

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6358824号  
(P6358824)

(45) 発行日 平成30年7月18日 (2018.7.18)

(24) 登録日 平成30年6月29日 (2018.6.29)

(51) Int. Cl. F I  
H O 2 K 35/02 (2006.01) H O 2 K 35/02

請求項の数 6 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-59771 (P2014-59771)                  (22) 出願日 平成26年3月24日 (2014.3.24)                  (65) 公開番号 特開2015-186323 (P2015-186323A)                  (43) 公開日 平成27年10月22日 (2015.10.22)                  審査請求日 平成29年3月22日 (2017.3.22)</p>	<p>(73) 特許権者 504180239                  国立大学法人信州大学                  長野県松本市旭三丁目1番1号                  (72) 発明者 ト 穎剛                  長野県長野市若里四丁目17番1号 国立                  大学法人信州大学工学部内                  (72) 発明者 水野 勉                  長野県長野市若里四丁目17番1号 国立                  大学法人信州大学工学部内                  (72) 発明者 小柳津 一晃                  長野県長野市若里四丁目17番1号 国立                  大学法人信州大学工学部内                  審査官 森山 拓哉</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ヨークを備えるコイルと、  
 永久磁石を備える可動子と、  
 前記コイルの側方位置において、前記可動子の移動方向を前記コイルの軸線方向に沿うようにガイドするガイド機構と、  
前記可動子の移動範囲を規制し、しかも磁気的な吸引作用により、前記可動子を発散的に動作させる推力を生じさせる、軟磁性体からなるストッパ機構とを備え、  
 前記永久磁石は、前記可動子を前記コイルの軸線方向に往復動させた際に、コイルに鎖交する磁束の向きが可動子の動作に伴い反転する向きに着磁され、  
 前記可動子には、前記移動範囲の中央位置から可動子が変位した際に可動子を中央位置に引き戻す付勢力が付与され、しかも前記推力との合力は発散的であることを特徴とする 発電デバイス。

【請求項2】

前記ガイド機構は、前記可動子の移動方向を前記コイルの軸線方向に沿うようにガイドするとともに、前記可動子が前記移動範囲の中央位置から変位した際に、可動子を前記中央位置に引き戻す付勢力を付与する弾性支持体を備えることを特徴とする請求項1記載の発電デバイス。

【請求項3】

前記弾性支持体として板ばねを用いることを特徴とする請求項2記載の発電デバイス。

## 【請求項 4】

前記永久磁石は、前記コイルの軸線方向に垂直となる方向に着磁されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の発電デバイス。

## 【請求項 5】

前記可動子は、永久磁石と該永久磁石を支持するヨーク体とからなり、該ヨーク体は前記コイルの軸線方向に長手となる形状に設けられていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載の発電デバイス。

## 【請求項 6】

前記ストッパ機構は、

前記コイルの軸線方向の両端部に配されたストッパヨークと、

前記ヨーク体の両端部に、先端が前記コイルに向けて L 字形に折曲して設けられた折曲部とを備え、

前記可動子が移動した際に、前記ストッパヨークと前記折曲部とが相互に当接する配置に設けられていることを特徴とする請求項 5 記載の発電デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は発電デバイスに関し、より詳細にはコイルに対し磁束を鎖交させて配置した永久磁石を、コイルに対して往復動させることによりコイルに電圧を誘起させる発電デバイスに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

運動エネルギーを電気エネルギーに変換するデバイスとして、人の操作力を電気エネルギーに変換する発電デバイスがある。このような人の操作力を利用して発電させるデバイスを、例えば無線スイッチとして利用すれば、スイッチ用の配線が不要になり、スイッチの位置が自由に設定できることから、種々の用途へ応用利用することが可能である。

このような発電デバイスを無線スイッチに利用した例としては、スイッチの内部に、一方側と他方側に反転する形態に支持した永久磁石と、コイルとを配置し、スイッチを押す操作により永久磁石が反転する際に、コイルに鎖交する磁束が変化してコイルに発生する誘起電圧を利用してスイッチ用の無線素子を駆動する構成としたものがある（特許文献 1）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】米国特許 7 7 1 0 2 2 7

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上述した永久磁石とコイルとを備えた発電デバイスは、人の操作力のみによる発電作用を利用したスイッチであり、電池等の電源を要しないという利点がある。

しかしながら、上記発電デバイスは永久磁石を反転させて誘起電圧を発生させる構成としたために、デバイスの構造が複雑になるという問題がある。

## 【0005】

本発明は、人がスイッチ操作する場合のような切り替え操作に合わせて発電することができ、無線スイッチ等の駆動に利用することができる発電量を得ることができ、小型化が可能でスイッチ等に容易に組み込んで利用することができる発電デバイス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】

