

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4154635号
(P4154635)

(45) 発行日 平成20年9月24日 (2008. 9. 24)

(24) 登録日 平成20年7月18日 (2008. 7. 18)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 6/06 (2006. 01)

H O 2 P 6/02 3 4 1 J

H O 2 P 6/16 (2006. 01)

H O 2 P 6/02 3 4 1 N

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-151058
 (22) 出願日 平成11年5月31日 (1999. 5. 31)
 (65) 公開番号 特開2000-341982 (P2000-341982A)
 (43) 公開日 平成12年12月8日 (2000. 12. 8)
 審査請求日 平成17年6月8日 (2005. 6. 8)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 100081776
 弁理士 大川 宏
 (72) 発明者 北峯 康多
 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 牧 初

(56) 参考文献 特開平 1 1 - 1 0 3 5 8 5 (J P , A)
 特開平 1 0 - 2 2 5 1 6 8 (J P , A)
 特開平 1 0 - 1 4 6 3 0 3 (J P , A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサレス・ブラシレスDCモータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電源電圧を P W M 制御してセンサレス・ブラシレス D C モータに印加するモータ電圧を形成するインバ - タ回路と、

前記モータ電圧から推定したロータ位置に基づいて前記モータ電圧の位相及び周波数を決定するとともにモータ回転数を検出する制御部とを備え、

前記制御部は、前記モータ回転数と所定の目標値との回転数差に基づいて前記回転数差を減らす方向に前記 P W M 制御のデューティ比を制御するセンサレス・ブラシレス D C モータ制御装置において、

前記制御部は、前記モータ電圧への直流電源電圧変動の影響を相殺するように補正した前記モータ電圧を用いて前記ロータ位置を推定し、かつ、

前記デューティ比が 1 0 0 (%) となってから 1 0 0 (%) を下回るまでの間だけ前記目標値をモータ回転数の今回値に一時的に設定し、前記デューティ比が 1 0 0 (%) を下回った後、前記目標値を本来の値に徐々に復帰させることを特徴とするセンサレス・ブラシレス D C モータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、センサレス・ブラシレス D C モータ制御装置に関し、たとえば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載されるセンサレス・ブラシレス D C モータを駆動制御する装置に

10

20

関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

ブラシレスDCモータには、回転位置センサを有するセンサ付きブラシレスDCモータ及びこのセンサを省略したセンサレス・ブラシレスDCモータがある。センサ付きブラシレスDCモータでは回転位置センサのロータ位置信号に基づいて、センサレス・ブラシレスDCモータではモータ電圧（たとえばモータの端子電圧）から推定したロータ位置に基づいて、モータ電圧の位相及び周波数及びモータ回転数を決定するのが一般的である。

【 0 0 0 3 】

このセンサレス・ブラシレスDCモータの回転数を目標値にフィードバック制御するには、検出したモータ電圧に基づいて決定したロータ位置から推定したモータ回転数と目標値との比較結果に基づいてPWM制御によりモータ電圧の平均値を増減してなされる。

具体的には、モータ回転数と目標値との比較結果に応じて、デューティ比の今回値を、モータ回転数と目標値との差に応じた大きさの増減デューティ比又は一定の単位デューティ比だけデューティ比の前回値から増減して行う。

【 0 0 0 4 】

なお、センサレス・ブラシレスDCモータのモータ回転数はロータ位置検出の信号周期から演算するのが一般的である。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らは、上述した従来のセンサレス・ブラシレスDCモータ制御により、たとえば電気自動車やハイブリッド自動車に用いる場合、車両の回生制動時にバッテリー電圧すなわち直流電源電圧は急上昇するため次の問題が生じることを見出した。

【 0 0 0 6 】

すなわち、前述したようにセンサレス・ブラシレスDCモータでは、ロータ位置はモータ端子電圧を監視することで検出しているので、直流電源電圧の急変によりモータ端子電圧が急変すると、ロータ位置の誤検出が生じ、脱調によりモータ停止といった不具合が生じる可能性が生まれる。

