

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-527686

(P2007-527686A)

(43) 公表日 平成19年9月27日(2007.9.27)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>HO2K 33/16</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 33/16	A	5H633
<b>HO2K 35/02</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 35/02		

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2006-518712 (P2006-518712)	(71) 出願人	506004300 タイアックス エルエルシー アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O 2140, ケンブリッジ, エイコーン パ ーク 15番地
(86) (22) 出願日	平成16年6月29日 (2004.6.29)	(74) 代理人	100087701 弁理士 稲岡 耕作
(85) 翻訳文提出日	平成18年2月27日 (2006.2.27)	(74) 代理人	100101328 弁理士 川崎 実夫
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/020845	(74) 代理人	100103517 弁理士 岡本 寛之
(87) 国際公開番号	W02005/006522	(72) 発明者	チェルトク, アラン アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O 1730, ベッドフォード, ノース ロー ド 359番地
(87) 国際公開日	平成17年1月20日 (2005.1.20)		
(31) 優先権主張番号	10/612, 723		
(32) 優先日	平成15年7月2日 (2003.7.2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

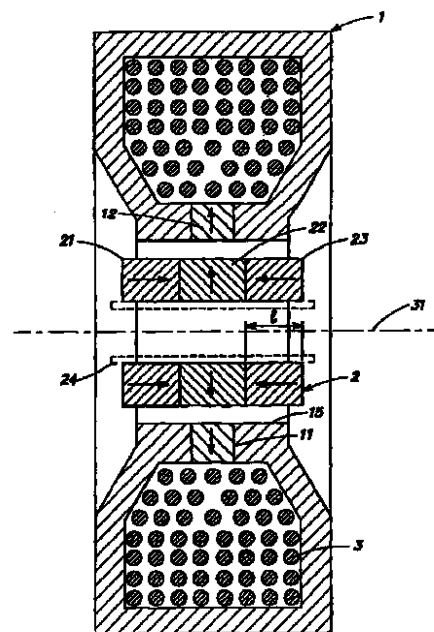
(54) 【発明の名称】 電力発生またはモータードライブ用線形電気機械

## (57) 【要約】

【課題】 フリーピストンスターリングエンジンまたは電源を発生させるその他の線形モーション原動機により駆動される線形電気機械を提供する。

【解決手段】 線形電気機械(10)が交流発電機またはモーターとして機能をすることができる。3つの環状磁石(21, 22, 23)がコア(1)と関連して移動するように設けられることができる。前記磁石は全て異なる磁気方向を有することができる。2つの磁石(21, 23)が前記磁石が前記コアと関連して移動する軸(31)に平行な方向に指向されたN極を有することができる。また一つの磁石(22)は軸と垂直な方向に指向されたN極を有することができる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

電流を伝達するようになったコイル、  
中心開口を有し、磁束に対して相対的に低い磁気抵抗通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコア、及び

縦軸に沿って中心開口内で線形的に往復移動するようになった可動要素を含む線形電気機械であって、

前記可動要素は単に縦軸に沿って配列された第1、第2及び第3磁石を有し、前記第1磁石は前記第2磁石と引接し、前記第2磁石は前記第3磁石に引接し、それぞれの第1、第2及び第3磁石は異なる磁気方向を有することを特徴とする線形電気機械。

10

## 【請求項2】

第1、第2及び第3磁石全て、磁石のN極が半径方向内側に指向するようにする磁気方向を有しないことを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項3】

前記各磁石は中空であり、環状または多角形断面形状を有することを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項4】

前記磁石内部に配置されたバックアイアン要素をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項5】

前記コアは、コイルを内部で受け入れるためにクラムシェルタイプ配列で共に結合された2つの半分を含むことを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

20

## 【請求項6】

前記第1、第2及び第3磁石のうち一つを前記コアの一部に整列させるように押すスプリング磁石をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項7】

前記スプリング磁石は、前記第2磁石を前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項6に記載の線形電気機械。

## 【請求項8】

前記第1及び第3磁石は、縦軸に平行なN極を有し、第2環状磁石は前記縦軸に垂直なN極を有することを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

30

## 【請求項9】

前記第2磁石は半径方向外側に指向されたN極を有し、前記各第1及び第3磁石は前記第2磁石に向けて指向されたN極を有することを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項10】

前記それぞれの第1、第2及び第3磁石は、中心ピストンから可動要素の最大変位の半分より大きい縦軸と平行な方向への長さを有することを特徴とする請求項1に記載の線形電気機械。

## 【請求項11】

電流を伝達するようになったコイル、  
中心開口を有する環状のコアであって、磁束に対して相対的に低い磁気抵抗通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコア、

40

縦軸に沿って中心開口内で線形的に往復移動するようになった縦軸を有する可動要素であって、前記縦軸を配列されて互いに引接した3つの磁石を有し、各磁石は引接磁石の磁気方向が互いに90°以内であるようにする異なる磁気方向を有する可動要素、及び

前記磁石により発生された磁気場により誘導された磁束のための通路を提供する前記磁石内に配置された軟磁性材料を含むことを特徴とする線形電気機械。

## 【請求項12】

可動要素が含まれた磁石の全ては、磁石のN極が半径方向内側に向かうようにする磁気方向を有しないことを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

50

## 【請求項 13】

前記それぞれの磁石は環状を有することを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

## 【請求項 14】

前記軟磁性材料は前記磁石の内部に配置されたスリーブを含むことを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

## 【請求項 15】

前記コアはコイルを内部に受け入れるためにクラムシェルタイプ配列で共に結合された2つの半分を含むことを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

## 【請求項 16】

前記3つの磁石のうち一つを前記コアの一部分に整列させるように押すスプリング磁石をさらに含むことを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。 10

## 【請求項 17】

前記スプリング磁石は、磁石のうち一つを前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項16に記載の線形電気機械。

## 【請求項 18】

前記3つの磁石は、第2環状磁石に引接した第1環状磁石と、前記第2環状磁石に引接した第3環状磁石を含み；前記第1及び第3環状磁石は縦軸に平行なN極を有し、前記第2環状磁石は縦軸に垂直なN極を有することを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

## 【請求項 19】

前記第2環状磁石は半径方向外側に指向されたN極を有し、前記各第1及び第3環状磁石は前記第2環状磁石に向けて指向されたN極を有することを特徴とする請求項18に記載の線形電気機械。 20

## 【請求項 20】

前記それぞれの3つの磁石は、中心ピストンから可動要素の最大変位の半分より大きい縦軸と平行な方向への長さを有することを特徴とする請求項11に記載の線形電気機械。

## 【請求項 21】

電流を伝達するようになったコイル、

前記コイルに引接した磁束に対して通路を提供するために前記コイルに関連して配置されたコア、及び

縦軸に沿って配列され、前記コイルと連結する前記コア内で磁束と相互作用する第1、第2及び第3磁石を含む線形電気機械であって； 30

前記第1磁石は前記第2磁石と引接し、前記第2磁石は前記第3磁石と引接し、それぞれの前記第1、第2及び第3磁石は磁石のうち一つが縦軸にほとんど垂直に指向されたN極を有し、他の2つの磁石は前記縦軸とほとんど平行するように指向されたN極を有するように異なる磁気方向を有し、

前記縦軸にほとんど垂直な磁気方向を有する全ての磁石が、全ての磁石のN極は半径方向の内部または外部方向のうち一つとなり、前記磁石及び前記コイルの少なくとも一つは前記縦軸に平行な線形方向に、異なるものと関連して移動するように配列されることを特徴とする線形電気機械。

