

明 細 書

発明の名称：回転機システム

技術分野

[0001] 本発明は、本発明の実施形態は、複数の相のそれぞれに複数のコイルを備える回転機を制御する回転機システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、各相に複数のコイルを備えるモータを駆動する駆動用インバータが知られている。例えば、 $\Delta\Sigma$ 変調器を用いて制御することが知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] また、同期機を駆動するインバータで、力行と回生を1つのインバータで実現し、力行と回生を適時指定することが開示されている（例えば、特許文献3参照）。また、単相インバータを直列接続して1相分を構成し、中性点にバッテリーを接続して、回生することが開示されている（例えば、特許文献4参照）。

しかしながら、各相に複数のコイルを備える回転機（モータ等）を制動方向に制御することについては知られていない。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特許第5947287号公報
特許文献2：米国特許第5872532号明細書
特許文献3：特開2016-167901号公報
特許文献4：特開2005-184974号公報

発明の概要

[0005] 本発明の実施形態の目的は、各相に複数のコイルを備える回転機を制動方向に制御する回転機システムを提供することにある。

本発明の観点に従った回転機システムは、複数の相のそれぞれに個別に導通される複数のコイルを備える回転機と、前記回転機の運転方向を駆動方向

又は制動方向に決定する運転方向決定手段と、前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記駆動方向の場合、駆動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定する駆動用コイル数決定手段と、各相の前記複数のコイルから前記駆動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを選択する駆動用コイル選択手段と、前記駆動用コイル選択手段により選択された前記コイルを導通して、前記回転機を駆動制御する駆動制御手段と、前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記制動方向の場合、制動運転指令値に基づいて、前記回転機を制動制御する制動制御手段とを備える。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]本発明の第1の実施形態に係る回転機システムの構成を示す構成図。
[図2]第1の実施形態に係るコイル選択器の構成を示す構成図。
[図3]第1の実施形態に係る駆動用スイッチ回路の構成を示す回路図。
[図4]第1の実施形態に係る回生用スイッチ回路の構成を示す回路図。
[図5]第1の実施形態に係る回生用スイッチ回路の変形例の構成を示す回路図。
。
[図6]本発明の第2の実施形態に係るスイッチ回路の構成を示す回路図。
[図7]本発明の第3の実施形態に係るスイッチ回路の構成を示す回路図。
[図8]本発明の第4の実施形態に係る昇圧回路の構成を示す回路図。
[図9]本発明の第5の実施形態に係る回生用制御回路の構成を示す回路図。
[図10]本発明の第6の実施形態に係る駆動用制御回路の構成を示す回路図。
[図11]第6の実施形態に係るコイル選択部の構成を示す構成図。
[図12]第6の実施形態に係るベクトル量子化器を図式化した概略図。
[図13]本発明の第7の実施形態に係る回転機の構成を示す構成図。
[図14]第7の実施形態に係る回転機システムにおける分割回路の構成を示す簡略図。
[図15]本発明の第8の実施形態に係る回転機システムにおける分割回路の構成を示す簡略図。

[図16]本発明の第9の実施形態に係る回転機システムにおける分割回路の構成を示す簡略図。

[図17]本発明の第10の実施形態に係る回転機システムにおける分割回路の構成を示す簡略図。

[図18]本発明の第11の実施形態に係る回転機システムの構成を示す簡略図。

[図19]第11の実施形態に係る切換器の構成を示す回路図。

[図20]本発明の第12の実施形態に係る回転機システムの構成を示す簡略図。

発明を実施するための形態

[0007] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る回転機システム10の構成を示す構成図である。なお、図面における同一部分には同一符号を付して、適宜説明を省略する。

[0008] 回転機システム10は、回転機1及び制御装置2を備える。

ここでは、回転機1は、主に3相交流モータとして説明するが、これに限らない。回転機1は、2以上の相のそれぞれに2以上のコイルが設けられ、これらのコイルが個別に導通されるように構成されていれば、どのような回転機でもよい。したがって、回転機1は、直流モータ、交流モータ、同期モータ、又は、誘導モータ等、いずれに分類されるモータでもよい。また、固定子にコイルがあるモータ（例えば、ブラシレスモータ）の方が、構成を容易にし易いため、製造コスト等の観点から望ましいが、回転子にコイルがあるモータ（例えば、ブラシ付きモータ）でもよい。さらに、回転機1は、電動機に限らず、発電機でもよい。この場合、発電機は、駆動運転することにより、発電が行われる。

[0009] 回転機1は、回転子11、6つの固定子鉄心12u1, 12u2, 12v1, 12v2, 12w1, 12w2、6つのU相コイル13u1, 13u2, 13u3, 13u4, 13u5, 13u6、6つのV相コイル13v1,

13v2, 13v3, 13v4, 13v5, 13v6、及び、6つのW相コイル13w1, 13w2, 13w3, 13w4, 13w5, 13w6を備える。ここでは、全てのコイル13v1～13v6は、同じ巻数であるものとして説明する。したがって、製造上のバラつき又は配線の長さなどの個体差を除けば、原則として、全てのコイル13v1～13v6は、回転機1に同じ電圧を印加する。

[0010] U相固定子は、2つのU相固定子鉄心12u1, 12u2及び6つのU相コイル13u1～13u6で構成される。V相固定子は、2つのV相固定子鉄心12v1, 12v2及び6つのV相コイル13v1～13v6で構成される。W相固定子は、2つのW相固定子鉄心12w1, 12w2及び6つのW相コイル13w1～13w6で構成される。

[0011] 各相の2つの固定子鉄心12u1～12w2は、互いに対向し、2つの固定子鉄心12u1～12w2の間に回転子11が位置するように設けられる。各固定子鉄心12u1～12w2には、互いに電氣的に接続されていない3つのコイル13u1～13w6が巻かれる。

[0012] 制御装置2は、回転機1を駆動方向又は回生方向（制動方向）に運転するための制御をする装置である。制御装置2は、各コイル13u1～13w6と配線で接続される。制御装置2は、各コイル13u1～13w6を個別に導通させることで、回転機1を制御する。

[0013] 制御装置2は、メイン制御部21、駆動用制御回路22、回生用制御回路23、及び、6つのスイッチ回路24u1, 24u2, 24v1, 24v2, 24w1, 24w2を備える。

[0014] メイン制御部21は、回転機1を制御するための運転指令値Cm及び回転機1からのフィードバック信号Sfbに基づいて、回転機1の運転方向を駆動方向又は回生方向のいずれか一方に決定する。決定した運転方向が駆動方向の場合、メイン制御部21は、回転機1を駆動方向に制御するための駆動運転指令値Scdを生成して、駆動用制御回路22に出力する。決定した運転方向が回生方向の場合、メイン制御部21は、回転機1を回生方向に制御

するための回生運転指令値 S_{cr} を生成して、回生用制御回路 23 に出力する。

[0015] 運転指令値 C_m は、制御装置 2 に設定されていてもよいし、操作者又は上位制御系など外部から入力されてもよい。フィードバック信号 S_{fb} は、例えば、回転子 11 の位置情報又は各コイル 13u1～13w6 に印加されている電気量（電圧又は電流等）を示す信号など、どのような情報を示すものでもよい。

[0016] 駆動用制御回路 22 は、メイン制御部 21 から受信する駆動運転指令値 S_{cd} に基づいて、導通させるコイル 13u1～13w6 を選択する。例えば、駆動運転指令値 S_{cd} に、トルク指令値又は回転速度指令値が含まれている場合、駆動用制御回路 22 は、トルク指令値又は回転速度指令値に従って回転機 1 を駆動するように、導通させるコイル 13u1～13w6 を選択する。駆動用制御回路 22 は、選択したコイル 13u1～13w6 の導通を制御するための駆動用スイッチ制御信号 S_{d1} , S_{d2} , S_{d3} , S_{d4} , S_{d5} , S_{d6} を各スイッチ回路 24u1～24w2 に送信する。駆動用スイッチ制御信号 S_{d1} ～ S_{d6} には、導通させるコイル 13u1～13w6 を所定の電圧方向（正電圧又は負電圧）に印加するための情報が含まれる。

[0017] 駆動用制御回路 22 によるコイル 13u1～13w6 の選択は、次のように行う。

駆動用制御回路 22 は、駆動運転指令値 S_{cd} に基づいて、導通させるコイルの相毎の個数を決定する。導通させるコイルの数は、原則として、回転機 1 の出力が大きくなるほど多くなる。回転機 1 に流す駆動電流を増加させる場合、導通させるコイルの数を増加することで、駆動電流が増加する。具体的には、回転機 1 の各相に印加する電圧の振幅が大きいほど、導通させるコイルの相毎の数を大きくする。駆動用制御回路 22 は、相毎の数を決定後、相毎に導通させるコイル 13u1～13w6 を選択する。

[0018] 例えば、駆動用制御回路 22 によるコイルの数の決定方法は、以下のように行う。

駆動用制御回路 22 は、駆動運転指令値 S_{cd} に基づいて、回転機 1 に流す駆動電流（トルク電流等）を決定する。駆動用制御回路 22 は、決定した駆動電流を回転機 1 に流すために、回転機 1 の各相に印加する電圧を求める。駆動用制御回路 22 は、求めた電圧を各相に印加するために必要なコイルの相毎の数を決定する。

[0019] 例えば、各相に印加する電圧からコイルの相毎の数を求めるために、 $\Delta\Sigma$ 変調をするための $\Delta\Sigma$ 変調器を用いる。具体的には、相毎に、印加する電圧を示すアナログ信号を $\Delta\Sigma$ 変調器に入力する。 $\Delta\Sigma$ 変調器は、入力された信号に対応して、 -6 から 6 までの整数値を示すデジタル信号を出力する。ここで、上限値及び下限値の絶対値である「 6 」は、各相に設けられたコイルの数である。 $\Delta\Sigma$ 変調器から出力されたデジタル信号が示す数値は、絶対値がその相の導通させるコイルの数を示し、符号がコイルの印加方向を示す。

