

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6589803号
(P6589803)

(45) 発行日 令和1年10月16日(2019.10.16)

(24) 登録日 令和1年9月27日(2019.9.27)

(51) Int. Cl.	F I
B60L 3/04 (2006.01)	B60L 3/04 ZHVE
B60L 50/16 (2019.01)	B60L 50/16
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48 M
B60W 10/08 (2006.01)	H02M 7/48 L
B60W 20/00 (2016.01)	B60W 10/08 900
請求項の数 11 (全 22 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2016-199044 (P2016-199044)
 (22) 出願日 平成28年10月7日(2016.10.7)
 (65) 公開番号 特開2018-61398 (P2018-61398A)
 (43) 公開日 平成30年4月12日(2018.4.12)
 審査請求日 平成30年11月26日(2018.11.26)

(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 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100139480
 弁理士 日野 京子
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (74) 代理人 100175134
 弁理士 北 裕介
 (72) 発明者 鈴木 拓人
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社
 デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発電及び力行の作動を可能とする回転電機(21)と、
 複数のスイッチング素子(Sp, Sn)のオンオフにより前記回転電機において相ごとの通電を行わせるスイッチング回路部(22)と、
 前記スイッチング回路部に接続される蓄電部(11, 12)と、
 前記スイッチング回路部と前記蓄電部との間の電気経路に設けられるスイッチ(31, 32)と、を備える電源システムに適用される回転電機制御装置(23)であって、
 前記スイッチング回路部に流れる通電電流が所定の過電流閾値(TH1)まで上昇したことに基づいて、前記回転電機及び前記スイッチング回路部の少なくともいずれかに過電流が流れたことを判定する判定部と、
 前記判定部の判定結果に基づいて、前記スイッチを開放させるスイッチ制御部と、
 前記回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する電流制限部と、
 前記スイッチング回路部における通電電流の目標値を設定し、その目標値に応じて定められる前記スイッチング素子のオンオフ比率に基づいて当該スイッチング素子のオンオフを制御する通電制御部と、
 を備え、

前記電流制限部は、前記回転電機の力行駆動の開始時において、前記目標値を制限することで、前記突入電流の制限を実施する回転電機制御装置。

10

20

【請求項 2】

前記電流制限部は、前記目標値を、前記過電流閾値よりも小さい値として設定する請求項 1 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 3】

前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限の程度を変更する制限変更部を備える請求項 1 又は 2 に記載の回転電機制御装置。

【請求項 4】

発電及び力行の作動を可能とする回転電機 (2 1) と、
 複数のスイッチング素子 (S_p , S_n) のオンオフにより前記回転電機において相ごとの通電を行わせるスイッチング回路部 (2 2) と、
 前記スイッチング回路部に接続される蓄電部 (1 1 , 1 2) と、
 前記スイッチング回路部と前記蓄電部との間の電気経路に設けられるスイッチ (3 1 , 3 2) と、を備える電源システムに適用される回転電機制御装置 (2 3) であって、
 前記スイッチング回路部に流れる通電電流が所定の過電流閾値 (TH_1) まで上昇したことに基づいて、前記回転電機及び前記スイッチング回路部の少なくともいずれかに過電流が流れたことを判定する判定部と、
 前記判定部の判定結果に基づいて、前記スイッチを開放させるスイッチ制御部と、
 前記回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する電流制限部と、
前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限の程度を変更する制限変更部と、
 を備える回転電機制御装置。

【請求項 5】

前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部を備える請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機制御装置。

【請求項 6】

発電及び力行の作動を可能とする回転電機 (2 1) と、
 複数のスイッチング素子 (S_p , S_n) のオンオフにより前記回転電機において相ごとの通電を行わせるスイッチング回路部 (2 2) と、
 前記スイッチング回路部に接続される蓄電部 (1 1 , 1 2) と、
 前記スイッチング回路部と前記蓄電部との間の電気経路に設けられるスイッチ (3 1 , 3 2) と、を備える電源システムに適用される回転電機制御装置 (2 3) であって、
 前記スイッチング回路部に流れる通電電流が所定の過電流閾値 (TH_1) まで上昇したことに基づいて、前記回転電機及び前記スイッチング回路部の少なくともいずれかに過電流が流れたことを判定する判定部と、
 前記判定部の判定結果に基づいて、前記スイッチを開放させるスイッチ制御部と、
 前記回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する電流制限部と、
前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部と、
 を備える回転電機制御装置。

【請求項 7】

前記蓄電部として、前記スイッチング回路部に並列に接続される第 1 蓄電部 (1 1) と第 2 蓄電部 (1 2) とを備える一方、前記スイッチとして、前記スイッチング回路部と前記第 1 蓄電部との間の経路を開閉する第 1 スwitch (3 1) と、前記スイッチング回路部と前記第 2 蓄電部との間の経路を開閉する第 2 スwitch (3 2) とが設けられる電源システムに適用され、

前記スイッチ制御部は、前記回転電機の力行駆動の開始時に前記電流制限部による電流

制限が実施される場合において、前記第 1 スイッチ及び前記第 2 スイッチを共に閉鎖させる請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機制御装置。

【請求項 8】

前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部を備え、

前記スイッチ制御部は、前記回転電機の力行駆動の開始後において、前記制限解除部による制限解除の前に、前記第 1 蓄電部及び前記第 2 蓄電部の一方を前記スイッチング回路部に接続する状態から前記第 1 蓄電部及び前記第 2 蓄電部の両方を前記スイッチング回路部に接続する状態に移行させるよう前記第 1 スイッチ及び前記第 2 スイッチの開閉を制御する請求項 7 に記載の回転電機制御装置。

10

【請求項 9】

発電及び力行の作動を可能とする回転電機 (2 1) と、

複数のスイッチング素子 (S p , S n) のオンオフにより前記回転電機において相ごとの通電を行わせるスイッチング回路部 (2 2) と、

前記スイッチング回路部に接続される蓄電部 (1 1 , 1 2) と、

前記スイッチング回路部と前記蓄電部との間の電気経路に設けられるスイッチ (3 1 , 3 2) と、を備える電源システムに適用される回転電機制御装置 (2 3) であって、

前記蓄電部は、前記スイッチング回路部に並列に接続される第 1 蓄電部 (1 1) と第 2 蓄電部 (1 2) とを含み、

前記スイッチは、前記スイッチング回路部と前記第 1 蓄電部との間の経路を開閉する第 1 スイッチ (3 1) と、前記スイッチング回路部と前記第 2 蓄電部との間の経路を開閉する第 2 スイッチ (3 2) とを含み、

20

前記スイッチング回路部に流れる通電電流が所定の過電流閾値 (T H 1) まで上昇したことに基づいて、前記回転電機及び前記スイッチング回路部の少なくともいずれかに過電流が流れたことを判定する判定部と、

前記判定部の判定結果に基づいて、前記スイッチを開放させるスイッチ制御部と、

前記回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する電流制限部と、

前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部と、

30

を備え、

前記スイッチ制御部は、

前記回転電機の力行駆動の開始時に前記電流制限部による電流制限が実施される場合において、前記第 1 スイッチ及び前記第 2 スイッチを共に閉鎖させ、

前記回転電機の力行駆動の開始後において、前記制限解除部による制限解除の前に、前記第 1 蓄電部及び前記第 2 蓄電部の一方を前記スイッチング回路部に接続する状態から前記第 1 蓄電部及び前記第 2 蓄電部の両方を前記スイッチング回路部に接続する状態に移行させるよう前記第 1 スイッチ及び前記第 2 スイッチの開閉を制御する回転電機制御装置。

【請求項 10】

所定の自動停止条件の成立に伴いエンジンを自動停止させるとともに、その自動停止後に所定の再始動条件の成立に伴い前記エンジンを再始動させるアイドルストップ制御機能を有し、前記回転電機の力行駆動により前記再始動が行われる車両に適用され、

40

前記電流制限部は、前記再始動の要求に伴う前記回転電機の力行駆動の開始時において前記突入電流の制限を実施する請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の回転電機制御装置。

【請求項 11】

前記電源システムにおいて、前記蓄電部と前記回転電機とを繋ぐ経路に、前記過電流が流れることに伴い当該経路を遮断する遮断部 (5 2 a) が設けられている請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の回転電機制御装置。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、車載等に搭載される電源システムに適用される回転電機制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば車両用の動力源として発電機能と力行機能とを併せ持つ回転電機を用いる技術が実用化されている。回転電機を駆動する技術としては、蓄電池と、蓄電池からの直流電力を交流電力に変換するインバータとを備える構成が用いられている（例えば特許文献1参照）。

