

明 細 書

発明の名称：

静止電磁機器及び静止電磁機器を用いた双方向DC-DCコンバータ

技術分野

[0001] 本発明は静止電磁機器に関し、スイッチング電源、電力変換器等に用いられる高周波変圧器において、その巻線構造により漏れインダクタンスを調整するための技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、太陽光発電システムや停電時の非常用蓄電池の充放電システム、さらに電気自動車への充電システムなど、直流電力を扱う送配電機器が増加しており、入力された直流電圧をインバータ回路によって交流電圧に変換し、高周波変圧器によりこれを変圧し、整流回路によりこれを直流電圧に変換して出力する、直流変換器（DC-DCコンバータ）の需要が増加している。DC-DCコンバータの用途によっては、インバータ、および整流回路を構成するスイッチング素子の動作タイミングを制御し、直流電力を双方向に送る機能が要求される。さらに、スイッチング素子で発生するスイッチング損失は、DC-DCコンバータの変換効率を低下させる原因のひとつのため、回路中のインダクタ成分Lとキャパシタ成分Cの共振現象を利用して、ゼロ電圧スイッチング、またはゼロ電流スイッチング動作を実現し、スイッチング損失を抑制することが求められる。

[0003] DC-DCコンバータの性能向上に必要となる上記の直流電力の双方向制御機能、およびゼロ電圧スイッチング、またはゼロ電流スイッチング機能を持たせるには、高周波変圧器と直列に、適切な値のインダクタ成分Lを備える必要がある（例えば、特許文献1参照）。インダクタ成分Lは、高周波変圧器とは別にリアクトル装置等を備える方法のほか、高周波変圧器の巻線構造の工夫により、漏れインダクタンス L_s を、高周波変圧器に内蔵させる方法が一般的である。前者の方法に比べて、後者の方法は部品点数が削減され

、コストも低減できる。

[0004] これに関連して、所望の漏れインダクタンス L_s を備えた高周波変圧器の巻線構造に関する技術が開示されている。例えば特許文献2には、単相鉄心の一方の磁脚部に配置される一次巻線部と、一次巻線部が配置された磁脚と同一の磁脚上であって、一次巻線部と磁氣的に密となる少なくとも一つの第1の二次巻線部と、一次巻線部と磁氣的に疎となる鉄心の他方の磁脚部に配置される少なくとも一つの第2の二次巻線部とを備えるトランス（静止電磁機器）の構成が開示されている。また、特許文献3には、鉄心に一次巻線と二次巻線を所要の間隔を隔てて配置するとともに、両巻線間に透磁率の低いフェライト粉モールド板をパスコアとして介装し、適切な値の漏れインダクタンス L_s を得る高周波磁気漏洩変圧器の構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2019-103257号公報

特許文献2：特開2013-98189号公報

特許文献3：特開2004-39847号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献2で開示されている静止電磁機器は、第1の二次巻線を一次巻線と同一の磁脚に、第2の二次巻線を異なる磁脚に備え、磁氣的に密となる部分と疎となる部分に分けることで、静止電磁機器の漏れインダクタンスの値 L_s を制御する技術であるが、一次巻線はひとつの磁脚のみに備えた構成なので、 L_s の取り得る値の範囲は、従来の構成と同等であって狭い。また、特許文献3で開示されている高周波磁気漏洩変圧器は、従来の構成に比べて L_s の取り得る値の範囲が広がるが、透磁率の低い磁性材料を鉄心部に組み合わせるため、従来より余分な部材コストが必要になる。

[0007] 本発明は上記背景に鑑みてなされたもので、その目的は、広い範囲の漏れ

インダクタンス L_s を設定可能とした静止電磁機器を提供することにある。

本発明の他の目的は、双方向DC-DCコンバータに用いるのに好適な静止電磁機器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本願において開示される発明のうち代表的な特徴を説明すれば次のとおりである。

本発明の一つの特徴によれば、磁性材料を環状に成形してなる单相鉄心の2本の磁脚部に第1および第2の一次巻線と第1および第2の二次巻線を巻いて、一次巻線同士および二次巻線同士を直列接続するようにした静止電磁機器において、第1の磁脚部には第1の一次巻線と第1の二次巻線を一定の間隔を保持しつつ重ねて巻回し、第2の磁脚部には第2の一次巻線と第2の二次巻線を一定の間隔を保持しつつ縦方向に並べて巻回するようにした。重ね巻される第1の磁脚部では、高圧側となる第1の一次巻線が外周側に配置され、低圧側となる第1の二次巻線が内周側に配置される。一次巻線、二次巻線はそれぞれ複数回巻かれた素線を含んで構成され、これら素線は第一の絶縁材、第二の絶縁材にて円筒状に封止される。

[0009] 本発明の他の特徴によれば、磁脚部に巻回される一次巻線、および二次巻線を構成する素線は磁脚の軸方向と平行に整列され、樹脂等の絶縁材で封止する構造とし、構造同士の間隙部に不導体で構成されるスペーサを介在させて、一定の間隔を維持するように構成した。なお、第1の磁脚部に重ねて巻回される第1の一次巻線と第1の二次巻線を構成する素線を磁脚の軸方向に対して一定の角度を持たせるように整列させ、それらを封止する樹脂等の絶縁材をテーパ状の構造とし、これらの間隙部にスペーサを介在させて、一定の間隔を保持するように構成してもよい。

[0010] 本発明の他の特徴によれば、上述の静止電磁機器と、静止電磁機器の一次巻線に接続される第一のインバータ回路と、二次巻線に接続されるインバータ回路を有し、第一のインバータ回路が入力される直流から交流に変換をする際には、静止電磁機器によって電圧変換された交流を第二のインバータ回

路によって直流に変換して二次側に出力するように制御し、一次側から二次側への正方向へのDC-DC変換を行う。第二のインバータ回路に入力される二次側の直流から交流に変換して一次側に直流を出力する際には、静止電磁機器によって電圧変換された交流を第一のインバータ回路によって交流から直流変換をするように制御し、二次側から一次側への逆方向へのDC-DC変換を行う。

