

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4052075号
(P4052075)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

(51) Int.Cl. F1
H02P 25/08 (2006.01) H02P 7/00 501

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-272192 (P2002-272192)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成14年9月18日 (2002.9.18)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2004-112914 (P2004-112914A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成16年4月8日 (2004.4.8)	(74) 代理人	100086450
審査請求日	平成17年6月24日 (2005.6.24)		弁理士 菊谷 公男
		(74) 代理人	100077779
			弁理士 牧 哲郎
		(74) 代理人	100078260
			弁理士 牧 レイ子
		(72) 発明者	谷本 勉
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	初田 匡之
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SRモータの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

SRモータの固定子の突極に巻回された巻線の電流を制御するスイッチング素子と、回転子の回転位置を検出する回転位置検出手段とを備え、前記検出された回転子の回転位置に基づいて、前記スイッチング素子を制御し、電流を流す前記巻線を相ごとに順次に切り替えて制御するSRモータの制御装置において、
 所定相の前記巻線の電流を検出する電流検出手段を有し、
 前記回転子の回転位置に基づいて、前記巻線が非通電期間であることを検出する非通電期間検出手段と、
 前記検出された非通電期間中で、前記電流検出手段の検出値をサンプリングし、サンプリング値を当該電流検出手段のオフセット値とするオフセット値検出手段とを設けたことを特徴とするSRモータの制御装置。

10

【請求項2】

さらに、非通電期間の時間がサンプリング可能時間より短い場合に、前記スイッチング素子に出力される制御指令値をゼロにして非通電期間を設定する非通電期間設定手段を有し、
 前記オフセット値検出手段は、前記非通電期間設定手段で非通電期間が設定されたときは、当該設定された非通電期間中で、前記電流検出手段の検出値をサンプリングすることを特徴とする請求項1記載のSRモータの制御装置。

【請求項3】

20

前記設定された非通電期間は、電気角で360度以下とすることを特徴とする請求項2記載のSRモータの制御装置。

【請求項4】

前記非通電期間の設定は、各相で所定の電気角周期数相当の時間をずらして行われるものとすることを特徴とする請求項2または3記載のSRモータの制御装置。

【請求項5】

前記オフセット値検出手段は、電気角周期ごとにタイミングを変更してオフセット値を検出ようになっていないことを特徴とする請求項1から4のいずれか1に記載のSRモータの制御装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、スイッチド・リラクタンス・モータ(SRモータ)の制御装置に関し、とくに電流制御に用いられる電流センサのオフセット値を検出するものに関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献1】

特開平07-271445号公報

【特許文献2】

特開2000-23490号公報

20

電動機の制御において、回転速度または出力トルクを回転速度指令値または出力トルク指令値に追従させるために、それらの指令値を一旦、巻線電流指令値に変換し、この巻線電流指令値と電流センサによって検知した巻線電流値とを比較して電流フィードバック制御が行われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このようなフィードバック制御を行うにあたっては、電流センサが巻線電流を正確に検出する必要があるため、電流センサの検出値にオフセットがあると、正確な制御が行われず、出力にトルクリップルが発生することになる。

またオフセット値について補正を行っても、運転中の温度変化などにより電流センサのオフセット値が変化した場合は、補正値がそれにしたがって変化しないとずれが生ずる。その結果、所望のトルクを発生できなかつたり、また各相のオフセット値が適切でないことに起因してトルクリップルが生じたりすることがあった。

30

【0004】

このオフセット値の補正について、例えば特開平07-271445号公報には、オフセット値の変化にしたがって補正する方法が開示されているが、補正のタイミングはモータ速度及びモータ電流が零の場合に限られているので、連続運転中におけるオフセット変化には対応できない。

また特開2000-23490号公報記載のものでは、電動機を制御するためのPWM信号を出力していないときの電流センサの出力値をオフセット値として補正しており、オフセット値補正のタイミングはモータ速度が零である必要はなくなるが、トルク出力中ではオフセット値補正をすることができない。

40

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、SRモータにおいて、連続運転中であっても電流センサのオフセット値を検出可能とするSRモータの制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