10

【0003】

ここで、例えばインバータにおいて電源ラインとグラウンドラインとが短絡すると、インバータに過電流が流れるため、それに起因する不具合の発生が懸念される。この場合、フェイルセーフ処理として、蓄電池からインバータへの電力供給を停止させるべく、インバータと蓄電池との間に設けられたスイッチが強制開放される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5837229号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、インバータにおいては短絡に起因して過電流が流れる一方、回転電機の力行駆動の開始当初においては突入電流として大電流が流れる。この場合、突入電流としての大電流が検出されると、それが過電流とみなされ、結果として短絡異常（すなわち過電流異常）が生じたと誤判定されることが懸念される。こうした実情を踏まえると、既存技術について改善の余地があると考えられる。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、過電流の発生を適正に判定することができる回転電機制御装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について説明する。なお以下においては、理解の容易のため、発明の実施の形態において対応する構成の符号を括弧書き等で適宜示すが、この括弧書き等で示した具体的構成に限定されるものではない。

【0008】

第1の手段では、
発電及び力行の作動を可能とする回転電機（21）と、
複数のスイッチング素子（ S_p 、 S_n ）のオンオフにより前記回転電機において相ごとの通電を行わせるスイッチング回路部（22）と、
前記スイッチング回路部に接続される蓄電部（11、12）と、
前記スイッチング回路部と前記蓄電部との間の電気経路に設けられるスイッチ（31、32）と、を備える電源システムに適用される回転電機制御装置（23）であって、
前記スイッチング回路部に流れる通電電流が所定の過電流閾値（ TH_1 ）まで上昇したことに基づいて、前記回転電機及び前記スイッチング回路部の少なくともいずれかに過電流が流れたことを判定する判定部と、
前記判定部の判定結果に基づいて、前記スイッチを開放させるスイッチ制御部と、
前記回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する電流制限部と、
を備えることを特徴とする。

40

50

【 0 0 0 9 】

スイッチング回路部では、例えば電源ラインとグラウンドラインとの短絡に起因して過電流が流れる。また一方で、回転電機の力行駆動の開始当初においては突入電流として大電流が流れる。この場合、突入電流としての大電流が検出されると、それが過電流とみなされ、結果として短絡異常（すなわち過電流異常）が生じたと誤判定されることが懸念される。この点、上記構成では、回転電機の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限するため、突入電流が過電流とみなされることが抑制され、ひいては短絡異常（すなわち過電流異常）の誤判定が抑制される。

【 0 0 1 0 】

第2の手段では、前記スイッチング回路部における通電電流の目標値を設定し、その目標値に応じて定められる前記スイッチング素子のオンオフ比率に基づいて当該スイッチング素子のオンオフを制御する通電制御部を備え、前記電流制限部は、前記回転電機の力行駆動の開始時において、前記目標値を制限することで、前記突入電流の制限を実施する。

10

【 0 0 1 1 】

この場合、スイッチング回路部における通電電流の目標値を制限すれば、その目標値に応じて定められるスイッチング素子のオンオフ比率（例えばデューティ比）を小さくすることができる。そのため、回転電機の力行駆動の開始時において、突入電流を好適に制限することができる。

【 0 0 1 2 】

第3の手段では、前記電流制限部は、前記目標値を、前記過電流閾値よりも小さい値として設定する。

20

【 0 0 1 3 】

上記構成によれば、スイッチング回路部における通電電流の目標値が、過電流閾値よりも小さい値として設定されるため、突入電流と過電流とを区別する上で好適なる構成を実現できる。

【 0 0 1 4 】

第4の手段では、前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限の程度を変更する制限変更部を備える。

【 0 0 1 5 】

回転電機の力行駆動の開始後においては、回転電機の回転速度が上昇することに伴いモータ起電力により中性点電圧が上昇する。そのため、突入電流が次第に低減される。この点、上記構成によれば、回転電機の回転上昇に応じて突入電流の制限の程度が変更されるため、回転電機の状態に応じて適正に電流制限を実施することができる。

30

【 0 0 1 6 】

第5の手段では、前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部を備える。

【 0 0 1 7 】

上記構成によれば、回転電機の回転上昇に応じて突入電流の制限が解除されるため、要否に応じて適正に電流制限を実施することができる。

40

【 0 0 1 8 】

第6の手段では、所定の自動停止条件の成立に伴いエンジンを自動停止させるとともに、その自動停止後に所定の再始動条件の成立に伴い前記エンジンを再始動させるアイドルリングストップ制御機能を有し、前記回転電機の力行駆動により前記再始動が行われる車両に適用され、前記電流制限部は、前記再始動の要求に伴う前記回転電機の力行駆動の開始時において前記突入電流の制限を実施する。

【 0 0 1 9 】

車両において回転電機が力行駆動される際の動力は、例えばアイドルリングストップ制御でのエンジン再始動時や車両加速のための動力アシスト時に用いられる。この場合特に、エンジン再始動時には、エンジン停止状態から回転電機が力行駆動されるため、突入電流

50

が大きくなる傾向にあると考えられる。この点、上記構成によれば、エンジン再始動の要求に伴う回転電機の力行駆動の開始時において突入電流の制限が実施されるため、そのエンジン再始動時において突入電流と過電流とを好適に区別することができる。

【0020】

第7の手段では、前記電源システムにおいて、前記蓄電部と前記回転電機とを繋ぐ経路に、前記過電流が流れることに伴い当該経路を遮断する遮断部(52a)が設けられている。

【0021】

蓄電部と回転電機とを繋ぐ経路に遮断部が設けられ、その遮断部により、過電流が流れる際の経路遮断が行われる構成では、突入電流が流れることに起因して意図せず遮断部が遮断されることが懸念される。この点、上記のとおり回転電機の力行駆動の開始時において突入電流が制限されるため、意図せず遮断部が遮断されるといった不都合を抑制できる。

10

【0022】

第8の手段では、前記蓄電部として、前記スイッチング回路部に並列に接続される第1蓄電部(11)と第2蓄電部(12)とを備える一方、前記スイッチとして、前記スイッチング回路部と前記第1蓄電部との間の経路を開閉する第1スイッチ(31)と、前記スイッチング回路部と前記第2蓄電部との間の経路を開閉する第2スイッチ(32)とが設けられる電源システムに適用され、前記スイッチ制御部は、前記回転電機の力行駆動の開始時に前記電流制限部による電流制限が実施される場合において、前記第1スイッチ及び前記第2スイッチを共に閉鎖させる。

20

【0023】

回転電機の力行駆動の開始時に突入電流を制限する場合には、回転電機に対する供給電力が制限されるため、その分回転電機のトルクが低下する。この点、上記構成によれば、回転電機の力行駆動の開始時に電流制限が実施される一方で、各スイッチのオンにより、第1蓄電部及び第2蓄電部による回転電機に対する電力供給が行われる。そのため、回転電機のトルク補償が可能となり、ひいては電流制限状態での回転電機の力行駆動の好適化が可能となる。

【0024】

第9の手段では、前記回転電機の力行駆動の開始後における当該回転電機の回転上昇に応じて、前記電流制限部による前記突入電流の制限を解除する制限解除部を備え、前記スイッチ制御部は、前記回転電機の力行駆動の開始後において、前記制限解除部による制限解除の前に、前記第1蓄電部及び前記第2蓄電部の一方を前記スイッチング回路部に接続する状態から前記第1蓄電部及び前記第2蓄電部の両方を前記スイッチング回路部に接続する状態に移行させるよう前記第1スイッチ及び前記第2スイッチの開閉を制御する。

30

【0025】

上記構成によれば、回転電機の力行駆動の開始後において、電流制限が実施される状態でその解除前に、第1蓄電部及び第2蓄電部の一方によりスイッチング回路部に電力が供給される状態(1電源供給の状態)から、第1蓄電部及び第2蓄電部の両方によりスイッチング回路部に電力に供給される状態(2電源供給の状態)への移行が行われる。この場合、回転電機では、駆動開始当初において回転速度の上昇に伴いトルクが減少することが考えられるが、そのトルク減少があっても両蓄電部によるトルク補償が可能となる。また、電流制限が解除された後に、1電源供給の状態から2電源供給の状態に移行すると、電圧変動のおそれがあるが、電流制限が解除される前に1電源供給の状態から2電源供給の状態への移行が行われることで、電圧変動による不都合を回避できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】実施形態の電源システムを示す電気回路図。

【図2】回転電機ユニットの電氣的構成を示す回路図。

【図3】スイッチモジュールの一部を示す斜視図。

50

- 【図4】回転電機ECUによる過電流異常判定の処理手順を示すフローチャート。
 【図5】エンジンECUによる異常監視の処理手順を示すフローチャート。
 【図6】電池ECUによるフェイルセーフ制御の処理手順を示すフローチャート。
 【図7】インバータでの過電流発生時の処理を具体的に説明するためのタイムチャート。
 【図8】回転電機の力行駆動制御の処理手順を示すフローチャート。
 【図9】回転電機の力行駆動の開始当初における電流制御をより具体的に示すタイムチャート。
 【図10】回転電機の回転速度と目標通電電流の制限値との関係を示す図。
 【図11】別例において回転電機の力行駆動制御の処理手順を示すフローチャート。
 【図12】別例において回転電機の力行駆動制御の処理手順を示すフローチャート。
 【図13】(a)はインバータ電圧と最大デューティ比との関係を示す図、(b)はステータ温度と最大デューティ比との関係を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、エンジン（内燃機関）を駆動源として走行する車両において当該車両の各種機器に電力を供給する車載電源システムを具体化するものとしている。

