

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

7

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 6 月 20 日 (20.06.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/089248 A1

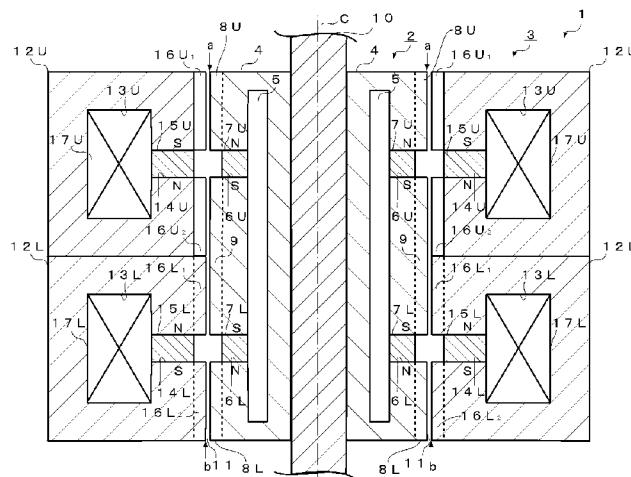
- (51) 国際特許分類 :
H02K 21/14 (2006.01) H02K 21/02 (2(A6.0))
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP2012/082566
- (22) 国際出願日 : 2012 年 12 月 14 日 (14.12.2012)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2011-275628 2011 年 12 月 16 日 (16.12.2011) JP
- (71) 出願人 : T. K L e v e r a g e 有限会社 (T. K LEVERAGE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1620063 東京都新宿区市谷薬王寺町 5 8 番 市谷春日マンション 1003 号 Tokyo (JP).
- (2) 発明者 ; および
- (1) 出願人 : 荻野 三四郎 (GINO, Sanshiro) [JP/JP]; 〒1400015 東京都品川区西大井 1-1-2-603 Tokyo (JP).
- (72) 発明者 : 小林 隆逸 (KOBAYASHI, Takaisu); 〒2790004 千葉県浦安市猫実 3-16-33 Chiba (JP).

- (74) 代理人 : アイアット国際特許業務法人 (AT WORLD PATENT LAW FIRM); 〒1640012 東京都中野区本町 4 丁目 44-18 ヒューリック中野ビル 7 階 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, ML, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: GENERATOR

(54) 発明の名称 発電機



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a generator which has a simple structure while sufficiently suppressing cogging torque. A generator (1) is constituted by a rotor section (2) comprising a plurality of protrusions (8U, 9, 8L) which is arranged linearly with constant pitch at mutually separated positions sandwiching permanent magnets (7U, 7L), and a stator section (3) which has a stator member comprising stator yokes (12U, 12L), permanent magnets (15U, 15L) facing the permanent magnets (7U, 7L), and protrusions (16U1, 16U2, 16L1, 16L2) which protrude closer to the rotor section (2) than the permanent magnets (15U, 15L) and are arranged linearly with constant pitch at mutually separated positions sandwiching the permanent magnets (15U, 15L), the stator member being configured such that the protrusions (16U1, 16U2) and the protrusions (16L1, 16L2) are shifted from each other by a half pitch between adjoining stator members. Further, the rotor section (2)-side protrusions may be shifted by a half pitch instead of the stator section (3)-side protrusions.

(57) 要約 :

[続葉有]

WO 2013/089248 A1



添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

複雑な構造となることなく、また、コギングの抑制も十分に図られる発電機を提供すること。永久磁石 7 U、7 L をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置される複数の突出部 8 U、9、8 L と、からなるロータ部 2 と、ステータヨーク 12 U、12 L と、永久磁石 7 U、7 L と対向する永久磁石 15 U、15 L と、永久磁石 15 U、15 L よりもロータ部 2 側に突出し、永久磁石 15 U、15 L をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置される突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ と、からなるステータ部材を、隣接するステータ部材間で突出部 16 U₁、16 U₂ と突出部 16 L₁、16 L₂ とが互いに半ピッチずれるようにしたステータ部 3 と、を有する発電機 1 を構成する。なお、ステータ部 3 側ではなく、ロータ部 2 を半ピッチずらすようにしてもよい。

明 細 書

発明の名称 : 発電機

技術分野

[0001] 本発明は、発電機に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石等の磁石を有するロータ（回転子）と、コイルを有するステータ（固定子）とを有する発電機においては、コイルの巻数が多いほど発電機の発電効率の向上を図ることができる。しかしながら、コイルの巻数を増やした場合には、発電機の大型化を招くことになる。

[0003] 一方、たとえば、特許文献 1 には、ロータ側の磁石とステータ側のコイルとを所定の位置関係に配設することにより、小型化と出力の向上とが図られたモータが開示されている。したがって、かかるモータの磁石とコイルの位置関係を発電機に採用すれば、発電効率が高い発電機を得ることができると考えられる。

[0004] また、上記のような発電機においては、ロータが回転する際に、コアとの間にコギングトルクが発生することが知られている。このコギングトルクは、ロータとコアの磁極との間に生じている引力または斥力に起因するもので、ロータの回転にコギングを発生させる原因となるものである。したがって、コギングトルクによりロータの回転が不安定なものとなる。かかる点に関し、たとえば、特許文献 2 には、ロータの磁石を取り付ける部分の形状を所定の形状とすることにより、ロータが回転する際の磁束の変化を穏やかにし、コギングを抑制する手段が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1 : 特開 2 0 0 6 _ 3 4 0 4 2 5 号公報（要約等参照）

特許文献 2 : 特開 2 0 0 6 _ 1 0 1 6 9 5 号公報（要約等参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述の従来技術は、いずれも構造が複雑であるとともに、コギングについてもその抑制は不十分なものであるという問題がある。

[0007] そこで、本発明は、複雑な構造となることなく、コギングの抑制も十分に図られる発電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

[0008] 本発明の発電機は、軟磁性体からなり、円筒状の非磁性体部と非磁性体部に向かう2の倍数の溝とを備えるロータヨークと、各溝に配置され、軸方向にN S着磁がなされたリング状のロータ側永久磁石と、ロータ側永久磁石よりもステータ部側に突出し、ロータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置される複数のロータ側突出部と、からなるロータ部と、軟磁性体からなり、ステータヨークと、ロータ側永久磁石と対向し軸方向に逆着磁されたリング状のステータ側永久磁石と、ステータ側永久磁石よりもロータ部側に突出し、ステータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置されるステータ側突出部と、からなるステータ部材を、隣接するステータ部材間でステータ側突出部が互いに半ピッチずれるようにしたステータ部と、を有するものである。

[0009] 本発明の発電機では、非磁性体部が倍数の数だけ設置され、各非磁性体部はロータ側永久磁石の隣接する2つの間を結ぶように軸方向に伸びその長さが当該両ロータ側永久磁石の軸方向両外端間の距離以上とすることが好ましい。

[0010] また、別の本発明の発電機は、軟磁性体からなり、円筒状の非磁性体部と非磁性体部に向かう2の倍数の溝とを備えるロータヨークと、各溝に配置され、軸方向にN S着磁がなされたリング状のロータ側永久磁石と、ロータ側永久磁石よりもステータ部側に突出し、ロータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に配置される複数のロータ側突出部であって2つのロータ側永久磁石の間に配置されるロータ側突出部は、その軸方向の長さを2等分する位置で互いに半ピッチずれるようにしたロータ側突出部と、からなるロータ部

と、軟磁性体からなり、ステータヨークと、ロータ側永久磁石と対向し軸方向に逆着磁されたリング状のステータ側永久磁石と、ステータ側永久磁石よりもロータ部側に突出し、ステータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置されるステータ側突出部と、からなるステータ部材を、隣接するステータ部材間でステータ側突出部が一直線状で定ピッチにて配置されるようにしたステータ部と、を有するものである。

[001 1] この別の本発明の発電機においても、非磁性体部が倍数の数だけ設置され、各非磁性体部はロータ側永久磁石の隣接する2つの間を結ぶように軸方向に伸びその長さが当該両ロータ側永久磁石の軸方向両外端間の距離以上とすることが好ましい。

[001 2] このときに、ロータ側突出部とステータ側突出部とが対向する部分の面積と、対向しない部分の面積は、ロータ部とステータ部との回転方向の位置関係に係わらずそれぞれ一定であるように設定されることが好ましい。

[001 3] さらに別の本発明の発電機は、ステータ側永久磁石に代えて、非磁性体部を有するように構成することもできる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、複雑な構造となることなく、コギングの抑制も十分に図られる発電機を実現できる。

図面の簡単な説明

[001 5] [図1] 本発明の実施の形態の発電機の要部をロータ部の中心軸を含む断面で示す図である。

[図2] 図1の発電機のステータ部の構成を示す一部切欠斜視図であり、ロータ部とその挿入方向も併せて示す図である。

[図3] 図1の発電機のロータ部の構成を示す一部切欠斜視図である。

[図4] 図1のロータ部のロータ側突出部（実線）と図2のステータ部のステータ側突出部（破線）との周方向（回転方向）の位置関係を示す図である。

[図5] 図1のロータ部のロータ側突出部（実線）と図2のステータ部のステータ側突出部（破線）との所定の位置関係S1を示す図である。

[図6] 図5の所定の位置関係である状態S1における発電機内の磁路の状態を模式的に示す図である。

[図7] 図1のロータ部のロータ側突出部（実線）と図2のステータ部のステータ側突出部（破線）との所定の位置関係である状態S2を示す図である。

[図8] 図7の所定の位置関係である状態S2における発電機内の磁路の状態を図7のA-A線で切断して模式的に示す図である。

[図9] 図1のロータ部のロータ側突出部（実線）と図2のステータ部のステータ側突出部（破線）との所定の位置関係である状態S3を示す図である。

[図10] 図9の所定の位置関係である状態S3における発電機内の磁路の状態を模式的に示す図である。

[図11] 図1のロータ部のロータ側突出部（実線）と図2のステータ部のステータ側突出部（破線）との時間の経過（時刻で1～t5）に伴う位置関係の変化を示す図である。

[図12] 図11の時間の経過（時刻t1～t5）における発電機内の2つの巻線部における電流の発生状態を模式的に示す図である。

[図13] 比較例としてロータ部側のヨークにバイパス部を有する場合の発電機内の磁路の状態を模式的に示す図である。

[図14] その他の実施の形態の発電機のロータ部およびステータ部の構成を示す一部切欠斜視図である。

[図15] その他の実施の形態の発電機の要部をロータ部の中心軸を含む断面で示す図である。

発明を実施するための形態

[001 6] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明において、磁束は、磁力線の束であり、磁路は、磁力線の通り道である。また、磁束によって磁路が形成されるという表記は、磁力線によって磁路が形成されると置き換えてもよい。

[001 7] 本発明の実施の形態に係る発電機1は、図1～図3に示すように、ロータ部2とステータ部3とを有している。ロータ部2は、円柱形状の軟磁性体が

らなるロータヨーク4を備えている。ロータヨーク4内には、断面四角の円筒状の中空部5と、ロータヨーク4の外周面aから非磁性体部分となる中空部5まで貫通すると共に、周方向に設けられた2つの溝6U, 6Lとが設けられている。この溝6Uの壁面に挟まれるようにして、リング状の永久磁石7Uが設けられ、溝6Lの壁面に挟まれるようにして同じくリング状の永久磁石7Lが設けられている。

[0018] ロータヨーク4は、永久磁石7Uの図1〜図3の各軸方向上側に磁性体からなる直方体状の複数の突出部8Uを有し、永久磁石7Lの図1〜図3の各軸方向下側に磁性体からなる直方体状の複数の突出部8Lを有し、永久磁石7U, 7Lの間に磁性体からなる直方体状の複数の突出部9を有している。突出部8U, 9, 8Lの各外周面は、このロータヨーク4の外周面aとなっている。突出部8U, 9, 8Lは、ロータヨーク4の中心軸Cに関してそれぞれ等角度間隔をなすように、かつ軸方向に直線状となるように配置されている。

[0019] 各突出部8U, 9, 8Lの外周面aは断面円弧状になっており、その1つの外周面aの長さをLとすると、隣りの突出部8U, 9, 8Lとの仮想の外周面a上の距離もLとされている。また、ロータヨーク4の中心には、回転軸10が設けられている。ロータヨーク4と回転軸10とが接する部分は接合されており、回転軸10が回転するのに伴って、ロータヨーク4も一体的に回転する。

[0020] 図1〜図3では、発電機1の筐体の図示は省略するが、筐体内には、ロータ部2の突出部8U, 9, 8Lと、後述するステータ部3の突出部16U₁, 16U₂, 16L₁, 16L₂とが僅かなギャップを保持するようにしてロータ部2とステータ部3が収容されている。また、筐体からは回転軸10が直接に、または歯車輪列などを介して間接的に外部に出ており、この回転軸10に外部から回転トルクが与えられ、ロータ部2は、ステータ部3の内部で回転軸10と共に回転する。なお、突出部8U, 9, 8Lは、ロータヨーク4の本体部と一体成形により製造され、また後述する突出部16U₁, 16U₂,

16L₁, 16L₂もステータヨーク12U, 12Lとそれぞれ一体成形により製造されている。

[0021] ロータ部2は、図1〜図3の例においては、上側の永久磁石7Uの上端面がN極であり、下端面がS極であり、下側の永久磁石7Lの上端面がS極であり、下端面がN極となるように構成されている。すなわち、リング状の永久磁石7U, 7Lは共に軸方向にNS着磁が施されているものであり、2つの永久磁石7U, 7Lが対向する面が同極となるように配置されている。