このため、本発明は、SRモータの固定子の突極に巻回された巻線の電流を制御するスイッチング素子と、回転子の回転位置を検出する回転位置検出手段とを備え、前記検出された回転子の回転位置に基づいて、前記スイッチング素子を制御し、電流を流す前記巻線を

50

相ごとに順次に切り替えて制御するSRモータの制御装置において、所定相の前記巻線の電流を検出する電流検出手段を有し、この電流検出手段のオフセット値を検出するために、非通電期間検出手段が、回転子の回転位置に基づいて、巻線が非通電期間であることを検出し、オフセット値検出手段は、非通電期間中で、電流検出手段の検出値をサンプリングし、サンプリング値を当該電流検出手段のオフセット値として検出する。

【0006】

【発明の効果】

本発明によれば、SRモータにおいて、巻線の非通電期間中で、電流検出手段の検出値をサンプリングし、サンプリング値をオフセット値として検出するから、運転を停止する必要がなくまたトルク出力中でも、オフセット値の検出が可能で、検出されたオフセット値に基づいて電流検出手段の検出値を補正すれば、SRモータの出力トルク精度が向上し、またトルクリップルが低減できる効果が得られる。

【0007】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例により説明する。

図1は、本実施例に用いられるSRモータの構成を示す図である。

内周面に6つの突極4(4a、4b、4c)が均等に形成された固定子1の内部に、回転子2が回転可能に配置され、各突極4に巻線3(3a、3b、3c)が巻回されている。巻線3は、対向する突極を1相として、各相に同じ電流が流れるように、対向する突極の巻線3が互いに接続されている。すなわち、対向する突極4a同士の巻線3a、突極4b同士の巻線3b、突極4c同士の巻線3cが互いに一端接続されるようになっている。回転子2の回転位置に応じて、各相の巻線3a、3b、3cに、順次に通電することによって、回転子2の突極を吸引してモータ駆動が行われる。

【0008】

回転子2は、突極4aの中央位置P1を電気角ゼロとした場合、隣である突極4bと突極4cの中間位置P2にきたときに、電気角360度で1周期となり、この周期にしたがって相ごとに通電する巻線が切り替えられて回転子2が回転する。

【0009】

図2は、上記SRモータの制御装置の構成を示す図である。ここでは、1相のみを示すが、ほかの2相も同じ構成である。

SRモータの回転子2の回転位置を検出する回転位置検出部70が設けられている。回転位置検出部70は、例えばレゾルバやロータリエンコーダのようなロータ角度センサが用いられ、その検出値が、制御部10に出力される。制御部10では、検出値に応じて、巻線3に電圧を印加するタイミングを図り、必要なトルクを発生するように巻線3に流すモータ電流を演算する。演算されたモータ電流の電流指令値 I^* が比較制御部20に出力される。比較制御部20では、電流指令値 I^* と、電流センサ30によって検出された電流値 I_s とにより制御信号を作成する。

巻線3の両端が、スイッチング素子SW1、SW2を介して電源Vdcとグラウンドにそれぞれ接続され、制御信号がスイッチング素子SW1、SW2に出力されることによって、巻線3が通電される。

【0010】

比較制御部20における電流制御は、以下のものである。通電期間中に、検出された電流値 I_s がゼロから立ち上がる領域では、電流指令値 I^* と検出された電流値 I_s との比較の結果が $I^* > I_s$ であり、制御信号が出力されスイッチング素子SW1とSW2とがオンとなることによって巻線3に流れる電流が増加する。次に、検出された電流値 I_s が電流指令値 I^* に達して $I^* = I_s$ となったとき、電流指令値 I^* がゼロとなり、スイッチング素子SW1とSW2の両方がオフとなることによって電流は減少する。そして次に、検出された電流 I_s が電流指令値 I^* よりヒステリシス幅 I_{hys} の分だけ小さい $I^* - I_{hys} > I_s$ となると、再度制御信号が出力され、スイッチ素子SW1とSW2がオンされ電流が増加する。この繰り返しの結果、巻線3に流れる電流 I は、電

