

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6484421号  
(P6484421)

(45) 発行日 平成31年3月13日(2019.3.13)

(24) 登録日 平成31年2月22日(2019.2.22)

(51) Int.Cl.

F I

H 0 1 F 27/26 (2006.01)

H 0 1 F 27/26 1 3 0 B

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-191419 (P2014-191419)  
 (22) 出願日 平成26年9月19日 (2014.9.19)  
 (65) 公開番号 特開2016-63140 (P2016-63140A)  
 (43) 公開日 平成28年4月25日 (2016.4.25)  
 審査請求日 平成29年5月10日 (2017.5.10)

(73) 特許権者 000000262  
 株式会社ダイヘン  
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
 (74) 代理人 100115749  
 弁理士 谷川 英和  
 (74) 代理人 100115369  
 弁理士 仙波 司  
 (74) 代理人 100121223  
 弁理士 森本 悟道  
 (72) 発明者 津江 雄基  
 大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式  
 会社ダイヘン内

審査官 田中 崇大

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄心締付装置、およびその鉄心締付装置を備えた静止誘導機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

積層鉄心の下部継鉄部を締め付ける下部鉄心締付金具を備えた鉄心締付装置において、前記下部鉄心締付金具の渦電流が集中する箇所に当該渦電流の集中を阻害する所定の構造が設けられており、

前記下部鉄心締付金具は、前記積層鉄心の脚部に対応する位置に、当該脚部に巻装される巻線を載置する台座を有し、

前記所定の構造は、前記台座に外縁から前記脚部の方向に延びるスリットを設けた構造であり、

前記台座と当該台座に載置される巻線との間に絶縁体が設けられ、

前記絶縁体には、前記台座に設けられたスリットに嵌入する突出部が形成されている、鉄心締付装置。

【請求項 2】

前記絶縁体は、絶縁性の締結具によって前記台座に固定されている、請求項 1 記載の鉄心締付装置。

【請求項 3】

前記スリットは、前記台座を二分するように、座面全体に設けられている、請求項 1 または請求項 2 記載の鉄心締付装置。

【請求項 4】

前記台座は、多角形状を有し、

10

20

前記所定の構造は、前記台座の角部を面取りして当該角部に曲面を形成した構造である、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の鉄心締付装置。

【請求項 5】

積層鉄心と当該積層鉄心の脚部に巻装された巻線とを備えた静止誘導機器であって、前記積層鉄心は、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の鉄心締付装置によって締め付けられていることを特徴とする、静止誘導機器。

【請求項 6】

静止誘導機器は、変圧器である、請求項 5 記載の静止誘導機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、積層鉄心の継鉄部を締め付ける鉄心締付装置と、その鉄心締付装置を備えた静止誘導機器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、積層鉄心を用いた変圧器が知られている。例えば、特許文献 1 には、図 1 2 に示す構造の積層鉄心を用いた変圧器が示されている。

【0003】

図 1 2 に示す積層鉄心 3 0 0 は、三相変圧器用の積層鉄心で、複数の鋼板を積層して成る鉄心 3 0 1 の上部継鉄部 3 0 1 D と下部継鉄部 3 0 1 E をそれぞれ上部鉄心締付金具 3 0 2 A と下部鉄心締付金具 3 0 2 B とで積層方向（紙面に垂直な方向）に締め付けた構造を有している。鉄心 3 0 1 は 3 本の脚部 3 0 1 A , 3 0 1 B , 3 0 1 C を有し、各脚部 3 0 1 A , 3 0 1 B , 3 0 1 C には U 相、V 相、W 相の巻線 3 0 3 A , 3 0 3 B , 3 0 3 C がそれぞれ巻装されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 0 6 - 1 8 8 1 2 8 号公報（段落 [ 0 0 1 7 ]、第 1 図等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

図 1 2 に示す構造の積層鉄心 3 0 0 では、巻線 3 0 3 A , 3 0 3 B , 3 0 3 C を流れる交番電流によって生じる磁束の漏れ磁束が上部鉄心締付金具 3 0 2 A と下部鉄心締付金具 3 0 2 B を鎖交し、上部鉄心締付金具 3 0 2 A と下部鉄心締付金具 3 0 2 B に渦電流が生じる。

【0006】

上部鉄心締付金具 3 0 2 A および下部鉄心締付金具 3 0 2 B は、一般に、複数の鋼板を積層した鉄心を挟む 1 組の金属板を含み、金属板には、その形状によって渦電流が集中して流れる部分が生じる。

【0007】

40

このため、金属板の渦電流が集中する部分で局所的に多大な渦電流損が発生するとともに、発熱が増大するという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本第一の発明の鉄心締付装置は、積層鉄心の下部継鉄部を締め付ける下部鉄心締付金具を備えた鉄心締付装置において、下部鉄心締付金具の渦電流が集中する箇所に当該渦電流の集中を阻害する所定の構造が設けられていることを特徴とする、鉄心締付装置である。

