

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6062324号  
(P6062324)

(45) 発行日 平成29年1月18日(2017.1.18)

(24) 登録日 平成28年12月22日(2016.12.22)

(51) Int.Cl.	F I
<b>FO2N 11/08 (2006.01)</b>	FO2N 11/08 X
	FO2N 11/08 L
	FO2N 11/08 V
	FO2N 11/08 Y

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-125867 (P2013-125867)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成25年6月14日(2013.6.14)	(74) 代理人	100084412 弁理士 永井 冬紀
(65) 公開番号	特開2015-1187 (P2015-1187A)	(72) 発明者	城吉 宏泰 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
(43) 公開日	平成27年1月5日(2015.1.5)	(72) 発明者	小俣 繁彦 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内
審査請求日	平成27年12月10日(2015.12.10)	(72) 発明者	長澤 義秋 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジン始動装置およびエンジン始動制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バッテリーによって駆動される直流モータの回転力をエンジンへ伝達することによって前記エンジンを始動させるエンジン始動装置であって、

前記バッテリーのバッテリー電圧を取得するバッテリー電圧取得部と、

前記バッテリー電圧取得部によって取得される前記バッテリー電圧に基づき、前記バッテリーから前記直流モータへ供給されるモータ電流の目標電流値を算出する目標電流値算出部と、

前記直流モータのモータ回転数を取得するモータ回転数取得部と、

前記モータ電流のモータ電流値を前記目標電流値に近づけるように、前記バッテリー電圧取得部によって取得される前記バッテリー電圧と、前記モータ回転数取得部によって取得される前記モータ回転数とに基づき、前記直流モータに接続されて前記モータ電流が流れる回路素子を制御するモータ電流制御部とを備えることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項2】

請求項1に記載のエンジン始動装置において、

前記モータ電流制御部は、前記直流モータ以外の他の電気機器が前記バッテリーからの電力供給に応じて作動するのに必要な作動電圧に基づいて定められる目標電圧と、前記目標電流値の基準電流値とを記憶し、

前記目標電流値算出部は、前記バッテリー電圧取得部によって取得される前記バッテリー電圧と前記目標電圧との電圧差分と、前記モータ電流制御部によって記憶される前記基準電

10

20

流値とに基づいて、前記目標電流値を算出し、

前記モータ電流制御部によって記憶される前記基準電流値は、前記電圧差分が無いとき、前記目標電流値に等しい電流値を示す前記モータ電流が前記バッテリーから前記直流モータへ供給されることに起因して生じる前記バッテリーの電圧降下によって前記バッテリー電圧が前記作動電圧を下回ることを防止するように、予め設定されることを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のエンジン始動装置において、

前記モータ電流制御部は、前記バッテリーから前記直流モータへの通電の開始および停止を繰り返す PWM 制御を、前記通電の前記開始から前記停止に至るまでの時間と前記通電の前記開始から前記停止を経て再び前記開始に至るまでの時間との比で表される通電比率に応じて前記回路素子を制御することによって行い、

10

前記モータ電流制御部は、前記バッテリー電圧取得部によって取得される前記バッテリー電圧と、前記バッテリーの内部抵抗と、前記目標電流値算出部によって算出される前記目標電流値と、前記モータ回転数取得部によって取得される前記モータ回転数と、前記直流モータが有するモータ抵抗と、前記直流モータの逆起電圧係数とに基づいて、前記通電比率を決定することを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のエンジン始動装置において、

前記モータ回転数取得部は、前記モータ回転数を検知するモータ回転検知部から前記モータ回転数を取得することを特徴とするエンジン始動装置。

20

【請求項 5】

請求項 3 に記載のエンジン始動装置において、

前記モータ回転数取得部は、前記エンジンのエンジン回転数を取得し、前記エンジン回転数に基づき、前記モータ回転数を取得することを特徴とするエンジン始動装置。

【請求項 6】

請求項 2 に記載のエンジン始動装置において、

前記バッテリーから前記他の電気機器へ供給される供給電流を取得する供給電流取得部をさらに備え、

前記目標電流値算出部は、前記バッテリー電圧取得部によって取得される前記バッテリー電圧と前記目標電圧との前記電圧差分と、前記モータ電流制御部によって記憶される前記基準電流値と、前記供給電流取得部によって取得される前記供給電流とに基づいて、前記目標電流値を算出することを特徴とするエンジン始動装置。

30

【請求項 7】

バッテリーによって駆動される直流モータの回転力をエンジンへ伝達することによって前記エンジンを始動させるエンジン始動を制御するエンジン始動制御方法であって、

前記バッテリーのバッテリー電圧を取得し、

前記直流モータ以外の他の電気機器が前記バッテリーからの電力供給に応じて作動するのに必要な作動電圧に基づいて定められる目標電圧と前記バッテリー電圧との電圧差分と、前記バッテリーから前記直流モータへ供給されるモータ電流の目標電流値の基準電流値とに基づき、前記目標電流値を算出し、

40

前記直流モータのモータ回転数を取得し、

前記モータ電流のモータ電流値を前記目標電流値に近づけるように、前記バッテリー電圧と前記モータ回転数とに基づき、前記直流モータに接続されて前記モータ電流が流れる回路素子を制御し、

前記基準電流値は、前記電圧差分が無いとき、前記目標電流値に等しい電流値を示す前記モータ電流が前記バッテリーから前記直流モータへ供給されることに起因して生じる前記バッテリーの電圧降下によって前記バッテリー電圧が前記作動電圧を下回ることを防止するように、予め設定されることを特徴とするエンジン始動制御方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、車両のエンジン始動装置およびエンジン始動制御方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

