

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6375845号
(P6375845)

(45) 発行日 平成30年8月22日 (2018. 8. 22)

(24) 登録日 平成30年8月3日 (2018. 8. 3)

(51) Int. Cl.		F I			
H02P	3/18	(2006.01)	H02P	3/18	I01A
H02P	27/06	(2006.01)	H02P	3/18	I01D
			H02P	27/06	

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-205674 (P2014-205674)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成26年10月6日 (2014. 10. 6)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2016-77076 (P2016-77076A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成28年5月12日 (2016. 5. 12)	(74) 代理人	100103894
審査請求日	平成28年10月24日 (2016. 10. 24)		弁理士 冢入 健
		(72) 発明者	井山 寛之
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	佐々木 優
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	森 優人
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置、及びモータ制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電源電圧を供給する電源に接続された電源コンデンサと、
 前記電源と三相モータとの間に接続され、オン電圧又はオフ電圧が供給されることによってオンオフ制御されるスイッチング素子を複数有するインバータと、
 前記電源電圧をしきい値と比較する比較器と、
 前記三相モータに流れる電流を検出する電流センサと、
 前記三相モータの角度を検出する角度センサと、を備え、
 前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、三相のうち2つの相が、前記スイッチング素子にオン電圧とオフ電圧との間の電圧が供給される中間電圧供給相となり、中間電圧供給相では前記電流センサが検出した電流が目標値になるように前記スイッチング素子に供給する電圧を前記オン電圧と前記オフ電圧との間で調整されており、
 前記角度センサで検出された前記三相モータの角度に応じて、前記中間電圧供給相となる2つの相を順次切り替えるモータ制御装置。

【請求項2】

前記スイッチング素子に供給されるPWM制御信号をそれぞれ生成するコントローラをさらに備え、

前記コントローラは、PWM制御信号に基づいて前記目標値を算出する請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項3】

10

20

前記インバータが、
前記電源電圧の第1の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される上アームと、
前記電源電圧の第2の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される下アームと、
を備え、

前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、前記上アームと前記下アームの一方のスイッチング素子をオフする請求項1、又は2に記載のモータ制御装置。

【請求項4】

前記電源電圧がしきい値を越えていない場合に、PWM制御信号によってオン電圧又はオフ電圧が前記スイッチング素子に供給されることで、前記スイッチング素子がオンオフ制御される請求項1～3のいずれか1項に記載のモータ制御装置。

10

【請求項5】

前記スイッチング素子がトランジスタを有しており、前記オン電圧と前記オフ電圧との間の電圧が前記トランジスタの線形領域におけるゲート電圧であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のモータ制御装置。

【請求項6】

電源電圧を供給する電源に接続された電源コンデンサと、
前記電源と三相モータとの間に接続され、オン電圧又はオフ電圧が供給されることによってオンオフ制御されるスイッチング素子を複数有するインバータと、を用いて三相モータを制御するモータ制御方法であって、

前記電源電圧をしきい値と比較し、

20

前記電源電圧が前記しきい値を越えた場合に、三相のうち2つの相が、前記スイッチング素子にオン電圧とオフ電圧との間の電圧が供給される中間電圧供給相となり、

中間電圧供給相では、前記三相モータに流れる電流が目標値になるように前記スイッチング素子に供給する電圧を前記オン電圧と前記オフ電圧との間で調整されており、

前記三相モータの角度に応じて、前記中間電圧供給相となる2つの相を順次切り替えるモータ制御方法。

【請求項7】

前記スイッチング素子に供給されるPWM制御信号に基づいて前記目標値を算出する請求項6に記載のモータ制御方法。

【請求項8】

30

前記インバータが、
前記電源電圧の第1の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される上アームと、
前記電源電圧の第2の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される下アームと、
を備え、

前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、前記上アームと前記下アームの一方のスイッチング素子をオフする請求項6、又は7に記載のモータ制御方法。

【請求項9】

前記電源電圧がしきい値を越えていない場合に、PWM制御信号によってオン電圧又はオフ電圧が前記スイッチング素子に供給されることで、前記スイッチング素子がオンオフ制御される請求項6～8のいずれか1項に記載のモータ制御方法。

40

【請求項10】

前記スイッチング素子がトランジスタを有しており、前記オン電圧と前記オフ電圧との間の電圧が前記トランジスタの線形領域における電圧であることを特徴とする請求項6～9のいずれか1項に記載のモータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置、及びモータ制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

特許文献1には、交流電動機の制御装置が開示されている。特許文献1では、交流電動機が直流電源にインバータを介して接続されている。そして、インバータの各相には、スイッチング素子が設けられている。スイッチング素子をスイッチングするタイミングをPWM (Pulse Width Modulation) 制御することで、交流電動機が駆動する。

【0003】

インバータの直流側電圧が基準値以上になった場合に、回生制御スイッチのオンと同時に、インバータの上アームの各スイッチング素子をオンさせている。そして、交流電動機の一次巻線の中性点とインバータの上アームの各スイッチング素子との間に回生電流としての出力零相電流を流している。この構成では、回生時に発熱する回生抵抗を無くすことができるため、装置を小型化することができる。さらに、インバータの交流側の各相に設けられた電流検出手段が、回生時にインバータに流れる零相電流を検出している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-22060号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、アーム機構に用いられるアクチュエータのモータ制御には、上記のようなPWM制御が広く用いられている。このような、モータ制御方式は、工場設備機器用（以下、F/A (Factory Automation) 用途）のアーム機構に広く適用されている。さらに、モータ制御方式は、F/A用途のアーム機構だけに限らず、歩行ロボット等のヒューマノイドロボット（以下、ロボット用途）にも適用されている。

20

【0006】

F/A用途では、図14に示すように、アーム機構40のアクチュエータ41を制御するECU42 (Electronic Control Unit) 等のシステム構成要素の一部を床置きすることが可能であるため、可搬重量が大きくなる。また、F/A用途では、ECU42は、別体外置きが可能であるため、大型で大出力のシステム設計が可能である。F/A用途では、図15に示すように、アクチュエータ41が定格動作領域51内での決まった動作パターン53を繰り返し行う。なお、定格動作領域51とは、モータが連続動作可能な領域である。

30

【0007】

一方、ロボット用途では、図16に示すように、アーム機構40を搭載するロボット43が移動する。このため、全てのシステム構成要素をロボット43に搭載する必要がある、可搬重量が小さくなる。また、ロボット用途では、ECU42をロボット43に内蔵する必要がある。このため、ECU42を小型化して、ECUサイズと出力の最適バランス設計を行う必要がある。ロボット用途では、ロボット43の環境や使われ方に依存して、動作パターンが変化する。そのため、瞬間的に定格を越える大出力が必要となる。ロボット用途では、図17に示すように、動作パターン53が一定ではなく、モータが定格動作領域51を超えた瞬時領域52で使用されることがある。なお、瞬時領域52とは、モータが連続動作不可能な領域である。瞬時領域52は、定格動作領域51を包含している。

40

【0008】

図18に示すように、モータの回生領域54を拡大することで、瞬時領域52を拡大することができる。これにより、モータの出力性能を向上することができる。小型かつ瞬時大出力が可能なモータ制御システムを実現することができる。回生領域54の拡大には、以下の4つの手法がある。

【0009】

(1) バッテリ（電源）に回生電力を蓄積する。（図19参照）

(2) 回生抵抗で回生電力を消費する。（図20参照）

50

(3) モータで回生電力を消費する。(図21参照)

(4) ECUで回生電力を消費する。(図22参照)

【0010】

図19では、電源(バッテリー)13で回生電力を蓄積する構成を示している。モータ11と電源(バッテリー)13との間には、ECU10が接続されている。モータ11で発生した回生電力はECU10を介して、電源13に蓄積される。バッテリー回生技術は、自動車のハイブリッドシステムで実用化されている。しかしながら、満充電状態では電力を回生することができず、ロボットの動作が制限される。また、ロボットの使われ方や使用環境に応じて回生電力が変動し、受電電流を一定量に制御するシステムが複雑であり、コスト増加を招いてしまう。

10

【0011】

図20に示すように、回生抵抗12がECU10に接続されている。モータ11で発生した回生電力は回生抵抗12にて熱に変換される。これにより、回生電力を消費することができる。この手法では、図19で示したバッテリー回生に比べて比較的容易に回生電力を消費することができる。しかしながら、小型化が要求されるロボット用途では、ロボット本体に回生抵抗12を搭載するために、ECU10の搭載スペースを圧迫してしまう。さらに、回生抵抗12の熱容量が小さいため、筐体等への強固な熱結合が必要となってしまう。

【0012】

図21に示すように、回生電力はd軸電流を使った低効率化運転によって、モータ11にて熱に変換される。本手法は、既存のベクトル制御のシステム構成で実現可能であり、回生抵抗12のような回生専用部品を必要としないことから有効な手法である。小型化が要求されるロボット用途においては、モータ11の許容熱損失が限られるため、モータ11の熱管理が必要となる。熱管理対策として、例えば、温度センサの設置を行うとコストが増加してしまう。さらに、モータハウジング温度とモータ巻線温度は、特に熱過渡領域での乖離が大きいという課題がある。モータ巻線へ温度センサを直接貼り付けると、コストが増加してしまうという課題がある。

