

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 8 月 2 日(02.08.2012)



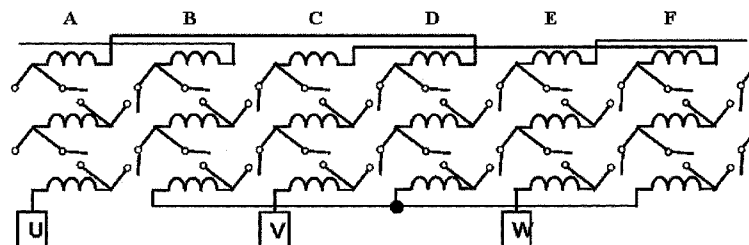
(10) 国際公開番号
WO 2012/102400 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/28 (2006.01) *H02P 27/16* (2006.01)
H02K 21/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/051895
- (22) 国際出願日: 2012 年 1 月 27 日(27.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-015774 2011 年 1 月 27 日(27.01.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人 芝浦工業大学 (Shibaura Institute of Technology) [JP/JP]; 〒1358548 東京都江東区豊洲 3 丁目 7 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 赤津 観 (AKATSU Kan) [JP/JP]; 〒1358548 東京都江東区豊洲 3 丁目 7 番 5 号 学校法人芝浦工業大学内 Tokyo (JP). 土方 大樹 (HIJIKATA Daiki) [JP/JP]; 〒1358548 東京都江東区豊洲 3 丁目 7 番 5 号 学校法人芝浦工業大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 今井 孝弘 (IMAI Takahiro); 〒1200034 東京都足立区千住 4 丁目 1 番 11 号 北千住東宝ハイム 304 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 規則 4.17 に規定する申立て:
— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: STATOR TEETH, STATOR, ROTATING ARMATURE, AND METHOD FOR CONTROLLING ROTATING ARMATURE

(54) 発明の名称: ステータティース、ステータ、回転電機、および、回転電機の制御方法

[図3]



(57) Abstract: A motor that is capable of exhibiting multiple driving characteristics by the motor alone so as to expand the output range is provided. Three coils are wound around each stator tooth (A-F); and each stator tooth (A-F) is provided with a switch that is capable of achieving a concentrated winding state by serially connecting the three coils and a switch that is capable of achieving a distributed winding state by serially connecting a given set of coils between adjoining stator teeth (A-F). Switching between the concentrated winding state and the distributed winding state is made according to a rotating speed, a torque, or the like.

(57) 要約: 一つのモータで複数の駆動特性を発揮し、出力範囲の拡大を図ることができるモータを提供すること。各ステータティース A～F に、それぞれ 3 つのコイルを巻回し、各ステータティース A～F において 3 つのコイルを直列接続して集中巻き状態を可能にするスイッチと、隣接するステータティース A～F 間でいずれかの組のコイルを直列接続して分布巻き状態を可能にするスイッチとを設ける。回転速度やトルクなどに応じてコイルの集中巻き状態と分布巻き状態を切り替える。

明 細 書

発明の名称：

ステータティース、ステータ、回転電機、および、回転電機の制御方法
技術分野

[0001] 本発明は、ステータティースと、ステータと、そのステータを備えた回転電機と、その回転電機の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石同期モータは回転子に永久磁石を使用するために、誘導機や他のモータと比較して高出力、高効率なモータである。固定子には打ち抜いた珪素鋼板が積層して用いられ、珪素鋼板にはコイルが巻かれる。回転子の永久磁石から発生した磁束がコイルに鎖交することにより、コイルには誘起電圧が発生し、コイルに接続されたインバータから誘起電圧より高い電圧をかけ、回転に同期した電流をコイルに通流することにより回転子はトルクを発生する。

[0003] このとき、誘起電圧は回転速度に比例して大きくなるために、インバータの電圧よりも誘起電圧が高くなってしまうとコイルに電流が通電できなくなるため、モータはトルクを発生することができず、回転速度上限が決まってしまう。そこで、回転速度上限を増加させるためには、磁石の磁束を弱める、またはコイルに鎖交する磁束を少なくする以下のような従来技術が知られている。

[0004] 一般に、弱め界磁制御と呼ばれる制御は、磁石の発生する磁束に対向した磁束をコイルから発生させて、磁石の磁束がコイルに鎖交しないようにする制御である。弱め界磁制御によれば、磁石の磁束が弱まったように見えるため、誘導機電圧が低くなり、回転速度が増加する。

[0005] 可変界磁構造と言われる構造は、磁石の磁束を保持する力（保磁力）が異なる２種類の磁石を回転子に配置して、保磁力の弱い磁石の磁束方向を外部からの電流で保磁力の強い磁石と逆向きにする構造である。このような構造

にすることにより、保磁力の弱い磁石の極性が反転し、保磁力の強い磁石より出た磁束が保磁力の弱い磁石に入ること、コイルに鎖交する磁束を少なくする。

[0006] 特許文献1、特許文献2には、固定子に巻くコイルを2つに分離し、回転速度が遅いときは2つを直列接続して用い、回転速度が速いときは2つのコイルを分断して半分だけ用いることで、コイルに鎖交する磁束を半分に低下させることができる。

[0007] 特許文献3には、固定子に巻くコイルを2つに分離し、回転速度が速いとき、かつ、低トルクのときには、巻き線を並列接続とし、回転速度が遅いとき、かつ、高トルクのときには、巻き線を直列接続にすることにより、コイルに鎖交する磁束を半分に低下させる技術が開示されている。

[0008] 特許文献4には、回転子に配置される磁石を回転可能にすることで、回転速度が遅いときには、コイルに対向した向きに磁石を配置して、回転速度が速いときには、コイルと平行な向きに磁石を配置する技術が開示されている。コイルに平行な向きに配置された磁石は、コイルから見て磁石の面積が少ないために、コイルに鎖交する磁束を少なくすることができる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第3596711号

特許文献2：特許第3968673号

特許文献3：特開2005-354807号公報

特許文献4：特許第3695344号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、弱め界磁制御では、弱め界磁電流を通電するために、通電電流値が増加し、銅損が発生して効率が低下するといった問題がある。また、磁石の磁束を打ち消す磁界は磁石にとっては反磁界となるために、磁石の

動作点が低下して、熱減磁しやすくなるといった問題がある。

[0011] 可変界磁構造では、保磁力の弱い磁石の極性を維持するために、連続的な電流を通電する必要がある、効率が低下するといった問題がある。また、保磁力の弱い磁石を配置するスペースが回転子上に必要となり、すべて保磁力の強い磁石のモータと比較して出力が低下するといった問題がある。さらには、保磁力の弱い磁石の極性を反転させるために、瞬間的に大電流を流す必要がある、インバータ容量が大きくなる、コイルの絶縁耐力を上げる必要がある、といった問題がある。

[0012] 特許文献1、特許文献2、特許文献3に開示された技術では、コイルを半分だけ用いている際に、電流を増加させることができないため、2つのコイルを接続して用いるときよりもトルクが半分になるといった問題がある。

[0013] 特許文献4に開示された技術では、磁石を回転させるための外部機構が必要となり、装置の大型化につながるといった問題がある。

[0014] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、永久磁石同期モータの技術分野において、装置を大型化することなく、一つのモータで複数の駆動特性を発揮し、出力範囲の拡大を図ることを解決課題とする。

課題を解決するための手段

[0015] 以上の課題を解決するため、本発明に係るステータティースは、ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記ステータティースの周囲に巻回された少なくとも2つの巻き線と、前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続された少なくとも一つのスイッチと、を備え、前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部にも接続自在である、ことを特徴とする（第1態様）。

[0016] また、本発明に係るステータは、ステータヨークと、前記ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースとを備えたステータであって、前記ステータティースの周囲に巻回された少なくとも2つの巻き線と、

前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の組の巻き線の端部に接続された少なくとも一つのスイッチと、を備え、前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部にも接続自在である、ことを特徴とする（第2態様）。

[0017] また、本発明に係る回転電機は、永久磁石を有するロータと、ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、前記各2つ巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている、ことを特徴とする（第3態様）。

[0018] さらに、本発明に係る回転電機の制御方法によれば、永久磁石を有するロータと、ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも低い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、他方の巻き線の端部とが接続されるように切り替え、前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも高い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続されるように切り替える、ことを特徴とする（第4

態様)。

[0019] 第1態様のステータティース、第2態様のステータ、第3態様の回転電機、第4態様の回転電機の制御方法によれば、スイッチの切り替えにより、ステータティースの周囲に巻回された巻き線の接続状態を、回転速度に応じて集中巻きと分布巻きとに自在に変えることができるので、装置を大型化することなく、一つのモータで複数の駆動特性を発揮し、出力範囲の拡大を図ることができる。

[0020] 第4態様の回転電機の制御方法において、回転速度の代わりにトルクに応じて集中巻きと分布巻きとに自在に変えるようにしてもよい(第5態様)。

この場合でも、装置を大型化することなく、一つのモータで複数の駆動特性を発揮し、出力範囲の拡大を図ることができる。

[0021] 本発明の第6態様として、各相において正の電圧を印加すべき巻き線間の接続を、所定の比率で断続的に切り替える場合には、負の電圧を印加すべき巻き線間の接続を常時接続とし、各相において負の電圧を印加すべき巻き線間の接続を、所定の比率で断続的に切り替える場合には、正の電圧を印加すべき巻き線間の接続を常時接続として、巻き線に印加する電圧を直流電圧から交流電圧としてもよい(第6態様)。

[0022] 第6態様の制御方法によれば、インバータを外部に接続する必要がなく、システムの小型化が実現可能である。

[0023] 本発明の第7態様として、各相における巻き線の接続状態を、前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、他方の巻き線の端部とが接続される集中巻き状態、または、2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続される分布巻き状態の2つの状態に、電圧目標値にしたがって時間的に細かく切り替えるように前記スイッチを切り替え、誘起電圧を正弦波にするようにしてもよい(第7態様)。

[0024] 第7態様の制御方法によれば、トルクリップルを減少させることができ、鉄損の減少を達成することができる。

[0025] 本発明の第8態様として、前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、前記スイッチを、前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続されるように切り替える場合には、各ステータティースにおいて異なる巻き線と接続されるように前記スイッチを切り替えると共に、各相に含まれる各巻き線の数が増えるように前記スイッチを切り替えるようにしてもよい（第8態様）。

[0026] 第8態様の制御方法によれば、ロータ側のコイル数とヨーク側のコイル数を等しくすることで、各相間のアンバランスを解消することができる。

[0027] 本発明の第9態様としては、前記第3態様において、前記ステータティースは、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも6つ以上設けられており、前記巻き線は、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回されており、前記スイッチは、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離すスイッチと、一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離すスイッチと、を備え、各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線は、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離すスイッチを備えている、ことを特徴とする（第9態様）。

[0028] 本発明の第10態様としては、本発明の回転電機の制御方法において、永久磁石を有するロータと、ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも6つ以上設けられたステータティースと、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回された巻き線

と、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離す第一のスイッチと、一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離す第二のスイッチと、を備え、各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線は、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離す第三のスイッチを備えている回転電機に、3相交流電流を供給する回転電機の制御方法であって、前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも低い場合には、前記第一のスイッチを、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続するように切り替える第一の接続態様と、前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも高い場合には、前記第一のスイッチを切り離し、前記第二のスイッチを、一つのステータティースの巻き線と、他のステータティースを接続するように切り替える第二の接続態様とを備え、前記第一の接続態様から前記第二の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、前記第一のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースの前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線をそれぞれ切り離し、前記いずれかの相の交流電流値が次にゼロになったことを検知した時に、前記第二のスイッチにより、その相のステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、さらに、他の複数のステータティースについても、各ステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、前記第三のスイッチにより、その相の交

流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを切り離すことによって行い、前記第二の接続態様から前記第一の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、上記の手順とは逆の手順により各巻き線の接続と切り離しを行うことを特徴とする（第10態様）。

[0029] 本発明の第11態様としては、本発明の回転電機の制御方法において、永久磁石を有するロータと、ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも6つ以上設けられたステータティースと、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回された巻き線と、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離す第一のスイッチと、一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離す第二のスイッチと、を備え、各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線は、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離す第三のスイッチを備えている回転電機に、3相交流電流を供給する回転電機の制御方法であって、前記回転電機に必要なトルクが所定の基準速度よりも高い場合には、前記第一のスイッチを、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続するように切り替える第一の接続態様と、前記回転電機に必要なトルクが所定の基準速度よりも低い場合には、前記第一のスイッチを切り離し、前記第二のスイッチを、一つのステータティースの巻き線と、他のステータティースを接続するように切り替える第二の接続態様とを備え、前記第一の接続態様から前記第二の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流

値がゼロになったことを検知した時に、前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、前記第一のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースの前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線をそれぞれ切り離し、前記いずれかの相の交流電流値が次にゼロになったことを検知した時に、前記第二のスイッチにより、その相のステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、さらに、他の複数のステータティースについても、各ステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを切り離すことによって行い、前記第二の接続態様から前記第一の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、上記の手順とは逆の手順により各巻き線の接続と切り離しを行うことを特徴とする（第11態様）。

[0030] 本発明の第9態様の回転電機、第10態様および第11態様の回転電機の制御方法によれば、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替えることにより、各相の電流の0になる期間から次に0になる期間までの期間に、共通巻線にはそれ以前の3倍の電流が流れることになり、各相の合計の電流としては、共通巻線の接続前と変わらない電流が流れるので、トルクリップルを発生させることがない。また、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行うことにより、切り替え時に電圧スパイクが発生せず、損失無しで巻線の切り替えが可能である。

[0031] 本発明の第12態様としては、前記第10態様および第11態様の回転電機の制御方法において、前記第一の接続態様と前記第二の接続態様とを、電

圧目標値にしたがって時間的に細かく切り替えるように前記スイッチを切り替え、誘起電圧を正弦波にすることを特徴とする（第１２態様）。

[0032] 第１２態様によれば、各相の電流が０になったタイミングで、前記第一の接続態様と前記第二の接続態様を切り替えるので、トルクリップルを発生させることがない。また、切り替え時に電圧スパイクが発生せず、損失無しで巻線の切り替えが可能である。

[0033] 本発明の第１３態様としては、前記第１態様のステータティースにおいて、前記スイッチは、ＭＯＳＦＥＴのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする（第１３態様）。

[0034] 本発明の第１４態様としては、前記第２態様のステータにおいて、前記スイッチは、ＭＯＳＦＥＴのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする（第１４態様）。

[0035] 本発明の第１５態様としては、前記第３態様または第５態様の回転電機において、前記スイッチは、ＭＯＳＦＥＴのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする（第１５態様）。

[0036] 本発明の第１６態様としては、前記第４態様、第６態様、または第７態様の回転電機の制御方法において、前記スイッチは、ＭＯＳＦＥＴのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする（第１６態様）。

[0037] 本発明の第１３態様のステータティース、第１４態様のステータ、第１５態様の回転電機、第１６態様の回転電機の制御方法によれば、双方向スイッチを用いるので、切り離すべき巻線間の接続を、確実に切り離すことができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図１]本発明の第１実施形態に係る永久磁石同期モータ１の構成を示す図である。

[図２]永久磁石同期モータ１のステータティースＡの構成を示す図である。

[図3]ステータティース A～F の各組のコイルとスイッチとの接続状態を示す図である。

[図4]ステータティース A～F の各コイルを集中巻きにした場合のコイルとスイッチとの接続状態を示す図である。

[図5]ステータティース A～F の各コイルが集中巻きになっていることを説明する図である。

[図6]ステータティース A～F の各コイルを分布巻きにした場合のコイルとスイッチとの接続状態を示す図である。

[図7]ステータティース A～F の各コイルが分布巻きになっていることを説明する図である。

[図8]永久磁石同期モータ 1 の制御装置の構成を示すブロック図である。

[図9]ステータティース A～F の各コイルを集中巻きにした場合の特性を示す図である。

[図10]ステータティース A～F の各コイルを分布巻きにした場合の特性を示す図である。

[図11]永久磁石同期モータ 1 の回転中にコイルを集中巻きから分布巻きに切り替えた場合の誘起電圧の変化を示す図である。

[図12]本発明の第 2 実施形態に係る集中巻き並列接続時の接続図である。

[図13]本発明の第 3 実施形態においてモータ駆動用三相インバータを説明するための図である。

[図14]インバータの駆動例を示す図である。

[図15]本発明の第 3 実施形態に係るモータ 1 の制御装置の構成を示すブロック図である。

[図16]本発明の第 3 実施形態に係るコイルとスイッチの接続状態を示す図である。

[図17]本発明の第 4 実施形態に係るコイルとスイッチの接続状態を示す図である。

[図18]本発明の第 5 実施形態に係る駆動範囲に応じたコイル接続状態の切り

替えを示す図である。

[図19]本発明の第6実施形態に係るコイルとスイッチの接続状態を示す図である。

[図20]各相に含まれる各組のコイル数が等しくなるようにした接続状態を示す図である。

[図21]図20のように接続した場合の、タータティースのロータ側に巻かれたコイルと、ステータヨーク側に巻かれたコイルとの、もれ磁束の影響の違いを示す図である。

[図22]本発明の第7実施形態におけるコイルとスイッチを示す図である。

[図23]本発明の第7実施形態における双方向スイッチを示す図である。

[図24]本発明の第7実施形態における双方向スイッチの制御回路を示す図である。

[図25]本発明の第8実施形態における回転電機に供給される3相交流電流の波形を示す図である。

[図26]本発明の第8実施形態における回転電機の回路図である。

[図27]本発明の第8実施形態における集中巻き駆動時の各相のコイルの接続状態を示す図である。

[図28]本発明の第8実施形態におけるW相の電流がゼロの時にW相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の2直列に切り替えた状態を示す図である。

[図29]本発明の第8実施形態におけるV相の電流がゼロの時にV相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の2直列に切り替えた状態を示す図である。

[図30]本発明の第8実施形態におけるU相の電流がゼロの時にU相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の2直列に切り替えた状態を示す図である。

[図31]本発明の第8実施形態におけるW相の電流がゼロの時にW相の巻線を共通巻線の2直列から分布巻き駆動に切り替えた状態を示す図である。

[図32]本発明の第8実施形態におけるV相の電流がゼロの時にV相の巻線を共通巻線の2直列から分布巻き駆動に切り替えた状態を示す図である。

[図33]本発明の第8実施形態におけるU相の電流がゼロの時にU相の巻線を

共通巻線の 2 直列から分布巻き駆動に切り替えた状態を示す図である。

[図34]本発明の第 8 実施形態における各相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の 2 直列に切り替えるまでの処理を示すフローチャートである。