[0020] なお、 $\Delta\Sigma$ 変調に限らず、PWM（パルス幅変調）又は PFM（パルス周波数変調）などの他の PDM（パルス密度変調）を用いてもよいし、さらに、電気量（電圧等）を示すアナログ信号を、コイルの数を示すようなデジタル信号に変換できれば、PDM に限らない。

[0021] 駆動用制御回路 22 は、各相のコイルの数を決定後、相毎に、個数分のコイル $13u1 \sim 13w6$ を選択する。コイル $13u1 \sim 13w6$ の選択方法は、どのように行ってもよいが、全てのコイル $13u1 \sim 13w6$ の使用頻度が均等になるようなアルゴリズムが望ましい。このような選択方法により、各コイル $13u1 \sim 13w6$ の構成の違い（例えば、コイルの位置による配線の長さ等）又は個々の製造上のバラつきなどがあっても、これらの違いを平均化した状態で回転機 1 を運転することができる。また、各コイル $13u1 \sim 13w6$ に対応するスイッチング素子等の機器類についても、使用頻度による劣化を均等にすることができる。例えば、コイル $13u1 \sim 13w6$ の選択方法は、以下のように行う。

[0022] なお、駆動用制御回路 22 は、各コイル $13u1 \sim 13w6$ が故障しているか否かを監視し、故障したコイルを選択しないようにしてもよい。具体的

には、各コイル13u1～13w6に流れる電流を監視し、各コイル13u1～13w6の故障を検出する。例えば、あるコイルに流れる電流が設定された閾値を超えた場合、そのコイルが短絡故障であることを検出する。また、あるコイルに電流が流れる制御がされている状態で、そのコイルに電流が流れていない場合、そのコイルがオープン故障であることを検出する。さらに、これらと異なるタイプの故障を検出してもよい。各コイル13u1～13w6の故障検出は、例えば、制御装置2の起動時に行うが、随時行ってもよいし、任意のタイミングで行ってもよい。また、選択中のコイルの故障を検出した場合は、代わりとなる故障していないコイルを新たに1つ以上選択するようにしてもよい。これにより、故障したコイルが発生させていた磁束を補償することができる。

[0023] 以降において、各コイル13u1～13w6を監視し、故障を検出したコイルを選択しないようにする構成又は機能については、駆動用制御回路22による制御時に限らず、回生用制御回路23を含め、どの実施形態のどの部分によるコイル13u1～13w6を選択する制御に加えてもよい。

[0024] 図2は、本実施形態に係るコイル選択器3の構成を示す構成図である。

コイル選択器3は、NSDEM（ノイズシェーピング・ダイナミック・エレメント・マッチング法）を採用した選択器である。ベクトル選択器31及び6つの重み付ループフィルタ32a、32b、32c、32d、32e、32fが相毎に設けられた構成である。重み付ループフィルタ32a～32fは、各相に設けられたコイル13u1～13w6の個数分設けられる。コイル選択器3の各相の構成は同様であるため、以降では、主にU相の構成について説明する。

[0025] ベクトル選択器31は、個数Ncを示す情報が入力されると、各コイル13u1～13u6に対応する選択情報に基づいて、優先順位の高い順に個数Nc分のコイル13u1～13u6を選択する。ベクトル選択器31は、選択したコイル13u1～13u6を導通させるために対応するスイッチング素子をオンするためのコイル選択信号を出力するとともに、選択したコイル

1 3 u 1 ~ 1 3 u 6 に対応する重み付ループフィルタ 3 2 a ~ 3 2 f に選択されたことを示す信号を出力する。

[0026] 重み付ループフィルタ 3 2 a ~ 3 2 f は、選択された回数及び過去に選択されてからの経過時間に基づいて、各コイル 1 3 u 1 ~ 1 3 u 6 の選択される優先順位を決定するための選択情報を生成する。具体的には、選択情報は、選択された回数が少ないほど又は過去に選択されてからの経過時間が長いほど選択され易くなるようにする。

[0027] 例えば、重み付ループフィルタ 3 2 a ~ 3 2 f は、カウンタ及び積分器などにより構成される。積分器は、入力されてからの経過時間が増加するほど大きい値を出力する。したがって、積分器から出力される値が大きいほど、選択情報は、選択され難くなるように優先順位を低くする。また、カウンタは、選択された回数を示す。したがって、カウンタの値が大きいほど、選択情報は選択され難くなるように優先順位を低くする。重み付ループフィルタ 3 2 a ~ 3 2 f は、選択情報を出力信号としてベクトル選択器 3 1 に出力する。

[0028] このようにして求められた優先順位に基づいて、ベクトル選択器 3 1 は、導通させる U 相のコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 u 6 の選択を行う。これにより、ベクトル選択器 3 1 は、NSDEM による選択が行われる。

[0029] 回生用制御回路 2 3 は、メイン制御部 2 1 から受信した回生運転指令値 S_{cr} に基づいて、導通させるコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 を選択する。例えば、回生運転指令値 S_{cr} に、制動トルクを制御するための制動トルク指令値が含まれている場合、回生用制御回路 2 3 は、制動トルク指令値に従って回転機 1 を回生運転するように、導通させるコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 を選択する。回生用制御回路 2 3 における各相のコイルの数の決定方法及び各相のコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 の選択方法は、駆動用制御回路 2 2 と同様である。したがって、 $\Delta\Sigma$ 変調器によりコイルの数を決定してもよいし、NSDEM によりコイルを選択してもよい。なお、回生用制御回路 2 3 は、常に、全てのコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 を、導通させるようにしてもよい。

[0030] 回生用制御回路23は、選択したコイル13u1～13w6の導通を制御するための回生用スイッチ制御信号Sr1, Sr2, Sr3, Sr4, Sr5, Sr6を各スイッチ回路24u1～24w2に送信する。回生用スイッチ制御信号Sr1～Sr6には、導通させるコイル13u1～13w6を所定の電圧方向（正電圧又は負電圧）に発生させるための情報が含まれる。なお、電圧方向は、常に一定方向（例えば正電圧）でもよい。

[0031] スwitch回路24u1～24w2は、各固定子（各固定子鉄心12u1～12w2）に対応するように設けられる。各スイッチ回路24u1～24w2の構成は同様であるため、ここでは、1つのスイッチ回路24u1の構成について説明する。

[0032] スwitch回路24u1は、駆動用スイッチ回路241及び回生用スイッチ回路242を備える。

図3は、本実施形態に係る駆動用スイッチ回路241の構成を示す回路図である。

駆動用スイッチ回路241は、2つの三相ブリッジ回路C1d, C2d及び駆動用電源Bdを備える。2つの三相ブリッジ回路C1d, C2dは、駆動用電源Bdに対して並列に接続される。なお、駆動用電源Bdは、スイッチ回路24u1～24w2毎に設けられてもよいし、全てのスイッチ回路24u1～24w2で共通に設けられてもよい。

[0033] 第1三相ブリッジ回路C1dは、6つのスイッチング素子S11p, S11n, S21p, S21n, S31p, S31nで構成される。正極側スイッチング素子S11p, S21p, S31pは、それぞれ負極側スイッチング素子S11n, S21n, S31nと対になる。対になる2つのスイッチング素子S11p～S31nは、それぞれ直列に接続される。直列に接続された3組のスイッチング素子S11p～S31nは、それぞれ駆動用電源Bdと並列に接続される。直列に接続された3組のスイッチング素子S11p～S31nのそれぞれの接続点は、3つのコイル13u1～13u3のそれぞれの一方の端子に接続される。

[0034] 第2三相ブリッジ回路C 2 dは、6つのスイッチング素子S 1 2 p, S 1 2 n, S 2 2 p, S 2 2 n, S 3 2 p, S 3 2 nで構成される。スイッチング素子S 1 2 p～S 3 2 nは、第1三相ブリッジ回路C 1 dと同様の構成である。直列に接続された3組のスイッチング素子S 1 2 p～S 3 2 nのそれぞれの接続点は、3つのコイル1 3 u 1～1 3 u 3のそれぞれの第1三相ブリッジ回路C 1 dと接続された端子と異なる他方の端子に接続される。

[0035] 第1三相ブリッジ回路C 1 dのオンするスイッチング素子S 1 1 p～S 3 1 nと第2三相ブリッジ回路C 2 dのオンするスイッチング素子S 1 2 p～S 3 2 nとの組合せにより、3つのコイル1 3 u 1～1 3 u 3に、駆動用電源B dからの直流電圧を個別に正方向又は負方向に印加する。例えば、U相第1コイル1 3 u 1に正方向の電圧を印加する場合、第1三相ブリッジ回路C 1 dの正極側スイッチング素子S 1 1 pと第2三相ブリッジ回路C 2 dの負極側スイッチング素子S 1 2 nをオンする。U相第1コイル1 3 u 1に負方向の電圧を印加する場合、第1三相ブリッジ回路C 1 dの負極側スイッチング素子S 1 1 nと第2三相ブリッジ回路C 2 dの正極側スイッチング素子S 1 2 pをオンする。なお、電圧を印加する方向については、どちらを正方向又は負方向としてもよい。

[0036] 図4は、本実施形態に係る回生用スイッチ回路2 4 2の構成を示す回路図である。

回生用スイッチ回路2 4 2は、2つの三相ブリッジ回路C 1 r, C 2 r及び回生用電源B rを備える。

[0037] 2つの三相ブリッジ回路C 1 r, C 2 rは、回生用電源B rに対して並列に接続される。回生用電源B rは、スイッチ回路2 4 u 1～2 4 w 2毎に設けられてもよいし、全てのスイッチ回路2 4 u 1～2 4 w 2で共通に設けられてもよい。回生用電源B rは、例えば2次電池であるが、回転機1からの回生電力により動作する負荷でもよい。三相ブリッジ回路C 1 r, C 2 rの構成については、駆動用スイッチ回路2 4 1の三相ブリッジ回路C 1 d, C 2 dと同様である。

[0038] 図5は、本実施形態に係る回生用スイッチ回路242aの変形例の構成を示す回路図である。本実施形態において、図4に示す回生用スイッチ回路242の代わりに、回生用スイッチ回路242aを設けてもよい。

