(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2012-170208
(P2012-170208A)
(43)公開日　平成24年9月6日(2012.9.6)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H02P 6/16	(2006.01)	H02P 6/02	351N	5H560

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 17 頁）

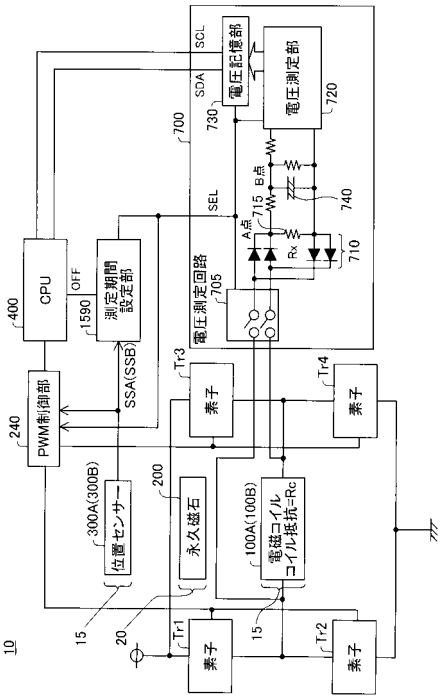
(21)出願番号　特願2011-28280(P2011-28280)
(22)出願日　平成23年2月14日(2011.2.14)

(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(74)代理人　100127661
弁理士　宮坂　一彦
(72)発明者　竹内　啓佐敏
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　西澤　克彦
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電気機械装置、移動体、ロボット及び電気機械装置の温度測定法

(57)【要約】
【課題】電磁コイルの近傍に別個の温度取得手段を取り付けることなく、電気機械装置や電磁コイルの温度を測定する。
【解決手段】電気機械装置１０であって、永久磁石２００と、電磁コイル１００Ａと、前記永久磁石の電気角を検知するためのセンサー３００と、前記センサーからの信号に基づいて前記電磁コイルをＰＷＭ駆動する制御部（２４０、４００）と、前記電気機械装置の温度測定時に前記電磁コイルと直列に接続される抵抗器７１５と、を備え、前記制御部は、前記駆動部が前記ＰＷＭ駆動において前記電磁コイルに駆動電圧を印加しない期間において、前記電気抵抗の両端の電圧を測定し、前記電圧を用いて前記電磁コイルの電気抵抗を取得し、前記電磁コイルの電気抵抗を用いて前記電磁コイルの温度を取得する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
電気機械装置であって、
ローターと、
電磁コイルを有するステーターと、
前記ローターの電気角を検知するためのセンサーと、
前記センサーからの信号に基づいて前記電磁コイルをＰＷＭ駆動する制御部と、
前記電気機械装置の温度測定時に前記電磁コイルと直列に接続される抵抗器と、
前記抵抗器の両端電圧を測定する電圧測定部と、
を備え、
前記制御部は、前記ＰＷＭ駆動において前記電磁コイルに駆動電圧を印加しない測定期間において、前記電圧測定部により測定される前記抵抗器の両端電圧を用いて前記電磁コイルの電気抵抗を算出し、前記電磁コイルの電気抵抗を用いて前記電磁コイルの温度を決定する、電気機械装置。
【請求項２】
請求項１に記載の電気機械装置において、
前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧の変曲点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。
【請求項３】
請求項１または２に記載の電気機械装置において、
前記制御部は、
前記電磁コイルに駆動電圧を印加しない前記期間に前記電磁コイルに流れる電流を一定にするための定電流源を備えており、
前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧の変曲点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記定電流源を用いて前記電磁コイルに流れる電流を一定とした状態で前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。
【請求項４】
請求項１に記載の電気機械装置において、
前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧が極大値または極小値となる点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記電磁コイルの駆動を行わないとともに、前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか一項に記載の電気機械装置において、
前記制御部は、前記測定した前記電気抵抗の両端電圧から、前記電磁コイルの温度を算出するためのテーブルを備えている、電気機械装置。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか一項に記載の電気機械装置を備える、移動体。
【請求項７】
請求項１～５のいずれか一項に記載の電気機械装置を備える、ロボット。
【請求項８】
電気機械装置の温度測定法であって、
電気機械装置の温度を測定する測定期間を設定し、
前記測定期間において、前記電気機械装置の電磁コイルを駆動せず、
前記電磁コイルと直列に抵抗器を接続し、
前記測定期間において、前記抵抗器の両端電圧を測定し、
前記電圧を用いて、前記電磁コイルの電気抵抗を算出し、
前記電気抵抗の値から電磁コイルの温度を決定する、
温度測定法。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
この発明は、温度センサーを用いずに、電気機械装置の温度を測定する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
電気機械装置（電気駆動系）は、ロボット制御等の定格電流内で動作させるために定格電流を超えない電流帰還制御により電流量を抑制してきた。そのため、動作が緩やかで瞬発力に欠けたロボット制御しかなかった。
しかし近年のロボット制御では、モーター特性の定格トルク（定格電流）のＮ倍の電流をｔ／Ｎの短時間で瞬時にＮ倍のトルク制御を行う瞬時最大トルク特性が重要視されてくるものと考える。
たとえば、野球選手のようなロボットで、通常の運動時にはそこそこのスピードで動作するが、ホームランとしてバッターに立った場合では、投球されたボールを０．１［秒］単位による通常の運動量に対する数倍～数十倍でのトルクの運動量が要求されホームランを達成できる。このような短時間では数十倍のトルクの運動量を発生させるようなロボットを実現させる。
そのためには、電流量を最初から抑制するのではなく、モーター内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行う必要がある。
要するに、モーターの性能は、瞬時最大トルク特性上により決定され、その際の銅損失、鉄損失、機械損失による温度上昇を如何に監視しながら一定温度に達しないようにすることが重要となる。
その中で最も温度上昇の原因となる銅損失の生じる電磁コイルでは、保証された温度以内であるならば自由にトルク（電流）制御を行う事に繋がる。
そこで、鉄損失が生じ難く電磁コイルによる銅損失による温度上昇が支配的なコアレスモータで説明する。ここで、電気機械装置の温度を測定するためには、特許文献１に記載のように温度センサーを別個に設ける必要がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１０－２４０９５２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
この銅損失である電磁コイルの温度を直接に測ろうとするには、特許文献１のように温度センサーを電気機械装置（電気駆動系）の電磁コイルに直接設置しなければならない。しかし、電磁コイルへ直接的に温度センサーを取り付けるスペースが確保しにくいという問題が生じる。本発明は、電磁コイルの近傍に別個の温度センサーを取り付けることなく、電気機械装置や電磁コイルの温度を測定することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。
【０００６】
［適用例１］
電気機械装置であって、ローターと、電磁コイルを有するステーターと、前記ローターの電気角を検知するためのセンサーと、前記センサーからの信号に基づいて前記電磁コイルをＰＷＭ駆動する制御部と、前記電気機械装置の温度測定時に前記電磁コイルと直列に接続される抵抗器と、前記抵抗器の両端電圧を測定する電圧測定部と、を備え、前記制御部は、前記ＰＷＭ駆動において前記電磁コイルに駆動電圧を印加しない測定期間において

