

申請日期	90 年 9 月 12 日
案 號	90122652
類 別	H02K 1/14 H02K 21/12

A4
C4

538578

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	永久磁鐵內裝型同步馬達
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(1) 宮下利仁 (2) 小野寺悟 (3) 松下學
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本
	住、居所	(1) 日本國東京都豐島區北大塚一丁目一五番一號 山洋電氣株式會社內 (2) 日本國東京都豐島區北大塚一丁目一五番一號 山洋電氣株式會社內 (3) 日本國東京都豐島區北大塚一丁目一五番一號 山洋電氣株式會社內
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 山洋電氣股份有限公司 山洋電氣株式會社
	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國東京都豐島區北大塚一丁目一五番一號
	代 表 人 姓 名	(1) 山本茂生

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利, 申請日期: 案號: , 有 無主張優先權

日本 2000年 9月 13日 2000-277693 有主張優先權

有關微生物已寄存於: , 寄存日期: , 寄存號碼:

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 ()

(發明所屬之技術領域)

本發明係關於一種具備在轉子芯內裝複數永久磁鐵，而在相鄰接之永久磁鐵之間分別具有磁性突極部之轉子芯的永久磁鐵內裝型同步馬達者，尤其是關於一種利用起因於轉子之磁性突極部所發生之磁阻轉矩與依永久磁鐵之轉矩的永久磁鐵內裝型同步馬達者。

(習知技術)

在日本特開平 8 - 2 0 5 4 9 9 公報，揭示著在裝設於轉子芯之外周面上的複數永久磁鐵磁極間之芯設置磁性突極部，藉將此等突極部之位置朝周方向偏離俾抑制轉矩脈動之發生的同步馬達，在該同步馬達，轉子旋轉方向被限定在一方向。

又，在日本特開平 8 - 2 5 6 4 5 5 號公報，揭示著藉磁阻同步馬達之轉子的磁性突極部之磁極寬，或將一部分之一對磁性突極部之位置朝周方向偏離，俾抑制發生磁阻同步馬達之脈動轉扭的技術。

在揭示於日本特開平 1 1 - 1 8 3 2 8 號公報之習知的永久磁鐵內裝型同步馬達，將永久磁鐵磁極間磁心開角作為 θ ，並將連結對應於永久磁鐵磁極間磁心之寬度的磁極部之各端面中最遠離之兩端面前端，及旋轉軸中心之兩系直線所形成的角度之最小值作為 θ_{min} ，又將連結對應於永久磁鐵磁極間磁心之寬度的磁極部之磁極部頭之各端面中最遠離之兩端部，及旋轉軸中心之兩條直線所形成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (2)

的角度之最大值作為 θ_{max} 時，設定永久磁鐵磁極間磁心之寬度成為

$$\theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max}$$

俾抑制鋸齒轉矩。

(發明欲解決之課題)

在習知之永久磁鐵內裝型同步馬達中，永久磁鐵磁極間磁心之開角 θ 係作為由磁極部之數與模式狀尺寸所決定的 $\theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max}$ 。但是，隨著定子之每極每相槽數 q ，各該永久磁鐵磁極間的發生轉矩之定時不相同之故，在該習知技術中，無法充分地抑制鋸齒轉矩或轉矩脈動。

本發明之目的係在於提供一種比習知更能一起抑制鑲齒轉矩與通電時之轉矩脈動的永久磁鐵內裝型同步馬達。

(解決課題所用之手段)

本發明係以具備在定子心之複數磁極部施以一相位以上之繞組所構成的定子，及極對數為 p (但 p 係 1 以上之正整數)， $2p$ 個永久磁鐵在周方向隔著間隔內裝於固定在軸之轉子心之內部，藉由該 $2p$ 個之永久磁鐵有 $2p$ 個永久磁鐵磁極部形成於上述轉子心之外周，則形成有 $2p$ 個磁性之突極部成為夾住上述永久磁鐵磁極部作為中間的轉子的永久磁鐵內裝型同步馬達作為改良對象。在這裏所指之一個永久磁鐵，並不僅在物理上一個永久磁鐵之情形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

，包含藉由複數永久磁鐵所構成而在磁性上可視為一個永久磁鐵之情形者。

在本發明中， $2p$ 個永久磁鐵磁極部係由隔著一個等間隔地位於周方向的第一群之 p 個永久磁鐵磁極部及隔著一個等間隔地位於周方向的第二群之 p 個永久磁鐵磁極部所構成。又 $2p$ 個磁性之突極部係由隔著一個等間隔地位於周方向的第一群之 p 個磁性之突極部及隔著一個等間隔地位於周方向的第二群之 p 個磁性之突極部所構成。又，第一群之 p 個磁性之突極部的開角 α_1 ，係比第二群之 p 個磁性之突極部的開角 α_2 小。又，開角 α_1 及開角 α_2 係決定成滿足下式。

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 2\beta - (2n - 1)\tau_s$$

式中， n 係自然數， β 係從軸之中心通過鄰接之兩磁性之突極部中心的兩條突極部假想中心線（ CL_1 ， CL_2 ）間之角度， τ_s 係定子心之槽距〔單位係 rad 〕。又，轉子心的永久磁鐵磁極部之外周面部分之輪廓形狀係由圓弧或橢圓之圓弧所構成也可以。

如上述地決定第一群的 p 個磁性之突極部之開角 α_1 與第二群的 p 個磁性之突極部之開角 α_2 之尺寸，則與將與一及第二群之 $2p$ 個磁性之突極部之開角成爲一定的習知之同步馬達相比較，抑制轉矩脈動，而可大幅度地減小轉矩脈動。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

在這裏，若將第一群的 p 個磁性之突極部之磁極面的曲率半徑 R_1 ，作成比第二群的 p 個磁性之突極部之磁極面的曲率半徑 R_2 更小時，則與將曲率半徑 R_1 與 R_2 成爲相同之情形相比較，可減小轉矩脈動。又，爲了增大轉矩，曲率半徑 R_1 及 R_2 係選定比相鄰接之永久磁鐵磁極部之磁極面之端部的曲率半徑更大，而且選定成爲 $R_1 < R_2$ 之值較理想。但是，犧牲轉矩之大小，爲了更減小轉矩脈動，當然也可將曲率半徑 R_1 及 R_2 形成比分別鄰接的永久磁鐵磁極部之磁極面之端部的曲率更小。

在此時，藉由鄰接之兩永久磁鐵磁極部與位於鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的磁性之突極部所形成的轉子心之外周面部分形狀，以從軸中心通過位於鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的磁性之突極部之中心的突極部假想中心線（ CL_1 ， CL_2 ）爲中心形成線對稱，且將轉子心之外周面形狀於周方向 $360^\circ / p$ 之角度範圍的外周面部分形狀均成爲相等之 p 等配形狀地，來決定 $2p$ 個之永久磁鐵磁極部及 $2p$ 個之磁性之突極部之形狀較理想。構成如此，雖將磁性之突極部之開角成爲不同時，周方向之磁性平衡係也保持均衡之故，不會產生各相位之電壓不平衡或轉子偏心力。

又，將永久磁鐵磁極部之磁極面藉由圓弧面或橢圓之圓弧面形成時，則將形成於永久磁鐵磁極部之磁極面與定子心之複數磁極部之磁極面之間間隙之尺寸 δd ，決定成滿足或大約滿足下述之式較理想。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

$$\delta d = \delta d 0 / \cos [p (\theta m - \theta d m)]$$

式中， $\delta d 0$ 係間隔之尺寸的最小值； θm 係從軸之中心通過位於鄰接的兩永久磁鐵磁極部間之磁性之突極部之中心的兩突極部假想中心線 (C L 1 , C L 2) 之中心的假想中心線 (C L 3) 對於具有開角 $\alpha 1$ 的磁性之突極部側之角度。又， $\theta d m$ 係間隙之尺寸成爲最小值的假想線 P L 3 至假想中心線 (C L 3) 之角度。

