[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 41/03 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01808175.4

[45] 授权公告日 2006 年 7 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1265535C

[22] 申请日 2001.2.16 [21] 申请号 01808175.4
[30] 优先权
[32] 2000. 4.19 [33] JP [31] 118022/00
[86] 国际申请 PCT/JP2001/001146 2001.2.16
[87] 国际公布 WO2001/080408 日 2001.10.25
[85] 进入国家阶段日期 2002.10.16
[71] 专利权人 株式会社安川电机
地址 日本福冈县
[72] 发明人 大户基道 田边政彦 宫本恭祐
猪口博文
审查员 夏 涛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 杨松龄

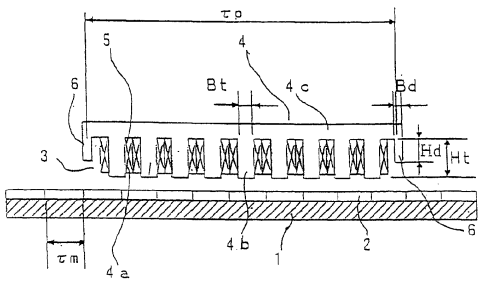
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

永久磁铁型同步线性马达

[57] 摘要

本发明提供一种永久磁铁型同步线性马达，其具备有将构成场磁极的极性形成交替变化的多个永久磁铁(2)排列配置成直线状的磁轭(1)，及藉磁隙与永久磁铁(2)的磁铁列成对向的电枢(3)，电极(3)是由具有主齿(4b)和槽(4a)的电枢心(4)，和缠绕线圈于电枢心(4)的槽(4a)的电枢线圈(5)，及配置于电枢心(4)两端的辅助齿(6)所构成，而辅助齿(6)的中心间距离 τ_P 和场磁极的节距 τ_m 的关系是 $\tau_P = (2n-1) \times \tau_m/2$ (n 为正的整数)。 其中，倘若与辅助齿 6 的永久磁铁列成正交(垂直相交)方向的长度为 Hd，与主齿(4b)的永久磁铁列成正交方向的长度为 Ht 时，设定辅助齿(6)的长度为 $0 < Hd < Ht$ 的范围。 由此，可提供齿槽效应推力小而性能高的永久磁铁型同步线性马达。



1. 一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢；

所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成；

而所述辅助齿的中心间距离 τ_P 和所述场磁极的节距 τ_m 的关系为 $\tau_P=(2n-1)\times\tau_m/2$，其中 n 为正的整数；

使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于：

将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交的方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁列成正交方向的长度作为 Ht 时，将所述辅助齿的长度设定在 0<Hd<Ht 的范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，将所述辅助齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bd 形成较所述主齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bt 为窄。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于所述辅助齿的长度 Hd 和所述主齿的长度 Ht 的比 Hd/Ht 为 $0.5\leqq Hd/Ht<1$。

4. 如权利要求 1 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

5. 一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢；

所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成;

而所述辅助齿的中心间距离 τ_P 和所述场磁极的节距 τ_m 的关系为 $\tau_P \neq (2n-1) \times \tau_m/2$，其中 n 为正的整数;

使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于:

将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交的方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁列成正交方向的长度作为 Ht 时，将所述辅助齿的长度设定在 $0<Hd\leqq Ht$ 的范围内。

6. 如权利要求 5 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，设定所述辅助齿的长度 Hd 和所述主齿的长度 Ht 的比 Hd/Ht 为 $0.5\leqq Hd/Ht\leqq 1$。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

8. 一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢;

所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成;

使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于:

场磁极的节距 τ_m 和辅助齿的中心间距离 τ_P 的关系为: $(2n-1)\tau_m/8\leqq\tau_P\leqq(2n-1)\tau_m/2$，其中 n 为正的整数;

将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交的方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁列成正交方向的长度作为 Ht 时，将所述辅助齿的长度设定在 $0<Hd\leqq Ht$ 的范围内。

