

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第4区分

【発行日】平成26年6月19日(2014.6.19)

【公表番号】特表2013-516152(P2013-516152A)

【公表日】平成25年5月9日(2013.5.9)

【年通号数】公開・登録公報2013-022

【出願番号】特願2012-545314(P2012-545314)

【国際特許分類】

H 02 P 3/00 (2006.01)

【F I】

H 02 P 3/00 B

【誤訳訂正書】

【提出日】平成26年4月1日(2014.4.1)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ユニバーサルモータ用の制動装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1によるユニバーサルモータ用の制動装置および請求項13による制動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気力学的制動装置は種々の設計で公知である。

【0003】

特許文献1は、ユニバーサルモータ用の制動および調整回路を開示する。この回路では、一方でモータを動作するための第1のスイッチング手段(トライアック)がモータと直列に接続され、他方でモータを制動するための第2のスイッチング手段(トライアック)が、磁界巻線の間に配置された電機子に並列に接続されている。モータ動作中は電機子に並列の第2のスイッチング手段には通電されず、制動動作中には第1のスイッチング手段と第2のスイッチング手段の両方が作動される。

【0004】

特許文献2は、ユニバーサルモータ用の制動装置を開示する。ここでは磁界巻線および回転子巻線と電源とを接続および/または遮断するために複数のスイッチング手段が使用される。これらのスイッチング手段は複数の位置を有し、第1の位置では回転子巻線と磁界巻線が電源に接続され、第2の位置では回転子巻線が短絡され、電源は磁界巻線にだけ接続される。

【0005】

特許文献3は、ユニバーサルモータ用の制動装置を開示する。この制動装置では制動動作中に電機子巻線を短絡するために短絡スイッチ(トライアック)が設けられており、短絡スイッチは切り替え状態を検出するために制御入力端を有する。短絡スイッチの制御入力端は、制動動作中にブレーキ発火を回避するために短絡スイッチの位相角制御を行うべく制御ユニットと接続されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第6236177号

【特許文献2】欧州特許公開第0578366号

【特許文献3】ドイツ特許公開公報第10317636号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の基礎とする課題は、効率的で安価な電気力学的制動装置またはユニバーサルモータのための制動方法を提供することであり、これにより好ましくはブラシ発火が低減され、ブラシ磨耗も少ない良好な制動が達成されるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この課題は請求項1および13の特徴によって解決される。本発明のさらなる実施形態は、従属請求項および明細書から明らかである。

【0009】

本発明の利点は以下のこととに有り、すなわち、ユニバーサルモータ用の電気力学的制動装置に、モータ動作を制動動作に切り替えるための装置が設けられており、制動動作中にはユニバーサルモータの界磁巻線に第1と第2のスイッチを介して電源から給電され、ユニバーサルモータの電機子は第2のスイッチを介して短絡され、制御電子回路が設けられており、該制御電子回路は、制動動作中に好ましくは電源電圧の各半波内で短時間だけモータ動作とその後の制動動作が行われるように構成されており、第2のスイッチに所定の遅延時間を以て第2のスイッチが導通状態に切り換えられる。このようにしてユニバーサルモータのための改善された制動を実施することができる。

【0010】

別の実施形態では、半波内における第2のスイッチの作動のための遅延時間が、先行して行われたモータ動作によってユニバーサルモータの集電子でのブラシ発火が低減されるように設定されている。

【0011】

制動装置の別の実施形態では、遅延時間は1μsから1msの間である。この値範囲が有利であることが証明されている。実現形態に依存して、より短い時間またはより長い時間を使用することもできる。

【0012】

制動装置の別の実施形態では、第1のスイッチの後の第2のスイッチの作動のための遅延時間は、全制動の間で一定である。

【0013】

制動装置の別の実施形態では、第1のスイッチの後の第2のスイッチの作動のための遅延時間は、制動動作中にはユニバーサルモータのパラメータと電源電圧に依存する。これによって、より正確に適合した制動が達成される。とりわけ制動時間および集電子、とりわけブラシの負荷を最適化することができる。