## 【請求項 22】

可動要素が含まれた前記磁石の全ては、前記磁石のN極が半径方向内側に指向されるようにする磁気方向を有しないことを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。 40

## 【請求項 23】

前記それぞれの磁石は環状を有することを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。

## 【請求項 24】

前記磁石は環状磁石であり、軟磁性材料が磁石内部または外部に配置されることを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。

## 【請求項 25】

前記コアはコイルを内部に受け入れるためにクラムシェルタイプ配列で共に結合された2つの半分を含むことを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。 50

## 【請求項 26】

前記3つの磁石のうち一つを前記コアの一部分に整列させるように押すスプリング磁石をさらに含むことを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。

## 【請求項 27】

前記スプリング磁石は磁石のうち一つを前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項26に記載の線形電気機械。

## 【請求項 28】

前記磁石は第2環状磁石に引接した第1環状磁石と、前記第2環状磁石に引接した第3環状磁石を含み、前記第1及び第3環状磁石は前記縦軸に平行なN極を有し、前記第2環状磁石は前記縦軸に垂直なN極を有することを特徴とする請求項21に記載の線形電気機械。

10

## 【請求項 29】

前記第2環状磁石は半径方向外側に指向されたN極を有し、前記各第1及び第3環状磁石は前記第2環状磁石に向けて指向されたN極を有することを特徴とする請求項28に記載の線形電気機械。

## 【請求項 30】

前記それぞれの磁石は、前記縦軸に沿って前記磁石と前記コイル間の相対移動の最大量の半分より大きい縦軸と平行な方向への長さを有することを特徴とする請求項第21に記載の線形電気機械。

## 【請求項 31】

電流を伝達するようになったコイル、  
前記コイルに引接した磁束に対して通路を提供するために前記コイルに関連して配置されたコア、及び

20

縦軸に沿って配列され、前記コイルと連結する前記コア内で磁束と相互作用する第1、第2及び第3磁石を含む線形電気機械であって、

前記第1磁石は前記第2磁石と引接し、前記第2磁石は前記第3磁石と引接し、それぞれの前記第1、第2及び第3磁石は異なる磁気方向を有し、

前記磁石及び前記コイルの少なくとも一つは前記縦軸と平行な線形方向に他の一つと関連して移動するように配列され、前記各第1、第2及び第3磁石は縦軸に沿って前記磁石と前記コイルの相対移動の最大量の半分より大きい縦軸方向への長さを有することを特徴とする線形電気機械。

30

## 【請求項 32】

可動要素が含まれた前記磁石の全ては、前記磁石のN極が前記コアから遠ざかる方向に指向されるようにする磁気方向を有しないことを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

## 【請求項 33】

前記それぞれの磁石は、環状構造で配列された複数の分割磁石セグメントを含むことを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

## 【請求項 34】

前記磁石は環状磁石であり、軟磁性材料が磁石内部または外部に配置されることを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

40

## 【請求項 35】

前記コアはコイルを内部に受け入れるためにクラムシェルタイプ配列で共に結合された2つの半分を含むことを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

## 【請求項 36】

前記3つの磁石のうち一つを前記コアの一部分に整列させるように押すスプリング磁石を含むことを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

## 【請求項 37】

前記スプリング磁石は、磁石のうち一つを前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項36に記載の線形電気機械。

## 【請求項 38】

50

前記磁石は第2環状磁石に引接した第1環状磁石と、前記第2環状磁石に引接した第3環状磁石を含み、前記第1及び第3環状磁石は前記縦軸に平行なN極を有し、前記第2環状磁石は前記縦軸に垂直なN極を有することを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

【請求項39】

前記第2環状磁石は半径方向外側に指向されたN極を有し、前記各第1及び第3環状磁石は前記第2環状磁石に向けて指向されたN極を有することを特徴とする請求項38に記載の線形電気機械。

【請求項40】

前記コア及びコイルは前記磁石の開口内で移動することができることを特徴とする請求項31に記載の線形電気機械。

10

【請求項41】

電流を伝達するようになったコイル、ギャップを有し、前記コイルと連結する磁束に対して通路を提供するように前記コイルに関連して配置されたコア、

縦軸に沿って配列され、前記コイルと連結する前記コア内で磁束と相互作用する第1、第2及び第3磁石であって、前記第1磁石は前記第2磁石と引接し、前記第2磁石は前記第3磁石と引接し、前記第1、第2及び第3磁石のうち一つは前記磁石のN極が前記縦軸と平行に指向されるようにする磁気方向を有する第1、第2及び第3磁石及び

前記コアのギャップに位置され、磁気方向を有する第4磁石を含む線形電気機械であって；

20

前記第1、第2及び第3磁石と前記コアのうち少なくとも一つは縦軸に平行な線形方向に異なるものと関連して移動するように配列され、前記第4磁石の磁気方向は前記第1、第2及び第3磁石のうち一つを前記コアに整列させるために押すように配列されることを特徴とする線形電気機械。

【請求項42】

可動要素が含まれた前記磁石の全ては、前記磁石のN極が前記コアから遠ざかる方向に指向されるようにする磁気方向を有しないことを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

【請求項43】

前記それぞれの磁石は、環状構造で配列された複数の分割磁石セグメントを含むことを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

30

【請求項44】

前記磁石は環状磁石であり、軟磁性材料が磁石内部または外部に配置されることを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

【請求項45】

前記コアはコイルを内部に受け入れるためにクラムシェルタイプ配列で共に結合された2つの半分を含むことを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

【請求項46】

前記スプリング磁石は磁石のうち一つを前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

40

【請求項47】

前記スプリング磁石は前記第2磁石を前記スプリング磁石に整列させるように押すことを特徴とする請求項46に記載の線形電気機械。

【請求項48】

前記磁石は第2環状磁石に引接した第1環状磁石と、前記第2環状磁石に引接した第3環状磁石を含み、前記第1及び第3環状磁石は縦軸に平行なN極を有し、前記第2環状磁石は前記縦軸に垂直なN極を有することを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

【請求項49】

前記第2環状磁石は半径方向外側に指向されたN極を有し、前記各第1及び第3環状磁石は前記第2環状磁石に向けて指向されたN極を有することを特徴とする請求項48に記載の線形

50

電気機械。

【請求項50】

前記コアは中心開口を含み、前記磁石は前記中心開口内部で移動することを特徴とする請求項49に記載の線形電気機械。

【請求項51】

それぞれの前記磁石は縦軸に沿って中心ピストンから前記磁石の最大変位の半分より大きい縦軸と平行な方向への長さを有することを特徴とする請求項41に記載の線形電気機械。

【請求項52】

電流を伝達するようになったコイル、  
磁束に対する通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコアであって、中心開口を有する環状であり、粉末軟磁性材料で形成されるコア、及び  
縦軸に沿って前記中心開口内で線形的に往復移動するようになった縦軸を有する可動要素であって、前記縦軸に沿って配列された磁石を有する可動要素を含むことを特徴とする線形電気機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力発生またはモータドライブ用線形電気機械に関するものである。

