

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6246347号  
(P6246347)

(45) 発行日 平成29年12月13日 (2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日 (2017.11.24)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 H 33/59 (2006.01)

H O 1 H 33/59 K

H O 1 H 33/38 (2006.01)

H O 1 H 33/38 A

H O 1 H 47/04 (2006.01)

H O 1 H 33/59 L

H O 1 F 7/18 (2006.01)

H O 1 H 47/04

H O 1 F 7/18 Z

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-520887 (P2016-520887)  
 (86) (22) 出願日 平成26年5月23日 (2014.5.23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/063664  
 (87) 国際公開番号 W02015/177919  
 (87) 国際公開日 平成27年11月26日 (2015.11.26)  
 審査請求日 平成28年3月22日 (2016.3.22)

(73) 特許権者 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (74) 代理人 100073759  
 弁理士 大岩 増雄  
 (74) 代理人 100088199  
 弁理士 竹中 岑生  
 (74) 代理人 100094916  
 弁理士 村上 啓吾  
 (74) 代理人 100127672  
 弁理士 吉澤 憲治  
 (72) 発明者 松田 和久  
 東京都千代田区九段北一丁目13番5号  
 三菱電機エンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁石駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁石に印加する D C 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、  
 上記 D C 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、  
 上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、  
 上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、を備え、

上記制御マイコンは、

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 D C 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 D C 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うと共に、上記パルス制御のオンデューティの補正係数を求め、基準オンデューティに補正係数を掛けたオンデューティでパルス制御を行うことを特徴とする電磁石駆動装置。

【請求項 2】

上記電磁石の巻線抵抗値が異常となった時にアラームを出力するアラーム出力回路を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の電磁石駆動装置。

【請求項 3】

10

20

上記巻線用電源回路への入力電源の切断後に、上記電磁石の鉄心吸引を維持する電源供給を行う時延動作コンデンサを備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電磁石駆動装置。

【請求項 4】

上記電磁石と並列接続されるフライホイールダイオードを備え、上記励磁電流検出抵抗を上記電磁石と上記フライホイールダイオードにより形成されるループの外に設けたことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の電磁石駆動装置。

【請求項 5】

上記スイッチング素子が導通して上記励磁電流検出抵抗に励磁電流に比例した検出電圧が発生した時のみに導通する半導体スイッチと、上記制御マイコンに接続されたコンデンサと、を備え、

10

上記コンデンサは、上記励磁電流検出抵抗の検出電圧と等しい電圧で充電されると共に、充電された電圧を保持することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の電磁石駆動装置。

【請求項 6】

上記スイッチング素子が導通して上記励磁電流検出抵抗に励磁電流に比例した検出電圧が発生した時のみに導通するフォトモスリレーと、上記制御マイコンに接続されたコンデンサと、を備え、

上記コンデンサは、上記励磁電流検出抵抗の検出電圧と等しい電圧で充電されると共に、充電された電圧を保持することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の電磁石駆動装置。

20

【請求項 7】

電磁石に印加する D C 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、

上記 D C 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、

上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、

上記電磁石の巻線抵抗値が異常となった時にアラームを出力するアラーム出力回路と、

上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、を備え、

上記制御マイコンは、

30

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 D C 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 D C 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うことを特徴とする電磁石駆動装置。

【請求項 8】

電磁石に印加する D C 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、

上記 D C 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、

上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、

40

上記巻線用電源回路への入力電源の切断後に、上記電磁石の鉄心吸引を維持する電源供給を行う時延動作コンデンサと、

上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、を備え、

上記制御マイコンは、

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 D C 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、

上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 D C 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うことを特徴とする電磁石駆動装置。

50

## 【請求項 9】

電磁石に印加する D C 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、  
上記 D C 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、  
上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、  
上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、  
上記スイッチング素子が導通して上記励磁電流検出抵抗に励磁電流に比例した検出電圧が発生した時のみに導通する半導体スイッチと、  
上記制御マイコンに接続され、上記励磁電流検出抵抗の検出電圧と等しい電圧で充電されると共に、充電された電圧を保持するコンデンサと、を備え、  
上記制御マイコンは、  
上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 D C 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、  
上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 D C 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うことを特徴とする電磁石駆動装置。

10

## 【請求項 10】

電磁石に印加する D C 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、  
上記 D C 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、  
上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、  
上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、  
上記スイッチング素子が導通して上記励磁電流検出抵抗に励磁電流に比例した検出電圧が発生した時のみに導通するフォトモスリレーと、  
上記制御マイコンに接続され、上記励磁電流検出抵抗の検出電圧と等しい電圧で充電されると共に、充電された電圧を保持するコンデンサと、を備え、  
上記制御マイコンは、  
上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 D C 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、  
上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 D C 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うことを特徴とする電磁石駆動装置。

20

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、遮断器等に内蔵される電磁石を駆動する電磁石駆動装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

遮断器等に内蔵される電磁石の鉄心を吸引する電磁石駆動装置は、吸引初期には磁気回路の空隙の関係で大きい励磁電流を巻線へ通電し、鉄心を吸引した後は磁気回路の空隙が小さくなるので励磁電流を低減して通電し、吸引状態を維持する制御が行われている。

40

このような電磁石駆動装置では、鉄心吸引後の励磁電流の低減手段として、電磁石にパルス状の電圧を印加し、電磁石に電圧が印加されない期間は電磁石の逆起電力で発生する励磁電流がフライホイールダイオードを介して流れるようにして、常に巻線に励磁電流が流れるようにしている。また、鉄心吸引後の励磁電流を検出する方法として、電磁石とフライホイールダイオードで形成されるループの中に電流検出センサを設けて検出する方法が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

50

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開平 6 - 3 1 1 6 3 7 号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

