

(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2014-217199

(P2014-217199A)

(43) 公開日 平成26年11月17日(2014.11.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02M 3/28 (2006.01)	H02M 3/28 Q	5H007
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 3/28 K	5H730
	H02M 7/48 E	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2013-93320 (P2013-93320)	(71) 出願人	000004709
(22) 出願日	平成25年4月26日 (2013. 4. 26)		株式会社ノーリツ
		(74) 代理人	100107445
			弁理士 小根田 一郎
		(74) 代理人	100107593
			弁理士 村上 太郎
		(72) 発明者	植木 達真
			兵庫県神戸市中央区江戸町93番地 株式
			会社ノーリツ内
		(72) 発明者	峠田 直樹
			兵庫県神戸市中央区江戸町93番地 株式
			会社ノーリツ内

最終頁に続く

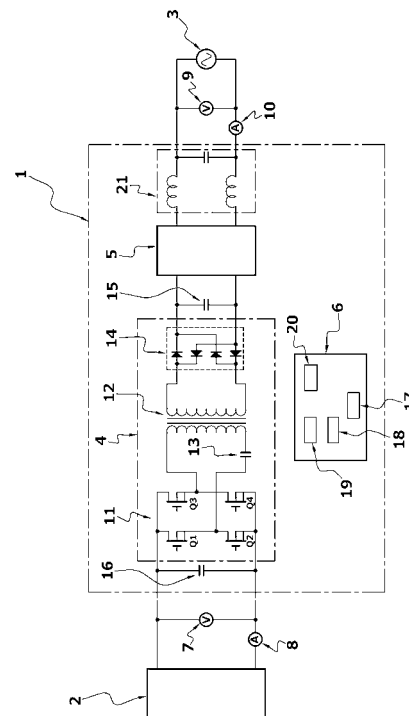
(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】共振周波数と一致するスイッチング周波数をより正確に測定して設定することのできる電力変換装置を提供する。

【解決手段】予め設定されたスイッチング周波数に基づいてスイッチング制御が行われる電流共振フルブリッジコンバータ4と、所定条件を満たしたときにスイッチング周波数を変化させることで最大電力変換効率となるスイッチング周波数を測定して再設定するスイッチング周波数設定手段18と、入出力電力を制限する入出力電力抑制制御手段20とを備える電力変換装置1において、スイッチング周波数設定手段を、入出力電力抑制制御手段20により入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときに限り、スイッチング周波数の再設定を行うように構成する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

予め設定されたスイッチング周波数に基づいてスイッチング制御が行われる電流共振ブリッジコンバータと、所定条件を満たしたときに前記スイッチング周波数の再設定を行うスイッチング周波数設定手段と、入出力電力を制限する入出力電力抑制制御手段とを備える電力変換装置において、

前記スイッチング周波数設定手段は、前記入出力電力抑制制御手段により入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときに限り、前記スイッチング周波数の再設定を行うように構成されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 2】

直流電源からの入力直流電力を昇圧する電流共振ブリッジコンバータと、該コンバータにより昇圧された直流電力を系統電力に系統連系する低周波交流電力に変換して系統に出力する低周波インバータと、前記電流共振ブリッジコンバータの入力側に設けられた入力電流センサ及び入力電圧センサと、前記低周波インバータの出力側に設けられた出力電流センサ及び出力電圧センサと、制御部とを備える電力変換装置であって、前記電流共振ブリッジコンバータは、入力直流電力をスイッチング素子のスイッチング動作により高周波交流電力に変換して出力するブリッジインバータと、該ブリッジインバータの出力側に一次側が接続されたトランスと、該トランスの一次側若しくは二次側に直列に接続された電流共振コンデンサと、前記トランスの二次側に接続された整流回路とを備え、前記制御部は、前記入力電流センサ、入力電圧センサ、出力電流センサ及び出力電圧センサのそれぞれの検出値に基づいて入出力電力変換効率を算出する効率算出手段と、スイッチング周波数を設定するスイッチング周波数設定手段と、該スイッチング周波数設定手段により設定されたスイッチング周波数に基づいて前記スイッチング素子の制御を行うコンバータ制御手段と、前記低周波インバータを制御するインバータ制御手段とを備え、前記コンバータ制御手段及び／又は前記インバータ制御手段は、前記入力電流センサが検出する入力電流、前記出力電流センサが検出する出力電流、前記入力電流センサが検出する入力電流と前記入力電圧センサが検出する入力電圧とに基づいて算出される入力電力、及び、前記出力電流センサが検出する出力電流と前記出力電圧センサが検出する出力電圧とに基づいて算出される出力電力の少なくともいずれか一つに基づいて入出力電力を制限する入出力電力抑制制御機能を備え、前記スイッチング周波数設定手段は、所定条件を満たしたときに、所定範囲内でスイッチング周波数を変化させて複数の周波数ポイントにおける前記効率算出手段の算出結果に基づいてスイッチング周波数を再設定する電力変換装置において、

