

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5997723号
(P5997723)

(45) 発行日 平成28年9月28日(2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月2日(2016.9.2)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2P	6/08	(2016.01)	HO2P	6/08	
HO2P	29/024	(2016.01)	HO2P	29/024	
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	M

請求項の数 9 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-120311 (P2014-120311)	(73) 特許権者	508032310
(22) 出願日	平成26年6月11日(2014.6.11)		ダイソン テクノロジー リミテッド
(65) 公開番号	特開2015-12801 (P2015-12801A)		イギリス エスエヌ16 Oアールビー
(43) 公開日	平成27年1月19日(2015.1.19)		ウィルトシャー マームズベリー テット
審査請求日	平成26年8月12日(2014.8.12)		ベリー ヒル
(31) 優先権主張番号	1311863.3	(74) 代理人	100140109
(32) 優先日	平成25年7月2日(2013.7.2)		弁理士 小野 新次郎
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100101373
			弁理士 竹内 茂雄
		(74) 代理人	100118902
			弁理士 山本 修
		(74) 代理人	100107696
			弁理士 西山 文俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレス・モータ用のコントローラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通常モード及び不足電圧モードで作動するよう構成された、ブラシレス・モータ用のコントローラであって、

通常モードで作動する際、前記コントローラは、前記モータの巻線を励磁する制御信号を生成し、入力電圧の大きさを監視し、前記入力電圧が第一不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わり、

不足電圧モードで作動する際、前記コントローラは、前記巻線の励磁を一時停止し、前記入力電圧の大きさを監視し、前記コントローラに電力供給するのに使用される供給電圧の大きさを監視し、前記入力電圧が再起動閾値を超える場合に通常モードに切り替わり、前記供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する場合に前記コントローラ自体をリセットし

10

更に、通常モードで作動する際、前記コントローラは、前記コントローラがエラーを検知する場合に、エラー・モードに切り替わり、

エラー・モードで作動する際、前記コントローラは、前記巻線の励磁を一時停止し、前記入力電圧の大きさを監視し、前記入力電圧が通常モードで使用される第一不足電圧閾値より大きい第二不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わる、

コントローラ。

【請求項2】

前記再起動閾値は前記第一不足電圧閾値より高い、請求項1に記載のコントローラ。

20

【請求項 3】

エラー・モードで作動する際、前記コントローラは入力電圧の大きさに依存する前記第二不足電圧閾値を使用する、請求項2に記載のコントローラ。

【請求項 4】

エラー・モードで作動する際、前記コントローラは、前記入力電圧の大きさを測定し、固定の量だけ測定された前記入力電圧と異なる前記第二不足電圧閾値を使用する、請求項3に記載のコントローラ。

【請求項 5】

前記コントローラは、前記第一不足電圧閾値、前記第二不足電圧閾値又は前記再起動閾値に対応する大きさを有する電圧を出力するよう構成されたデジタル/アナログ変換器(DAC)と、前記デジタル/アナログ変換器(DAC)の出力電圧と前記入力電圧を比較するよう構成された比較器とを備え、

10

前記コントローラは、前記入力電圧が前記第一不足電圧閾値又は前記第二不足電圧閾値より下に低下したか、又は前記比較器の出力が変化するとき前記再起動閾値を超えたかを判断する、請求項1ないし請求項4の何れか一項に記載のコントローラ。

【請求項 6】

前記コントローラは、固定の量だけ前記入力電圧の大きさと異なる前記第一不足電圧閾値又は前記第二不足電圧閾値を使用し、

前記コントローラは、前記比較器の出力が変化するまで前記デジタル/アナログ変換器(DAC)のレベルを増加させ、

20

前記変化に応じて、前記コントローラは、前記デジタル/アナログ変換器(DAC)の前記出力電圧が固定の量だけ前記入力電圧と異なるよう、前記デジタル/アナログ変換器(DAC)のレベルを固定の量だけ減少させる、請求項5に記載のコントローラ。

【請求項 7】

通常モード、エラー・モード及び不足電圧モードで作動するよう構成された、ブラシレス・モータ用のコントローラであって、

通常モードで作動する際、前記コントローラは、前記モータの巻線を励磁する制御信号を生成し、エラーが検知された場合にエラー・モードに切り替わり、

エラー・モードで作動する際、前記コントローラは、前記巻線の励磁を一時停止し、入力電圧の大きさを測定し、測定された前記入力電圧と固定の量だけ異なる不足電圧閾値を選択し、前記入力電圧の大きさを監視し、前記入力電圧が前記不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わり、

30

不足電圧モードで作動する際、前記コントローラは、前記入力電圧の大きさを監視し、前記コントローラに電力供給するのに使用される供給電圧の大きさを監視し、前記入力電圧が再起動閾値を超える場合に通常モードに切り替わり、前記供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する場合に前記コントローラ自体をリセットする、コントローラ。

【請求項 8】

前記コントローラは、前記不足電圧閾値又は前記再起動閾値に相当する大きさを有する電圧を出力するよう構成されたデジタル/アナログ変換器(DAC)と、前記デジタル/アナログ変換器(DAC)の出力電圧と前記入力電圧を比較するよう構成された比較器とを備え、

40

前記コントローラは、前記入力電圧が前記不足電圧閾値より下に低下したか、又は前記比較器の出力が変化するとき前記再起動閾値を超えたかを判断する、請求項7に記載のコントローラ。