爲了將鋸齒轉矩成爲最小之 $\theta d m$ 係使用角度 $\phi 1$ 及 $\phi 2$ 時，則藉由 $\theta d m = (\phi 2 - \phi 1) / 2$ 之式來決定。但是，若來自間隙中之永久磁鐵之磁束密度分布從正弦波大走樣時，則在 $(1 / 6) \times x \times \tau s \leq \theta d m \leq (1 / 2) \times x \times \tau s$ 之範圍，鋸齒轉矩存在成爲最小值。在此 x 係與 $\theta d m = (\phi 2 - \phi 1) / 2 = (1 / 4) \times x \times \tau s$ 近似時， $\theta d m$ 爲最接近於 $(\phi 2 - \phi 1) / 2$ 之值的自然數。

又在滿足上述之條件之狀態下，假想中心線 (C L 3) 與從軸之中心通過永久磁鐵磁極部之磁極面之周方向之兩端的兩條假想線 (P L 1 , P L 2) 中位於具有開角 $\alpha 2$ 之磁性之突極部側的假想線 (P L 1) 之間的角度 $\phi 1$ ，及假想中心線 (C L 3) 與從軸之中心通過永久磁鐵磁極部之磁極面之周方向之兩端的兩條假想線 (P L 1 , P L 2) 中位於具有開角 $\alpha 1$ 之磁性之突極部側的假想

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

線 (P L 2) 之間的角度 $\phi 2$, 滿足下述之條件式。

$$\phi 2 > \phi 1$$

$$\phi 2 - \phi 1 \cong 0.5 (2 m - 1) \tau s - (180^\circ / p)$$

$$\phi 2 + \phi 1 \cong u \cdot \tau s$$

$$\alpha 1 + \alpha 2 \leq (360^\circ / p) - 2 (\phi 2 + \phi 1)$$

式中, m 及 u 係任意自然數。若滿足該條件時, 不但可將鋸齒轉矩接近於最小值, 也可抑制轉矩脈動。

又在上述間隙之尺寸未能形成 c o s e c 間隙的馬達, 欲成立上述之角度 $\phi 2$, $\phi 1$ 與開角 $\alpha 1$, $\alpha 2$ 之關係, 則可減小鋸齒轉矩及轉矩脈動。

又, 若將 $\alpha 1$ 及 $\alpha 2$ 以及 $\phi 2$ 及 $\phi 1$ 能滿足下述之式, 則可將鋸齒轉矩接近於最小值, 而且也可將轉矩脈動接近於最小值。

$$(180^\circ / 2 p) + (\alpha 1 / 2) - \phi 2 \cong (1 / 4) (2 v 1 - 1) \tau s$$

$$(180^\circ / 2 p) + (\alpha 2 / 2) - \phi 1 \cong (1 / 4) (2 v 2 - 1) \tau s$$

式中 v 1 及 v 2 係任意自然數。

又在轉子心將第一及第二非磁性部藉空隙形成於永久磁鐵之周方向之兩側之情形, 第一非磁性部係開角位於 $\alpha 1$ 之磁性之突極部側, 而第二非磁性部係開角位於 $\alpha 2$ 之磁性之突極部側時, 第一及第二非磁性部之形狀, 係橫斷面積相同或第二非磁性部之橫斷面形狀形成比第一非磁

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

性部之橫斷面形狀更大較理想。設置此種非磁性部，則可抑制來自永久磁鐵之磁通洩漏（短路），及可防止永久磁鐵之減磁。然而在本發明中將開角 $\alpha 1$ 及開角 $\alpha 2$ 成爲不相同之故，容易發生永久磁鐵之磁通洩漏或容易發生永久磁鐵，係在永久磁鐵之周方向兩端形成不相同。亦即在 $\alpha 1 < \alpha 2$ 時，來自 $\alpha 2$ 側之永久磁鐵的磁通之洩漏比來自 $\alpha 1$ 側之永久磁鐵的磁通之洩漏形成較大。因此 $\alpha 2$ 側之永久磁鐵之端部的減磁量比 $\alpha 1$ 側之永久磁鐵之端部的減磁量形成較大。由此種觀點，爲了積極地抑制來自 $\alpha 2$ 側之永久磁鐵之端部的磁通洩漏及該部分之減磁，將第二非磁性部之橫斷面積形成比第一非磁性部之橫斷面積較大。

（發明之實施形態）

以下參照圖式詳述本發明之實施形態。第 1 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之一實施形態之定子與轉子之構成的圖式。在第 1 圖中，以記號 1 所示之構件係定子，該定子係具備：將矽鋼板予以多層所構成的環狀軛 2，及在該環狀軛之內周側構成隔著所定間隔配置於周方向之磁極部的複數磁極部 3，及形成於鄰接之兩磁極部 3 之間的槽 4，及三相繞組依次捲裝於此等磁極部 3 所形成的未圖示之繞組部所構成。藉軛 2 與磁極部 3 來構成定子心。

該例子之定子 1 係槽數 N_s 爲 48，極對數 p 爲 4，而相位數爲 3 之故，每極每相位槽數 q 係成爲 $q = 48 /$

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

$(-2 \times 4 \times 3) = 2$ 。又槽距 τ_s 為 $\tau_s = 7.5^\circ$ 。

又，以記號 5 所示之構件係轉子。該轉子 5 係在固定於軸 6 之轉子心 7 之內部內裝隔著間隔配置於周方向的八個永久磁鐵 8 …，而且在鄰接之兩個永久磁鐵 8 之間分別具有磁性之突極部 9 … 及 10 …。在轉子心 7 之外周部，爲了明確地形成磁性之突極部 9 … 及 10 …，形成有朝徑方向與軸線方向延伸之複數槽 11 …。位於永久磁鐵 8 之徑方向外側的轉子心 7 之外周面部分構成八個永久磁鐵磁極部 12。又，轉子心 7 也與定子心同樣地將矽鋼板予以多層所構成，在內裝有永久磁鐵 8 … 之部分具有插入永久磁鐵之貫通孔。永久磁鐵 8 係橫斷面形狀呈矩形狀者。

在該例子中，八個永久磁鐵磁極部 12 … 及八個磁性之突極部 9 … 及 10 … 之形狀，係藉由位於鄰接之兩個永久磁鐵磁極部與鄰接之兩個永久磁鐵磁極部間的磁性之突極部所形成之轉子心 7 之外周面部分形狀，以從軸 6 之中心通過位於鄰接之兩個永久磁鐵磁極部之間的磁性之突極部之中心的突極部假想中心線 CL_1 ， CL_2 爲中心成爲線對稱，而且轉子心 7 之外周面形狀決定成在周方向 90° 之角度範圍之外周面部分形狀均呈相等之四等配形狀。

八個磁性之突極部係由隔著一個等間隔地位於周方向之第一群的四個磁性之突極部 9 … 及隔著一個等間隔地位於周方向之第二群的四個磁性之突極部 10 … 所構成。第一群的四個磁性之突極部 9 … 之開角 α_1 ，係比第二群的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

四個磁性之突極部 10... 之開角 α_2 更小。在該例子中，定子心 7 之槽距為 7.5° ，而槽開度為 2.1° 之故，開角 α_2 係 15° ，而開角 α_1 係 7.5° 。又此時之開角 α_2 之較佳範圍係 $12.9^\circ \leq \alpha_2 \leq 17.1^\circ$ 之值，而開角 α_1 之較佳範圍係 $5.4^\circ \leq \alpha_1 \leq 9.6^\circ$ 之值。