前記スイッチング周波数設定手段は、前記入出力電力抑制制御機能により入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときに限り、前記スイッチング周波数の再設定を行うように構成されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電力変換装置において、前記スイッチング周波数設定手段は、スイッチング周波数を所定範囲内で変化させている途中で前記入出力電力抑制制御機能による入出力電力の制限が行われない状態となったときは前記スイッチング周波数の再設定を中止することを特徴とする電力変換装置。

【請求項 4】

請求項 1，2 又は 3 に記載の電力変換装置において、前記スイッチング周波数設定手段は、前回の再設定から所定期間経過するまでは前記スイッチング周波数の再設定を行わないように構成されていることを特徴とする電力変換装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、燃料電池発電システム用のパワーコンディショナとして好適に利用できる電力変換装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

燃料電池発電システムにおいて燃料電池が出力する直流電力を商用電力系統に系統連系する交流電力に変換して出力するパワーコンディショナに内蔵されるＤＣ／ＤＣコンバータとしては、絶縁型コンバータの中でも高効率な電流共振フルブリッジコンバータが採用されることが多い。

【 0 0 0 3 】

この電流共振フルブリッジコンバータとしては、例えば下記の特許文献１に開示されたものがある。この従来のコンバータでは、共振コンデンサを高周波トランスと直列に接続し、高周波ブリッジインバータを構成するスイッチング素子を電流共振の共振周波数と一致する一定のスイッチング周波数で駆動することによってゼロ電流スイッチングを行い、これによりスイッチングロス及びノイズを低減して高効率化を図っている。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 １ 】 特開 ２ ０ １ １ - ７ ２ １ ３ ７ 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

しかし、トランスの製造時のバラツキや、トランスや共振コンデンサの経年劣化や温度条件等により、トランスの漏れインダクタンスや共振コンデンサのキャパシタンスが設計値からずれることがあり、それにより共振周波数も設計値からずれてしまい、正確にゼロ電流スイッチングを行うことができなくなることがあり、その場合、スイッチングロスの増加による電力変換効率の低下やスイッチングノイズが発生してしまうという問題がある。

20

【 0 0 0 6 】

上記特許文献１においても、段落番号 0 0 6 1 に、回路素子の個体差により回路定数がばらついていると共振周波数もばらつく可能性があるため、昇圧回路のスイッチング周波数を予め固定的に決めてしまうのではなく、実際に系統連系インバータ装置を動作させた状態でスイッチング周波数が自動的に補正される構成を採用することが好ましいことが言及されている。また、段落番号 0 0 6 3 ～ 0 0 6 4 には、スイッチング周波数を自動補正する構成の一例として、昇圧回路およびインバータ回路での電力の変換効率を算出する効率算出手段を昇圧制御部に設け、当該変換効率が最大となるように昇圧制御部にてスイッチング周波数を調節する構成が開示されている。具体的には、昇圧回路の入力電力検出手段と、インバータ回路の出力電力検出手段とを設け、効率算出手段は入力電力検出手段の検出電力に対する出力電力検出手段の検出電力の比率から変換効率を算出する。そして、昇圧制御部は、所定の範囲内で昇圧回路のスイッチング周波数を変化させ、効率算出手段で算出される変換効率が最大となる周波数を新たなスイッチング周波数に設定するようになっている。

