

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4069328号  
(P4069328)

(45) 発行日 平成20年4月2日(2008.4.2)

(24) 登録日 平成20年1月25日(2008.1.25)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>H02P 27/06</b>	<b>(2006.01)</b>	H02P	7/63	303V	
<b>F25B 1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F25B	1/00	304E	
		F25B	1/00	341J	
		F25B	1/00	341K	
		F25B	1/00	381D	

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-174478 (P2005-174478)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成17年6月15日(2005.6.15)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(65) 公開番号	特開2006-352982 (P2006-352982A)	(72) 発明者	伊藤 誠 静岡県静岡市清水区村松390番地 株式会社 日立空調システム 清水生産本部内
(43) 公開日	平成18年12月28日(2006.12.28)	(72) 発明者	吉川 富夫 静岡県静岡市清水区村松390番地 株式会社 日立空調システム 清水生産本部内
審査請求日	平成17年6月15日(2005.6.15)	(72) 発明者	小原木 春雄 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷凍サイクル装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機、蒸発器、膨張弁を順次連結した冷凍サイクルを備えた冷凍サイクル装置において、

前記圧縮機を駆動し、回転子の外周にかご型巻線が形成され、その内側に複数極に着磁された永久磁石が埋設された電動機と、

前記電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段とを備え、

前記運転電流の歪を求め、前記電動機が同期電動機として作動中に前記歪の値が設定値以下になった場合、前記電動機への通電を遮断することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項2】

請求項1に記載のものにおいて、前記運転電流の歪の値は、該運転電流に含まれる高調波電流成分に基づく値であることを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項3】

請求項1に記載のものにおいて、前記運転電流の歪の値に応じて前記凝縮器用送風機の風量を制御することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項4】

請求項1に記載のものにおいて、前記運転電流の歪の値に応じて前記膨張弁の開度を制御することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項5】

請求項1に記載のものにおいて、前記圧縮機の表面温度を検出する温度センサを設け、

10

20

前記表面温度が高くなった場合、前記設定値を小さくすることを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のものにおいて、前記永久磁石は 2 極に着磁され、前記圧縮機はスクロール圧縮機であることを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のものにおいて、前記運転電流の歪の値と前記圧縮機の温度とに関連して、前記凝縮器用送風機の風量または前記膨張弁の開度を制御することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のものにおいて、前記永久磁石は 2 極に着磁され、前記圧縮機はスクロール圧縮機であり、前記電動機はパワートランジスタで構成されるインバータ装置で駆動され、前記電動機への通電は前記パワートランジスタで行なわれ、前記電流の歪の値が設定値以下になった場合、前記インバータ装置のパワートランジスタを遮断することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項 9】

圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機、蒸発器、膨張弁を順次連結した冷凍サイクルを備えた冷凍サイクル装置において、

前記圧縮機を駆動し、回転子の外周にかご型巻線が形成され、その内側に複数極に着磁された永久磁石が埋設された電動機と、

前記電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段とを備え、

前記運転電流の変化の有無に応じたパルス信号を生成し、このパルス信号に基づいて前記運転電流の歪に関連した値を求め、前記電動機が同期電動機として作動中に前記歪に関連した値が設定値以下になった場合、前記電動機への通電を遮断することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【請求項 10】

圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機、蒸発器、膨張弁を順次連結した冷凍サイクルを備えた冷凍サイクル装置において、

前記圧縮機を駆動し、回転子の外周にかご型巻線が形成され、その内側に複数極に着磁された永久磁石が埋設された電動機と、

前記電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段とを備え、

前記運転電流の歪率と、少なくとも前記凝縮器用送風機の風量及び前記膨張弁の開度のいずれかとを関連させて制御することを特徴とする冷凍サイクル装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転子に永久磁石を設けた電動機によって駆動される圧縮機を備えた冷凍サイクル装置（空気調和機、冷凍装置など）に関し、特に、回転子の鉄心に誘導電動機として機能するかご形導体と、同期電動機として機能するように着磁された永久磁石を設けたものに好適である。