【請求項 9】

エラー・モードで作動する際、前記コントローラは、前記比較器の前記出力が変化するまで前記デジタル/アナログ変換器(DAC)のレベルを増加させ、

前記比較器の前記出力の前記変化に応じて、前記コントローラは、固定の量だけ前記DACのレベルを減少させ、

前記コントローラは、前記比較器の前記出力が続いて変化した場合、不足電圧モードに

50

切り替わる、請求項 8 に記載のコントローラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブラシレス・モータ用のコントローラに関する。

【背景技術】

【0002】

ブラシレス・モータ用のコントローラは、コントローラに電力供給するのに使用される供給電圧が電圧低下閾値より下に低下したとき、コントローラがコントローラ自体をリセットするように構成され得る。これは、コントローラが電源オフされた場合、コントローラが電源オンの準備のためにコントローラ自体をリセットするという利点を有する。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この構成の問題は、供給電圧が電源オフに続いて低下し始めると、供給電圧が電圧低下閾値に達する前に、コントローラが不規則に動作し得ることである。この問題を解決するために、コントローラは、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下した場合、入力電圧を監視して動作を停止するよう構成され得る。次いで、不足電圧閾値は、コントローラが電圧低下閾値の供給電圧より高い供給電圧で動作を停止するように設定される。動作が停止されると、コントローラは、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するときまで待機し、その時点で、コントローラはコントローラ自体をリセットする。

20

【0004】

この構成の問題は、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下した後、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する前に、比較的長い時間（例えば、数秒）かかり得ることである。この時間の間、コントローラを再起動することはできない。したがって、コントローラの電源をオンにする試みがなされると、コントローラは再起動できないであろう。さらに悪いことには、コントローラの電源をオンにする試みがなされる場合、供給電圧が実際に上昇し、電圧低下閾値より下に低下することができないであろう。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、ブラシレス・モータ用のコントローラを提供し、コントローラは、通常モード及び不足電圧モードで作動するように構成され、通常モードで作動する際、コントローラはモータの巻線を励磁する制御信号を生成し、入力電圧の大きさを監視し、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わり、不足電圧モードで作動する際、コントローラは、巻線の励磁を一時停止し、入力電力の大きさを監視し、コントローラに電力供給するのに使用される供給電圧の大きさを監視し、入力電圧が再起動閾値を超える場合に通常モードに切り替わり、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する場合にコントローラ自体をリセットする。

30

【0006】

不足電圧閾値は、コントローラが不規則に動作するのを防止するレベルに設定され得る。次いで、コントローラは、不足電圧モードに切り替わり、何らかの不規則な動作が発生し得る前に相巻線の励磁を一時停止する。不足電圧モードで作動する際、コントローラは入力電圧を監視し続ける。万一入力電圧がその後再起動閾値を超えた場合、コントローラは通常モードに戻る。よって、コントローラは、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するのを待つ必要なしに再起動可能である。その結果、コントローラは、電源オフ及びオンに、はるかに速く反応できる。さらに、万一入力電圧が不足電圧閾値より下に低下した後、コントローラを電源オンする試みがなされた場合、コントローラは、供給電圧が電圧低下になるのを待機する状況に固定されない。

40

【0007】

不足電圧モードから通常モードに切り替わるとき、巻線の励磁から生じる増加した負荷

50

のために、入力電圧の大きさが減少することがあり得る。この減少は、入力電力を再起動閾値より下に低下させ得る。再起動閾値及び不足電圧閾値が同じである場合、コントローラは不足電圧モードに切り替わるであろう。巻線の励磁は一時停止され、入力電圧は増加する。入力電圧は再起動閾値を超え、よって、コントローラは再び通常モードに切り替わり、その時点でコントローラは再び巻線を励磁させるであろう。したがって、コントローラが不足電圧モードと通常モードの間に閉じ込められることが起こり得る。これを発生させないようにするために、コントローラは、不足電圧閾値より高い再起動閾値を使用し得る。その結果、万一通常モードに切り替わる際に入力電圧が低下しても、入力電圧は不足電圧閾値より下に低下しない。

【 0 0 0 8 】

通常モードで作動する際、コントローラがエラーを検知する場合、コントローラはエラー・モードに切り替わり得る。例えば、コントローラは、モータのパラメータ（例えば、速度又は温度）が通常の動作限度の外にあることを判断し得る。エラー・モードで作動する際、コントローラは巻線の励磁を一時停止し、モータの起こり得る損害を防止する。次いで、コントローラは、入力電圧の大きさを監視し、入力電圧が通常モードで使用される入力電圧より高い不足電圧閾値より下に低下した場合に不足電圧モードに切り替わる。したがって、エラー・モードで作動する際、コントローラは、再起動の前に、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下することを要求する。しかしながら、巻線の励磁が一時停止されるために、入力電圧は比較的遅く低下する。通常モードで使用される不足電圧閾値がエラー・モードでも使用される場合、コントローラが不足電圧モードに切り替わるのに比較的長い時間がかかるであろう。入力電圧がこの時間の間に上昇する場合（例えば、コントローラの電源をオンする試みがなされた場合）、不足電圧閾値には達しないであろう。エラー・モードで作動する際により高い不足電圧閾値を使用することにより、コントローラは不足電圧モードにより迅速に切り替わることができる。

【 0 0 0 9 】

電源オンの間の入力電圧の大きさは異なり得る。例えば、入力電圧は、使用と共に放電する電池パックにより提供され得る。コントローラが、エラー・モードで作動する際に同じ不足電圧閾値を使用する場合、コントローラは、入力電圧がより高いときに不足電圧モードに切り替わるのにより長い時間がかかるであろう。この問題を解決するため、コントローラは、入力電圧の大きさに依存する不足電圧閾値を使用可能である。特に、コントローラは、より高い入力電圧に応じてより高い不足電圧閾値を使用可能である。したがって、エラー・モードで作動する際、コントローラは、巻線の励磁を一時停止し、入力電圧の大きさを測定し、測定された入力電圧に依存した不足電圧閾値を選択し、次いで、入力電圧の大きさを監視し、入力電圧が選択された不足電圧閾値より下に低下した場合に不足電圧モードに切り替わることができる。