20

【0013】

図22では、回生電力はECU10にて熱に変換される。例えば、ECU10にはインバータが設けられている。特許文献1に示すインバータでは、インバータに設けられたスイッチング素子を強制的にオンしている。より具体的には、インバータの上アームのU、V、W相のスイッチング素子をオンする。オンしたスイッチング素子に零相電流が流れるため、回生電力を消費することができる。

30

【0014】

しかしながら、特許文献1の制御では、スイッチング素子を強制的にオンオフしているため、スイッチング素子での発熱量を大きくすることができないという問題点がある。

【0015】

本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、効率よく回生電力を消費することができるモータ制御装置、及びモータ制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0016】

本発明の一態様に係るモータ制御装置は、電源電圧を供給する電源に接続された電源コンデンサと、前記電源とモータとの間に接続され、オン電圧又はオフ電圧が供給されることによってオンオフ制御されるスイッチング素子を複数有するインバータと、前記電源電圧をしきい値と比較する比較器と、前記モータに流れる電流を検出する電流センサと、を備え、前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、前記スイッチング素子にオン電圧とオフ電圧との間の電圧を供給し、前記電流センサが検出した電流が目標値になるように前記スイッチング素子に供給する電圧を前記オン電圧と前記オフ電圧との間で調整するものである。この構成によれば、スイッチング素子での発熱量を大きくすることができ、効率よく回生電力を消費することができる。

50

【0017】

上記のモータ制御装置において、前記モータの角度を検出する角度センサをさらに備え、前記角度センサで検出されたモータの角度に応じて、前記オン電圧とオフ電圧との間の電圧を供給するスイッチング素子を切替えるようにしてもよい。これにより、効率よく回生電力を消費することができる。

【0018】

上記のモータ制御装置において、前記インバータが、前記電源電圧の第1の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される上アームと、前記電源電圧の第2の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される下アームと、を備え、前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、前記上アームと前記下アームの一方のスイッチング素子をオフするようにしてもよい。これにより、簡便な構成で回生電力を消費することができる。

10

【0019】

上記のモータ制御装置において、前記電源電圧がしきい値を越えていない場合に、PWM制御信号によってオン電圧又はオフ電圧が前記スイッチング素子に供給されることで、前記スイッチング素子がオンオフ制御されていてもよい。これにより、電源電圧がしきい値を越えていない場合に、モータをPWM制御することができる。

【0020】

上記のモータ制御装置において、前記スイッチング素子がトランジスタを有しており、前記オン電圧と前記オフ電圧との間の電圧が前記トランジスタの線形領域におけるゲート電圧であるようにしてもよい。これにより、効率よく回生電力を消費することができる。

20

【0021】

本発明の一態様に係るモータ制御方法は、電源電圧を供給する電源に接続された電源コンデンサと、前記電源とモータとの間に接続され、オン電圧又はオフ電圧が供給されることによってオンオフ制御されるスイッチング素子を複数有するインバータと、を用いてモータを制御するモータ制御方法であって、前記電源電圧をしきい値と比較し、前記電源電圧が前記しきい値を越えた場合に、前記スイッチング素子にオン電圧とオフ電圧との間の電圧を供給し、前記モータに流れる電流が目標値になるように前記スイッチング素子に供給する電圧を前記オン電圧と前記オフ電圧との間で調整するものである。この方法によれば、スイッチング素子での発熱量を大きくすることができ、効率よく回生電力を消費することができる。

30

【0022】

上記のモータ制御方法において、角度センサで検出されたモータの角度に応じて、前記オン電圧とオフ電圧との間の電圧を供給するスイッチング素子を切替えるようにしてもよい。これにより、効率よく回生電力を消費することができる。

【0023】

上記のモータ制御方法において、前記インバータが、前記電源電圧の第1の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される上アームと、前記電源電圧の第2の電位側に設けられたスイッチング素子で構成される下アームと、を備え、前記電源電圧がしきい値を越えた場合に、前記上アームと前記下アームの一方のスイッチング素子をオフするようにしてもよい。これにより、簡便な構成で回生電力を消費することができる。

40

【0024】

前記電源電圧がしきい値を越えていない場合に、PWM制御信号によってオン電圧又はオフ電圧が前記スイッチング素子に供給されることで、前記スイッチング素子がオンオフ制御されるようにしてもよい。これにより、電源電圧がしきい値を越えていない場合に、モータをPWM制御することができる。

【0025】

前記スイッチング素子がトランジスタを有しており、前記オン電圧と前記オフ電圧との間の電圧が前記トランジスタの線形領域における電圧であるようにしてもよい。これにより、効率よく回生電力を消費することができる。

【発明の効果】

50

【0026】

本発明によれば、効率よく回生電力を消費することができるモータ制御装置、及びモータ制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】PWM制御方式におけるインバータ回路を模式的に示す図である。

【図2】PWM制御方式におけるスイッチング素子の動作波形を示すタイミングチャートである。

【図3】インバータに用いられるMOSFETの特性を示すグラフである。

【図4】モータの電気角と相電圧との関係を示すグラフである。

10

【図5】期間1でのインバータの動作を示す回路図である。

【図6】本実施の形態にかかるモータの制御方法を示すフローチャートである。

【図7】スイッチング素子に流れる電流波形等を示す図である。

【図8】期間2でのインバータの動作を示す回路図である。

【図9】本実施の形態にかかるモータの制御方法を示すフローチャートである。

【図10】期間3でのインバータを示す回路図である。

【図11】本実施の形態にかかるモータの制御方法を示すフローチャートである。

【図12】モータ制御装置の構成例1を示す回路図である。

【図13】モータ制御装置の構成例2を示す回路図である。

【図14】F/A用途のアクチュエータを模式的に示す図である。

20

【図15】F/A用途のアクチュエータの定格動作領域を示す図である。

【図16】ロボット用途のアクチュエータを模式的に示す図である。

【図17】ロボット用途のアクチュエータの定格動作領域と瞬時領域を示す図である。

【図18】拡大した回生領域を示す図である。

【図19】バッテリーに回生電力を蓄積する様子を示す図である。

【図20】回生抵抗で回生電力を消費する様子を示す図である。

【図21】モータで回生電力を消費する様子を示す図である。

【図22】ECUで回生電力を消費する様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

30

以下、本発明に係る電動機（モータ）の制御装置、制御方法の実施形態を、図面に基づいて詳細に説明する。但し、本発明が以下の実施形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。各図において同一の符号は実質的に同じ構成を示す。

【0029】

まず、一般的なモータのPWM制御方式について説明する。図1は、モータのPWM制御に用いられるインバータを示す回路図である。図2は、PWM制御におけるスイッチング素子の動作波形を示すタイミングチャートである。図1に示すように、インバータ20は、モータ11に接続されている。モータ11はU相、V相、W相を備えた三相モータである。

40

【0030】

インバータ20は、スイッチング素子Q1～Q6を備えている。スイッチング素子Q1～Q6は、例えば、パワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）やIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）などのパワートランジスタである。ここでは、スイッチング素子Q1～Q6がパワーMOSFETであり、ゲート（制御端子）にゲート電圧（PWM制御信号）が供給されることによって、スイッチング素子Q1～Q6がオンオフする。例えば、マイコン（不図示）などのコントローラが、スイッチング素子Q1～Q6をオンオフ制御するためのPWM制御信号を出力する。

【0031】

スイッチング素子Q1とスイッチング素子Q2とが電源電圧とグランドとの間に直列接

50

続されている。スイッチング素子Q 1とスイッチング素子Q 2との間の接続点が、モータ1 1のU相に接続されている。スイッチング素子Q 3とスイッチング素子Q 4とが電源電圧とグラウンドとの間に直列接続されている。スイッチング素子Q 3とスイッチング素子Q 4との間の接続点が、モータ1 1のV相に接続されている。スイッチング素子Q 5とスイッチング素子Q 6とが電源電圧とグラウンドとの間に直列接続されている。スイッチング素子Q 5とスイッチング素子Q 6との間の接続点が、モータ1 1のW相に接続されている。また、スイッチング素子Q 2、Q 4、Q 6とグラウンドとの間には抵抗が接続されている。なお、抵抗によって、各相に流れる電流を検出してもよい。

【0032】

図2の波形において、期間Aでは、スイッチング素子Q 1、Q 4、Q 6がオンしており、スイッチング素子Q 2、Q 3、Q 5がオフしている。したがって、電源電圧からの電流が、スイッチング素子Q 1を介して、モータ1 1のU相に供給される。また、モータ1 1のV相の電流が、スイッチング素子Q 4を介して、グラウンドに引き込まれる。同様に、モータ1 1のW相の電流が、スイッチング素子Q 6を介して、グラウンドに引き込まれる。このように、モータ1 1のU相、V相、W相には、それぞれ電流 I_u 、電流 I_v 、及び I_w がスイッチング素子を介して流れる。そして、PWM制御信号の電圧レベルに応じて、スイッチング素子Q 1～Q 6がオンオフ制御される。

【0033】

スイッチング素子Q 1～Q 6には、MOSFETが用いられる。図3は、スイッチング素子Q 1～Q 6として用いられるMOSFETの特性を示すグラフである。図3では、横軸がMOSFETのゲートソース間電圧 V_{GS} （以下、ゲート電圧）を示し、縦軸がソースドレイン間抵抗（以下、抵抗 R_{ON} ）を示している。なお、図3に示す数値は、MOSFET特性の一例であり、MOSFET特性は図3に示す数値に限られるものではない。