[0022] ロータ部2が単体では、上側の永久磁石7Uの磁束は、突出部8Uの下端からロータ部2の外側を通り、突出部9の図1の上端に流れ、S極に戻るものである。また同時に、下側の永久磁石7Lの磁束は、突出部8Lの上端からロータ部2の外側を通り、突出部9の図1の下端に流れ、S極に戻るものである。

[0023] このような構成の本発明の実施の形態によるロータ部2においては、磁束は、常に突出部8U, 9, 8Lから放射され、入射する。このような突出部8U, 9, 8Lを形成することで、磁束の密度を上げ、吸引力を高めることができる。

[0024] また、ステータ部3は、ロータ部2を入れるための円柱状の孔部11を中心部に備えた円筒形状の軟磁性体からなるステータヨーク12U, 12Lを軸方向に積み重ねた2段重ね構造となっている。なお、本明細書では、説明の便宜上、ステータヨーク12U, 12Lを「2段重ねの構造」として説明するが、実際には、一つのヨーク部材からステータヨーク12Uに相当する部分とステータヨーク12Lに相当する部分を形成してもよいし、実際に、別体に形成された2つのステータヨーク12Uとステータヨーク12Lとを2段重ねに接合してもよい。

[0025] ステータ部3のステータヨーク12U, 12L内には、それぞれ断面四角のリング状の中空部13U, 13Lと、ステータヨーク12U, 12Lの内周面(孔部11側)から中空部13U, 13Lまで貫通するとともに周方向に設けられたリング状の溝14U, 14Lとが設けられている。ステータヨ

ーク 12 U の溝 14 U には、リング状の永久磁石 15 U が装着され、ステータヨーク 12 L の溝 14 L には、リング状の永久磁石 15 L が装着されている。孔部 11、すなわち、ステータヨーク 12 U、12 L の内側面には、永久磁石 15 U、15 L を軸方向に挟み込むように、縦方向に 2 つずつ 2 段に並んだ磁性体からなる突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ が設けられている。各突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ の内周面 b は、ロータヨーク 4 の外周面 a と対向するように、かつその径方向の各長さが各外周面 a の長さより、わずかに小さくなるように構成されている。

[0026] ステータヨーク 12 U の突出部 16 U₁、16 U₂ とステータヨーク 12 L の突出部 16 L₁、16 L₂ とは、ステータヨーク 12 U、12 L の中心軸に対して周方向に、互いに半ピッチずれるように配置されている。また、突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ は、ステータヨーク 12 U、12 L の内側面に沿って周方向にステータヨーク 12 U、12 L の中心軸に関して、等角度間隔をなすように、かつ各突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ の内周面 b の幅長と同一の長さの間隔を持つように隣接した突出部 16 U₁、16 U₂、16 L₁、16 L₂ が形成されるように、配置されている。さらに、中空部 13 U、13 L 内には、円周方向にワイヤが巻回された巻線部 17 U、17 L がそれぞれ設けられている。この巻線部 17 U は、周方向にワイヤが多重巻きされ、その両端（図示省略）がステータヨーク 12 U から外方に引き出される。巻線部 17 L も同様に、ワイヤが多重に巻かれ、その両端（図示省略）がステータヨーク 12 L から外方に引き出されている。各ワイヤからは発電機 1 で発生した電流が外部に導出される。

[0027] 図 1、図 2 の例においては、ステータヨーク 12 U の永久磁石 15 U の上端面が S 極であり、下端面が N 極となるように構成されている。仮に、ロータ部 2 が孔 11 に未挿入の状態におけるステータヨーク 12 U においては、通常は、永久磁石 15 U の下端面の N 極から、ステータヨーク 12 U の内周面および内部を通して、ステータヨーク 12 U の下側に向かい、ステータヨーク 12 U とステータヨーク 12 L との境目付近から折れ曲がって、ステータ

タヨーク 12 U の中心から外側に向かい、外周側の位置で折れ曲がって、外周面に沿って、および外周側の内部を通して上昇し、上端側の位置で折れ曲がって、上端面に沿って、および上端の内部を通して半径方向内側に向かい、内周側の位置で折れ曲がって再び下降し、永久磁石 15 U の S 極に戻る磁路が形成されている（図示省略）。この磁路に加え、磁束の一部は、永久磁石 15 U の N 極付近のステータヨーク 12 U から孔 11 側に出射し、永久磁石 15 U の S 極付近のステータヨーク 12 U に戻っていく磁路を形成する。

[0028] また同時に、図 1、図 2 の例においては、ステータヨーク 12 L の永久磁石 15 L の下端面が S 極であり、上端面が N 極となるように構成されている。仮に、ロータ部 2 が孔 11 に未挿入の状態におけるステータヨーク 12 L においては、通常は、永久磁石 15 L の上端面の N 極から、ステータヨーク 12 L の内周面および内部を通して、ステータヨーク 12 L の上側に向かい、ステータヨーク 12 L とステータヨーク 12 U との境目付近から折れ曲がって、ステータヨーク 12 L の中心から外側に向かい、外周側の位置で折れ曲がって、外周面に沿って、および外周側の内部を通して下降し、下端側の位置で折れ曲がって、下端面に沿って、および下端の内部を通して半径方向内側に向かい、内周側の位置で折れ曲がって再び上昇し、永久磁石 15 L の S 極に戻る磁路が形成されている（図示省略）。この磁路に加え、磁束の一部は、永久磁石 15 L の N 極付近のステータヨーク 12 L から孔 11 側に出射し、永久磁石 15 L の S 極付近のステータヨーク 12 L に戻っていく磁路を形成する。

[0029] 図 1 において示したステータ部 3 の突出部 16 L₁, 16 L₂は、ロータ部 2 の突出部 8 U, 9 と対向していない。一方、図 1 において示したステータ部 3 の突出部 16 L₁, 16 L₂は、ロータ部 2 の突出部 9, 8 L と対向している。このように発電機 1 では、ロータ部 2 の突出部 8 U, 9, 8 L は、ステータヨーク 12 L の突出部 16 L₁, 16 L₂と完全に対向しているときには、ステータヨーク 12 U の突出部 16 U₁, 16 U₂とは対向している部分が全くない状態となる。

[0030] 発電機 1 は、図 4 に示すように、ロータ部 2 のロータヨーク 4 が回転軸 10 の回転に伴い回転することにより、ロータ部 2 の突出部 8 U , 9 , 8 L がステータ部 3 の突出部 16 U₁, 16 U₂, 16 L₁, 16 L₂を周方向に横切りながら通過する。この際に生じる磁束の変化によって、ステータ部 3 の巻線部 17 U , 17 L にはそれぞれ電流が流れて発電が生ずる。巻線部 17 U , 17 L に流れる電流を適宜取り出すことによって、発電機 1 は蓄電を行ったり、負荷を駆動させることができる。

[0031] たとえば、図 5 に示すように、ステータ部 3 の突出部 16 L₁, 16 U₂がロータ部 2 の突出部 8 U , 9 , 8 L のいずれとも対向しておらず、ロータ部 2 の突出部 9 の下半分がステータ部 3 の突出部 16 L₁と対向し、ロータ部 2 の突出部 8 L がステータ部 3 の突出部 16 L₂と対向している状態を S 1 とする。

[0032] このような状態 S 1 のときには、図 6 に示すように、ステータ部 3 のステータヨーク 12 U は、ロータ部 2 の突出部 8 U , 9 の吸引力の影響をさほど受けないので、ステータヨーク 12 U の永久磁石 15 U の多くの磁束は、永久磁石 15 U の N 極から中空部 13 U の周囲を回って永久磁石 15 L の S 極に戻る磁路 M 1 (一点鎖線で図示) を形成する。また、このときロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束の多くは、ステータ部 3 のステータヨーク 12 U の突出部 16 L₁, 16 U₂よりもロータ部 2 の外周面 a により近い位置となるステータ部 3 の内周面 b を有するステータヨーク 12 L の突出部 16 L₁, 16 L₂の影響を強く受けるので、ステータヨーク 12 L の S 極側に流される。また、ステータ部 3 の突出部 16 L₁, 16 L₂の内周面 b と、ロータ部 2 の突出部 9 , 8 L の外周面 a とが非常に近付くため、ロータ部 2 の永久磁石 7 L の磁束のほとんどがロータ部 2 の突出部 9 , 8 L からステータヨーク 12 L 側に流れ込むと共に、ステータ部 3 の永久磁石 15 L の磁束ほとんどがロータ部 2 に流れ込む。

[0033] これにより図 6 に示すように、ロータ部 2 側では、永久磁石 7 U の上端面の N 極から中空部 5 をロータヨーク 4 の上端部付近から周回してロータヨ

ク4 の下端部付近でステータヨーク 12 L 側にいったん入り、ステータヨーク 12 L の上端部付近で再びロータ部 2 側に入って永久磁石 7 U の下端面の S 極に戻る磁路 M 2 が形成される。また、ステータ部 3 のステータヨーク 12 L の永久磁石 15 L の磁束の多くは、ロータ部 2 の突出部 9 に流れ込むと共に、ロータ部 2 の永久磁石 7 L の多くの磁束は、ステータ部 3 の突出部 16 L₂に流れ込み磁路 M 3 が形成される。このように磁路 M 2 が形成されるので、ロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束は、ステータ部 3 側にほとんど影響を与えず、またロータ部 2 の永久磁石 7 L とステータ部 3 の永久磁石 15 L との間での磁路 M 3 の流れが効率化される。

[0034] このように状態 S 1 では、巻線部 17 U , 17 L において、状態 S 1 の直前まで巻線部 17 L の周囲を通っていた永久磁石 15 L の磁束の多くがロータ部 2 側に吸引されて弱まる変化が生じ、また、状態 S 1 の直前までロータ部 2 側に放射されていた永久磁石 15 U の磁束がステータ部 3 の巻線部 17 U に戻って強まる変化が生じる。これにより巻線部 17 U , 17 L には、この変化を妨げる方向に磁力線を発生させる電流がそれぞれ流れる。なお、巻線部 17 U , 17 L に流れる電流については詳しく後述する。

[0035] また、図 7 に示すように、ロータ部 2 の突出部 8 U , 9 , 8 L の周方向からみた半分がステータ部 3 の突出部 16 しい 16 U₂, 16 L₁, 16 L₂の同じく周方向からみた半分とそれぞれ対向している状態を S 2 とする。このような状態 S 2 のときには、図 7 の A—A 線で切断した断面図である図 8 に示すように、状態 S 1 に比べてステータヨーク 12 U の永久磁石 15 U の磁束の一部がロータ部 2 側に流れ込むと共に、ステータ部 3 の突出部 16 U₂からロータ部 2 側に放射される。一方、ロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束の多くがステータ部 3 側に流れ込む。すなわちロータ部 2 側の突出部 8 U からステータ部 3 側に流れ込む。その結果、ロータ部 2 側の永久磁石 7 U の N 極からステータ部 3 側の永久磁石 15 U の S 極に向かい、ステータ部 3 側の永久磁石 15 U の N 極からロータ部 2 側の永久磁石 7 U の S 極に向かう磁路 M 4 が形成される。また、これに伴って、巻線部 17 U の周囲を通る磁路 M 5 の磁

束は状態 S 1 の磁路 M 1 に比べて弱められる (S 1 :太い一点鎖線→S 2 :細い一点鎖線として図示)。

[0036] また、状態 S 2 のときには、状態 S 1 でステータ部 3 のステータヨーク 1 2 L 側に放射されていたロータ部 2 の永久磁石 7 L の磁束の一部が中空部 5 を経由してロータ部 2 側に戻る。また、ステータ部 3 の永久磁石 1 5 L の磁束も一部が巻線部 1 7 L の周囲を通るものとなる。すなわち、状態 S 1 のときに比べ、弱い磁力線によって、ロータ部 2 側の永久磁石 7 L の N 極からステータ部 3 側の永久磁石 1 5 L の S 極に向かい、ステータ部 3 側の永久磁石 1 5 L の N 極からロータ部 2 側の永久磁石 7 L の S 極に向かう磁路 M 6 が形成される。また、巻線部 1 7 L の周囲を通る磁路 M 7 の磁束は状態 S 1 に比べて強められる (S 1 :一点鎖線無し→S 2 :細い一点鎖線として図示)。なお、先ほどの磁路 M 2 は、ステータ部 3 の突出部 1 6 1₁, 1 6 L₂と対向しているロータ部 2 で生じているが、その強さは弱くなっている。また、後述する磁路 M 9 を発生しているが、その強さは徐々に強くなっていく途中となっている。

[0037] このように、状態 S 2 では、状態 S 1 と比べ、巻線部 1 7 U の周囲を通っていた磁束が弱められる変化が生じ、巻線部 1 7 L の周囲を通る磁束が強められる変化が生じるので、巻線部 1 7 U, 1 7 L には、この変化を妨げる方向に磁力線を発生させる電流がそれぞれ流れる。なお、ロータ部 2 の永久磁石 7 U, 7 L は、向かい合う部分が異極とされ、しかも中空部 5 が両者の間をつなぐようにされているので、状態 S 2 では、各永久磁石 7 U, 7 L の磁束が効率良くステータ部 3 に流れる。

[0038] また、図 9 に示すように、ステータ部 3 の突出部 1 6 1₁, 1 6 L₂がロータ部 2 の突出部 8 U, 9, 8 L のいずれとも対向しておらず、ロータ部 2 の突出部 9 の上半分がステータ部 3 の突出部 1 6 U₂と対向し、ロータ部 2 の突出部 8 U がステータ部 3 の突出部 1 6 U₁と対向している状態を S 3 とする。

[0039] このような状態 S 3 のときには、図 10 に示すように、図 6 に示した状態 S 1 と上下が反転したような状態になる。すなわち、ステータ部 3 のステー

