

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年11月29日(29.11.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/216441 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 37/00 (2006.01) H01F 27/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/017456
- (22) 国際出願日: 2018年5月1日(01.05.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-100955 2017年5月22日(22.05.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社オートネットワーク技術研究所(AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電装株式会社(SUMITOMO WIRING SYSTEMS, LTD.)

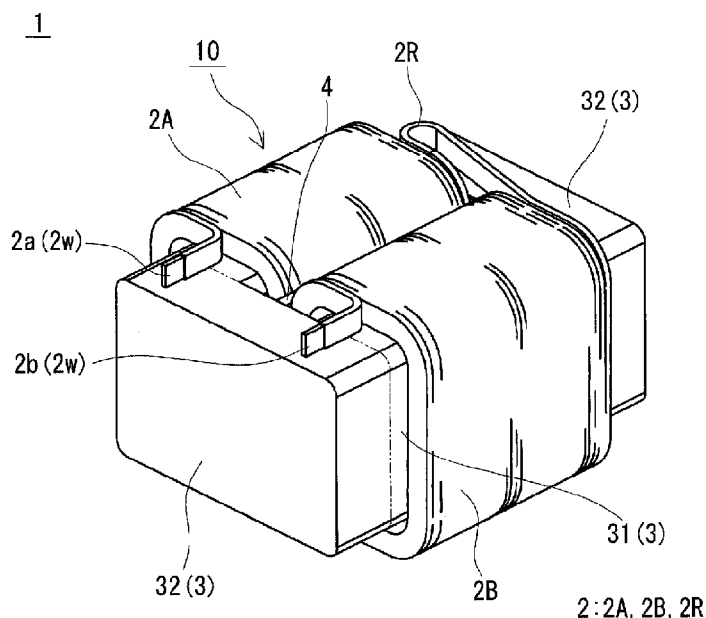
[JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 稲葉 和宏 (INABA, Kazuhiro); 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 寺尾 岳見 (TERAO, Takemi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 山野 宏(YAMANO, Hiroshi); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島六丁目1番

(54) Title: REACTOR

(54) 発明の名称: リアクトル



(57) **Abstract:** This reactor is provided with a coil having a pair of winding sections and an annular magnetic core. The magnetic core has: a pair of inner core sections respectively arranged inside the winding sections; and a pair of outer core sections respectively arranged outside one end and the other end of the winding sections in the axial direction. A non-magnetic reinforcing member respectively connected to an inner end surface of each of the pair of outer core sections is disposed between the pair of winding sections, and the axial stiffness of the reinforcing member is no less than 2×10^7



3 号 アストロ新大阪第2ビル10階 啓
明特許事務所 Osaka (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

N/m. Here, the axial stiffness is the value obtained by dividing the product of the cross-sectional area of the reinforcing member perpendicular to the axial direction of the winding sections and the Young's modulus of the reinforcing member, by the length of the reinforcing member.

(57) 要約: 一对の巻回部を有するコイルと環状の磁性コアとを備え、前記磁性コアは、前記巻回部のそれぞれの内側に配置される一对の内側コア部、および前記巻回部の軸方向の一端の外側と他端の外側のそれぞれに配置される一对の外側コア部を有するリアクトルであって、前記一对の巻回部の間に配置され、前記一对の外側コア部のそれぞれの内端面に連結される非磁性の補強部材を備え、前記補強部材の軸剛性が $2 \times 107 \text{ N/m}$ 以上であるリアクトル。ここで、前記軸剛性は、前記巻回部の軸方向に直交する前記補強部材の断面積と前記補強部材のヤング率との積を、前記補強部材の長さで除した値である。

明 細 書

発明の名称：リアクトル

技術分野

[0001] 本発明は、リアクトルに関する。

本出願は、2017年5月22日付の日本国出願の特願2017-100955に基づく優先権を主張し、前記日本国出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 電圧の昇圧動作や降圧動作を行う回路の部品の一つに、リアクトルがある。例えば特許文献1、2には、コイルと、コイルが配置される磁性コアとを備えるリアクトルが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-119664号公報

特許文献2：特開2009-246222号公報

発明の概要

[0004] 本開示に係るリアクトルは、

一対の巻回部を有するコイルと環状の磁性コアとを備え、

前記磁性コアは、前記巻回部のそれぞれの内側に配置される一対の内側コア部、および前記巻回部の軸方向の一端の外側と他端の外側のそれぞれに配置される一対の外側コア部を有するリアクトルであって、

前記一対の巻回部の間に配置され、前記一対の外側コア部のそれぞれの内端面に連結される非磁性の補強部材を備え、

前記補強部材の軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上である。

ここで、前記軸剛性は、前記巻回部の軸方向に直交する前記補強部材の断面積と前記補強部材のヤング率との積を、前記補強部材の長さで除した値である。

図面の簡単な説明

- [0005] [図1]実施形態に係るリアクトルの概略斜視図である。
- [図2]実施形態に係るリアクトルの概略上面図である。
- [図3]実施形態に係るリアクトルの磁性コアと補強部材の上面図である。
- [図4]実施形態に係るリアクトルの磁性コアの側面図である。
- [図5]磁性コアの固有振動数に及ぼす磁性コアの軸剛性の影響を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0006] [本開示が解決しようとする課題]