発明の効果

[0011] 本発明の構成によれば、様々な用途に使われるDC-DCコンバータ内の静止電磁機器（高周波変圧器）について、特殊な構造や工法を適用することなく、広い範囲の漏れインダクタンス L_s を高周波変圧器に内蔵させることができる。また、従来の構造に比べて高周波変圧器の体積が抑制されるため、小形、低コスト化の効果が得られる。さらに、直流電力の双方向制御機能に好適な高周波変圧器を有する静止電磁機器が実現できるので、全体的な変換効率に優れ、電力ロスを抑制して省エネルギー化を進めた静止電磁機器及びそれを用いた双方向DC-DCコンバータを実現できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の第1の実施例に係る静止電磁機器1の縦断面図である。
[図2]本発明の第1の実施例に係る静止電磁機器1の上面図である。
[図3]本発明の第1の実施例に係る静止電磁機器1の巻線内部の構造を示す縦断面図である。
[図4]本発明の第1の実施例と従来例における、静止電磁機器1の体積と、漏れインダクタンスとの相関関係を示すグラフである。
[図5]本発明の第2の実施例に係る静止電磁機器1Aの巻線内部の構造を示す縦断面図である。
[図6]図5の巻線の構造を変更した変形例を示す静止電磁機器1Bの縦断面図である。
[図7]本発明の第2の実施例に係る静止電磁機器1Aの組立方法を示す模式図である。

[図8]図7に示した組立方法の変形例となる静止電磁機器1Cの組立方法を示す模式図である。

[図9]本発明の第3の実施例に係る静止電磁機器1Dの縦断面図である。

[図10]本発明の第4の実施例に係る静止電磁機器1Eの縦断面図である。

[図11]本発明の第5の実施例を示す静止電磁機器1の適用例を示す図であり、インバータ回路60、70を組み合わせたDC-DCコンバータの回路図である。

[図12]従来例1における静止電磁機器101Aの縦断面図である。

[図13]従来例2における静止電磁機器101Bの縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施例を、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の図において、同一の部分には同一の符号を付し、繰り返しの説明は省略する。また、本明細書においては、前後左右、上下の方向は図中に示す方向であるとして説明する。

実施例 1

[0014] 本発明の第1の実施例の構成と効果について、図1から図4を用いて説明する。ここで第1の実施例の説明の前に、図12および図13を用いて従来の静止電磁機器101A、101Bの構成を説明する。図12は、従来の静止電磁機器の鉛直面における縦断面図である。ここで鉛直面とは、2つの第1の磁脚部2aと第2の磁脚部2bの中心軸線A1、B1を通る面である。図12において静止電磁機器101Aは環状に成形した単相鉄心2を有し、単相鉄心2に2本の磁脚部2aおよび2bが形成される。磁脚部2aの周囲には、一次巻線11と二次巻線21が重ねて巻回される。また、磁脚部2bの周囲には、一次巻線12と二次巻線22が重ねて巻回される。本明細書では、磁脚部2aのように、磁脚部に対して近い側（内側）と遠い側（外側）に一次巻線と二次巻線を巻くことによって、磁脚部の中心軸線から径方向に見て一次巻線と二次巻線の全体が、又は一部分が重なるように巻く方法を「重ね巻」と称する。この「重ね巻」では、通常、高圧電流が流れる一次巻線

1 1、1 2を磁脚部2 a、2 bから離れた外側に巻き、低圧電流が流れる二次巻線2 1、2 2が磁脚部2 a、2 bに近い内側に巻かれることが一般的である。一次巻線1 1と1 2の間は接続手段1 1 aで接続され、一次巻線の端部は、電極1 4 a、1 4 bに接続される。同様に、二次巻線2 1と2 2の間は接続手段2 1 aで接続され、二次巻線の端部は、電極2 4 a、2 4 bに接続される。一次巻線1 1と二次巻線2 1の間、及び、一次巻線1 2と二次巻線2 2の間には、径方向に一定のギャップ長dが備えられる。ギャップ長dは、磁脚部2 a、2 bの中心軸線A 1、B 1方向において一定になるように設定される。このように従来の静止電磁機器1 0 1 Aでは、ギャップ長dの大きさにより所望の漏れインダクタンス L_s を一次巻線及び二次巻線間に持たせるようにしていた。

[0015] 図1 3は別の従来例の静止電磁機器1 0 1 Bを示す。この静止電磁機器1 0 1 Bは環状に成形した単相鉄心2を有し、単相鉄心2に形成される2本の磁脚部2 aおよび2 bのうち、磁脚部2 aの周囲に一次巻線1 1と二次巻線2 1が上下方向に隙間（ギャップd）を有するように並べて巻回され、磁脚部2 bの周囲に一次巻線1 2と二次巻線2 2が上下方向に隙間（ギャップd）を有するように並べて巻回される。このように一つの磁脚部に対して中心軸線A 1、B 1方向に見て一方側（ここでは下側）と他方側（ここでは上側）に一次巻線と二次巻線を並べて巻くことによって、磁脚部の中心軸線方向に見て一次巻線と二次巻線が非接触状態で隣接するように巻線を形成する方法を、本明細書では「並び巻」と称する。2本の磁脚部2 a、2 bに巻回された一次巻線1 1、1 2は接続手段1 1 aにより直列に接続され、二次巻線2 1、2 2は接続手段2 1 aにより直列に接続される。第1の一次巻線1 1と第1の二次巻線2 1は磁脚部2 aの中心軸線方向に一定のギャップ長dを有するように配置され、第2の一次巻線1 2と第2の二次巻線2 2は中心軸線B 1方向に一定のギャップ長dを有するように配置される。ギャップ長さdは、周方向のどの位置においても一定になるように設定される。一次巻線1 1、1 2の端部には電極1 4 a、1 4 bが備えられ、二次巻線2 1、2 2

の端部には電極 2 4 a、2 4 b が備えられる。

[0016] 次に、図 1 を用いて本実施例の静止電磁機器 1 を説明する。図 1 は第 1 の実施例に係る静止電磁機器 1 の鉛直面における縦断面図である。この断面（鉛直面）は第 1 の磁脚部 2 a の中心軸線 A 1 と第 2 の磁脚部 2 b の中心軸線 B 1 を通る面である。静止電磁機器 1 は、環状に成形した単相鉄心 2 を有する。単相鉄心 2 は、薄いアモルファス、ナノ結晶材料等の薄板状磁性材料を多数積層して製造される。積層鉄心を用いることで渦電流損を小さくできる。図 1 では単相鉄心 2 の上下の分割面の図示を省略しているが、図 1 のような環状の部分に分割面が存在しない一体式の鉄心として構成しても良いし、後述の図 7、図 8 にて説明するように単相鉄心 2 を分割形式で構成しても良い。さらには、単相鉄心 2 としてフェライト等の絶縁性磁性材料を粉末原料として混合・焼結・成型して製造される焼結型（セラミックス）フェライトにて構成しても良い。