【0034】

ゲート電圧 V_{GS} が5Vになると、スイッチング素子がONし、ゲート電圧 V_{GS} が0Vとなるとスイッチング素子がOFFする。図3に示す例では、ゲート電圧 V_{GS} が5Vのとき、抵抗 R_{ON} が10m Ω となっている。図3に示す例では、5Vがスイッチング素子のオン電圧 V_{ON} となり、0Vがオフ電圧 V_{OFF} となる。オン電圧は、トランジスタの閾値電圧以上の電圧であり、ゲート電圧 V_{GS} に対して抵抗がほとんど変動しない。すなわち、オン電圧付近では、ゲート電圧 V_{GS} が増加しても、流れる電流がほぼ一定の飽和領域となる。

【0035】

オン電圧とオフ電圧の間には、ゲート電圧 V_{GS} に対して抵抗 R_{ON} がほぼ線形に変化する線形領域が存在する。例えば、ゲート電圧 V_{GS} が1V付近では、ゲート電圧と抵抗 R_{ON} との関係が線形になる。

【0036】

スイッチング素子Q 1～Q 6における損失は、 $R_{ON} \times I_D^2$ となる。したがって、スイッチング素子の抵抗が低い飽和領域では、スイッチング素子の通電電流による損失が小さくなる。一方、スイッチング素子の抵抗が大きい線形領域では、スイッチング素子の通電電流による損失が大きくなる。このように、飽和領域では電力の損失が小さくなり、線形領域では電力の損失が大きくなる。線形領域では、スイッチング素子Q 1～Q 6が抵抗として機能する。したがって、線形領域で動作するスイッチング素子Q 1～Q 6に電流が流れることで、スイッチング素子Q 1～Q 6が発熱する。これにより、回生電力を消費することができる。

【0037】

本実施の形態では、一部のスイッチング素子のゲート電圧をオフ電圧とオン電圧との間の中間電圧とすることで、通電電流による損失を大きくしている。なお、中間電圧は、オフ電圧とオン電圧との間の電圧であればよく、オン電圧とオフ電圧との真ん中の電圧でなくてもよい。中間電圧は、線形領域の電圧であることが好ましい。

【0038】

具体的には、電源電圧がしきい値を越えた場合、スイッチング素子のゲートに中間電圧が供給される。こうすることで、モータ11で発生した回生電力を熱として消費することができる。すなわち、スイッチング素子の通電電流が、熱に変換される。こうすることで、回生電力を消費することができ、回生領域を拡大することができる（図18参照）。

【0039】

図4は、モータ11の電気角と相電圧を示すグラフである。図4では、横軸はモータ11の電気角を示し、縦軸は相電圧を示している。モータ11の相電圧は、モータ11の電気角によって変化する。各相の相電圧はサイン波となっており、位相が120°ずれている。ここでは、3相モータを用いているため、区間1～3に分けている。各区間は、120°の電気角に対応している。

10

【0040】

区間1では、U相の相電圧 V_u がV相の相電圧 V_v とW相の相電圧 V_w よりも高くなる。区間2では、V相の相電圧 V_v がU相の相電圧 V_u とW相の相電圧 V_w よりも高くなる。区間3では、W相の相電圧 V_w がU相の相電圧 V_u とV相の相電圧 V_v よりも高くなる。区間に応じて、通電状態を切り替えることで、ECUで回生電力を消費することができる。

【0041】

以下、本実施の形態にかかるモータの制御装置、及び制御方法について、図面を参照して説明する。図5、図8、図10は、モータ制御装置100の構成を示す回路図である。図6、図9、図11は、制御方法を示すフローチャートである。図7は、電流波形、ゲート電圧、発熱量の波形を示す図である。区間1については、図5～7を用いて説明を行う。区間2については、図7～図9を用いて説明を行う。区間3については、図7、図10、図11を用いて説明を行う。

20

【0042】

まず、モータ制御装置100の構成について、図5を用いて説明する。モータ制御装置100は、電源13とインバータ20と電源コンデンサ21とを備えている。モータ11は、上記の通り、三相モータであり、U相、V相、及びW相を備えている。モータ11としては、例えば、ACブラシレスモータを用いることができる。電源13は、充放電可能なバッテリーであり、例えば、リチウムイオン電池等である。電源13は、インバータ20に電源電圧を供給する。なお、電源13とインバータ20の間には、ダイオードなどの整流素子が設けられていてもよい。

30

【0043】

電源コンデンサ21は、電源13と並列に接続されている。すなわち、電源コンデンサ21の一端は、電源13の電源電位（第1の電位）となり、他端はグランド電位（第2の電位）となる。電源コンデンサ21は、モータ11の回生電力により充電される。インバータ20は電源13と、モータ11との間に接続されている。そして、インバータ20は、電源13からのモータ11に供給される駆動電流を制御する。電源13の電源電圧はモニタされている。そして、比較器（不図示）が、電源電圧がしきい値を越えたか否かを判定している。モータ11の各相に流れるモータ電流（相電流ともいう）はモニタされている。モータ11の回転角度（電気角）はモニタされている。

40

【0044】

インバータ20は、スイッチング素子Q1～Q6を備えている。上記の通り、スイッチング素子Q1～Q6は、パワーMOSトランジスタなどのパワー素子である。ここでは、スイッチング素子Q1～Q6は、NMOSトランジスタとして説明するが、NMOSトランジスタの代わりにPMOSトランジスタを用いてもよい。もちろん、MOSトランジスタ以外のトランジスタをスイッチング素子Q1～Q6として用いてもよい。

【0045】

インバータ20は、電源13と並列に接続されている。インバータ20は、電源13とモータ11との間に設けられている。スイッチング素子Q1とスイッチング素子Q2とが

50

電源電圧とグラウンドとの間に直列接続されている。スイッチング素子Q 3とスイッチング素子Q 4とが電源電圧とグラウンドとの間に直列接続されている。スイッチング素子Q 5とスイッチング素子Q 6とが電源電圧とグラウンドとの間に直列接続されている。

【0046】

スイッチング素子Q 1、Q 3、Q 5のドレインが電源1 3の電源電位となっている。スイッチング素子Q 2、Q 4、Q 6のソースが電源1 3のグラウンド電位となっている。スイッチング素子Q 1のソースは、スイッチング素子Q 2のドレインと接続されている。スイッチング素子Q 1のソースとスイッチング素子Q 2のドレインとの間の接続点が、モータ1 1のU相に接続されている。スイッチング素子Q 3のソースとスイッチング素子Q 4のドレインとの間の接続点が、モータ1 1のV相に接続されている。スイッチング素子Q 5のソースとスイッチング素子Q 6のドレインとの間の接続点が、モータ1 1のW相に接続されている。

10

【0047】

電源電位側に設けられたスイッチング素子Q 1、Q 3、Q 5がインバータ2 0の上アーム2 2を構成する。グラウンド電位側に設けられたスイッチング素子Q 2、Q 4、Q 6がインバータ2 0の下アーム2 3を構成する。スイッチング素子Q 1～Q 6のゲート（制御端子）には、マイコン（不図示）などからのPWM制御信号（ゲート電圧）が入力される。PWM制御信号によって、各トランジスタのゲートにオン電圧又はオフ電圧が供給される。ゲートにHレベルのPWM制御信号（オン電圧）が供給されると、スイッチング素子Q 1～Q 6はオンし、ゲートにLレベルのPWM制御信号（オフ電圧）が供給されると、スイッチング素子Q 1～Q 6はオフする。スイッチング素子Q 1～Q 6は独立にオンオフ制御される。

20

【0048】

PWM制御においては、スイッチング素子Q 1、及びスイッチング素子Q 2のオンオフ状態によって、モータ1 1のU相に流れる電流の方向が決まる。スイッチング素子Q 1がオンし、スイッチング素子Q 2がオフすると、電源1 3からの電流がモータ1 1のU相に供給される。スイッチング素子Q 1がオフし、スイッチング素子Q 2がオンすると、モータ1 1のU相の電流がグラウンドに引き込まれる。V相についても同様に、スイッチングQ 3、Q 4のオンオフ状態によって、電流の方向が決まる。W相についても同様に、スイッチングQ 5、Q 6のオンオフ状態によって、電流の方向が決まる。このように、上アーム2 2と下アーム2 3のうち、一方のスイッチング素子がオンし、他方がオフすることで、各相の電流の方向が決まる。なお、各相の電流の向きが変わる場合、上アーム2 2のスイッチング素子と下アーム2 3のスイッチング素子が同時にオフするデッドタイム期間が存在する。これにより、電源電位側からグラウンド電位側に直接電流が流れるのを防ぐことができる。

30

【0049】

以下、モータ制御装置1 0 0の動作について説明する。まず、期間1における動作について図5～図7を用いて説明する。期間1では、U相のモータ電圧がV相、及びW相のモータ電圧よりも高くなっている（図4参照）。まず、回生電力によって電源電圧が上昇する（図6のS 1 1）。そして、電源電圧がしきい値を越えると、下アーム2 3のスイッチング素子Q 2、Q 4、Q 6がオフとなる（S 1 2）。