[図35]本発明の第 8 実施形態における各相の巻線を共通巻線の 2 直列から分布巻き駆動に切り替えるまでの処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0039] 以下、この発明の好適な実施の形態を、添付図面等を参照しながら詳細に説明する。ただし、各図において、各部の寸法および縮尺は、実際のものと適宜に異ならせてある。また、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

[0040] [第 1 実施形態]

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る 2 極（1 極対）6 スロット（ステータティース数：6 個）の永久磁石同期モータの構成を示す図である。図 1 に示すように、永久磁石同期モータ 1 は、珪素鋼板等から形成されたステータヨーク 2 と、同じく珪素鋼板等から形成され、ステータヨーク 2 と一体に、または、ステータヨーク 2 に固定可能に構成された 6 個のステータティース A、B、C、D、E、F とから成るステータ 4 を備えている。また、6 個のステータティース A～F の内側には、N 極 5 と S 極 6 の永久磁石を外周部に備えたロータ 7 が回転可能に設けられている。

[0041] 6 個のステータティース A～F には、それぞれ 3 つのコイル 3 が巻回されている。図 2 は、1 個のステータティース A の構成を示す図である。図 2 に示すように、1 個のステータティース A には、コイル 3 が 1 つにつき所定回数ずつ巻回され、各コイル 3 は、スイッチ 8 を介して接続されている。

[0042] スイッチ 8 は、パワートランジスタ、ソリッドステートリレー等の半導体スイッチング素子を用いることができる。また、半導体スイッチング素子以外のスイッチを用いてもよい。さらに、図 2 の例では、スイッチ 8 をステー

タティース上に設けているが、本発明はこの例に限られるものではなく、モータ 1 の外部にスイッチ 8 を設けるようにしてもよい。

[0043] また、本実施形態では、1 個のステータティースの 1 つのコイル 3 が、隣接する 1 個のステータティースのいずれかのコイル 3 とスイッチ 8 を介して接続されている。図 3 は、本実施形態における各ステータティース A～F の各コイル 3 と、スイッチ 8 との接続状態を示す図である。

[0044] 図 3 に示すように、本実施形態では、各ステータティースの第 1 の（図 3 において最上部）コイルの端部に 2 個のスイッチが接続されている。また、第 2 の（図 3 において最上部から 2 番目）のコイルの端部に 2 個のスイッチが接続されている。つまり、一つのステータティースのコイルについて合計で 4 個のスイッチが接続されている。図 2 においてスイッチ 8 が 4 個示されているのは、この接続状態に対応させたものである。但し、上述したように、スイッチ 8 の取り付け位置は図 2 に示される位置に限定されるものではない。

[0045] 例えば、図 4 のように、各ステータティース A～F の第 1 のコイル 3 と第 2 のコイル 3 との間のスイッチ 8 をオン状態とし、各ステータティース A～F の第 2 のコイル 3 と第 3 のコイル 3 との間のスイッチ 8 をオン状態とする。他のスイッチ 8 はオフ状態とする。この場合には、図 5 に示すように、コイル 3 が集中巻きで巻回された状態となる。

[0046] また、図 6 のように、各ステータティース A～F の第 2 のコイル 3 と、反時計回りに隣接するステータティースの第 1 のコイル 3 との間のスイッチ 8 をオン状態とし、各ステータティース A～F の第 3 のコイル 3 と、反時計回りに隣接するステータティースの第 2 のコイル 3 との間のスイッチ 8 をオン状態とする。他のスイッチ 8 はオフ状態とする。この場合には、図 7 に示すように、コイル 3 が分布巻き（全節巻き）で巻回された状態となる。

[0047] 以上のように、本実施形態のモータ 1 は、スイッチ 8 のオン／オフの切り替えによって、各ステータティース A～F のコイル 3 の接続状態を制御することができる。本実施形態では、図 8 に示すような制御装置により、コイル

3の接続状態を制御している。

[0048] 図8に示すように、各スイッチ8にはスイッチ制御装置9が接続されており、スイッチ制御装置9には、モータ制御装置10が接続されている。モータ制御装置10は、各スイッチ8のオン／オフのパターンに応じたデータをスイッチ制御装置9に出力し、スイッチ制御装置9は、そのデータに基づいて各スイッチ8のオン／オフの切り替えを行う。

[0049] また、モータ制御装置10には、インバータ11が接続されており、インバータ11の出力は各ステータティースA～Fのコイル3の入力端に接続されている。本実施形態のインバータ11は、スイッチング素子6個を用いた三相出力インバータである。インバータ11は、モータ制御装置10からの制御信号に基づいてPWMスイッチングを行い、バッテリー12から供給される直流電流を三相交流に変換してコイル3に供給する。その結果、モータ1の回転速度の調整や出力トルクの調整が行われることになる。

[0050] なお、本実施形態では、三相のモータ1を用いているために、インバータ11についても三相出力のものを用いているが、本発明はこの例に限られるものではない。三相以上のモータを用いた場合には、適宜のインバータを用いればよい。

[0051] 例として、各ステータティースA～Fのコイル3の接続状態を集中巻きと分布巻きとに切り替えつつ、モータ1の回転速度の調整や出力トルクの調整を行う場合について説明する。まず、モータ制御装置10からスイッチ制御装置9にデータを出力して、各ステータティースA～Fにおける各コイル3間に接続されたスイッチ8をすべてオンにし、各ステータティースA～Fにおける各組のコイル3を図4に示すようにすべて直列に接続する。他のスイッチ8はオフにする。

[0052] この場合には、各ステータティースA～Fにおける3つのコイル3が直列で接続された集中巻きの状態になるために、鎖交磁束が1つのコイルの3倍となり、図9に示すように高トルクを実現できる。しかし、誘起電圧も大きくなるために、回転速度に制限がかかる。

[0053] 次に、モータ制御装置 10 からスイッチ制御装置 9 にデータを出力して、図 6 に示すように、隣接するステータティースにおけるコイル 3 間のスイッチ 8 をオンにして、隣接するステータティースにおけるコイル 3 を直列に接続する。各ステータティース A ~ F における各コイル 3 間に接続されたスイッチ 8 はすべてオフにする。

[0054] この場合には、分布巻きの状態となり、例えば U 相においては、ステータティース A とステータティース B とステータティース C のコイル 3 をそれぞれ一つずつ直列に接続するので、U 相の磁束はステータティース A とステータティース B とステータティース C の磁束の和となる。

[0055] その結果、1 つのコイルが互いに隣のステータティースのコイルと接続されているため、図 4 の場合に比べて巻き線数は $1/3$ であるが、巻き線の利用率（巻き線係数）が向上し、利用率が 2 倍となる。そのため、図 10 に示すように集中巻きの $2/3$ 倍のトルクとなり、かつ、誘起電圧が減少するため速度上限を上げることができる。図 11 は、回転中にコイルの接続状態を集中巻きから分布巻きに切り替えた際に誘起電圧が減少する状態を示すグラフである。

[0056] 以上から、本実施形態のモータ制御装置においては、コイルの巻回状態を、図 4 に示す集中巻きの状態と、図 6 に示す分布巻きの状態とに切り替えることにより、図 9 に示す特性と図 10 に示す特性の両方の特性を利用することができる。つまり、一つのモータでありながら、複数の駆動特性をもち、出力範囲を向上させることが可能である。また、両者がカバー可能な運転領域では効率の良い駆動方法を選択することにより、効率を向上させることが可能である。

実際の制御を行う場合には、モータ等の特性に応じて、回転速度またはトルクに所定の基準値を設定し、その基準値を閾値として、コイルの巻回状態を集中巻きの状態と分布巻きの状態とに切り替えるようにすればよい。

[0057] なお、本実施形態では、各ステータティースにおける第 1 と第 2 のコイルの一方の端部にそれぞれ 2 つのスイッチを設ける例について説明したが、本

発明はこの例に限定されるものではない。各組の両端にそれぞれスイッチを設けても良いし、第1と第2のコイルの前記一方の端部に1つのスイッチを設け、第2のコイルの他方の端部と第3のコイルの端部にも1つのスイッチを設けても良い。つまり、上述したようなコイルの接続状態の切り替えが実現できれば良く、スイッチの個数や取り付け位置には限定されることはない。

[第2実施形態]

[0058] 図12は、本発明の第2実施形態に係る集中巻き並列接続時の接続図である。一例として、U相のみの接続を示している。この例では、各ステータティースA～Fにおける3つのコイル3の両端部にスイッチ8を設け、3つのコイル3の両端部をすべて接続する。その結果、コイル3は並列接続の集中巻きの状態となる。

[0059] このように、コイル3を並列接続の集中巻きの状態とした場合には、図4に示す直列接続の集中巻きの場合と比較して、誘起電圧は $1/6$ となり、より高速運転が可能となる。また、コイルに流す電流は、コイルの径で決定されるが、この場合は、図4に示す直列接続の集中巻きの6倍の電流を流すことができるため、特許文献1、特許文献2のような無駄なコイルがなく、トルクの低下がない。さらに、図4に示す直列接続の集中巻きの場合と比較して、抵抗値も $1/6$ となるため、銅損の低減が可能であり、効率が向上する。

[0060] なお、本実施形態のコイルの接続状態を実現するためには、各ステータティースのコイルの両端にそれぞれ2つのスイッチを設けても良いし、第1の実施形態のスイッチの各コイルに対する接続状態を変更して、並列接続が可能になるようにしても良い。この場合には、図3においてスイッチと接続されていないコイルの端部に、新たに設けたスイッチを接続する必要がある。

[0061] [第3実施形態]

図13にモータ駆動用三相インバータの構成を示し、図14にこのインバータの簡単な駆動例として、120度通電方式のスイッチングパターンを示

す。本発明の第3の実施形態は、図15に示すように、モータ1の外部にインバータを設けることなく、スイッチ8のオン／オフによってこのインバータの機能を実現する実施形態である。

[0062] 具体的には、図16に示すように、ステータティースAの第3のコイル3と、ステータティースBの第2のコイル3と、ステータティースCの第1のコイル3とから形成されるU相の片端をプラス端子に接続する。また、ステータティースCの第1のコイル3の方端を中性点に接続する。さらに、ステータティースEの第3のコイル3と、ステータティースFの第2のコイル3と、ステータティースAの第1のコイル3とから形成されるV相の片端を、マイナス端子に接続する。

[0063] このような接続状態で、図14に示す60度から120度の区間では、図12のスイッチU+に相当するスイッチ8のオン／オフをある比率で繰り返し、PWMスイッチングを行う。また、図13のスイッチV-に相当するスイッチ8はオンとする。

[0064] つまり、ステータティースAの第3のコイル3と、ステータティースBの第2のコイル3とを接続するスイッチ8、および、ステータティースBの第2のコイル3とステータティースCの第1のコイル3とを接続するスイッチ8のオン／オフをある比率で繰り返し、PWMスイッチングを行う。

[0065] ステータティースEの第3のコイル3と、ステータティースFの第2のコイル3とを接続するスイッチ8、および、ステータティースFの第2のコイル3とステータティースAの第1のコイル3とを接続するスイッチ8はオンとする。

[0066] このような制御を行うことにより、図14に示す60度から120度の区間では、電流は、直流電源プラス端子からU+、ステータティースAの第3のコイル3、ステータティースBの第2のコイル3、ステータティースCの第1のコイル3、中性点、ステータティースAの第1のコイル3、ステータティースFの第2のコイル3、ステータティースEの第3のコイル3、V-、マイナス端子の順序で流れることになる。

[0067] このように、本実施形態によれば、モータ1の外部にインバータを設けることなく、所定の区間に所定のスイッチ8をPWMスイッチングおよびオン状態とすることにより、インバータの機能を実現することができる。したがって、システムの小型化が実現できる。

[第4実施形態]

[0068] 図17に各相でコイル3を異なる接続状態とした本発明の第4の実施形態を示す。例えば、V相の誘起電圧を減らしたい場合には、図17に示すような接続方法により、V相では6つのコイルのうち、ステータティースCの第3のコイル3と、ステータティースFの第3のコイル3との2つのコイルしか磁束が鎖交しないことになる。

[0069] また、図16の例では、U相では、ステータティースAの第3および第2のコイル3と、ステータティースDの第2および第3のコイル3との4つのコイルに磁束が鎖交する。

[0070] さらに、W相では、ステータティースEのすべてのコイル3と、ステータティースBのすべてのコイル3との6つのコイルに磁束が鎖交している。

[0071] このように、コイルの接続方法を要求に合わせて時間的に細かく切り替えることで、誘起電圧を正弦波にすることが可能となる。

[0072] 誘起電圧を正弦波にすることで、正弦波電流の通電によりトルクリップルの減少や鉄損の減少が可能となる。また、逆に、各相で独立に高調波を発生させることもできるため、例えば、トルクのピーク値を向上させることも可能である。

[0073] なお、本実施形態のコイルの接続状態を実現するためには、各ステータティースの第2のコイルの端部のうち、隣接する他のステータティースの第1のコイルの端部に接続される端部が、同一のステータティースの第1のコイルの対応する端部に接続されるように、スイッチの接続状態を変更するか、あるいは、スイッチを増設すればよい。また、同様に、各ステータティースの第3のコイルの端部のうち、隣接する他のステータティースの第2のコイルの端部に接続される端部が、同一のステータティースの第2のコイルの対

応する端部に接続されるように、スイッチの接続状態を変更するか、あるいは、スイッチを増設すればよい。

[0074] [第5実施形態]

以上から、任意のコイル接続状態により、任意の特性を出力できることが示された。図18に駆動範囲に応じてコイル接続状態を切り替えた本発明の第5の実施形態の構成例を示す。

[0075] 図18に示すように、本実施形態では、低速高トルク領域では全節巻き（分布巻き）、高速低トルク領域では集中巻き、その間では分布巻きの直列、並列を切り替えて実施する。その結果、1つのモータでは実現できない出力範囲が出力可能となる。切り替え方は図17の例に限ったことなく、それぞれのモータ構成によって適切に選択できる。

[0076] [第6実施形態]

図19および図20に本発明の第6の実施形態のコイルの接続構成を示す。図20に示すようなコイルの接続を行うと、図21に示すように、ステータティースのロータ側に巻かれたコイル3は、ステータヨーク側に巻かれたコイル3よりも、もれ磁束の影響が大きくなってしまう。その結果、各相間のアンバランスが生じてしまう。

[0077] そこで、本実施形態は、図19に示すように、隣接するステータティースのコイルと接続する場合には、それぞれ異なるコイルと接続し、各相に含まれる各組のコイル数を等しくするようにする。

[0078] 図19に示す例では、隣接するステータティース間でのコイルがそれぞれ異なっており、各相において、第1のコイル、第2のコイル、第3のコイルの数は、いずれも2つになっている

[0079] 本実施形態によれば、ロータ側のコイル数と、ステータヨーク側のコイル数を等しくすることができるので、各相間のアンバランスを解消することができる。

[0080] なお、上述した各実施形態においては、一つのステータティースのコイルと他のステータティースのコイルとの接続をスイッチによって行う場合には

、隣接するステータティースのコイルとの接続を行う場合のみについて説明した。しかしながら、本発明はこのような場合に限られるものではなく、さらに多くのスイッチを設けて、様々な組み合わせでコイルを接続するようにしてもよい。

[0081] また、上述した各実施形態では、一つのステータティースの3つのコイルが巻回されている場合について説明したが、本発明はこのような場合に限られるものではない。一つのステータティースに少なくとも2つのコイルが巻回されていればよく、3つ以上であっても構わない。

[0082] さらに、上述した各実施形態では、各コイルの間に一つのスイッチを設ける場合について説明したが、本発明はこのような場合に限られるものではない。各コイルの両端にスイッチを設けてもよいし、適宜変更が可能である。

[0083] また、本発明においては、ステータヨークとステータティースが一体となったステータにおけるステータティースにコイルを巻回しても良いし、ステータティースにコイルを巻回した後に、ステータティースをステータヨークに結合するようにしても良い。つまり、本発明は、上述のようにコイルが巻回されて上述のようなスイッチを有するステータティースとして、また、このようなステータティースを備えたステータとして、さらには、このようなステータを備えたモータとして、それぞれ実現することができる。

[0084] [第7実施形態]

次に、図22ないし図24に基づいて、本発明の第7の実施形態について説明する。

本実施形態は、一つステータティースに巻回された隣接するコイル間の接続状態を切り換えるスイッチ、あるいは、隣接するステータティースのそれぞれに巻回されたコイル間の接続状態を切り換えるスイッチを、MOSFETで構成された双方向スイッチ (Bi-directional Switch) で構成した例である。

[0085] 図22に示すコイル3aとコイル3bは、一つステータティースに巻回された隣接する二つコイル、あるいは、一のステータティースに巻回されたコ

イルと、そのステータティースに隣接するステータティース巻回されたコイルとを示している。双方向スイッチ 8' の一端は、コイル 3 a の一端に接続され、双方向スイッチ 8' の他端は、コイル 3 b の一端に接続されている。

[0086] 図 2 3 は、双方向スイッチ 8' の構成を示す図である。図 2 3 に示すように、本実施形態の双方向スイッチ 8' は、N 型の MOSFET 20 と、もう一つの N 型の MOSFET 21 とから構成されている。N 型の MOSFET 20 のソース端子 S と、N 型の MOSFET 21 のソース端子 S は互いに接続されている。また、N 型の MOSFET 20 のドレイン端子 D は、コイル 3 a の一端に接続され、N 型の MOSFET 21 のドレイン端子 D は、コイル 3 b の一端に接続されている。

また、図 2 3 に示すように、N 型の MOSFET 20 には寄生ダイオード 20 a が形成されており、N 型の MOSFET 21 には寄生ダイオード 21 a が形成されている。

[0087] 図 2 4 は、双方向スイッチ 8' , 8'' の制御回路を示す図である。図 2 4 に示すように、双方向スイッチ 8' の MOSFET 20 と MOSFET 21 のゲート端子は、ゲート抵抗 R_g を介してスイッチ制御装置 9 に接続されている。MOSFET 20 と MOSFET 21 のソース端子は、電流遮断抵抗 R_b を介して接地されている。同様に、双方向スイッチ 8'' の MOSFET 20' と MOSFET 21' のゲート端子は、ゲート抵抗 R_g を介してスイッチ制御装置 9 に接続されている。MOSFET 20' と MOSFET 21' のソース端子は、電流遮断抵抗 R_b を介して接地されている。

