

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-509807

(P2015-509807A)

(43) 公表日 平成27年4月2日(2015.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 5/055 (2006.01)</b>	A 6 1 B 5/05 3 4 0	4 C 0 9 6
	A 6 1 B 5/05 3 7 0	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-561554 (P2014-561554)	(71) 出願人	590000248
(86) (22) 出願日	平成25年3月5日 (2013.3.5)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(85) 翻訳文提出日	平成26年9月5日 (2014.9.5)		ヴェ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2013/051736		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン
(87) 国際公開番号	W02013/136224		ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(87) 国際公開日	平成25年9月19日 (2013.9.19)	(74) 代理人	100087789
(31) 優先権主張番号	61/609,588		弁理士 津軽 進
(32) 優先日	平成24年3月12日 (2012.3.12)	(74) 代理人	100122769
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 笛田 秀仙
		(72) 発明者	ホイスマン ヘンドリック
			オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン
			ドーフエン ハイテック キャンパス ビ
			ルディング 4 4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MR I 勾配コイルに給電するための電力変換装置及び電力変換装置を動作させる方法

## (57) 【要約】

磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置であり、この電力変換装置は、各々が導電状態の配置と本質的に非導通状態の配置とを切り替えるために設けられる複数のスイッチング部材を持ち、及び少なくとも基本スイッチング周波数と所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる複数の本質的に同一のスイッチングセル、並びに前記スイッチングセルのスイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニットを有し、前記パルス制御ユニットは、前記複数のスイッチングセルの各セルの少なくとも1つの電流量から夫々、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係に対する補正を決定するため、及び前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも1つの電流量が基本スイッチング周波数でゼロ振幅を本質的に持つように、前記所定の時間的關係を調節するために設けられ、インダクタンスの非対称性を補償するための、特に磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するた

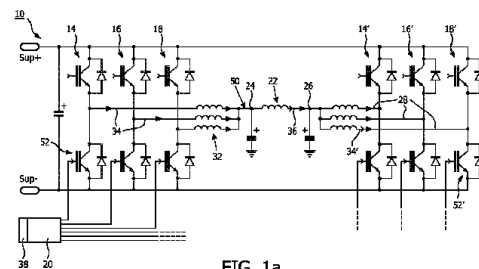


FIG. 1a

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

各々が導電状態の配置と本質的に非導電状態の配置とを切り替えるために設けられる複数のスイッチング部材を持ち、及び少なくとも基本スイッチング周波数と所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる、複数の本質的に同一のスイッチングセル、並びに

前記スイッチングセルの前記スイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニット

を有する、磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置において、

前記パルス制御ユニットは、前記複数のスイッチングセルの各セルの少なくとも 1 つの電気量から夫々、前記複数のスイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係に対する補正を決定し、及び前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも 1 つの電気量が前記基本スイッチング周波数で本質的にゼロ振幅を持つように、前記所定の時間的關係を調節するために設けられる、電力変換装置。

**【請求項 2】**

前記本質的に同一のスイッチングセルは、並列に接続され、及び負荷を接続するための共通の出力ポートを構築する、請求項 1 に記載の電力変換装置。

**【請求項 3】**

前記本質的に同一のスイッチングセルは、直列に接続され、及び負荷を接続するための共通の出力ポートを構築する、請求項 1 に記載の電力変換装置。

**【請求項 4】**

前記本質的に同一のスイッチングセルの数は 3 つである、請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の電力変換装置。

**【請求項 5】**

前記本質的に同一のスイッチングセルは Hブリッジとして設計され、前記セルの各々は、スイッチング部材として半導体スイッチ、及び少なくとも 1 つのインダクタを有する、請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の電力変換装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の少なくとも 1 つの電力変換装置、及び少なくとも 1 つの勾配コイルを有する、磁気共鳴検査システムの勾配コイルユニット。

**【請求項 7】**

パルス制御ユニットに存在し、前記パルス制御ユニットにより実行可能であり、及び請求項 8 に記載の方法を表している、ソフトウェアモジュールをさらに有する、請求項 6 に記載の勾配コイルユニット。

**【請求項 8】**

各々が導電状態の配置と本質的に非導電状態の配置とを切り替えるために設けられる複数のスイッチング部材を持ち、及び少なくとも基本スイッチング周波数と所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる、複数の本質的に同一のスイッチングセル、並びに

前記スイッチングセルの前記スイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニット

を有する、特に磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置を動作させる方法において、

前記複数のスイッチングセルの各セルの少なくとも 1 つの電気量を夫々決定するステップ、

前記複数のスイッチングセルの各セルの前記電気量から、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係に対する補正を決定するステップであり、前記電気量は、前記スイッチングセルに個別に割り当て可能である、前記決定するステップ、並びに

10

20

30

40

50

前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも１つの電気量は、前記基本スイッチング周波数でゼロ振幅を本質的に持つように、前記スイッチングセルの前記スイッチング部材に与えられる前記スイッチングパルスの前記時間的關係を調節するステップを有する方法。

【請求項 9】

磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するために特に設けられる電力変換装置のスイッチングセルの切り替えの所定の時間的關係を制御するために設けられるソフトウェアモジュールにおいて、

前記電力変換装置は、前記スイッチングセルのスイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニットを有し、及び

前記スイッチングセルは、

- 複数の前記スイッチングセルの各セルの少なくとも１つの電気量を夫々決定するステップ、

- 前記複数のスイッチングセルの各セルの前記電気量から、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係に対する補正を決定するステップであり、前記電気量は前記スイッチングセルに個別に割り当て可能である、前記決定するステップ、並びに