【背景技術】

【0002】

蒸気圧縮冷凍サイクルを使用した冷凍サイクル装置に用いる冷媒圧縮機としては、回転数がほぼ一定として駆動される一定速形圧縮機、回転速度が制御されるインバータ形圧縮機があり、商用周波数の交流電圧で容易に駆動できること等よりかご型導体（巻線）を設けた誘導電動機が採用されることが多い。しかし、最近、高効率化の観点より高効率で商用電源駆動が可能なものとして埋込磁石同期電動機が提案されている。

【0003】

そして、冷凍サイクルを始動する場合、圧縮機の吐出側と吸入側の差圧が大きいと始動が不可能となったり、定常運転時、つまり同期状態の運転時に過負荷が生じると埋込磁石

10

20

30

40

50

同期電動機の回転子が大きく失速したりして、装置の信頼性が著しく損なわれる恐れがあるので、冷凍サイクルの運転中に圧縮機の吐出圧力が設定圧力値以上になった場合、圧縮機の吐出側と吸入側をバイパスすることが知られ、例えば特許文献 1 に記載されている。

【 0 0 0 4 】

また、圧縮機の負荷は一様でないため、過大な負荷を生じた場合、電動機の巻線に過大電流が流れ、それによって発生する磁界によって回転子に用いられる磁石が減磁するので、それを防ぐために圧縮機の電流値を検出し、設定電流が生じた場合、電源を遮断することとし、さらには温度が低いときの方が、高いときよりも遮断する電流値を小さくすることが知られ、例えば特許文献 2 に記載されている。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 2 2 7 7 7 8 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 6 7 3 9 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記従来技術において、特許文献 1 に記載のものでは、圧縮機の吐出側と吸入側の差で始動を確実にしたり、定常運転中の失速を防止したりする点では良いが、電動機の同期、非同期（脱調）を直接的に検出するものでないので、信頼性が低下したり、脱調による減磁を引き起こす恐れがある。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 2 に記載のものでは、単に、電流の大きさによって過大となった場合、電流を遮断するだけなので、電流遮断に要する時間によっては減磁現象を避けられず、より信頼性を向上する必要があった。また、電流値だけでは、電動機の失速、コッキングによる振動、等による冷凍サイクルへの影響を防ぐことができず、冷凍サイクルの定常運転時、つまり同期状態の運転時に過負荷が生じ、埋込磁石同期電動機の回転子が大きく失速したり、電動機の巻線温度が上昇して最悪の場合、巻線の絶縁材料が劣化したり、巻線の絶縁破壊を生じたりして、装置の信頼性が著しく損なわれることがあった。

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決し、よりの確に負荷の大きさを判断し、脱調、減磁による冷凍サイクルへの不安定さを無くし、信頼性の高い埋込磁石同期電動機を用いた冷凍サイクル装置を提供することにある。

【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、本発明は、圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機、蒸発器、膨張弁を順次連結した冷凍サイクルを備えた冷凍サイクル装置において、前記圧縮機を駆動し、回転子の外周にかご型巻線が形成され、その内側に複数極に着磁された永久磁石が埋設された電動機と、前記電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段とを備え、前記運転電流の歪を求め、前記電動機が同期電動機として作動中に前記歪の値が設定値以下になった場合、前記電動機への通電を遮断することを特徴とする。

ここで、前記運転電流の歪の値は、該運転電流に含まれる高調波電流成分に基づいて求めることもできる。

【 0 0 1 0 】

また、上記のものにおいて、前記永久磁石は 2 極に着磁されていることが望ましい。

さらに、上記のものにおいて、前記運転電流の歪の値に応じて前記凝縮器用送風機の風量を制御することが望ましい。

【 0 0 1 1 】

さらに、上記のものにおいて、前記運転電流の歪の値に応じて前記膨張弁の開度を制御することが望ましい。

さらに、上記のものにおいて、前記圧縮機の表面温度を検出する温度センサを設け、前記表面温度が高くなった場合、前記設定値を小さくすることが望ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 2 】

