

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6597441号
(P6597441)

(45) 発行日 令和1年10月30日 (2019. 10. 30)

(24) 登録日 令和1年10月11日 (2019. 10. 11)

(51) Int. Cl.	F 1
H 0 2 P 29/62 (2016. 01)	H 0 2 P 29/62
H 0 2 K 11/25 (2016. 01)	H 0 2 K 11/25

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-61358 (P2016-61358)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成28年3月25日 (2016. 3. 25)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-175829 (P2017-175829A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)	(74) 代理人	100140486
審査請求日	平成30年8月2日 (2018. 8. 2)		弁理士 鎌田 徹
		(74) 代理人	100170058
			弁理士 津田 拓真
		(74) 代理人	100139066
			弁理士 伊藤 健太郎
		(72) 発明者	猪熊 賢二
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	佐藤 卓
			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】 モータの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジング (2 5) 内にステータ (2 8) とロータ (2 7) とが配置されて構成されたモータ (1 6) と前記ハウジング内の冷却油 (3 0) で冷却される前記モータの制御装置において、

前記冷却油は、前記ハウジング内の密閉空間に封入されており、

前記モータの回転停止時に、前記冷却油は、前記ハウジング内において、前記ロータの最下位面よりも上方であり、且つ前記ロータの回転軸よりも下方の高さ位置まで貯溜されており、

前記ステータに設けられたコイル (2 9) の温度を検出するコイル温度検出手段 (3 1) と、

前記冷却油の温度を検出する冷却油温度検出手段 (3 2) と、

前記コイル温度検出手段で検出した前記コイルの温度がコイル保護用の閾値を越えた場合に前記モータのトルクを制限するコイル保護用トルク制限と、前記冷却油温度検出手段で検出した前記冷却油の温度が冷却油保護用の閾値を越えた場合に前記モータのトルクを制限する冷却油保護用トルク制限とを実行する制御部 (2 4) とを備え、

前記制御部は、前記モータが所定以下の低回転で動作する低回転動作領域では、前記コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くし、前記モータが前記低回転動作領域よりも高回転で動作する高回転動作領域では、前記冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くするモータの制御装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記低回転動作領域で前記コイル保護用の閾値を前記高回転動作領域よりも低い値に設定することで前記コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くする請求項 1 に記載のモータの制御装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記低回転動作領域で且つ前記モータのトルクが所定値以下の領域では前記コイル保護用の閾値を前記高回転動作領域と同じ値に設定する請求項 2 に記載のモータの制御装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記高回転動作領域で前記冷却油保護用の閾値を前記低回転動作領域よりも低い値に設定することで前記冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のモータの制御装置。

10

【請求項 5】

前記制御部は、前記高回転動作領域で且つ前記モータの回転速度が所定値以下の領域では前記冷却油保護用の閾値を前記低回転動作領域と同じ値に設定する請求項 4 に記載のモータの制御装置。

【請求項 6】

前記低回転動作領域は、前記モータの弱め界磁制御を実施しない非弱め界磁領域である請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【請求項 7】

20

前記高回転動作領域は、前記モータの弱め界磁制御を実施する弱め界磁領域である請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【請求項 8】

前記コイル温度検出手段は、前記コイルのうち前記モータの回転停止時に前記冷却油に浸漬しない位置に設置されたコイル温度センサである請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【請求項 9】

前記コイル温度センサは、前記コイルの内部に設置されている請求項 8 に記載のモータの制御装置。

【請求項 10】

30

前記コイル温度センサは、前記コイルの中性点に設置されている請求項 8 又は 9 に記載のモータの制御装置。

【請求項 11】

前記コイル温度センサは、前記コイルのうち前記モータの回転停止時に前記冷却油に浸漬しない範囲内で前記ロータの回転方向の進み側に設置されている請求項 8 乃至 10 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【請求項 12】

前記冷却油温度検出手段は、前記冷却油に浸漬し且つ前記コイルから離れた位置に設置されている請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【請求項 13】

40

前記冷却油温度検出手段は、前記ロータの最下位面よりも下方に設置されている請求項 12 に記載のモータの制御装置。

【請求項 14】

前記冷却油温度検出手段は、前記冷却油に浸漬する範囲内で前記ロータの回転方向の進み側に設置されている請求項 12 又は 13 に記載のモータの制御装置。

【請求項 15】

前記コイルは、少なくとも一つの中性点が前記冷却油に浸漬するように配置されている請求項 1 に記載のモータの制御装置。

【請求項 16】

前記モータは、車両の動力源として搭載されている請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載

50

のモータの制御装置。

【請求項 17】

前記冷却油温度検出手段は、前記ハウジング内のうち前記車両の前方側に設置されている請求項 16 に記載のモータの制御装置。

【請求項 18】

前記冷却油温度検出手段は、冷却油温度センサである請求項 1 乃至 17 のいずれかに記載のモータの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハウジング内の冷却油で冷却されるモータの制御装置に関する発明である。

【背景技術】

【0002】

モータの過熱を防止する技術として、例えば、特許文献 1 に記載されたものがある。このものは、モータハウジング内の油の温度を検出する油温センサを備え、この油温センサで検出した油温とモータの熱容量と熱抵抗とに基づいて巻線温度を演算し、この巻線温度に基づいてモータ温度を検出する。この検出したモータ温度が所定以上のときにモータのトルクを制限するようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013 - 85388 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ハウジング内の冷却油で冷却されるモータは、運転領域によって過熱し易い部位が異なってくる。つまり、ロータの回転によって冷却油が掻き揚げられるため、モータの回転速度（つまりロータの回転速度）が低い領域では、冷却油が十分に拡散せずコイルが過熱し易くなる。一方、モータの回転速度が高い領域では、冷却油が十分に拡散してコイルは過熱し難くなるが、コイルの発熱量が大きいいため、冷却油が過熱し易くなる。

【0005】

しかし、上記特許文献 1 の技術では、上述したようにモータの運転領域によって過熱し易い部位が異なることが全く考慮されておらず、単にモータ温度が所定以上のときにモータの出力トルクを制限するだけであるため、過熱し易い部位を適切に保護することができない可能性がある。

【0006】

そこで、本発明が解決しようとする課題は、ハウジング内の冷却油で冷却されるモータにおいて過熱し易い部位を適切に保護することができるモータの制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、請求項 1 に係る発明は、ハウジング（25）内にステータ（28）とロータ（27）とが配置されて構成されたモータ（16）と前記ハウジング内の冷却油（30）で冷却される前記モータの制御装置において、前記冷却油は、前記ハウジング内の密閉空間に封入されており、前記モータの回転停止時に、前記冷却油は、前記ハウジング内において、前記ロータの最下位面よりも上方であり、且つ前記ロータの回転軸よりも下方の高さ位置まで貯溜されており、前記ステータに設けられたコイル（29）の温度を検出するコイル温度検出手段（31）と、前記冷却油の温度を検出する冷却油温度検出手段（32）と、前記コイル温度検出手段で検出した前記コイルの温度がコイル保護用の閾値を越えた場合に前記モータのトルクを制限するコイル保護用トルク制限と、前

10

20

30

40

50

記冷却油温度検出手段で検出した前記冷却油の温度が冷却油保護用の閾値を越えた場合に前記モータのトルクを制限する冷却油保護用トルク制限とを実行する制御部（２４）とを備え、前記制御部は、前記モータが所定以下の低回転で動作する低回転動作領域では、前記コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くし、前記モータが前記低回転動作領域よりも高回転で動作する高回転動作領域では、前記冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くするようにしたものである。

【０００８】

この構成では、コイル温度検出手段で検出したコイルの温度がコイル保護用の閾値を越えた場合にモータのトルクを制限するコイル保護用トルク制限を実行することで、コイルの過熱を防止することができる。また、冷却油温度検出手段で検出した冷却油の温度が冷却油保護用の閾値を越えた場合にモータのトルクを制限する冷却油保護用トルク制限を実行することで、冷却油の過熱を防止することができる。

10

【０００９】

しかも、低回転動作領域では、コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くするため、コイルが過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行してコイルの過熱を確実に防止することができ、コイルを適切に保護することができる。一方、高回転動作領域では、冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くするため、冷却油が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行して冷却油の過熱を確実に防止することができ、冷却油を適切に保護することができる。