10

20

30

40

50

流指令値 I^* 対応した微小のヒステリシスのある一定電流に制御される。

【 0 0 1 1 】

図 3 は、電流指令値 I^* 、巻線に実際に流れるモータ電流 I および電流センサの検出値の波形を示す図である。

図中、インダクタンスは、回転子 2 の回転によって巻線 3 のインダクタンスの変化を示し、その周期は電気角周期と同じである。

巻線 3 に加えられるモータ電圧はプラス、マイナスの両方向に向くパルスになっている。巻線 3 に流れるモータ電流 I は、電流指令値 I^* とほぼ同じ形状で変化するが、電流指令値 I^* が零となり、スイッチング素子 $SW1$ 、 $SW2$ がオフとなった後も、巻線 3 の両端に接続されたダイオード 1 2 によって電源に回生電流を発生するから、指令値 I^* よりは伸びている。この伸びは、モータの回転速度が大きくなるにしたがって増大する。したがって、巻線 3 の非通電期間の時間は、指令値 I^* が休止する時間より短い。モータを中低速で回転することにより、非通電期間が確保される。

【 0 0 1 2 】

比較制御部 2 0 における電流制御では、巻線に流れるモータ電流を正確に検出する必要がある。しかし、温度の変化などで電流センサ 3 0 にオフセット値が存在する。この場合、図 3 に示すように、電流検出値 I_s は、実際の電流 I にオフセット値 I_{os} を加えた検出値となっている。このオフセット値 I_{os} を検出するには、巻線 3 が非通電期間中の電流センサ 3 0 の検出値を検出すればよい。

このオフセット値を検出し補正するために、図 2 に示すように、オフセット値検出部 5 0、非通電期間検出部 4 0、記憶部 6 0 が設けられ、電流センサ 3 0 の検出値がオフセット値検出部 5 0 にも出力されるようになっている。

非通電期間検出部 4 0 は、回転位置検出部 7 0 で検出した回転子 2 の位置によって、非通電期間を検出し、オフセット値検出部 5 0 は、非通電期間中で、電流センサ 3 0 の検出値をサンプリングし、サンプリング値をオフセット値 I_{os} として記憶部 6 0 に記憶する。比較制御部 2 0 は、電流センサ 3 0 の検出値 I_s からオフセット値 I_{os} を差し引いた電流値を巻線の電流として、前述の電流制御を行う。

【 0 0 1 3 】

オフセット値の検出タイミングは、非通電期間中であればよいが、本実施例では、電気角の周期ごとに、時間をずらすようにしている。

これは、周期的に巻線に重畳されるノイズの原因は主にインバータ素子のスイッチングノイズであり、このノイズは、モータが一定速度、一定トルクで定常運転している場合には、電気角で毎周期同じ位置にモータ電流に重畳される可能性があるからである。電流センサ 3 0 の検出値をサンプリングするタイミングを周期ごとにずらすことによって、周期的にモータ電流に重畳されるノイズによるサンプリング値の誤りを回避することができる。

【 0 0 1 4 】

図 4 は、検出タイミングの変更の説明図である。

ここで、巻線 3 に電源電圧 V_{dc} を印加し、通電を始めるときの回転子 2 の角度を θ_{on} とする。また、回転位置検出部 7 0 が検出できる角度の最小単位を $\Delta\theta$ とする。

電流センサ 3 0 の検出値をサンプリングする時の回転子角度を θ_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) とすると、電気角で最初の 1 周期は、 $\theta_1 = \theta_{on} - \Delta\theta$ の角度で電流センサの検出値をサンプリングする。次の 1 周期では $\theta_2 = \theta_{on} - 2\Delta\theta$ の角度で電流センサの検出値をサンプリングし、以降 1 周期ごとに $\theta_3 = \theta_{on} - 3\Delta\theta$ 、 $\theta_4 = \theta_{on} - 4\Delta\theta$ 、...、 $\theta_n = \theta_{on} - n\Delta\theta$ のようにタイミングをずらしてサンプリングする。サンプリングするタイミングは非通電期間に限る必要があるから、 n には例えば 10 などの上限値を設け、上限値に達したら、次の周期からはまた $n = 1$ としてカウントした回転角度からサンプリングする。

そして、各周期でサンプリングした電流値 i_1 、 i_2 、 i_3 、 i_4 、... i_n がオフセット値として古い検出値を更新しながら記憶部 6 0 に記憶される。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

