

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-36121

(P2011-36121A)

(43) 公開日 平成23年2月17日(2011.2.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02P 6/08 (2006.01)	H02P 6/02 371Z	5H006
H02P 9/30 (2006.01)	H02P 9/30 D	5H560
H02M 7/12 (2006.01)	H02M 7/12 A	5H590
	H02M 7/12 K	

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-155568 (P2010-155568)	(71) 出願人	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成22年7月8日 (2010.7.8)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(31) 優先権主張番号	特願2009-162448 (P2009-162448)	(74) 代理人	100081776 弁理士 大川 宏
(32) 優先日	平成21年7月9日 (2009.7.9)	(72) 発明者	堀畑 晴美 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	近藤 泰三 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	多湖 方一 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

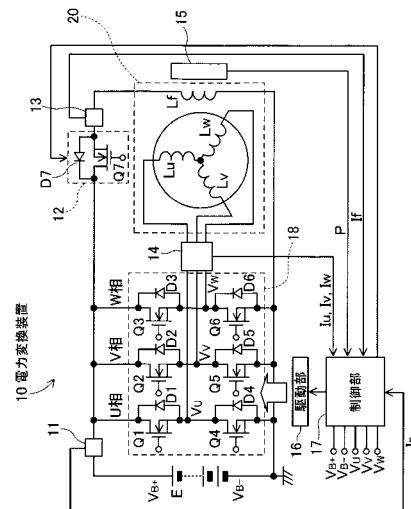
(54) 【発明の名称】 回転機用電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】 過渡応答時や予期せぬ変化などの影響を受けても、電流が還流する期間を一定に維持して動作信頼性を従来よりも向上できる回転機用電力変換装置を提供する。

【解決手段】 回転機20の巻線と電源Eとの間に介在されるスイッチング部18と、スイッチング部18を上下アームで構成される各スイッチング素子Q1～Q6を制御する制御部17とを備える電力変換装置10において、制御部17は、上下アーム（例えばスイッチング素子Q1，Q4）のうち一方のアーム（例えばスイッチング素子Q1）をオフした後、巻線の誘起電圧である相電圧が第一しきい値に達してから第二しきい値に達するまでの電流還流期間の長さが所定長となるように、一方のアームをオフする制御を行う。電流が還流する期間を一定に維持するので、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転機の巻線と電源との間に介在されるスイッチング部と、前記スイッチング部を上下アームで構成される各スイッチング素子を制御する制御部とを備える回転機用電力変換装置において、

前記制御部は、前記上下アームのうち一方のアームをオフした後、前記巻線の誘起電圧である相電圧が第一しきい値に達してから第二しきい値に達するまでの電流還流期間の長さが所定長となるように、前記一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする回転機用電力変換装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記相電圧が第三しきい値に達した後、第四しきい値に達するとアームをオンする制御を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 3】

前記制御部は、相電流が第五しきい値に達すると、アームをオンする制御を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記回転機の回転位置が所定位置に達すると、アームをオンする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 5】

前記制御部は、位置センサからの入力値に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 6】

前記制御部は、電流センサからの入力値に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 7】

前記制御部は、自相または他相のアームをオンするオンタイミングからの第 1 遅延期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 8】

前記制御部は、自相に設定された前記電流還流期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 9】

前記制御部は、他相に設定された前記電流還流期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 10】

前記制御部は、他相のアームをオフするオフタイミングからの第 2 遅延期間を経過した後に自相のアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 11】

前記制御部は、前記回転機の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて、前記電流還流期間の長さを設定することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 12】

前記制御部は、前記回転機の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になると、無期間または所定期間の経過後にアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

前記制御部は、前記上下アームのうち一方のアームをオフすることに伴って還流する電流の電流値が基準電流値に達すると、前記上下アームのうち他方のアームをオンする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 1 4】

前記制御部は、各アームの制御時に各相の相電圧を検出し、検出した前記各相の相電圧が所定印加状態以外の印加状態のときは全アームの一部または全部をオフする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 1 5】

前記制御部は、アームを制御するタイミングのパターンを検出し、検出したパターンが所定パターン以外のパターンのときは全アームの一部または全部をオフする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

10

【請求項 1 6】

前記制御部は、前記電流還流期間が設定されていない場合は、前記電流還流期間に基づくタイミングよりも早いタイミングでアームをオフする制御を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【請求項 1 7】

前記制御部は、各アームの制御時に各相の電圧および電流のうちで一方または双方を検出し、その検出値が所定値以下のときはアームをオンする制御を行わないことを特徴とする請求項 1 から 1 6 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

20

【請求項 1 8】

各相ごとに同一の構成を有する上下アームモジュールを有することを特徴とする請求項 1 から 1 7 のいずれか一項に記載の回転機用電力変換装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、スイッチング部と制御部とを備える回転機用電力変換装置に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

従来では、整流損失を低減させるため、M O S トランジスタのオフタイミングは他相のオンタイミング（電気角 1 2 0 ° 進角後）に基づいて行い、さらに上記タイミングを回転数や界磁電流制御用のスイッチング素子のデューティなどの値に基づいて最大で電気角 6 0 ° 進角遅延させる技術の一例が開示されている（例えば特許文献 1 を参照）。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 3】**

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 7 9 6 4 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 4】**

40

上述した特許文献 1 の技術では、M O S トランジスタのオン時間を電気角で 1 2 0 ° から 1 8 0 ° まで変化させており、変化幅は回転数や界磁電流制御用のスイッチング素子のデューティなどの値に基づいてフィードフォワードで決定している。このような制御では、過渡応答時や予期せぬ変化（例えば経年変化による特性変化や温度変化など）に対応することができず、オフタイミングにずれが生じる。例えば、過渡応答時については、同じスイッチング素子のデューティであっても、励磁コイルの時定数の影響を受けてオフタイミングが変化し、タイミングのずれが生じる。また、予期せぬ変化については、経年変化による特性変化や温度変化などの影響を受けるため、タイミングのずれが生じる。オフタイミングが早くなると整流損失の増大につながり、逆に遅くなると電源から巻線への電流の逆流が生じる。つまり、還流整流素子として機能する M O S トランジスタに電流が還流

50

する期間を一定に維持できず、動作信頼性が損なわれるという問題があった。

【 0 0 0 5 】

本発明はこのように鑑みてなしたものであり、過渡応答時や予期せぬ変化などの影響を受けても、電流が還流する期間を一定に維持して動作信頼性を従来よりも向上させることができる回転機用電力変換装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記課題を解決するためになされた請求項 1 に記載の発明は、回転機の巻線と電源との間に介在されるスイッチング部と、前記スイッチング部を上下アームで構成される各スイッチング素子を制御する制御部とを備える回転機用電力変換装置において、前記制御部は、前記上下アームのうち一方のアームをオフした後、前記巻線の誘起電圧である相電圧が第一しきい値に達してから第二しきい値に達するまでの電流還流期間の長さが所定長となるように、前記一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

10

【 0 0 0 7 】

ここで、「回転機」は発電機や電動機等の種類を問わない。「上下アーム」の数は相数に対応し、相数は单相，二相，多相（すなわち三相以上）のいずれを問わない。「スイッチング素子」は、制御部からオンオフを制御可能であれば任意の素子を適用できる。例えば、FET（具体的には MOSFET，JFET，MESFET 等）、IGBT、GTO、パワートランジスタ等が該当する。「電流還流期間」は、スイッチング素子を制御する際に発生する巻線の誘起電圧（すなわち逆起電力）によって電流が還流する期間を意味し、装置全体で一の電流還流期間を設定してもよく、相ごとに個別の電流還流期間を設定してもよい。還流する電流は、スイッチング素子内の PN 接合で構成される寄生ダイオードを通してよく、スイッチング素子に並列接続する整流素子（いわゆるフリーホイールダイオードに相当する素子）を通してよく、スイッチング素子に並列接続するスナバ回路を通してよく、電流還流期間の始期および終期を規定する「第一しきい値」および「第二しきい値」の各値は、環境条件（例えば、回転機の種類や作動目的，相数，スイッチング素子種類，スイッチング素子に並列接続する整流素子やスナバ回路の有無等）に応じて適切な値が設定される。よって第一しきい値と第二しきい値との大小関係も上記環境条件に応じて異なり、「第一しきい値 > 第二しきい値」になったり、「第一しきい値 < 第二しきい値」になったりする。「値に達する」という場合には、当該値を上回る（超える）場合と、当該値を下回る場合とを含む。

20

30

【 0 0 0 8 】

この構成によれば、制御部は、一方のアームをオフした後の電流還流期間の長さを所定長で維持するように、一方のアームをオフする制御を行う。すなわち電流が還流する期間を一定に維持するので、その後に行う他方のアームにかかるスイッチング素子の制御するタイミングが従来よりも正確に行える。したがって、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 に記載の発明は、前記制御部は、前記相電圧が第三しきい値に達した後、第四しきい値に達するとアームをオンする制御を行うことを特徴とする。

40

【 0 0 1 0 】

ここで、「アーム」は請求項 1 における一方のアームに相当する。対象となるスイッチング素子は上下アームの一方または双方が該当し、自相に限らず他相（二相以上の場合）を含む。「第三しきい値」および「第四しきい値」の各値や大小関係についても、上述した第一しきい値や第二しきい値と同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、回転位置（例えば回転角等）や電流等によらずにアームをオンする制御が行えるので、回転位置や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

50

【 0 0 1 2 】

請求項 3 に記載の発明は、前記制御部は、相電流が第五しきい値に達すると、アームをオンする制御を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

ここで、「第五しきい値」の値は上述した第一しきい値から第四しきい値までと同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。「アームを制御する」対象となるスイッチング素子についても、請求項 2 と同様である。

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、制御部は、電流センサで検出した相電流が第五しきい値に達するとアームをオンする制御を行う。相電流が第五しきい値に達してもなおアームをオンする制御を行わなければ、整流損失が増大し、電源から巻線への電流の逆流が生じる可能性が高まるためである。したがって、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

10

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に記載の発明は、前記制御部は、前記回転機の回転位置が所定位置に達すると、アームをオンする制御を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

ここで、「回転機の回転位置」は回転位置を検出可能な任意の手段を適用してよい。例えば、レゾルバやロータリエンコーダ等のような位置センサによって検出してもよく、他のセンサからの入力値に基づいて推定してもよく、基準位置（例えば電気角で 0 ° の位置）が分かる場合には当該基準位置を経過した時からの経過時間に基づいて推定してもよい。

20

【 0 0 1 7 】

この構成によれば、制御部は、回転機の回転位置が所定位置に達するとアームをオンする制御を行う。回転機の回転位置が所定位置に達してもなおアームをオンする制御を行わなければ、整流損失が増大し、電源から巻線への電流の逆流が生じる可能性が高まるためである。したがって、従来よりも確実に整流損失を抑制でき、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 0 1 8 】

請求項 5 に記載の発明は、前記制御部は、位置センサからの入力値に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