又以一般式表示開角 α_1 及開角 α_2 之關係，兩者係決定成能滿足下述之式 (1) 就可以。

$$\alpha_2 - \alpha_1 \cong (2\beta) - (2n - 1)\tau_s \dots \dots (1)$$

式中， n 係自然數， β 係從軸之中心通過鄰接之兩個磁性之突極部之中心的兩條突極部假想中心線 (CL 1, CL 2) 間的角度； τ_s 係上述定子心之槽距。在本實施形態中， $n = 6$ 。滿足該式，則可將轉矩脈動比習知者大幅度地減低。

第 2 圖係表示在本發明的第二實施形態之永久磁鐵內裝型同步馬達所使用之轉子之構成的圖式。該實施形態與第 1 圖之實施形態不同之處，係將一對非磁性部 13 藉由形成於永久磁鐵 8... 之周方向兩側之空隙設於轉子心 7。四個磁性之突極部 9... 及四個磁性之突極部 10... 之各該開角 α_1 及 α_2 係與第 1 圖之實施形態同樣地被決定。槽 11 之開度係可用角度 $\beta_d - \alpha_1$ 求出，而在該例子係 1.875° 。又，角度 β_d 係由 $\beta_d \cong (1/2)(2n - 1)\tau_s$ 來決定。式中 n 係任意自然數。

第 3 圖係表示對應於申請專利範圍第 9 項之發明的第

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

三實施形態之永久磁鐵內裝型同步馬達之轉子之構成的圖式。該實施形態與第 2 圖之實施形態不同之處，係將槽

1 1 ... 之開角（周方向之開口尺寸）形成比第 2 圖之實施形態之槽 1 1 之開角更大。而減小永久磁鐵磁極部 1 2 之周方向之長度尺寸。其他構造係與第 2 圖之實施形態相同。在該實施形態中，將槽 1 1 之開度（ $\beta d - \alpha 1$ ）成爲 3.75° 。在此 βf 係由 $\beta f = (1/4)(2n - 1)\tau s$ 來決定。式中 n 係任意自然數。

第 4 圖係表示對於第 1 圖至第 3 圖之實施形態，測定轉矩脈動含有率之資料。在第 4 圖中，A 係將八個磁性之突極部之開角成爲一定值（ 8.75° ）的習知之永久磁鐵內裝型同步馬達之轉矩脈動含有率。第 4 圖之 B、C 及 D 係表示第 1 圖至第 3 圖之永久磁鐵內裝型同步馬達的轉矩脈動含有率。由該圖可知，依照本發明之實施形態，可大幅度地減低轉矩脈動。

第 5 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之第四實施形態之轉子之構成的圖式。定子心側之構成係與第 1 圖之實施形態相同。在第 5 圖中，在與表示與第 1 圖之實施形態相同部分附與在第 1 圖所附與之記號相同之記號。在該實施形態中，八個（ $2p$ 個）之永久磁鐵磁極部 1 2 a ... 及 1 2 b ... 係由：隔著一個等間隔地位於周方向的第一群之四個（ p 個）之永久磁鐵磁極部 1 2 a ... 及隔著一個等間隔地位於周方向的第二群之四個（ p 個）之永久磁鐵磁極部 1 2 b ... 所構成。又，八個（ $2p$ 個）的磁

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

性之突極部 9 ... 及 1 0 ... 也係由：隔著一個等間隔地位於周方向的第一群之四個 (p 個) 的磁性之突極部 9 ... 及隔著一個等間隔地位於周方向的第二群之四個 (p 個) 的磁性之突極部 1 0 ... 所構成。第一群之四個的磁性之突極部 9 ... 的開角 $\alpha 1$ ，係形成比第二群之四個的磁性之突極部 1 0 ... 的開角 $\alpha 2$ 更小。在該實施形態，開角 $\alpha 1$ 及開角 $\alpha 2$ 係也滿足上述 (1) 式。

具體而言，定子心之槽距係 7.5° ，而槽開度係 2.1° 之故，開角 $\alpha 2$ 係 $12.9^\circ \leq \alpha 2 \leq 17.1^\circ$ 之值之故，又，開角 $\alpha 1$ 係 $5.4^\circ \leq \alpha 1 \leq 9.6^\circ$ 之值較理想。該例子中，將 $\alpha 2$ 作為 16° ，而將 $\alpha 1$ 作為 6.5° 。

又，在該例子中，藉由位於鄰接之兩個永久磁鐵磁極部 1 2 a 及 1 2 b 與鄰接之兩個永久磁鐵磁極部 1 2 a 及 1 2 b 間的磁性之突極部 9 或 1 0 所形成之轉子心 7 的外周面部分形狀，以從軸 6 之中心通過位於鄰接之兩個永久磁鐵磁極部 1 2 a 及 1 2 b 之間的磁性之突極部 9 或 1 0 之中心的突極部假想中心線 C L 1，C L 2 為中心成為線對稱，且將轉子心 7 之外周面形狀朝周方向 90° ($360^\circ / p$) 之角度範圍的外周面部分形狀均成為相等之四等配形狀 (p 等配形狀) 地，來決定八個永久磁鐵磁極部 1 2 a ... 及 1 2 b ... 及八個磁性之突極部 9 ... 及 1 0 ... 之形狀。構成如此，雖將磁性之突極部 9 ... 及 1 0 ... 之開角 $\alpha 1$ 及 $\alpha 2$ 成為不同時，周方向之磁性之平衡係保持

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

均衡之故，不會產生各相位之電壓不平衡或轉子偏心力。

又，在該例子中，形成於永久磁鐵磁極部 1 2 a ... 及 1 2 b 之磁極面與定子心之複數磁極部之磁極面之間之間隔之尺寸 δd 能滿足下述 (2) 式而決定成為所謂 c o s e c 間隙。

$$\delta d = \delta d 0 / \cos [p (\theta m - \theta d m)] \dots \dots (2)$$

式中， $\delta d 0$ 係間隔之尺寸的最小值； θm 係從軸之中心通過位於鄰接的兩永久磁鐵磁極部間之磁性之突極部之中心的兩突極部假想中心線 (C L 1 , C L 2) 之中心的假想中心線 C L 3 對於具有開角 $\alpha 1$ 的磁性之突極部側之角度； $\theta d m$ 係間隙之尺寸成為最小值的假想線 P L 3 至假想中心線 C L 3 之角度。

在此將鋸齒轉矩成為最小所用的 $\theta d m$ 係使用後述之角度 $\phi 1$ 及 $\phi 2$ 時，則藉由 $\theta d m = (\phi 2 - \phi 1) / 2$ 之式來決定。但是來自間隙中之永久磁鐵之磁通密度分布在從正弦波大走樣時，則在 $(1 / 6) \times x \times \tau s \leq \theta d m \leq (1 / 2) \times x \times \tau s$ 之範圍，鋸齒轉矩存在成為最小值。在此 x 係與 $\theta d m = (\phi 2 - \phi 1) / 2 = (1 / 4) \times x \times \tau s$ 近似時， $\theta d m$ 為最接近於 $(\phi 2 - \phi 1) / 2$ 之值的自然數。

永久磁鐵磁極部 1 2 a 及 1 2 b 之磁極面之形狀，係能接近於藉上述式所決定之值的值地藉圓弧或橢圓之弧來決定。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