- 前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも１つの電気量は、基本スイッチング周波数でゼロ振幅を本質的に持つように、前記スイッチングセルの前記スイッチング部材に与えられる前記スイッチングパルスの前記時間的關係を調節するステップ、を実行するために、少なくとも前記基本スイッチング周波数で切り替わるために設けられ、

前記ステップは、前記電力変換器の前記パルス制御ユニットに実装可能であり、前記ユニットにより実行可能であるプログラムコードに変換される、ソフトウェアモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気共鳴（MR）検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置、及びインダクタンスの非対称性を補償するために電力変換装置を動作させる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電力変換装置の分野において、異なる向きの電流を可能にさせるスイッチングセルに配置される半導体スイッチを用いることが知られている。これら半導体スイッチは、可変デューティサイクルでパルス幅変調した基本スイッチング周波数のスイッチングパルスにより制御される。

【0003】

電力変換装置の多くの型において、有効パルス幅変調（PWM）の周波数をできるだけ高くすることが望ましい。このような高い周波数は一般的に、高い反応速度（高い帯域幅）及び正確な信号構造を達成するのに有利である。その上、このようは高い周波数は、誘導性及び容量性記憶素子をより小さくすることになり、これにより、システムのサイズ、質量及びコストを減らすことができる。

【0004】

実用的な半導体電力スイッチは、切り替え事象毎の一定のエネルギー損失を特徴としている。このエネルギー損失は、使用される技術及び材料（金属酸化膜半導体（MOS）、バイポーラ接合、ケイ素（Si）、炭化ケイ素（SiC）、窒化ガリウム（GaN））、装置の定格電圧並びに回路の状態、すなわち前記切り替え事象の直前及び直後に印加される電圧及び電流に依存している。このエネルギー損失により、半導体電力スイッチは、ある一定のスイッチング周波数までしか上手く使われない。ゲートターンオフサイリスタ（

10

20

30

40

50

GTO)にとって、この周波数は通例、数百ヘルツ(Hz)であり、中電圧の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)にとって、この周波数は数キロヘルツ(kHz)であり、及び中電圧のMOS電界効果トランジスタ(MOSFET)にとってこの周波数は数十～数百キロヘルツ(kHz)である。これらは絶対的な数を意味しているのではない。しかしながら、示されるレベルを超える周波数は、装置において散逸を増やすことになり、これにより回路効率の低下、及び極限的には実行不可能な回路となる。

#### 【0005】

インターリーブ型及びマルチレベル型の回路は、この設計の問題を脱する方法を提案している。このような回路において、複数の本質的に同一のスイッチングセルは、並行して及び/又は連続して動作する。個々のスイッチングセルは、互いに $T_{sw}/N$ の時間オフセットを用いて動作し、 $T_{sw}$ は、個々のスイッチングセルのスイッチングサイクル時間であり、 $N$ はセルの数である。これにより、見かけのスイッチング周波数は、 $N$ 倍ずつ増大する。個々のスイッチングセルの各々は、適度なスイッチング周波数で動作し、総電力の $1/N$ を処理し、これがモジュール設計を可能にする。

10

#### 【0006】

"インターリーブ"という言葉は、一般的に並行して動作するスイッチングセルに使用される、すなわちシステムの出力電流は個々のスイッチングセルの電流の $N$ 倍であるのに対し、システム及びスイッチングセルの電圧は同じである。"マルチレベル"は、セル電圧の合計を使用するシステムに用いられる、すなわちシステムの出力電圧は個々のセルの出力電圧よりも $N$ 倍大きい、スイッチングセルの電流は等しい。両方の回路形態の例が図1に示される。

20

#### 【0007】

インターリーブ型の電力変換装置の正しい動作は、スイッチングセルの対称性に大きく依存している。それで、1セル当たりのインダクタンスは、理論的に可能な機能を実現するのに決定的に重要である。このインダクタンスは、ディスクリットインダクタの電気特性に依存し、これらの特性は通例、インダクタの公称値辺りの5から10%の許容誤差を示している。加えて、回路の形状により、例えば接続ワイヤ及び母線のような余計なインダクタンスが生じ、これは、殆どの場合、経済的に合理的な取り組みではセルの間で完全に均等にはならない。

30

#### 【0008】

インターリーブの概念の全潜在能力を利用することは故に、合理的なコストで高い $N$ の値に対してはできない。従って、回路の許容誤差により生じる非対称性を克服する方法が必要とされる。従来技術、O. Garcia, A de Castro, P. Zumelis, J.A. Cobios著、"Digital-Control-Based Solution to the effect of non-idealities of the inductors in multiphase converters" IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 22, no. 6, Nov. 2007, pp. 2155-2163において、スイッチングセルがリップル電流の振幅に基づいて動作する命令を選択することが示唆されている。この方法は、基本スイッチング周波数を幾分抑制するが、一般に完全な消滅には至らない。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

40

#### 【0009】

故に、本発明の目的は、電力変換装置に固有の許容誤差から生じる電力変換器の出力の基本スイッチング周波数成分の補償を改善した電力変換器を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明のある態様において、前記目的は、磁気共鳴(MR)検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置により達成され、この電力変換装置は、

各々が導電状態の配置と本質的に非導電状態の配置とを切り替えるために設けられる複数のスイッチング部材を持ち、及び少なくとも基本スイッチング周波数と、所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる複数の本質的に同一のスイッチングセル、並