[0039] 変形例の回生用スイッチ回路242aは、図4に示す回生用スイッチ回路242において、全てのスイッチング素子S11p～S31n、S12p～S32nをダイオードDdに置き換えた構成である。即ち、回生用スイッチ回路242aは、交流電力を直流電力に変換する整流回路である。

[0040] 回転機1の運転方向が制動方向と判断された場合、スイッチ等により、回生用スイッチ回路242aが各コイル13u1～13u3に電氣的に接続される。各相において同様の構成にすることで、制動運転時に、全てのコイル13u1～13w6が導通する。したがって、全てのコイル13u1～13w6を使用して、回生電力が発生する。これにより、各コイル13u1～13w6の電流負担が軽減され、回生電力の損失が軽減される。

[0041] 本実施形態によれば、回転機1を駆動方向と制動方向のそれぞれに制御する構成を設けることで、駆動方向と制動方向のいずれにも制御することができる。

[0042] (第2の実施形態)

図6は、本発明の第2の実施形態に係るスイッチ回路243の構成を示す回路図である。

スイッチ回路243は、第1の実施形態に係る駆動用スイッチ回路241と回生用スイッチ回路242を共通の回路とした構成である。具体的には、スイッチ回路243は、第1の実施形態に係る駆動用スイッチ回路241に、回生用電源Brを追加し、駆動用電源Bd及び回生用電源Brのそれぞれの両端（正極端子及び負極端子）に電源を切り替えるための4つのスイッチSvd1、Svd2、Svr1、Svr2を追加したものである。

[0043] 回転機1の運転方向が駆動方向と判断された場合、駆動用電源Bdの両端に設けられたスイッチSvd1、Svd2がオンされ、回生用電源Brの両端に設けられたスイッチSvr1、Svr2がオフされる。回転機1の運転

方向が回生方向と判断された場合、駆動用電源 B_d の両端に設けられたスイッチ S_{vd1} , S_{vd2} がオフされ、回生用電源 B_r の両端に設けられたスイッチ S_{vr1} , S_{vr2} がオンされる。

[0044] なお、4つのスイッチ $S_{vd1} \sim S_{vr2}$ は、制御装置 2 において、どのように制御されてもよい。例えば、4つのスイッチ $S_{vd1} \sim S_{vr2}$ は、スイッチング素子として、メイン制御部 21 からの制御信号により、オン又はオフの操作が行われてもよい。

[0045] 本実施形態によれば、第 1 の実施形態において、駆動用スイッチ回路 241 及び回生用スイッチ回路 242 の代わりに、スイッチ回路 243 を設けることで、第 1 の実施形態による作用効果に加え、制御装置 2 の小型化又は製造コストの低減をすることができる。

[0046] (第 3 の実施形態)

図 7 は、本発明の第 3 の実施形態に係るスイッチ回路 24u1A の構成を示す回路図である。図 7 では、スイッチ回路 24u1A の 3 相分の構成のうち 1 相分の構成 (1 つのコイル 13u1 に対応する構成) について示す。ここでは、1 相分の構成について主に説明し、3 相分の構成は同様に構成されるものとする。

[0047] 本実施形態は、第 1 の実施形態において、スイッチ回路 24u1 を図 7 に示すスイッチ回路 24u1A に代えたものである。その他の点は、第 1 の実施形態と同様である。

[0048] スwitch回路 24u1A は、駆動用スイッチ回路 241A、回生用スイッチ回路 242A、及び、切替回路 244 を備える。

[0049] 駆動用スイッチ回路 241A は、4つのスイッチング素子 S_{1pA} , S_{1nA} , S_{2pA} , S_{2nA} 、2つのプリドライバ P_{rd1} , P_{rd2} 、及び、駆動用電源 B_d を備える。

[0050] スwitchング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ は、逆並列に接続されたダイオードを含む半導体素子である。4つのスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ は、対になる 2 組がそれぞれ直列に接続され、2 組の直列に接続されたスイッチ

ング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ が並列に接続された構成である。

[0051] プリドライバ P_{rd1} , P_{rd2} は、駆動用制御回路 22 からの駆動用スイッチ制御信号 S_{d1} に基づいて、それぞれ 2 つのスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ をオン又はオフにする制御を行う。なお、プリドライバ P_{rd1} , P_{rd2} は、各スイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ に対応するように 4 つ設けられてもよい。

[0052] 駆動用電源 B_d は、並列に接続された 2 組の直列に接続されたスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ と並列に接続される。2 組の直列に接続されたスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ のそれぞれの両端に電圧を印加するように接続される。2 組の直列に接続されたスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ のそれぞれの接続点の間にコイル L_{3u1} が接続される。

[0053] 回生用スイッチ回路 242A は、4 つのスイッチング素子 S_{1pA} , S_{1nA} , S_{2pA} , S_{2nA} 、2 つのプリドライバ P_{rr1} , P_{rr2} 、及び、回生用電源 B_r を備える。

[0054] スwitching素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ 及び回生用電源 B_r の構成については、駆動用スイッチ回路 241A と同様である。

[0055] プリドライバ P_{rr1} , P_{rr2} は、回生用制御回路 23 からの回生用スイッチ制御信号 S_{r1} に基づいて、それぞれ各 2 つのスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ をオン又はオフにする制御を行う。その他の点は、駆動用スイッチ回路 241A のプリドライバ P_{rd1} , P_{rd2} と同様である。

[0056] 切替回路 244 は、駆動用スイッチ回路 241A と回生用スイッチ回路 242A とを切り替えるための回路である。切替回路 244 は、2 つのスイッチング素子 S_{ch1} , S_{ch2} で構成される。各スイッチング素子 S_{ch1} , S_{ch2} は、回生用スイッチ回路 242A の 2 組の直列に接続されたスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ のそれぞれの接続点とコイル L_{3u1} の両端の 2 つの端子のそれぞれの間に位置するように設けられる。駆動用スイッチ回路 241A の 2 組の直列に接続されたスイッチング素子 $S_{1pA} \sim S_{2nA}$ のそれぞれの接続点は、切替回路 244 を介さずに、コイル L_{3u1} の

両端と直接接続される。

[0057] 回転機 1 が駆動方向の運転をする場合は、2つのスイッチング素子 S_{ch1} , S_{ch2} はオフされる。回転機 1 が回生方向の運転をする場合は、2つのスイッチング素子 S_{ch1} , S_{ch2} はオンされる。

[0058] 本実施形態によれば、第 1 の実施形態による作用効果に加え、スイッチ回路 24u1A を設けることで、駆動用スイッチ回路 241A と回生用スイッチ回路 242A を容易に切り替えることができる。

[0059] また、駆動用スイッチ回路 241A と回生用スイッチ回路 242A とを切り替えるための切替回路 244 を設けることで、半導体内部の寄生的なダイオードの影響を抑制することができる。

[0060] (第 4 の実施形態)

図 8 は、本発明の第 4 の実施形態に係る昇圧回路 25 の構成を示す回路図である。

本実施形態は、第 1 の実施形態に昇圧回路 25 を追加した構成である。その他の点は、第 1 の実施形態と同様である。

[0061] 昇圧回路 25 は、スイッチ回路 24u1 の回生用スイッチ回路 242 と回生用電源 B_r との間に設けられる。回生用電源 B_r が全てのスイッチ回路 24u1 ~ 24w2 で共通の場合、昇圧回路 25 は、各スイッチ回路 24u1 ~ 24w2 に設けられてもよいし、全てのスイッチ回路 24u1 ~ 24w2 に共通で設けられてもよい。

[0062] 昇圧回路 25 は、回生用スイッチ回路 242 からの回生電力を回生用電源 B_r に適した電圧に昇圧する。昇圧回路 25 は、予め決められた電圧に昇圧してもよいし、回生用制御回路 23 などの外部からの指令値に基づいて昇圧してもよい。また、昇圧回路 25 は、降圧もできる回路でもよい。さらに、昇圧回路 25 の具体的な回路構成は、どのようなものでもよい。

[0063] 本実施形態によれば、第 1 の実施形態による作用効果に加え、昇圧回路 25 を設けることで、回生電力を効率良く回生用電源 B_r に供給することができる。

[0064] (第5の実施形態)

図9は、本発明の第5の実施形態に係る回生用制御回路23Aの構成を示す回路図である。

本実施形態は、第4の実施形態において、昇圧回路25の代わりに回生用制御回路23Aを設けたものである。その他の点は、第4の実施形態と同様である。

[0065] 回生用制御回路23Aは、第1の実施形態に係る回生用制御回路23と基本的な構成は同じであるため、ここでは、第1の実施形態と異なる部分について主に説明する。

[0066] 回生用制御回路23Aは、 $\Delta\Sigma$ 変調器231及びNSDEM選択部232を備える。

$\Delta\Sigma$ 変調器231には、制動トルク指令値が含まれる回生運転指令値 S_{cr} 及び回生用電源 B_r に印加される電圧値 V_{br} が入力される。 $\Delta\Sigma$ 変調器231は、回転機1が制動トルク指令値に従うように運転され、電圧値 V_{br} が所定の電圧値になるように、 $\Delta\Sigma$ 変調により導通させるコイルの相毎の数を決定する。 $\Delta\Sigma$ 変調器231は、決定したコイルの相毎の数をNSDEM選択部232に送信する。 $\Delta\Sigma$ 変調によるコイルの相毎の数の決定方法は、第1の実施形態と同様である。電圧値 V_{br} を制御するための所定の電圧値は、予め決められた電圧値でもよいし、回生用制御回路23などの外部からの指令値として与えられてもよい。

[0067] NSDEM選択部232は、 $\Delta\Sigma$ 変調器231により決定されたコイルの相毎の数に基づいて、NSDEMにより相毎に導通させるコイル13u1～13w6を選択する。NSDEMによるコイル13u1～13w6の選択方法は、第1の実施形態と同様である。NSDEM選択部232は、選択したコイル13u1～13w6の導通を制御するための回生用スイッチ制御信号 $S_{r1} \sim S_{r6}$ を各スイッチ回路24u1～24w2に送信する。

