

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5837534号  
(P5837534)

(45) 発行日 平成27年12月24日 (2015. 12. 24)

(24) 登録日 平成27年11月13日 (2015. 11. 13)

(51) Int. Cl. F I  
**HO2M 7/48 (2007.01)** HO2M 7/48 M

請求項の数 10 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-117679 (P2013-117679)                  (22) 出願日 平成25年6月4日 (2013. 6. 4)                  (65) 公開番号 特開2014-11952 (P2014-11952A)                  (43) 公開日 平成26年1月20日 (2014. 1. 20)                  審査請求日 平成25年6月4日 (2013. 6. 4)                  (31) 優先権主張番号 10-2012-0071773                  (32) 優先日 平成24年7月2日 (2012. 7. 2)                  (33) 優先権主張国 韓国 (KR)</p>	<p>(73) 特許権者 593121379                  エルエス産電株式会社                  LSIS CO., LTD.                  大韓民国京畿道安養市東安区LS路LSタワー127                  127 LS Tower, LS-ro,                  Dongan-gu, Anyang-si                  , Gyeonggi-Do, 14119,                  Republic of Korea                  (74) 代理人 100099759                  弁理士 青木 篤                  (74) 代理人 100092624                  弁理士 鶴田 準一                  (74) 代理人 100114018                  弁理士 南山 知広</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インバータの直流リンクコンデンサ診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流リンクコンデンサ及びインバータ部を含むインバータにおける前記直流リンクコンデンサの劣化を診断する装置において、

前記インバータ部から電動機に供給される電流を検出する電流検出部と、

直流電源を供給するスイッチングモードパワーサプライと、

前記スイッチングモードパワーサプライから前記電動機に供給される直流電源を所定の大きさに制御し、前記電動機の抵抗が消費する電力である負荷の消費電力、前記スイッチングモードパワーサプライが消費する電力及び前記インバータ部のスイッチング損失電力を考慮して前記直流リンクコンデンサの初期キャパシタンスに対する劣化したキャパシタンスの変化率を推定する制御部とを含み、

10

前記制御部は、前記推定において、

前記直流リンクコンデンサの劣化したキャパシタンスを用いたときに発生する、前記負荷の消費電力に対する前記スイッチングモードパワーサプライが消費する電力及び前記インバータ部のスイッチング損失電力の比率に基づく第1のファクタ  $k_{oid}$  を決定すること

、  
 前記直流コンデンサの初期キャパシタンスを用いたときに発生する、前記負荷の消費電力に対する前記スイッチングモードパワーサプライが消費する電力及び前記インバータ部のスイッチング損失電力の比率に基づく第2のファクタ  $k_{ini}$  を決定すること、

前記直流リンクコンデンサの劣化したキャパシタンスを用いた前記負荷の消費電力に対

20

する比率に前記第 1 のファクタ  $k_{old}$  を掛け算することによって第 1 の積を決定すること

、  
前記直流リンクコンデンサの初期キャパシタンスを用いた前記負荷の消費電力に対する比率に前記第 2 のファクタ  $k_{ini}$  を掛け算することによって第 2 の積を決定すること、及び、

前記直流リンクコンデンサの電圧が所定の電圧に達した場合に、前記推定された変化率を用いて前記直流リンクコンデンサの劣化の程度を診断するために前記第 1 の積と前記第 2 の積との商を決定すること、  
を実行する診断装置。

【請求項 2】

前記インバータ部は、それぞれ並列に接続された複数のスイッチング素子と複数のダイオードを三相フルブリッジで結線して構成され、

前記制御部は、前記複数のスイッチング素子のオン/オフを制御して、前記スイッチングモードパワーサプライから供給される直流電源を所定の大きさに制御する、請求項 1 に記載の診断装置。

【請求項 3】

前記インバータ部は、それぞれ並列に接続された第 1 ~ 第 6 スwitching素子と第 1 ~ 第 6 ダイオードを三相フルブリッジで結線して構成され、

前記第 1 ~ 第 3 スwitching素子は前記電動機に供給される第 1 ~ 第 3 相電流の経路を形成し、前記第 1 スwitching素子は上部レグを形成し、前記第 2 及び第 3 スwitching素子は下部レグを形成する、請求項 2 に記載の診断装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記電動機に供給される電流がフリーホイーリングモードで流れる場合、前記電動機に供給される電流が指令電流より所定レベル以下に減少すると、所定の前記第 1 ~ 第 3 スwitching素子をオンに制御する、請求項 3 に記載の診断装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記直流リンクコンデンサからエネルギーを得て前記電動機に供給される電流が増加した場合、前記電動機に供給される電流が指令電流より所定レベル以上に増加すると、前記第 1 スwitching素子をオンに制御し、前記第 2 及び第 3 スwitching素子をオフに制御する、請求項 3 に記載の診断装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記直流リンクコンデンサからエネルギーを得て前記電動機に供給される電流が増加した場合、前記電動機に供給される電流が指令電流より所定レベル以上に増加すると、前記第 1 スwitching素子をオフに制御し、前記第 2 及び第 3 スwitching素子をオンに制御する、請求項 3 に記載の診断装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記第 4 ~ 第 6 スwitching素子をオフに制御する、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の診断装置。

【請求項 8】

前記制御部は、下記数式により前記直流リンクコンデンサのキャパシタンスを推定する、請求項 1 に記載の診断装置。

【数 1】

$$C = 2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2 - V_2^2)}$$

ここで、C は直流リンクコンデンサのキャパシタンスであり、k は負荷の消費電力に対する前記スイッチングモードパワーサプライが消費する電力及び前記スイッチング損失電