【 0 0 1 0 】

コントローラは、固定の量だけ入力電圧から異なる不足電圧閾値を使用し得る。したがって、これによって、入力電圧にかかわらず、コントローラが不足電圧モードに入るのにかかる時間が大体同じであることを確実にする。

【 0 0 1 1 】

コントローラは、不足電圧閾値又は再起動閾値に対応する電圧を出力するように構成されたデジタル/アナログ変換器（DAC）と、DACの出力電圧と入力電圧を比較するよう構成された比較器を含み得る。コントローラは次いで、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下したか、又は比較器の出力が変化したときに再起動閾値を超えたかを判断する。DACと比較器の使用は、入力電圧を異なる閾値と比較する比較的迅速で簡単な方法を提供する。特に、DACのレベルを変化させることにより、通常モード又はエラー・モードで使用される不足電圧閾値と不足電圧モードで使用される再起動閾値が、同じ周辺機器を使用して生成され得る。

【 0 0 1 2 】

エラー・モードで作動する際、コントローラは、固定の量だけ入力電圧の大きさと異な

10

20

30

40

50

る不足電圧閾値を使用し得る。この場合、コントローラは、比較器の出力が変化するまでD A Cのレベルを増加させ得る。比較器が変化するとき、このことは、D A Cにより出力される電圧が入力電圧の電圧に大体相当することを意味する。比較器の出力の変化に応じて、コントローラは固定の量だけD A Cのレベルを減少させる。その結果、D A Cの出力電圧は固定の量だけ入力電圧と異なる。これは、同じ周辺機器が異なる閾値を選択するためだけでなく、入力電圧の大きさに依存する閾値を選択するためにも使用できるという利点がある。

【0013】

冒頭に記載したコントローラは、コントローラがエラーを検知すると、追加又は代替的に動作を停止し得る。これは、モータを起こり得る損害から保護する利点を有する。動作が停止すると、コントローラは、供給電圧がリセットの前に電圧低下閾値より下に低下するときまで待機する。よって、コントローラは、自身がリセットできる前に電源オフを要求する。

10

【0014】

この構成の問題は、コントローラが電源オンしたときに動作が停止されるために、供給電圧が、電源オフの後、電圧低下閾値より下に低下するのに比較的長い時間がかかり得ることである。この時間の間、コントローラを再起動させることは不可能である。したがって、万一コントローラの電源をオンする試みがなされた場合、コントローラは再起動できないであろう。さらに悪いことには、コントローラの電源をオンする試みがなされた場合、供給電圧は、実際に上昇し、電圧低下閾値より下に低下できないであろう。

20

【0015】

したがって、本発明は、ブラシレス・モータ用のコントローラを提供し、コントローラは、通常モード、エラー・モード、及び不足電圧モードで作動するよう構成され、通常モードで作動する際、コントローラはモータの巻線を励磁する制御信号を生成し、エラーが検知された場合にエラー・モードに切り替わり、エラー・モードで作動する際、コントローラは、巻線の励磁を一時停止し、入力電圧の大きさを測定し、測定された入力電圧と固定の量だけ異なる不足電圧閾値を選択し、入力電圧の大きさを監視し、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わり、不足電圧モードで作動する際、コントローラは、入力電力の大きさを監視し、コントローラに電力供給するのに使用される供給電圧の大きさを監視し、入力電圧が再起動閾値を超える場合に通常モードに切り替わり、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する場合にコントローラ自体をリセットする。

30

【0016】

よって、コントローラは、コントローラが再起動可能となる前に、電源をオフすることを要求する。このことは、ユーザが、エラーが発生したことを十分に認識させられるという利点がある。次いで、ユーザは、コントローラを再起動しようとする前に、この問題を修正することができる。エラー・モードに切り替わると、コントローラは巻線の励磁を一時停止する。その結果、入力電圧は、電源オフに続いて比較的遅い速度で低下する。電源オンの間の入力電圧の大きさは異なり得る。例えば、入力電圧は、使用と共に放電する電池パックにより提供され得る。コントローラがエラー・モードで作動する際に同じ不足電圧閾値を使用するならば、コントローラは、入力電圧がより高いときに不足電圧モードに切り替わるのにより長い時間がかかるであろう。固定の量だけ入力電圧と異なる不足電圧閾値を使用することにより、コントローラが不足電圧モードに入るのに必要な時間は、入力電圧にかかわらず大体同じである。不足電圧モードに切り替わった後、コントローラは入力電圧を監視し続ける。万一入力電圧が上昇し再起動閾値を超えた場合、コントローラは通常モードに戻る。よって、コントローラは、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するのを待つ必要なしに再起動できる。その結果、コントローラは、電源オフ及びそれに続くエラーにはるかに迅速に反応できる。さらに、万一入力電圧が不足電圧閾値より下に低下した後、コントローラの電源をオンする試みがなされた場合、コントローラは、供給電圧が電圧低下するのを待機する状態に固定されない。

