

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5033552号  
(P5033552)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012. 9. 26)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 3/47 (2006. 01)

H O 2 K 3/47

H O 2 K 21/24 (2006. 01)

H O 2 K 21/24

M

H O 2 K 16/02 (2006. 01)

H O 2 K 16/02

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2007-238979 (P2007-238979)  
 (22) 出願日 平成19年9月14日 (2007. 9. 14)  
 (65) 公開番号 特開2009-72010 (P2009-72010A)  
 (43) 公開日 平成21年4月2日 (2009. 4. 2)  
 審査請求日 平成21年8月26日 (2009. 8. 26)

前置審査

(73) 特許権者 000002060  
 信越化学工業株式会社  
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号  
 (74) 代理人 100099623  
 弁理士 奥山 尚一  
 (74) 代理人 100096769  
 弁理士 有原 幸一  
 (74) 代理人 100107319  
 弁理士 松島 鉄男  
 (74) 代理人 100114591  
 弁理士 河村 英文  
 (72) 発明者 宮田 浩二  
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 信  
 越化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アキシシャルギャップ型コアレス回転機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジングと、

該ハウジング内に回転自在に支持された回転軸と、

前記回転軸の軸方向に間隔を置いて対向配置された回転盤を備え前記回転軸と一体に回転可能な2段の回転子であって、前記対向配置された回転盤の対向面の少なくとも一面において、前記回転軸を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように永久磁石を配置している回転子と、

前記対向配置された回転盤が形成する空隙に配置されハウジングに固定された固定盤、および、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイルを備えた固定子とを備えたアキシシャルギャップ型のコアレス回転機であって、

前記コイルは、長方形断面を有するコイル素線を断面の長辺を揃えてかつ/または短辺を揃えて2本以上束ねてなる巻線からなり、前記巻線は、外周を絶縁被覆されており、前記コイル素線の断面の長辺と前記永久磁石の磁極面とが垂直になるように巻き回されているアキシシャルギャップ型コアレス回転機。

【請求項 2】

ハウジングと、

該ハウジング内に回転自在に支持された回転軸と、

前記回転軸の軸方向に間隔を置いて対向配置された端部回転盤を備え、前記回転軸と一体に回転可能な第1と第2の端部回転子と、

10

20

前記第 1 と第 2 の端部回転子が形成する空隙に配置された回転盤、および、前記回転盤の両面において、前記回転軸を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように配置された永久磁石を備え、前記回転軸と一体に回転可能な少なくとも 1 段の両面磁石回転子と、

前記第 1 端部回転子、前記少なくとも 1 段の両面磁石回転子、および、前記第 2 端部回転子が形成する各空隙に配置されハウジングに固定された固定盤、ならびに、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイルを備えた固定子とを備えたアキシャルギャップ型のコアレス回転機であって、

前記コイルは、長方形断面を有するコイル素線を断面の長辺を揃えてかつ / または短辺を揃えて 2 本以上束ねてなる巻線からなり、前記巻線は、外周を絶縁被覆されており、前記コイル素線の断面の長辺と前記永久磁石の磁極面とが垂直になるように巻き回されているアキシャルギャップ型コアレス回転機。

10

【請求項 3】

さらに、前記第 1 と第 2 の端部回転子の端部回転盤の対向面に磁極面が回転軸に対して垂直になるように配置された永久磁石とを備えた請求項 2 に記載のアキシャルギャップ型コアレス回転機。

【請求項 4】

前記コイル素線の断面形状が、断面の長辺の長さ / 断面の短辺の長さ 5 の関係にあることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 または請求項 3 のいずれかに記載のアキシャルギャップ型コアレス回転機。

20

【請求項 5】

前記コイル素線の各々が外周を絶縁被覆されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のアキシャルギャップ型コアレス回転機。

【請求項 6】

前記コイル素線の断面の短辺の長さが、0.5 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のアキシャルギャップ型コアレス回転機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータや発電機等の同期式の永久磁石回転機で、回転子と固定子とが回転軸方向に対向したアキシャルギャップ型回転機に関する。

30

【背景技術】

【0002】

永久磁石回転機は、構造上の分類からラジアルギャップ型とアキシャルギャップ型とがある。ラジアルギャップ型は、回転子の周方向に複数の永久磁石を配置し、永久磁石の磁極は径方向に向いており、永久磁石に対向するように固定子が配置されている。一般に固定子は回転子に対向する面に複数の歯状をもつ鉄芯にコイルが巻かれた構造をしている鉄芯を用いることで回転子磁極からの磁束を効率よくコイルに鎖交することができ、モータの場合には大きなトルク、発電機の場合には大きな電圧を生ずることができる。反面、鉄芯を用いるためにコギングトルクや鉄芯のヒステリシス損失に基づくロストトルクを生じ、初動トルクを大きくするという問題がある。初動トルクが大きいと、例えば風力発電機に用いた際に微風では回転できず発電できない。