## 【0006】

本発明に係る発電デバイスは、ヨークを備えるコイルと、永久磁石を備える可動子と、

10

20

30

40

50

前記コイルの側方位置において、前記可動子の移動方向を前記コイルの軸線方向に沿うようにガイドするガイド機構と、前記可動子の移動範囲を規制し、しかも磁気的な吸引作用により、前記可動子を発散的に動作させる推力を生じさせる、軟磁性体からなるストッパ機構とを備え、前記永久磁石は、前記可動子を前記コイルの軸線方向に往復動させた際に、コイルに鎖交する磁束の向きが可動子の動作に伴い反転する向きに着磁され、前記可動子には、前記移動範囲の中央位置から可動子の変位した際に可動子を中央位置に引き戻す付勢力が付与され、しかも前記推力との合力は発散的であることを特徴とする。

【0007】

また、前記ガイド機構は、前記可動子の移動方向を前記コイルの軸線方向に沿うようにガイドするとともに、前記可動子が前記移動範囲の中央位置から変位した際に、可動子を前記中央位置に引き戻す付勢力を付与する弾性支持体を備えることを特徴とする。

10

また、前記弾性支持体として板ばねを用いることにより、ガイド機構の構成を簡素化することができ、板ばねの材質等を選択することで、可動子の移動速度等を簡単に調節できる点で有効である。

【0008】

また、前記永久磁石を着磁させる方法として、前記コイルの軸線方向に垂直となる方向に着磁することが有効である。

また、前記可動子は、永久磁石と該永久磁石を支持するヨーク体とからなり、該ヨーク体は前記コイルの軸線方向に長手となる形状に設けることにより、コイルに鎖交する磁束をコイルに集中させ、コイルに発生する誘起電圧を大きくすることができる。

20

【0009】

また、前記ストッパ機構は、前記コイルの軸線方向の両端部に配されたストッパヨークと、前記ヨーク体の両端部に、先端が前記コイルに向けてL字形に折曲して設けられた折曲部とを備え、前記可動子が移動した際に、前記ストッパヨークと前記折曲部とが相互に当接する配置に設けられていることにより、可動子の移動範囲を規制する要件と、コイルに永久磁石の磁束を集中させ、コイルに誘起する電圧を増大させる作用をともに達成することができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明に係る発電デバイスによれば、デバイスの小型化を図るとともに、可動子を移動させる操作に伴ってコイルに効率的に誘起電圧を発生させることができ、無線スイッチ等に組み込んでスイッチ操作に利用するといったことが容易に可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】発電デバイスの斜視図である。

【図2】発電デバイスの正面図である。

【図3】発電デバイスの力学運動ブロック図である。

【図4】電磁誘導発電デバイスの静推力と誘起電圧を測定する測定装置のブロック図である。

【図5】静推力特性についての解析結果を示すグラフである。

40

【図6】静推力特性の実測値と計算値を示すグラフである。

【図7】可動子の変位  $x$  における鎖交磁束数の算出結果を示すグラフである。

【図8】可動子の変位  $x$  における  $d \ / dx$  の算出結果を示すグラフである。

【図9】可動子の変位  $x$  と静推力  $F$  の時間特性の実測値を示すグラフである。

【図10】可動子の変位  $x$  と誘起電圧  $e$  の時間特性の実測値を示すグラフである。

【図11】可動子の変位  $x$  に対する可動子の速度の実測値と計算値のグラフである。

【図12】可動子の変位  $x$  に対する誘起電圧  $e$  の実測値と計算値を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(発電デバイスの構成例)

50

図1は本発明に係る発電デバイスの一実施形態の構成を示す斜視図である。本実施形態の発電デバイスは、永久磁石10に対してコイル20を永久磁石10の磁束が鎖交する配置に設け、永久磁石10をコイル20の側方に配置して、永久磁石10をコイル20の軸線方向(コイルの巻線の中心軸の方向)に往復動させることにより、コイル20に誘起電圧を発生させる構成としたものである。

**【0013】**

図1に示す発電デバイスは、プラスチック製の支持体(基台)30上にコイル20を固定し、軟磁性材からなるヨーク体12を、一对の板ばね14a、14bにより支持し、ヨーク体12のコイル20に対向する内面に永久磁石10を固定した構成を有する。