リアクトル駆動時の騒音を低減することが望まれている。

- [0007] リアクトルは、コイルに所定周波数の電流を通電して励磁することにより駆動する。リアクトルを駆動した際に、磁性コアに磁束が発生することによって磁歪や電磁吸引力により振動し、騒音が発生することがある。

- [0008] そこで、本開示では、駆動時の騒音を抑制できるリアクトルを提供することを目的の一つとする。

- [0009] 本願発明者らは、リアクトルの駆動周波数と磁性コアの固有振動数との関係に着目し、リアクトルの振動特性に及ぼす駆動周波数の影響について検討した。ハイブリッド自動車や電気自動車などに搭載される電力変換装置に利用されているリアクトルでは、コイルに通電する電流の駆動周波数が5 kHz～15 kHzの範囲内、特に5 kHz～10 kHz程度である。この駆動周波数に磁性コアの固有振動数が近い場合、共振が起き、騒音が大きくなる。特に、駆動周波数が可聴域（一般に20 Hz～20 kHz）の範囲にある場合は、騒音の問題が顕在化する。

- [0010] 本願発明者らは上記の知見に基づいて、磁性コアの固有振動数と駆動周波数との共振を回避するには、磁性コアの固有振動数を高くすることが重要であるとの認識の下、本願発明の実施形態に係るリアクトルを完成するに至った。

- [0011] [本願発明の実施形態の説明]

最初に、本願発明の実施態様を列記して説明する。

[0012] < 1 > 実施形態に係るリアクトルは、

一対の巻回部を有するコイルと環状の磁性コアとを備え、

前記磁性コアは、前記巻回部のそれぞれの内側に配置される一対の内側コア部、および前記巻回部の軸方向の一端の外側と他端の外側のそれぞれに配置される一対の外側コア部を有するリアクトルであって、

前記一対の巻回部の間に配置され、前記一対の外側コア部のそれぞれの内端面に連結される非磁性の補強部材を備え、

前記補強部材の軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上である。

ここで、前記軸剛性は、前記巻回部の軸方向に直交する前記補強部材の断面積と前記補強部材のヤング率との積を、前記補強部材の長さで除した値である。

[0013] 上記軸剛性を式で表せば、次のようになる。

・ 軸剛性 = (補強部材の断面積) × (補強部材のヤング率) ÷ (補強部材の長さ)

[0014] 上記構成に示すように、一対の外側コア部の両内端面に補強部材を連結すると共に、補強部材の軸剛性を所定値以上とすることで、巻回部の軸方向に磁性コアが伸縮し難くできる。その結果、リアクトルの磁性コアの固有振動数を、リアクトルの駆動周波数 (5 kHz ~ 15 kHz、特に 5 kHz ~ 10 kHz) に共振し難い高さとすることができる。共振し難い磁性コアを備えるリアクトルとすることで、リアクトルの駆動時の騒音を抑制できる。

[0015] ここで、部材の固有振動数は、その部材のバネ定数を質量で割った値のルートに比例する。補強部材の軸剛性が低い場合、磁性コアの固有振動数に及ぼす補強部材の質量の影響が大きくなり、磁性コアの固有振動数は低周波側にシフトする恐れがある。そのため、補強部材の軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ を下回ると、補強部材を配置する意義が低下してしまうため、当該軸剛性を $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ とすることには意味がある。

[0016] 磁性コアの固有振動数が駆動周波数 (例えば 5 kHz ~ 10 kHz) より

も高いことで、振動による騒音を抑制できる。特に、磁性コアの固有振動数が駆動周波数よりも10%以上高いことがより好ましく、例えば駆動周波数が10kHzの場合は固有振動数が11kHz以上であることが挙げられる。この場合、磁性コアの固有振動数が駆動周波数よりも十分高くなるため、振動による騒音を大幅に抑制できる。

[0017] <2>実施形態に係るリアクトルの一形態として、

前記補強部材のヤング率が15GPa以上である形態を挙げることができる。

[0018] 本実施形態のリアクトルでは、一对の巻回部の間の位置に補強部材を配置している。そのため、断面積の大きな補強部材、即ち広幅の補強部材を配置すると、リアクトルが大型化してしまう。これに対して、補強部材のヤング率を高くすることで、補強部材の断面積を大きくすることなく補強部材の軸剛性を高めることができる。特に、補強部材のヤング率を20GPa以上とすることで、補強部材の幅を小さくしても、補強部材の軸剛性を $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上とし易く、リアクトルの大型化を抑制することができる。

[0019] <3>実施形態に係るリアクトルの一形態として、

前記補強部材の熱伝導率が $5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上である形態を挙げることができる。