【0014】

制動装置の別の実施形態では、第1のスイッチの後の第2のスイッチの作動のための遅延時間は、制動動作中には第1のスイッチの切り替え時点での電源電圧および/またはユニバーサルモータの回転数および/もしくはユニバーサルモータの温度に依存する。この別の実施形態によれば、制動時間および/または集電子、とりわけブラシの負荷低減の最適化のための、制動過程のより良好な適合が可能になる。

【0015】

制動装置の別の実施形態では、制動動作の開始時における第2のスイッチの作動のための遅延時間は、制動動作のさらなる経過において短くなり、とりわけ制動動作の終了時にはゼロになるか、またはとりわけ第2のスイッチは第1のスイッチの前に閉鎖される。

【0016】

制動装置の別の実施形態では、半波の少なくとも一部内における制動動作の開始中における第2のスイッチの作動のための遅延時間は、ユニバーサルモータの集電子でのブラシの下の転流が、ブラシの後縁から前縁にずらされるように選択され、電機子は制動動作中には実質的に動作されない、すなわち加速されない。

【0017】

制動装置の別の実施形態では、制御電子回路は、制動動作を制御せずにまたは制御して実施するように構成されている。

【0018】

制動装置の別の実施形態では、制御電子回路がテーブルにアクセスする。このテーブルには、第1および／または第2のスイッチを作動するための位相制御角(Phasenanschnittwinkle)が保存されており、好ましくは少なくとも1つの位相制御角曲線が保存されている。

【0019】

制動装置の別の実施形態では、制動動作中に第2のスイッチが電機子に対して並列に、磁界巻線と直列に、かつ第1のスイッチと直列に接続され、好ましくは第2のスイッチには好ましくは識別接点を備える切換素子が前置接続されている。

【0020】

制動装置の別の実施形態では、切換素子が信号発生器切換素子として制御電子回路に配設されており、第1のスイッチが第1の電源端子に、第3のスイッチが第2の電源端子に接続されている。

【0021】

さらに本発明は、ユニバーサルモータをモータ動作から制動動作に切り替えるための装置を備えるユニバーサルモータを制動する方法に関するものであり、制動動作中にはユニバーサルモータの界磁巻線に第1と第2のスイッチを介して電源から給電され、ユニバーサルモータの電機子は第2のスイッチを介して短絡され、制動動作中に好ましくは電源電圧の各半波内で短時間、ユニバーサルモータのモータ動作が第1のスイッチの切り替えによって調整され、後続の制動動作が第2のスイッチによって遅延時間を以て調整される。

【0022】

本方法の別の実施形態では、モータ動作のための第1のスイッチの切り替えと制動動作のための第2のスイッチの切り替えとの間の遅延時間が1μsから1msである。この値範囲が有利であることが証明されている。実現形態に依存して、より短い時間またはより長い時間を使用することもできる。

【0023】

制動装置の別の実施形態では、制動動作中の第1のスイッチの後の第2のスイッチの作動のための遅延時間は、第1のスイッチの切り替え時点での電源電圧および／またはユニバーサルモータの回転数および／もしくはユニバーサルモータの温度に依存する。

【0024】

本発明のさらなる利点は、磁界巻線または電機子の極性反転なしでもユニバーサルモータの穏やかで高速な制動が、良好なブラシ寿命の下で達成されることである。電機子は制動動作中に短絡され、磁界巻線は制動動作中に特別の作動によって電源電圧から励磁される。この穏やかで高速な制動は好ましくは単純なハードウェアおよび特別のソフトウェアにより達成され、よって電気力学的制動装置は安価である。

電機子の集電子におけるブラシ発火は、好ましくは制動動作中において、とくに、制御電子回路のコントローラが、集電子における大きいアークの有害な形成を低減するプログラムを含むことにより低減され、とりわけ電源電圧の半波内でまずモータ動作を行い、続いて制動動作を行うことにより防がれる。

【0025】

さらにモータ動作と制動動作を確実に識別するための装置、ならびに制御電子回路と回路装置の動作を確実にするための監視部とが備わっている。

【0026】

本発明を以下、添付図面に基づき例として詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】ユニバーサルモータ用の電気力学的制動装置の回路装置である。