コイル20は支持体30上に設けた収容凹部32に嵌入して固定する。板ばね14a、14bは、ヨーク体12がコイル20の軸線方向に可動となるように支持する。永久磁石10はヨーク体12の内面に取り付けられた状態でコイル20の外面から離間する。永久磁石10とヨーク体12とは、コイル20に対して可動する可動子11を構成する。

**【0014】**

ヨーク体12に取り付ける永久磁石10は厚さ方向に着磁している(コイル20の軸線方向に垂直となる方向が着磁方向)。本実施形態ではコイル20に対向する側がN極、ヨーク体12に接する側をS極である。N極とS極は逆であってもよい。

永久磁石10を厚さ方向に着磁している理由は、可動子11をコイル20の軸線方向に往復動させた際に、コイル20に鎖交する磁束の向きが可動子11の動作に伴って反転し、コイル20に正負の電圧が誘起されるようにするためである。

**【0015】**

ヨーク体12は、長手方向(移動方向)の長さが、コイル20の軸線方向の長さよりも長く設けられ、板ばね14a、14bにより、コイル20の側方(上方)に位置するよう支持体30に支持される。

ヨーク体12の両端部は、それぞれ先端部が支持体30に向けてL字形に曲がる折曲部12a、12bとして形成される。板ばね14a、14bの一端部(上端部)は折曲部12a、12bの外側面にねじ止め固定され、板ばね14a、14bの他端部(基端部)は支持体30の外側面にねじ止め固定されて、支持体30にヨーク体12が支持される。

**【0016】**

板ばね14a、14bは、可動子11に外力が作用しない場合には支持体30に対して正立した位置(中央位置:変位が0の位置)にあり、可動子11が正立位置から一方あるいは他方に変位した際には、可動子11を正立位置に戻すように弾性力が作用する弾性支持体として作用する。すなわち、板ばね14a、14bは、永久磁石10とヨーク体12とからなる可動子11が、コイル20の軸線方向に沿って往復動可能となるように支持し、かつ、可動子11の移動経路がコイル20の軸線方向から逸脱しないように規制する作用をなす。

**【0017】**

可動子11の両端を板ばね14a、14bにより支持した場合、可動子11が往復動する際に、可動子11は正面方向から見て、コイル20の軸線方向と完全に平行には移動せず、僅かに傾きながら移動する。可動子11をコイル20の軸線方向に沿って移動させるとは、可動子11がコイル20の軸線方向に略沿って移動するという意味である。可動子11はコイル20の軸線方向と完全に平行に移動してもよいし、若干傾きながら移動してもよい。

**【0018】**

なお、可動子11を支持する弾性支持体は、板ばね14a、14bに限らない。弾性支持体は、可動子11が、コイル20の軸線方向に沿って往復動可能となるように支持し、かつ、可動子11の移動経路がコイル20の軸線方向から逸脱しないように支持するものであれば、適宜構成の弾性支持体を使用することができる。弾性支持体は一对設ける方法に限らず、1点あるいは3点以上で支持することもできるし、コイル20を支持する支持体30に共通に可動子11を支持するかわりに、発電デバイスを収容する筐体の適宜位置

10

20

30

40

50

に弾性支持体の基部を支持して可動子 11 を支持するといった方法によることもできる。

【0019】

図 2 は、発電デバイスの正面図である。ヨーク体 12 の長手方向がコイル 20 の軸線方向に平行に配置され、ヨーク体 12 に支持された永久磁石 10 がコイル 20 の外面に対向して配置されている。

支持体 30 に支持されたコイル 20 の上半部の両側面に配置されているのは軟磁性材からなるストッパヨーク 16a、16b である。ストッパヨーク 16a、16b は、平板体に形成され、コイル 20 の側面に当接して支持体 30 に支持されている。コイル 20 は芯部にヨーク 22 を備え、ストッパヨーク 16a、16b は、コイル 20 のヨーク 22 の端面に側面が接触する。

10

ストッパヨーク 16a、16b を軟磁性材により形成することにより、コイル 20 に永久磁石 10 の磁束を集中させ、可動子 11 が往復動したときにコイル 20 に鎖交する磁束の変化率を大きくし、コイル 20 に誘起される電圧を大きくすることができる。

【0020】

ストッパヨーク 16a、16b は可動子 11 が往復動した際に折曲部 12a、12b の内面が当接して可動子 11 の移動位置を規制する作用をなす。ヨーク体 12 の折曲部 12a、12b の延出長さと、ストッパヨーク 16a、16b の高さ寸法は、可動子 11 が往復動した際に、折曲部 12a、12b の内面がストッパヨーク 16a、16b の上端縁に当接するように設定する。ストッパヨーク 16a、16b の外面の、折曲部 12a、12b の内面が当接する上端縁には、折曲部 12a、12b による衝撃力を緩和するダンパ 18 がそれぞれ取り付けられている。ダンパ 18 には、樹脂材等を使用することができる。