50

びに

前記スイッチングセルのスイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的関係を制御するために設けられるパルス制御ユニット

を有し、前記パルス制御ユニットは、前記複数のスイッチングセルの各セルの少なくとも1つの電気量から夫々、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的関係に対する補正を決定し、及び前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも1つの電気量が基本スイッチング周波数で本質的にゼロ振幅を持つように、前記所定の時間的関係を調節するために設けられる。

【0011】

本出願に用いられるような"電気量"という言葉は、特に電流、電圧及び電気抵抗を含むと理解される。電気量は、特定の周波数若しくは様々な周波数での電流の成分、電圧の成分又は抵抗も含み、"周波数"は、ある周波数帯域内における中心周波数並びに離散周波数を包含してもよい。本出願に用いられるような"本質的にゼロ振幅"という言葉は、特に異なる周波数での前記電気量の最大振幅と比較して、少なくとも20倍、好ましくは少なくとも50倍小さな振幅と理解される。

【0012】

本発明の利点を説明するために、磁気共鳴(MR)検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置の応用が例として挙げられる。このようなシステムにおいて、特に勾配電流リップルの積分は、画像品質に最も重要である。積分基準は、低い周波数、例えば上述した基本スイッチング周波数に非常に敏感である。MR勾配コイルのための最新式の電力変換装置において、スイッチング電力変換装置の出力電圧は、図1に示されるように、この出力電圧が前記勾配コイルに印加される前に、非散逸のLCフィルタを通過する。LCフィルタと勾配コイルとの組み合わせは、3次フィルタとして働く。前記スイッチングセルの電流の合計におけるリップルに対し、フィルタリングアクションの有効な次元は、それよりも少ない次元、すなわちネットフィルタは2次である。前記積分基準は、追加のフィルタリングアクションと見なされる。組み合わせた動作は故に、3次フィルタとして働き、これは高次高調波を効果的に抑制するが、低次高調波はあまり有効ではない。

【0013】

例として、5kHzの出力フィルタのカットオフ周波数は、10kHzの電力半導体の基本スイッチング周波数よりも十分下にある場合を考える。ここで、この基本スイッチング周波数を含む全てのスペクトル成分は、図5に示されるように、ボード線図において-3の傾きを持つフィルタ特性の一部により処理される。

【0014】

基本周波数の減衰がAとラベルが付けられる(例においてAは0.24254に等しい)場合、2次高調波の減衰はこのとき $A/2^3 = A/8$ である。3次高調波に対しては、前記減衰は $A/3^3 = A/27$ である。言い換えると、この3次高調波の振幅の27分の1しかない振幅を持つ基本周波数は、画像品質に関してかなりの影響を持っている。別のフィルタ設定に対し、数値結果は多少異なるが、殆どの実例的事例において、前記基本周波数のほんのわずかな削除が画像品質にかなり有益な効果がある。

【0015】

本発明のもう1つの態様において、本質的に同一のスイッチングセルは、並列に接続され、及び負荷を接続するための共通の出力ポートを構築する。インターリーブ型のスイッチングセルを備える電力変換装置は、負荷に給電するための電流源として有利に使用されてもよい。

【0016】

本発明のさらにもう1つの態様において、本質的に同一のスイッチングセルは、直列に接続され、及び負荷を接続するための共通の出力ポートを構築する。直列接続したスイッチングセルを備える電力変換装置は、負荷に給電するための電圧源として有利に使用されてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

好ましい実施例において、本質的に同一のスイッチングセルの数は3である。これらスイッチングセルの切り替えの所定の時間的關係のための補正は、この場合数学的に閉じた解決法で表されるので、パルス制御ユニットによる計算において簡単に得られる。

## 【 0 0 1 8 】

本発明のもう1つの態様において、本質的に同一のスイッチングセルは、Hブリッジとして設計され、これらセルの各々は、半導体スイッチをスイッチング部材及び少なくとも1つのインダクタとして有する。従って、電力変換装置は、電力変換装置の出力に与えられる電流が何れかの所望する方向に流れるように、負荷に、特に勾配コイルのような誘導負荷に給電する。

## 【 0 0 1 9 】

本発明のもう1つの目的は、磁気共鳴(MR)検査システムの勾配コイルユニットを提供することであり、このユニットは、ここに開示されるような電力変換装置の少なくとも1つの実施例及び少なくとも1つの勾配コイルを有する。それにより、低い信号対ノイズ比によって符号化エラー及び故に画像のアーチファクトを避ける勾配コイルが達成され、従ってMR検査システムの磁気共鳴信号の信頼できる及び完璧な空間符号化を提供する。

## 【 0 0 2 0 】

もう1つの態様において、本発明は、特に磁気共鳴(MR)検査システムの勾配コイルに給電するための電力変換装置を動作させる方法に関し、この変換装置は、各々が導電状態の配置と本質的に非導電の絶縁状態の配置とを切り替えるために設けられる複数のスイッチング部材を持ち、及び少なくとも基本スイッチング周波数と所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる複数の本質的に同一のスイッチングセル、並びに前記スイッチングセルのスイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の相互の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニットを有し、前記方法は、