、前記電圧測定部により測定される前記抵抗器の両端電圧を用いて前記電磁コイルの電気抵抗を算出し、前記電磁コイルの電気抵抗を用いて前記電磁コイルの温度を決定する、電気機械装置。

この適用例によれば、電磁コイルに駆動電圧を印加しない期間において、抵抗器の両端の電圧を測定し、その電圧を用いて電磁コイルの電気抵抗を取得し、電磁コイルの電気抵抗を用いて電磁コイルの温度を取得するので、電磁コイルの近傍に別個の温度取得手段を取り付けることなく、電気機械装置の温度を測定することができる。

【０００７】

［適用例２］

適用例１に記載の電気機械装置において、前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧の変曲点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。

この適用例によれば、電磁コイルに生じる誘起電圧の変曲点を含む期間においては、電磁コイルによる駆動力が元々小さいので、温度を測定するために電磁コイルへの駆動力を加えなくしても、電気機械装置の回転速度やトルクに対する影響が少ない。従って、電気機械装置の動作に大きな影響を与えることなく温度測定を実行することが可能である。

【０００８】

［適用例３］

適用例１または２に記載の電気機械装置において、前記制御部は、前記電磁コイルに駆動電圧を印加しない前記期間に前記電磁コイルに流れる電流を一定にするための定電流源を備えており、前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧の変曲点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記定電流源を用いて前記電磁コイルに流れる電流を一定とした状態で前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。

この適用例によれば、電気機械装置の回転速度への影響を抑制しつつ、温度測定を実行することができる。

【０００９】

［適用例４］

適用例１に記載の電気機械装置において、前記制御部は、前記測定期間として、前記電磁コイルに生じる誘起電圧が極大値または極小値となる点を含む期間を選択し、前記測定期間において、前記電磁コイルの駆動を行わないとともに、前記抵抗器の両端電圧の前記測定を行う、電気機械装置。

この適用例によれば、電磁コイルに生じる誘起電圧が極大値を取り、誘起電圧の変動が小さい期間に、電磁コイルの温度を測定することが出来るので、正確な温度測定が可能となる。

［適用例５］

請求項１～４のいずれか一つに記載の電気機械装置において、前記制御部は、前記測定した前記電気抵抗の両端電圧から、前記電磁コイルの温度を算出するためのテーブルを備えている、電気機械装置。

この適用例によれば、抵抗器の両端の電圧から電磁コイルの温度を直接取得することが出来る。

【００１０】

［適用例６］

適用例１～５のいずれか一つに記載の電気機械装置を備える、移動体。

この適用例によれば、移動体に用いられる電気機械装置の内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行うことにより、優れた加速を実現できる。

【００１１】

［適用例７］

適用例１～５のいずれか一つに記載の電気機械装置を備える、ロボット。

この適用例によれば、ロボットに用いられる電気機械装置の内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行うことができる。

【００１２】

［適用例８］

電気機械装置の温度測定法であって、電気機械装置の温度測定法であって、電気機械装置の温度を測定する測定期間を設定し、前記測定期間において、前記電気機械装置の電磁コイルを駆動せず、前記電磁コイルと直列に抵抗器を接続し、前記測定期間において、前記抵抗器の両端電圧を測定し、前記電圧を用いて、前記電磁コイルの電気抵抗を算出し、

前記電気抵抗の値から電磁コイルの温度を決定する、温度測定法。

【００１３】

なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、モーターや発電装置などの電気機械装置、それを用いたアクチュエーターやロボット、移動体等の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】第１の実施例にかかる電動モーターの温度測定部を模式的に示す説明図である。

【図２】ＰＷＭ制御部の内部構成と動作を示す説明図である。

【図３】測定期間設定部の構成を示す説明図である。

【図４】温度測定におけるフローチャートを示す説明図である。

【図５】本実施例における電磁コイルの温度測定のタイミングチャートである。

【図６】電磁コイルの温度と抵抗の関係の一例を示す説明図である。

【図７】電磁コイルの回転数と誘起起電力と未励磁誘起起電力との関係を示す説明図である。

【図８】第２の実施例を示す説明図である。

【図９】第２の実施例におけるタイミングチャートである。

【図１０】第３の実施例における測定期間設定部の構成を示す説明図である。

【図１１】第３の実施例におけるタイミングチャートを示す説明図である。

【図１２】本発明の変形例によるモーター／発電機を利用した移動体の一例としての電動自転車（電動アシスト自転車）を示す説明図である。

【図１３】本発明の変形例によるモーターを利用したロボットの一例を示す説明図である。

【図１４】本発明の変形例によるモーターを利用した鉄道車両を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

Ａ．第１の実施例：

図１は、第１の実施例にかかる電動モーターの温度測定部を模式的に示す説明図である。電動モーター１０は、電磁コイル１００Ａと、スイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４と、永久磁石２００と、位置センサー３００Ａと、ＰＷＭ制御部２４０と、ＣＰＵ４００と、測定期間設定部１５９０と、電圧測定回路７００と、を備える。本実施例では、永久磁石２００はローター２０に配置され、電磁コイル１００Ａ、１００Ｂはステーター１５に配置されている。なお、本実施例では、電動モーター１０は、Ａ相とＢ相の二相を有する二相モーターであり、Ａ相用の電磁コイル１００Ａと、位置センサー３００Ａと、に加えて、Ｂ相用の電磁コイル１００Ｂと、位置センサー３００Ｂと、も備えている。電磁コイル１００Ａとスイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４は、Ｈ型ブリッジ回路を構成しており、電磁コイル１００Ａを挟む対角のスイッチング素子同士、例えばスイッチング素子Ｔｒ１とＴｒ４とがオンし、スイッチング素子Ｔｒ２とＴｒ３とがオフしたときに電磁コイル１００Ａに電流が流れる。また、例えばスイッチング素子Ｔｒ１とＴｒ４とがオフし、スイッチング素子Ｔｒ２とＴｒ３とがオンしたときに電磁コイル１００Ａに電流が流れる。なお、スイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４が全てオフの時は、電磁コイル１００Ａから見てスイッチ

ング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４はハイインピーダンスになるため、電磁コイル１００Ａには、誘起起電力が生じるが、電流が流れない。Ｂ相用の電磁コイル１００Ｂについても同様である。

【００１６】

永久磁石２００は、電磁コイル１００Ａ、１００Ｂに対応して設けられている。電磁コイル１００Ａ、１００Ｂに電流を流すと、永久磁石２００と、電磁コイル１００Ａ、１００Ｂとの間にローレンツ力が働き、ローター２０は回転する。位置センサー３００Ａは、電磁コイル１００Ｂの近傍に配置され、永久磁石２００の電気角を検知する。位置センサー３００Ｂは、電磁コイル１００Ａの近傍に配置され、永久磁石２００の電気角を検知する。本実施例において２つの位置センサー３００Ａ、３００Ｂを備えるのは、電動モーター１０の回転方向を検知するためである。そのため、２つの位置センサー３００Ａ、３００Ｂは、位相が電気角でｎ×π（ｎは整数）以外の値でずれたセンサー信号を生成するように配置されている。位相が電気角でｎ×πの値でずれていると、電動モーター１０の回転方向が分からない。なお、位置センサー３００Ａのセンサー信号ＳＳＡと、位置センサー３００Ａのセンサー信号ＳＳＢとは、位相が電気角でπ／２だけずれていることが好ましい。センサー信号ＳＳＡの位相とセンサー信号ＳＳＢの位相とが電気角でπ／２だけずれている構成を採用すると、一方のセンサー信号ＳＳＡの値が極大値または極小値を取るとき、他方のセンサー信号ＳＳＢは、変曲点にある。センサー信号ＳＳＡ、ＳＳＢは、測定期間設定部１５９０に入力されている。測定期間設定部１５９０の構成については、後述する。