10

20

30

40

50

力の割合を示す定数であり、 $P_R$ は電動機の抵抗が消費する電力であり、 $V_1$ は測定開始電圧であり、 $V_2$ は測定終了電圧であり、 $t_1$ は直流リンクの電圧が $V_1$ のときの時間であり、 $t_2$ は直流リンクの電圧が $V_2$ のときの時間であり、 $P_R \cdot (t_2 - t_1)$ は負荷が消費するエネルギーである。

【請求項 9】

前記直流リンクコンデンサの初期キャパシタンスに対する劣化したキャパシタンスの比率が所定比率以下に減少した場合、前記直流リンクコンデンサの故障であると診断する、請求項 8 に記載の診断装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記スイッチングモードパワーサプライを制御することで、前記負荷の消費電力に対する前記スイッチングモードパワーサプライが消費する電力及び前記スイッチング損失電力の割合が低くなるように、前記スイッチングモードパワーサプライが提供する直流電源を許容範囲内で大きくする、請求項 8 に記載の診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電解コンデンサ診断技術に関し、特に、インバータの直流リンクコンデンサを診断する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、インバータは、商用三相交流電源に接続されて交流電源を直流電源に平滑し、それを PWM (Pulse Width Modulation: パルス幅変調) スwitchingして周波数と電圧を変化させることにより、所望の出力を生成して電動機に供給する。インバータは、エネルギー効率及び出力制御の容易性により、産業界で幅広く使用されている。

【0003】

インバータにおいては、直流電源を平滑する電解コンデンサ(以下、「直流リンクコンデンサ」という)を設置して直流電源を所定レベルに平滑し、電気的エネルギーを蓄積又は放出する。このような直流リンクコンデンサは、劣化による故障が最も頻繁に起こるため、直流リンクコンデンサの劣化の程度を判断して故障を診断することが非常に重要である。

【0004】

図 5 は従来の直流リンクコンデンサ診断装置の構成図である。

【0005】

従来のインバータ 110 の直流リンクコンデンサ 112 を診断する装置においては、直流リンクコンデンサ 112 と並列に抵抗 113 が接続される。また、抵抗 113 には接触器 114 が直列に接続され、当該接触器 114 は平常時に開放されている。

【0006】

また、直流リンクコンデンサ 112 と並列に電圧検出器 116 が接続され、電圧検出器 116 には放電時間測定回路 117、劣化判定回路 118 及びインタフェース 119 が接続される。

【0007】

インバータ 110 の通常運転時は、整流器 111 に接続されたブレーカ 100 を介して交流電源が入力され、インバータモジュール 115 から周波数が制御される交流電源が電動機 120 に出力される。

【0008】

この状態で、ブレーカ 100 が開放されて電源の供給が中断されると、インバータモジュール 115 の動作が停止し、従って、直流リンクコンデンサ 112 は電荷が貯蔵されている状態となる。このとき、接触器 114 を閉成すると、貯蔵されていた電荷が抵抗 113 を介して放電される。

【0009】

10

20

30

40

50

その放電により、両極間の電圧は、コンデンサ 112 のキャパシタンスを  $C$ 、抵抗 113 のレジスタンスを  $R$  とするとき、 $RC$  時定数に従って減少する。その電圧の変化は、電圧検出器 116 により検出され、放電時間測定回路 117 に伝達される。放電時間測定回路 117 は、電圧の変化から放電時間を測定し、劣化判定回路 118 に伝達する。

【0010】

劣化判定回路 118 は、放電時間と予め設定された基準時間とを比較し、放電時間が基準時間以下であると、劣化判定信号をインタフェース 119 を用いて外部に出力する。

【0011】

このように、従来の直流リンクコンデンサ診断装置は、直流端電圧を用いて放電時間を測定してキャパシタンスの変化を測定し、それに基づいてコンデンサの劣化を診断する。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかし、従来の直流リンクコンデンサ診断装置においては、インバータ 110 の通常運転には必要でない、抵抗 113 や接触器 114 などのコンデンサの劣化診断のみのための構成要素を必要とし、それにより追加費用がかかるという問題があった。

【0013】

本発明が解決しようとする技術的課題は、追加回路を必要とすることなく、取り付けられた電動機を用いてインバータの直流リンクコンデンサの劣化を診断する、インバータの直流リンクコンデンサ診断装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記技術的課題を解決するために、直流リンクコンデンサ及びインバータ部を含むインバータにおける前記直流リンクコンデンサの劣化を診断する、本発明によるインバータの直流リンクコンデンサ診断装置は、前記インバータ部から電動機に供給される電流を検出する電流検出部と、直流電源を供給する電源供給部と、前記電源供給部から前記電動機に供給される直流電源を所定の大きさに制御し、直流リンクの電圧が所定の電圧に達した場合、前記電動機の抵抗が消費する電力である負荷の消費電力、前記電源供給部が消費する電力、及び前記インバータ部のスイッチング損失電力を考慮して、前記直流リンクコンデンサのキャパシタンスの変化率を推定し、それを用いて前記直流リンクコンデンサの劣化

30

の程度を診断する制御部とを含む。

【0015】

本発明の一実施形態において、前記インバータ部は、それぞれ並列に接続された複数のスイッチング素子と複数のダイオードを三相フルブリッジ (full bridge) で結線して構成され、前記制御部は、前記複数のスイッチング素子のオン/オフを制御して、前記電源供給部から供給される直流電源を所定の大きさに制御するようにしてもよい。

【0016】

本発明の一実施形態において、前記インバータ部は、それぞれ並列に接続された第 1 ~ 第 6 スwitching 素子と第 1 ~ 第 6 ダイオードを三相フルブリッジで結線して構成され、前記第 1 ~ 第 3 スwitching 素子は前記電動機に供給される第 1 ~ 第 3 相電流の経路を形成し、前記第 1 スwitching 素子は上部レグを形成し、前記第 2 及び第 3 スwitching 素子は下部レグを形成するようにしてもよい。