【0009】

かかる構成により、下部鉄心締付金具での渦電流の集中による渦電流損と発熱を低減することができる。

50

## 【 0 0 1 0 】

また、本第二の発明の鉄心締付装置は、第一の発明に対して、下部鉄心締付金具は、積層鉄心の脚部に対応する位置に、脚部に巻装される巻線を載置する台座を有し、所定の構造は、台座に設けられている、鉄心締付装置である。

## 【 0 0 1 1 】

かかる構成により、下部鉄心締付金具の台座の部分に生じる渦電流が局所的に集中するのを防止することができる。

## 【 0 0 1 2 】

また、本第三の発明の鉄心締付装置は、第二の発明に対して、所定の構造は、台座に外縁から脚部の方向に延びるスリットを設けた構造である、鉄心締付装置である。

10

## 【 0 0 1 3 】

また、本第四の発明の鉄心締付装置は、第三の発明に対して、スリットは、台座を二分するように設けられている、鉄心締付装置である。

## 【 0 0 1 4 】

かかる構成により、第三および第四の発明は、台座に生じる渦電流を分散若しくは低減することができる。

## 【 0 0 1 5 】

また、本第五の発明の鉄心締付装置は、第三または第四の発明に対して、台座と当該台座に載置される巻線との間に絶縁体が設けられ、絶縁体には、台座に設けられたスリットに嵌入する突出部が形成されている、鉄心締付装置である。

20

## 【 0 0 1 6 】

かかる構成により、第五の発明は、下部鉄心締付金具の台座を鎖交する漏れ磁束が低減し、これにより台座に生じる渦電流を低減することができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、本第六の発明の鉄心締付装置は、第二から第五のいずれか1つの発明に対して、台座は、多角形状を有し、所定の構造は、台座の角部を面取りして当該角部に曲面を形成した構造である、鉄心締付装置である。

## 【 0 0 1 8 】

かかる構成により、台座の角部に渦電流が集中するのを防止することができる。

## 【 0 0 1 9 】

また、本第七の発明の鉄心締付装置は、第二の発明に対して、下部鉄心締付金具は、積層鉄心の下部継鉄部を挟む一組の下部締付板と、積層鉄心を挟んだ前記一組の下部締付板を締め付ける締付金具と、前記一組の下部締付板の両端部に設けられ、一方の下部締付板と他方の下部締付板を連結する一組の連結部材とを含み、所定の構造は、下部締付板と連結部材とを接続する接続部に隙間を設ける構造である、鉄心締付装置である。

30

## 【 0 0 2 0 】

かかる構成により、下部鉄心締付金具と連結部材の接続部に渦電流が集中するのを防止することができる。

## 【 0 0 2 1 】

また、本第八の発明の鉄心締付装置は、第七の発明に対して、隙間には、更に絶縁部材が充填されている、鉄心締付装置である。

40

## 【 0 0 2 2 】

かかる構成により、下部鉄心締付金具と連結部材の接続部に渦電流が集中するのを防止することができる。

## 【 0 0 2 3 】

また、本第九の発明の静止誘導機器は、積層鉄心と当該積層鉄心の脚部に巻装された巻線とを備えた静止誘導機器であって、積層鉄心は、第一から第九の発明のいずれか1つの鉄心締付装置によって締め付けられていることを特徴とする、静止誘導機器である。

## 【 0 0 2 4 】

かかる構成により、静止誘導機器の鉄心締付装置で生じる渦電流損と発熱を低減するこ

50

とができる。

【 0 0 2 5 】

また、本第十の発明の静止誘導機器は、変圧器である。

【 0 0 2 6 】

かかる構成により、変圧器の鉄心締付装置で生じる渦電流損と発熱量を低減することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 7 】

本発明による鉄心締付装置によれば、下部鉄心締付金具での局所的な渦電流損と発熱を低減することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】変圧器のタンクに収納される変圧器本体（積層鉄心に U、V、W の各相の巻線を巻装した構成）の正面図

【図 2】同変圧器本体の上面図

【図 3】同変圧器本体の右側面図

【図 4】スリットが設けられた台座の構造を示す図

【図 5】下部締付板と下部連結部材との連結部の構造を示す図

【図 6】下部締付板と下部連結部材との連結部の構造の変形例を示す図

【図 7】本実施の形態 1 の台座を鎖交する漏れ磁束と台座を流れる渦電流の一例を模式的に示した図

20

【図 8】本実施の形態 1 の下部締付板と下部連結部材の連結部を鎖交する漏れ磁束と下部締付板および下部連結部材を流れる渦電流の一例を模式的に示した図

【図 9】台座と巻線との間に絶縁体からなる載置台を設けた例を示す図

【図 10】台座への載置台の取り付け構造を示す図

【図 11】載置台に台座のスリットに嵌入させる突出部を設けた例を示す図

【図 12】従来の積層鉄心の構造を示す図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明に係る鉄心締付装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

30

【 0 0 3 0 】

（実施の形態 1）

実施の形態 1 では、本発明に係る鉄心締付装置を用いた、三相変圧器の積層鉄心を例に説明する。

【 0 0 3 1 】

図 1 は、変圧器のタンクに収納される変圧器本体 A（積層鉄心に U、V、W の各相の巻線を巻装した構成）の正面図、図 2 は、同変圧器本体 A の上面図、図 3 は、同変圧器本体 A の右側面図である。