[0020] 一对の巻回部の間には熱が籠もり易く、当該部分に熱が籠もるとリアクトルの磁気特性が変化する恐れがある。これに対して、一对の巻回部の間に配置される補強部材の熱伝導率が $5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であれば、当該部分に熱が籠もり難く、リアクトルの磁気特性を安定させることができる。

[0021] <4>実施形態に係るリアクトルの一形態として、

前記補強部材は金属で構成される形態を挙げることができる。

[0022] 補強部材を構成する金属としては、例えばアルミニウムやその合金、マグネシウムやその合金を挙げることができる。これらの金属は、高ヤング率で非磁性であるため、補強部材として好適である。

[0023] <5>実施形態に係るリアクトルの一形態として、

前記一对の巻回部を、前記補強部材ごとモールドするモールド樹脂部を備える形態を挙げることができる。

[0024] モールド樹脂部によって、補強部材をしっかりとリアクトルに固定することができるので、磁性コアの固有振動数をさらに高めることができる。

[0025] [本願発明の実施形態の詳細]

本願発明の実施形態に係るリアクトルの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一名称物を示す。なお、本願発明はこれらの例示に限定されるものではなく、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。

[0026] <実施形態 1>

《全体構成》

図 1～4 を参照して、実施形態 1 のリアクトル 1 を説明する。図 1, 2 に示す実施形態 1 のリアクトル 1 は、一对の巻回部 2 A, 2 B を有するコイル 2 と、環状の磁性コア 3 と、を備える。このリアクトル 1 の特徴の一つとして、一对の巻回部 2 A, 2 B の間に配置される補強部材 4 を備えることを挙げることができる。以下、実施形態 1 に係るリアクトルの構成について詳しく説明する。

[0027] 《コイル》

コイル 2 は、巻線 2 w を巻回してなる一对の巻回部 2 A, 2 B、および両巻回部 2 A, 2 B を繋ぐ連結部 2 R を備える。巻回部 2 A, 2 B は巻線 2 w を螺旋状に巻回して筒状に形成され、両巻回部 2 A, 2 B は互いの軸方向が平行するように横並び（並列）に配置されている。本例では巻回部 2 A, 2 B の巻数と断面積、巻線 2 w の断面積は同じであるが、各巻回部 2 A, 2 B で巻数や巻線 2 w の断面積が異なっても良い。また、本例では、一本の巻線 2 w でコイル 2 を製造しているが、別々の巻線 2 w により作製した巻回部 2 A, 2 B を連結することでコイル 2 を製造しても構わない。

[0028] 本実施形態の各巻回部 2 A, 2 B は角筒状に形成されている。角筒状の巻回部 2 A, 2 B とは、その端面形状が四角形状（正方形を含む）の角を丸

めた形状の巻回部のことである。もちろん、巻回部 2 A, 2 B は円筒状に形成しても構わない。円筒状の巻回部とは、その端面形状が閉曲面形状（楕円形状や真円形状、レーストラック形状など）の巻回部のことである。

[0029] 巻回部 2 A, 2 B を含むコイル 2 は、銅やアルミニウム、マグネシウム、あるいはその合金といった導電性材料からなる平角線や丸線などの導体の外周に、絶縁性材料からなる絶縁被覆を備える被覆線によって構成することができる。本実施形態では、導体が銅製の平角線（巻線 2 w）からなり、絶縁被覆がエナメル（代表的にはポリイミド系樹脂）からなる被覆平角線をエッジワイズ巻きにすることで、各巻回部 2 A, 2 B を形成している。

[0030] コイル 2 の両端部 2 a, 2 b は、巻回部 2 A, 2 B から引き延ばされて、図示しない端子部材に接続される。両端部 2 a, 2 b ではエナメルなどの絶縁被覆は剥がされている。この端子部材を介して、コイル 2 に電力供給を行なう電源などの外部装置が接続される。

[0031] 《磁性コア》

磁性コア 3 の構成は、環状の閉磁路を形成できる構成であれば特に限定されず、公知の構成を利用することができる。磁性コア 3 は、便宜上、一对の内側コア部 3 1, 3 1 と、一对の外側コア部 3 2, 3 2 と、に分けることができる。

[0032] 内側コア部 3 1 は、主にコイル 2 の巻回部 2 A, 2 B のそれぞれの内部に配置される部分である。ここで、内側コア部 3 1 とは、磁性コア 3 のうち、コイル 2 の巻回部 2 A, 2 B の軸方向に沿った部分を意味する。例えば、本例では、内側コア部 3 1 のうち、軸方向端部が巻回部 2 A, 2 B の端面から外側に突出している。図 1, 2 に示す二点鎖線は、仮想的な内側コア部 3 1 と外側コア部 3 2 との境界である。

[0033] 一方、外側コア部 3 2 は、巻回部 2 A, 2 B の外部に配置される部分であって、一对の内側コア部 3 1, 3 1 の端部を繋ぐ形状を備える。本例の外側コア部 3 2 の上面および下面はそれぞれ、内側コア部 3 1 の上面および下面と平坦に繋がっている。本例と異なり、外側コア部 3 2 の上面（下面）は、