又在此例子中，將開角 α_1 之磁性之突極部 9 的曲率半徑 R_1 ，形成比開角 α_2 之磁性之突極部之曲率半徑 R_2 更小。若將第一群之 p 個磁性之突極部之磁極面的曲率半徑 R_1 ，形成比第二群之 p 個磁性之突極部之磁極面的曲率半徑 R_2 更小時，則與將曲率半徑 R_1 與 R_2 相同時相比較，即可減小轉矩脈動。又，爲了增大轉矩，曲率半徑 R_1 及 R_2 ，係選定比各該鄰接的永久磁鐵磁極部之磁極面之端部的曲率半徑更大，而且成爲 $R_1 < R_2$ 之值較理想。第 6 圖係表示用以確認變更該曲率半徑時之效果，在圖示之條件製作模 1 1 至模 1 3 來測定轉矩脈動含有率的結果。由該測定結果可知，在成爲 $R_1 < R_2$ 之模 1 3 時，可知轉矩脈動含有率成爲最小。

在上述式中，作爲 $\theta_{dm} = 0^\circ$ 時之間隔係形成所謂一般性之 $\cos \epsilon$ 間隙者，採用此種間隙構成時，則不管馬達之旋轉方向，可將來自間隙中之永久磁鐵的磁通密度分布接近於正弦波，又可抑制鋸齒轉矩。又，將 θ_{dm} 作爲 $1/6$ 槽距 $\sim 1/2$ 槽距之範圍的值時，在將來自間隙中之永久磁鐵的正弦波磁通分布維持在正弦波狀之狀態下，可飛躍地抑制鋸齒轉矩。附帶地在第 5 圖之實施例中，將 θ_m 設成 2° 。

又，在該實施形態下，假想中心線 CL_3 與從軸 6 之中心通過永久磁鐵磁極部 1 2 a 或 1 2 b 之磁極面之周方向之兩端的兩條假想線 PL_1 及 PL_2 中位於具有開角 α_2 之磁性之突極部 1 0 側的假想線 PL_1 之間的開角

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

ϕ_1 ，及假想中心線 C L 3 與從軸 6 之中心通過永久磁鐵磁極部 1 2 a 或 1 2 b 之磁極面之周方向之兩端的兩條假想線 P L 1 及 P L 2 中位於具有開角 α_1 之磁性之突極部 9 側的假想線 P L 2 之間的角度 ϕ_2 ，成為滿足下述之條件式 (3) 至 (6)。

$$\phi_2 > \phi_1 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\phi_2 - \phi_1 \cong 0.5 (2m - 1) \tau s - (180^\circ / p) \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\phi_2 + \phi_1 \cong u \cdot \tau s \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq (360^\circ / p) - 2 (\phi_2 + \phi_1) \quad \dots \dots \dots (6)$$

式中，p 係極對數，m 及 u 係任意自然數。若滿足該條件時，則可將鋸齒轉矩接近於最小值。

具體而言，在該例子中，角度 ϕ_1 係 $11.025^\circ \leq \phi_1 \leq 15.225^\circ$ 之範圍之值較理想，又，開角 ϕ_2 係 $14.775^\circ \leq \phi_2 \leq 18.975^\circ$ ，而且角度 ϕ_1 及角度 ϕ_2 係滿足 $1.65^\circ \leq \phi_2 - \phi_1 \leq 5.85^\circ$ 及 $27.9^\circ \leq \phi_2 + \phi_1 \leq 32.1^\circ$ 之關係者較理想。

在該例子中，將角度 ϕ_1 作為 13.125° ，又將角度 ϕ_2 作為 16.875° 。該角度係作為 $\tau s = 7.5^\circ$ 、 $p = 4$ 、 $m = 7$ 、 $u = 4$ ，將此等值代入上述 (4) 式及 (5) 式時，則成為

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

$$\phi_2 - \phi_1 \cong 0.5 (2m - 1) \tau s - (180^\circ / p) \dots \dots \dots (4)$$

$$\phi_2 + \phi_1 \cong u \cdot \tau s \dots \dots \dots (5)$$

$$\phi_2 - \phi_1 = 0.5 (2m - 1) \tau s - (180^\circ / p) = 0.5 \times (2 \times 7 - 1) \times 7.5 - (180 / 4) = 3.75^\circ$$

$$\phi_2 + \phi_1 = u \cdot \tau s = 4 \times 7.5 = 30^\circ$$

由該二式求出 $\phi_1 = 13.125^\circ$ 及 $\phi_2 = 16.875^\circ$ 。

又，依據該角度 ϕ_1 及 ϕ_2 之值，求出將鋸齒轉矩成爲最小所用的 $\theta d m$ 及 $\theta d m$ 之最適值範圍時，則成爲

$$\theta d m = (\phi_2 - \phi_1) / 2 = (16.875 - 13.125) / 2 = 1.875^\circ。故在 $\theta d m =$$$

1.875° ，可將鋸齒轉矩成爲最小。在此求出滿足上述之 $\theta d m \cong (\phi_2 - \phi_1) / 2 \cong (1/4) \times x \times \tau s$ 之 x 時，則滿足 $(1/4) \times x \times \tau s = 1.875$ 之 x 成爲 1。

因此，將 $x = 1$ 與 $\tau s = 7.5^\circ$ 代入求出 $\theta d m$ 之範圍的上述之 $(1/6) \times x \times \tau s \leq \theta d m \leq (1/2) \times x \times \tau s$ ，則 $1.25^\circ \leq \theta d m \leq 3.75^\circ$ 決定作爲 $\theta d m$ 之最適值範圍。

如第 7 圖所示地，將槽 11 a 及 11 b 之周方向的寬度（開度）設定在 22.5° 與 1.5° 。又在該例子中，如第 7 圖所示地，將第一及第二非磁性部 13 a 及 13 b

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

之形狀對於形成在轉子心 7 的一個永久磁鐵成爲不同。

在該實施形態中，將 α_1 及 α_2 以及 ϕ_2 及 ϕ_1 ，成爲能滿足下述之式 (7) 及 (8) 式，則可將轉矩接近於最小值。

$$(180^\circ / 2p) + (\alpha_1 / 2) - \phi_2 = (1 / 4) (2v_1 - 1) \tau_s \dots \dots \dots (8)$$

$$(180^\circ / 2p) + (\alpha_2 / 2) - \phi_1 = (1 / 4) (2v_2 - 1) \tau_s \dots \dots \dots (9)$$

式中 v_1 及 v_2 係任意自然數。

在該例子中將各部角度設成能滿足上述 (8) 及 (9) 之條件。

將轉矩脈動成爲最小之各部之角度條件，係由解管上述 (3) 式，(4) 式，(5) 式及 (6) 式的連立方程式可求得。第 8 圖係表示 8 極 48 槽分布繞組的同步馬達中，將鋸齒轉矩成爲最小的 ϕ_2 與 ϕ_1 與 m 之關係的圖式。縱軸係 ϕ_2 ，橫軸係 ϕ_1 。在第 8 圖中，藉由圓記號所選擇之 m 與 u 之值所決定的轉矩脈動成爲最小之條件點。

第 9 圖係表示由上述 (1)，(8) 及 (9) 式所得到之 α_1 與 α_2 及 n 的關係。在實施本發明之情形，滿足該關係地來決定 α_1 與 α_2 之關係，即可將轉矩脈動成爲最小。

(發明之效果)

依照本發明，具有可抑制鋸齒轉矩，而且可抑制轉矩

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

脈動之優點。

(圖式之簡單說明)

第 1 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之第一實施形態之構成的概念圖。

第 2 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之第二實施形態之永久磁鐵內裝型同步馬達所使用之轉子之構成的圖式。

第 3 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之第三實施形態之永久磁鐵內裝型同步馬達所使用之轉子之構成的圖式。

