

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3677584号  
(P3677584)

(45) 発行日 平成17年8月3日(2005.8.3)

(24) 登録日 平成17年5月20日(2005.5.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H02K 3/30  
H02K 3/487  
H02K 19/22

H02K 3/30  
H02K 3/487 Z  
H02K 19/22

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2000-173096 (P2000-173096)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成12年6月9日(2000.6.9)	(74) 代理人	100098017 弁理士 吉岡 宏嗣
(65) 公開番号	特開2001-352703 (P2001-352703A)	(72) 発明者	青山 博 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所 機械 研究所内
(43) 公開日	平成13年12月21日(2001.12.21)	(72) 発明者	五十嵐 善之 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 電機 システム事業部内
審査請求日	平成14年9月26日(2002.9.26)	審査官	下原 浩嗣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の回転子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

胴体部と、ほぼ該胴体部の外周面から該胴体部の軸に向けて形成された複数のスロットと、該スロット内に収容された界磁巻線と、該界磁巻線よりも外周側に位置して該界磁巻線と当接するクリページブロックと、該クリページブロックよりも外周側に位置して前記スロットの開口部に係合するウエッジとを含む回転電機の回転子であり、前記クリページブロックが繊維強化樹脂からなり、前記クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、前記回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維を有してなることを特徴とする回転子。

【請求項2】

胴体部と、ほぼ該胴体部の外周面から該胴体部の軸に向けて形成された複数のスロットと、該スロット内に収容された界磁巻線と、該界磁巻線よりも外周側に位置して該界磁巻線と当接するクリページブロックと、該クリページブロックよりも外周側に位置して前記スロットの開口部に係合するウエッジとを含む回転電機の回転子であり、前記クリページブロックが繊維強化樹脂からなり、前記クリページブロックの前記界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、前記回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ第1の繊維と該第1の強化繊維と交わる方向に並ぶ第2の強化繊維とで織られ、前記第1の強化繊維の密度を前記第2の強化繊維の密度よりも高くしてなることを特徴とする回転子。

【請求項3】

前記第2の強化繊維の密度に対する前記第1の強化繊維の密度の比は、前記クリページ

10

20

ロックと前記界磁巻線との接触面の摩擦係数が前記クリページブロックと前記界磁巻線との接触面以外の滑りが発生する可能性がある部材の接触面の摩擦係数よりも小さくなるように決められてなることを特徴とする請求項 2 に記載の回転子。

【請求項 4】

胴体部と、ほぼ該胴体部の外周面から該胴体部の軸に向けて形成された複数のスロットと、該スロット内に収容された界磁巻線と、該界磁巻線よりも外周側に位置して該界磁巻線と当接するクリページブロックと、該クリページブロックよりも外周側に位置して前記スロットの開口部に係合するウエッジとを含む回転電機の回転子であり、前記クリページブロックが繊維強化樹脂からなり、前記クリページブロックの前記界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、前記回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ第 1 の強化繊維と該第 1 の強化繊維と交わる方向に並ぶ第 2 の強化繊維とで織られ、前記第 1 の強化繊維の径が、前記第 2 の強化繊維の径よりも大きいことを特徴とする回転電機の回転子。

10

【請求項 5】

胴体部と、ほぼ該胴体部の外周面から該胴体部の軸に向けて形成された複数のスロットと、該スロット内に収容された界磁巻線と、該界磁巻線よりも外周側に位置して該界磁巻線と当接するクリページブロックと、該クリページブロックよりも外周側に位置して前記スロットの開口部に係合するウエッジとを含む回転電機の回転子であり、前記クリページブロックが繊維強化樹脂からなり、前記クリページブロックの前記界磁巻線との接触面に最も近い繊維層が、前記回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維で形成されてなることを特徴とする回転子。

20

【請求項 6】

前記クリページブロックの界磁巻線と当接する繊維層の外周側に位置する繊維層が、前記界磁巻線に最も近い繊維層の強化繊維と交わる方向に並ぶ強化繊維で形成されてなることを特徴とする請求項 5 に記載の回転子。

【請求項 7】

前記クリページブロックは、強化繊維を強化材とするプリプレグシートを積層することで形成された繊維強化樹脂からなることを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の回転子。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の回転子と、該回転子を軸止する軸受けと、前記回転子の外周側に位置する固定子とを含んでなる回転電機。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回転子に係り、特に、発電機や誘導電動機などの回転電機の回転子に関する。

【0002】

【従来の技術】

回転電機の回転子は、特開平 1 - 227640 号公報や特開平 8 - 322180 号公報などに記載されているように、胴体部、胴体部に形成されたスロット、スロット内に収容された界磁巻線、界磁巻線よりも外周側に位置して界磁巻線と当接するクリページブロック、クリページブロックよりも外周側に位置してクリページブロックに当接し、スロット開口部に係合するウエッジなどで構成されている。特開平 1 - 227640 号公報に提案の回転子では、界磁巻線を収容したスロットの底部に弾性部材を設けて、界磁巻線を囲む絶縁材とウエッジとが常に接触した状態にしておき、回転子が回転したときの遠心力で界磁巻線が外周側に移動することによって界磁巻線を囲む絶縁材とウエッジとが衝突することで絶縁材が破損するの防ぐものである。また、特開平 8 - 322180 号公報に提案の回転子では、スロット内に収容された界磁巻線の外周側の絶縁層つまりクリページブロックに相当する部分とスロットの開口部に係合するウエッジとの間に挿入されるスライディングシートを備え、スライディングシートの絶縁層との接触面に摩擦係数の小さい材料を一体に形成することで、界磁巻線の熱による回転子の軸に沿う方向への伸び、または界磁巻