20

【００１０】

また、請求項２のように、前記制御部は、前記低回転動作領域で前記コイル保護用の閾値を前記高回転動作領域よりも低い値に設定することで前記コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くすると良い。このようにすれば、低回転動作領域では、コイル温度検出手段で検出したコイルの温度が高回転動作領域よりも低いコイル保護用の閾値を越えたときに、コイル保護用トルク制限を開始することができる。これにより、コイルが過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行することができ、コイルを確実に保護することができる。

【００１１】

この場合、請求項３のように、前記制御部は、前記低回転動作領域で且つ前記モータのトルクが所定値以下の領域では前記コイル保護用の閾値を前記高回転動作領域と同じ値に設定するようにしても良い。このようにすれば、低回転動作領域で且つモータのトルクが所定値以下の領域、つまり低回転動作領域のうちコイルの発熱量が少ない領域での不要なトルク制限を避けることができ、モータの運転状態に応じた適切な過熱防止を行うことができる。

30

【００１２】

また、請求項４のように、前記制御部は、前記高回転動作領域で前記冷却油保護用の閾値を前記低回転動作領域よりも低い値に設定することで前記冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くすると良い。このようにすれば、高回転動作領域では、冷却油温度検出手段で検出した冷却油の温度が低回転動作領域よりも低い冷却油保護用の閾値を越えたときに、冷却油保護用トルク制限を開始することができる。これにより、冷却油が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行することができ、冷却油を確実に保護することができる。

40

【００１３】

この場合、請求項５のように、前記制御部は、前記高回転動作領域で且つ前記モータの回転速度が所定値以下の領域では前記冷却油保護用の閾値を前記低回転動作領域と同じ値に設定するようにしても良い。このようにすれば、高回転動作領域で且つモータの回転速度が所定値以下の領域、つまり高回転動作領域のうちコイルの発熱量が少なく冷却油の冷却効果が大きい領域での不要なトルク制限を避けることができ、モータの運転状態に応じた適切な過熱防止を行うことができる。

50

【 0 0 1 4 】

また、請求項 6 のように、前記低回転動作領域は、前記モータの弱め界磁制御を実施しない非弱め界磁領域としても良い。つまり、非弱め界磁領域でコイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くする。非弱め界磁領域は、弱め界磁領域よりもモータが低回転で動作する領域となる。従って、非弱め界磁領域でコイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くすることで、コイルが過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行して、コイルを適切に保護することができる。

【 0 0 1 5 】

更に、請求項 7 のように、前記高回転動作領域は、前記モータの弱め界磁制御を実施する弱め界磁領域としても良い。つまり、弱め界磁領域で冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くする。弱め界磁領域は、非弱め界磁領域よりもモータが高回転で動作する領域となる。従って、弱め界磁領域で冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くすることで、冷却油が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行して、冷却油を適切に保護することができる。

【 0 0 1 6 】

ところで、コイルのうちモータの回転停止時に冷却油に浸漬しない部分は、冷却油に浸漬する部分よりも高温になり易い。更に、コイルの内部は、コイルの外部よりも高温になり易い。また、コイルの中性点は、コイルのうち最も発熱する部分である。また、ロータの回転によって冷却油が掻き揚げられるため、コイルのうち冷却油に浸漬しない範囲ではロータの回転方向の進み側ほど冷却油がかかり難く高温になり易い。

【 0 0 1 7 】

そこで、請求項 8 のように、前記コイル温度検出手段は、前記コイルのうち前記モータの回転停止時に前記冷却油に浸漬しない位置に設置されたコイル温度センサであるようにすると良い。更に、請求項 9 のように、前記コイル温度センサは、前記コイルの内部に設置されているようにしても良い。また、請求項 10 のように、前記コイル温度センサは、前記コイルの中性点に設置されているようにしても良い。また、請求項 11 のように、前記コイル温度センサは、前記コイルのうち前記モータの回転停止時に前記冷却油に浸漬しない範囲内で前記ロータの回転方向の進み側に設置されているようにしても良い。請求項 8 ~ 11 のいずれの場合も、コイルのうち高温になり易い部分の温度をコイル温度センサで検出することができるため、コイル温度センサの検出値に基づいたコイル保護用トルク制限を適切なタイミングで開始して、適切な過熱防止を行うことができる。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 12 のように、前記冷却油温度検出手段は、前記冷却油に浸漬し且つ前記コイルから離れた位置に設置されているようにすると良い。このようにすれば、冷却油温度検出手段で冷却油の温度を常に検出することができる。

【 0 0 1 9 】

ロータの回転によって冷却油が掻き揚げられるため、冷却油の油面がロータの最下位面よりも下がることはない。また、冷却油がロータの回転方向の進み側に偏り易い。そこで、請求項 13 のように、前記冷却油温度検出手段は、前記ロータの最下位面よりも下方に設置されているようにしても良い。また、請求項 14 のように、前記冷却油温度検出手段は、前記冷却油に浸漬する範囲内で前記ロータの回転方向の進み側に設置されているようにしても良い。このようにすれば、冷却油温度検出手段が常に冷却油に浸漬するようにできる。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 15 のように、前記冷却油は、前記ハウジング内の密閉空間に封入され、前記ロータの最下位面よりも上方で且つ前記ロータの回転軸よりも下方の高さ位置まで貯溜されているようにすると良い。冷却油をロータの最下位面よりも上方の高さ位置まで貯溜することで、モータの内部の熱を冷却油を介して効率的にハウジングに伝導させてモータの外部に放出することができ、モータを効果的に冷却することができる。しかも、冷却油をロータの回転軸よりも下方の高さ位置まで貯溜することで、封入する冷却油の量を適度

に抑えて冷却油によるモータの回転負荷を適度に抑えることができる。

【 0 0 2 1 】

この場合、請求項 1 5 のように、前記コイルは、少なくとも一つの中性点が前記冷却油に浸漬するように配置されているようにすると良い。冷却油がハウジング内の密閉空間に封入された油密構成では、冷却油をモータの外部と循環させる構成に比べて冷却性能が低下するが、コイルのうち最も発熱する部分である中性点を冷却油に浸漬することで、コイルを効果的に冷却することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明は、請求項 1 6 のように、車両の動力源として搭載されているモータに適用すると良い。このようにすれば、モータの動作領域が頻繁に変化する車両用のモータであっても確実にコイル及び冷却油を保護することができる。

10

【 0 0 2 3 】

この場合、請求項 1 7 のように、前記冷却油温度検出手段は、前記ハウジング内のうち前記車両の前方側に設置されているようにすると良い。このようにすれば、モータの使用頻度の多い減速時（例えば回生発電時）に冷却油が車両の前方側に移動しても、冷却油温度検出手段で冷却油の温度を確実に検出することができる。

20

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 8 のように、前記冷却油温度検出手段は、冷却油温度センサであるといい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】図 1 は本発明の実施例 1 におけるハイブリッド車の制御システムの概略構成を示す図である。

【図 2】図 2 は M G のトルク制御を説明するブロック図である。

【図 3】図 3 は実施例 1 の M G の概略構成を示す縦断面図である。

【図 4】図 4 は実施例 1 の M G の概略構成を示す横断面図である。

30

【図 5】図 5 は実施例 1 の領域区分を示す図である。

【図 6】図 6 は過熱防止制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図 7】図 7 は実施例 1 の閾値設定ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は実施例 2 の領域区分を示す図である。

【図 9】図 9 は実施例 2 の閾値設定ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 0】図 1 0 は実施例 3 の領域区分を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は実施例 4 の M G の概略構成を示す横断面図である。

【図 1 2】図 1 2 は実施例 5 の M G の概略構成を示す縦断面図である。

【図 1 3】図 1 3 は実施例 6 の M G の概略構成を示す横断面図である。

【図 1 4】図 1 4 は実施例 7 のハイブリッド車の制御システムの概略構成を示す図である

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

以下、本発明を実施するための形態を具体化した幾つかの実施例を説明する。

【実施例 1】

【 0 0 2 7 】

本発明の実施例 1 を図 1 乃至図 7 に基づいて説明する。

まず、図 1 に基づいてハイブリッド車の制御システムの概略構成を説明する。

車両の動力源となるエンジン 1 1 と、このエンジン 1 1 に接続された変速機 1 2 とが車両の前側部に搭載されている。変速機 1 2 は、機械式の変速機であり、複数の変速段の中