さらに、上記のものにおいて、前記永久磁石は2極に着磁され、前記圧縮機はスクロール圧縮機であることが望ましい。

さらに、上記のものにおいて、前記運転電流の歪の値と前記圧縮機の温度とに関連して前記凝縮器用送風機の風量を制御することが望ましい。

## 【 0 0 1 3 】

さらに、上記のものにおいて、前記運転電流の歪の値と前記圧縮機の温度とに関連して前記膨張弁の開度を制御することが望ましい。

さらに、上記のものにおいて、前記永久磁石は2極に着磁され、前記圧縮機はスクロール圧縮機であり、前記電動機はパワートランジスタで構成されるインバータ装置で駆動され、前記電動機への通電は前記パワートランジスタで行なわれ、前記電流の歪の値が設定値以下になった場合、前記インバータ装置のパワートランジスタを遮断することで行われることが望ましい。

10

## 【 0 0 1 4 】

また、本発明は、圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機、蒸発器、膨張弁を順次連結した冷凍サイクルを備えた冷凍サイクル装置において、前記圧縮機を駆動し、回転子の外周にかご型巻線が形成され、その内側に複数極に着磁された永久磁石が埋設された電動機と、前記電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段と、を備え、前記運転電流の歪率と少なくとも前記凝縮器用送風機の風量及び前記膨張弁の開度のいずれかとを関連させて制御するものである。

20

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 5 】

本発明によれば、電動機の運転電流の歪成分で負荷を判断するので、埋込磁石同期電動機を用いた圧縮機に対して、よりの確に負荷の大きさを判断し、脱調、減磁による冷凍サイクルへの不安定さを無くし、信頼性の高いものとすることができる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 6 】

以下、図を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

図1は、冷凍サイクルを用いた装置、例えば空気調和機を示している。蒸気圧縮冷凍サイクルを用いる空気調和機の効率向上のためには、冷凍サイクルを構成する部品の中で最も消費電力が大きい冷媒圧縮機に用いる電動機の効率を向上することが効果的であり、効率の高い電動機としては、回転子鉄心内に永久磁石を埋設した同期電動機が知られている。同期電動機は、電動機の回転子に埋設された永久磁石と固定子より発生した回転磁場の引き合いを利用して回転することから、誘導電動機では発生する電動機の回転子に流れる2次電流が発生せず、これによるエネルギー損失がないことから効率が高くなる。しかし、冷媒圧縮機に用いる電動機として同期電動機を使用する場合、その回転子は、冷媒圧縮機の回転部品と一体化されているため慣性力が大きい。そのため、始動時において、回転子は固定子より発生する回転磁界の回転速度に追従できず、冷凍サイクルは始動できない。

30

## 【 0 0 1 7 】

そこで、埋込磁石同期電動機を用いた冷凍サイクルでは、その圧縮機に用いられる電動機の回転子鉄心が同期速度以下では、誘導電動機として作用するかご型巻線110を内蔵し、さらに回転子鉄心内に2極に着磁された永久磁石100を埋設している。

40

## 【 0 0 1 8 】

図1に示す空気調和機は、圧縮機130、凝縮器140、凝縮器用送風機145、蒸発器150、膨張弁160を順次連結した冷凍サイクルを構成している。圧縮機130に使用する電動機は、回転子の外周近傍に周方向に沿ってかご型巻線(導体)110を形成し、かつ回転子に永久磁石100が埋設されることで、回転子の回転速度が同期速度になるまでは誘導電動機として作用し、回転子の回転速度が同期速度となると同期電動機として働く。そのため、インバータを用いなくても始動が可能であると共に、同期速度での運転

50

時、つまり商用電源の電源周波数(50/60Hz)と極数で決まる回転数(3000r/min、3600r/min)での定常運転時において、電動機の回転子に2次電流が発生しないので効率を向上できる。

【0019】

つまり、同期電動機は誘導電動機にあった固定子と回転子間の滑り(スリップ)が発生しないため、誘導電動機に比べ、回転子の回転速度の負荷変動が小さく、同じ負荷ならば圧縮機130の回転数が速くなるので、圧縮機130の冷媒圧縮機構部により圧縮される冷媒量も増加し、圧縮機130の冷媒吐出量が増加し、冷凍サイクルの通常の負荷範囲ではその能力を向上することができる。

【0020】

特に、冷凍サイクルが過負荷となる運転時においても、同期状態で滑りが0となり、かご形巻線110に電流が流れないので、誘導電動機が過負荷では滑りが大きいことと比較して、能力が向上する効果は非常に大きくなる。さらに、圧縮機130をスクロール圧縮機とすれば圧縮トルクの変動が小さいことから、電動機に対する負荷変動が小さいのでより一層効率向上を図ることができる。