図5は、オフセット値検出部50におけるオフセット値検出の流れを示すフローチャートである。

非通電期間検出部40は、回転位置検出部70の検出値によって、回転子が設定した位置 θ_n にきたと検出すると、オフセット値検出部50は、内蔵のカウンタのカウント値 n を零に設定して電流センサ30の検出値のサンプリングを開始する。

ステップ100において、カウント値 n をチェックし、カウント値 n が10以下であれば、ステップ110でカウント値 n を1増やし、 n が10を超えていれば、ステップ120で、カウント値 n を1に設定する。

【0016】

ステップ130において、設定した回転位置 θ_n とカウント値 n とによって、次式で示す演算式にしたがって、次にサンプリングする回転子位置 θ_n を算出する。

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta\theta$$

ステップ140において、回転子位置 θ_n が演算した回転子位置 θ_n にきたことを確認すると、ステップ150へ進む。

ステップ150においては、電流センサ30の検出値をサンプリングして、オフセット値 I_{os} を検出する。

ステップ160において、検出したオフセット値 I_{os} を記憶部60に出力して、オフセット値の更新を行う。

【0017】

本実施例は、以上のように構成され、SRモータにおける巻線の非通電期間を利用して電流センサのオフセット値を検出するようになっていて、SRモータ駆動中にも、オフセット値の検出が可能で、温度の変化などによりオフセット値が変化した場合には、その都度検出できSRモータ駆動時のトルクリップルを最小に抑えることができる。

【0018】

次に、第2の実施例について説明する。

図6は、第2の実施例の構成を示す図である。

この実施例は、図2に示す第1の実施例に、マップ記憶部80、非通電期間設定部90を加えて構成される。

第1の実施例では、非通電期間を検出しオフセット値を検出するようになっていて、本実施例では、図7に示すようにSRモータが高回転速度で運転し、非通電期間の時間がサンプリングできないほど短い、あるいはない場合に電流指令値 I^* をゼロにして、点線で示すように電気角360度に亘って、非通電期間を積極的に作るようにしている。

マップ記憶部80には、モータ回転速度ごとに、巻線3に最大電流を流したときの非通電期間の時間の測定値を記憶させておく。

【0019】

非通電期間設定部90は、モータ回転速度 V の検出値または、回転位置 θ を微分演算して得たものを入力し、マップ記憶部80から対応する非通電期間の時間を検出し、その時間がモータの制御周期すなわちサンプリングできる時間より短い場合は、非通電期間を設定する信号を比較制御部20'に出力する。これを受けて、比較制御部20'は、電流指令値 I^* をゼロにし、電気角360度に亘って出力の停止をさせる。これによって巻線3に非通電期間が形成されオフセット値を検出可能になる。オフセット値検出部50'は、出力停止のタイミングに合わせて電流センサ30の検出値をサンプリングしてオフセット値を検出する。

なお、サンプリングタイミングは、第1の実施例と同様に、周期ごとに時間をずらして行うようになっている。

非通電期間設定部90は、マップ記憶部80に記憶された非通電期間の時間が、サンプリング可能な長さであると判断した場合、信号を非通電期間検出部40'に出力し、非通電期間検出部40'は、第1実施例と同様に、非通電期間を検出してオフセット値を検出する。

【0020】

10

20

30

40

50

本実施例では、積極的に非通電期間を作るために、電気角で360度に亘って出力をゼロに設定したが、必ずしも電気角360度にわたってゼロに設定する必要はない。十分な非通電時間が得られれば、例えば電気角180度分のように、電気角360度より小さい角度に設定しても構わない。こうすることによって、電気角360度に亘ってゼロにする時に比べて、発生するトルクリップルはより小さくなる。

【0021】

更に、積極的に非通電期間を設けるタイミングは、システムの機械的な共振周波数を外すことが望ましい。また、3相の間で時間的に休止時間を設けるのが望ましい。

図8は、U、V、Wの3相の電流波形と回転子位置の関係を示す図である。

図7で示した電流波形がU相であるとすると、V相、W相はそれぞれ電気角で120度ずれた波形であり、点線で示すようにU、V、W相と連続的に非通電期間を設けると、トルクは電気角360度に亘って発生しないことになる。これに対し、図9に示すように3相の間で、所定の周期数相当の休止時間Dを設けることによって、トルクが発生しない期間は電気角120度の間であり、時間的に分散されることとなるので、発生するトルクリップルは小さい。

