

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7703171号  
(P7703171)

(45)発行日 令和7年7月7日(2025.7.7)

(24)登録日 令和7年6月27日(2025.6.27)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 F 30/10 (2006.01)	H 0 1 F 30/10			A
H 0 1 F 27/24 (2006.01)	H 0 1 F 27/24			L
H 0 1 F 27/28 (2006.01)	H 0 1 F 27/24			P
	H 0 1 F 27/28		1 7 9	
	H 0 1 F 30/10			C
請求項の数 14 (全28頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号	特願2022-579572(P2022-579572)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和4年2月2日(2022.2.2)	(73)特許権者	505213437 布目電機株式会社 愛知県名古屋市中川区大当郎2丁目1107番地
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/004015	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(87)国際公開番号	WO2022/168857	(72)発明者	熊谷 隆 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和4年8月11日(2022.8.11)	(72)発明者	福井 数章 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和5年7月25日(2023.7.25)		
(31)優先権主張番号	特願2021-16736(P2021-16736)		
(32)優先日	令和3年2月4日(2021.2.4)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
前置審査			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 コイル装置および電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の閉磁路をそれぞれ構成する複数のコアを含むコア群と、  
 導電線を巻回して筒状に形成された複数の巻線層を含む巻線群とを備え、  
 前記複数の巻線層の各々は、前記複数の閉磁路を貫通し、  
 前記複数のコアは、第1方向から見た場合に、電流が流れる前記導電線に沿って間隔をあけて並んで配置され、  
 前記複数のコアは、第1のコアと、前記第1のコアに隣接配置された第2のコアとを含み、  
 前記第1のコアと前記第2のコアとの間の空間にはコア風路が形成され、  
 前記複数の巻線層は、前記第1方向から見た場合に、前記電流の方向に交差する方向に沿って間隔をあけて並んで配置され、  
 前記複数の巻線層は、第1の巻線層と、前記第1の巻線層に隣接配置された第2の巻線層とを含み、  
 前記第1の巻線層と前記第2の巻線層との間の空間には巻線風路が形成され、  
 前記コア風路および前記巻線風路は、前記第1方向から見て、互いに交差するスリット状であって、  
 前記第1方向に直交する断面において、前記複数のコアと前記複数の巻線層のうちの最内層との間にコア内層巻線間風路が形成され、前記複数のコアと前記複数の巻線層うちの最外層との間にコア外層巻線間風路が形成され、

前記コア風路および前記巻線風路は、前記第 1 方向から見た場合に、前記互いに交差するスリットによって構成される矩形の風路を共通して有し、

前記コア風路と、前記巻線風路と、前記矩形の風路とによって構成された格子状の風路と、前記コア内層巻線間風路と、前記コア外層巻線間風路と、によって、前記複数の巻線層の各々の両面と、前記複数のコアの各々が対向する面と、前記複数のコアと複数の巻線層が各々対向する面と、に沿うように冷却風が流れ、

前記第 1 方向に対して、前記複数のコアの各々の両端を保持する保持具をさらに備え、  
前記保持具は、

前記複数のコアの各々の一方端を保持する上部コアホルダと、

前記複数のコアの各々の他方端を保持する下部コアホルダとを含み、

前記上部コアホルダと前記下部コアホルダの各々には、前記コア風路と連通するコアホルダ通風路が形成されていることを特徴とする、コイル装置。

10

【請求項 2】

前記保持具は、前記第 1 方向に対して、前記上部コアホルダと前記下部コアホルダを介して前記複数のコアを挟んで保持する上部押さえ板と下部押さえ板とを含み、

前記上部押さえ板と前記下部押さえ板の各々には前記第 1 方向から見て貫通部が形成されている、請求項 1 に記載のコイル装置。

【請求項 3】

前記上部押さえ板と前記下部押さえ板の各々には、前記第 1 方向から見て前記コア風路および前記コアホルダ通風路と重なる位置に貫通部が構成される、請求項 2 に記載のコイル装置。

20

【請求項 4】

前記上部押さえ板と前記下部押さえ板とは前記第 1 方向に延びるボルトによって締結および固定されている、請求項 2 または 3 に記載のコイル装置。

【請求項 5】

前記上部コアホルダは、各々が前記複数のコアのうちの対応する 1 つの一方端を保持する複数の上部コアホルダ部品を含み、

前記下部コアホルダは、各々が前記複数のコアのうちの対応する 1 つの他方端を保持する複数の下部コアホルダ部品を含む、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のコイル装置。

【請求項 6】

前記複数の上部コアホルダ部品は、互いに同一形状であり、

前記複数の下部コアホルダ部品は、互いに同一形状である、請求項 5 に記載のコイル装置。

30

【請求項 7】

前記複数の上部コアホルダ部品の各々と前記複数の下部コアホルダ部品の各々とは、互いに同一形状である、請求項 6 に記載のコイル装置。

【請求項 8】

前記上部コアホルダにおける前記コアホルダ通風路は、複数の前記上部コアホルダ部品を配列させることによって形成され、前記下部コアホルダにおける前記コアホルダ通風路は、複数の前記下部コアホルダ部品を配列させることによって形成される、請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載のコイル装置。

40

【請求項 9】

前記上部コアホルダおよび前記下部コアホルダの材料は樹脂である、請求項 1 に記載のコイル装置。

【請求項 10】

前記コア群は、前記複数のコアからなる第 1 コア群および前記第 1 コア群と隣り合う第 2 コア群を含み、

前記第 1 方向から見た場合に、前記第 1 コア群と前記第 2 コア群は、互いに間隔をあけて並行するように配列され、

前記第 1 コア群と、前記第 2 コア群との間の空間にはコア群間の通風路が形成され、

50

前記上部コアホルダと前記下部コアホルダの各々には、前記第 1 方向から見て前記コア群間の通風路と重なる位置に貫通部が構成される、請求項 1 に記載のコイル装置。

【請求項 1 1】

前記コア群は、前記複数のコアからなる第 1 コア群および前記第 1 コア群と隣り合う第 2 コア群を含み、

前記第 1 方向から見た場合に、前記第 1 コア群と前記第 2 コア群は、互いに間隔をあけて並行するように配列され、

前記第 1 コア群と、前記第 2 コア群との間の空間にはコア群間の通風路が形成され、

前記保持具は、前記第 1 方向に対して、前記上部コアホルダと前記下部コアホルダを介して前記複数のコアを挟んで保持する上部押さえ板と下部押さえ板とを含み、

前記上部押さえ板と前記下部押さえ板の各々には、前記第 1 方向から見て前記コア群間の通風路と重なる位置に貫通部が構成される、請求項 1 に記載のコイル装置。

【請求項 1 2】

前記複数のコアおよび前記複数の巻線層の外周包絡線の外側の一部、または全部を囲むダクトをさらに備え、

前記複数のコアおよび前記複数の巻線層と前記ダクトとの間に通風路を設けた、請求項 1 ~ 1.1 のいずれか 1 項に記載のコイル装置。

【請求項 1 3】

直流電圧を高周波交流電圧に変換するインバータと、

前記インバータから一次側入力に前記高周波交流電圧を受けるトランスと、

前記インバータをパルス幅制御する制御回路とを備え、

前記トランスは、請求項 1 ~ 1.2 のいずれか 1 項に記載のコイル装置を含む、電力変換装置。

【請求項 1 4】

直流電圧を高周波交流電圧に変換するインバータと、

前記インバータから一次側入力に前記高周波交流電圧を受けるトランスと、

前記インバータをパルス幅制御する制御回路と、

前記トランスの二次側出力の電圧を整流する整流回路と、

前記整流回路の出力電圧を平滑する、平滑リアクトルおよび 2 次側平滑コンデンサとをさらに備え、

前記トランスおよび前記平滑リアクトルの各々は、請求項 1 ~ 1.2 のいずれか 1 項に記載のコイル装置を含む、電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、コイル装置および電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電力変換用に用いられるトランスおよびリアクトル等のコイル装置では、空冷または液冷等による放熱が行なわれる。

【0003】

特開 2010 - 50272 号公報（特許文献 1）は、2 つの E 型コアを対向させたコアを複数配置し、コアとコアの間に隙間をあけた、放熱しやすい構造のコイル装置を開示する。

【0004】

このようなコイル装置は、主に産業用の高周波インバータ、電力変換装置等に用いられる。コイル装置は、最も容易な冷却方法である自然空冷または強制空冷と組み合わせた利用が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【文献】特開 2 0 1 0 - 5 0 2 7 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

特開 2 0 1 0 - 5 0 2 7 2 号公報に開示されるコイル装置のコア配置方式では、巻線とコアの間にボビンを用いている。このためコアの表面積の一部はボビンの嵌合部となる。コアとボビンが嵌合する部分には隙間がないので、コアが空気に放熱する放熱面積は限定される。また、コアの中心部は、ボビンと巻線で囲まれており、コアは巻線の発熱によって温度が上昇しやすい。以上より、このコイル装置には、コアの冷却性に改善の余地があった。

10

【 0 0 0 7 】

また、並列に配置された複数のコアの各々には磁路に対するギャップがないため、コアの比透磁率のばらつき、温度変化、および経時変化により、一部のコアに磁束が集中するという問題があった。

【 0 0 0 8 】

さらに、コアが嵌合された状態では、巻線はコアの磁路の内部に配置され、巻線の表面積のほとんどは空気への放熱に寄与しない。このため、このコイル装置には、巻線の冷却性に劣るといった問題があった。

【 0 0 0 9 】

さらに、このコイル装置は、風を流す際に、気流がコアに効果的に流れる構造ではなかった。このため、冷却風で冷却するためには、複数の冷却ファン、複雑な機構のダクト等が別途必要となり、コイル装置全体が大型化するという問題があった。

20

【 0 0 1 0 】

本開示は、簡便な構造で、放熱性が良好で小型化ができ、高効率で低コストのコイル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 1 1 】

本開示は、コイル装置に関する。コイル装置は、複数の閉磁路をそれぞれ構成する複数のコアを含むコア群と、複数の巻線層を含む巻線群とを備える。複数の巻線層の各々は、複数の閉磁路を貫通する。複数のコアは、第 1 方向から見た場合に、複数の巻線層の電流が流れる導電線に沿って間隔をあけて並んで配置される。複数の巻線層は、第 1 方向から見た場合に、電流の方向に交差する方向に沿って間隔をあけて内側から外側に並んで配置される。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本開示のコイル装置によれば、放熱性が良好で高効率で低コストのコイル装置を簡便な構造で実現でき、小型化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】実施の形態 1 のコイル装置の構成を示す斜視図である。