40

50

【 0 0 1 7 】

コントローラは、不足電圧閾値又は再起動閾値に相当する電圧を出力するように構成されたデジタル/アナログ変換器(DAC)と、DACの出力電圧と入力電圧を比較するように構成された比較器とを含み得る。コントローラは、入力電圧が不足電圧閾値より下に低下したか、又は比較器の出力が変化するとき、再起動閾値を超えたかどうかを判断する。DACと比較器の使用は、入力電圧を異なる閾値と比較する比較的迅速で簡単な方法を提供する。特に、DACのレベルを変化させることにより、通常モード又はエラー・モードで使用される不足電圧閾値と、不足電圧モードで使用される再起動閾値が同じ周辺機器を使用して生成され得る。

【 0 0 1 8 】

10

エラー・モードで作動する際、コントローラは、比較器の出力が変化するまでDACのレベルを増加させ得る。比較器が変化すると、このことは、DACにより出力される電圧が大体入力電圧の電圧に相当することを意味する。比較器の出力の変化に応じて、コントローラは固定の量だけDACのレベルを減少させる。その結果、DACの出力電圧は固定の量だけ入力電圧と異なる。コントローラは、比較器の出力が続いて変化した場合、不足電圧モードに切り替わる。これは、同じ周辺機器が異なる閾値を選択するためだけでなく、入力電圧の大きさに依存する不足電圧閾値を選択するためにも使用できるという利点がある。

【 0 0 1 9 】

本発明をより容易に理解可能とするため、本発明の実施形態が、例示として、添付の図面を参照して説明される。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 本発明によるモータ・アセンブリのブロック図である。

【 図 2 】 モータ・アセンブリの制御回路の回路図である。

【 図 3 】 制御回路のコントローラの動作を示す流れ図である。

【 図 4 】 入力電圧信号の大きさを監視するように構成されたコントローラの周辺機器を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

30

図 1 及び図 2 のモータ・アセンブリ 1 は、電源(DC電源) 2、制御回路 3 及びブラシレス・モータ 4 を備える。

【 0 0 2 2 】

電源 2 は直流電圧を供給する電池パックを備える。

【 0 0 2 3 】

制御回路 3 は、ユーザ・スイッチ 5、フィルタ 6、電圧レギュレータ 7、電圧センサ 8、インバータ 9、ゲート・ドライバー・モジュール 10、及びコントローラ 11 を備える。

【 0 0 2 4 】

ユーザ・スイッチ 5 は電源 2 と直列に接続され、コントローラ 11 の電源をオン及びオフするものである。

40

【 0 0 2 5 】

フィルタ 6 は、インバータ 9 の切り替えから生じる比較的高周波のリップルを平滑にするリンク・コンデンサ C1 を備える。

【 0 0 2 6 】

電圧レギュレータ 7 は、コントローラ 11 に電力供給するのに使用される供給電圧 V_{DD} を出力する。

【 0 0 2 7 】

電圧センサ 8 は電圧信号 V_{DC} を出力する分圧器 R1、R2 を備え、この信号は直流リンク電圧の簡易測定を表す。

50

【0028】

インバータ9は、モータ4の相巻線15を直流リンク電圧に結合させるフルブリッジの4つのパワー・スイッチQ1ないしQ4を備える。

【0029】

ゲート・ドライバー・モジュール10は、コントローラ11から受信した制御信号S1ないしS4に応じて、パワー・スイッチQ1ないしQ4を遮断及び導通に駆動する。

【0030】

コントローラ11は、プロセッサ12、記憶装置13、及び複数の周辺機器14（例えば、ADC、DAC、比較器、タイマーなど）を有するマイクロコントローラを備える。記憶装置13は、プロセッサ12により実行される指示並びに、作動中にプロセッサ12により使用される制御パラメータと参照テーブルを記憶する。コントローラ11は、モータ4の動作の制御に関与し、インバータのパワー・スイッチQ1ないしQ4を制御する1つ又は複数の制御信号S1ないしS4を生成する。制御信号はゲート・ドライバー・モジュール10に出力され、ゲート・ドライバー・モジュールはそれに応じてスイッチQ1ないしQ4を遮断及び導通に駆動する。

10

【0031】

ここで、コントローラ11の動作を、図3を参照して説明する。

【0032】

ユーザ・スイッチ5が遮断とされて、コントローラ11が電源オフのとき、コントローラ11はリセットに保持される。次いで、ユーザ・スイッチ5が導通とされたとき、コントローラ11に電源供給するのに使用される供給電圧V_{DD}が増加する。供給電圧が電圧低下閾値V_{BO}を超えたとき（S20）、コントローラ11は、タイマーに名目上の起動時間を読み込む。コントローラ11は、起動時間の間、リセットに保持され続ける（S21）。したがって、これは、コントローラ11がリセットから解放される前に、供給電圧V_{DD}が許容されるレベルまで上昇することを可能にする。起動時間が終了すると（S21）、コントローラ11はリセットから解放されて、コントローラ11が通常モードに切り替わり、その後すぐに、コントローラ11は、記憶装置13に記憶されたコードを実行する。

20

【0033】

通常モードで作動する際、コントローラ11は、相巻線15を励磁するための制御信号を生成し、よってモータ4を前方に駆動する。コントローラ11が通常モードの間に相巻線15を励磁するこの特定の手法は、本発明には関連しない。

30

【0034】

通常モードで作動する際、コントローラ11は直流リンク電圧V_{DC}を監視する。直流リンク電圧が不足電圧閾値V_{UV}より下に低下した場合（S23）、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わる。不足電圧モードに入るとき、コントローラ11は、インバータ9のすべてのパワー・スイッチQ1ないしQ4を開くことにより、相巻線15の励磁を一時停止する（S25）。次いで、コントローラ11は、直流リンク電圧V_{DC}並びに供給電圧V_{DD}を監視し続ける。直流リンク電圧V_{DC}が再起動閾値V_{RS}を超えた場合（S26）、コントローラ11は通常モードに戻る。あるいは、供給電圧V_{DD}が電圧低下閾値V_{BO}より下に低下した場合（S27）、コントローラ11はコントローラ自体をリセットする（S28）。