上記特許文献 1 に開示された技術のように、電磁石とフライホイールダイオードで形成されるループの中に電流検出センサを設けて検出する方法では、電流検出センサに抵抗を用いて抵抗での電圧降下を検出する方法が用いられているが、常に抵抗に励磁電流が流れるために電力損失が増えてしまう課題があった。

## 【 0 0 0 5 】

10

また、電力損失を抑えるために、電流検出センサを電磁石とフライホイールダイオードで形成されるループの外に出して、電磁石にパルス状の電圧を印加するためのスイッチング素子と直列に電流検出センサを設けて、スイッチング素子が導通となる時のみ電流検出センサで励磁電流を検出する方法が考えられる。しかし、この方法にすると、電磁石の印加電圧パルスのパルス幅が狭い場合やパルス周期が早い場合は、マイコンを用いて検出した場合にサンプリング周波数の高い高性能で高価なマイコンを使用しなければならないという課題があった。

## 【 0 0 0 6 】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗による電力損失を抑え、その上でサンプリング周波数の低いマイコンでも制御可能とする電磁石駆動装置を得ることを目的とするものである。

20

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

この発明の電磁石駆動装置は、電磁石に印加する DC 電源電圧を出力する巻線用電源回路と、上記 DC 電源電圧を計測する電源電圧計測回路と、上記電磁石に直列接続され、上記電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗と、上記電磁石の励磁電流をスイッチング素子の介在により制御する制御マイコンと、を備え、

上記制御マイコンは、上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に、上記励磁電流検出抵抗の電圧降下と上記 DC 電源電圧の計測結果から上記電磁石の巻線抵抗値を算出し、上記電磁石の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時以外は、上記巻線抵抗値に基づいて上記 DC 電源電圧を上記スイッチング素子によりパルス電圧に変換して上記電磁石へ印加するパルス制御を行うと共に、上記パルス制御のオンデューティの補正係数を求め、基準オンデューティに補正係数を掛けたオンデューティでパルス制御を行うものである。

30

【発明の効果】

## 【 0 0 0 8 】

この発明は、電磁石の励磁電流の大きさに比例した電圧降下を発生する励磁電流検出抵抗による電力損失を抑えることができると共に、電磁石の鉄心吸引後に励磁電流を低減するためにパルス電圧を電磁石に印加した時に、サンプリング周波数の低いマイコンでは検出できないパルス電圧印加時の電磁石励磁電流を検出可能とし、サンプリング周波数の低い安価なマイコンが使用可能となる。

40

この発明の上記以外の目的、特徴、観点及び効果は、図面を参照する以下のこの発明の詳細な説明から、さらに明らかになると考えられる。

【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 9 】

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。

【図 2】この発明の実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置の印加電圧を説明するための説明図である。

【図 3】この発明の実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置の通電電流を説明するための説明図である。

50

【図４】電磁石の巻線抵抗値と温度の関係を説明するための説明図である。

【図５】この発明の実施の形態１に係る電磁石駆動装置の補正係数と巻線抵抗値の関係を示す図である。

【図６】この発明の実施の形態１に係る電磁石駆動装置の補正係数と印加電圧の関係を示す図である。

【図７】この発明の実施の形態２に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。

【図８】この発明の実施の形態２に係る電磁石駆動装置の印加電圧を説明するための説明図である。

【図９】この発明の実施の形態２に係る電磁石駆動装置のスイッチング素子と半導体スイッチの動作を示すタイミングチャートである。

10

【図１０】この発明の実施の形態２に係る電磁石駆動装置の励磁電流検出抵抗の電圧とコンデンサの電圧の関係を示すタイミングチャートである。

【図１１】この発明の実施の形態３に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。

【図１２】この発明の実施の形態３に係る電磁石駆動装置の励磁電流検出抵抗の通電電流とフォトモスリレーの入力側通電電流の関係を示すタイミングチャートである。

【図１３】この発明の実施の形態３に係る電磁石駆動装置の励磁電流検出抵抗の通電電流とコンデンサの充電電流の関係を示すタイミングチャートである。

【図１４】この発明の実施の形態３に係る電磁石駆動装置の励磁電流検出抵抗電圧とコンデンサの電圧の関係を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【００１０】

以下、この発明に係る電磁石駆動装置の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。

【００１１】

実施の形態１．

図１は、この発明の実施の形態１に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。

図１において、電磁石１はスイッチング素子２に接続されている。スイッチング素子２が導通状態のときは、巻線用電源回路３よりＤＣ電源電圧が電磁石１に印加される。スイッチング素子２が導通状態のときは、励磁電流検出抵抗４に励磁電流が流れ、励磁電流の大きさに比例した電圧降下が生じ、励磁電流検出抵抗４に発生する。フライホイールダイオード５は、スイッチング素子２が非導通のときに、電磁石１に発生する起電力を用いて電磁石１に励磁電流を流すために電磁石１に並列接続されている。即ち、電磁石１とフライホイールダイオード５によりループが形成されている。

30

【００１２】

励磁電流制御部６ａは、巻線用電源回路３のＤＣ電源電圧を計測する電源電圧計測回路１０と、励磁電流検出抵抗４の電圧降下を計測し、電磁石１の励磁電流を検出する励磁電流検出手段である励磁電流計測回路１１と、スイッチング素子２をパルス制御するパルス駆動回路１２ａと、電源電圧計測回路１０と励磁電流計測回路１１の計測値を元に、電磁石１の鉄心を保持するために必要な励磁電流を流し得るパルス幅を算出してパルス駆動回路１２ａのパルス幅を制御する制御マイコン１３ａと、制御マイコン１３ａへ電源供給する制御電源回路１４を備えている。