【 0 0 3 2 】

変圧器本体 A は、複数の鋼板（例えば、珪素鋼板）を積層して成る積層鉄心 1 と、積層鉄心 1 を積層方向（図 1 で紙面に垂直な方向）に締め付ける鉄心締付装置 2 と、3 個の巻線 3 U、3 V、3 W を含む。積層鉄心 1 は、3 つの脚部 1 0 3 U、1 0 3 V、1 0 3 W と、これらの脚部 1 0 3 U、1 0 3 V、1 0 3 W の上部を連結する上部継鉄部 1 0 1 と、3 つの脚部 1 0 3 U、1 0 3 V、1 0 3 W の下部を連結する下部継鉄部 1 0 2 とを有する。積層鉄心 1 は、積層する各鋼板の寸法を異ならせることにより、3 つの脚部 1 0 3 U、1 0 3 V、1 0 3 W の断面形状が略円形にされている。

40

【 0 0 3 3 】

巻線 3 U、3 V、3 W は、それぞれ脚部 1 0 3 U、1 0 3 V、1 0 3 W に巻装されている。U 相の巻線 3 U は、例えば、6 6 0 0 ボルトの高圧が入力される高圧巻線（一次巻線。図示省略）と、例えば、1 0 0 ボルトの低圧が出力される低圧巻線（二次巻線。図示省

50

略)を含む。巻線 3 U の高圧巻線と低圧巻線はそれぞれ筒状に巻かれており、両巻線は、高圧巻線が低圧巻線の外側に同心状に巻回されるように、脚部 1 0 3 U に巻装されている。V 相の巻線 3 V と W 相の巻線 3 W も U 相の巻線 3 U と同様の構成である。なお、以下の説明では、脚部 1 0 3 U , 1 0 3 V , 1 0 3 W を代表する場合は、「脚部 1 0 3」の符号を用いて説明し、巻線 3 U , 3 V , 3 W を代表する場合は、「巻線 3」の符号を用いて説明する。

#### 【 0 0 3 4 】

鉄心締付装置 2 は、積層鉄心 1 の上部継鉄部 1 0 1 を締め付ける上部鉄心締付金具 2 0 1 と、積層鉄心 1 の上部継鉄部 1 0 1 を締め付ける下部鉄心締付金具 2 0 2 と、上部鉄心締付金具 2 0 1 と下部鉄心締付金具 2 0 2 を連結する連結板 2 0 3 を含む。上部鉄心締付金具 2 0 1 は、上部継鉄部 1 0 1 の長手側面 (図 2 で上下の側面) を挟む 2 個の上部締付板 2 0 1 1 , 2 0 1 2 と、上部締付板 2 0 1 1 , 2 0 1 2 の両端を連結する 2 個の上部連結部材 2 0 1 3 とで構成される。

10

#### 【 0 0 3 5 】

上部締付板 2 0 1 1 は、断面がコの字型をした帯状の板部材で構成され (図 3 参照)、長手方向の所定の位置 (上部締付板 2 0 1 1 を略 4 等分する位置) に 4 個の補強片 2 0 1 1 a が設けられている。上部締付板 2 0 1 2 も上部締付板 2 0 1 1 と同一の形状と構造を有している。

#### 【 0 0 3 6 】

積層鉄心 1 の上部継鉄部 1 0 1 は、上部締付板 2 0 1 1 と上部締付板 2 0 1 2 で上部継鉄部 1 0 1 を締め付けて締結されている。

20

#### 【 0 0 3 7 】

上部連結部材 2 0 1 3 も上部締付板 2 0 1 1 と同様の断面がコの字型をした帯状の板部材で構成されている (図 3 参照)。上部連結部材 2 0 1 3 の両端には、上部締付板 2 0 1 1 と上部締付板 2 0 1 2 とに固定するための固定面 2 0 1 3 a が形成されている (図 3 参照)。両固定面 2 0 1 3 a は、折り曲げ加工によって形成されている。

#### 【 0 0 3 8 】

2 個の上部連結部材 2 0 1 3 は、所定の長さ (上部締付板 2 0 1 1 と上部締付板 2 0 1 2 で積層鉄心 1 を締め付けた際の両締付板 2 0 1 1 , 2 0 1 2 の間隔と略同一の長さ) を有し、両端面が上部締付板 2 0 1 1 と上部締付板 2 0 1 2 とにボルト締めによって固定されている。

30

#### 【 0 0 3 9 】

上部締付板 2 0 1 1 には、両サイドの補強片 2 0 1 1 a よりも内側の位置に、2 個のフック 2 1 1 が取り付けられている。フック 2 1 1 は、上方に延びる板状の部材で、上端部に孔が設けられている。フック 2 1 1 は、変圧器本体 A をタンクに出し入れする際に当該変圧器本体 A を吊り下げるための金具である。上部締付板 2 0 1 2 も上部締付板 2 0 1 1 と同様の形状と構造を有し、両サイドの補強片 (図示省略) よりも内側の位置に、2 個のフック 2 1 1 が取り付けられている。