低コスト化の要求を満たしながら、エンジン再始動性を向上させるエンジン自動停止始動制御装置が開示されている（例えば、特許文献1参照）。そのエンジン自動停止始動制御装置においては、スタータモータに比較的大きな電流を通電する必要がないように、スタータモータへの通電をオン/オフするモータ用の機械式リレーとスイッチング素子とが並列に設けられている。エンジン停止位置制御を行う場合には、スイッチング素子によりモータの通電電流が精度良く制御される。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2010-106825号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献1に開示されたエンジン自動停止始動制御装置においては、バッテリーの充電が不十分である場合、またはバッテリーが劣化している場合は、そのバッテリーによって電力が供給される電装品がリセットしてしまうことがある。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

(1) 請求項1に記載のエンジン始動装置は、バッテリーによって駆動される直流モータの回転力をエンジンへ伝達することによってエンジンを始動させるエンジン始動装置であって、バッテリーのバッテリー電圧を取得するバッテリー電圧取得部と、バッテリー電圧取得部によって取得されるバッテリー電圧に基づき、バッテリーから直流モータへ供給されるモータ電流の目標電流値を算出する目標電流値算出部と、直流モータのモータ回転数を取得するモータ回転数取得部と、モータ電流のモータ電流値を目標電流値に近づけるように、バッテリー電圧取得部によって取得されるバッテリー電圧と、モータ回転数取得部によって取得されるモータ回転数とに基づき、直流モータに接続されてモータ電流が流れる回路素子を制御するモータ電流制御部とを備えることを特徴とする。

30

(2) 請求項7に記載のエンジン始動制御方法は、バッテリーによって駆動される直流モータの回転力をエンジンへ伝達することによってエンジンを始動させるエンジン始動を制御するエンジン始動制御方法であって、バッテリーのバッテリー電圧を取得し、直流モータ以外の他の電気機器がバッテリーからの電力供給に応じて作動するのに必要な作動電圧に基づいて定められる目標電圧とバッテリー電圧との電圧差分と、バッテリーから直流モータへ供給されるモータ電流の目標電流値の基準電流値とに基づき、目標電流値を算出し、モータ電流のモータ電流値を目標電流値に近づけるように、バッテリー電圧とモータ回転数とに基づき、直流モータに接続されてモータ電流が流れる回路素子を制御し、

40

基準電流値は、電圧差分が無いとき、目標電流値に等しい電流値を示すモータ電流がバッテリーから直流モータへ供給されることに起因して生じるバッテリーの電圧降下によってバッテリー電圧が作動電圧を下回ることを防止するように、予め設定されることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0006】

本発明によれば、バッテリーの充電が不十分である場合やバッテリーが劣化している場合でも、そのバッテリーによって電力が供給される電装品がリセットしない範囲で素早くエンジ

50

ンを始動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態による車両のエンジン始動装置およびその関連装置の構成図である。

【図2】エンジン始動装置に含まれるモータに対する通電制御に用いられるPWM制御の通電信号の説明図である。

【図3】バッテリーおよびスタータの簡易的な回路図である。

【図4】モータ電流の目標電流値およびモータの通電比率の決定方法を示した図である。

【図5】エンジン始動制御方法の内容を示すフローチャートである。

【図6】モータ回転数の推測手順を示すフローチャートである。

【図7】エンジン始動制御の時間的変化の一例を示す波形図である。

【図8】バッテリーと、スタータと、エンジン始動装置以外の他の電気機器とを表す簡易的な回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

近年の自動車には、エネルギー資源の節約と環境保全を目的として、運転中に所定の条件が成立した時にエンジンを一時停止させるアイドルストップシステムが搭載されている。このアイドルストップシステムにおいては、例えば信号待ちなどで運転者が車両を停止させる際になどにエンジンを自動的に停止し、その後、運転者の再始動要求が生じた時点や、エンジンの稼働が必要になった時に自動的にエンジンが再始動する。いわゆるピニオン押し出し式のスタータモータがピニオンを押し出し、ピニオンがエンジン軸と直結されているリングギヤに噛合わさって、スタータモータによるクランキングによってエンジンが始動する。

【0009】

エンジン始動の際、スタータモータへの通電によりバッテリーに電流が流れ、バッテリーの特性上、電流に対応して電圧が下がることが知られている。運転中も頻繁にエンジンを停止、再始動させるアイドルストップシステムにおいては、電圧が下がると例えばカーナビゲーションシステムなどの電装品がリセットしてしまうことになる。このため、従来のアイドルストップシステムを搭載している車両においては、補助電源等で対応されているが、搭載性の悪化やコストアップに繋がる。

【0010】

従来、直流モータを用いて車両のエンジンを始動させるエンジン始動装置として、回路に抵抗を追加することで突入電流を低減し、それによりエンジン始動初期のバッテリー電圧降下を抑制し、その後は抵抗を短絡することで電流を流し、クランキングトルクを確保するエンジン始動装置が知られている。

【0011】

他の例として、エンジン再始動時にスイッチング素子によってモータへの通電を制御し、PWM制御によりデューティ比を徐々に大きくしてモータの印加電圧を上昇させることで、通電開始直後のバッテリー電圧降下を防止するエンジン始動装置が知られている。

【0012】

しかしながら、従来のエンジン始動装置では、バッテリー電流が時間と共に低下するように制御されているため、スタータモータの出力トルクが減少し、エンジンのクランキングを十分に行えず、エンジン再始動に時間がかかるおそれがある。また、バッテリーの充電が不十分である場合、またはバッテリーが劣化している場合においては、許容出来るバッテリー電圧を実際のバッテリー電圧が下回ってしまい、電装品がリセットしてしまうことがある。

【0013】

本発明によるエンジン始動装置およびエンジン始動制御方法は、バッテリー電圧降下の許容範囲内で最大限に素早くエンジンを再始動させ、なおかつバッテリーの状態が変化しても同様にバッテリー電圧効果を許容範囲内に留めることができる。本発明によるエンジン始動