9. 根据权利要求 8 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，将所述辅助齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bd 形成较所述主齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bt 为窄。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的永久磁铁型同步线性马达，其特征在于，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

永久磁铁型同步线性马达

技术领域

本发明涉及齿槽效应推力小而性能高的永久磁铁型同步线性马达。

背景技术

传统上（以往）被利用于工作机械的输送机构或半导体制造装置的定位装置等之同时，具有构成场磁极用的永久磁铁，及通过间隙与永久磁场的磁极面成对向，并将电枢线圈缠绕于电枢心的槽内所形成的电枢的永久磁铁型同步线性马达（电动机）已被众所周知。

当未对如此构成的线性马达的电枢线圈通电的状态下，通过与永久磁铁的电磁作用来使电枢朝永久磁铁的磁铁列的长轴方向移动时，会由电枢心两端部的端效果而产生齿槽效应（cogging）推力。而为了减低该齿槽效应推力，提出有如下的在电枢心两端具备辅助齿的现有技术的方案。

图 5 是显示习知技术的永久磁铁型同步线性马达的侧剖视图，是 8 个磁极、9 个槽的间隙对向形之例者（例如日本专利实公平 7-053427 号公报）。

在图 5 中，1 为平板状的磁轭，2 为安装在磁轭 1 上的多个的极性成交替变化的永久磁铁，10 为通过间隙与永久磁铁 2 的磁极面相对向的电枢，11 为电枢心，是将电磁铁板冲制成梳齿状，并重叠固定具有形成槽 11a 的主齿 11b 及连结主齿 11b 的轭部 11c 的电枢铁板者。13 为设于电枢心 11 两端的辅助齿，主齿 11b 的长度 Ht 和辅助齿 13 的长度 Hd 成为同一长度。该线性马达将配设于磁轭 1 的永久磁铁 2 作为定子，电枢 10 作为可动子（转子），以使电枢 10 朝磁轭 1 的长轴方向移动。

在该结构的线性马达中，假设配设于电枢两端的辅助齿的中心间的距离作为 τ_{PO}，场磁极节距作为 τ_m 时，辅助齿中心间的距离 τ_{PO} 成为场磁极节距的奇数倍，也即具有 $\tau_{PO}=(2n-1)\times\tau_m/2$ 的关系。再者，图 5 是显示 n=9 为例。

另外，作为第 2 的习知技术，可举出揭示于日本专利特公昭 60-30195 号公报的线性马达。

该线性马达是使配设于电枢两端的辅助齿中心间的距离 τ_{PO} 成为场磁极间距 τ_m 的奇数倍，则形成 $\tau_{PO}=(2n-1)\times\tau_m/2$ 的关系。

然而，在习知技术中，为了消除电枢心端部的端效果的对策，虽如上述规定有辅助齿中心间的距离，但因应于线性马达的用途而试图高性能化时，反而会使设计上的自由度变小，以致无法使齿槽效应推力变小，而存在在意图使线性马达高性能化时产生妨碍的问题。

又习知技术所规定的辅助齿的中心间距离是考虑对于 1 个磁极节距会产生 1 个周期分量的变化的一次成分来求出者。因此，对于一次成分虽有大的减低效果，但在齿槽效应波形含有二次成分或高次成分时，对于高次成分的减低效果极小，使得具有无法使齿槽效应变小的场合。

另外，通过电枢的齿间的槽形状等的影响而减低齿槽效应效果会成为最大的辅助齿间节距，也有可能从以上述习知技术所规定的节距错开的情况产生。

发明内容

本发明是为了解决上述课题而发明者，其目的在于提供一种齿槽效应推力小而具有高性能的永久磁铁型同步线性马达。

为了解决上述问题，本发明 1 提供一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢；所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕

于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成；而所述辅助齿的中心间距离 τ_p 和所述场磁极的节距 τ_m 的关系为 $\tau_p=(2n-1)\times\tau_m/2$，其中 n 为正的整数；使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于：将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交的方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁列成正交方向的长度作为 Ht 时，将所述辅助齿的长度设定在 0<Hd<Ht 的范围内。