【００１７】

電圧測定回路は、電磁コイル接続スイッチ７０５と、ブリッジ整流回路７１０と、電圧測定部７２０と、電圧記憶部７３０と、平滑コンデンサー７４０と、抵抗器７１５と、を備える。電磁コイル接続スイッチ７０５は、測定期間設定部１５９０からの測定期間活性化信号ＳＥＬにより、電磁コイル１００Ａ（１００Ｂ）をブリッジ整流回路７１０に接続する。抵抗器７１５は、ブリッジ整流回路７１０の出力の電源側とグランド側との間に接続されている。平滑コンデンサー７４０は、抵抗器７１５と平行に接続されている。電圧測定部７２０は、測定期間活性化信号ＳＥＬを受けて、抵抗器７１５、あるいは平滑コンデンサー７４０の両端の電圧を測定する。電圧記憶部７３０は、電圧測定部７２０が測定した電圧から抵抗器７１５、あるいは平滑コンデンサー７４０の両端の電圧から電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度を算出するための様々なテーブルを備えている。ＣＰＵは、これらのテーブルを参照して、抵抗器７１５、あるいは平滑コンデンサー７４０の両端の電圧から電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度を算出する。

【００１８】

ＣＰＵ４００と電圧記憶部７３０との間は、シリアルデータ線ＳＤＡとシリアルクロック線ＳＣＬにより接続されている。シリアルデータ線ＳＤＡを用いて、ＣＰＵ４００は、電圧記憶部７３０から電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度データを取得する。

【００１９】

図２は、PWM制御部の内部構成と動作を示す説明図である。ＰＷＭ制御部２４０は、基本クロック生成回路５１０と、１／Ｎ分周器５２０と、ＰＷＭ部５３０と、正逆方向指示値レジスター５４０と、乗算器５５０、５５２と、符号化部５６０、５６２と、ＡＤ変換部５７０、５７２と、電圧指令値レジスター５８０と、励磁区間設定部５９０とを備えている。

【００２０】

基本クロック生成回路５１０は、所定の周波数を有するクロック信号ＰＣＬを発生する回路であり、例えばＰＬＬ回路で構成される。分周器５２０は、このクロック信号ＰＣＬの１／Ｎの周波数を有するクロック信号ＳＤＣを発生する。Ｎの値は所定の一定値に設定される。このＮの値は、予めＣＰＵ４００によって分周器５２０に設定される。ＰＷＭ部５３０は、クロック信号ＰＣＬ、ＳＤＣと、乗算器５５０、５５２から供給される乗算値Ｍａ、Ｍｂと、正逆方向指示値レジスター５４０から供給される正逆方向指示値ＲＩと、

符号化部５６０、５６２から供給される正負符号信号Ｐａ、Ｐｂと、励磁区間設定部５９０から供給される励磁区間信号Ｅａ、Ｅｂとに応じて、駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２、ＤＲＶＢ１、ＤＲＶＢ２を生成する。

【００２１】

正逆方向指示値レジスター５４０内には、電動モーター１０の回転方向を示す値ＲＩがＣＰＵ４００によって設定される。本実施例では、正逆方向指示値ＲＩがＬレベルのときに電動モーター１０が正転し、Ｈレベルのときに逆転する。

【００２２】

ＰＷＭ部５３０に供給される他の信号Ｍａ、Ｍｂ、Ｐａ、Ｐｂ、Ｅａ、Ｅｂ、ＳＥＬは以下のように決定される。なお、乗算器５５０と符号化部５６０とＡＤ変換部５７０はＡ相用の回路であり、乗算器５５２と符号化部５６２とＡＤ変換部５７２はＢ相用の回路である。これらの回路群の動作は同じなので、以下ではＡ相用の回路の動作について主に説明する。なお、以下では、Ａ相とＢ相のパラメータ（後述する励磁区間など）は同じ値に設定されるものとして説明するが、Ａ相とＢ相のパラメータを互いに異なる値に設定することも可能である。

【００２３】

なお、本明細書において、Ａ相とＢ相とをまとめて指す場合には、符号の末尾「ａ」「ｂ」（Ａ相とＢ相を示すもの）を省略している。例えば、Ａ相とＢ相の乗算値Ｍａ、Ｍｂを区別する必要が無い場合には、これらを合わせて「乗算値Ｍ」と呼ぶ。他の符号についても同様である。

【００２４】

位置センサー３００Ａのセンサー信号ＳＳＡは、ＡＤ変換部５７０に供給される。この位置センサー３００Ａのセンサー信号ＳＳＡのレンジは、例えばＧＮＤ（接地電位）からＶＤＤ（電源電圧）までであり、その中位点（＝ＶＤＤ／２）が出力波形の中位点（正弦波の原点を通る点）である。ＡＤ変換部５７０は、このセンサー信号ＳＳＡをＡＤ変換して、センサー出力のデジタル値を生成する。ＡＤ変換部５７０の出力のレンジは、例えばＦＦｈ～０ｈ（語尾の”ｈ”は１６進数であることを示す）であり、プラス側の中央値を８０ｈとし、マイナス側の中央値を７Ｆｈとしてそれぞれを波形の中位点に対応させる。

【００２５】

符号化部５６０は、ＡＤ変換後のセンサー出力値のレンジを変換するとともに、センサー出力値の中位点の値を０に設定する。この結果、符号化部５６０で生成されるセンサー出力値Ｘａは、正側の所定の範囲（例えば＋１２７～０）と負側の所定の範囲（例えば０～－１２７）の値を取る。但し、符号化部５６０から乗算器５５０に供給されるのは、センサー出力値Ｘａの絶対値であり、その正負符号は正負符号信号ＰａとしてＰＷＭ部５３０に供給される。

【００２６】

電圧指令値レジスター５８０は、ＣＰＵ４００によって設定された電圧指令値Ｙａを格納する。この電圧指令値Ｙａは、後述する励磁区間信号Ｅａとともに、電動モーター１０の印加電圧を設定する値として機能するものである。電圧指令値Ｙａは、典型的には０～１．０の値を取るが、１．０よりも大きな値を設定可能としても良い。但し、以下では電圧指令値Ｙａが０～１．０の範囲の値を取るものと仮定する。このとき、仮に、非励磁区間を設けずに全区間を励磁区間とするように励磁区間信号Ｅａを設定した場合には、Ｙａ＝０は印加電圧をゼロとすることを意味し、Ｙａ＝１．０は印加電圧を最大値とすることを意味する。乗算器５５０は、符号化部５６０から出力されたセンサー出力値Ｘａと、電圧指令値Ｙａとを乗算して整数化し、その乗算値ＭａをＰＷＭ部５３０に供給する。