[0068] 本実施形態によれば、回生用制御回路23Aを設けることで、第4の実施形態に係る昇圧回路25を設けなくても、第4の実施形態と同様の作用効果

を得ることができる。

[0069] (第6の実施形態)

図10は、本発明の第6の実施形態に係る駆動用制御回路22Aの構成を示す回路図である。

本実施形態は、第1の実施形態において、駆動用制御回路22を駆動用制御回路22Aに代えたものである。その他の点は、第1の実施形態と同様である。

[0070] 駆動用制御回路22Aは、速度演算部221、3相/ $\alpha\beta$ 座標変換部222、 $\alpha\beta$ / dq 座標変換部223、速度制御部224、 d 軸電流制御部225、 q 軸電流制御部226、 dq / $\alpha\beta$ 座標変換部227、及び、コイル選択部228を備える。

[0071] 速度演算部221は、回転機1から回転角度(回転位相) θ を受信する。回転角度 θ は、角度センサによる計測値でもよいし、センサレス制御における推測値でもよい。速度演算部221は、回転角度 θ に基づいて、回転速度 ω を演算する。速度演算部221は、演算した回転速度 ω を速度制御部224に出力する。なお、回転機1には、レゾルバ等の回転速度 ω を検出するセンサが設けられてもよい。この場合、速度演算部221は、センサから受信した回転速度 ω をそのまま利用してもよい。

[0072] 3相/ $\alpha\beta$ 座標変換部222は、回転機1に駆動電流として流れる3相の交流電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を受信する。3相の電流値 I_u 、 I_v 、 I_w は、どのように測定されてもよい。3相/ $\alpha\beta$ 座標変換部222は、受信した3相の電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を $\alpha\beta$ 軸座標系の2相の電流値 I_α 、 I_β に変換する。3相/ $\alpha\beta$ 座標変換部222は、求めた2相の電流値 I_α 、 I_β を $\alpha\beta$ / dq 座標変換部223に出力する。

[0073] $\alpha\beta$ / dq 座標変換部223は、回転角度 θ 及び3相/ $\alpha\beta$ 座標変換部222により演算された2相の電流値 I_α 、 I_β を受信する。 $\alpha\beta$ / dq 座標変換部223は、回転角度 θ に基づいて、2相の電流値 I_α 、 I_β を回転座標系の dq 軸電流値 I_d 、 I_q に変換する。 $\alpha\beta$ / dq 座標変換部223は

、求めたd軸電流値 I_d をd軸電流制御部225に出力し、求めたq軸電流値 I_q をq軸電流制御部226に出力する。

[0074] 速度制御部224は、メイン制御部21から出力された駆動運転指令値 S_{cd} に含まれる回転速度指令値 ω^* 及び速度演算部221により演算された回転速度 ω を受信する。速度制御部224は、回転速度 ω が回転速度指令値 ω^* に追従するように、q軸電流値指令値 I_q^* を演算する。速度制御部224は、演算したq軸電流値指令値 I_q^* をq軸電流制御部226に出力する。

[0075] d軸電流制御部225は、d軸電流指令値 I_d^* 及び $\alpha\beta/dq$ 座標変換部223により演算されたd軸電流値 I_d を受信する。d軸電流指令値 I_d^* は、駆動運転指令値 S_{cd} に含まれていてもよいし、予め決められた値でもよい。d軸電流制御部225は、d軸電流値 I_d がd軸電流指令値 I_d^* に追従するように、d軸電圧指令値 V_d^* を演算する。d軸電流制御部225は、演算したd軸電圧指令値 V_d^* を $dq/\alpha\beta$ 座標変換部227に出力する。

[0076] q軸電流制御部226は、速度制御部224により演算されたq軸電流指令値 I_q^* 及び $\alpha\beta/dq$ 座標変換部223により演算されたq軸電流値 I_q を受信する。q軸電流制御部226は、q軸電流値 I_q がq軸電流指令値 I_q^* に追従するように、q軸電圧指令値 V_q^* を演算する。q軸電流制御部226は、演算したq軸電圧指令値 V_q^* を $dq/\alpha\beta$ 座標変換部227に出力する。

[0077] $dq/\alpha\beta$ 座標変換部227は、回転角度 θ 、d軸電流制御部225により演算されたd軸電圧指令値 V_d^* 、及び、q軸電流制御部226により演算されたq軸電圧指令値 V_q^* を受信する。 $dq/\alpha\beta$ 座標変換部227は、回転角度 θ に基づいて、 dq 軸電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を $\alpha\beta$ 軸座標系の2相の電圧指令値 V_α^* 、 V_β^* に変換する。

[0078] コイル選択部228は、 $dq/\alpha\beta$ 座標変換部227により演算された $\alpha\beta$ 軸電圧指令値 V_α^* 、 V_β^* を受信する。例えば、 $\alpha\beta$ 軸電圧指令値 V_α^*

＊、 $V_{\beta}＊$ は、正弦波で表される交流電圧を示す指令値である。コイル選択部228は、 α β 軸電圧指令値 $V_{\alpha}＊$ 、 $V_{\beta}＊$ に基づいて、相毎に導通させるコイル13u1～13w6を選択し、各コイル13u1～13w6の電圧の印加方向を決定する。コイル選択部228は、決定した内容に基づいて、駆動用スイッチ制御信号Sd1～Sd6を生成し、対応するスイッチ回路24u1～24w2に送信する。

[0079] 図11は、本実施形態に係るコイル選択部228の構成を示す構成図である。図12は、本実施形態に係るベクトル量子化器55を図式化した概略図である。

コイル選択部228は、4つの積分器53 α 、53 β 、54 α 、54 β 、4つの減算器51、4つの計数器52、及び、ベクトル量子化器55を備える。例えば、各積分器53 α ～54 β の積分の式は、 $H(z) = z^{-1} / (1 - z^{-1})$ で表される。

[0080] 各減算器51のマイナス側には、それぞれ計数器52を介して、ベクトル量子化器55により決定される α 軸電圧値 V_{α} 又は β 軸電圧値 V_{β} がフィードバック値として入力される。

[0081] 減算器51により α 軸電圧指令値 $V_{\alpha}＊$ から α 軸電圧値 V_{α} が減算された差分は、 α 軸1段目積分器53 α に入力される。 α 軸1段目積分器53 α は、入力された差分を積分して、求めた積分値を出力する。

[0082] 減算器51により α 軸1段目積分器53 α から出力された積分値から α 軸電圧値 V_{α} が減算された差分は、 α 軸2段目積分器54 α に入力される。 α 軸2段目積分器54 α は、入力された差分を積分して、求めた積分値を α 軸値 α としてベクトル量子化器55に出力する。

[0083] 減算器51により β 軸電圧指令値 $V_{\beta}＊$ から β 軸電圧値 V_{β} が減算された差分は、 β 軸1段目積分器53 β に入力される。 β 軸1段目積分器53 β は、入力された差分を積分して、求めた積分値を出力する。

[0084] 減算器51により β 軸1段目積分器53 β から出力された積分値から β 軸電圧値 V_{β} が減算された差分は、 β 軸2段目積分器54 β に入力される。 β

軸 2 段目積分器 5 4 β は、入力された差分を積分して、求めた積分値を β 軸値 β としてベクトル量子化器 5 5 に出力する。図 1 1 の $H(z)$ に係るフィルタ部分は、 $H(z)$ を 3 段にしても良いし、さらに任意の伝達関数としてもよい。例えば、 $H(z)$ にバンドパス特性のものを用いることにより、特定の周波数の特性を改善することが可能となる。

[0085] ここでは、 α 軸値 α 及び β 軸値 β をそれぞれ 2 段階で積分して求めたが、1 段階の積分で求めてもよい。即ち、2 段目積分器 5 4 α 、5 4 β は設けずに、1 段目積分器 5 3 α 、5 3 β により求められた積分値を α 軸値 α 及び β 軸値 β としてベクトル量子化器 5 5 に出力してもよい。

[0086] ベクトル量子化器 5 5 は、入力された α 軸値 α 及び β 軸値 β に基づいて、導通させるコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 の選択及び選択されたコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 の電圧の印加方向を決定する。

[0087] ベクトル量子化器 5 5 には、図 1 2 に示すように、ハニカム構造のように細分化された領域で区分けされた α β 軸座標が予め設定される。ここでは、細分化された領域は、小さい六角形で示され、0 から 1 2 6 までの通し番号が割り振られた 1 2 7 通りの領域に区分けされている。領域毎に、導通させるコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 の相毎の数及び電圧の印加方向が決められている。例えば、 α β 軸座標の全体の領域を示す大きい六角形状の各頂点に位置する領域は、コイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 を相毎に 6 個全て正方向又は負方向に電圧を印加する場合に該当する。

[0088] ベクトル量子化器 5 5 は、入力された α 軸値 α 及び β 軸値 β が細分化されたどの領域に属するかを判断する。ベクトル量子化器 5 5 は、判断した領域に基づいて、導通させるコイル 1 3 u 1 ~ 1 3 w 6 及び電圧の印加方向を決定する。ベクトル量子化器 5 5 は、決定した内容に基づいて、駆動用スイッチ制御信号 S d 1 ~ S d 6 を生成し、各スイッチ回路 2 4 u 1 ~ 2 4 w 2 にそれぞれ送信する。また、ベクトル量子化器 5 5 は、判断した領域に対応する α 軸電圧値 V_α 及び β 軸電圧値 V_β をフィードバック値としてそれぞれ各減算器 5 1 に出力する。

[0089] 本実施形態によれば、第1の実施形態による作用効果に加え、ベクトル量子化器55を用いることで、d q軸回転座標系によるベクトル制御により、回転機1のトルク及び磁束を制御することができる。

[0090] (第7の実施形態)

図13は、本発明の第7の実施形態に係る回転機1Bの構成を示す構成図である。図14は、本実施形態に係る回転機システム10Bにおける分割回路G1～Gmの構成を示す簡略図である。

