

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5004260号
(P5004260)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 F 19/00	(2006.01)	HO 1 F 19/00	Z
HO 1 F 27/25	(2006.01)	HO 1 F 27/24	B
HO 1 F 30/00	(2006.01)	HO 1 F 31/00	A
HO 2 M 3/28	(2006.01)	HO 1 F 31/00	C
		HO 2 M 3/28	Y

請求項の数 1 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-42811(P2000-42811)
 (22) 出願日 平成12年2月21日(2000.2.21)
 (65) 公開番号 特開2001-237128(P2001-237128A)
 (43) 公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)
 審査請求日 平成19年1月15日(2007.1.15)
 審判番号 不服2010-15554(P2010-15554/J1)
 審判請求日 平成22年7月12日(2010.7.12)

(73) 特許権者 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区芝浦一丁目2番1号
 (72) 発明者 藤井 淳
 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属
 株式会社磁性材料研究所内
 (72) 発明者 中島 晋
 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属
 株式会社磁性材料研究所内
 (72) 発明者 小倉 克廣
 鳥取県鳥取市南栄町70番地2号日立金属
 株式会社鳥取工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外鉄型パワートランスおよびこれを用いた電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁心材料は、Feを主成分とする結晶粒径50nm以下の微細な結晶粒がその組織の体積全体の50%以上を占めるナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心からなり、磁化力の波高値を800A/mとして測定した直流磁気特性における残留磁束密度Brと飽和磁束密度Bsの比である角型比Br/Bsが0.7以下で、かつ磁化力の波高値0.05A/m、周波数20kHzにおける交流比初透磁率 μ_{ri} が10,000以上90,000以下の巻磁心を少なくとも2ヶ以上用いてノーカットの外鉄型磁心を構成し、当該外鉄型磁心の中脚にセンタータップを持たない1次巻線、または、バイファイラで巻かれた少なくとも1組以上のセンタータップを有する1次巻線と、バイファイラで巻かれた少なくとも1組以上のセンタータップを有する全波整流用2次巻線を施し、前記1次巻線が2次巻線を挟み込むサンドイッチ構造であって、1次巻線とその主たる出力である全波整流用の各2次巻線の20kHzにおける2つの結合係数がいずれも0.9998以上であり、偏磁の発生を抑制し得ることを特徴とする外鉄型パワートランス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、比較的高い比初透磁率を有する軟磁性合金薄帯巻磁心を用いた偏磁のない小型で高効率のパワートランス、及び同パワートランスを用いた電力変換装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

パワートランスを用いた絶縁型の電力変換装置の1つとして、図7に示すフルブリッジ型DC-DCコンバータが用いられている。図7において、1は入力直流電源、2、3、4および5は主スイッチ、6、7、8および9は帰還ダイオード、10は直流電流を阻止するためのコンデンサ、20はセンタータップを持たない1次巻線と全波整流出力用の2次巻線を設けたパワートランス、21は前記パワートランス20の1次巻線、22および23は前記パワートランス20の全波整流出力用の2次巻線、31および32は出力整流ダイオード、33は出力平滑チョークコイル、34は出力平滑コンデンサ、35および36は出力端子、37は負荷である。

10

【 0 0 0 3 】

図7のフルブリッジ型DC-DCコンバータでは、主スイッチ2と3、および4と5がそれぞれ1組のスイッチになって、これら2組のスイッチが交互にスイッチングすることにより、パワートランス20の1次巻線21にはコンデンサ10を介して図8のv21のような電圧が印加され、同パワートランス20の全波整流出力用の2次巻線22および23から、出力整流ダイオード31および32、平滑チョークコイル33、平滑コンデンサ34を介し、負荷37に電力が供給される。図8において、主スイッチ2と3がオンの期間が T_{on23} 、主スイッチ4と5がオンの期間が T_{on45} であり、 T_p が周期である。

($T_{on23} + T_{on45}$) / T_p がオンデューティ比 D_{on} であり、入力直流電源1の電圧Eの変動や負荷37の変動に対し、出力電圧 V_o を一定に保つため、 T_p を一定とし D_{on} を変化させ制御するPWM制御(パルス幅変調制御)が一般に用いられている。なお、パワートランス20の駆動周波数 f は $1 / T_p$ で与えられる。

20

【 0 0 0 4 】

本コンバータにおけるパワートランス20の動作B-Hループ概念図を図9に示す。図7に示すパワートランス20の1次巻線21の黒丸側から電流が流入したときにパワートランス20に生じる磁界の向きを図9のH軸の正極側にとることにする。したがって、主スイッチ2と3がオンの期間 T_{on23} には、同パワートランス20の磁束密度は図9のa点からb点まで $2 B_m$ だけ変化し、主スイッチ4と5がオンの期間 T_{on45} には、パワートランス20の磁束密度は図9のb点からa点まで $-2 B_m$ だけ変化する。すなわち、本コンバータにおけるパワートランス20は、B-Hループの原点に対し対称のマイナーループを描く動作をする。