【図2】ユニバーサルモータ用の電気力学的制動装置の回路装置である。

【図3】モータ動作中と制動動作中の電流経過を示す線図である。

【図4】モータ動作中と制動動作中の電流経過を示す線図である。

【図5】モータ動作中と制動動作中の電流経過を示す線図である。

【図6】電源電圧の半波内の制動動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

図1の回路装置では、第1のトライアック1が第1の電源端子aに接続されており、ユニバーサルモータと直列に接続されており、第2のトライアック1'が電機子2に並列に接続されている。ここで第2のトライアック1'には切換素子Sが前置接続されており、第2のトライアックと直列に接続されている。電機子2は2つの磁界巻線3、3'の間に接続されている。切換素子Sは電機子2の一方の側に接続されている。第2のトライアック1'の一方の側は切換素子Sの制動動作接点eに、他方の側は電機子の他方の側に接続されている。切換素子Sの識別接点fは線路4を介して制御電子回路5と接続されている。制御電子回路5は第1の制御線路30を介して第1のトライアック1と接続され、第2の制御線路31を介して第2のトライアック1'と接続されている。さらに制御電子回路5は第1の給電線路32を介して第1の電源端子aに、第2の給電線路33を介して第2の電源端子bに接続されている。さらに信号線路34が制御電子回路5から、シャント抵抗6と第1のトライアック1との間の接続線路に接続されている。最後に別のセンサ35、とりわけユニバーサルモータ1用の回転数測定器または温度センサが設けられており、これらは別の信号線路36を介して制御電子回路5と接続されている。

【0029】

モータ動作中は、切換素子Sは識別接点fに閉じてあり、モータ動作は第1のトライアック1を介して行われる。制動動作中は、切換素子Sは制動動作接点eに閉じてあり、制動動作は第1のトライアック1と第2のトライアック1'の両方を介して行われる。

【0030】

切換素子Sは省略することができる。さらに信号発生器切換素子を制御電子回路5に設けても良い。この実施形態では第2のトライアック1'は電機子2の2つの端子に接続される。好ましくはこのような信号スイッチは、モータ動作と制動動作を確実に識別するために3つの端子を有する。

【0031】

制動過程を改善し、とりわけ制動動作中のブレーキ発火を低減するために、第1と第2のトライアック1、1'は制御電子回路5のコントローラのプログラムによって特別に作動される。ここで、コントローラのプログラムは、好ましくは電源電圧の各半波内で、まず第1のトライアック1が作動され、すなわち導通状態に切り換えられ、それによりモータ動作が開始されるように設計されている。ここで確かに「モータ動作」の語を使用しているが、それは、電源が対応して選択されているからであり、しかし、この際、好ましくは電源電圧とともに持続時間は、ユニバーサルモータに実質的な加速が発生しないか、まったく加速が発生しないように短く選択されており、これにより、所定のブレーキ位置によって最適な転流が達成される。所定の遅延時間後に、第2のトライアック1'が作動され、すなわち導通状態に切り換えられ、これにより第1のトライアック1と第2のトライアック1'が導通する。これにより電機子2は第2のトライアック1'を介して短絡され、電源の電流は界磁巻線3、3'および第1と第2のトライアック1、1'を介して直接流れれる。短絡された電機子2の誘導電流も第2のトライアック1'を介して流れれる。電機子の磁界が制動動作中に反転することにより、所定のブレーキ位置によって不十分な転流が電機子に存在する。

【0032】

好ましくは各半波内でそれぞれ、制動動作中に、実際の制動動作の前に短時間のモータ動作がまだ存在するため、電機子の短絡中のブラシ発火は抑圧され、これによりブラシ発火とブラシ磨耗が低減される。

【0033】

第2のトライアック1'の作動のための遅延時間は、好ましくは各半波内のモータ動作が、制動動作中にユニバーサルモータの集電子でのブラシ発火を抑圧するのには十分であるが、しかし電機子2の顯著な動作には十分でないよう算定される。