50

から変速段を段階的に切り換える有段変速機であっても良いし、無段階に変速する無段変速機（いわゆるＣＶＴ）であっても良い。これらのエンジン１１及び変速機１２は、エンジン１１の出力軸（つまりクランク軸）の軸方向が車両の左右方向となるように横置きで配置されている。エンジン１１の出力軸の動力が変速機１２に伝達され、この変速機１２の出力軸の動力がディファレンシャルギヤ機構１３等を介して車輪１５の駆動軸１４に伝達される。

【００２８】

更に、車両の動力源となる小径のモータジェネレータ（以下「ＭＧ」と表記する）１６と、このＭＧ１６に接続された小径の減速機１７とがエンジン１１及び変速機１２の後方に搭載されている。ＭＧ１６及び減速機１７は、出力軸の軸方向が車両の前後方向となるように縦置きで配置されている。ディファレンシャルギヤ機構１３のリングギヤ１９（つまり変速機１２の出力軸の動力が入力されるギヤ）にトランスファ２０を介して減速機１７の出力軸が連結されている。これにより、ＭＧ１６の出力軸の動力が減速機１７に伝達され、この減速機１７の出力軸の動力がトランスファ２０やディファレンシャルギヤ機構１３等を介して車輪１５の駆動軸１４に伝達される。

【００２９】

また、ＭＧ１６を駆動するインバータ２１が高圧電池２２に接続され、ＭＧ１６がインバータ２１を介して高圧電池２２と電力を授受するようになっている。高圧電池２２は、二次電池等からなる直流電源である。インバータ２１は、高圧電池２２の直流電圧を交流電圧に変換してＭＧ１６を後述するＨＶ－ＥＣＵ２３からのトルク指令値に従って駆動するとともに、必要に応じて前記トルク指令値を制限して駆動する。

【００３０】

ＨＶ－ＥＣＵ２３は、車両全体を総合的に制御する制御装置であり、各種のセンサやスイッチ（例えば、アクセルセンサ、シフトスイッチ、ブレーキスイッチ、車速センサ等）の出力信号を読み込んで、車両の運転状態を検出する。このＨＶ－ＥＣＵ２３は、ＭＧ－ＥＣＵ２４や図示しないエンジンＥＣＵ等との間で制御信号やデータ信号を送受信する。ＭＧ－ＥＣＵ２４は、インバータ２１を制御してＭＧ１６を制御する制御装置であり、エンジンＥＣＵは、エンジン１１の運転を制御する制御装置である。

【００３１】

ＨＶ－ＥＣＵ２３は、各ＥＣＵによって車両の運転状態に応じて、エンジン１１、ＭＧ１６等を制御する。その際、ＨＶ－ＥＣＵ２３は、走行モードを、例えば、エンジン走行モードとアシスト走行モードとＥＶ走行モードとの間で切り換える。エンジン走行モードでは、エンジン１１とＭＧ１６のうちエンジン１１の動力のみで車輪１５を駆動して車両を走行させるエンジン走行を行う。アシスト走行モードでは、エンジン１１の動力とＭＧ１６の動力の両方で車輪１５を駆動して車両を走行させるアシスト走行を行う。ＥＶ走行モードでは、エンジン１１とＭＧ１６のうちＭＧ１６の動力のみで車輪１５を駆動して車両を走行させるＥＶ走行を行う。

【００３２】

また、ＨＶ－ＥＣＵ２３は、車両を制動する際（例えばアクセルオフ時やブレーキオン時に制動力を発生させる際）に、走行モードを回生発電モードに切り換える。この回生発電モードでは、車輪１５の動力でＭＧ１６を駆動することで、車両の運動エネルギーをＭＧ１６で電気エネルギーに変換する回生発電を行い、その発電電力である回生電力を高圧電池２２に充電する。

【００３３】

次に、図２に基づいてＭＧ１６のトルク制御を説明する。

ＭＧ１６は、例えば三相永久磁石同期モータで、永久磁石が内蔵されたものであり、ロータ２７の回転位置（つまり回転角）を検出する回転位置センサ３８が搭載されている。インバータ２１は、ＭＧ－ＥＣＵ２４から出力される三相の６アーム電圧指令信号Ｕ_U、Ｕ_L、Ｖ_U、Ｖ_L、Ｗ_U、Ｗ_Lに基づいて、高圧電池２２の直流電圧を三相の交流電圧Ｕ、Ｖ、Ｗに変換してＭＧ１６を駆動する。ＭＧ１６のＵ相に流れるＵ相電流 i_u やＷ

10

20

30

40

50

相に流れるW相電流 i_w が電流センサ 34 によって検出される。

【0034】

MG-ECU24は、MG16の出力トルクが要求トルク（つまりトルク指令値）となるようにインバータ21を制御してMG16に印加する交流電圧を調整するトルク制御を実行する。このトルク制御では、HV-ECU23から出力される要求トルクに基づいた電流指令値と、電流センサ34の出力に基づいた電流検出値との偏差が小さくなるようにMG16の通電をフィードバック制御する電流F/B制御を次のようにして実行する。その際、MG16のロータ回転座標として設定された回転座標系であるd-q座標系において、d軸電流 i_d とq軸電流 i_q をそれぞれ独立にフィードバック制御する。

【0035】

MG-ECU24は、まず、電流指令変換部35で、MG16の要求トルクと回転速度とに基づいて、指令電流ベクトル（d軸電流指令値 I_d 、q軸電流指令値 I_q ）をマップ又は数式等により演算する。

【0036】

この後、電流F/B制御部36で、電流センサ34で検出したMG16のU相電流 i_u とW相電流 i_w と、回転位置センサ38で検出したMG16のロータ回転位置とに基づいて、MG16に流れる電流の検出値である検出電流ベクトル（d軸電流検出値 i_d 、q軸電流検出値 i_q ）を演算する。そして、d軸電流指令値 I_d とd軸電流検出値 i_d との偏差 i_d が小さくなるようにPI制御等によりd軸電圧指令値 V_d を演算すると共に、q軸電流指令値 I_q とq軸電流検出値 i_q との偏差 i_q が小さくなるようにPI制御等によりq軸電圧指令値 V_q を演算して、指令電圧ベクトル（d軸電圧指令値 V_d 、q軸電圧指令値 V_q ）を求める。

【0037】

この後、PWM変換部37で、指令電圧ベクトル（d軸電圧指令値 V_d 、q軸電圧指令値 V_q ）と、MG16のロータ回転位置とに基づいて、三相変調又は二相変調で三相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w を演算し、これらの三相電圧指令値 V_u 、 V_v 、 V_w を、正弦波PWM制御方式で三相の6アーム電圧指令信号 U_u 、 U_L 、 V_u 、 V_L 、 W_u 、 W_L に変換する。これらの三相の6アーム電圧指令信号 U_u 、 U_L 、 V_u 、 V_L 、 W_u 、 W_L をインバータ21に出力する。

【0038】

次に、図3及び図4に基づいてMG16の概略構成を説明する。

図3及び図4に示すように、MG16のハウジング25内には、回転軸26と一体的に回転するロータ27と、このロータ27の外周側に配置されたステータ28とが設けられている。ステータ28には、複数の相巻線よりなるコイル29が巻装されている。

【0039】

また、ハウジング25内の密閉空間に、MG16を冷却するための冷却油30が封入されている。この冷却油30は、MG16の回転停止状態でロータ27の最下位面よりも上方で且つロータ27の回転軸26よりも下方の高さ位置まで貯溜されている。MG16が回転したときに、ロータ27の回転によって冷却油30が掻き上げられてハウジング25内に拡散するようになっている。冷却油30は、絶縁性を有する液体であり、例えば自動変速機用の作動油（いわゆるATF）等の自動車用の潤滑油が用いられる。