【0021】

また、圧縮機130の運転電流を検出する運転電流検出手段180、圧縮機130の表面温度を検出する温度センサ190、波形歪み判定手段200が空気調和機170の制御装置171に搭載され、電動機は抵抗等で構成される運転電流検出手段180、電源開閉器205を介して電源に接続されている。

【0022】

永久磁石100は圧縮機130のかご形巻線110に通常圧縮機が運転する際に流れる電流より大きな電流を流すことにより、磁界を生成することにより着磁される。また、一度着磁した後は、かご形巻線110に過大な電流が流れると、永久磁石100の磁力が喪失する減磁減少が発生する。このときの電流値は、着磁の電流も少ない値であり、また、永久磁石100の温度が高いと減磁にいたる電流値は小さくなる。つまり、永久磁石100とかご型巻線110からなる回転子120を内蔵した圧縮機130の電動機は、同期電動機として運転されるため、負荷が著しく大きくなった場合は、過大な電流が流れ、永久磁石100の減磁現象が発生する可能性があった。

【0023】

永久磁石100とかご型巻線110からなる回転子120を内蔵した圧縮機130は、起動時はかご型巻線の誘導電動機として起動し、同期速度付近では永久磁石の回転子による同期電動機として駆動し、かご型巻線110の運転電流波形は誘導電動機としては正弦波であり、同期電動機として動作する場合は永久磁石100による電機子反作用が発生し、界磁主磁束に影響をあたえるため、正弦波に対し、歪を生じた形となる。

【0024】

したがって、主巻線に流れる運転電流の大部分が誘導電動機の界磁電流として使用される場合は、運転電流波形の歪が少なく、同期電動機の界磁電流として使用される場合は、歪が大きくなる。さらに、圧縮機130は、定格負荷以下では運転電流に歪を生じていて、負荷が増加しトルクが不足するにつれて、かご型巻線励磁電流を供給するために電流が増え、歪が小さくなる。

【0025】

図3上図は、定格負荷での運転電流波形(横軸:時間、縦軸:電流)であり、下図は、その周波数分析図(横軸:次数、縦軸:1次を100としたときの比率)を示している。同様に、図4上図が過負荷での運転電流波形、下図はその周波数分析図である。図に示すように、圧縮機の運転電流は、定格出力以下では4次から10次の高調波電流成分が1次成分に比べ多く、歪率では10.7%であり、負荷を増大した場合は、10次の高調波電流成分が少なくなり、全体の歪率は7.7%となる。

【0026】

また、図5、6は、同一負荷条件で電圧を変えたもので、定格電圧200Vに対して図

10

20

30

40

50

5は180V、図6は220Vとしたときの運転電流波形(上図)、周波数分析図(下図)である。そして、定格電圧200Vでは歪率は6%であるが、220Vでは6.9%となり、180Vでは5%となる。これは、低電圧時は界磁電流の減少により永久磁石100による同期電動機では出力不足となり電流が増加し、かご型巻線110に励磁電流を流し誘導電動機として動作するためである。

#### 【0027】

そこで運転電流検出手段180で検出した電流をAD変換器でデジタルデータに変換し、演算を行う波形歪み判定手段200で歪率が設定値、例えば6~11%、望ましくは7%以下、となった場合、あるいは10次高調波の含有率が4~7%以下、望ましくは5%以下となった場合、圧縮機用電源開閉器205を遮断する。そして、トルク不足から脱調を生じ、過電流となり永久磁石100が減磁すること、非同期状態となり冷凍サイクルが不安定になること、を防止する。

10

#### 【0028】

波形歪み判定手段200で歪率を演算するとしたが、運転電流の歪に関連した値を求めれば良く、この値が設定値以下になった場合、電動機への通電を遮断すれば良い。さらに、歪率又は歪成分、歪に関連した値を検出する方法として、運転電流の変化の有無に応じたパルス信号を生成し、例えば電流をAD変換するときに、変換された値をAD変換する毎に比較して、変化が一定値以上あるときにはハイレベルの信号を出力し、そうでないときにはローレベルの信号を出力する。そして、このパルス信号のデューティ比の大きさを歪率又は歪成分、歪に関連した値とすれば良い。さらに、パルス信号を計数したり、積分して平均値を算出したり、出力されたパルス信号を抵抗とコンデンサから構成される積分回路を通して、その電圧レベルで運転電流の歪に関連した値とすれば演算がより簡単となる。