【0028】

図1に示すように、本電源システムは、第1蓄電部としての鉛蓄電池11と第2蓄電部としてのリチウムイオン蓄電池12とを有する2電源システムであり、各蓄電池11, 12からはスタータ13や、各種の電気負荷14, 15、回転電機ユニット20への給電が可能となっている。また、各蓄電池11, 12に対しては回転電機ユニット20による充電が可能となっている。本システムでは、回転電機ユニット20に対して並列に鉛蓄電池11及びリチウムイオン蓄電池12が接続されるとともに、電気負荷14, 15に対して並列に鉛蓄電池11及びリチウムイオン蓄電池12が接続されている。

20

【0029】

鉛蓄電池11は周知の汎用蓄電池である。これに対し、リチウムイオン蓄電池12は、鉛蓄電池11に比べて、充放電における電力損失が少なく、出力密度、及びエネルギー密度の高い高密度蓄電池である。リチウムイオン蓄電池12は、鉛蓄電池11に比べて充放電時のエネルギー効率が低い蓄電池であるとよい。また、リチウムイオン蓄電池12は、それぞれ複数の単電池を有してなる組電池として構成されている。これら各蓄電池11, 12の定格電圧はいずれも同じであり、例えば12Vである。

30

【0030】

図示による具体的な説明は割愛するが、リチウムイオン蓄電池12は、収容ケースに收容されて基板一体の電池ユニットUとして構成されている。電池ユニットUは、出力端子P1, P2, P0を有しており、このうち出力端子P1, P0に鉛蓄電池11とスタータ13と電気負荷14とが接続され、出力端子P2に電気負荷15と回転電機ユニット20とが接続されている。

【0031】

各電気負荷14, 15は、各蓄電池11, 12から供給される供給電力の電圧について要求が相違するものである。このうち電気負荷14には、供給電力の電圧が一定又は少なくとも所定範囲内で変動するよう安定であることが要求される定電圧要求負荷が含まれる。これに対し、電気負荷15は、定電圧要求負荷以外の一般的な電気負荷である。電気負荷14は被保護負荷とも言える。また、電気負荷14は電源失陥が許容されない負荷であり、電気負荷15は、電気負荷14に比べて電源失陥が許容される負荷であるとも言える。

40

【0032】

定電圧要求負荷である電気負荷14の具体例としては、ナビゲーション装置やオーディオ装置、メータ装置、エンジンECU等の各種ECUが挙げられる。この場合、供給電力の電圧変動が抑えられることで、上記各装置において不要なリセット等が生じることが抑

50

制され、安定動作が実現可能となっている。電気負荷 14 として、電動ステアリング装置やブレーキ装置等の走行系アクチュエータが含まれていてもよい。また、電気負荷 15 の具体例としては、シートヒータやリヤウインドウのデフロスタ用ヒータ、ヘッドライト、フロントウインドウのワイパ、空調装置の送風ファン等が挙げられる。

【0033】

回転電機ユニット 20 は、3 相交流モータとしての回転電機 21 と、電力変換装置（スイッチング回路部）としてのインバータ 22 と、回転電機 21 の作動を制御する回転電機 ECU 23 とを備えている。回転電機ユニット 20 は、モータ機能付き発電機であり、機電一体型の ISG（Integrated Starter Generator）として構成されている。

【0034】

ここで、回転電機ユニット 20 の電氣的構成について図 2 を用いて説明する。回転電機 21 は、3 相電機子巻線としての U 相、V 相、W 相の相巻線 24U、24V、24W と、界磁巻線 25 とを備えている。各相巻線 24U、24V、24W は星形結線され、中性点にて互いに接続されている。回転電機 21 の回転軸は、図示しないエンジン出力軸に対してベルトにより駆動連結されており、エンジン出力軸の回転によって回転電機 21 の回転軸が回転する一方、回転電機 21 の回転軸の回転によってエンジン出力軸が回転する。つまり、回転電機 21 は、エンジン出力軸や車軸の回転により発電（回生発電）を行う発電機能と、エンジン出力軸に回転力を付与する力行機能とを備えている。例えば、アイドリングストップ制御でのエンジン再始動時や車両加速のための動力アシスト時に、回転電機 21 が力行駆動される。

【0035】

インバータ 22 は、各相巻線 24U、24V、24W から出力される交流電圧を直流電圧に変換して電池ユニット U に対して出力する。また、インバータ 22 は、電池ユニット U から入力される直流電圧を交流電圧に変換して各相巻線 24U、24V、24W へ出力する。インバータ 22 は、相巻線の相数と同数の上下アームを有するブリッジ回路であり、3 相全波整流回路を構成している。また、インバータ 22 は、回転電機 21 に供給される電力を調節することで回転電機 21 を駆動する駆動回路を構成している。

【0036】

インバータ 22 は、相ごとに上アームスイッチ S_p 及び下アームスイッチ S_n を備えており、これら各スイッチ S_p 、 S_n のオンオフにより相ごとに通電が行われる。本実施形態では、各スイッチ S_p 、 S_n として、電圧制御形の半導体スイッチング素子を用いる構成としており、具体的には、Nチャネル MOSFET を用いている。上アームスイッチ S_p には、上アームダイオード D_p が逆並列に接続され、下アームスイッチ S_n には、下アームダイオード D_n が逆並列に接続されている。本実施形態では、各ダイオード D_p 、 D_n として、各スイッチ S_p 、 S_n のボディダイオードを用いている。なお、各ダイオード D_p 、 D_n としては、ボディダイオードに限らず、例えば各スイッチ S_p 、 S_n とは別部品のダイオードであってもよい。

【0037】

各スイッチ S_p 、 S_n の構成について補足説明をしておく。図 3 は、各スイッチ S_p 、 S_n を構成するスイッチモジュール 50 の一部を示す斜視図である。スイッチモジュール 50 は、半導体スイッチング素子や周辺回路を樹脂モールドして構成された本体部 51 と、その半導体スイッチング素子等に接続され、かつ本体部 51 の側部から突出するリード部 52（バスバー）とを有している。リード部 52 は、その先端部において基板やその所定部位である実装位置に溶接等により実装される。リード部 52 においては、その一部に幅狭部 52a が設けられている。そのため、リード部 52 を通じてスイッチモジュール 50 に過大な電流（過電流）が流れる場合には、発熱により幅狭部 52a が溶断されるようになっている。

【0038】

各相におけるスイッチ S_p 、 S_n の直列接続体の中間接続点は、各相巻線 24U、24V、24W の一端にそれぞれ接続されている。また、インバータ 22 の高圧側経路と低圧

10

20

30

40

50

側経路との間には、インバータ22の入出力の電圧を検出する電圧センサ26が設けられている。その他、回転電機ユニット20には、例えばインバータ22の通電経路を流れる電流を検出する電流センサ27や、界磁巻線25に流れる電流を検出する電流センサ28が設けられている。なお、電流センサ27は、インバータ22と各相巻線24U, 24V, 24Wとの間に設けられていてもよいし(図の符号27a)、下アームスイッチSnとグラウンドラインとの間に相ごとに設けられていてもよい(図の符号27b)。回転電機21にはステータの温度を検出する温度センサ29が設けられている。上記各センサ26~29の検出信号は回転電機ECU23に適宜入力される。また、図示は略すが、回転電機21には、回転子の角度情報を検出する回転角度センサが設けられ、インバータ22には、その回転角度センサからの信号を処理する信号処理回路が設けられている。

10

【0039】

回転電機ECU23は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されている。回転電機ECU23は、その内部の図示しないICレギュレータにより、界磁巻線25に流す励磁電流を調整する。これにより、回転電機ユニット20の発電電圧(電池ユニットUに対する出力電圧)が制御される。また、回転電機ECU23は、通電位相に応じて各相のスイッチSp, Snのオンオフを制御するとともに、各相の通電時にオンオフ比率(例えばデューティ比)を調整することで通電電流を制御する。ここで、回転電機ECU23は、車両の走行開始後にインバータ22を制御して回転電機21を駆動させて、エンジンの駆動力をアシストする。回転電機21は、エンジン始動時にクランク軸に初期回転を付与することが可能であり、エンジン始動装置としての機能も有している。

20

【0040】

次に、電池ユニットUにおける電氣的構成を説明する。図1に示すように、電池ユニットUには、ユニット内電気経路として、各出力端子P1, P2を繋ぐ電気経路L1と、電気経路L1上の点N0とリチウムイオン蓄電池12とを繋ぐ電気経路L2とが設けられている。このうち電気経路L1にスイッチ31が設けられ、電気経路L2にスイッチ32が設けられている。なお、鉛蓄電池11とリチウムイオン蓄電池12とを接続する電気経路で言えば、当該電気経路における回転電機ユニット20との接続点N0よりも鉛蓄電池11の側にスイッチ31が設けられ、接続点N0よりもリチウムイオン蓄電池12の側にスイッチ32が設けられている。