【００２７】

ＰＷＭ部５３０には、測定期間活性化信号ＳＥＬが入力されている。測定期間活性化信号ＳＥＬは、図１に示した測定期間設定部１５９０により生成される信号である。測定期間活性化信号ＳＥＬは、ＰＷＭ部５３０から出力される駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２、ＤＲＶＢ１、ＤＲＶＢ２のオンオフを行う。すなわち、測定期間活性化信号ＳＥＬが活

性化し、電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度を測定する場合には、駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２、ＤＲＶＢ１、ＤＲＶＢ２を非活性化する。すなわち図１に示すスイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４をオフにする。

【００２８】

図２（Ｂ）～（Ｅ）は、乗算値Ｍａが種々の値を取る場合におけるＰＷＭ部５３０の動作を示している。ここでは、全期間が励磁区間であり非励磁区間が無いものと仮定している。ＰＷＭ部５３０は、クロック信号ＳＤＣの１周期の間に、デューティがＭａ／Ｎであるパルスを１つ発生させる回路である。すなわち、図２（Ｂ）～（Ｅ）に示すように、乗算値Ｍａが増加するに従って、駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２のパルスのデューティが増加する。なお、第１の駆動信号ＤＲＶＡ１は、センサー信号ＳＳＡが正のときにのみパルスを発生する信号であり、第２の駆動信号ＤＲＶＡ２はセンサー信号ＳＳＡが正のときにのみパルスを発生する信号であるが、図２（Ｂ）～（Ｅ）ではこれらを合わせて記載している。また、便宜上、第２の駆動信号ＤＲＶＡ２を負側のパルスとして描いている。

【００２９】

図３は、測定期間設定部の構成を示す説明図である。測定期間設定部１５９０は、抵抗器１５９１、１５９３と、プルダウン抵抗器１９９５と、電子可変抵抗器１５９２と、電圧比較器１５９４、１５９６と、ＯＲ回路１５９７と、インバーター回路１５９８と、スイッチ回路１５９９と、を備える。抵抗電子可変抵抗器１５９２の抵抗値Ｒｖは、ＣＰＵ４００によって設定される。抵抗器１５９１と、電子可変抵抗器１５９２と、抵抗器１５９３と、は直列に接続されている。電子可変抵抗器１５９２の両端の電圧Ｖ１、Ｖ２は、電圧比較器１５９４、１５９６の一方の入力端子に与えられている。電圧比較器１５９４、１５９６の他方の入力端子には、位置センサー３００Ａのセンサー信号ＳＳＡが供給されている。なお、図３ではＢ相用の回路は図示の便宜上省略されている。電圧比較器１５９４、１５９６の出力信号Ｓｐ、Ｓｎは、ＯＲ回路１５９７に入力されている。ＯＲ回路１５９７の出力信号／ＳＥＬは、インバーター回路１５９８によりＨとＬとが反転されて、スイッチ回路１５９９に入力される。スイッチ回路１５９９は、スイッチング信号ＯＦＦの値により、測定期間活性化信号ＳＥＬを活性化または非活性化する。スイッチング信号ＯＦＦがＬのとき、スイッチ回路１５９９は、ＯＲ回路１５９７の出力信号／ＳＥＬの反転信号を、測定期間活性化信号ＳＥＬとして出力する。スイッチング信号ＯＦＦがＨのとき、プルダウン抵抗器１９９５により、スイッチ回路１５９９は、測定期間活性化信号ＳＥＬとしてＬを出力する。電子可変抵抗器１５９２の抵抗値Ｒｖは、電圧Ｖ１、Ｖ２の間の電位差を決定し、測定期間活性化信号ＳＥＬの幅を決定する。

【００３０】

図４は、温度測定におけるフローチャートを示す説明図である。ステップＳ４００では、電動モーター１０を駆動する。ステップＳ４１０では、ＣＰＵ４００（図１）は、電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度を測定するか否かを決定する。例えば、ＣＰＵ４００は、一定時間毎に電磁コイル１００Ａ、１００Ｂの温度を測定することができる。ステップＳ４２０では、ＣＰＵ４００は、測定期間を設定する。図１に示す測定期間設定部１５９０は、回路構成から分かるように、センサー信号ＳＳＡに基づいて出力信号／ＳＥＬの反転信号までを生成しており、スイッチ回路１５９９からのＨ出力をスイッチング信号ＯＦＦで止める構成をしている。したがって、ＣＰＵ４００は、スイッチング信号ＯＦＦをＨからＬにすることにより、測定期間活性化信号ＳＥＬをＨとして、測定期間を設定する。

【００３１】

ステップＳ４３０では、ＰＷＭ駆動部２４０は、測定期間活性化信号ＳＥＬをＨの期間において駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２を非活性化しスイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４をオフにする。ステップＳ４４０では、ＣＰＵ４００は、電磁コイル１００Ａ、１００ＢにI^2Cバス（ＳＤＡ，ＳＣＬ）のシリアル通信により電圧測定回路７００内の電磁コイル接続スイッチ７０５で抵抗器７１５の抵抗値Ｒｘを接続させる。ここで、電磁コイル１００Ａの電気抵抗Ｒｃは、電磁コイルの未励磁誘起電圧Ｅｃと、電圧測定部７２０が測定した電圧Ｅｂと、抵抗器７１５の抵抗値Ｒｘを用いて算出することができる。ここで、未

励磁誘起電圧Ｅｃは、測定期間活性化信号ＳＥＬのＨ期間に電気角π周期のリアルタイムで測定され、電圧記憶部７３０に順次格納し更新されている。ステップＳ４５０では、ＣＰＵ４００は、電磁コイル１００Ａの電気抵抗Ｒｃと電圧記憶部７３０と抵抗器７１５の抵抗値Ｒｘから電磁コイルの温度を算出する。なお、説明上ブリッジ整流回路７１０の電圧ドロップ分は０［Ｖ］として説明するが、実際には順方向電圧降下Ｅｄｆ＝０．６［Ｖ］程度が生じる。

【００３２】

図５は、本実施例における電磁コイルの温度測定のタイミングチャートである。測定期間活性化信号ＳＥＬを活性化するタイミングをどのタイミングにするかは、様々に設定することができる。本実施例では、測定期間活性化信号ＳＥＬを活性化するタイミングを、電磁コイルに生じる誘起電圧の向きが変わる点（ゼロクロス点）を中心とする範囲に設定している。このタイミングでは、駆動信号ＤＲＶＡ１、ＤＲＶＡ２は非活性化状態であるので、スイッチング素子Ｔｒ１～Ｔｒ４はオフ状態である。しかし、ローター２０の回転により、永久磁石２００が電磁コイル１００Ａに対して移動するため、電磁コイル１００Ａには小さな誘起起電力が発生する。ただし、この誘起起電力の向きは、ゼロクロス点を境にプラスからマイナスに向きが変わる。