30

【 0 0 1 9 】

この構成によれば、制御部は、位置センサからの入力値に基づいて（例えば電気角で 0 ° , 1 2 0 ° , 2 4 0 ° 等になったとき）、上下アームのうち一方のアームをオフし、その後の電流還流期間を確保する。予期せぬ変化（例えば回転機の回転速度が急に化する等）が起きた場合、一定のタイミングで上記アームをオフにしていたのでは電流還流期間の始期が遅れ、結果的に一定の電流還流期間を確保できなくなる場合がある。このような場合でも、位置センサからの入力値に基づいて上記アームをオフにするので、一定の電流還流期間を確保できる。したがって、回転機の回転状態等にかかわらず、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

40

【 0 0 2 0 】

請求項 6 に記載の発明は、前記制御部は、電流センサからの入力値に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この構成によれば、制御部は、電流センサからの入力値に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフし、その後の電流還流期間を確保する。例えば回転機の負荷が急に化したとき等において、一定のタイミングで上記アームをオフにしていたのでは電流還流期間の始期が遅れ、結果的に一定の電流還流期間を確保できなくなる場合がある。このような場合でも、電流センサからの入力値に基づいて上記アームをオフにするので、一定の電流還流期間を確保できる。したがって、回転機の負荷状態等にかかわらず、従来よりも

50

確実に整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

【００２２】

請求項７に記載の発明は、前記制御部は、自相または他相のアームをオンするオンタイミングからの第１遅延期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【００２３】

ここで、「自相または他相のアーム」は、自相や他相のうち一相にかかる上下アームの一方または双方が該当する。「第１遅延期間」は、上述した第一しきい値から第四しきい値等と同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。

【００２４】

この構成によれば、回転位置や電流等によらず、自相または他相のオンタイミングからの第１遅延期間に基づいてアームを制御するので、回転位置や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

【００２５】

請求項８に記載の発明は、前記制御部は、自相に設定された前記電流還流期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【００２６】

この構成によれば、回転位置や電流等によらず、自相に設定された電流還流期間に基づいてアームを制御するので、回転位置や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

【００２７】

請求項９に記載の発明は、前記制御部は、他相に設定された前記電流還流期間に基づいて、前記上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【００２８】

この構成によれば、回転位置や電流等によらず、他相に設定された電流還流期間に基づいて自相の上下アームのうち一方のアームを制御するので、回転位置や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。また、自相に周期的な乱れが生じて他相を基準にしてアームを制御できるので、誤差を少なくして応答性を向上させることができる。

【００２９】

請求項１０に記載の発明は、前記制御部は、他相のアームをオフするオフタイミングからの第２遅延期間を経過した後に自相のアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【００３０】

ここで、「他相のアーム」は他相のうち一相にかかる上下アームの一方または双方が該当し、「自相のアーム」は自相にかかる上下アームの一方または双方が該当する。「第２遅延期間」は、上述した第１遅延期間と同じ長さであってもよく異なってもよい。この第２遅延期間は、上述した第一しきい値から第四しきい値や第１遅延期間等と同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。

【００３１】

この構成によれば、回転位置や電流等によらず、他相のアームをオフするオフタイミングからの第２遅延期間を経過した後に自相のアームをオフする制御を行うので、回転位置や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。また、自相に周期的な乱れが生じて他相を基準にしてアームを制御できるので、誤差を少なくして応答性を向上させることができる。

【００３２】

請求項１１に記載の発明は、前記制御部は、前記回転機の回転数、相電流および相電圧

10

20

30

40

50

のうち一以上に基づいて、前記電流還流期間の長さを設定することを特徴とする。

【0033】

この構成によれば、第一しきい値および第二しきい値に基づいて設定する電流還流期間にかかわらず、回転機の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて電流還流期間の長さを設定する。設定は、電流還流期間の長さを伸縮する場合に限らず、未設定のときにおける新たに長さを設定する場合を含む。この設定を行うことよって電流を還流させる期間を確実に確保できるので、従来よりも整流損失を抑制でき、電源から巻線への電流の逆流を防止でき、ひいては信頼性を向上させることができる。

【0034】

請求項12に記載の発明は、前記制御部は、前記回転機の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になると、無期間または所定期間の経過後にアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

10

【0035】

ここで、「許容範囲外」は、予め設定された単位時間当たりの変化量や許容値等について、上限値を上回るか、下限値を下回することを意味する。上限値および下限値は、その一方または双方が環境条件に応じた適切な値が設定される。「所定期間」は、上述した第1遅延期間や第2遅延期間と等と同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。

【0036】

この構成によれば、予期せぬ変化（例えば回転機の回転速度が急に変化する等）が起きて回転機の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になると、無期間または所定期間経過後に自相のアームをオフする制御を行う。こうして確実にアームを制御するので、一定の電流還流期間を確保できる。したがって、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止できる。

20

【0037】

請求項13に記載の発明は、前記制御部は、前記上下アームのうち一方のアームをオフすることに伴って還流する電流の電流値が基準電流値に達すると、前記上下アームのうち他方のアームをオンする制御を行うことを特徴とする。

【0038】

ここで、「基準電流値」は、上述した第1遅延期間や第2遅延期間と等と同様に環境条件に応じた適切な値が設定される。

30

【0039】

この構成によれば、還流する電流の電流値が基準電流値に達すると他方のアームをオンする制御を行って、一方のアームに必要以上の電流が流れるのを防止する。こうしてアームに必要以上の電流が流れて制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

【0040】

請求項14に記載の発明は、前記制御部は、各アームの制御時に各相の相電圧を検出し、検出した前記各相の相電圧が所定印加状態以外の印加状態のときは全アームの一部または全部をオフする制御を行うことを特徴とする。

【0041】

この構成によれば、各アームの制御時に検出した各相の相電圧が異常状態（すなわち所定印加状態以外の印加状態）のときは、全アームの一部または全部をオフする制御を行って一時的に初期化する。こうして各アームに印加される相電圧によって当該アームが制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

40

【0042】

請求項15に記載の発明は、前記制御部は、アームを制御するタイミングのパターンを検出し、検出したパターンが所定パターン以外のパターンのときは全アームの一部または全部をオフする制御を行うことを特徴とする。

【0043】

この構成によれば、アームを制御（オンまたはオフ）するタイミングのパターンが異常

50

パターン（すなわち所定パターン以外のパターン）のときは、全アームの一部または全部をオフする制御を行って一時的に初期化する。こうして制御パターンの乱れによってアームが制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

請求項 1 6 に記載の発明は、前記制御部は、前記電流還流期間が設定されていない場合は、前記電流還流期間に基づくタイミングよりも早いタイミングでアームをオフする制御を行うことを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

この構成によれば、電流還流期間が未設定のときは、相電圧が第一しきい値に達する電流還流期間の始期よりも前にアームをオフする制御を行う。この制御によって、少なくとも電流還流期間よりも長い期間を確保することができるので、還流する電流を流すための期間を確実に確保できる。したがって、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源から巻線への電流の逆流を防止でき、ひいては信頼性を向上させることができる。

【 0 0 4 6 】

請求項 1 7 に記載の発明は、前記制御部は、各アームの制御時に各相の電圧および電流のうちで一方または双方を検出し、その検出値が所定値以下のときはアームをオンする制御を行わないことを特徴とする。

【 0 0 4 7 】

この構成によれば、各相の電圧や電流の検出値が小さいために回転機の制御が不安定になる可能性がある場合に、アームをオンする制御を行わないことで回転機の制御が不安定な状態に陥るのを防止できる。

【 0 0 4 8 】

請求項 1 8 に記載の発明は、各相ごとに同一の構成を有する上下アームモジュールを有することを特徴とする。

【 0 0 4 9 】

この構成によれば、各相ごとに同一の上下アームモジュールを用いることで、回転機用電力変換装置の相数の増減に対して容易に対応することができる構成を提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 0 】

【 図 1 】 回転機用電力変換装置の構成例を模式的に示す図である。

【 図 2 】 遷移状態を説明する図である。

【 図 3 】 駆動制御処理の一例を示すフローチャートである。

【 図 4 】 同期制御処理の一例を示すフローチャートである。

【 図 5 】 図 4 に続く同期制御処理の一例を示すフローチャートである。

【 図 6 】 相電圧やアーム等にかかる経時的な変化を示すタイムチャートである。

【 図 7 】 回転数が変化する場合の設定例を説明する図である。

【 図 8 】 三相の相電圧にかかる波形パターン例を示す図である。

【 図 9 】 車両用発電機の構成例を模式的に示す図である。

【 図 1 0 】 整流器モジュールの構成を模式的に示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 5 1 】

以下、本発明を実施するための形態について、図面に基づいて説明する。なお、「接続する」という場合には、特に明示しない限りは電気的な接続を意味する。また、論理値は正論理に従うものと仮定し、ハイレベル（他には真，1，オンなど）を「H」で示し、ローレベル（他には偽，0，オフなど）を「L」で示す。

【 0 0 5 2 】

まず図 1 には、回転機用電力変換装置（以下では単に「電力変換装置」と呼ぶ。）の構成例を模式的に示す。図 1 に示す電力変換装置 1 0 は、回転機 2 0 の作動（回転や静止等）を制御するため、界磁制御部 1 2，駆動部 1 6，制御部 1 7，スイッチング部 1 8，電源 E 等を有する。なお、電力を供給する電源 E は本形態では直流電源を適用する。

【 0 0 5 3 】

回転機 20 は、例えば界磁巻線型同期機からなる三相ブラシレス D C モータが用いられる。この回転機 20 は、スター接続する U 相巻線 L_u 、V 相巻線 L_v および W 相巻線 L_w とともに、界磁電流 I_f が流れる界磁巻線 L_f を有する。

【 0 0 5 4 】

スイッチング部 18 はいわゆる三相 (U 相, V 相, W 相) インバータ回路であって、電動作動時には電源 E から供給される直流電圧を三相交流電圧に変換し、発電作動時には回転機 20 から供給される三相交流電圧を三相全波整流する機能を備える。このスイッチング部 18 は、スイッチング素子 $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ (以下では単に「 $Q_1 \sim Q_6$ 」と記す) と、整流素子 $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ (以下では単に「 $D_1 \sim D_6$ 」と記す) とを有する。スイッチング素子 $Q_1 \sim Q_6$ には例えば MOSFET を用い、整流素子 $D_1 \sim D_6$ には例えばダイオードを用いる。スイッチング素子 Q_1, Q_3, Q_5 は上アームに相当し、スイッチング素子 Q_2, Q_4, Q_6 は下アームに相当する。スイッチング素子 Q_1, Q_4 は三相のうち U 相を担う。同様にしてスイッチング素子 Q_2, Q_5 は V 相を担い、スイッチング素子 Q_3, Q_6 は W 相を担う。整流素子 D_1 はスイッチング素子 Q_1 に並列接続し、回転機 20 から還流する電流を流す「フリーホイールダイオード」の役割を担う。同様の目的で、整流素子 $D_2 \sim D_6$ はスイッチング素子 $Q_2 \sim Q_6$ にそれぞれ並列接続する。