#### 【 0 0 4 0 】

また、上部締付板 2 0 1 1 と下部締付板 2 0 1 2 の上面には、上部鉄心締付金具 2 0 1 の強度を補強するために連結部材 2 0 4 が取り付けられている。

40

#### 【 0 0 4 1 】

下部鉄心締付金具 2 0 2 も上部鉄心締付金具 2 0 1 と同様に、下部継鉄部 1 0 2 の長手側面を挟む 2 個の下部締付板 2 0 2 1 , 2 0 2 2 と、下部締付板 2 0 2 1 , 2 0 2 2 の両端を連結する 2 個の下部連結部材 2 0 2 3 とで構成される。締結具 2 0 2 3 も金属製のボルトとナットからなり、ボルト締めにより積層鉄心 1 を締め付ける締結具である。

#### 【 0 0 4 2 】

下部締付板 2 0 2 1 も上部締付板 2 0 1 1 と同様に、断面がコの字型をした帯状の板部材で構成され、3 つの脚部 1 0 3 U , 1 0 3 V , 1 0 3 W に対応する位置に 2 個ずつ補強片 2 0 2 1 a が設けられている。下部締付板 2 0 2 2 も下部締付板 2 0 2 1 と同様の形状

50

および構成を有している。

#### 【0043】

下部締付板2021および下部締付板2022の下側に、変圧器本体Aをタンク内の支持部材に固定するための固定部材205が3個設けられている。3個の固定部材205は、3つの脚部103U, 103V, 103Wに対応する位置に、下部継鉄部102と直交する方向に設けられている(図3参照)。下部締付板2021と下部締付板2022の下面の各配設位置に固定部材205を支持する一対の板部材205aが取り付けられており、各固定部材205は、その板部材205aの先端に水平に取り付けられている。

#### 【0044】

上部締付板2011と下部締付板2021は、3個の連結板203で連結されている。上部締付板2012と下部締付板2022も3個の連結板203で連結されている。各連結板203の連結位置は、積層鉄心1の3つの脚部3U, 3V, 3Wに対応する位置である。連結板203は金属性の板部材で、連結板203の両端部が上部締付板2011と下部締付板2021に溶接されている。

#### 【0045】

下部締付板2021および下部締付板2022の上面であって3つの脚部103U, 103V, 103Wに対応する位置に合計6個の台形状の台座206が外側に張り出すようにして取り付けられている。台座206は、下部締付板2021の上面に溶接によって固定されている。台座206は、3つの脚部103U, 103V, 103Wに巻装された3個の巻線3U, 3V, 3Wを載せるための部材である。

#### 【0046】

張り出した台座206の先端側の角部206aは、図4に示すように、曲面を形成するように面取り処理が行われている。台座206の角部206aに曲面を形成するのは、台座206に渦電流が流れた場合に当該渦電流が角部206aに集中するのを防止するためである。なお、図4は、下部締付板2021の中央に取り付けられたV相の巻線3Vを載置する台座206の構造を示す図で、(a)は上面図、(b)は正面図、(c)は右側面図である。

#### 【0047】

また、台座206の略中央には、外縁から当該台座206に対応する脚部3Vに向かう方向に延びるスリット207が設けられている。スリット207は、台座206を二分するように、座面全体に設けられている。スリット207を設けることによって生じるスリット207先端の角部206aにも面取り処理によって曲面が形成されている。スリット207は、台座206に渦電流が流れる場合に電流経路を遮断し、当該渦電流の分散と集中の低減を図るためのものである。例えば、スリット207がなければ、台座206には一点鎖線で示す電流経路で流れる渦電流 $i_e$ が生じるが、その電流経路を切断するようにスリット207が設けられていると、渦電流 $i_e$ は、実線で示す電流経路で流れるようになり、渦電流 $i_e$ の分散とそれに基づく渦電流 $i_e$ の集中の低減を図ることができる。台座206の角部206aの面取り処理やスリット207の作用・効果については後述する。

#### 【0048】

本実施の形態1では、台座206の形状を台形状としているが、長方形や正方形などの台形以外の多角形状としてもよい。この場合も、多角形の角部206aや台座206にスリット207を設けることによって生じる角部206aに曲面を形成するとよい。

#### 【0049】

2個の下部連結部材2023は、上部連結部材2013と同一の形状および構成を有している。下部連結部材2023の両端にも、折り曲げ加工により下部締付板2021と下部締付板2022とに固定するための固定面2023aが形成されているが、下部連結部材2023の長さは、上部連結部材2013よりも短く設定されている。下部連結部材2023の長さを上部連結部材2013よりも短くしているのは、図5に示すように、絶縁体から成るスペーサ208を介して下部連結部材2023を下部締付板2021と下部締

10

20

30

40

50

付板 2022 に連結するためである。すなわち、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間を絶縁するためである。スペーサ 208 には、例えば、テフロン（登録商標）、シリコン、フェノール樹脂などの樹脂や合板などの木が用いられる。