30

【 0 0 0 7 】

しかし、系統連系インバータ装置の動作時においても家庭内負荷が変動し、これにより入出力電力が変動することがあるが、上記の変換効率測定時に入出力電力が変動すると最大変換効率となるスイッチング周波数を正確に把握することができず、これにより設定された新たなスイッチング周波数が共振周波数からずれてしまうことがあるという問題がある。かかる問題点については上記特許文献１には示唆されていない。

40

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、共振周波数と一致するスイッチング周波数をより正確に測定して設定することのできる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 9 】

上記目的を達成するために、本発明は、次の技術的手段を講じた。

50

【 0 0 1 0 】

すなわち、本発明は、予め設定されたスイッチング周波数に基づいてスイッチング制御が行われる電流共振ブリッジコンバータと、所定条件を満たしたときに前記スイッチング周波数の再設定を行うスイッチング周波数設定手段と、入出力電力を制限する入出力電力抑制制御手段とを備える電力変換装置において、前記スイッチング周波数設定手段は、前記入出力電力抑制制御手段により入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときに限り、前記スイッチング周波数の再設定を行うように構成されていることを特徴とするものである（請求項１）。

【 0 0 1 1 】

かかる本発明の電力変換装置によれば、スイッチング周波数設定手段によって、電流共振ブリッジコンバータの現時点の電流共振周波数の実測値に基づくスイッチング周波数や、電力変換装置の入出力電力変換効率が最大となるスイッチング周波数に再設定することにより電流共振ブリッジコンバータにおけるスイッチングロスやノイズ発生を低減することができる。また、入出力電力抑制制御手段によって、入力電力を定格電力に制限したり、出力電力を定格出力に制限したり、燃料電池の制御部から送信される上限電流値を超えないように入力電流を制限するように入出力電力を制限することにより、燃料電池スタックの劣化防止や、電流共振ブリッジコンバータの構成部品の電氣的破壊を防止できる。さらに、入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときは、ある程度大きな電力負荷が継続的に使用されている状態であることが多く、その後も一定時間は電力負荷が使用され続けられることが期待されるので、かかる状態でスイッチング周波数の再設定を実行することにより、スイッチング周波数を現実の電流共振周波数に正確に合致させて、スイッチングロス及びノイズの一層の低減を図ることができる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、直流電源からの入力直流電力を昇圧する電流共振ブリッジコンバータと、該コンバータにより昇圧された直流電力を系統電力に系統連系する低周波交流電力に変換して系統に出力する低周波インバータと、前記電流共振ブリッジコンバータの入力側に設けられた入力電流センサ及び入力電圧センサと、前記低周波インバータの出力側に設けられた出力電流センサ及び出力電圧センサと、制御部とを備える電力変換装置であって、前記電流共振ブリッジコンバータは、入力直流電力をスイッチング素子のスイッチング動作により高周波交流電力に変換して出力するブリッジインバータと、該ブリッジインバータの出力側に一次側が接続されたトランスと、該トランスの一次側若しくは二次側に直列に接続された電流共振コンデンサと、前記トランスの二次側に接続された整流回路とを備え、前記制御部は、前記入力電流センサ、入力電圧センサ、出力電流センサ及び出力電圧センサのそれぞれの検出値に基づいて入出力電力変換効率を算出する効率算出手段と、スイッチング周波数を設定するスイッチング周波数設定手段と、該スイッチング周波数設定手段により設定されたスイッチング周波数に基づいて前記スイッチング素子の制御を行うコンバータ制御手段と、前記低周波インバータを制御するインバータ制御手段とを備え、前記コンバータ制御手段及び／又は前記インバータ制御手段は、前記入力電流センサが検出する入力電流、前記出力電流センサが検出する出力電流、前記入力電流センサが検出する入力電流と前記入力電圧センサが検出する入力電圧とに基づいて算出される入力電力、及び、前記出力電流センサが検出する出力電流と前記出力電圧センサが検出する出力電圧とに基づいて算出される出力電力の少なくともいずれか一つに基づいて入出力電力を制限する入出力電力抑制制御機能を備え、前記スイッチング周波数設定手段は、所定条件を満たしたときに、所定範囲内でスイッチング周波数を変化させて複数の周波数ポイントにおける前記効率算出手段の算出結果に基づいてスイッチング周波数を再設定する電力変換装置において、前記スイッチング周波数設定手段は、前記入出力電力抑制制御機能により入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときに限り、前記スイッチング周波数の再設定を行うように構成されていることを特徴とするものである（請求項２）。