40

【0017】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記電動機に供給される電流がフリーホイーリング (free wheeling) モードで流れる場合、前記電動機に供給される電流が指令電流より所定レベル以下に減少すると、所定の前記第 1 ~ 第 3 スwitching 素子をオンに制御するようにしてもよい。

【0018】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記直流リンクコンデンサからエネルギーを得て前記電動機に供給される電流が増加した場合、前記電動機に供給される電流が指

50

令電流より所定レベル以上に増加すると、前記第1スイッチング素子をオンに制御し、前記第2及び第3スイッチング素子をオフに制御するようにしてもよい。

【0019】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記直流リンクコンデンサからエネルギーを得て前記電動機に供給される電流が増加した場合、前記電動機に供給される電流が指令電流より所定レベル以上に増加すると、前記第1スイッチング素子をオフに制御し、前記第2及び第3スイッチング素子をオンに制御するようにしてもよい。

【0020】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記第4～第6スイッチング素子をオフに制御するようにしてもよい。

10

【0021】

【数1】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、

$$C = 2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2 - t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2 - V_2^2)}$$

により前記直流リンクコンデンサのキャパシ

タンスを推定するようにしてもよい。ここで、 $P_R \cdot (t_2 - t_1)$  は、負荷が消費するエネルギーであり、 $k$  は、負荷の消費電力に対する前記電源供給部が消費する電力及び前記スイッチング損失電力の割合を示す定数であってもよい。

20

【0022】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記直流リンクコンデンサの初期キャパシタンスに対する劣化したキャパシタンスの比率の変化に基づいて、前記直流リンクコンデンサのキャパシタンスの変化を推定するようにしてもよい。

【0023】

本発明の一実施形態において、前記比率が所定比率以下に減少した場合、前記直流リンクコンデンサの故障であると診断するようにしてもよい。

30

【0024】

本発明の一実施形態において、前記制御部は、前記負荷の消費電力に対する前記電源供給部が消費する電力及び前記スイッチング損失電力の割合が低くなるように、前記電源供給部が提供する直流電源を許容範囲内で大きくすることが好ましい。

【発明の効果】

【0025】

このような本発明においては、直流端電圧を放電させるために電動機を用いるため、放電回路などの追加回路を必要とせず、現在インバータで測定されている直流端電圧と負荷電流を用いてキャパシタンスの変化率を測定することができる。

【0026】

また、測定初期化状態から状態がある程度変化してもキャパシタンスの変化を推定することができるため、従来技術に比べて環境の影響をさほど受けずにコンデンサの故障の程度を把握することができる。

40

【0027】

従って、本発明の診断装置は、現在販売されている商用インバータに直ちに適用することができ、ハードウェアの変更を必要としないため、既に販売されたインバータにもソフトウェアのアップグレードなどにより適用することができる。

【0028】

また、従来の診断装置よりも頻繁にキャパシタンスの変化を測定することができるため、インバータの信頼性及び効率を向上させることができ、故障による部品の破損や火災の

50

発生などの事故を未然に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明が適用されるインバータシステムと本発明による直流リンクコンデンサ診断装置の一実施形態の構成図である。

【図2A】本発明の診断装置の制御部の制御によるインバータの状態の一例を説明するための図である。

【図2B】本発明の診断装置の制御部の制御によるインバータの状態の一例を説明するための図である。

【図2C】本発明の診断装置の制御部の制御によるインバータの状態の一例を説明するための図である。

【図2D】本発明の診断装置の制御部の制御によるインバータの状態の一例を説明するための図である。

【図3】本発明の診断装置の制御部のスイッチング波形及び電流状態の一例を説明するための図である。

【図4】正常状態の直流リンクコンデンサと劣化状態の直流リンクコンデンサにおける、電圧の減少による放電時間の変化の一例を示す図である。

【図5】従来の直流リンクコンデンサ診断装置の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明は、様々な変更が可能であり、様々な実施形態を有するが、特定の実施形態を図面に示して詳細に説明する。しかし、これは本発明を特定の実施形態に限定するものではなく、本発明の思想及び技術範囲に含まれる全ての変更、均等物乃至代替物を含むものと理解されるべきである。

【0031】

「第1」、「第2」などのように序数を含む用語は様々な構成要素を説明するために使用されるが、前記構成要素は前記用語により限定されるものではない。前記用語は1つの構成要素を他の構成要素と区別する目的でのみ使用される。

【0032】

ある構成要素が他の構成要素に「連結」又は「接続」されていると言及された場合は、前記他の構成要素に直接的に連結又は接続されていることもあり、中間にさらに他の構成要素が存在することもあると理解すべきである。それに対して、ある構成要素が他の構成要素に「直接連結」又は「直接接続」されていると言及された場合は、中間にさらに他の構成要素が存在しないと理解すべきである。

【0033】

本出願で使用された用語は、単に特定の実施形態を説明するために使用されたもので、本発明を限定するものではない。単数の表現は、文脈上明らかに他の意味を表すものでない限り、複数の表現を含む。本出願において、「含む」や「有する」などの用語は、明細書に記載された特徴、数字、段階、動作、構成要素、部品、又はこれらの組み合わせが存在することを指定しようとするもので、1つ又はそれ以上の他の特徴、数字、段階、動作、構成要素、部品、又はこれらの組み合わせの存在や付加の可能性を予め排除するものではないと理解すべきである。