特に、バッテリー容量不足により電圧が大幅に低下してモータ回転数が目標値よりも低い状態のままとなっており、その結果としてPWM制御のデューティ比が結果的に100%に張付いている場合を考える。この場合、計算上、デューティ比の今回値はデューティ比の前回値よりも高い値に算出されてしまうため、車両の回生制動などにより直流電源電圧が上昇すると、結果的にデューティ比の今回値は前回値と同じ100%のままとなってしまう、その結果、車両の回生制動による直流電源電圧すなわちバッテリー電圧上昇の影響により、出力トルクが急増したり、上記ロータ位置の誤検出を生じたりすることになってしまう。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、直流電源電圧の変動にもかかわらずモータの脱調などを防止して安定制御が可能なセンサレス・ブラシレスDCモータ制御装置を提供することをその目的としている。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載した本発明のセンサレス・ブラシレスDCモータ制御装置によれば、インバータ回路をPWM制御する制御部は、直流電源電圧変動の影響を低減したモータ電圧を用いてロータ位置の検出を行うので、従来のセンサレス・ブラシレスDCモータ制御装置に比べて直流電源電圧の変動にもかかわらず格段に高精度にロータ位置を検出することができ、ロータ位置の誤検出による誤ったモータ電圧（指令値）の位相、周波数制御を防止してモータの脱調などを良好に防止可能なセンサレス・ブラシレスDCモータ制御装置を実現することができる。

【 0 0 0 9 】

また、ロータ位置に基づいてモータ回転数を検出する場合でも、検出するモータ回転数の精度が向上するので、検出モータ回転数と目標値との差によりデューティ比を制御するフィードバック回転数制御の安定性を向上することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 1 記載の構成によれば更に、インバータ回路のデューティ比（出力デューティ比ともいう）が 1 0 0（％）となつてから 1 0 0（％）を下回るまでの間だけ前記目標値をモータ回転数の今回値に一時的に設定する（すなわち、制御部がデューティ比 1 0 0％を算出するようにする）。そして、出力デューティ比が 1 0 0（％）を下回った後、目標値を本来の値に徐々に復帰させる。なお、インバータ回路のデューティ比（出力デューティ比）1 0 0％以上の値をもち得ないので、出力デューティ比 1 0 0％において制御部が算出するデューティ比（算出デューティ比）が 1 0 0％以上となる場合も、インバータ回路の出力デューティ比は 1 0 0％となる。

10

【 0 0 1 2 】

このようにすれば、たとえばバッテリー（直流電源）の容量不足により直流電源電圧が低下して、モータ回転数が目標値よりも低い状態のまゝとなっており、その結果として PWM 制御の出力デューティ比が結果的に 1 0 0％に張付いている状態が生じると、一時的な目標値の低下により制御部が算出する算出デューティ比は 1 0 0％となり、その結果、直流電源電圧が上昇すると、この直流電源電圧上昇に応じて請求項 1 又は 2 の制御によりモータ電圧又はそれに対応するデューティ比をただちに低下させることができるので、従来のようにこの直流電源電圧上昇時に出力デューティ比が 1 0 0％に張付いたまゝとなり、それにより直流電源電圧上昇に応じてモータ電圧が上昇して、ロータ位置の誤検出やトルクの好ましくない増大が生じるということを良好に抑止することができる。

20

【 0 0 1 3 】

【 発明を実施するための態様 】

本発明の好適な態様を以下の実施例により具体的に説明する。

【 0 0 1 4 】

【 実施例 1 】

実施例 1 のセンサレス・ブラシレス DC モータ制御装置を、その回路図を示す図 1 を参照して以下具体的に説明する。

（全体構成）

30

1 はインバータ装置、2 はセンサレス・ブラシレス DC モータ、3 は電気自動車の高圧電源、1 1 はインバータ回路であり、インバータ回路 1 1 は三相全波ブリッジ構成となっている。

【 0 0 1 5 】

インバータ回路 1 1 において、1 1 a ~ 1 1 c は上アームの半導体スイッチング素子（ここでは I G B T）、1 1 d ~ 1 1 f は下アームの半導体スイッチング素子（ここでは I G B T）、1 1 g ~ 1 1 m は還流ダイオードであるが、インバータ回路 1 1 の上記構成は周知であるので、これ以上の説明は省略する。