40

【0050】

スイッチング素子Q 3、Q 5の線形領域にて、モータ電流（ I_u 、 I_v 、 I_w ）を制御する（S 1 3）。線形領域では、スイッチング素子のゲート電圧に対して、抵抗 R_{ON} が線形に変化する。スイッチング素子Q 3、Q 5のゲートにオン電圧とオフ電圧との間に中間電圧が供給される。このように、電源電圧をモニタして、電源電圧としきい値とを比較する。電源電圧がしきい値以上となった場合に、下アーム2 3のスイッチング素子Q 2、Q 4、Q 6をオフするとともに、上アーム2 2のスイッチング素子Q 3、Q 5に中間電圧を供給する。これにより、モータ電流が上アーム2 2のスイッチング素子Q 1、Q 3、Q 5に流れる。すなわち、スイッチング素子Q 3、Q 5に中間電圧を供給することで、 I_v

50

、 I_w を制御することができる。2つの相に流れる電流を制御することで、3相電流を制御することができる。

【0051】

そして、モータ電流 I_v 、 I_w が目標値に対して少ない場合は、スイッチング素子Q3、Q5のゲート電圧 V_{GS} を上げる。一方、モータ電流 I_v 、 I_w が目標値に対して多い場合は、スイッチング素子Q3、Q5のゲート電圧 V_{GS} を下げる(S14)。ただし、ゲート電圧 V_{GS} はオン電圧 V_{ON} 未満となっている。こうすることで、モータ電流 I_v 、 I_w を目標値に近づけることができる。このように、モータ電流をモニタして、期間1では、V相とW相のモータ電流が目標値になるようにゲート電圧 V_{GS} を調整する。

【0052】

図5に示すように、スイッチング素子Q3にて $R \times I_v^2$ が熱として消費され、スイッチング素子Q5にて $R \times I_w^2$ が熱として消費される(S15)。回生電力が熱によって消費され、電源電圧が低下する(S16)。

【0053】

例えば、モータ電流の目標値は、図7に示すように変化している。そして、モータ電流の測定値と目標値とを比較して、ゲート電圧 V_{GS} を図7のように増減させる。すなわち、モータ電流の測定値が目標値となるようにゲート電圧 V_{GS} が制御される。なお、ゲート電圧 V_{GS} は、オン電圧 V_{ON} よりも低くなっている。図5に示すように電源電位側からモータ11に向かって流れるモータ電流 I_v 、 I_w によって、スイッチング素子Q3、Q5が発熱する。スイッチング素子Q3、Q5での発熱量は、図7に示すように電流が高く、ゲート電圧 V_{GS} が低い場合に高くなる。回生電力を消費することができ、モータ電流 I_u によって上昇した電源電圧を低下することができる。

【0054】

次に、期間2の動作について図7～図9説明する。期間2では、V相のモータ電圧がU相、及びW相のモータ電圧よりも高くなっている(図4参照)。まず、回生電力によって電源電圧が上昇する(図9のSS17)。そして、電源電圧がしきい値を越えると、下アーム23のスイッチング素子Q2、Q4、Q6がオフとなる(S18)。

【0055】

スイッチング素子Q1、Q5の線形領域にて、モータ電流(I_u 、 I_v 、 I_w)を制御する(S19)。線形領域では、スイッチング素子のゲート電圧に対して、抵抗 R_{ON} が線形に変化する。スイッチング素子Q1、Q5のゲートにオン電圧とオフ電圧との間に中間電圧が供給される。なお、スイッチング素子Q3は、オン電圧が供給されている。このように、電源電圧をモニタして、電源電圧としきい値とを比較する。電源電圧がしきい値以上となった場合に、下アーム23のスイッチング素子Q2、Q4、Q6をオフするとともに、上アーム22のスイッチング素子Q1、Q5に中間電圧を供給する。これにより、モータ電流が上アーム22のスイッチング素子Q1、Q3、Q5に流れる。

【0056】

そして、モータ電流 I_u 、 I_w が目標値に対して少ない場合は、スイッチング素子Q1、Q5のゲート電圧 V_{GS} を上げる。一方、モータ電流 I_u 、 I_w が目標値に対して多い場合は、スイッチング素子Q1、Q5のゲート電圧 V_{GS} を下げる(S20)。ただし、ゲート電圧 V_{GS} はオン電圧 V_{ON} 未満となっている。こうすることで、モータ電流 I_u 、 I_w を目標値に近づけることができる。このように、モータ電流をモニタして、期間2では、U相とW相のモータ電流が目標値になるようにゲート電圧 V_{GS} を調整する。

【0057】

図8に示すように、スイッチング素子Q1にて $R \times I_u^2$ が熱として消費され、スイッチング素子Q5にて $R \times I_w^2$ が熱として消費される(S21)。従って、回生電力が熱によって消費され、電源電圧が低下する(S22)。

【0058】

例えば、モータ電流の目標値は、図7に示すように変化している。そして、モータ電流の測定値と目標値とを比較して、ゲート電圧 V_{GS} を図7のように増減させる。すなわち

10

20

30

40

50

、モータ電流の測定値が目標値となるようにゲート電圧 V_{GS} が制御される。なお、ゲート電圧 V_{GS} は、オン電圧 V_{ON} よりも低くなっている。図8に示すように電源電位側からモータ11に向かって流れるモータ電流 I_u 、 I_w によって、スイッチング素子Q1、Q5が発熱する。スイッチング素子Q1、Q5での発熱量は、図7に示すように電流が高く、ゲート電圧 V_{GS} が低い場合に高くなる。回生電力を消費することができ、モータ電流 I_v によって上昇した電源電圧を低下することができる。

【0059】

次に、期間3の動作について図7、図10、図11説明する。期間3では、W相のモータ電圧がU相、及びV相のモータ電圧よりも高くなっている（図4参照）。まず、回生電力によって電源電圧が上昇する（図11のS23）。そして、電源電圧がしきい値を越え

10

【0060】

スイッチング素子Q1、Q3の線形領域にて、モータ電流（ I_u 、 I_v 、 I_w ）を制御する（S25）。線形領域では、スイッチング素子のゲート電圧に対して、抵抗 R_{ON} が線形に変化する。スイッチング素子Q1、Q3のゲートにオン電圧とオフ電圧との間に中間電圧が供給される。なお、スイッチング素子Q5は、オン電圧が供給されている。このように、電源電圧をモニタして、電源電圧としきい値とを比較する。電源電圧がしきい値以上となった場合に、下アーム23のスイッチング素子Q2、Q4、Q6をオフするとともに、上アーム22のスイッチング素子Q1、Q5に中間電圧を供給する。これにより、

20

【0061】

そして、モータ電流 I_u 、 I_v が目標値に対して少ない場合は、スイッチング素子Q1、Q3のゲート電圧 V_{GS} を上げる。一方、モータ電流 I_u 、 I_v が目標値に対して多い場合は、スイッチング素子Q1、Q3のゲート電圧 V_{GS} を下げる（S26）。ただし、ゲート電圧 V_{GS} はオン電圧 V_{ON} 未満となっている。こうすることで、モータ電流 I_u 、 I_v を目標値に近づけることができる。このように、モータ電流をモニタして、期間3では、U相とV相のモータ電流が目標値になるようにゲート電圧 V_{GS} を調整する。

【0062】

図10に示すように、スイッチング素子Q1にて $R \times I_u^2$ が熱として消費され、スイッチング素子Q3にて $R \times I_v^2$ が熱として消費される（S27）。従って、回生電力が熱によって消費され、電源電圧が低下する（S28）。

30

【0063】

例えば、モータ電流の目標値は、図7に示すように変化している。そして、モータ電流の測定値と目標値とを比較して、ゲート電圧 V_{GS} を図7のように増減させる。すなわち、モータ電流の測定値が目標値となるようにゲート電圧 V_{GS} が制御される。なお、ゲート電圧 V_{GS} は、オン電圧 V_{ON} よりも低くなっている。図10に示すように電源電位側からモータ11に向かって流れるモータ電流 I_u 、 I_v によって、スイッチング素子Q1、Q3が発熱する。スイッチング素子Q1、Q5での発熱量は、図7に示すように電流が高く、ゲート電圧 V_{GS} が低い場合に高くなる。回生電力を消費することができ、モータ電流 I_v によって上昇した電源電圧を低下することができる。

40

【0064】

このように、本実施の形態では、PWM制御によりモータ11を駆動する場合において、回生電力が電源コンデンサ21に蓄積して、電源電圧がしきい値電圧以上となると、上アームのスイッチング素子に中間電圧をゲート電圧として供給している。そして、モータ電流の目標値に応じてゲート電圧を調整している。例えば、目標値は矩形制御やベクトル制御に基づいて求めることができる。これにより、モータ11を所望の回転速度、例えば、一定速度で回転させることができる。回生電力によって電源電圧がしきい値を越えると、スイッチング素子にオン電圧とオフ電圧の間の中間電圧が供給される。

【0065】

50

さらに、モータ制御装置 100 が、スイッチング素子の線形領域を利用した電流制御を行っている。すなわち、目標値となるようにゲート電圧が線形領域内で増減している。このようにすることで、モータ 11 の各相に目標電流を供給することができる。スイッチング素子にアーム電流を通電することができるため、効率よく回生電力を消費することができる。上アーム 22 のスイッチング素子で、熱として消費されるため、電源電圧の上昇を防ぐことができる。