内側コア部 31 の上面（下面）よりも上方（下方）に突出していても構わない。

[0034] 磁性コア 3 は、複数のコア片を繋ぎ合わせて構成することができる。どのような形状のコア片を幾つ繋ぎ合わせるかは適宜選択することができる。本例では、図 3, 4 に示すように、概略 U 字型の二つのコア片 32 m と、直方体状の六つのコア片 31 m と、をギャップ材 31 g を介して繋ぎ合わせることで磁性コア 3 を形成している。この例では、一对のコア片 32 m の U 字の突出部分と、三つのコア片 31 m と、四つのギャップ材 31 g と、で一つの内側コア部 31 が形成される。また、コア片 32 m の U 字の根元部分で一つの外側コア部 32 が形成される。

[0035] コア片 31 m, 32 m は、同じ材料で構成されていても良いし、別々の材料で構成されていても良い。前者の例として、例えば、全てのコア片 31 m, 32 m を圧粉成形体や複合材料で構成することが挙げられる。後者の例として、例えば、コア片 31 m を圧粉成形体で、コア片 32 m を複合材料で構成することが挙げられる。ギャップ材 31 g としては、アルミナなどの非磁性材料からなる板材を利用できる。但し、ギャップ材 31 g は無くても構わない。

[0036] 複合材料は、軟磁性粉末と樹脂とを含む磁性体である。軟磁性粉末は、鉄などの鉄族金属やその合金（Fe-Si 合金、Fe-Si-Al 合金、Fe-Ni 合金など）などで構成される磁性粒子の集合体である。磁性粒子の表面にはリン酸塩などの絶縁被膜が形成されていても良い。樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂などの熱硬化性樹脂や、PPS 樹脂、ナイロン 6、ナイロン 66 といった PA 樹脂、ポリイミド樹脂、フッ素樹脂などの熱可塑性樹脂などを利用できる。複合材料にはフィラーなどが含有されていても良い。フィラーとしては、例えば炭酸カルシウム、タルク、シリカ、クレイ、あるいはアラミド繊維やカーボンファイバー、グラスファイバーなどの各種ファイバー、その他、マイカ、ガラスフレークなどが利用できる。

[0037] 複合材料における軟磁性粉末の含有量は、複合材料を100%とするとき、50体積%以上80体積%以下が挙げられる。磁性体粉末が50体積%以上であることで、磁性成分の割合が十分に高いため、飽和磁束密度を高め易い。磁性体粉末が80体積%以下であると、磁性体粉末と樹脂との混合物の流動性が高く、成形性に優れた複合材料とすることができる。磁性体粉末の含有量の下限は、60体積%以上とすることが挙げられる。また、磁性体粉末の含有量の上限は、75体積%以下、更に70体積%以下とすることが挙げられる。

[0038] 複合材料に対し、圧粉成形体は、軟磁性粉末を含む原料粉末を加圧成形してなる磁性体である。磁性粒子の表面にはリン酸塩などの絶縁被膜が形成されていても良い。原料粉末には、バインダなどの樹脂が含まれていても良いし、フィラーなどが含まれていても良い。

[0039] <補強部材>

補強部材4は、一对の巻回部2A、2Bの間に配置され、一对の外側コア部32、32のそれぞれの内端面（内側コア部31側の面）に接着剤などで連結される部材である。その他、補強部材4と外側コア部32とは凹凸などの機械的な係合で連結しても構わない。補強部材4は、環状の磁性コア3における一方の外側コア部32の内端面と、他方の外側コア部32の内端面とを繋ぐように配置されることで、磁性コア3を環の内側から支持し、巻回部2A、2Bの軸方向への磁性コア3の伸縮を抑制する。補強部材4によって磁性コア3の伸縮が抑制されることで、磁性コア3の固有振動数を高めることができる。その結果、磁性コア3がリアクトル1の駆動周波数に共振することを抑制できる。

[0040] 補強部材4は、磁性コア3とは別に用意された部材である。そのため、補強部材4の配置時には、巻回部2A、2Bの絶縁被覆を損傷しないように巻回部2A、2Bの間に配置することが好ましい。例えば、巻回部2A、2Bの間を拡げて、その拡げた部分に補強部材4を挟み込んでから、巻回部2A、2Bに磁性コア3を組付ける。巻回部2A、2Bに挟み込む補強部材4の

両端面に接着剤を塗布しておけば、磁性コア 3 の外側コア部 3 2 の内端面に補強部材 4 を連結することができる。接着剤としては、硬化したときの硬度が高く、伸びが少ない接着剤を利用することが好ましい。例えば、エポキシ系接着剤やセラミック系接着剤などを利用することができる。このような接着剤を利用することで、磁性コア 3 が巻回部 2 A, 2 B の長さ方向に伸張しようとしたときに、補強部材 4 がその伸縮を効果的に抑制することができる。