【0022】

本実施例は、以上のように構成され、モータが高速度で運転され、電流検出値をサンプリングできるほどの非通電期間が得られなかった場合は、制御指令値をゼロにして、非通電期間を積極的に作ることによって、高速度運転領域でも、電流センサのオフセット値を検出できるから、運転領域を選ばずにオフセット値の検出が可能になる。

なお、この期間は1相分のトルクが出力されなくなるが、高速回転中においてはその時間は非常に短いため、例えば電気自動車にこの実施例を適用しても、運転手が気付くようなトルクリップルが発生しない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例に用いられるSRモータの構成を示す図である。

【図2】上記SRモータの制御装置の構成を示す図である。

【図3】電流指令値、巻線に実際に流れるモータ電流および電流センサの検出値の波形を示す図である。

【図4】検出タイミング変更の説明図である。

【図5】オフセット値検出部におけるオフセット値検出の流れを示すフローチャートである。

【図6】第2の実施例の構成を示す図である。

【図7】非通電期間を作るのを説明するための図である。

【図8】U、V、Wの3相の電流波形と回転子位置の関係を示す図である。

【図9】休止時間を設けた場合、出力トルクに与える影響を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 固定子
- 2 回転子
- 3 巻線
- 4 突極
- 10 制御部
- 20、20' 比較制御部
- 30 電流センサ(電流検出手段)
- 40、40' 非通電期間検出部(非通電期間検出手段)
- 50、50' オフセット値検出部(オフセット値検出手段)
- 60 記憶部
- 70 回転位置検出部
- 80 マップ記憶部
- 90 非通電期間設定部(非通電期間設定手段)