- 前記複数のスイッチングセルの各セルの少なくとも1つの電氣量を夫々決定するステップ、
- 前記複数のスイッチングセルの各セルの前記電氣量から、前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係に対する補正を決定するステップであり、前記電氣量は前記スイッチングセルに個別に割り当て可能である、前記決定するステップ、並びに
- 前記決定した補正に従って、電力変換装置の出力の少なくとも1つの電氣量は、前記基本スイッチング周波数で本質的にゼロ振幅を持つように、前記スイッチングセルの前記スイッチング部材に与えられるスイッチングパルスの時間的關係を調節するステップを有する。

## 【 0 0 2 1 】

さらにもう1つの態様において、本発明は、特に磁気共鳴検査システムの勾配コイルに給電するために設けられる電力変換装置のスイッチングセルの切り替えの所定の時間的關係を制御するために設けられるソフトウェアモジュールに関する。この電力変換装置は、前記スイッチングセルの前記スイッチング部材にスイッチングパルスを与えることにより、導電状態の配置と本質的に非導電状態の配置との間において前記スイッチングセルの切り替えの前記所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニットを有し、前記スイッチングセルは、上述した方法を実行するために、少なくとも基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  で切り替わるために設けられ、前記方法のステップは、前記電力変換装置のパルス制御ユニットに実装可能及びこのユニットにより実施可能であるプログラムコードに変換される。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 2 】

【 図 1 a 】 インターリーブ型の電力変換装置の配置の本発明による勾配コイルユニットの実施例を示す。

【 図 1 b 】 マルチレベル型の電力変換装置の配置の本発明による勾配コイルユニットの実

10

20

30

40

50

施例を示す。

【図 2】理想的な対称的配置の、図 1 のインターリーブ型の電力変換装置の出力量を説明する。

【図 3】補正を加えていない非対称的配置に対する図 2 のような出力量を説明する。

【図 4】図 2 及び図 3 のインターリーブ型の電力変換装置の出力量の周波数スペクトルを説明する。

【図 5】MRI 検査システムの勾配コイルユニットに一般的に用いられる電気フィルタの周波数応答を表す。

【図 6】本発明による補正を加えた後の非対称的配置に対する図 3 のような出力量を示す。

【図 7】図 6 のインターリーブ型の電力変換装置の出力の周波数スペクトルを示す。

【図 8】3 段のインターリーブ型の電力変換装置の配置に対する本発明による補正をベクトル図で説明する。

【図 9】4 段のインターリーブ型の電力変換装置の配置に対する本発明によるもう 1 つの補正をベクトル図で説明する。

【図 10】図 9 の 4 段のインターリーブ型の電力変換装置の出力量の周波数スペクトルを説明する。

【図 11】本発明による方法を適用する前後の電力変換装置の総電流を時間領域で示す。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載の実施例から明らかであり、この実施例を参照して説明される。しかしながら、このような実施例が必ずしも本発明の全範囲を示すことはなく、本発明の範囲を説明するために請求項が参照される。

【0024】

図 1 a 及び 1 b は、本発明による勾配コイルユニットの実施例を示す。これら勾配コイルユニットは、インターリーブ型の配置 10 の電力変換装置（図 1 a）及びマルチレベル型の配置 12 のもう 1 つの電力変換装置（図 1 b）を夫々有する。以後、本実施例の説明においてインターリーブ型の配置 10 が用いられるが、本発明はマルチレベル型の配置 12 の電力変換装置にも応用可能である。

【0025】

これら電力変換装置は、当業者により一般的に知られるような、半導体スイッチにより形成される 4 つのスイッチング部材 52、逆並列ダイオード、インダクタ 32 及びフィルタを用いて、Hブリッジとして設計される 3 つの本質的に同一のスイッチングセル 14、16、18 を有する。スイッチング部材 52 は、導電状態の配置と本質的に非導電状態の配置とを切り替えるために設けられ、前記スイッチングセル 14、16、18 は、少なくとも基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  と所定の相互の時間的關係とで切り替わるために設けられる。前記電力変換装置は、前記スイッチングセル 14、16、18 のスイッチング部材 52 にスイッチングパルスを与えることにより、これらスイッチングセル 14、16、18 の切り替えの前記所定の時間的關係を制御するために設けられるパルス制御ユニット 20 を有する。明瞭性のために、パルス制御ユニット 20 から前記半導体スイッチに前記スイッチングパルスを送るのに必要な配線は図 1 にのみ示される。

【0026】

前記半導体スイッチは、図 1 において IGBT と示されているが、一般的に MOSFET 又は当業者には適切であると思われる他の如何なる半導体スイッチとして設計されることができる。

【0027】

電力変換装置は、さらに詳細には示されない磁気共鳴（MR）検査システムの一部である勾配コイルユニットの勾配コイル 22 に給電するために設けられる。この勾配コイル 22 は、このコイルの両端の各々を用いて、個々の出力線電流 34 を各々搬送する Hブリッジの 3 つの出力線 28 を接続する 2 つのノードにより構成される電力変換装置の出力ポー

10

20

30

40

50

ト 2 4、2 6 に接続されるので、勾配コイル 2 2 を流れる総電流 3 6 は、この H ブリッジの出力線電流 3 4 のローパスフィルタリングされた重ね合わせである。

【 0 0 2 8 】

従来の電圧変換装置において、スイッチングセル 1 4、1 6、1 8 の切り替えの前記所定の時間的關係は、H ブリッジの出力線 2 8 にある出力線電流 3 4 により与えられる、前記スイッチングセル 1 4、1 6、1 8 の各セルの電気量間に位相シフトが存在するように設計され、この位相シフトは 3 6 0 度の整数分の 1 である。図 1 に示されるような 3 段のインターリーブ型の変換装置の配置にとって、位相シフトは、 $360 / 3 = 120^\circ$  である。