40

50

線の冷却による回転子の軸に沿う方向への収縮のときの絶縁層とウエッジとの摩擦による摩擦や、絶縁層に働く剪断応力などを低減するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、回転子が回転すると、前述のように、界磁巻線は遠心力によって回転子の外周側に移動する。このとき、界磁巻線に通電されると、回転子の軸にほぼ沿う方向に界磁巻線の熱伸びが生じる。このため、界磁巻線は、運転中の回転と通電によって、接触面圧が高くなった状態で、クリページブロックと界磁巻線間、クリページブロックとウエッジ間、そしてウエッジの係合部位とスロット開口部の係合部位間などのいずれかで界磁巻線の熱伸びや収縮による滑りが発生する。このとき、クリページブロックと界磁巻線間、クリページブロックとウエッジ間、そしてウエッジの係合部位とスロット開口部の係合部位間などの摩擦係数により、最も摩擦係数の低い部位間で滑りが発生する。

10

【0004】

このため、滑りが発生する部位がスロット毎に変わった場合、回転子の軸に対するモーメントアームが変わるため、摩擦により回転子に作用する応力の大きさがスロット毎に異なり、回転子が撓んでしまう。このような回転子の撓みの発生は、回転子の回転中の異常振動などにつながるため、これを抑える必要がある。

【0005】

さらに、各スロットで部材間の滑りが同じ部位で発生する場合は、回転子の軸に対するモーメントアームほぼ同じになるため、回転子の軸に対するモーメントアームが変わることにより発生する回転子の撓みは低減される。しかし、各スロットで部材間の滑りが同じ部位で発生する場合であっても、各スロットの滑りを起こす部材間の摩擦係数にばらつきがあれば、摩擦により回転子に作用する応力が各スロット毎に異なることになるため、回転子の撓みが発生する。

20

【0006】

これに対して、回転子にバランスウエイトを取付けるなど、回転子の重量配分を調整することにより、各スロット間の摩擦係数のばらつきにより発生する回転子の撓みを低減することが考えられる。しかし、回転電機の起動と停止を繰り返すことにより、界磁巻線が伸縮して部材間に滑りが起こると、滑りを起こす部材の摩擦などにより、各スロット間の摩擦係数のばらつき幅が変化してしまう場合がある。このように、各スロット間の摩擦係数のばらつき幅が変化すると、各スロットで摩擦によって回転子に作用する応力のばらつき幅が変化してしまい、最初に回転子の重量配分を調整していても、回転子の撓みを低減することはできなくなる。

30

【0007】

また、特開平8-322180号公報に提案の回転子などでは、界磁巻線を囲う絶縁層に当接するスライディングシートの面に四弗化エチレンなどの低摩擦係数材からなる層などを形成し、回転子を曲げるような応力を低減している。しかし、このような回転子では、絶縁層とスライディングシートの摩擦係数が小さくなりすぎるため、摩擦係数のばらつき幅が変化し易くなり、回転子の撓みを十分に低減できない場合がある。

【0008】

本発明は、回転時に発生する回転子の撓みを低減することにある。

40

【課題を解決するための手段】

本発明の回転電機の回転子は、胴体部と、ほぼこの胴体部の外周面からこの胴体部の軸に向けて形成された複数のスロットと、このスロット内に収容された界磁巻線と、この界磁巻線よりも外周側に位置してこの界磁巻線と当接するクリページブロックと、このクリページブロックよりも外周側に位置してスロットの開口部に係合するウエッジとを含み、クリページブロックが繊維強化樹脂からなり、クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維を有していることにより上記課題を解決する。

【0009】

50

このような構成とすれば、クリページブロックと界磁巻線との摩擦係数が他の滑りが起こる可能性がある部位よりも小さくなり、適度な摩擦係数を有するクリページブロックと界磁巻線との間で確実に滑りが起こるようになる。このため、各スロットで滑りが発生する部位が同じになり、回転子に対するモーメントアームをほぼ一定にすることができる。さらに、界磁巻線が遠心力によりクリページブロックに高い圧力で押しつけられた状態で伸縮しても、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維により、界磁巻線は回転子の軸方向にほぼ沿う方向になめらかに滑ることができ、回転電機の駆動と停止を繰り返すことなどによる各スロットの摩擦係数のばらつき幅を変化し難くできる。すなわち、回転時に発生する回転子の撓みを低減することができる。

**【 0 0 1 0 】**

さらに、クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ第1の繊維とこの第1の強化繊維と交わる方向に並ぶ第2の強化繊維とで織られ、第1の強化繊維の密度を第2の強化繊維の密度よりも高くした構成とする。また、第2の強化繊維の密度に対する第1の強化繊維の密度の比は、クリページブロックと界磁巻線との接触面の摩擦係数がクリページブロックと界磁巻線との接触面以外の滑りが発生する可能性がある部材の接触面の摩擦係数よりも小さくなるように決められた構成とする。

**【 0 0 1 1 】**

このような構成とすれば、クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、第1の繊維とこの第1の強化繊維と交わる方向に並ぶ第2の強化繊維とで織られていることにより、第1の繊維に交わる方向に作用するの応力に対する界磁巻線との接触面に最も近いクリページブロックの繊維層の強度を向上し、クリページブロックの圧縮強度を向上できる。加えて、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ第1の繊維の密度が第1の繊維と交わる方向に並ぶ第2の繊維の密度よりも高いため、界磁巻線が遠心力によりクリページブロックに高い圧力で押しつけられた状態で伸縮しても、クリページブロックと界磁巻線は回転子の軸方向にほぼ沿う方向になめらかに滑ることができる。