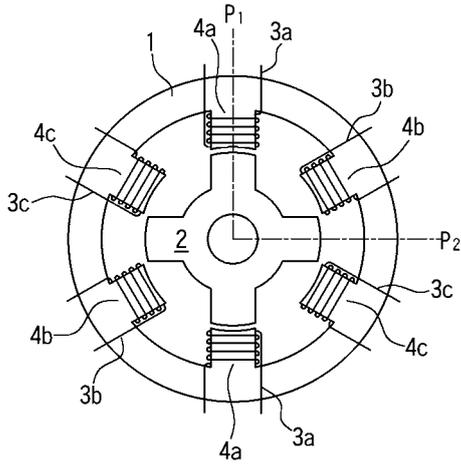
10

20

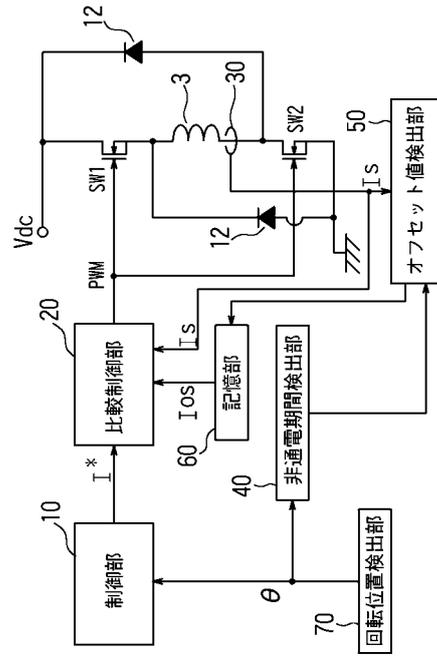
30

40

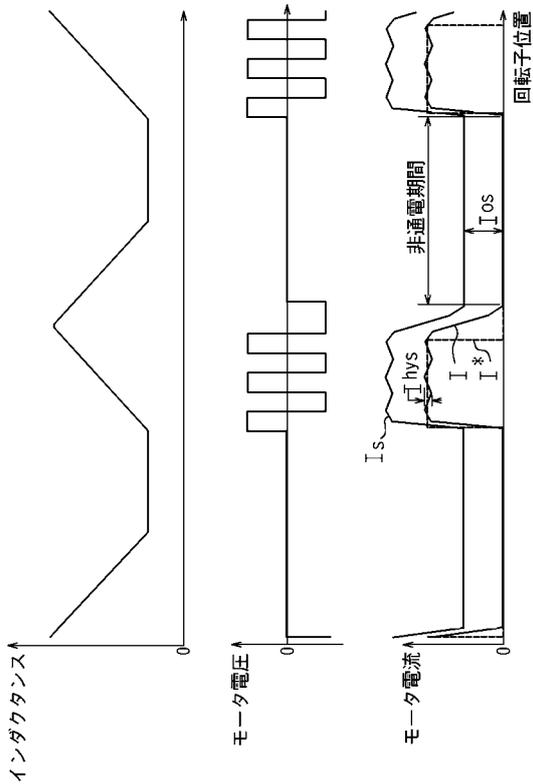
【図1】



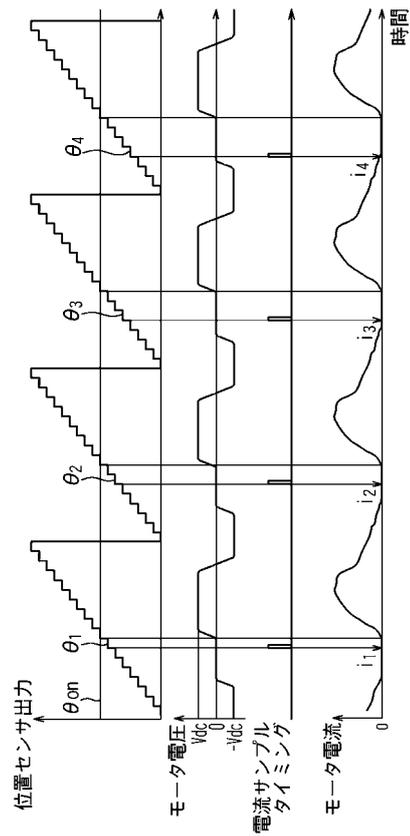
【図2】



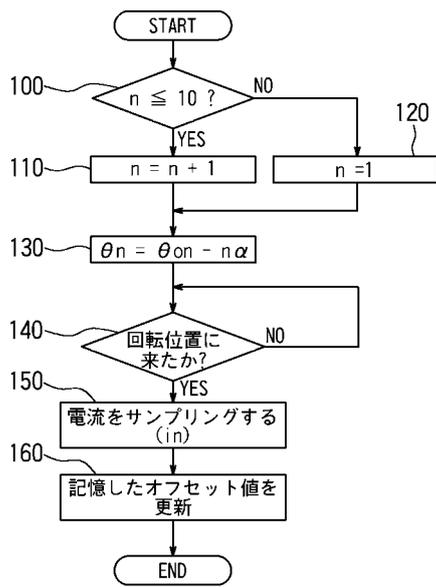
【図3】



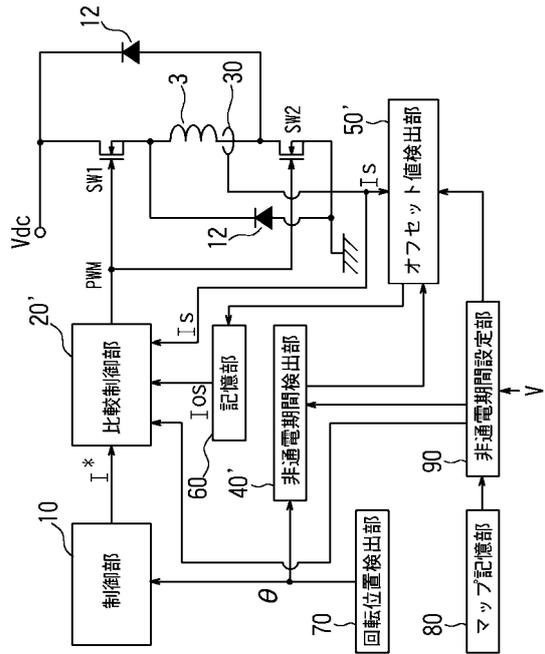
【図4】



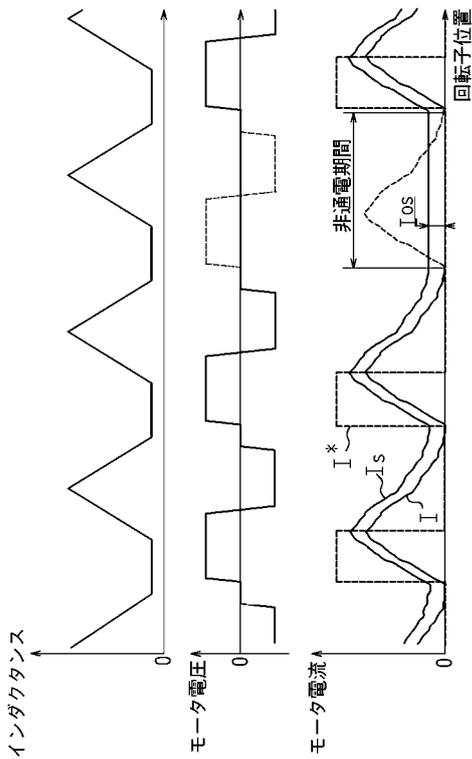