[0017] 単相鉄心 2 に形成される第 1 の磁脚部 2 a の周囲には、第 1 の一次巻線 1 1 と第 1 の二次巻線 2 1 が重ねて巻回され（重ね巻）、第 2 の磁脚部 2 b の周囲には、第 2 の一次巻線 1 2 と第 2 の二次巻線 2 2 が中心軸線 B 1 方向に隣接するように巻回される（並び巻）。2 つの磁脚部 2 a、2 b に渡って巻回された一次巻線 1 1、1 2 は接続手段 1 1 a により直列に接続され、各巻線他端には、電極 1 4 a、1 4 b が設けられる。同様に、2 つの磁脚部 2 a、2 b に渡って巻回された二次巻線 2 1、2 2 は接続手段 2 1 a により直列に接続され、二次巻線 2 1、2 2 のそれぞれ他端側（接続手段 2 1 a とは離れた側の端部）には、電極 2 4 a、2 4 b が設けられる。図 1 の模式図では接続手段 1 1 a と接続手段 2 1 a が鉄心 2 の内部に配線されているかのように見えるが、実際には鉄心 2 の外側に配線される。本実施例では、第 1 の一次巻線 1 1 と第 2 の一次巻線 1 2 は同一の巻き数又は異なる巻き数とすることができる。また、第 1 の二次巻線 2 1 と第 2 の二次巻線 2 2 は、同一の巻き数又は異なる巻き数とすることができる。接続手段 1 1 a と接続手段 2 1 a は、一次巻線と二次巻線の端部を引き出して分断せずに接続する、も

しくは、分断後に再接続するようにしても良いし、接続用の配線を準備しても良いし、その他の方法で電氣的に接続するようにしても良い。

[0018] 第1の磁脚部2 a側において、第1の一次巻線1 1と第1の二次巻線2 1は、中心軸線A 1に対して径方向に一定のギャップdを有するように配置される。第1の二次巻線2 1の内周面と磁脚部2 aの外周面の間にも一定のギャップが形成される。また、第1の二次巻線2 1の内周面と第1の磁脚部2 aの外周面との間も所定のギャップを有するような位置関係とされる。第2の磁脚部2 b側においては、一次巻線1 2と二次巻線2 2は、中心軸線B 1に対して軸方向に一定のギャップを有するように離れて配置される（重ね巻）。つまり、本実施例でいう「重ね巻」状態では、第2の磁脚部2 bの中心軸B 1方向において、一次巻線1 2と二次巻線2 2の位置する領域が重ならないような位置関係にある。第2の磁脚部2 b側において、第2の二次巻線2 2と第2の一次巻線1 2は、中心軸線B 1方向に一定のギャップdを有するように配置される。ギャップ長dは、一次巻線1 2の上面と二次巻線2 2の下面のいずれの位置においても一定になるように設定される。また、第2の二次巻線2 2の内周面と磁脚部2 bの外周面の間、及び、第2の一次巻線1 2の内周面と磁脚部2 bの外周面の間にも一定のギャップが形成される。

[0019] 通常、AC電源用の変圧器においては、漏れインダクタンス L_s をできるだけ小さくするように構成されるので、一次巻線1 1と二次巻線2 1の間のギャップd、二次巻線2 1と第1の磁脚部2 aの間のギャップはできるだけ小さい方が好ましかった。AC用の変圧器や本実施例の静止電磁機器1では、一次側巻線から二次側巻線への電磁誘導作用により変換された電圧にて二次側巻線から交流電力が出力されるという、一方向の電圧変換が行われているためである。一方、本実施例による静止電磁機器1は、一次巻線1 1、1 2から二次巻線2 1、2 2側への交流電圧変換に加えて、二次巻線2 1、2 2側から一次巻線1 1、1 2側への逆方向の交流電圧変換を行う必要がある。そのため、漏れインダクタンス L_s をできるだけ小さくするというよりも、双方向の電圧変換効率がトータルで最良になるように設定する。即ち、一

次巻線 1 1、1 2 と二次巻線 2 1、2 2 の間のギャップ d を調整して、漏れインダクタンス L_s が所望の大きさ（範囲内）に収まるように構成している。

[0020] 図 1 に示す実施例では、第 1 の磁脚部 2 a 側の重ね巻によるギャップ d と、第 2 の磁脚部 2 b 側の並び巻によるギャップ d の長さが等しくなるように設定した。しかしながら、第 1 の磁脚部 2 a 側のギャップ長を d_1 とし、第 2 の磁脚部 2 b 側のギャップ長を d_2 として、 d_1 と d_2 を異なる値に設定して、磁脚部 2 a、2 b 毎に所望の漏れインダクタンス L_s を巻線間に持たせるように設定しても良い。静止電磁機器 1 は、幅 W 、奥行 D （符号 D は後述の図 2 参照）、高さ H となるように構成される。 W 、 H 、 D の大きさは任意であるが、例えば 6.6 K V の交流電圧を例えば 7 つの静止電磁機器 1 を用いて、静止電磁機器 1 あたり 380 V の 2 次側直流電圧に変換するような場合は、静止電磁機器 1 の大きさ（ W 、 D 、 H ）は、20～30 cm 程度の大きさとなる。尚、本実施例の静止電磁機器 1 は、その大きさや重さには制限はなく、（ W 、 D 、 H ）がそれぞれ 20 cm 未満の小型のものであっても良いし、30 cm 以上、例えば（ W 、 D 、 H ）がそれぞれ 1 m 程度の大型のものであっても良く、本発明は様々な大きさの単相鉄心 2 を有する静止電磁機器 1 に適用できる。

[0021] 図 2 は図 1 で示す静止電磁機器 1 の上面図である。第 2 の磁脚部 2 b 側の一次巻線 1 2 と二次巻線 2 2 は、それらの内形と外形が同一であるので、図 2 の例では上面視で二次巻線 2 2 だけが見える状態にある。ここでは単相鉄心（コア）2 の磁脚部 2 a、2 b の周囲にコイルを巻く、いわゆる「外鉄形」の形状である。単相鉄心 2 は同一形式の薄板状磁性材料を多数積層して形成される。よって、第 1 の磁脚部 2 a と、第 2 の磁脚部 2 b 部分の外形は上面視にて略長方形の断面形状とされる。第 1 の磁脚部 2 a に対して同軸に巻かれる一次巻線 1 1、二次巻線 2 1 は円筒状であるが、完全な円形断面でない。単相鉄心 2 の一次巻線 1 1、二次巻線 2 1 の外周面の断面形状、及び、内周面の断面形状は、磁脚部 2 a、2 b の外形に沿って長方形に近い形（略