【 0 0 2 9 】

電力変換装置のインターリーブ型の配置 1 0 において、3 つの本質的に同一のスイッチングセル 1 4、1 6、1 8 は並列に接続され、勾配コイル 2 2 を接続するための共通の出力ポート 2 4、2 6 として出力端子を構築する。

【 0 0 3 0 】

電力変換装置のマルチレベル型の配置 1 2 において、3 つの本質的に同一のスイッチングセル 4 4、4 6、4 8 は直列に接続され、この直列配置の両端において H ブリッジの出力線 3 0 を用いることにより負荷を接続するための共通の出力ポート 2 4'、2 6' として出力端子を構築する。

【 0 0 3 1 】

図 2 は、理想的な対称的配置、すなわち 3 つのスイッチングセル 1 4、1 6、1 8 が同一の電気特性を持つ、及び特にインダクタ 3 2 が同じインダクタンス値を持つと仮定する場合、図 1 のインターリーブ型の電力変換装置の H ブリッジの出力線電流 3 4 により与えられるスイッチングセル 1 4、1 6、1 8 の各々の出力量を説明する。図 2 の上側は、同一の振幅を持つ個々の出力線電流 3 4 を示し、図 2 の下側は、3 つの出力線電流 3 4 の重ね合わせとして合計電流 5 0 を示す。スイッチングセル 1 4、1 6、1 8 は、2 0 % のデューティサイクル及び 1 2 0 ° の位相シフトを持つ、0 . 1 m s の 1 サイクル期間と同等である 1 0 k H z の基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  で切り替わる。合計電流 5 0 は故に、3 0 k H z の最も低い周波数成分を示す。

【 0 0 3 2 】

図 3 は、インダクタ 3 2 のインダクタンス値の間で  $\pm 10\%$  の変動を除けば、同一のスイッチングセル 1 4、1 6、1 8 を備えた電力変換装置の配置を示す。スイッチングセルのインダクタ 3 2 の不均等は、スイッチングセル 1 4、1 6、1 8 毎に異なる電流リップルの振幅となり、それにより合計電流 5 0' の基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  (一次高調波) の不完全な相殺となる。スイッチングセルの出力線電流 3 4' 間の違いが図 3 にはっきりと見ることができる。

【 0 0 3 3 】

対称的配置と非対称的配置との間の違いに関して、時間領域での表示よりも有益なのは、図 4 に示されるように、2 つの配置に対する電力変換装置の合計電流 5 0、5 0' の周波数スペクトルである。

【 0 0 3 4 】

1 0 k H z の基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  での合計電流 5 0 の成分は、(図 4 の上側の)理想的な対称的配置には見られない一方、(図 4 の下側の)不等のインダクタ 3 2 の場合、合計電流 5 0' のスペクトルにおいて前記成分ははっきりと見ることができる。一般的な電力変換装置において、基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  は、幾つの場合、増幅され、さらに悪い信号品質及び電位不安定となる。これを防ぐために、電力変換装置の従来の動作によれば、制御する帯域幅を減らして及び / 又はシステムの品質を下げてこの電力変換装置が動作する必要がある、前記インターリーブ型を最初に利用するとき、求められる利点を自ら破壊してしまう。

【 0 0 3 5 】

しかしながら、本発明によれば、パルス制御ユニット 2 0 は、スイッチングセル 1 4、

10

20

30

40

50



16、18の各セルの少なくとも1つの電流量から夫々、120°の位相シフトにより与えられる所定のスイッチングセル14、16、18の切り替えの所定の時間的關係に対する補正を決定するために設けられる。これらの電流量は例えば、個々のスイッチングセル14、16、18のインダクタ32のインダクタンス値又は利用可能な何れかの手段を用いて測定される3つのスイッチングセルの出力線電流34のリップル振幅の何れか一方とすることができる。

【0036】

本発明によれば、パルス制御ユニット20はさらに、電力変換装置の出力の少なくとも1つの電流量、例えば本実施例では合計電流50"は、基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ で本質的にゼロ振幅を持つように、前記決定した補正に従って前記所定の時間的關係を調節するために設けられる。

10

【0037】

この目的のために、パルス制御ユニット20は、ソフトウェアモジュール38(図1)を有し、本発明による前記方法は、パルス制御ユニット20に実装可能であり、このユニットにより実行可能であるプログラムコードに変換される。ソフトウェアモジュール38は、パルス制御ユニット20内にある。一般的に、ソフトウェアモジュール38は、MRI検査システムの一部である他の何れかの制御ユニットに存在し、この制御ユニットによって実施可能でもある、及びデータ通信手段は、パルス制御ユニット20と、ソフトウェアモジュール38がある制御ユニットとの間に構築されてもよい。

【0038】

20

図3に示した非対称的配置に適用される方法の結果が図6に示される。再び、図7のスペクトル図は、特に図4の下側に比べ、基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ での合計電流50"の成分が本質的にゼロの値に調節されたことをよりはっきりと示している。図7は、基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ での成分は、本実施例においては他の高調波の僅かな増大を犠牲にして、完全に消滅していることをはっきりと示している。勾配コイルの利用に対し上述したように、高調波が周波数で重み付けられる場合、ネット信号品質(net signal quality)は大きく改善される。これを説明するために、補正あり(図7)及び補正なし(図4)の高調波の中身は、2つの重み付け方法、つまり17.22Aから17.05Aへの減少を示している共通の二乗平均平方根(RMS: root-mean-square)電流リップルレベルと、0.296から0.112への減少、すなわち殆ど3倍の減少を示している、MRI検査システムに応用可能であるような周波数重み付け測定基準とに用いられる。