タヨーク 12 L は、ロータ部 2 の突出部 9 , 8 L の吸引力の影響をさほど受けないので、永久磁石 15 L の N 極からの磁束は、中空部 13 L の周囲を通って永久磁石 15 L の S 極に戻る磁路 M 8 (一点鎖線で図示) を形成する。また、このときロータ部 2 の永久磁石 7 L の磁束は、ステータ部 3 のステータヨーク 12 L の突出部 16 L₁ , 16 L₂ よりもステータヨーク 12 U の突出部 16 U₁ , 16 U₂ の影響を強く受けるので、ロータ部 2 の磁束の多くがステータヨーク 12 U 側に放射される。また、ステータ部 3 の突出部 16 U₁ , 16 U₂ とロータ部 2 の突出部 8 U , 9 とが非常に近づくので、ロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束は、ロータ部 2 の突出部 8 U からステータヨーク 12 U 側にほとんどが流れ込む。これにより図 10 に示すように、ロータ部 2 側では、永久磁石 7 L の下端面の N 極から中空部 5 をロータヨーク 4 の下端部付近から周回してロータヨーク 4 の上端部付近でステータヨーク 12 U 側にいったん入り、ステータヨーク 12 U の下端部付近で再びロータ部 2 側に入って永久磁石 7 L の上端面の S 極に戻る磁路 M 9 が形成される。

[0040] また、ステータ部 3 のステータヨーク 12 U の永久磁石 15 U の磁束は、ロータ部 2 の突出部 9 に流れ込み、ロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束は、ロータ部 2 の突出部 8 U からステータ部 3 の突出部 16 U₁ に流れ込むという磁路 M 10 が形成される。

[0041] このように状態 S 3 では、巻線部 17 U , 17 L において、状態 S 3 の直前まで巻線部 17 U の周囲を通っていた永久磁石 15 U の磁束の多くがロータ部 2 側に吸引されて弱まる変化が生じ、また、状態 S 3 の直前までロータ部 2 側に放射されていた永久磁石 15 L の磁束がステータ部 3 の巻線部 17 L の周囲を通る磁路に戻って強まり、磁路 M 8 となる変化が生じる。これによれば巻線部 17 U , 17 L には、この変化を妨げる方向に磁力線を発生させる電流がそれぞれ流れる。

[0042] 図 11 は、ロータ部 2 の突出部 8 U , 9 , 8 L とステータ部 3 の突出部 16 U₁ , 16 U₂ , 16 L₁ , 16 L₂ との位置関係を、上述した状態 S 1 , S 2 , S 3 が S 1 → S 2 → S 3 と遷移する過程について時刻 t₁ ~ t₅ の経過と

共に示している。また、図 12 は、図 11 に示す時刻 $t_1 \sim t_5$ のそれぞれの時点における発電機 1 の巻線部 17U, 17L に発生する電流の状態を示している。図 12 に示すように、ロータ部 2 が一定の回転速度で回転することによって、巻線部 17U, 17L には正弦波の電流波形が発生する。図 12 の例では、巻線部 17U, 17L には互いに逆方向の電流が発生しているが、これは巻線部 17U, 17L における巻線方向が同一であり、巻線部 17U, 17L における磁力線の方向が互いに反対向きであるためである。たとえば、巻線部 17U, 17L における巻線方向を互いに反対方向にすれば、巻線部 17U, 17L には互いに同方向の電流を発生させることができる。

[0043] 図 12 において、時刻 t_1 は、図 6 に示す状態 S1 に対応している。時刻 t_1 は、ロータ部 2 の突出部 9 の下半分および突出部 8L とステータ部 3 の突出部 16L₁, 16L₂ とが対向し、巻線部 17U の周囲の磁束は最大となり、その後、減少していくため、その変化を妨げる方向の磁力線を発生させる電流がワイヤをある方向に流れ始める。この方向を仮にプラスとすると、プラス電流が流れ始める。この点は、図 12 では、W11 として示される。一方、巻線部 17L の周囲の磁束は最小となり、その後は増加していくため、その変化を妨げる方向の磁力線を発生させる電流がワイヤを流れる。その流れる方向は巻線部 17U とは逆方向になる。この方向は上述のプラスに対してマイナスとなる。この点は、図 12 では W21 として示される。このとき、ロータ部 2 の下方部分はステータ部 3 との間で、最大の吸引力を発生させている。

[0044] よって、時刻 t_1 では、図 12 に示すように、巻線部 17U, 17L において、電流の流れる方向の逆転が発生するため、交流曲線のプラス、マイナスの中間点となる。すなわち、時刻 t_1 では、図 12 に示すように、巻線部 17U, 17L において、プラス側の電流もマイナス側の電流も発生しない（電流の最小値 = 0 アンペア）。

[0045] また、図 12 において、時刻 t_5 は、図 10 に示す状態 S3 に対応してい

る。時刻 t_5 は、ロータ部 2 の突出部 9 の上半分および突出部 8 U とステータ部 3 の突出部 $16 U_1$, $16 U_2$ とが対向し、巻線部 $17 L$ の周囲の磁束は最大となり、その後、減少していくため、その変化を妨げる方向の磁力線を発生させる電流がワイヤをある方向に流れ始める。この方向は、上述の基準に従うとマイナスとなる。この点は、図 12 では、 W_{12} として示される。一方、巻線部 $17 U$ の周囲の磁束は最小となり、その後は増加していくため、その変化を妨げる方向の磁力線を発生させる電流がワイヤを流れる。その流れる方向は巻線部 $17 L$ とは逆方向になる。この方向は上述のマイナスに対してプラスとなる。この点は、図 12 では W_{22} として示される。このとき、ロータ部 2 の上方部分はステータ部 3 との間で、最大の吸引力を発生させている。

[0046] よって、時刻 t_5 では、図 12 に示すように、巻線部 $17 U$ において、プラス側の最大値 (W_{12}) の電流が発生し、巻線部 $17 L$ において、マイナス側の最大値 (W_{22}) の電流が発生する。

[0047] 時刻 t_3 は、図 8 に示す状態 S_2 に対応している。時刻 t_3 は、ロータ部 2 の突出部 8 U, 9, 8 L の周方向の半分とステータ部 3 の突出部 $16 U_1$, $16 U_2$, $16 L_1$, $16 L_2$ の周方向の半分とが対向している。時刻 t_3 は、状態 S_1 から S_5 に遷移する過程の中間点である。よって、時刻 t_3 では、図 12 に示すように、巻線部 $17 U$, $17 L$ において、正側および負側での最大値と最小値 (= 0 アンペア) の中間の電流が発生している。

[0048] 時刻 t_2 , t_4 は、それぞれ状態 S_1 から S_2 、 S_2 から S_3 に遷移する過程である。よって、時刻 t_2 では、図 12 に示すように、巻線部 $17 U$, $17 L$ において、それぞれ状態 S_1 で発生する電流値 (0 アンペア) と状態 S_2 で発生する電流値との中間の値の電流が発生する。また、時刻 t_4 では、図 12 に示すように、巻線部 $17 U$, $17 L$ において、それぞれ状態 S_2 で発生する電流値と状態 S_3 で発生する電流値 (最大値) との中間の値の電流が発生する。

[0049] このようにして、時刻 $t_1 \sim t_5$ では、巻線部 $17 U$, $17 L$ で発生する

正弦波状の電流波形のうちの4分の1周期分の電流が発生する。すなわち、発電機1の回転軸10が一定の回転速度で回転している場合、時刻で $t_1 \sim t_5$ の時間の4倍の時間で、巻線部17U, 17Lで発生する正弦波状の電流波形の1周期分が終了する。

[0050] ここで、一般的な発電機でコギングが発生する原因を考えると、ロータ側とステータ側との間の吸引力もしくは反発力がロータの位置によって変化することが原因である。これに対し、発電機1では、時刻 $t_1 \sim t_5$ のいずれの時刻に示すロータ部2とステータ部3との位置関係においてもロータ部2の突出部8U, 9, 8Lとステータ部3の突出部16₁し, 16₂U₂, 16₂L₂との間の吸引力は常に一定になる。

[0051] たとえば、時刻 t_1 （状態S₁）においては、ロータ部2の突出部9の下半分および突出部8Lとステータ部3の突出部16₁し, 16₂L₂とは全面的に対向して最大の吸引力で引き合っている。その一方で、ステータ部3の突出部16₁し, 16₂U₂は、ロータ部2のいずれの突出部8U, 9, 8Lとも対向しておらず互いの吸引力は最小である。このことからロータ部2側の突出部8U, 9, 8Lとステータ部3側の突出部16₁し, 16₂U₂, 16₂L₂との間の吸引力の強さは、ロータ部2側の突出部8U, 9, 8Lとステータ部3側の突出部16₁U₁, 16₂U₂, 16₂L₂との間の対向面積部分の強さと非対向面積部分の強さの合計に依存すると考えることができる。

[0052] そこでステータ部3の突出部16₁し, 16₂U₂, 16₂し、または16₂L₂がロータ部2の突出部8U, 9, 8Lと対向する際の面積の最大値を $Q \text{ cm}^2$ （平方センチメートル）とし、 1 cm^2 単位当たりの吸引力の強さを P_1 とすると、時刻 t_1 において、ロータ部2の突出部9の下半分とステータ部3の突出部16₁しとの間の対向面積は $Q \text{ cm}^2$ で吸引力は $Q \times P_1$ となる。また、ロータ部2の突出部8Lとステータ部3の突出部16₂L₂との間の対向面積も $Q \text{ cm}^2$ で吸引力は $Q \times P_1$ となる。また、ロータ部2の突出部8Uとステータ部3の突出部16₁U₁との間の非対向面積およびロータ部2の突出部9の上半分とステータ部3の突出部16₂U₂との間の非対向面積はそれぞれ $Q \text{ cm}^2$ で非

対向部分の 1 c m^2 単位当たりの吸引力の強さを P_2 とすると吸引力はそれぞれ $Q \times P_2$ となる。よって、時刻 t_1 におけるロータ部 2 とステータ部 3 との間の各突出部 $8U, 9, 8L, 16U_1, 16U_2, 16L_1, 16L_2$ の吸引力は $2Q \times P_1 + 2Q \times P_2 = 2Q(P_1 + P_2)$ である。

[0053] 同じように、時刻 t_2 においては、ロータ部 2 の突出部 $8U$ の周方向の 4 分の 1 とステータ部 3 の突出部 $16U_1$ の周方向の 4 分の 1 とが対向し、ロータ部 2 の突出部 9 の上半分の周方向の 4 分の 1 とステータ部 3 の突出部 $16U_2$ の周方向の 4 分の 1 とが対向し、ロータ部 2 の突出部 9 の下半分の周方向の 4 分の 3 とステータ部 3 の突出部 $16L_1$ の周方向の 4 分の 3 とが対向し、ロータ部 2 の突出部 $8L$ の周方向の 4 分の 3 とステータ部 3 の突出部 $16L_2$ の周方向の 4 分の 3 とが対向して互いに引き合っている。

[0054] ここで、ロータ部 2 の突出部 $8U$ とステータ部 3 の突出部 $16U_1$ およびロータ部 2 の突出部 9 の上半分とステータ部 3 の突出部 $16U_2$ との間の対向面積はそれぞれ $(1/4) Q \text{ c m}^2$ 、ロータ部 2 の突出部 9 の下半分とステータ部 3 の突出部 $16L_1$ およびロータ部 2 の突出部 $8L$ とステータ部 3 の突出部 $16L_2$ との間の対向面積はそれぞれ $(3/4) Q \text{ c m}^2$ である。よって、時刻 t_2 におけるロータ部 2 とステータ部 3 との間の各突出部 $8U, 9, 8L, 16U_1, 16U_2, 16L_1, 16L_2$ の対向する部分の吸引力の総和は、

$$\begin{aligned} & (1/4) Q \text{ c m}^2 \times P_1 + (1/4) Q \text{ c m}^2 \times P_1 + (3/4) Q \text{ c m}^2 \times P_1 \\ & + (3/4) Q \text{ c m}^2 \times P_1 \\ & = (8/4) Q \text{ c m}^2 \times P_1 \\ & = 2 Q \text{ c m}^2 \times P_1 \end{aligned}$$

である。一方、非対向部分の吸引力は、同様に計算して、 $2 Q \text{ c m}^2 \times P_2$ となる。よって時刻 t_2 においても吸引力は、時刻 t_1 と同じように $2Q \times P_1 + 2Q \times P_2 = 2Q(P_1 + P_2)$ となる。

[0055] 同じように、時刻 t_3 においては、ロータ部 2 の突出部 $8U$ の周方向の 2 分の 1 とステータ部 3 の突出部 $16U_1$ の周方向の 2 分の 1 とが対向し、ロータ部 2 の突出部 9 の上半分の周方向の 2 分の 1 とステータ部 3 の突出部 16

U₂の周方向の2分の1とが対向し、ロータ部2の突出部9の下半分の周方向の2分の1とステータ部3の突出部16₁の周方向の2分の1とが対向し、ロータ部2の突出部8_Lの周方向の2分の1とステータ部3の突出部16₂の周方向の2分の1とが対向して互いに強く引き合っている。