**【 0 0 1 2 】**

さらに、クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層は、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ第1の強化繊維とこの第1の強化繊維と交わる方向に並ぶ第2の強化繊維とで織られ、第1の強化繊維の径が、第2の強化繊維の径よりも大きい構成とする。このような構成でも、クリページブロックの圧縮強度を向上でき、かつ、界磁巻線が遠心力によりクリページブロックに高い圧力で押しつけられた状態で伸縮しても、第1の強化繊維の径が第2の強化繊維の径よりも大きいため、クリページブロックと界磁巻線は回転子の軸方向にほぼ沿う方向になめらかに滑ることができる。

**【 0 0 1 3 】**

さらに、クリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層が、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維で形成されてなる構成とすれば、織り目による凹凸がないため、界磁巻線が遠心力によりクリページブロックに高い圧力で押しつけられた状態で伸縮しても、クリページブロックと界磁巻線は回転子の軸方向にほぼ沿う方向によりなめらかに滑ることができる。また、クリページブロックの界磁巻線と当接する繊維層の外周側に位置する繊維層が、界磁巻線と当接する繊維層の繊維と交わる方向に並ぶ強化繊維で形成された構成とすれば、回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維で形成されたクリページブロックの界磁巻線との接触面に最も近い繊維層の強度を補強し、クリページブロックの圧縮強度を向上できるので好ましい。

**【 0 0 1 4 】**

さらに、クリページブロックは、強化繊維を強化材とするプリプレグシートを積層することで形成された繊維強化樹脂からなる構成とすれば、クリページブロックの形成作業を簡素化できる。また、強化繊維は、ガラス繊維、アルミナ繊維、アラミド繊維、炭化珪素繊維のいずれか一種類であるか、またはガラス繊維、アルミナ繊維、アラミド繊維、炭化珪素繊維の少なくとも2種類を混合したものとする。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

さらに、上記のいずれかの回転子と、この回転子を軸止する軸受けと、回転子の外周側に位置する固定子とを含んでなる回転電機とすれば、回転子の撓みによる振動や寿命の低下などを抑制し、回転電機の信頼性を向上することができる。

## 【 0 0 1 6 】

## 【 発明の実施の形態 】

## ( 第 1 の実施形態 )

以下、本発明を適用してなる回転電機の回転子の第 1 の実施形態について図 1 乃至図 7 を参照して説明する。図 1 は、本発明を適用してなる回転子を備えた回転電機の一例の概略構成を部分的に破断して示す斜視図である。図 2 は、回転子の胴体部の断面図である。図 3 は、図 2 の A の部分を拡大して示す断面図である。図 4 は、本発明を適用してなる回転子のクリページブロックの繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。図 5 は、クリページブロックの回転子の軸方向と交わる方向に並ぶ繊維の密度に対する回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ繊維の密度の比と、クリページブロック及び界磁巻線の接触面の摩擦係数との関係を示す図である。図 6 は、クリページブロックの回転子の軸方向と交わる方向に並ぶ繊維の密度に対する回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ繊維の密度の比と、クリページブロックの圧縮強度及び摩擦係数の安定度との関係を示す図である。図 7 は、クリページブロックと界磁巻線との間の滑り回数と、摩擦係数のばらつきとの関係を示す図である。なお、本実施形態では回転電機としてタービン発電機を一例として説明するが、本発明の回転子は、様々な回転電機に適用することができる。

10

20

## 【 0 0 1 7 】

本実施形態の回転子 1 を備えた回転電機つまりタービン発電機は、図 1 に示すように、回転子 1 の外側を囲むように設けられた円筒状の固定子 3、固定子 3 の外側に設けられて固定子 3 を保持する固定子フレーム 5、固定子 3 の両端部に設けられて固定子フレーム 5 に取り付けられたエンドカバー 7、そしてエンドカバー 7 の中央部に配設されて回転子 1 を軸止する軸受け 9 などで構成されている。固定子フレーム 5 には、通風ダクト 11 が形成されている。

## 【 0 0 1 8 】

回転子 1 は、図 2 に示すように、略円柱状の胴体部 13、ほぼ胴体部 13 の円周面から胴体部 13 の軸に向かう方向に形成され、胴体部 13 の軸にほぼ沿う方向に延在する溝である複数のスロット 15、そしてスロット 15 内に納められ、胴体部 13 の軸にほぼ沿う方向に延在する界磁巻線 17、クリページブロック 19、ウエッジ 21 などを有している。なお、図 2 では、胴体部 13 の形状を分かり易くするため、1つのスロット 15 に界磁巻線 17、クリページブロック 19、ウエッジ 21 などを設置し、他のスロット 15 にはこれらの部材が設置されていない状態を示しているが、実際の回転子 1 では、全てのスロット 15 に界磁巻線 17、クリページブロック 19、ウエッジ 21 などが納められている。スロット 15 は、胴体部 13 の対向する 2 箇所の部分すなわち磁極部 23 を除いて、胴体部 13 に等間隔で形成されている。また、胴体部 13 の隣り合うスロット 15 間の部分、つまりくし歯状に形成された部分は、ティース 25 と呼ばれている。本実施形態では、磁極部 23 は、2 箇所設けられているが、2 箇所以上、例えば 4 箇所設けられる場合もある。

30

40

## 【 0 0 1 9 】

ウエッジ 21 は、図 3 に示すように、延在方向の側面に突出部 26 を有して断面が略凸形状に形成されており、ティース 25 の円周面側の側面には、ウエッジ 21 の側面の突出部 26 に対応する溝 27 が形成されている。ウエッジ 21 は、突出部 26 を溝 27 に係合させてティース 25 にはめ込まれており、スロット 15 に納められた界磁巻線 17 が回転子 1 の回転の遠心力によってスロット 15 から飛び出さないようにしている。ティース 25 の側面とスロット 15 内に納められている界磁巻線 17 やクリページブロック 19 との間には、電気絶縁用の平板状の樹脂からなるスロットアーマ 29 が設置される。界磁巻線 17 は、矩形断面をしており、複数の界磁巻線 17 が層間絶縁材 31 と交互に半径方向に積