[0091] 図14では、スイッチ回路24B1～24Bmと、電源Bt1～Btm又はコイル13u11～13w2mとの接続線を簡略化して1つの線で示しているが、実際には、他の実施形態（例えば、図3又は図4）と同様に、正極側と負極側（極性側と基準側）の2つの配線で接続される。また、電源には、制御器及び充電器が必要に応じて含まれる。以降の図においても、同様に簡略化して示す。

[0092] 回転機システム10Bは、第1の実施形態に係る回転機システム10において、スイッチ回路24u1～24w2及び回転機1による構成を、分割回路G1～Gmによる構成に代えたものである。その他の点は、第1の実施形態と同様である。

[0093] 回転機1Bは、第1の実施形態に係る回転機1において、各固定子鉄心12u1～12w2には、m個のコイル13u11～13w2mが設けられる。全てのコイル13u11～13w2mは、第1の実施形態と同様に、個体差を除けば、回転機1Bに同じ電圧を印加する。その他の点は、第1の実施形態に係る回転機1と同様である。ここでは、回転機1Bは、6つの固定子（3相×2）を備えた構成について説明するが、固定子は、いくつ備えてもよい。例えば、固定子は、回転機1Bに印加される電気の相の倍数の数設けられる。

[0094] U相第1固定子鉄心12u1には、m個のU相第1コイル13u11, 13u12, …, 13u1mが設けられる。U相第2固定子鉄心12u2には、m個のU相第2コイル13u21, 13u22, …, 13u2mが設けら

れる。V相第1固定子鉄心 $12v1$ には、 m 個のV相第1コイル $13v11$ 、 $13v12$ 、 $\dots$ 、 $13v1m$ が設けられる。V相第2固定子鉄心 $12v2$ には、 m 個のV相第2コイル $13v21$ 、 $13v22$ 、 $\dots$ 、 $13v2m$ が設けられる。W相第1固定子鉄心 $12w1$ には、 m 個のW相第1コイル $13w11$ 、 $13w12$ 、 $\dots$ 、 $13w1m$ が設けられる。W相第2固定子鉄心 $12w2$ には、 m 個のW相第2コイル $13w21$ 、 $13w22$ 、 $\dots$ 、 $13w2m$ が設けられる。

[0095] 分割回路 $G1 \sim Gm$ は、回転機システム10Bの障害に対する耐性を高めるために、回転機システム10Bの主要な電気回路をグループ分けするように分割した回路である。ここでは、分割回路 $G1 \sim Gm$ の数は、各固定子に設けられたコイル $13u11 \sim 13w2m$ の数と同じ m 個として説明するが、2つ以上であれば、いくつでもよい。

[0096] 分割回路 $G1$ 、 $G2$ 、 $\dots$ 、 Gm は、それぞれ、1つの電源 $Bt1$ 、 $Bt2$ 、 $\dots$ 、 Btm 、1つのスイッチ回路 $24B1$ 、 $24B2$ 、 $\dots$ 、 $24Bm$ 、及び、6つのコイル $13u11 \sim 13w21$ 、 $13u12 \sim 13w22$ 、 $\dots$ 、 $13u1m \sim 13w2m$ を備える。各分割回路 $G1 \sim Gm$ に含まれる6つのコイル $13u11 \sim 13w2m$ は、6つの固定子のそれぞれから1つずつ選択されたコイルである。

[0097] なお、各分割回路 $G1 \sim Gm$ は、全ての固定子（又は相）のコイル $13u11 \sim 13w2m$ が少なくとも1つ含まれていれば、いくつ含まれてもよい。また、各分割回路 $G1 \sim Gm$ は、電源 $Bt1 \sim Btm$ 、及び、スイッチ回路 $24B1 \sim 24Bm$ を、1つ以上であれば、いくつ設けてもよい。

[0098] m 個のスイッチ回路 $24B1 \sim 24Bm$ は、自身が属する分割回路 $G1 \sim Gm$ の固定子のコイル $13u11 \sim 13w2m$ の導通を制御するための回路である。例えば、各スイッチ回路 $24B1 \sim 24Bm$ は、第1の実施形態に係る駆動用スイッチ回路241又は回生用スイッチ回路242と同様の構成である。なお、スイッチ回路 $24B1 \sim 24Bm$ は、第2の実施形態に係るスイッチ回路243と同様に、駆動用と回生用で兼用する共通にした回路と

してもよいし、その他の実施形態に係るスイッチ回路と同様に構成してもよい。

[0099] m個の電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ は、自身が属する分割回路 $G_1 \sim G_m$ の固定子のコイル $13u11 \sim 13w2m$ に、スイッチ回路 $24B_1 \sim 24B_m$ を介して接続される。これにより、電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ は、回転機1Bの駆動時に、コイル $13u11 \sim 13w2m$ を導通するための電力を供給し、回転機1Bの回生時に、コイル $13u11 \sim 13w2m$ からの回生電力により蓄電される。電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ は、第1の実施形態に係る駆動用電源 B_d 又は回生用電源 B_r と同様に構成される。電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ は、スイッチ回路 $24B_1 \sim 24B_m$ に合わせて設けられる。例えば、スイッチ回路 $24B_1 \sim 24B_m$ を、第2の実施形態に係るスイッチ回路243のように、駆動用と回生用を兼用する回路とした場合、電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ は、各スイッチ回路 $24B_1 \sim 24B_m$ において、駆動用と回生用のそれぞれ少なくとも1つが設けられる。

[0100] 次に、制御装置2Bによる回転機システム10Bの制御について説明する。

制御装置2Bは、通常時は、図1に示す第1の実施形態に係る制御装置2と同様に、スイッチ回路 $24B_1 \sim 24B_m$ にスイッチ制御信号を送信して、駆動制御又は回生制御を行う。ここでは、主に、第1の実施形態に係る制御装置2と異なる点について説明する。

[0101] 制御装置2Bは、各分割回路 $G_1 \sim G_m$ の電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ の監視及び制御をする。電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ のいずれか1つが故障した場合、制御装置2Bは、故障した電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ が属する分割回路 $G_1 \sim G_m$ を除外して、回転機システム10Bの運転を継続するように制御する。例えば、制御装置2Bは、故障した電源 $B_{t1} \sim B_{tm}$ が属する分割回路 $G_1 \sim G_m$ のコイル $13u11 \sim 13w2m$ を除外して、導通させるコイルを選択する。このとき、除外対象のコイル $13u11 \sim 13w2m$ をスイッチ等により電氣的に切断してもよい。

[0102] なお、1つの分割回路 $G1 \sim Gm$ に複数の電源 $Bt1 \sim Btm$ が設けられている場合、制御装置2Bは、1つの分割回路 $G1 \sim Gm$ の複数又は全ての電源 $Bt1 \sim Btm$ が故障した場合に、その分割回路 $G1 \sim Gm$ を運転対象から除外するようにしてもよい。また、制御装置2Bは、各分割回路 $G1 \sim Gm$ を構成する電源 $Bt1 \sim Btm$ 以外の機器類の故障についても、電源 $Bt1 \sim Btm$ と同様に、故障した機器類の属する分割回路 $G1 \sim Gm$ を運転対象から除外するようにしてもよい。

[0103] 本実施形態によれば、第1の実施形態による作用効果に加え、以下の作用効果を得ることができる。

少なくとも1つの電源 $Bt1 \sim Btm$ 、及び、全ての固定子（又は相）のそれぞれの少なくとも1つのコイル $13u11 \sim 13w2m$ が含まれるように、回転機システム10Bの電気回路を分割した分割回路 $G1 \sim Gm$ を設けることで、回転機システム10Bの障害（例えば、電源 $Bt1 \sim Btm$ の故障）に対する耐性を高めることができる。具体的には、少なくとも1つの分割回路 $G1 \sim Gm$ が正常であれば、回転機1Bの全ての固定子（又は相）に電圧を印加することができる。

[0104] （第8の実施形態）

図15は、本発明の第8の実施形態に係る回転機システム10Cにおける分割回路 $G1C \sim G12C$ の構成を示す簡略図である。

[0105] 回転機システム10Cは、図14に示す第7の実施形態に係る回転機システム10Bにおいて、コイル $13u11 \sim 13w2m$ のグループ分けを変更し、変更したグループ分けに対応するように、分割回路 $G1C \sim G12C$ を設け、制御装置2Bを制御装置2Cに代えたものである。その他の点は、第7の実施形態と同様である。

[0106] 分割回路 $G1C \sim G12C$ は、固定子毎に2つにグループ分けされたコイル $13u11 \sim 13w2m$ のそれぞれに対応するように設けられる。例えば、各固定子に設けられたコイル $13u11 \sim 13w2m$ の個数 m が偶数の場合、コイル $13u11 \sim 13w2m$ を $m/2$ 個ずつにグループ分けする。個

数 m が奇数の場合、一方のグループを $m/2$ を切り上げた個数とし、もう一方のグループを $m/2$ を切り捨てた個数とする。

[0107] なお、ここでは、コイル $13u11 \sim 13w2m$ を固定子毎にグループ分けをしたが、相毎にグループ分けをしてもよい。以降では、固定子毎にグループ分けした場合について主に説明するが、相毎にグループ分けした場合についても同様である。固定子毎のコイル $13u11 \sim 13w2m$ のグループ分けは、3つ以上にグループ分けしてもよい。また、グループ分けした各グループには、コイル $13u11 \sim 13w2m$ をいくつ含めてもよいが、各グループのコイル $13u11 \sim 13w2m$ の個数を同数又は互いに近い数字にすることで、各グループを均等に扱い易くなる。これにより、回転機システム10Cは、どの分割回路 $G1C \sim G12C$ が停止しても、停止時の制御を同等に行うことができる。

[0108] 以降では、コイル $13u11 \sim 13w2m$ を、固定子毎に、 a 個と $(m-a)$ 個の2つのグループに分け、 $a < m$ 、 $b = a + 1$ であるものとして説明する。