[0056] ここで、ロータ部2の突出部8_Uとステータ部3の突出部16₁、ロータ部2の突出部9の上半分とステータ部3の突出部16₂、ロータ部2の突出部9の下半分とステータ部3の突出部16₁、およびロータ部2の突出部8_Lとステータ部3の突出部16₂との間の対向面積は、それぞれ $(1/2)$ $Q_c m^2$ である。よって、時刻t₃におけるロータ部2とステータ部3との間の各突出部8_U, 9, 8_L, 16₁, 16₂, 16₁, 16₂の対向する部分の吸引力の総和は、

$$\begin{aligned} & (1/2) Q_c m^2 \times P_1 + (1/2) Q_c m^2 \times P_1 + (1/2) Q_c m^2 \times P_1 \\ & + (1/2) Q_c m^2 \times P_1 \\ & = (4/2) Q_c m^2 \times P_1 \\ & = 2 Q_c m^2 \times P_1 \end{aligned}$$

である。一方、非対向部分、すなわちステータ部3の各突出部16₁, 16₂, 16₁, 16₂ではない部分とロータ部2の各突出部8_U, 9, 8_Lが対向している部分の吸引力はその面積が2 $Q_c m^2$ となるので、2 $Q_c m^2 \times P_2$ となる。よって、時刻t₃においての吸引力の総和は時刻t₁, t₂と同じように2 $Q (P_1 + P_2)$ となる。

[0057] 同じように、時刻t₄においては、ロータ部2の突出部8_Uの周方向の4分の3とステータ部3の突出部16₁の周方向の4分の3とが対向し、ロータ部2の突出部9の上半分の周方向の4分の3とステータ部3の突出部16₂の周方向の4分の3とが対向し、ロータ部2の突出部9の下半分の周方向の4分の1とステータ部3の突出部16₁の周方向の4分の1とが対向し、ロータ部2の突出部8_Lの周方向の4分の1とステータ部3の突出部16₂の周方向の4分の1とが対向して互いに強く引き合っている。

[0058] ここで、ロータ部2の突出部8_Uの4分の3とステータ部3の突出部16

U₁の4分の3およびロータ部2の突出部9の上半分の4分の3とステータ部3の突出部16 U₂の4分の3との間の対向面積は、それぞれ $(3/4) Q c m^2$ であり、ロータ部2の突出部9の下半分の4分の1とステータ部3の突出部16 L₁の4分の1およびロータ部2の突出部8 Lの4分の1とステータ部3の突出部16 L₂の4分の1との間の対向面積は、それぞれ $(1/4) Q c m^2$ である。よって、時刻 t 4 におけるロータ部2とステータ部3との間の各突出部8 U , 9 , 8 L , 16 U₁, 16 U₂, 16 L₁, 16 L₂の完全に対向している部分の面積の総和は、

$$\begin{aligned} & (3/4) Q c m^2 + (3/4) Q c m^2 + (1/4) Q c m^2 + (1/4) Q c m^2 \\ &= (8/4) Q c m^2 \\ &= 2 Q c m^2 \end{aligned}$$

である。このため突出部同士が対向していることによる吸引力は「2 Q X P₁」となる。一方、ロータ部2の突出部8 U , 9 , 8 Lがステータ部3の突出部16 L₁, 16 U₂, 16 L₁, 16 L₂と対向している部分の面積はやはり 2 Q c m₂となり、全体の吸引力は時刻 t 1 , t 2 , t 3 と同じく「2 Q (P₁ + P₂)」となる。

[0059] 同じように、時刻 t 5 (状態 S 3) においては、ロータ部2の突出部9の上半分および突出部8 Uとステータ部3の突出部16 U₁, 16 U₂とは対向して互いに強く引き合っているが、ステータ部3の突出部16 L₁, 16 L₂は、ロータ部2のいずれの突出部8 U , 9 , 8 Lとも対向していない。このときのロータ部2の突出部9の上半分とステータ部3の突出部16 U₂およびロータ部2の突出部8 Uとステータ部3の突出部16 U₁との間の対向面積は、それぞれ Q c m²である。よって、時刻 k t 5 におけるロータ部2とステータ部3との間の各突出部8 U , 9 , 8 L , 16 U₁, 16 U₂, 16 L₁, 16 L₂の完全に対向している部分の面積の総和は、

$$Q c m^2 + Q c m^2 = 2 Q c m^2$$

である。このため突出部同士が対向していることによる吸引力は「2 Q X P

1」となる。一方、ロータ部2の突出部8U, 9, 8Lがステータ部3の突出部16L₁, 16U₂, 16L₁, 16L₂と対向している部分の面積はやはり2Qcm²となり、全体の吸引力は時刻t₁, t₂, t₃, t₄と同じく2Q(P₁+P₂)となる。

[0060] このように、図11、図12における時刻t₁～t₅のいずれの時刻においてもロータ部2とステータ部3との間の各突出部8U, 9, 8L, 16U₁, 16U₂, 16L₁, 16L₂での吸引力の総和は、2Qcm²×(P₁+P₂)であり変わらない。時刻t₁～t₅で発生する電流波形は、巻線部17U, 17Lで発生する正弦波状の電流波形のうちの4分の1周期分の電流波形であるが、正弦波は、この4分の1周期分の電流波形が増減方向および正負方向を変えながら連続するものである。したがって、巻線部17U, 17Lで発生する正弦波状の電流波形のいずれの部位においてもロータ部2の突出部8U, 9, 8Lとステータ部3の突出部16L₁, 16U₂, 16L₁, 16L₂との間の吸引力は常に一定になることは自明である。このことは、ロータ部2とステータ部3との位置関係がどのようなであってもロータ部2とステータ部3との間の吸引力は常に一定であることを意味している。これにより発電機1においては、コギングは発生しないことがわかる。

[0061] また、このようにコギングが発生しない発電機1では、外部から回転軸10に加えられる回転トルクが、コギングトルクによって減ぜられることなく、そのほとんどが発電のためのトルクとして使用されるため、効率の高い発電を行うことができる。

[0062] また、発電機1では、ロータ部2の中空部5が2つの永久磁石7U, 7Lにわたって連通している。これによれば、図6、図10に示すように、ロータ部2の2つの永久磁石7U, 7Lのそれぞれの磁束が分割されることなく、一つの磁路M₂またはM₉を形成し、一体的にステータ部3に入射するので巻線部17Uまたは巻線部17Lの周囲を通る磁束をほとんど完全に無くすと共にステータ部3に入射しない側では、その入射はほとんどなくなり巻線部17Uまたは巻線部17Lの周囲をとる磁束を最大限近くにできる。

この結果、発電の効率をさらに高めることができる。

[0063] 図 13 に、比較例として、2つの中空部 5 U, 5 L を有するロータ部 2 A を示す。図 13 は、図 6 と同じく状態 S 1 の例であるが、図 13 に示す比較例では、ロータ部 2 A の永久磁石 7 U の磁束によるループと永久磁石 7 L の磁束によるループとが互いに分割されて別個の閉じたループである磁路 M 1 1, M 1 2 がそれぞれ形成される。これに伴い、巻線部 1 7 U の周囲に磁路 M 1 3 が発生し、巻線部 1 7 L の周囲に磁路 M 1 4 が発生する。これは図 1 1 に示す時刻 t 1 ~ t 5 のいずれの状態でもほとんど変化しない。このため巻線部 1 7 U, 1 7 L の周囲に発生する磁路の強さの最大と最小の差が小さくなり、発電機 1 A は発電機として十分機能しないことがわかる。しかしながら、この構成においてもある程度の磁束は発生するので、この構成を採用してもよい。

[0064] (その他の実施の形態)

上述した実施の形態は、その要旨を逸脱しない限り、様々に変更が可能である。たとえば、中空部 5 は、中空とせず、非磁性体、たとえばアルミや樹脂材を埋め込む構成としてもよい。また、各突出部 8 U, 9, 8 L はヨーク 4 の本体と一体成形され、各突出部 1 6 U₁, 1 6 U₂, 1 6 L₁, 1 6 L₂ はヨーク 1 2 U, 1 2 L と一体成形されているとして説明したが、各突出部は一体成形とせず、別部材として各本体に接着などで固定するようにしてもよい。

[0065] また、図 14 に示すように、ロータ部 2 B として軸方向に 4 つの突出部 8 U₁, 8 U₂, 8 L₁, 8 L₂ を有し、この突出部 8 U₁, 8 U₂ と突出部 8 L₁, 8 L₂ とは、軸方向に互いに半ピッチずれて配置されている。これに対し、ステータ部 3 B は、軸方向に同一ピッチの 3 つの突出部 1 6 U, 1 6 M, 1 6 L を有する。このような発電機 1 B を構成しても上述した実施の形態における発電機 1 と同様の機能を有する発電機 1 B を実現することができる。

[0066] この場合、ロータ部 2 B は、中心軸方向に同一ピッチの突出部 8 U₁, 8 U₂ を有するロータ部材と、中心軸方向に一直線状となると共に同一ピッチの突

出部 8 L₁, 8 L₂を有するロータ部材とを、突出部 8 U₁, 8 U₂と突出部 8 L₁, 8 L₂とが互いに半ピッチずれるように2段に重ねて配置することで構成することができる。また、ステータ部 3 Bについても中心軸方向に一直線状となると共に同一ピッチの突出部 16 Uと突出部 16 M₁を有するステータ部材と中心軸方向に一直線状となると共に同一ピッチの突出部 16 M₂と突出部 16 Lを有するロータ部材とを、突出部 16 U, 16 M₁, 16 M₂, 16 Lとが一直線状となると共に互いに同一ピッチになるように2段に重ねて配置することで構成することができる。なお、ロータ部 2 Bおよび/またはステータ部 3 Bを1つのヨーク部材から削り出しなどによって構成してもよい。

[0067] また、発電機 1, 1 Bは、2段重ね構造のステータヨーク 12 U, 12 Lからなるステータ部 3を有するとして説明したが、積み重ねる段数については偶数段であればどのような段数であってもよい。この場合、ロータ部 2は、図 14に示すものを軸方向に重ねる構造のものとするのが好ましい。また、同様に、発電機 1 Bは、2段重ね構造のロータ部材からなるロータ部 2 Bを有するとして説明したが、同じ構造のロータ部 2 Bを積み重ねるのが好ましく、積み重ねる段数については偶数段であればどのような段数であってもよい。

[0068] また、上述の発電機 1, 1 Bは、インナーロータ型のものとしているが、アウターロータ型のものとしてもよい。また、ロータヨーク 4、ステータヨーク 12 U, 12 Lは軟磁性体が好ましいが単なる磁性体としてもよい。また、溝 6 U, 6 L, 14 U, 14 Lはそれぞれ永久磁石と一体成形されるときは溝が形成されないが、そのような一体形成の場合を含めて溝と称する。また、非磁性体部となる中空部 5は、その軸方向長さが永久磁石 7 Uと永久磁石 7 Lの軸方向両外端間の距離以上に長くされているが軸方向両外端間の距離と同一またはやや長くしたり、もしくはやや短くしたりしてもよい。また、コギングをゼロにするには突出部の幅と突出部間の幅とが同一であるのが好ましいが他の要請により両者の幅を同一とせず、わずかに異なるようにしてもよい。

[0069] また、図 15 に示すように、ステータ部 3 C に、永久磁石 15 U , 15 L を有さないステータヨーク 12 C U , 12 C L を備える発電機 1 C を構成することもできる。すなわち、発電機 1 C は、発電機 1 のステータ部 3 から永久磁石 15 U , 15 L を取り去った後の空間を非磁性体部として利用するようにしたものである。なお、ステータ部 3 から永久磁石 15 U , 15 L を取り去った後の空間には、樹脂を充填したり非磁性体であるアルミニウムなどを充填してもよい。発電機 1 C は、上述した実施の形態に係る発電機 1 , 1 B と同様に動作するが、ステータ部 3 C に永久磁石 15 U , 15 L を有さないので、図 12 に示す電流の波形は、巻線部 17 U , 17 L でそれぞれ反転する。

[0070] たとえば、図 15 に示す状態は、発電機 1 における図 6 に示した状態 S 1 に対応している。発電機 1 において、図 6 に示した状態 S 1 の場合を考えると、発電機 1 では、ステータヨーク 12 L に永久磁石 15 L を有するため、永久磁石 15 L の磁束がロータ部 2 側に吸引されるので、巻線部 17 L の周囲の磁束は弱くなる。これに対し、発電機 1 C では、ステータヨーク 12 C L に永久磁石 15 L が無いため、ロータ部 2 の永久磁石 7 L の磁束が対向している突出部 9 , 8 L と突出部 16 L₁ , 16 L₂ とを介してステータヨーク 12 C L 側に入り込む。これにより、磁路 M 15 が形成されて巻線部 17 L の周囲の磁束は強くなる。

[0071] 同様に、発電機 1 では、ステータヨーク 12 U に永久磁石 15 U を有するため、状態 S 1 の場合、永久磁石 15 U の磁束によって巻線部 17 U の周囲には磁路 M 1 が形成されるので巻線部 17 U の周囲の磁束は強くなっている。これに対し、発電機 1 C では、ステータヨーク 12 C U に永久磁石 15 U が無いため、ロータ部 2 の永久磁石 7 U の磁束がステータヨーク 12 C U 側に入り込んで磁路 M 16 を形成するものの、ステータ部 3 C 側の突出部 16 U₁ , 16 U₂ は、ロータ部 2 の突出部 8 U , 9 と対向していないため、巻線部 17 U の周囲の磁束は弱くなる。

[0072] このように、発電機 1 と発電機 1 C とを比較すると、巻線部 17 U , 17

Lにおける磁束の強弱の状態が逆転していることがわかる。よって、発電機1と発電機1Cとでは、図12に示す電流の波形は、巻線部17U, 17Lでそれぞれ反転する。

符号の説明

[0073] 1, 1A, 1B, 1C…発電機、2…ロータ部、3…ステータ部、4…ロータヨーク（ロータ部材）、5…中空部（非磁性体部）、6U, 6L, 14U, 14L…溝、7U, 7L…永久磁石（ロータ側永久磁石）、15U, 15L…永久磁石（ステータ側永久磁石）、8U, 9, 8L, 8U₁, 8U₂, 8L₁, 8L₂…突出部（ロータ側突出部）、11…孔（ロータ部の挿入孔）、12U, 12L…ステータヨーク（ステータ部材の一部）、13U, 13L…中空部、16L₁, 16U₂, 16L₁, 16L₂, 16U, 16M, 16L…突出部（ステータ側突出部）、17U, 17L…巻線部