【 0 0 5 5 】

制御部 17 は、図示しない制御装置からの指令や各種センサの入力値等に基づいて、電動作動時にはスイッチング部 18 (具体的にはスイッチング素子 $Q_1 \sim Q_6$) をパルス幅変調を行うための制御信号 (すなわち PWM 信号) を形成し、発電作動時にはスイッチング部 18 を同期整流するための制御信号を形成する。この制御部 17 は、CPU を中心にプログラム実行で作動する構成とするが、回路素子からなるハードウェアロジックによって作動する構成としてもよい。

【 0 0 5 6 】

駆動部 16 は上述した制御部 17 から伝達される制御信号に従って、スイッチング部 18 に備えるスイッチング素子 $Q_1 \sim Q_6$ のオンオフを駆動制御するための駆動信号を各ゲート端子に伝達する。

【 0 0 5 7 】

界磁制御部 12 は、制御部 17 から出力される信号に従って界磁巻線 L_f に流れる界磁電流 I_f を制御する機能を有し、例えばスイッチング素子 Q_7 や整流素子 D_7 等で構成される。スイッチング素子 Q_7 には例えば MOSFET を用い、整流素子 D_7 には例えばダイオードを用いる。

【 0 0 5 8 】

電流センサ 11 は、回転機 20 から還流する還流電流 I_r の電流値を検出する。電流センサ 13 は、界磁巻線 L_f を流れる界磁電流 I_f の電流値を検出する。電流センサ 14 は、U 相を流れる U 相電流 I_u 、V 相を流れる V 相電流 I_v および W 相を流れる V 相電流 I_w について各電流値を検出する。これらの電流センサ 11, 13, 14 には、例えばホール素子等で検出する磁気型のセンサを用いる。位置センサ 15 は、回転機 20 に備える回転体 (例えばロータ等) の回転位置 P (例えば回転角等) を検出する。この位置センサ 15 には、例えばレゾルバ (磁気式や光学式等の種類を問わない) を用いる。

【 0 0 5 9 】

上述のように構成された電力変換装置 10 において、制御部 17 からスイッチング部 18 に対して行う制御例について図 2 から図 8 までを参照しながら説明する。図 2 には遷移状態の一例を示す。図 3 には、駆動制御処理の一例をフローチャートで示す。図 4 および図 5 には同期制御処理の一例をフローチャートで示す。当該図 4 と図 5 との間は結合子 A を通じて処理が継続する。図 6 には、相電圧やアーム等にかかる経時的な変化をタイムチャートで示す。図 7 には回転数が変化する場合の設定例を示す。図 8 には三相の相電圧に基づいて異常検出を行う波形パターンの一例を示す。なお、三相 (U 相, V 相, W 相) は

10

20

30

40

50

電気角が異なっているだけであるので、説明を簡単にするためにU相を代表として説明する。よって、スイッチング素子Q 1が上アームに相当し、スイッチング素子Q 4が下アームに相当する(図1を参照)。

【0060】

制御部17は、図2に示す遷移状態に基づいてスイッチング部18に対して所要の制御信号を伝達する。図2では、初期状態を除いて、各状態を区別するための符号(数字)を円形の内側に示す。初期状態および状態0は図3に示す駆動制御処理が担い、状態1から状態6までは図4および図5に示す同期制御処理が担う。なお、図2に示す遷移状態は一相ごとに個別に遷移するので、説明を簡単にするために三相(U相, V相, W相)のうちU相を代表として説明する。

10

【0061】

まず、図2から図5に示す各条件に設定する内容の一例を以下に示す。

条件C 1 : U相電流 I_u が初動電流値 I_s を上回るか ($I_u > I_s$) ?

条件C 2 : 制御状態が状態0か?

条件C 3 : U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るか ($V_u < V_{TH+}$) ?

条件C 4 : 制御状態が状態1か?

条件C 5 : U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} 以上か ($V_u \geq V_{TH+}$) ?

条件C 6 : 制御状態が状態2か?

条件C 7 : 上アームのオン継続期間 T_{ONU} が期間しきい値 T_{THU} 以上か ($T_{ONU} \geq T_{THU}$) ?

条件C 8 : 制御状態が状態3か?

条件C 9 : U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るか ($V_u < V_{TH+}$) ?

条件C 10 : 制御状態が状態4か?

条件C 11 : U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} 以下か ($V_u \leq V_{TH-}$) ?

条件C 12 : 制御状態が状態5か?

条件C 13 : 下アームのオン継続期間 T_{OND} が期間しきい値 T_{THD} 以上か ($T_{OND} \geq T_{THD}$) ?

条件C 14 : 制御状態が状態6か?

条件C 15 : U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るか ($V_u < V_{TH+}$) ?

20

【0062】

初期状態は、例えば電源を投入した直後の状態や、回転機20に予期せぬ変化が発生する等して一時的に初期化した状態などが該当し、全てのスイッチング素子Q 1 ~ Q 6をオフにする。この初期状態は条件C 1を満たさない限り継続し、条件C 1を満たすと状態0に移行する。

30

【0063】

状態0は、回転機20のU相巻線 L_u にU相電圧 V_u が印加され始めた状態である。この状態0は条件C 3を満たさない限り継続し、条件C 3を満たすと状態1に移行する。

【0064】

状態1は、U相電圧 V_u が増加しているものの、まだしきい値電圧 V_{TH+} に達していない状態である。この状態1は条件C 5を満たさない限り継続し、条件C 5を満たすと状態2に移行する。

40

【0065】

状態2は、U相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を上回った状態であり、上アームのスイッチング素子Q 1をオンする。この状態2は条件C 7を満たさない限り継続し、条件C 7を満たすと状態3に移行する。

【0066】

状態3は、スイッチング素子Q 1のオン状態が期間しきい値 T_{THU} 以上になった状態であり、当該スイッチング素子Q 1をオフにする。この状態3は条件C 9を満たさない限り継続し、条件C 9を満たすと状態4に移行する。

【0067】

状態4は、スイッチング素子Q 1をオフすることに伴って回転機20のU相巻線 L_u に

50

誘起電圧が発生し、電流がスイッチング部 18 に還流する状態である。この状態 4 は条件 C 1 1 を満たさない限り継続し、条件 C 1 1 を満たすと状態 5 に移行する。

【0068】

状態 5 は、回転機 20 の U 相巻線 L_u に発生していた誘起電圧が低下してしきい値電圧 V_{TH-} 以下になった状態であり、下アームのスイッチング素子 Q 4 をオンする。この状態 5 は条件 C 1 3 を満たさない限り継続し、条件 C 1 3 を満たすと状態 6 に移行する。

【0069】

状態 6 は、スイッチング素子 Q 4 のオン状態が期間しきい値 T_{THD} 以上になった状態であり、当該スイッチング素子 Q 4 をオフにする。この状態 6 は条件 C 1 5 を満たさない限り継続し、条件 C 1 5 を満たすと状態 1 に戻る。

10

【0070】

次に図 2 に示す遷移状態を実現するための手続きについて、図 3 から図 5 を参照しながら説明する。なお、図 3 から図 5 に示す各処理は一相ごとに個別に実行されるので、説明を簡単にするために三相（U 相，V 相，W 相）のうち U 相を代表として説明する。

【0071】

図 3 に示す駆動制御処理では、まず上下アーム（すなわちスイッチング素子 Q 1，Q 4）をオフにするとともに、制御状態を状態 0 に初期化する〔ステップ S 1 0〕。他相も同様であるので、結果的にステップ S 1 0 を実行するとスイッチング素子 Q 1～Q 6 を全てオフすることになる。スイッチング素子 Q 1～Q 6 が全てオフになると、整流素子 D 1～D 6 による整流のみが行われる（後述するステップ S 1 3 でも同様である）。

20

【0072】

初期化後は、回転機 20 の状態（例えば回転数，相電流，相電圧等）を検出する〔ステップ S 1 1〕。具体的には、位置センサ 1 5 からの信号に基づいて回転位置 P や回転数等を求め、電流センサ 1 3 からの信号に基づいて界磁電流 I_f を求め、電流センサ 1 4 からの信号に基づいて U 相電流 I_u を求める。なお、U 相電流 I_u が求めれば、予め測定等して既知である U 相巻線 L_u 等の抵抗値を乗算して U 相電圧 V_u を求めることもできる。

【0073】

次に、条件 C 1 の判別および初期化を行う。すなわち、ステップ S 1 1 で求めた U 相電流 I_u が初動電流値 I_s を下回るときは（ $I_u < I_s$ ，条件 C 1；ステップ S 1 2 で NO）、回転機 20 の U 相巻線 L_u には未だ U 相電圧 V_u が印加されていないことを示す。よって、ステップ S 1 0 と同様にスイッチング素子 Q 1，Q 4 をオフにするとともに制御状態を状態 0 に設定して〔ステップ S 1 3〕、ステップ S 1 1，S 1 2 を繰り返す。

30

【0074】

一方、ステップ S 1 1 で求めた U 相電流 I_u が初動電流値 I_s を上回るときは（ $I_u > I_s$ ；ステップ S 1 2 で YES）、回転機 20 の U 相巻線 L_u に U 相電圧 V_u が印加され始めたことを示す。よって、同期制御処理を実行する〔ステップ S 1 4〕。

【0075】

図 4 に示す同期制御処理において、第 1 チェックでは条件 C 2，C 3 の判別を行う。すなわち、制御状態が状態 0 であり（条件 C 2；ステップ S 2 0 で YES）、かつ U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るときは（ $V_u < V_{TH+}$ ，条件 C 3；ステップ S 2 1 で YES）、U 相電圧 V_u が増加しているものの、まだしきい値電圧 V_{TH+} に達していないことを示す。よって、制御状態を状態 1 に設定したうえで〔ステップ S 2 2〕、第 2 チェックに進む。ステップ S 2 2 は電気角を特定するために実行されるので、制御状態が状態 0 であることが条件となる。したがって、例えば電源投入時や回転機 20 に予期せぬ変化が発生した時等のような初期状態から移行する場合に限られる。一方、制御状態が状態 0 でないか（ステップ S 2 0 で NO）、あるいは制御状態が状態 0 であっても U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} 以上のときは（ $V_u \geq V_{TH+}$ ；ステップ S 2 1 で NO）、第 2 チェックに進む。

40

【0076】

第 2 チェックでは条件 C 4，C 5 の判別を行う。すなわち、制御状態が状態 1 であり（

50

条件 C 4 ; ステップ S 2 3 で Y E S)、かつ U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} 以上のときは ($V_u > V_{TH+}$, 条件 C 5 ; ステップ S 2 4 で Y E S)、所要の電圧が U 相巻線 L_u に印加されていることを示す。

【 0 0 7 7 】

なお、ステップ S 2 4 は他の条件で判別してもよい。当該他の条件は任意に設定することが可能であり、以下に条件例を挙げる。例えば、電流センサ 1 4 で検出する相電流 (例えば U 相電流 I_u) がしきい値電流 I_{TH+} 以上になるか、あるいはしきい値電流 I_{TH-} 以下になることが該当する。回転機 2 0 が発電機として機能するときは、外部負荷に対して流れる電流がしきい値電流以上 (または以下) になることが該当する。位置センサ 1 5 で検出する回転機 2 0 (具体的にはロータ等の回転体) の回転位置 P が所定位置 (例えば 5° 等のような回転角) になることが該当する。他方のアーム (例えばスイッチング素子 Q 4) をオフすることに伴って還流する還流電流 I_r の電流値が基準電流値に達することが該当する。いずれか一の条件のみを適用してもよく、複数の条件を組み合わせで適用してもよい。しきい値電流 I_{TH+} , I_{TH-} は、チャタリングの発生を防止するためにヒステリシス (すなわち異なる値) に設定するのが望ましい。基準電流値は、通常は還流電流 I_r が増加する際の電流値を設定するが、還流電流 I_r が減少する際の電流値を設定してもよい。