【0034】

各半波内の第2のトライアック1'の作動のための遅延時間は、好ましくは制動時全体で、すなわちユニバーサルモータ1の制動過程において一定である。しかし遅延時間は制動動作中に可変であっても良い。制動動作の開始時に対応して大きな遅延時間が存在しても良い。この場合、遅延時間は、制動動作のさらなる経過において好ましくは連続的に、たとえば半波ごとに減少し、制動時間の終了時には、第2のトライアック1'は、第1のトライアック1の直後にまたは同時に、あるいは第1のトライアック1の前にトリガされる。

ユニバーサルモータは電源から両側で分離されてもよい。

【0035】

図2は、第3のトライアック1'が第2の電源端子bに接続されている解決手段を示す。第1と第3のトライアック1、1'は常に同時に作動される。ここで制御電子回路5には、モータ動作および制動動作を決定するための信号スイッチS'が設けられている。

【0036】

第2のトライアック1'は電機子2に並列に接続されており、シャント抵抗6を介して監視することができる。ユニバーサルモータのスイッチオン後に過度に大きな電流が検出されるとすれば、おそらくは第2のトライアック1'が導通しており、ユニバーサルモータは直ちに電源から分離される。このような場合には警告灯が点滅する。

【0037】

本実施例ではトライアックが半導体スイッチとして使用される。選択される実施形態に応じて、他のスイッチ、たとえば他の半導体スイッチを、ユニバーサルモータの電圧源および電流源をモータ動作および制動動作のために作動するように使用することができる。

【0038】

上記の電気力学的制動装置は、制動動作中にユニバーサルモータの集電子におけるブラシの下で良好に電流反転することを特徴とする。この特別の利点は、電機子2に対して並列に接続されたトライアック1'が、ユニバーサルモータと直列に接続された第1のトライアック1に対して特別な遅延時間を以て作動されることにより達成される。

【0039】

図3から5に基づいて、上記の方法を詳細に説明する。ここでは好ましくは、制動動作中の位相制御角曲線についてのコントローラのプログラムと同じテーブルがトライアック1、1'の作動に使用される。

【0040】

図3は、制動動作中の電流経過を記録したものである。ユニバーサルモータのアイドリング動作が、電源制御された全波7により示されている。短時間の休止P後に、制動動作Bが直ちに開始され、ここでは第1と第2のトライアック1、1'が時間的に同時に、制御電子回路5のコントローラのプログラムにより作動される。制動時間の最初の三分の二の領域8では、界磁巻線3の電流消費がほぼ同じである。それにより、制動動作の開始時にブラシが強く発火し、これによりブラシが焼き切れ、集電子が損傷を受ける。制動時間の最後の三分の一の領域9では、電流消費がわずかに上昇する。

【0041】

回転数経過10の図示の曲線から、制動動作の開始時には制動が過度に強く、終了時に

は過度に弱いことが分かる。

【0042】

図4は、制動動作B中の電流経過を記録したものである。ここでは第2のトライアック1'が第1のトライアック1の後に相応の遅延時間を使って制御され、好ましくは電源の各半波内では、まずモータ動作が行われ、その後に制動動作が行われる。

【0043】

制動時間の開始時11に、界磁巻線3の電流消費は図3に対して格段に小さく、電流消費はさらなる経過においてわずかに上昇し、制動時間の最後の三分の一12で強く上昇する。

【0044】

第2のトライアック1'の作動の遅延時間により、ユニバーサルモータの集電子での転流が格段に改善され、ブラシの燃焼損耗が早くも格段に低減される。回転数経過10から、制動動作の開始時に制動はより弱く、その後に強くなることが分かる。

【0045】

図5は、制動動作中の電流経過を記録したものである。ここでは第2のトライアック1'が第1のトライアック1の後に最適の遅延時間を使って作動される。それにより好ましくは、電源の各半波内では、ブラシの下での良好な電流反転に十分なモータ動作がまず存在し、それに続いて制動動作が行われる。遅延時間は、モータ動作から制動動作への移行中にブラシの下での転流がブラシの後縁から前縁にずらされ、それによりブラシ発火が格段に低減されるように選択されている。遅延時間は、電機子が制動動作中に基本的に動作されないように選択される。