20

#### 【0029】

また、各高調波次数を算出するには、検出した電流波形のフーリエ解析を行い高調波次数に展開する方法が一般的であるが、これには高速の演算素子が必要であり冷凍サイクルを内蔵する機器の組込み素子としては不適である。

#### 【0030】

そこで、図3において、電流の歪を測定する方法としては、次の方法でも良い。つまり、電流波形の歪率あるいは構成する周波数成分を検出するのではなく、8~11次のように必要な周波数成分についてのみ着目する。8~11次の波形は全体の電流波形の歪として現れやすいため、波形の形状から推定をする。例えば、運転電流検出手段で検出した電動機の運転電流波形の周波数とピーク電流から、理想的な正弦波形を算出する。その理想的な波形と運転電流との差分を算出し、その差分が正と負の双方の値を1周期以内にとった場合は、歪が発生したと判定する。

30

#### 【0031】

また、電動機の運転電流を検出する運転電流検出手段の出力を、運転電流の基本周波数の11次以上を減衰させるローパスフィルタと、7次以下を減衰させるハイパスフィルタとを通過させ、通過したあとの運転電流に占める8~11次の電流の含有率が、全体の実効値電流に対して、10%以下となった場合に、歪が発生したと判定すれば良い。

40

#### 【0032】

また、圧縮機130負荷を決定するのは冷凍サイクル負荷であり、負荷が増大すると運転電流波形の歪が大きくなるので、波形歪み判定手段200で歪率を演算し、歪率に関連して、例えば歪率が所定値となった場合は、負荷軽減手段210により、凝縮器用送風機145の風量を増大したり、膨張弁160の開度を大きくしたりして圧縮機130の吐出圧力を下げて負荷を軽減する。これにより、圧縮機130の異常停止を防ぐと共に、減磁現象を防止することができる。

#### 【0033】

さらに、永久磁石を減磁する巻線電流の値は図2に示すように、永久磁石の温度が高い方が小さくなる。そこで、圧縮機130の表面温度を検出する温度センサ190を設け、

50

この信号を波形歪み判定手段 200 に伝達し、表面温度に関連して、例えば表面温度が所定値まで高くなった場合、圧縮機用電源開閉器 205 を遮断する運転電流の判定値を小さくする。これによって、温度に関する圧縮機 130 の信頼性をより向上することができる。

【0034】

さらに、圧縮機 130 の電動機をインバータ装置で駆動している場合、電流が過大となった場合の電流の遮断は、インバータ装置のパワートランジスタで行うため、電流が上昇を始めてから数  $\mu\text{s e c}$  で遮断することが可能であり、本来は電流が増加してからでも減磁に至る前に電流を遮断することができる。しかし、その場合であっても運転電流波形の歪を演算し、歪率に関連して、例えば歪率が所定値となった場合、インバータ装置のパワートランジスタで電流の遮断を行うことを併用すればより信頼性の高いものとする事ができる。また、歪率に関連して凝縮器用送風機 145 の風量を制御したり、膨張弁 160 の開度を制御すれば、より信頼性を向上できる。

10

【0035】

さらに、圧縮機用電源開閉器 200 を使用している場合は、開閉するのに数  $\text{m s e c}$  の時間がかかるので、このままでは減磁現象はさげられず、減磁現象に対して事前に負荷の大きさを運転電流波形の歪で判定することが有効である。

【0036】

さらに、圧縮機 130 をスクロール圧縮機とすれば圧縮トルクの変動が小さいことから、電動機に対する負荷変動が小さいので、歪率に関連して、例えば歪率が所定値となった場合、インバータ装置のパワートランジスタで電流の遮断を行ったり、凝縮器用送風機 145 の風量を制御したり、膨張弁 160 の開度を制御すれば、より信頼性の高いものとする事ができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】本発明の一実施の形態を示すブロック図。