【背景技術】

【0002】

静かで効率的な電力発生は多様な適用例において重要である。例えば、人と非常に近接した電力発生システムを有するポートやその他場所は静かに作動される必要がある。従って、このような適用例において、タービン、内燃エンジン及びその他動力源は、時々その使用面で非常に騒音が激しい。しかし、フリーピストンスターリングエンジンは非常に静かに作動し、かつ電力を生成する線形交流発電機で言及された線形電気機械を駆動させるものと使用されてきた。(ここで、用語“交流発電機”は、一般的に交流電流、直流電流またはその他形態の電力を発生させる全ての形態の電力発生装置を言及するものと使用される。12V DC出力を供給する整流器に設けられた自動“交流発電機”の場合を除くと、用語“交流発電機”は、AC電源を発生する電気機械であると理解される。)これら電力発生システムは、典型的に交流発電機を駆動するフリーピストンスターリングエンジン(FPSE)におけるピストンのモーション範囲内で効率的に作動できる線形交流発電機に最も適している。

【特許文献1】米国特許第6,342,108号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の一実施形態において、線形電気機械は電力発生用に適合するように提供される。

【課題を解決するための手段】

【0004】

一実施形態で線形電気機械は、フリーピストンスターリングエンジンまたは電源を発生させるその他の線形モーション原動機により駆動されることができる。

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は線形モーターとして使用されるのに適合するように提供される。

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイル、前記コイルと連結する磁束に対して、相対的に低い磁気抵抗通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコア、中心開口を備えた前記コアを含む。縦軸を備えた可動要素が、縦軸に沿って中心開口内で線形的に往復移動するようになっている。可動要素は、単に縦軸に沿って配列された第1、第2及び第3磁石だけを備える。第1磁石は

10

20

30

40

50

第2磁石と引接し、第2磁石は第3磁石に引接する。それぞれの第1、第2及び第3磁石は、異なる磁気方向を有する。一実施形態で、第1、第2及び第3磁石は、例えば、環状または多角形の断面形状を有する中空であり得る。

【0005】

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイルと、前記コイルと連結する磁束に対して、相対的に低い磁気抵抗通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコアを含む。前記コアは、中心開口を有する環状を有する。可動要素は、縦軸に沿って中心開口内で線形的に往復移動するように備わった縦軸を有する。可動要素は互いに引接し、縦軸に沿って配列された3つの磁石を備える。各磁石は異なる磁気方向を有し、引接磁石の磁気方向は互いに90°内である。コイルと連結する磁石により発生された磁気場によって誘導された磁流に対して、通路を提供する磁石内に軟磁性材料が位置される。

10

【0006】

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイルと、前記コイルに引接した磁束のための通路を提供するコイルに関連して配置されたコアを含む。第1、第2及び第3磁石が縦軸に沿って配列され、コア内で磁束と相互作用する。第1磁石は第2磁石と引接して、第2磁石は第3磁石と引接する。それぞれの第1、第2及び第3磁石は異なる磁気方向を有し、磁石のうち一つは縦軸と垂直な方向に向けるN極を有し、他の2つの磁石は縦軸と平行な方向に向けるN極を有する。縦軸と垂直な磁気方向を有する全ての磁石が指向されるので、全てのこのような磁石のN極は半径方向内側または半径方向外側を指向し、前記磁石及び前記コイルの少なくとも一つは、縦軸と平行な直線方向に他の一つと相対移動するように配列される。

20

【0007】

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイルと、前記コイルと連結する磁束のための通路を提供するコイルに関連して配置されたコアを含む。第1、第2及び第3磁石は縦軸に沿って配列され、前記コイルと連結する前記コア内で磁束と相互作用する。第1磁石は第2磁石と引接して、第2磁石は第3磁石と引接する。それぞれの第1、第2及び第3磁石は、異なる磁気方向を有し、磁石のうち一つは縦軸に垂直に指向されたN極を有し、他の2つの磁石は縦軸に平行に指向されたN極を有する。磁石のうち少なくとも一つと、コア-コイルユニットが縦軸と平行な直線方向に他の一つと相対移動するように配列され、各第1、第2及び第3磁石は縦軸に沿って磁石及びコア-コイルユニットの相対移動の最大量の半分より大きい縦方向の長さを有する。

30

【0008】

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイルと、前記コイルと連結する磁束のための通路を提供するコイルに関連して配置されたコア及びギャップを有する前記コアを含む。第1、第2及び第3磁石は縦軸に沿って配列され、前記コイルと連結するコア内で磁束と相互作用する。第1磁石は第2磁石と引接して、第2磁石は第3磁石と引接する。第1、第2及び第3磁石のうち一つが磁気方向を有し、磁石のN極が縦軸に平行するように指向される。4番目の磁石がコアのギャップ内に位置し、第1、第2及び第3磁石のうち少なくとも一つと、コイルが縦軸と平行な直線方向に他の一つと相対移動するように配列される。4番目の磁石の磁気方向は、第1、第2及び第3磁石のうちの一つをコアと一直線されるように配列される。

40

【0009】

本発明の他の実施形態において、線形電気機械は電流を伝達するのに使用されるコイルと、磁束に対して通路を提供する前記コイルの周りに少なくとも部分的に配置されたコアを含む。前記コアは中心開口の環状を有し、粉末軟磁性物質で形成される。縦軸を備えた可動要素が縦軸に沿って中心開口で線形的に往復移動するようになっており、縦軸に沿って配列された磁石を備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

50

本発明の前記及びその他の実施形態が下記の説明から明白及び/または明らかになる。

添付される図面は一定の割合で図示されない。図面で、多様な絵で例示されるそれぞれの同一であるか、ほとんど同一である要素は同じ数字により表現される。明確するために、全ての要素が全ての図面に表記されないこともある。

本発明の実施形態は下記の明細書または例示される実施形態で説明される構成要素の構造及び配置の詳述に制限されない。即ち、本発明の実施形態は多様な方法で実行または実施されることができる。例えば、電力発生器に関連して多様な例示的な実施形態が下記で説明される。しかし、本発明の実施形態は線形モーターに使用されることができる(例えば、装置に提供された電気信号に応答し、線形機械動作を出力できる装置)。また、ここで使用された表現と専門用語は明細書用であり、制限で見なされてはならない。ここで“ 10  
包含”、“構成”または“具備”、“包含”、“関連”および変化の使用は追加的な項目だけでなく、以後に記録された項目及び同等物を含む。

#### 【0011】

本発明の一実施形態において、線形電気機械は強磁性アーマチュアコア内に内蔵されたアーマチュアコイルの中心開口内で縦軸に沿って移動する可動永久磁石“フィールド(field)”要素を含み、これら後者の構成要素はアーマチュアユニットを含む。前記コアは磁束に対して相対的に低い磁気抵抗通路を提供し、前記フィールド要素により生成されたコイルフラックスリンクエージ(coil flux linkage)を増大させる。線形電気機械が交流発電機として機能をする場合、フリーピストンスターリングエンジンまたはモーションが永久磁石により発達したコイルフラックスリンクエージの時間変化率に比例するアーマチュアコイル電圧を誘導するその他の原動機により提供されたフィールド要素モーションの結果として電力が発生される。電力は前記誘導された電圧が電荷を通じて電流を駆動する時発生される。コイル電流により発達した磁束の相互作用とフィールド要素はフリーピストンスターリングエンジンまたはその他原動機により克服されるべき反発力を発生させる。瞬間的な機械入力電力が反発推力とフィールド要素直線速度の瞬間値の倍により与えられる。 20