10

【 0 0 7 8 】

条件 C 4, C 5 を満たすと、上アームのスイッチング素子 Q 1 をオンするとともに、スイッチング素子 Q 1 のオン状態が継続する期間を示すオン継続期間 T_{ONU} を 0 で初期化し、さらに制御状態を状態 2 に設定したうえで [ステップ S 2 5]、第 3 チェックに進む。一方、制御状態が状態 1 でないか (ステップ S 2 3 で N O)、あるいは制御状態が状態 1 であっても U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るときは ($V_u < V_{TH+}$; ステップ S 2 4 で N O)、第 3 チェックに進む。

20

【 0 0 7 9 】

第 3 チェックでは条件 C 6, C 7 の判別を行う。すなわち、制御状態が状態 2 であり (条件 C 6 ; ステップ S 2 6 で Y E S)、かつスイッチング素子 Q 1 のオン継続期間 T_{ONU} が期間しきい値 T_{THU} 以上のときは ($T_{ONU} > T_{THU}$, 条件 C 7 ; ステップ S 2 7 で Y E S)、スイッチング素子 Q 1 をオフする時期に達したことを示す。

【 0 0 8 0 】

なお、ステップ S 2 7 は他の条件で判別してもよい。当該他の条件は任意に設定することが可能であり、以下に条件例を挙げる。例えば、電流センサ 1 4 で検出する相電流 (例えば U 相電流 I_u) が所定の電流値に達することが該当する。位置センサ 1 5 で検出する回転機 2 0 の回転位置 P が所定位置 (例えば電気角で 150° 等のような回転角) になることが該当する。自相 (例えば U 相) または他相 (例えば V 相または W 相) のアームをオンするオンタイミングからの第 1 遅延期間 (例えば数ミリ秒間) が経過することが該当する。他相 (例えば V 相または W 相) のアームをオフするオフタイミングからの第 2 遅延期間 (例えば数ミリ秒間) が経過することが該当する。自相に設定された電流還流期間 T_{RU} , T_{RD} に基づいて設定した期間を経過することが該当する。回転機 2 0 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になることが該当する。いずれか一の条件のみを適用してもよく、複数の条件を組み合わせで適用してもよい。許容範囲外となるケースは、例えば予め設定された単位時間当たりの変化量や許容値等について、上限値を上回るか、下限値を下回ることが該当する。上限値および下限値は、その一方または双方が環境条件に応じた適切な値が設定される。また、電流還流期間 T_{RU} が設定されていない場合は、オン継続期間 T_{ONU} が期間しきい値 T_{THU} 以上となる前、すなわち電流還流期間 T_{RU} に基づくタイミングよりも早いタイミングで条件 C 7 を満たしたものとして、後述するステップ S 2 9 でスイッチング素子 Q 1 をオフする。

30

40

【 0 0 8 1 】

ところで、例えば単位時間当たりに回転数が大きく変化して許容範囲外となるケースについて、図 7 (A) を参照しながら説明する。図 7 (A) の上側には回転数が小さい場合にかかる U 相電圧 V_u の変化を示し、下側には回転数が大きい場合にかかる U 相電圧 V_u

50

の変化を示す。上側と下側とでは上アームをオンする時刻 t_{12} が一致するように位置合わせしている。時刻 t_{12} に上アームをオンしたとき、回転数が小さければ時刻 t_{15} に上アームをオフすれば、電流還流期間 T_{RU} を確保することができる。ところが、時刻 t_{12} に上アームをオンした後に何らかの要因で回転数が急変したとき、オン継続期間 T_{ONU} の長さを変えずに時刻 t_{15} に上アームをオフしたのでは、フィードバック制御を行っても電流還流期間 T_{RU} を確保できない場合がある。

【0082】

そこで、回転数にかかる単位時間当たりの変化量に対応してオン継続期間 T_{ONU} を短くし、時刻 t_{15} よりも前の時刻 t_{13} に上アームをオフする。例えば、回転数が $10000[\text{rpm/sec}]$ を超えて変化したときは、所定長（後述する第一所定長，第二所定長）の値を 1.5 倍に設定する。こうして期間しきい値 T_{THU} が短くなれば、オン継続期間 T_{ONU} も短くなるので（ステップ S27）、電流還流期間 T_{RU} を確実に確保できる。なお、図 7（A）では上アームの例を示したが、下アームについても同様である。

【0083】

ここで、時刻 t_{12} に上アームをオンするときのしきい値電圧 V_{TH4+} と、時刻 t_{15} ， t_{18} に下アームをオンするときのしきい値電圧 V_{TH4-} とは、いずれも「第四しきい値」に相当する。「第三しきい値」に相当するしきい値電圧 V_{TH3a} ， V_{TH3b} は、それぞれしきい値電圧 V_{TH4+} としきい値電圧 V_{TH4-} との間の値に設定する。図 7（A）の例では $V_{TH3a} > V_{TH3b}$ となるように設定しているが、 $V_{TH3a} = V_{TH3b}$ となるように設定してもよい。しきい値電圧 V_{TH3a} は U 相電圧 V_u が立ち上がるときに用い、しきい値電圧 V_{TH3b} は U 相電圧 V_u が立ち下がる時に用いる。すなわち図 7 の例に示す U 相電圧 V_u は、時刻 t_a にしきい値電圧 V_{TH3a} に達し、時刻 t_b ， t_c にそれぞれしきい値電圧 V_{TH3b} に達している。

【0084】

図 4 に戻って条件 C6，C7 を満たすと、スイッチング素子 Q1 をオフにするとともに、当該スイッチング素子 Q1 の電流還流期間 T_{RU} を 0 で初期化し、さらに制御状態を状態 3 に設定したうえで〔ステップ S29〕、第 4 チェックに進む。スイッチング素子 Q1 をオフにするタイミングは、条件 C6，C7 を満たすと同時（すなわち無期間の経過後）に行ってもよく、予め設定した所定期間（例えば数ミリ秒間）の経過後に行ってもよい。

【0085】

一方、制御状態が状態 2 でないときは（ステップ S26 で NO）、第 4 チェックに進む。また、制御状態が状態 2 であってもオン継続期間 T_{ONU} が期間しきい値 T_{THU} に満たないときは（ $T_{ONU} < T_{THU}$ ；ステップ S27 で NO）、オン継続期間 T_{ONU} を増やしたうえで〔ステップ S28〕、第 4 チェックに進む。

【0086】

第 4 チェックでは条件 C8，C9 の判別を行う。すなわち、制御状態が状態 3 であり（条件 C8；ステップ S30 で YES）、かつ U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るときは（ $V_u < V_{TH+}$ ，条件 C9；ステップ S31 で YES）、ステップ S29 でスイッチング素子 Q1 をオフすることに伴って回転機 20 から整流素子 D1 を通って還流電流 I_r が還流していることを示す。よって、次回に用いる期間しきい値 T_{THU} を設定するとともに、制御状態を状態 4 に設定したうえで〔ステップ S33〕、第 5 チェックに進む。ステップ S33 で設定する次回の期間しきい値 T_{THU} は、例えば式 1 に従って求める。

【0087】

〔式 1〕

次回の期間しきい値 $T_{THU} = \text{今回の期間しきい値 } T_{THU} + (\text{第一所定長} - \text{電流還流期間 } T_{RU})$

【0088】

ここで、上記式 1 に示す第一所定長は「所定長」に相当し、電流還流期間 T_{RU} として確保すべき期間の長さを設定する。電流還流期間 T_{RU} には、回転機 20 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて適切な値（長さ）を設定してもよい。電流還流期間 T

T_{RU} の対象は、自相または他相のいずれを問わず、上下アームのいずれを問わない。

【0089】

ここで、通常の電流還流期間 T_{RU} を設定したときに回転数が急変（急増または急減）した場合の対処例を図7（A）で示したが、回転数が急変する場合を見込んだ対処例について図7（B）および図7（C）を参照しながら説明する。

【0090】

まず図7（B）に示す例では、電流還流期間 T_{RU} を図7（A）に示す電流還流期間 T_{RU} と比べて長く設定する。設定するタイミングは任意であるが、例えば回転数について単位時間当たりの変化量が第1の変化量しきい値を超えた場合が該当する。電流還流期間 T_{RU} を長くなれば、上述した式1によって次の期間しきい値 T_{THU} が短くなり、図4のステップS27によってオン継続期間 T_{ONU} の長さが短くなる。よって、上アームをオンした後に何らかの要因で回転数が急増してもオン継続期間 T_{ONU} の長さが短くなっているため、結果として電流還流期間 T_{RU} を確実に確保できる。なお、図7（B）では上アームの例を示したが、下アームについても同様であるので図示および説明を省略する。

10

【0091】

また図7（C）に示す例では、第一所定長を図7（A）に示す第一所定長と比べて小さく（短く）設定する。設定するタイミングは任意であるが、例えば回転数について単位時間当たりの変化量が第2の変化量しきい値（上述した第1の変化量しきい値と同じ値でもよく異なる値でもよい）を超えた場合が該当する。第一所定長が小さくなれば、上述した式1によって次の期間しきい値 T_{THU} が短くなり、図4のステップS27によってオン継続期間 T_{ONU} の長さが短くなる。よって、上アームをオンした後に何らかの要因で回転数が急増してもオン継続期間 T_{ONU} の長さが短くなっているため、結果として電流還流期間 T_{RU} を確実に確保できる。なお、図7（C）では上アームの例を示したが、下アームについても同様であるので図示および説明を省略する。

20

【0092】

再び図4に戻って、制御状態が状態3でないときは（ステップS30でNO）、第5チェックに進む。制御状態が状態3であってもU相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} 以上のときは（ $V_u > V_{TH+}$ ；ステップS31でNO）、電流還流期間 T_{RU} を増やしたうえで（ステップS32）、第5チェックに進む。

【0093】

図5に移って、第5チェックでは条件C10、C11の判別を行う。すなわち、制御状態が状態4であり（条件C10；ステップS40でYES）、かつU相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} 以下のときは（ $V_u < V_{TH-}$ 、条件C11；ステップS41でYES）、回転機20から還流する還流電流 I_r がほぼ消失したことを示す。なお、ステップS41は上記ステップS24で示した他の条件で判別してもよい。この場合における他方のアームは、例えばスイッチング素子Q1が該当する。

30

【0094】

条件C10、C11を満たすと、下アームのスイッチング素子Q4をオンするとともに、スイッチング素子Q4のオン状態が継続する期間を示すオン継続期間 T_{OND} を0で初期化し、さらに制御状態を状態5に設定したうえで（ステップS42）、第6チェックに進む。一方、制御状態が状態4でないか（ステップS40でNO）、あるいは制御状態が状態4であってもU相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を上回るときは（ $V_u > V_{TH-}$ ；ステップS41でNO）、第6チェックに進む。