【0066】

さらに、モータ 11 の電気角に応じて、ゲート電圧を制御するスイッチング素子を切替えている。すなわち、上アーム 22 において、相電圧が最も高くなる相ではスイッチング素子をオンし、残りの 2 つの相において、スイッチング素子のゲート電圧を調整している。オン電圧よりも低いゲート電圧を供給した場合、オン電圧を供給した場合よりも抵抗が高くなる。これにより、回生電力の消費を大きくすることができ、電源電圧を速やかに下降させることができる。

10

【0067】

また、本実施の形態にかかるモータ制御装置 100 は、回生電力を電源 13 に蓄積する構成（図 19 参照）とはなっていないため、電池充電状態に依存しない回生が可能となる。さらに、充電制御用のシステムが不要となり、低コスト化を図ることができる。

【0068】

本実施の形態にかかるモータ制御装置 100 は、回生抵抗 12 で回生電力を消費する構成（図 20 参照）となっていないため、回生抵抗 12 を設ける必要がなくなる。よって、追加ハードにより、ECU 42 のスペースを圧迫するのを防ぐことができる。さらに、発熱するスイッチング素子 Q1～Q6 を有するインバータ 20 は、通常、ECU 42（図 16 参照）の筐体と強固に熱結合している。よって、放熱のために、新たな部材を設ける必要がなくなる。これにより、コスト上昇を防ぐことができる。

20

【0069】

また、本実施の形態にかかるモータ制御装置 100 は、モータ 11 で回生電力を消費する構成（図 21 参照）とはなっていない。したがって、モータ 11 を熱管理するための温度センサなどが不要となる。これにより、コスト上昇を防ぐことができる。

【0070】

（構成例 1）

30

上記したモータ制御装置の構成の一例を図 12 に示す。図 12 は、モータ制御装置 101 の構成を示す回路図である。図 12 のモータ制御装置 101 は、電源 13、インバータ 20、及び電源コンデンサ 21 を備えている。電源 13、インバータ 20、及び電源コンデンサ 21 の構成、及び動作は、上記と同様であるため、説明を省略する。モータ制御装置 101 は、マイコン 30、切替え制御器 31、比較器 32、アンプ 34、切替えスイッチ 35、電流センサ 38、及び角度センサ 39 を備えている。

【0071】

マイコン 30 は、マイコン 30 は、スイッチング素子 Q1～Q6 に供給される PWM 制御信号（図 12 中の矩形パルス）をそれぞれ生成する。マイコンは、モータ指令値に基づいて、PWM 制御信号を生成する。例えば、マイコン 30 からの PWM 制御信号は、切替えスイッチ 35 を介して、アンプ 34 に入力される。アンプ 34 はスイッチング素子 Q1～Q6 毎に設けられている。アンプ 34 で増幅された PWM 制御信号は、スイッチング素子 Q1～Q6 に入力される。これにより、スイッチング素子 Q1～Q6 が PWM 制御信号によって、独立にオンオフ制御される。すなわち、モータ 11 が PWM 動作によって駆動する。

40

【0072】

さらに、マイコン 30 は、上記のように、線形領域内においてゲート電圧を調整するためのゲート信号をスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に出力する。スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 とマイコン 30 との間には、切替えスイッチ 35 が設けられている。切替えスイッチ 35 は、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に出力信号を切替えている。すなわ

50

ち、切替えスイッチ 35 は、PWM 制御信号又はゲート信号をスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に出力する。

【0073】

電源 13 の電源電圧は比較器 32 に入力されている。さらに、比較器 32 には、しきい値が入力されている。比較器 32 はしきい値と電源電圧を比較して、その比較結果を切替え制御器 31 に出力する。すなわち、比較器 32 は電源電圧がしきい値を越えたことを検出する。そして、比較器 32 は、電源電圧がしきい値を越えたこと示す比較信号を切替え制御器 31、及びマイコン 30 に出力する。

【0074】

切替え制御器 31 は、比較器 32 からの比較信号に基づいて、切替えスイッチ 35 に切替え信号を出力する。したがって、電源電圧がしきい値を越えた場合に、切替えスイッチ 35 は、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 のうちの 1 つにオン電圧を供給し、残りの 2 つの中間電圧を供給する。電源電圧がしきい値を越えた場合に、マイコン 30 は、スイッチング素子 Q2、Q4、Q6 がオフするような PWM 制御信号を出力する。

【0075】

モータ 11 の各相には、モータ電流を検出する電流センサ 38 が設けられている。電流センサ 38 は検出したモータ電流をマイコン 30 に出力する。また、モータ 11 にはエンコーダなどの角度センサ 39 が設けられている。角度センサ 39 は検出したモータ角度（電気角）をマイコン 30 に出力する。

【0076】

マイコン 30 は、電流センサ 38 で検出したモータ電流が目標値になるようにゲート信号を出力する。こうすることで、スイッチング素子のゲート電圧を調整することが可能になる。なお、マイコン 30 は、PWM 制御信号に基づいて目標値を算出する。目標値と電流センサ 38 との測定値とに基づいて、ゲート電圧を調整する。すなわち、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に対して、目標値と電流値との差分に基づくゲート信号を出力して、ゲート電圧を調整する。

【0077】

マイコン 30 は、角度センサ 39 で検出した角度に応じて、ゲート電圧を調整するスイッチング素子を決定する。すなわち、区間 1 の場合、マイコン 30 及び切替え制御器 31 は、スイッチング素子 Q1 にオン電圧を供給して、スイッチング素子 Q3、Q5 のゲート電圧を調整する。区間 2 の場合、マイコン 30 及び切替え制御器 31 は、スイッチング素子 Q3 にオン電圧を供給して、スイッチング素子 Q1、Q5 のゲート電圧を調整する。区間 3 の場合、マイコン 30 及び切替え制御器 31 は、スイッチング素子 Q5 にオン電圧を供給して、スイッチング素子 Q1、Q3 のゲート電圧を調整する。

【0078】

角度センサ 39 で検出されたモータの角度に応じて、オン電圧とオフ電圧との間の電圧を供給するスイッチング素子を切替える。これにより、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 のうち、2 つのスイッチング素子のゲート電圧が中間電圧となる。よって、2 つのスイッチング素子が発熱し、効率よく回生電力を消費することができる。

【0079】

マイコン 30、比較器 32 からの比較信号及び角度センサ 39 からの角度に応じて切替え制御器 31 を制御する。具体的には、電源電圧がしきい値を越えた場合に、上アーム 22 の一部のスイッチング素子については、切替えスイッチ 35 が中間電圧を出力する。具体的には、電源電圧がしきい値を越えた場合に、上アーム 22 の 2 つのスイッチング素子のゲート電圧を調整する。また、電源電圧がしきい値を越えた場合に、マイコン 30 は、下アーム 23 のスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 には、オフ電圧を供給する。電源電圧がしきい値を越えていない場合に、切替えスイッチ 35 が PWM 制御信号を出力する。

【0080】

こうすることで、中間電圧が供給された 2 つのスイッチング素子に電源コンデンサ 21 からの電流が流れるため、回生電力をスイッチング素子で消費することができる。また、

10

20

30

40

50

よって、図 19 に示したように回生領域を適切に拡大することができる。目標値に応じた電流をスイッチング素子に流すことができるため、モータ 11 の回転速度を制御することができる。すなわち、モータ 11 を所望の回転角度で回転するように、マイコン 30 が目標値を設定している。

【0081】

(構成例 2)

次に、モータ制御装置の第 2 の構成例について、図 13 を参照して説明する。図 13 は、モータ制御装置 102 の構成を示す回路図である。構成例 1 では、デジタル処理によって切替えスイッチ 35 を切替えていたが、構成例 2 ではアナログ回路によって切替えスイッチ 35 を切替えている。なお、モータ制御装置 102 の基本的構成は、構成例 1 のモータ制御装置 101 と同様であるため、適宜説明を省略する。

10

【0082】

構成例 2 では、切替え制御器として、AND 回路 37 が設けられている。AND 回路 37 は、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に対して設けられている。AND 回路 37 には、PWM 制御信号が入力されている。比較器 32 には、電源電圧が入力されている。また、比較器 32 には、抵抗分割によってしきい値が入力されている。比較器 32 は、電源電圧としきい値との比較結果を示す比較信号を AND 回路 37 に出力する。そして、AND 回路 37 は比較器からの比較信号と PWM 制御信号の反転信号の AND を取って、切替えスイッチ 35 に切替え信号として出力する。こうすることで、構成例 1 と同様のタイミングで、切替えスイッチ 35 が切り替わる。

20

【0083】

例えば、電源電圧がしきい値を越えた場合に、マイコン 30 は、スイッチング素子 Q2、Q4、Q6 がオフ電圧となる PWM 制御信号を出力する。電源電圧がしきい値を越えた場合に、マイコン 30 は、区間に応じて H レベルと L レベルが切り替わる PWM 制御信号をスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 に出力する。区間 1 において、スイッチング素子 Q1 に対する PWM 制御信号が H レベルとなり、スイッチング素子 Q3、Q5 に対する PWM 制御信号が L レベルとなる。よって、スイッチング素子 Q1 にオン電圧となり、スイッチング素子 Q3、Q5 にゲート信号が供給される。区間 2 において、スイッチング素子 Q3 に対する PWM 制御信号が H レベルとなり、スイッチング素子 Q1、Q5 に対する PWM 制御信号が L レベルとなる。よって、スイッチング素子 Q3 にオン電圧となり、スイッチング素子 Q1、Q5 にゲート信号が供給される。区間 3 において、スイッチング素子 Q5 に対する PWM 制御信号が H レベルとなり、スイッチング素子 Q1、Q3 に対する PWM 制御信号が L レベルとなる。よって、スイッチング素子 Q5 にオン電圧となり、スイッチング素子 Q1、Q3 にゲート信号が供給される。したがって、上記したモータ制御を実現することができる。