40

【図 2】コア 1 個の構成を示す斜視図である。

【図 3】図 2 のコアをコア片に分解した様子を示す斜視図である。

【図 4】トランス 1 0 0 の構成を示す上面図である。

【図 5】図 4 の V - V 断面図である。

【図 6】図 4 の V I - V I 断面図である。

【図 7】コア群 1 0 1 と巻線群 1 0 3 で構成されている風路部分を抜き出した模式図である。

【図 8】組立状態のトランス 1 0 0 の全体構造の斜視図である。

【図 9】トランス 1 0 0 の主な構造部材をわかりやすいように示した分解斜視図である。

50

- 【図10】コアホルダ部品を示す斜視図である。
- 【図11】下部用のコアホルダ部品203aの上面図である。
- 【図12】下部用のコアホルダ部品203aの正面図である。
- 【図13】下部用のコアホルダ部品203aの側面図である。
- 【図14】図11に示すコアホルダ部品203aのXIV-XIV断面図である。
- 【図15】コアホルダ部品203aを配列した際の様子を示した上面図である。
- 【図16】ダクト冷却機構を追加したトランスの上面図である。
- 【図17】ダクト冷却機構を追加したトランスの正面図である。
- 【図18】ダクト冷却機構を追加したトランスの側面図である。
- 【図19】実施の形態1における電力変換装置の回路図である。 10
- 【図20】図19の回路接続例の動作タイミングチャートである。
- 【図21】実施の形態2に係るコイル装置の一例であるトランス1100の構成を示す上面図である。
- 【図22】図21に示すトランスのXXII-XXII断面図である。
- 【図23】コア群101、または102の断面図である。
- 【図24】コア表面積の増加率と、コア群を構成するコア数の関係を示したグラフである。
- 【図25】コア群を異なった磁路断面形状のコアで構成した場合の差異を図示したコア群の断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0014】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則として繰り返さない。

##### 【0015】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1のコイル装置の構成を示す斜視図である。図1には、コイル装置の一例として、電力変換等に用いられる高周波用のトランス100の構成が示される。

##### 【0016】

最初に、実施の形態1の電磁気回路を主体とした基本構成について説明する。トランス100は、コア群101、102と巻線群103により構成されている。

##### 【0017】

コア群101は、各々が独立した環状の閉磁路を持つ複数のコア101a~101gが、磁路が並列になるように配置された、コア組立品(アセンブリ)である。実施の形態1では、コア101a~101gとしてフェライトコアを使用している。コア群102およびコア102a~102gについてもコア群101およびコア101a~101gと同様である。各コアの構成の詳細については後述する。

##### 【0018】

巻線群103は、各々が導線を巻回して筒状に形成された第1の巻線層103a、第2の巻線層103b、および第3の巻線層103cを含む。巻線群103は、3つの巻線層からなる巻線の組立品である。

##### 【0019】

第1の巻線層103a、第2の巻線層103b、および第3の巻線層103cは、巻線層間にいくつかの棒状の構造材(非図示)を挟み込むことによって、保持および固定されている。これらの巻線層の固定構造は、トランス巻線の一般的な固定構造であるから詳細な説明は省略する。第1の巻線層103aとコア群101、102の間隔の保持および固定、ならびに、第3の巻線層103cとコア群101、102の間隔の保持および固定についても巻線層間と同様である。

##### 【0020】

第1の巻線層103aと第3の巻線層103cとが並列、または、直列に電気接続されてトランス100の1次巻線を構成する。第2の巻線層103bがトランス100の2次巻線を構成する。図1の通り巻線群103は、3重の層構成になっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

すなわち、2次巻線を構成する第2の巻線層103bの外周側には、間隔をあけて1次巻線を構成する第1の巻線層103aが配置され、第2の巻線層103bの内周側に間隔をあけて1次巻線を構成する第3の巻線層103cが配置される。巻線群103は、第1巻線層103aと第3巻線層103cとの間に第2巻線層103bが配置されたサンドイッチ構造となっている。

## 【 0 0 2 2 】

巻線層103a, 103b, 103cの間隔をあけることによって、1次巻線と2次巻線の絶縁を確保できる。つまり、サンドイッチ構造によって、1次巻線と2次巻線の絶縁性能向上による高耐圧化が期待できる。また、巻線群103は、2次巻線を1次巻線で挟み込むサンドイッチ構造を有するため、1次巻線と2次巻線の漏れ磁束を軽減し、間隔をあけることによって生じる磁気結合の悪化を抑制することができる。

10

## 【 0 0 2 3 】

サンドイッチ構造によって、電磁結合を維持することによる高効率化、巻線層間の浮遊静電容量を小さくすることによる高周波化および高効率化、巻線層の冷却性向上による小型化も期待できる。

## 【 0 0 2 4 】

また、間隔を設けて配置した複数の巻線層で巻線群を構成しているため、巻線は複数の巻線層に分割されるため、その結果、1つの巻線層の厚みは薄くなり、表皮効果による銅損を低減し高効率化できる。

20

## 【 0 0 2 5 】

なお、実施の形態1では2次巻線を1次巻線で挟んだ巻線配置の例を示しているが、この配置には限定されない。たとえば、巻線群は、1次巻線を2次巻線で挟んだ配置の構成であってもよく、他にも、1次巻線と2次巻線がそれぞれ複数の巻線層で構成されて交互に間隔をあけて配置した構成であってもよい。

## 【 0 0 2 6 】

1次入力端子104は、第1の巻線層103aの導線端部と第3の巻線層103cの導線端部に接続されている。また、2次出力端子105は、第2の巻線層103bの導線端部に接続されている。通常、これらの端子と導線端部との接続は、一般的な方法である、ろう付け、溶接、ねじ締結などによってなされるので説明は省略する。

30

## 【 0 0 2 7 】

図1に示す通り、コア群101を構成する、独立した環状の閉磁路を持つ7個のコア101a~101gは、磁路と交差する方向、好ましくは垂直方向に間隔をあけて整列配置されている。実施の形態1では空冷によりトランス100を冷却するため、隣接するコアとコアの間隔は、自然対流による空冷の場合では、コアの大きさにかかわらず10mm以上を確保することが好ましい。これにより、空気の粘性の影響を少なくしコア間に空気の対流を生じさせることができる。なお、強制空冷の場合は、コア間隔は、10mmより狭い間隔でもよい。

## 【 0 0 2 8 】

コア群102も、コア群101と同様に、整列配置された7個のコア102a~102gにより構成されている。

40

## 【 0 0 2 9 】

コア群101とコア群102は、それぞれ間隔をあけて2列に配置されている。したがって、合計14個の磁路を構成するコアは、行列状に配置されている。14個のコア101a~101g, 102a~102gの各々は、さらに複数のコア片で構成されている。

## 【 0 0 3 0 】

図2は、コア1個の構成を示す斜視図である。図3は、図2のコアをコア片に分解した様子を示す斜視図である。図2には、コア101a~101g, 102a~102gの各々のコアを、コア101xとして代表的に示す。

## 【 0 0 3 1 】

50

コア101xは、2個のUの字型のコア片101xaと、6個のIの字型のコア片101xbとを含む。高周波用トランスに使用するフェライトコアは、焼成によって製造するため、小型のものほど焼成時間が短く特性も安定し損失が軽減されることが知られている。コア101a～101gの各々は、長辺150mm程度以下のコア片101xaおよび101xbを複数用いて構成している。長辺150mmは、焼成製造可能なフェライト片の最大サイズである。実施の形態1におけるトランス100は、コア群101とコア群102を2列に配列し、さらに各コアも多数のコア片で磁路を形成している。このため、大型のフェライトコアを用いるより調達が容易であり、低コストで、低損失な磁路の形成が可能となり高周波用トランスの高効率化ができる。

#### 【0032】

最終的に磁路が構成された状態で磁路に複数のコアギャップ101xcが挿入されている。コアギャップ101xcは、磁路を分断させる非磁性体の領域である。コアギャップ101xcの磁路方向の厚みが大きいと漏れ磁束が多くなりトランスとしての特性は悪化する。コアギャップ101xcの磁路方向の寸法の目安としてはコアの磁路断面を構成する4辺のうちの長辺の5%以下が好ましい。

#### 【0033】

コアギャップ101xcに用いるコアギャップは、空気でもよいが、構造上の固定を考慮し通常はコアギャップ部材を挟み込んで構成する。コアギャップ部材は磁束が通過するため非磁性で導電率の低いものが好ましく、非金属が使用される。

#### 【0034】

コア101xは8個のコア片101xbで構成されているため8か所のコアギャップを設けることが可能である。実施の形態1では、8か所のうちコア中央部分で巻線群により完全に覆われる部分の4か所にコアギャップを設けて漏れ磁束によって発生する損失を低減している。

#### 【0035】

コアの材料には高周波で低損失なフェライトが用いられている。ただし、フェライトの比透磁率は通常2000～6000程度であり、製造工程において比透磁率のばらつきが大きく、使用時の温度によっても比透磁率は大きく変化する。実施の形態1のようにコア群101の磁路とコア群102の磁路を並列にして用いると、各コアの比透磁率の変化に伴い各コアの磁束密度がばらつき、損失の増加、および磁束飽和の恐れが生じる。図2に示すように、すべてのコアにコアギャップを挿入することで、並列に配置したコア間の比透磁率のばらつきを10%以下に押さえることができる。

#### 【0036】

なお、コアギャップを挿入した際はトランス磁路の磁気抵抗が上昇してみかけの透磁率が低下する。励磁インダクタンスのばらつきとトランスの損失はトレードオフの関係となり、適切なコアギャップで設計したトランスの励磁インダクタンスは、コアギャップがない場合に比べて1/10～1/30程度となる。当然、励磁インダクタンスの低下により励磁電流が増加するが、前述のとおりフェライトコアの比透磁率は2000～6000と非常に大きいため、励磁インダクタンスの低下がトランスの動作や損失上問題になることはない。

#### 【0037】

次に実施の形態1におけるトランス100の冷却構造について説明する。図4は、トランス100の構成を示す上面図である。図5は、図4のV-V断面図である。図6は、図4のVI-VI断面図である。

#### 【0038】

コア101a～101gはコア群101を構成しており、コア102a～102gはコア群102を構成している。

#### 【0039】

各コアとコアの隙間には、コア風路106が形成されている。コア風路106は、対向したコアの面によって形成されるため、7個のコアによって6か所、14個のコアによっ

10

20

30

40

50

て12か所のコア風路が形成されることになる。

【0040】

巻線層と巻線層の間には、巻線風路107が形成されている。巻線風路107は、対向した巻線層の面によって形成されるため、3層の巻線層によって2か所の巻線風路が形成されることになる。

【0041】

トランス100を構成する巻線群103の巻線の長さ方向、すなわち、巻線群103の内側に発生する磁束の方向を第1方向とすると、第1方向から見た際に、コア101a～101g、102a～102gと第1の巻線層103a～第3の巻線層103cが格子状に配置されており、コア巻線風路108が多数形成される。図6の破線矢印に示すように風が流れる場合、下部のコア風路106、巻線風路107、上部のコア風路106の順に風が通過する。また、コア群101とコア群102とは間隔をあけて配置されているので、コア群間の通風路109が形成されている。