50

層されている。最外周側の界磁巻線 17 には、電気絶縁用のクリページブロック 19 が当接しており、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 と接している側の面と反対側の面には、ティース 25 に係合されているウェッジ 21 が当接している。

#### 【0020】

クリページブロック 19 は、図 4 に示すように、強化繊維 33 が織られたものに半硬化した樹脂を含ませたプリプレグシートを積層してプレス板などによって加熱状態で加圧することで形成された複数の繊維層 35、37 を有する繊維強化樹脂である。本実施形態では、強化繊維 33 に界磁巻線 17 よりも硬いガラス繊維を、樹脂にエポキシ樹脂を用いている。また、図 4 では、クリページブロック 19 の繊維層 35、37 の構成を説明するため、繊維層 35、37 のみをしめしており樹脂部分は省略している。クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に当接する面にもっと近い繊維層 37 の強化繊維 33 は、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度が、回転子 1 の軸方向と交わる方向、つまり強化繊維 33 a と交わる方向に並ぶ強化繊維 33 b の密度よりも高くなるように織られている。言い換えれば、強化繊維 33 a の単位長さ当たりの本数が強化繊維 33 b の単位長さ当たりの本数よりも多くなるように織られている。強化繊維 33 の織り方は、平織り、縞子織りなどにすることができる。

10

#### 【0021】

なお、強化繊維 33 a の密度が強化繊維 33 b の密度よりも高くなるように織られている繊維層は、少なくともクリページブロック 19 が界磁巻線 17 に当接する面に最も近い繊維層 37 に用いられればよいが、それ以外の繊維層 35 に用いることもできる。また、プリプレグシートを積層してクリページブロック 19 を形成した後、クリページブロック 19 の厚みを所望の寸法に合わせるときは、界磁巻線 17 に当接する面とは反対側つまりウェッジ 21 と当接する側の面を切削加工などにより加工する。すなわち、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に当接する面は、繊維層 37 が露出しておらず樹脂が繊維層 37 の表面を覆っている状態とする。

20

#### 【0022】

ここで、本実施形態では、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 37 の、回転子 1 の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維 33 b の密度に対する回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度の比と、界磁巻線 17 及びクリページブロック 19 の接触面 B の摩擦係数との関係に基づいて、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度、つまり単位長さ当たりの本数を設計している。すなわち、図 5 に示すように、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 37 の回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度の比を上げる、つまり強化繊維 33 a の単位長さ当たりの本数を増やすと、クリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B の摩擦係数は小さくなる。

30

#### 【0023】

したがって、繊維層 37 の回転子 1 の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維 33 b の密度に対する回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度の比は、ウェッジ 21 の突出部 26 とティース 25 の溝 27 との接触面 C の摩擦係数、ウェッジ 21 とクリページブロック 19 との接触面 D の摩擦係数、そして界磁巻線 17 と相関絶縁材 31 との接触面 E の摩擦係数よりもクリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B の摩擦係数が小さくなるように設計されている。これにより、本実施形態の回転子 1 における界磁巻線 17 の熱伸び及び収縮による部材の滑りは、確実にクリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B で起こる。

40

#### 【0024】

さらに、本実施形態では、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 37 における回転子 1 の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維 33 b の密度に対する回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度の比と、クリページブロック 19 の圧縮強度、及び接触面の摩擦係数のばらつき安定度との関係に基づいて、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a の密度を設計している。すなわち、強化繊維 33 a

50

の単位長さ当たりの本数の比率を高くするに連れ、図6に示すように、強化繊維33a同士がクリページブロック19に作用する応力により互いに分離または解離しやすくなるため、クリページブロック19が回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に亀裂などを生じてしまい、クリページブロック19の圧縮強度は低下する。

#### 【0025】

一方、回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維33aの密度の比を高くする、つまり界磁巻線17とクリページブロック19との滑り方向に配されている強化繊維33aの単位長さ当たりの本数の比率を高くするに連れ、界磁巻線17とクリページブロック19との接触面Bの回転子1の軸方向にほぼ沿う方向の摩擦係数は小さくなる。このため、界磁巻線17とクリページブロック19とはなめらかに滑ることができ、各スロット15間の摩擦係数の安定度が高くなる。したがって、本実施形態のクリページブロック19の界磁巻線17に最も近い繊維層37の回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維33aの単位長さ当たりの本数の比率は、適度なクリページブロック19の圧縮強度と、適度な接触面Bの摩擦係数の安定度とが得られる比率Fで設計されている。

10

#### 【0026】

なお、回転子の軸にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維33aの単位長さ当たりの本数の比率は、本実施形態の比率Fに限らず、図6のような回転子の軸と交わる方向に並ぶ強化繊維33bの密度に対する強化繊維33aの密度の比とクリページブロックの圧縮強度及び摩擦係数のばらつき安定度との関係を求め、クリページブロックに要求される圧縮強度などに応じて設計すればよい。