10

20

30

40

50

装置およびエンジン始動制御方法は、特に、アイドルストップシステムでエンジンを再始動する際に好適である。以下、図1～図8を用いて、本発明の一実施形態によるエンジン始動装置およびエンジン始動制御方法、ならびにそれらの変形例について説明する。

【0014】

図1は、本発明の一実施形態による車両のエンジン始動装置100およびその関連装置の構成図である。エンジン始動装置100は、スタータ101と、マグネットスイッチ102を通电するためのスイッチ106と、モータ105を通电するためのスイッチング素子107と、制御装置109とを含む。スタータ101は、マグネットスイッチ102と、ピニオンギヤ103と、モータ105とを含む。モータ105は、いわゆる直流モータであり、直流の電圧を付加することで回転駆動力が発生する。ピニオンギヤ103において、必要な時にマグネットスイッチ102がレバー111を引っ張ることでワンウェイクラッチ108がモータ回転軸上を移動し、エンジン軸と直結されているリングギヤ104と噛み合う。ピニオンギヤ103とリングギヤ104とが噛み合った状態であれば、モータ105に通电することでモータ105は回転し、モータ105の回転力はワンウェイクラッチ108を通じてリングギヤ104に伝達され、不図示のエンジンが回る。

10

【0015】

制御装置109は、通常の燃料噴射制御、点火制御、空気制御（電子制御スロットル）を行うとともに、ブレーキペダル状態および車速等の各種情報に基づき、アイドルストップを制御する。

【0016】

モータ回転検知センサ110は、モータ105の回転を検知する。検知されたモータ回転数の情報は、制御装置109に入力される。なお、モータ105の回転をモータ回転検知センサ110で直接検知することに代えて、エンジン回転検知センサ112によって検知されるエンジン回転を使って間接的にモータ105の回転数を検知しても良い。

20

【0017】

マグネットスイッチ102は、スイッチ106を介して制御装置109によって制御される。スイッチ106は、例えば機械式リレースイッチである。また、モータ105への通电も、スイッチング素子107を介して制御装置109によってPWM制御される。スイッチング素子107は、例えばMOSFETなどの半導体を用いたスイッチング素子である。

30

【0018】

図2は、エンジン始動装置100に含まれるモータ105に対する通电制御に用いられるPWM制御の通電信号の説明図である。制御装置109は、図2に示すPWM信号を通電信号として出力する。そのPWM信号にしたがって、スイッチング素子107がモータ105に対する通电をオン/オフ制御する。

【0019】

図2において、PWM制御の1周期の長さTは、例えばPWM制御の周波数を10KHzに設定した場合は、0.1msとなる。本実施形態では、モータの電氣的時定数よりも十分に早い制御となるようにPWM制御の周波数を決定する。

【0020】

PWM制御における通电比率Dを、1周期の中での通电する区間の割合と定義する。通电比率Dは、次式(1)のように、1周期の中でモータへ通电する区間 $T_{ON}$  [s]と、1周期の長さT [s]との比として表される。

40

【数1】

【数1】

$$D = \frac{T_{ON}}{T} \dots (1)$$

50

## 【 0 0 2 1 】

通電比率 D は、0 . 0 ~ 1 . 0 の間で値を変化させることができる変数である。制御装置 1 0 9 は、通電比率 D を変えることで、モータへの通電量を制御する。

## 【 0 0 2 2 】

図 3 を用いて、本実施形態によるエンジン始動装置 1 0 0 を駆動するための電力を供給するバッテリー 3 0 1 の特性について説明する。図 3 は、バッテリー 3 0 1 およびスタータ 1 0 1 の簡易的な回路図を示している。一般的に自動車では多くの機器がバッテリーによって駆動されるが、ここではバッテリー 3 0 1 およびそのバッテリー 3 0 1 によって駆動されるモータ 1 0 5 を含むスタータ 1 0 1 のみを示している。バッテリー 3 0 1 を流れる電流（バッテリー電流） $I_b$  はモータ 1 0 5 を流れるモータ電流  $I_m$  と等しい。バッテリー 3 0 1 は内部抵抗  $R_b$  を有しているとする、そのバッテリー 3 0 1 の内部抵抗  $R_b$  [ ] と、バッテリー 3 0 1 の初期電圧（電流が流れていない時の電圧） $V_0$  [ V ] と、バッテリー電流  $I_b$  [ A ] とに基づき、バッテリー 3 0 1 の出力電圧（バッテリー電圧） $V_b$  [ V ] は、次式（ 2 ）によって決まる。

## 【 数 2 】

## 【数2】

$$V_b = V_0 - I_b \times R_b \dots (2)$$

## 【 0 0 2 3 】

式（ 2 ）から分かるように、バッテリー電圧  $V_b$  はバッテリー電流  $I_b$  によって決められるため、バッテリー電流  $I_b$  を所定の値にコントロールできれば、バッテリー電圧  $V_b$  も所定の値にコントロールすることができる。バッテリー 3 0 1 の充電が不十分の場合は、バッテリー 3 0 1 の初期電圧  $V_0$  が十分に充電された状態よりも低くなることもある。また、バッテリー 3 0 1 の経年劣化等により、バッテリー 3 0 1 の内部抵抗  $R_b$  が増大し、バッテリー電流  $I_b$  が流れている時のバッテリー電圧  $V_b$  が低下することがある。バッテリー 3 0 1 の充電が不十分である場合、またはバッテリー 3 0 1 が劣化している場合は、同じバッテリー電流  $I_b$  が流れていてもバッテリー電圧  $V_b$  が低下し、許容できるバッテリー電圧、例えば電装品がバッテリー 3 0 1 からの電力供給に応じて作動するのに必要な作動電圧を下回ってしまうことが起きる可能性がある。