請求の範囲

[請求項 1] 軟磁性体からなり、円筒状の非磁性体部と前記非磁性体部に向かう 2 の倍数の溝とを備えるロータヨークと、前記各溝に配置され、軸方向に N S 着磁がなされたリング状のロータ側永久磁石と、前記ロータ側永久磁石よりもステータ部側に突出し、前記ロータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置される複数のロータ側突出部と、からなるロータ部と、

軟磁性体からなり、ステータヨークと、前記ロータ側永久磁石と対向し軸方向に逆着磁されたリング状のステータ側永久磁石と、前記ステータ側永久磁石よりも前記ロータ部側に突出し、前記ステータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置されるステータ側突出部と、からなるステータ部材を、隣接する前記ステータ部材間で前記ステータ側突出部が互いに半ピッチずれるようにしたステータ部と、

を有することを特徴とする発電機。

[請求項 2] 請求項 1 記載の発電機において、

前記非磁性体部が前記倍数の数だけ設置され、各非磁性体部は前記ロータ側永久磁石の隣接する 2 つの間を結ぶように軸方向に伸びその長さが当該両ロータ側永久磁石の軸方向両外端間の距離以上としたことを特徴とする発電機。

[請求項 3] 軟磁性体からなり、円筒状の非磁性体部と前記非磁性体部に向かう 2 の倍数の溝とを備えるロータヨークと、前記各溝に配置され、軸方向に N S 着磁がなされたリング状のロータ側永久磁石と、前記ロータ側永久磁石よりもステータ部側に突出し、前記ロータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に配置される複数のロータ側突出部であって 2 つの前記ロータ側永久磁石の間に配置される前記ロータ側突出部は、その軸方向の長さを 2 等分する位置で互いに半ピッチずれるようにしたロータ側突出部と、からなるロータ部と、

軟磁性体からなり、ステータヨークと、前記ロータ側永久磁石と対向し軸方向に逆着磁されたリング状のステータ側永久磁石と、前記ステータ側永久磁石よりも前記ロータ部側に突出し、前記ステータ側永久磁石をはさんで互いに離れた位置に一直線状で定ピッチにて配置されるステータ側突出部と、からなるステータ部材を、隣接する前記ステータ部材間で前記ステータ側突出部が一直線状で定ピッチにて配置されるようにしたステータ部と、

を有することを特徴とする発電機。

[請求項4]

請求項3記載の発電機において、

前記非磁性体部が前記倍数の数だけ設置され、各非磁性体部は前記ロータ側永久磁石の隣接する2つの間を結ぶように軸方向に伸びその長さが当該両ロータ側永久磁石の軸方向両外端間の距離以上としたことを特徴とする発電機。

[請求項5]

請求項1から4のいずれか1項に記載の発電機において、

前記ロータ側突出部と前記ステータ側突出部とが対向する部分の面積と、対向しない部分の面積は、前記ロータ部と前記ステータ部との回転方向の位置関係に係わらずそれぞれ一定であるように設定される、

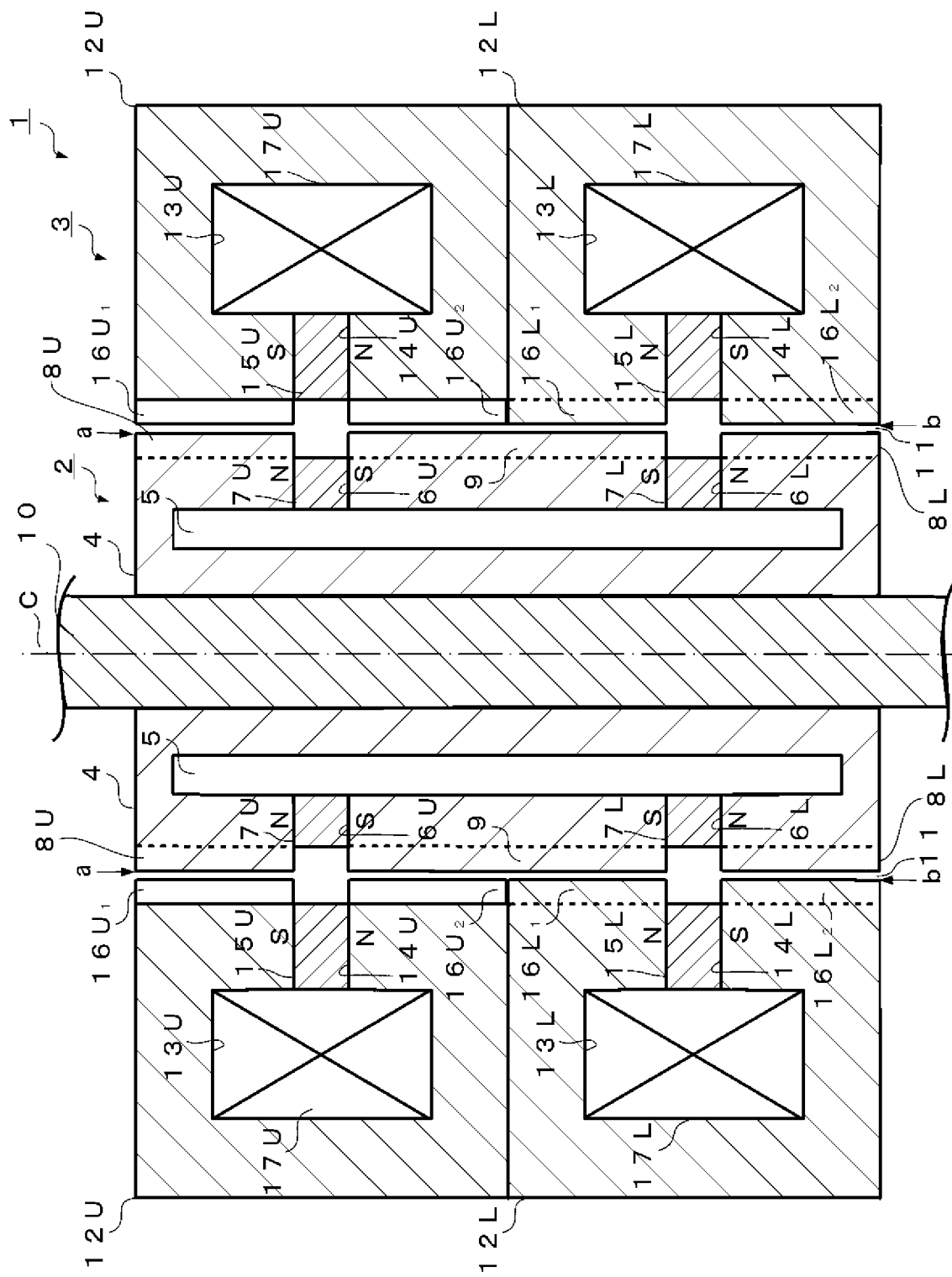
ことを特徴とする発電機。

[請求項6]

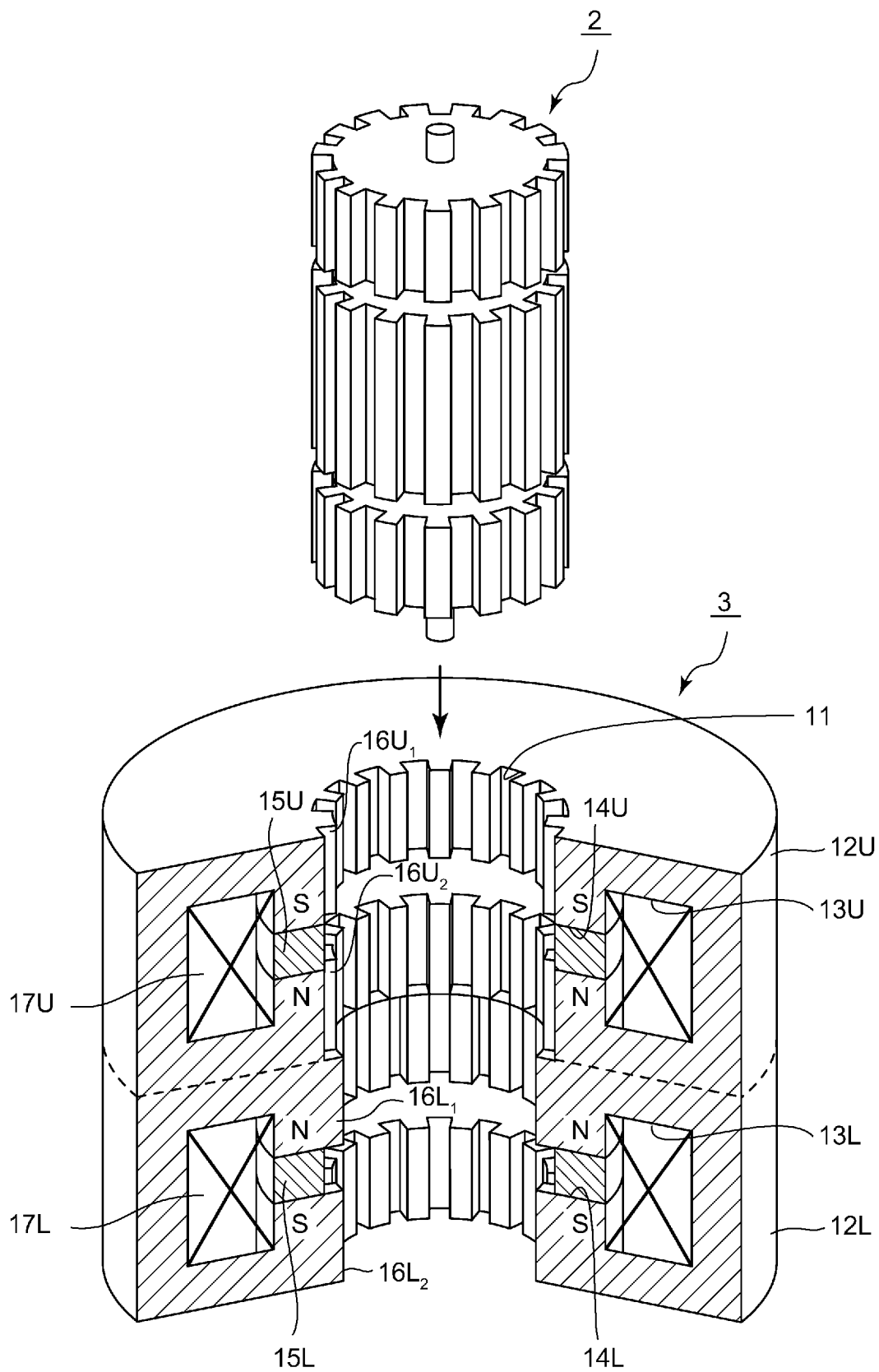
請求項1または3項に記載の発電機において、

前記ステータ側永久磁石に代えて、非磁性体部を有する、
ことを特徴とする発電機。

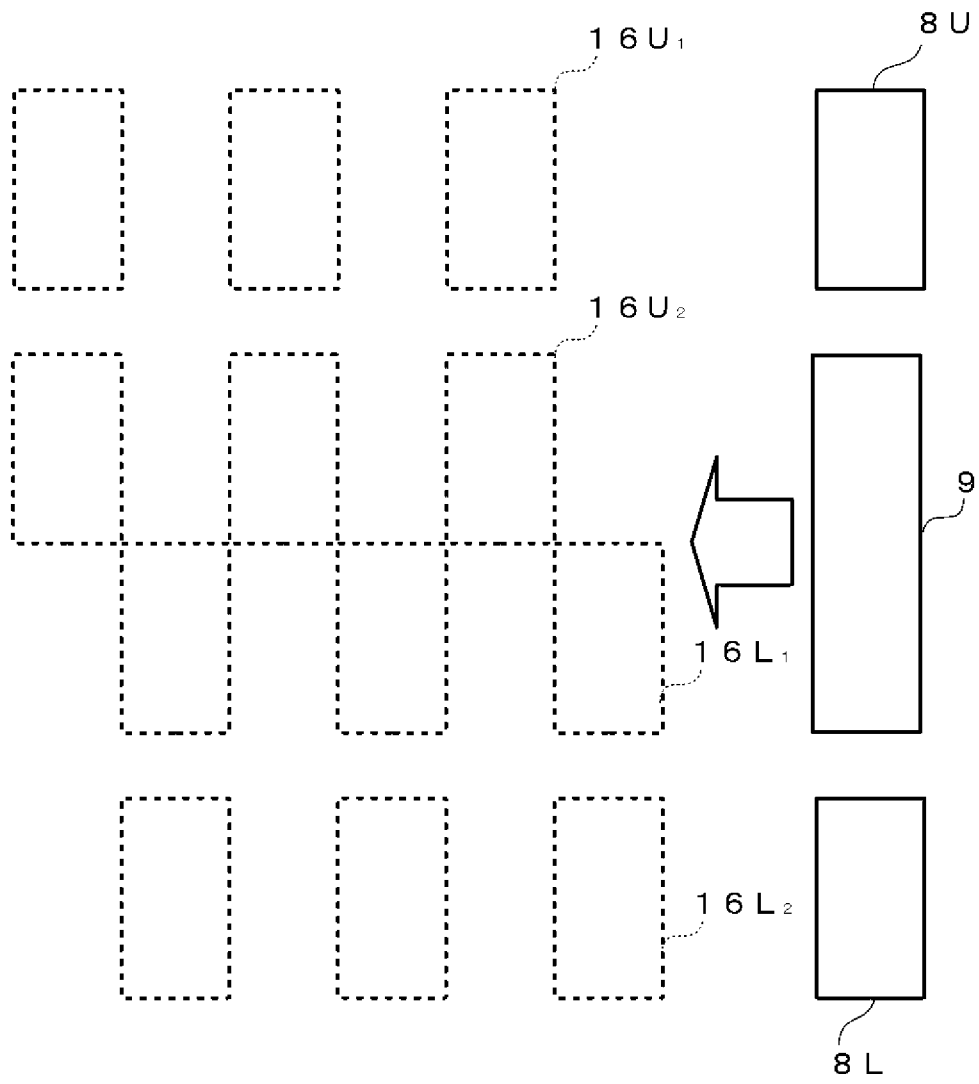
[図1]