40

【0035】

ユーザ・スイッチ5が通常モードの間に開かれると、コントローラ11は、直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下するときまで通常に作動し続ける（S23）。したがって、ユーザ・スイッチ5を開くと、コントローラ11は相巻線15を励磁し続ける。その結果、直流リンク電圧は急速に低下する。比較的短い時間の後、直流リンク電圧は不足電圧閾値より下に低下する。次いで、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わり、その後すぐに相巻線の励磁が一時停止される（S25）。直流リンク電圧は遙かに遅い速度で低下する。ユーザ・スイッチ5が開かれたままであると、供給電圧は、最終的に電圧低

50

下閾値より下のレベルまで低下すると思われ、その時点で、コントローラはコントローラ自体をリセットする(S28)。一方、もしコントローラ11がリセットする前にユーザ・スイッチ5が導通とされれば、直流リンク電圧及び供給電圧は増加する。直流リンク電圧は急速に再起動閾値より高いレベルまで上昇し、それによって、コントローラ11は通常モードに切り替わる。

【0036】

不足電圧閾値は、コントローラ11が不規則に動作することを防ぐレベルに設定される。そのために、例えば電圧レギュレータ7が5Vの名目上の供給電圧V_{DD}を出力可能であり、電圧低下閾値V_{BO}は、2.5Vに設定され得る。しかしながら、コントローラ11は、供給電圧が5Vより下に低下したときに不規則に動作し始めるかもしれない。よって、不足電圧閾値は、それより下では電圧レギュレータ7が5Vの供給電圧を維持できないレベルに設定される。その結果、コントローラ11は、供給電圧が5Vより下に低下する前に、相巻線15の励磁を一時停止する(S25)。

10

【0037】

不足電圧モードに入ると、コントローラ11は直流リンク電圧を監視し続ける。直流リンク電圧が再起動閾値を超えると(S26)、コントローラ11は通常モードに戻る。再起動閾値V_{RS}は不足電圧閾値V_{UV}より高い。その結果、直流リンク電圧は、ユーザ・スイッチ5が再び導通とされるときにのみ、再起動閾値を超える。よって、コントローラ11は、遮断スイッチと導通スイッチを区別できる。ユーザ・スイッチ5が導通とされたことを認識すると、コントローラ11は通常モードに戻る。よって、コントローラ11は、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するのを待つ必要なしに再起動可能である。

20

【0038】

再起動閾値は不足電圧閾値より高い。再起動閾値が不足電圧閾値と同じであるならば、2つの状況の内の1つが起こり得る。第1は、ユーザ・スイッチ5が通常モード内で開かれると、直流リンク電圧は急速に不足電圧閾値まで低下する。次いで、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わり、相巻線15の励磁を一時停止する。この時点で、モータ4はまだ回転し、よって、モータ4内に格納されたエネルギー(例えば、永久磁石モータの逆起電力、又はリラクタンスモータの磁気エネルギー)は、パワー・スイッチQ1ないしQ4のボディ・ダイオードを介して電圧ラインに戻される。格納されたエネルギーは、直流リンク電圧を再起動閾値より高いレベルまで押し上げ得る。再起動閾値と不足電圧閾値が同じである場合、コントローラ11は通常モードに戻ってしまうと思われ、それは望ましくない。それでもなお、ここに説明するように、これは、必ずしも問題を提示する訳ではない。通常モードに戻ると、コントローラ11は相巻線15を励磁する。ユーザ・スイッチ5が依然として開いているため、直流リンク電圧は急速に不足電圧閾値まで低下し、格納されたエネルギーはほぼすべて消失する。次いで、コントローラ11は不足電圧モードに戻り、相巻線の励磁を一時停止する。格納されたエネルギーは今や、直流リンク電圧を再起動閾値より高いレベルまで押し上げるのに不十分である。その結果、コントローラ11はユーザ・スイッチ5が導通とされるか、あるいは供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するかの何れかまで不足電圧モードのままである。第2は、ユーザ・スイッチ5が不足電圧モードの間に導通とされる状況を考慮する。スイッチ5を導通とするとき、直流リンク電圧は増加し、最終的に再起動閾値を超える。これに応じて、コントローラ11は通常モードに切り替わり、相巻線15を励磁しようとする。その結果、電源2にかかる負荷は増加する。本実施形態では、電源2は電池バックを備え、よって負荷の増加は直流リンク電圧を低下させる。電源2の電圧が比較的低いとき、直流リンク電圧の低下は、直流リンク電圧を再起動閾値より下に低下させ得る。再起動閾値と不足電圧閾値が同じである場合、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わるであろう。そして、相巻線15の励磁は一時停止されるであろう。これは電源2の負荷を減少させ、それによって、直流リンク電圧を増加させるであろう。次いで、直流リンク電圧は再起動閾値を超え、よってコントローラ11は再び通常モードに切り替わり、その時点で、コントローラ11は再び相巻線15を励磁するであろう。よって、コントローラ11が不足電圧モードと通常モード