【0046】

図5では、制動時間の開始時13に、界磁巻線3の電流消費が、図4の場合よりもさらに小さく、さらなる経過において電流消費は連続的に穏やかに上昇し、最後の三分の一14で電流消費は制動経過の加速に対応して大きく上昇する。制動時間の最後に、界磁巻線は半波の波束15によりバイアスされる。

【0047】

回転数経過10から、最適の制動曲線が達成されたことが分かる。制動動作の開始時に、制動は穏やかに開始され、継続的に不均一に増大され、制動動作の終了時に制動は穏やかに終了する。

【0048】

第2のトライアック1'の作動の遅延時間により、非制御の制動動作を使用することができる。この際、固定的に調整された位相制御角曲線がコントローラのプログラムのテーブルを介して使用される。なぜなら制動動作を制御する場合には、不安定な制動電流経過が存在することがあり、それによりブラシの発火が増強されることがあるからである。

【0049】

これにより、制動動作中の電流変動を小さく維持することができ、これによりブラシ発火は低減され、たとえば位相制御角曲線の半波ごとの位相制御角ステップを、好ましくは1%未満にすることができる。

【0050】

ブラシが短くなると、所定の制動時間の間、集電子へのブラシの押し付けが不十分にあることがある。なぜなら短絡された電機子の電圧がそのためにもはや十分ではないからである。

【0051】

このため、制動時間は再び維持されてもよく、制御電子回路5のコントローラのプログラムが位相制御角曲線に対する別のテーブルに切り替え、この別のテーブルでは、電源の交流電圧の半波の制御角(Anschnitt)がより小さくなっている。

【0052】

十分な制動作用は一方では、シャント抵抗を介して検出されるか、または回転数識別を介して求められる。

【0053】

代替的に、電気力学的制動装置は直流によって動作されてもよい。

【0054】

好ましくは、制御電子回路のコントローラのプログラムは、それぞれ電源の半波の制御角(Anschnitt)がより小さい複数の位相制御角曲線に対する別の複数のテーブルを有する。

【0055】

さらに好ましくは、制動曲線は、制動動作の開始時に制動が穏やかに開始され、継続的に不均一に増大され、終了時に穏やかに終了するよう設定される。

【0056】

図6は、ユニバーサルモータの制動動作時での電源電圧の1つの半波を電源a, bの電源電圧の位相角について示す。本発明の基本思想は、電源電圧を用いてユニバーサルモータを穏やかに制動することである。ここではまず制動動作の際に短時間のモータ動作が実行され、続いて制動動作に切り替えられる。図示の実施例では、位相角が130°のときに第1のスイッチ1が導通状態に切り換えられ、第2のスイッチ1'はまだ遮断されている。続いて位相角が134°のときに第2のスイッチ1'も導通状態に切り換えられ、これによりユニバーサルモータに実際の制動作用が及ぼされる。位相角が130°から134°の間の時間では、短時間のモータ動作が実行される。位相角134°の後では、純粋な制動動作が実行され、これはたとえば180°の位相角で終了する。

【0057】

選択された実施形態に応じて、スイッチオン角、すなわち制動過程時の第1のスイッチの導通状態への切り換えのためのスイッチオン時点は、種々のパラメータ、たとえばユニバーサルモータの回転数、ユニバーサルモータの温度、所望の制動時間および/または集電子のブラシの所望の保護に依存して変えられる。さらにモータ動作を短時間調整するための第1のスイッチの切り換えと、制動動作を調整するための第2のスイッチの切り換えとの間の遅延時間も変えられる。

【0058】

第1のスイッチの切り換えと第2のスイッチの切り換えとの間の遅延時間は、たとえばマイクロセカンドからミリセカンドの範囲である。たとえば遅延時間は、1μsから5msの間、または5μsから20msの間、または20μsから50μsの間、または50μsから100μsの間とすることができます。さらに遅延時間は、100μsから300μsの間でも良い。実現形態に依存して、より短い時間またはより長い時間を遅延時間として使用することできる。

【0059】

簡単な実施形態では、短時間にモータ動作を開始し、続いて制動動作を開始するための第1のスイッチの作動と第2のスイッチの作動との間の遅延時間は、全制動過程の間、一定とすることができます。