30

【0041】

これら各スイッチ31, 32は、例えば2×n個のMOSFET(半導体スイッチング素子)を備え、その2つ一組のMOSFETの寄生ダイオードが互いに逆向きになるように直列に接続されている。この寄生ダイオードによって、各スイッチ31, 32をオフ状態とした場合にそのスイッチが設けられた経路に流れる電流が完全に遮断される。なお、スイッチ31, 32として、MOSFETに代えて、IGBTやバイポーラトランジスタ等を用いることも可能である。スイッチ31, 32としてIGBTやバイポーラトランジスタを用いた場合、上記の寄生ダイオードの代わりに、スイッチ31, 32それぞれに逆向きのダイオードを並列接続させてもよい。

40

【0042】

また、電池ユニットUには、スイッチ31を迂回するバイパス経路L0が設けられている。バイパス経路L0は、出力端子P0と電気経路L1上の点N0とを接続するようにして設けられている。出力端子P0はヒューズ35を介して鉛蓄電池11に接続されている。バイパス経路L0によって、スイッチ31を介さずに、鉛蓄電池11と電気負荷15及び回転電機ユニット20との接続が可能となっている。バイパス経路L0には、例えば常閉式の機械式リレーからなるバイパススイッチ36が設けられている。バイパススイッチ36をオン(閉鎖)することで、スイッチ31がオフ(開放)されていても鉛蓄電池11と電気負荷15及び回転電機ユニット20とが電氣的に接続される。

【0043】

電池ユニットUは、各スイッチ31, 32のオンオフ(開閉)を制御する電池ECU3

50

7を備えている。電池ECU37は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されている。電池ECU37は、各蓄電池11, 12の蓄電状態や、上位制御装置であるエンジンECU40からの指令値に基づいて、各スイッチ31, 32のオンオフを制御する。これにより、鉛蓄電池11とリチウムイオン蓄電池12とを選択的に用いて充放電が実施される。例えば、電池ECU37は、リチウムイオン蓄電池12のSOC(残存容量: State Of Charge)を算出し、そのSOCが所定の使用範囲内に保持されるようにリチウムイオン蓄電池12への充電量及び放電量を制御する。

【0044】

回転電機ユニット20の回転電機ECU23や電池ユニットUの電池ECU37には、これら各ECU23, 37を統括的に管理する上位制御装置としてのエンジンECU40が接続されている。エンジンECU40は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を含むマイコンにより構成されており、都度のエンジン運転状態や車両走行状態に基づいて、エンジン42の運転を制御する。エンジンECU40は、アイドリングストップ制御を実施する機能を有している。アイドリングストップ制御は、周知のとおり所定の自動停止条件の成立によりエンジンを自動停止させ、かつその自動停止状態下で所定の再始動条件の成立によりエンジンを再始動させるものである。

10

【0045】

これら各ECU23, 37, 40や、その他図示しない各種の車載ECUは、CAN等の通信ネットワークを構築する通信線41により接続されて相互に通信可能となっており、所定周期で双方向の通信が実施される。これにより、各ECU23, 37, 40に記憶される各種データが互いに共有できるものとなっている。なお、インバータ22及び回転電機ECU23が「第1制御装置」に相当し、電池ECU37が「第2制御装置」に相当し、エンジンECU40が「第3制御装置」に相当する。また、通信線41が「信号伝達部」に相当する。

20

【0046】

ところで、インバータ22では、各スイッチSp, Snにおいて閉故障が生じるおそれがあり、万が一同じ相において上アームスイッチSpの閉故障と下アームスイッチSnの閉故障とが生じると、電源ラインとグラウンドラインとの短絡により各スイッチSp, Snに過電流が流れることが懸念される。この場合、仮に各スイッチSp, Snに過電流が流れると、スイッチモジュール50におけるリード部52の幅狭部52aが溶断され、それに伴い、過電流が継続的に流れることが抑制される。

30

【0047】

なお、回転電機ユニット20においては、インバータ22での短絡以外に、回転電機21で短絡が生じるおそれがあり、例えば各相巻線24U, 24V, 24Wのいずれかの部位で短絡が生じると、やはりインバータ22の各スイッチSp, Snに過電流が流れることとなる。

【0048】

本実施形態では、過電流に伴いリード部52が溶断される場合に、その溶断により、通電経路における電流が大電流から急低下する点に着目し、電流低下した状態で、電池ユニットUのフェイルセーフ処理としてスイッチ31, 32を強制開放させるようにしている。この場合、スイッチ31, 32の開放により、鉛蓄電池11やリチウムイオン蓄電池12からインバータ22への電力供給が停止される。本実施形態では、回転電機ECU23が、インバータ22に流れる通電電流が所定の過電流閾値まで上昇したことの第1判定と、その後電流低下したことの第2判定との結果に基づいて、インバータ22に過電流が流れたことを判定する(過電流判定部に相当)。また、電池ECU37が、回転電機ECU23における過電流判定の結果に基づいて、スイッチ31, 32を開放させる(スイッチ制御部に相当)。

40

【0049】

また、本システムにおいては、各ECU23, 37, 40のうちエンジンECU40が上位ECUとしての役目を担っており、エンジンECU40からの指令に基づいて、回転

50

電機 ECU 23 による回転電機 21 の制御や電池 ECU 37 による充放電制御等が実施される。こうした事情から、インバータ 22 の過電流異常が生じた場合には、まず回転電機 ECU 23 で過電流異常発生の旨が判定された後、通信線 41 を介して異常信号がエンジン ECU 40 に送信され、その後、エンジン ECU 40 から、異常信号に対応するフェイルセーフ信号が通信線 41 を介して電池 ECU 37 に送信される。ただしこの場合、異常発生後において、回転電機 ECU 23 からエンジン ECU 40 への通信、及びエンジン ECU 40 から電池 ECU 37 への通信が行われた後に、電池ユニット U でスイッチ開放（フェイルセーフ処理）が行われることになるため、スイッチ開放までに時間を要し、二次的な不具合が生じることも懸念される。各 ECU 間では離散的に通信が行われることを想定すると、やはりスイッチ開放までの所要時間が長引くことが懸念される。

10

【0050】

そこで本実施形態では、各 ECU 23, 37, 40 が通信線 41 により相互に通信可能となっている構成を前提として、以下の特徴的な構成を採用している。すなわち、

(1) 回転電機 ECU 23 は、インバータ 22 において過電流が流れたことを示す過電流異常信号を電池 ECU 37 及びエンジン ECU 40 に対して送信する。

(2) エンジン ECU 40 は、回転電機 ECU 23 から受信した過電流異常信号に基づいて、電池 ECU 37 に対して、スイッチ 31, 32 を強制開放させる旨の強制開放信号を送信する。

(3) 電池 ECU 37 は、回転電機 ECU 23 からの過電流異常信号の受信、及びエンジン ECU 40 からの強制開放信号の受信のうち早い方に基づいて、スイッチ 31, 32 を強制開放させる。

20

【0051】

この場合、電池 ECU 37 では、エンジン ECU 40 からの強制開放信号の受信を待たずとも、回転電機 ECU 23 から過電流異常信号を直接受け取り、その過電流異常信号に基づいて応急的な処置を実施することができる。

【0052】

また、インバータ 22 では上記のとおり短絡に起因して過電流が流れる一方、回転電機 21 の力行駆動の開始当初においては突入電流として大電流が流れる。この場合、突入電流としての大電流が検出されると、それが過電流とみなされ、結果として短絡異常（すなわち過電流異常）が生じたと誤判定されることが懸念される。

30

【0053】

そこで本実施形態では、回転電機 ECU 23 が、回転電機 21 の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限する（電流制限部に相当）。この場合、突入電流を、過電流判定値よりも小さい電流に制限することにより、突入電流なのか過電流なのかを明確に特定できるようにしている。

【0054】

より具体的には、回転電機 ECU 23 は、回転電機 21 の力行駆動の開始当初において電流目標値を所定の制限値により制限し、その制限された目標値に基づいて、インバータ 22 の通電電流のフィードバック制御を実施する。例えば過電流判定値を 400 A、制限値を 300 A とする。この場合、電流制限を実施しないと、突入電流として過電流判定値を超える大電流が流れることが考えられるが、電流制限により、突入電流が過電流判定値よりも小電流に抑えられる。

40

【0055】

また、回転電機 21 の力行駆動の開始後においては、回転電機 21 の回転速度が上昇することに伴いモータ起電力により中性点電圧が上昇する。そのため、突入電流が次第に低減される。そこで、回転電機 ECU 23 は、回転電機 21 の力行駆動の開始後において、回転電機 21 の回転速度が所定回転速度まで上昇したことに基づいて、電流目標値の制限を解除する。

【0056】

次に、各 ECU 23, 37, 40 により実施される演算処理をフローチャート等を用い

50

て具体的に説明する。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、過電流異常判定の処理手順を示すフローチャートであり、本処理は回転電機 ECU 23 により所定周期で繰り返し実施される。