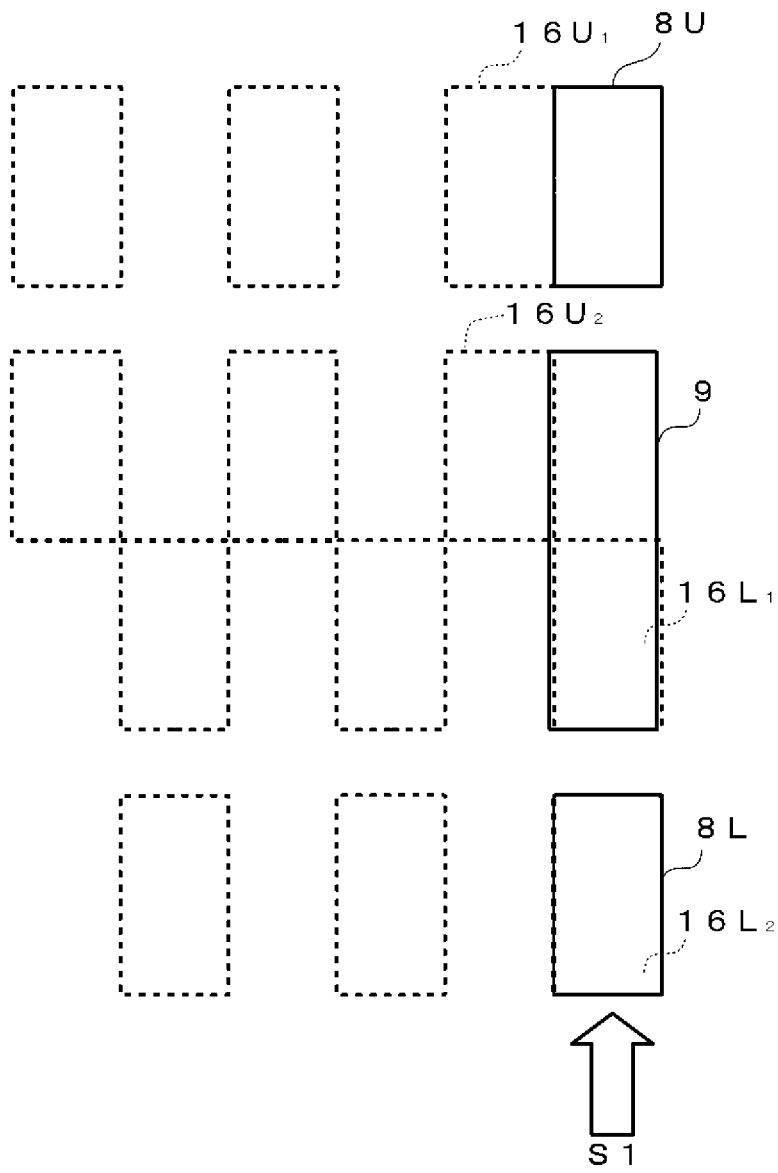
[図2]



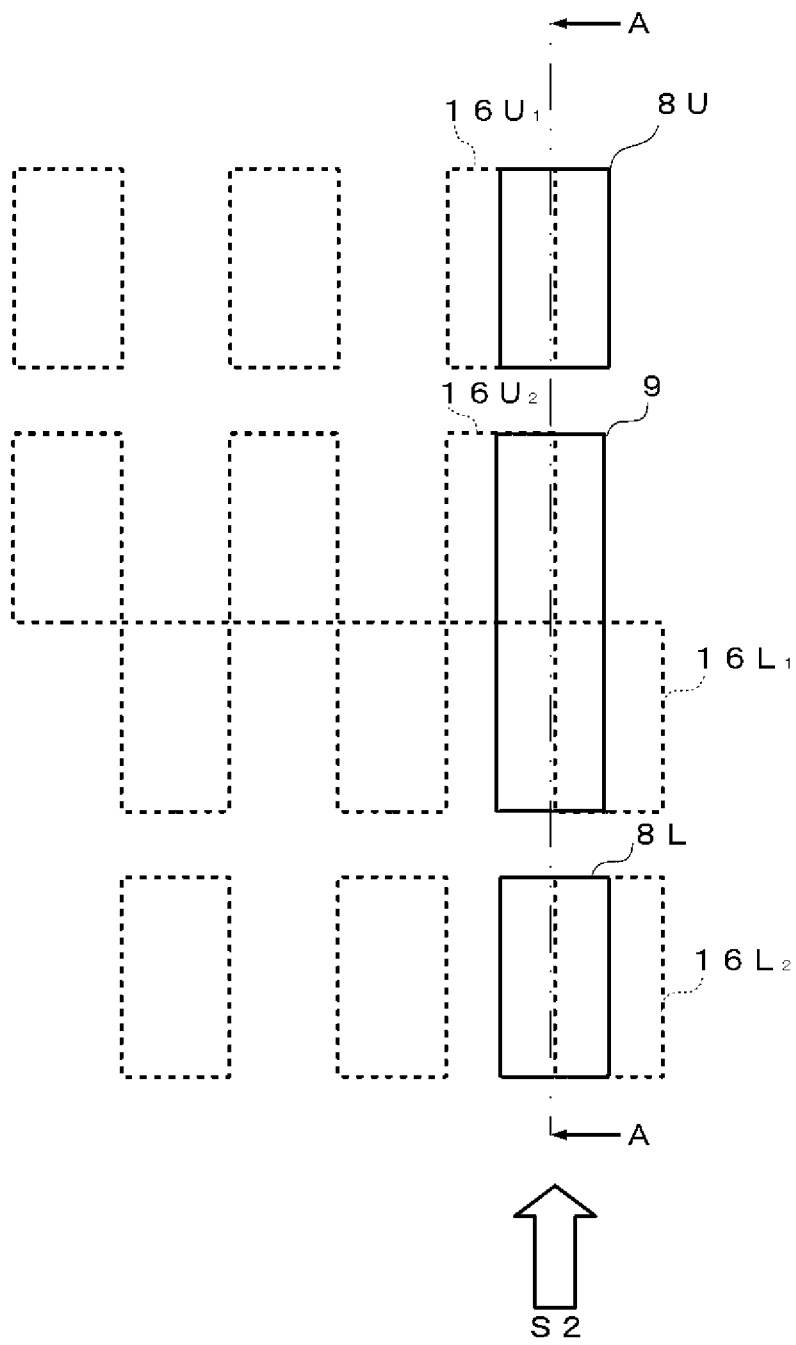
[図4]



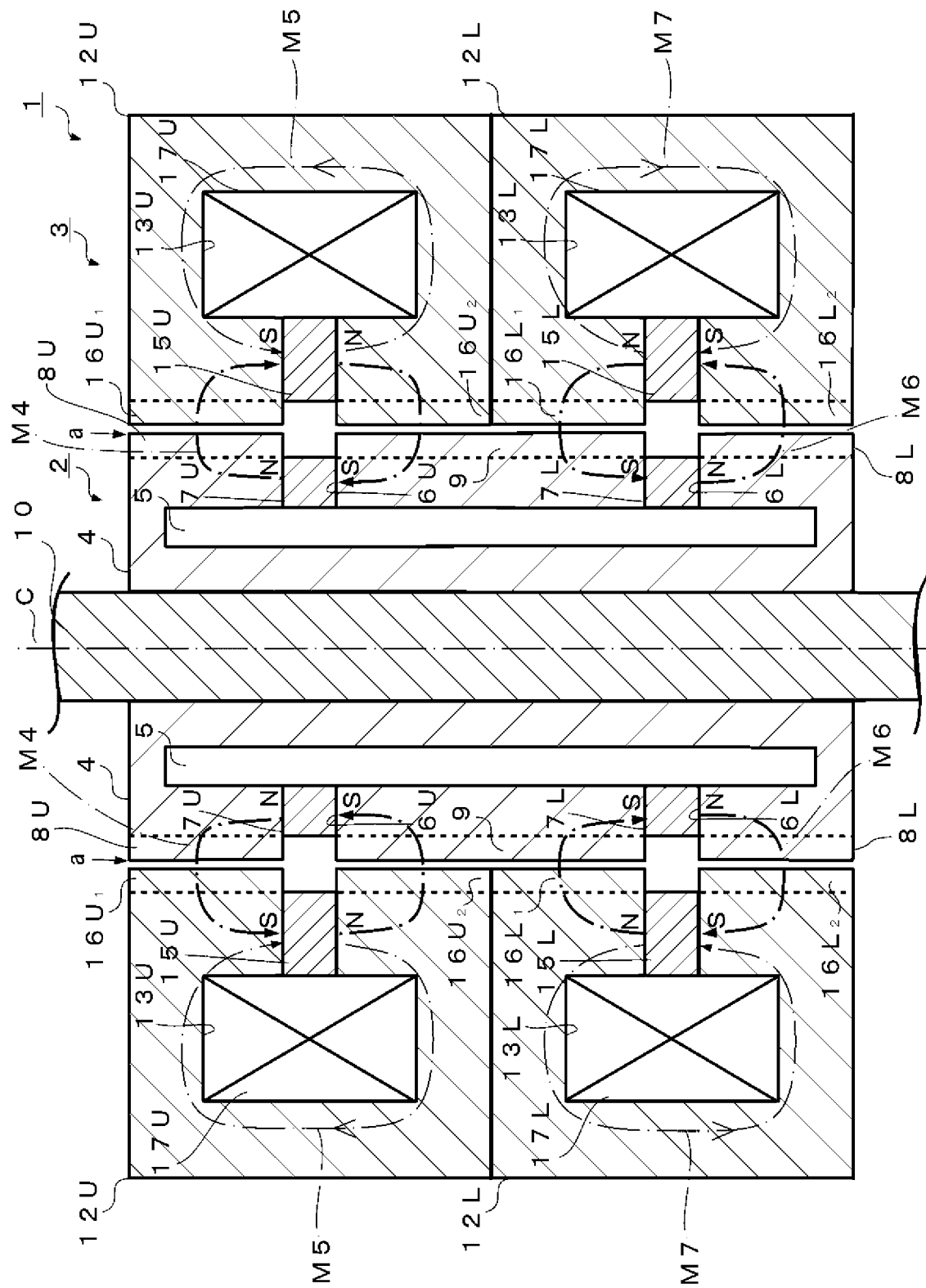
[図5]



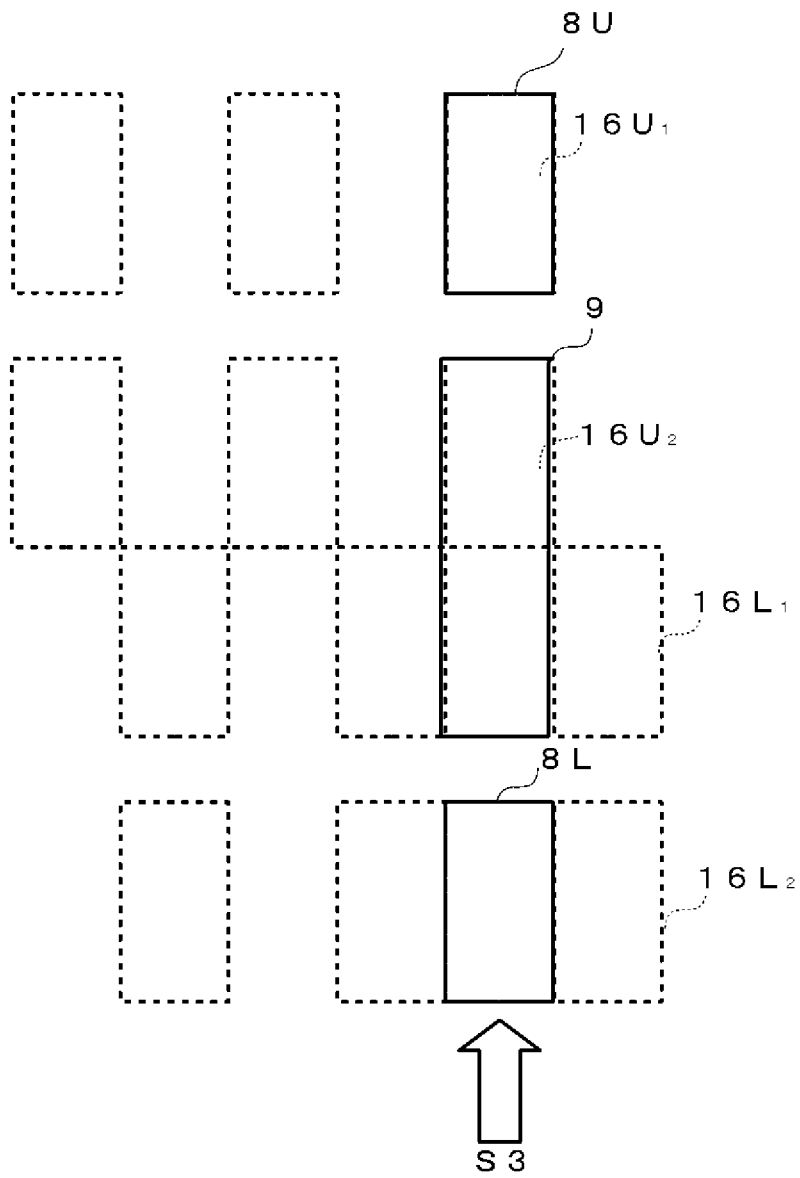
[図7]