20

#### 【0027】

ところで、回転子1が回転している状態で界磁巻線17に通電され温度上昇すると、界磁巻線17は、回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に熱伸びする。さらに、界磁巻線17への通電が遮断されると、温度低下により界磁巻線17は回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に収縮する。つまり、回転電機の起動と停止を繰り返すことによって界磁巻線17の伸びと収縮が起こる。このとき、界磁巻線17の伸びと収縮により、クリページブロック19と界磁巻線17との接触面B、ウエッジ21とティース25との係合部分の接触面C、ウエッジ21とクリページブロックとの接触面D、そして界磁巻線17と相関絶縁材31との接触面Eのいずれかで滑りが起きた場合の滑り回数と、各接触面の各スロット15間での摩擦係数のばらつき幅との関係を見ると、図7に示すように、滑り回数が増えるにしたがって、接触面C、接触面D、そして接触面Eの各スロット15間の摩擦係数のばらつき幅は変化しており、滑り回数を重ねるにしたがって徐々にばらつきの幅が大きくなって行く。また、図示していないが、従来の回転子では、クリページブロックと界磁巻線との接触面Bで滑りが起こった場合、滑り回数を重ねるにしたがって徐々にばらつきの幅が大きくなって行く。

30

#### 【0028】

これに対して本実施形態の回転子1では、クリページブロック19の繊維層37の回転子1の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維33bの密度に対する回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維33aの密度の比は、ウエッジ21の突出部26とティース25の溝27との接触面Cの摩擦係数、ウエッジ21とクリページブロック19との接触面Dの摩擦係数、そして界磁巻線17と相関絶縁材31との接触面Eの摩擦係数よりも、クリページブロック19と界磁巻線17との接触面Bの摩擦係数の方が小さくなるように設計されている。ただし、クリページブロック19と界磁巻線17との接触面Bの摩擦係数は、従来の回転子のような接触面に四弗化エチレンなどの低摩擦係数材からなる層などを形成した場合よりも摩擦係数は大きい。

40

#### 【0029】

このため、回転子1における界磁巻線17の熱伸びや収縮による部材間の滑りは、確実にクリページブロック19と界磁巻線17との接触面Bで起こる。すなわち、界磁巻線17の熱伸びや収縮は、常にクリページブロック19と界磁巻線17との接触面Bの滑りで吸収できる。さらに、前述のように、繊維層37の回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強

50

化繊維 33a の単位長さ当たりの本数の比率が所望の摩擦係数の安定度が得られる比率に設計されているため、回転電機の起動と停止を繰り返しても、クリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B の各スロット 15 間の摩擦係数のばらつき幅は変化し難い。

#### 【0030】

このように本実施形態の回転電機の回転子 1 では、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 37 の強化繊維 33 が界磁巻線 17 よりも硬いガラス繊維などからなり、加えて界磁巻線 17 の伸縮方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33a の単位長さ当たりの本数が、界磁巻線 17 の伸縮方向と交わる方向に並ぶ強化繊維 33b の単位長さ当たりの本数よりも多い。このため、クリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B の摩擦係数を他の部材間の摩擦係数よりも小さくできることにより、界磁巻線 17 の熱伸びによる部材の滑りは、確実にクリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B で起こる。したがって、各スロット 15 での滑り発生部位が同じになり、各スロット 15 で滑り発生部位の摩擦によって発生する回転子 1 に作用する応力のモーメントの回転子 1 の軸に対する半径をほぼ一定にすることができる。さらに、界磁巻線 17 は、遠心力によりクリページブロック 19 に高い圧力で押しつけられた状態でも、クリページブロック 19 の繊維層 37 の界磁巻線 17 よりも硬いガラス繊維からなる強化繊維 33a により、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向になめらかに滑ることができる。このため、回転電機の駆動と停止を繰り返すことなどにより滑り回数が増えても、各スロット 15 間の摩擦係数のばらつき幅を変化し難くできる。すなわち、回転時に発生する回転子 1 の撓みを低減することができる。

#### 【0031】

さらに、本実施形態では、強化繊維 33 は、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33a と回転子 1 の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維 33b とを織ったものであるため、強化繊維 33b によりクリページブロック 19 の界磁巻線 17 と当接する部分の圧縮強度を向上することができる。加えて、本実施形態の回転子 1 を備えた回転電機では、回転子 1 の撓みによる振動や、この振動による寿命の低下などを抑制し、回転電機の信頼性を向上することができる。

#### 【0032】

また、本実施形態では、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 37 の強化繊維 33 は、同じ径の強化繊維 33a、33b を織ったものであるが、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33a と、強化繊維 33a と交わる方向に並ぶ強化繊維 33b とは、異なる径の強化繊維を用いることができる。このとき、図 8 に示すように、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33a に、強化繊維 33a と交わる方向に並ぶ強化繊維 33b よりも径が大きな強化繊維を用いれば、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向、すなわち界磁巻線 17 の伸縮方向に並ぶ強化繊維 33a の剛性を高くできる。したがって、界磁巻線 17 が高面圧でクリページブロック 19 の表面に押し付けられても、強化繊維 33a は屈曲し難いため、界磁巻線 17 とクリページブロック 19 とは、よりなめらかに滑ることができる。

#### 【0033】

(第 2 の実施形態)

本発明を適用してなる回転電機の回転子の第 2 の実施形態について図 9 を参照して説明する。図 9 は、本発明を適用してなる回転子のクリページブロックの繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。なお、本実施形態では、第 1 の実施形態と同一のものには同じ符号を付して説明を省略し、第 1 の実施形態と相違する構成及び特徴部などについて説明する。

#### 【0034】

本実施形態は、クリページブロック 19 の形成方法は、第一の実施形態と同様であるが、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 39 の強化繊維 33 は、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33a のみで構成されている点で第 1 の実施形態と相違する。すなわち、クリページブロック 19 の界磁巻線 17 に最も近い繊維層 39

10

20

30

40

50

の強化繊維 33 は織られておらず、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a のみを並べた状態になっている。なお、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維 33 a のみを有する構成は、少なくとも界磁巻線 17 に最も近い繊維層 39 に用いればよいが、それ以外の繊維層 35 に用いることもできる。