40

【0095】

第6チェックでは条件C12、C13の判別を行う。すなわち、制御状態が状態5であり（条件C12；ステップS43でYES）、かつスイッチング素子Q4のオン継続期間 T_{OND} が期間しきい値 T_{THD} 以上のときは（ $T_{OND} > T_{THD}$ 、条件C13；ステップS44でYES）、スイッチング素子Q4をオフする時期に達したことを示す。なお、ステップS44は図4のステップS27で示した他の条件で判別してもよい。また、電流還流期間 T_{RD} が設定されていない場合は、オン継続期間 T_{OND} が期間しきい値 T_{THD} 以上となる前、す

50

なわち電流還流期間 T_{RD} に基づくタイミングよりも早いタイミングで条件 C 1 3 を満たしたものと、後述するステップ S 4 6 でスイッチング素子 Q 4 をオフする。

【 0 0 9 6 】

条件 C 1 2 , C 1 3 を満たすと、スイッチング素子 Q 4 をオフにするとともに、電流還流期間 T_{RD} を 0 で初期化し、さらに制御状態を状態 6 に設定したうえで〔ステップ S 4 6 〕、第 7 チェックに進む。スイッチング素子 Q 4 をオフにするタイミングは、条件 C 1 2 , C 1 3 を満たすと同時（すなわち無期間の経過後）に行ってもよく、予め設定した所定期間（例えば数ミリ秒間）の経過後に行ってもよい。

【 0 0 9 7 】

一方、制御状態が状態 5 でないときは（ステップ S 4 3 で N O ）、第 7 チェックに進む。また、制御状態が状態 5 であってもオン継続期間 T_{OND} が期間しきい値 T_{THD} を下回るときは（ $T_{OND} < T_{THD}$; ステップ S 4 4 で N O ）、オン継続期間 T_{OND} を増やしたうえで〔ステップ S 4 5 〕、第 7 チェックに進む。

【 0 0 9 8 】

第 7 チェックでは条件 C 1 4 , C 1 5 の判別を行う。すなわち、制御状態が状態 6 であり（条件 C 1 4 ; ステップ S 4 7 で Y E S ）、かつ U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回るときは（ $V_u < V_{TH+}$, 条件 C 1 5 ; ステップ S 4 8 で Y E S ）、ステップ S 4 6 でスイッチング素子 Q 4 をオフすることに伴って回転機 2 0 から整流素子 D 4 を通って還流電流 I_r が還流していることを示す。よって、次回に用いる期間しきい値 T_{THD} を設定するとともに、制御状態を状態 1 に設定したうえで〔ステップ S 5 0 〕、ステップ S 5 1 に進む。ステップ S 5 0 で設定する次回の期間しきい値 T_{THD} は、例えば式 2 に従って求める。

【 0 0 9 9 】

〔式 2〕

次回の期間しきい値 T_{THD} = 今回の期間しきい値 T_{THD} + （第二所定長 - 電流還流期間 T_{RD} ）

【 0 1 0 0 】

ここで、上記式 2 に示す第二所定長は「所定長」に相当し、電流還流期間 T_{RD} として確保すべき期間の長さを設定する。第二所定長は、上述した第一所定長と同じ値で設定してもよく、異なる値で設定してもよい。電流還流期間 T_{RD} には、回転機 2 0 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて適切な値（長さ）設定してもよい。電流還流期間 T_{RD} の対象は、自相または他相のいずれを問わず、上下アームのいずれを問わない。

【 0 1 0 1 】

一方、制御状態が状態 6 でないときは（ステップ S 4 7 で N O ）、ステップ S 5 1 に進む。制御状態が状態 6 であっても U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} 以上のときは（ $V_u \geq V_{TH+}$; ステップ S 4 8 で N O ）、電流還流期間 T_{RD} を増やしたうえで〔ステップ S 4 9 〕、ステップ S 5 1 に進む。

【 0 1 0 2 】

その後、相電圧の組み合わせに基づいて異常の有無を判定する相電圧異常判定処理を行うとともに〔ステップ S 5 1 〕、スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 の駆動パターンに基づいて異常の有無を判定する相電圧異常判定処理を行い〔ステップ S 5 2 〕、同期制御処理を終えてリターンする。ステップ S 5 1 , S 5 2 で異常と判定された場合には、ステップ S 1 0 から実行するように制御してもよく、全アームの一部（例えば異常が発生した相の上下アーム）をオフする制御を行ってもよい。なお、当該ステップ S 5 1 , S 5 2 の具体的な処理内容については後述する（図 8 を参照）。

【 0 1 0 3 】

上述した図 3 から図 5 に示す手続きに従った処理の一例について、図 6 を参照しながら説明する。当該図 6 に示す経時的变化は、横軸を時間とし、上から順番に U 相電流 I_u 、制御状態、U 相電圧 V_u 、スイッチング素子 Q 1 、スイッチング素子 Q 4 、電流還流期間 T_{RU} 、電流還流期間 T_{RD} を示す。なお、時刻 t_0 で初期状態（例えば電源投入時やリセッ

10

20

30

40

50

ト時等の状態)と仮定する。

【0104】

時刻 t_1 に U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を上回ると、制御状態が状態 1 になる (図 4 のステップ S 2 2)。さらに、時刻 t_2 に U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を上回ると、制御状態が状態 2 になる (図 4 のステップ S 2 5)。なお、時刻 t_2 (繰り返し周期における時刻 t_8 を含む。) には U 相電流 I_u がしきい値電流 I_{TH+} を上回り、このときのしきい値電流 I_{TH+} は「第五しきい値」に相当する。

【0105】

状態 2 では上アームのスイッチング素子 Q 1 がオンされるので、U 相電圧 V_u はしきい値電圧 V_{TH+} と電源 E (プラス側) の電圧値 V_{B+} との間に収まる。スイッチング素子 Q 1 のオン状態が継続される間は、オン継続期間 T_{ONU} が増え続ける (図 4 のステップ S 2 8)。

10

【0106】

上記オン継続期間 T_{ONU} が期間しきい値 T_{THU} 以上になる時刻 t_3 には、スイッチング素子 Q 1 がオフされて制御状態が状態 3 になる (図 4 のステップ S 2 9)。スイッチング素子 Q 1 をオフすることに伴って還流電流 I_r が還流すると、U 相電圧 V_u が上がってしきい値電圧 V_{TH+} を上回る。時刻 t_3 のときのしきい値電圧 V_{TH+} は「第一しきい値」に相当する。U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を上回っている間は、電流還流期間 T_{RU} が増え続ける (図 4 のステップ S 3 2)。この電流還流期間 T_{RU} は、還流電流 I_r の減少に伴って U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回る時刻 t_4 まで続く。時刻 t_4 のときのしきい値電圧 V_{TH+} は「第二しきい値」に相当する。本例では「第一しきい値」と「第二しきい値」とが同じしきい値電圧 V_{TH+} であるが、異なる電圧値を設定してもよい。

20

【0107】

時刻 t_4 には制御状態が状態 4 になり、還流電流 I_r が流れなくなると U 相電圧 V_u も急速に減少してゆく。さらに時刻 t_5 に U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を下回ると、制御状態が状態 5 になる (図 5 のステップ S 4 2)。なお、時刻 t_5 には U 相電流 I_u がしきい値電流 I_{TH-} を下回り、このときのしきい値電流 I_{TH-} は「第五しきい値」に相当する。状態 5 では下アームのスイッチング素子 Q 4 がオンされるので、U 相電圧 V_u はしきい値電圧 V_{TH-} と電源 E (マイナス側) の電圧値 V_{B-} との間に収まる。スイッチング素子 Q 4 のオン状態が継続される間は、オン継続期間 T_{OND} が増え続ける (図 5 のステップ S 4 5)。

30

【0108】

上記オン継続期間 T_{OND} が期間しきい値 T_{THD} 以上になる時刻 t_6 には、スイッチング素子 Q 4 がオフされて制御状態が状態 6 になる (図 5 のステップ S 4 6)。スイッチング素子 Q 4 をオフすることに伴って還流電流 I_r が還流すると、U 相電圧 V_u が下がってしきい値電圧 V_{TH-} を下回る。時刻 t_6 のときのしきい値電圧 V_{TH-} は「第一しきい値」に相当する。U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を下回っている間は、電流還流期間 T_{RD} が増え続ける (図 5 のステップ S 4 9)。この電流還流期間 T_{RD} は、還流電流 I_r の減少に伴って U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を上回る時刻 t_7 まで続く。時刻 t_7 以降は時刻 t_1 から時刻 t_7 までを繰り返す。時刻 t_7 のときのしきい値電圧 V_{TH-} は「第二しきい値」に相当する。なお、時刻 t_7 に U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH-} を上回る状態は上述した時刻 t_1 と同じ状態であり、時刻 t_1 のときのしきい値電圧 V_{TH-} も「第二しきい値」に相当する。

40

【0109】

次に、図 5 に示したステップ S 5 1 の具体的な処理内容について、図 8 を参照しながら説明する。図 8 に示す波形パターンは「所定パターン」に相当し、横軸を時間とし、上から順番に U 相電圧 V_u 、V 相電圧 V_v 、W 相電圧 V_w を示す。

【0110】

まず、スイッチング素子 Q 1, Q 4 をそれぞれオンするタイミングについて、U 相電圧 V_u を例に説明する。スイッチング素子 Q 1 (上アーム) をオンする時刻 t_{20} からスイ

50

ツチング素子 Q 4 (下アーム) をオンする時刻 t_{26} までは、電気角で 180° の間隔である。同様に、スイッチング素子 Q 4 をオンする時刻 t_{26} から再びスイッチング素子 Q 1 をオンする時刻 t_{32} までは、電気角で 180° の間隔である。このように上アームと下アームのスイッチング素子を交互にオンし、その間隔は電気角で 180° であることを意味する。このことは、電気角で 120° ずれている V 相電圧 V_v と、電気角で 240° ずれている W 相電圧 V_w についても同様である。また、上アームと下アームのスイッチング素子を交互にオフするタイミングについても同様である。

【0111】

一方、上アームとしてのスイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3 をそれぞれオンするタイミングについて説明する。U 相のスイッチング素子 Q 1 をオンする時刻 t_{20} から V 相のスイッチング素子 Q 2 をオンする時刻 t_{24} までは、電気角で 120° の間隔である。また、V 相のスイッチング素子 Q 2 をオンする時刻 t_{24} から W 相のスイッチング素子 Q 3 をオンする時刻 t_{28} までは、電気角で 120° の間隔である。さらに、W 相のスイッチング素子 Q 3 をオンする時刻 t_{28} から再び U 相のスイッチング素子 Q 1 をオンする時刻 t_{32} までは、電気角で 120° の間隔である。このようにスイッチング素子 Q 1 → スwitchング素子 Q 2 → スwitchング素子 Q 3 → スwitchング素子 Q 1 → ... のようにスイッチング素子を順番にオンし、その間隔は電気角で 120° であることを意味する。このことは、下アームとしてのスイッチング素子 Q 4, Q 5, Q 6 についても同様であり、スイッチング素子を順番にオフするタイミングについても同様である。