長方形)になる。同様に、第2の磁脚部2bに同軸に巻かれる一次巻線12と二次巻線22も円筒状であり、それらの外周面及び内周面の断面形状は、それぞれ略長方形になる。

[0022] 図3は、本実施例における巻線部の構造の一例を示した縦断面図である。図3(A)は、第1の磁脚部2aに重ねて巻回された第1の一次巻線11と第1の二次巻線21の部分断面を示し、図3(B)は、第2の磁脚部2bに並べて巻回された第2の一次巻線12と第2の二次巻線22の部分断面を示す。図3にて矢印で示している外周側、内周側とは、第1の磁脚部2aでは中心軸線A1を基準にした位置を示し、第2の磁脚部2bでは中心軸線B1を基準にした位置を示す。第1の一次巻線11は細めの素線15が中心軸線A1(図1参照)と平行に整列するように巻かれ、第1の二次巻線21は太めの素線25が中心軸線A1と平行に整列するように巻かれる。図3では、素線15を2重巻きの状態、素線25を1回巻いた状態を図示してるが、第1の磁脚部2aに対して素線15、25を何重に巻くかは設計事項であって、適宜設定すれば良い。素線15および25は、表面に絶縁材を塗布した銅、アルミニウム等の複数の細線を撚って構成されるリッツ線とするか、または銅、アルミニウム等の薄板材を鉄心(磁脚部2a)に巻回するような形状に形成すると良い。巻回された素線15、25は樹脂等の絶縁材16、26にてそれぞれ封止される。

[0023] 静止電磁機器1の製造時には、封止された巻線11、21の間隙部にスペーサ7を介在させるようにして組み立てられる。同様にして、第2の磁脚部2b側では、素線15が巻回された第2の一次巻線12と、素線25が巻回された第2の二次巻線22がスペーサ8を介在させるようにして組み立てられる。スペーサ7、8は、電気を通さない絶縁材料によって製造され、例えば合成樹脂をリング状に一体成型することで製造できる。このようにスペーサ7、8の間の寸法を精密に制御することにより、所望の漏れインダクタンス L_s を巻線間に持たせることができる。本明細書では、ギャップdとして第一の絶縁材16と第二の絶縁材26の間隔、及び、第一の絶縁材17と第

二の絶縁材 27 の間隔として説明している。しかしながら電氣的に見た場合は、ギャップ d は絶縁材部分で決まるのではなく素線 15 の端面と素線 25 の端面との間隔で決まるので、素線の位置と絶縁材の外表面位置を考慮の上で、ギャップ d の値を決定することになる。

[0024] 次に図 4 を用いて、本実施例の静止電磁機器の体積と漏れインダクタンス L_s の相関を説明する。図 4 は、同一の仕様の静止電磁機器について、一次巻線と二次巻線間のギャップ長 d を変化させた際の、体積と漏れインダクタンス L_s の相対変化の状態を示したグラフである。破線 45 は図 12 に示した第 1 の従来例の静止電磁機器 101A における漏れインダクタンス L_s の変化状態を示す線であり、破線 46 は図 13 に示した第 2 の従来例の静止電磁機器 101B における漏れインダクタンス L_s の変化状態を示す線である。実線 40 が本実施例の静止電磁機器 1 の体積 ($=W \times D \times H$) と漏れインダクタンス L_s の関係を示す直線である。

[0025] 各線 40、45、46 上に d と記した点は、一次巻線と二次巻線のギャップ長が、絶縁耐圧を保持するために必要な最小値における点であり、2d と記した点は、ギャップ長を最小値 d の 2 倍とした際の点である。なお、静止電磁機器の体積は、図 1 および図 2 に示したように、静止電磁機器 1 の幅 W、高さ H、および奥行き D の積により求めた値である。また、静止電磁機器 1 の漏れインダクタンス L_s は、静止電磁機器 1 の二次巻線を短絡し、一次巻線に周波数 f、実効値 I の正弦波電流を流した際に、一次巻線の電極 14a と 14b 間に発生する電圧の実効値 V を 3 次元電磁界解析により求め、

$$L_s = V / (2 \pi f I) \quad \cdots \quad (\text{式 } 1)$$

で求めた結果である。

[0026] 第 1 の従来例の静止電磁機器 101A (図 12 参照) を構成する一次巻線と二次巻線は重ねて巻回されているので、磁氣的な結合が密であり、漏れインダクタンス L_s は、破線 45 で示したように最も小さくなる。この巻線構造で、ギャップ長 d を増やすことで磁氣的な結合は減少するので L_s が増加するが、同時に静止電磁機器の幅 W を増加するので、その体積が増加する。

これに対して、第2の従来例の静止電磁機器101B（図13参照）を構成する一次巻線と二次巻線は並べて巻回されているので、磁気的な結合が疎であり、漏れインダクタンス L_s は、破線46で示したように最も大きくなる。この巻線構造で、ギャップ長 d を増やすことで磁気的な結合はさらに減少するので L_s が増加する。一方、ギャップ長 d は、一次巻線と二次巻線間の絶縁耐圧を保持するために、これ以上減らすことができず、 L_s をこれより減少させることができない。破線45の特性を有する静止電磁機器101Aと破線46の特性を有する静止電磁機器101Bを見るとわかるように、静止電磁機器101A又は101Bのいずれの構造を採用するかで漏れインダクタンス L_s が大きく異なる上に、ギャップ長 d の変更によるそれぞれの調整範囲は限定的である。

[0027] 本実施例では、静止電磁機器の第1の磁脚部2aに、図12で示した一次巻線11と二次巻線21を重ねて巻回する構造と、第2の磁脚部2bに、図12に示した一次巻線12と二次巻線22を並べて巻回する構造を混在させるようにした。この構造における漏れインダクタンス L_s の値は、実線40で示したように2つの従来例の中間付近の特性を有するようになる。本実施例はさらに、2つの構造を持つ第1と第2の一次巻線11、12の巻き数の比率、第1と第2の二次巻線21、22の巻き数の比率をそれぞれ変えることにより、漏れインダクタンス L_s の値を調整することができる。実線40は両者の巻き数を同数とした場合であるが、図4中に示した実線40aは、一次巻線と二次巻線を重ねて巻回した磁脚部2aと、並べて巻回した磁脚部2bの巻き数の比率を1：2とした場合の体積と L_s の相関であり、実線40bは、巻き数の比率を2：1とした場合の相関である。磁気的な結合の強さが異なる2つの巻線構造の巻き数比を変えることにより、漏れインダクタンス L_s の調整可能範囲が広がり、図4中のハッチングにて示した領域41内の任意の体積範囲と漏れインダクタンス L_s を持つ静止電磁機器1を設計することができる。よって本実施例による静止電磁機器1は、2つの従来例の特性45と46では設計不可能な領域を含む、広い範囲の漏れインダクタ