【0040】

更に、ハウジング25内には、コイル29の温度を検出するコイル温度センサ31と、冷却油30の温度を検出する冷却油温度センサ32が設けられている。コイル温度センサ31は、コイル29のうちMG16の回転停止時に冷却油30に浸漬しない位置に設置されている。更に、コイル温度センサ31は、コイル29の内部（つまり内周側）で且つコイル29の中性点33に位置するように設置されている。冷却油温度センサ32は、冷却油30に浸漬し且つコイル29から離れた位置（つまりコイル29に接触しない位置）に設置されている。更に、冷却油温度センサ32は、ロータ27の最下位面よりも下方に位置するように設置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

図 1 に示すように、コイル温度センサ 3 1 の出力信号と冷却油温度センサ 3 2 の出力信号は、M G - E C U 2 4 に入力される。本実施例 1 では、M G 1 6 のコイル 2 9 や冷却油 3 0 の過熱を防止するために、M G - E C U 2 4 により後述する図 6 及び図 7 の過熱防止用のルーチンを実行することで、次のような過熱防止制御を行う。コイル温度センサ 3 1 で検出したコイル 2 9 の温度 T_c がコイル保護用の閾値 A を越えた場合に M G 1 6 のトルクを制限するコイル保護用トルク制限を実行する。また、冷却油温度センサ 3 2 で検出した冷却油 3 0 の温度 T_o が冷却油保護用の閾値 C を越えた場合に M G 1 6 のトルクを制限する冷却油保護用トルク制限を実行する。

【 0 0 4 2 】

すなわちコイル保護用トルク制限または冷却油保護用トルク制限が実行されると、前述した M G - E C U 2 4 がインバータ 2 1 を制御して、M G 1 6 に印加する交流電圧を減少させる。なお、M G 1 6 に印加する交流電圧を減少させると、M G 1 6 が出力するトルクが減少する。そこで、M G 1 6 から出力されるトルクの減少分を補うように、H V - E C U 2 3 がエンジン E C U にエンジン出力を増大させるように指示することが望ましい。

【 0 0 4 3 】

ところで、ハウジング 2 5 内の冷却油 3 0 で冷却される M G 1 6 は、運転領域によって過熱し易い部位が異なってくる。つまり、ロータ 2 7 の回転によって冷却油 3 0 が掻き揚げられるため、M G 1 6 の回転速度（つまりロータ 2 7 の回転速度）が低い領域では、冷却油 3 0 が十分に拡散せずコイル 2 9 が過熱し易くなる。一方、M G 1 6 の回転速度が高い領域では、冷却油 3 0 が十分に拡散してコイル 2 9 は過熱し難くなるが、コイル 2 9 の発熱量が大きいので、冷却油 3 0 が過熱し易くなる。

【 0 0 4 4 】

そこで、本実施例 1 では、図 5 に示すように、M G 1 6 の運転領域を、M G 1 6 が所定回転速度 N_1 以下の低回転で動作する低回転動作領域と、M G 1 6 が所定回転速度 N_1 よりも高回転で動作する高回転動作領域とに区分する。

【 0 0 4 5 】

そして、低回転動作領域では、コイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くする。具体的には、低回転動作領域でコイル保護用の閾値 A を高回転動作領域よりも低い値に設定することでコイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも優先的（例えば早め）に実行され易くする。これにより、コイル 2 9 が過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行してコイル 2 9 の過熱を確実に防止できるようにする。すなわち M G 1 6 に印加する交流電圧を減少させることで、コイル 2 9 の単位時間あたりの発熱量を低下させ、コイル 2 9 の過熱を防止する。

【 0 0 4 6 】

一方、高回転動作領域では、冷却油保護用トルク制限がコイル保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くする。具体的には、高回転動作領域で冷却油保護用の閾値 C を低回転動作領域よりも低い値に設定することで冷却油保護用トルク制限がコイル保護用トルク制限よりも優先的（例えば早め）に実行され易くする。これにより、冷却油 3 0 が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行して冷却油 3 0 の過熱を確実に防止できるようにする。すなわち M G 1 6 に印加する交流電圧を減少させるため、コイル 2 9 の単位時間あたりの発熱量が低下する。そしてコイル 2 9 から冷却油 3 0 へ伝達する熱量も低下するため、冷却油 3 0 の過熱を防止する。

【 0 0 4 7 】

以下、本実施例 1 で M G - E C U 2 4 が実行する図 6 及び図 7 の過熱防止用のルーチンの処理内容を説明する。

図 6 に示す過熱防止制御ルーチンは、M G - E C U 2 4 の電源オン期間中に所定周期で繰り返し実行され、特許請求の範囲という制御部としての役割を果たす。また、図 7 に示す閾値設定ルーチンは、図 6 のステップ 1 0 1 で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲という制御部としての役割を果たす。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

図 6 の過熱防止制御ルーチンが起動されると、まず、ステップ 1 0 1 で、図 7 の閾値設定ルーチンを実行する。この閾値設定ルーチンが起動されると、まず、ステップ 2 0 1 で、MG 1 6 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 以下か否かによって低回転動作領域か否かを判定する。

【 0 0 4 9 】

このステップ 2 0 1 で、MG 1 6 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 以下と判定された場合には、低回転動作領域と判定する。この場合、ステップ 2 0 2 に進み、コイル保護用閾値 A を A2 (例えば 1 8 0) に設定し、このコイル保護用閾値 A よりも低い解除用閾値 B を B2 に設定する。

コイル保護用閾値 A = A2

解除用閾値 B = B2

【 0 0 5 0 】

ここで、A2 は A1 よりも低い値 (つまり $A2 < A1$) に設定され、B2 は B1 よりも低い値 (つまり $B2 < B1$) に設定されている。これにより、コイルが発熱し易い低回転動作領域では、コイル保護用閾値 A を高回転動作領域よりも低い値に設定されるため、コイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くすることができる。上記「優先的に実行され易くする」とは必ず優先的に実行されることを意味しない。コイルの温度と冷却油の温度は常に同じ関係式で表されるものではなく、環境条件に応じて両者の温度差にはばらつきが生じる。よって、低回転動作領域であっても冷却油保護用トルク制限が実行され、コイル保護用トルク制限が実行されない場合を皆無とはしない。本実施例においてはコイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも優先的に実行され易いとは、コイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも先に実行される条件が広いことを意味する。以下についても考え方は同様である。

【 0 0 5 1 】

この後、ステップ 2 0 3 に進み、冷却油保護用閾値 C を C1 (例えば 1 2 0) に設定し、この冷却油保護用閾値 C よりも低い解除用閾値 D を D1 に設定する。

冷却油保護用閾値 C = C1

解除用閾値 D = D1

【 0 0 5 2 】

ここで、C1 は C2 よりも高い値 (つまり $C1 > C2$) に設定され、D1 は D2 よりも高い値 (つまり $D1 > D2$) に設定されている。これにより、低回転動作領域では、冷却油保護用閾値 C を高回転動作領域よりも高い値に設定する。

【 0 0 5 3 】

一方、上記ステップ 2 0 1 で、MG 1 6 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 よりも高いと判定された場合には、高回転動作領域と判定する。この場合、ステップ 2 0 4 に進み、コイル保護用閾値 A を A1 (例えば 2 0 0) に設定し、このコイル保護用閾値 A よりも低い解除用閾値 B を B1 に設定する。

コイル保護用閾値 A = A1

解除用閾値 B = B1

【 0 0 5 4 】

ここで、A1 は A2 よりも高い値 (つまり $A1 > A2$) に設定され、B1 は B2 よりも高い値 (つまり $B1 > B2$) に設定されている。これにより、高回転動作領域では、コイル保護用閾値 A を低回転動作領域よりも高い値に設定する。

【 0 0 5 5 】

この後、ステップ 2 0 5 に進み、冷却油保護用閾値 C を C2 (例えば 1 0 0) に設定し、この冷却油保護用閾値 C よりも低い解除用閾値 D を D2 に設定する。

冷却油保護用閾値 C = C2

解除用閾値 D = D2

【 0 0 5 6 】

ここで、C2 はC1 よりも低い値（つまり $C2 < C1$ ）に設定され、D2 はD1 よりも低い値（つまり $D2 < D1$ ）に設定されている。これにより、冷却油が発熱し易い高回転動作領域では、冷却油保護用閾値Cを低回転動作領域よりも低い値に設定されるため、冷却油保護用トルク制限がコイル保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くすることができる。