【００３３】

図１の抵抗器７１５の電源側のノードをＡ点と呼ぶ。Ａ点における波形は、ブリッジ整流回路７１０の電源側の出力であるので、誘起起電力の波形の絶対値の波形となる。すなわち、誘起起電力がマイナスのときは、プラスマイナスが反転してプラスになる。誘起起電力は、ゼロクロス点に向かって小さくなり、ゼロクロス点以降は、マイナス方向に向かって大きくなる。したがって、Ａ点における波形は、図５に示すように凹の形となる。Ａ点の電圧をＥｃ、図１の平滑コンデンサー７４０の電源側のノードをＢ点と呼ぶ。Ｂ点における波形は、平滑コンデンサー７４０の電位であり、平滑コンデンサー７４０に流れる電流、平滑コンデンサー７４０から流れ出す電流により、Ａ点における波形が平滑された波形となる。具体的な形状は、図５に示すような形状となる。Ｂ点における電圧Ｅｂが電圧測定部７２０により測定される。ここで、電磁コイル１００Ａに生じる未励磁誘起電圧の値をＥｃ、電磁コイル１００Ａの抵抗値をＲｃ、とすると、Ｂ点における電圧Ｅｂは、

Ｅｂ＝Ｅｃ×Ｒｘ／（Ｒｃ＋Ｒｘ）

から

Ｒｃ＝（Ｅｃ×Ｒｘ／Ｅｂ）－Ｒｘ

と表わす事が出来る。すなわち、電圧Ｅｂは、未励磁誘起電圧の値Ｅｃを、抵抗器７１５の抵抗値Ｒｘと、電磁コイル１００の抵抗値Ｒｃと、で分割したうちの、抵抗器７１５にかかる電圧となる。ここで、抵抗値Ｒｘは既知であり、未励磁誘起電圧の値Ｅｃは、逆起電力定数Ｋｅから未励磁期間ＮＥＰを算出し求めた未励磁逆起電力定数Ｋｃと、回転数Ｎとによる角速度ωで計算され、抵抗器７１５の抵抗値Ｒｘによる電圧Ｅｂは未励磁期間ＮＥＰにおいて電圧測定部７２０で測定され電圧記憶部７３０に順次に更新される。したがって、上式を用いて、電磁コイル１００Ａの抵抗Ｒｃを容易に算出することが出来る。

【００３４】

図６は、電磁コイルの温度と抵抗の関係の一例を示す説明図である。ある温度Ｔａにおける抵抗Ｒ２は、２０℃における抵抗をＲ１、温度係数をａａとすると、

Ｒ２＝Ｒ１×（１＋（Ｔａ－２０）×ａａ）

で示される。ここでａａは温度係数であり、電磁コイル１００Ａの材料により決定される。したがって、２０℃における電磁コイル１００Ａの抵抗値Ｒ１をあらかじめ測定しておけば、算出した抵抗値ＲｃをＲ２に代入することより、電磁コイル１００Ａの温度Ｔａを容易に算出することができる。

【００３５】

図７は、電動モーター１０の逆起電力定数Ｋｅと、測定期間活性化信号ＳＥＬによる未励磁期間ＮＥＰを算出し求めた未励磁逆起電力定数Ｋｃにより、回転数Ｎに応じた誘起起電力Ｅｇ（電圧）と未励磁誘起起電力Ｅｃ（電圧）を表にした図である。

未励磁誘起起電力Ｅｃ　＝　未励磁逆起電力定数Ｋｃ　×　角速度ω　［Ｖ］

未励磁誘起起電力は、測定期間活性化信号ＳＥＬが活性化している期間における電磁コイル１００Ａの起電力であり、測定期間活性化信号ＳＥＬを活性化するタイミングや、活性期間の長さに依存する。図７に示す例は、測定期間活性化信号ＳＥＬを活性化するタイミングを、図５に示すような、電磁コイルに生じる誘起電圧の向きが変わる点（ゼロクロス点）を中心とする範囲に設定したときを示す。

【００３６】

以上、本実施例によれば、電磁コイル１００Ａの温度測定時に、ブリッジ整流回路７１０を介して抵抗器７１５を直列に接続し、抵抗器７１５（平滑コンデンサー７４０）の両端の電圧を測定することにより、電磁コイル１００Ａの電気抵抗Ｒｃを算出し、電気抵抗Ｒｃと、電磁コイル１００Ａの２０℃のときの電気抵抗Ｒ１とを用いて、電磁コイル１００Ａの温度を算出することができる。したがって、電磁コイル１００Ａの近傍に温度センサーを用いることなく、電磁コイル１００Ａの温度を取得することができる。

【００３７】

誘起起電力の波形のゼロクロス点近傍では、電磁コイル１００Ａによる駆動力が元々小さい。したがって、電磁コイル１００Ａの温度（電動モーター１０の温度）を測定のために、電磁コイル１００Ａへの駆動力を排除しても、電動モーター１０の回転に対する影響を抑えることが出来る。

【００３８】

Ｂ．第２の実施例：

図８は、第２の実施例を示す説明図である。第２の実施例は、未励磁期間ＮＥＰを更に狭めて未励磁逆起電力Ｅｃが生じないようなゼロクロス点付近の例で、その際には定電圧又は定電流の外部電源を供給するわけだが、ここでは定電流電源７５０を用いて説明する。

抵抗器７１５は、ＭΩ以上の高抵抗値である。なお、抵抗器７１５を外しても良い（抵抗値無限大）。そこで定電流電源７５０から定電流Ｉｃが供給され、電圧測定部７２０では電磁コイル１００Ａの抵抗Ｒｃの両端電圧を電圧Ｅｂとして測定できる。

Ｒｃ×Ｉｃ＝Ｅｂ　となり

Ｒｃ＝Ｅｂ／Ｉｃ　で容易に算出できる。

また外部電源が定電圧の場合には、第１の実施例と同様である。

【００３９】

図９は、第２の実施例におけるタイミングチャートである。第２の実施例は、第１の実施例と比較すると、点Ａにおける波形及び点Ｂにおける電圧の大きさが異なっている。すなわち、第１の実施例では、点Ａにおける波形は、図５に示すように凹の形状をしているが、第２の実施例では、矩形である。また、点Ｂにおける電圧の大きさは、第２の実施例の方が大きくなっている。なお、第１の実施例では、点Ａ、点Ｂにおける波形の大きさは、電動モーター１０の回転数により異なる。すなわち、回転数が大きいほど誘起起電力が大きいため、点Ａ、点Ｂにおける波形の大きさは、大きくなる。これに対し、第２の実施例では、電動モーター１０の回転数が一定の回転数以下であれば、波形の大きさは定電流電源７５０による電流の大きさによるため、電動モーター１０の回転数の影響を受けない。

【００４０】

第１の実施例では、電動モーター１０の回転数により、あるいは、測定期間活性化信号ＳＥＬの活性期間の長さ、位相により、未励磁誘起起電力の大きさが異なる場合があるが、第２の実施例では、電動モーター１０の回転数や測定期間活性化信号ＳＥＬの活性期間の長さ、位相による影響を抑制することができる。