20

【0021】

本実施形態の発電デバイスの寸法を図 1、2 に示す。

永久磁石 10 にはネオジウム系焼結磁石を使用し、ヨーク体 12 には構造用炭素鋼 S45C を使用した。板ばね 14a、14b にはステンレス鋼材 SUS301H を使用した。

また、本実施形態の発電デバイスの基本仕様は、次の通りである。

コイル 20 の銅線径  $d = 0.12(\text{mm})$ 、巻線数  $N = 650(\text{turn})$ 、コイルの占積率  $\rho = 0.39$ 、コイルの直流抵抗  $R_{dc} = 16.8(\Omega)$ 、可動子の質量  $m = 1.91(\text{g})$ 、可動子のストローク  $s = 4(\text{mm})$ 。可動子 11 の変位は、中央位置（中立位置）に対し  $\pm 2\text{mm}$  である。

【0022】

図 3 に本実施形態の発電デバイスの力学運動ブロック図を示す。このブロック図は力学運動方程式に基づいた手法であり、各定数をブロック図に入力して、解析ソフトを用いて解析することができる。可動子の速度および加速度をこのブロック図で解くことができるため、運動学のシミュレーションに多用されている。

30

ばね定数  $K$  は、静推力特性に基づいて求められる磁気ばね定数  $K_{ms}$  と機械ばね定数  $K_s$  から次の(1)式で表される。

$$K = K_{ms} + K_s (N/m) \cdots (1)$$

本実施形態の発電デバイスは、変位が大きくなるにしたがって推力が大きくなる発散系の磁気ばね特性を備える。減衰対数  $C$  は、次式(2)を用いて算出する。対数減衰率  $\delta$  は板ばね 14a、14b の実測値である  $\delta = 0.032$  を用いた。

40

$$C = 4m / T \log_{10} e = 4m / (\log_{10} e \times 2) \times (K/m)^{1/2} (N \cdot s/m) \cdots (2)$$

誘起電圧  $e$  は、コイル 20 に鎖交する磁束の時間あたりの変化率と可動子の速度から次式(3)によって算出する。 $\Phi$  はコイル 20 に鎖交する磁束 (Wb)、 $x$  は可動子の変位 (m)、 $t$  は時間 (s) である。

$$e = -d\Phi/dt = -(d\Phi/dx) \times (dx/dt) (V) \cdots (3)$$

【0023】

(測定装置の構成)

図 4 に静推力と誘起電圧を測定する測定装置のブロック図を示す。測定装置は、可動子 11 の変位を計測するためのレーザ変位計 40 と、可動子 11 を手動操作するハンドル 42a を備える操作部 42 と、可動子 11 に作用する推力を計測するロードセル 44 と、コ

50

イル 20 の誘起電圧を計測するためのデジタルオシロスコープ 46 とを備える。

レーザ変位計 40 はヨーク体 12 の一端側に配置して可動子 11 の変位を測定し、操作部 42 はヨーク体 12 の他端側に連繋して配置し、可動子 11 に操作力を作用させた。操作部 42 として、ねじ式の送り機構を使用した。

デジタルオシロスコープ 46 に、コイル 20 の誘起電圧  $e$ 、可動子 11 の変位  $x$ 、可動子 11 に作用する推力  $F$  (ロードセル 44 の出力) を入力し、変位  $x$  における推力  $F$ 、変位  $x$ 、推力  $F$ 、誘起電圧  $e$  についての時間特性等を測定した。

【0024】

(静特性)

本実施形態の発電デバイスの静特性を調べるため、電磁界解析ソフトを用いて静磁界解析により永久磁石 10 とヨークによる吸引力を算出し、ばねの応力解析を行って板ばね 14a、14b による機械的な力を算出した。静磁界解析及び応力解析は三次元直交座標系での解析を行い、静磁界解析での要素数は約 5 万個、応力解析の要素数は約 1 万個である。

なお、永久磁石 10 とヨークとの吸引力は、永久磁石 10 とヨーク 22 との吸引力と、ストッパヨーク 16a、16b を介して作用する吸引力の双方の作用による。

【0025】

表 1 に静磁界解析条件、表 2 に応力解析条件を示す。

【表 1】

永久磁石	残留磁束密度	1.27 (T)
	保磁力	-1001 (kA/m)
	最大エネルギー積	314 (kJ/m <sup>3</sup> )
	リコイル比透磁率	1.01
空気	比透磁率	1
コイル	比透磁率	1
ヨーク	飽和磁束密度	1.9 (T) H=15 (kA/m)