【0057】

以上のようにして各閾値A～Dを設定した後、図6のステップ102に進む。このステップ102で、コイル温度センサ31で検出したコイル29の温度Tcがコイル保護用閾値Aよりも高いか否かを判定する。

【0058】

このステップ102で、コイル29の温度Tcがコイル保護用閾値Aよりも高いと判定された場合には、ステップ103に進む。このステップ103で、コイル保護用トルク制限を実行して、MG16のトルクを所定の上限ガード値で制限する（例えばMG16のトルクが上限ガード値を越えないようにMG16の通電を制御する）。

【0059】

一方、上記ステップ102で、コイル29の温度Tcがコイル保護用閾値A以下と判定された場合には、ステップ104に進む。このステップ104で、コイル温度センサ31で検出したコイル29の温度Tcが解除用閾値Bよりも低いかなかを判定する。

【0060】

このステップ104で、コイル29の温度Tcが解除用閾値Bよりも低いと判定された場合には、ステップ105に進み、コイル保護用トルク制限を解除する。

ステップ106では、冷却油温度センサ32で検出した冷却油30の温度Toが冷却油保護用閾値Cよりも高いかなかを判定する。

【0061】

このステップ106で、冷却油30の温度Toが冷却油保護用閾値Cよりも高いと判定された場合には、ステップ107に進む。このステップ107で、冷却油保護用トルク制限を実行して、MG16のトルクを所定の上限ガード値で制限する（例えばMG16のトルクが上限ガード値を越えないようにMG16の通電を制御する）。

【0062】

一方、上記ステップ106で、冷却油30の温度Toが冷却油保護用閾値C以下と判定された場合には、ステップ108に進む。このステップ108で、冷却油温度センサ32で検出した冷却油30の温度Toが解除用閾値Dよりも低いかなかを判定する。

このステップ108で、冷却油30の温度Toが解除用閾値Dよりも低いと判定された場合には、ステップ109に進み、冷却油保護用トルク制限を解除する。

【0063】

以上説明した本実施例1では、コイル温度センサ31で検出したコイル29の温度Tcがコイル保護用閾値Aを越えた場合にMG16のトルクを制限するコイル保護用トルク制限を実行することで、コイル29の過熱を防止することができる。また、冷却油温度センサ32で検出した冷却油30の温度Toが冷却油保護用閾値Cを越えた場合にMG16のトルクを制限する冷却油保護用トルク制限を実行することで、冷却油30の過熱を防止することができる。

【0064】

しかも、低回転動作領域では、コイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くするようにしている。これにより、コイル29が過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行してコイル29の過熱を確実に防止することができ、コイル29を適切に保護することができる。一方、高回転動作領域では、冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くするようにしている。これにより、冷却油30が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行して冷却油30の過熱を確実に防止することができ、冷却油30を適切に保護することができる。このため、動作領域が頻繁に変化する車両用のMG16であっても確実にコイル29及び冷却油30を保護することがで

10

20

30

40

50

きる。また、冷却油 30 の過熱防止を行うことで、冷却油 30 の交換頻度を少なくすることができる、或は、冷却油 30 の交換を不要にすることができるという利点もある。

【0065】

また、本実施例 1 では、低回転動作領域でコイル保護用閾値 A を高回転動作領域よりも低い値に設定することでコイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くするようにしている。これにより、低回転動作領域では、コイル温度センサ 31 で検出したコイル 29 の温度 T_c が高回転動作領域よりも低いコイル保護用閾値 A を越えたときに、コイル保護用トルク制限を開始することができる。これにより、コイル 29 が過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行することができ、コイル 29 を確実に保護することができる。

10

【0066】

一方、高回転動作領域で冷却油保護用閾値 C を低回転動作領域よりも低い値に設定することで冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くするようにしている。これにより、高回転動作領域では、冷却油温度センサ 32 で検出した冷却油 30 の温度が低回転動作領域よりも低い冷却油保護用閾値 C を越えたときに、冷却油保護用トルク制限を開始することができる。これにより、冷却油 30 が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行することができ、冷却油 30 を確実に保護することができる。

【0067】

ところで、コイル 29 のうち MG 16 の回転停止時に冷却油 30 に浸漬しない部分は、冷却油 30 に浸漬する部分よりも高温になり易い。更に、コイル 29 の内部は、コイル 29 の外部よりも高温になり易い。また、コイル 29 の中性点は、コイル 29 のうち最も発熱する部分である。

20

【0068】

そこで、本実施例 1 では、コイル温度センサ 31 を、コイル 29 のうち MG 16 の回転停止時に冷却油 30 に浸漬しない位置で、更に、コイル 29 の内部で且つコイル 29 の中性点に位置するように設置するようにしている。これにより、コイル 29 のうち高温になり易い部分の温度をコイル温度センサ 31 で検出することができるため、コイル温度センサ 31 の検出値に基づいたコイル保護用トルク制限を適切なタイミングで開始して、適切な過熱防止を行うことができる。

【0069】

また、本実施例 1 では、冷却油温度センサ 32 を、冷却油 30 に浸漬し且つコイル 29 から離れた位置に設置するようにしている。これにより、冷却油温度センサ 32 で冷却油 30 の温度を常に検出することができる。更に、ロータ 27 の回転によって冷却油 30 が掻き揚げられるため、冷却油 30 の油面がロータ 27 の最下位面よりも下がることはないことを考慮して、冷却油温度センサ 32 を、ロータ 27 の最下位面よりも下方に設置するようにしている。これにより、冷却油温度センサ 32 が常に冷却油 30 に浸漬するようにできる。

30

【0070】

また、本実施例 1 では、冷却油 30 は、ハウジング 25 内の密閉空間に封入され、ロータ 27 の最下位面よりも上方で且つロータ 27 の回転軸 26 よりも下方の高さ位置まで貯溜されている。冷却油 30 をロータ 27 の最下位面よりも上方の高さ位置まで貯溜することで、MG 16 の内部の熱を冷却油 30 を介して効率的にハウジング 25 に伝導させて MG 16 の外部に放出することができ、MG 16 を効果的に冷却することができる。しかも、冷却油 30 をロータ 27 の回転軸 26 よりも下方の高さ位置まで貯溜することで、封入する冷却油 30 の量を適度に抑えて冷却油 30 による MG 16 の回転負荷を適度に抑えることができる。

40

【0071】

尚、上記実施例 1 では、コイル温度センサ 31 をコイル 29 の内部で且つコイル 29 の中性点に設置するようにしている。しかし、これに限定されず、コイル温度センサ 31 をコイル 29 の外部やコイル 29 の中性点以外に設置するようにしても良い。

50

【実施例 2】

【0072】

次に、図 8 及び図 9 を用いて本発明の実施例 2 を説明する。但し、前記実施例 1 と実質的に同一又は類似部分については説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例 1 と異なる部分について説明する。

【0073】

本実施例 2 では、図 8 に示すように、低回転動作領域を MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} よりも大きい領域と所定値 T_{r1} 以下の領域とに区分するようにしている。ここで、所定値 T_{r1} は、例えば、MG 16 が過熱することなく連続動作可能なトルクの上限值又はそれよりも少し低い値に設定される。

10

【0074】

更に、高回転動作領域を MG 16 の回転速度 N_m が所定値 N_2 よりも高い領域と所定値 N_2 以下の領域とに区分するようにしている。ここで、所定値 N_2 は、例えば、ロータ 27 の回転により冷却油 30 と空気が混合して拡散した状態（例えば泡状態）となる回転速度の上限值又はそれよりも少し低い値に設定される。

【0075】

そして、前記実施例 1 で説明した図 7 のルーチンに代えて図 9 のルーチンを MG - ECU 24 により実行する。これにより、低回転動作領域で且つ MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下の領域ではコイル保護用閾値 A を高回転動作領域と同じ値に設定するようにしている。また、高回転動作領域で且つ MG 16 の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下の領域では冷却油保護用閾値 C を低回転動作領域と同じ値に設定するようにしている。

20

【0076】

図 9 の閾値設定ルーチンでは、まず、ステップ 301 で、MG 16 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 以下か否かによって低回転動作領域か否かを判定する。

このステップ 301 で、MG 16 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 以下と判定された場合には、低回転動作領域と判定する。この場合、ステップ 302 に進み、MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} よりも大きいかなんかを判定する。