40

【００１３】

アラーム出力回路７は、電磁石１の巻線のレアショート等による巻線抵抗値異常時や、遮断器通電部の異常発熱で電磁石１の周囲温度が上昇し、巻線抵抗値が増大したとき等アラームを出力する。時延動作コンデンサ８は電源バックアップのコンデンサで、この電磁石駆動装置を遮断器の内部付属装置の不足電圧引きはずし装置等に用いた場合、入力電源の切断後に、所定の時間（例えば３秒程度）電磁石１の鉄心吸引を維持する時延動作を行わせるために、時延動作中に電磁石１の励磁電流を供給するものである。

【００１４】

実施の形態１に係る電磁石駆動装置は上記のように構成されており、次にその動作につ

50

いて説明する。

制御マイコン 13 a は、巻線用電源回路 3 及び制御電源回路 14 が起動して電源供給を受けて起動した後、電源電圧計測回路 10 により、巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧が電磁石 1 の鉄心を吸引できる電圧まで上昇して一定値  $V_a$  で安定していることを確認する。巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧が一定値  $V_a$  で安定していることが確認できれば、パルス駆動回路 12 a を動作させて鉄心吸引を行う。

#### 【0015】

鉄心吸引初期時には磁気回路の空隙の関係で大きい励磁電流を巻線へ通電する必要があるため、制御マイコン 13 a は、横軸を時間、縦軸を巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧とする図 2 の  $T_a$  で示す数百 ms の期間、パルス駆動回路 12 a のパルス幅を 100 % で動作させる。そして、スイッチング素子 2 を数百 ms 間導通状態とし、電磁石 1 に巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧を印加する。このとき、電磁石 1 へ通電される励磁電流は、横軸を時間、縦軸を励磁電流とする図 3 に示すようになる。即ち、 $T_1$  で示す電圧印加開始時点より励磁電流が流れ始める。そして、可動鉄心と固定鉄心の空隙が小さくなるに従い、磁気抵抗が減少して磁束が増加し、鉄心が吸着されると磁束が急激に増加して逆起電力が発生し、 $T_2$  で示す時点でコイル電流は一旦減少する。鉄心の吸着後は磁気抵抗が一定になって磁束の変化が無くなり、逆起電力が減少して無くなると、 $T_3$  で示す期間のように電磁石 1 の励磁電流は印加電圧を巻線抵抗値で割った一定値となる。

#### 【0016】

このとき、励磁電流検出抵抗 4 には励磁電流に比例した電圧降下  $V_b$  が発生する。制御マイコン 13 a は、励磁電流計測回路 11 で電圧降下  $V_b$  の計測データ、及び電源電圧計測回路 10 で巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  の計測データを取得する。励磁電流検出抵抗 4 の抵抗値を  $R_b$  とすると、制御マイコン 13 a は電磁石 1 の巻線抵抗値  $R_a$  を  $R_a = (V_a - V_b) / (V_b / R_b)$  の算式により算出する。ここで、スイッチング素子 2 のオン抵抗は数百 mΩ であり、電磁石 1 の巻線抵抗値に対して十分小さいため、スイッチング素子 2 での電圧降下は省略して計算している。

#### 【0017】

図 2 の鉄心吸引初期時  $T_a$  の期間が過ぎ、鉄心が吸引された後は、磁気回路の空隙が小さくなるので励磁電流を低減して通電しても、鉄心の吸引状態を維持することができる。励磁電流の低減は、制御マイコン 13 a がパルス駆動回路 12 a を介してスイッチング素子 2 をパルス駆動し、巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  をパルス電圧にして電磁石 1 に加えることで行うが、図 4 で示すように電磁石 1 の巻線抵抗値  $R_a$  は周囲温度に比例して増加するため、パルス幅が一定であると周囲温度の上昇と共に励磁電流が低減し、また、瞬時停電等で巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  が低減したときに励磁電流が低減する。

#### 【0018】

これを避けるため、制御マイコン 13 a は上記計算で得た巻線抵抗値  $R_a$  と巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  の計測値を用いて、パルス制御のオンデューティの補正係数  $K$  を求め、基準オンデューティ  $D_1$  に補正係数  $K$  を掛けた  $D_1 \times K$  のオンデューティでパルス制御を行う。なお、基準オンデューティ  $D_1$  は周囲温度 20℃ で巻線用電源回路 3 の安定動作時の鉄心吸引保持可能なオンデューティであり、予め制御マイコン 13 a に記憶している。また、補正係数  $K$  は、周囲温度による巻線抵抗値の増減を考慮した補正係数  $K_1$  と巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  の低減を考慮した補正係数  $K_2$  を掛け合せた  $K = K_1 \times K_2$  の算式で制御マイコン 13 a が算出する。 $K_1 = \text{巻線抵抗値 } R_a / \text{基準巻線抵抗値 } R_1$ 、 $K_2 = \text{DC 電源電圧 } V_a / \text{基準電源電圧 } V_1$  であり、基準巻線抵抗値  $R_1$  は周囲温度 20℃ の時の抵抗値、基準電源電圧  $V_1$  は巻線用電源回路 3 の安定動作時電圧である。図 5 に示すように、補正係数  $K_1$  は巻線抵抗値と比例してオンデューティが大きくなるように補正を行う。また、図 6 に示すように、補正係数  $K_2$  は巻線の印加電圧が低減するとオンデューティを大きくするように補正を行う。

#### 【0019】

電磁石 1 の巻線の抵抗値は周囲温度によって増減するため、鉄心吸引初期時 T a の期間に算出した巻線抵抗値 R a を元に長い時間パルス制御した場合、流している励磁電流が鉄心の吸引維持に必要な励磁電流を下回ったり、必要以上の励磁電流を流してしまい電磁石 1 が発熱したり、消費電流が増える等の問題を生じる。このため、図 2 のように数十秒毎に T b で示す数百 m s の期間、パルス駆動回路 1 2 a のパルス幅を 1 0 0 % で動作し、スイッチング素子 2 を数百 m s 間導通させ、図 3 の T 4 の期間のように励磁電流が一定となった時に電磁石 1 の巻線の抵抗値 R a を再計算し、次の数十秒後の鉄心再吸引までの間のオンデューティを決定し、励磁電流が一定となるように制御する。なお、遮断器の電磁石を用いた内部付属装置等は本体開閉衝撃等の外的衝撃が電磁石に加わるが、この外的衝撃により位置ずれした鉄心を元の位置へ戻す働きを数十秒毎の鉄心再吸引は兼ねている。