#### 【0035】

こように本実施形態のクリページブロック 19 を備えた回転子 1 では、界磁巻線 17 に最も近い繊維層 39 の強化繊維 33 は織られていないため、織り目部分の凹凸がなくなり、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向の強化繊維 33 a を平滑な状態にできる。したがって、界磁巻線 17 の熱伸びによる部材の滑りは、確実にクリページブロック 19 と界磁巻線 17 との接触面 B で起こる上、界磁巻線 17 が高面圧でクリページブロック 19 の表面に押し付けられても、強化繊維 33 a は織り目部分の凹凸が内平滑な状態であるため、界磁巻線 17 はなめらかに滑ることができる。

10

#### 【0036】

ただし、第 1 の実施形態に記載したように、回転子 1 の回転時に、界磁巻線 17 がクリページブロック 19 の表面に高面圧で押し付けられるため、この面圧の程度によっては、層 39 の強化繊維 33 a 同士がクリページブロック 19 に作用する応力により互いに分離または解離しやすくなる。このため、クリページブロック 19 が回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に裂けてしまうといったように、クリページブロック 19 の十分な圧縮強度が得られない場合がある。このような場合には、図 10 に示すように、繊維層 39 の外周側に位置する繊維層、すなわち繊維層 39 の隣に位置する繊維層 41 は、強化繊維 33 a と交わる方向に延在する強化繊維 33 b を並べた構成とする。

20

#### 【0037】

このような構成とすれば、繊維層 41 の回転子 1 の軸方向に交わる方向に延在する強化繊維 33 b によって、繊維層 39 の強化繊維 33 a がクリページブロック 19 に作用する応力により互いに分離または解離してクリページブロック 19 が回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に裂けてしまうのを抑えることができる。したがって、クリページブロック 19 の圧縮強度を向上し、クリページブロック 19 の信頼性を向上することができる。

#### 【0038】

なお、クリページブロック 19 を繊維層 39 と繊維層 41 を有するような構成としても十分な圧縮強度が得られない場合には、回転子 1 の軸方向にほぼ沿う方向に延在する強化繊維 33 a と回転子 1 の軸方向に交わる方向を向いた強化繊維 33 b とを織った繊維層 37 を有するクリページブロック 19 を備えた第 1 の実施形態の回転子 1 を用いる。

30

#### 【0039】

(第 3 の実施形態)

本発明を適用してなる回転電機の回転子の第 3 の実施形態について図 11 乃至 13 を参照して説明する。図 11 クリページブロックの形成に用いるロール状に巻かれた長尺のプリプレグシートを模式的に示す斜視図である。図 12 は、ロール状に巻いた長尺のプリプレグシートより切り出したプリプレグシート断片を複数枚重ねた状態を模式的に示す斜視図である。図 13 は、クリページブロックの中間成型体とこの中間成型体から切り出されたクリページブロックを模式的に示す斜視図である。なお、本実施形態では、第 1 及び第 2 の実施形態と同一のものには同じ符号を付して説明を省略し、第 1 及び第 2 の実施形態と相違する構成及び特徴部などについて説明する。

40

#### 【0040】

本実施形態と第 1 及び第 2 の実施形態との相違点は、クリページブロックを形成する際に予め長尺のプリプレグシートを形成し、この長尺のプリプレグシートから切り出したプリプレグシート断片を積層することでクリページブロックを形成していることにある。すなわち、本実施形態の回転子 1 のクリページブロック 19 を形成する際、図 11 に示すように、織られた強化繊維 33 に半硬化したエポキシ樹脂を含ませて形成された長尺のプリプレグシート 43 を用いている。長尺のプリプレグシート 43 は、ロール状に巻かれており、また、長尺のプリプレグシート 43 の短辺方向に沿う方向に延在する強化繊維 33 a の

50

プリプレグシート43の密度は、長辺方向に沿う方向に延在する強化繊維33bの密度よりも高くなっている。

【0041】

この長尺のプリプレグシート43より、図12に示すように、プリプレグシート断片45を切り出し、このプリプレグシート断片45を複数枚重ね、第1及び第2の実施形態と同様に加熱状態で加圧して、クリページブロック19の中間成型体47を得ている。このとき、各プリプレグシート断片45は、強化繊維33aと強化繊維33bの方向が揃うように重ねている。プリプレグシート断片45を重ねる枚数は、クリページブロック19の厚さよりわずかに大きくなるようにしている。この中間成型体47から、図13に示すように、必要なクリページブロックの幅Lにあわせてクリページブロック19が切り出され、界磁巻線17に当接する側とは反対側、つまりウエッジ21と当接する側の面を加工して厚みを調整している。

10

【0042】

このように本実施形態では、クリページブロック19を製作する際に、強化繊維33の織り方、つまり回転子1の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ強化繊維33aと回転子1の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維33bとの密度の比や太さの違う複数種のプリプレグシートを準備することなく、一種類の長尺のプリプレグシート43でクリページブロック19を形成することができる。すなわち、クリページブロック19の形成作業を簡素化でき、また、クリページブロック19のコストを低減できる。

【0043】

また、本実施形態では、強化繊維33aと強化繊維33bの方向が揃うように重ねているが、強化繊維33aと強化繊維33bの方向を交互に変えてプリプレグシート断片45を積層することもできる。さらに、織った強化繊維33に限らず、一方向に並ぶ強化繊維33のみを有する長尺のプリプレグシート43を形成して、この長尺のプリプレグシート43から切り出したプリプレグシート断片45でクリページブロック19を形成しすることもできる。このとき、例えば、隣り合う繊維層の強化繊維33の方向が交わる方向になるように、強化繊維33の方向を交互に変えてプリプレグシート断片45を積層すれば、第2の実施形態のような構成のクリページブロック19を得ることができる。