40

【0003】

鉄芯を取り除けばこのような問題はなくなるが、磁気効率が悪くなるのでラジアルギャップ型では大きな出力が得られない。そこで、図 8 に示すようなアキシャルギャップ型が考えられる。

【0004】

図 8 において、回転軸（シャフト）22 には、表面に複数の永久磁石 26a を備えた円盤状磁性体（ロータヨーク）25 がスペーサを介して複数段取り付けられ一体化しており、回転子 27 を構成している。各ロータヨークの間に形成される空隙にはコイル 3 を備え

50

た固定子 1 が配置され、ハウジング 2 1 に固定されている。回転軸 2 2 はハウジング 2 1 によりベ어링 2 8 を介して回転可能に支持されている。この構造であればコイル 3 に鉄芯を用いなくても永久磁石 2 6 a の磁極面を大きくすることで出力を大きくとることができる。アキシャルギャップ型の回転機では、コイルに鉄芯を用いない（コアレスと呼ぶ）構造であるので、初動トルクが無く、高出力な回転機を得ることができる。コアレス回転機は、巻線のインダクタンスが小さく低インピーダンスになるので高回転になっても内部損失が少なく高出力高効率になる。例えば、コアレス発電機として用いた場合、内部損失はインピーダンスと電流の積であるので、インピーダンスが小さい分、大きな電流を供給できることになる。このように大電流を供給したい用途には、コアレス回転機は有利である。なお、流せる電流の大きさは、コイルの発熱を制限するために巻線の断面積で決められ、巻線の断面積  $1\text{ mm}^2$  当たり  $5 \sim 15\text{ A}$  となっている。

10

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 2 0 3 6 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 3 4 8 8 0 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

コイルは断面円形の巻線で巻くより、断面角型の巻線で巻いた方がコイルの占有率を向上することができ、高出力化が図れる。そこで本発明者は、 $30\text{ A}$  の電流を得るために、断面寸法  $1.6\text{ mm} \times 1.25\text{ mm}$ 、断面積  $2\text{ mm}^2$  の角線を巻いたコイルを製作し、アキシャルギャップ型のコアレス発電機として  $3600\text{ rpm}$  で回転させたところ、負荷に何も接続しない状態、即ちコイルに電流が流れていないにも拘わらずコイルが発熱した。この発熱は発電機の内部損失となり、発電効率を低下させる要因となる。本発明者らが発熱の原因を究明したところ、磁場がコイル巻線を鎖交する際に、巻線内部に環状に渦電流が流れて発熱することが分かった。渦電流を低減する方法として、巻線を細くすることが考えられるが、これでは大きな電流を流すことができない。

20

【0 0 0 6】

本発明は、上記現状に鑑み、巻線内に発生する渦電流を減らし、大きな電流を供給できる高出力高効率のアキシャルギャップ型コアレス回転機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

本発明者は、上記課題を解決するために鋭意検討を行い、巻線内に発生する渦電流を減らし、大きな電流を供給できる高出力高効率のアキシャルギャップ型コアレス回転機を実現した。すなわち、本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に支持された回転軸と、前記回転軸の軸方向に間隔を置いて対向配置された回転盤を備え前記回転軸と一体に回転可能な 2 段の回転子であって、前記対向配置された回転盤の対向面の少なくとも一面において、前記回転軸を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように永久磁石を配置している回転子と、前記対向配置された回転盤が形成する空隙に配置されハウジングに固定された固定盤、および、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイルを備えた固定子とを備えたアキシャルギャップ型のコアレス回転機であって、前記コイルは、長方形断面を有するコイル素線を断面の長辺を揃えてかつ／または短辺を揃えて 2 本以上束ねてなる巻線からなり、前記巻線は、外周を絶縁被覆されており、前記コイル素線の断面の長辺と前記永久磁石の磁極面とが垂直になるように巻き回されていることを特徴とする。

30

40

【0 0 0 8】

本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、他の態様として、ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に支持された回転軸と、前記回転軸の軸方向に間隔を置いて対向配置された端部回転盤を備え、前記回転軸と一体に回転可能な第 1 と第 2 の端部回転子と、前記第 1 と第 2 の端部回転子が形成する空隙に配置された回転盤、および、前記回転盤の両面において、前記回転軸を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直にな