[0041] 補強部材 4 は、非磁性で、かつ後述する補強部材 4 の軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上とすることができる材料で構成する。例えば、補強部材 4 は、アルミニウムやその合金、マグネシウムやその合金などの非磁性金属で構成することができる。その他、補強部材 4 は、セラミックスや高ヤング率の樹脂、繊維強化プラスチックなどで構成することもできる。

[0042] 補強部材 4 は、その軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上である。軸剛性は、巻回部 2 A, 2 B の軸方向に直交する補強部材 4 の断面積 (mm^2) と、補強部材 4 のヤング率 (MPa) との積を、補強部材 4 の長さ (mm) で除することで求めることができる。補強部材 4 の軸剛性が高くなるほど、磁性コア 3 の固有振動数が高くなる傾向にあり、磁性コア 3 の固有振動数をリアクトル 1 の駆動周波数からの乖離量を大きくすることができる。例えば、リアクトル 1 の駆動振動数に対する磁性コア 3 の固有振動数が 1 % 超乖離することが好ましく、2. 5 % 超乖離することがより好ましい。乖離量が大きくなると、リアクトル 1 の駆動周波数に磁性コア 3 が共振することを抑制できる。これらの観点から、補強部材 4 の軸剛性は、 $4 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上とすることが好ましく、 $4 \times 10^8 \text{ N/m}$ 以上とすることがより好ましい。

[0043] 補強部材 4 は、一对の巻回部 2 A, 2 B の間の狭い隙間に配置されるため、補強部材 4 の断面積を大きくすることが難しい。当該断面積を大きくするには、補強部材 4 の高さ（図 1 の紙面上下方向であって、リアクトル 1 の高さ方向における補強部材 4 の長さ）を大きくするか、補強部材 4 の幅（図 2 の紙面上下方向であって、巻回部 2 A, 2 B の並列方向における補強部材 4

の長さ)を大きくする必要がある。ここで、補強部材4の幅を大きくすると、巻回部2A、2Bの間の距離が大きくなり、リアクトル1の大型化を招く恐れがある。リアクトル1の大型化を抑制しつつ、補強部材4の断面積を所定値以上確保するには、幅が小さいが高さが高い平板状の補強部材4とすることが好ましい。

[0044] 補強部材4の幅は1mm以上5mm以下とすることが好ましい。幅の上限は3mm以下とすることがより好ましく、最も好ましくは2mm以下である。一方、補強部材4の高さは、巻回部2A、2Bの大きさによって適宜選択すれば良く、リアクトル1の設置の邪魔とならない範囲で、できるだけ大きくすることが好ましい。例えば、巻回部2A、2Bを側面視したときに、補強部材4が巻回部2A、2Bの上端面および下端面から食み出さない範囲で、補強部材4の高さを最大とすることが挙げられる。

[0045] 上述したように、補強部材4の断面積を大きくし難いため、補強部材4の軸剛性を高めるには、ヤング率の高い材料で補強部材4を構成することが好適である。補強部材4のヤング率は、15GPa以上とすることが好ましく、20GPa以上とすることがより好ましい。特に、補強部材4のヤング率を20GPa以上とすることで、補強部材4の軸剛性を $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上とし易い。20GPa以上のヤング率を有する補強部材4の材料として、上述したアルミニウムなどの金属を挙げることができる。アルミニウムなどの金属は、その熱伝導率が $5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であり、リアクトル1の放熱性を向上させる点でも補強部材4の材料として好ましい。

[0046] ここで、代表的な補強部材4の材質のヤング率を示す。例えば、アルミニウムやその合金のヤング率は70～75GPa前後、マグネシウム合金のヤング率は45GPa前後、アルミナのヤング率は400GPa前後である。

[0047] 《効果》

補強部材4を備えるリアクトル1は、振動による騒音が小さいリアクトル1である。それは、補強部材4によって磁性コア3の固有振動数が高められ、リアクトル1の駆動周波数から乖離するからである。

[0048] 《用途》

実施形態１のリアクトル１は、例えば、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車などの車両に搭載される車載用コンバータ（代表的にはＤＣ－ＤＣコンバータ）や、空調機のコンバータなど種々のコンバータ、並びに電力変換装置の構成部品に好適に利用可能である。

[0049] 《その他の構成》

実施形態のリアクトル１は、以下の構成を備えていても良い。

[0050] （１）コイル２と磁性コア３との間に介在される介在部材（図示せず）を備えていても良い。介在部材は、電気絶縁材料で形成され、コイル２と磁性コア３との間の電氣的絶縁を確保する。