#### 【0012】

線形電気機械がモーターとして機能をする場合、フィールド要素とそれにより誘導された機械的負荷の結果モーションにより発達した推力の結果として機械電力が発生される。フィールド要素により発達した推力は、永久磁石と電力源により誘導されたコイル電流により発達したコイルフラックスリンクエージの空間変化率に比例する。フィールド要素を移動させることによって、コイル内で誘導された電圧が電力源により克服されるとコイル電流を駆動できる。瞬間的な電気入力電力は、コイル終端電圧とコイル電流の瞬間値の倍によって与えられる。 30

#### 【0013】

本発明の一実施形態において、可動要素は全て異なる磁気方向を有する3つの磁石を含む。例えば、第1磁石は縦軸に平行な第1方向に指向されたN極を有し、第2磁石は縦軸に垂直な第2方向に指向されたN極を有することができ、第3磁石は第1方向と異なる縦軸と平行な第3方向に指向されたN極を有することができる。このような配列は、漂遊磁気場及び磁束を伝達するのに必要な強磁性磁気回路物質(また、“バックアイアン”と知られている)を最小化させると同時に、可動要素により生成されたコイル内での電力発生を最大化させる収斂磁束を提供することができる。 40

#### 【0014】

また、このような配列は、可動フィールド要素に影響を加える残留不均衡横断力(可動要素を縦軸に沿って特別通路から離脱させようとする力)を最小化させるのに効率的であり得る。残留不均衡横断力はコア内の中心開口と関係される可動フィールド要素の機械的偏心により発生し、移動磁石要素とコアとの間の吸引横断力が、これら要素の間のエアギャップ磁気抵抗の不均一であることに起因して、周辺に対して不均一である。本発明の一実施形態による線形電気機械は比較できる以前技術の電気機械の推力及び電力値より大きい半径方向への厚さ寸法を有する磁石を採択する。磁石素材の透磁率が非常に低いほど(殆どない)、移動フィールド要素とコアの中心開口の間の効率的なエアギャップは、機 50



械的なクリアランスギャップだけあることより大きい。このような効率的なエアギャップの磁気回路磁気抵抗は、移動フィールド要素に影響を加える横断吸引半径方向の力と機械的偏心による全ての残留不均衡力を減少させる機能をするができる。このような不均衡的な半径方向への力の抑制は、更に薄い磁石成分と更に厚いバックアイアン要素を採択し、構成は一般的に更に少ないエアギャップ磁気抵抗を提供する以前技術の線形電気機械よりも更に大きい範囲で本発明のある実施形態により得られる。

#### 【0015】

本発明の他の実施形態において、可動要素は可動要素内の磁石により発生された磁気場により誘導された磁束に通路を提供する軟磁性(磁化可能の)物質のバックアイアン要素を含むことができる。軟磁性物質が磁束を更に収斂させ、漂遊磁気場を抑制する機能をする

10

ことによって、装置の効率性を増加させる。

本発明の他の実施形態において、可動要素上に設けられた3つの磁石は全て互いに異なる磁気方向を有して配列され、引接磁石の磁気方向は互いに90°以内である。磁石は一つの彫刻からなる環状磁石であるか、磁石の組合わせからなる環状磁石であり得る。

#### 【0016】

本発明の他の実施形態において、可動要素に設けられた3つの磁石が磁気方向を配列されるようにし、縦軸と垂直な方向に指向されたN極を有する全ての磁石がN極を半径方向内側で配列されるようにする。

図1は、本発明の多様な形態を併合する線形電気機械(10)を図示する。この例示的な実施形態において、線形電気機械(10)は可動要素(2)がコア(1)内に内蔵されたコイル(3)と関係する電源(20)により線形的に移動する時、電力を発生させる機能をする。電源(20)はフリーピストンスターリングエンジンまたはその他の線形モーション原動機のように可動要素(2)を移動させる全ての適合した装置であり得る。もちろん、電源(20)は線形電気機械(10)により駆動される、例えば、線形電気機械(10)が線形モーターとして機能をする場合、他の装置と取り替えることができる。例えば、電機駆動信号がコア(1)内に内蔵されたコイル(3)に提供され、前記可動要素(2)を前記コア(1)に対して往復移動させながら変化する磁気場が生成されることができる。このようなモーションは、圧縮機等を駆動するような作業を遂行することができる。要するに、線形電気機械(10)は、交流発電機またはモーターとして作動されることができる。

20

#### 【0017】

線形電気機械(10)は一例として、可動要素(2)がコア(1)に対して移動する時、コイル(3)により誘導された電流を受信する適当な電子回路素子(30)であり得る電氣的負荷とリンクされることができる。理解されるように、このような電子回路素子は電機機械により提供された交流電力を全ての適当な形態の電力、例えば、AC、DCまたはその他の電流形態に変換する全ての適当な構成部品を含む。また、再び交流発電機として機能をする電機機械は、交流電圧の周波数と振幅に直ちに両立できる負荷と連結することができ、それが発達し、分割電力変換手段を要求しない。代案として、交流発電機として機能をする電機機械がユーティリティパワーグリッドのような更に大きい容量の電力システムとまた連結され、電力を前記システムに供給することができる。

30

#### 【0018】

万が一、線形電気機械(10)が線形モーターとして機能をすれば、前記電子回路素子(30)は線形モーターの作動を制御するスイッチ、リレー、機械的リンケージ等のような適当な制御回路素子またはその他構成部品を含むことができる。このような回路素子及びその他構成部品は、前記の記述で公知されているため、追加的な詳細な説明はここで提供しない。代案として、電機機械が、第一に、電力システム周波数でモーターの発振が適用例に許容されることができ、第二に、前記コイルが適切な後進電動力(back emf)をシステムの電圧より漸進的に低く提供するようにデザインされれば、ユーティリティパワーグリッドのような電磁気力源との連結無しでもモーターとして作動されることができるので、前記システムから誘導された電流は、定格機械的推力を発展させなければならない。

40

#### 【0019】

50

図2は図1のライン2-2に沿う線形電気機械(10)の断面図を図示する。この例示的な実施形態において、たとえコアは他の適当な形状を有することができるが、前記コア(1)は可動磁石フィールド要素(2)が位置された中心開口(15)を備えた殆ど環状を有する。コア(1)は前記コア(1)内で少なくとも部分的に位置された前記コイル(3)の周りに形成されることができ、磁束に対して相対的に低い磁気抵抗通路を提供する。磁束がコア(1)内で変化される時、[例えば、可動要素(2)が移動する時]、コイルターミナル(図示されない)と連結された外部電機負荷を通じて、電流を駆動できるコイル(3)内で電圧が誘導されることである。前記コイル(3)は誘導された電流が流れることができる銅ワイヤーのような導電性ワイヤーのマルチプルラップを含むことができる。代案として、コイル(3)内の電流の流れは可動要素(2)が縦軸(31)に沿って駆動されるようにするコア(1)内での変化する磁束を生成できる。