30

【 0 0 0 5 】

本コンバータにおけるパワートランス20では、小型化と低損失化が重要な課題である。パワートランス20の小型化の一般的な手法として、駆動周波数を高めることが行われている。しかし、パワートランス20に用いる磁心や主スイッチ2、3、4および5、帰還ダイオード6、7、8、および9、あるいは出力整流ダイオード31および32などの素子の高周波特性を考慮しない極端な高周波化は、これらの素子の損失を増加させるばかりでなく、パワートランス20の損失増加も招き、コンバータの効率低下や過大な温度上昇による信頼性低下を引き起こす。

【 0 0 0 6 】

本コンバータにおけるパワートランス20には、一般に、主スイッチ2、3、4および5の高周波特性を考慮して選定される駆動周波数において、最も小型化可能で低損失の磁心を選定する必要がある。

40

【 0 0 0 7 】

例えば、出力電力が数kW程度までの比較的小さい場合には、通常、主スイッチ2、3、4および5にパワーMOS-FETが選択され、駆動周波数は50kHz程度以上に選定される。この場合、パワートランス20の磁心には、従来、主に、室温の飽和磁束密度 B_s が0.5T程度と小さいが、数百kHz以上での磁心損失の小さなMn-Znフェライト磁心が用いられていた。

【 0 0 0 8 】

50

一方、出力電力が数 kW を超える領域では、一般に、主スイッチ 2、3、4 および 5 に IGBT が選択され、駆動周波数は数 kHz から 20 kHz 程度に選定される。

この場合、萩原、斎藤、加茂、豊田、山内、吉沢：「超微結晶合金を鉄心に用いたインバータ用変圧器」、電気学会研究会資料、MAG-90-194、1990年12月6日（以下、文献1と呼ぶ）に記載されているように、パワートランス20の磁心には、室温での飽和磁束密度が Mn-Zn フェライト磁心の2倍を超える 1 T 以上で、20 kHz での磁心損失も小さな、特開昭 63-302504号に記載されるような Fe を主成分とし、結晶粒径 50 nm 以下の微細な結晶粒がその組織の体積全体の 50% 以上を占める Fe 基ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心が優れることが知られている。

【0009】

前記 Fe 基ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心においては、前記文献1、あるいは福永、古賀、江口、太田、掛橋：「鉄系磁性薄帯を用いたギャップ付カットコアの磁気特性、電気学会研究会資料、MAG-89-203、1989年12月1日（以下、文献2と呼ぶ）に記載されているように、同巻磁心を樹脂含浸処理や表面固着処理することによって同巻磁心を構成するナノ結晶軟磁性合金薄帯の層間に樹脂あるいはワニスなどが浸透し、同ナノ結晶軟磁性合金薄帯に応力が加わることによって、その磁心損失が著しく増加することが知られている。

【0010】

ところで、パワートランス20用の磁心では、巻線作業を容易にするためカットした磁心が広く用いられている。ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心をカットするためには、同巻磁心をエポキシ系接着剤などの含浸材で含浸処理し、同巻磁心を構成するナノ結晶軟磁性合金薄帯の各層間を前記含浸材で固着させた後、回転砥石などによりカットする必要がある。また、磁心損失を小さくする観点から、カット後、端面を鏡面研磨することも行われている。しかし、このような手法を用いたナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心をカットした磁心は、上記のように製造工程が複雑となるほか、前記文献1および文献2に記載されているように、その磁心損失が著しく増加してしまう問題もある。

【0011】

このためナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いカットした磁心の磁心損失を低減するため、吉沢、森、荒川、山内：「Fe-Cu-Nb-Si-B系ナノ結晶合金の高周波磁気特性」、電気学会研究会資料、MAG-94-202、1994年11月22日（以下、文献3と呼ぶ）に記載されるように、その飽和磁歪定数 s が 10^{-6} 以下と小さなナノ結晶軟磁性合金薄帯を使用し、同薄帯表面をセラミックスで被覆した層間絶縁処理を行うことが有効である。しかし、前記セラミックスで被覆した層間絶縁処理をした磁心の場合、このセラミックスの絶縁層の硬度が高いため、カットの工数が著しく増加する問題がある上、含浸やカットをしない通常のナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心の磁心損失の約 1.4 倍にも達してしまう。

【0012】

このため、ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心の特徴である低磁心損失を有効に活用するためには、同巻磁心を構成するナノ結晶軟磁性合金薄帯に極力応力を加えないように構成する必要がある。そのような構成のナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心としては、ノーカットの同巻磁心をシリコングリスやゲル状のシリコンゴムなどを緩衝材としてプラスチックやセラミック等の絶縁ケース中に収納し、外部からの応力が直接巻磁心に加わり難いようにしたものが広く用いられている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

図7のフルブリッジ型 DC-DC コンバータのように、パワートランス20の磁束密度が図9に示すように B-H ループの原点に対し対称な B-H マイナーループを描く動作をする電力変換装置のパワートランス20において、その動作時の B-H マイナーループが図10のように B-H ループの原点に対し非対称な動作をする偏磁により、前記パワートランス20が磁気飽和し励磁電流が著しく増加するのを抑制し、主スイッチ2、3、4およ