【００４１】

Ｃ．第３の実施例：

図１０は、第３の実施例における測定期間設定部の構成を示す説明図である。第３の実施例の測定期間設定部１５９０は、第１の実施例の測定期間設定部１５９０と比較すると

、インバーター回路１５９８を備えない点が異なる。インバーター回路１５９８を備えないことにより、第１の実施例における活性期間と非活性期間が逆転する。すなわち、測定期間活性化信号ＳＥＬは、電磁コイル１００Ａに生じる誘起起電力がゼロクロス点近傍にあるときは非活性化し、電磁コイル１００Ａに生じる誘起起電力が極大値を取る時近傍で活性化する。電磁コイル１００Ａに生じる誘起起電力が極大値を取る時は、誘起起電力が大きいため、未励磁誘起起電力も大きい。なお、この期間に電磁コイル１００Ａの駆動信号が活性化しないように、測定期間活性化信号ＳＥＬは図２のＰＷＭ部５３０に入力されており、測定期間活性化信号ＳＥＬが活性化中の時は、電磁コイル１００Ａの駆動信号を非活性化する。

【００４２】

図１１は、第３の実施例におけるタイミングチャートを示す説明図である。第３の実施例では、測定期間活性化信号ＳＥＬが、誘起電圧（誘起起電力）が極大値、極小値である近傍で活性化している。この活性期間では、誘起起電力が大きいため、Ａ点における波形は、第２の実施例に示すのと同様に、略矩形をしている。

【００４３】

このように、第３の実施例によれば、電磁コイル１００Ａに生じる誘起起電力が極大値を取るときに電磁コイルの温度を測定する。誘起起電力が極大値近傍にあるときは、誘起電圧の変動が小さいため、正確な温度測定が可能となる。

【００４４】

上記各実施例では、抵抗器７１５あるいは平滑コンデンサー７４０の両端に生じた電圧を測定し、電圧値から電磁コイル１００Ａの電気抵抗を算出し、電磁コイル１００Ａの温度を算出しているが、測定期間活性化信号ＳＥＬを活性させる位相や期間を決めておき、ＣＰＵ４００は、抵抗器７１５あるいは平滑コンデンサー７４０の両端に生じた電圧から電磁コイル１００Ａの温度、すなわち電動モーター１０の温度を取得しても良い。

【００４５】

上記各実施例では、測定期間として、誘起起電力のゼロクロス点を含む期間、及び誘起起電力が極大となる点を含む期間を例にとり説明したが、電磁コイル１００Ａに対して駆動が行われていない期間、例えばＰＷＭ信号の２つの駆動パルスの間の期間を測定期間としてもよい。

【００４６】

Ｄ．変形例：

図１２は、本発明の変形例によるモーター／発電機を利用した移動体の一例としての電動自転車（電動アシスト自転車）を示す説明図である。この自転車３３００は、前輪にモーター３３１０が設けられており、サドルの下方のフレームに制御回路３３２０と充電池３３３０とが設けられている。モーター３３１０は、充電池３３３０からの電力を利用して前輪を駆動することによって、走行をアシストする。また、ブレーキ時にはモーター３３１０で回生された電力が充電池３３３０に充電される。制御回路３３２０は、モーターの駆動と回生とを制御する回路である。このモーター３３１０としては、上述した各種の電動モーターを利用することが可能である。この実施例によれば、電動自転車に用いられる電動モーター１０内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行うことにより、優れた加速を実現できる。

【００４７】

図１３は、本発明の変形例によるモーターを利用したロボットの一例を示す説明図である。このロボット３４００は、第１と第２のアーム３４１０，３４２０と、モーター３４３０とを有している。このモーター３４３０は、被駆動部材としての第２のアーム３４２０を水平回転させる際に使用される。このモーター３４３０としては、上述した各種の電動モーターを利用することが可能である。この実施例によれば、ロボットに用いられる電気機械装置の内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行うことができる。

【００４８】
図１４は、本発明の変形例によるモーターを利用した鉄道車両を示す説明図である。この鉄道車両３５００は、モーター３５１０と、車輪３５２０とを有している。このモーター３５１０は、車輪３５２０を駆動する。さらに、モーター３５１０は、鉄道車両３５００の制動時には発電機として利用され、電力が回生される。このモーター３５１０としては、上述した各種の電動モーターを利用することができる。この実施例によれば、鉄道車両に用いられる電動モーター１０内のコイル温度を一定温度まで達しないようリアルタイムで温度監視しながら瞬時最大トルク特性に向けてトルク（電流）制御を行うことにより、優れた加速を実現できる。

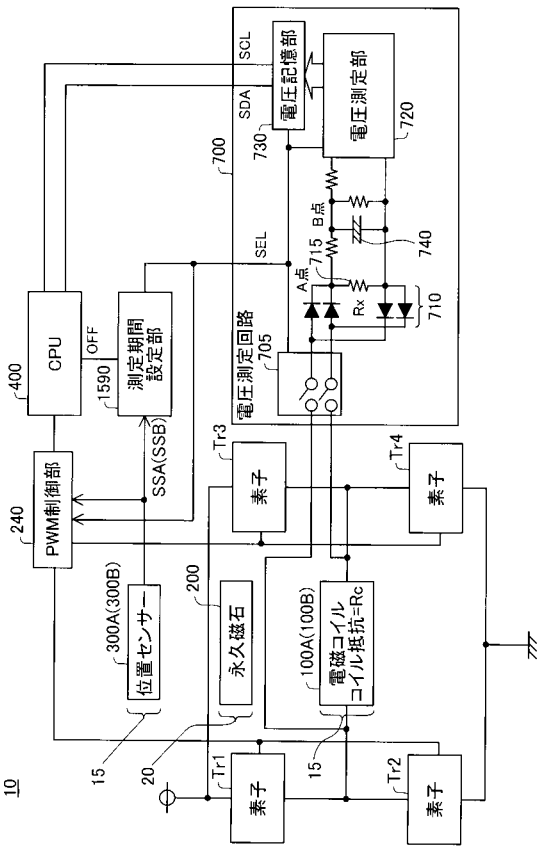
【００４９】
以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

【符号の説明】

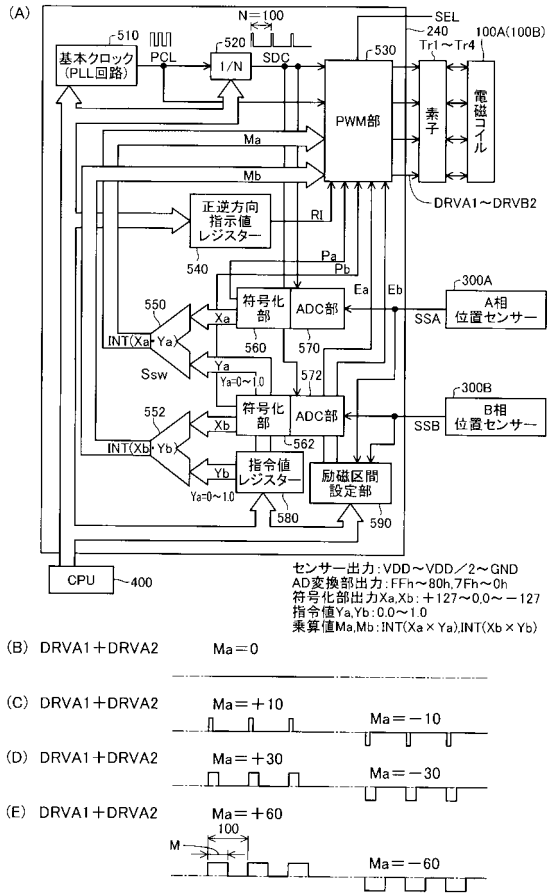
【００５０】
１０…電動モーター
１５…ステーター
２０…ローター
１００、１００Ａ、１００Ｂ…電磁コイル
２００…永久磁石
３００、３００Ａ、３００Ｂ…位置センサー
４００…ＣＰＵ
５１０…基本クロック生成回路
５２０…分周器
５４０…正逆方向指示値レジスター
５５０…乗算器
５５２…乗算器
５６０、５６２…符号化部
５８０…電圧指令値レジスター
５９０…励磁区間設定部
５９２…抵抗電子可変抵抗器
７００…電圧測定回路
７０５…電磁コイル接続スイッチ
７１０…ブリッジ整流回路
７１５…抵抗器
７２０…電圧測定部
７３０…電圧記憶部
７４０…平滑コンデンサー
７５０…定電流電源
１５９０…測定期間設定部
１５９１…抵抗器
１５９２…電子可変抵抗器
１５９４…電圧比較器
１５９５…プルダウン抵抗器
１５９８…インバーター回路
１５９９…スイッチ回路
３３００…自転車
３３１０…モーター
３３２０…制御回路