30

40

50

の間に閉じ込められて、モータ4が断続的に作動する可能性がある。不足電圧閾値より高い再起動閾値を使用することにより、上述の2つの状況を避けることができる。特に、再起動閾値と不足電圧閾値の差は、相励磁により直流リンク電圧が低下しても、直流リンク電圧は、不足電圧閾値より下に低下しないよう設定され得る。より高い再起動閾値を有するという利点にかかわらず、不足電圧閾値に等しい再起動閾値を使用することも可能である。上記に説明した通り、第1の状況は問題を提示せず、第2の状況はいくつかの方法により避けることができる。例えば、電源2は、電源2の負荷の無い電圧が再起動閾値を超えるときのみ、供給電圧を出力しても良い。また、電源2は、電源2の負荷の無い電圧が再起動閾値を超えるときのみ、論理的に高く引き出されるデジタル信号を出力しても良い。次いで、コントローラ11は、電源2の電圧がモータ4を駆動するのに十分に高いかどうかを決定するために、不足電圧モード及び/又は通常モードで作動する際、電源2の信号をポーリングする。

10

【0039】

通常モードで作動する際、コントローラ11はエラーが生じたかを検知し得る(S24)。例えば、コントローラ11は、モータのパラメータ(例えば、速度又は温度)が通常の動作限度の外にあると感知し得る。コントローラ11がエラーの発生を検知した場合(S24)、コントローラ11はエラー・モードに切り替わる。エラー・モードに入るとき、コントローラ11は、インバータ9のすべてのパワー・スイッチQ1ないしQ4を開くことにより、相巻線15の励磁を一時停止する(S29)。次いで、コントローラ11は、直流リンク電圧を監視し、直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下したとき、不足電圧モードに切り替わる(S31)。

20

【0040】

コントローラ11がエラー・モードに入る際、ユーザ・スイッチ5は通常導通とされ、よって直流リンク電圧も供給電圧も低下しない。よって、ユーザは、コントローラ11とモータ4が再起動可能になる前に、ユーザ・スイッチ5を遮断とすることがある。これは、ユーザが、エラーが発生したと十分に認識させられるという利点がある。ユーザは、モータ4を再起動しようとする前に、問題を修正することができる。通常モードで作動する際、コントローラ11は、ユーザ・スイッチ5が遮断とされたときに相巻線15を励磁し続ける。その結果、直流リンク電圧は、不足電圧閾値より下のレベルまですぐに低下する、即ちコントローラ11は、ユーザ・スイッチ5の遮断に応じてすぐに不足電圧モードに切り替わる。それに反して、コントローラ11がエラー・モードに入ると、コントローラ11は、相巻線15の励磁を一時停止する。その結果、ユーザ・スイッチ5がその後遮断とされると、直流リンク電圧は遙かに遅い速度で低下する。直流リンク電圧は、例えば、電圧センサ8、コントローラ11及び電圧レギュレータ7により電力供給される他の何れかの部品等の制御回路3の部品により引き出される電流のため、依然として低下する。それでもなお、直流リンク電圧が低下する速度は、通常モードにおける速度より遙かに遅い。したがって、通常モードで使用される不足電圧閾値がエラー・モードでも使用される場合、コントローラ11が不足電圧モードに切り替わるのに、より長い時間がかかるであろう。ユーザ・スイッチ5がこの時間の間に導通とされる場合、直流リンク電圧は上昇し、よって不足電圧閾値には決して達しないであろう。よって、コントローラ11は、エラー・モードで作動する際、より高い不足電圧閾値を使用する。さらに、ここに説明するように、コントローラ11は、エラー・モードで作動する際、可変の不足電圧閾値を使用する。

30

40

【0041】

電源2は、使用と共に放電する電池パックを備える。その結果、エラー・モードに切り替わる際の直流リンクの電圧の大きさは可変である。コントローラ11がエラー・モードで作動する際、同じ不足電圧閾値を使用する場合、直流リンク電圧が高いとき、コントローラ11は、不足電圧モードに切り替わるのにより長い時間がかかるであろう。よって、コントローラ11は、直流リンク電圧の大きさに依存する不足電圧閾値を使用する。より詳細には、コントローラ11は、より高い直流リンク電圧に応じて、より高い不足電圧閾

50

値を使用する。

【0042】

エラー・モードに入るとき、コントローラ11は、相巻線15の励磁を一時停止する(S29)。次いで、コントローラ11は、直流リンク電圧 V_{DC} の大きさを測定する。コントローラ11は、測定された直流リンク電圧から固定のオフセット値 V_{FO} を減算し、不足電圧閾値を得る(S30)、即ち、 $V_{UV} = V_{DC} - V_{FO}$ 、となる。次いで、コントローラ11は直流リンク電圧を監視する。直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下する場合(S31)、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わる。そのため、例えばエラー・モードに入るとき、コントローラ11は、20Vの直流リンク電圧を測定することができ、コントローラ11は、3Vの固定のオフセット値を使用することができ、コントローラ11は、17Vの不足電圧閾値を使用する。

10

【0043】

したがって、コントローラ11は、エラー・モードで作動する際、可変の不足電圧閾値を使用する。これは、コントローラ11が固定の不足電圧閾値を使用する通常モードと対照的である。可変の不足電圧閾値を使用することにより、コントローラ11は、電源オフに応じて、不足電圧モードに遙かに速く切り替え可能である。固定のオフセット値 V_{FO} は、(i)コントローラ11はユーザ5が遮断とされた後のみに不足電圧モードに入る、及び(ii)スイッチ5が遮断とされるとコントローラ11が比較的すぐに不足電圧モードに切り替わるように、選択される。固定のオフセット値が小さすぎる場合(即ち、計算された不足電圧閾値が、測定された直流リンク電圧に比較的近い場合)、直流リンク電圧を測定するときのエラー及び/又は経時的な直流リンク電圧の変化のために、コントローラ11は、ユーザ・スイッチ5が依然として導通とされたままで不足電圧モードに入ることが起こり得る。一方、固定のオフセット値が大きすぎる場合(即ち、計算された不足電圧閾値が、測定された直流リンク電圧から比較的離れている場合)、ユーザ・スイッチ5を遮断とする際、コントローラ11が不足電圧モードに入るのに、より長い時間がかかるであろう。