10

【0042】

図7は、コア群101と巻線群103で構成されている風路部分を抜き出した模式図である。図7を参照して、トランス100のコアと巻線の冷却について概要を説明する。

【0043】

実線、および破線で示した矢印は冷却風110を示しており、トランス100の下面から冷却風が供給されているが図7に示される。

【0044】

下面から流れる冷却風110は、コア101a～101gの間隙に構成される下部のコア風路106を最初に通過する。この部分を、コア冷却区間109bとする。コア風路106は風が流れる方向から見て断面がスリット状になっていると同時に、風路長がコアの磁路断面の幅分で短いため、コア冷却区間109bの圧力損失は、比較的小さい。

20

【0045】

次に、冷却風110は、巻線風路107に導かれる。巻線風路107も風の流れる方向から見た断面がスリット状であり、冷却風110は、第1の巻線層103a～第3の巻線層103cの表面を通過する。この部分を巻線冷却区間109cとする。

【0046】

最後に、冷却風110は、上部のコア風路106を通過する。この部分をコア冷却区間109dとする。

30

【0047】

以上の通り、冷却風110はコア冷却区間109b、巻線冷却区間109c、コア冷却区間109dの順にコア-巻線冷却区間109aを通過する。図示の通り、各冷却区間を冷却風110が通過するたびにスリットの間隔は90度変わる。冷却風110は大きく広がらずに直進し、効果的にコアと巻線を冷却する。

【0048】

次に、冷却風の流れについて、再び図5および図6を参照してより詳細に説明する。

図5および図6の矢印付き破線は冷却風110の流れを示している。トランス100の下面から冷却風110を供給すると、冷却風は、まず、各コア間に12か所が形成されたコア風路106を通過する。冷却風110には、コア風路からトランス外周側へ流れ出す冷却風110aとコア群間の通風路109のほうへ流れ出す冷却風110bが含まれる。

40

【0049】

コア風路からトランス外周側へ流れ出す冷却風110aはそのままトランス100の外周へ排気されるが、コア群間の通風路109のほうへ流れ出す冷却風110bは、隣り合った列のコア群の冷却に寄与する。前記の通り、コア風路106の通過区間は短いため、流れ出す冷却風は一部である。

【0050】

コア風路106を通過した冷却風110の中央部分の風は、巻線風路107を通過する。巻線風路107の間隙では、図5に示す巻線層の巻回方向に流れる冷却風110cとな

50

って冷却風が広がるが、両側の巻線風路 107 から巻線層の巻回方向に流れる冷却風 110c が侵入する。このため、冷却風 110 が冷却風 110c となってトランス 100 の外側に流れ出す量は限られる。また、巻線層間を保持する構造材（非図示）などにより、巻線風路 107 内を冷却風が通過する際の、巻線層巻回方向の冷却風の広がりには容易に制御が可能である。

【0051】

発熱体から熱伝達、または、熱伝導によって放熱する場合、熱伝達率および熱伝導率は発熱体の面積と比例することは周知であり、発熱体の面積が広いほど冷却性は向上する。実施の形態 1 では、発熱体となるコア群 101、102、巻線群 103 の表面積の大半は、空気に面しており、かつ冷却風に接することができる。

10

【0052】

以上に記載のように、トランス 100 の下面から流された冷却風は、コア相互間、巻線層相互間で形成されるダクト状の風路を通過する。ダクト状の風路は、すなわち、コア風路 106、巻線風路 107、これらにより形成されるコア巻線風路 108、コア群間の通風路 109 である。これらの風路が形成されるコア群 101、102、巻線群 103 の表面の大半には冷却風が供給されるため、コア群および巻線群を効果的に冷却することができる。

【0053】

コア群間の通風路 109 が設けられているので、磁路を構成するすべてのコアが風路に面しており、コアの均一な冷却が可能になる。フェライトコアは熱伝導率が  $4 \sim 5 [W/m \cdot K]$  と悪いので、コア表面の冷却性はトランスの小型化に大きく寄与する。

20

【0054】

また、フェライトコアは温度により損失が変化する。単位体積当たりのフェライトコア損失は  $80 \sim 100$  で最小となるのが一般的である。すなわち、巻線の導電線および巻線に使用される絶縁材料に比べると、フェライトコアは低い温度で使用しなければならない。したがって、フェライトコアの冷却性の向上はトランスの高効率化に寄与する。

【0055】

冷却風は送風ファンなどによって送られた風でもよい。しかし、通風路 109 を設けた構成では、自然対流によって生じる空気の流れでも効果的に冷却が可能である。

【0056】

自然対流による空冷では、空気の粘性および圧力損失によって、コア相互間、巻線層相互間の風路には空気が流れにくくなる。このため、風路にある程度の幅は必要となり、 $10 \text{ mm}$  程度の幅を確保するとよい。実施の形態 1 では、コア風路 106、巻線風路 107 は、ともにスリット形状であり、四方を囲まれる矩形のダクトに比べると気流の圧力損失は低く押さえられ、流速が速く冷却性にすぐれる。

30

【0057】

実施の形態 1 では空気の流れによる冷却方法の例を示しているが、他の気体、あるいは、トランスを容器内に収納し絶縁性のある液体に浸して、その気体または液体を対流させても同様の効果が得られる。

【0058】

また、実施の形態 1 の構成では、発熱する構成部品であるコア、巻線の表面積が最大限生かせるため、トランス全体を容器内に収納し樹脂または金属などの熱伝導材料を配置、充てんした場合も、コア～容器、巻線～容器間の熱抵抗を低くできる。したがって、熱伝導により容器まで熱輸送して冷却する際にも冷却性が向上する。

40

【0059】

なお、実施の形態 1 では、U の字型のコアを対向させてできるコアを二列に配置して外鉄型のトランスを構成しているが、E の字型のコアを一列に配置して同様の磁路を形成してもよい。この場合は、コア群間の通風路 109 は形成されず、コア群を構成するコアは長く大型になるが、構成するコアの数が少なくなり、コアの固定も簡素化できるため組立性が向上する。

50

## 【 0 0 6 0 】

次に、実施の形態 1 におけるトランス 1 0 0 の具体的な組立構造について説明する。図 8 は、組立状態のトランス 1 0 0 の全体構造の斜視図である。図 9 は、トランス 1 0 0 の主な構造部材をわかりやすいように示した分解斜視図である。

## 【 0 0 6 1 】

コア群 1 0 1、および、コア群 1 0 2 は、上部コアホルダ 2 0 2、および、下部コアホルダ 2 0 3 により、上下から挟み込むように保持される。この状態では、上部コアホルダ 2 0 2、および、下部コアホルダ 2 0 3 により、各コアの間隔が保持されている。

## 【 0 0 6 2 】

高周波用のトランスの場合はフェライトコアを用いることが多く、フェライトコアは焼成セラミックスであり割れやすいため、上部コアホルダ 2 0 2、下部コアホルダ 2 0 3 の材料には、十分な強度があり、かつ金属よりも弾性を持つ樹脂成形品、たとえば、ナイロン、PPS (Poly Phenylene Sulfide) などの成形品が用いられている。

10

## 【 0 0 6 3 】

大型の樹脂成形品は、成形金型も大型になり精度の確保が困難で高コストになる。したがって、実施の形態 1 では、上部コアホルダ 2 0 2、下部コアホルダ 2 0 3 を、複数のコアホルダ部品 2 0 3 a を配列して構成した例を示している。

## 【 0 0 6 4 】

上部コアホルダ 2 0 2、下部コアホルダ 2 0 3 について詳細を説明する。図 1 0 は、コアホルダ部品を示す斜視図である。図 1 1 は下部用のコアホルダ部品 2 0 3 a の上面図である。図 1 2 は下部用のコアホルダ部品 2 0 3 a の正面図である。図 1 3 は下部用のコアホルダ部品 2 0 3 a の側面図である。

20

## 【 0 0 6 5 】

コアの固定には、図 1 0 に示したコアホルダ部品 2 0 2 a、2 0 3 a を用いる。コアホルダ部品 2 0 2 a、2 0 3 a のトレイ状底部の内面をフェライトコアの形状に合わせた曲率にする。また、コアホルダ部品 2 0 2 a、2 0 3 a のトレイ状の底部は、コアホルダ部品 2 0 2 a、2 0 3 a の下端から浮いた状態で同一成形のリブで補強する。このような構造とすることによって、フェライトコアに加わる応力を緩和しトランスの耐振動性を向上させることができる。

## 【 0 0 6 6 】

コアホルダ部品 2 0 3 a は、概ねトレイ状の形状をしており、一つの長辺の両端下部に固定用のホルダ台座 2 0 3 d、および、ホルダ台座 2 0 3 e が設けられている。ホルダ台座 2 0 3 e には、ねじ取り付け用の穴が設けられ、ホルダ台座 2 0 3 d には、半円状の切り欠きが設けられている。また、ホルダ台座 2 0 3 e およびホルダ台座 2 0 3 d は、ともに第 1 方向から平面視した際に凸型の形状に成形されている。

30

## 【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、図 1 1 に示すコアホルダ部品 2 0 3 a の X I V - X I V 断面図である。コアホルダ部品 2 0 3 a のトレイ状底部の内面は、図 1 4 に示すように U の字型フェライトコアの形状に合わせた曲率を有する形状に成形されており、フェライトコアを装着した際に隙間が少なく安定に保持ができる。

40

## 【 0 0 6 8 】

コアホルダ部品 2 0 3 a のトレイ状の底部は、コアホルダ部品 2 0 3 a の下端から浮いた状態で同一成形のリブで補強されており、フェライトコアに加わる応力を緩和している。

## 【 0 0 6 9 】

なお、全く同じ形状のものを上下反転させて使用することによって、上部用のコアホルダ部品 2 0 2 a と下部用のコアホルダ部品 2 0 3 a とを共通化している。したがって、上部用のコアホルダ部品 2 0 2 a の説明は省略する。

## 【 0 0 7 0 】

コアホルダ部品 2 0 2 a を複数配列させることによって上部コアホルダ 2 0 2 が形成される。また、コアホルダ部品 2 0 3 a を複数配列させることによって、下部コアホルダ 2

50

03が形成される。

【0071】

図15は、コアホルダ部品203aを配列した際の様子を示した上面図である。コアホルダ部品には、複数のコアホルダ通風路203cが構成されている。コアホルダ部品203aのホルダ台座203dおよびホルダ台座203eを凸型形状にすることで、下部コアホルダ203として配列した際に、各コア間および巻線層間に風を流すための通風用の穴が形成される。