[0088] なお、スイッチ制御装置 9 は、図 2 4 における図示を省略するが、図 8 または図 1 5 に示すようなモータ制御装置 10 と接続されており、モータ制御装置 10 から出力される制御データに基づいて、MOSFET のオン／オフを切り替えるようになっている。

[0089] 次に、図 2 2 ないし図 2 4 に基づいて、本実施形態の回路の動作について説明する。一例として、双方向スイッチ 8' をオン状態にして、双方向スイッチ 8'' をオフ状態にする場合について説明する。

- [0090] スイッチ制御装置 9 により、MOSFET 20 と MOSFET 21 のゲート端子に High レベルの電圧を印加し、MOSFET 20 ‘と MOSFET 21’ のゲート端子には Low レベルの電圧を印加する。
- [0091] その結果、MOSFET 20 と MOSFET 21 はオン状態になり、MOSFET 20 ‘と MOSFET 21’ はオフ状態になる。
- [0092] 各コイルには、交流電流が流れるが、まず、コイル 3 a からコイル 3 b の方向に電流が流れる場合には、電流は、コイル 3 a から MOSFET 20 のドレイン端子に入力され、オン状態の MOSFET 20 に形成されたチャンネルを通り、MOSFET 20 のソース端子に至る。
- [0093] さらに、電流は、MOSFET 21 のソース端子に入力され、MOSFET 21 の寄生ダイオード 21 a を介してコイル 3 b に流れることになる。
- [0094] 次に、コイル 3 b からコイル 3 a の方向に電流が流れる場合には、電流は、コイル 3 b から MOSFET 21 のドレイン端子に入力され、オン状態の MOSFET 21 に形成されたチャンネルを通り、MOSFET 21 のソース端子に至る。
- [0095] さらに、電流は、MOSFET 20 のソース端子に入力され、MOSFET 20 の寄生ダイオード 20 a を介してコイル 3 a に流れることになる。
- [0096] オフ状態の MOSFET 20 ‘と MOSFET 21’ については、各 MOSFET にチャンネルが形成されていないので、コイルに電流が流れることはない。また、MOSFET 20 ‘と MOSFET 21’ に形成されている寄生ダイオードは、どちらのコイルに対しても逆方向となるように形成されているので、コイルに電流が流れることはない。
- [0097] 仮に、このコイル間のスイッチを、双方向スイッチを用いることなく、単体の MOSFET で構成した場合には、MOSFET がオフ状態であるにも拘わらず、MOSFET に形成された寄生ダイオードにより、どちらかの方向には電流が流れてしまうことがある。
- [0098] しかしながら、本実施形態においては、上述したように、コイル間のスイッチとして双方向スイッチを用いたので、コイルの接続と切り離しを確実に

制御することが可能となる。

[0099] なお、ゲート抵抗 R_g は、 $MOSFET\ 20'$ と $MOSFET\ 21'$ のオン／オフのスイッチング速度を調整するための抵抗で、使用する $MOSFET$ の特性に応じて抵抗値が設定される。具体的には、数 Ω 程度になる。

[0100] 電流遮断抵抗 R_b は、オン状態にある双方向スイッチからの電流が、接地ラインを通じてオフ状態にある双方向スイッチに流れ、さらに、そのオフ状態にある双方向スイッチに接続されているコイルに流れてしまうことを防止するために設けられている。

[0101] 例えば、双方向スイッチ $8'$ の $MOSFET\ 20$ と $MOSFET\ 21$ がオン状態にあり、電流が、コイル $3a$ から、 $MOSFET\ 20$ および $MOSFET\ 21$ を介してコイル $3b$ に流れている場合を考える。

[0102] この場合に、電流遮断抵抗 R_b がなかったとすると、電流は、 $MOSFET\ 20$ のソース端子から $MOSFET\ 21$ のソース端子へと流れるだけでなく、接地ラインを介して、オフ状態にある双方向スイッチ $8'$ の $MOSFET\ 21'$ の寄生ダイオードへと流れ、 $MOSFET\ 21'$ に接続されているコイルに流れてしまう。

[0103] しかしながら、電流遮断抵抗 R_b を設けることにより、 $MOSFET\ 20$ のソース端子から接地ラインへと流れる電流を遮断することができ、上述のような不具合の発生を防止することができる。

[0104] 電流遮断抵抗 R_b は、このような目的で利用されるため、数 $M\Omega$ のものが用いられる。

[0105] $MOSFET$ としては、シリコン (Si) ベースのものを用いても良いが、シリコンカーバイド (SiC) ベースや、ガリウムナイトライド (GaN) ベースのものを用いれば、抵抗が下がり、より大きな電流を流すことができる。

[0106] また、本実施形態の双方向スイッチは、上述したいずれの実施形態のスイッチにも適用可能である。

さらに、本実施形態は、 N 型の $MOSFET$ を用いた例について説明した

が、P型のMOSFETを用いてもよい。

[0107] [第8実施形態]

次に、図25ないし図35に基づいて、本発明の第8実施形態について説明する。本実施形態は、各相の電流が0になる期間以外の期間において、ステータティースのいずれのコイルにも電流が流れない期間を発生させることなく、本発明のモーターを集中巻き駆動から分布巻き駆動に切り替える方法に関するものである。

[0108] 図25は、120度通電駆動時に、本発明のモーターの各相に供給される電流の波形を示す図である。図25において、点線で表した波形は、U相に流れる電流 I_u である。また、太い実線で表した波形は、V相に流れる電流 I_v である。そして、細い実線で表した波形は、W相に流れる電流 I_w である。

[0109] 図25に示すように、各相の電流は、電気角1周期で1～V1の6回の電流0期間がある。そこで、本実施形態では、1～IIIの準備期間において、集中巻きを構成している各コイル間の接続を切り離すと共に、集中巻きと分布巻きとで共通の巻線となる共通巻線を接続し、IV～V1の切り替え期間において、分布巻きを構成するように各コイルを接続すると共に、上記共通巻線を切り離す。

[0110] 図26は、本実施形態のモーターの回路図である。図26に示すように、U相の電流が流れるステータティースAとステータティースDには、それぞれ、コイル3A-1、3A-2、3A-3、および、コイル3D-1、3D-2、3D-3の3個ずつのコイルが巻回されている。

[0111] コイル3A-1とコイル3A-2の接続と切り離しは、スイッチ8A-1により行われ、コイル3A-2とコイル3A-3の接続と切り離しは、スイッチ8A-2により行われる。

同様に、3D-1とコイル3D-2の接続と切り離しは、スイッチ8D-1により行われ、コイル3D-2とコイル3D-3の接続と切り離しは、ス

イッチ 8 D-2 により行われる。

[0112] また、V相の電流が流れるステータティースCとステータティースFには、それぞれ、コイル 3 C-1、3 C-2、3 C-3、および、コイル 3 F-1、3 F-2、3 F-3 の3個ずつのコイルが巻回されている。

[0113] コイル 3 C-1 とコイル 3 C-2 の接続と切り離しは、スイッチ 8 C-1 により行われ、
コイル 3 C-2 とコイル 3 C-3 の接続と切り離しは、スイッチ 8 C-2 により行われる。

同様に、3 F-1 とコイル 3 F-2 の接続と切り離しは、スイッチ 8 F-1 により行われ、コイル 3 F-2 とコイル 3 F-3 の接続と切り離しは、スイッチ 8 F-2 により行われる。

[0114] さらに、W相の電流が流れるステータティースEとステータティースBには、それぞれ、コイル 3 E-1、3 E-2、3 E-3、および、コイル 3 B-1、3 B-2、3 B-3 の3個ずつのコイルが巻回されている。

[0115] コイル 3 E-1 とコイル 3 E-2 の接続と切り離しは、スイッチ 8 E-1 により行われ、
コイル 3 E-2 とコイル 3 E-3 の接続と切り離しは、スイッチ 8 E-2 により行われる。

同様に、3 B-1 とコイル 3 B-2 の接続と切り離しは、スイッチ 8 B-1 により行われ、コイル 3 B-2 とコイル 3 B-3 の接続と切り離しは、スイッチ 8 B-2 により行われる。

[0116] また、ステータティースAのコイルとステータティースBのコイルとの接続と切り離しは、スイッチ 8 A B-1 とスイッチ 8 A B-2 により行われる。

ステータティースBのコイルとステータティースCのコイルとの接続と切り離しは、スイッチ 8 B C-1 とスイッチ 8 B C-2 により行われる。

[0117] ステータティースCのコイルとステータティースDのコイルとの接続と切り離しは、スイッチ 8 C D-1 とスイッチ 8 C D-2 により行われる。

ステータティースDのコイルとステータティースEのコイルとの接続と切り離しは、スイッチ8DE-1とスイッチ8DE-2により行われる。

[0118] ステータティースEのコイルとステータティースFのコイルとの接続と切り離しは、スイッチ8EF-1とスイッチ8EF-2により行われる。

なお、図26には図示を省略するが、ステータティースFのコイルとステータティースGのコイルとの接続と切り離しも、同様に二つのスイッチにより行われる。

[0119] 本実施形態においては、集中巻きと分布巻きとで共通に使用される共通巻線の間、スイッチSc1、Sc2、Sc3を設け、共通巻線の接続と切り離しを行っている。

[0120] 具体的には、共通巻線であるスイッチ3A-1とスイッチ3D-1の接続と切り離しは、スイッチSc1により行う。また、共通巻線であるスイッチ3B-1とスイッチ3E-1の接続と切り離しは、スイッチSc2により行う。そして、共通巻線であるスイッチ3C-1とスイッチ3F-1の接続と切り離しは、スイッチSc3により行う。

[0121] 図26に示すように、各ステータティースのコイルを直列に接続した集中巻きの状態が、本実施形態における切り替え前の状態で、電流は、ハッチングを付した矢印のように流れる。図26では、U相に流れる電流の例を示している。

[0122] U相に流れる電流は、図25に示すように、準備期間のIIIの期間において電流0期間となる。そこで、本実施形態では、この電流0期間において、スイッチ8A-1 8A-2、8D-2、8D-1をオフ状態とし、直列接続されていた6個のコイル、3A-1、3A-2、3A-3、3D-3、3D-2、3D-1を切り離す。

[0123] また、スイッチSc1をオン状態とすることにより、共通巻線の3A-1と3D-1を接続する。このように共通巻線を接続することにより、図25に示すIIIの期間以降のマイナスの電流が流れる期間において、共通巻線には、IIIの期間前の3倍の電流が流れることになる。

- [0124] 次に、図 25 に示すように、U 相の電流は、切替期間の VI の期間において電流 0 期間となる。そこで、この期間に、ステータティース A、B、C、F、E、D の各コイルを接続するために、スイッチ 8AB-1、8BC-1、8EF-1、8DE-1 をオン状態にする。
- [0125] そして、スイッチ Sc1 をオフ状態とすることにより、共通巻線の 3A-1 と 3D-1 を切り離す。
- [0126] このように各ステータティースのコイルを接続した状態が分布巻きの状態で、図 26 においてドットで示した矢印のように電流が流れることになる。
- [0127] 以下、同様にして各相において、集中巻きから分布巻きへと切り替え行う。
- [0128] 本実施形態では、以上のように、各相の電流が 0 のときに、集中巻きから分布巻きへの切り替えを行っているので、切り替え時に電圧スパイクが発生せず、損失無しで巻線の切り替えが可能である。
- [0129] また、切り替え前においては、共通巻線を接続するようにしたので、各相の電流が 0 になる期間から次に 0 になる期間までの期間に、共通巻線にはそれ以前の 3 倍の電流が流れることになり、各相の合計の電流としては、共通巻線の接続前と変わらない電流が流れるので、トリルリップルを発生させることがない。
- [0130] 以下、図 27～図 33 の巻線の接続状態を示す図と、図 34 と図 35 のフローチャートに基づいて、本実施形態の集中巻きから分布巻きへの切り替え方法についてより詳細に説明する。
- [0131] [3 相全ての巻線を 2 直列に切り替えるステップ：例 1]
- まず、図 27 に示すように、集中巻き駆動 (Concentrated Winding Drive : CWD) が行われており、図 8 または図 15 に示すようなモータ制御装置 10 から切り替え指令が出力された場合について説明する。なお、図 27 に示す集中巻き駆動が行われている場合には、図 27 に矢印で示すように各相の電流が流れている。
- [0132] まず、切り替え指令を入力すると (ステップ S1)、U 相の電流が 0 かど

うか（ステップS 2）、あるいは、V相の電流が0かどうか（ステップS 3）、もしくは、W相の電流が0かどうかを判断する（ステップS 4）。

[0133] 例えば、図25に示す t_0 のタイミングのように、W相の電流が0になった場合には（ステップS 4：YES）、スイッチ8B-1とスイッチ8B-2、および、スイッチ8E-2とスイッチ8E-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc2をオン状態にして、W相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3B-1とコイル3E-1の2直列に切り替える（ステップS 5）。

[0134] この状態では、各相の巻線の接続状態は図28のようになっており、図28に矢印で示すように電流が流れている。

[0135] 次に、U相の電流が0かどうか（ステップS 10）、あるいは、V相の電流が0かどうか（ステップS 6）を判断する。例えば、図25に示す t_1 のタイミングのように、V相の電流が0になった場合には（ステップS 6：YES）、スイッチ8C-1とスイッチ8C-2、および、スイッチ8F-2とスイッチ8F-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc3をオン状態にして、V相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3C-1とコイル3F-1の2直列に切り替える（ステップS 7）。

[0136] この状態では、各相の巻線の接続状態は図29のようになっており、図29に矢印で示すように電流が流れている。

[0137] 次に、U相の電流が0かどうか（ステップS 8）を判断し、例えば、図25に示す t_2 のタイミングのように、U相の電流が0になった場合には（ステップS 8：YES）、スイッチ8A-1とスイッチ8A-2、および、スイッチ8D-2とスイッチ8D-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc1をオン状態にして、U相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3A-1とコイル3D-1の2直列に切り替える（ステップS 9）。

[0138] 以上のようにして、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替える。この状態では、各相の巻線の接続状態は図30のようになっており、図30に矢印で示すように電流が流

れている。

[0139] [3相全ての巻線を2直列に切り替えるステップ：例2]

また、W相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の2直列に切り替えた後に（ステップS5）、U相の電流が0になった場合には（ステップS10：YES）、スイッチ8A-1とスイッチ8A-2、および、スイッチ8D-2とスイッチ8D-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc1をオン状態にして、U相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3A-1とコイル3D-1の2直列に切り替える（ステップS11）。

[0140] 次に、V相の電流が0かどうかを判断し（ステップS12）、V相の電流が0になった場合には（ステップS12：YES）、スイッチ8C-1とスイッチ8C-2、および、スイッチ8F-2とスイッチ8F-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc3をオン状態にして、V相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3C-1とコイル3F-1の2直列に切り替える（ステップS13）。

[0141] 以上のようにして、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替える。

[0142] [3相全ての巻線を2直列に切り替えるステップ：例3]

切り替え指令を入力した後に（ステップS1）、例えば、図25に示すt1のタイミングでV相の電流が0になった場合には（ステップS3：YES）、スイッチ8C-1とスイッチ8C-2、および、スイッチ8F-2とスイッチ8F-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc3をオン状態にして、V相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル3C-1とコイル3F-1の2直列に切り替える（ステップS14）。

[0143] 次に、U相の電流が0かどうか（ステップS15）、または、W相の電流が0かどうかを判断し（ステップ19）、図25に示すt2のタイミングでU相の電流が0になった場合には（ステップS15：YES）、スイッチ8A-1とスイッチ8A-2、および、スイッチ8D-2とスイッチ8D-1をオフ状態にすると共に、スイッチSc1をオン状態にして、U相の巻線を、

集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 A - 1 とコイル 3 D - 1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 1 6）。

[0144] そして、W相の電流が 0 になったかどうかを判断し（ステップ S 1 7）、W相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 1 7 : Y E S）、スイッチ 8 B - 1 とスイッチ 8 B - 2、および、スイッチ 8 E - 2 とスイッチ 8 E - 1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 2 をオン状態にして、W相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 B - 1 とコイル 3 E - 1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 1 8）。

[0145] 以上のようにして、各相の電流が 0 になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の 2 直列に切り替える。

[0146] [3 相全ての巻線を 2 直列に切り替えるステップ : 例 4]

また、V相の巻線を集中巻き駆動から共通巻線の 2 直列に切り替えた後に（ステップ S 1 4）、W相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 1 9 : Y E S）、スイッチ 8 B - 1 とスイッチ 8 B - 2、および、スイッチ 8 E - 2 とスイッチ 8 E - 1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 2 をオン状態にして、W相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 B - 1 とコイル 3 E - 1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 0）。

[0147] そして、U相の電流が 0 になったかどうかを判断し（ステップ S 2 1）、U相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 2 1 : Y E S）、スイッチ 8 A - 1 とスイッチ 8 A - 2、および、スイッチ 8 D - 2 とスイッチ 8 D - 1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 1 をオン状態にして、U相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 A - 1 とコイル 3 D - 1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 2）。

[0148] 以上のようにして、各相の電流が 0 になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の 2 直列に切り替える。

[0149] [3 相全ての巻線を 2 直列に切り替えるステップ : 例 5]

切り替え指令を入力した後に（ステップ S 1）、例えば、図 2 5 に示す t2 のタイミングで U 相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 2 : Y E S）

、スイッチ 8 A-1 とスイッチ 8 A-2、および、スイッチ 8 D-2 とスイッチ 8 D-1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 1 をオン状態にして、U 相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 A-1 とコイル 3 D-1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 3）。

[0150] 次に、W 相の電流が 0 かどうか（ステップ S 2 4）、V 相の電流が 0 かどうかを判断し（ステップ S 2 8）、W 相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 2 4 : Y E S）、スイッチ 8 B-1 とスイッチ 8 B-2、および、スイッチ 8 E-2 とスイッチ 8 E-1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 2 をオン状態にして、W 相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 B-1 とコイル 3 E-1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 5）。

[0151] そして、V 相の電流が 0 かどうかを判断し（ステップ S 2 6）、V 相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 2 6 : Y E S）、スイッチ 8 C-1 とスイッチ 8 C-2、および、スイッチ 8 F-2 とスイッチ 8 F-1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 3 をオン状態にして、V 相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 C-1 とコイル 3 F-1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 7）。

[0152] 以上のようにして、各相の電流が 0 になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の 2 直列に切り替える。

[0153] [3 相全ての巻線を 2 直列に切り替えるステップ : 例 6]