【0026】

【表 2】

板ばね	ヤング率	$1.93 \times 10^5$ (MPa)
	ポアソン比	0.30
	密度	$7.93$ (g/cm <sup>3</sup> )
永久磁石	ヤング率	$1.6 \times 10^5$ (MPa)
	ポアソン比	0.24
	密度	$7.5$ (g/cm <sup>3</sup> )
ヨーク	ヤング率	$2.1 \times 10^5$ (MPa)
	ポアソン比	0.28
	密度	$78$ (g/cm <sup>3</sup> )
基台	ヤング率	$2.3 \times 10^3$ (MPa)
	ポアソン比	0.39
	密度	$1.19$ (g/cm <sup>3</sup> )

【0027】

図 5 に静推力特性についての解析結果を示す。図 5 の横軸は可動子 11 の変位  $x$  (mm) であり、縦軸が可動子 11 の変位位置  $x$  における可動子 11 に作用する静推力  $F_m$  及び  $F_s$  と、 $F_m$  と  $F_s$  の和を示す。静推力  $F_m$  は、永久磁石 10 とヨークとの磁気的な作用による推力であり、 $F_s$  は板ばね 14a、14b による機械的な推力である。

【0028】

板ばね 14a、14b による推力  $F_s$  (破線) は、変位  $x$  が正の範囲では推力が負となり、負の範囲では推力が正となる。すなわち、可動子 11 が中央位置 (中立位置) から正の方向に動くと、板ばね 14a、14b は可動子 11 を中央位置に戻そうとするように作用し、負の方向に動くと、可動子 11 を中央位置に引き戻そうとするように作用する。

## 【 0 0 2 9 】

一方、永久磁石 1 0 とヨークによる推力  $F_m$  (実線) は、可動子 1 1 が中央位置を超えて正の方向に変位すると正の推力が発生し、可動子 1 1 が中央位置を超えて負の方向に変位すると負の推力が発生することを示す。この作用は、可動子 1 1 が中央位置を超えて正の方向に変位すると、可動子 1 1 をさらに正の方向に変位させようとし、可動子 1 1 が中央位置を超えて負の方向に変位すると、可動子 1 1 をさらに負の方向に変位させようとする作用、すなわち発散系の作用であることを意味する。

永久磁石 1 0 とヨーク 2 2 による推力  $F_m$  の大きさは、可動子 1 1 がストッパヨーク 1 6 a、1 6 b に当接する最大変位位置 (停止位置) の近傍で大きく変化している。

## 【 0 0 3 0 】

10

実際に可動子 1 1 に作用する推力は、永久磁石 1 0 とヨーク 2 2 による推力  $F_m$  と、板ばね 1 4 a、1 4 b による推力  $F_s$  を合わせたものである。図 5 に、可動子 1 1 に作用する推力  $F_m$  と推力  $F_s$  を合わせたグラフ ( $F_m + F_s$ ) を示した。

$F_m + F_s$  のグラフを見ると、可動子 1 1 が中央位置を超えて正の方向に移動する際には正の推力が作用し、負の方向に移動する際には負の推力が作用している。したがって、本実施形態の発電デバイスは発散的な作用をなすこと、すなわち、可動子 1 1 は正方向と負方向でストッパヨーク 1 6 a、1 6 b に当接した状態で安定的に停止する状態になり、外力の作用によって 2 つの停止位置間において交互に切り替わるように移動する動作をなすことがわかる。

## 【 0 0 3 1 】

20

図 5 の  $F_m + F_s$  のグラフを 1 次近似すると (図 5 の 1 点鎖線)、変位  $x = -2 \text{ mm}$  のとき、 $F = F_m + F_s = -0.768 \text{ N}$  となる。

前述した磁気ばね定数  $K_{ms}$  と機械ばね定数  $K_s$  は次式から求められる。

$$K_{ms} = F_m / x \quad (\text{N/m}) \quad K_s = F_s / x \quad (\text{N/m})$$

(1) 式のばね定数  $K$  は、 $K = K_{ms} + K_s = F_m / x + F_s / x$  であるから、ばね定数  $K = 384$  ( $\text{N/m}$ ) となる。

## 【 0 0 3 2 】

図 6 は静推力特性の実測値 (実線) と計算値 (破線) を示すグラフである。計算値は、図 5 の  $F_m + F_s$  を 1 次近似したものである。変位  $x = -2 \text{ mm}$  のときの静推力の実測値は  $-0.95 \text{ N}$  で、静推力の最大計算誤差は 23% であった。静推力の計算には有限要素法を用いたため、計算誤差の原因は計算手法によるものと考えられる。