30

【0084】

上記の説明では、電源電圧がしきい値を越えると、下アーム 23 のスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 をオフしている。このため、上アーム 22 のスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 のゲート電圧を調整するだけで、回生電力を消費することができる。よって装置構成を簡素化することができる。さらに、下アーム 23 のスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 をオフして、上アーム 22 のスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 のゲート電圧を調整している。

40

【0085】

あるいは、上アーム 22 のスイッチング素子 Q1、Q3、Q5 ではなく、モータ制御装置が、下アームのスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 を制御してもよい。すなわち、スイッチング素子 Q1、Q3、Q5 をオフして、中間電圧が供給されるスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 を電角に応じて切り替えるようにしてもよい。

【0086】

さらには、電源電圧がしきい値を越えた場合、上アーム 22 のスイッチング素子 Q1、Q3、Q5、及び下アーム 23 のスイッチング素子 Q2、Q4、Q6 についてもゲート電

50

圧を調整してもよい。この場合も、上アーム 2 2 と同様に、期間に応じて、中間電圧を供給するスイッチング素子を切替えればよい。

【0087】

上記したモータ制御装置 100～102 は、ロボットの関節に設けられたモータ 11 の制御に好適である。例えば、図 16 に示すロボット 43 においては、モータ制御装置が ECU 42 に搭載されている。すなわち、電源（バッテリー）13、インバータ 20、及び電源コンデンサ 21 等は、ロボット 43 に搭載されている。そして、モータ 11 がロボット 43 の各関節のアクチュエータ 41 として設けられている。モータ 11 が動作することで、アーム機構 40 が駆動される。本実施形態の制御方法によれば、モータ 11 の回生領域を広げることが可能にあるため、瞬時領域を拡大することができる。よって、瞬間的に大出力でモータ 11 が動作することができるため、ロボット 43 の制御に好適である。

10

【0088】

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

【符号の説明】

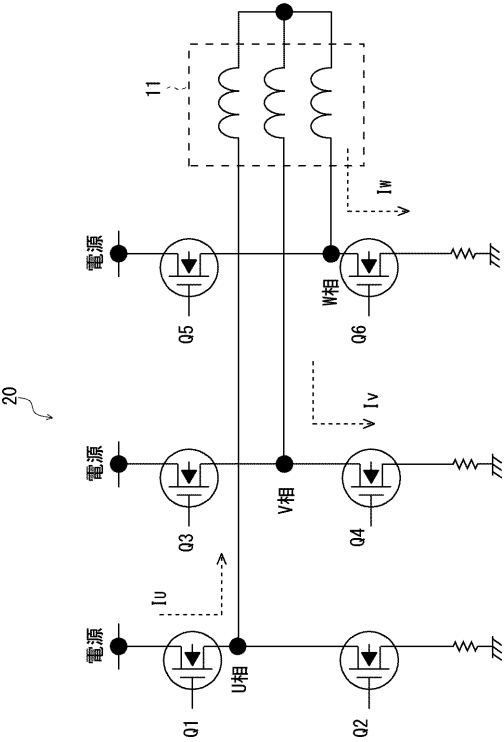
【0089】

- 11 モータ
- 12 回生抵抗
- 13 電池
- 20 インバータ
- 21 電源コンデンサ
- 22 上アーム
- 23 下アーム
- 30 マイコン
- 31 切替え制御器
- 32 比較器
- 34 アンプ
- 35 切替えスイッチ
- 40 アーム機構
- 41 アクチュエータ
- 42 ECU
- 43 ロボット
- Q1～Q6 スwitchング素子