#### 【0050】

下部連結部材 2023 の両端の固定面 2023a は、金属性のボルトとナットからなる締結具 209 でネジ留めにより下部締付板 2021 と下部締付板 2022 に固定されている。なお、このネジ留めでは、締結具 209 を下部締付板 2021、下部締付板 2022 および下部連結部材 2023 から絶縁するために、締結具 209 のボルトは、絶縁部材からなる円筒カバー 209b を被せて下部締付板 2021、2022、固定面 2023a およびスペーサ 208 のボルト嵌入用の孔に嵌入装着されている。また、ボルトの頭部とナットの内側にそれぞれ絶縁部材からなるワッシャ 209a が装着されている。

10

#### 【0051】

下部連結部材 2023 と下部締付板 2021 および下部締付板 2022 とがスペーサ 208 によって絶縁されているので、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間を流れる渦電流を低減することができる。

#### 【0052】

本実施の形態 1 では、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 の隙間全体にスペーサ 208 を充填するようにしているが、図 6 に示すように、スペーサ 208 を締結具 209 のボルトの部分にだけ設け、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 の間に隙間 212 を設けるようにしてもよい。このようにした場合は、変圧器本体 A をタンクに収納した場合、隙間に絶縁油が浸入するので、絶縁油によって下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間を流れる渦電流を低減するとともに、その渦電流による発熱を抑制することができる。

20

#### 【0053】

2 個の下部連結部材 2023 の上面には、それぞれ台座 210 が取り付けられている。脚部 103U を臨む下部連結部材 2023 に取り付けられた台座 210 は、脚部 103U に巻装された巻線 3U を載せるための部材であり、脚部 103W を臨む下部連結部材 2023 に取り付けられた台座 210 は、脚部 103W に巻装された巻線 3W を載せるための部材である。スペーサ 208 によって下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間を流れる渦電流が低減されるので、台座 210 には、スリットは設けられていない。

30

#### 【0054】

次に、本実施の形態 1 の鉄心締付装置 2 の作用と効果について、説明する。

#### 【0055】

巻線 3U、3V、3W の高圧巻線（一次巻線）には三相交流電圧が印加されるので、各高圧巻線には相互に位相が  $2/3$  だけ異なる電流が流れる。例えば、中央の巻線 3V を流れる V 相の電流を基準にした場合、U 相の巻線 3U には V 相の電流に対して  $2/3$  だけ遅れた電流が流れ、W 相の巻線 3W には V 相の電流に対して  $2/3$  だけ進んだ電流が流れる。

40

#### 【0056】

渦電流は、表皮効果により台座 206 の表面を流れ、しかも、尖った部分に集中するので、中央の台座 206 では、台形の角部に集中して渦電流が流れようとする。

#### 【0057】

図 7 は、本実施の形態 1 の台座 206 を鎖交する漏れ磁束と台座 206 を流れる渦電流  $i_e$  の一例を模式的に示した図である。図 7 は、漏れ磁束が台座 206 を上側から下方向に鎖交する例を示している。

#### 【0058】

図 7 に示すように、漏れ磁束が台座 206 を上側から下方向に鎖交する場合、台座 2

50

06にはその漏れ磁束を弱める磁束を生成するように、反時計周りの渦電流 $i_e$ が流れる。台座206にスリット207が設けられていなければ、渦電流 $i_e$ は、表皮効果によって台座206の巻線3の載置面の表面を自由に流れる。そして、渦電流 $i_e$ の電流密度は、漏れ磁束の分布や台座206の形状などによって変化するので、台座206に渦電流 $i_e$ の集中する部分が生じる。

【0059】

本実施の形態1の台座206には、中央にスリット207が設けられているので、例えば、一点鎖線で示す電流経路で流れようとする渦電流 $i_e$ はスリット207によって遮断され、実線で示す渦電流 $i_e$ に分散される。また、台座206の角部206aに面取り処理をして曲面を形成しているので、角部206aを流れる渦電流の密度が低減される。

10

【0060】

従って、本実施の形態1の鉄心締付装置2によれば、下部締付板2021の3個の台座206において、渦電流 $i_e$ が局所的に集中することによる渦電流損と発熱を低減することができる。

【0061】

図8は、本実施の形態1の下部締付板2021と下部連結部材2023の連結部を鎖交する漏れ磁束と下部締付板2021および下部連結部材2023を流れる渦電流 $i_e$ の一例を模式的に示した図である。

【0062】

例えば、下部鉄心締付金具202の脚部103W側の端部では、下部締付板2021、下部連結部材2023および下部締付板2022を漏れ磁束が同一方向に鎖交する。図8には、漏れ磁束が上側から下方向に鎖交する例を示しているが、下側から上方向に鎖交する場合や横方向に鎖交する場合も、漏れ磁束は下部締付板2021および下部締付板2022と下部連結部材2023を同一方向に鎖交する。

20

【0063】

図8に示すように、漏れ磁束が下部締付板2021と下部連結部材2023を上側から下方向に鎖交する場合、下部締付板2021と下部連結部材2023が導通状態で接続されていれば、下部締付板2021と下部連結部材2023にはその漏れ磁束を弱める磁束を生成するように、反時計周りの渦電流 $i_e$ が流れる。