30

## 【 0 0 3 3 】

図 7 に、静磁界解析により、可動子 1 1 の変位位置  $x$  における鎖交磁束数を算出した結果を示す。変位  $x = \pm 2 \text{ mm}$  のとき、鎖交磁束数は  $6.12 \text{ (mWb)}$  で最大となった。

図 8 に、可動子 1 1 の変位位置  $x$  における  $d \text{ } / dx$  を算出した結果を示す。図 7 に示した鎖交磁束数 - 変位特性を 6 次の多項式で近似し、それを微分することにより図 8 のグラフを求めた。変位  $x = \pm 2 \text{ mm}$  のとき、 $d \text{ } / dx$  は、 $4.66 \text{ (Wb/m)}$  で最大値となった。

## 【 0 0 3 4 】

(動特性)

図 9 に変位 - 時間特性 (実線) と、静推力 - 時間特性 (破線) の実測値を示す。図 9 は、可動子を一方側 (負側) から他方側 (正側) へ押動するときに、初期状態では大きな推力  $F$  を要し、時間経過とともに徐々に推力が小さくなること、可動子の動作についてみると、推力により可動子が一方側から他方側に徐々に変位していき、可動子が中央位置 (0 点位置) を超えると、一気に正側に変位することを示す。グラフは、変位  $x = 0$  を超えると、直線的に起立し、短時間で変位  $x = 1.94 \text{ mm}$  まで変化している。

40

## 【 0 0 3 5 】

図 10 に変位  $x$  の時間特性と、誘起電圧  $e$  の時間特性についての実測値を示す。可動子 1 1 の変位  $x$  を実線、誘起電圧  $e$  を破線で示す。誘起電圧  $e$  は可動子 1 1 がストッパに当接する直前で大きく変化する。図 10 では、横軸 (時間軸) の範囲を可動子 1 1 がストッパに当接する前後近傍に限定して、拡大表示している。変位  $x = 1.94 \text{ mm}$  のとき、誘起電

50

圧  $e = 3.66 \text{ V}$  である。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 は可動子の変位  $x$  ( $x = 0 \sim 2 \text{ mm}$ ) に対する可動子の速度の実測値 (実線) と計算値 (破線) を示す。可動子 1 1 の速度の実測値は、図 1 0 に示す変位特性の実測グラフを 6 次の多項式で近似し、それを微分して求めた。速度の計算値は、図 3 のブロック図に各定数を入力して算出した。

可動子 1 1 の変位  $x = 1.94 \text{ mm}$  のときの速度の実測値と計算値を比較すると、速度の実測値は  $0.76 \text{ m/s}$ 、計算値は  $0.85 \text{ m/s}$  である。速度の計算誤差は  $11\%$  である。

【 0 0 3 7 】

図 1 2 に可動子の変位  $x$  ( $x = 0 \sim 2 \text{ mm}$ ) に対する誘起電圧  $e$  の実測値と計算値を示す。誘起電圧  $e$  の実測値は出力端を開放したときの値である。また、可動子の初速度が  $0 \text{ m/s}$  として、可動子を変位させたときの最大誘起電圧を求めた。可動子の初速度とは、可動子が中央位置 ( $x = 0 \text{ mm}$ ) にあるときの速度であり、初速度  $0 \text{ m/s}$  とは、可動子が中央位置にあるときの初速が  $0 \text{ m/s}$  ということである。

誘起電圧  $e$  の実測値と計算値はそれぞれ、 $3.66 \text{ V}$  と  $3.97 \text{ V}$  であり、誘起電圧の計算誤差は  $8.7\%$  であった。

出力端を開放したときの誘起電圧は  $3.66 \text{ V}$  であるが、本発電デバイスの内部インピーダンスと同等の負荷を接続した場合の出力電圧は  $3.66 \text{ V}$  の半分程度になると考えられ、その場合の出力電圧は  $1.83 \text{ V}$  とみなすことができる。