发明 2 的发明是在发明 1 的永久磁铁型同步线性马达中，将所述辅助齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bd 形成较所述主齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bt 为窄。

发明 3 发明是在发明 1 或 2 的永久磁铁型同步线性马达中，所述辅助齿的长度 Hd 和所述主齿的长度 Ht 的比 Hd/Ht 为 $0.5\leqq Hd/Ht<1$。

发明 4 的发明是在发明 1 至 3 的任一项的永久磁铁型同步线性马达中，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

根据发明 5，提供一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢；所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成；而所述辅助齿的中心间距离 τ_p 和所述场磁极的节距 τ_m 的关系为 $\tau_p\neq(2n-1)\times\tau_m/2$，其中 n 为正的整数；使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于：将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交的方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁

列成正交方向的长度作为Ht时，将所述辅助齿的长度设定在0<Hd≦Ht的范围内。

发明 6 的发明是在发明 5 的永久磁铁型同步线性马达中，设定所述辅助齿的长度 Hd 和所述主齿的长度 Ht 的比 Hd/Ht 为 0.5≦Hd/Ht≦1。

发明 7 的发明是在发明 5 或 6 的永久磁铁型同步线性马达中，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

根据发明 8，提供一种永久磁铁型同步线性马达，包括：将构成场磁极的极性成交替地变化的多个永久磁铁排列配置成直线状的磁轭，及通过磁隙与所述永久磁铁的磁铁列配置成对向的电枢；所述电枢是由具有主齿和槽的电枢心，和将线圈缠绕于所述电枢心的槽中的电枢线圈，及配置于所述电枢心两端的辅助齿所构成；使所述场磁极和所述电枢的任一方作为定子，另一方作为可动子，以使所述场磁极和所述电枢形成相对地移动，其特征在于：场磁极的节距 τ_m 和辅助齿的中心间距离 τ_P 的关系为：$(2n-1)\tau_m/8 \leqq \tau_P \leqq (2n-1)\tau_m/2$，其中 n 为正的整数；将所述辅助齿与所述永久磁铁的磁铁列成正交或垂直相交方向的长度作为 Hd，所述主齿与永久磁铁的磁铁列成正交方向的长度作为Ht时，将所述辅助齿的长度设定在0<Hd≦Ht的范围内。

发明 9 的发明是在发明 8 的永久磁铁型同步线性马达中，将所述辅助齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bd 形成较所述主齿的沿着所述永久磁铁的磁铁列长轴方向的宽度 Bt 为窄。

发明 10 的发明是在发明 8 或 9 的永久磁铁型同步线性马达中，所述电枢心是由多个分割磁心所构成，并在构成所述分割磁心的轭部一方侧面配设凸状的卡合部，另一方侧面配设凹状的卡合部，而嵌合相邻的各卡合部来结合。

附图说明

图 1 是显示本发明的实施例的永久磁铁型同步线性马达，在说明实施例 1~3 的主齿和辅助齿的关系上，有共同的线性马达的侧剖视图；

图 2 显示将辅助齿的中心间距离 τ_P 和辅助齿长度作为参数，而以数值分析来计算齿槽效应推力的分析结果；

图 3 是以模式性地显示对于电枢的辅助齿和主齿的长度比的与齿槽效应推力的关系图；

图 4 是显示本发明的实施例的永久磁铁型同步线性马达，具有分割磁心的线性马达的侧剖视图；

图 5 是显示第 1 习知技术的永久磁铁型同步线性马达的侧剖视图。

具体实施方式

以下，依据附图来说明本发明的实施形态。

实施例 1

图 1 是显示本发明实施例的永久磁铁型同步线性马达，为了说明实施例 1-3 的主齿和辅助的关系，而为共同的线性马达侧剖视图。

本发明与习知为同一构成元件者，将标以同一标号而省略其说明，仅对于相异处加以说明。再者，本线性马达是显示与习知技术同样的 8 个磁极，9 个槽的间隙成对向的例子。

图 1 中，3 为电枢、4 为电枢心、4a 为槽、4b 为主齿、4c 为轭部、5 为电枢线圈、6 为辅助齿。

在本实施例中，线性马达包括：由要成为场磁极的永久磁铁 2 所构成的定子，及具有槽 4a 及主齿 4b 且具备辅助齿 6 于缠绕电枢线圈 5 于电枢心 4 两端的电枢 3 所构成的可动子者，在基本上与习知技术为同样结构者。