1 2 は高圧電源の直流電源電圧を検出する機能を有する入力電圧検出器、1 3 はモータ電圧に基づいてセンサレス・ブラシレス DC モータ 2 のロータ位置を示すパルス信号（ロータ位置信号）を検出する機能を有するロータ位置検出回路、1 4 はロータ位置検出信号周期からその逆数としてのモータ回転数を検出する機能を有する回転数検出器、1 5 はたとえば外部から指示されたモータ回転数の目標値を保持してこのモータ回転数の目標値を出力するとともに、デューティ比判定装置 1 9 から出力される判定結果に基づいて目標値を一時的に変更する機能を有する回転数指令器、1 6 は検出したモータ回転数と上記目標値との間の偏差を演算し、それに基づいてこの偏差を減らす方向にモータ電圧の増大又は減少を指令するためのモータ電圧指令値を形成する機能を有する回転数制御装置、1 7 は回転数制御装置 1 6 から出力されるモータ電圧指令値を保持する記憶装置であり、回転数制御装置 1 6 は上記偏差に基づいてそれを解消する方向に記憶装置 1 7 が保持するモータ電圧指令値を次のように制御する。すなわち、モータ回転数が目標値より低い場合には一定

40

50

の単位デューティ比に相当する一定の単位モータ電圧指令値を現在のモータ電圧指令値に加算してモータ電圧指令値の今回値とし、モータ回転数が目標値より高い場合には一定の単位デューティ比に相当する一定の単位モータ電圧指令値を現在のモータ電圧指令値から減算してモータ電圧指令値の今回値とする。

【0016】

18は、入力電圧検出器12が出力するバッテリー電圧（直流電源電圧）と、記憶装置17が保持するモータ電圧指令値とに基づいてインバータ回路11のデューティ比（出力デューティ比）を演算し、このデューティ比と所定の搬送周波数をもつPWM信号PWMを出力する機能を有するPWM演算装置、19は、PWM演算装置18が出力するPWM信号PWMのデューティ比が100%か否かを判定するデューティ比判定装置、20は、ロータ位置検出回路13が検出したロータ位置信号と、PWM演算装置18から出力されるPWM信号PWMとに基づいて半導体スイッチング素子11a～11fを断続制御するためのゲート制御電圧（ゲート電圧）を形成する駆動信号生成装置である。

10

【0017】

インバータ装置1は、インバータ回路11と、それ以外の回路から構成される本発明でいう制御部とからなる。ロータ位置検出回路13、回転数指令器15、PWM演算装置18、デューティ比判定装置19、駆動信号生成装置20以外の上記各装置はブラシレスDCモータのインバータ制御装置として周知であるので、説明は省略する。

（ロータ位置検出回路13の構成）

ロータ位置検出回路13の一例を図2に示す。

20

【0018】

13a, 13b, 13cは各相のモータ電圧の入力端、13d, 13e, 13fは各相のロータ位置検出信号の出力端、13g, 13h, 13iは各相のロータ位置検出回路である。

各ロータ位置検出回路13g, 13h, 13iは同一回路構成を有し、それぞれ抵抗RとコンデンサCとからなりPWM制御によるキャリア周波数を除去する積分回路と、抵抗r1、r2と、コンパレータCRとからなる。各コンパレータCRの-入力端はそれぞれ抵抗r2を通じて積分回路の出力端に接続されるとともに相互に渡りをとることにより各相のモータ電圧の平均電圧の和が入力され、各コンパレータCRの+入力端にはそれぞれ抵抗r1を通じて各積分回路の出力端に個別に接続されている。これにより、各コンパレータCRは、各相のモータ電圧が上記各相のモータ電圧の平均電圧の和より大きい場合にハイレベルとなる3つのロータ位置信号P1、P2、P3を出力する。