【 0 0 5 8 】

図 4 において、ステップ S 1 1 では、電流センサ 27 により検出された検出電流 I a を取得する。続くステップ S 1 2 では、インバータ 22 での過電流発生を示すフラグが 0 であるか否かを判定する。そして、フラグ = 0 であればステップ S 1 3 に進み、検出電流 I a が所定の第 1 閾値 TH 1 以上であるか否かを判定する。第 1 閾値 TH 1 が「過電流閾値」に相当し、例えば TH 1 = 400 A である。検出電流 I a が第 1 閾値 TH 1 未満であれば、そのまま本処理を終了する。また、検出電流 I a が第 1 閾値 TH 1 以上であれば、ステップ S 1 4 に進んでフラグに 1 をセットした後、本処理を終了する。

10

【 0 0 5 9 】

フラグに 1 がセットされた後は、ステップ S 1 2 を否定してステップ S 1 5 に進む。ステップ S 1 5 では、検出電流 I a が所定の第 2 閾値 TH 2 未満であるか否かを判定する。第 2 閾値 TH 2 は、第 1 閾値 TH 1 よりも小さい電流値として定められており、例えば TH 2 = 200 A である。

【 0 0 6 0 】

検出電流 I a が第 2 閾値 TH 2 以上であれば、そのまま本処理を終了する。また、検出電流 I a が第 2 閾値 TH 2 未満であれば、ステップ S 1 6 に進み、通信線 41 を用いて過電流異常信号を電池 ECU 37 とエンジン ECU 40 に対して送信した後、本処理を終了する。

20

【 0 0 6 1 】

図 5 は、異常監視の処理手順を示すフローチャートであり、本処理はエンジン ECU 40 により所定周期で繰り返し実施される。

【 0 0 6 2 】

図 5 において、ステップ S 2 1 では、回転電機 ECU 23 から過電流異常信号を受信したか否かを判定する。そして、過電流異常信号を受信していれば、ステップ S 2 2 に進み、通信線 41 を用い、スイッチ 31, 32 の強制開放信号を電池 ECU 37 に対して送信する。

30

【 0 0 6 3 】

図 6 は、電池ユニット U におけるフェイルセーフ制御の処理手順を示すフローチャートであり、本処理は電池 ECU 37 により所定周期で繰り返し実施される。

【 0 0 6 4 】

図 6 において、ステップ S 3 1 では、回転電機 ECU 23 から過電流異常信号を受信したか否かを判定する。そして、過電流異常信号を受信していれば、ステップ S 3 2 に進み、フェイルセーフ処理として、スイッチ 31, 32 をオフ（開放）する旨を指令する。なお、バイパススイッチ 36 については開放状態のままとする。

【 0 0 6 5 】

また、過電流異常信号を受信していなければ、ステップ S 3 3 に進み、エンジン ECU 40 から強制開放信号を受信したか否かを判定する。そして、強制開放信号を受信していれば、ステップ S 3 2 に進み、フェイルセーフ処理を実施する。この場合、ステップ S 3 1 ~ S 3 3 によれば、回転電機 ECU 23 からの過電流異常信号とエンジン ECU 40 からの強制開放信号とのうち先に受信した信号に基づいて、フェイルセーフ処理が実施される。

40

【 0 0 6 6 】

次に、図 7 のタイムチャートを用い、インバータ 22 での過電流発生時の処理を具体的に説明する。

【 0 0 6 7 】

図 7 において、タイミング t 1 以前は、インバータ 22 の各スイッチ S p , S n が回転

50

電機 2 1 の作動要求に応じてオンオフされており、回転電機 2 1 の作動状態に応じた通電電流がインバータ 2 2 に流れている。つまり、回転電機ユニット 2 0 が正常動作している。この状態では、インバータ 2 2 の通電電流（電流センサ 2 7 の検出電流 I_a ）が第 1 閾値 TH_1 未満となっている。このとき、電池ユニット U では、スイッチ 3 1, 3 2 が閉鎖（状況によっては一方のみが開放）の状態となっている。

【 0 0 6 8 】

そして、タイミング t_1 で、例えばインバータ 2 2 での短絡発生によりインバータ 2 2 の通電電流が急増すると、タイミング t_2 で、通電電流が第 1 閾値 TH_1 を超える。これにより、フラグに 1 がセットされる。このとき、各スイッチ S_p, S_n に過電流が流れることにより、スイッチモジュール 5 0 におけるリード部 5 2 の幅狭部 5 2 a が溶断され、それに伴い通電電流が急減する。

10

【 0 0 6 9 】

その後、タイミング t_3 で通電電流が第 2 閾値 TH_2 未満となることにより、回転電機 ECU_{23} から過電流異常信号が出力される。そして、タイミング t_4 では、電池ユニット U の電池 ECU_{37} において、過電流異常信号の受信に基づいて回転電機ユニット 2 0 での過電流発生の旨が認識され、それに伴いフェイルセーフ処理、すなわちスイッチ 3 1, 3 2 の強制開放が実施される。

【 0 0 7 0 】

この場合、タイミング t_4 の時点では、通電電流が小電流に抑えられており、スイッチ保護を図りつつ好適にスイッチ 3 1, 3 2 を開放させることができる。つまり、過電流が流れている状況下で、その通電経路のスイッチ 3 1, 3 2 を開放すると、通電経路にサージ電流が発生し、そのサージ電流に起因してスイッチ 3 1, 3 2 が破損することが懸念される。この点、上記構成によれば、過電流が一旦治まった状態でスイッチ 3 1, 3 2 が開放されるため、スイッチ開放時のサージ電流が抑制され、ひいてはサージ電流に起因するスイッチ破壊が抑制される。

20

【 0 0 7 1 】

なお本実施形態では、フェイルセーフ処理としてスイッチ 3 1, 3 2 が強制開放され、バイパススイッチ 3 6 については開放状態のまま保持されるが、これに代えて、フェイルセーフ処理として、スイッチ 3 1, 3 2 の強制開放と、バイパススイッチ 3 6 の閉鎖とが実施される構成であってもよい。バイパススイッチ 3 6 が開放状態のまま保持される場合、スイッチ 3 1, 3 2 の開放により鉛蓄電池 1 1 とインバータ 2 2 とが完全に遮断される。これに対して、バイパススイッチ 3 6 が閉鎖される場合、ヒューズ 3 5 を介して鉛蓄電池 1 1 とインバータ 2 2 とが接続される。

30

【 0 0 7 2 】

ここで、エンジン ECU_{40} では、タイミング t_4 （場合によってはその前後）で過電流異常信号の受信に基づいて過電流発生の旨が認識され、それに伴い強制開放信号が電池 ECU_{37} に対して送信される。そのため、上位 ECU であるエンジン ECU_{30} からの指令を待って電池ユニット U でのフェイルセーフ処理を実施する構成では、タイミング t_4 よりも後のタイミングでフェイルセーフ処理が実施されるが、本実施形態では、エンジン ECU_{40} からの強制開放信号の受信を待たず、回転電機 ECU_{23} からの過電流異常信号に基づいて電池 ECU_{37} がフェイルセーフ処理を実施するため、いち早い処置の実施が可能となっている。

40

【 0 0 7 3 】

次に、回転電機 2 1 の力行駆動の開始時における突入電流の制限処理について説明する。図 8 は、回転電機 2 1 の力行駆動制御の処理手順を示すフローチャートであり、本処理は回転電機 ECU_{23} により所定周期で繰り返し実施される。

【 0 0 7 4 】

図 8 において、ステップ S_{41} では、力行駆動の要求があるか否かを判定する。例えば、エンジン再始動時や動力アシスト時において力行駆動の要求があると判定される。力行駆動の要求があれば後続のステップ S_{42} に進み、要求が無ければそのまま本処理を終了

50

する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 4 2 では、回転電機 2 1 に対して要求される駆動態様に応じて、インバータ通電電流の目標値を設定する。このとき、例えばエンジン再始動時であれば、エンジン再始動のための初期回転速度（クランキング速度）に基づいて、インバータ通電電流の目標値を設定する。また、動力アシスト時であれば、アクセル操作量に応じたアシスト量に基づいて、インバータ通電電流の目標値を設定する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 4 3 では、回転電機 2 1 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_{th} 未満であるかを判定する。所定回転速度 N_{th} は、回転電機 2 1 においてモータ起電力により中性点電圧が所定以上に上昇したことを判定するための判定値であり、例えば $N_{th} = 600$ rpm である。なお、エンジン出力軸と回転電機 2 1 の出力軸とのプーリ比は例えば 2 . 3 である。そして、 $N_m < N_{th}$ であることを条件に、ステップ S 4 4 に進む。

10

【 0 0 7 7 】

ステップ S 4 4 では、回転電機 2 1 の力行駆動の開始当初における突入電流を制限すべく、インバータ通電電流の目標値を所定の制限値 I_x で制限する。制限値 I_x は、インバータ 2 2 での過電流判定のための第 1 閾値 TH_1 よりも小さい値であり、例えば $I_x = 300$ A である。この場合、今回の力行駆動要求がエンジン再始動要求なのか動力アシスト要求なのかに応じて、制限値 I_x を設定することも可能である。例えば、エンジン再始動要求であれば、動力アシスト要求である場合よりも制限値 I_x を小さい値とする。