【0034】

以下、添付図面を参照して本発明の好ましい実施形態を詳細に説明する。

【0035】

図1は本発明が適用されるインバータシステムと本発明による直流リンクコンデンサ診断装置の一実施形態の構成図である。

【0036】

同図に示すように、本発明が適用されるインバータシステムは、交流電源部1、インバータ2及び電動機3から構成され、インバータ2の直流リンクコンデンサ22を診断する

10

20

30

40

50

ための本発明の診断装置 4 が接続される。交流電源部 1 とインバータ 2 との間には電源接続部 1 1 が配置されており、インバータ 2 への電源をオン / オフする。

【 0 0 3 7 】

まず、インバータ 2 の構造を説明する。

【 0 0 3 8 】

インバータ 2 は、整流部 2 1、直流リンクコンデンサ 2 2 及びインバータ部 2 3 を含む。

【 0 0 3 9 】

整流部 2 1 は、交流電源部 1 から入力される三相交流電源を整流する。直流リンクコンデンサ 2 2 は、整流部 2 1 により整流された直流電圧を平滑し、電気的エネルギーを蓄積する。直流リンクコンデンサ 2 2 は、「平滑用電解コンデンサ」とも呼ばれるが、本発明の説明では「直流リンクコンデンサ」という用語を用いることにする。

10

【 0 0 4 0 】

インバータ部 2 3 は、直流リンクコンデンサ 2 2 に接続され、平滑された直流電圧をスイッチングにより電動機 3 に供給する。すなわち、インバータ部 2 3 は、6 つのスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 と 6 つのダイオード D 1 ~ D 6 を三相フルブリッジで結線したものであって、直流リンクコンデンサ 2 2 からの直流電圧を三相交流に変換し、その三相交流を電動機 3 に供給する。スイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 は、例えば絶縁ゲートバイポーラトランジスタ ( Insulated gate bipolar transistor : IGBT ) であるが、これに限定されるものではない。

20

【 0 0 4 1 】

以下、本発明の診断装置 4 の構造を説明する。

【 0 0 4 2 】

本発明の診断装置 4 は、スイッチングモードパワーサプライ ( Switching Mode Power Supply : SMPS ) 4 1、制御部 4 2、電流検出部 4 3 及び表示部 4 4 を含む。

【 0 0 4 3 】

S M P S 4 1 は、整流部 2 1 に接続されて制御のための直流電源を供給する。

【 0 0 4 4 】

電流検出部 4 3 は、電動機 3 に供給される負荷電流の大きさを検出し、制御部 4 2 に提供する。図示していないが、電流検出部 4 3 と制御部 4 2 との間には、電流検出部 4 3 が検出したアナログ信号である電流をデジタルデータに変換するためのアナログ / デジタルコンバータ ( Analog/Digital Converter : ADC ) をさらに備えてもよい。

30

【 0 0 4 5 】

制御部 4 2 は、インバータ部 2 3 のスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 のオン / オフを制御し、所定の電圧及び周波数の三相交流を生成させる。制御部 4 2 は、例えばマイクロプロセッサユニット ( Microprocessor Unit : MPU ) であるが、これに限定されるものではない。

【 0 0 4 6 】

制御部 4 2 がインバータ部 2 3 のスイッチングを P W M 制御して電動機 3 を駆動することは、本発明の属する技術の分野において周知であるので、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 4 7 】

以下、本発明の診断装置の動作を説明する。

40

【 0 0 4 8 】

図 2 A ~ 図 2 D は本発明の診断装置の制御部の制御によるインバータの状態の一例を説明するための図である。図 2 A ~ 図 2 D はインバータ 2 の状態を示すものであり、図 2 A ~ 図 2 D では本発明の診断装置 4 の図示を省略する。

【 0 0 4 9 】

図 2 A に示すように、交流電源部 1 から交流電源が投入され、制御部 4 2 の制御により電源接続部 1 1 が接触すると ( 図 2 A では電源接続部 1 1 が接触した状態を示す。 )、三相交流電源がインバータ 2 の整流部 2 1 に供給される。

【 0 0 5 0 】

50

交流電源は、整流部 2 1 により整流され、直流リンクコンデンサ 2 2 により平滑され、直流に変換されて出力される。

【 0 0 5 1 】

制御部 4 2 は、直流リンクコンデンサ 2 2 の診断のために、電源接続部 1 1 をオフにするように制御信号を送り、その後、S M P S 4 1 からの所定の大きさの直流電流を電動機 3 に供給するために、インバータ部 2 3 のスイッチング素子 Q 1 ~ Q 6 の一部であるスイッチング素子 Q 1、Q 2、Q 6 のオン/オフをスイッチングする。このとき、残りのスイッチング素子 Q 3、Q 4、Q 5 はオフにする。ここで、スイッチング素子 Q 1、Q 2、Q 6 は、電動機 3 に供給される三相電流の経路をそれぞれ担当し、スイッチング素子 Q 1 は上部レグの第 1 スwitching素子であり、スイッチング素子 Q 2、Q 6 は下部レグの第 2、第 3 スwitching素子である。

10

【 0 0 5 2 】

図 2 B に示すように、制御部 4 2 がスイッチング素子 Q 1 をオンにしてスイッチング素子 Q 2、Q 6 をオフにした場合、電流はスイッチング素子 Q 1、D 3、D 5 を介してフリーホイーリングモードとなる（電源接続部 1 1 をオフにしたので、図 2 B ~ 図 2 D では交流電源部 1 の図示を省略する。）。この場合、電動機 3 の抵抗及び S M P S 4 1 の消費電力により、電動機 3 に供給される電流は徐々に減少する。