10

20

30

40

50

び5の安全動作を確保することが極めて重要である。

【0014】

パワートランス20の偏磁は、よく知られているように、主に、主スイッチ2、3、4および5の電気的な特性のバラツキに起因するものであり、励磁電流は回路インピーダンスによってある値で平衡する。しかし、パワートランス20の偏磁が大きい場合、動作時のB-Hマイナーループは図10に示すように一方の飽和領域に達し、励磁電流は著しく増加するため、主スイッチ2、3、4および5の主電極間に過大な電流が流れ、同主スイッチ2、3、4および5は破壊に至る場合があった。特に、入力直流電源1の電圧の急変や負荷37の急変時には、過渡的にパワートランス20の動作時の磁束密度の変化量Bが大きくなるため、偏磁による励磁電流の増加量も大きくなり、主スイッチ2、3、4および5が破壊に至る危険性が高かった。

10

【0015】

なお、主スイッチ2、3、4および5の主電極間に流れる過電流を抑制する応答速度の速い過電流保護回路が設けられている場合には、著しい偏磁により前記主スイッチ2、3、4および5に過大な電流が流れるのを抑制でき、これらの主スイッチが破壊するのを防止できる。しかし、同過電流保護回路が動作したときには、出力側に十分な電力を供給できなくなるため出力電圧の定電圧精度が確保できなくなるなどの問題があった。

【0016】

上記パワートランス20の偏磁を防止するための最も一般的な手法として、同パワートランス20に、透磁率の小さな磁心を採用するとともに、同磁心の動作磁束密度波高値 B_m を同磁心の飽和磁束密度 B_s に対して十分小さな値となるように選定することが行われている。上記、透磁率の小さな磁心を得る手法としては、カット磁心にギャップを設けて、その実効的な比透磁率を下げるのが最も簡便な方法である。この手法によれば、ギャップ幅を調整することにより、磁心の実効的な比透磁率を任意に選定できると言う利点もあった。

20

【0017】

しかし、ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心の場合に上記のようにギャップを設けることによって実効的な比透磁率を低下させる手法は、前記文献1から文献3にも記載されているように、カット磁心にすることとギャップを設けることによって、磁心損失が大幅に増加するため、前記パワートランス20に用いるときの最大の利点である低磁心損失という特徴が損なわれる上、ギャップ部で生じる漏れ磁束の影響により銅損が増加する問題があった。

30

【0018】

ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心において、ギャップを設けることなしに比透磁率を低下させる手法としては、同巻磁心の薄帯幅方向(巻磁心の高さ方向)に磁界を加えながら熱処理する手法、および巻磁心を構成するナノ結晶軟磁性合金薄帯に応力を加える手法がある。しかし、これらの手法により比透磁率と磁心損失に代表される磁気特性のバラツキを押しさえつつ効率よく磁心を生産するには多くの問題があった。

【0019】

すなわち、前者の方法の場合、ナノ結晶軟磁性合金薄帯を形成し得る非晶質軟磁性合金を用いて構成した巻磁心から軟磁気特性に優れたナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を得るのに必要な最適熱処理温度である5百数十程度においてそのバラツキをプラスマイナス3十程度に押しさえなくてはならないこと、同巻磁心の熱処理時には酸化を避けるため窒素などの不活性なガス雰囲気中に行わなくてはならないこと、さらに同巻磁心の薄帯幅方向に100kA/m程度以上の磁化をを加えなくてはならないなどの制約から熱処理装置の構成と工程が複雑になる問題があった。

40

【0020】

一方、後者の応力を加える手法は、前記、文献1および2に記載されるように、磁心損失の大幅な上昇を招く問題があった。

【0021】

50

このため、図7のフルブリッジ型DC-DCコンバータのように、パワートランス20の磁束密度が図9に示すようなB-Hループの原点に対し対称なB-Hマイナーループを描く動作をする電力変換装置のパワートランス20に、ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を使用し、低磁心損失という特徴を発揮させるためには、極度な偏磁によりパワートランスが飽和し、主スイッチが破壊することのないように同パワートランス20の偏磁量を検出するとともに、これを矯正するために主スイッチ2、3、4および5で形成される2組のスイッチの各々のオン期間を独立に制御することの可能な偏磁抑制回路を追加するなどの対策を行う必要があった。

【0022】

なお、以上の説明ではフルブリッジ型DC-DCコンバータを例にナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたパワートランス20、およびこれを用いた電力変換装置の問題点について説明したが、ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心にセンタータップを持たない1次巻線と少なくとも1組以上の全波整流出力用の2次巻線を設けた構成のハーフブリッジ型コンバータ、また少なくとも1組以上のセンタータップを有する1次巻線と少なくとも1組以上の全波整流出力用の2次巻線を設けた構成のプッシュプル型コンバータなどの他の電力変換装置のパワートランス20、およびこれを用いた電力変換装置に対しても、全く同様の問題があった。また磁心にCo基アモルファス薄帯を用いた場合にも同様の問題があった。