其次，于本实施例中，将辅助齿 6 的中心间距离作为 τ_P，于图 4 的习知技术所示的辅助齿 6 的中心间距离作为 τ_{PO} 时，以辅助齿 6

的中心间距离 τ_P 和辅助齿 6 的长度 Hd 作为参数，且由使用有限单元法的数值分析来计算齿槽效应推力。再者，将辅助齿 6 与永久磁铁 2 的磁铁列成正交方向的长度作为 Hd，主齿 4b 与永久磁铁 2 的磁铁列成正交方向的长度作为 Ht 者。

图 2 是显示辅助齿 6 的中心间距离 τ_P 和辅助齿 6 的长度 Hd 作为参数，而由数值解析来计算齿槽效应推力的分析结果。

纵轴为齿槽效应推力，横轴是图 1 所示的辅助齿 6 的中心间距离 τ_P 和图 4 所示的辅助齿 6 的中心间距离 τ_{PO} 的比 τ_P/τ_{PO}，及辅助齿 6 的长度 H 和主齿 4b 的长度 Ht 的比 Hd/Ht 者。以连结各计算点成格子状、而表示齿槽效应推力值为相等的等高线。于图 2 中，考虑到齿槽效应推力方向而附加正负的符号于齿槽效应推力来表示。图 2 中，A 表示齿槽效应推力为零的等高线。

于图 2 的实例中，将在 τ_P/τ_{PO} 约为 0.98 以上的范围，以适切地设定辅助齿 6 的长度 Hd，就具有齿槽效应推力大致成为零的点，使得在设计上，较习知技术可增进设计的自由度。

于本实施例中，虽在 τ_P/τ_{PO}，约为 0.98 以上时，具有齿槽效应推力大致成为零的点，但会由磁极的节距或电枢的齿的宽度、形状而变化。惟如图 2 的变化，可由数值分析或实验而获取。

又在本实施例中，于日本专利实公开 7-053427 号公报所示的辅助齿 6 的长度和主齿 4b 的长度为相等，而在辅助齿 6 的中心间距离 τ_{PO} 的条件下，产生有若干的齿槽效应推力。其乃由于主齿 4b 的前端形状而产生的影响，显示着最适宜点乃会比在日本专利实公平 7-053427 号公报所规定的节距偏移（错开）的场合。

甚至如此的状况下，在本发明，能在辅助齿 6 的中心间距离 τ_P 和场磁极的节距 τ_m 的关系，以形成 $\tau_P=(2n-1)\times\tau_m/2$ （n 为正的整数）的条件下，适切地设定辅助齿 6 的长度 Hd 于 $0<Hd<Ht$ 的范围，就可减低齿槽效应推力至大致零的数值。

其次，说明有关辅助齿 6 的作用。线性马达的齿槽效应推力 F，

倘若作用于主齿的推力作为 F1，作用于辅助齿 6 的推力作为 F2 时，就能以下面的公式表示。

$$F=F1+F2 \qquad \cdots\cdots (1)$$

图 3 是对于电枢的辅助齿 6 和主齿 4b 的长度比例的齿槽效应推力的关系，以模式显示的图。

横轴是电枢的辅助齿 6 的长度和主齿 4b 的长度的比例，纵轴为齿槽效应推力。而与图 2 同样，于图 3 考虑到齿槽效应推力的朝向，以附加正负符号于齿槽效应推力来表示。