## 【 0 0 2 4 】

図 4 は、モータ電流の後述する目標電流値および上述した P W M 制御におけるモータの通電比率の計算方法を示した図である。これらの計算は、制御装置 1 0 9 によって行われる。制御装置 1 0 9 は、不図示のバッテリー電圧検知装置等により検知されたバッテリー電圧  $V_b$ 、すなわち検知電圧 4 0 1 を、そのバッテリー電圧検知装置等から取得する。図 4 ( a ) に示すように、制御装置 1 0 9 は、その取得した検知電圧 4 0 1 と予め設定された目標電圧 4 0 2 とを比較演算 4 0 3 によって比較する。目標電圧 4 0 2 は、電装品などの最低作動電圧などに基づいて予め決定され、制御装置 1 0 9 の内部に記憶させておく。

## 【 0 0 2 5 】

制御装置 1 0 9 は、検知電圧 4 0 1 と目標電圧 4 0 2 とを比較する際、両者の電圧値の差分を算出する。電圧値の差分に対し、電流換算 4 0 4 では予め決められた定数を用い電流に換算し、その電圧値の差分に比例した電流を基準電流値 4 0 5 に加える。電圧値の差分が負の値であるときは、電圧値の差分に比例した電流を基準電流値 4 0 5 から減らす。このような演算により、スタータ 1 0 1 のモータ 1 0 5 に流すべきバッテリー電流  $I_b$  の目標電流値 4 0 9 を決める。つまり、いわゆるフィードバック制御により、バッテリー電圧を目標電圧 4 0 2 に近づけるようにバッテリー 3 0 1 からモータ 1 0 5 へ供給されるバッテリー電流  $I_b$  を制御する。電圧の差分に比例して電流を増減させる方式はいわゆる比例制御と

呼ばれる。電圧の差分と微分値とに基づいて、または電圧の差分と積分値とに基づいて電流を制御するいわゆるPID制御と呼ばれる手法をとっても良い。

【0026】

電圧値の差分を電流に換算する際に用いられるその予め決められた定数とは、実験によって定められるフィードバックゲインであり、これを小さくすると収束が遅くなる。電圧値の差分を電流に換算する際、その予め決められた定数を用いる代わりに、予め定められた換算テーブルを用いることとしてもよい。基準電流値405は、電圧値の差分が無いとき、バッテリー301の電圧降下によってバッテリー電圧 $V_b$ が電装品などの最低作動電圧を下回ることを防止するように、予め設定される。そのバッテリー301の電圧降下とは、目標電流値409に等しい電流値を示すモータ電流 $I_m$ （バッテリー電流 $I_b$ に対応）がバッテリー301からモータ105へ供給されることに起因して生じる。こうして予め設定された基準電流値405を、制御装置109が記憶する。

10

【0027】

電圧値の差分に比例した電流を基準電流値405に加えた場合、バッテリー電流 $I_b$ の目標電流値409は大きくなるため、その分、早くエンジンを始動させることが可能である。電圧値の差分に比例した電流を基準電流値405から減らした場合、エンジン始動に時間がかかるものの、電装品などの最低作動電圧以上の大きさのバッテリー電圧 $V_b$ を確保することができる。

【0028】

制御装置109は、モータ回転検知センサ110から、モータ105のモータ回転数を取得する。制御装置109は、こうして取得したモータ回転数と、検知電圧401とに基づき、モータ電流 $I_m$ （バッテリー電流 $I_b$ に対応）の電流値を目標電流値409に近づけるように、スイッチング素子107を制御する。すなわち、図4(b)に示すように、目標電流値409に対して、モータ回転数の情報を用いた通電比率演算407によって出力する通電比率を決定する。通電比率演算407の詳細を、図3を用いて説明する。

20

【0029】

図3のモータ部101にて、配線抵抗、モータ内部の内部抵抗、スイッチング素子の抵抗などを含むモータ抵抗 $R_m$ と、バッテリー電流 $I_b$ （モータ電流 $I_m$ ）[A]と、モータ回転による逆起電圧 $V_e$  [V]またはモータ105の逆起電圧係数 $k_e$  [V/rpm]およびモータ105のモータ回転数 $N_m$  [rpm]とを用いて、バッテリー電圧 $V_b$  [V]は

30

【数3】

【数3】

$$\begin{aligned} V_b &= I_b \times R_m + V_e \\ &= I_b \times R_m + k_e \times N_m \quad \dots (3) \end{aligned}$$

40

【0030】

ここで、式(2)および(3)により、次式(4)が得られる。

【数4】

【数4】

$$V_0 - I_b \times R_b = I_b \times R_m + k_e \times N_m$$

$$I_b = \frac{V_0 - k_e \times N_m}{R_m + R_b} \quad \dots (4)$$

10

【0031】

式(4)からも分かるように、一般的には直流モータにおいてモータ回転数 $N_m$ が0の時、つまり通電し始めの時に電流が一番多く流れ、回転数が大きくなれば電流は少なくなる。

【0032】

式(4)においては、スイッチング素子107を介した制御装置109によるPWM制御が考慮されていない。すなわち式(4)は、モータ105に対する通電が継続している状態に対応している。本発明の発明者らの研究によると、PWM制御において、通電比率 $D$ に対し電流は次式(5)で近似できることが発見された。式(5)を用いると、PWM制御の通電比率 $D$ を変化させることで電流を一定に制御することができる。

20

【数5】

【数5】

$$I_b = \frac{V_0 - k_e \times N_m}{R_m + R_b} \times D^2 \quad \dots (5)$$

【0033】

式(5)から分かるように、本実施形態ではPWM制御においてバッテリーに流れる電流 $I_b$ は通電比率 $D$ の2乗に比例する。図3に示す構成では、スタータ101のモータ105に流れるモータ電流 $I_m$ は、バッテリー電流 $I_b$ に等しいため、モータ電流 $I_m$ は直流モータ105への通電をPWM制御する際の通電比率 $D$ の2乗に比例すると近似できる。この近似は、本発明の発明者らの研究により実験的に観測したうえで理論的に決定したものである。ただし、式(5)は、PWMの1周期がモータの電氣的時定数に対し十分速いと見なせる範囲においてのみ成立する近似であり、バッテリー電流 $I_b$ が、定数と、モータ回転数 $N_m$ および通電比率 $D$ からなる二つの変数とによって決められることを表している。この近似を逆に利用し、所定のバッテリー電流 $I_b$ が得られるように通電比率 $D$ を決めるには、式(5)を次式(6)のように変形する。