20

【 0 0 7 8 】

また、回転電機 2 1 の駆動開始後に回転速度 N_m が上昇し、 $N_m < N_{th}$ になると、ステップ S 4 5 に進む。ステップ S 4 5 では、突入電流の制限を解除する。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 4 4 , S 4 5 の処理において、ステップ S 4 6 では、インバータ通電電流についてフィードバック制御を実施する。このとき、インバータ通電電流の目標値と実際値（検出電流 I_a ）との偏差に基づいて制御デューティを算出し、その制御デューティによりインバータ 2 2 の各スイッチ S_p , S_n についてスイッチング制御を実施する。

【 0 0 8 0 】

なお、インバータ通電電流の検出電流 I_a は、インバータ 2 2 の電源ラインに設けられた電流センサ 2 7 の検出電流以外であってもよく、インバータ 2 2 と各相巻線 2 4 U , 2 4 V , 2 4 W との間に設けられた電流センサ 2 7 a の検出電流や、下アームスイッチ S_n とグラウンドラインとの間に相ごとに設けられた電流センサ 2 7 b の検出電流であってもよい（図 2 参照）。

30

【 0 0 8 1 】

図 9 は、回転電機 2 1 の力行駆動の開始当初における電流制御をより具体的に示すタイムチャートである。ここでは、エンジン再始動時について説明する。

【 0 0 8 2 】

図 9 において、タイミング t_{11} では、回転電機 2 1 の力行駆動の要求（エンジン再始動要求）が生じ、それに伴いインバータ 2 2 の通電が開始される。ここではまず、インバータ通電電流の目標値が制限値 I_x で制限され、その I_x を目標値としてインバータ通電電流のフィードバック制御が実施される。このとき、インバータ通電電流が、過電流判定のための第 1 閾値 TH_1 よりも小さい値で制限されるため、突入電流によって過電流が流れたと誤判定されることが抑制される。なお、仮に電流制限を行わずにフィードバック制御を実施すると、100%デューティで各スイッチ S_p , S_n が通電され、その際に大きな突入電流が流れることとなる。

40

【 0 0 8 3 】

その後、回転電機 2 1 の回転速度 N_m が次第に上昇し、タイミング t_{12} で回転速度 N_m が所定回転速度 N_{th} に達すると、インバータ 2 2 における電流制限が解除される。タイミング t_{12} の時点では、突入電流の発生要因がなくなっており、過電流の誤判定要因

50

も解消されている。つまり、図示のように100%デューティで各スイッチ S_p 、 S_n が通電されても、過電流が誤判定されることが生じないものとなっている。タイミング t_2 以降、回転電機21に対して要求される駆動態様に応じて、インバータ通電電流のフィードバック制御が実施される。

【0084】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。

【0085】

回転電機21の力行駆動の開始当初において突入電流として大電流が流れると、それが過電流とみなされ、短絡異常の誤判定が懸念される。この点、上記構成では、回転電機21の力行駆動の開始時においてその駆動開始に伴い生じる突入電流を制限するため、突入電流が過電流とみなされることが抑制され、ひいては短絡異常(すなわち過電流異常)の誤判定が抑制される。

10

【0086】

インバータ22の通電電流をフィードバック制御する構成において、回転電機21の力行駆動の開始時に、通電電流の目標値を制限することで突入電流の制限を実施するようにした。この場合、インバータ通電電流の目標値を制限することにより、スイッチ S_p 、 S_n のデューティ比を小さくすることができる。そのため、回転電機21の力行駆動の開始時において、突入電流を好適に制限することができる。

【0087】

通電電流の目標値を、過電流閾値(TH_1)よりも小さい値として設定するようにした。これにより、突入電流と過電流とを区別する上で好適なる構成を実現できる。

20

【0088】

回転電機21の力行駆動の開始後における当該回転電機21の回転上昇に応じて、突入電流の制限を解除するようにした。これにより、回転電機21の力行駆動の開始後において、モータ起電力による中性点電圧の上昇に合わせて突入電流の制限を解除でき、要否に応じて適正に電流制限を実施することができる。

【0089】

アイドルストップ制御でのエンジン再始動時には、エンジン停止状態から回転電機21が力行駆動されるため、突入電流が大きくなる傾向にあると考えられる。この点、エンジン再始動の要求に伴う回転電機21の力行駆動の開始時において突入電流の制限が実施されるため、そのエンジン再始動時において突入電流と過電流とを好適に区別することができる。

30

【0090】

インバータ22においてスイッチモジュール50に遮断部(幅狭部52a)を設けた構成では、突入電流が流れることに起因して意図せず遮断部が遮断されることが懸念される。この点、上記のとおり回転電機21の力行駆動の開始時において突入電流が制限されるため、意図せず遮断部が遮断されるといった不都合を抑制できる。

【0091】

回転電機21又はインバータ22に過電流が流れる場合にスイッチモジュール50におけるリード部52の幅狭部52aが溶断される構成では、過電流異常の発生時において通電電流が一旦上昇した後に、幅狭部52aの溶断による経路遮断により一気に低下する。こうした様相を考慮し、上記構成では、インバータ通電電流が第1閾値 TH_1 まで上昇したことの第1判定と、その後電流低下したことの第2判定との結果に基づいて、過電流が流れたことを判定するとともに、その判定結果に基づいてスイッチ31、32を開放させるようにした。この場合、スイッチ31、32の開放に伴い生じるサージ電流を抑えつつ、好適に通電電流を遮断できる。その結果、過電流の発生時における処置の適正化を図ることができる。

40

【0092】

インバータ通電電流が第1閾値 TH_1 まで上昇した後に電流低下したことの第2判定として、通電電流が第1閾値 TH_1 よりも小さい第2閾値 TH_2 まで低下したことを判定す

50

る構成とした。これにより、回転電機 2 1 又はインバータ 2 2 で短絡異常が生じた場合において、過電流の発生に伴う電流上昇と、経路遮断に伴う電流低下とを確実に判定できる。これにより、適正にスイッチ開放処置を実施できる。

【 0 0 9 3 】

回転電機 E C U 2 3 が、過電流判定の結果を示す判定信号（過電流異常信号）を電池 E C U 3 7 に送信し、電池 E C U 3 7 が、回転電機 E C U 2 3 からの判定信号に基づいて、スイッチ 3 1 , 3 2 を開放させる構成とした。この場合、電池 E C U 3 7 では、回転電機 E C U 2 3 から判定信号を直接受け取ることで、その判定信号に基づく応急的な処置を実施が可能となる。

【 0 0 9 4 】

また特に、

(1) 回転電機 E C U 2 3 が、過電流判定の結果を示す判定信号（過電流異常信号）を電池 E C U 3 7 及びエンジン E C U 4 0 に対して送信し、

(2) エンジン E C U 4 0 が、回転電機 E C U 2 3 から受信した判定信号に基づいて、電池 E C U 3 7 に対して、スイッチ 3 1 , 3 2 を強制開放させる旨の強制開放信号を送信し、

(3) 電池 E C U 3 7 が、回転電機 E C U 2 3 からの判定信号の受信、及びエンジン E C U 4 0 からの強制開放信号の受信のうち早い方に基づいて、スイッチ 3 1 , 3 2 を強制開放させる、ように構成した。

【 0 0 9 5 】

したがって、電池 E C U 3 7 では、上位 E C U であるエンジン E C U 4 0 からの強制開放信号の受信を待たずとも、回転電機 E C U 2 3 から判定信号を直接受け取り、その判定信号に基づいて応急的な処置を実施することができる。また、電池 E C U 3 7 によりいち早い対応が可能になることに加え、エンジン E C U 4 0 による確実性の高い対応が可能となっている。なお、電池 E C U 3 7 は、各蓄電池 1 1 , 1 2 の充放電を制御対象とする局所的な演算処理を実施するものであるのに対し、エンジン E C U 4 0 は、他の E C U を統括的に管理するものであるため、エンジン E C U 4 0 によれば、確実性（信頼性とも言える）の高い対応を実施できる。

【 0 0 9 6 】

インバータ 2 2 において、スイッチモジュール 5 0 におけるリード部 5 2 の幅狭部 5 2 a を「遮断部」として用いる構成とした。したがって、インバータ 2 2 に過電流が流れる場合に、迅速なる過電流処置を実施できる。

【 0 0 9 7 】

(他の実施形態)

上記実施形態を例えば次のように変更してもよい。

【 0 0 9 8 】

・回転電機 2 1 の力行駆動の開始後において、回転電機 2 1 の回転上昇に応じて、突入電流の制限の程度を変更する構成としてもよい。例えば、回転電機 E C U 2 3 は、図 8 のステップ S 4 4 において、図 1 0 の関係を用いて目標通電電流の制限値を設定する。図 1 0 では、回転電機 2 1 の回転速度 N m が大きくなるほど制限値が大きくなる（すなわち大きい目標通電電流が許容される）ような関係が定められている。ただし回転速度 N m と制限値との関係は図 1 0 以外のものであってもよい。本構成によれば、回転電機 2 1 の状態に応じて適正に電流制限を実施することができる。