10

#### 【 0 0 2 0 】

この電磁石駆動装置を遮断器等の内部付属装置に使用した場合、通電部の放熱の影響や周囲温度の上昇により電磁石 1 の巻線抵抗値が増加するが、制御マイコン 1 3 a には巻線抵抗値の最大変化範囲が記憶されており、上記算出で得た巻線の抵抗値 R a が巻線のレアショート等により下限値を外れた場合や、通電部の異常発熱により電磁石 1 の周囲温度が上がり巻線抵抗値が上限を外れた場合に、制御マイコン 1 3 a はアラーム出力回路 7 を介して巻線抵抗値異常のアラームを出力する。

#### 【 0 0 2 1 】

また、遮断器の内部付属装置の不足電圧引きはずし装置等は入力電源の切断後に 3 秒程度、電磁石の鉄心吸引を維持する時延動作形があるが、時延動作コンデンサ 8 を取付けることで、入力電源の切断後の時延期間は、切断前に蓄えた電荷で電磁石 1 に励磁電流を流し続ける。このとき、電磁石 1 に印加される電圧 V a は時延動作コンデンサ 8 の電荷の消費と共に低下するので、スイッチング素子 2 のスイッチングパルス幅を一定にした場合、励磁電流が低減してしまうが、上記補正係数 K を基本オンデューティ D 1 に掛けたオンデューティでパルス制御することで、電磁石 1 の印加電圧 V a の低減と共にオンデューティが大きくなり、励磁電流を一定に保つことができる。

20

#### 【 0 0 2 2 】

以上のように、実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置によれば、励磁電流検出抵抗 4 が電磁石 1 とフライホイールダイオード 5 で形成されるループの外に取付けてあるため、スイッチング素子 2 が導通状態の時のみ励磁電流検出抵抗 4 に電力消費が発生し、スイッチング素子 2 が非導通状態の時は電力消費が発生しないため、電力損失を抑えることができる。

30

#### 【 0 0 2 3 】

また、図 3 の T 3 と T 4 のように鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時の比較的大きい箇所の励磁電流を励磁電流計測回路 1 1 で計測するため、仮に鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時の励磁電流が吸引保持維持電流の 5 倍である場合、同じ検出電圧を得ようとする吸引保持維持電流を検出する方式に比べて 1 / 5 の抵抗値の励磁電流検出抵抗 4 を使用できる。小さい抵抗値の抵抗を使用することで、抵抗での電力消費が抑えられ、定格電力の小さい抵抗を使用することができる。

#### 【 0 0 2 4 】

また、図 2 のように励磁電流検出抵抗 4 に生じる励磁電流に比例した電圧降下は、スイッチング素子 2 が導通状態の時のみ生じるが、吸引保持維持電流通電時のパルス制御のパルス周期をスイッチング音の可聴域を避けるため 1 5 k H z 以上に設定すると、パルス幅は数  $\mu$  s ~ 数十  $\mu$  s と狭くなる。このパルスを数回サンプリングできるような制御マイコンを選定すると、高性能で高価なマイコンを選定せざる得なくなる。仮に 1 0  $\mu$  s のパルスを 1 0 回サンプリングできるようにするためにはサンプリング周期が 1 M H z 以上の高性能な制御マイコンが必要となるが、図 3 の T 3 と T 4 の励磁電流検出の期間を 1 0 m s 以上取れば、1 0 m s のパルスを 1 0 回サンプリングするには 1 k H z 以上のサンプリング周期の制御マイコンが使用でき、サンプリング周波数の低い安価な汎用マイコンが使用できる。

40

#### 【 0 0 2 5 】

50

また、制御マイコン 13 a には巻線抵抗値の最大変化範囲が記憶されており、最大変化範囲を外れた場合に、アラーム出力回路 7 より巻線抵抗値異常のアラームを出力することにより、レアショート等による巻線抵抗値異常や、遮断器等の内部付属装置に使用した場合に、通電部の異常発熱により電磁石 1 の周囲温度が上がり巻線抵抗値が増大した時にアラームを出力することで異常を知らせることができる。

【0026】

また、電磁石 1 の鉄心吸引後は、磁気回路の空隙が小さくなるので励磁電流を低減して通電しても、鉄心の吸引状態を維持することができるが、制御マイコン 13 a は巻線抵抗値  $R_a$  と巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  の計測値を用いて、オンデューティの補正係数を求め、基準オンデューティに補正係数を掛けたオンデューティでパルス制御を行うことにより、周囲温度による巻線抵抗値の増減時や巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧  $V_a$  の低減時も励磁電流を一定に保つことができる。

10

【0027】

また、電磁石 1 の巻線の抵抗値は周囲温度によって増減するため、鉄心吸引時に算出した巻線抵抗値を元に長い時間パルス制御した場合、流している励磁電流が鉄心の吸引維持に必要な励磁電流を下回ったり、必要以上の励磁電流を流してしまい電磁石 1 が発熱したり、消費電流が増える等の問題を生じるが、数十秒毎に電磁石 1 の巻線の抵抗値を再計算し、次の数十秒後の鉄心再吸引までの間のオンデューティの補正係数を算出し、オンデューティを決定してパルス制御することで、励磁電流を一定に保つことができる。

20

【0028】

また、実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置を遮断器の内部付属装置等に用いた場合、本体開閉衝撃等の外的衝撃が電磁石 1 に加わるが、数十秒毎に鉄心再吸引を行うことで、外的衝撃により位置ずれした鉄心を元の位置へ戻すことができる。

【0029】

また、実施の形態 1 に係る電磁石駆動装置を遮断器内部付属装置の不足電圧引きはずし装置等の入力電源切断後に 3 秒程度、電磁石 1 の鉄心吸引を維持する時延動作形に用いた場合、入力電源の切断後の時延期間は、時延動作コンデンサ 8 に蓄えた電荷で電磁石 1 に励磁電流を流し続けるが、電磁石 1 に印加される DC 電源電圧  $V_a$  は時延動作コンデンサ 8 の電荷の消費と共に低下するので、補正係数を基本オンデューティに掛けたオンデューティでパルス制御することで、電磁石 1 の印加電圧が低減しても励磁電流を一定に保つことができる。

30

【0030】

実施の形態 2 .