３３３０…充電池
３４００…ロボット
３４１０…第１のアーム
３４２０…第２のアーム
３４３０…モーター
３５００…鉄道車両
３５１０…モーター
３５２０…車輪

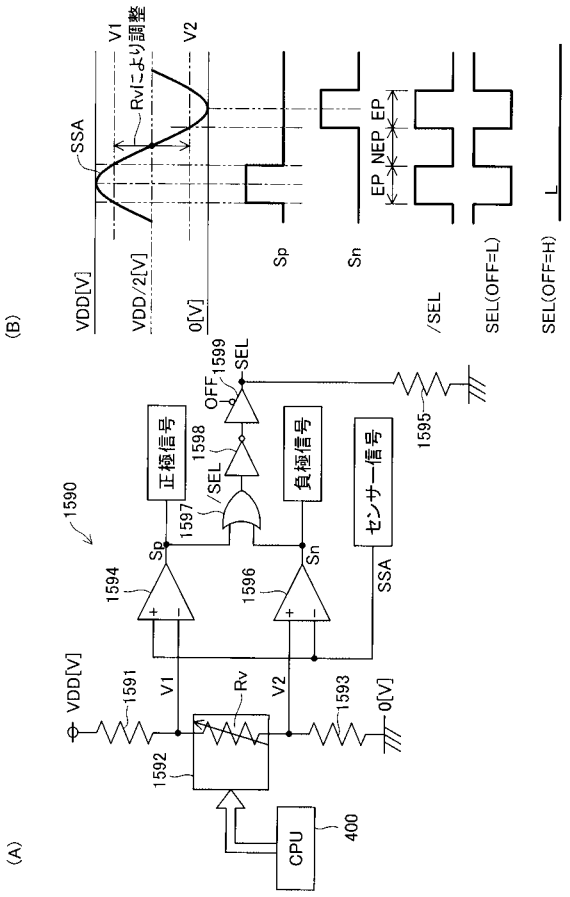
【図１】



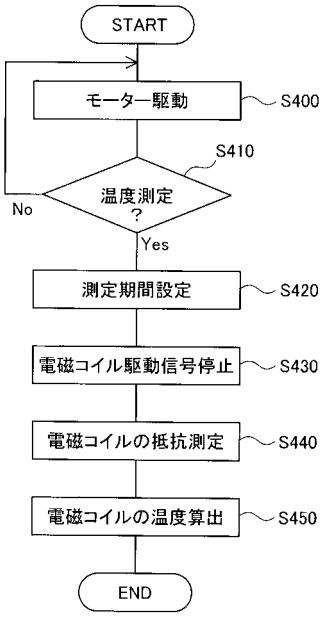
【図２】



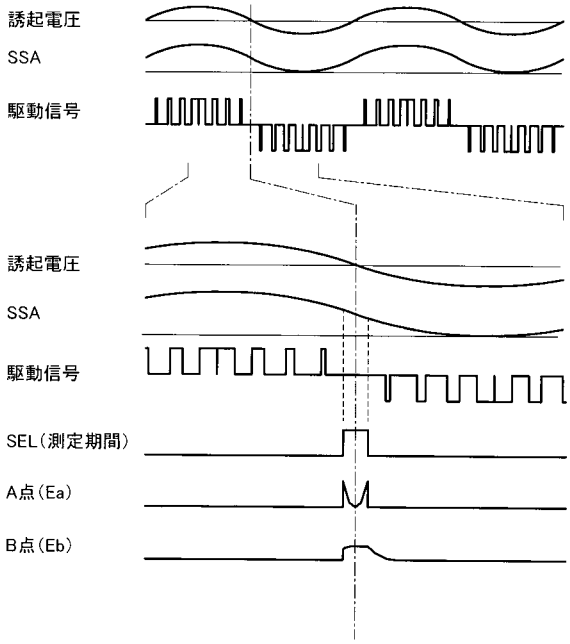
【図３】



【図４】



【図５】



【図６】

※温度係数　0.004264ppm/℃

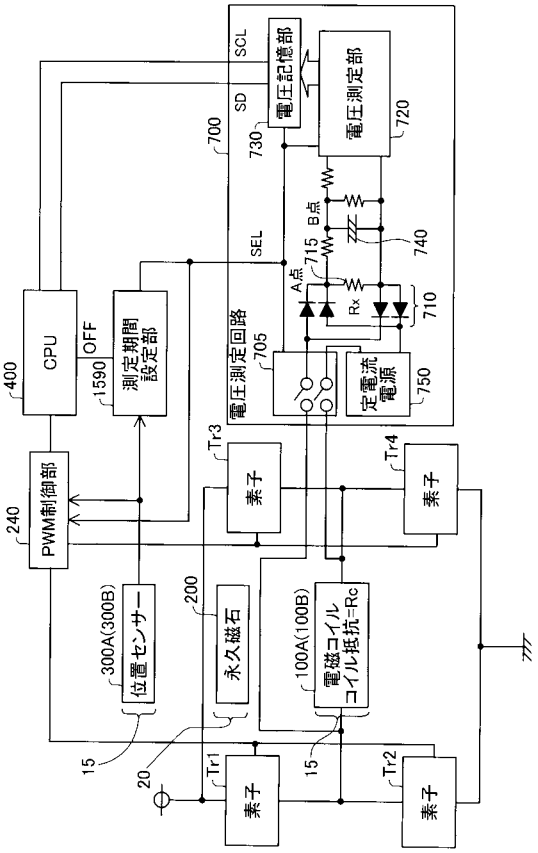
		電磁コイル温度				
		20	40	60	80	100
	単位	[℃]	[℃]	[℃]	[℃]	[℃]
Rc	[Ω]	20.000	21.706	25.408	31.909	42.795
Rx	[Ω]	10	10	10	10	10
Ec	[V]	5	5	5	5	5
Ex	[V]	1.667	1.577	1.412	1.193	0.947