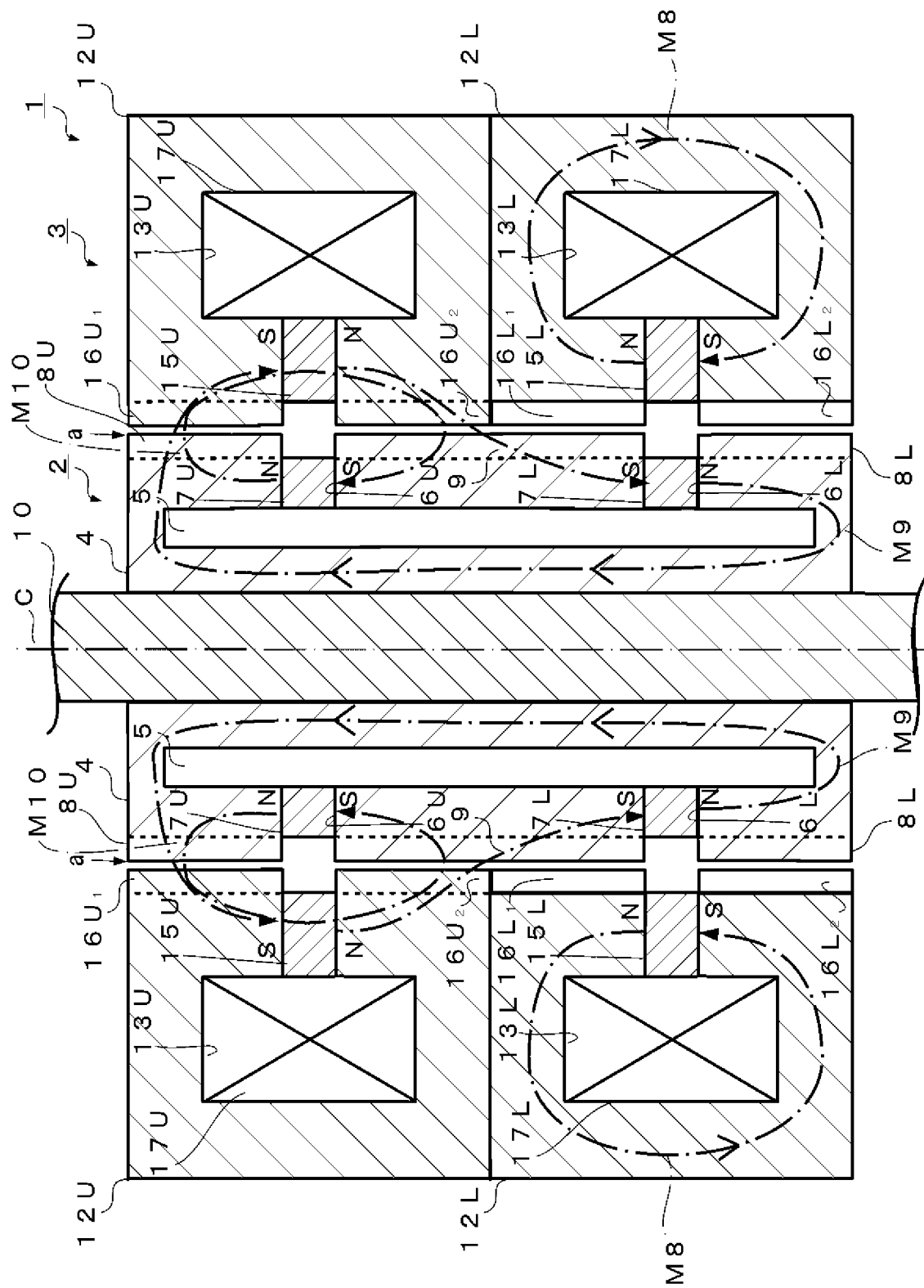
[図8]



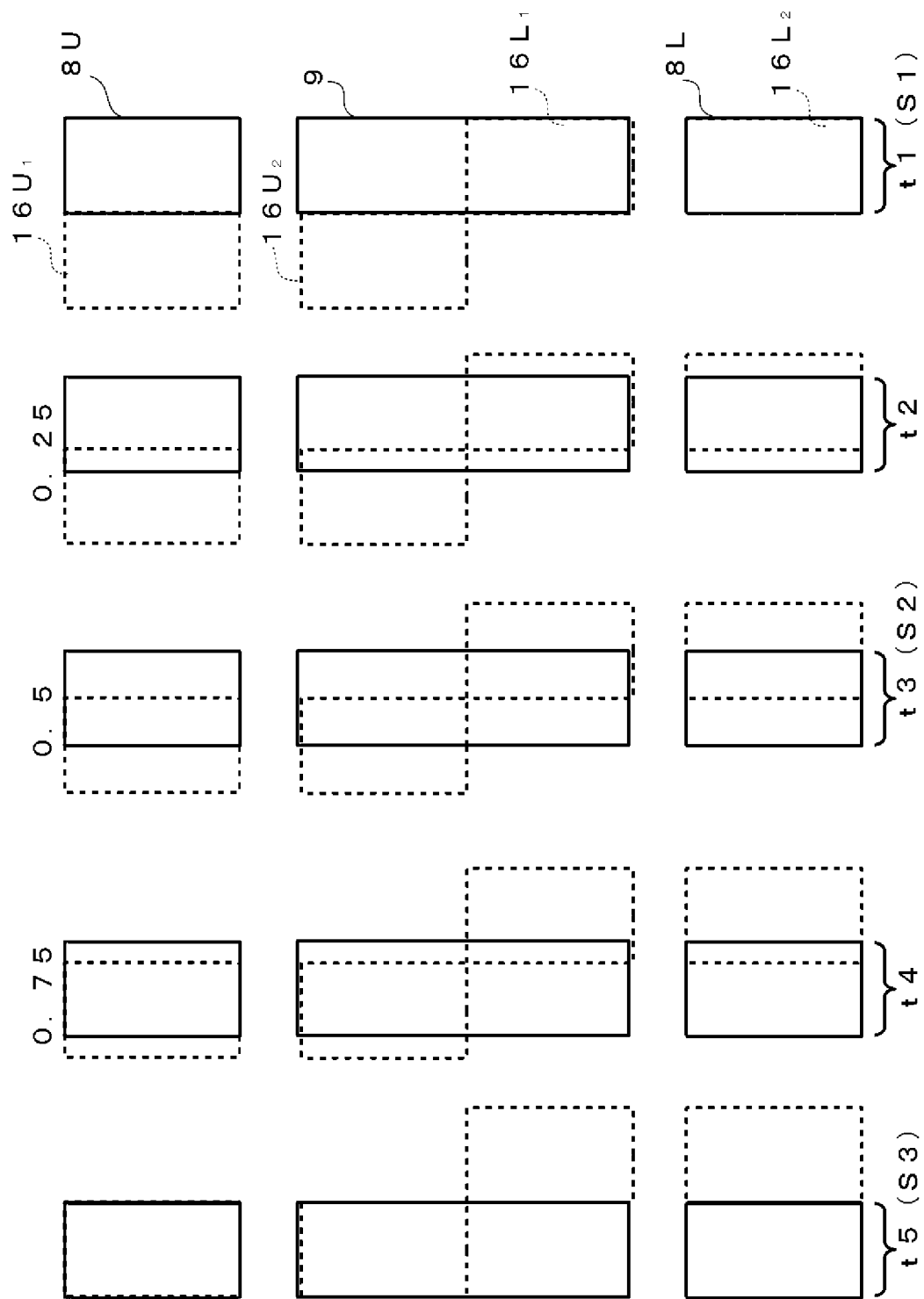
[図9]



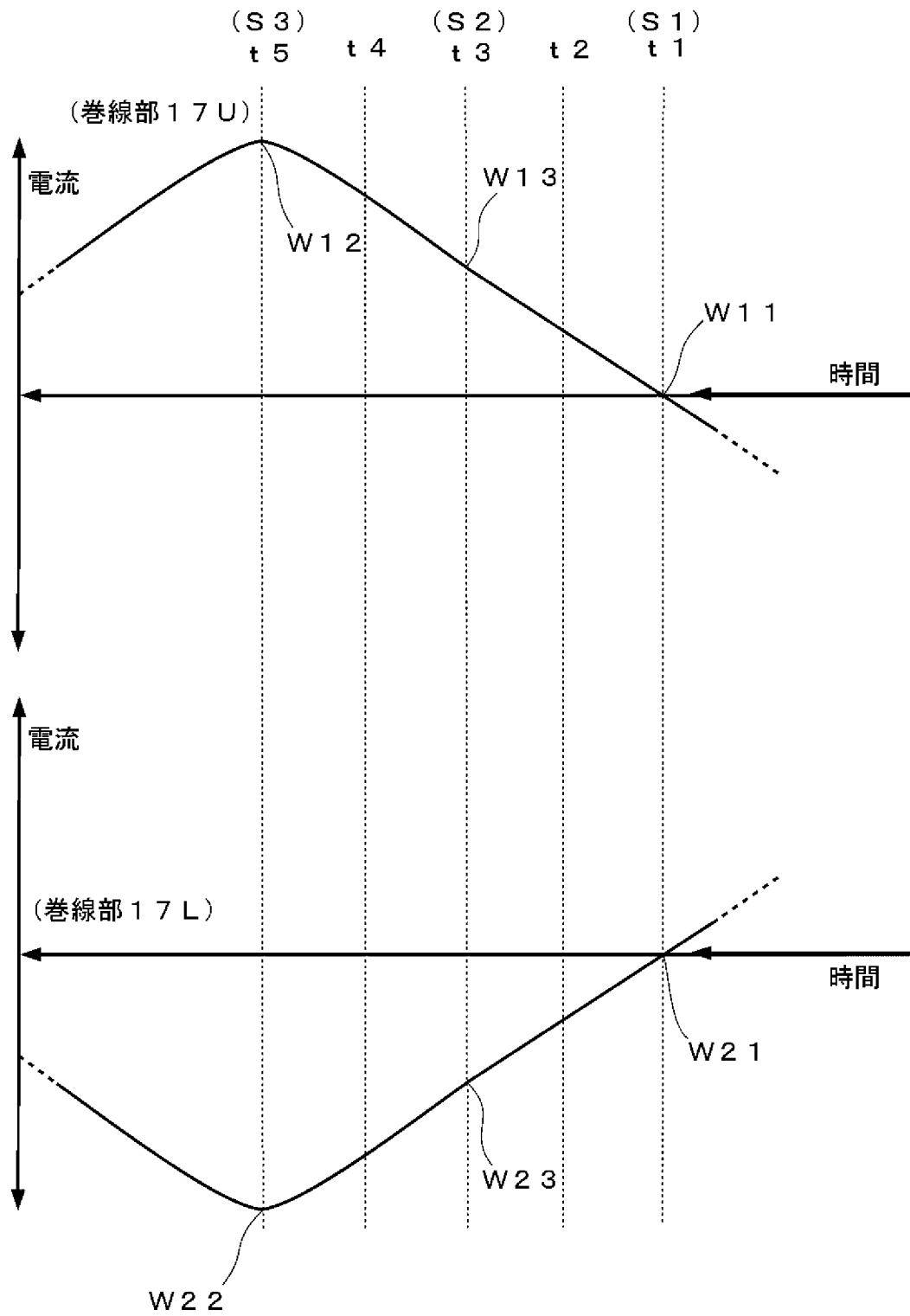
[図10]