【0077】

このステップ 302 で、MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} よりも大きいと判定された場合には、ステップ 303 に進み、コイル保護用閾値 A を A2 に設定し、解除用閾値 B を B2 に設定する。

30

コイル保護用閾値 A = A2

解除用閾値 B = B2

【0078】

これにより、低回転動作領域で且つ MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} よりも大きい領域では、コイル保護用閾値 A を高回転動作領域よりも低い値に設定して、コイル保護用トルク制限が冷却油保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くする。

【0079】

この後、ステップ 304 に進み、冷却油保護用閾値 C を C1 に設定し、解除用閾値 D を D1 に設定する。

40

冷却油保護用閾値 C = C1

解除用閾値 D = D1

【0080】

これに対して、上記ステップ 302 で、MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下と判定された場合には、ステップ 308 に進み、コイル保護用閾値 A を A1 に設定し、解除用閾値 B を B1 に設定する。

コイル保護用閾値 A = A1

解除用閾値 B = B1

これにより、低回転動作領域で且つ MG 16 のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下の領域では、コイル保護用閾値 A を高回転動作領域と同じ値に設定する。

50

【 0 0 8 1 】

この後、ステップ 3 0 9 に進み、冷却油保護用閾値 C を C 1 に設定し、解除用閾値 D を D 1 に設定する。

冷却油保護用閾値 C = C 1

解除用閾値 D = D 1

【 0 0 8 2 】

一方、上記ステップ 3 0 1 で、M G 1 6 の回転速度 N_m が所定回転速度 N_1 よりも高いと判定された場合には、高回転動作領域と判定する。この場合、ステップ 3 0 5 に進み、M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 よりも高いか否かを判定する。

【 0 0 8 3 】

このステップ 3 0 5 で、M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 よりも高いと判定された場合には、ステップ 3 0 6 に進み、コイル保護用閾値 A を A 1 に設定し、解除用閾値 B を B 1 に設定する。

【 0 0 8 4 】

コイル保護用閾値 A = A 1

解除用閾値 B = B 1

【 0 0 8 5 】

この後、ステップ 3 0 7 に進み、冷却油保護用閾値 C を C 2 に設定し、解除用閾値 D を D 2 に設定する。

冷却油保護用閾値 C = C 2

解除用閾値 D = D 2

【 0 0 8 6 】

これにより、高回転動作領域で且つ M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 よりも高い領域では、冷却油保護用閾値 C を低回転動作領域よりも低い値に設定して、冷却油保護用トルク制限がコイル保護用トルク制限よりも優先的に実行され易くする。

【 0 0 8 7 】

これに対して、上記ステップ 3 0 5 で、M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下と判定された場合には、ステップ 3 0 8 に進み、コイル保護用閾値 A を A 1 に設定し、解除用閾値 B を B 1 に設定する。

コイル保護用閾値 A = A 1

解除用閾値 B = B 1

【 0 0 8 8 】

この後、ステップ 3 0 9 に進み、冷却油保護用閾値 C を C 1 に設定し、解除用閾値 D を D 1 に設定する。

冷却油保護用閾値 C = C 1

解除用閾値 D = D 1

これにより、高回転動作領域で且つ M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下の領域では、冷却油保護用閾値 C を低回転動作領域と同じ値に設定する。

【 0 0 8 9 】

以上説明した本実施例 2 では、低回転動作領域で且つ M G 1 6 のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下の領域ではコイル保護用閾値 A を高回転動作領域と同じ値に設定するようにしている。これにより、低回転動作領域で且つ M G 1 6 のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下の領域、つまり低回転動作領域のうちコイル 2 9 の発熱量が少ない領域での不要なトルク制限を避けることができ、M G 1 6 の運転状態に応じた適切な過熱防止を行うことができる。

【 0 0 9 0 】

更に、本実施例 2 では、高回転動作領域で且つ M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下の領域では冷却油保護用閾値 C を低回転動作領域と同じ値に設定するようにしている。これにより、高回転動作領域で且つ M G 1 6 の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下の領域、つまり高回転動作領域のうちコイル 2 9 の発熱量が少なく冷却油 3 0 の冷却効果が大きい領域での不要なトルク制限を避けることができ、M G 1 6 の運転状態に応じた適切な過熱防

10

20

30

40

50

止を行うことができる。

【0091】

尚、上記実施例2では、低回転動作領域で且つMG16のトルク T_m が所定値 T_{r1} 以下の領域でコイル保護用閾値Aを高回転動作領域と同じ値に設定する処理と、高回転動作領域で且つMG16の回転速度 N_m が所定値 N_2 以下の領域で冷却油保護用閾値Cを低回転動作領域と同じ値に設定する処理とを両方とも実施するようにしているが、これに限定されず、一方の処理のみを実施するようにしても良い。

【実施例3】

【0092】

次に、図10を用いて本発明の実施例3を説明する。但し、前記実施例1と実質的に同一又は類似部分については説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例1と異なる部分について説明する。

【0093】

本実施例3では、図10に示すように、MG16の回転速度、トルク、電圧等に応じて、MG16の運転領域を、MG16の弱め界磁制御を実施しない非弱め界磁領域と、MG16の弱め界磁制御を実施する弱め界磁領域とに区分するようにしている。ここで、弱め界磁制御は、例えば、負のd軸電流（つまり励磁電流）を流すことで電機子反作用による減磁効果を利用してd軸方向の磁束を減少させる制御である。

【0094】

非弱め界磁領域は、弱め界磁領域との境界線Lよりも低回転側でMG16が動作する低回転動作領域である。この非弱め界磁領域では、MG-ECU24は、例えば正弦波PWM制御でMG16の通電を制御する。弱め界磁領域は、非弱め界磁領域との境界線Lよりも高回転側でMG16が動作する高回転動作領域である。この弱め界磁領域では、MG-ECU24は、例えば矩形波制御や過変調制御でMG16の通電を制御する。

【0095】

また、MG-ECU24は、非弱め界磁領域でコイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くする（例えばコイル保護用閾値を弱め界磁領域よりも低い値に設定する）。非弱め界磁領域は、弱め界磁領域よりもMG16が低回転で動作する領域となる。従って、非弱め界磁領域でコイル保護用トルク制限が優先的に実行され易くすることで、コイル29が過熱し易い低回転動作領域でコイル保護用トルク制限を優先的に実行して、コイル29を適切に保護することができる。

【0096】

更に、MG-ECU24は、弱め界磁領域で冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くする（例えば冷却油保護用閾値を非弱め界磁領域よりも低い値に設定する）。弱め界磁領域は、非弱め界磁領域よりもMG16が高回転で動作する領域となる。従って、弱め界磁領域で冷却油保護用トルク制限が優先的に実行され易くすることで、冷却油30が過熱し易い高回転動作領域で冷却油保護用トルク制限を優先的に実行して、冷却油30を適切に保護することができる。

【実施例4】

【0097】

次に、図11を用いて本発明の実施例4を説明する。但し、前記実施例1と実質的に同一又は類似部分には同一符号を付して説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例1と異なる部分について説明する。

【0098】

ロータ27の回転によって冷却油30が掻き揚げられるため、コイル29のうち冷却油30に浸漬しない範囲ではロータ27の回転方向の進み側ほど冷却油30がかかり難く高温になり易い。そこで、本実施例4では、図11に示すように、コイル温度センサ31は、コイル29のうちMG16の回転停止時に冷却油30に浸漬しない範囲内でロータ27の回転方向（例えば車両前進方向に相当する回転方向）の進み側に設置されている。これにより、コイル29のうち高温になり易い部分の温度をコイル温度センサ31で検出する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0099】

また、ロータ27の回転によって冷却油30が掻き揚げられるため、冷却油30がロータ27の回転方向の進み側に偏り易い。そこで、本実施例4では、図11に示すように、冷却油温度センサ32は、冷却油30に浸漬する範囲内でロータ27の回転方向（例えば車両前進方向に相当する回転方向）の進み側に設置されている。これにより、冷却油温度センサ32が常に冷却油30に浸漬するようにできる。