10

## 【0020】

図2で例示された本発明の一実施形態は、可動要素(2)が全て異なる磁気方向を有する3つの磁石(21, 22, 23)を含むことである。このような例示的な実施形態において、磁石は全ての適当な多角形の断面形状を有することができるが、前記3つの磁石(21, 22, 23)は、中が空いた環状の永久磁石である。第1磁石(21)は縦軸(31)に平行な第1方向に指向されたN極を有する。第2磁石(22)は縦軸に垂直な第2方向に指向されたN極を有する(この場合に、N極は半径方向外側に指向される)。第3磁石(23)は第1方向と反対である縦軸(31)に平行な第3方向に指向されたN極を有する。このような配列は磁石により発生された磁気場を効率的に用いて、コア(1)の近くで収斂されたフラックスが発生され、相対的に磁石素材の小さい量(質量または体積による)に対して相対的に高いフラックスがコア(1)内で誘導されることができ、特に、磁石のこのような配列はコア(1)に最も近い側で収斂される磁束を発生させ、コア(1)の反対側、例えば、可動要素(2)の内側に最小フラックスを発生させる。第1及び第3磁石(21, 23)を第2磁石に向けて指向されるようにすることのようにより磁石に対して異なる方向が可能であるが、縦軸(31)に対して傾斜する。同様に、第2磁石(22)のN極は縦軸(31)に厳格に垂直である必要がないが、縦軸(31)に関して、異なる適当な角度にあることができる。また、第2磁石(22)は2つ以上の磁石、例えば、2つの引接した環状磁石で形成されることができ、それぞれは縦軸(31)を横断する磁気方向を有し、前記縦軸(31)に垂直な磁気方向を有する(そうでなければ、適切に指向された)単一磁石として共に作動する。

20

30

## 【0021】

図3は、可動要素(2)が縦軸に沿って移動する時生成され得る磁束ラインの基本的なセットを図示する。図3に図示されたフィールドラインはフィールドラインの完全なセットではないと理解しなければならず、むしろ可動要素(2)で磁石(21, 22, 23)の動作説明を単純化することを助けるように単に選択されたフィールドラインだけが図示される。また、コイル電流は表示された断面の外部に流れていると理解しなければならない。このような例で、可動要素(2)が縦軸(31)に沿って右側へ移動する時、磁石(21, 22, 23)により生成された大多数の磁束は第2磁石(22)を抜け出し、可動要素(2)とコア(1)間のギャップを横断し、コア(1)に入ってコア(1)の周りで一般的に反時計方向に流れる。コイル電流により発生されたコアフラックス(また、“アーマチュアリアクション”と知られている)はフィールド磁石要素に起因し、前記コアの左側面にコアフラックス成分を増大させるが、他の側面は減少させ、図3に図示されたコアフラックスの非対称分布を起こす。前記コア(1)の周りを回転した後、前記フィールドラインはコア(1)と可動要素(2)間のギャップをまた横断し、第1磁石(21)に入る。可動要素(2)の移動はコイル(3)を連結するコア(1)内のフラックスを変化させることによって、理解されることのように、前記コイル(3)と外部電機の負荷内で電流の流れを駆動できる、このようなフラックスリンクエージの時間変化率に比例する電圧を誘導する。例えば、可動要素(2)が左側(図3に図示されない)に移動する場合、反時計方向に流れる磁束は、コイルフラックスリンクエージとフィールド要素モーションが右側である場合に得られた反対符号の誘導電圧の時間変化率を発生させながら、フラックスが時計方向に流れ始める時まで減少することである。

40

50

## 【0022】

このような基本的なフラックス反転(reversal)は、多くの線形交流発電機によくあるが、磁石(21, 22, 23)の磁気方向がフラックスをより一層収斂させ、コア(1)に流れるフラックスに寄与しない漂遊磁気場を防止する役割をし、線形電気機械の性能を増加させたり、与えられた性能要求に対して更に小さく、更に軽く、更に安価な構造を可能であるようにする。例えば、収斂フラックスが更に多いほど効率的な線形電気機械を生産するために更に少ない磁石材料が必要になることを意味する。一実施形態において、半径方向の厚い磁石構造の大きくて効率的なエアギャップは、コアに対する移動フィールド磁石要素の残留偏心に起因し、磁気回路磁気抵抗の変化を減少させ、可動要素が縦軸(31)に沿って往復移動することを妨害する傾向がある、このような要素に作用する好ましくない不均衡横断力を減少させる。従って、可動フィールド磁石要素(2)がベアリング、ガイドウェイ(guideway)等のような好ましい通路に沿って移動することを維持するように助ける装置がさらに小さくて好ましくない摩擦損失で開発されることである。代案として、このようなベアリングまたはガイドウェイの減少された横断負荷は磁気潤滑材料の使用を許し、潤滑メカニズムと維持保守の複雑性及び費用を回避する。また、このような配列は線形電気機械がフリーピストンスターリングエンジンの圧力容器内に一体された場合のように潤滑剤の汚染を受け入れることができない適用例を可能にできる。

## 【0023】

図2に例示された本発明の他の実施形態で、軟磁性(磁化可能な)材のバックアイアン要素(24)が環状磁石の内部に設けられることができる。たとえバックアイアンまたはその他の軟磁性材(24)は選択的であるが、これは磁石により発生された磁気場によって誘導されたフラックスに対して、低い磁気抵抗通路を提供できる。従って、バックアイアンは漂遊磁気場を減少させ、磁束を好ましい方向で適切に向かうようにすることによって、線形電気機械の効率または電力容量を増進させることができる。磁石(21, 22, 23)の配列により発生された収斂磁気場がコア(1)に向かう大多数の磁束を引き起こすため、バックアイアン(24)は殆ど磁束を伝えず、効率的に機能するための最小厚さを有することができる。バックアイアン(24)の減少された重さが可動要素(2)の大きさを減少させることによって、線形電気機械(10)及びその関連機械器具の効率または電力容量を増大させることができる。例えば、フリーピストンスターリングエンジンにより駆動された線形電気機械の場合において、移動量の減少はエンジンパワーピストン及び交流発電機移動フィールド要素を高周波数で作動されるようにし、許容作動周波数の増加にほとんど正比例し、エンジン-交流発電機システムの電力発生容量を増加させる。また、バックアイアンは磁石を物理的に支持することができ、可動要素を電源(20)またはその他装置に連結する。

## 【0024】

図2に例示された本発明の他の実施形態で、磁石(21, 22, 23)は縦軸(31)に沿って可動要素(2)の左右最大変位より大きい長さ(1)を有する。前記他の方式で、磁石(21, 22, 23)に対する長さ(1)は、可動要素(2)の全体ストローク長さの1/2より大きいことができる。例えば、磁石(21, 22, 23)は略10mmの長さ(1)を有することができ、可動要素(2)は縦軸(31)に沿って最大変位 $\pm 8$ mmを有することができる。可動要素(2)のストロークを磁石長さ(1)の2倍より小さく制限したり、逆に可動要素の最大左右変位より大きい長さ(1)を選択することは、可動要素が往復移動する時、磁束がどのように変化されるのかに対する改善された制御を提供することができ、例えば、交流発電機の適用例の場合において、作動変位の範囲に対して電機機械の瞬間誘導電圧/フィールド速度比率の変化を減少させる。従って、線形電気機械は一連のデザイン変数内で一貫するように作動されるように構成されることができる。

## 【0025】

図2に例示された本発明の他の実施形態で、可動要素が磁石をコイル-コアの組合わせと適切に整列させるように磁石が可動要素から分離されて設けられる。このような例示的な実施形態において、コア(1)はコア(1)内のギャップ(11)内に位置されたスプリング磁石(12)を含む。スプリング磁石(12)は可動要素(2)を図2に図示された位置でほぼ移動させるス