【0023】

本発明の目的は、前記従来技術では、実現困難であった、実用上障害となるレベルの偏磁の発生を防止し得るとともに低磁心損失で小型なノーカットの薄帯巻磁心を用いた外鉄型パワートランス20、およびこれを用いた高効率で信頼性の高い電力変換装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明は、磁心材料は、Feを主成分とする結晶粒径50nm以下の微細な結晶粒がその組織の体積全体の50%以上を占めるナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心からなり、磁化力の波高値を800A/mとして測定した直流磁気特性における残留磁束密度 B_r と飽和磁束密度 B_s の比である角型比 B_r/B_s が0.7以下で、かつ磁化力の波高値0.05A/m、周波数20kHzにおける交流比初透磁率 μ_{ri} が10,000以上90,000以下の巻磁心を少なくとも2ヶ以上用いてノーカットの外鉄型磁心を構成し、当該外鉄型磁心の中脚にセンタータップを持たない1次巻線、または、バイファイラで巻かれた少なくとも1組以上のセンタータップを有する1次巻線と、バイファイラで巻かれた少なくとも1組以上のセンタータップを有する全波整流用2次巻線を施し、前記1次巻線が2次巻線を挟み込むサンドイッチ構造であって、1次巻線とその主たる出力である全波整流用の各2次巻線の20kHzにおける2つの結合係数がいずれも0.9998以上であり、偏磁の発生を抑制し得ることを特徴とする外鉄型パワートランスである。

【0025】

このような構成とすることによって、高透磁率および低磁心損失のノーカットの薄帯巻磁心を用いたパワートランス20をプッシュプル型コンバータやフルブリッジ型コンバータ、ハーフブリッジ型コンバータなどの電力変換装置に用いる際に問題となっていた偏磁による磁気飽和を複雑な偏磁抑制回路を加えることなしに防止でき好ましい。

【0026】

前記パワートランス20において、その主たる出力である全波整流出力用の2次巻線は、前記薄帯巻磁心にバイファイラ巻されており、かつ同2次巻線は前記薄帯巻磁心に巻かれた1次巻線によってサンドイッチ巻されているため、前記1次巻線とその主たる出力である全波整流出力用の2次巻線間の漏れインダクタンスを小さくでき結合係数を高めることができるため、偏磁による励磁電流の増加を一層減少させることができるとともに、漏れ磁束の影響による銅損の増加を押さえることができる。また、動作磁束密度をさらに大きく設定できるため、同パワートランス20の小型化と高効率化が図れ好ましい。

【0028】

10

20

30

40

50

前記、パワートランスにおいて、当該磁心がFeを主成分とする結晶粒径50nm以下の微細な結晶粒がその組織の体積全体の50%以上を占めるナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心により構成されている場合には、その駆動周波数を5kHz以上150kHz以下の範囲に選定した場合において、従来のパワートランスに比べて、より小型化と高効率化が図れ好ましい。

【0029】

上記本発明による外鉄型パワートランス20を用いた電力変換装置は、従来の電力変換装置に比べて、小型化と高効率化が図れるとともに、簡単な回路構成でパワートランスの偏磁による励磁電流の増加を抑制できるため主スイッチの安全動作が図れ、信頼性が向上して好ましい。

10

【0030】

【実施例】

以下本発明の実施例について詳細に説明する。

(実施例1)

回路構成が図7、仕様が表1で与えられるスイッチング周波数fが20kHzのフルブリッジ型DC-DCコンバータのパワートランス20、および同フルブリッジ型DC-DCコンバータの性能について検討した。

【0031】

図7において、1は入力直流電源、2、3、4および5は主スイッチ、6、7、8および9は帰還ダイオード、10は直流電流を阻止するためのコンデンサ、20はセンタータップを持たない1次巻線と全波整流出力用の2次巻線を設けたパワートランス、21は前記パワートランス20の1次巻線、22および23は前記パワートランス20の全波整流出力用の2次巻線、31および32は出力整流ダイオード、33は出力平滑チョークコイル、34は出力平滑コンデンサ、35および36は出力端子、37は負荷である。

20

【0032】

【表1】

入力電圧 (V)	出力電圧(V)	負荷電流(A)	動作時の周囲温度 (°C)
200	48	2~25	0~40

30

【0033】

なお、本実施例では、パワートランス20の偏磁の一因である主スイッチ2、3、4、および5のオン期間のバラツキを抑制するため、これら4つの主スイッチにはパワーMOS-FETを用い、ターンオフタイムのバラツキを抑えるためターンオフ時のゲート電流波高値を大きくしてターンオフ時間を極力短くしている。

【0034】

また、図7の回路において、帰還ダイオード6、7、8および9はパワートランス20の励磁エネルギーを入力直流電源1に回生することによりコンバータの高効率化を図るとともに同パワートランス20の偏磁を抑制する機能を有する。

40

さらに、直流電流を阻止するコンデンサ10も、直流電流成分が前記パワートランス20の1次巻線21に流入することを防止できるため、同パワートランス20の偏磁を抑制する機能を有する。

【0035】

パワートランス20には表2に示す磁心を用いた。表2において、磁心イから磁心トは、いずれも単ロール法で製造されたFeを主成分とする非晶質軟磁性合金薄帯を用いて所定の寸法の巻磁心を構成した後、無磁場の窒素雰囲気中で熱処理することにより得られた、結晶粒径50nm以下の微細な結晶粒がその組織の体積全体の50%以上を占めるノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心である。非晶質軟磁性合金薄帯の幅は20mm、厚みは18~20μmのものを用いた。

50

【0036】

表2の磁心イから磁心トは、いずれもその寸法が図1に示される磁心2ヶを用いて構成されている。ただし各磁心は、幅32mm、高さ51mm、奥行き14mmのプラスチック製絶縁ケースに挿入し、応力がかからないように磁心とケースを接着剤により固定し、同プラスチック製絶縁ケースでふたをすることにより構成されたものを用いた。図2に使用した外鉄型磁心のケース詰め後の形状と寸法を示す。磁心の有効断面積は75mm²、平均磁路長は130mmですべて同一である。