50

るように配置された永久磁石を備え、前記回転軸と一体に回転可能な少なくとも1段の両面磁石回転子と、前記第1端部回転子、前記少なくとも1段の両面磁石回転子、および、前記第2端部回転子が形成する各空隙に配置されハウジングに固定された固定盤、ならびに、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイルを備えた固定子とを備えたアキシャルギャップ型のコアレス回転機であって、前記コイルは、長方形断面を有するコイル素線を断面の長辺を揃えてかつ/または短辺を揃えて2本以上束ねてなる巻線からなり、前記巻線は、外周を絶縁被覆されており、前記コイル素線の断面の長辺と前記永久磁石の磁極面とが垂直になるように巻き回されていることを特徴とする。

本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、他の態様として、上記第1と第2の端部回転子の端部回転盤の対向面に磁極面が回転軸に対して垂直になるように配置された永久磁石とを備えたものとすることもできる。

#### 【0009】

本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、前記コイル素線の断面形状が、断面の長辺の長さ/断面の短辺の長さ 5 の関係にあることが好適である。

本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、前記コイル素線の断面の短辺の長さが、0.5mm以下であることが好適である。

本発明に係るアキシャルギャップ型コアレス回転機は、前記コイル素線の各々が絶縁被覆されているものであってもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明により、大電流を流すことができる巻線断面積でありながら、高出力高効率なアキシャルギャップ型コアレス回転機を得ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0011】

以下、本発明について、図面を参照してさらに詳細に説明する。

本発明にかかるアキシャルギャップ型回転機の固定子を図1に示す。図1で固定子1は、コイルベース(固定盤)2の回転軸を中心とする円周上に12個のコイル3を等間隔に配置している。コイルの数は、回転子の極数やコイル繋ぎを単相あるいは三相するかで選ばれ、磁極数に対して単相の場合は、1:1で、三相交流(コアレス)の場合は、磁極数:コイル数=4:3が一般的で16:9、20:12等もある。図1の例では、16極の回転子で三相出力を得るために12個のコイルを三相結線したものである。

なお、固定子は、図1に示したようにコイルベース2の回転軸を中心とする1つの円周上に配置したものに限られず、コイルベース2において、回転軸を中心とする2つ以上の異径同心円の各円周上に配置した、いわゆる複周構成を採用することもできる。かかる場合においては、固定盤のコイルが配置された異径同心円に相対する回転盤の異径同心円の各円周上に永久磁石が備えられていることになる。

#### 【0012】

上記固定子に使用されるコイルの巻線構造について図2でさらに詳細に説明する。図2(a)~(c)に示すように、コイル3は外周表面に絶縁被覆6が施された板状のコイル巻線4を巻いたものとなっている。さらに図2(d)に示すように、板状コイル巻線4は、断面長方形のコイル素線5をその断面の長辺および短辺を揃えて合計18本束ねて構成されている。

コイル巻線4の絶縁被覆6の厚さは、渦電流低減の観点から、好ましい範囲は、0~50μmであり、より好ましい範囲は、20μm~30μmである。また巻線の絶縁被覆は、エナメルコーティングによって施される。

#### 【0013】

図3および図4では、アキシャルギャップ型回転機の駆動時において、上記板状コイル巻線4の内部に渦電流が流れることを説明する。図3(a)では、前記回転子の永久磁石7が、回転軸の回転に伴って前記回転軸を中心とする円周上に配設された特定のコイル3

の巻線 4 の上方に達した状態を示す。このときの A A 断面図が図 4 ( a ) に相当する。図 3 ( b ) では、さらに回転子が回転して、永久磁石 7 が特定のコイル 3 の巻線 4 の上方から遠ざかろうとしている。このときの B B 断面図が図 4 ( b ) に相当する。図 3 ( a ) から図 3 ( b ) への過程において、図 4 ( a ) ( b ) に示すように、巻線 4 の内部を貫く磁束 8 が刻々減少する。この磁束の減少を妨げるように巻線 4 の内部に渦電流 9 ( 誘導電流 ) が流れる。渦電流 9 は、磁束が貫く面に多く流れるので、磁束に平行な面より磁極面に平行な面、図 4 ( b ) では上下面に多く流れる。そこで本発明者らは、アキシアルギャップ型回転機のコイルでは、磁極面に平行な面を細分化すると渦電流経路が寸断されるので渦電流の低減に効果的となると考え、上述のように同一断面形状を有する 2 本以上のコイル素線をその断面の長辺かつ / または短辺を揃えて束ね合わせることで巻線を得ることを着想した。