20

【0044】

また、第1乃至第3の実施形態では、強化繊維33としてガラス繊維を用いているが、強化繊維としてアルミナ繊維、アラミド繊維、炭化珪素繊維などを単独で用いたり、さらにガラス繊維、アルミナ繊維、アラミド繊維、炭化珪素繊維を2種以上混合したものなど様々な強化繊維を用いることができる。さらに、クリページブロック19を形成するための樹脂としてエポキシ樹脂を例示しているが、PEEKやFRPなど熱可塑性と電気絶縁性を有する様々な樹脂を用いることができる。加えて、クリページブロック19を構成する繊維強化樹脂層は、強化繊維に半硬化した樹脂を含ませる方法に限らず、強化繊維を半硬化した樹脂で挟んだものに熱を加えるような方法でも形成できる。さらに、回転子1は、複数の界磁巻線17を有する構成となっているが、界磁巻線は1つにすることもできる。

30

【0045】

【発明の効果】

本発明によれば、回転時に発生する回転子の撓みを低減することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用してなる回転子を備えた回転電機の一例の概略構成を部分的に破断して示す斜視図である。

【図2】本発明を適用してなる回転子の一実施形態の胴体部の断面図である。

【図3】図2のAの部分拡大して示す断面図である。

【図4】本発明を適用してなる回転子の第1の実施形態が備えるクリページブロックの繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。

【図5】クリページブロックの回転子の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維の密度に対する回転子の軸方向に沿う方向に並ぶ強化繊維の密度の比と、クリページブロック及び界磁

50

巻線の接触面の摩擦係数との関係を示す図である。

【図6】クリページブロックの回転子の軸方向と交わる方向に並ぶ強化繊維の密度に対する回転子の軸方向にほぼ沿う方向に並ぶ繊維の密度の比と、クリページブロックの圧縮強度及び摩擦係数の安定度との関係を示す図である。

【図7】各部材の接触面の滑り回数と、摩擦係数のばらつきとの関係を示す図である。

【図8】第1の実施形態の変形例における繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。

【図9】本発明を適用してなる回転子の第2の実施形態が備えるクリページブロックの繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。

【図10】第2の実施形態の変形例における繊維層の構成を模式的に示す斜視図である。

【図11】本発明を適用してなる回転子の第3の実施形態が備えるクリページブロックの形成に用いるロール状に巻かれた長尺のプリプレグシートを模式的に示す斜視図である。

10

【図12】ロール状に巻いた長尺のプリプレグシートより切り出したプリプレグシート断片を複数枚重ねた状態を模式的に示す斜視図である。

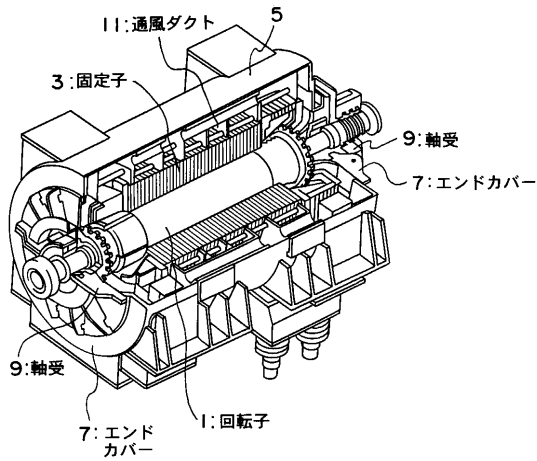
【図13】クリページブロックの中間成型体とこの中間成型体から切り出されたクリページブロックを模式的に示す斜視図である。

【符号の説明】

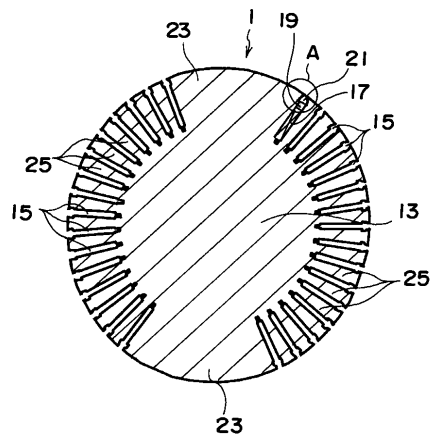
- 1 回転子
- 13 胴体部
- 15 スロット
- 17 界磁巻線
- 19 クリページブロック
- 21 ウエッジ
- 33、33a、33b 強化繊維
- 37 繊維層