[0109] 分割回路 $G1C$ 、 $G2C$ 、 $\dots$ 、 $G12C$ は、それぞれ、1つの電源 $Bt1$ 、 $Bt2$ 、 $\dots$ 、 $Bt12$ 、1つのスイッチ回路 $24C1$ 、 $24C2$ 、 $\dots$ 、 $24C12$ 、及び、固定子毎に2つにグループ分けされたうちの1つのグループのコイル $13u11 \sim 13w2m$ を備える。なお、各分割回路 $G1C \sim G12C$ は、電源 $Bt1 \sim Bt12$ をいくつ設けてもよい。また、スイッチ回路 $24C1 \sim 24C12$ は、2つ以上の分割回路 $G1C \sim G12C$ と共通の回路に形成されてもよい。

[0110] 2つの分割回路 $G1C$ 、 $G2C$ は、それぞれ、U相第1コイル $13u11 \sim 13u1a$ 、 $13u1b \sim 13u1m$ を含む。2つの分割回路 $G3C$ 、 $G4C$ は、それぞれ、U相第2コイル $13u21 \sim 13u2a$ 、 $13u2b \sim 13u2m$ を含む。2つの分割回路 $G5C$ 、 $G6C$ は、それぞれ、V相第1コイル $13v11 \sim 13v1a$ 、 $13v1b \sim 13v1m$ を含む。2つの分割回路 $G7C$ 、 $G8C$ は、それぞれ、V相第2コイル $13v21 \sim 13v2$

a, 13v2b~13v2mを含む。2つの分割回路G9C, G10Cは、それぞれ、W相第1コイル13w11~13w1a, 13w1b~13w1mを含む。2つの分割回路G11C, G12Cは、それぞれ、W相第2コイル13w21~13w2a, 13w2b~13w2mを含む。

[0111] スイッチ回路24C1~24C12は、第7の実施形態に係るスイッチ回路24B1~24Bmと同様に、自身が属する分割回路G1C~G12Cの固定子のコイル13u11~13w2mの導通を制御するための回路である。スイッチ回路24C1~24C12は、制御対象のコイル13u11~13w2mが異なる点以外は、第7の実施形態に係るスイッチ回路24B1~24Bmと同様である。

[0112] 12個の電源Bt1~Bt12は、第7の実施形態と同様に、自身が属する分割回路G1C~G12Cの固定子のコイル13u11~13w2mに、スイッチ回路24C1~24C12を介して接続される。

[0113] 制御装置2Cは、各分割回路G1C~G12Cの電源Bt1~Bt12の監視及び制御をする。その他の点は、制御装置2Cは、第7の実施形態に係る制御装置2Bと同様である。

[0114] 本実施形態によれば、第1の実施形態による作用効果に加え、以下の作用効果を得ることができる。

少なくとも1つの電源Bt1~Bt12、及び、固定子毎（又は相毎）にグループ分けされた1つのグループのコイル13u11~13w2mが含まれるように、回転機システム10Cの電気回路を分割した分割回路G1C~G12Cを設けることで、回転機システム10Cの障害（例えば、電源Bt1~Bt12の故障）に対する耐性を高めることができる。

[0115] 具体的には、任意の分割回路G1~Gmを停止させても、停止させた分割回路G1~Gmと同一の固定子（又は同相）のコイル13u11~13w2mを含む他の分割回路G1~Gmにより、その固定子（又はその相）に電圧を印加することができる。これにより、任意の分割回路G1~Gmが停止しても、代替となる分割回路G1~Gmが固定子（又は相）に電圧を印加する

ことにより、回転機システム 10C は、回転機 1B にバランスの取れた電力を供給することができる。

[0116] (第9の実施形態)

図 16 は、本発明の第9の実施形態に係る回転機システム 10D における分割回路 G1D ~ GmD の構成を示す簡略図である。

[0117] 回転機システム 10D は、図 14 に示す第7の実施形態に係る回転機システム 10B において、分割回路 G1 ~ Gm から電源 Bt1 ~ 電源 Btm を取り除いた分割回路 G1D ~ GmD を設け、切換器 CH 及び 2つの電源 Btm, Bts を追加し、制御装置 2B を制御装置 2D に代えたものである。その他の点は、第7の実施形態と同様である。

[0118] 2つの電源 Btm, Bts は、切換器 CH を介して、全ての分割回路 G1D ~ GmD のスイッチ回路 24B1 ~ 24Bm に接続される。なお、2つの電源 Btm, Bts は、別々に独立した電源装置でもよいし、1つの電源装置に実装された2つのセルでもよい。その他の点は、電源 Btm, Bts は、第7の実施形態に係る電源 Bt1 ~ Btm と同様である。

[0119] 切換器 CH は、回転機 1B の制御に使用する電源として、2つの電源 Btm, Bts のいずれかを選択する回路である。切換器 CH は、2つの電源 Btm, Bts を切り換えて、いずれか一方の電源 Btm, Bts をスイッチ回路 24B1 ~ 24Bm に接続する。切換器 CH は、制御装置 2D、電源 Btm, Bts に実装された制御器、又は、これらの両方からの切換指令（切換信号）により、いずれか一方の電源 Btm, Bts を選択して接続する。

[0120] 次に、2つの電源 Btm, Bts の運用方法の一例を説明する。

[0121] 通常時、切換器 CH は、メイン電源 Btm を選択する。これにより、メイン電源 Btm は、各スイッチ回路 24B1 ~ 24Bm を介して、コイル 13u11 ~ 13w2m と接続される。このとき、サブ電源 Bts は、待機状態であり、充電をしてもよい。

[0122] メイン電源 Btm を停止させる場合、切換器 CH は、メイン電源 Btm からサブ電源 Bts に切り換える。これにより、サブ電源 Bts は、各スウィ

チ回路24B1～24Bmを介して、コイル13u11～13w2mと接続される。例えば、メイン電源Btmを停止させる場合とは、メイン電源Btmの異常を検出した場合、蓄電量（充電率）が閾値を下回った場合、又は、点検等により人為的にメイン電源Btmを停止させる場合である。切換器CHは、メイン電源Btmの監視による異常検出又は蓄電量不足の検出により、検出信号を受信して自動的に切り換えられてもよいし、操作員により手動で切り換えられてもよい。

[0123] 本実施形態によれば、第1の実施形態による作用効果に加え、以下の作用効果を得ることができる。

全ての分割回路G1D～GmDで用いる電源Btm、Btsを共通にすることで、電源の数を減らしながら、第7の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。具体的には、少なくとも1つの分割回路G1D～GmDが正常であれば、回転機1Bの全ての固定子に電圧を印加することができる。また、2つの電源Btm、Btsを設けることで、電源Btm、Btsの異常等に対する回転機システム10Dの運転継続性を高めることができる。

[0124] 本実施形態では、2つの電源Btm、Btsを設けたが、3つ以上の電源を設けてもよい。また、2つの電源の役割を、通常時に使用するメイン電源Btmと、メイン電源Btmの停止時に使用するサブ電源Btsとしたが、これに限らない。2つの電源を同等に使用してもよいし、2つの電源間で、メインとサブの関係が運用中に入れ替わってもよい。さらに、2つの電源間で切換器CHを介さずに直接充放電をして、2つの電源のそれぞれの蓄電量が調整できるようにしてもよい。また、2つの電源で、電力を供給してもよい。3つ以上の電源についても同様である。

[0125] 本実施形態では、第7の実施形態に係る回転機システム10Bに基づいて、電源を共通にした構成を説明したが、第8の実施形態に係る回転機システム10Cに基づいて、同様に構成してもよい。即ち、図15に示す回転機システム10Cにおいて、分割回路G1C～G12Cから電源Bt1～電源Bt12を取り除き、切換器CH及び2つの電源Btm、Btsを追加して、

本実施形態と同様に構成することができる。これにより、電源の数を減らしながら、第8の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0126] (第10の実施形態)

図17は、本発明の第10の実施形態に係る回転機システム10Eにおける分割回路G1E～GmEの構成を示す簡略図である。

[0127] 回転機システム10Eは、図14に示す第7の実施形態に係る回転機システム10Bにおいて、分割回路G1～Gmを分割回路G1E～GmEに代え、制御装置2Bを制御装置2Eに代えたものである。分割回路G1E～GmEは、第7の実施形態に係る分割回路G1～Gmにおいて、それぞれ、1つの電源Bt1～電源Btmを取り除き、代わりに、2つの電源Btm1, Bts1～Btmm, Btsm及び切換器CH1～CHmを追加したものである。その他の点は、第7の実施形態と同様である。

[0128] 2つの電源Btm1, Bts1～Btmm, Btsmは、各分割回路G1E～GmEに設けられた点以外は、第9の実施形態に係る2つの電源Btm, Btsと同様である。例えば、2つの電源Btm1, Bts1～Btmm, Btsmは、メイン電源Btm1～Btmmとサブ電源Bts1～Btsmとして設けられる。通常時は、メイン電源Btm1～Btmmが使用され、メイン電源Btm1～Btmmの停止時にサブ電源Bts1～Btsmが使用される。

[0129] 切換器CH1～CHmは、各分割回路G1E～GmEに設けられた点以外は、第9の実施形態に係る切換器CHと同様である。したがって、切換器CH1～CHmの切換条件についても、第9の実施形態と同様である。例えば、切換器CH1～CHmは、メイン電源Btm1～Btmmの異常又は蓄電量不足の検出により、自動的にサブ電源Bts1～Btsmに切り換えられてもよいし、操作員により手動で切り換えられてもよい。

[0130] 本実施形態によれば、第7の実施形態による作用効果に加え、各分割回路G1E～GmEに複数の電源Btm1, Bts1～Btmm, Btsmを設けることで、電源Btm1, Bts1～Btmm, Btsmの異常等に対す

る回転機システム 10E の運転継続性を第 7 の実施形態によりも高めることができる。

[0131] 本実施形態では、各分割回路 G1E ~ GmE に、2 つの電源 Btm1, Bts1 ~ Btmm, Btsm を設けたが、3 つ以上の電源を設けてもよい。3 つ以上の電源の役割については、第 9 の実施形態と同様に任意に設定してもよい。