【 0 0 9 9 】

・回転電機 2 1 の力行駆動の開始時に突入電流の制限が実施される場合において、スイッチ 3 1 , 3 2 を共にオン（閉鎖）させる構成としてもよい。この場合、回転電機 E C U 2 3 は、図 1 1 に基づいて回転電機 2 1 の力行駆動制御を実施する。なお、図 1 1 の処理は、図 8 に置き換えて実施されるものであり、図 8 と同じ処理については同じステップ番号を付すとともに説明を適宜割愛する。

【 0 1 0 0 】

10

20

30

40

50

図11では、力行駆動の要求があり、かつ回転電機21の回転速度Nmが所定回転速度Nth未満であると判定された場合(ステップS41, S43がYESの場合)に、ステップS44で、回転電機21の力行駆動の開始当初における突入電流を制限するとともに、続くステップS51でスイッチ31, 32を共にオンにする。これにより、突入電流の制限が実施される状況下において、スイッチ31, 32が共にオンになる。そして、Nm Nthになると、突入電流の制限が解除される(ステップS45)。なお、スイッチ31, 32がオンされた後には、例えば回転電機21の回転が定常状態になったことに基づいて、各スイッチ31, 32が通常のオンオフ状態に戻されるとよい。エンジン始動時であれば、エンジンの始動完了判定(エンジン回転速度が所定回転速度になったこと)に基づいて、各スイッチ31, 32が通常のオンオフ状態に戻されるとよい。

10

【0101】

回転電機21の力行駆動の開始時に突入電流を制限する場合には、回転電機21に対する供給電力が制限されるため、その分回転電機21のトルクが低下する。この点、上記構成によれば、回転電機21の力行駆動の開始時に電流制限が実施される一方で、各スイッチ31, 32のオンにより、各蓄電池11, 12による回転電機21に対する電力供給が行われる。そのため、回転電機21のトルク補償が可能となり、ひいては電流制限状態での回転電機21の力行駆動の好適化が可能となる。

【0102】

また、回転電機21の力行駆動の開始後において、電流制限が実施される状態でその解除前に、蓄電池11, 12の一方(本実施形態ではリチウムイオン蓄電池12)をインバータ22に接続する状態から蓄電池11, 12の両方をインバータ22に接続する状態に移行させるよう各スイッチ31, 32の開閉を制御するようにしてもよい。この場合、回転電機ECU23は、図12に基づいて回転電機21の力行駆動制御を実施する。なお、図12の処理は、図8に置き換えて実施されるものであり、図8と同じ処理については同じステップ番号を付すとともに説明を適宜割愛する。

20

【0103】

図12において、力行駆動の要求があると判定された場合(ステップS41がYESの場合)に、ステップS61では、回転電機21の回転速度Nmが第1回転速度Nth1未満であるか否かを判定し、ステップS62では、回転電機21の回転速度Nmが第2回転速度Nth2未満であるか否かを判定する。Nth1及びNth2は、Nth1 > Nth2の関係にある。例えばNth1 = 600rpm、Nth2 = 400rpmである。そして、回転速度NmがNth2未満であれば、ステップS44で突入電流の制限を開始する。また、回転速度NmがNth2になると、ステップS63でスイッチ31, 32をオンし、回転速度NmがNth1になると、ステップS45で突入電流の制限を解除する。なお、スイッチ31, 32がオンされた後、例えば回転電機21の回転が定常状態になったことに基づいて、各スイッチ31, 32が通常のオンオフ状態に戻されるとよい(図11と同様)。

30

【0104】

回転電機21の力行駆動の開始後において、電流制限が実施される状態でその解除前に、リチウムイオン蓄電池12のみによりインバータ22に電力が供給される状態(1電源供給の状態)から、両蓄電池11, 12によりインバータ22に電力に供給される状態(2電源供給の状態)への移行が行われる。この場合、回転電機21では、駆動開始当初において回転速度の上昇に伴いトルクが減少することが考えられるが、そのトルク減少があっても両蓄電池11, 12によるトルク補償が可能となる。また、電流制限が解除された後に、1電源供給の状態から2電源供給の状態に移行すると、電圧変動のおそれがあるが、電流制限が解除される前に1電源供給の状態から2電源供給の状態への移行が行われることで、電圧変動による不都合を回避できる。

40

【0105】

エンジン始動時で言えば、エンジンのアイドル回転速度よりも低回転側には共振域が存在しているが、回転電機21のトルク補償により共振域をいち早く通過させることができ

50

る。また、回転電機 21 のトルクを確保できるため、早期始動を図りつつも初爆時期を遅らせることができ、燃費向上を図ることができる。

【0106】

・突入電流を制限する場合において、最大デューティ比を以下のように設定してもよい。

【0107】

(1) インバータ 22 の入出力電圧であるインバータ電圧に基づいて、最大デューティ比を設定する。例えば図 13 (a) の関係を用い、インバータ電圧に基づいて最大デューティ比を設定する。インバータ電圧は例えば電圧センサ 26 による検出電圧である。インバータ電圧が高い場合には、突入電流が増える傾向にあるため、最大デューティ比を減少させる。逆にインバータ電圧が低い場合には、突入電流を制限しすぎるとエンジン再始動が不可となるおそれがあるため、最大デューティ比を増加させる。

10

【0108】

(2) 回転電機ユニット 20 の温度に基づいて、最大デューティ比を設定する。回転電機ユニット 20 の温度は例えば温度センサ 29 により検出されるステータ温度である。例えば図 13 (b) の関係を用い、ステータ温度に基づいて最大デューティ比を設定する。ステータ温度が低い場合は、突入電流が増える傾向にあるため、最大デューティ比を減少させる。なお、ステータ温度に代えて、インバータ 22 のスイッチ温度を用いてもよい。スイッチ温度が高い場合、故障の可能性が高くなるため、最大デューティ比を減少させるとよい。

20

【0109】

上記によれば、回転電機ユニット 20 が通常備える装備範囲で電流制限を実施できる。そのため、コストアップを招くことなく好適なる電流制限を実施できる。

【0110】

・インバータ通電電流が第 1 閾値 TH1 まで上昇したことの第 1 判定と、その後電流低下したことの第 2 判定とを実施する場合において、第 2 判定として、インバータ通電電流が第 1 閾値 TH1 まで上昇してから所定時間 (例えば 0.5 ~ 1 秒程度) が経過した時点で電流低下した旨の第 2 判定を実施するようにしてもよい。

【0111】

・過電流が流れることに伴い通電経路を遮断する遮断部として、スイッチモジュール 50 におけるリード部 52 の幅狭部 52a 以外の構成を用いてもよい。例えば、インバータ 22 の通電経路や、電池ユニット U 内の通電経路、その他の通電経路にヒューズ等の溶断部を設けてもよい。要は、蓄電池 11, 12 と回転電機 21 とを繋ぐ経路に遮断部が設けられていればよい。

30

【0112】

・回転電機 21 の力行駆動の開始当初において、インバータ通電電流の目標値を制限することに代えて、インバータ 22 の各スイッチ Sp, Sn に対する駆動デューティに制限を付加し、それに伴い突入電流の制限を図るようにしてもよい。

【0113】

・過電流が流れることに伴い通電経路を遮断する遮断部を具備しない構成であってもよい。この場合、インバータ通電電流が第 1 閾値 TH1 まで上昇したと判定された時点で、過電流異常が生じた旨を判定するとよい。

40

【0114】

・図 1 の構成では、電池ユニット U の出力端子 P1 の側、すなわち鉛蓄電池 11 の側に定電圧要求負荷である電気負荷 14 を接続し、出力端子 P2 の側、すなわち回転電機ユニット 20 の側に一般負荷である電気負荷 15 を接続する構成としたが、これを変更してもよい。例えば、電池ユニット U の出力端子 P1 の側に電気負荷 15 (一般負荷) を接続し、出力端子 P2 の側に電気負荷 14 (定電圧要求負荷) を接続する構成としてもよい。

【0115】

・上記実施形態では、第 1 蓄電部として鉛蓄電池 11 を設けるとともに、第 2 蓄電部と

50

してリチウムイオン蓄電池 1 2 を設ける構成としたが、これを変更してもよい。第 2 蓄電部として、リチウムイオン蓄電池 1 2 以外の高密度蓄電池、例えばニッケル - 水素電池を用いてもよい。その他、少なくともいずれかの蓄電部としてキャパシタを用いることも可能である。

【 0 1 1 6 】

・ 2 つの蓄電部を有する電源システム以外への適用も可能である。例えば蓄電部として、鉛蓄電池 1 1 のみを有する構成、又はリチウムイオン蓄電池 1 2 のみを有する構成であってもよい。