30

40

【数6】

【数6】

$$D = \sqrt{\frac{I_b \times (R_m + R_b)}{V_0 - k_e \times N_m}} \quad \dots (6)$$

【0034】

50

式(6)により、本実施形態では、バッテリー電流 $I_b$ を目標電流値409に設定したうえで、モータ回転数 $N_m$ により通電比率 $D$ を決定する。ただし式(6)によって計算された通電比率 $D$ が1.0を超えた場合は通電比率を1.0とする。

【0035】

図5は、本実施形態によるエンジン始動装置100において制御装置109が行うエンジン始動制御方法の内容を示すフローチャートである。図5に示すように、エンジンの始動要請が発生すると、ステップS510にて、図1に示した制御装置109は、スタータ101と不図示のエンジンとを連結させる。ピニオン押し出し方式の場合は、図1のピニオンギヤ103を押し出し、エンジンに直結されているリングギヤ104と噛合わせる。スタータ101とエンジンとが連結状態にあるアイドルストップ方式が適用されている場合、アイドルストップ中においては始動要請が発生した時点で既にスタータ101とエンジンとが連結状態となっている。その場合は、ステップS510における処理は行われる必要がない。

10

【0036】

ステップS520において、制御装置109は、予め記憶していたモータ抵抗 $R_m$ とモータの逆起電圧係数 $k_e$ とを取得する。ステップS530において、制御装置109は、不図示のバッテリー電圧検知装置等により検知されたバッテリー電圧 $V_b$ を取得する。ステップS540において、制御装置109は、電装品などの最低作動電圧に基づいて定められる目標電圧402とバッテリー電圧 $V_b$ との差分を算出する。ステップS550において、制御装置109は、目標電圧402とバッテリー電圧 $V_b$ との差分と、予め記憶していた基準電流値405とに基づき、図4(a)に示す手順で目標電流値409を算出する。ステップS560において、制御装置109は、モータ回転検知センサ110からモータ回転数 $N_m$ を取得する。

20

【0037】

ステップS570にて、制御装置109は、ステップS520からS560までの各処理ステップで得られた変数および定数を利用し、式(6)にてPWM制御の通電比率 $D$ を計算し、PWM制御の波形信号をスイッチング素子107へ出力し、スイッチング素子107を制御する。制御装置109によるスイッチング素子107に対するPWM制御によりモータ105に電流が流れ始め、モータ105のトルクがエンジンに伝達され、エンジンが回転を始める。

30

【0038】

そして、制御装置109は、ステップS580に示すエンジン始動完了条件が成立するまで、ステップS530～S570での処理を継続する。ステップS580のエンジン始動完了条件として、例えばエンジン回転が所定の回転数以上になったこととする。こうした完了条件が満たされると、エンジン始動が完了したと判断することができる。エンジン始動完了までは、制御装置109は、一定間隔(例えば2ms間隔)でバッテリー電圧 $V_b$ とモータ回転数 $N_m$ とを検知し、通電比率 $D$ を計算し出力を更新する。こうすることでモータ通電開始からエンジン始動完了までの間バッテリー電流はほぼ一定で、設定した電流値となるためバッテリー電圧 $V_b$ もほぼ一定となり許容範囲内で、かつ、許容値に近い値に抑えられる。

40

【0039】

- - - 変形例 - - -

(1) エンジン始動が完了するまではモータ105の回転力をエンジンに伝達するためにスタータ101とエンジンとは連結状態にあるので、エンジン回転数から間接的にモータ回転数 $N_m$ を得ることもできる。

【0040】

図5のステップS510以降、つまりスタータ101のモータ105と不図示のエンジンとが連結状態にあるならば、エンジンのエンジン回転数からモータのモータ回転数 $N_m$ を間接的に計算することができる。多くの自動車には、図1に示すように、エンジン回転数を検知するエンジン回転検知センサ112が搭載される。検知されているエンジン回転

50

数から間接的にスタータ101のモータ105の回転数を計算することで、モータ回転検知センサ110を搭載する必要がなくなり、コスト低減に繋がる。エンジン回転数 $N_e$  [rpm]と回転数変換係数 $g$ とからモータ105のモータ回転数 $N_m$  [rpm]を計算する際は、例えば次式(7)を使うことができる。

【数7】

【数7】

$$N_m = N_e \times g \quad \dots (7)$$

10

【0041】

式(7)における回転数変換係数 $g$ は、エンジンとモータ105とのギヤ比によって得ることができる。具体的には、ピニオンギヤ103とリングギヤ104とでモータ105とエンジンとが連結されている場合、ピニオンギヤ103およびリングギヤ104のそれぞれの歯数によって決まるギヤ比と、スタータ101内部でモータ105とピニオンギヤ103との間に減速機構が設けられている場合は減速機構の減速比とによって、回転数変換係数 $g$ を得ることができる。回転数変換係数 $g$ は予め制御装置109に記憶させておき、検知されたエンジン回転数 $N_e$ を制御装置109内部にてモータ回転数 $N_m$ に変換する。

20

【0042】

(2)多くのスタータはモータからエンジンへ回転力を伝達する間にワンウェイクラッチを設け、スタータ側からのみ回転力を伝達する構成になっている。エンジンが燃焼を開始しスタータによる回転よりも回転数が大きくなるとクラッチの接続が切れるようになっているため、この時エンジン回転数から計算したスタータ回転数と実際のスタータ回転数とは一致しない。