【 0 0 5 3 】

図 3 は本発明の診断装置の制御部のスイッチング波形及び電流状態の一例を説明するための図である。

20

【 0 0 5 4 】

制御部 4 2 がスイッチング素子 Q 1 をオンにしてスイッチング素子 Q 2、Q 6 をオフにした場合、電動機 3 に供給される電流  $I_{as}$  は徐々に減少する。電流  $I_{as}$  が減少して指令電流  $I_{dc}$  より所定レベル以下に減少すると、制御部 4 2 はスイッチング素子 Q 2、Q 6 をオンに切り替え、図 2 C の状態となる。

【 0 0 5 5 】

つまり、図 2 C に示すように、端子 P からスイッチング素子 Q 1 を介して電動機 3 に供給された電流は、スイッチング素子 Q 2、Q 6 を介してそれぞれ端子 N に流れる。このとき、電流は直流リンクコンデンサ 2 2 からエネルギーを得て増加するが、電流が指令電流より所定レベル以上に増加すると、制御部 4 2 はスイッチング素子 Q 1 をオフにし、図 2 D の状態となる。

30

【 0 0 5 6 】

つまり、図 2 D に示すように、スイッチング素子 Q 1 がオフになると、スイッチング素子 Q 2、Q 6 及びダイオード D 4 を経由する電流経路が形成され、フリーホイーリングモードとなる。この場合も、電動機 3 の抵抗及び S M P S 4 1 の消費電力により、電流が減少する。電流が減少して指令電流より所定レベル以下に減少すると、制御部 4 2 はスイッチング素子 Q 1 をオンに切り替え、図 2 C のような電流経路が形成される。

【 0 0 5 7 】

このようなスイッチングパターンの繰り返しにより、電動機 3 に所定の大きさの直流電流を流し、所定の電力消費をもたらすことができる。ただし、制御部 4 2 による所定の大きさの直流電流の供給についての上記説明は例示的なものであり、上記説明に限定されるものではない。

40

【 0 0 5 8 】

図 1 の電源接続部 1 1 が分離された後、電動機 3 に所定の大きさの直流電流が流れると、電動機 3 の抵抗（図示せず）が消費する電力、S M P S 4 1 が消費する電力、及びスイッチング損失により、図 3 に示すように、直流リンクコンデンサ端の電圧が減少する。これをエネルギーに関する数式で表すことができ、これについて説明すると次の通りである。

【 0 0 5 9 】

直流リンクコンデンサ 2 2 に充電されたエネルギーは、下記数式 1 のように表される。

50



【 0 0 6 0 】

【数 2】

$$E_{CAPACITOR} = \frac{1}{2} CV^2 \quad \dots (1)$$

【 0 0 6 1 】

また、電動機 3 の抵抗、S M P S 4 1 が消費する電力、及びスイッチング損失エネルギーは、下記数式 2 のように表される。 10

【 0 0 6 2 】

【数 3】

$$E_{LOSS} = (P_R + P_{SMPS} + P_{switching}) \cdot t \quad \dots (2)$$

【 0 0 6 3 】

直流リンクコンデンサ 2 2 に充電されたエネルギーの変化量は、所定時間消費されたエネルギーと同じであるので、上記数式 1 及び数式 2 から下記数式 3 を導くことができる。 20

【 0 0 6 4 】

【数 4】

$$\frac{1}{2} \cdot C_{ini} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = (P_R + P_{SMPS} + P_{switching}) \cdot (t_{2\_ini} - t_1) \quad \dots (3)$$

【 0 0 6 5 】

ここで、 $C_{ini}$  は直流リンクコンデンサ 2 2 の初期キャパシタンス、 $V_1$  は測定開始電圧、 $t_1$  は直流リンクの電圧が  $V_1$  のときの時間、 $V_2$  は測定終了電圧、 $t_{2\_ini}$  は初期キャパシタンスで直流リンクの電圧が  $V_2$  のときの時間、 $P_{SMPS}$  は S M P S 4 1 が消費する電力、 $P_R$  は電動機 3 の抵抗が消費する電力、 $P_{switching}$  はスイッチング損失電力である。 30

【 0 0 6 6 】

$V_1$  及び  $V_2$  は、インバータ 2 の直流リンクの電圧から低電圧トリップ (low voltage trip) が発生する電圧の間で決定される。

【 0 0 6 7 】

スイッチング損失電力と S M P S 4 1 が消費する電力は、負荷の消費電力ではないため、直流リンクコンデンサ 2 2 の推定において考慮されない。すなわち、2 つの成分のどちらも損失成分と仮定できるので、これを合わせて  $P_{LOSS}$  とし、上記数式 3 を下記数式 4 のように表すことができる。 40

【 0 0 6 8 】

【数 5】

$$\frac{1}{2} \cdot C_{ini} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = (P_R + P_{LOSS}) \cdot (t_{2\_ini} - t_1) \quad \dots (4)$$

【 0 0 6 9 】

50

$P_R$ は測定できる負荷の消費電力であり、 $P_{LOSS}$ は測定できない電力であるので、これによる影響を低減するためには、 $P_R$ を $P_{LOSS}$ より大きくしなければならない。一方、 $P_{LOSS}$ は電流に比例するのに対して、 $P_R$ は電流の自乗に反比例する。従って、インバータ2又は電動機3に電流を最大に供給した場合に( $P_R$ が $P_{LOSS}$ より大きくなるため)正確な測定が可能である。 $P_R$ と $P_{LOSS}$ の関係を考慮して、上記数式4を下記数式5のように表すことができる。

【0070】

【数6】

$$\frac{1}{2} \cdot C_{ini} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = P_{R\_ini} \times \left(1 + \frac{P_{LOSS\_ini}}{P_{R\_ini}}\right) \cdot (t_{2\_ini} - t_1) = k_{ini} \cdot P_{R\_ini} \cdot (t_{2\_ini} - t_1) \dots (5)$$