30

【0039】

合計電流50'において基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ での電流量を無くすために、個々のスイッチングセルの出力線電流34の振幅のベクトル加法がゼロになるまで加える必要がある。個々のスイッチングセルの出力線電流34の相対振幅が与えられる場合、これは、閉じた三角形を構築することにより達成されることができ、この三角形の辺の長さは、前記個々のスイッチングセルの出力線電流34の振幅に等しい。

【0040】

3つ全てのスイッチングセル14、16、18に対し等しいと仮定される、パルス幅変調したスイッチングパルスのデューティサイクルに対し、基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ での前記セルの出力線電流34の振幅と、基本スイッチング周波数 $f_{sw}$ での前記セルのピーク値間電流リップルとの比率は一定数である。この一定比率のために、前記ベクトル加法により結果生じる三角形は、リップルの振幅から構成される、従ってフーリエ解析を避ける、故に実施がより簡単であるもう1つの三角形40と同じ形状を持つ。

40

【0041】

従って正比例で構築される三角形40の外角は、3つのスイッチングセル14、16、18間の相対的な位相シフトを示している(図8)。図8の左側は、対照的配置の三角形40の構造、つまり得られる三角形40は、正三角形であり、全ての外角は120°、すなわち2/3ラジアンに等しい構造を実証している。1つの出力線電流34は平均よりも10%大きく、残りの出力線電流34は平均よりも5%小さい振幅を用いた配置に対し

50

ては、 $125.38^\circ$ 、 $109.25^\circ$  及び  $125.38^\circ$  の外角を持つ二等辺三角形  $40'$  (図8の真ん中であり、角度の値は整数に四捨五入される)が生じる。1つの出力線電流  $34$  は平均よりも5%小さい振幅と、もう1つの出力線電流  $34$  は平均よりも5%高い振幅とを備えるさらにもう1つの場合に対しては、 $120.25^\circ$ 、 $114.90^\circ$  及び  $124.85^\circ$  の外角を持つ三角形  $40''$  (図8の右側)が生じる。三角形は、全ての辺の長さにより一義的に決められるので、ベクトル和を三角形に近づける独特の解決法が常に存在している。そうすることにより、基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  での3つのスイッチングセルの電流リップルのベクトル和は、外角、すなわち位相シフトを調節することにより、常にゼロに等しくすることができる。

#### 【0042】

3個を上回る多数の本質的に同一のスイッチングセル  $14$ 、 $16$ 、 $18$  に対し、本発明による方法は依然として通用するが、これらの場合には、選択した追加の高調波を削除するのに使用される追加の自由度が存在する。

#### 【0043】

例として、4つのスイッチングセル  $14$ 、 $16$ 、 $18$  を用いた配置を考えてみる。この配置は、もう1つのスイッチングセル  $14$ 、 $16$ 、 $18$  が加えられていることを除けば、3つのスイッチングセル  $14$ 、 $16$ 、 $18$  を用いた配置と同一であるため、この配置の説明は、さらなる情報を与えることはなく、故に簡潔さを理由に省略される。1つのスイッチングセルの出力線電流  $34$  の振幅が他の3つよりも10%大きい。本発明の方法を適用した後の結果が図9に示される。この特別な事例において、等脚台形  $42$  は明らかに最も対照的な構成である。この構成の検査は、この等脚台形  $42$  の下底にある外角が  $\arccos(0.05) = 87.1^\circ$  により与えられることが明らかとなっている。この方法を用いて分かった外角が全ての外角が  $90^\circ$  に等しい対称的配置の外角と僅かしか異なっていなくても、基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  での合計電流  $50$  の振幅に与える影響は、図10から得られるように大きい。

#### 【0044】

例示的な方法の図10は、 $0.3$  のデューティサイクル及び  $10\text{kHz}$  の基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  に対するスペクトル図を示す。最上部のグラフは、4の整数倍の番号を持つ高調波だけが存在しているとき、等しいスイッチングセルの出力線電流リップルを用いたスイッチングセル  $14$ 、 $16$ 、 $18$  の対照的配置に適用している。真ん中のグラフにおいて、出力線電流リップルの振幅の1つが10%増大し、このスペクトルにおいて、基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  での振幅のかなりの割合の存在となる。下のグラフにおいて、決定した補正に従って所定の時間的關係を調節するための方法が適用されている。故に、3次、5次及びさらに高次の高調波における僅かな増大を犠牲として基本スイッチング周波数  $f_{sw}$  での振幅は消滅する。最後に、図11において、上述した3つの配置に対するスイッチングセルの出力線電流  $34$  の合計電流  $50$ 、 $50'$ 、 $50''$  が時間領域で示されている。

#### 【0045】

本発明は、図面及び上記説明において詳細に説明及び開示されている一方、このような説明及び開示は、説明的又は例示的であり、限定的ではない、つまり本発明は開示される実施例に限定されないと考えるべきである。これら開示される実施例に対する他の変形例は、図面、明細書及び付随する特許請求の範囲の研究により、請求する本発明を実施する当業者により理解及びもたらされることができる。請求項において、"有する"という言葉は、それ以外の要素又はステップを排除するものではなく、複数形で表現していないことが、それらが複数あることを排除するものでもない。ある方法が互いに異なる従属請求項に挙げられているという単なる事実は、これらの方法の組み合わせが有利に用いられることができないことを示しているのではない。請求項における如何なる参照符号もその請求項の範囲を限定するとは考えるべきではない。