第 4 圖係表示對於第 1 圖至第 3 圖之實施形態，測定轉動脈動含有率的資料。

第 5 圖係表示本發明的永久磁鐵內裝型同步馬達之第四實施形態之構成的概念圖。

第 6 圖係表示變更曲率半徑 R_1 與 R_2 時的轉矩脈動之減低效果的圖式。

第 7 圖係表示第 5 圖之實施形態的局部放大圖。

第 8 圖係表示在以 8 極 48 槽分布繞組之同步馬達中，將鋸齒轉矩成爲 ϕ_2 與 ϕ_1 及 x 之關係的圖式。

第 9 圖係表示將由 (1)，(8) 及 (9) 式所得之轉矩脈動成爲最小之 α_1 與 α_2 的關係。

(記號之說明)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

- | | |
|-----------------|----------|
| 1 : 定子 | 2 : 軛 |
| 3 : 磁極部 | 4 : 槽 |
| 5 : 轉子 | 6 : 軸 |
| 7 : 轉子心 | 8 : 永久磁鐵 |
| 9 , 10 : 磁性之突極部 | |

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

四、中文發明摘要(發明之名稱：永久磁鐵內裝型同步馬達)

提供一種比習知更能一起抑制鑲齒轉矩與通電時之轉矩脈動的永久磁鐵內裝型同步馬達。

2 p 個磁性突極部 9 ... 及 1 0 , 係隔著一個等間隔地位置於轉子心 7 之周方向的第一群之 p 個磁性突極部 9 ... 及隔著一個等間隔地位置於周方向的第二群之 p 個磁性突極部 1 0 ... 所構成。第一群之 p 個磁性突極部 9 ... 的開角 $\alpha 1$, 係形成比上述第二群之 p 個磁性突極部 1 0 ... 的開角 $\alpha 2$ 小。又開角 $\alpha 1$ 及開角 $\alpha 2$ 係決定成能滿足 $\alpha 2 - \alpha 1 = 2 \beta - (2 n - 1) \tau s$ 之式。式中 n 係自然數, β 係通過從軸之中心鄰接之兩個磁性突極部之中心的兩條突極部假想中心線 (C L 1 , C L 2) 間的角度, τs 係定子心之槽距。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

英文發明摘要(發明之名稱：)

六、申請專利範圍

1. 一種永久磁鐵內裝型同步馬達係以具備：

在定子心之複數磁極部施以一相位以上之繞組所構成的定子，及

極對數為 p （但 p 係 1 以上之正整數）， $2p$ 個永久磁鐵在周方向隔著間隔內裝於固定在軸之轉子心之內部，藉由該 $2p$ 個之永久磁鐵有 $2p$ 個永久磁鐵磁極部形成於上述轉子心之外周，且形成有 $2p$ 個磁性之突極部成為夾住上述永久磁鐵磁極部作為中間的轉子的永久磁鐵內裝型同步馬達，其特徵為：

上述 $2p$ 個磁性之突極部係由隔著一個等間隔地位於上述周方向的第一群之 p 個磁性之突極部及隔著一個等間隔地位於上述周方向的第二群之 p 個磁性之突極部所構成，

上述第一群之 p 個磁性之突極部的開角 α_1 ，係比上述第二群之 p 個磁性之突極部的開角 α_2 小；

上述開角 α_1 及開角 α_2 係決定成下述之式作為特徵，

$$\alpha_2 - \alpha_1 \cong 2\beta - (2n - 1)\tau_s$$

式中， n 係自然數， β 係從上述軸之中心通過鄰接之兩磁性之突極部中心的兩條突極部假想中心線（ CL_1 ， CL_2 ）間之角度， τ_s 係上述定子心之槽距。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，上述第一群的 p 個磁性之突極部之磁極面的曲率半徑 R_1 ，係比上述第二群的 p 個磁性之突極部之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

磁極面的曲率半徑 R_2 更小者。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，上述 $2p$ 個之永久磁鐵磁極部及上述 $2p$ 個之磁性之突極部的形狀，係藉由鄰接之兩永久磁鐵磁極部與位於上述鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的上述磁性之突極部所形成之上述轉子心的外周面部分形狀，以從上述軸之中心通過位於上述鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的磁性之突極部之中心的上述突極部假想中心線（ CL_1 ， CL_2 ）為中心形成線對稱；且上述轉子心之外周面形狀於周方向 $360^\circ / p$ 之角度範圍的外周面部分形狀決定均成為相等之 p 等配形狀者。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，

上述永久磁鐵磁極部之磁極面係藉由圓弧面或橢圓之圓弧面所形成；

形成於上述永久磁鐵磁極部之上述磁極面與上述定子心之上述複數磁極部之磁極面之間之間隙之尺寸 δd ，決定成滿足或大約滿足下述之式作為特徵：

$$\delta d = \delta d_0 / \cos \{ p (\theta_m - \theta_{dm}) \}$$

式中， δd_0 係上述間隙之尺寸的最小值；上述 θ_m 係從上述軸之中心通過位於上述鄰接的兩永久磁鐵磁極部間之上述磁性之突極部之中心的兩個上述突極部假想中心線（ CL_1 ， CL_2 ）之中心的假想中心線（ CL_3 ）對於具有上述開角 α_1 的上述磁性之突極部側之角度；上述

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

θ d m 係上述間隙之尺寸成爲最小值的假想線 (P L 3) 至上述假想中心線 (C L 3) 之角度。

5 . 如申請專利範圍第 4 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，假想中心線 (C L 3) 與從上述軸之中心通過上述永久磁鐵磁極部之磁極面之周方向之兩端的上述兩條假想線 (P L 1 , P L 2) 中位於具有上述開角 $\alpha 2$ 之上述磁性之突極部側的假想線 (P L 1) 之間的角度 $\phi 1$ ，及假想中心線 (C L 3) 與從上述軸之中心通過上述永久磁鐵磁極部之磁極面之周方向之兩端的上述兩條假想線 (P L 1 , P L 2) 中位於具有上述開角 $\alpha 1$ 之上述磁性之突極部側的假想線 (P L 2) 之間的角度 $\phi 2$ ，滿足下述之條件式

$$\phi > \phi 1$$

$$\phi 2 - \phi 1 \cong 0.5 (2 m - 1) \tau s - (180^\circ / p)$$

$$\phi 2 + \phi 1 \cong u \cdot \tau s$$

$$\alpha 1 + \alpha 2 \leq (360^\circ / p) - 2 (\phi 2 + \phi 1)$$

式中，m 及 u 係任意自然數。

6 . 如申請專利範圍第 5 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，上述 $\alpha 1$ 及 $\alpha 2$ 以及上述 $\phi 2$ 及 $\phi 1$ 又滿足下述之式，

$$(180^\circ / 2 p) + (\alpha 1 / 2) - \phi 2 \cong (1 / 4) (2 v 1 - 1) \tau s$$

$$(180^\circ / 2 p) + (\alpha 2 / 2) - \phi 1 \cong ($$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1 / 4) (2 v 2 - 1) τ s

式中 v 1 及 v 2 係任意自然數。

7 . 如申請專利範圍第 1 、 2 、 3 、 4 、 5 或 6 項中任何一項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，在上述轉子心藉由空隙形成有第一及第二非磁性部於上述永久磁鐵之上述周方向之兩側；上述第一非磁性部係上述開角位於 $\alpha 1$ 之上述磁性之突極部側，上述第二非磁性部係上述開角位於 $\alpha 2$ 之上述磁性之突極部側；上述第一及第二非磁性部之形狀，係橫斷面積相同或上述第二非磁性部之橫斷面形狀形成比上述第一非磁性部之橫斷面形狀更大者。