【 0 0 1 3 】

かかる本発明の電力変換装置によれば、上記した請求項 1 に係る電力変換装置の作用効果に加え、系統に接続された電力負荷の消費電力が入出力電力抑制制御機能による制限出力電力（例えば電力変換装置の定格入出力電力や燃料電池の出力許容電流値に応じた電力変換装置の出力電力など）を超えた場合は、入出力電力抑制制御機能によって電力変換装置の入出力電力が所定電力に制限され、不足分は系統電力で賄われる。かかる状態で上記のスイッチング周波数の再設定が行われるようにすることにより、電力負荷の消費電力が多少変動しても変動分は系統電力の消費量の増減として吸収され、電力変換装置の入出力電力は所定電力で安定動作するため、より正確に電力変換効率が最大となる周波数ポイントを探索することが可能となる。

【0014】

さらに、前記スイッチング周波数設定手段は、スイッチング周波数を所定範囲内で変化させている途中で前記入出力電力抑制制御機能による入出力電力の制限が行われない状態となったときは前記スイッチング周波数の再設定を中止することが好ましい（請求項 3）。これによれば、最適周波数の探索中に電力負荷の消費電力が大きく減少するなどして入出力電力の制限が行われなくなった場合に、スイッチング周波数の再設定を中止して、前回設定されたスイッチング周波数を維持することで、共振周波数から大きく外れた値がスイッチング周波数設定手段によって設定されてしまうことを防止できる。

【0015】

上記本発明の電力変換装置において、前記スイッチング周波数設定手段は、前回の再設定から所定期間経過するまでは前記スイッチング周波数の再設定を行わないように構成されていることが好ましい（請求項 4）。スイッチング周波数の再設定のためにスイッチング周波数を所定範囲内で変動させている間は変換効率の低下並びにノイズの発生を誘発してしまうが、上記構成によれば、頻繁にスイッチング周波数の再設定が行われることを回避して、例えば昇圧トランスや電流共振コンデンサの経年劣化に対応するために前回の再設定から 30 日以上経過した後の入出力電力が安定したときにスイッチング周波数の再設定を行うように構成できる。

【発明の効果】

【0016】

以上説明したように、本発明の請求項 1 に係る電力変換装置によれば、スイッチング周波数設定手段によって、電流共振ブリッジコンバータの現時点の電流共振周波数の実測値に基づくスイッチング周波数や、電力変換装置の入出力電力変換効率が最大となるスイッチング周波数に再設定することにより電流共振ブリッジコンバータにおけるスイッチングロスやノイズ発生を低減することができる。また、入出力電力抑制制御手段によって、入力電力を定格電力に制限したり、出力電力を定格出力に制限したり、燃料電池の制御部から送信される上限電流値を超えないように入力電流を制限するように入出力電力を制限することにより、燃料電池スタックの劣化防止や、電流共振ブリッジコンバータの構成部品の電氣的破壊を防止できる。さらに、入出力電力の制限が行われている状態が所定時間に亘って継続しているときは、ある程度大きな電力負荷が継続的に使用されている状態であることが多く、その後も一定時間は電力負荷が使用され続けられることが期待されるので、かかる状態でスイッチング周波数の再設定を実行することにより、スイッチング周波数を現実の電流共振周波数に正確に合致させて、スイッチングロス及びノイズの一層の低減を図ることができる。