プリングのような力を提供できる。即ち、スプリング磁石(12)は、指向された磁気場を有し、もし可動要素(2)が図2に図示された残余位置から移動すれば、スプリング磁石(12)は第2磁石(22)の磁気場を刺激して生成され、側面磁石(21, 23)の磁気場により増大された力がスプリング磁石(12)の磁気場と整列されるようにする。従って、可動要素(2)を図2に図示された位置から左右で移動させる全ての力は、スプリング磁石(12)と第2磁石(22)の磁気場を整列させるように押す力により対向される。スプリング磁石(12)に対するその他の配列は、第1及び第3磁石(21, 23)の近くにコア(1)の反対側面上に2つの磁石を位置させることのように可動要素(2)に好ましいバイアシング(biasing)を提供するために使われることができる。線形電気機械が作動しない時、可動要素は既知の残余位置にあるようにするため、スプリング磁石(12)は線形電気機械(10)及び関連駆動または駆動される器具の開始をより容易にできる。例えば、もしスプリング磁石(12)が図2器具に存在しなかったら、可動要素(2)は通常コア(1)内の中心開口(15)の外部で左側または右側移動されることである。適切な場所にスプリング磁石(12)を有すれば、可動要素(2)は図2に図示されたようにこの残余位置を有する。

10

#### 【0026】

前記スプリング磁石(12)は、また陽(positive)のスプリング率を線形電気機械(10)に提供する機能をすることができ、可動要素(2)を残余位置から変位させるのに必要な力が変位を増加させることによって増加する。このような実施形態でスプリング磁石(12)がなければ、前記器具は大多数の可動要素ストロークに対して、ある適用例では好ましい陰(negative)のスプリング率を有する。しかし、線形電気機械(10)が電力発生用で使われる場合には、一般的に好ましくない。中心位置の近くで選択的な増加率で可動要素(2)の作動変位範囲に対して通常的に一定のスプリング率を得るためにスプリング磁石(12)断面の寸法と磁性材料の特性が調整されることができる。このような特性は、例えば、フリーピストンスターリングエンジンのピストンにより移動フィールド要素が駆動される電力発生適用例で好ましい。ここで、空気圧展開成分と連関される磁気スプリング率が移動要素(電機機械及び原動機)の全体大きさに作用し、電機機械及び原動機システムで好ましい機械的な共振作動を得る。また、スプリング磁石(12)の断面寸法と磁性材料特性の調整による(0(zero)変位の近くで選択的に増加された陽の磁気スプリング率は平均ピストンの位置が好ましい固定位置からドリフト(drift)されないことを確保する手段を提供する。

20

#### 【0027】

スプリング磁石(12)は、またシステムが作動しない場合、電源(20)[可動要素(2)だけでなく]部分を移動させる機能をすることができる。例えば、もし電源(20)がフリーピストンスターリングエンジンを含んだら、スプリング磁石(12)の力はスターリングエンジンがさらに容易に開始されるようにする既知の中心位置でスターリングエンジンのピストンを移動させることができる。このような点で、線形電気機械(10)はコイル(3)に使われる電流により簡単に駆動でき、開始する間線形電気機械はスターリングエンジンピストンを移動させる線形モーターとして作動する。

30

#### 【0028】

図4は例示的な実施形態において、コア(1)の斜視図である。本発明の一実施形態で、前記コア(1)は2つの半分(13, 14)を有する分割された配列とからなる。このような方式で、分割されたボビン固定具上に予め巻かれ、ワイヤーに使用されるボンディングコート(bonding coat)の化学的または熱的融合によったり、電機グレードワニス(grade varnish)やエポキシ樹脂のようなボンディング素材の注入により機械的に安定化された後、コイル(3)は2つの半分(13, 14)間の空いた空間で挿入されることができる。次に、前記半分(13, 14)はクラムシェル(clam-shell)タイプの配列でコア材料と共にコイルの周りに少なくとも部分的に結合されることができる。また、環状を有することができるスプリング磁石(12)が中心開口(15)の近くのギャップ(11)内に前記コアの半分(13, 14)間に挿入されることができる。同心整列を確保するため、内部または外部リム上にパイロットディテール(piloting detail)がコアに設けられることができる。最終組立段階の際、コイル回転体間及びコイルとコア空洞の間の空いた空間を満たすためにカプセル材料が注入されることができ

40

50

る。また、これら空いた空間を埋めるカプセル材料はコイルの熱分散をコアで、その後はコアが装着されたハウジングで伝達することを容易にする機能ができる。前記カプセル材料は、またコイル、選択的なスプリング磁石及びコア半分を永久的に固着させる役割をすることができる。

#### 【0029】

本発明の他の実施形態において、前記コア(1)はコーティングされ、磁氣的に柔らかな強磁性粉末金属素材からなり、この素材は網または網に近い形状のコアに加圧されると共にボンディングされる。素材の特別なタイプが変化されることができ、一実施形態において、粉末金属材料は絶縁プラスチックのような電機的に絶縁させる材料の層によりそれぞれ囲まれた軟磁性材料の小さな粒子を含む。粒子を好ましい形状で形成した後、共に加熱及び加圧することによって前記粒子が共に連結されることができ、引接粒子上の絶縁層が共にボンディングされる。結果構造は、このような適用例に対して有用な磁気特性、即ち、高透磁率、高飽和フラックス密度及び低履歴損失を有するが、前記構造を通じて流れる渦電流及びこのような電流の流れに起因した結果損失に高い抵抗性がある。このような粉末金属形成技術は、例えば、米国特許6,342,108.で説明される。例示的な粉末素材がQuebec Metal Powdersにより製造されたAtomet EM-1強磁性複合粉末である。

#### 【0030】

前記コア(1)は粉末金属技術により形成することに制限されず、その代わりに他の方法により形成されることができ、例えば、図5は環状で配列された長方形または準長方形の積層パック(16)のレイを有する例示的な実施形態でのコア(1)を図示する。これらの積層パック(16)は、図2に図示されたコア(1)の断面と類似した断面を有することができる。磁気コアを形成するために使われた積層パックは、前記技術で公知されており、引接層間の絶縁材と共に積層された磁氣的に柔らかな(容易に磁化可能な)素材の薄い層を一般的に備えているため、層間の渦電流の流れが抑制される。また、図5は積層パック(16)を通じて中心開口(15)の周りに延長するコイル(3)を図示する。個々のパックが、前記図4のコア方式によって二つの部分で分割されることができ、予め巻かれるコイルと共に結合することを容易にする。このような実施形態において、ラジアルコアレッグ(radial core legs)でのフラックス密度は、通常均一であり、これらレッグの最も内部の位置でよりも外部領域でより大きくないため、十分なコア素材により前記コイル(3)が単に部分的に囲まれる。しかし、それぞれの積層パック(16)をウェッジ(wedge)状タイプで形成することができるため、前記コイル(3)が更に完全に囲まれる。これはテーパされた厚さの積層を形成するためにより多くの費用がかかるが、更に堅固なコア構造を提供するという利点がある。また、中心開口(15)の近くの積層パック(16)面は、屈曲されたり、それとも均一なギャップを可動要素(2)の磁石とぴったり合せて維持されるように形成されることができる。例えば、もし可動要素内の磁石が図1に図示されたような環状であれば、積層パック(16)の内部面は円形の中心開口(15)を形成するために屈曲されることができる。もし、磁石が8角形の断面のような異なる形状を有すれば、積層パック(16)の内部面は図5に図示されたように8角形状を有することができる。このような場合において、移動磁石フィールド要素の回転を防ぐためにスプラインまたはその他の機械的手段が設けられることができる。