10

#### 【 0 0 1 4 】

巻線を構成するコイル素線 5 は長方形断面を有していることが好ましい。個々の素線 5 自体も、図 2 ( e ) に示すように絶縁被覆 6 されていることが渦電流低減の観点から好ましいが、絶縁被覆 6 が厚いと巻線の占積率を下げてしまい出力低下につながるため、薄い絶縁被膜がよく、例えば、エナメル線を好適に採用することができる。なお、絶縁被膜が無い場合でも渦電流低減効果はあるので、コイル素線 5 自体の絶縁被膜は必須条件ではない。コイル素線 5 に絶縁被覆 6 を施す場合、その厚さは、渦電流低減の観点から好ましくは、 $0 \sim 50 \mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $20 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$  である。またコイル素線 5 の絶縁被覆には、巻線の絶縁被覆と同様の材料を採用することができる。

20

素線の寸法としては、渦電流が流れ難い値が選ばれる。渦電流が流れ難い値は、磁極数や回転数、磁場強度等によって変わり、有限要素法等を用いた磁場シミュレーションによって算出することができる。

素線の断面の短辺の長さは、 $0.5 \text{ mm}$  以下が好ましい。素線の断面長辺の寸法を小さくすることも渦電流低減につながるが、素線を細くしすぎると巻線化が難しく、巻線の占積率を低下することにもなるので、素線の断面の長辺即ちコイルを回転機に配置したときに永久磁石の磁極面に対して垂直な辺は、素線の断面の短辺即ち永久磁石の磁極面に対して平行な辺ほど小さな値をとる必要はない。前記コイル素線の断面形状は、断面の長辺の長さ / 断面の短辺の長さ 5 の関係にあることが好ましい。

#### 【 0 0 1 5 】

30

図 5 および図 6 には、本発明にかかる回転機で用いられるコイルの他の態様を示している。図 5 では、巻線を構成するコイル素線は、長方形断面となっている点で図 2 の態様と共通しているが、正方形断面の巻線を巻き回して構成されている点において図 2 の態様と相違する。

図 6 では、長方形断面の巻線を巻き回して構成されている点において図 2 の態様と共通するが、コイル素線の断面の短辺が図 2 に比べて厚くなっている。

ただし何れのコイルも、巻線を構成する素線の断面において、断面の短辺の長さは、 $0.5 \text{ mm}$  以下になるようにしている。

#### 【 0 0 1 6 】

40

図 7 では、上述したコイル巻線およびコイルの製造方法の一例を示す。図 7 にかかるコイル製造機 10 は、7 つのコイル素線源 14 を備え、回転によってコイル素線 5 を送り出す素線供給部 11 と、該素線供給部から供給される素線 5 を互いに反対方向に回転する 2 つの回転体 15 によって巻き込み束ねて 1 本の断面角型の巻線 4 を作る素線集合部 12 と、該素線集合部で得られたコイル巻線 4 を中空のコイル枠 16 に巻きとるコイル巻き付け部 13 とを備えている。例えば、かかる製造装置によってコイルを得ることができる。なお、素線集合部 12 とコイル巻き付け部との間には、素線集合部 12 で得られた巻線に絶縁被覆を施す被覆部を設けてもよい。

#### 【 0 0 1 7 】

上記コイルを備えた固定子は、例えば、以下の図 8、図 10、図 11 および図 12 に示すアキシアルギャップ型回転機に好適に用いることができる。

50

図 8 にかかるアキシャルギャップ型回転機 20 は、ハウジング 21 と、該ハウジング 21 内に回転自在に支持された回転軸 22 と、前記回転軸 22 の軸方向に間隔を置いて対向配置された回転盤 23, 25 を備え前記回転軸と一体に回転可能な 2 段の回転子であって、前記対向配置された回転盤 23, 25 の対向面の一面において、前記回転軸を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように永久磁石 26a を配置している回転子 24, 27 と、前記対向配置された回転盤 23, 25 が形成する空隙に配置されハウジングに固定された固定盤 1、および、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイル 3 を備えた固定子とを備えている。

前記回転子の永久磁石から発生する磁束は、前記回転軸の回転に伴って、同心円状に配設された各コイル 3 の内部を断続的に鎖交するようになっている。

10

図 9 には、上記アキシャルギャップ型回転機 20 で用いられる回転子 27 が開示されている。回転子 27 は、ロータヨーク 25 の表面上に 16 個の永久磁石 7 を磁極が交互になるように配置している。永久磁石の数は偶数個になっている。永久磁石としては、強力な磁力をもつ Nd - Fe - B 系の焼結磁石を用いることで高出力になる。

#### 【0018】

図 10 にかかるアキシャルギャップ型回転機 30 は、対向配置された回転盤 35a, 35b の対向面の両面において、回転軸 32 を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように永久磁石 34a, 34b を配置している点において図 8 の態様と相違している。