[0051] 上記介在部材としては、例えば、巻回部２Ａ、２Ｂの内周面と内側コア部３１の外周面との間に介在される内側介在部材（図示せず）や、巻回部２Ａ、２Ｂの端面と外側コア部３２の内端面との間に介在される外側介在部材（図示せず）が挙げられる。これら介在部材の形成材料としては、例えば、ポリフェニレンスルフィド（ＰＰＳ）樹脂、ポリテトラフルオロエチレン樹脂、液晶ポリマー、ナイロン６やナイロン６６といったポリアミド（ＰＡ）樹脂、ポリブチレンテレフタレート樹脂などの熱可塑性樹脂を利用できる。

[0052] （２）コイル２と磁性コア３との組合体を収納するケース（図示せず）を備えてもよい。これにより、組合体を外部環境（粉塵や腐食など）から保護したり、機械的に保護できる。金属製のケースであれば、その全体を放熱経路に利用できるので、コイル２や磁性コア３に発生した熱を外部の設置対象に効率よく放熱でき、放熱性が向上する。

[0053] また、組合体をケースに収納する場合は、ケース内の組合体を封止する封止樹脂を備えてもよい。これにより、組合体の電氣的・機械的保護、外部環境からの保護などを図ることができる。封止樹脂には、例えば、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ＰＰＳ樹脂などが利用できる。放熱性を高める観点から、封止樹脂にアルミナやシリカ

などの熱伝導率の高いセラミックフィラーを混合してもよい。

[0054] (3) 巻回部2A, 2Bを、補強部材4ごとモールドするモールド樹脂部5(図2の二点鎖線参照)を備えていても良い。モールド樹脂部5を形成することで、補強部材4をしっかりとリアクトル1に固定することができ、より一層、磁性コア3の固有振動数を高めることができる。また、モールド樹脂部5は、コイル2と共に磁性コア3をモールドする構成であっても構わない。この場合、ケースを使用することなく、コイルと磁性コアの組合体を電氣的・機械的に外部環境から保護することができる。モールド樹脂部は、例えば、エポキシ樹脂、PPS樹脂、PA樹脂などで形成することが挙げられる。

[0055] <試験例1>

実施形態で説明した補強部材4を備えるリアクトル1の振動特性を試験により評価した。具体的には、補強部材4を設けていない磁性コア3(試料No. 100)と、ヤング率を変化させた補強部材4を設けた複数の磁性コア3(試料No. 1~10)の振動特性を比較した。振動特性の評価は、構造解析ソフトウェアを用いたCAE(Computer Aided Engineering)解析により行い、磁性コアの固有振動数を求めた。CAE解析用のメッシュはヘキサ(六面体)メッシュで作成した。試験例1では、構造解析ソフトウェアにMSC Nastran(エムエスシーソフトウェア株式会社製)を使用して固有値解析及び周波数応答解析を行い、磁性コアの固有振動数として、X方向(長さ方向)に伸縮する振動モードの固有振動数を求めた。

[0056] <<磁性コアの設定>>

磁性コア3の各部の寸法(mm)は、次の通りとした(図3, 4参照)。

磁性コア3の長さ(a): 82.5

磁性コア3の幅(b): 70.5

内側コア部31の幅(c): 22.5

外側コア部32の厚さ(d): 18.0

外側コア部32の高さ(e):42.0

[0057] 磁性コア3を構成する材料及びその特性は、次のように設定した。

コア片31m, 32m: 圧粉成形体を想定し、ヤング率は38500MPa、ポアソン比は0.25、密度は7200kg/m³と設定した。

ギャップ材31g: セラミックスを想定し、ヤング率は320000MPa、ポアソン比は0.23、密度は3700kg/m³と設定した。

[0058] <<補強部材の設定>>

補強部材4は次のように設定した。

補強部材4の寸法は、厚みが2mm、高さは42mm、長さは46.5mm(即ち図3におけるa-2d)で固定した。また、補強部材4のヤング率は、5000MPa(5GPa)~1000000MPa(1000GPa)の範囲で変化させた。因みに、アルミニウムやその合金のヤング率は70~75GPa前後、マグネシウム合金のヤング率は45GPa前後、アルミナのヤング率は400GPa前後である。その他、ヤング率が1000GPa前後の材料として、ダイヤモンド焼結体などを挙げることができる。補強部材4のポアソン比と密度はそれぞれ、0.3と2700kg/m³で固定した。

[0059] 以上の条件でCAE解析により、補強部材4を備えない基準モデル(試料No. 100)と、補強部材4のヤング率を変化させたときの各モデル(試料No. 1~10)の固有振動数を求めた。その結果を表1および図5に示す。表1には、補強部材4の寸法、ヤング率などの物理特性、解析結果などを併せて示す。表1の乖離率(%)は、基準モデルの固有振動数に対して各試料の固有振動数の増加量を百分率で表したものである。また、表1の評価Cは、乖離率1%以下で、騒音の低減効果が不十分であることを示し、評価Bは、乖離率が1%超2.5%以下で、一定程度の騒音の低減効果が見込めることを示し、評価Aは、乖離率が2.5%超で、十分な騒音の低減効果が見込めることを示している。また、図5における横軸は補強部材4の軸剛性、縦軸は固有振動数(Hz)を示す。図5の横軸は対数表示である。