【0072】

なお、上部コアホルダ202、下部コアホルダ203を、複数のコアホルダ部品202a, 203bを用いずにそれぞれ単体で構成した場合でも、複数のコアホルダ通風路203cを設けることに変わりはない。

10

【0073】

図9、図15に示したように、コアの配置、固定には、コアホルダ部品202a、203aを複数用いることによって、コア101a~101g、コア102a~102gの並列数を自在に変更することが可能となる。このため、異なる出力容量の高周波用トランスを製造する場合にも、新たに形状の異なった樹脂成形品の金型を作成する必要がなくなる。このため、共通部品を用いて自在に数を変更して仕様に応じた最適な磁気回路を構成することが可能になり、低コスト化、短納期化、小型化ができる。

【0074】

上部コアホルダ202、下部コアホルダ203は、そのままでは機構的に連結されないため、それぞれ、図9に示した上部押さえ板201、下部押さえ板204により保持固定されると同時に配列されている。上部押さえ板201、下部押さえ板204には、各コア間および巻線層間に風が流れるよう通風用の穴が設けられている。

20

【0075】

上部押さえ板201、下部押さえ板204には、金属以外であっても、機械的な強度を有する材質であれば汎用の樹脂板を加工したものなどを使用することができる。

【0076】

図8に示すように、上部押さえ板201と下部押さえ板204はボルト206によって締結および固定され、トランス100の全体構造を形成する。

【0077】

トランス100の下部には通風用のスペースが必要であるから、下部台座205によりトランス100の下部を設置面から浮かすことで吸気通路を確保している。

30

【0078】

なお、実施の形態1では、上部コアホルダ202、下部コアホルダ203を、それぞれ複数のコアホルダ部品202a, 203bを用いて構成しているが、上部コアホルダ202、下部コアホルダ203を、それぞれ単体で構成した場合、コアホルダ部品202a, 203bの連結が不要となり、上部押さえ板201、下部押さえ板204も無くすることができるため、組立性が向上する。

【0079】

以上に述べたような構成とすることによって、一体で構成した巻線とコアの一部のみを冷却する従来例に比べ、巻線とコアの表面積が増大し、大幅に冷却性が向上し小型化ができる。

40

【0080】

図4~図6に示したように、各コアの隙間にコア風路106を形成し、各巻線層の隙間に巻線風路107を形成する。風の流れる方向に沿ってコア風路106と巻線風路107を交互に風が通過するコア巻線風路108が、複数、格子状に形成される。これによってコアの冷却表面積および巻線の冷却面積が拡大され、別途の部材を必要とせず冷却風路のダクトが形成できる。このような構成とすることによって、コアの冷却性と巻線の冷却性とが向上し、部材の削減による信頼性の向上、小型化、高効率化が同時に実現できる。

【0081】

50

コアギャップを有する複数のコアを並列に間隔をあけて配置することによって、複数のコアの損失ばらつきを押さえ、空冷時の風路を形成しつつ、コアの冷却面積を大きくできるので冷却性が向上し、トランスを小型化できるとともに、配置されたコアが相互に接触することが無いため、振動が加わった際にコア同士が擦れ合って破損するリスクを回避でき、耐振動性が向上する。

【0082】

さらに、間に空間を設けてコア群101とコア群102とを配置したため、コア群間の通風路109が形成されている。トランス100を冷却する風路は、コア風路106、巻線風路107、これらにより形成されるコア巻線風路108、コア群間の通風路109である。このようなトランス100の構成では、磁路を構成するすべてのコアが風路に面するため、コアの均一な冷却が可能になり、小型化、高効率化ができる。

10

【0083】

巻線においても複数の巻線層として、コア群101、コア群102の隙間から冷却風が供給されるため、すべての巻線、すべてのコアの表面にダクトにより整流された冷却風を流すことができ、小型化、高効率化ができる。

【0084】

(変形例)

実施の形態1ではトランス単体での冷却機構について述べたが、冷却を補助するダクト冷却機構の追加によって、さらに効果的な冷却が可能である。

【0085】

図16は、ダクト冷却機構を追加したトランスの上面図である。図17は、ダクト冷却機構を追加したトランスの正面図である。図18は、ダクト冷却機構を追加したトランスの側面図である。

20

【0086】

ダクト冷却機構は、トランスの周囲に設けられた外周ダクト301と、送風ファン302とを含む。外周ダクト301とトランスの外周包絡線304との間に通風路が形成される。コア群101、102と外周ダクト301の間には、コア外周の通風路303aが形成される。また、巻線群103と外周ダクト301の間には、巻線外周の通風路303bが形成される。

【0087】

外周ダクトを設けない場合、図6の側面図に示す冷却風110、110a～110cからもわかるように、実施の形態1のトランス100の冷却構造はトランス構造物を内側から冷却するものであり、外周包絡線304に示す外側の冷却性は、内側より低い。

30

【0088】

図16～図18に示す変形例では、外周ダクト301によってコア外周の通風路303aを形成する。このため、凹凸形状で表面積の大きいコア群101、コア群102の外側を冷却風110aが流れるので、図6の構成よりもさらに冷却性が向上し小型化、高効率化できる。

【0089】

また、巻線群103と外周ダクト301によって形成される巻線外周の通風路303bについても同様な効果が得られる。

40

【0090】

材質に樹脂等の絶縁材料を用いることによって、トランスの絶縁機能を有する外周ダクト301を構成することができる。また、材質に金属材料を用いることによって、トランスの輻射ノイズのシールド機能を有する外周ダクト301を構成できる。

【0091】

図16からわかるように、巻線外周の通風路303bよりも、コア外周の通風路303aの効果が大きいので、外周ダクト301は、4面を囲うものでなく、コア群101、コア群102に面する2面のみを覆う構成としてもよい。

【0092】

50

いずれの場合も、外周ダクト301を別部材として設けてもよいが、トランスが収納される機器筐体の一部を流用してダクトを構成してもよい。

【0093】

また、コア外周の通風路303aおよび巻線外周の通風路303bによって煙突効果が生じるため、送風ファン302を設けていない構成であっても自然対流時の冷却性は向上する。

【0094】

実施の形態1では、巻線群103が複数の第1の巻線層103a～第3の巻線層103cで構成された例を示しており、各巻線層は筒状の単一の巻線層を用いた例を示したが、巻線層は、たとえば、図17、図18における上下方向に複数に分割されていてもよい。この構成では、巻線群103にスリット状の空間が形成されるため、主たる磁路の方向に対して垂直の方向、すなわち図17、図18における横方向の気流で冷却することもできる。

10

【0095】

また、実施の形態1では、コア群101、コア群102がそれぞれ7個のコアで構成され、コア群相互が間隔をあけて2列に整列配置され、合計14個のコアが、磁路が並列になるように配置されている例を示した。ただし、コア群101、コア群102の個数、列数は例示した数である必要はなく、複数のコアが間隔をあけて配置されたコア群を構成していれば同様の効果が得られる。

【0096】

なお、複数のコアを、間隔をあけて配置したコア群において、コア群を構成するコア数には適値がある。また、コア数の適値は、コアの磁路断面形状によっても異なる。以下にコア数の適値と、コア磁路断面形状の関係について説明する。

20

【0097】

図23は、コア群を第1方向から見たコア群断面図である。c1はコア幅、c2はコア厚、c3はコア間の間隔を示している。コアの磁路断面は方形であるので、コアの磁路断面積は、コア幅c1とコア厚c2の積となり、コア側面のコア表面積はコア幅c1とコア厚c2の和に比例する。複数のコアを、間隔をあけて配置したコア群のコア表面積は、コア間の間隔c3が0のコア群、すなわち、複数のコアで構成されない場合に比べて、コア幅c1に相当するコア表面積が増加する。

30

【0098】

図24は、このコア表面積の増加率と、コア群を構成するコア数の関係を示したグラフである。また、図25は、コア群を異なった磁路断面形状のコアで構成した場合の差異を図示したコア群断面図である。

【0099】

コア磁路断面積( $c1 \times c2$ )を一定とした場合、コアの磁路断面形状の幅と厚さの比率であるコア断面比率( $c1 / c2$ )が大きいほどコア表面積増加率は大きく、また、コア数の多い領域までコア表面積増加率の上昇が継続している。コア表面積増加率は $(c1 + c2) / c2$ が最大値で、コア表面積増加率の最大値の0.9倍に達するコア数は $(c1 / c2) \times 9$ 個となり、これを大きく超えるコア数の領域ではコア表面積増加率の上昇割合は低下している。すなわち、図24のグラフに示す一点鎖線より左側の領域で、コア表面積増加率の上昇が大きい。一方、本発明では巻線層とコアを直交する配置として格子状の空間を形成することで効果的な冷却を実現していることは前述のとおりであるが、コア数が2の場合は、格子状の空間は1列のみになってしまう。したがって、コア数は少なくとも3以上、すなわち、格子状の空間は2列以上設けることが好ましい。

40

【0100】

以上より、顕著なコア表面積の増加が得られるコア数は、3以上、かつ $(c1 / c2) \times 10$ 以下であり、 $(c1 / c2)$ が大きいほど、効果的にコア表面積を増加させることができるコア数を選定する範囲が広くなると言える。

【0101】

50

コア内を通る磁束は磁気抵抗の低い磁路、すなわち環状磁路においては磁路の内側に集中し磁束密度に偏が生じる。コアの $(c1/c2)$ が大きくなるほどコア磁路断面における磁束密度の偏りが大きくなりコアの断面積利用率が低下する。

【0102】

したがって、図24のカーブからも判断し、コア断面比 $(c1/c2)$ は $0.5 \sim 2$ の間とするのが適切である。

【0103】

また、実施の形態1では、コアにフェライトコアを用いた例を示したが、他の種類のコア、たとえば、ケイ素鋼板、アモルファスコア、ナノ結晶コア、ダストコアなどフェライト以外のコアを用いても同様の効果が得られる。なお、ダストコアの場合、絶縁された磁性粉末を焼結した構造上、分散ギャップを有するため、実施の形態1に記載のコアギャップは不要である。

10

【0104】

以上、高周波用トランスについて実施の形態1を説明した。このようなトランスは、通常、電力変換装置に組み込まれ、高周波インバータが出力する交流電圧で1次巻線が駆動され、2次側に電力を伝達するとともに、1次側と2次側とを絶縁する目的で使用される。

【0105】

なお、実施の形態1では、高周波用トランスの実施例を示したが、本構造の基本構成を高周波用リアクトルに応用しても同様の効果が得られる。トランス100では、2次巻線の両側に、間隔をあけて1次巻線を構成するサンドイッチ構造として、1次巻線と2次巻線の絶縁を確保し、巻線層間の浮遊静電容量を低減しつつ、良好な電磁結合性を維持した。これに対し、高周波用リアクトルの場合は、巻線層相互の間隔を設けることによって、絶縁の確保、浮遊静電容量の低減に加えて、近接効果による銅損を低減し高効率化できる。