【0037】

【表2】

磁心	直流磁気特性				20kHzの比透磁率	
	Bs (T)		Br/Bs		μr	
	25℃	120℃	25℃	120℃	25℃	120℃
イ	1.23	1.16	0.29	0.27	8,200	8,000
ロ	1.23	1.16	0.31	0.30	12,000	11,500
ハ	1.23	1.16	0.47	0.46	36,000	34,000
ニ	1.23	1.16	0.52	0.51	57,000	56,000
ホ	1.23	1.16	0.68	0.67	84,000	83,000
ヘ	1.23	1.16	0.66	0.65	92,000	91,000
ト	1.23	1.16	0.73	0.72	65,000	63,000

10

20

【0038】

パワートランス20の巻線仕様を表3に示す。表3において、本発明Aから本発明D、および比較例oから比較例qのパワートランス20の構成を図3に示す。図3は、本発明Aから本発明D、および比較例oから比較例qのパワートランス20の断面図である。同図において、50はケースを含む磁心、白抜きの円51および縦縞の円52は図7の1次巻線21、網掛けの円53および横縞の円54は各々図7の2次巻線22と23に相当する。

【0039】

2次巻線53および54は各々0.23のポリウレタン絶縁被覆電線14本で構成したリッツ線を磁心50にバイファイラ巻した。一方、1次巻線は、1.0の3層絶縁被覆電線を2本パラで32ターンをケースを含む磁心50に巻いた巻線51と1.0の3層絶縁被覆電線を2本パラで32ターンを磁心50に巻いた巻線52で、前記2次巻線53および54を挟み込むと同時に、前記巻線51と巻線52をパラ接続することで4本パラで32ターンの1次巻線21を構成し、所謂サンドイッチ巻構成としている。

30

【0040】

表3において、参考例Eから参考例H、および比較例rから比較例tのパワートランス20の構成を図4に示す。図4は、本発明Eから本発明H、および比較例rから比較例tのパワートランス20の断面図である。同図において、50はケースを含む磁心、白抜きの円61は図7の1次巻線21、網掛けの円62および横縞の円63は各々図7の2次巻線22と23に相当する。

40

【0041】

1次巻線61は、1.0の3層絶縁被覆電線を4本パラで磁心50に32ターン巻いた。一方、2次巻線62および63は、0.23のポリウレタン絶縁被覆電線を140本用い構成したリッツ線を、各々磁心50にバイファイラ巻した。

【0042】

表3において、比較例aから比較例gのパワートランス20の構成を図5に示す。図5は、比較例aから比較例gのパワートランス20の断面図である。

50

同図において、50はケースを含む磁心、白抜きの円51と縦縞の円52は図7の1次巻線21、網掛けの円53および横縞の円54は各々図7の2次巻線22と23に相当する。

【0043】

【表3】

	磁心	巻線構造	1次巻線		2次巻線		
			巻線構成	巻数	巻線構成	巻数	
本発明	A	ロ	図3	1.0φ×2パラ巻を2組パラ接続	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線バイファイラ巻	9
	B	ハ					
	C	ニ					
	D	ホ					
参考例	E	ロ	図4	1.0φ×4パラ巻	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線バイファイラ巻	9
	F	ハ					
	G	ニ					
	H	ホ					
比較例	a	イ	図5	1.0φ×2パラ巻を2組パラ接続	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線を整列巻	9
	b	ロ					
	c	ハ					
	d	ニ					
	e	ホ					
	f	ヘ					
	g	ト	図6	1.0φ×4パラ巻	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線を整列巻	9
	h	イ					
	i	ロ					
	j	ハ					
	k	ニ					
	l	ホ					
	m	ヘ	図3	1.0φ×2パラ巻を2組パラ接続	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線バイファイラ巻	9
	n	ト					
	o	イ					
	p	ヘ					
q	ト	図4	1.0φ×4パラ巻	3 2	0.23φ×140パラ・リッツ線バイファイラ巻	9	
r	イ						
s	ヘ						
t	ト						

【0044】

2次巻線62および63は、0.23のポリウレタン絶縁被覆電線を140本用い構成したリッツ線を、各々磁心50に整列巻した。

一方、1次巻線は、1.0の3層絶縁被覆電線を2本パラで32ターンをケースを含む磁心50に巻いた巻線51と1.0の3層絶縁被覆電線を2本パラで32ターンを磁心50に巻いた巻線52で、前記2次巻線53および54をサンドイッチ状に挟み込むと同時に、前記巻線51と巻線52をパラ接続することにより4本パラで32ターンの1次巻線21を構成している。

【0045】

表3において、比較例hから比較例nのパワートランス20の構成を図6に示す。図6は、比較例hから比較例nのパワートランス20の断面図である。

10

20

30

40

50

同図において、50はケースを含む磁心、白抜きの円61は図7の1次巻線21、網掛けの円62および横縞の円63は各々図7の2次巻線22と23に相当する。

【0046】

1次巻線61は、1.0の3層絶縁被覆電線を4本パラで磁心50に32ターン巻いた。一方、2次巻線62および63は、各々0.23のポリウレタン絶縁被覆電線を140本用いて構成したリッツ線を磁心50に整列巻した。