30

（駆動信号生成装置20の構成）

駆動信号生成装置20の一例を図3に示す。

【0019】

駆動信号生成装置20は、ロータ位置検出回路13の出力端13d, 13e, 13fから出力される各相のロータ位置検出信号P1、P2、P3と、PWM演算装置18から出力されるPWM信号PWMに基づいてIGBT11a～11fを開閉するためのゲート制御電圧20a～20fを形成する論理回路であり、これら信号の関係は、図4に示すタイミングチャートにより示される。

40

【0020】

簡単に説明すると、駆動信号生成装置20は、PWM信号PWM（図4では、三つのゲート制御電圧20a、20b、20cを合計した信号となる）をロータ位置検出信号P1、P2、P3の所定の論理関係が満足される期間だけ周期的にゲート制御電圧20a、20b、20cとして出力する。

（回転数指令器15、PWM演算装置18およびデューティ比判定装置19の構成）

回転数指令器15、PWM演算装置18およびデューティ比判定装置19は、レスポンスの点で実際にはハードウェア回路で構成されることが好適であるが、この実施例はマイコンのソフトウェアで構成したとしてその機能を図4、図5に示すフローチャートを参照して説明する。

50

(P W M 演算装置 1 8 の構成)

P W M 演算装置 1 8 は、まずバッテリー電圧 (直流電源電圧) とモータ電圧指令値とを読み込んで (S 1 0 0)、それらからインバータ回路 1 1 のデューティ比 (出力デューティ比) を演算する (S 1 0 2)。この演算は、具体的には、次の式を計算するものである。

【 0 0 2 1 】

デューティ比信号 D U T Y = (モータ電圧指令値 / バッテリ電圧) ・ 1 0 0 (%)

ただし、モータ電圧指令値がバッテリー電圧に達している状態でもなおモータ回転数が目標値より低い状態では、回転数制御装置 1 6 が単位モータ電圧指令値をこのモータ電圧指令値に更に追加するためにデューティ比 (算出デューティ比) が 1 0 0 % を超えるので、算出デューティ比が 1 0 0 % 以上かどうかを調べて (S 1 0 4)、その場合にはデューティ比 (出力デューティ比) を 1 0 0 % とし (S 1 0 6)、得られたデューティ比をもつ P W M 信号 P W M を出力する (S 1 0 8)。S 1 0 8 は、P W M 信号 P W M は、一定パルス周期で上記デューティ比をもつパルス信号を形成する処理であるステップである。

【 0 0 2 2 】

なお、P W M 演算装置 1 8 はハードウェア回路でも構成でき、たとえば、割り算回路によりモータ電圧指令値 / バッテリ電圧に相当する電圧を求め、この電圧と鋸歯状波発生回路から出力される鋸歯状電圧とをコンパレータに入力して P W M 電圧 P W M を形成すればよい。

(デューティ比判定装置 1 9 の構成)

デューティ比判定装置 1 9 は、P W M 演算装置 1 8 から入力される P W M 電圧 P W M のデューティ比が 1 0 0 % か否かを判定し (S 1 0 4)、判定結果を回転数指令器 1 5 に出力する (S 1 1 0)。

(回転数指令器 1 5 の構成)

回転数指令器 1 5 は、外部から指示されたモータ回転数の目標値を保持してこのモータ回転数の目標値を出力するとともに、デューティ比判定装置 1 9 から出力される判定結果に基づいて目標値を一時的に変更する。

【 0 0 2 3 】

更に具体的に説明すると、まず外部から指示される目標値 (目標回転数) を読み込み (S 1 1 2)、デューティ比が 1 0 0 % かどうかを調べ (S 1 1 4)、そうであれば、回転数指令器 1 5 から現在のモータ回転数を読み込んで (S 1 1 6)、それを目標値とし (S 1 1 8)、デューティ比が 1 0 0 % であることを意味するフラグ F を 1 にセットして (S 1 2 0)、定期的に行われるメインルーチン (図示せず) にリターンする。

【 0 0 2 4 】

S 1 1 4 にて、デューティ比が 1 0 0 % でなければ、フラグ F が 1 かどうかを調べ (S 1 2 2)、そうであれば、目標値を S 1 1 2 にて読み込んだ目標値へ徐々に復帰させ (S 1 2 4)、フラグ F を 0 にリセットして (S 1 2 6)、メインルーチンにリターンし、S 1 2 2 にてフラグ F が 1 でなければ、今回の目標値を S 1 1 2 にて外部から読み込んだ目標値として (S 1 2 8)、メインルーチンにリターンする。