8 . 一種永久磁鐵內裝型同步馬達係以具備：

在定子心之複數磁極部施以三相位之繞組所構成的定子，及

極對數為 p ，八個永久磁鐵在周方向隔著間隔內裝於固定在軸之轉子心之內部，藉由該八個永久磁鐵有八個永久磁鐵磁極部形成於上述轉子心之外周，且形成有八個磁性之突極部成為夾住上述永久磁鐵磁極部作為中間的轉子的永久磁鐵內裝型同步馬達，其特徵為：

上述八個永久磁鐵磁極部，係由隔著一個等間隔地位於上述周方向的第一群之四個永久磁鐵磁極部與隔著一個等間隔地位於上述周方向的第二群之四個永久磁鐵磁極部所構成；

上述八個磁性之突極部，係由隔著一個等間隔地位於上述周方向的第一群之四個磁性之突極部及隔著一個等間

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

隔地位於上述周方向的第二群之四個磁性之突極部所構成；

上述第一群之四個磁性之突極部的開角 α_1 ，係比上述第二群之四個磁性之突極部的開角 α_2 小；

上述定子心之槽距為以 7.5° 而槽開度為 2.1° 時，上述開角 α_2 係 $12.9^\circ \leq \alpha_2 \leq 17.1^\circ$ 之值，上述開角 α_1 係 $5.4^\circ \leq \alpha_1 \leq 9.6^\circ$ 之值。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，上述八個之永久磁鐵磁極部及上述八個磁性之突極部的形狀，係藉由鄰接之兩永久磁鐵磁極部與位於上述鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的上述磁性之突極部所形成之上述轉子心的外周面部分形狀，以從上述軸之中心通過位於上述鄰接之兩永久磁鐵磁極部間的上述磁性之突極部之中心的突極部假想中心線（CL1，CL2）為中心形成線對稱；且上述轉子心之外周面形狀於周方面 90° 之角度範圍的外周面部分形狀決定均成相等之四等配形狀者。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中

從上述軸之中心通過鄰接之兩個上述突極部假想中心線（CL1，CL2）之中心的假想中心線（CL3）與從軸之中心通過上述永久磁鐵磁極部之磁極面之周方面之兩端的上述兩條假想線（PL1，PL2）中位於具有上述開角 α_2 之上述磁性之突極部側的假想線（PL1）之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

間的角度 $\phi 1$ 為 $11.025^\circ \leq \phi 1 \leq 15.225^\circ$ 之範圍之值；

從上述假想線 (CL3) 與從上述軸之中心通過上述永久磁鐵磁極部之磁極面之周方向之兩端的上述兩條假想線 (PL1, PL2) 中位於具有上述開角 $\alpha 1$ 之上述磁性之突極側的假想線 (PL2) 之間的角度 $\phi 2$ 為

$14.775^\circ \leq \phi 2 \leq 18.975^\circ$ 之範圍之值；

而且上述開角 $\phi 1$ 及上述角度 $\phi 2$ 係滿足 $1.65^\circ \leq \phi 2 - \phi 1 \leq 5.85^\circ$ 及 $27.9^\circ \leq \phi 2 + \phi 1 \leq 32.1^\circ$ 之關係者。

11. 如申請專利範圍第10項之永久磁鐵內裝型同步馬達，其中，

上述永久磁鐵磁極部之磁極面係藉由圓弧面或橢圓之圓弧面所形成；

形成於上述永久磁鐵磁極部之上述磁極面與上述定子心之上述複數磁極部之磁極面之間間隙之尺寸 δd ，決定成滿足或大約滿足下述之式作為特徵：

$$\delta d = \delta d 0 / \cos [p (\theta m - \theta d m)]$$

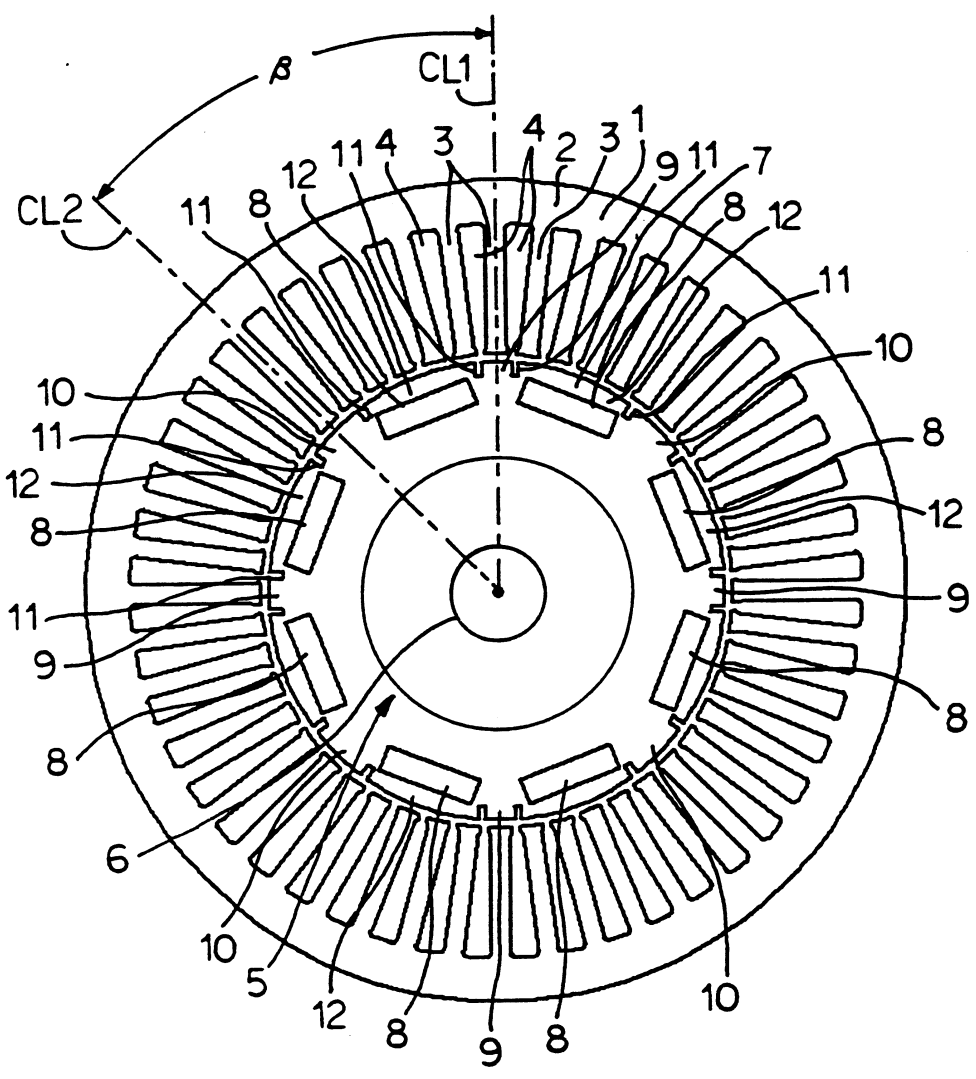
式中， $\delta d 0$ 係上述間隙之尺寸的最小值；上述 θm 係從上述軸之中心通過位於上述鄰接的兩永久磁鐵磁極部間之上述磁性之突極部之中心的兩個上述突極部假想中心線 (CL1, CL2) 之中心的假想中心線 (CL3) 對於具有上述開角 $\alpha 1$ 的上述磁性之突極部側之角度；上述 $\theta d m$ 係 $1.25^\circ \leq \theta d m \leq 3.75^\circ$ 之範圍之值。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