【0043】

エンジン回転数から計算して間接的にモータ回転数を取得する場合、計算した値と実際のモータ回転数とに乖離が発生した時のモータ回転数を推測する方法について説明する。多くのスタータ101はモータ105から不図示のエンジンへ回転力を伝達する間にワンウェイクラッチ108が設けられ、スタータ101側からのみ回転力を伝達する構成になっている。つまりモータ105の回転力によってエンジンを回転させることはできるが、エンジンがモータ105を回転させることはないため、実際のモータ回転数よりエンジン回転数から計算して間接的に取得したモータ回転数の方が高い値を示すことがある。その時は、モータ回転数を推測する。

30

【0044】

図6は、モータ105の回転数の推測手順を示すフローチャートである。燃焼によりエンジン回転数が跳ね上がった際はクラッチの接続が切れ、ほぼ無負荷の状態となったモータ105は一定の傾きで回転数が上がると仮定する。そのような仮定のうえで、間接的に取得したモータ回転数 $N_m$ に対し、制御周期毎の回転数の上昇に上限を設けることでエンジン回転の急上昇に対しモータ回転数を推測する。

40

【0045】

エンジン回転検知センサ112が検知したエンジン回転数 $N_e$ に基づいて間接的に取得されたモータの回転数 $N_m$ に対し、そのモータの回転数 $N_m$ が実際のモータ回転数から乖離している可能性を考慮して推測された推測モータ回転数 $N_{m\_out}$ を使い、通電比率 $D$ を計算する。これを制御周期毎に繰り返し、1制御周期前の計算結果を $N_{m\_out\_1}$ として制御装置内で記憶しておく。また、制御周期毎のモータ回転数の上昇の上限として上限値 $N$ を予め設定しておく。

【0046】

50

ステップS610にて、図1の制御装置109は、推測モータ回転数 $N_{m\_out\_t-1}$ に上限値 $N$ を加えて新たに推測した推測モータ回転数を $N_{m'}$ とする。新たに推測した推測モータ回転数 $N_{m'}$ は、1周期前の推測モータ回転数 $N_{m\_out\_t-1}$ に対し1制御周期内で上昇し得る最大の値と考えられる。

【0047】

ステップS620にて、制御装置109は、間接的に取得したモータ回転数 $N_m$ と推測モータ回転数 $N_{m'}$ とを比較し、実際のモータ回転数からの乖離が発生しているかどうかを判定する。ステップS620にて、制御装置109は、 $N_m = N_{m'}$ を否定判定した場合は、間接的に取得したモータ回転数と実際のモータ回転数との間に乖離はないと判断する。ステップS640にて、制御装置109は、間接的に取得したモータ回転数 $N_m$ をそのま

10

【0048】

まま推測モータ回転数 $N_{m\_out}$ に代入し、推測モータ回転数 $N_{m\_out}$ を通電比率 $D$ の計算に使う。ステップS620にて、制御装置109は、 $N_m = N_{m'}$ を肯定判定した場合は、間接的に取得したモータ回転数と実際のモータ回転数との間に乖離があると判断する。その場合はステップS630にて、制御装置109は、推測モータ回転数 $N_{m'}$ を推測モータ回転数 $N_{m\_out}$ に代入し、推測モータ回転数 $N_{m\_out}$ を通電比率 $D$ の計算に使う。こうすることで、エンジン回転数から計算して間接的にモータ回転数を求めた場合に実際のモータ回転数から乖離が発生しても正しく通電比率 $D$ を計算することができる。

【0049】

図7は、エンジン始動制御の時間的変化の一例を示す波形図であり、エンジン回転数、制御装置109から出力された通電比率 $D$ 、バッテリー電圧、およびバッテリー電流の時間的変化を、対応付けて示している。

20

【0050】

図7に示す例では、エンジン回転数のみを用いて通電比率を計算している。制御装置109は、エンジン回転数から計算によって間接的にモータ回転数を取得しているため、推測したモータ回転数と実際のモータ回転数との間の乖離を考慮してモータの回転数の推測を行う。このように制御装置109が推測したモータ回転数をモータとエンジンとのギヤ比に基づいてエンジン軸上の回転数に換算した値を、点線703で示す。通電時のバッテリー電流705は、図7に示すように通電開始からほぼ横ばいで一定に保たれており、ほぼ設定したバッテリー電流(モータ電流)の目標電流値になっている。通電時のバッテリー電圧704も同様に、図7に示すように横ばいで許容最低電圧を下回ることなくエンジンを再始動させたことがわかる。バッテリーが劣化した場合でも同様に許容最低電圧を下回ることなくエンジンを再始動させたことも確認している。

30

【0051】

(3) 通電比率 $D$ の他の決定方法について説明する。図8は、スタータ101と、バッテリー301と、スタータ101のモータ105以外の他の電気機器803とを表す簡易的な回路図である。バッテリー301からの電力は、スタータ101のモータ105だけでなく、他の電気機器803にも供給される。スタータ101のモータ105以外の他の電気機器の電力需要に合わせてモータ105に流すモータ電流を適宜変更する方法について説明する。図3の簡易的な回路図において、バッテリーから流れるバッテリー電流は、ほとんどモータ電流としてモータに流れる。しかし、実際の車両では、スタータ101のモータ105以外にも電流が流れる他の電気機器803が存在する。

40

【0052】

バッテリー301を流れるバッテリー電流 $I_b$ と、バッテリー301からスタータ101のモータ105に供給されてモータ105を流れる電流 $I_m$ と、バッテリー301からモータ105以外の他の電気機器803に供給されて他の電気機器803を流れる合計の供給電流 $I_e$ との間には、次式(8)に示す関係が成り立つ。