【0017】

また、本発明の請求項 2 に係る電力変換装置によれば、系統に接続された電力負荷の消費電力が入出力電力抑制制御機能による制限出力電力（例えば電力変換装置の定格入出力電力や燃料電池の出力許容電流値に応じた電力変換装置の出力電力など）を超えた場合は、入出力電力抑制制御機能によって電力変換装置の入出力電力が所定電力に制限され、不足分は系統電力で賄われる。かかる状態で上記のスイッチング周波数の再設定が行われるようにすることにより、電力負荷の消費電力が多少変動しても変動分は系統電力の消費量の増減として吸収され、電力変換装置の入出力電力は所定電力で安定動作するため、より

10

20

30

40

50

正確に電力変換効率が最大となる周波数ポイントを探索することが可能となる。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の請求項 3 に係る電力変換装置によれば、最適周波数の探索中に電力負荷の消費電力が大きく減少するなどして入出力電力の制限が行われなくなった場合に、スイッチング周波数の再設定を中止して、前回設定されたスイッチング周波数を維持することで、共振周波数から大きく外れた値がスイッチング周波数設定手段によって設定されてしまうことを防止できる。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の請求項 4 に係る電力変換装置によれば、スイッチング周波数の再設定のためにスイッチング周波数を所定範囲内で変動させている間は変換効率の低下並びにノイズの発生を誘発してしまうが、上記構成によれば、頻繁にスイッチング周波数の再設定が行われることを回避して、例えば昇圧トランスや電流共振コンデンサの経年劣化に対応するために前回の再設定から 30 日以上経過した後の入出力電力が安定したときにスイッチング周波数の再設定を行うように構成できる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る電力変換装置を用いた燃料電池発電システムの概略回路図である。

【 図 2 】 スwitchング周波数設定の制御フローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

20

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【 0 0 2 2 】

図 1 は本発明の一実施形態に係る電力変換装置としてのパワーコンディショナ 1 を用いた燃料電池発電システムの概略構成を示しており、該燃料電池発電システムは、電力源となる燃料電池 2 と、該燃料電池 2 が出力する直流電力を商用系統電力に系統連系する低周波交流電力に変換して系統 3 に出力するパワーコンディショナ 1 とから主構成されている。

【 0 0 2 3 】

燃料電池 2 としては、固体酸化物形燃料電池 (S O F C) や固体高分子形燃料電池 (P E F C) などの従来公知の適宜の方式のものを採用できる。

30

【 0 0 2 4 】

パワーコンディショナ 1 は、燃料電池 2 が出力する直流電圧を商用系統電力に系統連系させるために必要な電圧に昇圧する昇圧回路を構成する電流共振フルブリッジコンバータ 4 と、該コンバータ 4 が出力する直流電力を低周波の商用系統電力に系統連系する交流電力に変換してフィルタ回路 2 1 を介して系統 3 に出力する低周波インバータ 5 と、これらコンバータ 4 及びインバータ 5 を構成するスイッチング素子のスイッチング動作を制御する制御部 6 と、コンバータ 4 の入力側に設けられた入力電力検出手段としての入力電圧センサ 7 及び入力電流センサ 8 と、コンバータ 4 の出力側に設けられた出力電力検出手段としての出力電圧センサ 9 及び出力電流センサ 10 とを備えている。なお、本実施形態では、出力電圧センサ 9 及び出力電流センサ 10 は、コンバータ 4 の出力側であって且つインバータ 5 の出力側に設けている。

40

【 0 0 2 5 】

電流共振フルブリッジコンバータ 4 は、燃料電池 2 からの入力直流電力を M O S F E T や I G B T 等のスイッチング素子 Q 1 ~ Q 4 のスイッチング動作により高周波交流電力に変換する高周波フルブリッジインバータ 1 1 と、該フルブリッジインバータ 1 1 の出力側に一次側が接続された昇圧用高周波トランス 1 2 と、該トランス 1 2 の一次側に直列に接続されたフィルムコンデンサからなる電流共振コンデンサ 1 3 と、トランス 1 2 の二次側に接続されたダイオードブリッジからなる整流回路 1 4 と、該整流回路 1 4 の出力側に設けられた平滑コンデンサ 1 5 (D C リンクコンデンサ) と、フルブリッジインバータ 1 1