次に、この発明の実施の形態 2 に係る電磁石駆動装置について説明する。

図 7 は、実施の形態 2 に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。実施の形態 2 は、実施の形態 1 における励磁電流制御部 6 a の別の実施の形態を示すものであり、実施の形態 1 と同様な種々の効果を奏するものである。

【0031】

図 7 において、励磁電流制御部 6 b は、電磁石 1 の鉄心保持に必要な励磁電流の通電をスイッチング素子 2 のパルス制御により実施する制御マイコン 13 b と、制御マイコン 13 b の制御電源 14 と、巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧を計測する電源電圧計測回路 10 と、スイッチング素子 2 をパルス制御するパルス駆動回路 12 b と、パルス駆動回路 12 b のパルス出力によりスイッチング素子 2 をパルス駆動するトランジスタ 20、抵抗 21 及びツェナーダイオード 22 を備えている。

40

【0032】

励磁電流制御部 6 b は更に、スイッチング素子 2 の導通時に励磁電流検出抵抗 4 に発生する励磁電流に比例した検出電圧を、スイッチング素子 2 の非導通の期間も保持するコンデンサ 23 と、スイッチング素子 2 の非導通の期間にコンデンサ 23 から励磁電流検出抵抗 4 側へ電流が流れるのを防止する抵抗 24 と、スイッチング素子 2 の導通時のみコンデンサ 23 と励磁電流検出抵抗 4 を接続する半導体スイッチ 25 と、スイッチング素子 2 の

50

導通時のみ半導体スイッチ 25 を動作させるツェナーダイオード 26 及び抵抗 27 を備えている。なお、その他の構成については、実施の形態 1 と同様であるので同一符号を付すことにより説明を省略する。

#### 【0033】

実施の形態 2 に係る電磁石駆動装置は上記のように構成されており、次にその動作について説明する。

実施の形態 1 では鉄心吸引初期時と数十秒毎に数百 ms の期間、パルス制御のパルス幅を 100 % で動作した時の励磁電流検出抵抗 4 に生じる電圧降下で電磁石 1 の巻線抵抗値を算出することにより、パルス制御のパルス幅を決定したが、実施の形態 2 では横軸を時間、縦軸を巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧とする図 8 のパルス制御期間  $T_c$  に励磁電流検出抵抗 4 に生じる電圧降下でパルス制御のパルス幅を決定する。制御マイコン 13b は鉄心吸引初期時に実施の形態 1 で説明した方法により電磁石 1 の巻線抵抗値を算出し、パルス幅を決定してパルス制御を開始する。電磁石 1 の巻線抵抗値は周囲温度によって増減するため、鉄心吸引初期時に算出した巻線抵抗値を元に長い時間パルス制御した場合、流している励磁電流が鉄心の吸引維持に必要な励磁電流を下回ったり、必要以上の励磁電流を流してしまい電磁石 1 が発熱したり、消費電流が増える等の問題を生じる。このため、スイッチング素子 2 の導通時に励磁電流検出抵抗 4 に発生する励磁電流に比例した検出電圧をスイッチング素子 2 が非導通の期間もコンデンサ 23 で保持することにより、サンプリング周波数の低い安価なマイコンでもサンプリング可能となる。

#### 【0034】

スイッチング素子 2 は、ゲート端子電圧が閾値を超えると導通となる素子であり、半導体スイッチ 25 はコントロール端子電圧が閾値を超えるとスイッチが導通となる素子である。パルス駆動回路 12b によりトランジスタ 20 をオン、オフすることによりパルス制御を行うが、トランジスタ 20 のオン時は、ツェナーダイオード 22 は短絡され、スイッチング素子 2 のゲート端子に電圧は印加されず、トランジスタ 20 のオフ時は、抵抗 21 よりツェナーダイオード 22 に電流が流れて、スイッチング素子 2 のゲート端子にツェナーダイオード 22 のツェナー電圧と等しい電圧が印加される。

#### 【0035】

ツェナーダイオード 22 のツェナー電圧より低いツェナー電圧特性を持ったツェナーダイオード 26 と抵抗 27 をツェナーダイオード 22 と並列に接続し、半導体スイッチ 25 のコントロール端子に接続する。これにより、図 9 に示すように、スイッチング素子 2 のゲート端子電圧がツェナーダイオード 26 のツェナー電圧に達するまでは、ツェナーダイオード 26 には電流が流れず抵抗 27 の両端には電圧が発生しないため、立上り時は半導体スイッチ 25 のコントロール端子電圧はスイッチング素子 2 のゲート端子電圧よりも遅れて立上り、立下り時は半導体スイッチ 25 のコントロール端子電圧はスイッチング素子 2 のゲート端子電圧よりも早く立下がる。よって、パルス制御時にスイッチング素子 2 が導通となった後に遅れて半導体スイッチ 25 が導通となり、スイッチング素子 2 が非導通となるより先に半導体スイッチ 25 が非導通となる。