20

【0106】

次に、実施の形態1におけるトランス100を用いた電力変換装置の回路動作の一例を説明する。

【0107】

図19は、実施の形態1における電力変換装置の回路図である。図19では、代表例として鉄道車両用の補助電源装置などに使用する直流 直流変換装置の回路例を示している。

【0108】

電力変換装置500は、入力端子501と、平滑コンデンサ502と、高周波用のインバータ503と、トランス100と、制御回路504と、2次側の整流回路505と、平滑リアクトル506と、2次側の平滑コンデンサ507と、フォトカプラ508と、2次電圧電流検出回路509と、出力端子510とを備える。

30

【0109】

入力端子501の $+V_i$ 端子と $-V_i$ 端子の間には入力電圧として直流電圧 $V_i$ が印加される。入力された直流電圧 $V_i$ は、そのまま1次側の平滑コンデンサ502に充電され、これにより平滑され安定化した1次平滑電圧 $V_c$ が生成される。

【0110】

1次平滑電圧 $V_c$ は、インバータ503へ供給される。インバータ503は、ブリッジ型に接続された、1次MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) 503a ~ 503dによって構成される。

40

【0111】

図20は、図19の回路接続例の動作タイミングチャートである。

制御回路504は、1次MOSFET 503a ~ 503dのオン制御信号 $S_a \sim S_d$ を図20に示すタイミングで生成する。

【0112】

1次MOSFET 503a ~ 503dは、オン制御信号 $S_a \sim S_d$ に応じて図20の時刻 $t_1 \sim t_6$ に示す順にスイッチングされる。これにより、1次平滑電圧 $V_c$ は、トランス100に1次電圧 $V_T$ として与えられる。

50

## 【0113】

その結果、トランス100の1次電圧 $V_T$ は、図20に示すような矩形波の交流となる。なお、トランス100の1次電圧 $V_T$ は、励磁エネルギーによる逆起電圧のため、オン制御信号 $S_a \sim S_d$ とは完全に同相とはならない。

## 【0114】

トランス100の2次電圧は、整流回路505で全波整流される。整流回路505は、2次整流ダイオード505a～505dで構成される。整流回路505の出力電圧は、2次全波整流波形 $V_{2R}$ となる。2次全波整流波形 $V_{2R}$ は、平滑リアクトル506、および、2次側の平滑コンデンサ507によって平滑され、その結果、出力端子510に出力電圧 $V_o$ が出力される。

10

## 【0115】

2次電圧電流検出回路509は、出力電圧 $V_o$ と出力電流 $I_o$ とを検出し、フォトカプラ508を介してフィードバック信号を制御回路504に伝達する。

## 【0116】

制御回路504は、2次電圧電流検出回路509から伝達されたフィードバック信号に基づいて、オン制御信号 $S_a \sim S_d$ のパルス幅を制御し、出力電圧 $V_o$ と出力電流 $I_o$ を適切な値に制御する。

## 【0117】

高周波で動作するこのような電力変換装置500では、一般的に、インバータ503、トランス100、平滑リアクトル506の損失が大きく、全体の損失の8～9割を占めるため、これらの部品が電力変換装置の効率を大きく左右する。

20

## 【0118】

電力変換装置の構成部品の中でも、トランス100と平滑リアクトル506は、形状が大きく、重量も重い場合、電力変換装置500を大型化、高コスト化する主要因である。実施の形態1に示すトランス、または、これに準じた冷却構造の平滑リアクトルを、高周波インバータによって駆動する場合、コアを構成するフェライトコア1個あたりの形状が小型となる。このため、フェライトコア製造における焼成に対する特性変化の感度が抑えられ、高周波における鉄損を低減できる。

## 【0119】

また、コアの冷却性が良く温度上昇を抑えることができるため、鉄損を低減できる。

30

また、巻線層により、巻線相互間の距離が保たれているため、巻線間の近接効果および、巻線の表皮効果が低減するとともに巻線層間の浮遊静電容量が低減し、高周波における銅損を低減できる。

## 【0120】

以上の結果、実施の形態1のコイル装置を用いることによって、電力変換装置を高効率化、小型化、軽量化、低コスト化できる。

## 【0121】

なお、実施の形態1では、PWM (Pulse Width Modulation) 制御による絶縁型フルブリッジコンバータの例を示したが、制御方式はPWM制御に限られず、位相制御等の他の方式でもよい。また、回路方式も、他の方式でもよく、印加する電圧も矩形波に限らず正弦波であっても同様な効果を得ることができる。

40

## 【0122】

また、インバータ503に使用するスイッチング素子はMOSFETの例を示したがIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) など他の種類のパワー半導体を用いてもよい。

## 【0123】

また、実施の形態1では電力変換装置として直流 直流変換装置の例を説明したが、図19の構成から整流回路505、平滑リアクトル506、平滑コンデンサ507などを取り除いた構成とすれば、高周波交流電圧を出力する直流 - 交流変換装置とすることもできる。

50

## 【 0 1 2 4 】

実施の形態 1 に示す電力変換装置の出力電力は、主に 10 kW ~ 1000 kW が想定される。直流 直流変換装置の用途としては、電気自動車用充電器、鉄道車両用補助電源装置、直流送電用電力変換装置などがあげられる。また、高周波交流電圧を出力する直流 - 交流変換装置の用途として、電磁誘導加熱装置、非接触給電装置、レーザー加工機用電源などがあげられる。このように、実施の形態 1 に示すコイル装置および電力変換装置は、幅広く展開活用が可能である。

## 【 0 1 2 5 】

なお、自然空冷では 10 kW 以上で高い冷却効果が得られるが、強制空冷など他の冷却方法では、10 kW 未満の用途でも実施の形態 1 のコイル装置の特長を生かした活用が可能である。

10

## 【 0 1 2 6 】

実施の形態 2 .

図 2 1 は、実施の形態 2 に係るコイル装置の一例であるトランス 1 1 0 0 の構成を示す上面図である。実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様に、コイル装置が高周波用のトランスである場合について説明する。実施の形態 2 に係るトランス 1 1 0 0 の構成は実施の形態 1 に係るトランス 1 0 0 と共通する部分があるため、図 4、図 6 に示した構成との差異について説明し、詳細部分の説明を省く。

## 【 0 1 2 7 】

トランス 1 1 0 0 は、コア群 1 1 0 1 と巻線群 1 1 0 3 とにより構成されている。巻線群 1 1 0 3 は、第 1 の巻線層 1 1 0 3 a と、第 2 の巻線層 1 1 0 3 b と、第 3 の巻線層 1 1 0 3 c とを含む。コアの数および配置ならびに巻線層の形状が異なる点を除けば、トランス 1 1 0 0 は、実施の形態 1 に示すトランス 1 0 0 と同様な基本構成である。

20

## 【 0 1 2 8 】

コア群 1 1 0 1 は、それぞれが閉磁路を有する 12 個のコア 1 1 0 1 A ~ 1 1 0 1 L を含む。コア 1 1 0 1 A ~ 1 1 0 1 L は、巻線群 1 1 0 3 の巻線の長さ方向、すなわち、巻線群 1 1 0 3 の内側に発生する磁束の方向を第 1 方向とすると、第 1 方向から見た際に、放射状に間隔をあけて配置されている。

## 【 0 1 2 9 】

コア 1 1 0 1 A ~ 1 1 0 1 L の各々は、実施の形態 1 と同様、図 3 に示す複数のコアギャップ 1 0 1 x c を有する。

30

## 【 0 1 3 0 】

実施の形態 1 と同様に、各コアとコアの隙間には、コア風路 1 1 0 6 が形成されている。コア風路 1 1 0 6 は、隣接したコアの対向面によって形成されるため、12 個のコアによって 12 か所のコア風路が形成される。

## 【 0 1 3 1 】

巻線層と巻線層の隙間には、巻線風路 1 1 0 7 が形成されている。巻線風路 1 1 0 7 は、対向した巻線層の面によって形成されるため、3 層の巻線層 1 1 0 3 a ~ 1 1 0 3 c によって 2 か所の巻線風路が形成される。

## 【 0 1 3 2 】

すなわち、風の流れる方向に対して、コア風路 1 1 0 6 と巻線風路 1 1 0 7 を交互に通過するコア巻線風路 1 1 0 8 が、多数、扇格子状に形成される点は実施の形態 1 と同様である。

40

## 【 0 1 3 3 】

コア群 1 1 0 1 は、放射状に配列されており、巻線群 1 1 0 3 は円形状に配置されているので、トランスの形状は概円形状となり、その中心部にコア群間の通風路 1 1 0 9 が形成される点が実施の形態 1 との相違点である。

## 【 0 1 3 4 】

図 2 2 は、図 2 1 に示すトランスの X X I I - X X I I 断面図である。

実施の形態 1 と同様に、矢印付き破線で示す冷却風 1 1 1 0 がトランス全体を効果的に

50

冷却する。ただし、実施の形態 1 とは異なり、コア群間の通風路 1 1 0 9 の面積は、コアの配置で自由に接近させることができないため一定以上の面積となる。

【 0 1 3 5 】

トランス下部には送風ファン 1 2 0 1 が載置されており、冷却風 1 1 1 0 を送っている。送風ファン 1 2 0 1 は、ファン羽 1 2 0 1 a とファン羽 1 2 0 1 a を回転させるファンモーター 1 2 0 1 b とを含む一般的なプロペラファンである。

【 0 1 3 6 】

以上に述べたように、コア群 1 1 0 1 を放射状に配列し、巻線群 1 1 0 3 を円形状に配置、巻線しているため、巻線の長さは最低限ですむ。これによって、銅損を小さくし、トランスを小型化、高効率化できる。

【 0 1 3 7 】

コア群 1 1 0 1 の外部に巻線群 1 1 0 3 がほとんど露出しないため、巻線からの輻射ノイズが抑制され、別途シールド部材等が不要となり、トランスを低ノイズ化、小型化できる。

【 0 1 3 8 】

トランスの形状は概円形状となり、トランス内の温度分布が均一化され、トランスを高効率化できる。

【 0 1 3 9 】

一般的なプロペラファンは、中央にファンモーターが配置されているため、ファンモーター 1 2 0 1 b からは送風が生じず、ファン羽 1 2 0 1 a から送風されるという特性を持っている。

【 0 1 4 0 】

一方で、コアの配置でコアを自由に接近させることができないため、コア群間の通風路 1 1 0 9 の面積は一定以上の面積となり、送風時の圧力損失が少なく、巻線風路 1 1 0 7 の隙間は狭く圧力損失が大きい。これは、上述の送風ファン 1 2 0 1 の特性に合致しており、極めて効果的な冷却が可能となりトランスを小型化できる。