【図７】

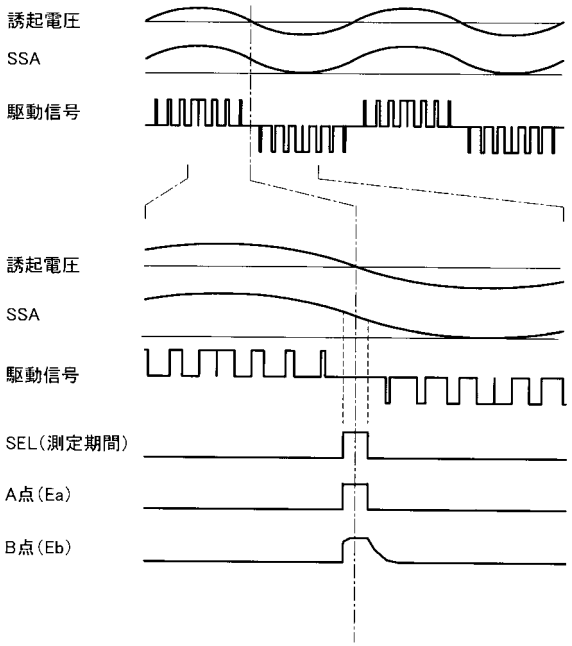
逆起電力定数　Ke　0.55[Vs/rad]
未励磁逆起電力定数　Kc　0.0275[Vs/rad]

特性	略号	単位	パラメーター				
回転数	N	[rpm]	0	100	500	1000	5000
角速度	ω	[rad/s]	0.00	10.47	52.36	104.72	523.60
誘起起電力	Eg	[V]	0.0	5.8	28.8	57.6	288.0
未励磁誘起起電力	Ec	[V]	0.0	0.3	1.4	2.9	14.4

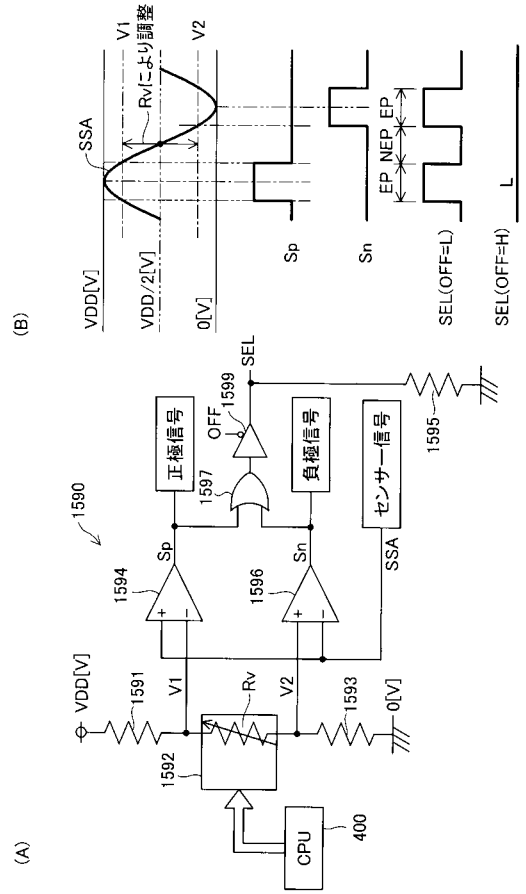
【図８】


CPU
400
OFF
測定期間設定部
1590
PWM制御部
240
電圧測定回路
705
電圧記憶部
電圧測定部
720
700
730
SCL
SD
SEL
A点
B点
715
740
710
Rx
定電流電源
750
Tr3
Tr4
素子
300A(300B)
位置センサー
200
永久磁石
100A(100B)
電磁コイル
コイル抵抗=Rc
15
20
Tr1
Tr2

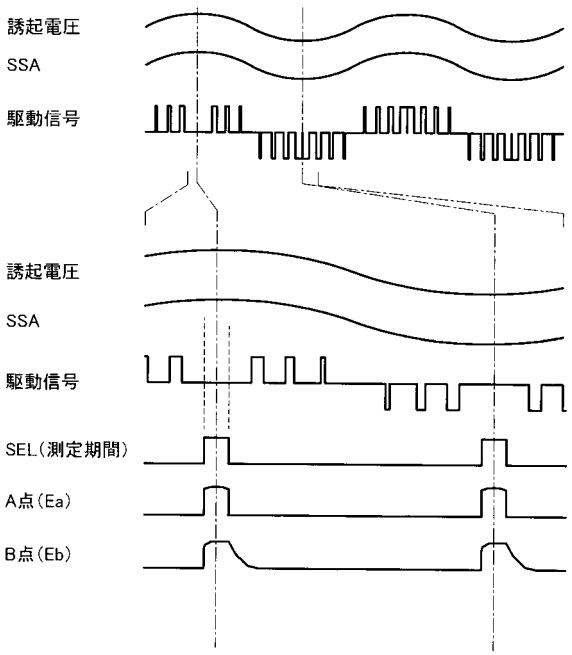
【図９】


誘起電圧
SSA
駆動信号
誘起電圧
SSA
駆動信号
SEL(測定期間)
A点(Ea)
B点(Eb)

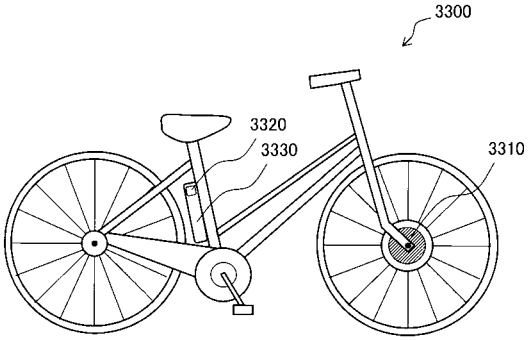
【図１０】


(B)
V1
V2
Rvにより調整
SSA
VDD[V]
VDD/2[V]
0[V]
Sp
Sn
EP
NEP
EP
SEL(OFF=L)
SEL(OFF=H)
L
(A)
SEL
1599
OFF
1597
正極信号
負極信号
センサー信号
1595
1590
Sp
Sn
SSA
1594
1596
VDD[V]
1591
V1
Rv
V2
1593
0[V]
1592
CPU
400

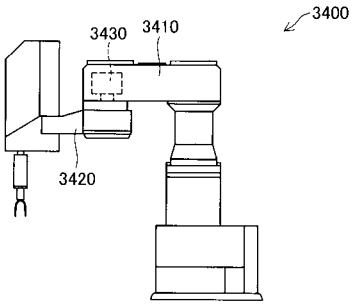
【図１１】


誘起電圧
SSA
駆動信号
誘起電圧
SSA
駆動信号
SEL(測定期間)
A点(Ea)
B点(Eb)

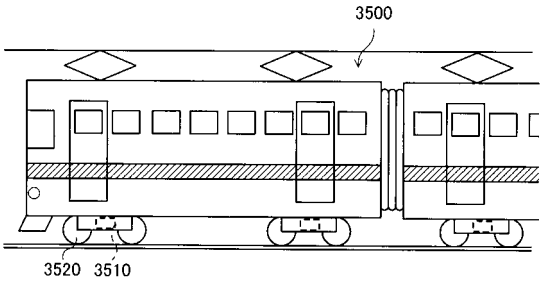
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5H560 AA07 AA08 BB12 DA00 DC05 DC13 TT07 TT11 TT15 UA10
XA12