【0047】

表4に、表3に示す28種類のパワートランス20の周波数20kHzにおける1次巻線と2次巻線間の各結合係数k1、k2、前記回路構成が図7、仕様が表1のフルブリッジ型DC-DCコンバータに実装したときの同パワートランス20の偏磁の有無、動作時の磁束密度の変化量Bおよび温度上昇Tを示す。

10

なお、前記結合係数k1とk2は、1次巻線21のインダクタンスをLp、および各2次巻線22と23の各々1つのみを短絡して前記1次巻線側から測定した周波数20kHzにおけるリーケージ・インダクタンスLl1とLl2から、それぞれ次式によって求めることができる。

$$k1 = (1 - (Ll1 / Lp))^{0.5} \quad (1)$$

$$k2 = (1 - (Ll2 / Lp))^{0.5} \quad (2)$$

【0048】

偏磁については、表1の仕様の範囲において、負荷を2から25Aに急変させても偏磁によるパワートランスの飽和が生じない場合を、負荷を2から25Aに急変させたときもしくは入力電圧定常動作のいずれかにおいて偏磁によりパワートランスが飽和した場合を×とした。

20

また、動作時の磁束密度の変化量Bおよび温度上昇Tは、周囲温度25において入力電圧200V、出力電圧48V、負荷電流25Aの入出力条件のもとで連続通電してパワートランスの温度が飽和した時点で測定した結果である。

【0049】

表4からわかるように、20kHz、磁化力の波高値0.05A/mのときの透磁率が10,000を超え90,000以下となる同形状のノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を2ヶ用い、結合係数k1およびk2がいずれも0.9997以上である本発明Aから本発明Hのパワートランスによれば、偏磁を実用上問題のないレベルに押さえることができるとともに、その温度上昇Tも実用上支障のない許容値である60以下に押さえることができた。

30

なお、ここで温度上昇Tの許容値は、表1の動作時の周囲温度の上限である40に動作時のDC-DCコンバータケース内部の温度上昇想定上限値20を足した60をE種絶縁の許容温度である120から差し引いて60以下とした。

【0050】

結合係数k1またはk2が0.9997未満の比較例aから比較例oおよび比較例rでは、入力電圧定常動作でも偏磁によりパワートランスが飽和した。また、比較例qおよび比較例tでは、本発明Cおよび本発明Gと同程度の透磁率、結合係数であるにもかかわらず、角形比Br/BSが0.73と大きいため、入力電圧定常動作でも偏磁によりパワートランスが飽和した。この結果より角形比Br/BSは0.7以下であることが好ましいことが分かった。

40

【0051】

【表4】

		磁心	k 1	k 2	偏磁	ΔB (T)	ΔT (°C)
本発明	A	口	0.999773	0.999769	○	1.85	50
	B	ハ	0.999812	0.999801	○	1.85	51
	C	ニ	0.999838	0.999822	○	1.85	53
	D	ホ	0.999877	0.999873	○	1.85	55
参考例	E	口	0.999691	0.999687	○	1.85	53
	F	ハ	0.999711	0.999709	○	1.85	54
	G	ニ	0.999735	0.999726	○	1.85	56
	H	ホ	0.999757	0.999744	○	1.85	57
比較例	a	イ	0.999499	0.999481	×	1.85	65
	b	口	0.999515	0.999506	×	1.85	64
	c	ハ	0.999538	0.999524	×	1.85	68
	d	ニ	0.999553	0.999521	×	1.85	65
	e	ホ	0.999564	0.999539	×	1.85	71
	f	ヘ	0.999572	0.999541	×	1.85	69
	g	ト	0.999563	0.999540	×	1.85	70
	h	イ	0.999599	0.999581	×	1.85	66
	i	口	0.999615	0.999606	×	1.85	72
	j	ハ	0.999638	0.999624	×	1.85	69
	k	ニ	0.999653	0.999621	×	1.85	65
	l	ホ	0.999664	0.999639	×	1.85	69
	m	ヘ	0.999672	0.999641	×	1.85	66
	n	ト	0.999663	0.999640	×	1.85	62
	o	イ	0.999643	0.999641	×	1.85	63
	p	ヘ	0.999887	0.999873	×	1.85	58
	q	ト	0.999835	0.999828	×	1.85	55
	r	イ	0.999643	0.999639	×	1.85	66
	s	ヘ	0.999787	0.999873	×	1.85	60
	t	ト	0.999731	0.999720	×	1.85	56

【0052】

比較例 p および比較例 s は、結合係数 k1 と k2 とともに 0.9998 以上あり、温度上昇 T も許容値以下であるが、20 kHz、磁化力の波高値が 0.05 A/m で測定したときの透磁率が 90,000 を超えるために、負荷急変時に偏磁の影響によってパワートランスが飽和した。

【0053】

以上のように、20 kHz、磁化力の波高値 0.05 A/m のときの透磁率が 10,000 を超え 90,000 以下のノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用い、結合係数 k1 および k2 がいずれも 0.9997 以上である本発明 A から参考例 H のパワートランスによれば、偏磁を実用上問題のないレベルに押さえることができるとともに、その温度上昇 T も実用上支障のない許容値である 60 以下に押さえることができる。また、この時の動作磁束密度波高値 $B/2$ は、パワートランス動作時の温度における飽和磁束密度 B_s の 80% に相当し、ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心のもつ高飽和磁束密度を有効に活用することができるため、信頼性が高く、高効率なパワートランスが得られるとともに、高効率、高信頼性の電力変換装置を実現できることがわかる。

【0054】

次に、本発明 A から参考例 H および比較例 a から t を用いて、回路構成が図 7 の仕様を出力電圧を 53 V、負荷電流を 2 ~ 23 A に変更することにより動作磁束密度 B を 2 .