[0060] [表1]

試料 No.	補強部材						解析結果	乖離量 (%)	評価
	高さ (mm)	厚み (mm)	長さ (mm)	面積 (mm ²)	ヤング率 (MPa)	軸剛性 (N/m)	固有振動数 (Hz)		
100	42						11464		
1	42	2	46.5	84	5000	9032258	11497	0.3	C
2	42	2	46.5	84	10000	18064516	11583	1.0	C
3	42	2	46.5	84	15000	27096774	11665	1.8	B
4	42	2	46.5	84	20000	36129032	11743	2.4	B
5	42	2	46.5	84	50000	90322581	12152	6.0	A
6	42	2	46.5	84	100000	180645161	12670	10.5	A
7	42	2	46.5	84	150000	270967742	13045	13.8	A
8	42	2	46.5	84	200000	361290323	13324	16.2	A
9	42	2	46.5	84	500000	903225806	14089	22.9	A
10	42	2	46.5	84	1000000	1806451613	14410	25.7	A

[0061] 表1、図5に示す結果から、補強部材4のヤング率を大きくする、即ち補強部材4の軸剛性を大きくすることで、磁性コア3の固有振動数を高くできることが分かった。特に、補強部材4のヤング率が15GPaで軸剛性が $2.7 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上($2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上)となる試料No. 3で、磁性コア3の固有振動数が基準モデルに比べて1.8%(1%超)高くなり、一定の騒音の低減効果を見込めることが明らかになった。また、補強部材4の軸剛性が $9 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上($4 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上)となる試料No. 5で、磁性コア3の固有振動数が基準モデルに比べて6%(2.5%超)高くなり、十分な騒音の低減効果を見込めることが明らかになった。さらに、補強部材4の軸剛性が $9 \times 10^8 \text{ N/m}$ 以上($4 \times 10^8 \text{ N/m}$ 以上)となる試料No. 9で、磁性コア3の固有振動数が基準モデルに比べて22%以上も高くなった。