由图 3 可知，作用于辅助齿 6 的齿槽效应推力 F2 及作用于电板 3 的推力 F1，乃由辅助齿 6 的长度而变化。因而，以适切地设定辅助齿 6 的长度，就可抵消作用于主齿 4b 的推力而使整体的齿槽效应推力 F（=F1+F2）形成为零。

有关齿槽效应推力会成为零的辅助齿 6 的最适当值会由辅助齿 6 的中心间距离、场磁极节距、电枢心 4 的长度、辅助齿 6 的宽度等而有不同。而该适当值可由图 3 的分析结果而了解，予以设定辅助齿的长度 Hd 和主齿长度 Ht 的比 Hd/Ht 为 $0.5 \leqq Hd/Ht \leqq 1$ 时，可减低齿槽效应推力大致成为零之处。又在上述条件之下，倘若辅助齿 6 的沿着永久磁铁 2 的磁铁列长度方向的宽度做为 Bd，主齿 4b 的沿着永久磁铁 2 的磁铁列长度方向的宽度作为 Bt 时，若使 Bd 较 Bt 形成狭窄，就可具有更进一步地对于减低齿槽效应推力有效果乃被证实。

因此，本线性马达，乃在辅助齿 6 的中心间距离 τ_P 和场磁极的节距 τ_m 的关系作成 $\tau_P=(2n-1)\times\tau_m/2$（n 为正的整数）的关系下，使辅助齿 6 的长度 Hd 和主齿 4b 的长度 Ht 的关系予以适当地设定于 $0<Hd<Ht$ 的范围，使得可令齿槽效应推力形成大致为零，而可提供齿槽效应推力小而高性能的永久磁铁型同步线性马达。

再者，在于上述的数值分析，察明除了上述条件的外，具有如下的减低齿槽效应推力的效果。

实施例 2

接着，使用图 1 来说明有关实施例 2。

亦即，将在辅助齿 6 的中心间距离 τ_P 和场磁极的节距 τ_m 的关系做成 $\tau_P \neq (2n-1) \times \tau_m/2$（n 为正的整数）的条件下，假定辅助齿 6 的沿着永久磁铁 2 的磁铁列成正交方向的长度为 Hd，主齿 4b 沿着永久磁铁 2 的磁铁列成正交方向的长度为 Ht 时，予以设定辅助齿 6 的长度于 0≦Hd≦Ht 的范围之处。

又在上述结构下，设定辅助齿 6 的长度 Hd 和主齿 4b 的长度 Ht 的比 Hd/Ht 成 0.50≦Hd/Ht≦1 者。

实施例 2，当主齿 4b 的长度 Ht 和辅助齿 6 的长度 Hd 的关系设定成如上述时，就如实施例 1，能使齿槽效应推力减低成大致为零，而可提供高性能的永久磁铁型同齿线性马达。

实施例 3

接着，使用图 1 来说明有关实施例 3。

如在习知技术所说明，线性马达的齿槽效应波形乃对于磁极节距含有除了一次成分外的二次成分以上的高次成分。而次数愈小振幅会愈大。为此，对于减低齿槽效应，主要有需要减低一次成分和二次成分。

接着，说明有关由辅助齿 6 来减低一次成分或二次成分的减低效果。首先，将说明辅助齿 6 的中心间距离和齿槽效应的关系。

若要减低一次成分，以如日本专利实公开 7-053427 号所示，令辅助齿 6 的中心间距离做成 $\tau_P = (2n-1) \times \tau_m/2$ 即可。

而要抵消二次成分的辅助齿 6 的中心间距离是形成如下。

倘若作用于左右的辅助齿 6 的力做为 FL、FR 时，可各别地表示成如下。

$FL = Fosin[(2x/\tau_m) 2\pi]$

$FR = Fosin[(2x/\tau_m) 2\pi + (2\tau_P/\tau_m) 2\pi]$

其中，Fo 为二次成分的振幅，x 为电枢心 4 的位置。

由于令 FL 和 FR 的合力成为零就可。亦即，$Fs = Fosin[(2x/\tau_m)$

$2\pi]+Fosin[(2x/\tau_m)2\pi+(2\tau_P/\tau_m)2\pi]=0$，换言之，满足$(2\tau_P/\tau_m)2\pi=(2n-1)\pi/2$就可，因此，形成$\tau_P=(2n-1)\tau_m/8$。