【0100】

更に、本実施例4では、図11に示すように、コイル29の中性点33が冷却油30に浸漬するようにコイル29が配置されている。冷却油30がハウジング25内の密閉空間に封入された油密構成では、冷却油30をMG16の外部と循環させる構成に比べて冷却性能が低下するが、コイル29のうち最も発熱する部分である中性点33を冷却油30に浸漬することで、コイル29を効果的に冷却することができる。

10

【0101】

尚、本実施例4においても、コイル温度センサ31をコイル29の内部に設置するようにしても良い。或は、コイル温度センサ31をコイル29の外部に設置するようにしても良い。また、複数の中性点を有する場合には、一方の中性点が冷却油30に浸漬すると共に他方の中性点が冷却油30に浸漬しない範囲内でロータ27の回転方向の進み側に位置するようにコイルを配置して、コイル温度センサ31を他方の中性点に設置するようにしても良い。

20

【実施例5】

【0102】

次に、図12を用いて本発明の実施例5を説明する。但し、前記実施例1と実質的に同一又は類似部分には同一符号を付して説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例1と異なる部分について説明する。

【0103】

本実施例5では、図12に示すように、MG16の軸方向（つまり回転軸26と平行な方向）が車両の前後方向となるようにMG16が配置されている。そして、ハウジング25内のうち軸方向の前方側（例えばロータ27及びステータ28よりも前方側）に冷却油温度センサ32を設置することで、冷却油温度センサ32がハウジング25内のうち車両の前方側に設置されている。これにより、図12（b）に示すように、MG16の使用頻度の多い減速時（例えば回生発電時）に冷却油30が車両の前方側（つまりハウジング25内の前方側）に移動しても、冷却油温度センサ32で冷却油30の温度を確実に検出することができる。

30

【実施例6】

【0104】

次に、図13を用いて本発明の実施例6を説明する。但し、前記実施例1と実質的に同一又は類似部分には同一符号を付して説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例1と異なる部分について説明する。

【0105】

40

本実施例6では、図13に示すように、MG16の軸直方向（つまり回転軸26と直角な方向）が車両の前後方向となるようにMG16が配置されている。そして、ハウジング25内のうち軸直方向の前方側（例えば回転軸26よりも前方側）に冷却油温度センサ32を設置することで、冷却油温度センサ32がハウジング25内のうち車両の前方側に設置されている。これにより、図13（b）に示すように、MG16の使用頻度の多い減速時（例えば回生発電時）に冷却油30が車両の前方側（つまりハウジング25内の前方側）に移動しても、冷却油温度センサ32で冷却油30の温度を確実に検出することができる。

【実施例7】

【0106】

50

次に、図 1 4 を用いて本発明の実施例 7 を説明する。但し、前記実施例 1 と実質的に同一又は類似部分には同一符号を付して説明を省略又は簡略化し、主として前記実施例 1 と異なる部分について説明する。

【 0 1 0 7 】

本実施例 7 では、図 1 4 に示すように、コイル温度センサ 3 1 の出力信号と冷却油温度センサ 3 2 の出力信号が H V - E C U 2 3 に入力される。そして、この H V - E C U 2 3 により前記実施例 1 ~ 3 で説明した過熱防止制御を行うようにしている。このようにしても、前記実施例と同じ効果を得ることができる。

尚、上記各実施例において、M G - E C U 2 4 や H V - E C U 2 3 が実行する機能の一部又は全部を、一つ或は複数の I C 等によりハードウェア的に構成しても良い。

10

【 0 1 0 8 】

また、上記各実施例では、冷却油 3 0 をロータ 2 7 の回転軸 2 6 よりも下方の高さ位置まで貯溜するようにしたが、これに限定されず、冷却油 3 0 をロータ 2 7 の回転軸 2 6 よりも上方の高さ位置まで貯溜するようにしても良い。また、冷却油 3 0 を M G 1 6 の外部と循環させる構成としても良い。

【 0 1 0 9 】

また、上記各実施例では、冷却油温度センサ 3 2 を用いて冷却油 3 0 の温度を検出していた。しかし、冷却油温度検出手段は、冷却油温度センサ 3 2 に限定されない。例えば、ハウジング 2 5 の壁内に温度センサを配置して、ハウジング 2 5 の壁面の温度に基づき冷却油 3 0 の温度を推定しても良い。コイル温度センサ 3 1 についても同様であり、コイル温度検出手段は、コイル温度センサ 3 1 に限定されない。具体的には、コイル温度を推定する構成であっても良い。

20

【 0 1 1 0 】

また、上記各実施例において、冷却油 3 0 はハウジング 2 5 の内部に封入され、ハウジングの内外を流通しない構成であった。しかし、ハウジングに開口を設け、この開口にオイルクーラやオイルポンプに繋がるオイル配管を接続しても良い。この場合、冷却油 3 0 は、ハウジングの内外を行き来する構成となる。

【 0 1 1 1 】

その他、本発明は、図 1、図 1 4 に示す構成のハイブリッド車に限定されず、車両の動力源としてエンジンとモータとを搭載した種々の構成のハイブリッド車のモータに適用して実施できる。また、ハイブリッド車に限定されず、車両の動力源としてモータのみを搭載した電気自動車のモータに本発明を適用しても良い。更に、車両の動力源以外のモータに本発明を適用しても良い。

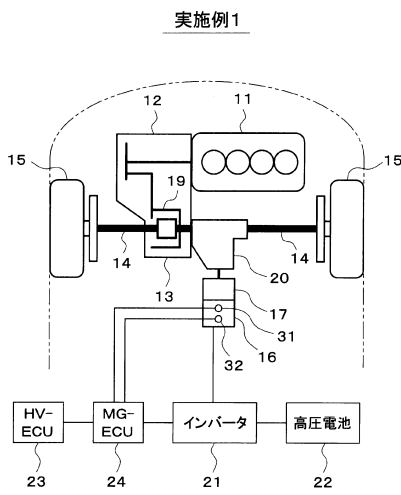
30

【 符号の説明 】

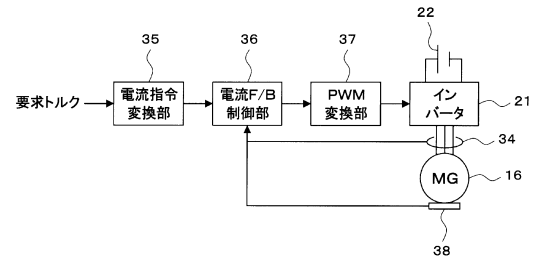
【 0 1 1 2 】

1 6 ... M G、2 4 ... M G - E C U、2 5 ... ハウジング、2 7 ... ロータ、2 8 ... ステータ、2 9 ... コイル、3 0 ... 冷却油、3 1 ... コイル温度センサ、3 2 ... 冷却油温度センサ