【数 8】

【数 8】

$$I_b = I_m + I_e$$

$$I_m = I_b - I_e \quad \dots (8)$$

【0053】

式(8)に示すように、バッテリー電流  $I_b$  はモータ電流  $I_m$  とモータ以外の電気機器を流れる供給電流  $I_e$  との和である。バッテリー電流  $I_b$  は、バッテリー301の電圧降下によってバッテリー電圧  $V_b$  が電装品などの最低作動電圧を下回ることとならないように、許容されるバッテリー電流以上の電流値を有する必要がある。許容されるバッテリー電流値からモータ105以外の他の電気機器803の供給電流  $I_e$  を差し引いた電流値を、モータ電流  $I_m$  の上限値として設定することで、トータルとしてバッテリー電流  $I_b$  を許容されるバッテリー電流値に一定に保つ構成にする。モータ105以外の他の電気機器803を流れる供給電流  $I_e$  は、直接的または間接的に取得され得る構成にする。例えば、モータ105以外の他の電気機器803を流れる供給電流  $I_e$  を電流センサが直接計測し、その計測値を制御装置109が電流センサから取得する。他の電気機器803に含まれる複数の電気機器が通常使用する電流を個々に予め制御装置109に記憶させておき、それらの電気機器が使用されている場合には、制御装置109が、記憶しておいた電流が流れるものとして、間接的にモータ105以外の他の電気機器803を流れる供給電流の電流値を算出する。こうして制御装置109がモータ105以外の他の電気機器803の供給電流  $I_e$  を取得することによって、バッテリー電流  $I_b$  を許容されるバッテリー電流値に一定に保つためにモータ105へ流すモータ電流  $I_m$  の目標電流値を算出することができる。制御装置109は、次式(9)を用いてモータ105への通電比率  $D$  を計算する。

【数 9】

【数 9】

$$D = \sqrt{\frac{I_m \times (R_m + R_b)}{V_0 - k_e \times N_m}} \quad \dots (9)$$

【0054】

モータ105以外の他の電気機器803を流れる供給電流  $I_e$  が変化しても、式(8)を用いてモータ105に流れるモータ電流  $I_m$  の目標電流値を決定し、モータ105への通電比率  $D$  を式(9)を用いて計算することで、バッテリー電流  $I_b$  を一定に保つことができる。したがって、バッテリー301の電圧降下を許容範囲に抑えながら最大限にエンジンを素早く再始動させることができる。

【0055】

(4) 上述した実施形態またはその変形例によるエンジン始動装置100において、制御装置109は、モータ105のモータ回転数  $N_m$  を、直接的に、または間接的に取得する。しかし、エンジン始動装置100の製造時に、エンジン始動時のモータ105のモータ回転数  $N_m$  をモデル化して制御装置109に記憶しておくこととしてもよい。実際のエンジン始動時には、制御装置109は、適切なモデルを特定し、記憶しているモータ105のモータ回転数  $N_m$  のうちから、その特定した適切なモデルに対応するモータ回転数  $N_m$  を選択することによって取得する。

【0056】

(5) 上述した実施形態またはその変形例によるエンジン始動装置100において、制御

10

20

30

40

50

装置 109 は、モータ電流  $I_m$  のモータ電流値を目標電流値 409 に近づけるように、モータ 105 に接続されてモータ電流  $I_m$  が流れるスイッチング素子 107 を制御する。しかし、スイッチング素子 107 の代わりに回路素子として、スタータ 101 の内部に可変抵抗を配置することとしてもよい。制御装置 109 は、モータ電流  $I_m$  のモータ電流値を目標電流値 409 に近づけるように、モータ 105 に接続されてモータ電流  $I_m$  が流れる可変抵抗を制御して可変抵抗の抵抗値を調節する。

#### 【0057】

上述した実施形態またはその変形例によるエンジン始動装置 100 は、バッテリー 301 によって駆動されるモータ 105 の回転力をエンジンへ伝達することによってエンジンを始動させるエンジン始動装置 101 であって、制御装置 109 を有する。制御装置 109 は、バッテリー 301 のバッテリー電圧  $V_b$  を取得する。制御装置 109 は、取得したバッテリー電圧  $V_b$  に基づき、バッテリー 301 からモータ 105 へ供給されるモータ電流  $I_m$  の目標電流値 409 を算出する。制御装置 109 は、モータ電流  $I_m$  のモータ電流値を目標電流値 409 に近づけるように、モータ 105 に接続されてモータ電流  $I_m$  が流れるスイッチング素子 107 または可変抵抗等の回路素子を制御する。このようなエンジン始動装置 100 においては、次のような効果が得られる。すなわち、モータ通電開始からエンジン始動完了までの間、モータ電流  $I_m$  を制御してバッテリー電流  $I_b$  をほぼ一定の任意の値に保つことで、バッテリー電圧  $V_b$  もほぼ一定に保つことができる。特に、バッテリー電圧  $V_b$  を繰り返し取得してそのつどモータ電流  $I_m$  の目標電流値を再計算するので、急な電圧降下が生じるなどのバッテリー 301 の状態変化に応じてモータ電流  $I_m$  を調節可能である。そうすることで、バッテリーの状態が変化してもバッテリー電圧降下を許容範囲内に留め、エンジン始動時にバッテリー電圧  $V_b$  が許容値（電装品などの最低作動電圧）を下回ることなく、その状態でなおかつ最大限にすばやくエンジンを始動させることができる。

#### 【0058】

上記回路素子としてスイッチング素子 107 が用いられる場合は、モータ回転数  $N_m$  をもとに、PWM 制御によるモータ 105 への通電比率  $D$  を制御装置 109 が決定する。制御装置 109 が、その通電比率  $D$  を変化させる PWM 制御信号をスイッチング素子 107 に対して出力することによって、スイッチング素子 107 が、モータ電流  $I_m$  を変化させることができる。