50

の入力側に設けられた平滑コンデンサ 16 とを備えている。なお、電流共振コンデンサ 13 はトランス 12 の二次側に設けることもできる。

【0026】

本実施形態のフルブリッジインバータ 11 は 4 つのスイッチング素子 Q1 ~ Q4 をフルブリッジ接続してなり、スイッチング素子 Q1 及び Q4 の組とスイッチング素子 Q2 及び Q3 の組とを制御部 6 によって交互に高周波スイッチングすることにより入力直流電力を高周波交流電力に変換してトランス 12 の一次側へ出力する。各スイッチング素子 Q1 ~ Q4 のスイッチング周波数は、電流共振コンデンサ 13、トランス 12 及び平滑コンデンサ 15 の定数によって定まる電流共振周波数に一致するように予め設定される。本実施形態では、設計値としてのスイッチング周波数は 60 kHz とされている。

10

【0027】

制御部 6 は、マイコンによって主構成されており、上記出力電力検出手段が検出する出力電圧値及び出力電流値と上記入力電力検出手段が検出する入力電圧値及び入力電流値とに基づいて入出力電力変換効率を算出する効率算出手段 17 と、スイッチング周波数を設定するスイッチング周波数設定手段 18 と、該スイッチング周波数設定手段 18 により設定されたスイッチング周波数に基づいてフルブリッジインバータ 11 を構成するスイッチング素子 Q1 ~ Q4 の駆動制御を行うコンバータ制御手段 19 と、上記低周波インバータ 5 を構成するブリッジ回路のスイッチング素子（図示せず）の駆動制御を行うインバータ制御手段 20 とを備えている。各手段は、マイコンによって実行されるプログラムによって実現されていてもよいし、マイコンとは別途設けられた専用回路やドライバ IC などによって実現されていてもよい。

20

【0028】

効率算出手段 17 は、入力電圧センサ 7 が検出する入力電圧と入力電流センサ 8 が検出する入力電流との積として入力電力値を算出するとともに、出力電圧センサ 9 が検出する出力電圧と出力電流センサ 10 が検出する出力電流とに基づいて、交流の出力電力の有効電力成分を出力電力値として算出するように構成できる。そして、算出された入力電力値に対する出力電力値の比率を電力変換効率としてリアルタイムで算出するように構成されている。

【0029】

上記コンバータ制御手段 19 及びインバータ制御手段 20 によるスイッチング制御の様子は従来公知のものとすることができ、特に本実施形態では、コンバータ制御手段 19 は、スイッチング周波数設定手段 18 の記憶手段に記憶されたスイッチング周波数を参照して、該周波数に基づく駆動パルスを各スイッチング素子 Q1 ~ Q4 に出力する。なお、設定されたスイッチング周波数に基づく制御が行われればよく、駆動パルスの周波数が設定されたスイッチング周波数に厳密に合致している必要はなく、従来周知のようにデッドタイム制御が行われていてもよく、また、位相シフト PWM 制御が行われるものであってもよい。さらに、PWM 制御によりコンバータ 4 において入出力電力抑制制御を行うものであってもよい。

30

【0030】

また、インバータ制御手段 20 も、従来周知のように上記入力電力検出手段が検出する入力電力や出力電力検出手段が検出する出力電力に基づき、有効電力制御や無効電力制御が行われるものであってもよく、特に本実施形態では、パワーコンディショナ 1 の入力電流値の上限が所定電流値となるように入出力電力抑制制御を行うように構成されている。すなわち、燃料電池モジュールとして SOFC セルスタックを採用する場合には、発電出力が定格出力付近で一定に保たれた状態で運転されるのが一般的であり、このような状態下においては SOFC 内部の熱的バランスが保たれ、SOFC の反応温度も一定温度に維持されるため発電効率が最適となる。したがって、燃料電池 2 の制御部は、燃料電池 2 の起動時には指令電流値として最小値（例えば 1 A）を設定するとともに、指令電流上限値として定格出力に対応する電流値（例えば 7 A）を設定した上で、定格出力が得られるまで、すなわち発電電力の電流が指令電流上限値となるまで徐々に指令電流値を増加させてい