U 相の巻線を集中巻線駆動から共通巻線の 2 直列駆動に切り替えた後に（ステップ S 2 3）、V 相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 2 8 : Y E S）、スイッチ 8 C-1 とスイッチ 8 C-2、および、スイッチ 8 F-2 とスイッチ 8 F-1 をオフ状態にすると共に、スイッチ S c 3 をオン状態にして、V 相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル 3 C-1 とコイル 3 F-1 の 2 直列に切り替える（ステップ S 2 9）。

[0154] そして、W 相の電流が 0 かどうかを判断し（ステップ S 3 0）、W 相の電流が 0 になった場合には（ステップ S 3 0 : Y E S）、スイッチ 8 B-1 とスイッチ 8 B-2、および、スイッチ 8 E-2 とスイッチ 8 E-1 をオフ状

態にすると共に、スイッチ S_{c2} をオン状態にして、W相の巻線を、集中巻き駆動から、共通巻線のコイル $3B-1$ とコイル $3E-1$ の2直列に切り替える（ステップ S_{31} ）。

[0155] 以上のようにして、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替える。

[0156] [3相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ：例1]

以上に説明した何れかの例のように、3相全ての巻線を共通巻線の2直列に切り替えた後は、U相電流が0かどうか（ステップ S_{40} ）、または、V相電流が0かどうか（ステップ S_{41} ）、あるいは、W相電流が0かどうかを判断する（ステップ S_{42} ）。

[0157] 図25に示すタイミング t_3 のようにW相の電流が0になったと判断すると（ステップ S_{42} : YES）、スイッチ S_{c2} をオフ状態にして、共通巻線のコイル $3B-1$ とコイル $3E-1$ の2直列を切り離す。そして、スイッチ $8B_{C-1}$ とスイッチ $8C_{D-2}$ 、および、スイッチ $8F_{A-2}$ （図25には図示せず）と $8E_{F-1}$ をオン状態にしてW相を分布巻き駆動にする（ステップ S_{43} ）。

[0158] この状態の各相の巻線の接続状態は図31に示すようになっており、電流は図31に矢印で示すように流れている。

[0159] 次に、U相の電流が0かどうか（ステップ S_{48} ）、または、V相の電流が0かどうかを判断し（ステップ S_{44} ）、図25に示すタイミング t_4 のように、V相の電流が0になった場合には（ステップ S_{44} : YES）、スイッチ S_{c3} をオフ状態にして、共通巻線のコイル $3C-1$ とコイル $3F-1$ の2直列を切り離す。そして、スイッチ $8C_{D-1}$ とスイッチ $8D_{E-2}$ 、および、スイッチ $8A_{B-2}$ と $8F_{A-1}$ （図25には図示せず）をオン状態にしてV相を分布巻き駆動にする（ステップ S_{45} ）。

[0160] この状態の各相の巻線の接続状態は図32に示すようになっており、電流は図32に矢印で示すように流れている。

[0161] 次に、U相の電流が0かどうかを判断し（ステップ S_{46} ）、図25に示

すタイミング t_5 のように、U相の電流が0になった場合には（ステップS 4 6 : Y E S）、スイッチS c 1 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 A - 1 とコイル3 D - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 A B - 1 とスイッチ8 B C - 2、および、スイッチ8 E F - 2 と8 D E - 1 をオン状態にしてU相を分布巻き駆動にする（ステップS 4 7）。

[0162] 以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っている。この状態の各相の巻線の接続状態は図33に示すようになっており、電流は図33に矢印で示すように流れている。

[0163] 以上のように、本実施形態によれば、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替えるようにしたので、各相の電流の0になる期間から次の0になる期間までの期間に、共通巻線にはそれ以前の3倍の電流が流れることになり、各相の合計の電流としては、共通巻線の接続前と変わらない電流が流れるので、トルクリップルを発生させることがない。

[0164] また、本実施形態では、以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っているので、切り替え時に電圧スパイクが発生せず、損失無しで巻線の切り替えが可能である。

[0165] [3相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ：例2]

W相の巻線を2直列から分布巻き駆動に切り替えた後に（ステップS 4 3）、U相の電流が0になった場合には（ステップS 4 8 : Y E S）、スイッチS c 1 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 A - 1 とコイル3 D - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 A B - 1 とスイッチ8 B C - 2、および、スイッチ8 E F - 2 と8 D E - 1 をオン状態にしてU相を分布巻き駆動にする（ステップS 4 9）。

[0166] 次に、V相の電流が0になったかどうかを判断し（ステップS 5 0）、V相の電流が0になった場合には（ステップS 5 0 : Y E S）、スイッチS c 3 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 C - 1 とコイル3 F - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 C D - 1 とスイッチ8 D E - 2、および、

スイッチ 8 A B - 2 と 8 F A - 1 (図 2 5 には図示せず) をオン状態にして V 相を分布巻き駆動にする (ステップ S 5 1)。

[0167] 以上のように、各相の電流が 0 のときに、2 直列から分布巻きへの切り替えを行っている。

[0168] [3 相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ: 例 3]

3 相全ての巻線を 2 直列に切り替えた後に、図 2 5 に示す t4 のタイミングのように V 相の電流が 0 になった場合には (ステップ S 4 1: Y E S)、スイッチ S c 3 をオフ状態にして、共通巻線のコイル 3 C - 1 とコイル 3 F - 1 の 2 直列を切り離す。そして、スイッチ 8 C D - 1 とスイッチ 8 D E - 2、および、スイッチ 8 A B - 2 と 8 F A - 1 (図 2 5 には図示せず) をオン状態にして V 相を分布巻き駆動にする (ステップ S 5 2)。

[0169] 次に、U 相の電流が 0 かどうか (ステップ S 5 3)、または、W 相の電流が 0 かどうかを判断し (ステップ S 5 7)、図 2 5 に示すタイミング t5 のように U 相の電流が 0 になった場合には (ステップ S 5 3: Y E S)、スイッチ S c 1 をオフ状態にして、共通巻線のコイル 3 A - 1 とコイル 3 D - 1 の 2 直列を切り離す。そして、スイッチ 8 A B - 1 とスイッチ 8 B C - 2、および、スイッチ 8 E F - 2 と 8 D E - 1 をオン状態にして U 相を分布巻き駆動にする (ステップ S 5 4)。

[0170] そして、W 相の電流が 0 かどうかを判断し (ステップ S 5 5)、W 相の電流が 0 になった場合には (ステップ S 5 5: Y E S)、スイッチ S c 2 をオフ状態にして、共通巻線のコイル 3 B - 1 とコイル 3 E - 1 の 2 直列を切り離す。そして、スイッチ 8 B C - 1 とスイッチ 8 C D - 2、および、スイッチ 8 F A - 2 (図 2 5 には図示せず) と 8 E F - 1 をオン状態にして W 相を分布巻き駆動にする (ステップ S 5 6)。

[0171] 以上のように、各相の電流が 0 のときに、2 直列から分布巻きへの切り替えを行っている。

[0172] [3 相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ: 例 4]

V 相の巻線を 2 直列から分布巻き駆動に切り替えた後に (ステップ S 5 2

）、W相の電流が0になった場合には(ステップS 5 7 : Y E S)、スイッチ S c 2 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 B - 1 とコイル3 E - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 B C - 1 とスイッチ8 C D - 2、および、スイッチ8 F A - 2 (図2 5 には図示せず) と8 E F - 1 をオン状態にしてW相を分布巻き駆動にする(ステップS 5 8)。

[0173] 次に、U相の電流が0かどうかを判断し(ステップS 5 9)、U相の電流が0になった場合には(ステップS 5 9 : Y E S)、スイッチS c 1 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 A - 1 とコイル3 D - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 A B - 1 とスイッチ8 B C - 2、および、スイッチ8 E F - 2 と8 D E - 1 をオン状態にしてU相を分布巻き駆動にする(ステップS 6 0)。

[0174] 以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っている。

[0175] [3相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ: 例5]

3相全ての巻線を2直列に切り替えた後に、図2 5 に示すタイミングt5のようにU相の電流が0になった場合には(ステップS 4 0 : Y E S)、スイッチS c 1 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 A - 1 とコイル3 D - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 A B - 1 とスイッチ8 B C - 2、および、スイッチ8 E F - 2 と8 D E - 1 をオン状態にしてU相を分布巻き駆動にする(ステップS 6 1)。

[0176] 次に、V相の電流が0かどうか(ステップS 6 6)、または、W相の電流が0かどうかを判断し(ステップS 6 2)、W相の電流が0になった場合には(ステップS 6 2 : Y E S)、スイッチS c 2 をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 B - 1 とコイル3 E - 1 の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 B C - 1 とスイッチ8 C D - 2、および、スイッチ8 F A - 2 (図2 5 には図示せず) と8 E F - 1 をオン状態にしてW相を分布巻き駆動にする(ステップS 6 3)。

[0177] 次に、V相の電流が0になったかどうかを判断し(ステップS 6 4)、V

相の電流が0になった場合には（ステップS 6 4 : Y E S）、スイッチS c 3をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 C - 1とコイル3 F - 1の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 C D - 1とスイッチ8 D E - 2、および、スイッチ8 A B - 2と8 F A - 1（図25には図示せず）をオン状態にしてV相を分布巻き駆動にする（ステップS 6 5）。

[0178] 以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っている。

[0179] [3相全ての巻線を分布巻き駆動に切り替えるステップ：例6]

U相の巻線を2直列から分布巻き駆動に切り替えた後に（ステップS 6 1）、V相の電流が0になった場合には（ステップS 6 6 : Y E S）、スイッチS c 3をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 C - 1とコイル3 F - 1の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 C D - 1とスイッチ8 D E - 2、および、スイッチ8 A B - 2と8 F A - 1（図25には図示せず）をオン状態にしてV相を分布巻き駆動にする（ステップS 6 7）。

[0180] そして、W相の電流が0かどうかを判断し（ステップS 6 8）、W相の電流が0になった場合には（ステップS 6 8 : Y E S）、スイッチS c 2をオフ状態にして、共通巻線のコイル3 B - 1とコイル3 E - 1の2直列を切り離す。そして、スイッチ8 B C - 1とスイッチ8 C D - 2、および、スイッチ8 F A - 2（図25には図示せず）と8 E F - 1をオン状態にしてW相を分布巻き駆動にする（ステップS 6 9）。

[0181] 以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っている。

[0182] 以上のように、本実施形態によれば、各相の電流が0になったタイミングで、各相の巻線を集中巻きから共通巻線の2直列に切り替えるようにしたので、各相の電流の0になる期間から次の0になる期間までの期間に、共通巻線にはそれ以前の3倍の電流が流れることになり、各相の合計の電流としては、共通巻線の接続前と変わらない電流が流れるので、トルクリップルを発生させることがない。

- [0183] また、本実施形態では、以上のように、各相の電流が0のときに、2直列から分布巻きへの切り替えを行っているので、切り替え時に電圧スパイクが発生せず、損失無しで巻線の切り替えが可能である。
- [0184] なお、本実施形態は、120度通電駆動時において各相の巻線を集中巻き駆動から分布巻き駆動に切り替える例について説明したが、120度通電駆動時以外の角度の通電駆動の場合にも適用可能である。
- [0185] また、各コイルの接続と切り離しを行うスイッチは、第7実施形態で説明したような双方向スイッチを用いればよい。
- [0186] さらに、本実施形態は、各相の巻線を集中巻き駆動から分布巻き駆動に切り替える例について説明したが、各相の巻線を分布巻き駆動から集中巻き駆動に切り替える場合には、各相の電流値がゼロになることを検知した時に、上述した手順とは逆の手順で、分布巻き駆動から2直列へ、さらに、各相の電流値がゼロになることを検知した時に、2直列から集中巻き駆動へと切り替えるようにすればよい。

産業上の利用可能性

- [0187] スタータティースの周囲に巻回された巻き線の接続状態を、回転速度に応じて集中巻きと分布巻きとに自在に変えることにより、装置を大型化することなく、一つのモータで複数の駆動特性を発揮し、出力範囲の拡大を図る用途に適用できる。

符号の説明

- [0188] 1…モータ（回転電機）、2…スタータヨーク、3, 3a, 3b…コイル（巻き線）、3A-1, 3A-2, 3A-3, 3B-1, 3B-2, 3B-3, 3C-1, 3C-2, 3C-3, 3D-1, 3D-2, 3D-3, 3E-1, 3E-2, 3E-3, 3F-1, 3F-2, 3F-3…コイル（巻き線）、4…スタータ、5、6…永久磁石、7…ロータ、8…スイッチ、8A-1, 8A-2, 8B-1, 8B-2, 8C-1, 8C-2, 8D-1, 8D-2, 8E-1, 8E-2, 8F-1, 8F-2, 8AB-1, 8AB-2, 8BC-1, 8BC-2, 8CD-1, 8CD-2, 8DE-1, 8D

E-2, 8EF-1, 8EF-2, 8FA-1, 8FA-2…スイッチ、8'
, 8"…双方向スイッチ、9…スイッチ制御装置、10…モータ制御装置
、20, 20', 21, 21'
…MOSFET、20a, 21a…寄生ダイオード、A~F…ステータティ
ース、Rb…電流遮断抵抗、Rg…ゲート抵抗。

請求の範囲

- [請求項1] ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、
 前記ステータティースの周囲に巻回された少なくとも2つの巻き線と、
 前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の組の巻き線の端部に接続された少なくとも一つのスイッチと、を備え、
 前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部にも接続自在である、
 ことを特徴とするステータティース。
- [請求項2] 前記一方の巻き線の端部には、前記他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部に接続自在なスイッチがさらに備えられている、
 ことを特徴とする請求項1に記載のステータティース。
- [請求項3] ステータヨークと、前記ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースとを備えたステータであって、
 前記ステータティースの周囲に巻回された少なくとも2つの巻き線と、
 前記2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の組の巻き線の端部に接続された少なくとも一つのスイッチと、を備え、
 前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部にも接続自在である、
 ことを特徴とするステータ。
- [請求項4] 前記一方の巻き線の端部には、前記他のステータティースの周囲に巻回される他の巻き線の端部に接続自在なスイッチがさらに備えられている、
 ことを特徴とする請求項3に記載のステータ。
- [請求項5] 永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている、

ことを特徴とする回転電機。

[請求項6] 前記一方の巻き線の端部には、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部に接続自在なスイッチがさらに備えられている、

ことを特徴とする請求項5に記載の回転電機。

[請求項7] 前記スイッチは、前記少なくとも2つの巻き線を並列接続するように、互いの巻き線の端部に接続されている、

ことを特徴とする請求項5または請求項6に記載の回転電機。

[請求項8] 永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻

き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、

前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも低い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、他方の巻き線の端部とが接続されるように切り替え、

前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも高い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続されるように切り替える、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項9] 前記スイッチは、前記少なくとも2つの巻き線を並列接続するように、互いの巻き線の端部に接続されており、

前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも低い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線が並列接続となるように切り替える、

ことを特徴とする請求項8に記載の回転電機の制御方法。

[請求項10] 永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、

前記回転電機に必要なトルクが所定の基準トルクよりも高い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端

部と、他方の組の巻き線の端部とが接続されるように切り替え、

前記回転電機に必要なトルクが所定の基準速度よりも低い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続されるように切り替える、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項11] 前記スイッチは、前記各2つの巻き線を並列接続するように、互いの巻き線の端部に接続されており、

前記回転電機に必要なトルクが所定の基準トルクよりも高い場合には、前記スイッチを、前記各2つの巻き線が並列接続となるように切り替える、

ことを特徴とする請求項10に記載の回転電機の制御方法。

[請求項12] 永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、

各相において正の電圧を印加すべき巻き線間の接続を、所定の比率で断続的に切り替える場合には、負の電圧を印加すべき巻き線間の接続を常時接続とし、各相において負の電圧を印加すべき巻き線間の接続を、所定の比率で断続的に切り替える場合には、正の電圧を印加すべき巻き線間の接続を常時接続として、巻き線に印加する電圧を直流

電圧から交流電圧とする、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項13]

永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、

各相における巻き線の接続状態を、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、他方の巻き線の端部とが接続される集中巻き状態、または、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続される分布巻き状態の2つの状態に、電圧目標値にしたがって時間的に細かく切り替えるように前記スイッチを切り替え、誘起電圧を正弦波にする、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項14]

永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも3つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも2つずつ巻回された巻き線と、

前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部、および、他方の

巻き線の端部に接続され、前記ステータティースのそれぞれに少なくとも一つ設けられたスイッチと、を備え、

前記スイッチは、他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部にも接続されている回転電機の制御方法であって、

前記スイッチを、前記各2つの巻き線のうちの一方の巻き線の端部と、前記他のステータティースの周囲に巻回された他の巻き線の端部とが接続されるように切り替える場合には、各ステータティースにおいて異なる巻き線と接続されるように前記スイッチを切り替えると共に、各相に含まれる各巻き線の数が等しくなるように前記スイッチを切り替える、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項15]

前記ステータティースは、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも6つ以上設けられており、

前記巻き線は、前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回されており、

前記スイッチは、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離すスイッチと、一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離すスイッチと、を備え、

各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、

各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離すスイッチを備えている、

ことを特徴とする請求項5に記載の回転電機。

[請求項16]

永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に

対して少なくとも6つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回された巻き線と、

前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離す第一のスイッチと、

一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離す第二のスイッチと、を備え、

各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線は、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、

各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離す第三のスイッチを備えている回転電機に、3相交流電流を供給する回転電機の制御方法であって、前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも低い場合には、前記第一のスイッチを、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続するように切り替える第一の接続態様と、

前記回転電機に必要な回転速度が所定の基準速度よりも高い場合には、前記第一のスイッチを切り離し、前記第二のスイッチを、一つのステータティースの巻き線と、他のステータティースを接続するように切り替える第二の接続態様とを備え、

前記第一の接続態様から前記第二の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、

前記第一のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースの前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線をそれぞれ切り離し、

前記いずれかの相の交流電流値が次にゼロになったことを検知した時に、前記第二のスイッチにより、その相のステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、さらに、他の複数のステータティースについても、各ステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、

前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを切り離すことによって行い、

前記第二の接続態様から前記第一の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、上記の手順とは逆の手順により各巻き線の接続と切り離しを行う、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項17]

永久磁石を有するロータと、

ステータヨークと一体に形成され、または、前記ステータヨークに取り付けられるステータティースであって、前記永久磁石の1極対に対して少なくとも6つ以上設けられたステータティースと、

前記ステータティースのそれぞれの周囲に少なくとも3つずつ巻回された巻き線と、

前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続し、または切り離す第一のスイッチと、

一つのステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、または切り離す第二のスイッチと、を備え、

各ステータティースに巻回された巻き線のうち、電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線は、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とは反対側の端部の巻き線と接続されており、