10

【0071】

上記数式5から分かるように、 $k$ によって測定精度が左右される。理想的な場合は $P_{LOSS}$ が0であるため $k$ は1となるが、 $P_{LOSS}$ が無視できない程度に増加すると $k$ は1より大きくなる。

【0072】

電動機3に供給される電流を増加させると $k$ が1に収束するため、本発明においては、電流を最大に供給する方法を提案する。これに基づいて、インバータ2が消費する電力の変化に応じて測定精度を予測することができる。

20

【0073】

直流リンクコンデンサ22が劣化すると、キャパシタンスが減少して上記数式5の $C_{ini}$ は $C_{old}$ に変化し、この場合、上記数式5を下記数式6のように表すことができる。

【0074】

【数7】

$$\frac{1}{2} \cdot C_{old} \cdot (V_1^2 - V_2^2) = P_{R\_old} \times \left(1 + \frac{P_{LOSS\_old}}{P_{R\_old}}\right) \cdot (t_{2\_old} - t_1) = k_{old} \cdot P_{R\_old} \cdot (t_{2\_old} - t_1) \dots (6)$$

30

【0075】

よって、上記数式6を上記数式5で除算すると、初期キャパシタンスに対する劣化したキャパシタンスの比率を求めることができ、これは下記数式7のように表される。

【0076】

【数8】

$$\frac{C_{old}}{C_{ini}} = \frac{k_{old} \cdot P_{R\_old} \cdot (t_{2\_old} - t_1)}{k_{ini} \cdot P_{R\_ini} \cdot (t_{2\_ini} - t_1)} \dots (7)$$

40

【0077】

上記数式7において、直流リンクコンデンサ22が劣化した後に測定した電動機3及びインバータ2内部の負荷の状態と、直流リンクコンデンサ22が正常状態のときに測定した電動機3及びインバータ2内部の負荷の状態が同じ場合、 $k_{old} = k_{ini}$ 、 $P_{R\_old} = P_{R\_ini}$ であるため、放電時間に関する項のみ残る。

【0078】

50

このときの電圧と直流リンクコンデンサ 22 の関係を図 4 に示す。図 4 は正常状態の直流リンクコンデンサと劣化状態の直流リンクコンデンサにおける、電圧の減少による放電時間の変化の一例を示す図である。

【 0 0 7 9 】

一方、電動機 3 及びインバータ 2 内部の負荷の状態が変化すると、 $k_{oid}$  及び  $P_{R_{oid}}$  は、正常状態の直流リンクコンデンサ 22 の測定環境での値とは異なる値となる。もし、インバータ 2 内部の負荷が変化すると、 $P_{LOSS}$  と  $P_R$  の割合が変化するため、 $k$  が変化する。また、電動機 3 が変わると、SMP541 から供給される電流は一定であるが、固定子の抵抗が変化するため、 $P_R$  が変化する。この場合、前述した放電時間測定法で測定すると、前提とした所定の消費電力の条件に反するため、誤差が大きく発生する。そこで、本発明においては、測定初期及び劣化後の測定状態が同じでない場合は、次のようにキャパシタンスを直接推定する方法を提案する。

10

【 0 0 8 0 】

直流リンクコンデンサ 22 のキャパシタンスを直接推定するために、上記数式 5 を変形し、下記数式 8 を得ることができる。

【 0 0 8 1 】

【数 9】

$$C=2 \cdot k \cdot P_R \cdot (t_2-t_1) \cdot \frac{1}{(V_1^2-V_2^2)} \dots (8)$$

20

【 0 0 8 2 】

負荷が消費するエネルギーである  $P_R \cdot (t_2 - t_1)$  は、電動機 3 が消費する電力であって、これを求める方法は様々であるが、例えば次の通りである。

【 0 0 8 3 】

- 1) 電動機の固定子の抵抗、電流及び放電時間を用いる方式
- 2) 指令電圧、電流及び放電時間を用いる方式
- 3) 直流リンクコンデンサの電圧、電流及び有効放電時間を用いる方式

30

【 0 0 8 4 】

上記 3) において、有効放電時間とは、図 2 A ~ 図 2 D で説明したように、フリーホイーリング時間を除く、実際に電流が流れる時間を意味する。

【 0 0 8 5 】

下記表 1 ~ 3 は、所定のインバータと所定の電動機において、上記数式 8 により、正常状態の直流リンクコンデンサと劣化状態の直流リンクコンデンサのキャパシタンスを推定し、キャパシタンスの変化による推定値を比較した結果を示す表であり、それぞれ 3.7 kW、7.5 kW 及び 15 kW の電動機を用いてキャパシタンスを測定し、その変化を示したものである。

【 0 0 8 6 】

40

【表 1】

	3.7kW-380V		
$C_{ini\_ref} (\mu F)$	2000	1500	2000
$C_{ini\_estimation} (\mu F)$	1809	1336	1809
$C_{old\_ref} (\mu F)$	1500	1000	1000
$C_{old\_estimation} (\mu F)$	1336	892	892
$C_{old\_ref}/C_{ini\_ref} (\%)$	75.0	66.7	50.0
$C_{old\_estimation}/C_{ini\_estimation} (\%)$	73.8	66.7	49.3

10

【 0 0 8 7 】

【表 2】

	7.5kW-380V		
$C_{ini\_ref} (\mu F)$	2000	1500	2000
$C_{ini\_estimation} (\mu F)$	1821	1356	1821
$C_{old\_ref} (\mu F)$	1500	1000	1000
$C_{old\_estimation} (\mu F)$	1356	898	898
$C_{old\_ref}/C_{ini\_ref} (\%)$	75.0	66.7	50.0
$C_{old\_estimation}/C_{ini\_estimation} (\%)$	74.4	66.2	49.3