【 0 1 4 1 】

トランス 1 1 0 0 の形状は概円形状であるから、プロペラファンを 1 個、中央部に配置するだけで均一な冷却ができるためトランスを小型化できる。

【 0 1 4 2 】

必要に応じて、コア群間の通風路 1 1 0 9 に図 2 2 に示すように整流部材 1 2 0 2 を配置し、冷却風 1 1 1 0 の風路をコントロールして、より適切な冷却を行ってもよい。整流部材 1 2 0 2 は、コア群間の通風路 1 1 0 9 の断面積が大きい実施の形態 2 で特に有効であるが、実施の形態 1 においても、コア群間の通風路 1 0 9 の断面積が大きくなる場合には有効である。

【 0 1 4 3 】

なお、実施の形態 2 に対しても、実施の形態 1 の説明で記載した、外周ダクトの利用などによる冷却性の向上、冷却風以外を用いた冷却方法を採用することができる。

【 0 1 4 4 】

(まとめ)

以上説明した、実施の形態 1 および 2 について、図面を参照して総括する。

【 0 1 4 5 】

本開示は、コイル装置に関する。図 1 に示すように、コイル装置の一形態であるトランス 1 0 0 は、複数の閉磁路をそれぞれ構成する複数のコア 1 0 1 a ~ 1 0 1 g , 1 0 2 a ~ 1 0 2 g を含むコア群 1 0 1 , 1 0 2 と、導電線を巻回して筒状に形成された複数の巻線層 1 0 3 a ~ 1 0 3 c を含む巻線群 1 0 3 とを備える。複数の巻線層 1 0 3 a ~ 1 0 3 c の各々は、複数のコア 1 0 1 a ~ 1 0 1 g , 1 0 2 a ~ 1 0 2 g が構成する複数の閉磁路を貫通する。図 4 に示すように、複数のコア 1 0 1 a ~ 1 0 1 g , 1 0 2 a ~ 1 0 2 g は、第 1 方向 ( 上面 ) から見た場合に、複数の巻線層 1 0 3 a ~ 1 0 3 c の電流が流れる導電線に沿って間隔をあけて並んで配置される。複数の巻線層 1 0 3 a ~ 1 0 3 c は、第

10

20

30

40

50

1方向(上面)から見た場合に、電流の方向に交差する方向に沿って間隔をあけて並んで配置される。好ましくは、複数の巻線層103a~103cと複数のコア101a~101g, 102a~102gとは、第1方向(上面)から見た場合に、格子をなすように配列する部分を含む。

【0146】

上記のような構成とすることによって、複数のコアで磁気回路を構成するため、損失が押さえられ高効率化できる。また、隙間をあけて複数のコアを並列に配置することによって、コアの表面積が増加する。このため、コアの表面積を最大限冷却に活用することが可能となる。このため空冷時における冷却性が向上しコイル装置を小型化、高効率化できる。

【0147】

また、複数の巻線層を、隙間をあけて配置するので絶縁性が向上する。複数の巻線層を、隙間をあけて配置するので浮遊容量が小さくなり効率が向上する。

【0148】

巻線層相互の間に隙間をあけて配置することで、巻線層の表面積が増加する。巻線層の表面積を放熱面として最大限冷却に活用することが可能となる。このため空冷時における冷却性が向上し小型化できるとともに、温度上昇を軽減し低損失化できる。

【0149】

さらに、巻線層とコアを直交する配置として格子状の空間を形成し、巻線層とコアによって風路とダクトを構成する。このようにして、強制空冷または自然空冷を行なう際に冷却風が流れる風路が構成される。同時に、風路の構成部材がコアと巻線層であるから、別部材を用いずに効果的にコアと巻線層を冷却することができ、コイル装置を小型化できる。

【0150】

巻線層とコアを直交する配置として格子状の空間を形成することによって、巻線層相互間、巻線層コア間の空間が設けられる。このためコイル装置の絶縁性が向上する。これにより、ポッティングなどの製造工程が不要となり放熱性が向上し信頼性が向上する。

【0151】

ポッティングなどの製造工程を不要にすることで、誘電率の高い絶縁材が介在しないため、浮遊容量が低減できコイル装置の効率が向上する。

【0152】

好ましくは、複数のコア101a~101g, 102a~102gの各々は、図3に示すように、対応する閉磁路を形成する複数のコア片101xa, 101xbを含む。複数のコア101a~101g, 102a~102gの各々において、磁路方向にそって配置される複数のコア片の各々間の少なくとも1つには、ギャップ101xcが設けられる。

【0153】

このような構成とすることによって複数のコアを複数のコア片で構成するため、損失が押さえられコイル装置を高効率化できる。

【0154】

複数のコアの各々は、磁路に対して磁気ギャップを備えているため、複数のコアの磁路を並列に使用した際に、コア間の磁束の偏りを抑えることができる。これにより、損失のばらつきおよび磁気飽和に対する余裕度を大きくする必要がなく、コイル装置を小型化できる。

【0155】

好ましくは、図4に示すように、コア群は、複数のコアからなる第1コア群101および第2コア群102を含み、第1方向(上面)から見た場合に、第1コア群101と第2コア群102は、互いに間隔をあけて並行するように配列される。複数のコア101a~101g, 102a~102gは、第1方向(上面)から見た場合に、間隔をあけて直線上に整列した部分を含む。図4では、複数のコア101a~101g, 102a~102gは、7行×2列に行列状に配置される。

【0156】

このような構成とすると、複数のコア群の列が、それぞれ間隔をあけて配置されること

10

20

30

40

50

で、複数のコア群の列の相互間に風路ダクトが形成され、冷却ダクト用部材の削減と同時に冷却性が向上する。

【0157】

好ましくは、図21に示すように、複数のコア1101A～1101Lは、第1方向（上面）から見た場合に、放射状に間隔をあけて配置される。第1方向から見た場合の複数のコア1101A～1101Lの外周包絡線は円形状である。第1方向から見た場合の複数のコア1101A～1101Lの中央部にはコア群間の通風路1109が設けられる。第1方向（上面）から見た場合の複数の巻線層1103a～1103cは、各々が環状であり、中央部から外周包絡線に向かって間隔をあけて配置される。

【0158】

図21に示すような構成とすると、巻線がコア群の外部にほとんど露出しないため、巻線から発生する輻射ノイズが抑制され、別途シールド部材等が不要となり、低ノイズ化、小型化できる。

【0159】

また、形状が概円形状となり、コイル装置の温度分布が均一化され、コイル装置を高効率化できる。

【0160】

さらに、複数のコアと、複数の巻線層が、第1方向から平面視した際にそれぞれ間隔をあけて放射状、同心円状に配置され扇桁格子形状をなすため、コア群と巻線群により冷却ダクトが形成されるため、冷却ダクト用部材の削減と同時に冷却性が向上する。

【0161】

また通風路に対して外周形状が円形となるため、1個のプロペラファンでむらの少ない冷却風を流すことができるので冷却性が向上する。

【0162】

好ましくは、図16に示すように、トランス100は、複数のコア101a～101g、102a～102gの外周包絡線304の外側の一部、または全部を囲む外周ダクト301をさらに備える。外周包絡線とダクトとの間に通風路303a、303bが設けられる。

【0163】

このように、外周の外周ダクト301によってコア外周に通風路303a、303bを形成することで、冷却風が、もとより、凹凸形状で表面積の大きいコア群101、102の外郭を流れるため、冷却性が向上しコイル装置を小型化、高効率化できる。

【0164】

また、巻線群103と外周ダクト301に巻線外周部の通風路303bを形成することで、冷却風が巻線層外周に沿って流れるため、冷却性が向上しコイル装置を小型化、高効率化できる。

【0165】

本開示は、他の局面では、電力変換装置に関する。図19に示すように、電力変換装置500は、直流電圧（Vi）を高周波交流電圧（VT）に変換するインバータ503と、インバータ503から一次側入力に高周波交流電圧（VT）を受けるトランス520と、インバータ503をパルス幅制御する制御回路504とを備える。トランス520は、上記のいずれかのトランス100（または1100）を含む。

【0166】

このように、冷却性にすぐれ、鉄損が少なく、銅損が少なく、小型化、高効率化が可能なトランス520をインバータ503で駆動することによって、電力変換装置500を小型化、高効率化できる。

【0167】

本開示のさらに他の局面における電力変換装置500は、直流電圧（Vi）を高周波交流電圧（VT）に変換するインバータ503と、インバータ503から一次側入力に高周波交流電圧（VT）を受けるトランス520と、インバータ503をパルス幅制御する制

10

20

30

40

50

御回路504と、トランス520の二次側出力の電圧を整流する整流回路505と、整流回路505の出力電圧を平滑する、平滑リアクトル506および平滑コンデンサ507とを備える。トランス520および平滑リアクトル506の各々は、上記のいずれかに記載のトランス100（または1100）を含む。

【0168】

このように、冷却性にすぐれ、鉄損が少なく、銅損が少なく、小型化、高効率化が可能なトランスを高周波インバータで駆動するとともに、冷却性にすぐれ、鉄損が少なく、銅損が少なく、小型化、高効率化が可能な平滑リアクトルを高周波電圧平滑に用いることで、電力変換装置を小型化、高効率化できる。

【0169】

今回開示された各実施の形態は、矛盾しない範囲で適宜組み合わせることも予定されている。今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0170】

100, 520, 1100 トランス、101, 102, 1101 コア群、101a ~ 101g, 101x, 102a ~ 102g, 1101A ~ 1101L コア、101xa, 101xb コア片、101xc コアギャップ、103, 1103 巻線群、103a ~ 103c, 1103a ~ 1103c 巻線層、104 1次入力端子、105 2次出力端子、106, 1106 コア風路、107, 1107 巻線風路、108, 1108 コア巻線風路、109, 303a, 303b, 1109 通風路、109a, 109c 巻線冷却区間、109b, 109d コア冷却区間、110, 110a, 110b, 110c, 1110 冷却風、201 上部押さえ板、202 上部コアホルダ、202a, 203a, 203b コアホルダ部品、203 下部コアホルダ、203c コアホルダ通風路、203d, 203e ホルダ台座、204 下部押さえ板、205 下部台座、206 ボルト、301 外周ダクト、302, 1201 送風ファン、304 外周包絡線、500 電力変換装置、501 入力端子、502, 507 平滑コンデンサ、503 インバータ、503a ~ 503d MOSFET、504 制御回路、505 整流回路、505a ~ 505d 整流ダイオード、506 平滑リアクトル、508 フォトカプラ、509 2次電圧電流検出回路、510 出力端子、1201a ファン羽、1201b ファンモーター、1202 整流部材。