20

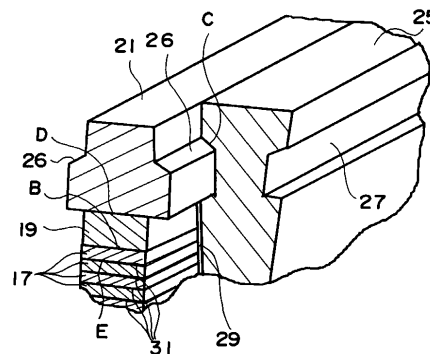
【図1】



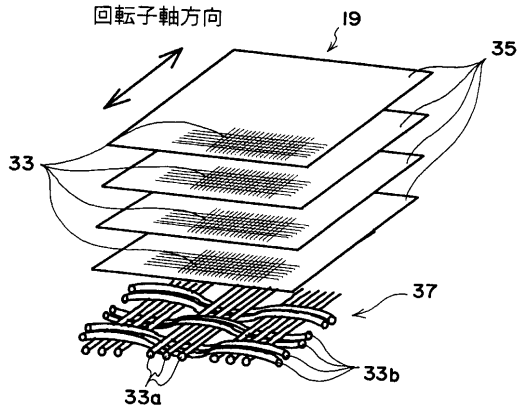
【図2】



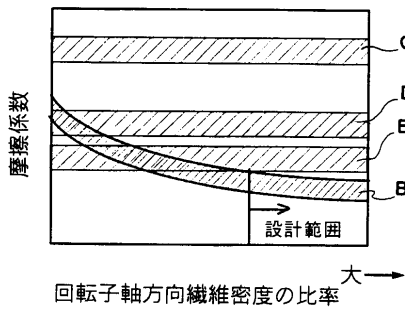
【図3】



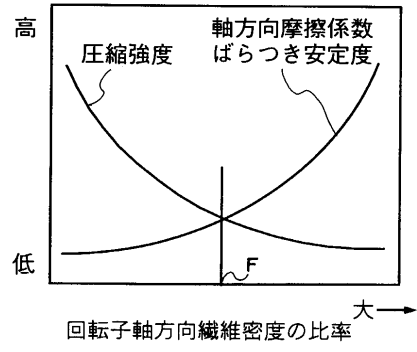
【 図 4 】



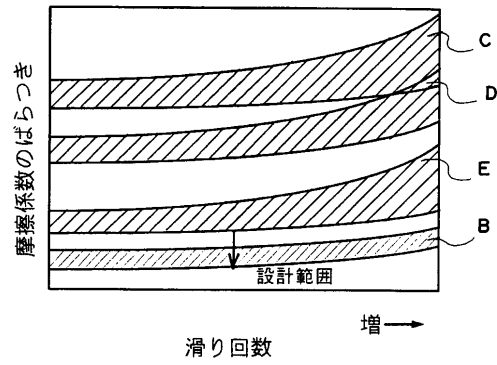
【 図 5 】



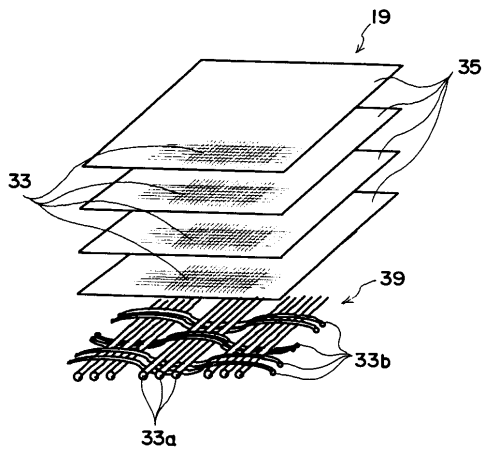
【 図 6 】



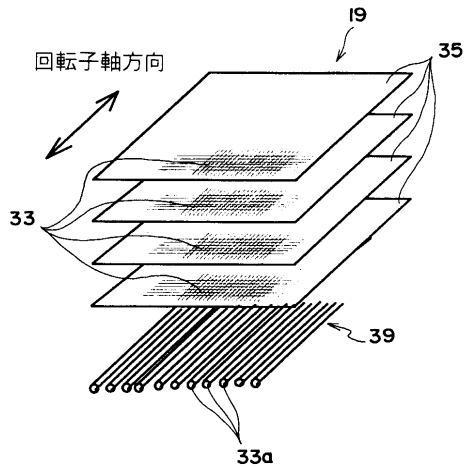
【 図 7 】



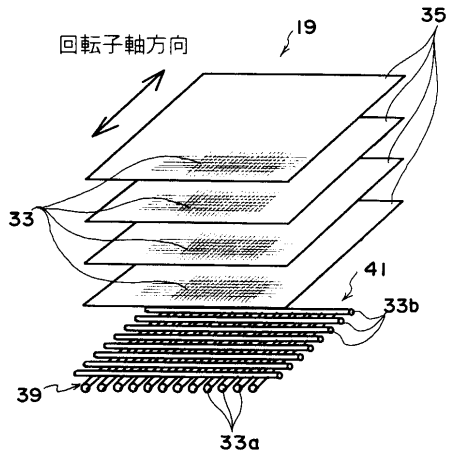
【 図 8 】



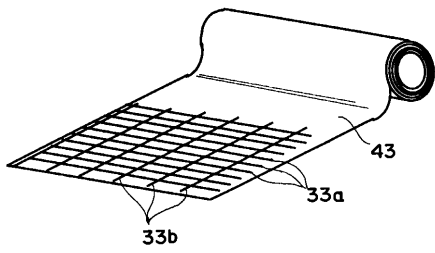
【 図 9 】



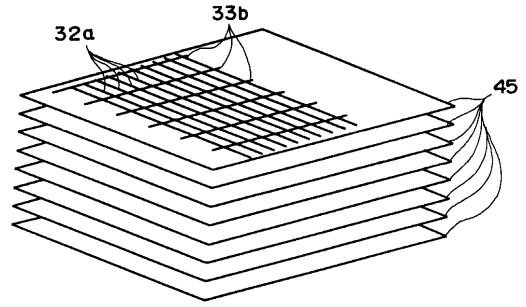
【 図 1 0 】



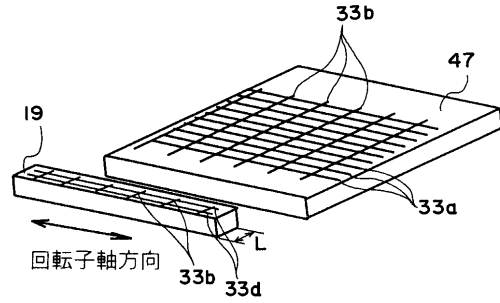
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 312947 (JP, A)  
特開平10 - 322952 (JP, A)  
特開平09 - 327143 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H02K 3/30  
H02K 3/487  
H02K 19/22