#### 【0036】

これにより、スイッチング素子 2 が導通して励磁電流検出抵抗 4 に励磁電流に比例した検出電圧が発生時のみ半導体スイッチ 25 が導通し、コンデンサ 23 を充電して検出電圧を保持するため、図 10 に示すように、励磁電流検出抵抗 4 の検出電圧と等しいとみなしてよい範囲内の値の電圧がコンデンサ 23 の両端に保持される。図 10 のようにコンデンサ 23 の保持電圧は半導体スイッチ 25 のリーク電流やコンデンサ 23 自体のリーク電流による自己放電により、スイッチング素子 2 の非導通期間は減少するが、励磁電流検出に影響を及ぼさない程度のリーク電流特性を持った部品を選定することで励磁電流検出が可能となる。

#### 【0037】

抵抗 24 はスイッチング素子 2 と半導体スイッチ 25 とが同時とみなしてよいタイミングで導通または非導通となった場合に、コンデンサ 23 から励磁電流検出抵抗 4 側へ電流

10

20

30

40

50

が流れた場合に、コンデンサ 2 3 の保持電圧が急激に低下し、検出に影響を及ぼすことを避ける働きをする。制御マイコン 1 3 b はコンデンサ 2 3 に充電された電磁石 1 の励磁電流に比例した電圧信号を読み込み、電磁石 1 の鉄心の保持に必要な励磁電流が流れるパルス幅でパルス駆動回路 1 2 b を介してスイッチング素子 2 をパルス制御する。

【 0 0 3 8 】

以上のように、実施の形態 2 に係る電磁石駆動装置によれば、励磁電流検出抵抗 4 が電磁石 1 とフライホイールダイオード 5 で形成されるループの外に取付けてあるため、スイッチング素子 2 の導通状態の時のみ励磁電流検出抵抗 4 に電力消費が発生し、スイッチング素子 2 の非導通状態の時は電力消費が発生しないため、電力損失を抑えることができる。

【 0 0 3 9 】

また、電磁石 1 の励磁電流の検出信号がスイッチング素子 2 の非導通期間も保持されるため、サンプリング周波数の低い安価な汎用マイコンでも励磁電流の検出が可能となる。

【 0 0 4 0 】

また、実施の形態 1 と同様に、電磁石 1 の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に電磁石 1 の巻線抵抗値を算出することで、巻線抵抗値の最大変化範囲を外れた場合に、アラーム出力回路 7 より巻線抵抗値異常のアラームを出力する。これにより、レアショート等による巻線抵抗値異常や、遮断器等の内部付属装置に使用した場合に通電部の異常発熱により電磁石 1 の周囲温度が上がり巻線抵抗値が増大した時にアラームを出力することで異常を知らせることができる。

【 0 0 4 1 】

また、実施の形態 2 に係る電磁石駆動装置を遮断器の内部付属装置等に用いた場合、本体開閉衝撃等の外的衝撃が電磁石 1 に加わるが、数十秒毎に鉄心再吸引を行うことで、外的衝撃により位置ずれした鉄心を元の位置へ戻すことができる。

【 0 0 4 2 】

実施の形態 3 .

次に、この発明の実施の形態 3 に係る電磁石駆動装置について説明する。

図 1 1 は、実施の形態 3 に係る電磁石駆動装置の構成を示す回路図である。実施の形態 3 は、実施の形態 1 における励磁電流制御部 6 a の更に別の実施の形態を示すものであり、実施の形態 1 と同様な種々の効果を奏するものである。

【 0 0 4 3 】

図 1 1 において、励磁電流制御部 6 c は、電磁石 1 の鉄心保持に必要な励磁電流の通電をスイッチング素子 2 のパルス制御により実施する制御マイコン 1 3 b と、制御マイコン 1 3 b の制御電源 1 4 と、巻線用電源回路 3 の DC 電源電圧を計測する電源電圧計測回路 1 0 と、スイッチング素子 2 をパルス制御するパルス駆動回路 1 2 a と、スイッチング素子 2 の導通時に励磁電流検出抵抗 4 に発生する励磁電流に比例した検出電圧をスイッチング素子 2 が非導通の期間も保持するコンデンサ 2 3 と、スイッチング素子 2 の非導通の期間にコンデンサ 2 3 から励磁電流検出抵抗 4 側へ電流が流れるのを防止する抵抗 2 4 と、スイッチング素子 2 が導通時のみコンデンサ 2 3 と励磁電流検出抵抗 4 を接続するフォトモスリレー 3 0 と、スイッチング素子 2 が導通時のみフォトモスリレー 3 0 の動作電流を通電させる抵抗 3 1 と、フォトモスリレー 3 0 の外乱による誤動作を避ける抵抗 3 2 で構成されている。なお、その他の構成については、実施の形態 1 と同様であるので同一符号を付すことにより説明を省略する。

【 0 0 4 4 】

実施の形態 3 に係る電磁石駆動装置は上記のように構成されており、次にその動作について説明する。

実施の形態 1 では鉄心吸引初期時と数十秒毎に数百 m s の期間、パルス制御のパルス幅を 1 0 0 % で動作した時の励磁電流検出抵抗 4 に生じる電圧降下で電磁石 1 の巻線抵抗値を算出することにより、パルス制御のパルス幅を決定したが、実施の形態 3 では実施の形態 2 と同様に、図 8 に示すパルス制御期間 T c に励磁電流検出抵抗 4 で生じる電圧降下により、パルス制御のパルス幅を決定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 5 】

制御マイコン 1 3 b は、鉄心吸引初期時に実施の形態 1 で説明した方法により電磁石 1 の巻線抵抗値を算出し、パルス幅を決定してパルス制御を開始する。電磁石 1 の巻線抵抗値は周囲温度によって増減するため、鉄心吸引初期時に算出した巻線抵抗値を元に長い時間パルス制御した場合、流している励磁電流が鉄心の吸引維持に必要な励磁電流を下回ったり、必要以上の励磁電流を流してしまい、電磁石 1 が発熱したり、消費電流が増える等の問題を生じる。このため、スイッチング素子 2 が導通時に励磁電流検出抵抗 4 で発生する励磁電流に比例した検出電圧を、スイッチング素子 2 が非導通の期間もコンデンサ 2 3 で保持することによりサンプリング周波数の低い安価なマイコンでもサンプリング可能となる。