#### 【0031】

図6は例示的な実施形態において、可動要素(4)の斜視図を図示する。このような実施形態において、磁石(21, 22, 23)は環状を有し、バックアイアン要素(24)、例えば、磁氣的に柔らかな素材のスリーブ(sleeve)上に装着される。磁石(21, 22, 23)は接着剤またはその他のボンディングまたは確実に固定させること等のようなある適当な方式でバックアイアンスリーブ(24)に確保されることができ、スリーブに確保されないこともあり、非磁気カラー(collar)により加えられた圧縮力により維持されることができ、そのうち一つは一方の端部及びスリーブとネジ山結合により対向端部上の適切な位置に維持された他方の端部でスリーブにボンディング、例えば、はんだ付けできる。名目上軸方向に磁化された側面磁石(21, 23)は、ある適当な素材からなり、Hitachi grade HS-34DV焼結ネオジム

10

20

30

40

50

鉄ホウ素の素材のような磁化方向の永久磁石リングを形成する過程を処理する。半径方向に磁化された中心磁石(22)及びスプリング磁石(12)はある適当な素材からなり、Hitachi grade HS33DR焼結ネオジム鉄ホウ素の素材のような磁化方向の永久磁石リングを形成する過程を処理する。代案として、低費用、低性能及びボンディングされたネオジム鉄ホウ素磁石リングが使われることができる。

#### 【0032】

また、磁石(21, 22, 23)は、図6に図示された環状の配列に制限されない。例えば、図7は磁石(21, 22, 23)がバックアイアンスリーブ(24)上に配列された磁石セグメントで結合される他の例示的な実施形態を図示する。磁石セグメントは接着剤、磁石セグメント外面の縁に円周型バンド等のようなある適当な方法と共に連結されることができる。前記したように、磁石が図5及び6に図示された円形と異なる断面形状を提供するところでその他の磁石配列がまた可能である。例えば、磁石は三角、四角、六角またはその他適当な多角形状をなすように形成されることができる。このような場合において、一般的に前記コア(1)は前記磁石形状の少なくとも一部分とぴったり合うように形成されることができ、縦軸に対して移動フィールド要素の回転を防止するために機械的手段が設けられることができる。たとえこのような実施形態において、前記磁石(21, 22, 23)は中空、即ち、磁石内にある空いた空間が形成されているが、前記磁石は固体からなる。しかし、固体磁石は適切な作動特性を必ず提供しなくてもいい。

10

#### 【0033】

たとえコア-コイルの組合わせに関して移動する磁石を可動要素が運ぶという前記の多様な実施形態が説明しているが、コア-コイルの組合わせが磁石に関して移動されることもまた可能である。また、コア-コイルの組合わせは図1に図示されたものと反対配列で磁石内に位置できる。例えば、図8は縦軸(31)に沿って環状磁石アレイの内部に位置されたコア-コイルの組合わせ(1)を備えた線形電気機械(10)を図示する。図9は図8のライン9-9に沿った前記機械(10)の断面図を図示する。このような例示的な実施形態の作動は、図8及び9の環状磁石(21, 22, 23)がコア(1)とコイル(3)の外部にあることを除外すると、図1及び2と類似する。従って、磁石(21, 22, 23)がコア(1)とコイル(3)に対して縦軸(31)に沿って移動する場合、コイル(3)内に電流が誘導されることができる(または、コイル(3)内の電流が可動要素(2)を移動させることができる)。また、コア(1)とコイル(3)が磁石(21, 22, 23)に対して縦軸(31)に沿って移動するように図8及び9の同一の構成が配列され

20

30

#### 【0034】

他の実施形態において、結果組合わせの全体電力容量を増加させるために2つ以上の線形電気機械が一連または並列で共に一組をなす。従って、単一可動要素は各セットの磁石が図2で図示された配列を有する2以上の3磁石セットを含むことができる。それぞれの磁石セットは対応するコア-コイルアマチュアの組合わせと協同して電力を発生させたり、コイルとコアにより発生された磁束により駆動される。

#### 【0035】

たとえ本発明の実施形態は、前記のある特別な実施形態に制限されないが、スターリングエンジン電源と共に使用するのに特に効果的なものと明かされた一実施形態は、図1及び2に図示されたような構成を有する。このような実施形態において、前記コア(1)は略6~24cmの全体直径、縦軸(31)に沿って略2.5~10cmの幅、中心開口(15)で略2~8cmの直径を有する。磁石(21, 22, 23)は環状リングであり、略2~8cmの全体直径、移動フィールド要素の最大変位の略3分の1である長さ(1)及び長さ(1)の略0.6~1.0倍の半径厚さを有する。可動要素(2)の左右変位は磁石(21, 22, 23)の長さ(1)、例えば、0.8cmより小さいように制限されることができる。前記他の方式で、可動要素(2)の全体ストローク長さはそれぞれの磁石(21, 22, 23)の長さ(1)の2倍より小さいことができる。前記コアは焼結粉末素材で形成され、前記したようなクラムシェル配列を有する。スプリング磁石(12)が前記コア(1)に設けられ、中心磁石(22)と類似の方式からなる。前記磁石は前記したように、少なくとも30MG0eのエネルギー結果を有し、焼結ネオジム鉄ホウ素素材からなる。半径方向

40

50

で磁化された磁石(22, 12)はHitachi USAから得られる前記の過程または焼結ネオジム鉄ホウ素素材である環状の半径方向に磁化された磁石を提供できる類似の過程によりなる。前記磁石(21, 22, 23)は単一彫刻環状リングからなり、即ち、分割されておらず、軟磁性バックアイアンスリーブ上に取り付けられる。たとえ図面が一定比例ではないが、装置のその他比例的な大きさは名目上図2に図示されたものである。

【0036】

従って、本発明の少なくとも一実施形態の色々な形態を説明したので、当業者から多様な変更、修正及び改善が容易になると理解されることができ。例えば、前記線形電気機械の実施形態は十分に寸法調節可能である。即ち、たとえ図面が正確に一定比例しないが、線形電気機械の全体大きさは図1及び2に概略的に図示されている前記機械の多様な部品の比例的な寸法で幅広い数値範囲(例えば、2cm以下50cm以上の直径を有するコア)間で調節できる。しかし、前記機械部品の比例的なサイズは本発明のある形態によって調節できる。このような変更、修正及び改善が本明細書の一部になるように意図され、本発明の精神と範囲内にあるように意図される。従って、前記の説明及び図面は単に例示的なものである。

10

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】説明される電源と連結された本発明による線形電気機械の概略図である。

【図2】図1に図示された線形電気機械の断面図である。

【図3】一例示的な実施形態において、典型的な磁気場ラインを図示する。

20

【図4】2つ部分のコアの概略図である。

【図5】他の例示的な実施形態において、コアを形成する積層パックのアレイを有するコアの概略図である。

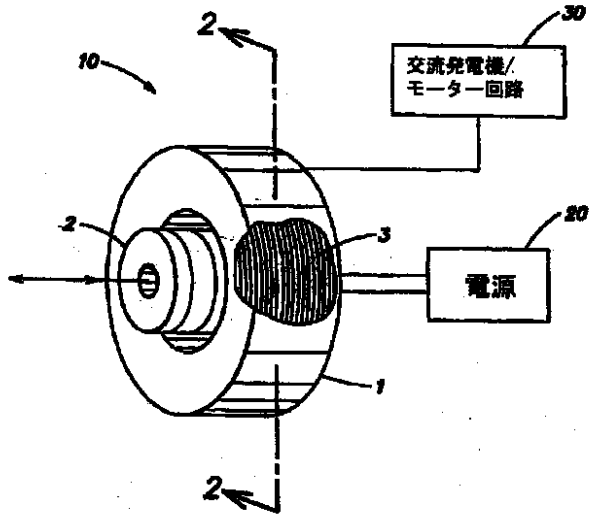
【図6】バックアイアン(back iron)要素を取り付けた3環状磁石を有する可動要素を図示する。