#### 【符号の説明】

#### 【0046】

10

20

30

40

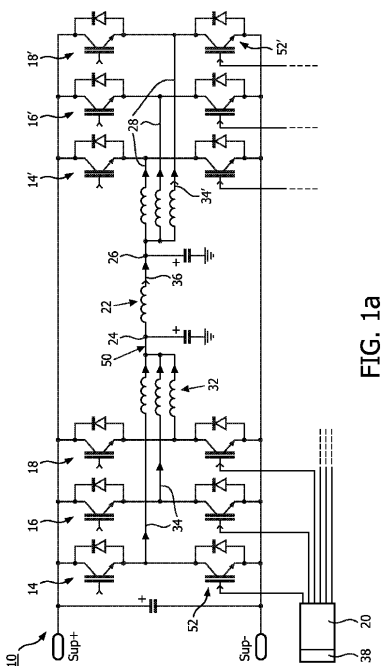
50

- 1 0 インターリーブ型の配置
- 1 2 マルチレベル型の配置
- 1 4 スイッチングセル
- 1 6 スイッチングセル
- 1 8 スイッチングセル
- 2 0 パルス制御ユニット
- 2 2 勾配コイル
- 2 4 出力ポート
- 2 6 出力ポート
- 2 8 出力線（インターリーブ）
- 3 0 出力線（マルチレベル）
- 3 2 インダクタ
- 3 4 出力線電流
- 3 6 出力電流
- 3 8 ソフトウェアモジュール
- 4 0 三角形
- 4 2 等脚台形
- 4 4 スイッチングセル
- 4 6 スイッチングセル
- 4 8 スイッチングセル
- 5 0 総電流
- 5 2 スイッチング部材
- f<sub>s w</sub> 基本スイッチング周波数