図 10 の態様は、回転盤（ロータヨーク）の両方の表面に永久磁石を配置しているので、図 8 の態様に比べて磁気効率を向上することができる。なお、回転盤は、1 つの磁石を回転盤に形成された貫通孔のなかに嵌め込んで形成してもよい。

20

#### 【0019】

図 11 にかかるアキシャルギャップ型回転機 40 は、ハウジング 41 と、該ハウジング内に回転自在に支持された回転軸 42 と、前記回転軸 42 の軸方向に間隔を置いて対向配置された端部回転盤 43a, 43b を備え、前記回転軸と一体に回転可能な第 1 と第 2 の端部回転子と、前記第 1 と第 2 の端部回転子が形成する空隙に配置された回転盤 44、および、前記回転盤 44 の両面において、前記回転軸 42 を中心とする円周上に磁極面が回転軸に対して垂直になるように配置された永久磁石 45 を備え、前記回転軸と一体に回転可能な少なくとも 1 段の両面磁石回転子と、前記第 1 端部回転子、前記少なくとも 1 段の両面磁石回転子、および、前記第 2 端部回転子が形成する各空隙に配置されハウジングに固定された固定盤 1、ならびに、前記回転盤の永久磁石が配置された円周と相対する前記固定盤の円周上に配置されたコイル 3 を備えた固定子とを備えている。

30

図 12 にかかるアキシャルギャップ型回転機 50 は、第 1 と第 2 の端部回転子の端部回転盤 53a, 53b の対向面に磁極面が回転軸に対して垂直になるように配置された永久磁石 54 とを備えている点で、図 11 にかかる態様と相違している。

図 11 や図 12 に示すように軸方向に回転子と固定子を複数個並べると、出力がコイルの数だけ増えて、より高出力な回転機となる。図 11 と図 12 は、3 つの回転子と 2 つの固定子を配置したものである。固定子の数は 2 個以上の整数で、回転子の数は固定子の数に 1 加えたものになる。

40

#### 【0020】

以下、実施例にて詳しく説明する。なお、Nd<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>-B 系の永久磁石を用いた場合について説明するが、本発明は Nd - Fe - B 系磁石に限るものではない。本永久磁石の特性は、Br : 13.7 kG, iHc : 16 kOe, (BH)<sub>max</sub> : 46 MG Oe であった。

#### 比較例 1

まず、図 10 に示すアキシャルギャップ型回転機を発電機とした場合の発電量並びに損失を測定した。発電機の構造は 16 極 12 コイルであり、図 9 は、ロータヨーク 27 に永久磁石 7 を配置して回転子 25 を得た状態を示す。ロータヨーク 27 としては、材質が S15C で外径 200 mm、厚さ 5 mm の円盤を用いた。永久磁石 7 としては、材質が上記

50

Nd - Fe - B系磁石で、大きさが幅20mm、長さ35mm、磁化方向の厚さ3mmのものを用了。ロータヨーク27表面に磁極面がN極S極交互に16個の磁石を配置し、弾性接着剤（EP001、セメダイン社製）で接着した。磁石は図10に示すように空隙（ギャップ）をはさんで逆極の磁石と対向させた。ギャップの大きさは8mmで、ギャップには固定子1を配置した。

固定子1には、図1に示すように、材質がベークライト製で厚さが5mmのコイルベース2に30ターン巻かれたコイル3が12個収められている。コイル3は三相結線で、各相4個のコイル3を直列に接続したものをスター結線した。なお、各コイル3はコイルベース2にエポキシ系接着剤（EW2040、住友3M社製）で固定した。コイルの断面は固定子を図10に示すアキシャルギャップ型回転機に組み込んだときに永久磁石の磁極面に対して垂直な辺が5mm、永久磁石の磁極面に対して平行な辺が12mmとなっている。本比較例では、断面の短辺が1.25mm、断面の長辺が1.6mmの長方形断面を有する1本の素線（材質：銅、絶縁被覆あり）を巻線として、図10に示すアキシャルギャップ型回転機に組み込んだときに各コイル素線の断面の短辺が永久磁石の磁極面に対して垂直になるように巻いた。巻線の断面積は2mm<sup>2</sup>である。

得られたアキシャルギャップ型発電機の回転子を毎分3600回転で回転させ、負荷をつないで線電流30A、線間電圧100V、三相出力5200Wを得た。発電機の入力側にトルクメータを取付け、回転数とトルクから発電機の入力電力を測定した。入力力は6500Wであった。巻線の銅損は、その抵抗値と電流値から300Wであるので、残りの損失の1000Wが巻線の渦電流損失になり、その他の損失である機械損や風損はほとんど無視できることを確認できた。