【0064】

例えば、渦電流 $i_e$ が、一点鎖線で示すように、下部締付板2021と下部連結部材2023との間を周回する経路で流れる場合、下部締付板2021と下部連結部材2023は直交するように接続されているので、電流経路が直角に変化する角部で渦電流 $i_e$ が集中するようになる。

30

【0065】

本実施の形態1の下部締付板2021では、下部締付板2021と下部連結部材2023との間を絶縁材から成るスペーサ208によって絶縁しているため、例えば、一点鎖線で示す電流経路で流れようとする渦電流 $i_e$ はスペーサ208によって遮断され、実線で示す渦電流 $i_e$ に分散される。従って、渦電流が下部締付板2021と下部連結部材2023の両連結部に集中することによる渦電流損と発熱を低減することができる。下部締付板2022と下部連結部材2023の両連結部や下部鉄心締付金具202の脚部103U側の端部でも上記同様の作用・効果を奏する。

40

【0066】

以上のように、本実施の形態1の鉄心締付装置2によれば、下部鉄心締付金具202の渦電流 $i_e$ が集中する箇所に、渦電流 $i_e$ の集中を阻害する所定の構造を設けているので、渦電流 $i_e$ の集中による局所的な渦電流損と発熱を好適に防止することができる。

【0067】

具体的には、下部締付板2021および下部締付板2022の台座206にスリット207を設け、そのスリット207で台座206における渦電流 $i_e$ の経路を遮断するようにしているので、渦電流 $i_e$ の経路が分散され、台座206における渦電流 $i_e$ の集中が

50



低減し、台座 206 における局所的な渦電流損と発熱を低減することができる。また、スリット 207 に冷却兼絶縁用の絶縁油が浸入するので、絶縁油によって渦電流による発熱を低減することができる。

【0068】

また、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 の連結部に絶縁部材からなるスペーサ 208 を介在させ、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間の渦電流  $i_e$  の経路を遮断するようにしているので、渦電流  $i_e$  が下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 との間を周回する経路で流れることがなく、下部締付板 2021 および下部締付板 2022 と下部連結部材 2023 の連結部に渦電流  $i_e$  が集中することによる局所的な渦電流損と発熱を低減することができる。

10

【0069】

図 1 ~ 図 4 では、台座 206 にだけ全体的にスリット 207 を設け、台座 206 だけを二分するようにしているが、下部締付板 2021 のスリット 207 が重なる部分にもスリットを形成するようにしてもよい。このようにした場合は、下部締付板 2021, 2022 の台座 206 が取り付けられる部分（上部の水平に屈曲した部分）においても渦電流  $i_e$  の流れを制限することができる。

【0070】

また、図 1 ~ 図 4 では、台座 206 全体にスリット 207 を設けているが、台座 206 の一部にスリット 207 を設けるようにしてもよい。例えば、図 4 において、台座 206 の下部締付板 2021 から張り出した部分にだけスリット 207 を設け、台座 206 の下部締付板 2021 に溶接されている部分にはスリット 207 を形成しないようにしてもよい。

20

【0071】

また、図 1 ~ 図 4 では、台座 206 にスリット 207 を 1 本だけ設けているが、2 本以上のスリット 207 を設けるようにしてもよい。この場合、全てのスリット 207 を台座 206 の外縁から当該台座 206 に対応する脚部 3 に向けて切り込みを入れる形状としてもよく、一部若しくは全てのスリット 207 を台座 206 内に長孔の形状で形成してもよい。

【0072】

30

また、図 1 ~ 図 4 では、スリット 207 を空間とし、変圧器本体 A を絶縁油が充填されたタンクに収容した場合にスリット 207 に絶縁油が浸入する構成としているが、スリット 207 に絶縁部材を充填した構成であってもよい。

【0073】

また、図 1 ~ 図 4 では、台座 206 にスリット 207 を設けて当該台座 206 を流れる渦電流の経路を阻害することにより、渦電流の集中を低減しているが、図 9, 図 10 に示すように、台座 206 と当該台座 206 に載置される巻線 3 との間に絶縁部材から成る載置台 212 を介在させるようにしてもよい。載置台 212 を介在させることにより、コイル 3U, 3V, 3W と下部鉄心締付金具 202 とを確実に絶縁することができる。載置台 212 としては、例えば、木やフェノール樹脂（ベークライト）を用いるとよい。

40

【0074】

図 9, 図 10 の例は、木製のボルト 213a とナット 213b とからなる締結具 213 で台座 206 に直方体形状の載置台 212 を固定した例である。締結具 213 のボルト 213a が台座 206 に交叉するように取り付けられるので、締結具 213 に渦電流が生じないように、締結具 213 も絶縁体（例えば、木製）で構成している。

【0075】

台座 206 と巻線 3 との間に絶縁部材から成る載置台 213 を介在させると、巻線 3 が台座 206 から離れるので、台座 206 を鎖交する漏れ磁束が載置台 213 を設けない場合よりも少なくなる。従って、台座 206 に生じる渦電流  $i_e$  の大きさが小さくなるので、当該台座 206 で局所的に生じる渦電流損や発熱を抑制することができる。