各ステータティースの電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、または切り離す第三のスイッチを備えている回転電機に、3相交流電流を供給する回転電機の制御方法であって、前記回転電機に必要なトルクが所定の基準速度よりも高い場合には、前記第一のスイッチを、前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線を直列に接続するように切り替える第一の接続態様と、

前記回転電機に必要なトルクが所定の基準速度よりも低い場合には、前記第一のスイッチを切り離し、前記第二のスイッチを、一つのステータティースの巻き線と、他のステータティースを接続するように切り替える第二の接続態様とを備え、

前記第一の接続態様から前記第二の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを接続し、

前記第一のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースの前記少なくとも3つずつ巻回された巻き線をそれぞれ切り離し、

前記いずれかの相の交流電流値が次にゼロになったことを検知した時に、前記第二のスイッチにより、その相のステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティースに巻回された一つの巻き線とを接続し、さらに、他の複数のステータティースについても、各ステータティースに巻回された一つの巻き線と、他のステータティ

ースに巻回された一つの巻き線とを接続し、

前記第三のスイッチにより、その相の交流電流が供給されるステータティースにおける電流供給端と接続される端部の巻き線と、対になるステータティースにおける電流供給端に接続される端部の巻き線とを切り離すことによって行い、

前記第二の接続態様から前記第一の接続態様との切り替えは、いずれかの相の交流電流値がゼロになったことを検知した時に、上記の手順とは逆の手順により各巻き線の接続と切り離しを行う、

ことを特徴とする回転電機の制御方法。

[請求項18] 前記第一の接続態様と前記第二の接続態様とを、電圧目標値にしたがって時間的に細かく切り替えるように前記スイッチを切り替え、誘起電圧を正弦波にする、

ことを特徴とする請求項16または請求項17に記載の回転電機の制御方法。

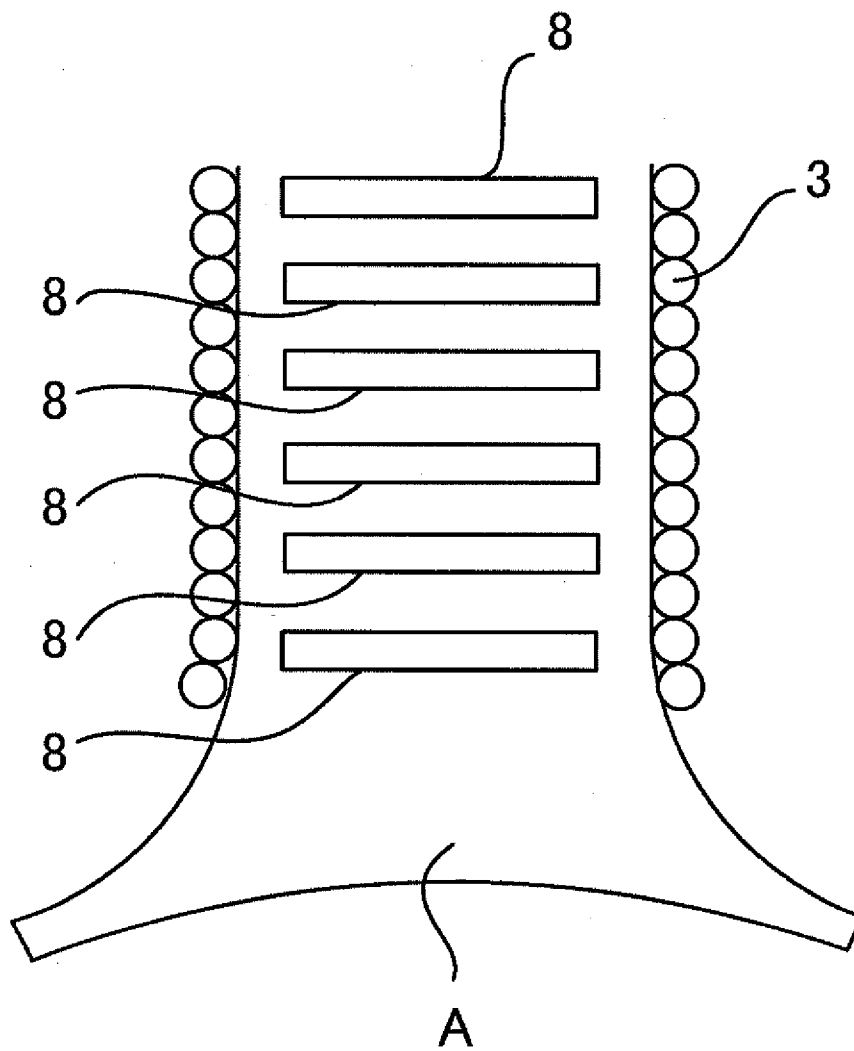
[請求項19] 前記スイッチは、MOSFETのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする請求項1または2に記載のステータティース。

[請求項20] 前記スイッチは、MOSFETのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする請求項3または4に記載のステータ。

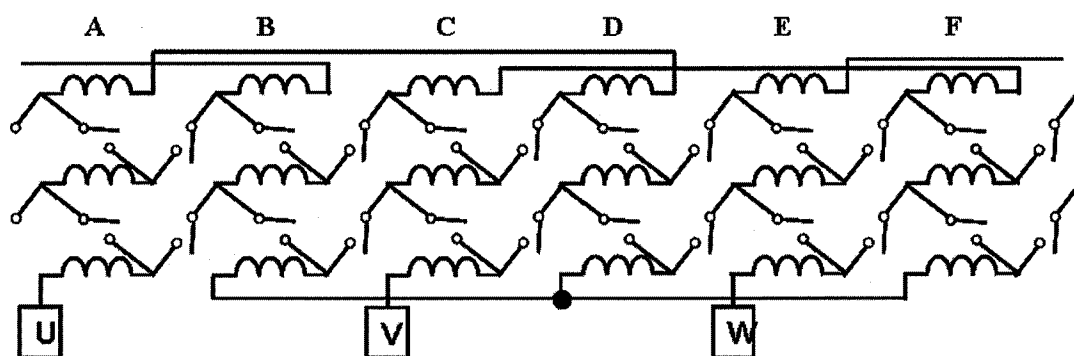
[請求項21] 前記スイッチは、MOSFETのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする請求項5ないし7、または15のいずれかーに記載の回転電機。

[請求項22] 前記スイッチは、MOSFETのソース端子同士、または、ドレイン端子同士を接続した双方向スイッチであることを特徴とする請求項8ないし14、または、請求項16ないし18のいずれかーに記載の回転電機の制御方法。

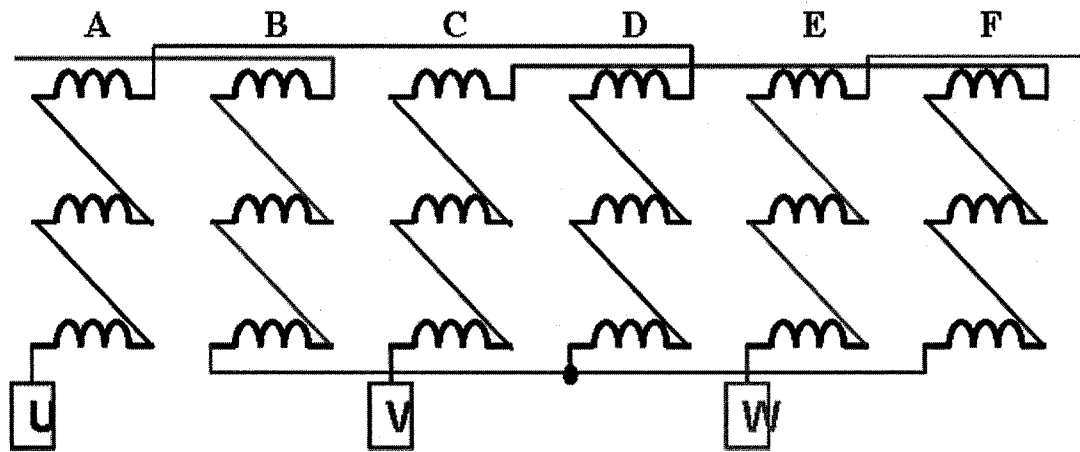
[図2]



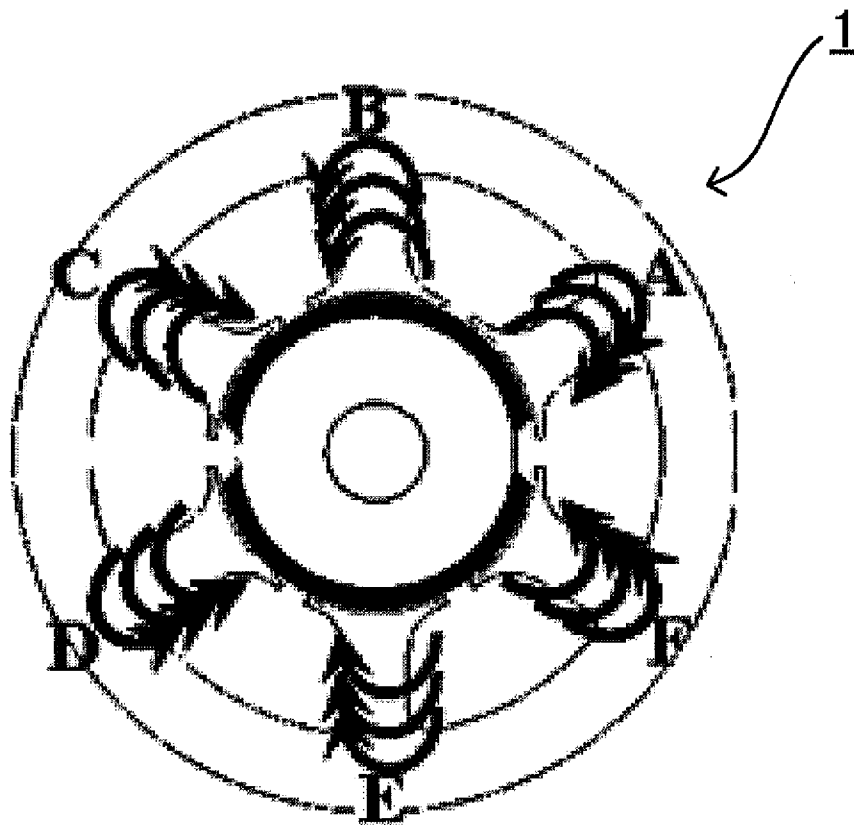
[図3]



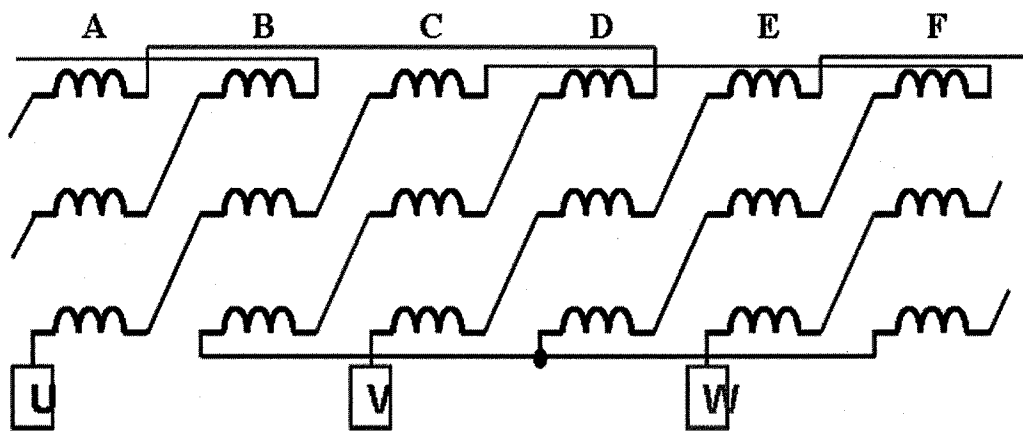
[図4]



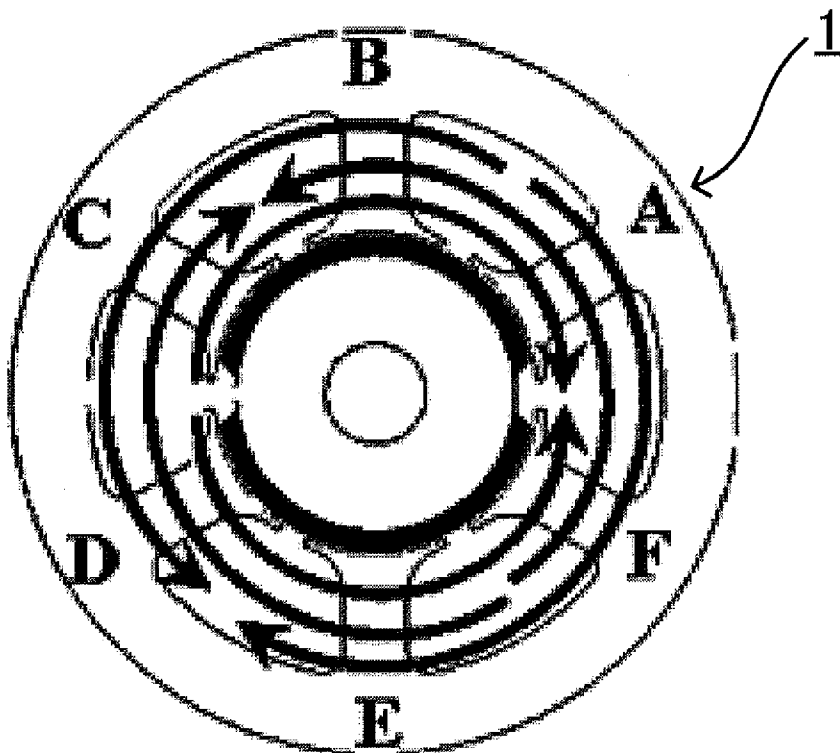
[図5]



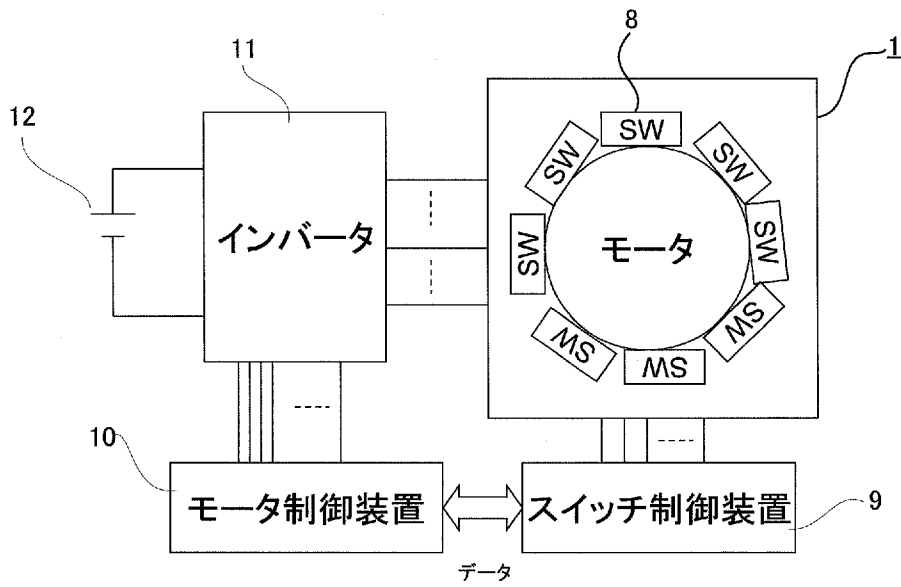
[図6]



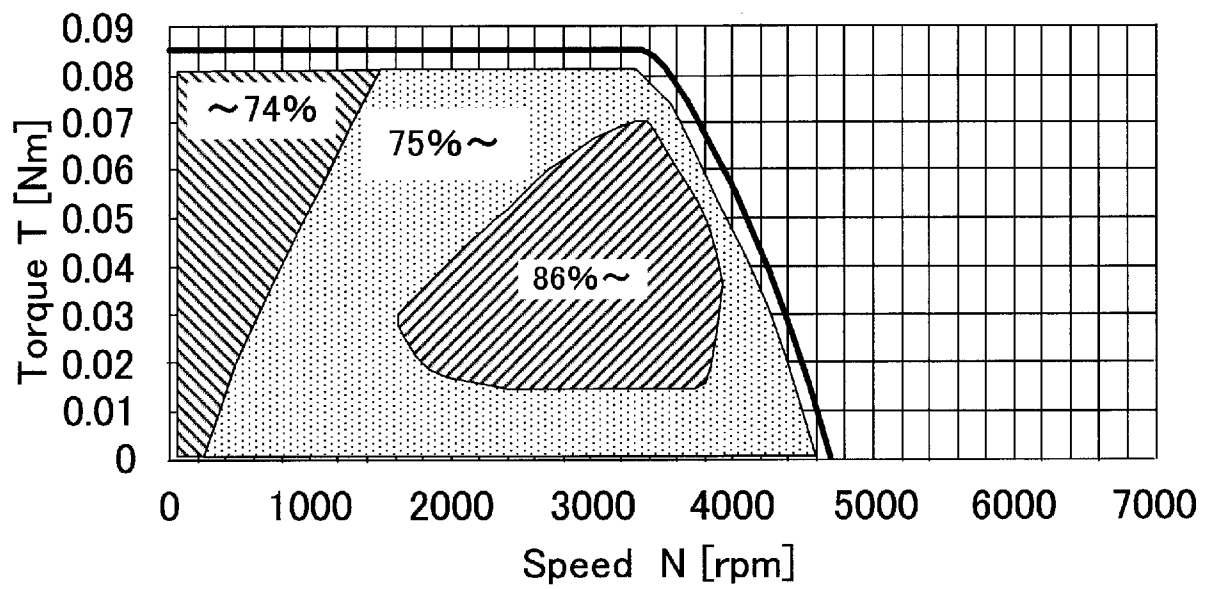
[図7]