【 0 0 3 8 】

上述した実施形態の発電デバイスは、永久磁石 1 0 とヨーク体 1 2 とからなる可動子 1 1 をコイル 2 0 の側方で、コイル 2 0 の軸線方向に沿って往復動させることにより、コイル 2 0 に誘起電圧を発生させること、可動子 1 1 を支持する板ばね 1 4 a、1 4 b の弾性作用と、永久磁石 1 0 と、コイル 2 0 のヨーク 2 2、ストッパヨーク 1 6 a、1 6 b との磁気的な吸引作用により、可動子 1 1 が力学的には発散的な動作となることが特徴的である。本実施形態では、可動子 1 1 の移動位置を規制するためにストッパ機構として、ヨーク体 1 2 の折曲部 1 2 a、1 2 b とストッパヨーク 1 6 a、1 6 b を設け、可動子 1 1 の移動範囲を規制するとともに、可動子 1 1 の移動端位置が安定的な停止位置となり、2 つの停止位置間で可動子 1 1 が往復動する切り替え動作がなされる。

【 0 0 3 9 】

ストッパ機構により可動子 1 1 の移動が規制される 2 つの停止位置間で可動子 1 1 が交互に移動する動作は、ON-OFF 操作のスライドスイッチのような、複数の停止位置 (クリック位置) を備える装置にみられる動作に対応する。上述した発電デバイスは、可動子 1 1 を往復動作に伴ってコイル 2 0 に誘起電圧を発生させるから、たとえば可動子 1 1 をスライドスイッチに連繋して設けておけば、スライドスイッチの ON-OFF 操作に連動して、コイル 2 0 に誘起電圧を発生させることができる。

【 0 0 4 0 】

上述した発電デバイスは可動子 1 1 のストロークが  $\pm 2 \text{ mm}$  と僅かであり、この発電デバイスをスライドスイッチに使用しても、ストロークがスイッチ操作の支障となるものではない。逆に、スイッチのストロークに合わせて発電デバイスのストロークを調節することもできる。また、上記発電デバイスの大きさは  $18.6 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \times 15.5 \text{ mm}$  であり、小型であることから、スイッチに内蔵することも容易に可能である。

上記発電デバイスの実効的な出力電圧は  $2 \text{ V}$  程度であるが、この出力電圧は、たとえば無線スイッチ用の素子を駆動する電圧として十分に利用できる。したがって、無線スイッチに上記の発電デバイスを組み込み、スイッチ操作により無線素子を駆動することによって室内灯の ON-OFF に利用するといったことが可能である。この無線スイッチは、スイッチ操作のみによって発電するから、電池等の電源が不要であり、スイッチ用の室内配線が不要になるという利点もある。もちろん、発電デバイスは無線スイッチに使用する他に種々の装置に使用することができる。

【 0 0 4 1 】



なお、上記発電デバイスでは、可動子 1 1 が永久磁石 1 0 とヨーク体 1 2 とから構成されるが、可動子 1 1 は少なくとも永久磁石 1 0 を備えていればよい。永久磁石 1 0 とヨーク体 1 2 とを組み合わせて使用しているのは、コイル 2 0 に鎖交する永久磁石 1 0 の磁束を効率的にコイル 2 0 に作用させるためである。

また、ヨーク体 1 2 に設けた折曲部 1 2 a、1 2 b は、ストッパヨーク 1 6 a、1 6 b との組み合わせにより可動子 1 1 の移動範囲を規制するストッパ機構を構成する。可動子 1 1 の移動範囲を規制するストッパ機構は、上記実施形態の構成に限定されるものではない。たとえば、発電デバイスを収納する筐体自体に可動子 1 1 の移動範囲を規制するストッパを設けることも可能であり、ストッパの取り付け位置も適宜選択することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

ただし、ヨーク体 1 2 に折曲部 1 2 a、1 2 b を設け、コイル 2 0 側に軟磁性体からなるストッパヨーク 1 6 a、1 6 b を設けた構成は、永久磁石 1 0 の磁束をコイル 2 0 側に集中させる作用を兼ねている点で有効である。コイル 2 0 もヨークを備えない構成とすることも可能であるが、コイル 2 0 にヨークを設けることで、永久磁石 1 0 の磁束を効率的にコイル 2 0 に作用させることができ、コイル 2 0 の誘起電圧を大きくすることができる。

なお、コイル 2 0 に誘起される電圧は永久磁石 1 0 の強さや、ヨーク体 1 2 等の各部の材質、可動子 1 1 のストローク長などの種々の仕様によって変動する。したがって、発電デバイスの大きさ等の制限や、必要とする出力電圧に応じて、使用する材料、各部材の寸法等を選択する必要がある。

#### 【 0 0 4 3 】

上記実施形態の発電デバイスでは、可動子 1 1 を支持する弾性支持体として板ばね 1 4 a、1 4 b を使用した。板ばね 1 4 a、1 4 b は、使用するばね材のばね定数といった特性値を選択することにより、可動子 1 1 の動作を調節して、可動子 1 1 のストローク長を変えたり、コイル 2 0 の誘起電圧を帰るといったことが容易にできるという利点もある。