40

50

き、その後は指令電流値を指令電流上限値付近で一定に保つよう構成されている。そして、パワーコンディショナ 1 が過度な電力要求をしないように燃料電池 2 の制御部からパワーコンディショナ 1 の制御部 6 に対して現在の指令電流値を常時出力させ、インバータ制御手段 20 が、当該指令電流値に基づき、該指令電流値に近づき且つ指令電流値を超えないようにパワーコンディショナ 1 の入力電流値の上限（例えば 6.9 A）を設定して、入力電流センサ 8 の検出値に基づくフィードバック制御によりインバータ制御手段 20 が低周波インバータ 5 を制御する。而して、本実施形態では、インバータ制御手段 20 によって入出力電力抑制制御手段が構成されており、このようにインバータ 5 によって出力制御を行うことにより、設定されたスイッチング周波数で電流共振フルブリッジコンバータ 4 をスイッチング動作させることができ、ゼロ電流スイッチングによるスイッチングロス及びノイズの低減が図られる。

10

【0031】

スイッチング周波数を設定するスイッチング周波数設定手段 18 は、スイッチング周波数を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶されるスイッチング周波数を書き換える更新プログラムとによって構成されている。この更新プログラムは、所定のスイッチング周波数再設定条件を満たしたときに実行され、設計時の電流共振ブリッジコンバータ 4 における電流共振周波数を含む所定の周波数範囲内でスイッチング周波数を徐々に変化させながら、複数の周波数ポイントにおいて効率算出手段により電力変換効率をそれぞれ測定し、全周波数範囲内を走査した後に電力変換効率が最大となる周波数をスイッチング周波数として記憶手段に再設定するように構成されている。

20

【0032】

かかるスイッチング周波数設定手段 18 によるスイッチング周波数の再設定の制御フローの一例を図 2 に示す。本実施例では、まず、ステップ S1 では、スイッチング周波数の再設定条件として、入力電力が 700 W 近傍である状態が 1 分間継続しているか否かを判定する。これは、燃料電池の出力電圧がほぼ 100 V であって、定格出力に対応する電流値が 7 A であることに対応して、燃料電池が定格出力状態であり且つインバータ制御手段 20 によって入力電流がそれ以上上昇しないように制限されている状態であることを間接的に判定するための条件である。なお、入力電力が 700 W 近傍であることを判定するのに代えて、スイッチング周波数設定手段 18 は、インバータ制御手段 20 が制御に用いている各種制御値を参照して、現在インバータ制御手段 20 が出力電力の制限を行っている状態であるか否かを直接判定することもできる。また、1 分間継続しているか否かの判定は、例えば 1 秒毎乃至数秒毎に瞬間入力電力を測定して、60 秒間間欠的に測定した瞬間入力電力がいずれも 700 W 近傍であれば条件成立とすることができる。また、700 W 近傍とは、10% 程度のマージンを包含する。

30

【0033】

次に、スイッチング周波数を、設計値としての 60 kHz を包含して ± 5 kHz の範囲で変更させるために、ステップ S2 においてまず最小値の 55 kHz に変更する。なお、この周波数の可変範囲はシステム毎に種々であって、各システム毎に可変範囲も設計することができる。スイッチング周波数の変更によってコンバータ制御手段 19 によるスイッチング素子 Q1 ~ Q4 の駆動パルスに即座に応答して、各スイッチング素子 Q1 ~ Q4 のスイッチング周波数が 55 kHz となる。かかるスイッチング周波数の変更によって一時的に入出力電力が不安定な状態となるため、ステップ S3 において所定のインターバルを設けており、例えば 1 秒間待機する。