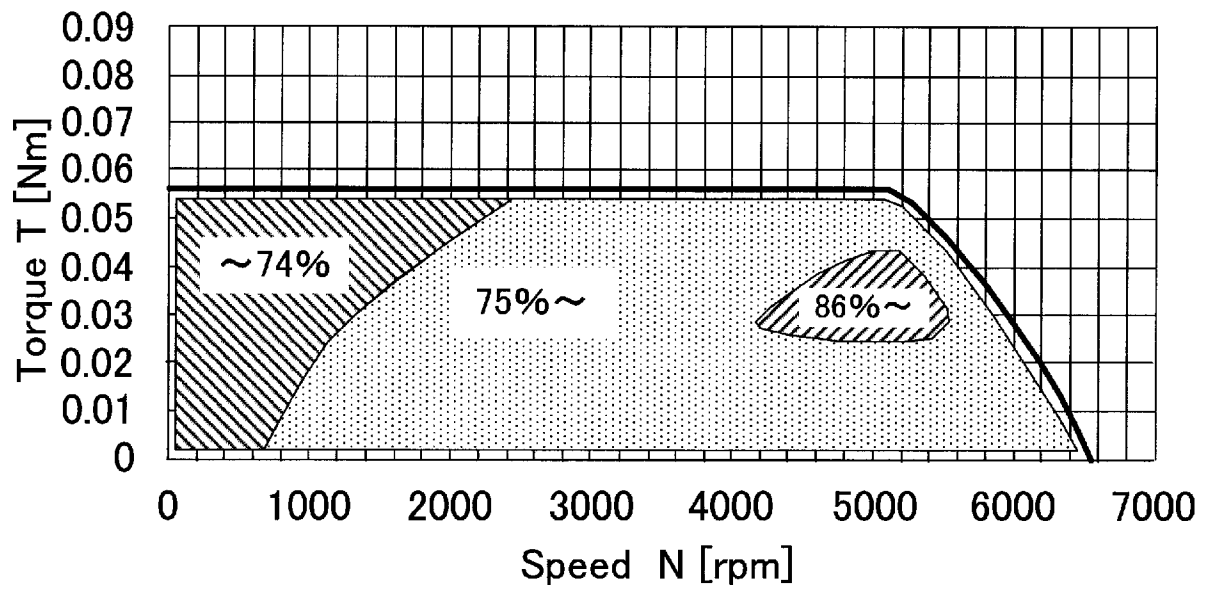
[図8]



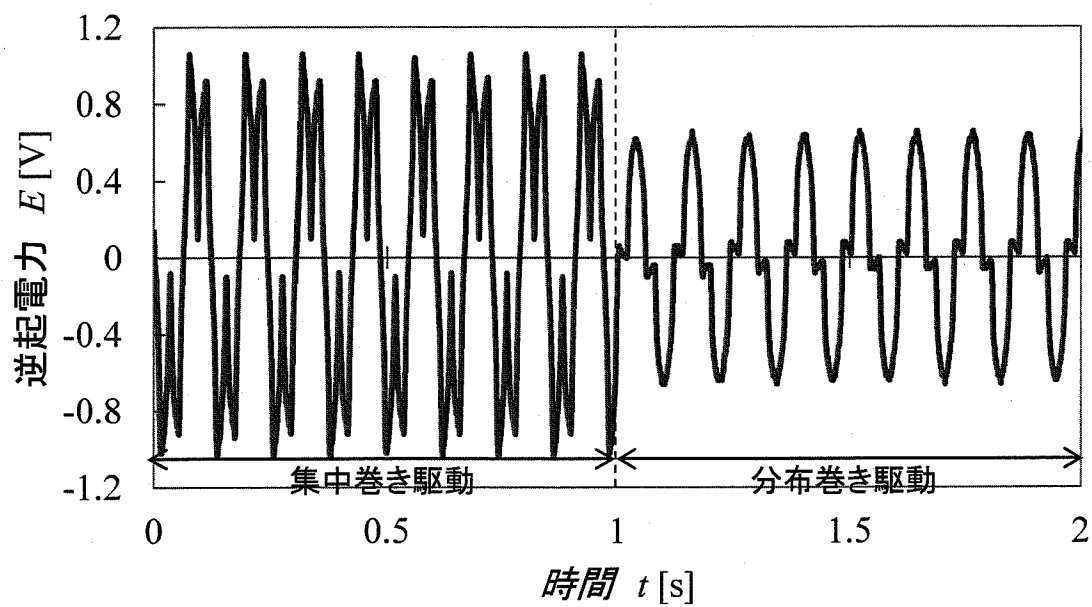
[図9]



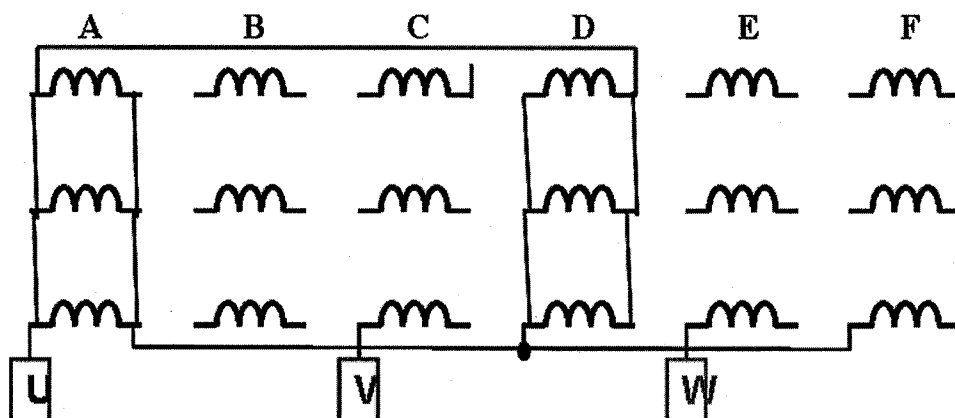
[図10]



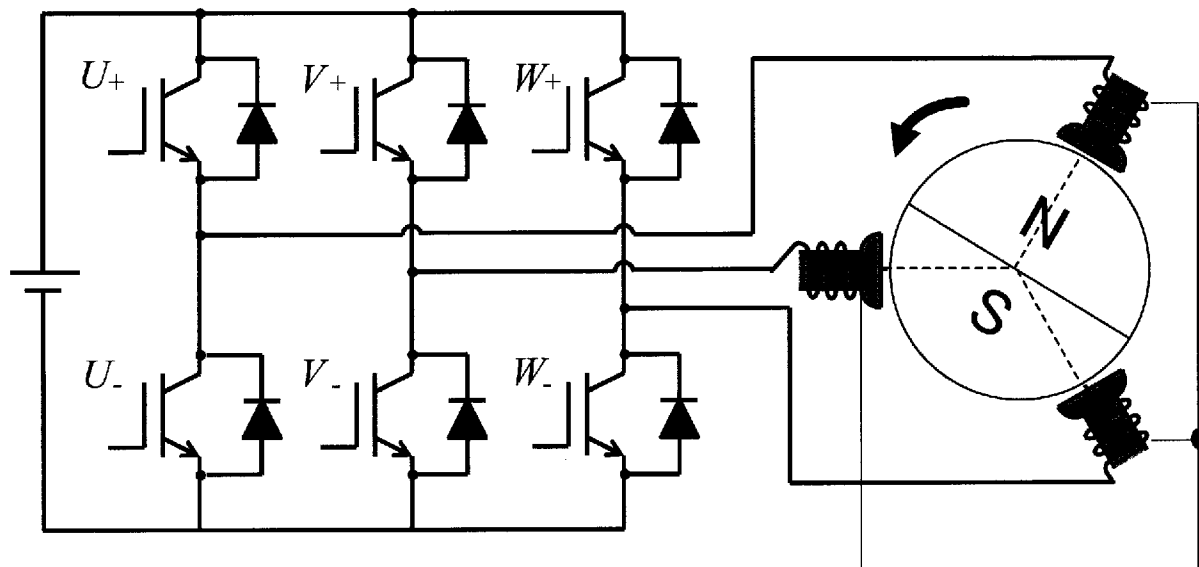
[図11]



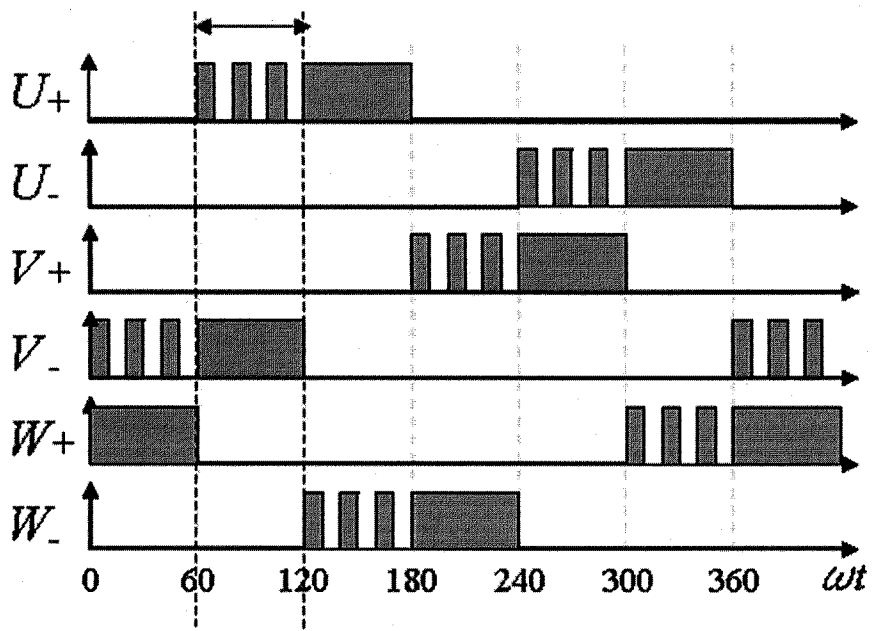
[図12]



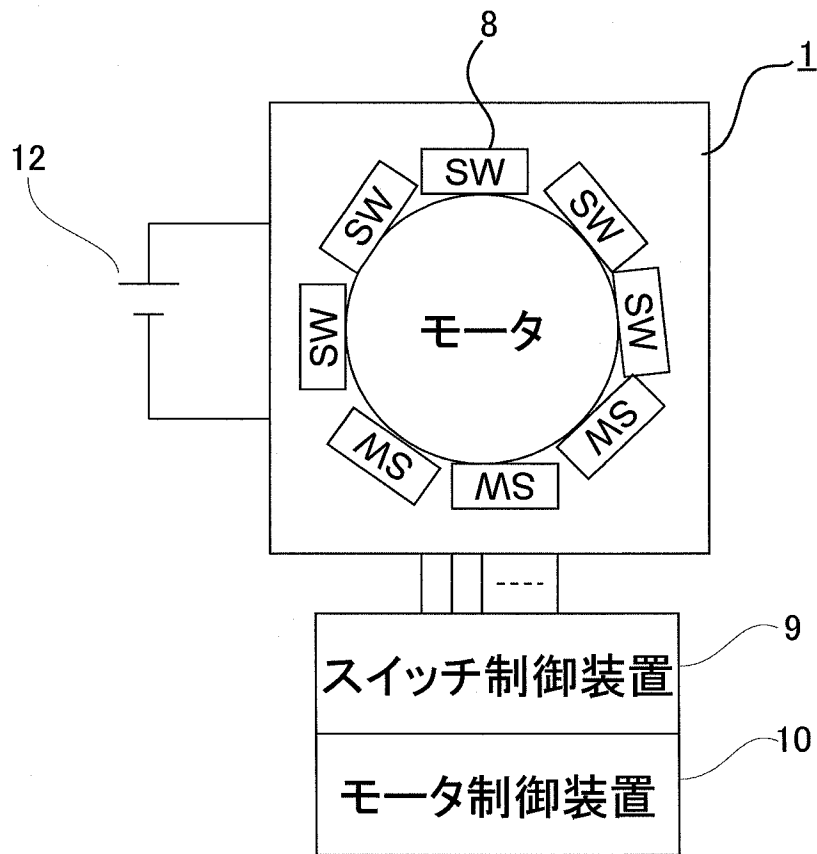
[図13]



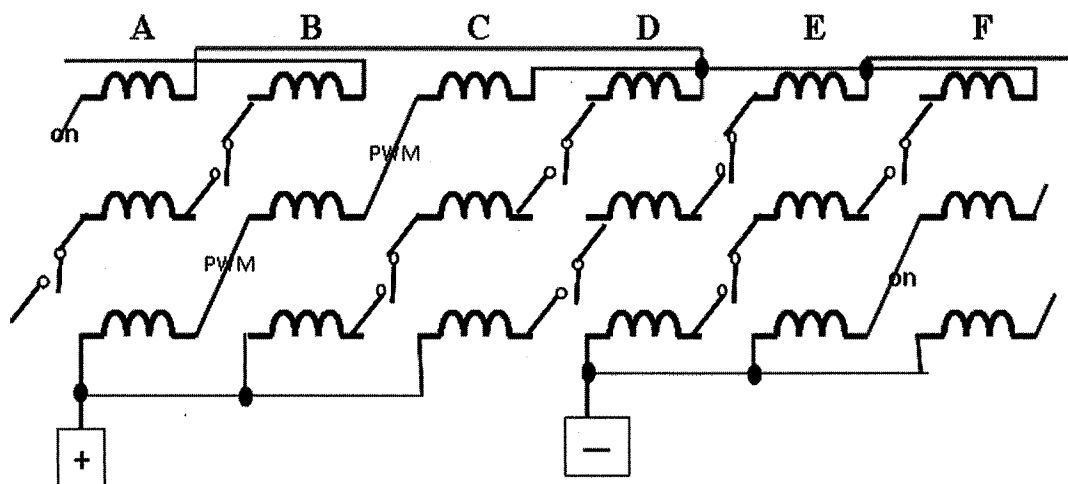
[図14]



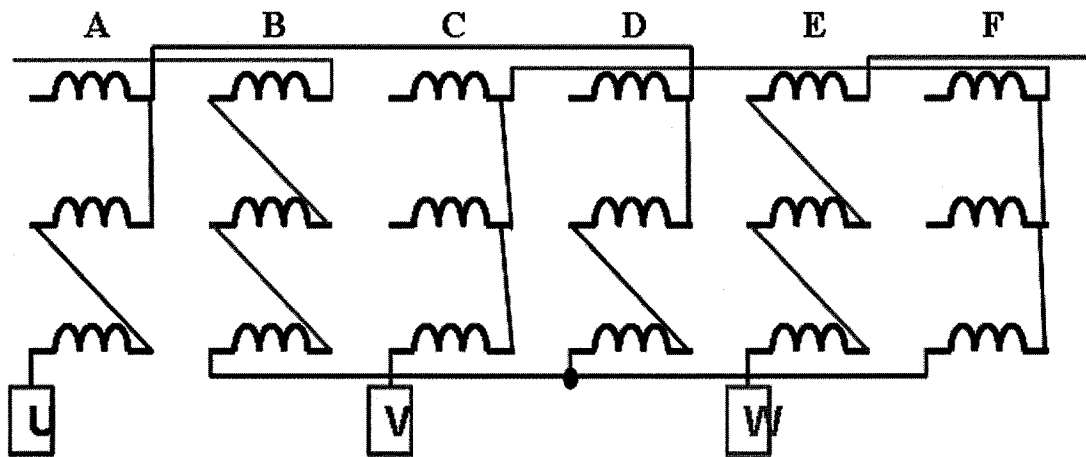
[図15]



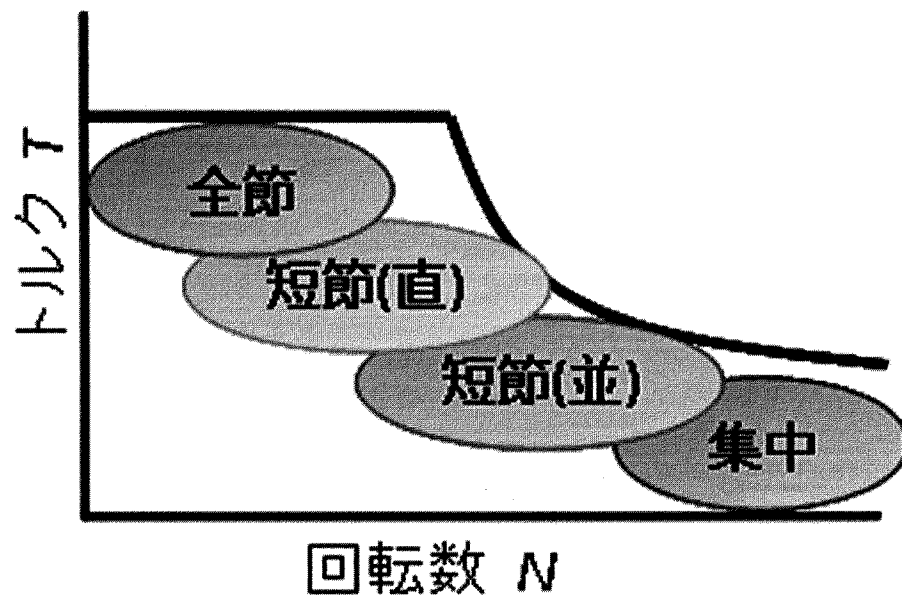
[図16]



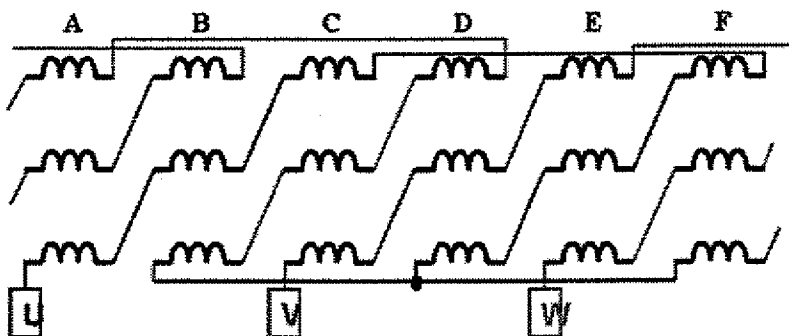
[図17]



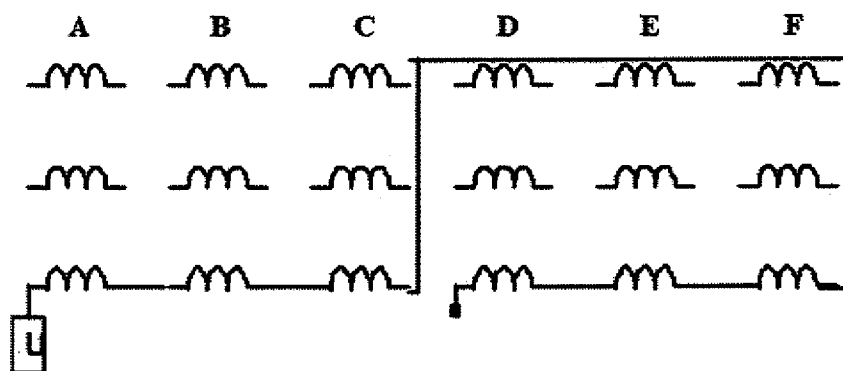
[図18]