【0112】

上述のようなスイッチング素子を制御するとき、回転機 20 が異常なく回転する場合には次に示す表 1 のような電圧値になる。表 1 では U 相 (スイッチング素子 Q 1, Q 4) の例を示すが、V 相 (スイッチング素子 Q 2, Q 5) と W 相 (スイッチング素子 Q 3, Q 6) についても同様に規定される。表 1 に示す各電圧値でスイッチング素子に印加している状態が「所定印加状態」に相当する。

【0113】

【表 1】

スイッチング素子	制御	時刻	V_u	V_v	V_w
Q1	オン	t_{10}	V_{B+} 以上	V_{B-} 以下	V_{B-} 以上
	オフ	t_{15}	V_{B+} 以上	V_{B-} 以上	V_{B-} 以下
Q4	オン	t_{16}	V_{B-} 以下	V_{B+} 以上	V_{B+} 以下
	オフ	t_{21}	V_{B-} 以下	V_{B+} 以下	V_{B+} 以上

【0114】

逆に言えば、上記表 1 のような電圧値にならないければ、回転機 20 が過渡応答していたり、回転機 20 に予期せぬ変化が生じる等が発生したことを意味する。言い換えれば、所定印加状態以外の印加状態になっている。この場合には、後述するステップ S 52 の判定結果にかかわらず、一時的に初期状態に戻す。すなわち、図 3 のステップ S 10 に戻ってスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 を全てオフし、駆動制御処理および同期制御処理を実行しなおす。あるいは、異常が生じた相の上下アームをオフして続行する。

【0115】

次に、図 5 に示したステップ S 52 の具体的な処理内容について説明する。回転機 20 が異常なく回転する場合には、図 8 に示すように時間の経過とともに次に示す順番でスイッチング素子のオンが制御される。なお、オフを制御する場合も同様である。

U 相の上アーム (スイッチング素子 Q 1) → W 相の下アーム (スイッチング素子 Q 6) → V 相の上アーム (スイッチング素子 Q 2) → U 相の下アーム (スイッチング素子 Q 4) → W 相の上アーム (スイッチング素子 Q 3) → V 相の下アーム (スイッチング素子 Q 5)

【0116】

逆に言えば、上述した順番 (すなわち所定パターン) でスイッチング素子の制御が行われなければ、回転機 20 が過渡応答していたり、回転機 20 に予期せぬ変化が生じる等が

発生したことを意味する。この場合は、上述したステップ S 5 1 の判定結果にかかわらず、一時的に初期状態に戻す。すなわち、図 3 のステップ S 1 0 に戻ってスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 を全てオフし、駆動制御処理および同期制御処理を実行しなおす。あるいは、異常が生じた相の上下アームをオフして続行する。

【 0 1 1 7 】

上述した実施の形態によれば、以下に示す各効果を得ることができる。

【 0 1 1 8 】

制御部 1 7 は、上下アームのうち一方のアーム（例えばスイッチング素子 Q 1 , Q 2 , Q 3 ）をオフした後、U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} （第一しきい値）を上回ってからしきい値電圧 V_{TH+} （第二しきい値）を下回るまでの電流還流期間（例えば電流還流期間 T_{RU} ）の長さが所定長となるように、一方のアームをオフする制御を行う構成とした（図 4 , 図 5 , 図 6 を参照）。相電圧の対象は U 相電圧 V_u に限らず、V 相電圧 V_v や W 相電圧 V_w についても同様である。一方のアームは、周期のタイミングに応じて、スイッチング素子 Q 1 , Q 2 , Q 3 が該当したり、スイッチング素子 Q 4 , Q 5 , Q 6 が該当したりする。この構成によれば、電流還流期間 T_{RU} , T_{RD} の長さが所定長（すなわち第一所定長や第二所定長）で維持される。すなわち電流が還流する期間を一定に維持するので、その後に行う他方のアーム（例えばスイッチング素子 Q 4 , Q 5 , Q 6 ）を制御するタイミングが従来よりも正確に行える。したがって、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源 E から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 1 1 9 】

制御部 1 7 は、U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH3a} （第三しきい値）に達した（上回った）後、しきい値電圧 V_{TH4+} （第四しきい値）に達すると、スイッチング素子 Q 1（上アーム）をオンする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 2 3 , S 2 4 および図 7 を参照）。同様に、U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH3b} （第三しきい値）に達した（下回った）後、しきい値電圧 V_{TH4-} （第四しきい値）に達すると、スイッチング素子 Q 4（下アーム）をオンする制御を行う構成とした（図 5 のステップ S 4 0 , S 4 1 および図 7 を参照）。相電圧の対象は U 相電圧 V_u に限らず、V 相電圧 V_v や W 相電圧 V_w についても同様である。この構成によれば、回転位置 P や電流等によらずにアームをオンする制御が行えるので、回転位置 P や電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源 E から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 1 2 0 】

制御部 1 7 は、U 相電流 I_u が第五しきい値（すなわちしきい値電流 I_{TH+} , I_{TH-} ）に達すると、スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6（アーム）をオンする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 2 4 および図 5 のステップ S 4 1 を参照）。相電流の対象は U 相電流 I_u に限らず、V 相電流 I_v や W 相電流 I_w についても同様である。もし、相電流がしきい値電流 I_{TH+} , I_{TH-} に達してもなおアームをオンする制御を行わなければ、整流損失が増大し、電源 E から巻線への電流の逆流が生じる可能性が高まるためである。しかし、この構成によれば、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源 E から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 1 2 1 】

制御部 1 7 は、回転機 2 0 の回転位置 P が所定位置に達すると、スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6（アーム）をオンする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 2 4 および図 5 のステップ S 4 1 を参照）。もし、回転機 2 0 の回転位置 P が所定位置に達してもなおアームをオンする制御を行わなければ、整流損失が増大し、電源 E から巻線への電流の逆流が生じる可能性が高まるためである。この構成によれば、従来よりも確実に整流損失を抑制でき、電源 E から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 1 2 2 】

制御部 1 7 は、位置センサ 1 5 からの入力値に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 2 7 および図 5 のステップ S 4 6

を参照)。もし予期せぬ変化(例えば回転機20の回転速度が急に変化する等)が起きた場合には、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できなくなる場合がある。しかし、この構成によれば回転機20の回転体が一定の位置に達すると一方のアームをオフする制御を行うので、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できる。したがって、回転機20の回転状態等にかかわらず、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。

【0123】

制御部17は、電流センサ14からの入力値に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行う構成とした(図4のステップS27および図5のステップS46を参照)。もし予期せぬ変化(例えば回転機20の回転速度が急に変化する等)が起きた場合には、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できなくなる場合がある。しかし、この構成によれば回転機20の相電流が一定の電流値に達すると一方のアームをオフする制御を行うので、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できる。したがって、回転機20の回転状態等にかかわらず、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。

10

【0124】

自相または他相のアームをオンするオンタイミングからの第1遅延期間に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行う構成とした(図4のステップS27および図5のステップS46を参照)。もし予期せぬ変化(例えば回転機20の回転速度が急に変化する等)が起きた場合には、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できなくなる場合がある。しかし、この構成によれば自相または他相のアームをオンするオンタイミングから一定期間を経過すると一方のアームをオフする制御を行うので、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できる。したがって、回転位置Pや電流等を検出するためのセンサが不要となるので、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。

20

【0125】

制御部17は、自相に設定された電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行う構成とした(図4のステップS27および図5のステップS46を参照)。この構成によれば、回転位置Pや電流等によらず、自相に設定された電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} に基づいてアームを制御するので、回転位置Pや電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。

30

【0126】

制御部17は、他相に設定された電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} に基づいて、上下アームのうち一方のアームをオフする制御を行う構成とした(図4のステップS27および図5のステップS46を参照)。この構成によれば、回転位置Pや電流等によらず、他相に設定された電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} に基づいて自相の上下アームのうち一方のアームを制御するので、回転位置Pや電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。また、自相に周期的な乱れが生じて他相を基準にしてアームを制御できるので、誤差を少なくして応答性を向上させることができる。

40

【0127】

制御部17は、他相のアームをオフするオフタイミングからの第2遅延期間を経過した後に自相のアームをオフする制御を行う構成とした(図4のステップS27および図5のステップS46を参照)。この構成によれば、回転位置Pや電流等によらず、他相のアームをオフするオフタイミングからの第2遅延期間を経過した後に自相のアームをオフする制御を行うので、回転位置Pや電流等を検出するためのセンサが不要となる。したがって、コストを抑えながらも、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源Eから巻線への電流の逆流を防止できる。また、自相に周期的な乱れが生じて他相を基準にしてアームを制御できるので、誤差を少なくして応答性を向上させることができる。

50

【 0 1 2 8 】

制御部 17 は、回転機 20 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて、電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} の長さを設定する構成とした（図 4 のステップ S 33 および図 5 のステップ S 50 を参照）。この構成によれば、第一しきい値および第二しきい値に基づいて設定する電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} にかかわらず、回転機 20 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上に基づいて電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} の長さを設定する。この設定を行うことによって電流を還流させる期間を確実に確保できるので、従来よりも整流損失を抑制でき、電源 E から巻線への電流の逆流を防止でき、ひいては信頼性を向上させることができる。

【 0 1 2 9 】

制御部 17 は、回転機 20 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になると、無期間または所定期間の経過後にアームをオフする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 27、S 29 および図 5 のステップ S 44、S 46 を参照）。この構成によれば、予期せぬ変化（例えば回転機 20 の回転速度が急に变化する等）が起きて回転機 20 の回転数、相電流および相電圧のうち一以上が許容範囲外になるとアームをオフする制御を行うので、一定の電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} を確保できる。したがって、従来よりも確実に整流損失を抑制することができ、電源 E から巻線への電流の逆流を防止できる。

【 0 1 3 0 】

制御部 17 は、上下アームのうち一方のアームをオフすることに伴って還流する還流電流 I_r の電流値が基準電流値に達すると、上下アームのうち他方のアームをオンする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 24、S 25 および図 5 のステップ S 41、S 42 を参照）。この構成によれば、還流電流 I_r の電流値が基準電流値に達すると他方のアームをオンする制御を行って、一方のアームに必要以上の電流が流れるのを防止する。こうしてアームに必要以上の還流電流 I_r が流れて制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

【 0 1 3 1 】

制御部 17 は、各アームの制御時に各相の相電圧を検出し、検出した各相の相電圧が所定印加状態以外の印加状態のときは全アームの一部または全部をオフする制御を行う構成とした（図 5 のステップ S 51 および表 1 を参照）。この構成によれば、全アームの一部または全部をオフする制御を行って一時的に初期化する。こうして各アームに印加される相電圧によって当該アームが制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

【 0 1 3 2 】

制御部 17 は、アームを制御するタイミングのパターンを検出し、検出したパターンが所定パターン以外のパターンのときは全アームの一部または全部をオフする制御を行う構成とした（図 5 のステップ S 52 および図 8 を参照）。この構成によれば、異常が発生すると、全アームの一部または全部をオフする制御を行って一時的に初期化する。こうして制御パターンの乱れによってアームが制御不能に陥るのを回避して、信頼性を向上させることができる。