以如上述，虽然使一次成分和二次成分成为最小化的辅助齿 6 的中心间距离有相异，也可调整辅助齿 6 的长度来使一次成分和二次成分同时成为最小化。

该情况乃由于辅助齿 6 的长度对于一次成分的影响极大，因而，甚至任意的辅助齿 6 的中心间距离，也可由适切地设定辅助齿 6 的长度而减低一次成分。而该时，也可由辅助齿 6 的长度而使二次成分的大小产生变化。便以使用有限单元法来分析的结果，确认在于$(2n-1)\tau_m/8\leqq\tau_P(2n-1)\tau_m/2$的范围内，也存在可同时令二次成分成为最小的位置。

亦即，要使一次成分和二次成分同时变为小，只要设定辅助齿 6 的中心间距离成$(2n-1)\tau_m/8\leqq\tau_P(2n-1)\tau_m/2$就可。由此，最适合的辅助齿 6 的中心间距离，可由有限单元法等的数值分极或实验来求出。

实施例 3，由于令场磁极节距τ_m和辅助齿的中心间距离τ_P的关系设定成如上述时，可同时令齿槽效应波形的一次成分和二次成分变为小，因而，实施例 1、2 同样，可减低齿槽效应推力大致成为零，并可提供高性能的永久磁铁型同步线性马达。

实施例 4

下面说明有关实施例 4。

实施例 1~3，虽然说明电极心成一体型式的例，但也可替代一体型式的电枢心而构成为多个的分割磁心的结构。图 4 是显示具备分割磁心的永久磁铁型同步线性马达的侧剖视图。

具体地说明时，该线性马达的电枢 3 是分电枢心 4 成复数的磁心块（部件），并构成在构成所分割的磁心块的轭部 4c 一方侧面，予以配设凸状的卡合部 4d，又在另一方侧面配设凹状的卡合部 4e，并连续地缠绕电枢线圈 5 于磁心块的槽 4a 来收容，而嵌合相邻的各

卡合部 4d、4e 来结合，最后，令所结合的磁心场予以固定于移动子 7 的下面者。

实施例 4，因可因应于线性马达的规格来增减电枢长度自如，因而，将实施例 4 与实施例 1~3 的构成特征予以组合时，当对于线性马达的长行程有所要求时，可增进设计的自由度且可减低齿槽效应推力。

再者，依据本发明的辅助齿的中心间距离 τ_P，和习知技术所示的辅助齿的中心间距离 τ_{PO} 的关系，予以做成 $\tau_P = \tau_{PO} \times 0.99$ 就可。