10

20

30

40

50

0.6 Tとしたときのフルブリッジ型DC-DCコンバータのパワートランス20、および同フルブリッジ型DC-DCコンバータの性能について検討したところ、1次巻線が2次巻線を挟み込むサンドイッチ構造とすることにより、結合係数がいずれも0.9998以上となる前記本発明Aから本発明Dでは偏磁は確認されず、温度上昇Tも60以下となった。しかし結合係数がいずれも0.9998以下または片方の結合係数が0.9998以下となるパワートランスでは偏磁が確認された。

【0055】

以上のように、20kHz、磁化力の波高値0.05A/mのときの透磁率が10,000を超え90,000以下、かつ角形比 B_r/B_s が0.7以下のノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用い、結合係数 k_1 および k_2 がいずれも0.9998以上である本発明Aから本発明Dのパワートランスによれば、さらに動作磁束密度を大きく設定できるためパワートランスをより小型化できることが分かった。

10

【0056】

前記、巻線構造および透磁率の違いによる結合係数と角形比 B_r/B_s の値から、磁心にCo基アモルファスを用い、同方法による偏磁の有無を確認したところ、前記ナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたときと同様の結果が得られた。

【0057】

なお、前記実施例で用いた磁心は、図2より磁心のケース詰め後の中足の幅Wが18mm、奥行きがD14mmであり、その比D/Wは0.88であった。この値が大きくなるように磁心および磁心を収納するケースを選定することにより、図3および図4に示す巻線構造のパワートランスにおいては結合係数が高くなることが分かった。しかしあまりD/Wの値を大きくしすぎると、パワートランスを自然空冷で使用する際には、熱がパワートランス内側こもるため好ましくないが、強制空冷用の冷却ファンにより、パワートランス内側の熱を吹き出す方法を用いることにより問題は解決する。

20

【0058】

さらに、回路構成が図7、仕様が表1で与えられるDC-DCコンバータについて、その駆動周波数を変えたときに、本発明によるノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたパワートランス、Mn-Znフェライト磁心を用いたパワートランス、およびFe基アモルファス軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたパワートランスについて、温度上昇Tが60以下で、偏磁による異常動作を生じない条件を満足する製品サイズを比較検討した。その結果、Fe基アモルファス軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたパワートランスは駆動周波数が5kHz未満で最も小型化でき、Mn-Znフェライト磁心を用いたパワートランスは駆動周波数150kHzを超える場合に最も小型化できた。これらに対し、本発明によるノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いたパワートランスは駆動周波数が5kHz以上150kHz以下の範囲で最も小型化できることもわかった。

30

【0059】

なお、前記実施例においては、磁心形状を長方形として、また寸法を図1および図2にて例示したが、本考案はこれに限らずレーストラック形、円形等のような形状および寸法のものを用いても良い。また、前記実施例では、巻き磁心と磁心ケースからなる磁心を2ヶ用いて例示したが、磁心ケースが2ヶ以上の磁心を挿入できる構造のものを用いても良いことは勿論である。

40

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、特に複雑な偏磁抑制回路を設けることなしに実用上障害となる偏磁の発生を抑制し得るとともにノーカットのナノ結晶軟磁性合金薄帯巻磁心を用いた場合には、磁心のもつ高飽和磁束密度、高透磁率を有効に活用でき、小型で温度上昇が小さく高効率のパワートランス20、およびこれを用いた高効率で信頼性の高い電力変換装置が得られる。さらに、磁心を外鉄型とすることにより、磁心そのものを直接冷却することができるため、冷却効率も改善されることになる。

なお、前記実施例では、パワートランスを用いた代表的な電力変換装置としてフルブリッ

50

ジ型DC-DCコンバータへの応用例について詳細に説明したが、本発明はハーフブリッジ型コンバータを始めとするセンタータップを持たない1次巻線と、少なくとも1組以上のセンタータップ付き2次巻線を設けたパワートランス20全般、またプッシュプル型コンバータを始めとする少なくとも1組以上のセンタータップ付き1次巻線と、少なくとも1組以上のセンタータップ付き2次巻線を設けたパワートランス20全般、および同パワートランス20を用いた電力変換装置全般に適用され、同様に有効な効果を発揮し、その効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例で使用した磁心の形状と寸法を示した図。