10

20

30

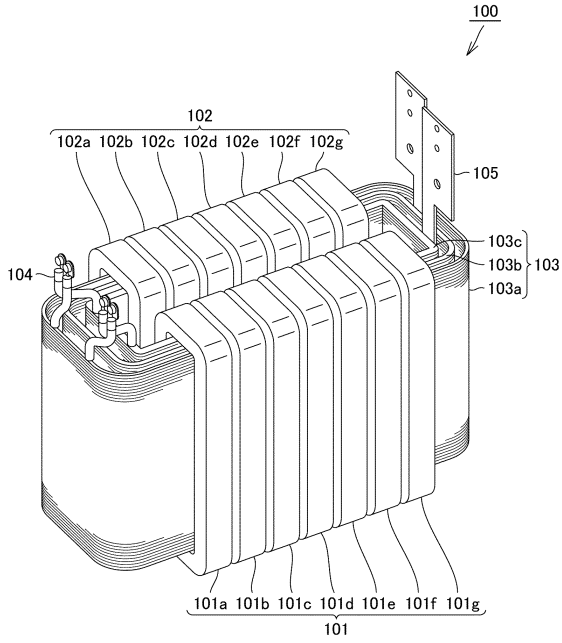
40

50

【 図面 】

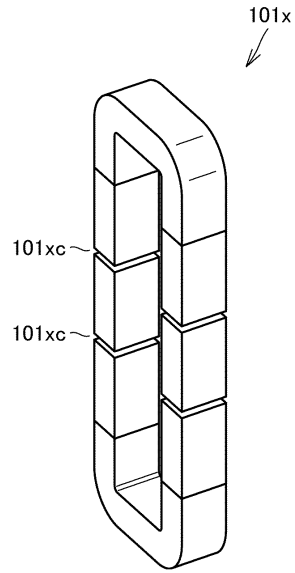
【 図 1 】

図1



【 図 2 】

図2

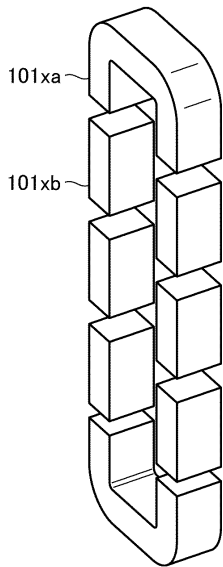


10

20

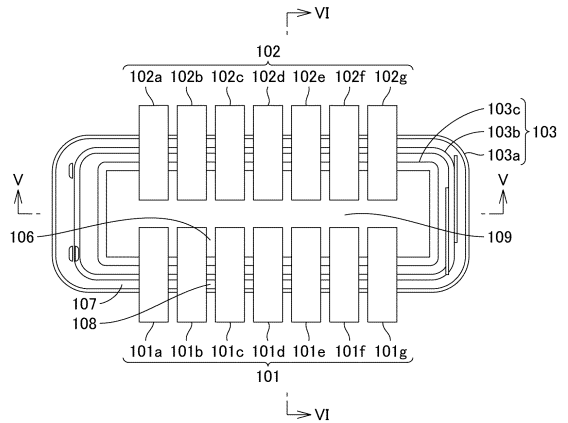
【 図 3 】

図3



【 図 4 】

図4



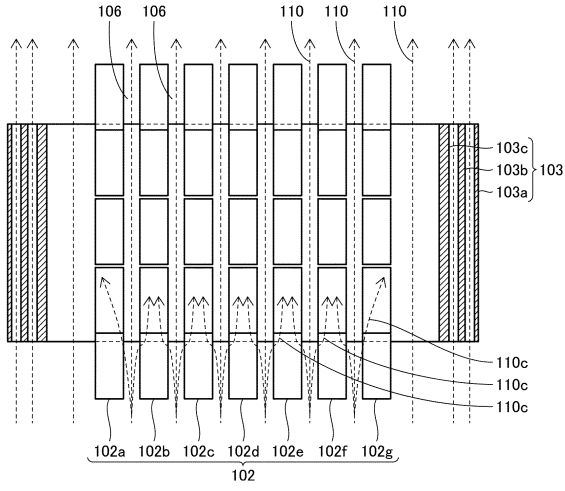
30

40

50

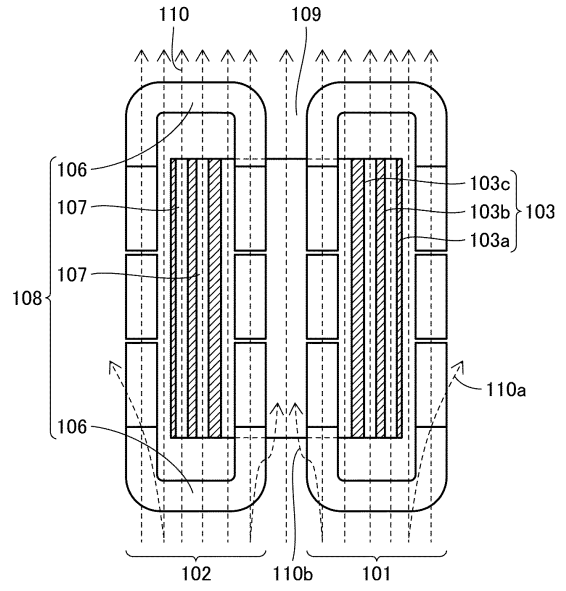
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

図6

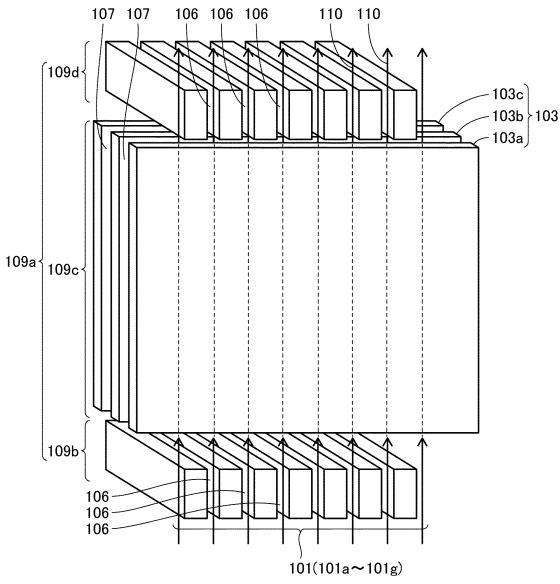


10

20

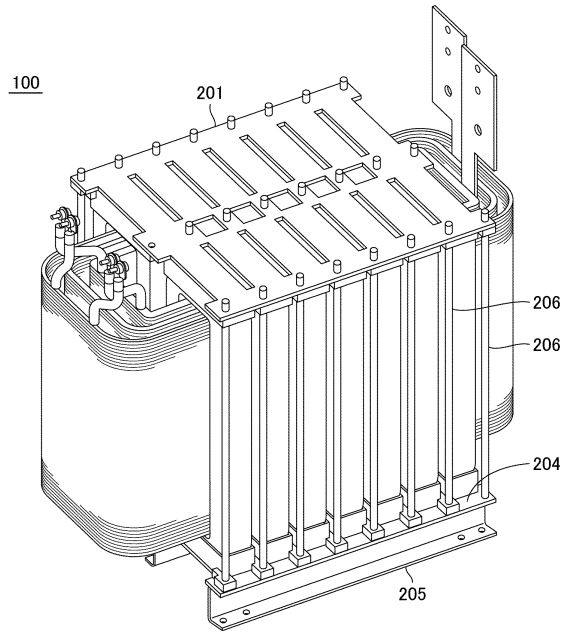
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