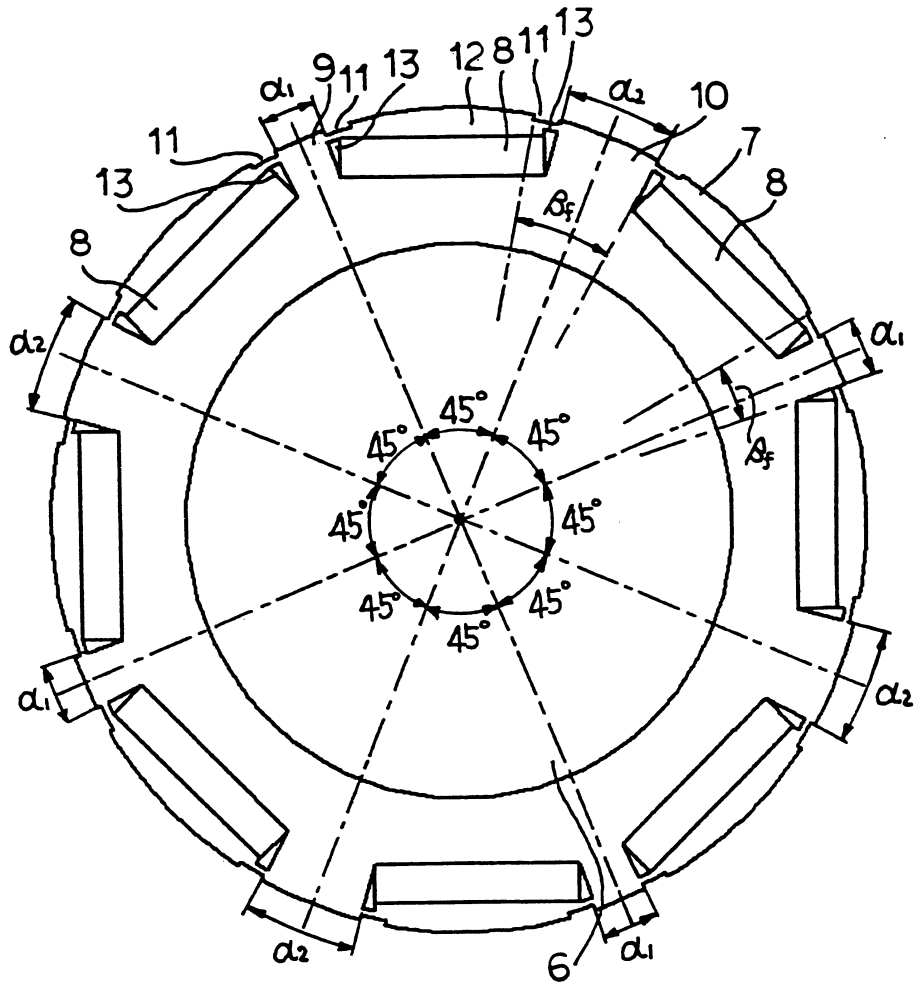
裝

訂

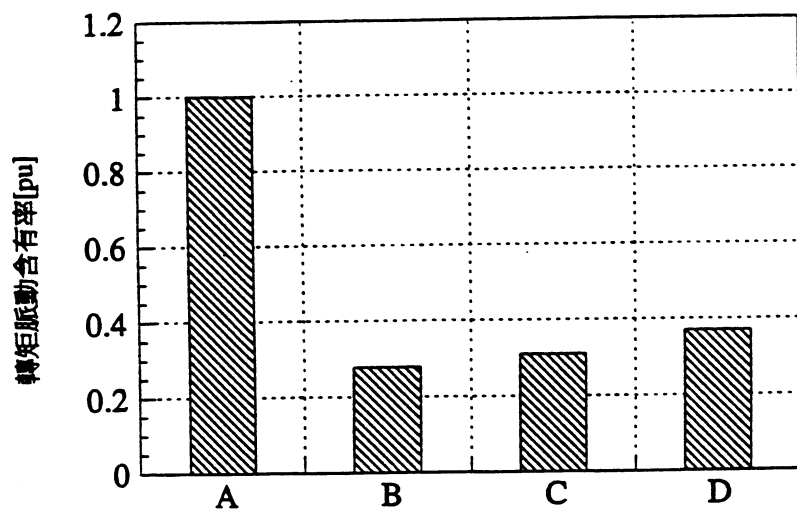
線



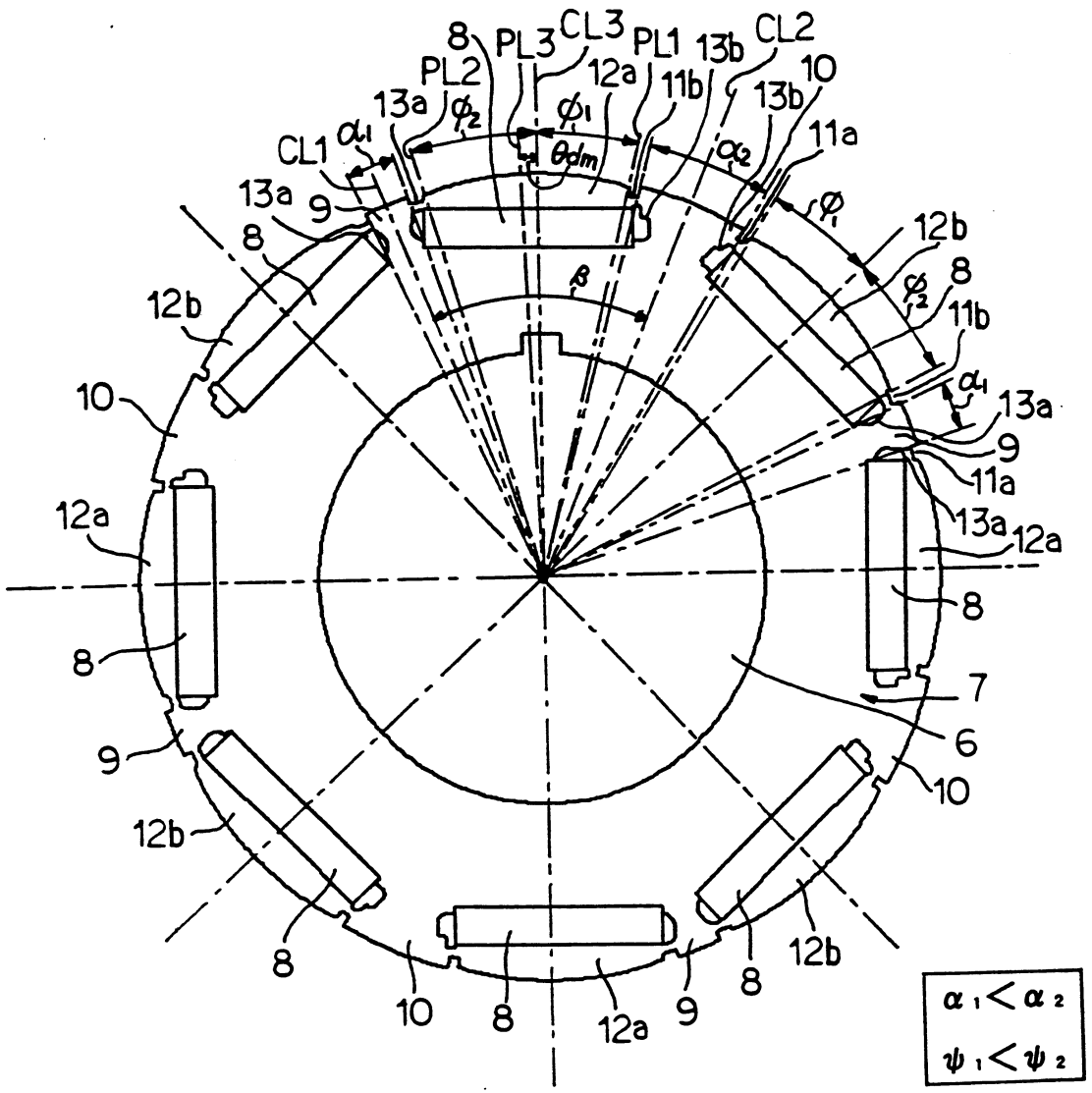
第 1 圖



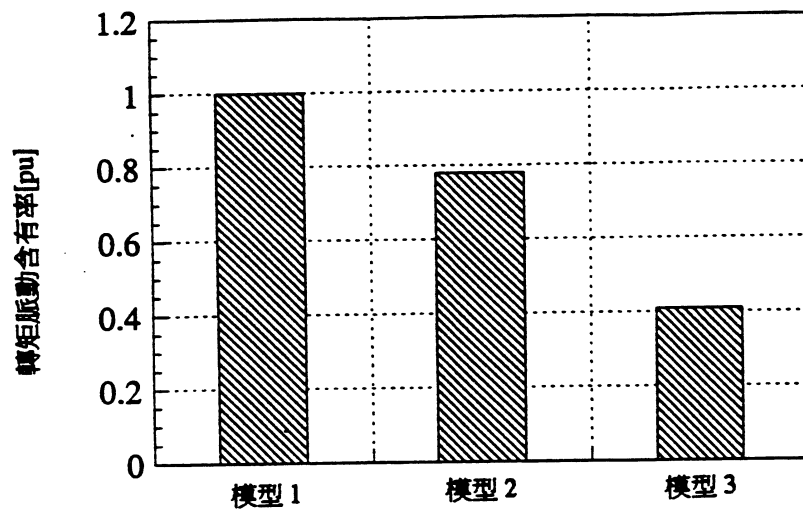
第 3 圖



第4圖

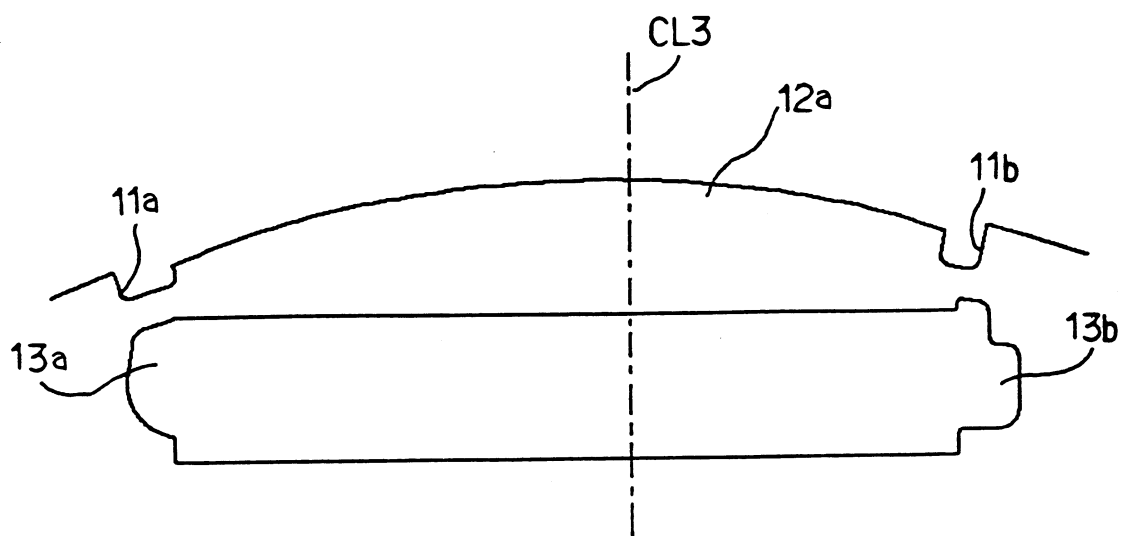


第 5 圖

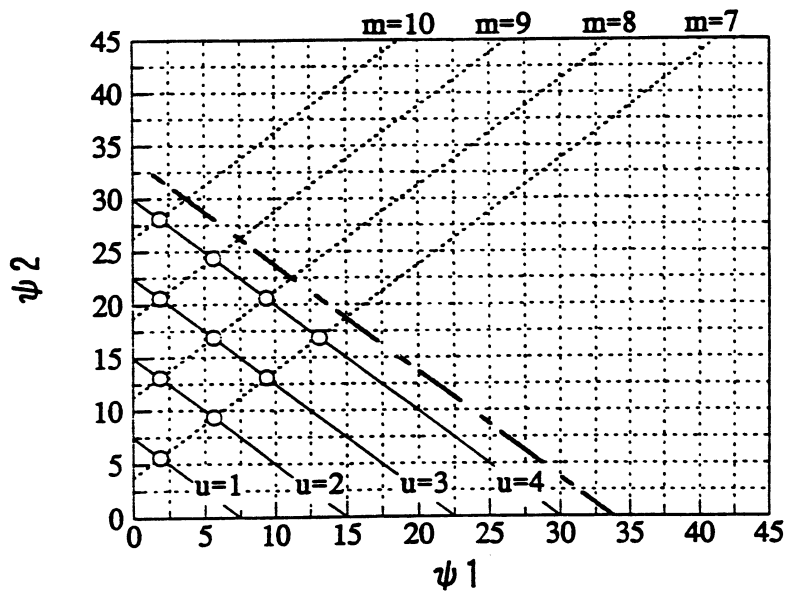