【図2】本発明の実施例で使用した外鉄型磁心のケース詰め後の寸法を示した図。

【図3】本発明による、パワートランス20の1実施例の巻線構造断面の概念図。

【図4】参考例による、パワートランス20の1実施例の巻線構造断面の概念図。

【図5】比較例であるパワートランスの巻線構造断面の概念図。

【図6】比較例であるパワートランスの巻線構造断面の概念図。

【図7】フルブリッジ型DC-DCコンバータの回路構成ブロック図。

【図8】図7のフルブリッジ型DC-DCコンバータにおけるパワートランス20の1次巻線21の端子電圧概念図。

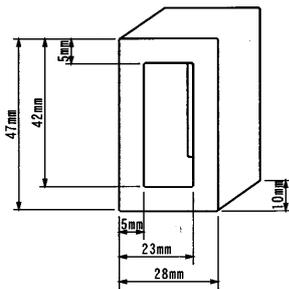
【図9】偏磁がない場合の図7のフルブリッジ型DC-DCコンバータのパワートランス20の動作B-Hループ概念図。

【図10】偏磁により磁心が飽和したときの図7のフルブリッジ型DC-DCコンバータのパワートランス20の動作B-Hループ概念図。

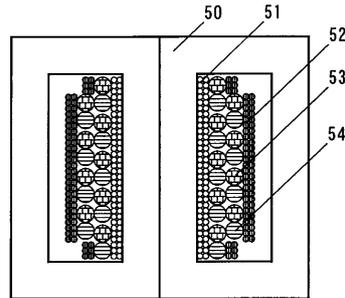
10

20

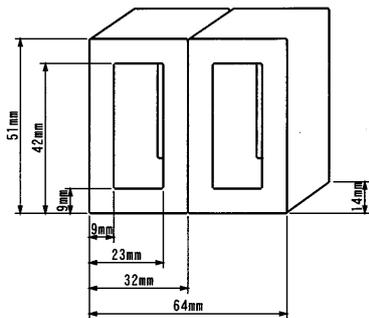
【図1】



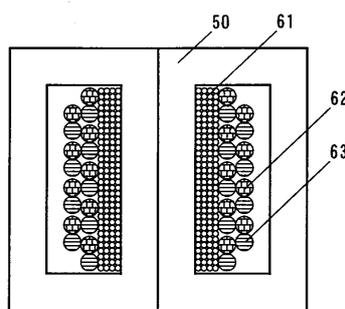
【図3】



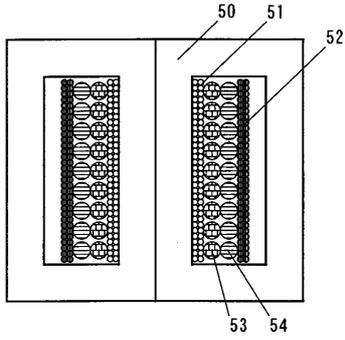
【図2】



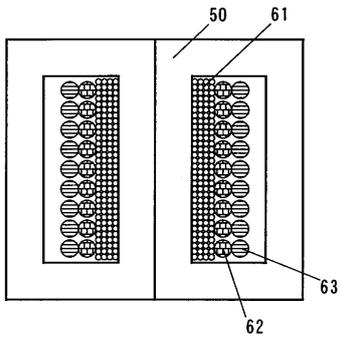
【図4】



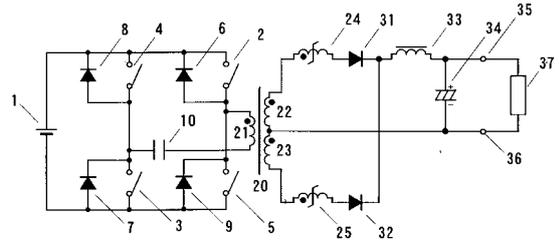
【 図 5 】



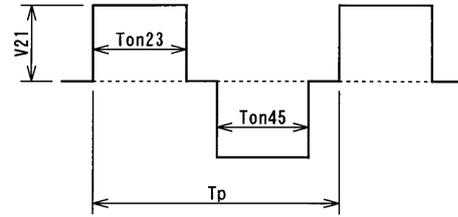
【 図 6 】



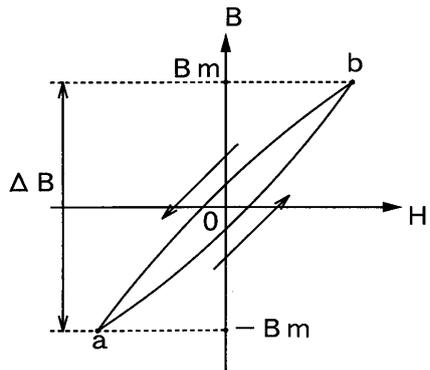
【 図 7 】



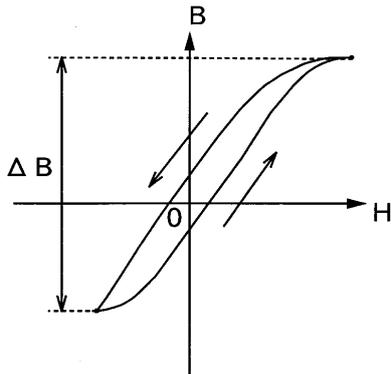
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

合議体

審判長 齋藤 恭一

審判官 恩田 春香

審判官 近藤 幸浩

- (56)参考文献 特開昭64-50396(JP,A)
特開平9-283350(JP,A)
特開昭61-295612(JP,A)
実開昭59-111019(JP,U)
特開平7-45440(JP,A)
特開平8-97045(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 15/00-21/12

H01F 27/24-27/26

H01F 27/28-27/30

H01F 31/00-39/00