ンス L_s を、静止電磁機器1の体積を必要以上に大きくすることなく実現できる。

実施例 2

[0028] 次に本発明の第2の実施例について、図5および図6を用いて説明する。

図5は本発明の第2の実施例に係る静止電磁機器1Aの巻線内部の構造を示す縦断面図である。図5(A)は、第1の磁脚部2aに重ねて巻回された第1の一次巻線11と第1の二次巻線21を示す。第1の磁脚部2a側で重ねて巻回される第1の一次巻線11と第1の二次巻線21を構成する素線15および25は、第1の磁脚部2aの軸方向に対して一定の角度 θ を持たせつつ整列させて封止し、それらを樹脂等のスペーサ7aを介して固定した。角度 θ は、例えば $0^\circ \sim 20^\circ$ 程度である。この際、一次巻線11のスペーサ7aの内周面は、上側で内径が小さく、下側に行くにつれて内径が大きくなるようなテーパ状の構造とする。

[0029] 二次巻線21の絶縁材26aの外周面は、上側で外径が小さく、下側に行くにつれて外径が大きくなるような円錐面状に形成する。そして、一次巻線11の絶縁材16aの内周面と、二次巻線21の絶縁材26aの外周面の間の間隙部にスペーサ7aを介在させた。ここでは3つのリング状のスペーサ7aを用いており、一次巻線11と二次巻線21間のギャップ長が所定の値となるようにスペーサ7aの寸法やギャップdを調整することにより、所望の漏れインダクタンス L_s を巻線間に持たせるようにした。

[0030] 図5(B)は、第2の磁脚部2bに並べて巻回された第2の一次巻線12と第2の二次巻線22を示す。並べ巻をする第2の磁脚部2b部分の構造は、図3(B)で示した構造と同一である。第2の磁脚部2b側では、重ねて巻回された第2の一次巻線12と第2の二次巻線22を構成する素線15および25は、第2の磁脚部2bの中心軸線B1と平行に整列され、一次巻線12と第2の二次巻線22が磁脚部2bの中心軸線B1方向に並べて配置され、異なる径の2つのリング状のスペーサ8によって第2の一次巻線12と第2の二次巻線22が中心軸線B1方向に隙間を隔てて並ぶように配置され

る。

[0031] 図6は、図5の静止電磁機器1Bの巻線の構造を変更した変形例に係る静止電磁機器1Bを示す縦断面図である。図5の静止電磁機器1Bでは素線15および25がそれぞれ第1の磁脚部2aの中心軸線A1に対してわずかな角度 θ を隔てるように上下方向に整列させていた。これに対して、図6に示す静止電磁機器1Bでは、素線15および25はそれぞれ第1の磁脚部2aの中心軸線A1（図1参照）と平行方向に整列させた状態にある。一次巻線11の絶縁材16bの内周面の形状、及び、二次巻線21の絶縁材26bの外周面の形状は、部分的な径方向の厚みを変えることにより図5（a）と同様に円錐面状とされ、それらの間に径の異なる3つのスペーサ7aを介在させることによって所定のギャップdが形成される。図6（B）に示す並べ巻される第2の磁脚部2b部分の構造は、図3（B）及び図5（b）で示した一次巻線12及び二次巻線22の構造と同一であり、異なる径の2つのリング状のスペーサ8によって第2の一次巻線12と第2の二次巻線22が中心軸線B1方向にギャップdを隔てて並ぶように配置される。

[0032] 図7は第2の実施例における静止電磁機器1Aの組み立て方法を示す模式図である。この例では、単相鉄心2が上下の中央位置にて分割されている。この形状は、単相鉄心2の上側部品と下側部品が対称形状であるため、同一部品を上側と下側に配置することで単相鉄心2を形成できるという利点がある。最初に、下側の単相鉄心2を作業台等に載置し、単相鉄心2の第1の磁脚部2aに第1の二次巻線21を挿入する。二次巻線21はその下面の一部が、単相鉄心2の第1の磁脚部2aの下端と第2の磁脚部2bの下端を接続する下側接続部2dの上面と所定の間隔を隔てるように図示していない治具等で保持される。次に、3つの大きさの異なるスペーサ7を二次巻線21の外側に載置する。スペーサ7のうち大径のものは、下側付近の二次巻線21の外周面にて保持され、中径のものは中央付近の二次巻線21の外周面にて保持され、小径のものは上側端部付近の二次巻線21の外周面にて保持される。このように3つのスペーサ7を位置決めした後に、第1の一次巻線11

を上から下方向に挿入する。この際、一次巻線 1 1 の内側のテーパ形状により、3つのスペーサ 7 により下方向の移動が制限される状態となる。この状態が図 6 に示した一次巻線 1 1、スペーサ 7、二次巻線 2 1 の位置関係になる。以上、第 1 の一次巻線 1 1 及び第 1 の二次巻線 2 1 側では、第 1 の一次巻線 1 1 の内周面と第 1 の二次巻線 2 1 の外交面による対向部に、一定の角度 θ が設けられるように構成することで、その仕上がり寸法にばらつきがあっても、第 1 の一次巻線 1 1 を上部から挿入する際、その自重によって介在させる絶縁材 7 によりギャップ長 d を一定に保持した状態にできる。よって静止電磁機器 1 A の漏れインダクタンス L_s の調整に要する時間を縮減することができる。

[0033] 次に、単相鉄心 2 の第 2 の磁脚部 2 b に第 2 の一次巻線 1 2 を挿入する。一次巻線 1 2 はその下面の一部が、単相鉄心 2 の第 1 の磁脚部 2 a の下端と第 2 の磁脚部 2 b の下端を接続する下側接続部 2 d の上面と所定の間隔を隔てるように治具等で保持される。次に、一次巻線 1 2 の上に 2 つの径の異なるリング状のスペーサ 8 を載置する。次に、これらスペーサ 8 の上に第 2 の二次巻線 2 2 を載置する。この後に、上側の単相鉄心 2 を上から下方向に図のように挿入させることによって、上側の単相鉄心 2 と下側の単相鉄心 2 の磁脚部 2 a、2 b を接合させる。このようにして、第 2 の実施例における静止電動機器 1 A が組み立てられる。尚、図 1 に示した静止電磁機器 1 も、図 8 に示した静止電磁機器 1 B と同様の手順で組み立てることができる。

[0034] 図 8 は図 7 に示した組立方法の変形例である静止電磁機器 1 C の組立方法を示す模式図である。図 7 の方法では、上側の単相鉄心 2 と下側の単相鉄心 2 の分割面は、並び巻される第 2 の一次巻線 1 2 と第 2 の二次巻線 2 2 の間に位置していた。従って、上側の単相鉄心 2 を上から下方向に移動させて下側の単相鉄心 2 に接合させる際には、第 2 の一次巻線 1 2 の上にスペーサ 8 を介して載置された第 2 の二次巻線 2 2 の間を通すようにしなければならない。この際、何らかの手段（例えば、製造時に使用する治具）によって第 2 の二次巻線 2 2 に対し横方向（中心軸線 B 1 に垂直な水平方向）にずれない