20

【0044】

エラー・モードで作動する際、コントローラ11は可変の不足電圧閾値を使用するが、不足電圧モードで作動する際もまた、コントローラ11が可変の再起動閾値を使用する必要はない。上述の通り、再起動閾値は通常、通常モードで使用される不足電圧閾値より数ボルト高く設定される。エラー・モードで使用される不足電圧閾値は通常モードで使用される不足電圧閾値より高いため、再起動電圧は、エラー・モードで使用される不足電圧閾値より低くなることは十分にあり得る。とはいえ、ここで説明されるように、このことは問題を表さない。ユーザ・スイッチ5がエラー・モード内で遮断とされたとき、直流リンク電圧は低下し、比較的短い時間の後、不足電圧閾値より低く低下する。次いで、コントローラ11は不足電圧モードに切り替わる。次いで、コントローラ11は、直流リンク電圧を監視し、直流リンク電圧が再起動電圧より高い場合に通常モードに戻る。この場合、エラー・モードで使用される不足電圧閾値は再起動電圧より高い。その結果、不足電圧モードに入るとき、直流リンク電圧は再起動電圧より高く、よってコントローラ11は直ちに通常モードに切り替わる。次いで、コントローラ11は相巻線15を励磁しようとする(S22)。しかしながら、ユーザ・スイッチ5が依然遮断とされているために、直流リンク電圧は、通常モードで使用される不足電圧閾値まで急速に低下する。次いで、コントローラ11は再び不足電圧モードに入る。しかしながら、このとき、直流リンク電圧は再起動閾値より低く、よってコントローラ11は、ユーザ・スイッチ5が導通とされるまで、又は供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するまで、不足電圧モードのままである。よってコントローラ11が不足電圧モードで作動する際、異なる再起動閾値を使用する必要はなく、そのことはコントローラ11の動作を簡単にする。それでもなお、上述の動作が望ましくない場合は、ことによるとコントローラ11は、例えば、固定値をコントローラ11により現在使用されている不足電圧閾値に加えることにより、可変の再起動閾値を使用するかもしれない。

30

40

50

【 0 0 4 5 】

電源 2 は、使用と共に放電する電池パックを備える。コントローラ 1 1 がエラー・モードで作動する際、可変の不足電圧閾値を使用するのはこのためである。しかしながら、電源 2 が均一な直流電圧を提供する場合、コントローラ 1 1 は、固定の不足電圧閾値を代わりに使用するかもしれない。

【 0 0 4 6 】

ここで、上述の方法を実施する特定の方法を、図 4 を参照して記載する。

【 0 0 4 7 】

コントローラ 1 1 の周辺機器 1 4 は、固定の電圧基準 (F V R) モジュール 1 6 と、デジタル/アナログ変換器 (D A C) 1 7 と、比較器 1 8 を含む。 F V R モジュール 1 6 は安定した基準電圧 V_{REF} を出力し、この電圧は D A C 1 7 に入力される。 D A C 1 7 は、プロセッサ 1 2 により選択され得る複数の出力レベルを有する。比較器 1 8 は、 D A C 1 7 の出力を直流リンク電圧 V_{DC} と比較する。通常モードで作動する際、プロセッサ 1 2 は、通常モードで使用される不足電圧閾値 V_{UV} に対応する D A C 1 7 のための出力レベルを選択する。直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下したとき、比較器 1 8 はその出力を切り替える。これは、ソフトウェアの割り込みを生成する。割り込みを行う際、プロセッサ 1 2 は不足電圧モードに切り替わる。次いで、プロセッサ 1 2 は相巻線 1 5 の励磁を一時停止する。さらにプロセッサ 1 2 は、不足電圧モードで使用される再起動閾値 V_{RS} に対応する D A C 1 7 のための異なる出力レベルを選択する。直流リンク電圧が再起動閾値より上に上昇すると、比較器 1 8 は再び出力を切り替え、それは更なる割り込みを生成する。更なる割り込みを行う際、プロセッサ 1 2 は通常モードに戻る。通常モードの間にエラーが生じる場合、プロセッサ 1 2 はエラー・モードに切り替わり、相巻線 1 5 の励磁を一時停止する。次いで、プロセッサ 1 2 は、比較器 1 8 の出力が変化するときまで D A C 1 7 の出力レベルを増加させる。比較器 1 8 の出力が変化すると、プロセッサ 1 2 は、直流リンク電圧の大きさが D A C 1 7 により出力されるものにほぼ対応する、即ち D A C 1 7 による電圧出力が直流リンク電圧の測定を提供することを決定する。次いで、プロセッサ 1 2 は、 D A C 1 7 の出力レベルを固定の量だけ減少させる。これは、 D A C 1 7 の電圧出力を固定のオフセット値 V_{FO} だけ減少させる。次いで、 D A C 1 7 により出力される電圧は、不足電圧閾値 V_{UV} に対応する。直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下するとき、比較器 1 8 は、再び出力を切り替えて割り込みを発生させる。割り込みを行う際、プロセッサ 1 2 は不足電圧モードに切り替わる。