又在本实施例中齿虽形成开口槽，但亦可形成例如图 4 所示形成齿为半开口槽状，适切地设定辅助齿时，可减低齿槽效应推力。

又本线性马达，虽使用间隔对向型之例来说明，但也能以藉磁隙来配设成 2 列的场磁极于电枢两侧的磁通贯穿型来替代。

又辅助齿的材质亦可采用与电枢部相异者，可适当地予以选择。

又本发明由于设定配于设电枢心两端的辅助齿成适当，最适合的形状，因而，具有可抑制电枢线圈间的阻抗不平衡（失衡）。

如上所述，有关本发明的永久磁铁型同步线性马达，乃作为 FA 机器的搬运系统，例如工具机的供料台或半导体制造装置的步进器驱动机构等者，极为有用。

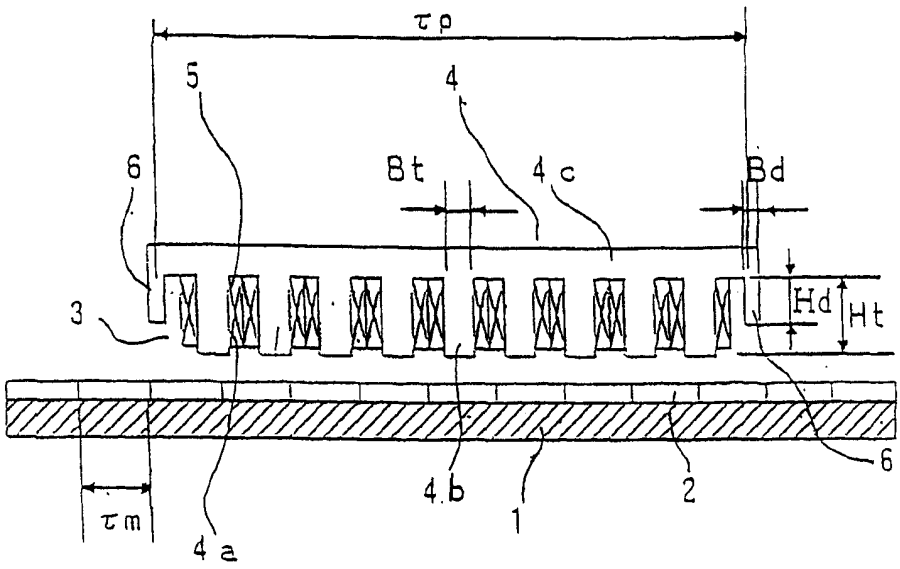

τp
5
4
6
Bt
4c
Bd
Hd
Ht
3
τm
4a
4b
1
2
6

图 1

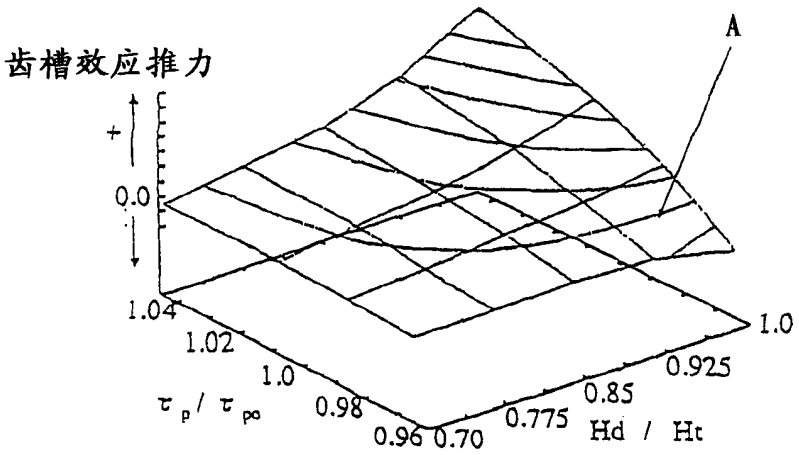

齿槽效应推力
A
+
0.0
1.04
1.02
1.0
0.98
0.96
τp / τp∞
0.70
0.775
0.85
0.925
1.0
Hd / Ht

