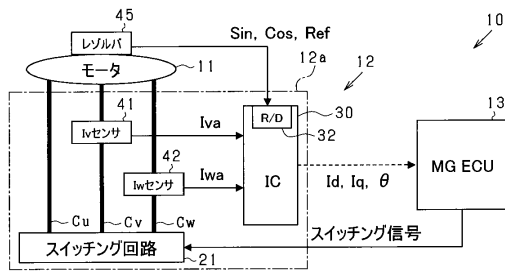
【符号の説明】

【0052】

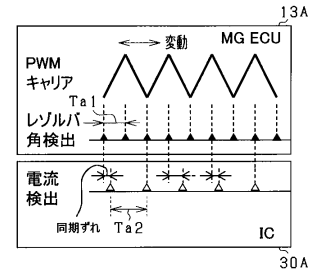
11…モータ、13…制御部、30…相電流検出IC、31A…AD変換器、31B…AD変換器、32…レゾルバデジタル変換器、33…2相電流算出部、34…通信部、41…V相電流センサ、42…W相電流センサ、45…レゾルバ。

40

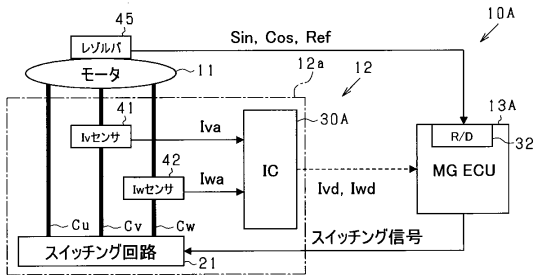
【図 1】



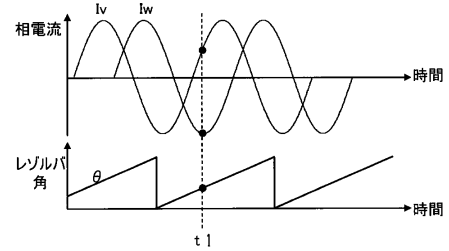
【図 3】



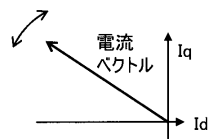
【図 2】



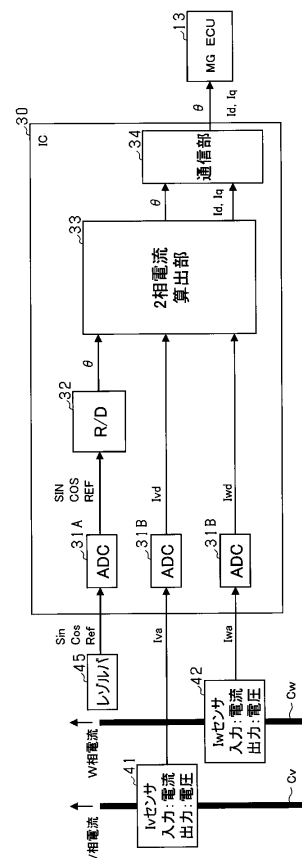
【図 4】



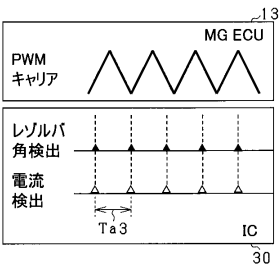
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-089494 (JP, A)
特開2003-267237 (JP, A)
特開2008-306811 (JP, A)
特開2003-023800 (JP, A)
特開2013-118746 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0217909 (US, A1)
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 21/00- 31/00