【図 2】温度と減磁電流の関係を説明するグラフ。

【図 3】一実施の形態による定格負荷での運転電流波形とその周波数分析結果を示すグラフ。

【図 4】一実施の形態による過負荷での運転電流波形とその周波数分析結果を示すグラフ

30

【図 5】定格電圧 (200V) に対して低電圧 (180V) 時の運転電流波形と周波数分析図を示すグラフ。

【図 6】定格電圧に対して高電圧 (220V) 時の運転電流波形と周波数分析図を示すグラフ。

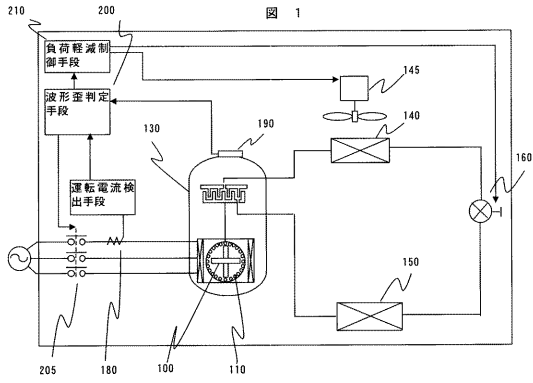
【符号の説明】

【0038】

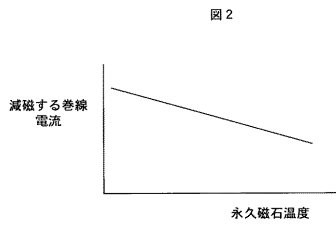
100...永久磁石、110...かご型巻線、120...回転子、130...圧縮機、140...凝縮器、145...凝縮器用送風機、150...蒸発器、160...膨張弁、170...空気調和機、180...運転電流検出手段、190...温度センサ、200...波形歪み判定手段、210...圧縮機用電源開閉器。

40

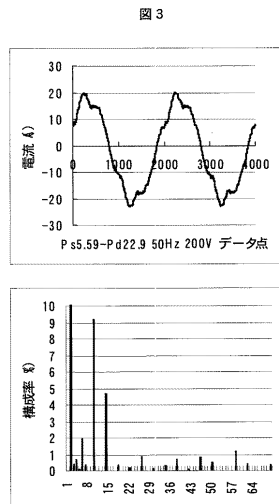
【 図 1 】



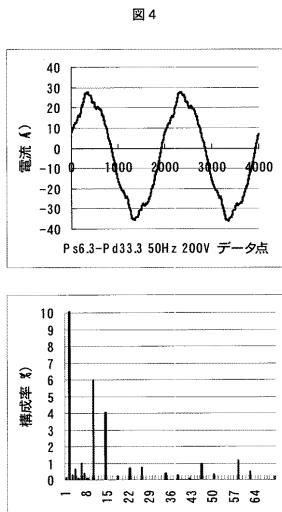
【 図 2 】



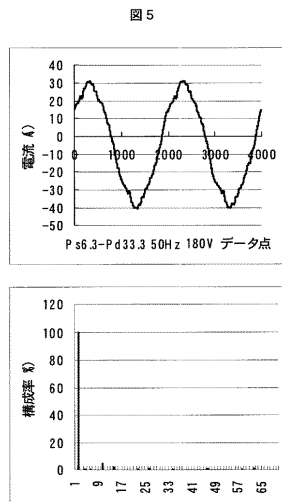
【 図 3 】



【 図 4 】



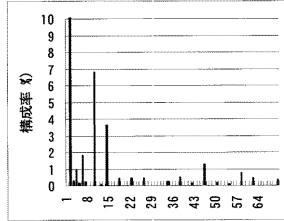
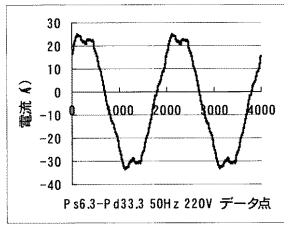
【 図 5 】





【 図 6 】

図 6



---

フロントページの続き

(72)発明者 菊地 聡

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内

審査官 山村 和人

(56)参考文献 特開2005-040000(JP,A)

特開2002-359956(JP,A)

特開2001-227778(JP,A)

特開2004-120814(JP,A)

特開平06-117708(JP,A)

特開平11-083209(JP,A)

特開平07-067390(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 27/06

F25B 1/00