【 0 1 1 7 】

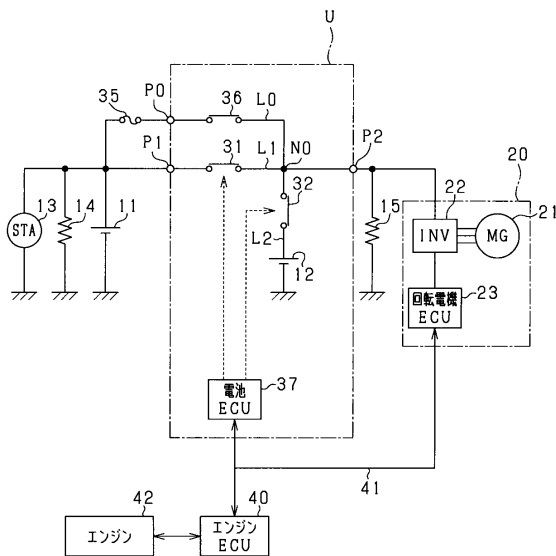
・ 本発明が適用される電源システムを、車両以外の用途で用いることも可能である。

【 符号の説明 】

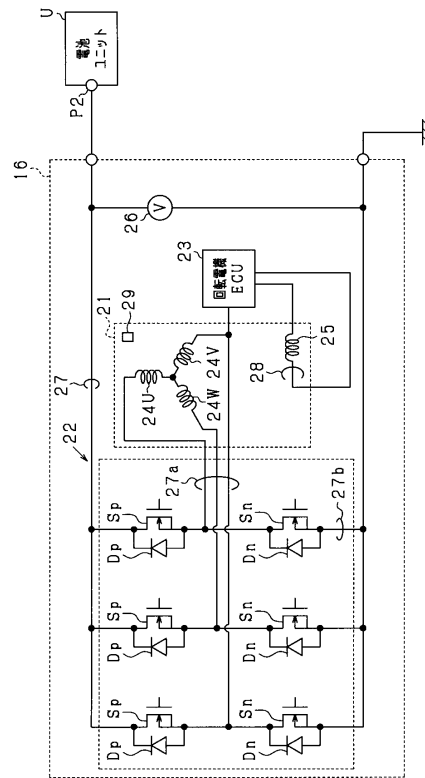
【 0 1 1 8 】

1 1 ... 鉛蓄電池、 1 2 ... リチウムイオン蓄電池、 2 1 ... 回転電機、 2 2 ... インバータ (スイッチング回路部)、 2 3 ... 回転電機 E C U (回転電機 E C U)、 3 1 , 3 2 ... スイッチ。

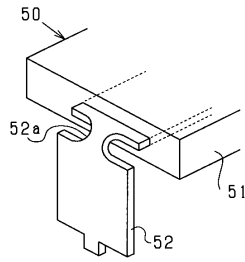
【 図 1 】



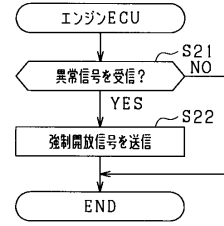
【 図 2 】



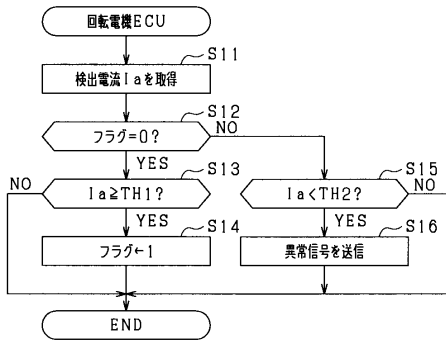
【図3】



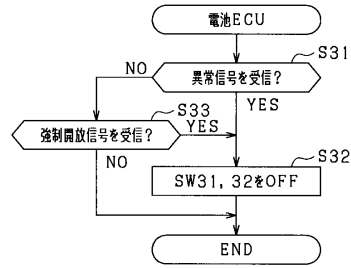
【図5】



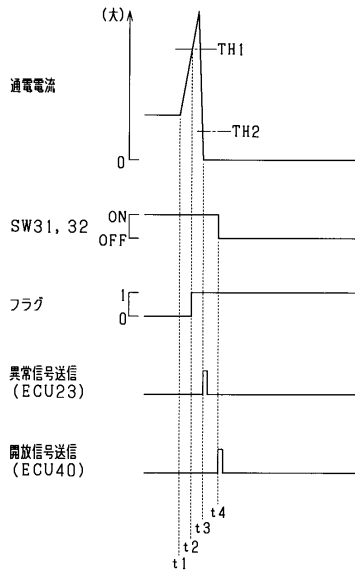
【図4】



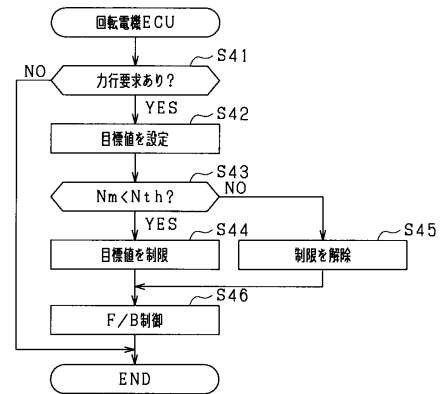
【図6】



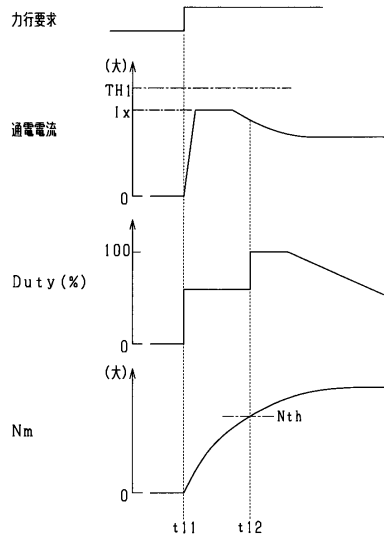
【図7】



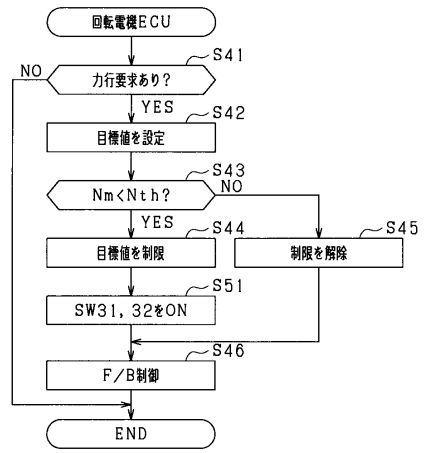
【図8】



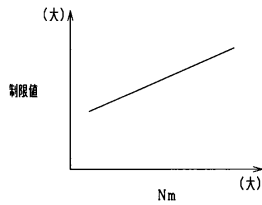
【図9】



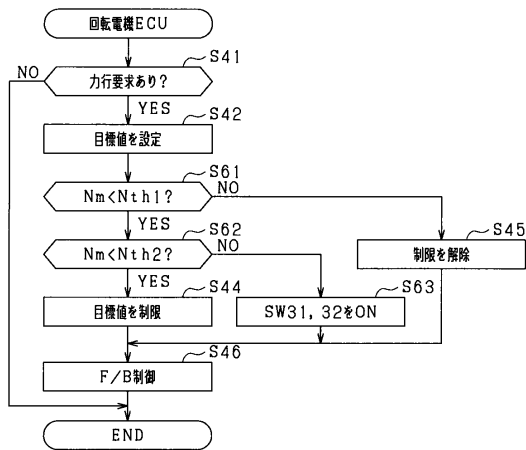
【図11】



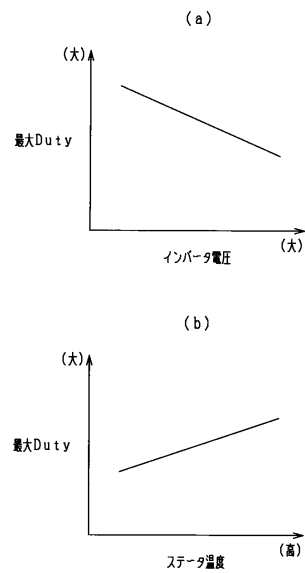
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 2 N</i>	<i>11/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>B 6 0 W</i>	<i>20/00</i>
<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 N</i>	<i>11/04</i> <i>A</i>
			<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i> <i>X</i>
			<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i> <i>W</i>
			<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i> <i>V</i>
			<i>F 0 2 N</i>	<i>11/08</i> <i>K</i>

(72)発明者 稲村 洋
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 笹岡 友陽

(56)参考文献 特開2010-183679(JP,A)
特開2015-172997(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 6 0 L 1 / 0 0 - 5 8 / 4 0
B 6 0 W 1 0 / 0 8
B 6 0 W 2 0 / 0 0
F 0 2 N 1 1 / 0 4
F 0 2 N 1 1 / 0 8
H 0 2 M 7 / 4 8