轉子型式	$\alpha 1, \alpha 2$	R1, R2
模型 1	$\alpha 1 = \alpha 2 = 7.5^\circ$	$R1 = R2$
模型 2	$\alpha 1 = 7.5^\circ, \alpha 2 = 15^\circ$	$R1 = R2$
模型 3	$\alpha 1 = 7.5^\circ, \alpha 2 = 15^\circ$	$R1 < R2$

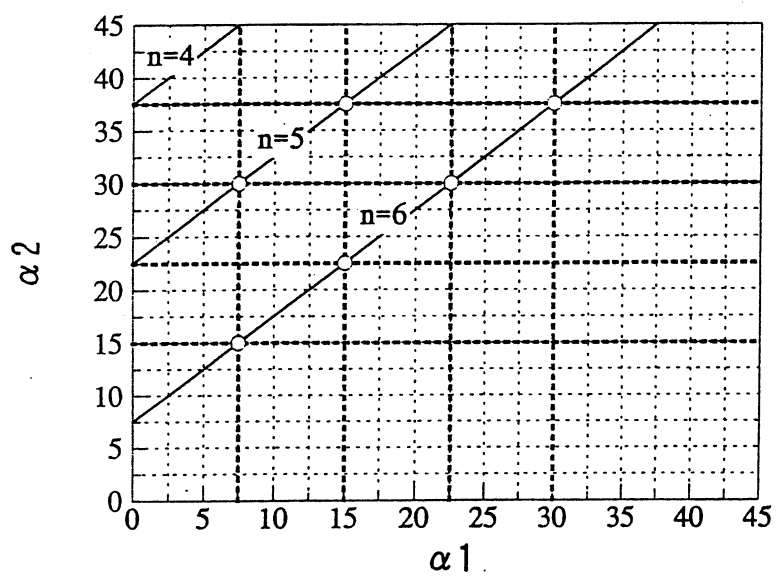
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