【図7】磁石セグメントで構成された環状磁石を有する可動要素を図示する。

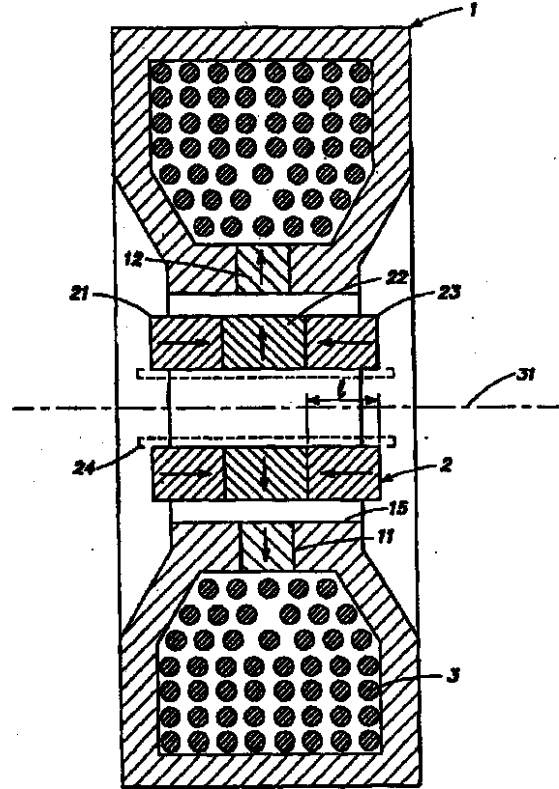
【図8】本発明による他の線形電気機械の概略図を図示する。

【図9】図8に図示された線形電気機械の断面図を図示する。

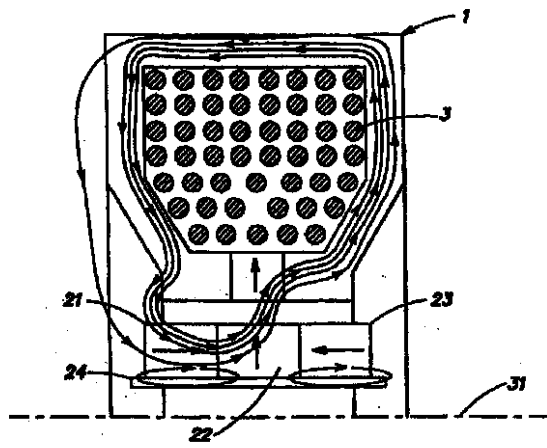
【 図 1 】



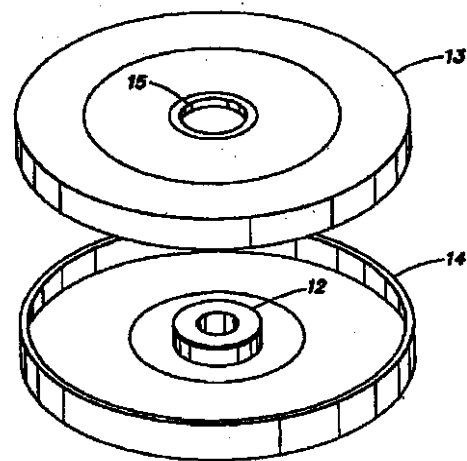
【 図 2 】



【 図 3 】

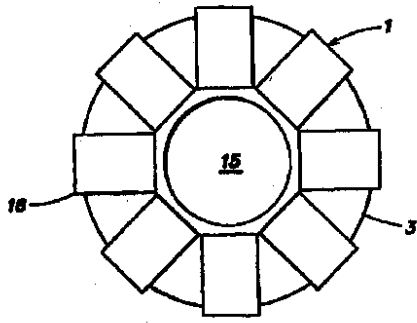


【 図 4 】

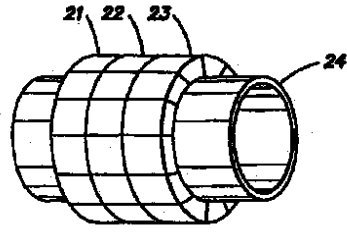




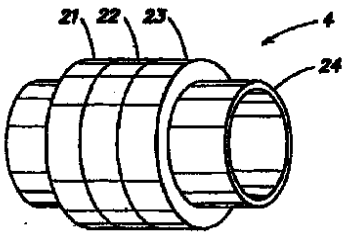
【 図 5 】



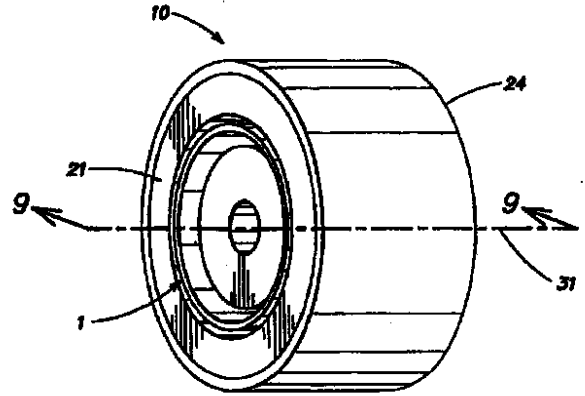
【 図 7 】



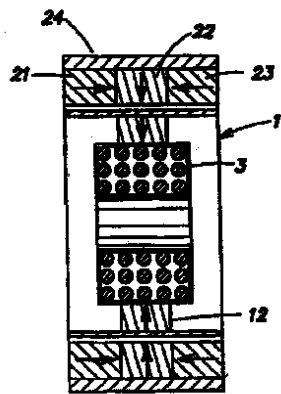
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PCT/US2004/020845

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H02K35/02 H02K33/16 H01F7/16		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H02K H01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, IBM-TDB, COMPENDEX, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ZHU Z Q ET AL: "Halbach permanent magnet machines and applications: a review" IEE PROCEEDINGS: ELECTRIC POWER APPLICATIONS, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, GB, vol. 148, no. 4, 6 July 2001 (2001-07-06), pages 299-308, XP006016918 ISSN: 1350-2352 paragraph '04.3!; figure 8 ----- -/--	1,3,8,9, 11,13, 18,19, 21,23, 28,29, 31,34, 38-41, 48-50,52
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 "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 "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 23 November 2004		Date of mailing of the international search report 01/12/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Strasser, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PCT/US2004/020845

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 6 427 450 B1 (HANES MARK W) 6 August 2002 (2002-08-06) column 5, lines 1-23; figure 2	52  1,3,4, 11,13, 14,21, 23,24, 28-31, 34,41, 44,49-51
P,X	SCOK MYEONG JANG ET AL: "Analysis of the tubular motor with halbach and radial magnet array" CONFERENCE PROCEEDINGS ARTICLE, vol. 1, 9 November 2003 (2003-11-09), pages 250-252, XP010687825	11,13, 18,19, 21,23, 24,28,29
P,A	paragraph '00II!; figures 1,2a	1,2,4,8, 9,31,34, 38-41, 44, 48-50,52

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/US2004/020845

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6427450	B1	06-08-2002 US 6141971 A	07-11-2000

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 5H633 BB08 GG02 GG04 GG09 HH03 HH07 HH08 HH17