しかしながら、可動子 1 1 がコイル 2 0 の軸線方向に沿って往復動するように支持するガイド機構は、板ばね 1 4 a、1 4 b を用いる方法に限るものではない。たとえば、ボールベアリングを用いたガイド機構やスライドガイド等のガイド機構を利用して可動子 1 1 の移動方向をコイル 2 0 の軸線方向に平行にガイドすることも可能である。これらのガイド機構を利用する場合も、可動子 1 1 の移動範囲を規制するストッパ機構を設け、可動子 1 1 が安定支持される 2 つの停止位置間で可動子 1 1 が往復動するように設ければよい。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 4 】

- 1 0 永久磁石
- 1 1 可動子
- 1 2 ヨーク体
- 1 2 a、1 2 b 折曲部
- 1 4 a、1 4 b 板ばね
- 1 6 a、1 6 b ストッパヨーク
- 2 0 コイル
- 2 2 ヨーク
- 3 0 支持体
- 4 0 レーザ変位計
- 4 2 操作部
- 4 4 ロードセル
- 4 6 デジタルオシロスコープ

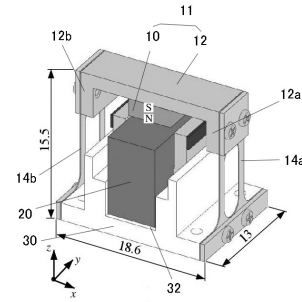
10

20

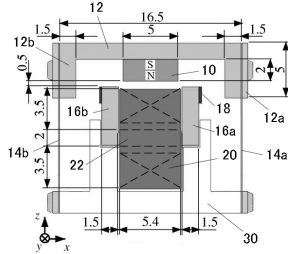
30

40

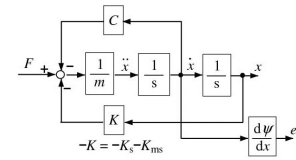
【 図 1 】



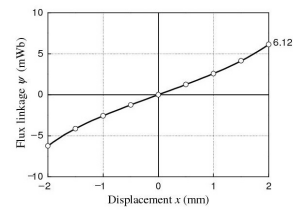
【 図 2 】



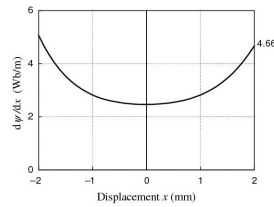
【 図 3 】



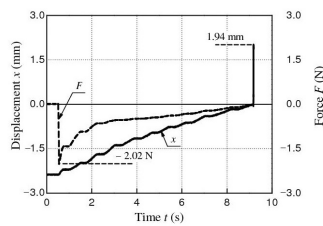
【 図 7 】



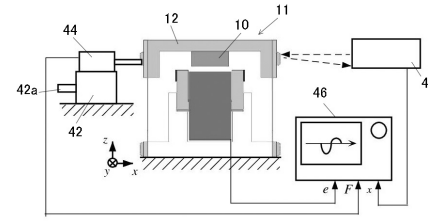
【 図 8 】



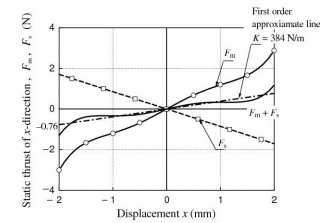
【 図 9 】



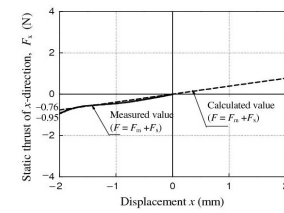
【 図 4 】



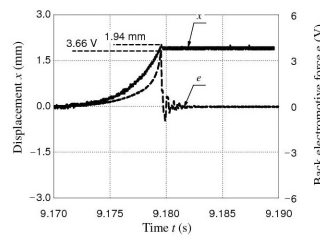
【 図 5 】



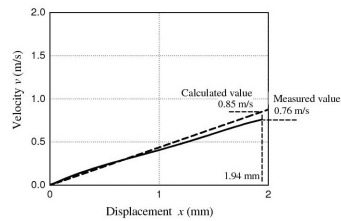
【 図 6 】



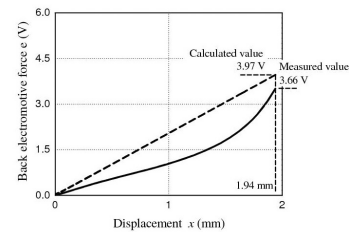
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-122765(JP,A)  
特開昭51-109408(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02K 35/00 - 35/06