20

【 0 0 8 8 】

【表 3】

	15kW-380V		
$C_{ini\_ref} (\mu F)$	2000	1500	2000
$C_{ini\_estimation} (\mu F)$	1634	1213	1634
$C_{old\_ref} (\mu F)$	1500	1000	1000
$C_{old\_estimation} (\mu F)$	1213	812	812
$C_{old\_ref}/C_{ini\_ref} (\%)$	75.0	66.7	50.0
$C_{old\_estimation}/C_{ini\_estimation} (\%)$	74.2	66.9	49.7

30

【 0 0 8 9 】

このように、推定キャパシタンスは基準キャパシタンスとは多少差があるが、その比率 ( $C_{old\_estimation} / C_{ini\_estimation}$ ) は基準キャパシタンスの比率と大差はないことが分かる。

40

【 0 0 9 0 】

下記表 4 は、初期には 7.5 kW の電動機を用いて初期キャパシタンスを測定し、劣化した後には 3.7 kW の電動機を用いてキャパシタンスを測定し、その変化を示したものである。

【 0 0 9 1 】

【表 4】

$C_{ini\_ref} (\mu F)$	2000→1500	1500→1000	2000→1000
$C_{old\_ref} / C_{ini\_ref} (%)$	75	66.7	50
$C_{old\_estimation} / C_{ini\_estimation} (%)$	73.5	65.6	49.1

## 【0092】

このような結果から分かるように、本発明の推定によれば、個別のキャパシタンスの推定には差が生じるが、キャパシタンスの変化率の推定においては誤差が小さく、従って、キャパシタンスの変化率から直流リンクコンデンサ22の劣化の程度を判断することができる。

10

## 【0093】

つまり、本発明の制御部42は、現在インバータ2で測定されている直流端電圧と負荷電流を用いてキャパシタンスの変化率を測定することができ、測定初期化状態から状態がある程度変化しても、上記数式3によりキャパシタンスの変化を推定することができる。

## 【0094】

制御部42は、推定された直流リンクコンデンサ22のキャパシタンスの初期値に対する比率を推定し、推定された劣化の程度が所定の比率（例えば、85%）以下の場合、直流リンクコンデンサ22の故障であると診断する。

20

## 【0095】

直流リンクコンデンサ22の故障が診断されると、制御部42は、故障が診断されたことを表示するように表示部44を制御して使用者に警告することにより、直流リンクコンデンサ22の故障による部品の破損や火災の発生などの事故を未然に防止することができる。

## 【0096】

このような本発明の直流リンクコンデンサの故障診断は、直流リンク電圧の放電のために既に接続されている電動機を用いるため、放電回路などの追加回路を必要とせず、キャパシタンスの変化率を推定することができる。

## 【0097】

また、インバータに接続される電動機が変わった場合も適用することができるため、電動機の交換に関係なく直流リンクコンデンサの劣化の程度を把握することができる。

30

## 【0098】

従って、現在販売されている商用インバータに直ちに適用することができ、ハードウェアの変更を必要としないため、既に販売されたインバータにもソフトウェアのアップグレードなどにより適用することができるという利点がある。

## 【0099】

また、従来の故障診断よりも頻繁にキャパシタンスの変化を測定することができるため、インバータの信頼性及び効率を向上させることができ、故障による部品の破損や火災の発生などの事故を未然に防止することができる。

40

## 【0100】

以上、本発明の実施形態を説明したが、これは例示的なものにすぎず、当該技術分野における通常の知識を有する者であればこれから様々な変形及び均等な実施形態が可能であることを理解するであろう。よって、本発明の権利範囲は、添付の特許請求の範囲により定められるべきである。

## 【0101】

このような本発明においては、直流端電圧を放電させるために電動機を用いるため、放電回路などの追加回路を必要とせず、現在インバータで測定されている直流端電圧と負荷電流を用いてキャパシタンスの変化率を測定することができる。

## 【0102】

50

また、測定初期化状態から状態がある程度変化してもキャパシタンスの変化を推定することができるため、従来技術に比べて環境の影響をさほど受けずにコンデンサの故障の程度を把握することができる。

【0103】

従って、本発明の診断装置は、現在販売されている商用インバータに直ちに適用することができ、ハードウェアの変更を必要としないため、既に販売されたインバータにもソフトウェアのアップグレードなどにより適用することができる。

【0104】

また、従来の診断装置よりも頻繁にキャパシタンスの変化を測定することができるため、インバータの信頼性及び効率を向上させることができ、故障による部品の破損や火災の発生などの事故を未然に防止することができる。