【0060】

別の実施形態では、短時間のモータ動作における第1のスイッチの切り換えと、制動過程において制動動作を開始するための第2のスイッチの切り換えとの間の遅延時間は、たとえば、ユニバーサルモータのパラメータ、たとえば温度、回転数、電気特性(抵抗RおよびインダクタンスLなど)および電源電圧に依存する。

【0061】

たとえば遅延時間は、第1のスイッチの切り換え時点での電源電圧および/またはユニバーサルモータの回転数および/またはユニバーサルモータの温度に依存する。そのために好ましくは実験で求められたテーブルまたは特性曲線がデータメモリに保存されており、これに制御電子回路がアクセスする。

【0062】

ユニバーサルモータの温度およびユニバーサルモータの回転数は、対応するセンサ35によって検出することができる。またはたとえば電流および電圧のような動作パラメータ

を用いて推定または計算することができる。

【0063】

選択される実施形態に応じて、電源電圧の各半波の間、図6に基づき説明したように、ユニバーサルモータについて短時間のモータ動作の後に制動動作が実施されてよい。この際、選択された実施形態に応じて、モータ動作は実際の制動動作の前に、たとえば半波の一部においてのみ実施されてもよい。

【0064】

制御電子回路は、対応するソフトウェアプログラムを備えるコントローラの形に構成されており、第1と第2のスイッチの作動を実施する。そのためにさらにメモリが設けられており、このメモリには制御プログラムと制御データ、たとえばスイッチの位相制御角、すなわち、図6の制動動作にしたがい第1のスイッチと第2のスイッチをスイッチオンおよびスイッチオフするための位相角が保存されている。とりわけメモリには、第1および/または第2のスイッチがスイッチオン乃至スイッチオフされる位相角に関するテーブルおよび/または特性曲線が保存されている。ここで、テーブルおよび特性曲線は、たとえば、ユニバーサルモータおよび/または電源電圧のパラメータに依存する。とりわけ、制動動作中の第1のスイッチの後の第2のスイッチの作動のための遅延時間は、第1のスイッチの切り換え時点での電源電圧および/またはユニバーサルモータの回転数および/もしくはユニバーサルモータの温度に依存する。のために、たとえば実験的に求められたテーブルおよび/または特性曲線が保存されている。

【0065】

さらに、半波ごとの位相制御角の変化を設定するデータが記憶されてもよい。たとえば、第1のスイッチの導通状態への切替えおよび/または第2のスイッチの導通状態への切替えのための1つの半波から次の半波までの位相角の変化は、たとえばパーセントの最高値に制限することができる。

【0066】

図3～5から、制動動作の終了時には電圧極性の異なる半波の波束が順次連続することが分かる。したがって設定された時間または設定された数の半波に対して、モータ動作と制動動作を伴う制動を実施するために、たとえば電源電圧の正の半波だけが使用される。続いて、短時間のモータ動作と引き続く制動動作を伴うユニバーサルモータの制動を実施するために、図6に基づき説明したように、電源電圧の負の半波の波束が使用される。

【誤訳訂正2】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータ動作から制動動作に切り替えるための装置を備えるユニバーサルモータ用の電気力学的制動装置であって、

制動動作中に前記ユニバーサルモータの界磁巻線(3)に第1と第2のスイッチ(1、1')を介して電源から給電され、前記ユニバーサルモータの電機子(2)は前記第2のスイッチ(1')を介して短絡され、

モータ動作は前記第1のスイッチ(1)を介して行われ、

制御電子回路(5)が設けられており、該制御電子回路は、制動動作中に電源電圧の各半波内で短時間だけモータ動作が行われ、その後再び制動動作が行われるように構成されており、但し、前記第1のスイッチ(1)がまず導通状態に切り換えられてモータ動作が開始され、所定の遅延時間を以て前記第2のスイッチ(1')が導通状態に切り換えられて制動動作が開始される、

電気力学的制動装置。

【請求項2】

電源電圧の半波内における前記第2のスイッチ(1')を作動するための遅延時間は、先行して行われたモータ動作によって前記ユニバーサルモータの集電子でのブラシ発火が低減されるように設定されている、請求項1記載の電気力学的制動装置。