【0021】

#### 比較例2

断面の長辺が5mm、断面の短辺が0.4mmの1本のコイル素線を巻線として、図10に示すアキシャルギャップ型回転機に組み込んだときにコイル素線の断面の長辺が永久磁石の磁極面に対して垂直になるように巻いたほかは比較例1と同様にした。

得られたアキシャルギャップ型発電機の回転子を毎分3600回転で回転させ、負荷をつないで線電流30A、線間電圧100V、三相出力5200Wを得た。この時の入力電力は5700Wであった。巻線の銅損は、その抵抗値と電流値から300Wであるので、残りの損失の200Wが巻線の渦電流損失になることがわかった。巻線の素線を空隙の直角方向に細くすると、巻線の渦電流損失を低減できることがわかった。

【0022】

#### 実施例1

断面の長辺が5mm、断面の短辺が0.1mmのコイル素線を断面の長辺を揃えて4列束ね合わせることによって、断面の長辺が5mm、断面の短辺が0.4mmの素線集合体を得、これにエナメル被覆を施して巻線を得たほかは比較例2と同様とした。

得られたアキシャルギャップ型発電機の回転子を毎分3600回転で回転させ、負荷をつないで線電流30A、線間電圧100V、三相出力5200Wを得た。この時の入力電力は5620Wであった。巻線の銅損は、その抵抗値と電流値から300Wであるので、残りの損失の120Wが巻線の渦電流損失になることがわかった。比較例2に比べて巻線の渦電流損失を低減でき、高効率な発電機を得ることができた。

【0023】

#### 実施例2

断面の長辺が1.25mm、断面の短辺が0.4mmのコイル素線を断面の短辺を揃えて4列束ね合わせることによって、断面の長辺が5mm、断面の短辺が0.4mmの素線集合体を得、これにエナメル被覆を施して巻線を得たほかは比較例2と同様とした。

得られたアキシャルギャップ型発電機の回転子を毎分3600回転で回転させ、負荷をつないで線電流30A、線間電圧100V、三相出力5200Wを得た。この時の入力電力は5610Wであった。巻線の銅損は、その抵抗値と電流値から300Wであるので、残りの損失の110Wが巻線の渦電流損失になる。比較例に比べて巻線の渦電流損失を低

減でき、高効率な発電機を得ることができた。

【 0 0 2 4 】

### 実施例 3

断面の長辺が 1 . 2 5 m m、断面の短辺が 0 . 1 m mのコイル素線を断面の長辺および短辺を揃えて 4 行 × 4 列の計 1 6 本束ね合わせることによって、断面の長辺が 5 m m、断面の短辺が 0 . 4 m mの素線集合体を得、これにエナメル被覆を施して巻線を得たほかは比較例 2 と同様とした。

得られたアキシアルギャップ型発電機の回転子を毎分 3 6 0 0 回転で回転させ、負荷をつないで線電流 3 0 A、線間電圧 1 0 0 V、三相出力 5 2 0 0 Wを得た。この時の入力電力は 5 5 5 0 Wであった。巻線の銅損は、その抵抗値と電流値から 3 0 0 Wであるので、残りの損失の 5 0 Wが巻線の渦電流損失になることがわかった。比較例 1 に比べ、巻線の渦電流損失を 1 / 2 0、比較例 2 に比べ 1 / 4 にできたのみならず、実施例 1 や実施例 2 よりもさらに高効率な発電機を得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】本発明の回転機の固定子を示す模式的断面図である。

【図 2】図 1 の固定子に收容されているコイル ( a ) の一態様における A - A 断面図 ( b ) およびその拡大図 ( c ) である。

【図 3】本発明の回転機の固定子の上方を回転子の磁石が通過する様子を回転軸方向からみた正面図である。

【図 4】本発明の回転機の固定子の上方を回転子の磁石が通過する様子を図 3 の A - A 断面、B - B 断面からみた図である。

【図 5】図 1 の固定子に收容されているコイルの他の態様における A - A 断面図および 1 本の巻線における素線の配列を示す模式図である。

【図 6】図 1 の固定子に收容されているコイルの他の態様における A - A 断面図および 1 本の巻線における素線の配列を示す模式図である。

【図 7】図 1 の固定子に收容されているコイルの製造方法および装置の一例を示す模式図である。

【図 8】本発明にかかるアキシアルギャップ型回転機の一態様を示す模式的断面図である。

【図 9】本発明にかかるアキシアルギャップ型回転機に採用することができる回転子の模式的斜視図である。

【図 1 0】本発明にかかるアキシアルギャップ型回転機の他の態様を示す模式的断面図である。

【図 1 1】本発明にかかるアキシアルギャップ型回転機の他の態様を示す模式的断面図である。

【図 1 2】本発明にかかるアキシアルギャップ型回転機の他の態様を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 2 6 】