(上述の制御におけるバッテリー電圧変動がモータ電圧に与える悪影響をキャンセルするのを回避する制御動作の説明)

図 6 に示すタイミングチャートは、入力電圧検出器 1 2 の出力信号 1 2 a、モータ電圧 (正確に言えばモータ 2 の相電圧) 1 3 a ~ 1 3 c、ロータ位置検出器 1 3 の出力信号 1 3 d ~ 1 3 f、駆動信号生成装置 2 0 の出力信号 2 0 a ~ 2 0 f、P W M 演算装置 1 8 の出力端 1 8 a に現れる P W M 信号 P W M (のデューティ比) のデューティ比 D U T Y の大きさを示す。

【 0 0 2 5 】

時点 A までは、バッテリー電圧が 2 0 0 V に維持されており、この時のデューティ比 D U T Y は 6 0 % なので、モータ印加電圧は 1 2 0 V となる。

次に、たとえばモータ 2 の回生制動動作によりり時点 A から時点 B に至るまでの期間にバッテリー電圧が 3 0 0 V に急上昇すると、モータ電圧 1 3 a ~ 1 3 c の波高値が上昇する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

この期間 A ~ B に、デューティ比 D U T Y が一定であると、従来のセンサレス・ブラシレス D C モータでは、モータ電圧は $300\text{V} \times 0.6 = 180\text{V}$ まで急上昇して、ロータ位置検出器 1 3 が誤作動し、その出力信号すなわちロータ位置信号 1 3 d ~ 1 3 f が異常となってしまう、それによりモータ電圧（三相交流電圧）の位相や周波数がモータ 2 の実態から離れて脱調を生じさせ、モータ制御がうまく働かない可能性が生じる。

【 0 0 2 7 】

これに対し、この実施例では、図 6 に示すように、デューティ比 D U T Y が変化し、バッテリー電圧変化にかかわらずそれを補償してモータ電圧を 120V に保持するので、このような不具合は防止される。

10

（上述の制御におけるバッテリー電圧が低下してデューティ比が 100% になった時点で目標値をモータ回転数に一時的にセットし、バッテリー電圧が上昇した後、徐々に目標値を元の値に復帰させる制御動作の説明）

次に、バッテリー電圧 1 2 a、モータ回転数 1 4 a、目標値 1 5 a、デューティ比判定信号 1 9 a の関係を図 7 に示すタイミングチャートを参照して説明する。

【 0 0 2 8 】

この場合では、初期状態ではバッテリー電圧 1 2 a が高いが、時間がたつにつれて徐々にバッテリー電圧 1 2 a が下降している。バッテリー電圧 1 2 a が所定値を下回ると、もはやモータ回転数は初期の目標回転数を維持できなくなり、P W M 信号 P W M のデューティ比 D U T Y は 100% になり、この時点で、デューティ比判定信号 1 9 a がセットされる。すると、回転数指令器 1 5 はデューティ比判定信号 1 9 a のこの変化を検出して、目標値（目標回転数）1 5 a を一時的に現在のモータ回転数 1 4 a にセットする。

20

【 0 0 2 9 】

このようにすれば、その後、もしバッテリー電圧 1 2 a が車両の回生制動などにより上昇すれば、P W M 信号 P W M のデューティ比 D U T Y は 100% 未満になるので、前述したロータ位置信号 1 3 d ~ 1 3 f を正常に出力することができるとともに、デューティ比判定信号 1 9 a がこのバッテリー電圧 1 2 a の上昇を受けてリセットされ、これを受けて回転数指令器 1 5 は目標回転数を徐々に増加させて、初期の目標回転数と等しくする。