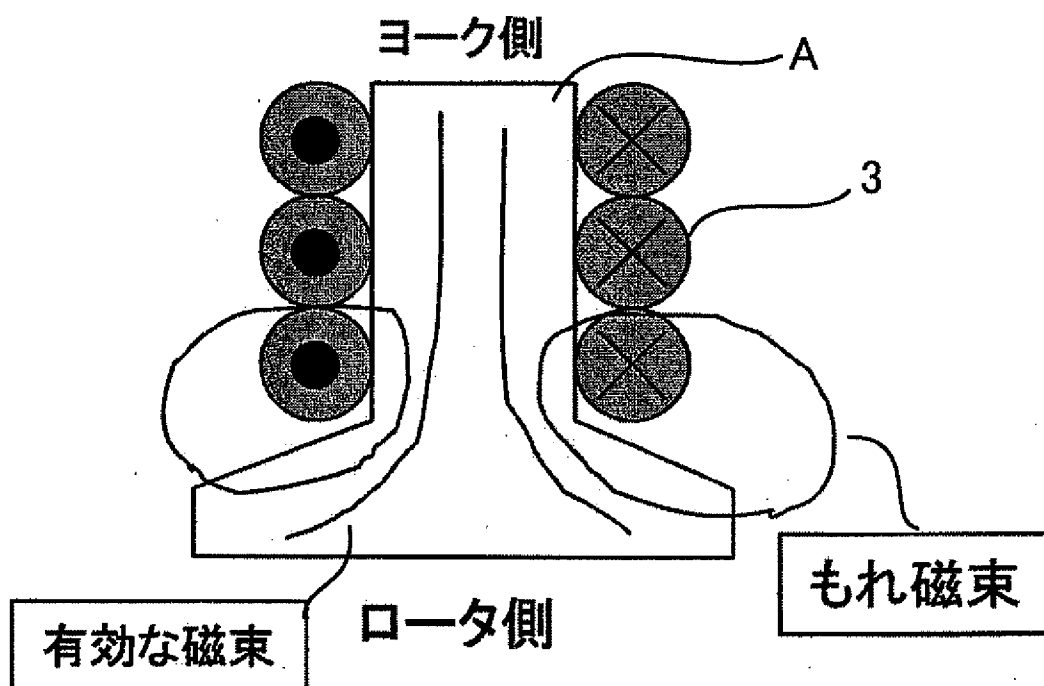
[図19]



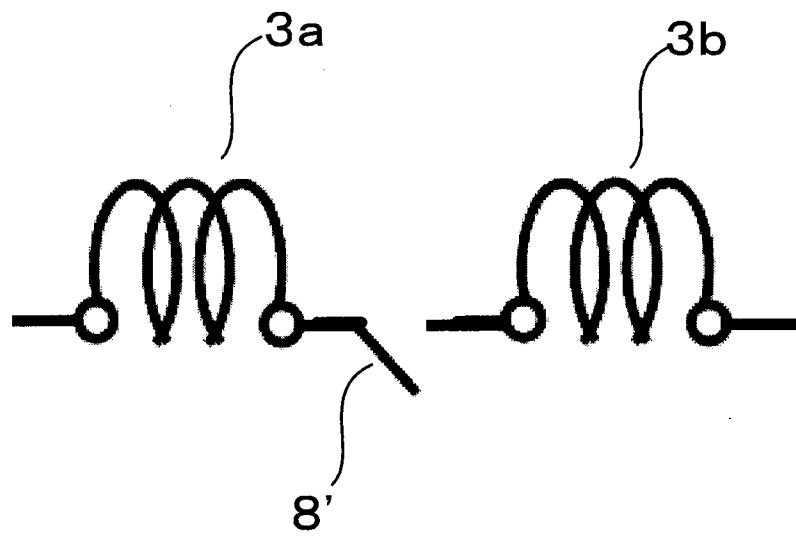
[図20]



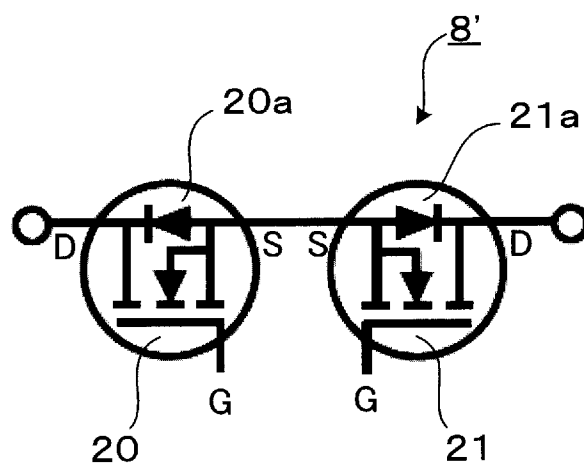
[図21]



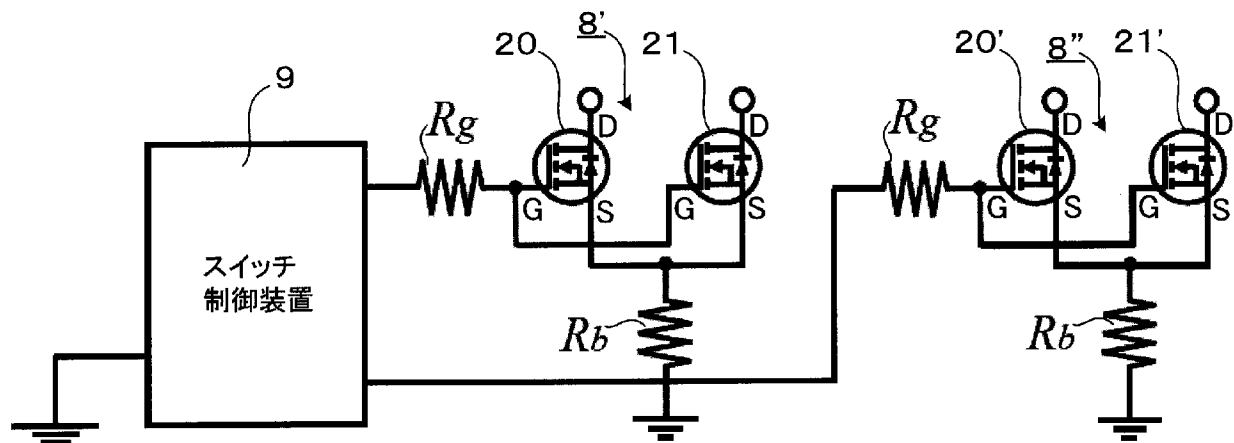
[図22]



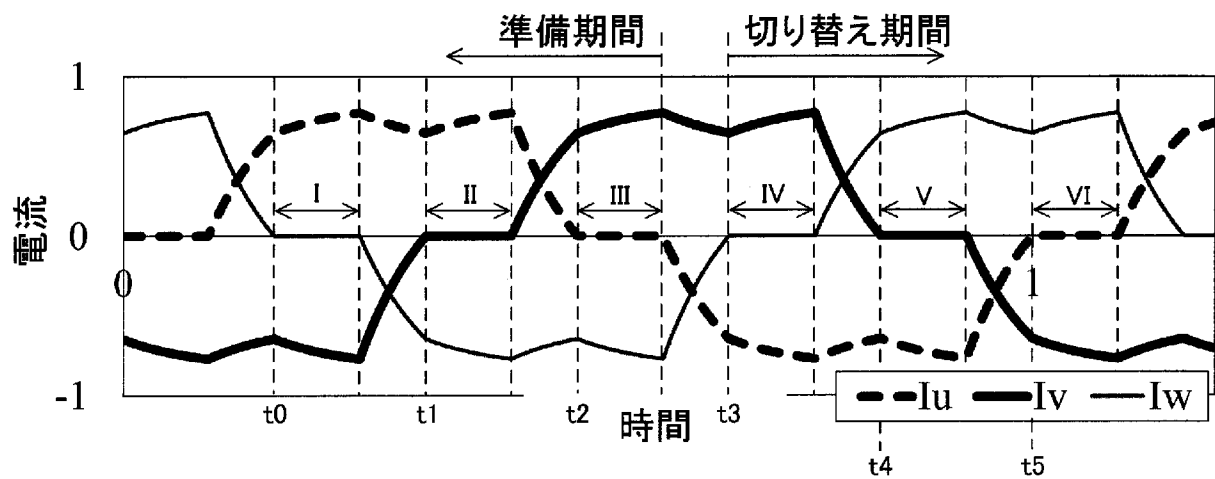
[図23]



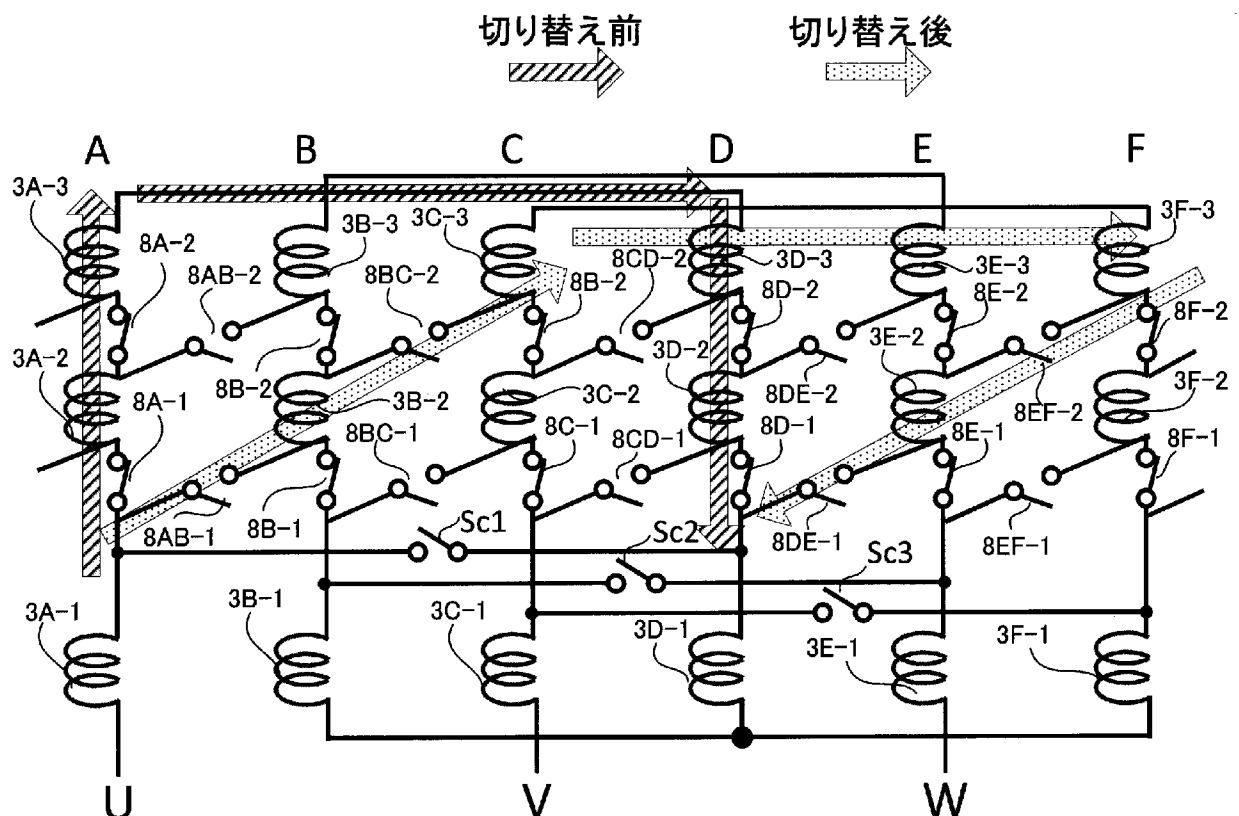
[図24]



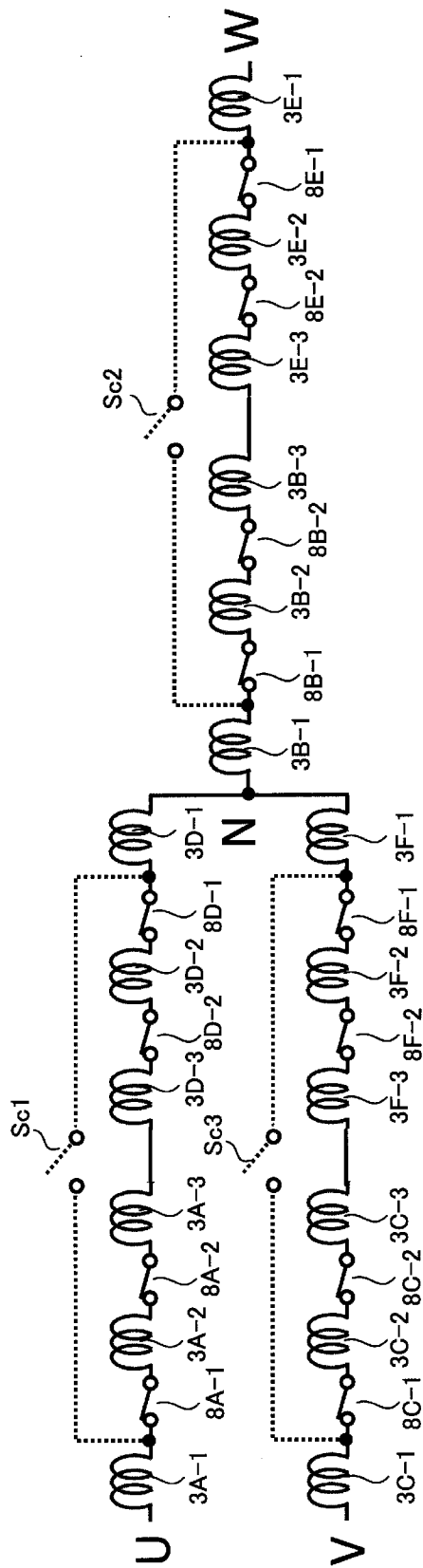
[図25]



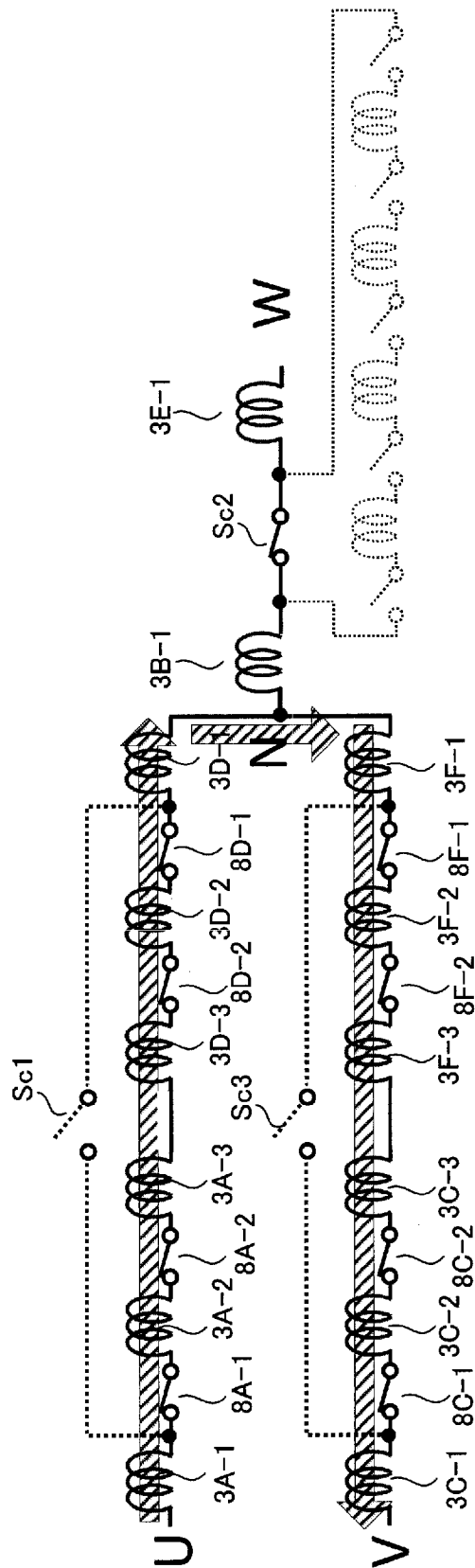
[図26]



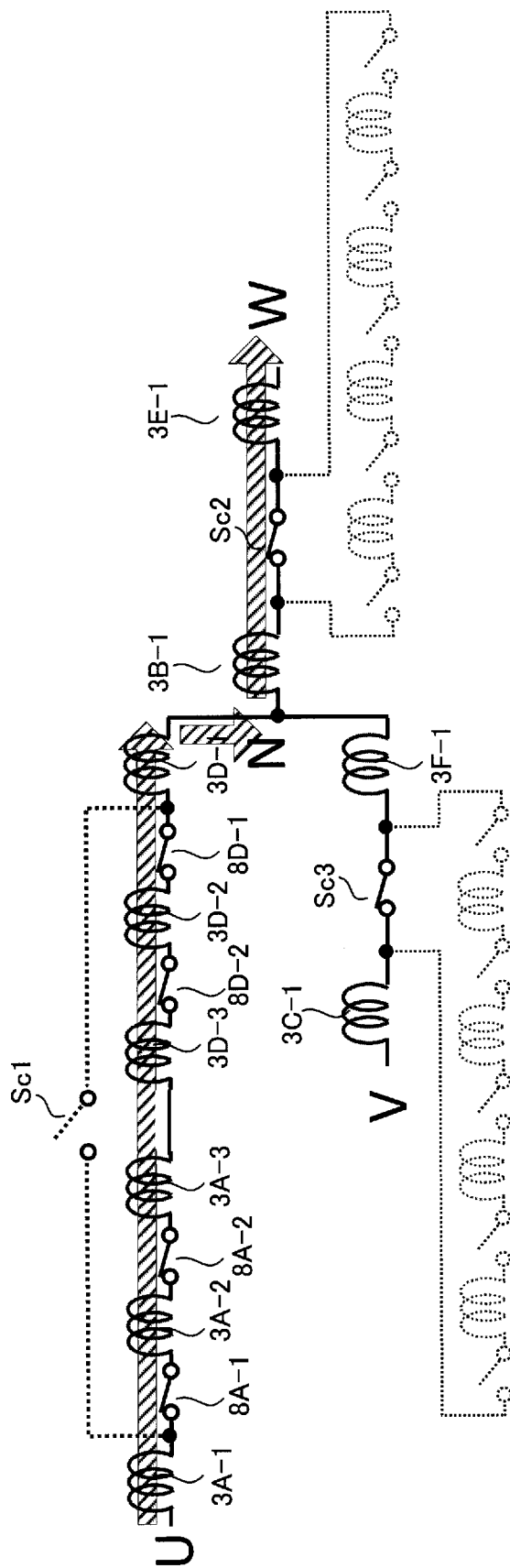
[図27]