10

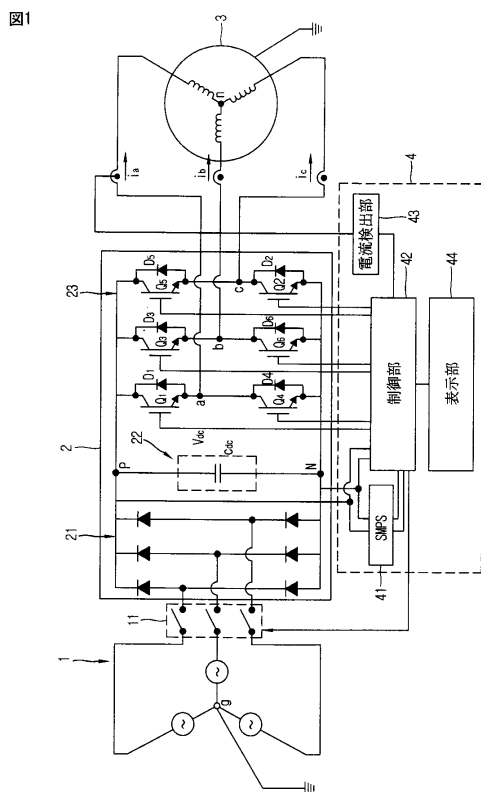
【符号の説明】

【0105】

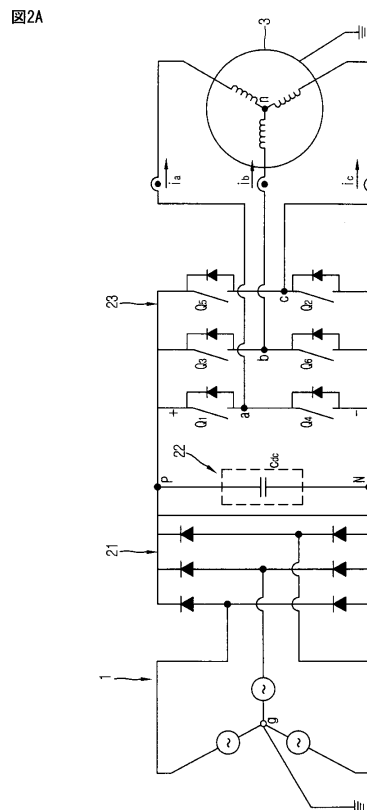
- 1 交流電源部
- 2 インバータ
- 3 電動機
- 21 整流部
- 22 直流リンクコンデンサ
- 23 インバータ部
- 41 スイッチングモードパワーサプライ(SMPS)
- 42 制御部
- 43 電流検出部
- 44 表示部
- Q1 ~ Q6 スイッチング素子
- D1 ~ D6 ダイオード

20

【図1】

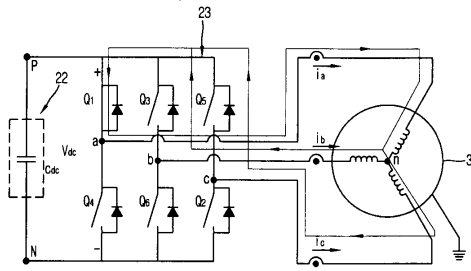


【図2A】



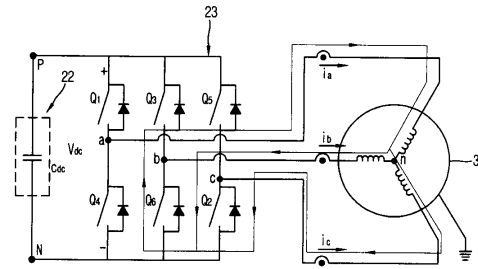
【 図 2 B 】

図2B



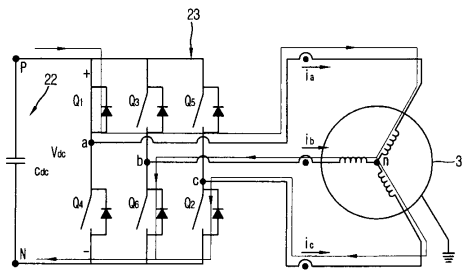
【 図 2 D 】

図2D



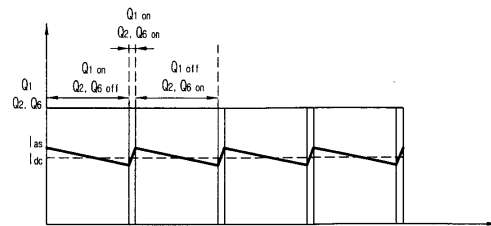
【 図 2 C 】

図2C



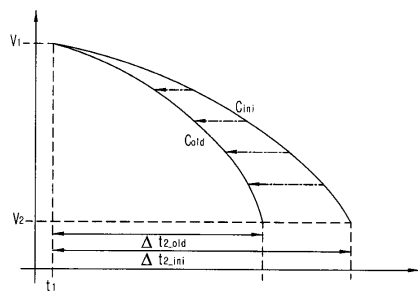
【 図 3 】

図3



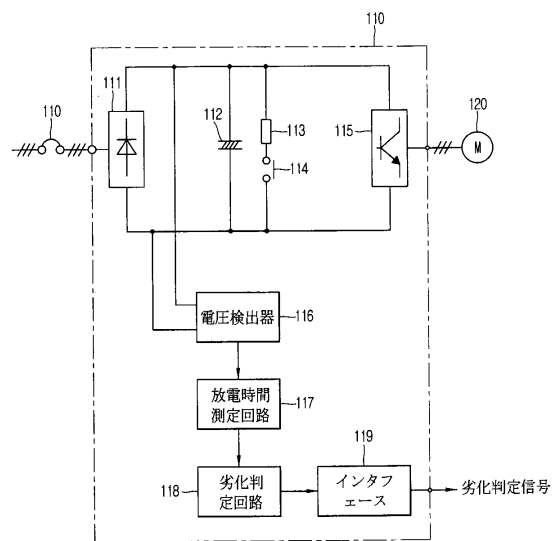
【 図 4 】

図4



【 図 5 】

図5



---

フロントページの続き

(74)代理人 100165191

弁理士 河合 章

(74)代理人 100151459

弁理士 中村 健一

(72)発明者 ヤン ジン キュ

大韓民国, キョンギ - ド, クンポ - シ, クンポ - ロ 775 ボン - ギル, 50, ナンバー 101

審査官 下原 浩嗣

(56)参考文献 特開2007 - 295655 (JP, A)

特開2008 - 011670 (JP, A)

特開昭63 - 048162 (JP, A)

特開2009 - 168587 (JP, A)

国際公開第2004 / 084395 (WO, A1)

特開2008 - 094342 (JP, A)

米国特許出願公開第2002 / 0085397 (US, A1)

米国特許出願公開第2011 / 0199030 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7 / 48