【 0 0 4 8 】

D A C 1 7 (固定の基準電圧で作動する) 及び比較器 1 8 の使用は、直流リンク電圧を異なる閾値に対して比較する迅速で比較的簡単な方法を提供する。特に、 D A C 1 7 の出力レベルを変化させることにより、通常モードで使用される固定の不足電圧閾値と、エラー・モードで使用される可変の不足電圧閾値と、不足電圧モードで使用される再起動閾値が、同じ周辺機器を使用して生成され得る。上述の方法を実行する他の方法は、直流リンク電圧 V_{DC} をデジタル値に変換するアナログ/デジタル変換器 (A D C) を使用することであろう。その後、プロセッサ 1 2 は、直流リンク電圧のデジタル値を様々な閾値と比較するであろう。しかしながら、直流リンク電圧の変化に対する A D C 及びプロセッサの反応は通常、 D A C 1 7 と比較器 1 8 の反応より遅いであろう。これは、悪い結果を有し得る。例えば、エラーが発生した状況を考慮する。エラー・モードに入ると、コントローラ 1 1 は相巻線 1 5 の励磁を一時停止し、直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下するのを待機する。エラーが発生したと認識したユーザは、エラーを発生させる問題に対処し、モータ 4 を再起動させるために、ユーザ・スイッチ 5 を迅速に遮断と及び導通とする。しかしながら、 A D C の比較的遅い反応時間のために、 A D C が、直流リンク電圧が一瞬に不足電圧閾値より下に低下したことを認識できないことも十分にあり得る。その結果、コントローラ 1 1 は再起動できないであろう。対照的に、 D A C 1 7 と比較器 1 8 を使用すると、 D A C 1 7 の出力レベルは、エラー・モードに入る際に必要な不足電圧閾値に設定される。この段階で、ユーザ・スイッチはまだ導通とされており、よって D A C 1

10

20

30

40

50

7を構成するのに必要な時間は悪い結果を有しない。DAC17の出力レベルが設定された後、比較器18は、継続して直流リンク電圧をDAC17の出力と比較する。比較器18の比較的速い反応時間のために、比較器18は、短い時間の場合でも、直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下したかどうかを判断できる。その結果、コントローラ11は、ユーザ・スイッチ5の迅速な遮断及び導通に反応できる。

【0049】

冒頭に記載したコントローラと比較して、本発明のコントローラ11は、迅速な電源オフ及びオンにより良く反応できる。特に、ユーザ・スイッチ5が通常モードの間に遮断とされると、コントローラ11は相巻線15を励磁し続け、よって、直流リンク電圧は、不足電圧閾値より下のレベルまで迅速に低下する。次いで、コントローラ11は、励磁を一時停止し、直流リンク電圧を監視し、直流リンク電圧が再起動閾値を超える場合に通常モードに戻る。したがって、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下する前にユーザ・スイッチ5が導通とされた場合、それでもなおコントローラ11は再起動する。対照的に、冒頭に記載したコントローラは、供給電圧が電圧低下閾値より下に低下するまで再起動できない。しかしながら、リンク・コンデンサC1のために、これは、比較的長い時間（例えば、数秒）かかり、その間ユーザはモータ・アセンブリを使用できない。

10

【0050】

エラーが発生すると、本発明のコントローラ11は、相巻線15の励磁を一時停止し、モータ・アセンブリ1を起り得る損害から保護する。次いで、コントローラ11は、直流リンク電圧を監視し、直流リンク電圧が不足電圧閾値より下に低下する場合に不足電圧モードに切り替わる。しかしながら、エラー・モードで使用される不足電圧閾値は、通常モードで使用される不足電圧閾値より高い。その結果、コントローラ11は、励磁が一時停止されたという事実にかかわらず、不足電圧モードに比較的すぐに切り替わることができ、よって、直流リンク電圧は比較的遅く低下する。さらに、直流リンク電圧の大きさはエラー・モードに入るときに変化し得るために、可変の不足電圧閾値の使用は、直流リンク電圧の大きさにかかわらず、コントローラ11が比較的速く不足電圧モードに切り替わることができることを確実にする。不足電圧モードに切り替わった後、コントローラ11は、再び直流リンク電圧を監視し、直流リンク電圧が再起動閾値を超えた場合に通常モードに戻る。よって、コントローラ11は、コントローラ11が再起動可能となる前に供給電圧が電圧低下するのを待機する必要がない。その結果、コントローラ11は、エラーに

20

30

【符号の説明】

【0051】

- 1 モータ・アセンブリ
- 2 電源
- 3 制御回路
- 4 ブラシレス・モータ
- 5 ユーザ・スイッチ
- 6 フィルタ
- 7 電圧レギュレータ
- 8 電圧センサ
- 9 インバータ
- 10 ゲート・ドライバ・モジュール
- 11 コントローラ

40

フロントページの続き

(74)代理人 100196508

弁理士 松尾 淳一

(72)発明者 リボ・チェン

イギリス エスエヌ16 0アールピー ウィルトシャー マームズベリー テットベリー ヒル
, ケア・オブ ダイソン テクノロジー リミテッド

(72)発明者 ヨンジー・チョウ

イギリス エスエヌ16 0アールピー ウィルトシャー マームズベリー テットベリー ヒル
, ケア・オブ ダイソン テクノロジー リミテッド

(72)発明者 トウンジャイ・チェリク

イギリス エスエヌ16 0アールピー ウィルトシャー マームズベリー テットベリー ヒル
, ケア・オブ ダイソン テクノロジー リミテッド

審査官 マキロイ 寛済

(56)参考文献 特開2010-158107(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0260363(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/08

H02M 7/48

H02P 29/024