ように保持しないと、第2の二次巻線22が水平方向にずれてしまう虞があり、上側の単相鉄心2を第1の二次巻線21と第2の二次巻線22の間に挿入できないことが生じ、組み立て性を悪化させる要因になっていた。そこで、図8の静止電磁機器1Cでは上側の鉄心3と下側の鉄心4を非対称形状として、分割面を第2の二次巻線22の上面よりも少なくとも上側に位置するようにした。

[0035] 図8の例では、分割面が組み立て後の第1の二次巻線21と第2の二次巻線22のいずれの上面よりも上側に位置するような位置に分割面を設定することで、一次巻線11、12と二次巻線21、22の組立性、特に二次巻線21、22側の組立性を向上させることができる。また、直列接続させる一次巻線（11と12）同士の配線の取り出し鉄心3、4の周囲での引き回しが容易になり、直列接続させる二次巻線（21と22）同士の配線の取り出し鉄心3、4の周囲での引き回しが容易になり、鉄心3、4への巻線11、12、21、22の装着作業を容易にできる。尚、単相鉄心2の分割の仕方は図7、図8の例だけに限られない。例えば、図8の下側の鉄心4はU字状であるが、これをJ字状して、上側の鉄心3を倒立したJ字状に形成するようにしても良い。その場合、第1の磁脚部側の分割面を図6の第一の磁脚部側と同じとし、第2の磁脚部側の分割面を図8の第2の磁脚部側の分割面と同一とすれば、第2の磁脚部側の組み立て性を阻害しない。また、上側の鉄心3と下側の鉄心4を共通部品とすることができる。

実施例 3

[0036] 図9は本発明の第3の実施例に係る静止電磁機器1Dの縦断面図である。静止電磁機器1Dでは、環状に成形した単相鉄心2に形成される一方側、即ち第1の磁脚部2aの周囲に、第1の一次巻線11と第1の二次巻線21を、磁脚部2aの長手方向に並べて巻回した。また、他方側の第2の磁脚部2bの一部の周囲に、第2の一次巻線12と第2の二次巻線22を重ねて巻回する。さらに、第2の磁脚部2bの第2の二次巻線22の下側に磁脚部2bの長手方向に並べて第3の一次巻線13を巻回する。2本の磁脚部に巻回し

た一次巻線（１１、１２、１３）同士は、接続手段１１ａ、１２ａにより直列接続される。ここで、高圧側となる接続手段１１ａは素線にて形成できるが、第１の磁脚部２ａ側では、一次巻線１１が上側に配置され、重ね巻される第２の磁脚部２ｂ側の一次巻線１２が外周側に配置されるので、第１の磁脚部２ａと第２の磁脚部２ｂの間において一次巻線１１と１２を接続手段１１ａにて最短距離で接続できる。また、一次巻線１２と１３も磁脚部２ｂの外側において、接続手段１２ａにて最短距離で接続できる。

[0037] 並び巻される一次巻線１１と二次巻線２１の間には一定のギャップ長 d_1 が備えられ、重ね巻される一次巻線１２と二次巻線２２との間には一定のギャップ長 d_2 が備えられ、並び巻される一次巻線１３と二次巻線２２との間には一定のギャップ長 d_3 が備えられ、これらギャップ $d_1 \sim d_3$ の長さを調整することにより所望の漏れインダクタンス L_s を巻線間に持たせることができる。なお図９には示していないが、本実施例においても、巻線間のギャップ長を確実に保持するために、実施例１、２と同様に、絶縁材によるスペーサ７、８を各巻線間に設けると良い。

[0038] 第３の実施例では、一次巻線１２と二次巻線２２の磁氣的結合が密となる。この重ねて巻回した部分が第２の磁脚部２ｂの一部であり、残りの部分の磁氣的結合は疎である。よって、第１および第２の実施例より漏れインダクタンス L_s が大きくなる。さらに、本実施例の構成のまま、第１の磁脚部２ａと第２の磁脚部２ｂに巻回した巻線の巻き数比を変えることで漏れインダクタンス L_s の値を制御することができる。このとき、静止電磁機器１Ｄに内蔵させることができる漏れインダクタンス L_s の範囲、すなわち図４中に示した領域４１を、上の方向にずらすことができる。

実施例 ４

[0039] 本発明の第４の実施例について図１０を用いて説明する。図１０は本発明の第４の実施例に係る静止電磁機器１Ｅの縦断面図である。静止電磁機器１Ｅでは、環状に成形した単相鉄心２に形成される第１の磁脚部２ａの周囲に、第１の一次巻線１１と第１の二次巻線２１を重ねて巻回し、第２の磁脚部

2 b に、第 2 の一次巻線 1 2 と第 2 の二次巻線 2 2 を並べて巻回する。さらに、第 2 の二次巻線 2 2 の外側に、第 3 の一次巻線 1 3 を巻回する。2 本の磁脚部に巻回した一次巻線 1 1 と 1 2、1 2 と 1 3 の間は、接続手段 1 1 a、1 3 a により直列に接続される。一次巻線 1 1 と二次巻線 2 1 の間には、一定のギャップ長 $d_1 \sim d_3$ が設けられ、 d_1 の設定値により所望の漏れインダクタンス L_s を巻線間に持たせることが容易になった。なお、図 1 0 には示していないが、実施例 4 においても、巻線間のギャップ長 $d_1 \sim d_3$ を安定的に維持するために、実施例 1、2 と同様に、絶縁材によるスペーサ 7、8 を各巻線間に設けると良い。

[0040] 第 4 の実施例では、第 1 の磁脚部 2 a では、一次巻線 1 1 と二次巻線 2 1 が重ね巻され、これらの巻線の磁氣的結合が密となる。第 2 の磁脚部 2 b 側では、中心軸線 B 1 方向に見て上側部分で、二次巻線 2 2 の外周側に一次巻線 1 3 が重ね巻される、残りの下側部にて一次巻線 1 2 が配置されることにより、二次巻線 2 2 と一次巻線 1 3 が並び巻きとされる。この際の第 2 の二次巻線 2 2 と第 3 の一次巻線 1 3 の磁氣的結合は密であり、第 2 の二次巻線 2 2 と第 2 の一次巻線 1 2 の磁氣的結合は疎である。よって、第 1 および第 2 の実施例よりも漏れインダクタンス L_s が小さくなる。さらに、本実施例の構成のまま、第 1 の磁脚部 2 a と第 2 の磁脚部 2 b に巻回した巻線の巻き数比を変えることで漏れインダクタンス L_s の値を制御することができる。このとき、静止電磁機器 1 E に内蔵させることができる漏れインダクタンス L_s の範囲、すなわち図 4 中に示した領域 4 1 を、下の方向にずらすことができる。