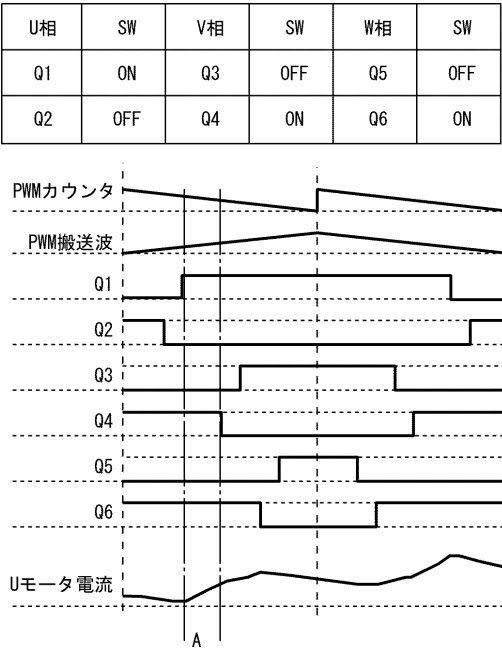
20

30

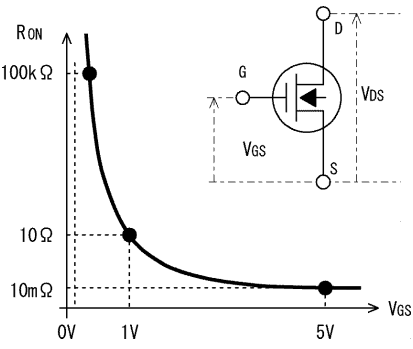
【図 1】



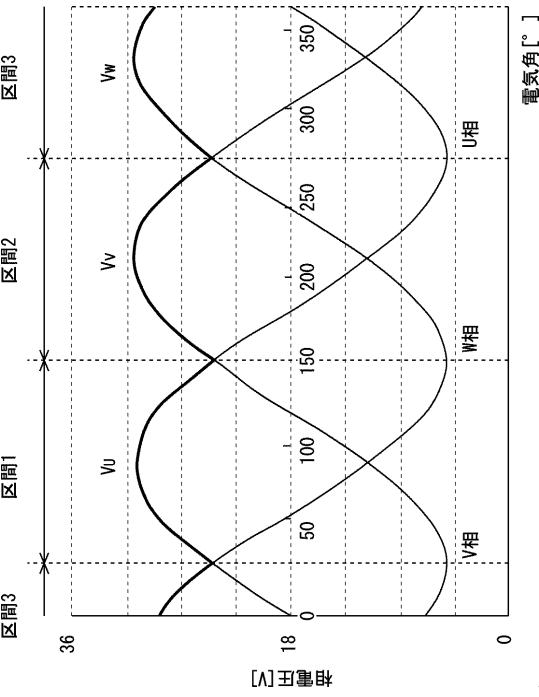
【図 2】



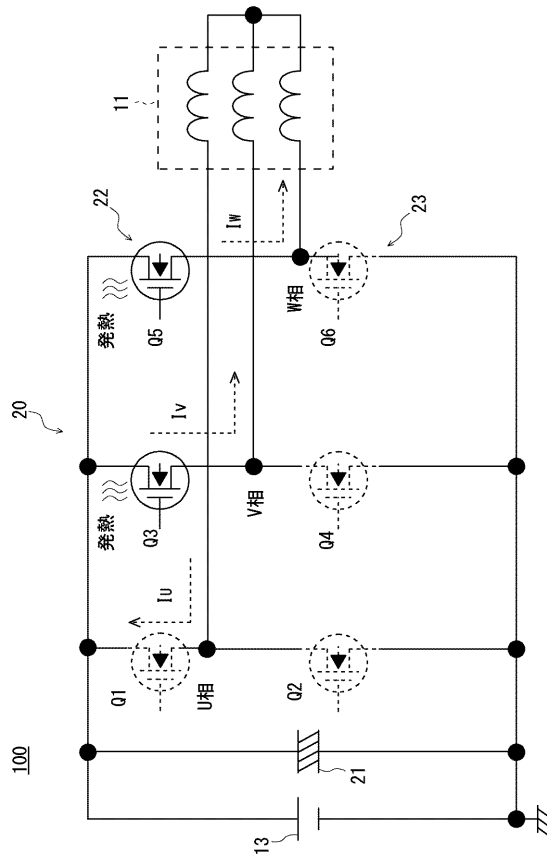
【図 3】



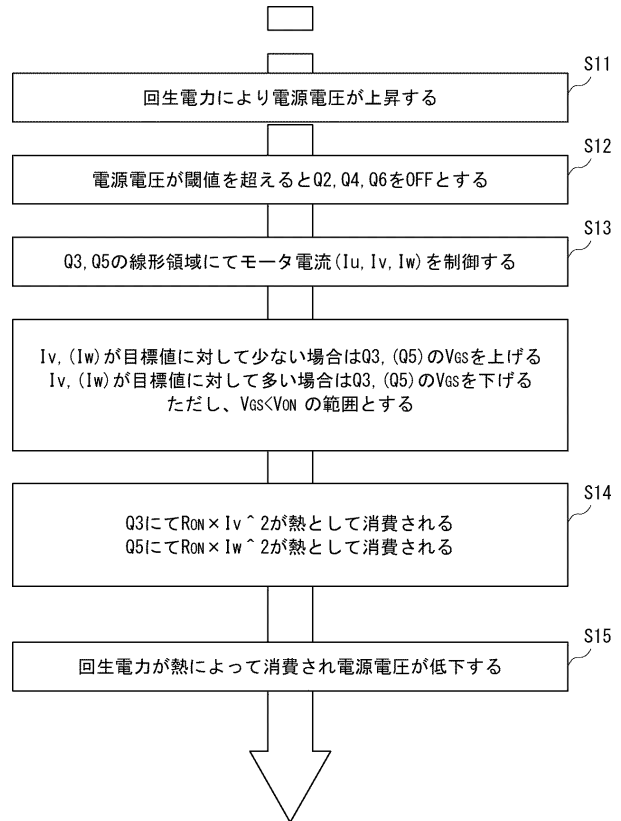
【図 4】



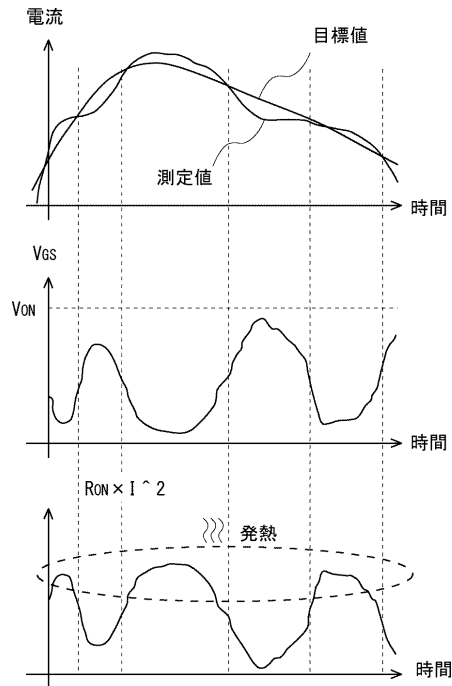
【図 5】



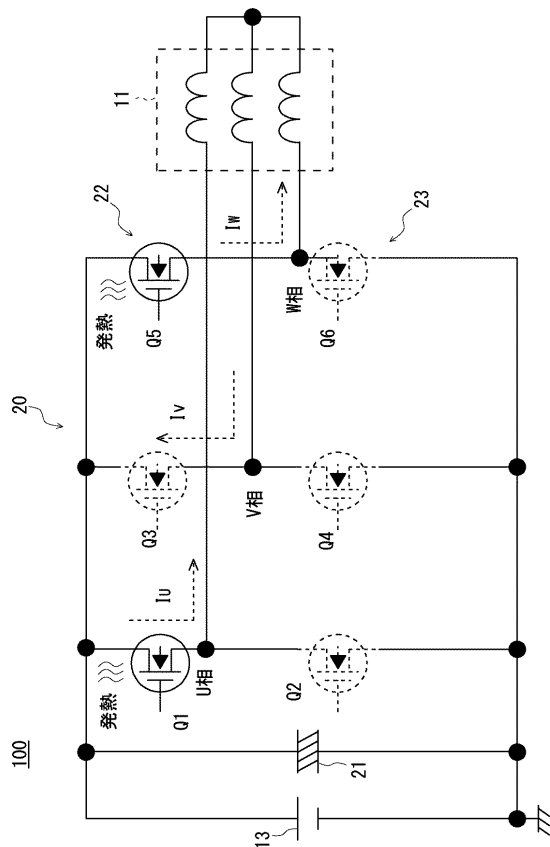
【図 6】



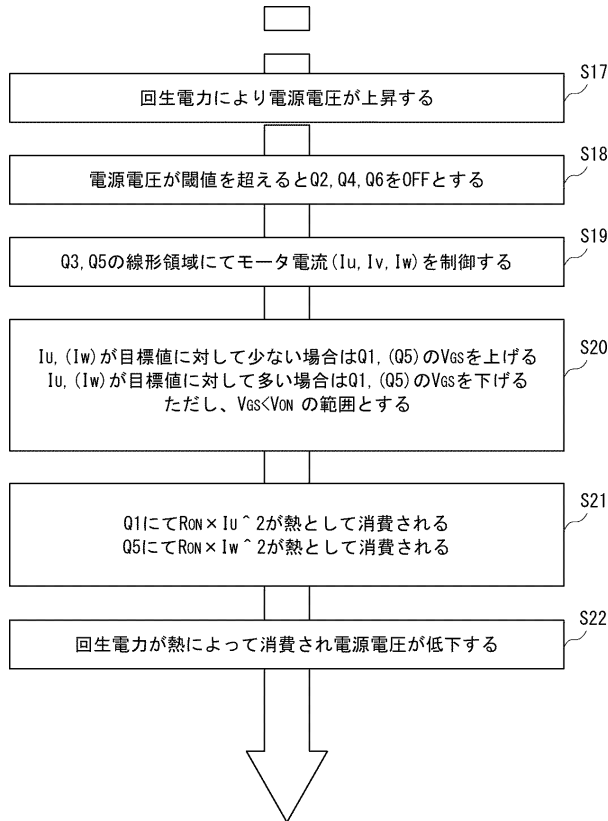
【図 7】



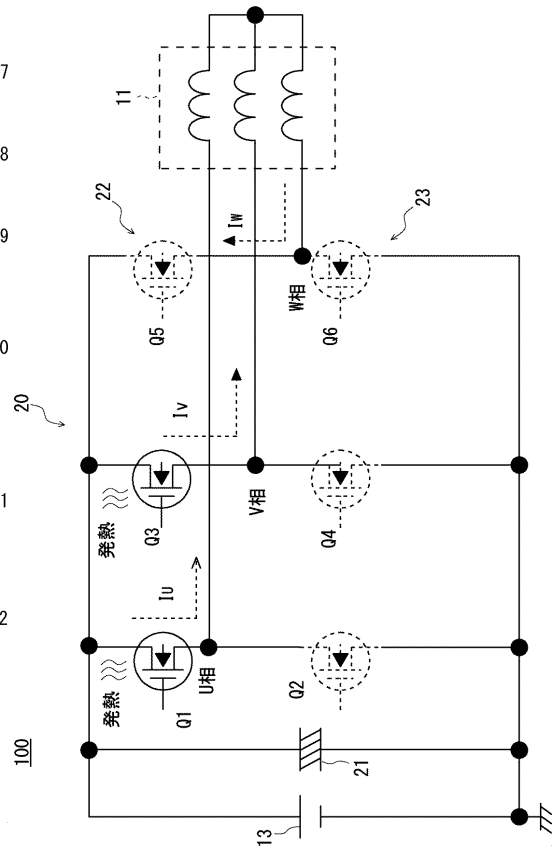
【図 8】



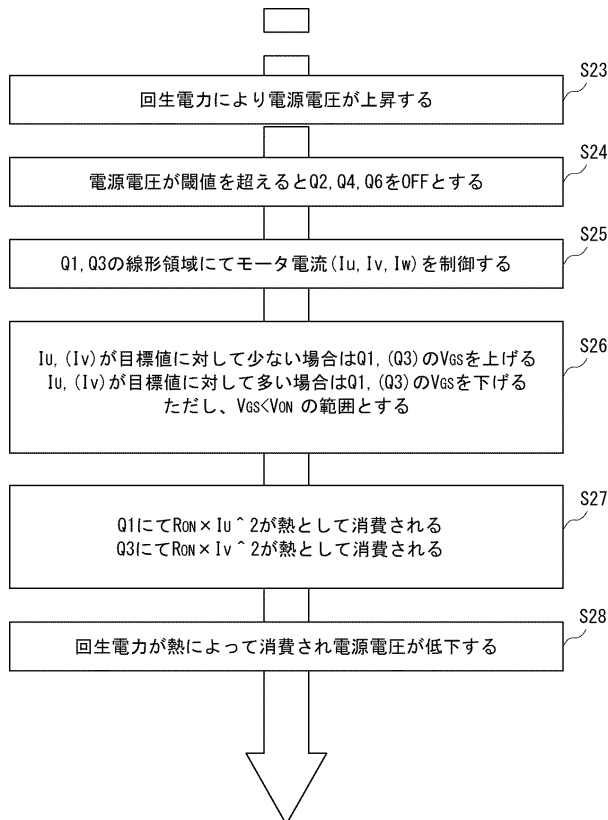
【図 9】



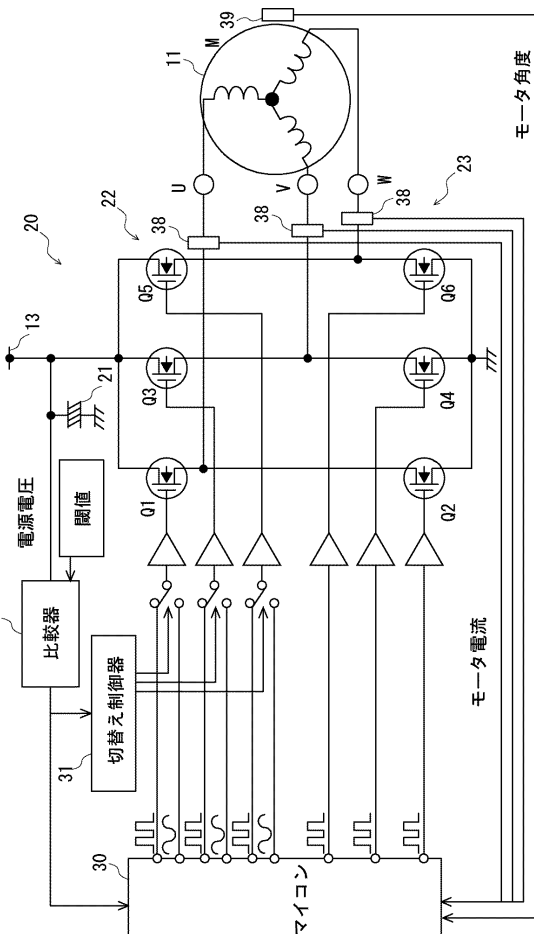
【図 10】



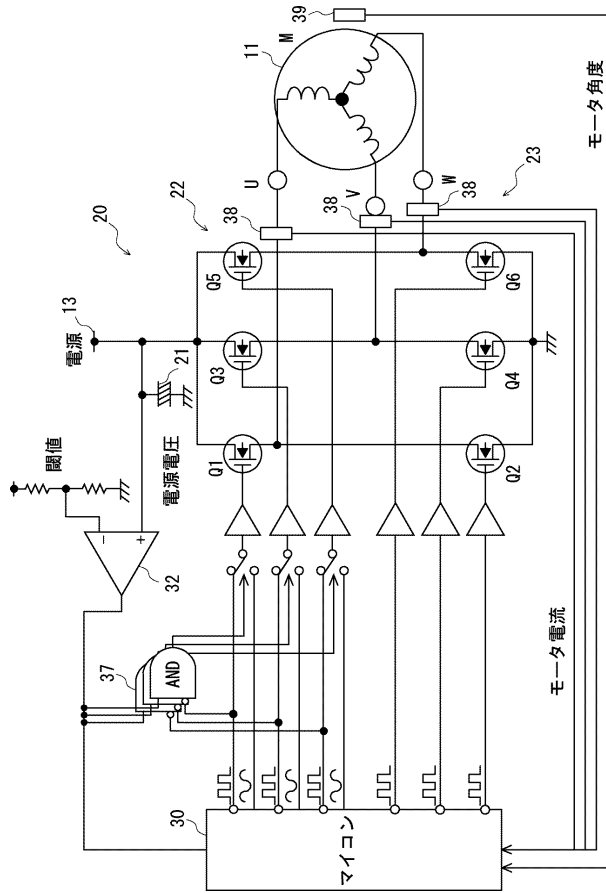
【図 11】



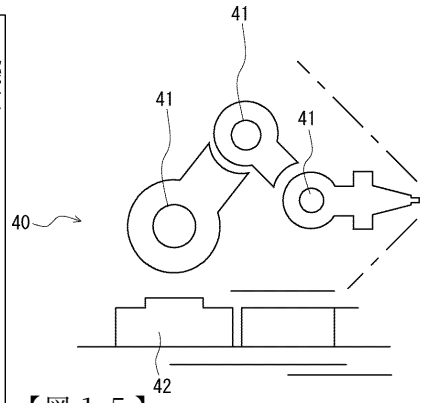
【図 12】



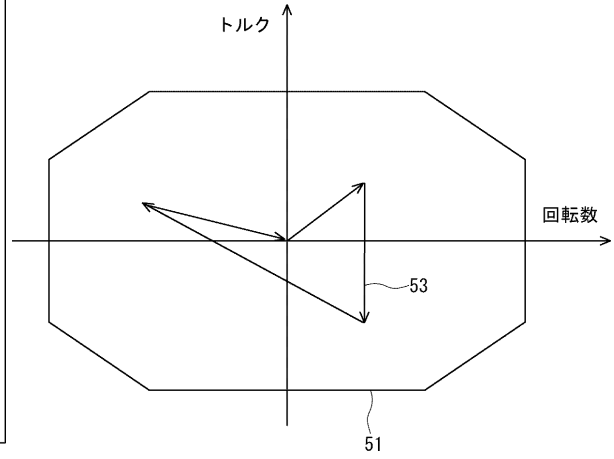