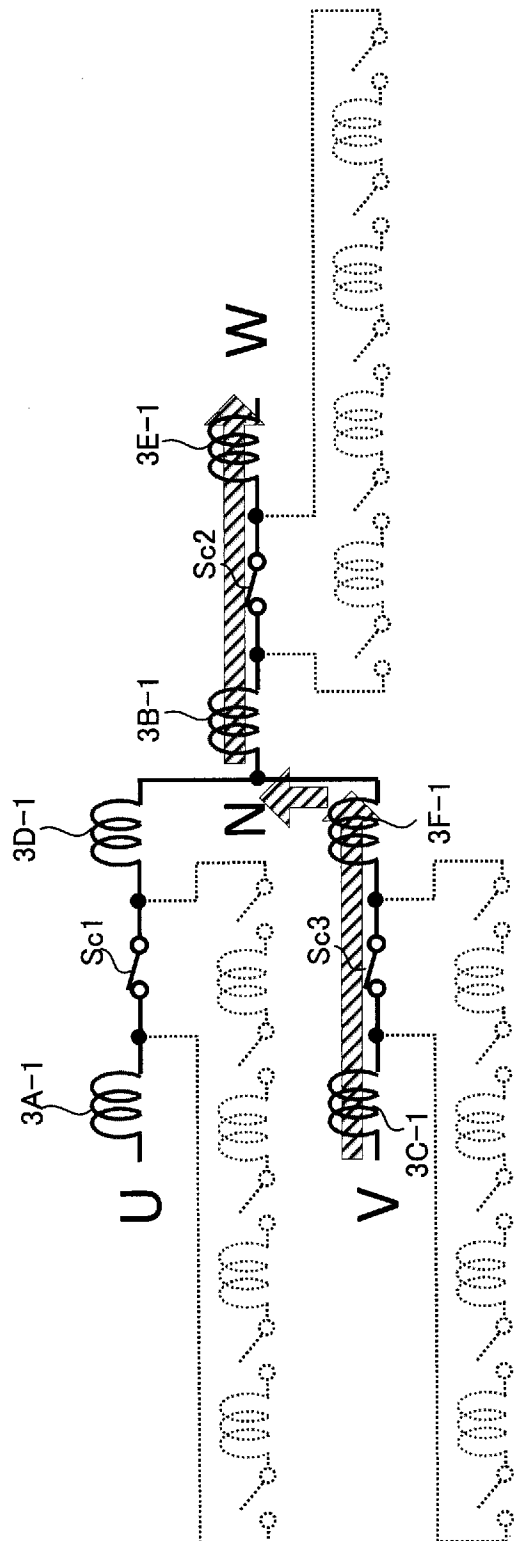
[図28]



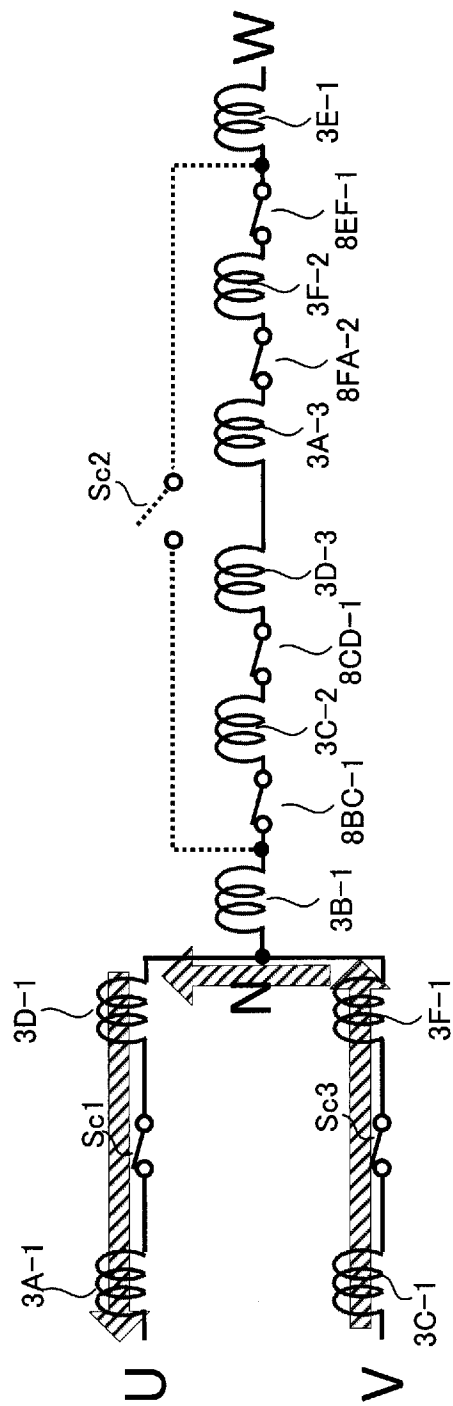
[図29]



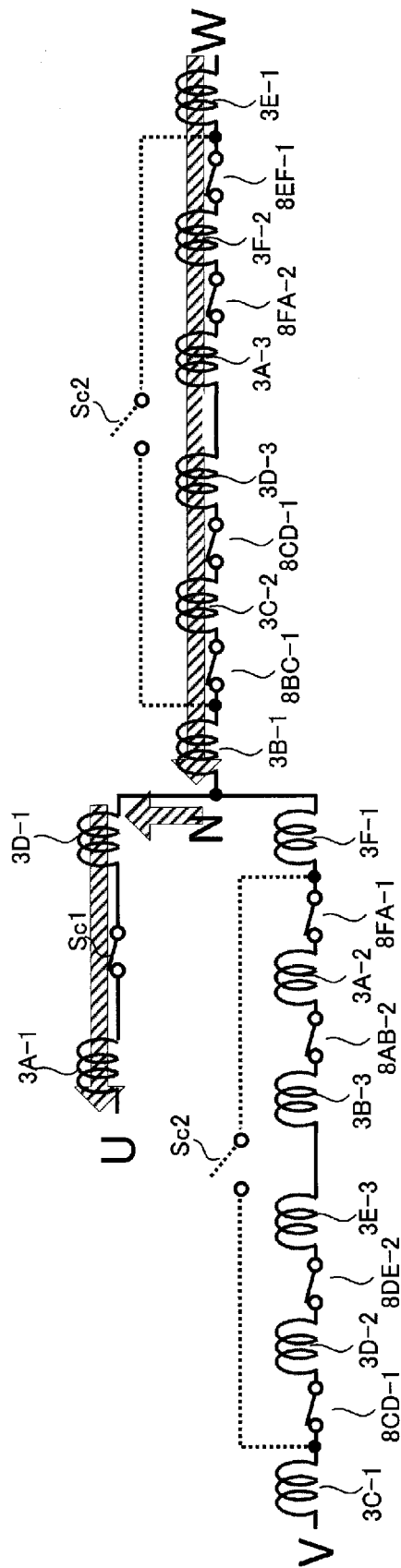
[図30]



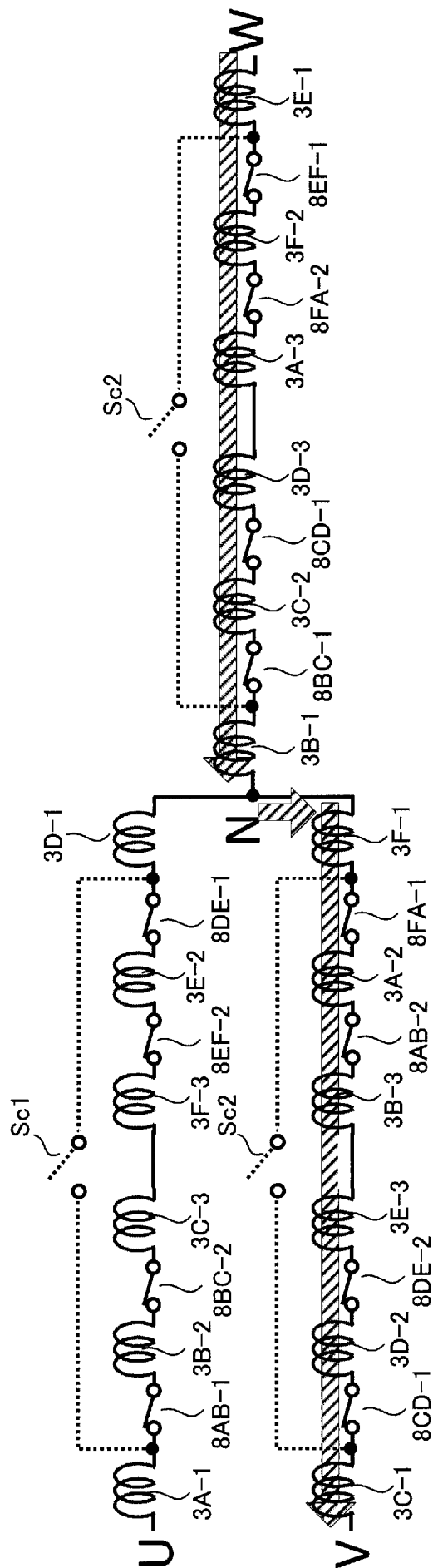
[図31]



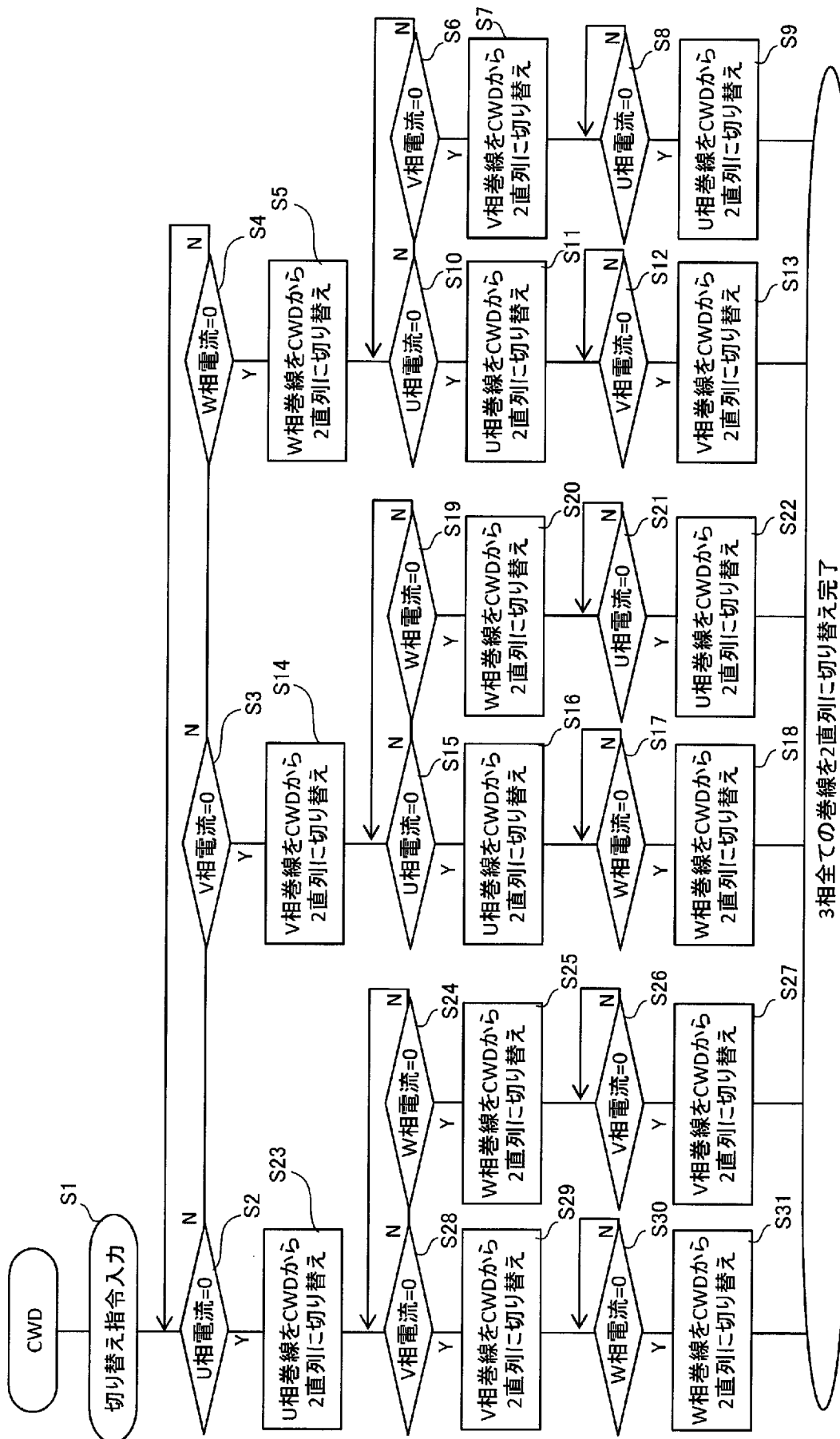
[図32]



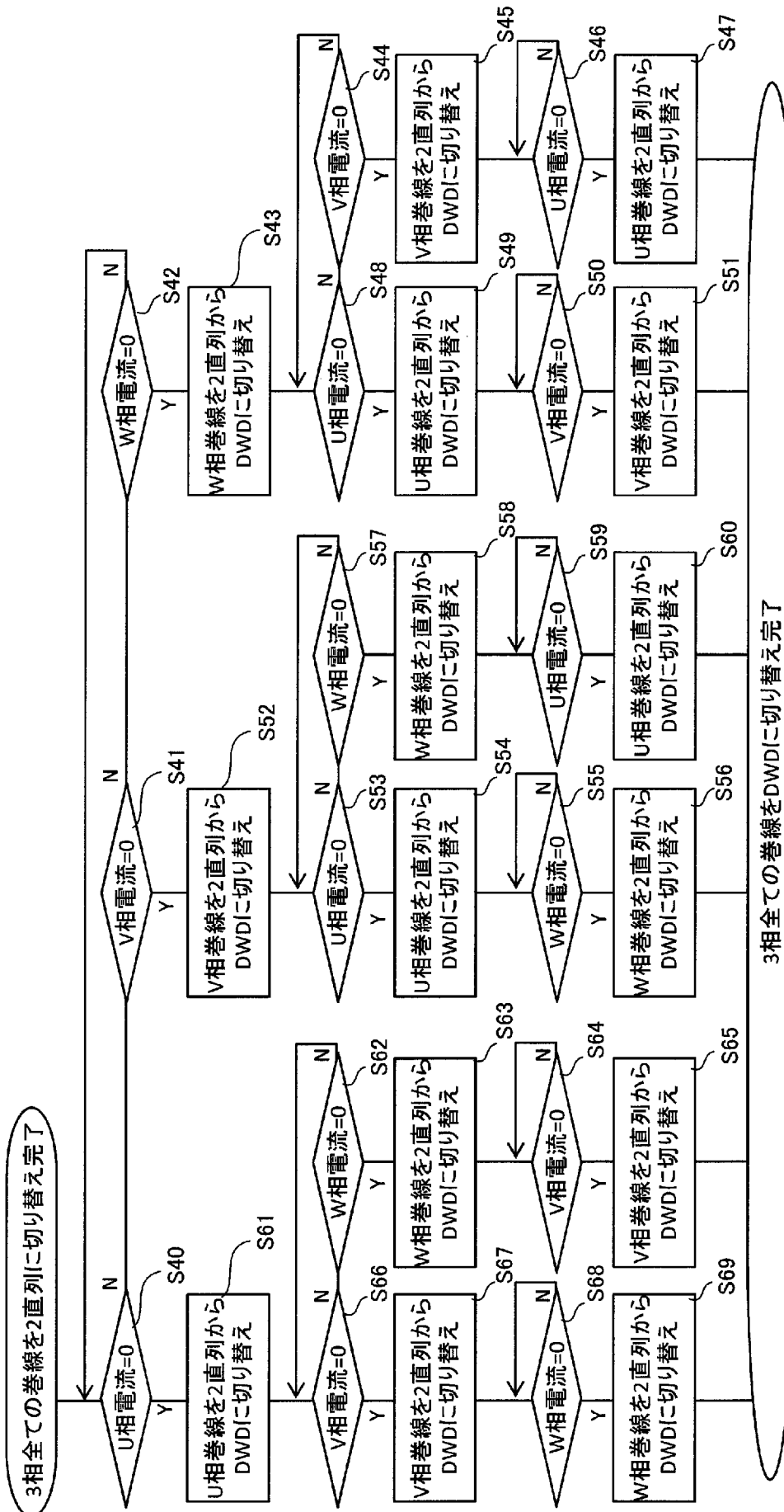
[図33]



[図34]



[図35]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K3/28(2006.01)i, H02K21/16(2006.01)i, H02P27/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K3/28, H02K21/16, H02P27/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-6400 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 06 January 2005 (06.01.2005), paragraphs [0030] to [0034]; fig. 5 to 6 (Family: none)	1-22
A	JP 6-205573 A (Honda Motor Co., Ltd.), 22 July 1994 (22.07.1994), paragraphs [0029] to [0034]; fig. 6 (Family: none)	1-22
A	JP 2009-278841 A (Toyota Industries Corp.), 26 November 2009 (26.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 April, 2012 (17.04.12)

Date of mailing of the international search report
24 April, 2012 (24.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K3/28(2006.01)i, H02K21/16(2006.01)i, H02P27/16(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K3/28, H02K21/16, H02P27/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-6400 A（住友電気工業株式会社）2005.01.06, 段落【0030】 －【0034】，図5－6（ファミリーなし）	1-22
A	JP 6-205573 A（本田技研工業株式会社）1994.07.22, 段落【0029】 －【0034】，図6（ファミリーなし）	1-22
A	JP 2009-278841 A（株式会社豊田自動織機）2009.11.26, 全文，全 図（ファミリーなし）	1-22

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.04.2012

国際調査報告の発送日

24.04.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

安池 一貴

3V

9150

電話番号 03-3581-1101 内線 3358