10

## 【 0 0 4 6 】

フォトモスリレー 3 0 は、図 1 2 に示すように、スイッチング素子 2 の導通時に励磁電流検出抵抗 4 と抵抗 3 1 で分流された電流が入力側に通電されることで出力側が導通状態となる。このとき、抵抗 3 1 に流れる電流が励磁電流検出抵抗 4 に流れる電流の  $1 / 1 0$  以下にすることにより、電磁石 1 の励磁電流検出に影響を与えないようにしている。

## 【 0 0 4 7 】

また、スイッチング素子 2 の非導通時に、外乱によりフォトモスリレー 3 0 の入力側に微小電流が流れてフォトモスリレー 3 0 が誤動作しないように、抵抗 3 2 により、一定以上の電流がフォトモスリレー 3 0 の入力側に流れないと動作しないようにしている。これにより、図 1 3 に示すように、スイッチング素子 2 が導通して励磁電流検出抵抗 4 に励磁電流に比例した検出電圧が発生時のみフォトモスリレー 3 0 の出力側が導通し、コンデンサ 2 3 に充電電流が流れるため、図 1 4 に示すように、励磁電流検出抵抗 4 の検出電圧と等しいとみなしてよい範囲内の値の電圧がコンデンサ 2 3 の両端に保持される。

20

## 【 0 0 4 8 】

図 1 4 に示すように、コンデンサ 2 3 の保持電圧はフォトモスリレー 3 0 のリーク電流やコンデンサ 2 3 自体のリーク電流による自己放電により、スイッチング素子 2 の非導通期間は減少するが、励磁電流検出に影響を及ぼさない程度のリーク電流特性を持った部品を選定することで励磁電流検出が可能となる。また、抵抗 2 4 はスイッチング素子 2 とフォトモスリレー 3 0 とが同時とみなしてよいタイミングで導通または非導通となった場合に、コンデンサ 2 3 から励磁電流検出抵抗 4 側へ電流が流れた場合に、コンデンサ 2 3 の保持電圧が急激に低下し、検出に影響を及ぼすことを避ける働きをする。制御マイコン 1 3 b はコンデンサ 2 3 に充電された電磁石 1 の励磁電流に比例した電圧信号を読み込み、電磁石 1 の鉄心の保持に必要な励磁電流が流れるパルス幅でパルス駆動回路を介してスイッチング素子 2 をパルス制御する。

30

## 【 0 0 4 9 】

以上のように実施の形態 3 に係る電磁石駆動装置によれば、励磁電流検出抵抗 4 が電磁石 1 とフライホイールダイオード 5 で形成されるループの外に取付けてあるため、スイッチング素子 2 の導通状態の時のみ励磁電流検出抵抗 4 に電力消費が発生し、スイッチング素子 2 の非導通状態の時は電力消費が発生しないため、電力損失を抑えることができる。

## 【 0 0 5 0 】

また、電磁石 1 の励磁電流の検出信号がスイッチング素子 2 の非導通期間も保持されるため、サンプリング周波数の低い安価な汎用マイコンでも励磁電流の検出が可能となる。

40

## 【 0 0 5 1 】

また、実施の形態 1 と同様に、電磁石 1 の鉄心吸引初期時と鉄心再吸引時に電磁石 1 の巻線抵抗値を算出することで、巻線抵抗値の最大変化範囲を外れた場合に、アラーム出力回路 7 より巻線抵抗値異常のアラームを出力する。これにより、レアショート等による巻線抵抗値異常や、遮断器等の内部付属装置に使用した場合に通電部の異常発熱により電磁石 1 の周囲温度が上がり巻線抵抗値が増大した時にアラームを出力することで異常を知らせることができる。

## 【 0 0 5 2 】

50

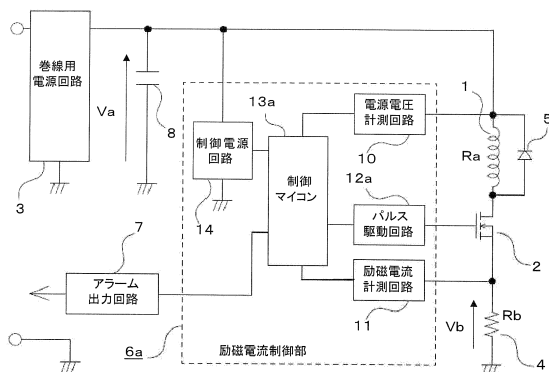
また、実施の形態 3 に係る電磁石駆動装置を遮断器の内部付属装置等に用いた場合、本体開閉衝撃等の外的衝撃が電磁石 1 に加わるが、数十秒毎に鉄心再吸引を行うことで、外的衝撃により位置ずれした鉄心を元の位置へ戻すことができる。

【 0 0 5 3 】

以上、この発明の実施の形態 1 から 3 について説明したが、この発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