40

【0034】

次に、ステップ S4 において、再度入力電力が 700 W 近傍のままであるかを判定する。これは、図 2 の制御フローの実行中に電力負荷の消費電力が大きく減少するなどにより入力電力が大きく減少して、入出力電力抑制制御が行われない状態となると、電力負荷の動作状態によって入出力電力が大きく変動して、最大変換効率となる周波数ポイントを正確に測定できなくなるためである。ここで入力電力が 700 W から大きく減少したことを検出すると、ここまでの再設定制御を一旦中断してステップ S1 に戻り、再度 700 W 近

50

傍で1分間継続している状態となることを待機する。

【0035】

次に、ステップS5において、現時点の周波数ポイントにおける電力変換効率を、効率算出手段17によって算出して、所定の記憶手段に記憶しておく。なお、電力変換効率は、所定時間（例えば10秒間）の平均値として算出することが好ましい。

【0036】

次にスイッチング周波数を1kHz増加させ（ステップS6）、以上のステップS3～ステップS6をスイッチング周波数が最大の65kHzとなるまで繰り返す。これにより、各周波数ポイント毎の電力変換効率が記憶手段に記憶された状態となるため、ステップS8において測定されたすべての電力変換効率を比較して、最大の電力変換効率に対応する周波数を中間最大効率周波数として設定する。

10

【0037】

次に、より高い精度で最適なスイッチング周波数を探索するために、ステップS9では、スイッチング周波数を中間最大効率周波数-0.5kHzに設定して、上記ステップS3～ステップS7と同様であるが周波数増分を0.1kHzとして中間最大効率周波数+0.5kHzまで繰り返す（ステップS10～ステップS14）。

【0038】

その後、測定した全ての電力変換効率を比較し（ステップS15）、最大の電力変換効率に対応する周波数をスイッチング周波数として再設定する（ステップS16）。

【0039】

この再設定が行われた後は、30日間を経過するまで待機し（ステップS17）、30日間を経過すればステップS1に戻る。

20

【0040】

以上説明した本実施形態に係るパワーコンディショナ1によれば、燃料電池2の定格出力電流を超えないようにインバータ5の入出力電力制御を行う構成において、燃料電池2が定格出力状態であるときにインバータ制御手段20によって入出力電力抑制制御を行わせることにより、コンバータ制御手段19による電流共振フルブリッジコンバータ4のスイッチング周波数を固定とすることができ、また、スイッチング周波数設定手段によって最適なスイッチング周波数に設定することによって、コンバータ4の高周波スイッチングにおけるスイッチングロス並びにノイズを低減できる。さらに、スイッチング周波数設定手段によるスイッチング周波数の再設定の実行タイミングを、燃料電池2が定格出力状態で安定している状態のときとすることで、周波数を変更しながら測定される電力変換効率の測定精度を担保することができ、より正確に最適なスイッチング周波数に設定できる。

30

【0041】

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、適宜設計変更できる。例えば、太陽電池用のパワーコンディショナに本願発明を適用することも可能である。また、本発明の電力変換装置は、低周波インバータを具備しないDC/DCコンバータとしても実現可能であり、この場合、入出力電力抑制制御手段は、電流共振ブリッジコンバータの出力側に設けた別の出力抑制回路によって構成することもできるし、電流共振ブリッジコンバータの制御手段において該コンバータの出力電力を抑制するようにスイッチング素子Q1～Q4の駆動パルス幅をPWM制御するものであってもよい。このような場合でも、駆動パルス周波数（スイッチング周波数）を最適値に設定しておくことで、比較的良好な効率を得られるとともにノイズの発生を可及的に抑えることが可能である。また、本発明の電流共振ブリッジコンバータは、上記実施形態の電流共振フルブリッジコンバータ4に代えて、電流共振ハーフブリッジコンバータにより構成することもできる。

40

【符号の説明】

【0042】

- 1 パワーコンディショナ（電力変換装置）
- 2 燃料電池（直流電源）
- 3 系統

50

フロントページの続き

(72)発明者 若山 義洋

兵庫県神戸市中央区江戸町 9 3 番地 株式会社ノーリツ内

F ターム(参考) 5H007 BB07 CB05 DA05 DB02 DB13 DC02

5H730 AA14 BB27 BB66 BB86 DD04 EE04 FD11 FF09 FG09 FG12