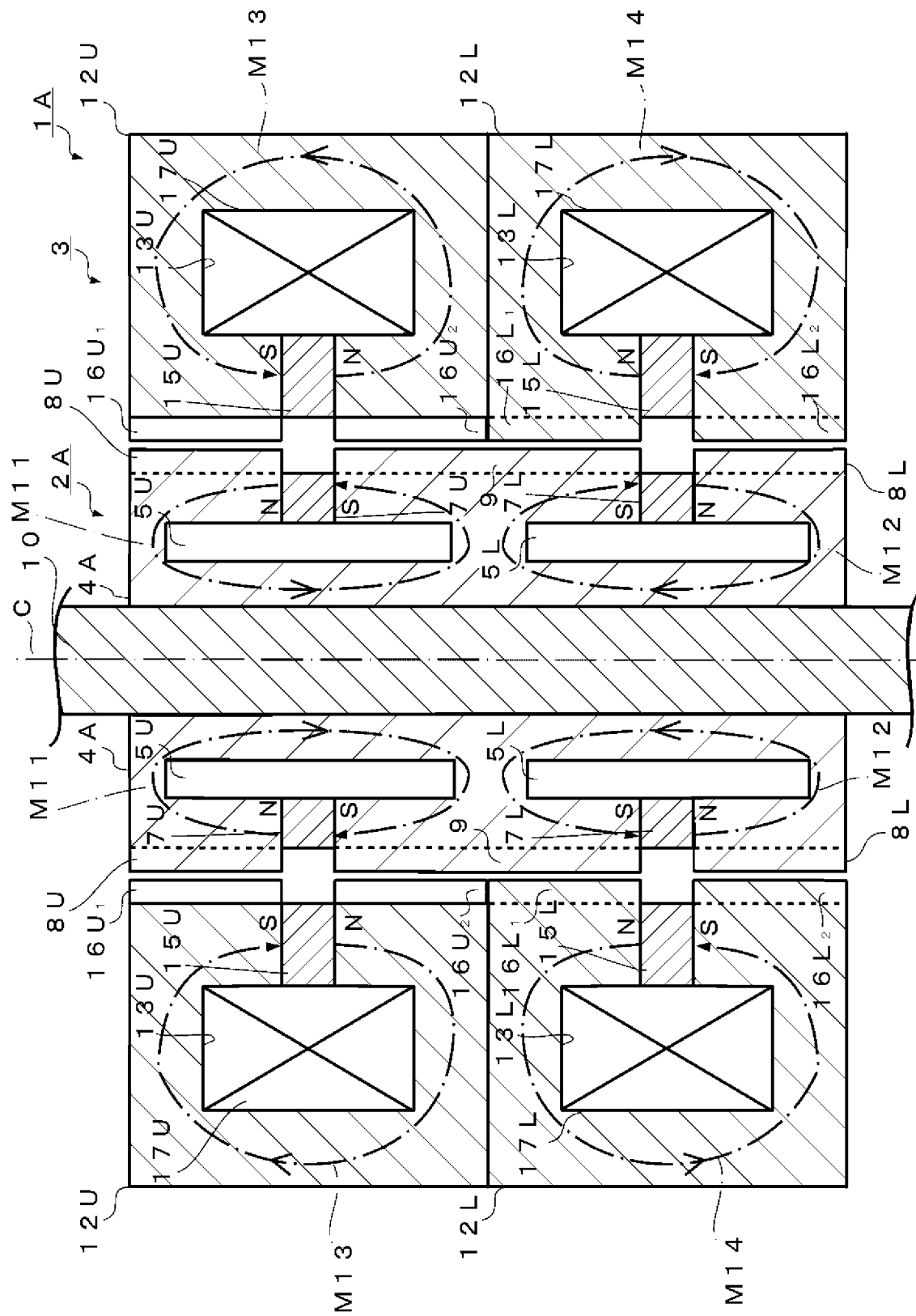
[図11]



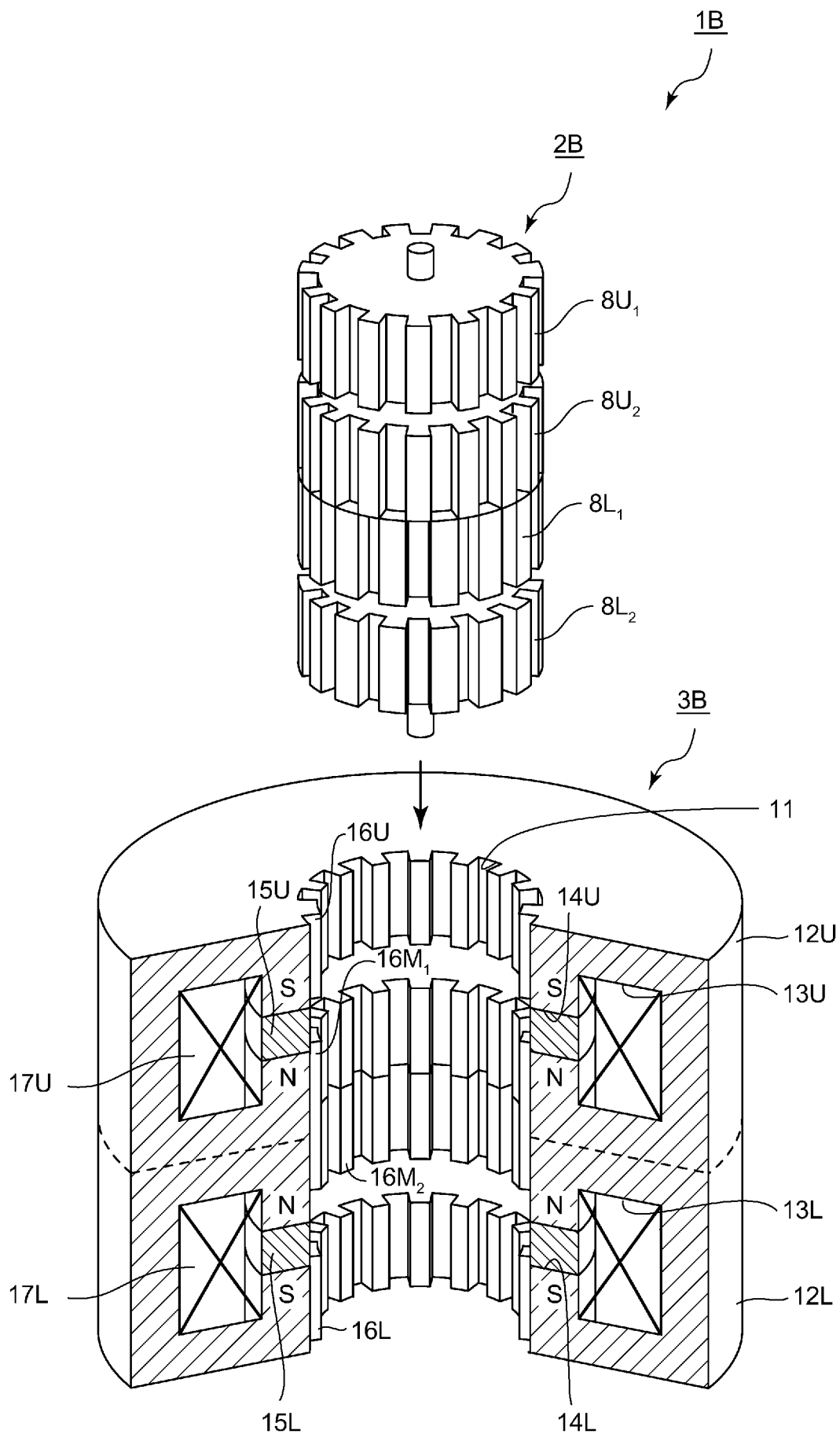
[図12]



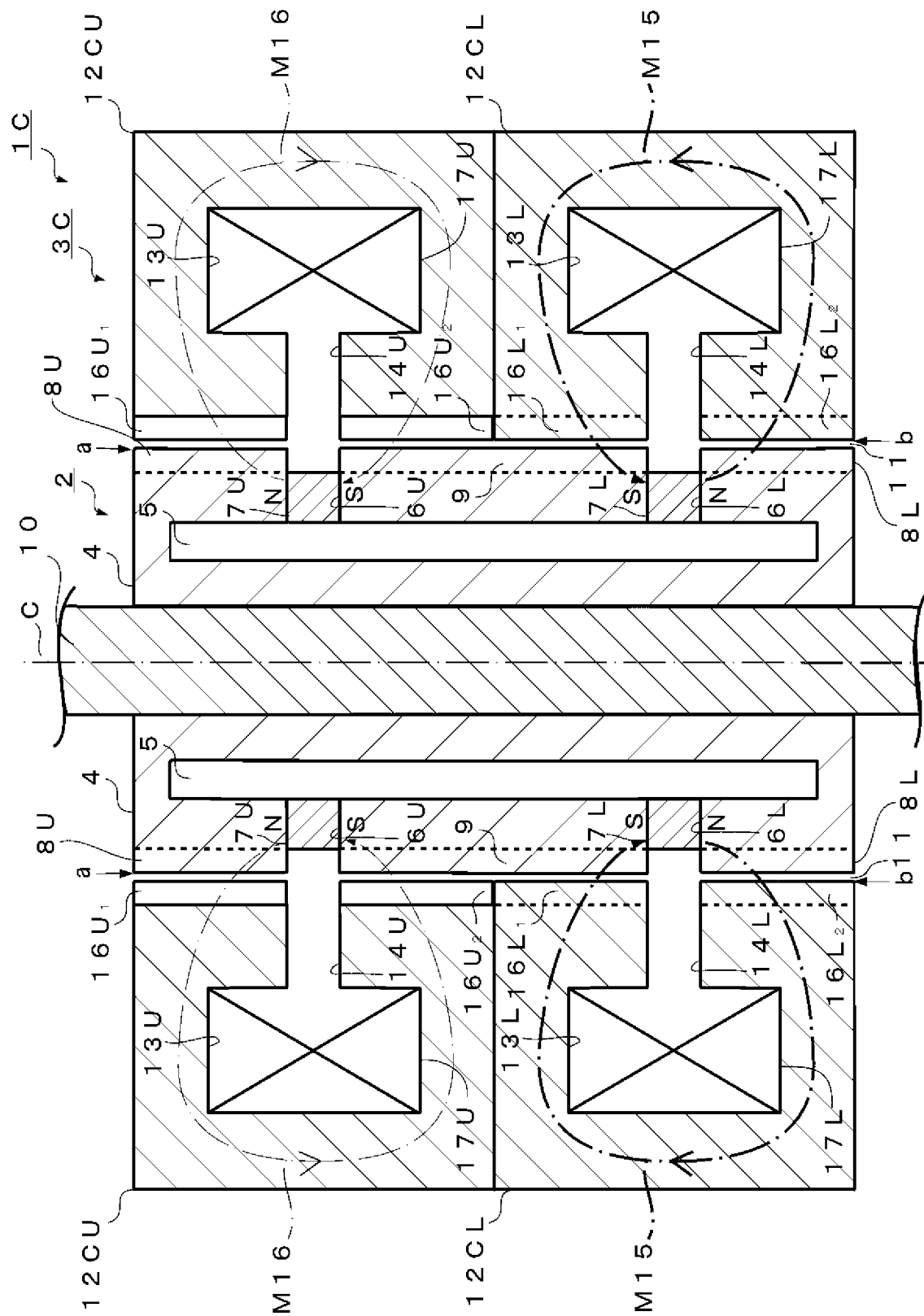
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 082566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K21 / 14 (2006.01) i, H02K21 / 02 (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)

H02K21 / 14, H02K21 / 02

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1 996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2013
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2013	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2013

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 2009-33930 A (Hideo HARADA), 12 February 2009 (12.02.2009), claims ; paragraph s [0006] to [0007]; fig . 1 to 13 & KR 10-2009-0012974 A	1-6
A	JP 2002-247818 A (Gene sis Co., Ltd.), 30 August 2002 (30.08.2002), claims ; paragraph s [0002] to [0016]; fig . 1 to 12 (Family : none)	1-6
A	JP 8-214519 A (Aki ra CHI BA), 20 August 1996 (20.08.1996), claims ; fig . 1 to 5 (Family : none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"I" 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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 February, 2013 (19.02.13)Date of mailing of the international search report
26 February, 2013 (26.02.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 082566

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/136574 A1 (Mit subishi Electric Corp.), 12 November 2009 (12.11.2009), fig. 1 to 28 & JP 4999990 B2 & US 2011/0070108 A1 & CN 102017373 A	1-6
A	JP 2006-25559 A (Denso Corp.), 26 January 2006 (26.01.2006), claims ; fig. 1 to 53 & US 2006/0006744 A1 & DE 102005032069 A1 & CN 1734901 A	1-6
A	Micro film of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 126151/1985 (Laid-open No. 52488/1986) (N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken), 09 April 1986 (09.04.1986), claims ; fig. 1 to 4 & US 4920294 A & EP 0173389 A1 & DE 8523360 U1	1-6
A	JP 2002-191160 A (Genesis Co., Ltd.), 05 July 2002 (05.07.2002), claims ; fig. 1 to 22 (Family : none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))
 Int.Cl. H02K21/14 (2006. 01) i , H02K21/02 (2006. 01) i

B. 一 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 (I P C))

Int.Cl. H02K21/14, H02K21/02

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	1 9 2 2 - 1 9
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0

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)
 年

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 2009-33930 A (原田 秀雄) 2009. 02. 12, 特許請求の範囲,段落 【0006】 - 【0007】 ,第 1-13 図 & KR 10-2009-0012974 A	1-6
A	JP 2002-247818 A (株式会社ゲネシス) 2002. 08. 30, 特許請求の範囲, 段落 【0002】 - 【0016】 ,第 1-12 図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 8-214519 A (千葉 明) 1996. 08. 20, 特許請求の範囲,第 1-5 図 (ファミリーなし)	1-6

☒ 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

IA 「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」
 IE 「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」
 IJ 「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)」
 IΘ 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
 IP 「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

IT 「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」
 IX 「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」
 IY 「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」
 I& 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

1 9 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

田村 耕作

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

3 V

9 6 1 8

C (続 き) . 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	wo 2009/136574 AI (三菱電機株式会社) 2009. 11. 12 , 第 1-28 図 & JP 4999990 B2 & US 2011/0070108 AI & CN 102017373 A	1-6
A	JP 2006-25559 A (株式会社デンソー) 2006. 01. 26 , 特許請求の範囲 , 第 1-53 図 & US 2006/0006744 AI & DE 102005032069 AI & CN 1734901 A	1-6
A	日本国実用新案登録出願 60-126151 号 (日本国実用新案登録出願公開 61-52488 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (エヌ・ベー・フィリップス・フルーイランペンフ アプリケン) 1986. 04. 09 , 実用新案登録請求の範囲 , 第 1-4 図 & US 4920294 A & EP 0173389 AI & DE 8523360 UI	1-6
A	JP 2002-191160 A (株式会社ゲネシス) 2002. 07. 05 , 特許請求の範囲 , 第 1-22 図 (ファミリーなし)	1-6