

速度制御型 誘導電動機

Speed Control Induction Motor

吳 相 世* · 朴 昌 燁**

(Sang Se Oh, Chang Yub Park)

[Abstract]

To control of the speed of induction Motor, a variable frequency power supply is needed. But this New type induction Motor Constitute stator and Rotor with New principle, its speed can be easily and widely Controlled by changing phase of the stator, and start at low current than rating without starter. Also, its no load current is same as shart current, and speed increase in proportion to current. On this points this induction Motor for speed control is different from induction Motor using Now.

序 論

速度制御型 誘導電動機는 現在 普及되고 있는 誘導電動機의 原理 및 構造와는 全く 다른 機械로 새로운 原理를 利用하여 考案한 誘導電動機이다. 現在 使用되고 있는 誘導電動機의 速度制御는 單獨으로 運轉할 때 그 電動機 自體로서 速度를 制御할 수는 없고 外部에서 周波數變換器를 使用하여 電源電壓의 周波數를 變換하거나 電動機의 極數를 變化 시켜야만하고 捲線型 誘導電動機에서는 二次捲線에 抵抗을 連結해야만 한다. 縱續法으로서는 誘導電動機 周波數變換器 直流發電機 整流子機 등을 同軸 또는 別個로 運轉하여 速度를 制御한다. 이와같은 方法에 依한 速度制御는 원활한 制御를 할 수 없고 特定한 몇 단계 以上의 制御를 할 수 없는 不便이 있을뿐만 아니라 附屬裝置 및 附設機器를 使用해야 하므로 經費가 많이 要하고 機械運轉이 어려운 결점이 있다. 또한 종래의 誘導電動機는 起動回轉力이 弱하고 定格電壓에서 一定特性의 回轉力만을 發生하나 새로운 方法으로 考案한 이 速度制御型 誘導電動機는 한臺로서 定格周波數의 定格電壓을 걸어 놓은 狀態에서 兩側固定子の 位相을 變化시키므로써 停止狀態에서 定格速度까지 원활하게 速度를 變化시킬 수 있고 또한 回轉力도 兩側固定子の 位相에 따라 여러가지 特性을 나타낼 수 있다. 한臺의 이 誘導電動機로 最大回轉力을 낼 수도 있고 또 起動回轉力을 最大로 할 수도 있으며 速度制御를 任意로 할 수 있다는 點으로 이 새로이 考案한 速度制御型 誘導電動機가 現在 使用되고 있는 誘導電動機의 결점을 完全히 打開한 機械라할 수 있다

原理 및 構造

이 電動機는 電源을 2個로 하여 固定子(界磁) 2個를 回轉子의 兩側에 놓고 固定子は 그림 1a와 같이 冷間 壓延珪素鋼板을 길게 적당한 폭으로 切斷하여 捲鐵心을 만들고 平衡三相電壓을 加할 수 있도록 溝를 만들어 三

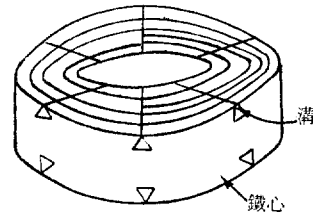


그림 1. (a) 三相電動機用 捲鐵心

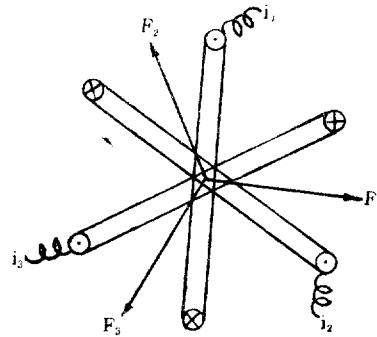


그림 1. (b) 三相코일에 依한 回轉磁界의 說明圖

*正會員 延世大學校 理工大學 教授
 **正會員 延世大學校 理工大學 教授

相捲線を 設置하여 다음과 같이 回轉磁界를 만든다. 同一한 構造로 굵기가 같은 코일 3個를 그림 1b와 같이 時計方向으로 60°씩 配置한 후 Y結線을 하여 三相平衡 電壓을 加할때 各코일에 正方向으로 나타나는 磁界는

$$F_1 = kI_m \sin \omega t \dots\dots\dots (1)$$

$$F_2 = kI_m \sin(\omega t - 120^\circ) \dots\dots\dots (2)$$

$$F_3 = kI_m \sin(\omega t - 240^\circ) \dots\dots\dots (3)$$

이다.