【 0 1 3 3 】

制御部 17 は、電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} が設定されていない場合は、電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} に基づくタイミングよりも早いタイミングでアームをオフする制御を行う構成とした（図 4 のステップ S 29 および図 5 のステップ S 46 を参照）。この構成によれば、例えば式 1、式 2 で示す次の期間しきい値 T_{THU} 、 T_{THD} を短くする等して、U 相電圧 V_u （相電圧）がしきい値電圧 V_{TH+} （第一しきい値）に達する電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} の始期（すなわち図 6 に示す時刻 t_3 、 t_6 ）よりも前にスイッチング素子 Q1、Q4（アーム）をオフする。この制御によって、少なくとも電流還流期間 T_{RU} 、 T_{RD} よりも長い期間を確保することができるので、還流する電流を流すための期間を確実に確保できる。したがって、従来よりも整流損失を抑制することができ、電源 E から巻線への電流の逆流を防止でき、ひいては信頼性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 4 】

制御部 17 は、各アームの制御時に発電電流がしきい値（所定値）以下のときは（図 3 のステップ S 12 で NO）、アームをオンする制御を行わない（図 3 のステップ S 13 を参照）。本形態では発電電流を検出したが、各アームの制御時に各相の電圧および電流のうちで一方または双方を検出し、その検出値がしきい値（所定値）以下のときはアームをオンする制御を行わないように構成することもできる。この構成によれば、各相の相電流が小さいために回転機の制御が不安定になる可能性がある場合に、アームをオンする制御を行わないことで回転機の制御が不安定な状態に陥るのを防止できる。

【 0 1 3 5 】

〔他の実施の形態〕

以上では本発明を実施するための形態について説明したが、本発明は当該形態に何ら限定されるものではない。言い換えれば、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施することもできる。例えば、次に示す各形態を実現してもよい。

【 0 1 3 6 】

上述した実施の形態では、電流センサ 14 から信号に基づいて相電流（例えば U 相電流 I_u 等）を求めた（図 3 のステップ S 11 を参照）。この形態に代えて、他の検出値（例えば回転位置 P や回転数、界磁電流 I_f 等）に基づいて、相電流を推定してもよい。この場合には、整流素子 D 1, D 4 によって整流する相電圧（例えば U 相電圧 V_u ）の波形がほぼ台形状な電流に設定するのが望ましい。相電流を推定した場合でも初動電流値 I_s を上回れば、回転機 20 の各巻線に相電圧が印加され始めたことを検出できる。よって、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 1 3 7 】

上述した実施の形態では、電気角を特定するために条件 C 3 では、U 相電圧 V_u がしきい値電圧 V_{TH+} を下回することを条件とした（図 4 のステップ S 21 を参照）。当該ステップ S 21 は他の条件で判別してもよい。当該他の条件は任意に設定することが可能であり、以下に条件例を挙げる。例えば、電流センサ 14 で検出する相電流（例えば U 相電流 I_u ）が所定電流値に達することが該当する。位置センサ 15 で検出する回転機 20 の回転位置 P が所定位置になることが該当する。いずれか一の条件のみを適用してもよく、複数の条件を組み合わせ適用してもよい。他の条件を適用した場合でも電気角を特定できるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 1 3 8 】

上述した実施の形態では、界磁制御部 12 はスイッチング素子 Q 7 および整流素子 D 7 によって構成した（図 1 を参照）。この形態に代えて、オルタネータのレギュレータ回路を適用してもよい。この場合でも界磁電流 I_f を制御できるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 1 3 9 】

上述した実施の形態では、電流センサ 11, 13, 14 にはホール素子等で検出する磁気型のセンサを用いた（図 1 を参照）。この形態に代えて、各電流が検出可能な他の電流センサを用いてもよい。他の電流センサとしては、例えば電磁誘導型センサ、ファラデー効果型センサなどが該当する。電磁誘導型センサは、電流母線の周囲に環状のコアやコイルを配置し、相電流の通電で生じる誘導起電力により検出する。ファラデー効果型センサは、磁界方向に沿って配置された光ファイバに対して直線偏光が入射したとき、偏波の方位が磁界の強度に比例して回転する回転角を計測することで磁界強度（すなわち電流）を検出する。いずれの電流センサにせよ、各電流を検出して制御部 17 に伝達するので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 1 4 0 】

上述した実施の形態では、位置センサ 15 にはレゾルバを用いた（図 1 を参照）。この形態に代えて、回転機 20 の回転体の位置を検出可能な他の位置センサを用いてもよい。他の位置センサとしては、例えばロータリエンコーダ（光電検出器）やコイル等が該当する。前者のロータリエンコーダは、例えば回転体にスリットを設けた円板を設けた場合に

10

20

30

40

50

対応する。発光体が発した光を受光体で受光するか否かに基づいて信号（アナログ信号またはデジタル信号）を制御部 17 に伝達する。後者のコイルは、回転体の外周面に一定間隔で磁気突極で設けた場合に対応する。すなわち、コイルの近傍を磁気突極が通過するのに伴って起電力を発生させ、当該起電力に基づく信号（アナログ信号またはデジタル信号）を制御部 17 に伝達する。いずれの他の位置センサにせよ、回転機 20 の回転体の位置を検出して制御部 17 に伝達できるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0141】

上述した実施の形態では、回転機 20 の相数に対応して、スイッチング部 18 には三相のインバータ回路を適用した（図 1 を参照）。この形態に代えて、上下アームを有する三相以外の相数（单相，二相，四相以上の多相）のインバータ回路を適用してもよい。すなわち回転機 20 の相数に対応するインバータ回路に本発明を適用できる。単に相数の違いであるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0142】

例えば、上述した実施の形態に代えて、図 9 に示す車両用発電機の構成例に本発明を適用してもよい。図 9 に示すように、本実施形態の車両用発電機 31 は、2 つの固定子巻線 32、33、界磁巻線 34、2 つの整流器モジュール群 35、36、発電制御装置 37 などを含んで構成されている。2 つの整流器モジュール群 35、36 がスイッチング部に対応する。

【0143】

一方の固定子巻線 32 は、多相巻線（例えば X 相巻線、Y 相巻線、Z 相巻線からなる三相巻線）であって、固定子鉄心（図示せず）に巻装されている。同様に、他方の固定子巻線 33 は、多相巻線（例えば U 相巻線、V 相巻線、W 相巻線からなる三相巻線）であって、上述した固定子鉄心に、固定子巻線 32 に対して所定角度（例えば電気角で 30 度）ずらした位置に巻装されている。本実施形態では、これら 2 つの固定子巻線 32、33 と固定子鉄心によって固定子が構成されている。

【0144】

界磁巻線 34 は、固定子鉄心の内周側に対向配置された界磁極（図示せず）に巻装されて回転子を構成している。励磁電流を流すことにより、界磁極が磁化される。界磁極が磁化されたときに発生する回転磁界によって固定子巻線 32、33 が交流電圧を発生する。

【0145】

一方の整流器モジュール群 35 は、一方の固定子巻線 32 に接続されており、全体で三相全波整流回路（ブリッジ回路）が構成され、固定子巻線 32 に誘起される交流電流を直流電流に変換する。この整流器モジュール群 35 は、固定子巻線 32 の相数に対応する数（三相巻線の場合には 3 個）の整流器モジュール 35 X、35 Y、35 Z を備えている。整流器モジュール 35 X は、固定子巻線 32 に含まれる X 相巻線に接続されている。整流器モジュール 35 Y は、固定子巻線 32 に含まれる Y 相巻線に接続されている。整流器モジュール 35 Z は、固定子巻線 32 に含まれる Z 相巻線に接続されている。

【0146】

他方の整流器モジュール群 36 は、他方の固定子巻線 33 に接続されており、全体で三相全波整流回路（ブリッジ回路）が構成され、固定子巻線 33 に誘起される交流電流を直流電流に変換する。この整流器モジュール群 36 は、固定子巻線 33 の相数に対応する数（三相巻線の場合には 3 個）の整流器モジュール 36 U、36 V、36 W を備えている。整流器モジュール 36 U は、固定子巻線 33 に含まれる U 相巻線に接続されている。整流器モジュール 36 V は、固定子巻線 33 に含まれる V 相巻線に接続されている。整流器モジュール 36 W は、固定子巻線 33 に含まれる W 相巻線に接続されている。

【0147】

発電制御装置 37 は、界磁巻線 34 に流す励磁電流を制御する励磁制御回路であって、励磁電流を制御することにより車両用発電機 31 の発電電圧（各整流器モジュールの出力電圧）を制御する。また、発電制御装置 37 は、通信端子や通信線等を介して ECU 38

(外部制御装置)と通信可能に接続されており、有線/無線を問わない。この発電制御装置 37 は、E C U 38 との間で双方向のシリアル通信(例えば、L I N (Local Interconnect Network) プロトコルを用いた L I N 通信)を行い、通信メッセージを送信あるいは受信する。

【0148】

本実施形態の車両用発電機 31 はこのような構成を有しており、次に、整流器モジュール 35 X 等の詳細について説明する。

【0149】

図 10 は、整流器モジュール 35 X の構成例を示す図である。なお、他の整流器モジュール 35 Y、35 Z、36 U、36 V、36 W も同じ構成を有している。図 10 に示すように、整流器モジュール 35 X は、2 つの M O S トランジスタ 50、51、制御回路 54 を備えている。M O S トランジスタ 50 は、ソース(S)が固定子巻線 32 の X 相巻線に接続され、ドレイン(D)が充電線 42 を介して電気負荷 40 やバッテリー 39 の正極端子に接続された上アーム(ハイサイド側)のスイッチング素子である。M O S トランジスタ 51 は、ドレインが X 相巻線に接続され、ソースがバッテリー 39 の負極端子(アース)に接続された下アーム(ローサイド側)のスイッチング素子である。これらの M O S トランジスタ 50、51 のゲート(G)は、対応する制御回路 54 の所定端子(G1、G2)に接続され、制御回路 54 から出力される制御信号(ゲート信号)に従ってオン/オフが制御される。また、M O S トランジスタ 50、51 のそれぞれのソース・ドレイン間には還流用のダイオードが並列接続されている。このダイオードは M O S トランジスタ 50、51 の寄生ダイオード(ボディダイオード)によって実現されるが、別部品としてのダイオードをさらに並列接続するように構成してもよい。なお、上アームおよび下アームの少なくとも一方を、M O S トランジスタ以外のスイッチング素子(例えば M O S トランジスタを除く J F E T や M E S F E T 等の F E T、I G B T、G T O、パワートランジスタなど)を用いて構成するようにしてもよい。

【0150】

ここで、整流器モジュール 35 X を構成する 2 つの M O S トランジスタ 50、51 により上下アームモジュールが構成される。また、整流器モジュール 35 X と同一の構成を有する上下アームモジュールにより各相ごとに整流器モジュール 35 Y、35 Z、36 U、36 V、36 W が配置されている。このように、各相ごとに同一の上下アームモジュールを用いることで、回転機用電力変換装置(電力変換装置 10)の相数が変わっても容易に上下アームモジュールの増減を行って対応することができる構成を提供できる。