50

## 【0076】

図9, 図10の例では、載置台212を直方体形状とし、台座206のスリット207は空間となっているが、載置台212の下面のスリット207に対向する位置に当該スリット207に嵌入する凸部212aを形成し、スリット207を載置台212の凸部213aで閉塞するようにしてもよい。

## 【0077】

載置台212を台座206に設けるにあたり、当該台座206にスリット207の形成と角部206aの面取り処理のいずれか一方若しくは両方を行ってもよく、いずれも行わないようにしてもよい。

## 【0078】

図1～図4の例では、下部鉄心締付金具202の6個の台座206に巻線3U, 3V, 3Wを載置する構造であるので、巻線3U, 3V, 3Wは下部鉄心締付金具202に密着した状態となるが、上部鉄心締付金具201からは少し離れた状態となる。このため、下部鉄心締付金具202を鎖交する漏れ磁束は、上部鉄心締付金具201を鎖交する漏れ磁束よりも大きくなり、渦電流 $i_e$ の集中により局所的に渦電流損や発熱が増大する箇所が下部鉄心締付金具202側に生じ易くなる。

## 【0079】

本実施の形態1では、渦電流 $i_e$ の集中による局所的な渦電流損や発熱に対する対策を下部鉄心締付金具202にだけ施しているが、載置台212によって巻線3U, 3V, 3Wの高さ方向の位置を上昇させることによって渦電流 $i_e$ の集中による局所的な渦電流損や発熱が増大する箇所が上部鉄心締付金具201側にも生じる場合は、下部鉄心締付金具202に施したスリット207の形成や角部206aの面取り処理を上部鉄心締付金具201の該当箇所に施すようにしてもよい。

## 【0080】

本実施の形態1では、3脚構造の積層鉄心1を締付ける鉄心締付装置2について説明したが、本発明は、2脚構造の積層鉄心や3脚以上の構造を有する積層鉄心を締め付ける鉄心締付装置についても適用することができる。

## 【0081】

また、本実施の形態1では、変圧器の積層鉄心1について説明したが、同様の構成の積層鉄心1を備えるリアクトルなどの静止誘導機器についても本発明に係る鉄心締付装置2を適用することができる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0082】

以上のように、本発明に係る鉄心締付装置2は、下部鉄心締付金具202での局所的な渦電流損と発熱を防止することができるという効果を有し、変圧器やリアクトルなどの静止誘導機器の積層鉄心1を締め付ける鉄心締付装置2として有用である。

## 【符号の説明】

## 【0083】

- A 変圧器本体
- 1 積層鉄心
- 101 上部継鉄部
- 102 下部継鉄部
- 103U, 103V, 103W 脚部
- 2 鉄心締付装置
- 201 上部鉄心締付金具
- 2011, 2012 上部締付板
- 2011a 補強片
- 2013 上部連結部材
- 2013a 固定面
- 202 下部鉄心締付金具

10

20

30

40

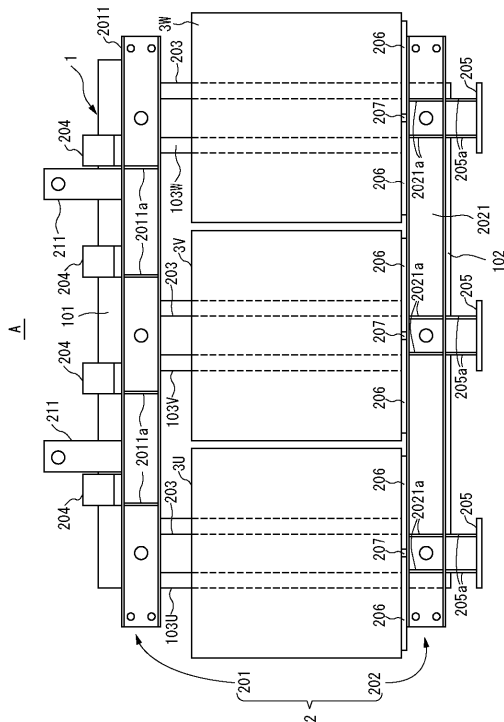
50

2021, 2022 下部締付板  
 2021a 補強片  
 2023 下部連結部材  
 2023a 固定面  
 203 連結板  
 204 連結部材  
 205 固定部材  
 205a 板部材  
 206 台座  
 206a 角部  
 207 スリット  
 208 スペース  
 209 締結具  
 209a ワッシャ  
 209b 円筒カバー  
 210 台座  
 211 フック  
 212 載置台  
 212a 凸部  
 213 締結具  
 213a ボルト  
 213b ナット  
 214 隙間  
 3U, 3V, 3W 巻線