[0132] 本実施形態では、第 7 の実施形態に係る回転機システム 10B に基づく構成について説明したが、第 8 の実施形態に係る回転機システム 10C に基づいて、同様に構成してもよい。即ち、図 15 に示す回転機システム 10C において、各分割回路 G1C ~ G12C に、複数の電源を設けて、本実施形態と同様に構成することができる。これにより、回転機システム 10E の運転継続性を高めながら、第 8 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0133] (第 11 の実施形態)

図 18 は、本発明の第 11 の実施形態に係る回転機システム 10F の構成を示す簡略図である。

[0134] 回転機システム 10F は、回転機 1B、2 つの電源 Bt1, Bt2、切換器 61、電源側電圧コンバータ 62、回生用電源 63、回転機側電圧コンバータ 64、回生用スイッチ回路 65、駆動用スイッチ回路 66、及び、ワイヤレス受電部 WR を備える。その他の点は、第 1 の実施形態と同様である。ここでは、第 1 の実施形態を基本構成とした構成について主に説明するが、その他の実施形態を基本構成としてもよい。

[0135] 電源側電圧コンバータ 62、回生用電源 63、回転機側電圧コンバータ 64、及び、回生用スイッチ回路 65 は、回転機 1B の回生時に主に使用される制動系回路を構成する。駆動用スイッチ回路 66 は、回転機 1B の駆動時に主に使用される駆動系回路を構成する。

[0136] 回転機システム 10F は、図 13 に示す第 7 の実施形態に係る回転機 1B を採用した構成について説明するが、第 1 の実施形態と同様に、どのような

回転機を用いてもよい。また、2つの電源B t 1, B t 2は、同等に使用される構成について説明するが、図16に示す第9の実施形態に係る電源B t m, B t sのように、メインとサブの関係を持たせてもよいし、その他のどのように運用してもよい。

[0137] 回生用スイッチ回路65及び駆動用スイッチ回路66は、それぞれ、第1の実施形態に係る回生用スイッチ回路242及び駆動用スイッチ回路241と同様の構成である。なお、回生用スイッチ回路65及び駆動用スイッチ回路66は、第2の実施形態に係るスイッチ回路243と同様に、駆動用と回生用を兼用する回路としてもよいし、その他の実施形態に係るスイッチ回路と同様に構成してもよい。

[0138] なお、図18では、回生用スイッチ回路65及び駆動用スイッチ回路66は、回転機1Bの全てのコイル13u11~13w2mと接続された構成を示しているが、第1の実施形態のように、1つの固定子のコイルが接続されていてもよいし、第7の実施形態から第10の実施形態のように、グループ分けされた1つのグループのコイルが接続されてもよいし、これら以外の一部のコイルが接続されてもよい。この場合、全てのコイル13u11~13w2mに対応するように、複数の回生用スイッチ回路65及び複数の駆動用スイッチ回路66が設けられる。

[0139] 回生用スイッチ回路65は、回転機1Bの回生電力を電源B t 1, B t 2側に送るように動作する。回転機側電圧コンバータ64は、回生電力により回生用電源63が充電されるように、回生用スイッチ回路65からの回生電力を直流電力に変換して、電圧を昇圧又は降圧する。例えば、回生用電源63は、電気二重層キャパシタである。回生用電源63は、2つの電源B t 1, B t 2よりも応答性が早く充放電可能な電源であれば、キャパシタ又は2次電池等のような電源でもよい。電源側電圧コンバータ62は、回生用電源63からの放電エネルギーを切換器61に供給するように、回生用電源63からの電圧を昇圧又は降圧する。

[0140] 駆動用スイッチ回路66は、切換器61を介して、電源B t 1, B t 2か

ら供給される電力を、自身に接続されているコイル 13 u 1 1 ~ 13 w 2 m を導通させるように供給する。これにより、回転機 1 B は駆動運転を行う。

[0141] なお、回転機 1 B の駆動時（力行時）に、制動系回路が使用されてもよいし、回転機 1 B の回生時に、駆動系回路が使用されてもよい。例えば、制動系回路は、回転機 1 B の駆動中に、回生用電源 6 3 により電源 B t 1, B t 2 を充電してもよい。

[0142] 切換器 6 1 は、回転機 1 B の制御に使用する電源として、2つの電源 B t 1, B t 2 のいずれかを選択する回路である。切換器 6 1 は、第 9 の実施形態に係る切換器 C H と同様の機能及び構成を備える。また、切換器 6 1 は、回転機 1 B の制御状態に応じて、選択された電源 B t 1, B t 2 を制動系回路又は駆動系回路に接続する。

[0143] 切換器 6 1 には、ワイヤレス受電部 W R が接続される。例えば、回転機 1 B が停止している場合、切換器 6 1 は、ワイヤレス受電部 W R を回転機 1 B 側の回路に接続する。ワイヤレス受電部 W R は、回転機 1 B 側から受電した電力に関する電力情報をワイヤレスにより外部に送信する。ワイヤレス受電部 W R から送信された電力情報により、停止している回転機 1 B の状態を監視する。

[0144] なお、切換器 6 1 は、ワイヤレス受電部 W R が接続されていなくてもよいし、ワイヤレス受電部 W R を接続する機能を有していなくてもよい。また、ワイヤレス受電部 W R の代わりに、同等の機能を備える有線の受電部を設けてもよい。

[0145] 図 19 は、本実施形態に係る切換器 6 1 の構成を示す回路図である。ここで説明する切換器 6 1 を含めた構成は、一例であり、これに限らず、どのように構成されてもよい。

[0146] 2つの電源 B t 1, B t 2 は、1つの電源装置 7 0 に実装される。2つの電源 B t 1, B t 2 は、互いに充放電して、それぞれの蓄電量を調整する。電源装置 7 0 には、バッテリー・マネジメント・システム（B T S）7 1 が実装される。B T S 7 1 は、各電源 B t 1, B t 2 の蓄電量に応じて、切換器

61に各種信号を送信する。

[0147] 切換器61は、第1切換スイッチ611、第2切換スイッチ612、第3切換スイッチ613、電流センサ614、及び、スイッチ615を備える。
なお、スイッチ615は、設けなくてもよい。

[0148] ここで、Q1は、第1電源Bt1の蓄電量を表し、Q2は、第2電源Bt2の蓄電量を表し、I_rは、制動系回路から切換器61に流れる電流量を表し、I_aは、第3切換スイッチ613に設定された切換条件の電流の閾値を表すものとする。

[0149] 第1切換スイッチ611は、駆動系回路に電力を供給するため電源として、2つの電源Bt1、Bt2のいずれか一方を選択するスイッチである。第1切換スイッチ611の一方の入力端子は、第1電源Bt1からの放電電力が入力されるように、第1電源Bt1と接続される。第1切換スイッチ611の他方の入力端子は、第2電源Bt2からの放電電力が入力されるように、第2電源Bt2と接続される。第1切換スイッチ611の出力端子は、駆動系回路と接続される。

[0150] 第1切換スイッチ611は、BTS71から入力される信号に基づいて、切り換えを行う。第1電源Bt1の蓄電量が第2電源Bt2の蓄電量よりも多い場合(Q1>Q2)、第1切換スイッチ611は、第1電源Bt1を選択する。第1電源Bt1の蓄電量が第2電源Bt2の蓄電量よりも少ない場合(Q1<Q2)、第1切換スイッチ611は、第2電源Bt2を選択する。これにより、蓄電量が多い方の電源Bt1、Bt2が選択され、選択された電源Bt1、Bt2からの放電電力が駆動系回路に供給される。

[0151] 第2切換スイッチ612は、制動系回路からの電力により充電する電源として、2つの電源Bt1、Bt2のいずれか一方を選択するスイッチである。第2切換スイッチ612の一方の出力端子は、制動系回路からの電力が第1電源Bt1に入力されるように、第1電源Bt1と接続される。第2切換スイッチ612の他方の出力端子は、制動系回路からの電力が第2電源Bt2に入力されるように、第2電源Bt2と接続される。第2切換スイッチ6

12の入力端子は、制動系回路と接続される。

[0152] 第2切換スイッチ612は、BTS71から入力される信号に基づいて、切り換えを行う。第1電源Bt1の蓄電量が第2電源Bt2の蓄電量よりも少ない場合 ($Q1 < Q2$)、第2切換スイッチ612は、第1電源Bt1を選択する。第1電源Bt1の蓄電量が第2電源Bt2の蓄電量よりも多い場合 ($Q1 > Q2$)、第1切換スイッチ612は、第2電源Bt2を選択する。これにより、蓄電量が少ない方の電源Bt1, Bt2が選択され、選択された電源Bt1, Bt2を充電するように、制動系回路から電力が供給される。

[0153] 電流センサ614は、制動系回路から入力される電流量Irを検出するセンサである。電流センサ614は、検出した電流量Irを第3切換スイッチ613に出力する。

[0154] 第3切換スイッチ613は、制動系回路からの電力を供給する経路として、電源Bt1, Bt2に供給する経路又は駆動系回路のいずれかを一方を選択するスイッチである。第3切換スイッチ613の一方の出力端子は、第2切換スイッチ612の入力端子に接続される。第3切換スイッチ613の他方の出力端子は、駆動系回路に接続される。第3切換スイッチ613の入力端子は、制動系回路に接続される。

[0155] 第3切換スイッチ613は、電流センサ614からの検出信号に基づいて、切り換えを行う。制動系回路からの電流量が閾値よりも少ない場合 ($Ia < Ir$)、第3切換スイッチ613は、電源Bt1, Bt2に供給する経路を選択する。制動系回路からの電流量が閾値よりも多い場合 ($Ia > Ir$)、第3切換スイッチ613は、駆動系回路を選択する。これにより、制動系回路からの過剰な電流による電源Bt1, Bt2の損傷を防ぐ。

[0156] 具体的には、過剰な電流が制動系回路から入力された場合、駆動系回路を介してループ回路が形成され、回転機1Bのコイル13u11~13w2mで放電する。これにより、電源Bt1, Bt2は、過充電又は過電流等から保護される。なお、閾値Irは、電源Bt1, Bt2の蓄電量等に応じて変