【符号の説明】

【0151】

- 10 電力変換装置(回転機用電力変換装置)
- 11, 13, 14 電流センサ
- 12 界磁制御部
- 15 位置センサ
- 16 駆動部
- 17 制御部
- 18 変換部
- 20 回転機
- 31 車両用発電機
- 32, 33 固定子巻線
- 34 界磁巻線
- 35, 36 整流器モジュール群
- 35 X, 35 Y, 35 Z 整流器モジュール
- 36 U, 36 V, 36 W 整流器モジュール
- 37 発電制御装置
- 38 E C U (外部制御装置)

10

20

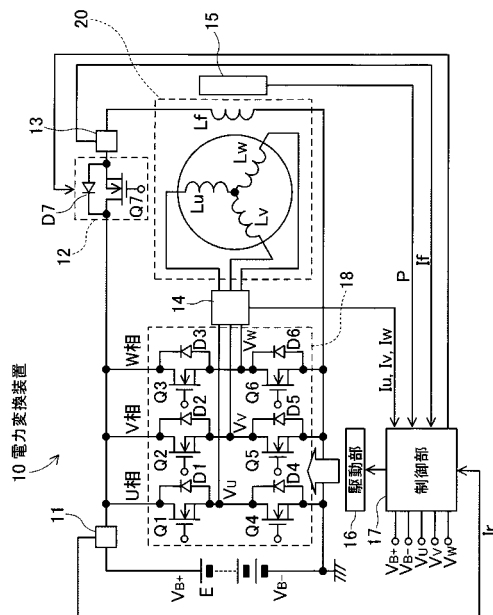
30

40

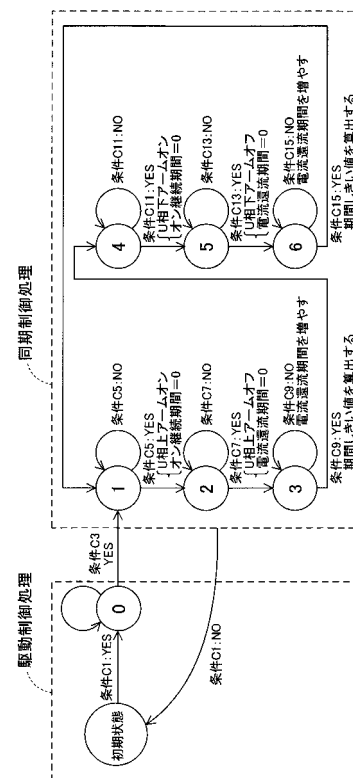
50

50, 51 MOSトランジスタ(スイッチング素子)
 54 制御回路
 E 電源
 D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 整流素子
 Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 スwitchング素子

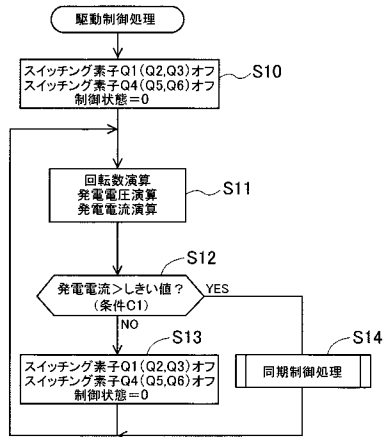
【図1】



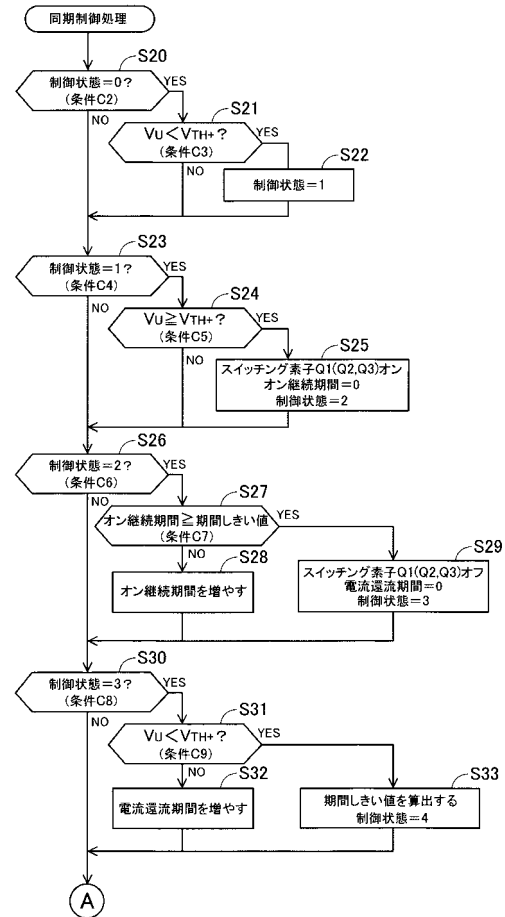
【図2】



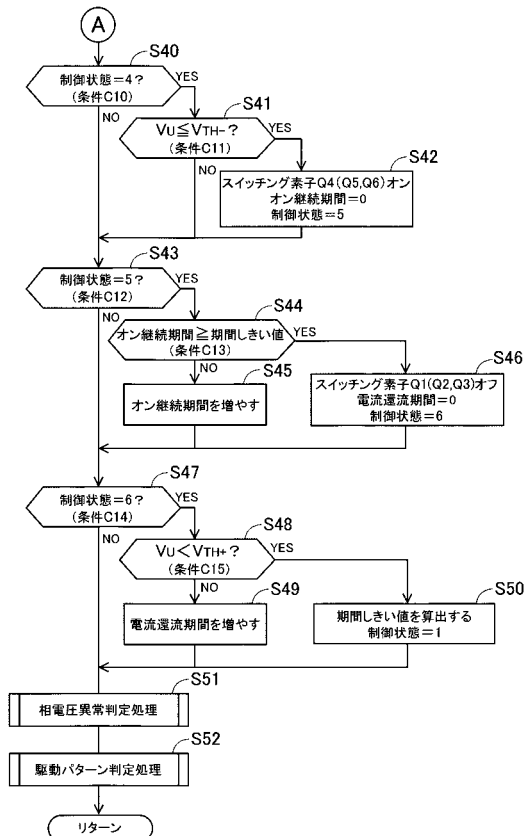
【図 3】



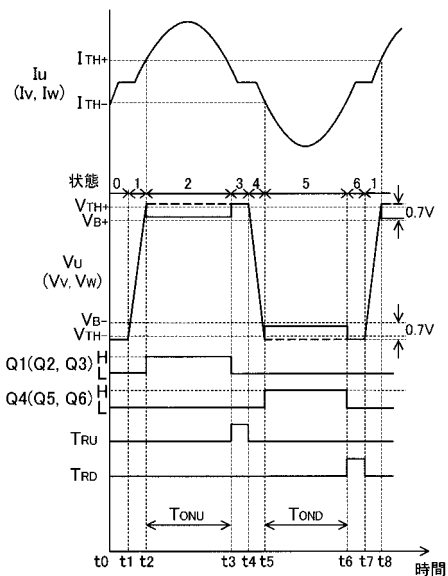
【図 4】



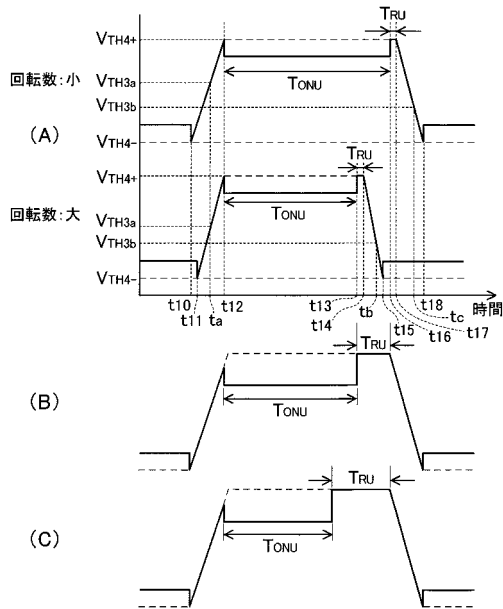
【図 5】



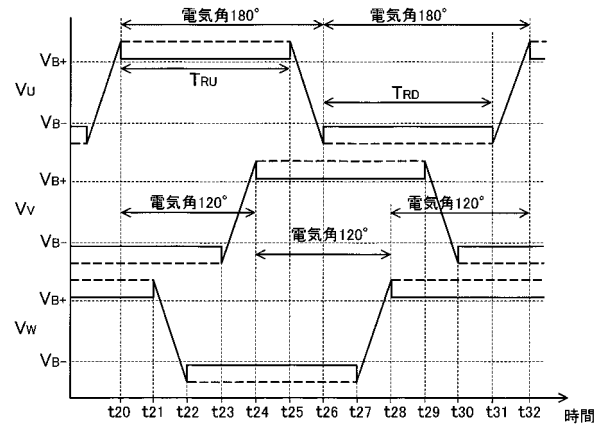
【図 6】



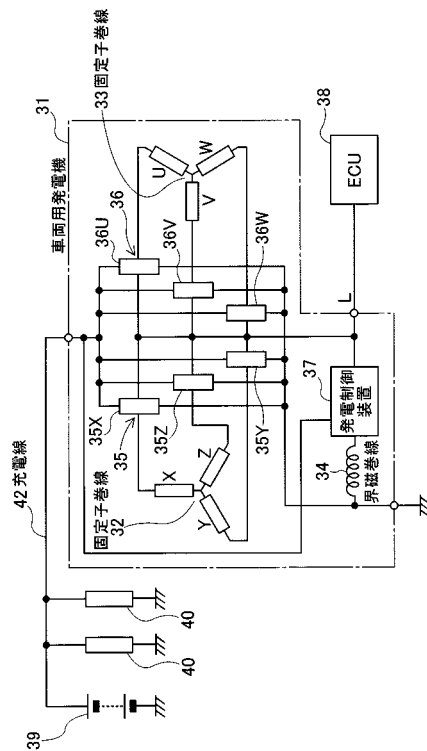
【図 7】



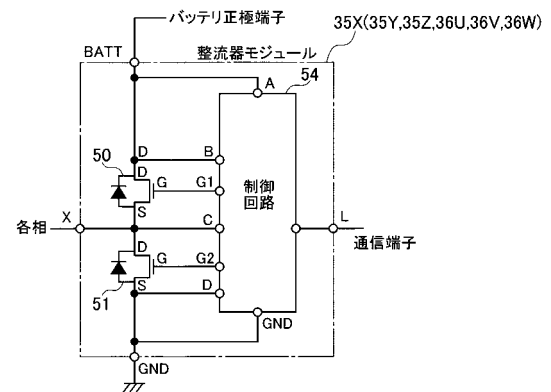
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5H006 AA03 AA05 CA02 CB01 CB08 DB03 DC02
5H560 BB04 BB16 DA02 EB01 EC02 HB02 SS02 UA01
5H590 AA02 CA07 CC01 CC18 CC24 CD03 CE05 FB01 FB05 FC11
GA02 HA02