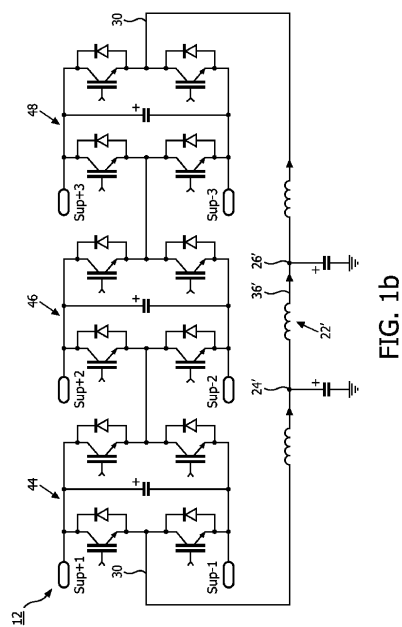
10

20

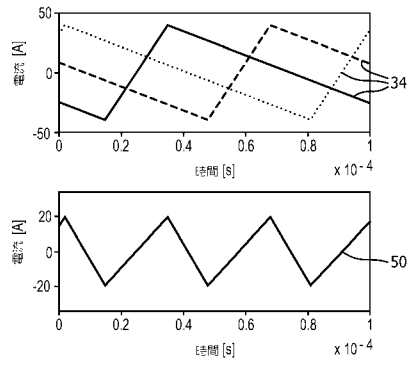
【図 1 a】



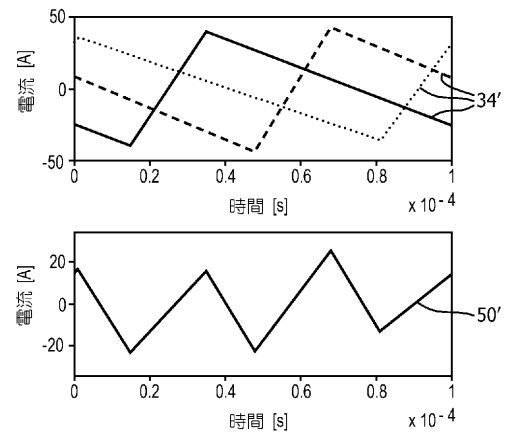
【図 1 b】



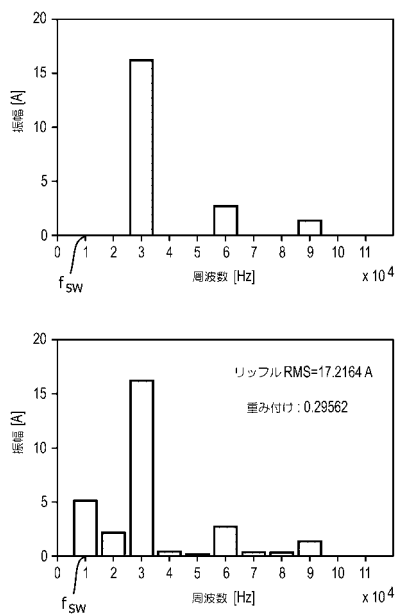
【図 2】



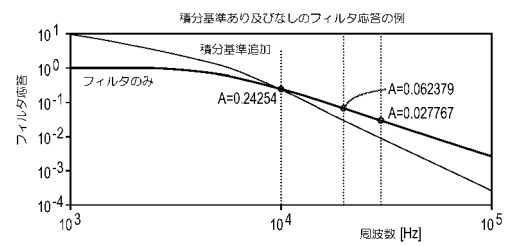
【図 3】



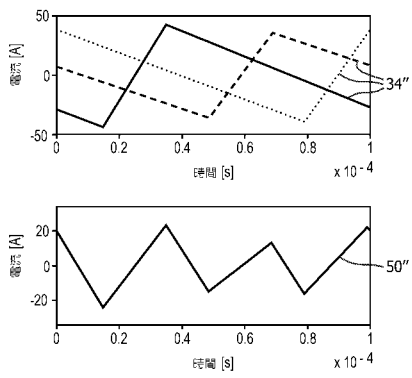
【図 4】



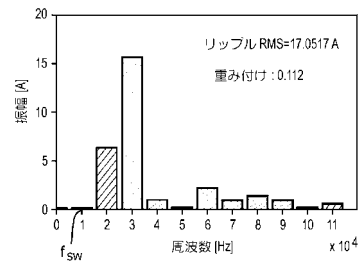
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

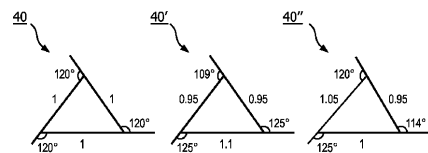


FIG. 8

【図 9】

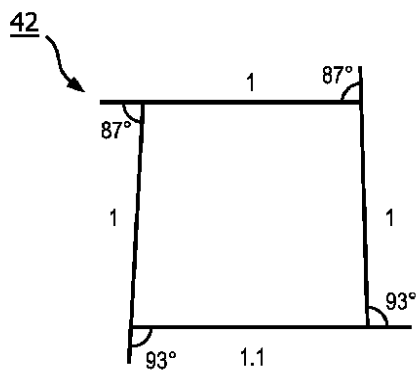
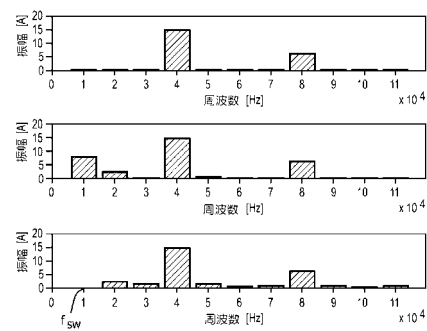
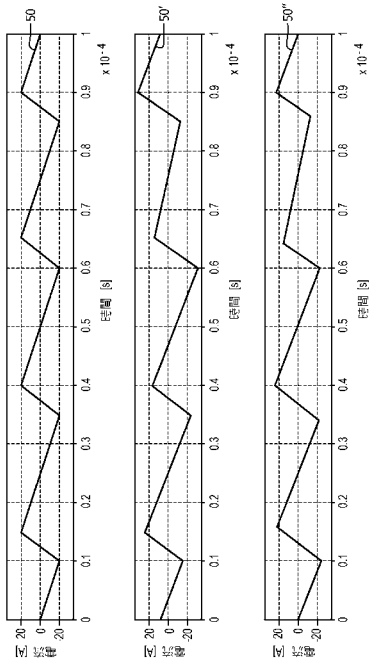


FIG. 9

【図 10】



【図 11】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/IB2013/051736

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H02M1/12 H02M7/5387 H02M7/493 ADD. H02M7/49		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R H02M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EP0-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	OSCAR GARCIA ET AL: "Digital-Control-Based Solution to the Effect of Nonidealities of the Inductors in Multiphase Converters", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 22, no. 6, 1 November 2007 (2007-11-01), pages 2155-2163, XP011195945, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2007.909406 cited in the application the whole document	1-3,6-9
A	----- -/--	4,5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
29 November 2013		10/12/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Lochhead, Steven

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/IB2013/051736

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/073971 A1 (REITER TOMAS [DE] ET AL) 25 March 2010 (2010-03-25) paragraph [0002] - paragraph [0016] paragraph [0023] - paragraph [0027] figures 1,2 -----	1-9
A	THIERRY MEYNARD ET AL: "Parallel multicell converters for high current: Design of intercell transformers", INDUSTRIAL TECHNOLOGY (ICIT), 2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 14 March 2010 (2010-03-14), pages 1359-1364, XP031680978, ISBN: 978-1-4244-5695-6 abstract -----	2,3
A	JP H08 211139 A (HITACHI MEDICAL CORP) 20 August 1996 (1996-08-20) the whole document -----	1,2,4-9
A	US 2008/239771 A1 (WANG CHUANYUN [US] ET AL) 2 October 2008 (2008-10-02) the whole document -----	1,8,9
A	WO 2011/158170 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; HAM CORNELIS LEONARDUS GERARDUS []) 22 December 2011 (2011-12-22) the whole document -----	1,3-9



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2013/051736

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010073971 A1	25-03-2010	DE 102008048017 A1 US 2010073971 A1	25-03-2010 25-03-2010
JP H08211139 A	20-08-1996	JP 3685514 B2 JP H08211139 A	17-08-2005 20-08-1996
US 2008239771 A1	02-10-2008	NONE	
WO 2011158170 A1	22-12-2011	CN 102947720 A EP 2583114 A1 US 2013088234 A1 WO 2011158170 A1	27-02-2013 24-04-2013 11-04-2013 22-12-2011

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(72)発明者 カリス マルクス レオナルドゥス アンナ  
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス ビルディング  
4 4

Fターム(参考) 4C096 AB42 CB13

## 【要約の続き】

めの電力変換装置を動作させる方法。