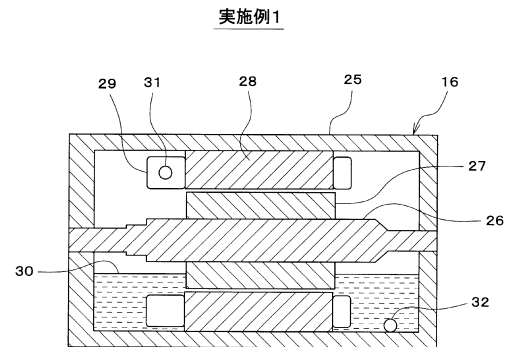
【図 1】



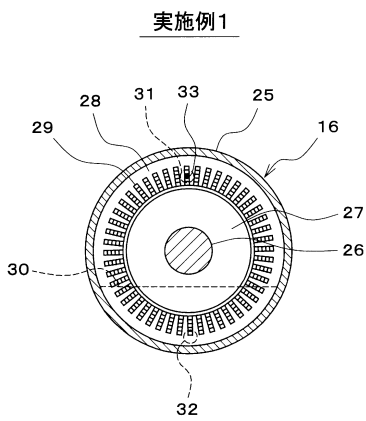
【図 2】



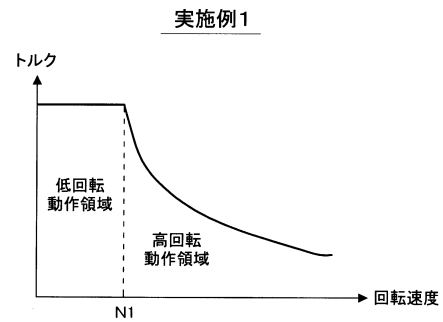
【図 3】



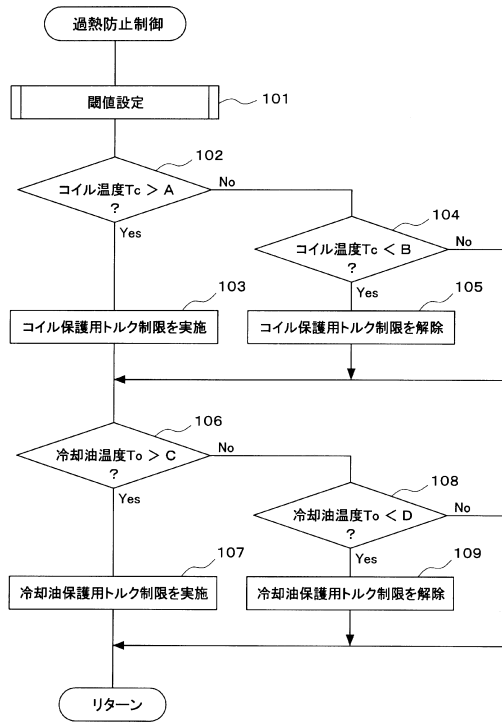
【図 4】



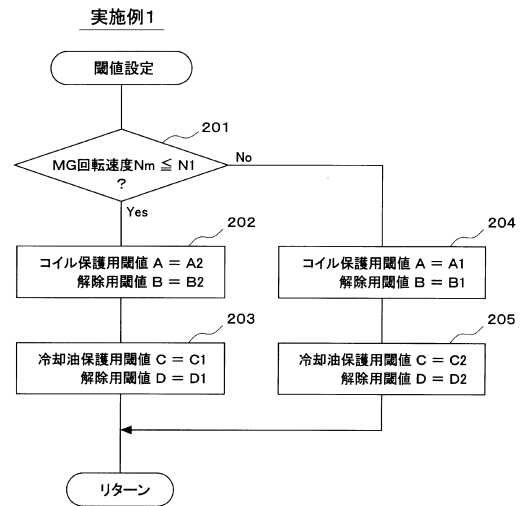
【図 5】



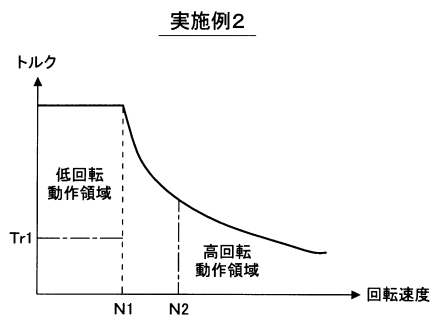
【図 6】



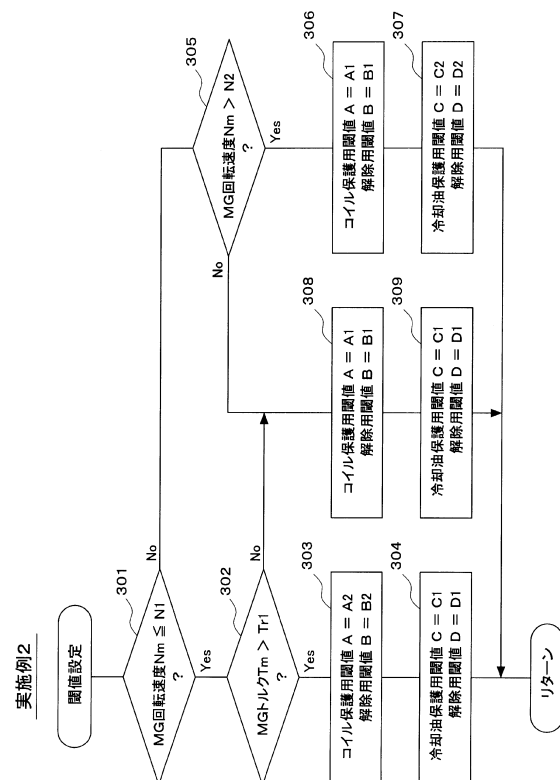
【図 7】



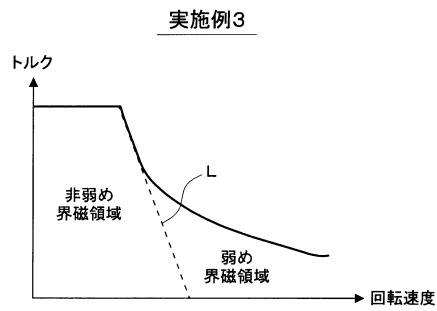
【図 8】



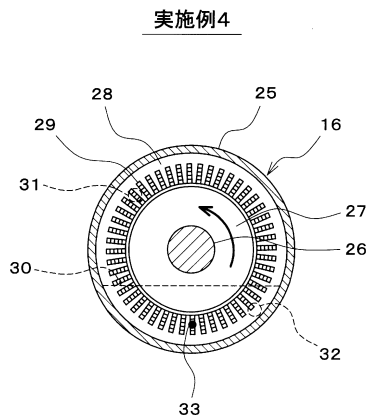
【図 9】



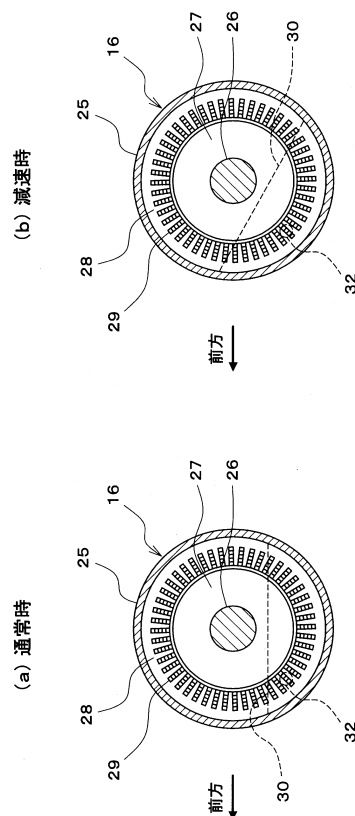
【図10】



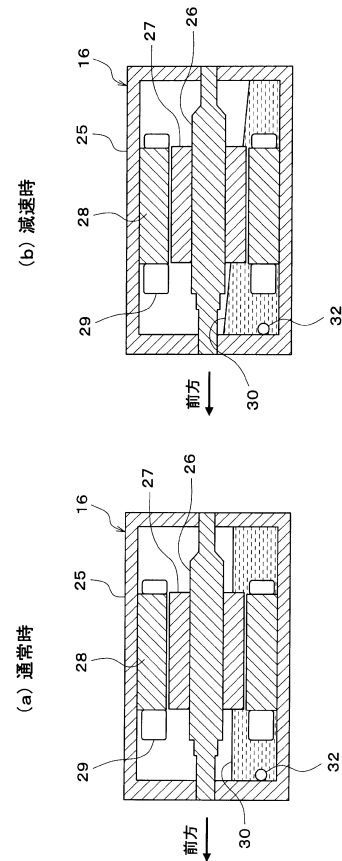
【図11】



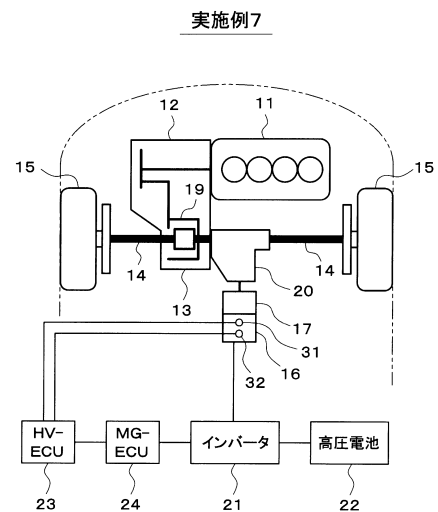
【図13】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 眞貝 知志

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 池田 貴俊

(56)参考文献 特開2008-109816(JP,A)

特開2008-178243(JP,A)

特開2006-014438(JP,A)

特開2007-116792(JP,A)

特開2013-198378(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 29/62

H02K 11/25