图 2

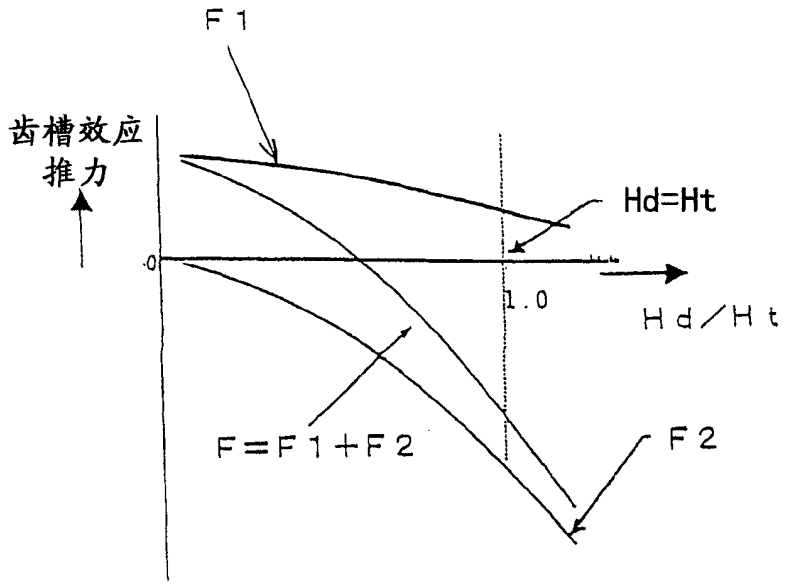


图 3

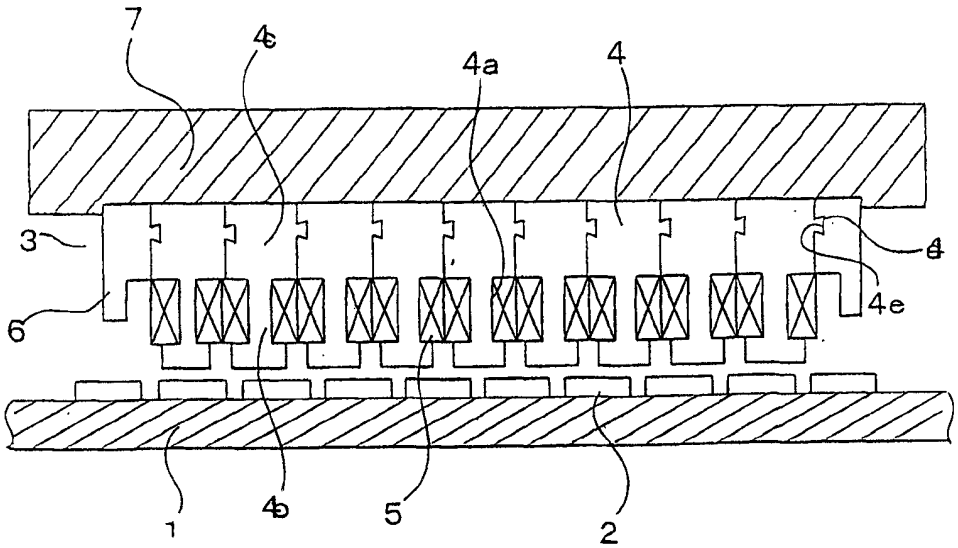


图 4

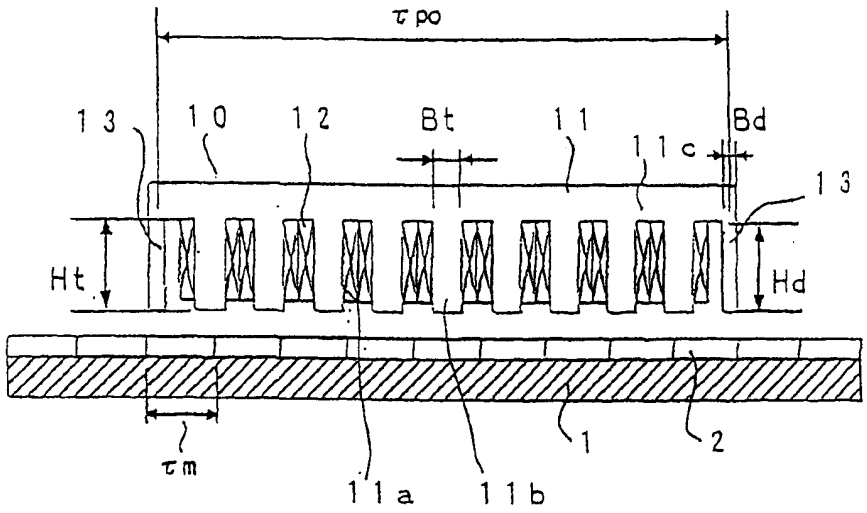


图 5