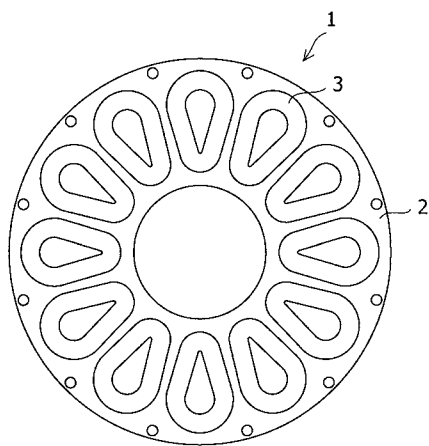
- 1 固定子
- 2 コイルベース
- 3 コイル
- 4 コイル巻線
- 5 コイル素線
- 6 絶縁被覆
- 7 永久磁石
- 8 巻線内部を鎖交する磁束
- 9 渦電流の向き
- 1 0 コイル製造機



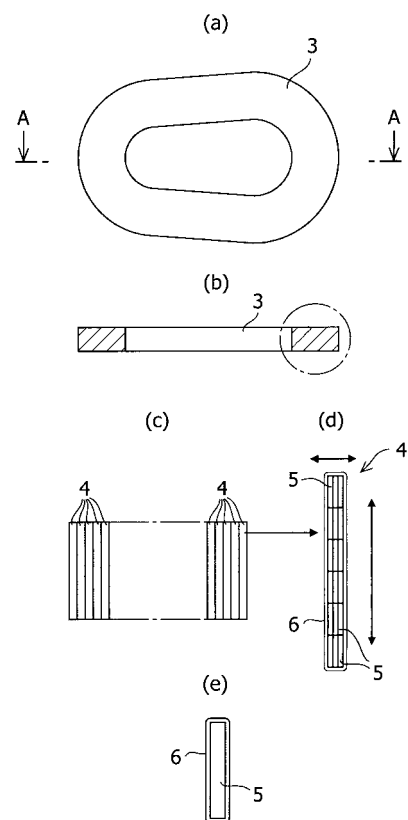
- 1 1 素線供給部
- 1 2 素線集合部
- 1 3 コイル巻き付け部
- 1 4 コイル素線源
- 1 5 回転体
- 1 6 コイル枠
- 2 0 , 3 0 , 4 0 , 5 0 アキシャルギャップ型回転機
- 2 1 , 3 1 , 4 1 , 5 1 ハウジング
- 2 2 , 3 2 , 4 2 , 5 2 回転軸
- 2 3、2 5 , 3 3 a , 3 3 b , 4 4 回転盤 (ロータヨーク)
- 2 4、2 7 回転子
- 2 6 a , 3 4 a , 3 4 b , 4 5 , 5 4 , 5 6 永久磁石
- 2 8 ベアリング
- 4 3 a , 4 3 b , 5 3 a , 5 3 b 端部回転盤