化する可変値でもよい。

[0157] スイッチ 6 1 5 は、制動系回路とワイヤレス受電部 W R との接続を行うスイッチである。スイッチ 6 1 5 の一方の端子は、第 2 切換スイッチ 6 1 2 の入力端子と第 3 切換スイッチ 6 1 3 の一方の出力端子とを接続する経路に接続される。スイッチ 6 1 5 の他方の端子は、ワイヤレス受電部 W R と接続するための端子に接続される。回転機 1 B が運転中は、スイッチ 6 1 5 は、経路を電氣的に切り離している。回転機 1 B が停止すると、スイッチ 6 1 5 は、電氣的に経路が形成されるように、接点を接続する。これにより、停止中の回転機 1 B からの電力がワイヤレス受電部 W R に伝わるように、経路が形成される。

[0158] 本実施形態によれば、第 1 の実施形態による作用効果に加え、制動系回路に回生用電源 6 3 を電源 B t 1, B t 2 とは別に設けることで、回転機システム 1 0 F の電力効率を向上させることができる。

[0159] (第 1 2 の実施形態)

図 2 0 は、本発明の第 1 2 の実施形態に係る回転機システム 1 0 G の構成を示す簡略図である。

[0160] 回転機システム 1 0 G は、図 1 8 に示す第 1 1 の実施形態に係る回転機システム 1 0 F において、回生用スイッチ回路 6 5 及び駆動用スイッチ回路 6 6 の代わりにスイッチ回路 6 5 G を設け、切換器 6 7 を追加したものである。その他の点は、第 1 1 の実施形態と同様である。

[0161] 切換器 6 7 は、駆動系回路と制動系回路のいずれかを選択して、スイッチ回路 6 5 G に接続する回路である。回転機 1 B を駆動制御する場合、切換器 6 7 は、駆動系回路を選択する。回転機 1 B を制動制御する場合、切換器 6 7 は、制動系回路を選択する。例えば、切換器 6 7 は、図 1 に示す第 1 の実施形態に係るメイン制御部 2 1 からの指令により切り換えられる。なお、切換器 6 7 の切り換えは、自動で行われてもよいし、手動で行われてもよいし、その他のどのような方法で行われてもよい。

[0162] スイッチ回路 6 5 G は、駆動用と回生用で兼用するスイッチ回路である。

例えば、スイッチ回路 6 5 G は、図 2 に示す第 2 の実施形態に係るスイッチ回路と同様に構成される。図 2 0 では、スイッチ回路 6 5 G には、回転機 1 B の全てのコイル 1 3 u 1 1 ~ 1 3 w 2 m と接続された構成を示しているが、第 1 1 の実施形態と同様に、複数に分けられた一部のコイル 1 3 u 1 1 ~ 1 3 w 2 m が接続されてもよい。この場合、全てのコイル 1 3 u 1 1 ~ 1 3 w 2 m に対応するように、複数のスイッチ回路 6 5 G が設けられる。

[0163] 本実施形態によれば、駆動用と回生用で兼用するスイッチ回路 6 5 G を設けることで、回転機システム 1 0 G の全体のコストを低減して、第 1 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0164] なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、構成要素を削除、付加又は変更等をしてよい。また、複数の実施形態について構成要素を組合せ又は交換等を行うことで、新たな実施形態としてもよい。このような実施形態が上述した実施形態と直接的に異なるものであっても、本発明と同様の趣旨のものは、本発明の実施形態として説明したものとして、その説明を省略している。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の相のそれぞれに個別に導通される複数のコイルを備える回転機と、
前記回転機の運転方向を駆動方向又は制動方向に決定する運転方向決定手段と、
前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記駆動方向の場合、駆動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定する駆動用コイル数決定手段と、
各相の前記複数のコイルから前記駆動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを選択する駆動用コイル選択手段と、
前記駆動用コイル選択手段により選択された前記コイルを導通して、前記回転機を駆動制御する駆動制御手段と、
前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記制動方向の場合、制動運転指令値に基づいて、前記回転機を制動制御する制動制御手段と
を備えたことを特徴とする回転機システム。
- [請求項2] 前記駆動制御手段により前記駆動制御をするために前記コイルの導通を制御するための駆動用回路、及び、前記制動制御手段により前記制動制御をするために前記コイルの導通を制御するための制動用回路は、共通の回路であること
を特徴とする請求項1に記載の回転機システム。
- [請求項3] 前記駆動用コイル数決定手段は、前記駆動運転指令値に含まれる駆動トルク指令値に基づいて、各相の前記コイル数を決定し、
前記駆動制御手段は、前記駆動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを導通して、前記回転機のトルクが前記駆動トルク指令値に従うように前記駆動制御をすること
を特徴とする請求項1に記載の回転機システム。

- [請求項4] 前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記制動方向の場合、制動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定する制動用コイル数決定手段と、
- 各相の前記複数のコイルから前記制動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを選択する制動用コイル選択手段とを備え、
- 前記制動制御手段は、前記制動用コイル選択手段により選択された前記コイルを導通して、前記制動制御をすること
- を特徴とする請求項1に記載の回転機システム。
- [請求項5] 前記制動用コイル数決定手段は、前記制動運転指令値に含まれる制動トルク指令値に基づいて、各相の前記コイル数を決定し、
- 前記制動制御手段は、前記回転機のトルクが前記制動トルク指令値に従うように前記制動制御をすること
- を特徴とする請求項4に記載の回転機システム。
- [請求項6] 前記回転機は、電動機であり、
- 前記制動制御手段は、前記電動機を回生させる回生制御をすること
- を特徴とする請求項1に記載の回転機システム。
- [請求項7] 前記回転機は、発電機であり、
- 前記駆動制御手段は、前記発電機を発電させる発電制御をすること
- を特徴とする請求項1に記載の回転機システム。
- [請求項8] 前記制動制御手段は、全ての前記コイルから回生電力を発生させること
- を特徴とする請求項6に記載の回転機システム。
- [請求項9] 前記電動機から発生した回生電力を直流電力に変換する整流回路を備えたことを特徴とする請求項8に記載の回転機システム。
- [請求項10] 前記電動機による回生電力を昇圧する昇圧回路
- を備えたことを特徴とする請求項6に記載の回転機システム。
- [請求項11] 前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記制動方

向の場合、制動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定する制動用コイル数決定手段と、

各相の前記複数のコイルから前記制動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを選択する制動用コイル選択手段とを備え、

前記制動制御手段は、前記制動用コイル選択手段により選択された前記コイルを導通して、前記電動機による回生電力を昇圧することを特徴とする請求項 6 に記載の回転機システム。

[請求項12] 前記制動用コイル数決定手段は、前記制動運転指令値に基づいて、 $\Delta\Sigma$ 変調により、各相の前記コイル数を決定することを特徴とする請求項 11 に記載の回転機システム。

[請求項13] 前記制動用コイル選択手段は、ノイズシェーピング・ダイナミック・エレメント・マッチング法により、各相の前記コイル数の前記コイルを選択することを特徴とする請求項 11 に記載の回転機システム。

[請求項14] 前記回転機のそれぞれのコイルの故障を検出する故障コイル検出手段を備え、

前記駆動用コイル選択手段は、前記故障コイル検出手段により故障が検出されたコイルを選択しないことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項15] 前記回転機のそれぞれのコイルの故障を検出する故障コイル検出手段を備え、

前記駆動用コイル選択手段は、前記故障コイル検出手段により故障が検出されたコイルの代わりに 1 以上のコイルを新たに選択することで、前記故障が検出されたコイルが発生させる磁束を補償することを特徴とする請求項 14 に記載の回転機システム。

[請求項16] 前記回転機の全ての前記コイルが複数のグループに分けられ、各グループは、全ての相のコイルを含み、前記コイルを導通するために各

グループに設けられる電源

を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項17] 前記回転機の相毎に前記コイルが複数のグループに分けられ、前記コイルを導通するために各グループに設けられる電源を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項18] 前記回転機の全ての前記コイルが複数のグループに分けられ、各グループは、全ての相のコイルを含み、前記駆動制御手段により前記駆動制御をするために前記コイルの導通を制御するための各グループに設けられる駆動用回路を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項19] 前記回転機の相毎に前記コイルが複数のグループに分けられ、前記駆動制御手段により前記駆動制御をするために前記コイルの導通を制御するための各グループに設けられる駆動用回路を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項20] 前記コイルを導通するために設けられる電源と、
前記電源と別に設けられ、前記回転機による回生電力を充電する回生用電源と
を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項21] 前記コイルを導通するために設けられる複数の電源と、
前記複数の電源のうち前記コイルを導通するための電源を選択するように切り換える切換手段と
を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機システム。

[請求項22] 複数の相のそれぞれに個別に導通される複数のコイルを備える回転機を制御する回転機制御装置であって、

前記回転機の運転方向を駆動方向又は制動方向に決定する運転方向決定手段と、

前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記駆動方向の場合、駆動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定する駆

動用コイル数決定手段と、

各相の前記複数のコイルから前記駆動用コイル数決定手段により決定された前記コイル数の前記コイルを選択する駆動用コイル選択手段と、

前記駆動用コイル選択手段により選択された前記コイルを導通して、前記回転機を駆動制御する駆動制御手段と、

前記運転方向決定手段により決定された前記運転方向が前記制動方向の場合、制動運転指令値に基づいて、前記回転機を制動制御する制動制御手段と

を備えたことを特徴とする回転機制御装置。

[請求項23]

複数の相のそれぞれに個別に導通される複数のコイルを備える回転機を制御する回転機制御方法であって、

前記回転機の運転方向を駆動方向又は制動方向に決定し、

決定した前記運転方向が前記駆動方向の場合、駆動運転指令値に基づいて、各相のコイル数を決定し、

各相の前記複数のコイルから、決定した前記コイル数の前記コイルを選択し、

選択した前記コイルを導通して、前記回転機を駆動制御し、

決定した前記運転方向が前記制動方向の場合、制動運転指令値に基づいて、前記回転機を制動制御すること

を含むことを特徴とする回転機制御方法。