#### 【0059】

変形例（1）および（2）においては、制御装置 109 が、エンジン回転数  $N_e$  から計算によって間接的にモータの回転数  $N_m$  を取得する。この場合、スタータ 101 にモータ 105 の回転検出用のモータ回転検知センサ 110 を取り付けなくてもよいから、コスト低減に繋がる。

#### 【0060】

変形例（3）においては、制御装置 109 が、モータ 105 以外で同じバッテリー 301 を電源とする他の電気機器 803 に流れる電流  $I_e$  を取得し、バッテリー電流  $I_b$  をトータルで一定になるようにモータ電流  $I_m$  が流れる回路素子を制御する場合は、モータ 105 以外の他の電気機器 803 に大きな電流が流れてもバッテリー 301 の電圧降下を許容範囲内に抑えることができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0061】

- 100 ... エンジン始動装置
- 101 ... スタータ
- 102 ... マグネットスイッチ
- 103 ... ピニオンギヤ
- 104 ... リングギヤ
- 105 ... モータ
- 106 ... スイッチ
- 107 ... スwitching素子

10

20

30

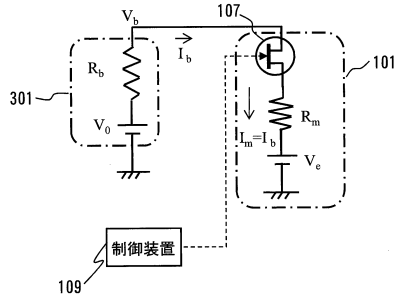
40

50



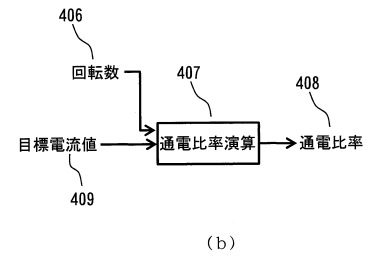
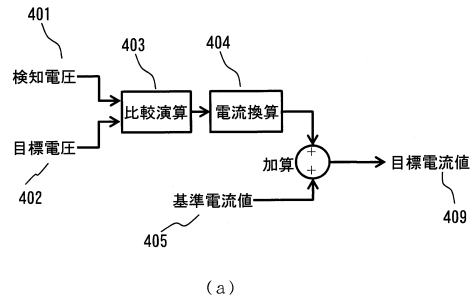
【図3】

【図3】



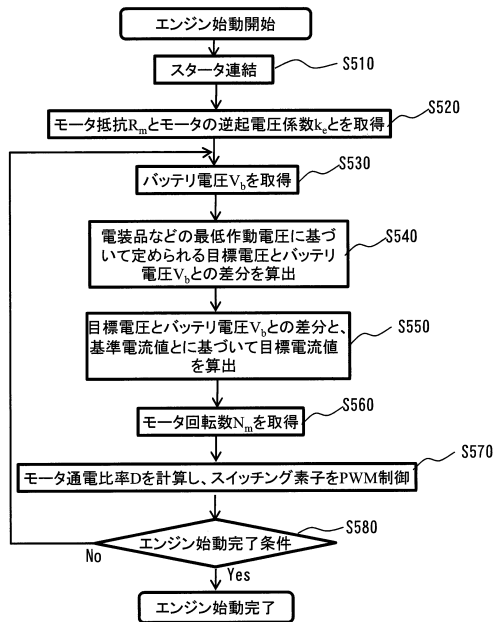
【図4】

【図4】



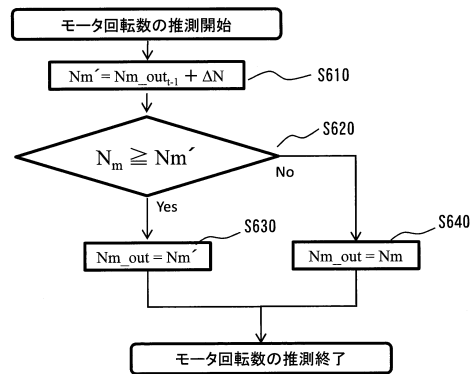
【図5】

【図5】



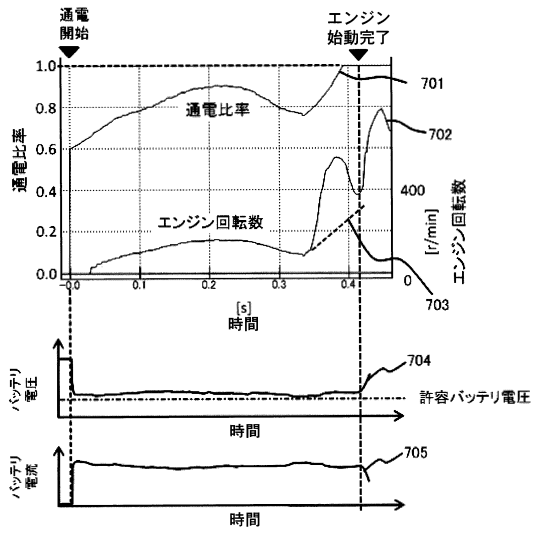
【図6】

【図6】



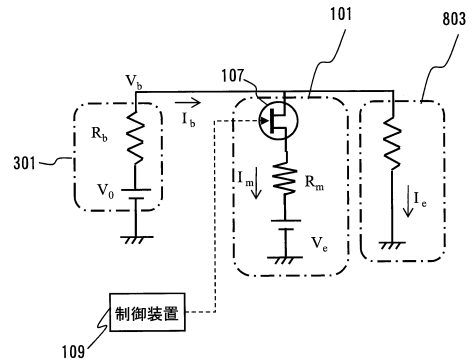
【図7】

【図7】



【図8】

【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 渡部 眞徳

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

審査官 二之湯 正俊

(56)参考文献 特開2013-194542(JP,A)

国際公開第2013/080746(WO,A1)

特開2005-188451(JP,A)

特開2004-308645(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02N 1/00-99/00