【図 13】



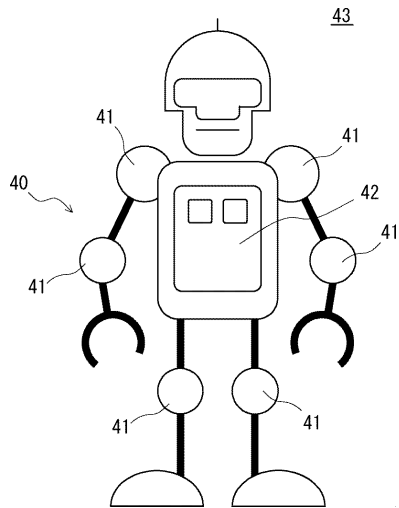
【図 14】



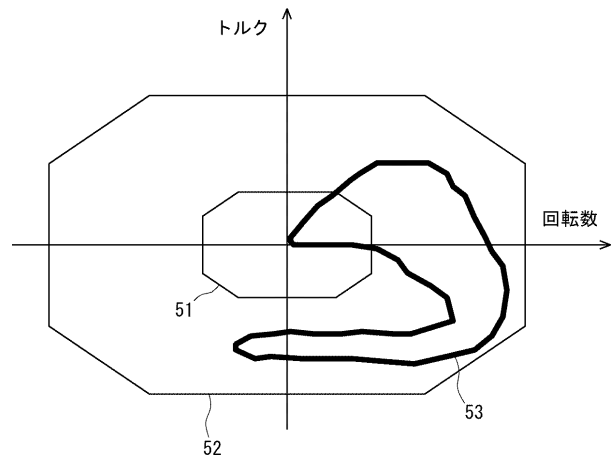
【図 15】



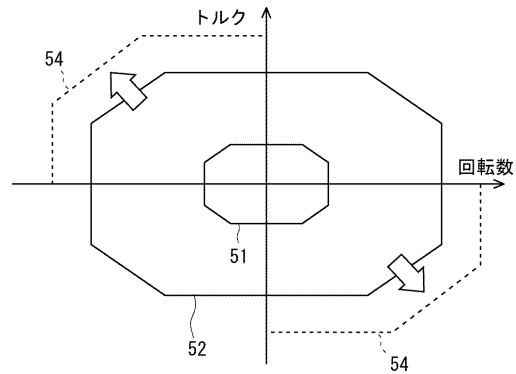
【図 16】



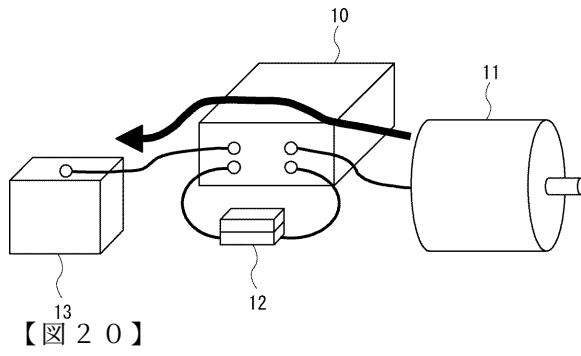
【図 17】



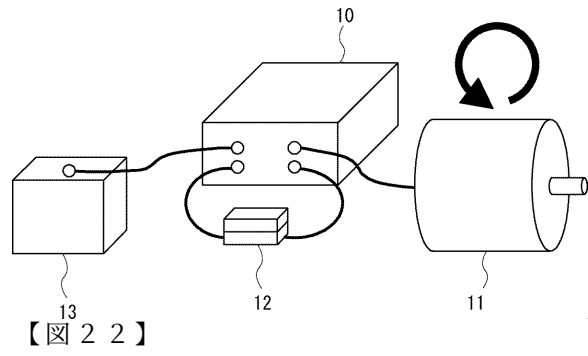
【図 18】



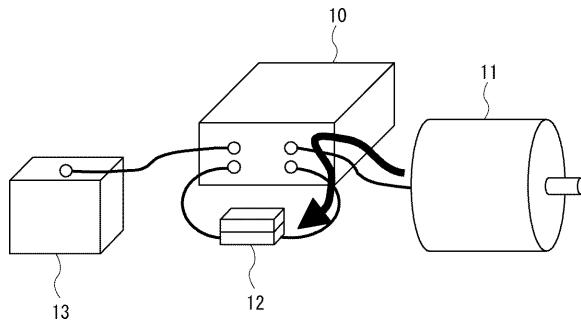
【図 19】



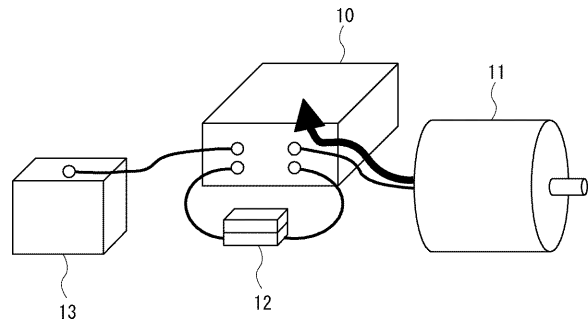
【図 21】



【図 20】



【図 22】



フロントページの続き

(72)発明者 奥松 美宏

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 尾家 英樹

(56)参考文献 特開2009-022060 (JP, A)

特開2004-112877 (JP, A)

特開2011-205746 (JP, A)

特開2002-017098 (JP, A)

特開2006-074841 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 3/00- 3/26

H02P 21/00- 31/00