実施例 5

[0041] 次に図 1 1 を用いて本発明の第 5 の実施例を説明する。図 1 1 は直流電圧を変圧する双方向 DC-DC コンバータ 5 0 の簡単な回路図である。双方向 DC-DC コンバータ 5 0 は、第 1 の実施例の静止電磁機器 1 と、静止電磁機器 1 の一次側 (1 4 a、1 4 b) に接続されるインバータ回路 6 0 と、静止電磁機器 1 の二次側に配置されるインバータ回路 7 0 を組み合わせて構成

される。静止電磁機器 1 は図 1 ～図 3 で示した構成と同一であるが、あくまで一例であり、実施例 2 から実施例 4 で示した静止電磁機器 1 A ～ 1 E のいずれかを図 1 1 の静止電磁機器として用いてもよい。静止電磁機器 1 の一次巻線の電極 1 4 a、1 4 b 側には、第一のインバータ回路 6 0 が接続され、静止電磁機器 1 の二次巻線の電極 2 4 a、2 4 b 側には、第二のインバータ回路 7 0 が接続される。インバータ回路 6 0、7 0 は公知の回路を用いることができるので、ここでは簡単な説明のみを行う。

[0042] 第一のインバータ回路 6 0 は、複数のスイッチング素子（ここでは 4 つ）6 1 ～ 6 4 と、一つ以上のコンデンサ 6 5 を含んで構成される。DC-DC コンバータ 5 0 に入力される直流電圧 V_{dc1} は、ブリッジ状に配置されたスイッチング素子 6 1 ～ 6 4 によって、任意の周波数の交流電圧に変換され、静止電磁機器 1 の一次巻線 1 1、1 2 に入力される。図 1 1 では図示していないが、インバータ回路 6 0 は、図示しない制御部によってゲート電圧がオンオフ制御されることにより、所定の周波数の交流が一次巻線 1 1、1 2 間に供給される。スイッチング素子 6 1 ～ 6 4 としては、電界効果トランジスタ（FET）、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（IGBT）等を用いることができる。

[0043] 静止電磁機器 1 は、一次巻線 1 1、1 2 と二次巻線 2 1、2 2 の巻き数比に対応して電圧を変換し、変圧された交流が電極 2 4 a、2 4 b に出力される。電極 2 4 a、2 4 b に出力された交流は、第二のインバータ回路 7 0 によって再度直流に変換され、直流電圧 V_{dc2} が出力される。第二のインバータ回路 7 0 は、第一のインバータ回路 6 0 と同様の回路構成とすることができ、図示しない制御部によってブリッジ状に接続された 4 つのスイッチング素子 7 1 ～ 7 4 のゲート電圧がオンオフ制御されることによって、所定の電圧の直流が出力される。スイッチング素子 7 1 ～ 7 4 の出力側の正極と負極の間には、一つ以上のコンデンサ 7 5 が設けられる。

[0044] 双方向 DC-DC コンバータ 5 0 では、二次巻き線側からの入力を、一次巻線側に出力することによって、二次巻き線側の誘導機器からの回生電力を

一次巻線側の供給側へと戻すことが可能である。このため、二次巻き線側にダイオードのブリッジ回路のような整流回路を設けるのではなくて、電圧調整が可能なインバータ回路70を設けている。このような双方向DC-DCコンバータ50の静止電磁機器1においては、正方向の電圧変換（一次巻線から二次巻線側への電圧変換）だけでなく、逆方向の電圧変換（二次巻線から一次巻線側への電圧変換）を考慮した最適な漏れインダクタンス L_s 値が設定できるので、二次側に設けた蓄電池等の余剰エネルギーを一次側に戻す場合への変換ロスを小さくすることができる。第5の実施例によって、トータルとしてのエネルギーの再利用効率を高めて、省エネルギーに貢献できる双方向DC-DCコンバータ50と、それに用いるのに好適な静止電磁機器1を実現できた。

[0045] 以上、本発明を複数の実施例に基づいて説明したが、本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能である。

符号の説明

[0046] 1, 1A~1F…静止電磁機器、2…（単相）鉄心、2a, 2b…磁脚部、2d…（磁脚部の）下側接続部、3, 4…鉄心、7, 8…スペーサ、11, 12, 13…一次巻線、11a, 12b, 13a…（一次巻線の）接続手段、14a, 14b…（一次巻線の）電極、15…（一次巻線の）素線、16, 16a, 16b, 17, 18…（一次巻線の）絶縁体、21, 22…二次巻線、21a, 22a…（二次巻線の）接続手段、24a, 24b…（二次巻線の）電極、25…（二次巻線の）素線、26, 26a, 26b, 27, 28…（二次巻線の）絶縁体、40, 40a, 40b…本発明の第1の実施例の静止電磁機器の体積と漏れインダクタ、41…本発明の第1の実施例の静止電磁機器の設計可能範囲、45…第1の従来例の静止電磁機器101Aの体積と漏れインダクタンスの相関、46…第2の従来例の静止電磁機器101Bの体積と漏れインダクタンスの相関、50…DC-DCコンバータ、60, 70…インバータ回路、d…一次巻線と二次巻線間のギャップ長、L

s…（静止電磁機器の）漏れインダクタンス、W…（静止電磁機器の）幅、
H…（静止電磁機器の）高さ、D…（静止電磁機器の）奥行き

請求の範囲

- [請求項1] 磁性材料を環状に成形してなる単相鉄心の第1の磁脚部と第2の磁脚部に、第1および第2の一次巻線と、第1および第2の二次巻線をそれぞれ巻き、前記第1の一次巻線と前記第2の一次巻線を直列接続し、前記第1の二次巻線と前記第2の二次巻線を直列接続した静止電磁機器において、
- 前記第1の磁脚部には、前記第1の一次巻線と前記第1の二次巻線を、一定の間隔を保持しつつ重ねて巻回し、
- 前記第2の磁脚部には、前記第2の一次巻線と前記第2の二次巻線を、前記第2の磁脚部の中心軸線方向に一定の間隔を保持しつつ並べて巻回したことを特徴とする静止電磁機器。
- [請求項2] 前記第1の一次巻線と前記第2の一次巻線は同一又は異なる巻き数とし、前記第1の二次巻線と前記第2の二次巻線は同一又は異なる巻き数としたことを特徴とする請求項1に記載の静止電磁機器。
- [請求項3] 前記第1の磁脚部において、
- 前記第1の一次巻線は複数回巻かれた素線を含み、前記素線が絶縁材にて円筒状に封止され、
- 前記第1の二次巻線は複数回巻かれた素線を含み、絶縁材にて円筒状に封止され、
- 2つの前記絶縁材の間の間隙部に第1のスペーサを介在させることによって一定の間隔を保持しつつ、前記一次巻線と前記二次巻線を前記第1の磁脚部の中心線に対して同軸に整列させたことを特徴とする請求項2に記載の静止電磁機器。
- [請求項4] 前記第2の磁脚部において、
- 前記一次巻線の前記第1の一次巻線は複数回巻かれた素線を含み、絶縁材にて封止され、
- 前記二次巻線の前記第1の一次巻線は複数回巻かれた素線を含み、絶縁材にて封止され、