【請求項3】

前記遅延時間は1μsから1msの間である、ことを特徴とする請求項1または2記載の電気力学的制動装置。

【請求項4】

前記第1のスイッチの後に前記第2のスイッチ(1')を作動するための遅延時間は、制動動作中に一定である、ことを特徴とする請求項1から3までのいずれか一項記載の電気力学的制動装置。

【請求項5】

前記第1のスイッチの後に前記第2のスイッチ(1')を作動するための遅延時間は、制動中には前記ユニバーサルモータと電源電圧のパラメータに依存する、ことを特徴とする請求項1から3までのいずれか一項記載の電気力学的制動装置。

【請求項6】

前記第1のスイッチの後に前記第2のスイッチ(1')を作動するための遅延時間は、制動動作中には前記第1のスイッチの切り替え時点での電源電圧および/または前記ユニバーサルモータの回転数および/または前記ユニバーサルモータの温度に依存する、ことを特徴とする請求項5に記載の電気力学的制動装置。

【請求項7】

制動動作の開始時における前記第2のスイッチ(1')の作動のための遅延時間は、制動動作のさらなる経過とともに短くなり、制動動作の終了時には、前記第1および第2のスイッチ(1、1')の導通状態への切換が同時に行われるか、または前記第2のスイッチ(1')の導通状態への切換が、前記第1のスイッチ(1)の導通状態への切換に先立って行われる、ことを特徴とする請求項1から3までのいずれか一項または5もしくは6に記載の電気力学的制動装置。

【請求項8】

少なくとも半波の一部内の制動動作の開始中における前記第2のスイッチ(1')の作動のための遅延時間は、前記ユニバーサルモータの集電子に接するブラシによる転流が、ブラシの後縁から前縁に移動されるように選択され、制動動作中に前記電機子は駆動されない、ことを特徴とする請求項1から7までのいずれか一項に記載の電気力学的制動装置。

【請求項9】

前記制御電子回路(5)は、前記第1および/または第2のスイッチを作動するための位相制御角が保存されており、少なくとも1つの位相制御角曲線が保存されているテーブルにアクセスする、ことを特徴とする請求項1から8までのいずれか一項に記載の電気力学的制動装置。

【請求項10】

制動動作中に、前記第2のスイッチ(1')は前記電機子(2)に並列に接続され、前記界磁巻線(3)および前記第1のスイッチ(1)と直列に接続され、

前記第2のスイッチ(1')には、識別接点(f)を備える切換素子(S)が前置接続されている、

ことを特徴とする請求項1から9までのいずれか一項に記載の電気力学的制動装置。

【請求項11】

前記切換素子(S)は信号発生器切換素子(S')として前記制御電子回路(5)に直接配設されており、前記第1のスイッチ(1)が第1の電源端子(a)に、第3のスイッチ(1')が第2の電源端子(b)に接続されている、ことを特徴とする請求項10に記載の電気力学的制動装置。

【請求項12】

ユニバーサルモータをモータ動作から制動動作に切り替えるための装置を備えるユニバ

ーサルモータを制動する方法であって、

制動動作中に前記ユニバーサルモータの界磁巻線（3）に第1と第2のスイッチ（1、1'）を介して電源電圧から給電され、前記ユニバーサルモータの電機子（2）が前記第2のスイッチ（1'）を介して短絡され、

制動動作中に電源電圧の各半波内で短時間、前記ユニバーサルモータのモータ動作が前記第1のスイッチの導通状態への切り替えによって行われ、

後続の制動動作が前記第2のスイッチ（1'）の導通状態への切替えによって所定の遅延時間を以て行われる、

制動方法。

【請求項13】

モータ動作のための前記第1のスイッチの切替えと、制動動作のための前記第2のスイッチの切替えとの間の遅延時間は $1\text{ }\mu\text{s}$ から 1 ms の間の範囲である、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記第1のスイッチの後に前記第2のスイッチ（1'）を作動するための遅延時間は、制動動作中には前記第1のスイッチの切り替え時点での電源電圧および／または前記ユニバーサルモータの回転数および／または前記ユニバーサルモータの温度に依存する、請求項12または13に記載の方法。