符号の説明

[0062] 1 リアクトル

2 コイル

2A, 2B 巻回部 2a, 2b 端部 2w 巻線 2R 連結部

3 磁性コア 31 内側コア部 32 外側コア部

3 1 m, 3 2 m コア片 3 1 g ギャップ材

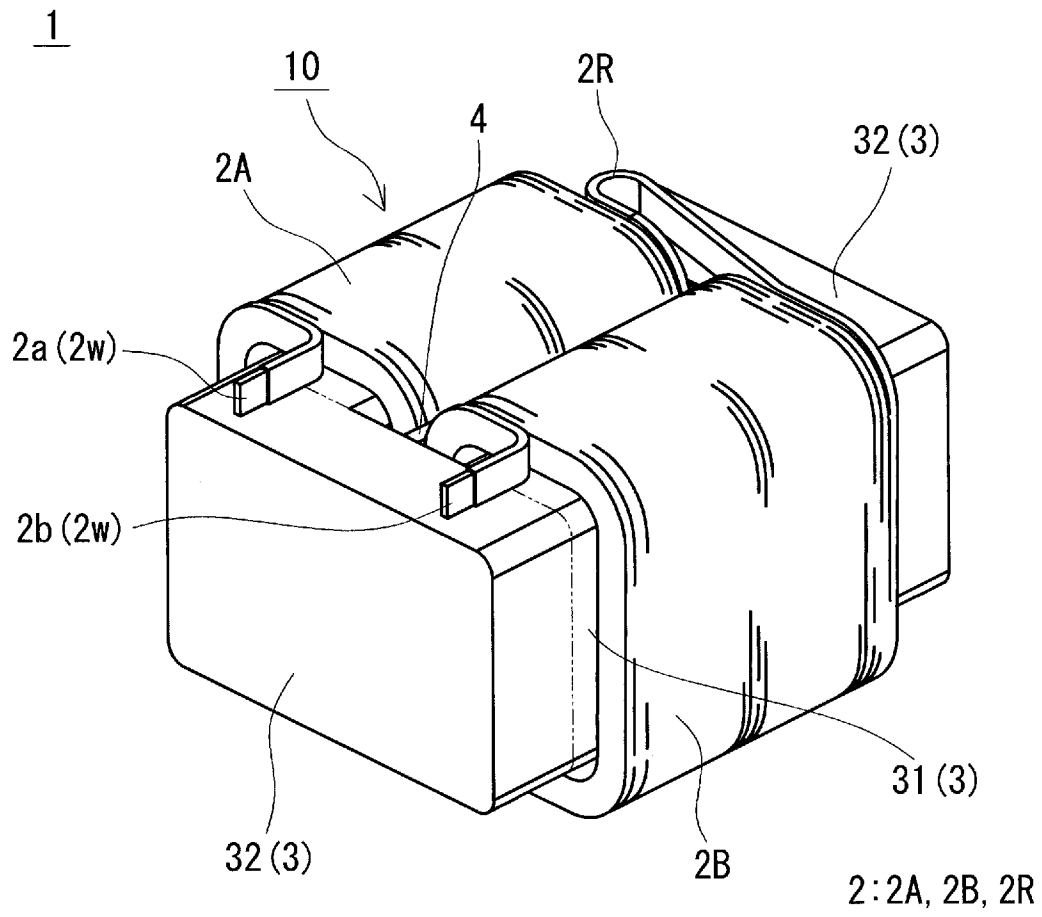
4 補強部材

5 モールド樹脂部

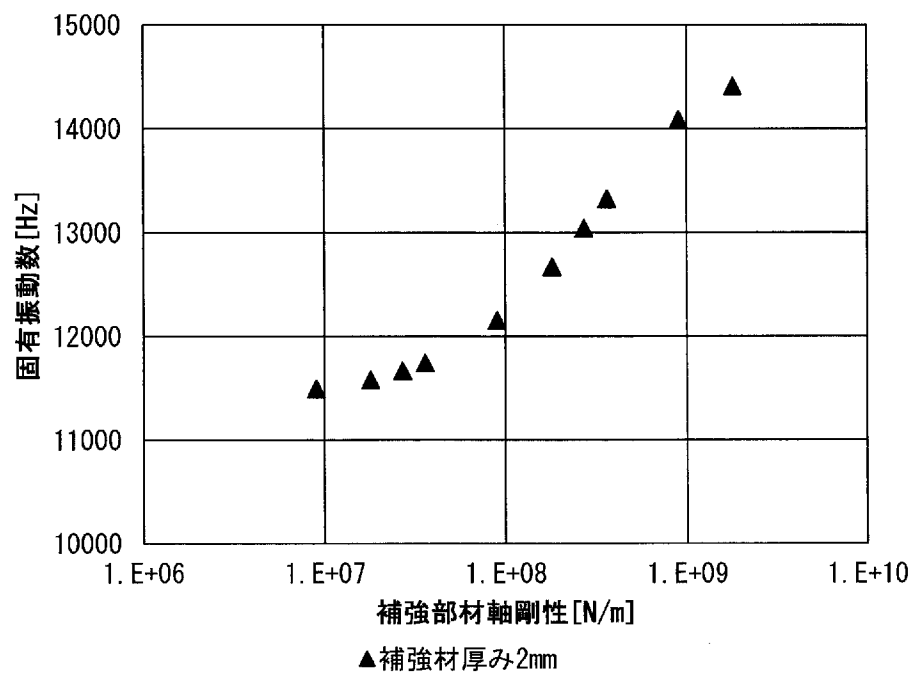
請求の範囲

- [請求項1] 一対の巻回部を有するコイルと環状の磁性コアとを備え、
前記磁性コアは、前記巻回部のそれぞれの内側に配置される一対の内側コア部、および前記巻回部の軸方向の一端の外側と他端の外側のそれぞれに配置される一対の外側コア部を有するリアクトルであって、
前記一対の巻回部の間に配置され、前記一対の外側コア部のそれぞれの内端面に連結される非磁性の補強部材を備え、
前記補強部材の軸剛性が $2 \times 10^7 \text{ N/m}$ 以上であるリアクトル。
ここで、前記軸剛性は、前記巻回部の軸方向に直交する前記補強部材の断面積と前記補強部材のヤング率との積を、前記補強部材の長さで除した値である。
- [請求項2] 前記補強部材のヤング率が 15 GPa 以上である請求項1に記載のリアクトル。
- [請求項3] 前記補強部材の熱伝導率が $5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上である請求項1または請求項2に記載のリアクトル。
- [請求項4] 前記補強部材は金属で構成される請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のリアクトル。
- [請求項5] 前記一対の巻回部を、前記補強部材ごとモールドするモールド樹脂部を備える請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のリアクトル。

[図1]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/017456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01F37/00 (2006.01) i, H01F27/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01F37/00, H01F27/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-80068 A (KOBE STEEL, LTD.) 19 April 2012 & WO 2012/032715 A1 & CN 103081045 A	1-5
A	JP 2012-169466 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 06 September 2012 (Family: none)	1-5
P, A	JP 2017-139310 A (AUTO NETWORK GIJUTSU KENKYUSHO KK) 10 August 2017 & WO 2017/135318 A1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
---	---

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 19.07.2018	Date of mailing of the international search report 31.07.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01F37/00(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01F37/00, H01F27/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-80068 A（株式会社神戸製鋼所）2012.04.19, & WO 2012/032715 A1 & CN 103081045 A	1-5
A	JP 2012-169466 A（トヨタ自動車株式会社）2012.09.06,（ファミリーなし）	1-5
P, A	JP 2017-139310 A（株式会社オートネットワーク技術研究所） 2017.08.10, & WO 2017/135318 A1	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.07.2018

国際調査報告の発送日

31.07.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

井上 健一

5D

9373

電話番号 03-3581-1101 内線 3551