【図5】



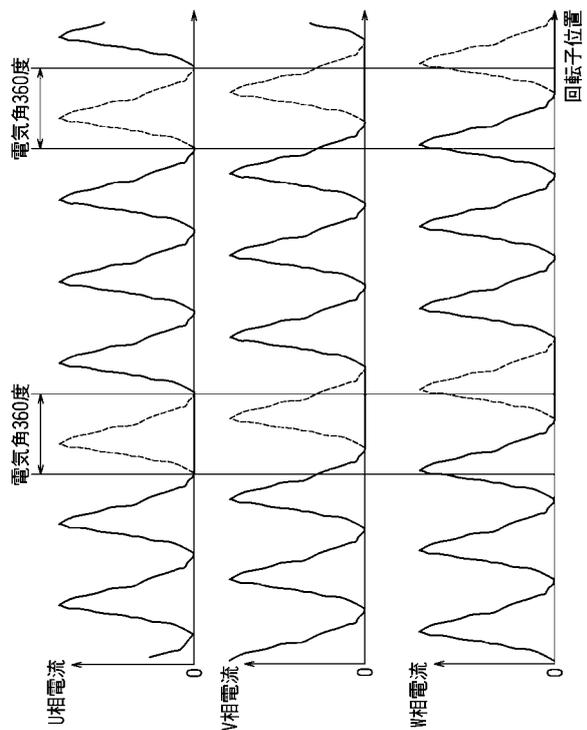
【図6】



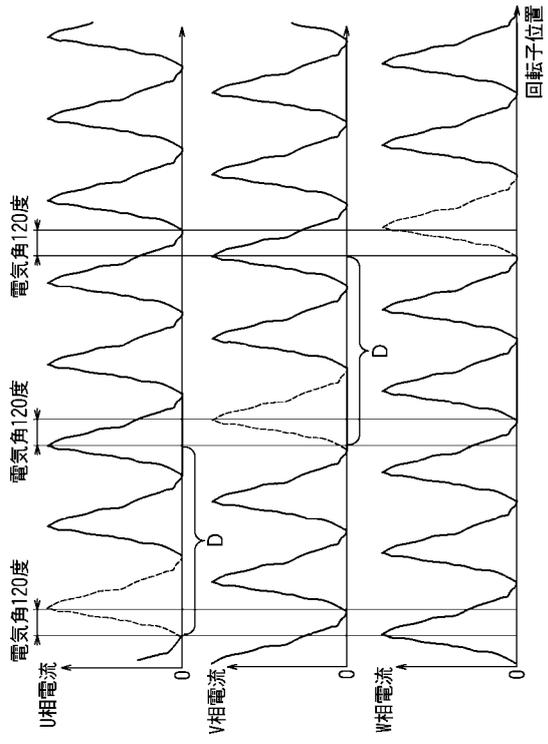
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 新国 哲也
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 梶本 直樹

(56)参考文献 特開2001-327172(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 25/08