【 0 0 3 0 】

すなわち、この実施例では、バッテリー電圧 1 2 a が低下してデューティ比 D U T Y が 100% になった時点で目標値 1 5 a をモータ回転数 1 4 a に一時的にセットしているので、その後、バッテリー電圧 1 2 a が急上昇した場合でも、モータ電圧 1 3 a、1 3 b、1 3 c をこのバッテリー電圧 1 2 a の急上昇を受けて低下向きに補正してこのバッテリー電圧 1 2 a の急上昇がモータ電圧 1 3 a、1 3 b、1 3 c を上昇させることを防止することができ、これによりこのモータ電圧 1 3 a、1 3 b、1 3 c をモニタしてロータ位置検出を検出してもロータ位置を誤検出することがない。更に、上記モータ電圧の補償により、モータの出力トルクがバッテリー電圧 1 2 a のこの急上昇を受けて急に増大するといった不具合も生じない。

30

（バッテリー電圧が低下してデューティ比が 100% になっても目標値を変更しない従来の制御動作の説明）

40

図 8 は図 7 の制御を実施しない場合の動作を示しており、バッテリー電圧 1 2 a が低下して P W M 電圧 P W M のデューティ比が 100% になっても目標回転数は一定値となっている。

【 0 0 3 1 】

そのため、モータ回転数が下降すると目標値との間に大きな偏差が生じる。その後、バッテリー電圧 1 2 a が回生によって急上昇すると、モータ回転数と目標値の間に偏差があるため、デューティ比が 100% のままとなってしまう、モータ電圧の急上昇が生じ、ロータ位置検出器が誤作動してモータ停止に至ってしまう。

【 0 0 3 2 】

すなわち、従来では、バッテリー電圧が低下してデューティ比が 100% になった時点でも

50

目標値がモータ回転数よりも低ければ、その後、バッテリー電圧が急上昇した場合でも、デューティ比が100%より急には低下することができず、上述した作用効果を奏することができない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のモータ制御装置を示すブロック回路図である。

【図2】図1に示すロータ位置検出回路の回路図である。

【図3】図1に示す駆動信号生成装置の回路図である。

【図4】図1に示す回転数指令器、PWM演算装置およびデューティ比判定装置を示すフローチャートの一部である。

【図5】図1に示す回転数指令器、PWM演算装置およびデューティ比判定装置を示すフローチャートの残部である。

10

【図6】実施例1のモータ制御装置の各部の動作を示すタイミングチャートである。

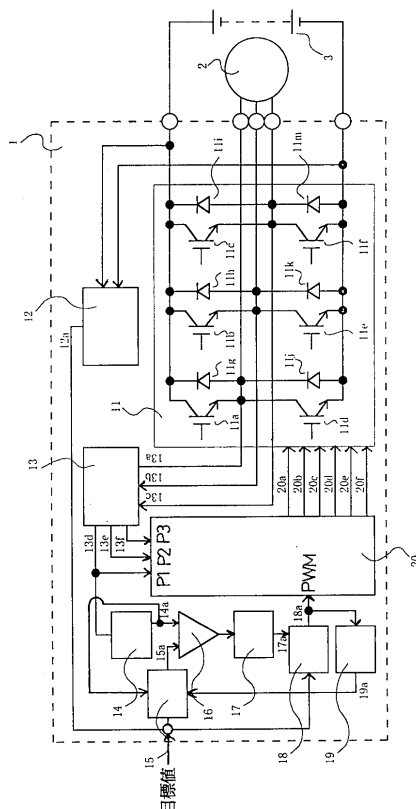
【図7】実施例1のモータ制御装置の各部の動作を示すタイミングチャートである。

【図8】従来のモータ制御装置の各部の動作を示すタイミングチャートである。

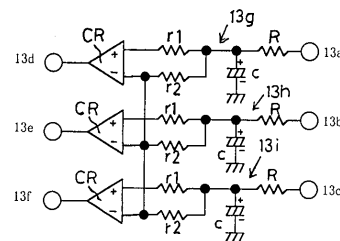
【符号の説明】

11はインバータ回路、12は入力電圧検出器（制御部）、13はロータ位置検出回路（制御部）、14は回転数検出器（制御部）、15は回転数指令器（制御部）、16は回転数制御装置（制御部）、17は記憶装置（制御部）、18はPWM演算装置（制御部）、19はデューティ比判定装置（制御部）、20は駆動信号生成装置（制御部）