코일이 흐르는 電流에 依하여 O點을 中心으로한 角速度는 ω 이고 回轉하는 磁界가 생기며 코일에 直角方向으로 생기는 磁界의 순시치 F_1, F_2, F_3 를 XY軸成分으로 分析하면

$$F_x = kI_m \sin \omega t \dots\dots\dots (4)$$

$$F_{2x} = kI_m \sin(\omega t - 120^\circ) \cos(-120^\circ) \dots\dots\dots (5)$$

$$F_{3x} = kI_m \sin(\omega t - 240^\circ) \cos 120^\circ \dots\dots\dots (6)$$

$$F_{1y} = 0 \dots\dots\dots (7)$$

$$F_{2y} = kI_m \sin(\omega t - 120^\circ) \sin(-120^\circ) \dots\dots\dots (8)$$

$$F_{3y} = kI_m \sin(\omega t - 240^\circ) \sin 120^\circ \dots\dots\dots (9)$$

가 된다. 이를 合成하면

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} \dots\dots\dots (10)$$

$$= kI_m \left[\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin(\omega t - 120^\circ) - \frac{1}{2} \sin(\omega t - 240^\circ) \right]$$

$$= \frac{3}{2} kI_m \sin \omega t \dots\dots\dots (11)$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} \dots\dots\dots (12)$$

$$= \frac{3}{2} kI_m \cos \omega t \dots\dots\dots (13)$$

故로 合成磁界의 크기 및 位相角은

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \frac{3}{2} kI_m \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} \\ &= \frac{3}{2} kI_m \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} = \tan^{-1} \frac{\cos \omega t}{\sin \omega t} = -\frac{\pi}{2} - \omega t \dots\dots (15)$$

이다.

이 경우 合成磁界의 크기는 恒개의 코일이 形成하는 最大磁束의 $\frac{3}{2}$ 倍이고 $t=0$ 일때 φ 는 $\frac{\pi}{2}$ 로서 Y軸의 正方向을 向하고 ω 인 角速度로 時計方向으로 回轉하는 回轉磁界가 된다. 이를 圖解法으로 說明하면 다음과 같다. 그림 2와 같은 電流를 通하면 捲鐵心의 磁界分布는 그림 3의 a, b, c와 같이 된다. 그림 2에서 A相電流 i_a 는 t_1 에서 正로 最大가 되고 BC相電流 i_b, i_c 는 그의 半이 된다. 이때 磁束分布는 그림 3의 b에서와 같이 最大가 된다. 즉 正電流에 依한 磁束도 A相에서 最大 BC相에서 最大値의 半으로 된다. 다음 t_2 에서 C相電流는 \ominus

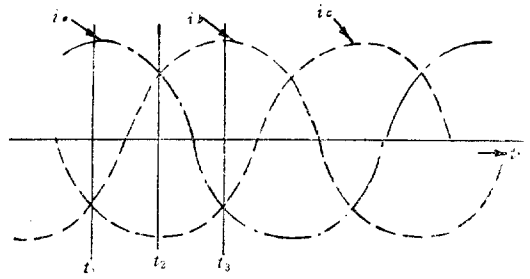


그림 2. 平衡三相電流

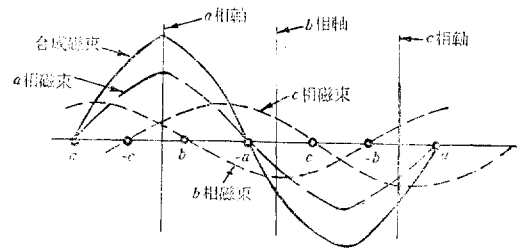


그림 3. (a) t_1 時 磁束分布圖

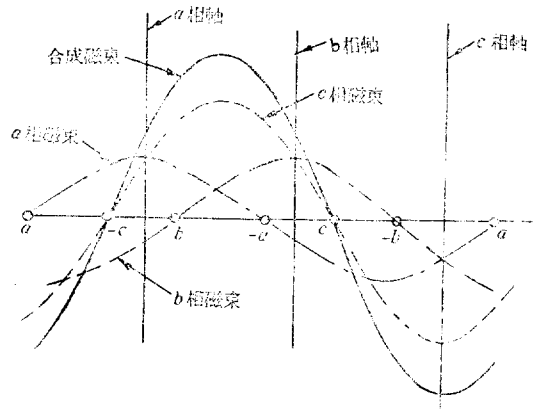


그림 3. (b) t_2 時 磁束分布圖

로 最大値가 되고 AB相電流는 正의 最大値의 半으로 된다. 그림 3의 C에서 A相의 磁束分布는 t_1 에서와 같으며 振幅만 半으로 된다. B相의 磁束分布는 前과 같은 振幅을 갖고 있으나 電流가 反對로 되어 t_1 때와는 反對로 된다. C相의 磁束分布는 極性이 t_1 에서와 같으나 그 振幅이 2倍로 된다. 이로서 合成磁束의 分布를 보면 磁束波形은 移動함을 알 수 있다. 즉 回轉하고 있음을 알 수 있고 f사이클의 電壓이 p極 固定子捲線에 加해질때 合成磁束은 매 사이클당 $\frac{p}{2}$ 만큼 回轉하게 된다. 回轉子는 그림 4a와 같이 溝를 만들어 굵은 裸銅線을 同極線