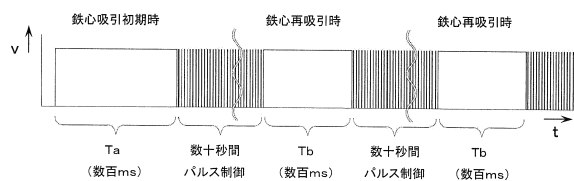
【 図 1 】

図 1



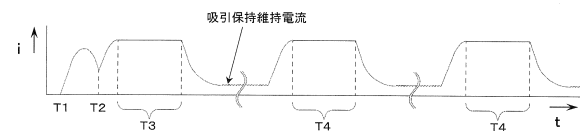
【 図 2 】

図 2



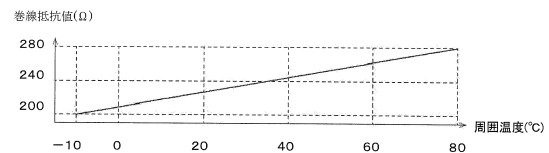
【 図 3 】

図 3



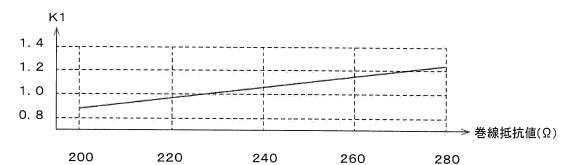
【 図 4 】

図 4

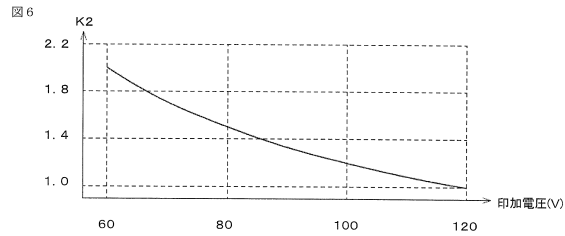


【 図 5 】

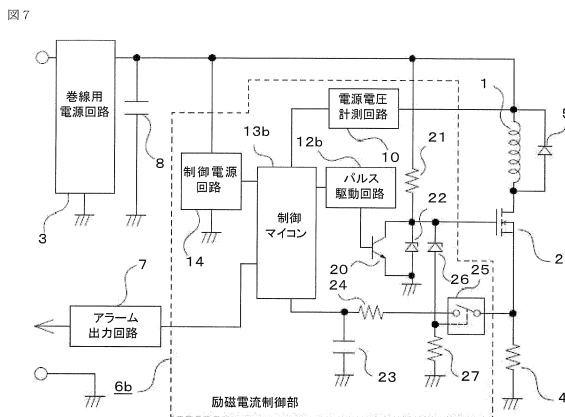
図 5



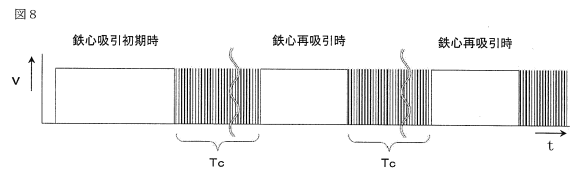
## 【図 6】



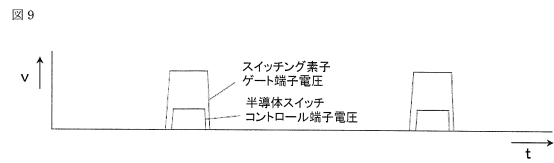
## 【図 7】



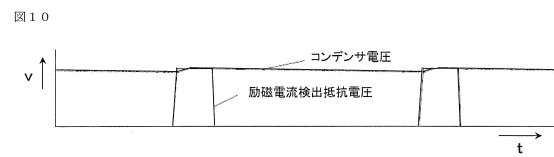
## 【図 8】



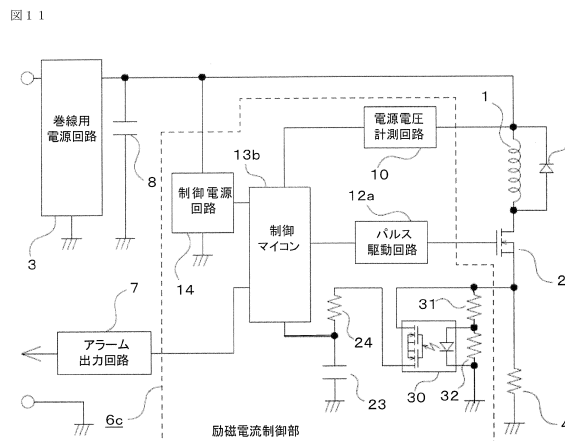
## 【図 9】



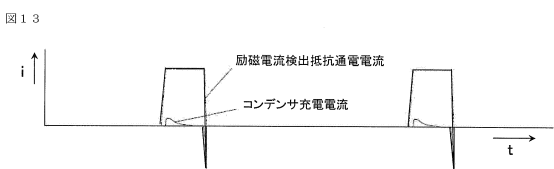
## 【図 10】



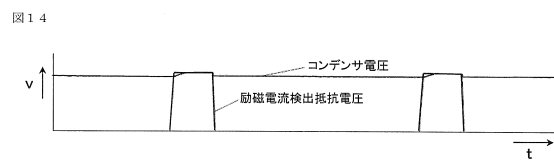
## 【図 11】



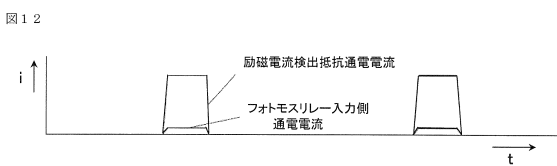
## 【図 13】



## 【図 14】



## 【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 林 明宏

東京都千代田区九段北一丁目 1 3 番 5 号 三菱電機エンジニアリング株式会社内

審査官 関 信之

(56)参考文献 特開昭 6 1 - 1 8 7 3 0 4 ( J P , A )

特開平 1 0 - 2 8 9 8 1 8 ( J P , A )

特開平 0 2 - 2 8 1 5 2 7 ( J P , A )

特開昭 6 3 - 0 1 3 3 0 7 ( J P , A )

特開平 0 1 - 2 5 9 5 1 2 ( J P , A )

特表平 1 1 - 5 0 3 8 6 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 H 3 3 / 5 9

H 0 1 F 7 / 1 8

H 0 1 H 3 3 / 3 8

H 0 1 H 4 7 / 0 4