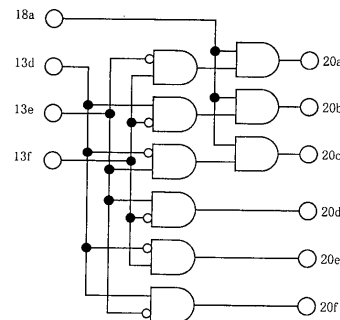
【図1】



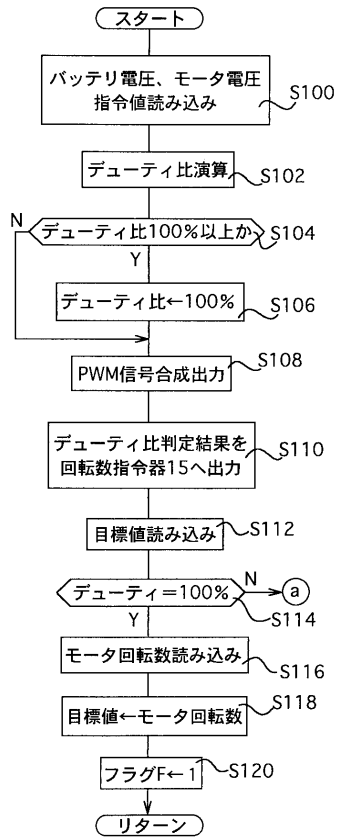
【図2】



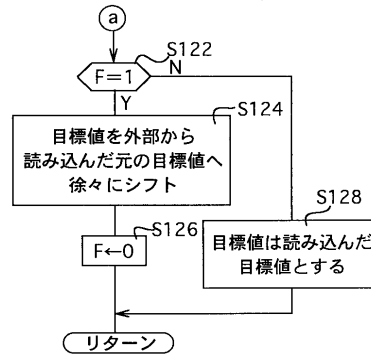
【図3】



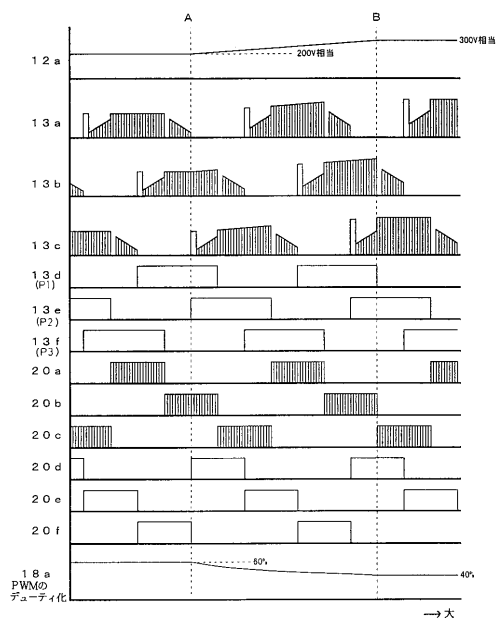
【図 4】



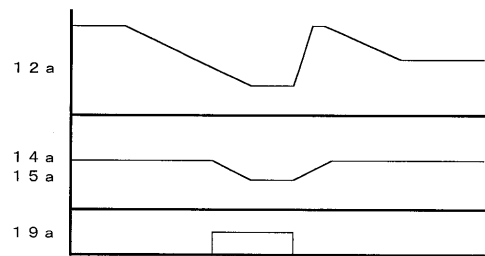
【図 5】



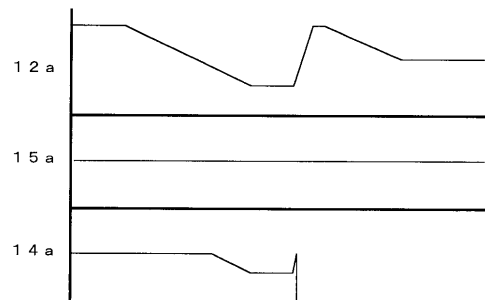
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02P 6/00- 6/24

H02P 21/00-27/18