2つの前記絶縁材の間の間隙部に第2のスペーサを介在させることによって一定の間隔を保持し、前記一次巻線と前記二次巻線を前記第2の磁脚部の中心軸線方向に並べて配置したことを特徴とする請求項3に記載の静止電磁機器。

[請求項5]

前記第1の磁脚部において、

前記第1の一次巻線と前記第1の二次巻線を構成する素線は、前記第1の磁脚部の中心線方向に対して一定の角度を持たせて整列するように前記絶縁材で封止され、

封止された前記第1の一次巻線の内周面は、前記第1の磁脚部の中心線方向に対して角度 θ となるように形成され、

封止された前記第1の二次巻線の外周面は、前記内周面と平行になるように前記第1の磁脚部の中心線方向に対して角度 θ になるように形成され、

前記第1の一次巻線の内周面と前記第1の二次巻線の外周面の間に前記第1のスペーサを介在させることによって前記第1の一次巻線と前記第1の二次巻線を一定の間隔で保持することを特徴とする請求項4に記載の静止電磁機器。

[請求項6]

前記単相鉄心は、薄板状磁性材料を積層して構成するものであって、前記第1の磁脚部の中心線方向と直交する面、及び、前記第2の磁脚部の中心線方向と直交する面において分割された形状にて構成されることを特徴とする請求項4に記載の静止電磁機器。

[請求項7]

磁性材料を環状に成形してなり2つの磁脚部を有する単相鉄心を有し、

前記2つの磁脚部の双方に渡るように一次巻線が第1及び第2に分割して巻回され、

前記2つの磁脚部の双方に渡るように二次巻線が第1及び第2に分割して巻回され、

2つの前記磁脚部の一方においては、前記一次巻線と二次巻線が径

方向に一定の間隔を保持する状態にて重ね巻され、

2つの前記磁脚部の他方においては、前記一次巻線と二次巻線が一定の間隔を隔てて磁脚部の中心線方向に一定の間隔をあけて並ぶように並び巻されることを特徴とする静止電磁機器。

[請求項8]

重ね巻される前記一方の磁脚部において、高圧側の前記一次巻線が外周側に配置され、低圧側の前記二次巻線が内周側に配置され、

前記一次巻線のうち前記第1の一次巻線は複数回巻かれた素線を含み、第一の絶縁材にて円筒状に封止され、

前記二次巻線のうち前記第1の二次巻線は複数回巻かれた素線を含み、第二の絶縁材にて円筒状に封止され、

前記第一及び第二の絶縁材の間にスペーサを介在させることによって前記第1の一次巻線と前記第2の二次巻線を一定の間隔にて保持することを特徴とする請求項7に記載の静止電磁機器。

[請求項9]

重ね巻される前記一方の磁脚部において、高圧側となる前記一次巻線が外周側に配置され、低圧側の一次巻線が内周側に配置されることを特徴とする請求項7に記載の静止電磁機器。

[請求項10]

前記他方の磁脚部において、並び巻される前記二次巻線の外周側に、前記一次巻線の一部を径方向に一定の間隔を保持する状態にて重ね巻きしたことを特徴とする請求項9に記載の静止電磁機器。

[請求項11]

2本の前記磁脚部のうち、一方の磁脚部に前記第1の一次巻線と前記第1の二次巻線が一定の間隔を保持しつつ重ね巻され、前記他方の磁脚部に前記第2の一次巻線と前記第2の二次巻線が一定の間隔を保持しつつ並び巻され、

前記他方の磁脚部において、前記第2の二次巻線の外周側に、第3の一次巻線を重ね巻し、

前記第1から第3の一次巻線を直列接続し、前記第1および第2の二次巻線を直列接続したことを特徴とする請求項10に記載の静止電磁機器。

- [請求項12] 前記第1の一次巻線、前記第2の一次巻線、前記第1の二次巻線、及び、第2の二次巻線は、表面に絶縁材を塗布した銅、アルミニウム等の複数の細線を撚って構成されるリッツ線を鉄心に巻回して構成したか、または、銅、アルミニウムによる薄板材を鉄心に巻回して構成したことを特徴とする請求項1に記載の静止電磁機器。
- [請求項13] 磁性材料を環状に成形してなる単相鉄心の第1の磁脚部に、第1の一次巻線と第1の二次巻線を一定の間隔を保持しつつ重ねて巻回し、
前記単相鉄心の第2の磁脚部には、第2の一次巻線と第2の二次巻線を、前記第2の磁脚部の中心軸線方向に一定の間隔を保持しつつ並べて巻回し、
前記第1の一次巻線と前記第2の一次巻線を直列接続し、前記第1の二次巻線と前記第2の二次巻線を直列接続して構成された静止電磁機器と、
前記一次巻線に接続され、複数のスイッチング素子と一つ以上のコンデンサを有する第一のインバータ回路と、
前記二次巻線に接続され、複数のスイッチング素子と一つ以上のコンデンサを有する第二のインバータ回路と、を有し、
前記第一のインバータ回路が入力される直流から交流に変換をする際には、前記静止電磁機器によって電圧変換された交流を前記第二のインバータ回路によって直流に変換するように制御することによって一次側から二次側へのDC-DC変換を行い、
第二のインバータ回路が入力される直流から交流に変換をする際には、前記静止電磁機器によって電圧変換された交流を前記第一のインバータ回路によって交流から直流変換するように制御することによって二次側から一次側への逆方向のDC-DC変換を行うことを特徴とする静止電磁機器を用いた双方向DC-DCコンバータ。
- [請求項14] 前記第1の一次巻線と前記第2の一次巻線は同一又は異なる巻き数とし、前記第1の二次巻線と前記第2の二次巻線は同一又は異なる巻

き数としたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の静止電磁機器を用いた双方向 DC-DC コンバータ。

[請求項15]

前記第 1 の磁脚部において、

前記第 1 の一次巻線は複数回巻かれた素線を含み、前記素線が絶縁材にて円筒状に封止され、

前記第 1 の二次巻線は複数回巻かれた素線を含み、絶縁材にて円筒状に封止され、

2 つの前記絶縁材の間の間隙部に第 1 のスペーサを介在させることによって一定の間隔を保持しつつ、前記一次巻線と前記二次巻線を前記第 1 の磁脚部の中心線に対して同軸に整列させたことを特徴とする請求項 1 4 に記載の静止電磁機器を用いた双方向 DC-DC コンバータ。