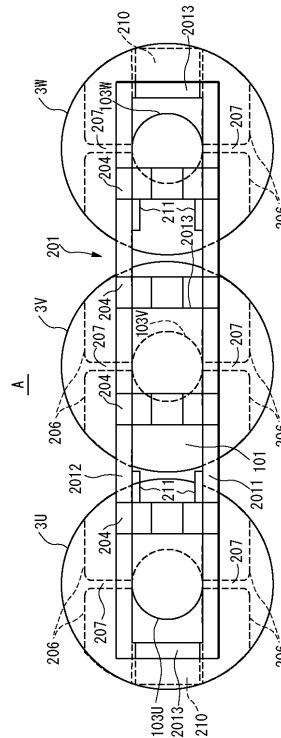
10

20

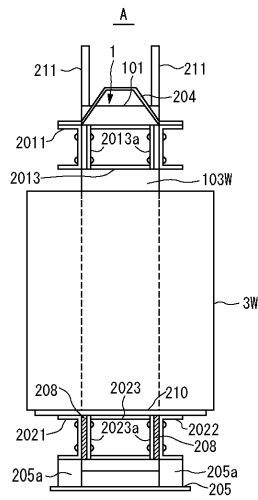
【図1】



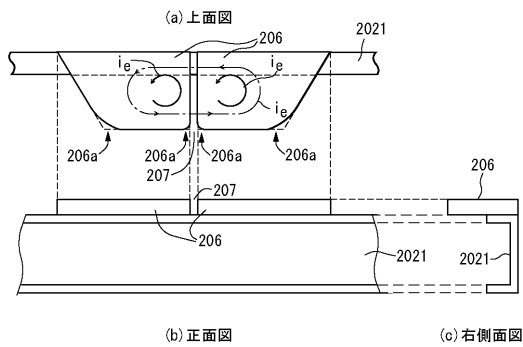
【図2】



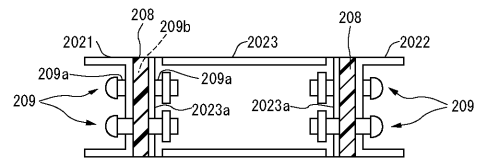
【図 3】



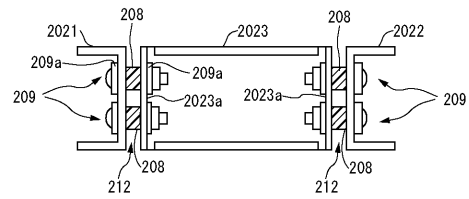
【図 4】



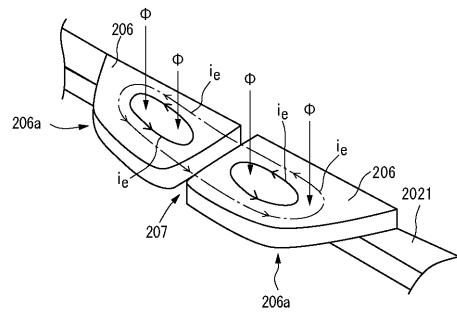
【図 5】



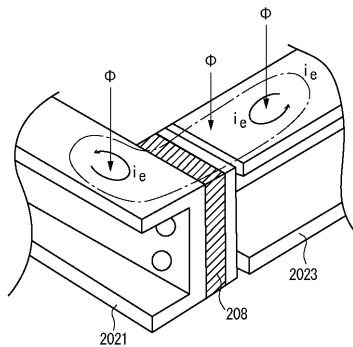
【図 6】



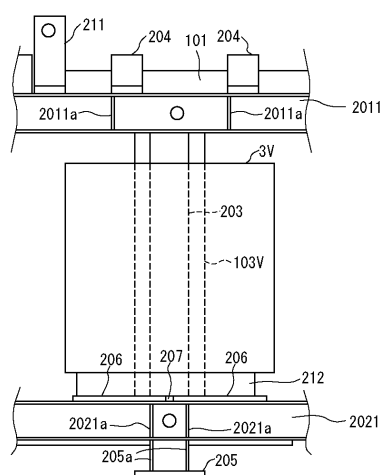
【図 7】



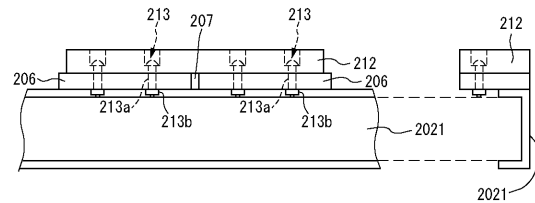
【図 8】



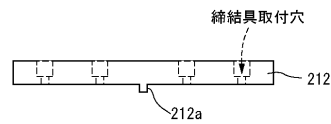
【図 9】



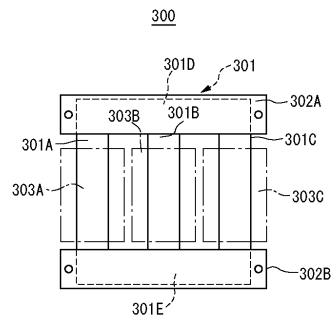
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭61-049430(JP,U)  
特開昭55-163821(JP,A)  
特開昭52-062617(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 27/00 - 27/06  
27/24 - 27/28  
27/29 - 27/30  
30/00 - 38/12  
38/16