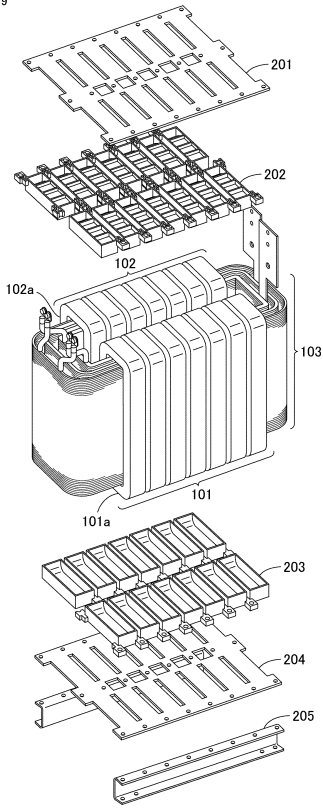
30

40

50

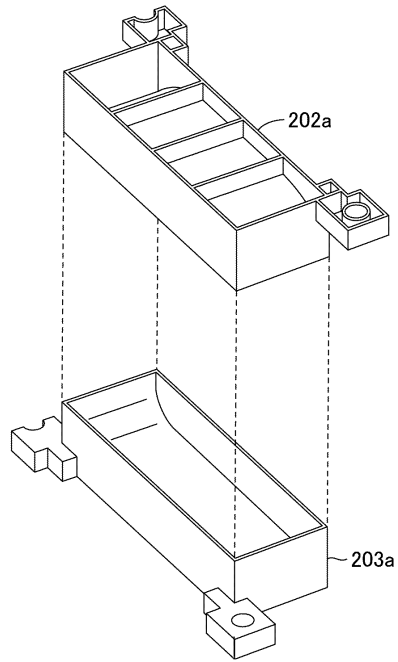
【 図 9 】

図9



【 図 1 0 】

図10

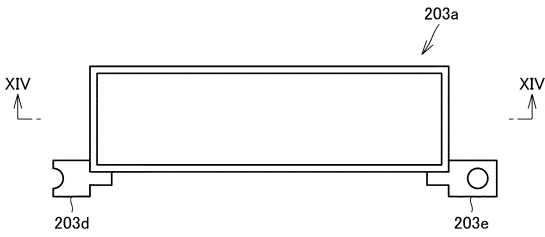


10

20

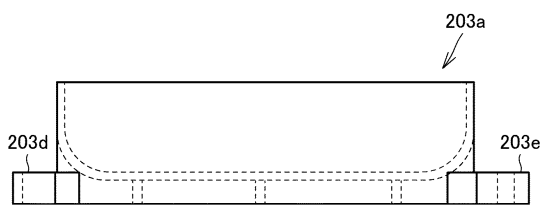
【 図 1 1 】

図11



【 図 1 2 】

図12



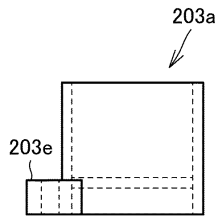
30

40

50

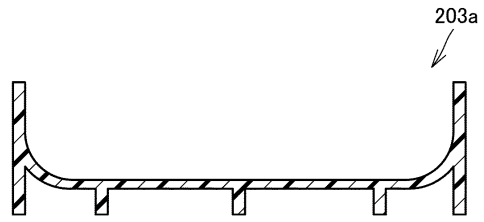
【 13 】

13



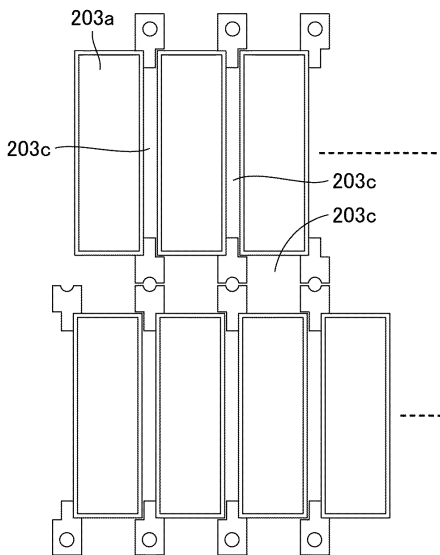
【 14 】

14



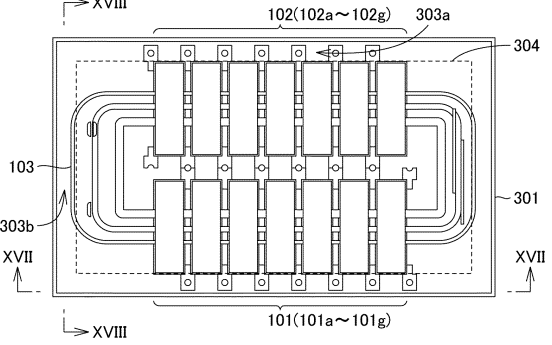
【 15 】

15



【 16 】

16



10

20

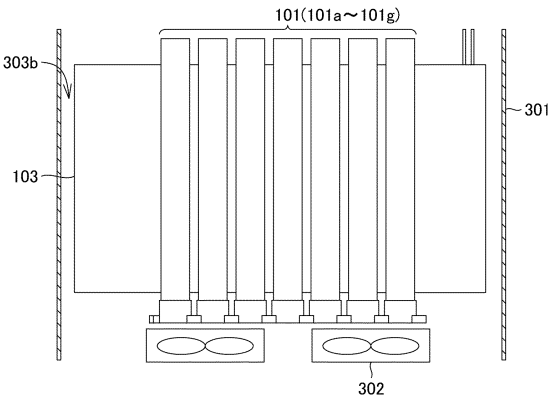
30

40

50

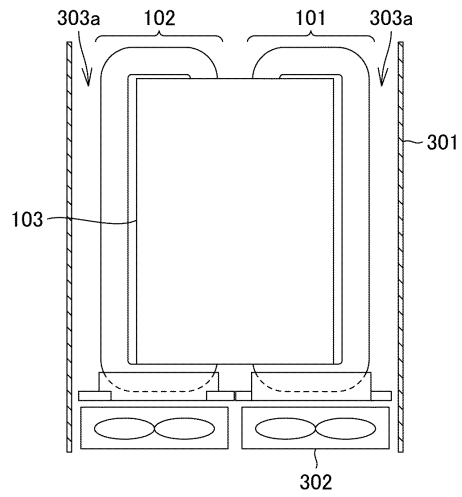
【図 17】

図17



【図 18】

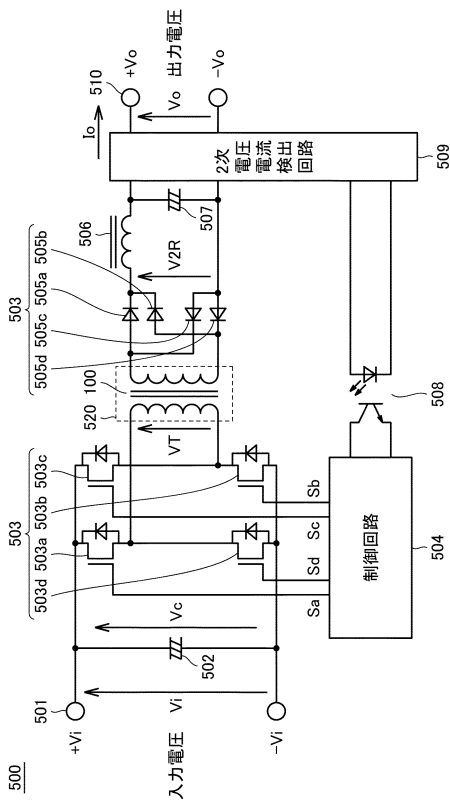
図18



10

【図 19】

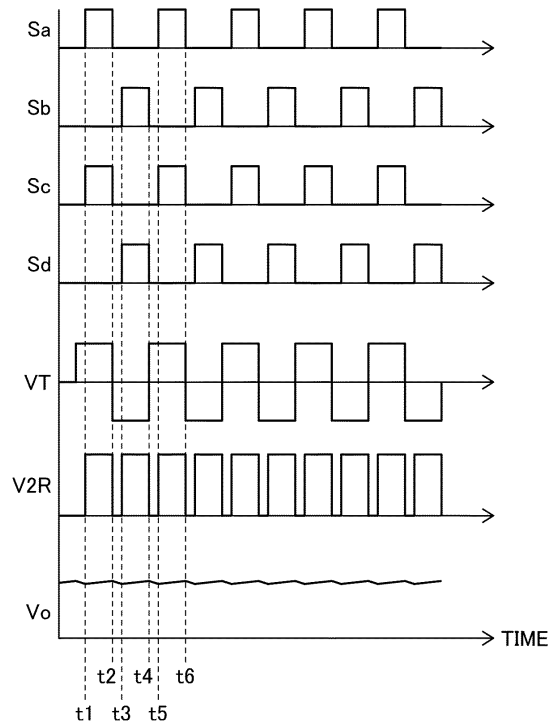
図19



500

【図 20】

図20



20

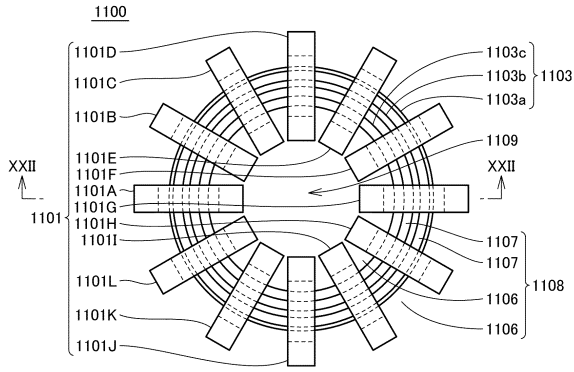
30

40

50

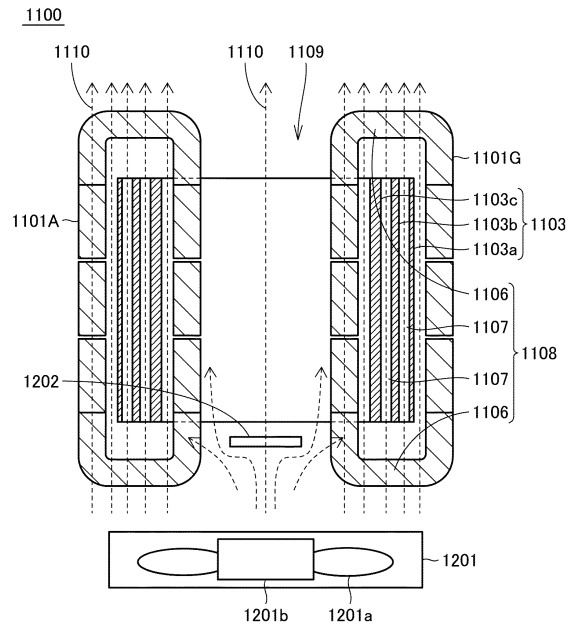
【図 2 1】

図21



【図 2 2】

図22

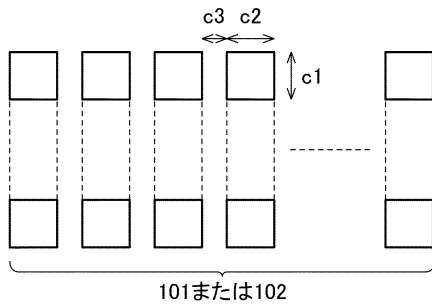


10

20

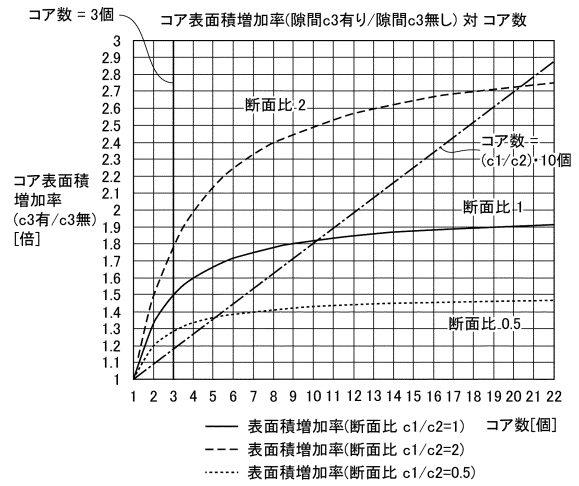
【図 2 3】

図23



【図 2 4】

図24



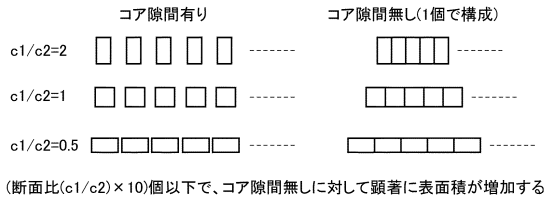
30

40

50

【 図 2 5 】

図25



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (51)国際特許分類
- |  |         |       |   |
|--|---------|-------|---|
|  | F I     |       |   |
|  | H 0 1 F | 30/10 | M |
|  | H 0 1 F | 30/10 | S |
- (72)発明者 山本 佳明  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 田中 一史  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 浅井 憲司  
愛知県名古屋市中川区大当郎2 - 1 1 0 7 布目電機株式会社内
- (72)発明者 大橋 和也  
愛知県名古屋市中川区大当郎2 - 1 1 0 7 布目電機株式会社内
- (72)発明者 石原 幸次  
愛知県名古屋市中川区大当郎2 - 1 1 0 7 布目電機株式会社内
- 審査官 久保田 昌晴
- (56)参考文献 特表2015 - 535657 ( J P , A )  
特開昭59 - 040512 ( J P , A )  
特開平08 - 064426 ( J P , A )  
特開昭59 - 193011 ( J P , A )  
特開2011 - 138931 ( J P , A )  
実開昭57 - 140720 ( J P , U )  
特開平04 - 216605 ( J P , A )  
実開昭56 - 108216 ( J P , U )  
実開昭58 - 103126 ( J P , U )  
特開2018 - 190920 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)  
H 0 1 F 2 7 / 0 8、2 7 / 2 4、2 7 / 2 8、3 0 / 1 0