10

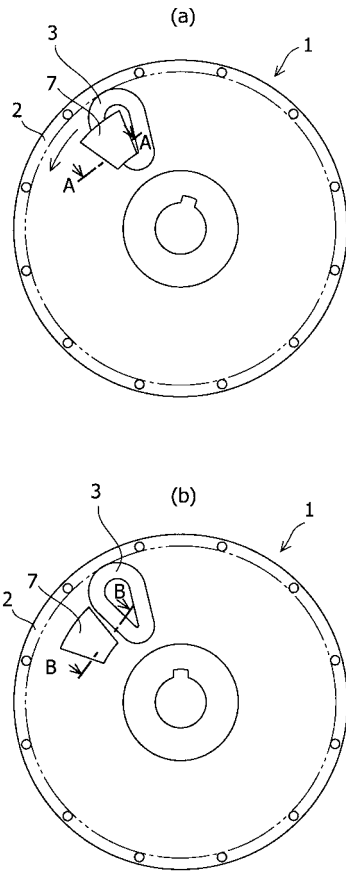
【図 1】



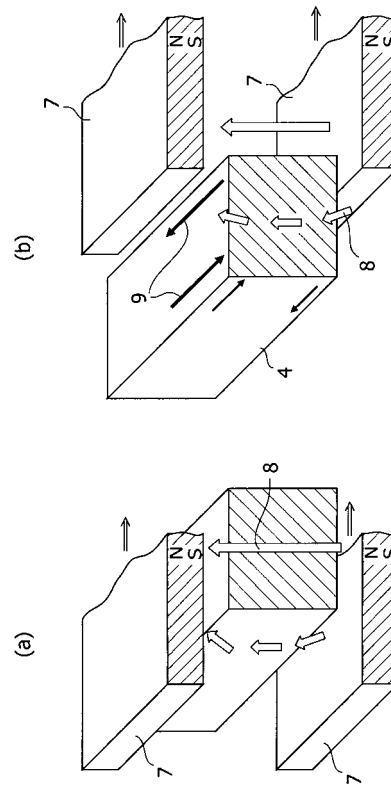
【図 2】



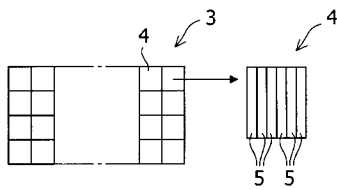
【図 3】



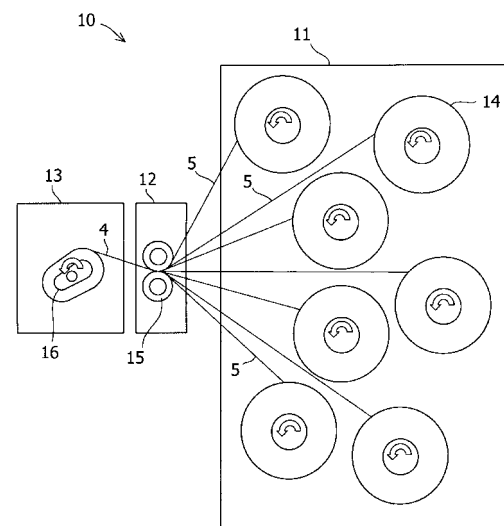
【図 4】



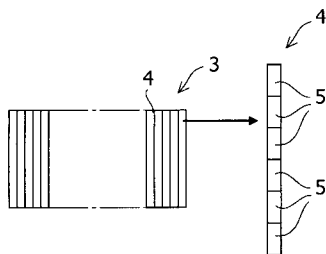
【図 5】



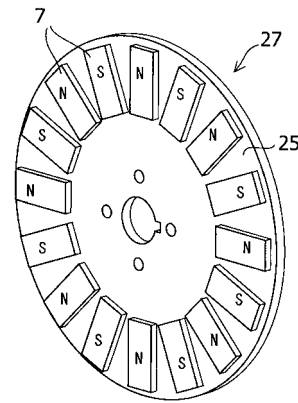
【図 7】



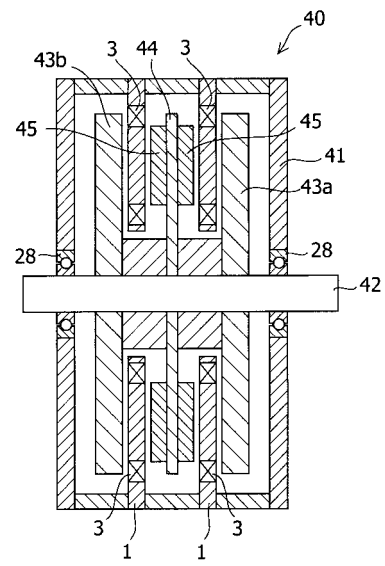
【図 6】



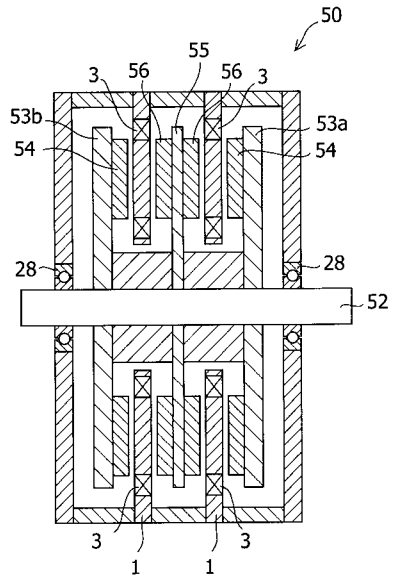
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【図 12】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小林 秀樹  
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号 信越化学工業株式会社内
- (72)発明者 渡辺 直樹  
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号 信越化学工業株式会社内
- (72)発明者 美濃輪 武久  
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 1 号 信越化学工業株式会社内

審査官 杉山 健一

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 8 7 6 3 5 ( J P , A )  
実開昭 5 5 - 1 2 2 3 0 8 ( J P , U )  
特開平 1 1 - 1 1 3 2 0 4 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- |         |                   |
|---------|-------------------|
| H 0 2 K | 2 1 / 2 4         |
| H 0 2 K | 1 6 / 0 2         |
| H 0 2 K | 3 / 0 0 - 3 / 5 2 |