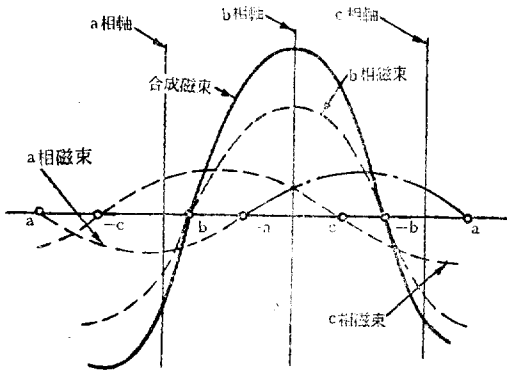


그림 3. (c) t_3 時磁束分布圖

輪이 되게 하여 銅熔接을 하므로서 그림 4b와 같이 환상권선을 만든다. 이 回轉子의 鐵心은 固定子 와 같은 方法으로 捲鐵心 한것이다. 2個의 電源을 別個로 받는 固定子는 固定子의 兩側에 놓여서 平衡三相電壓을 加할 때 위에서 說明한바와 같이 回轉磁界를 만들고 이 磁束을 이 誘導回路 즉 同極磁路에 誘導되는 同極線輪을 回轉子에 만들므로

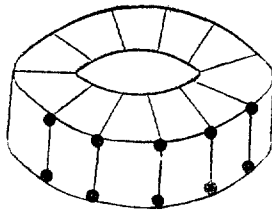


그림 4. (a) 同極線輪을 갖는 回轉子의 鐵心 및 捲線

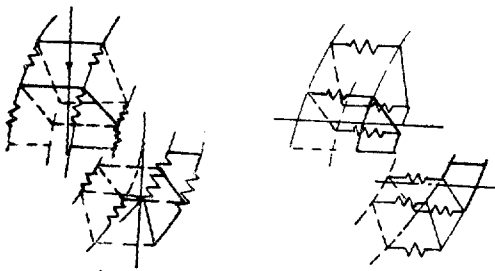


그림 4. (b) 同極線輪 및 異極線輪의 說明圖

서 同極線輪을 끊는 磁束은 그림 5와 같이 兩固定子에서 만든 磁束의 合이되고 異極磁路에서는 回轉子에 設置한 同極捲線을 끊지 못하고 서로 相殺되고 만다. 이를 다시 說明하면 兩側의 固定子が 同極이 되었을 때 回轉子의 異極線輪에는 兩側固定子에서 들어오는 磁束의 크기는 같고 方向이 反對이므로 서로 相殺되어 이 捲線에는 誘起電壓이 없으므로 電流는 零이고 따라서 回轉

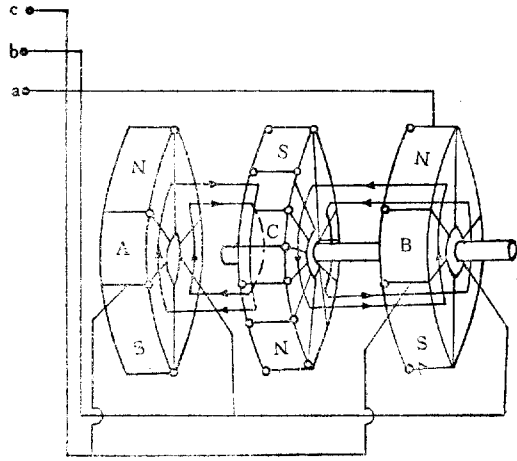


그림 5. 電動機의 構造와 同極時의 磁束關係圖

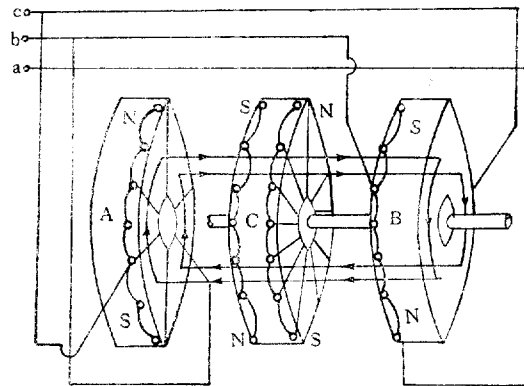


그림 6. 電動機의 構造와 異極時의 磁束關係圖

자는 停止狀態로 있다. 그러나 同極線輪에서는 磁束을 最大로 끊게 되므로 誘起電壓이 最大가 되고 電流도 最大로 흘러 回轉子는 最大速度로 回轉한다. B 固定子에 對하여 A 固定子를 電氣角으로 60° 90° 120° 180° 씩 移動시키면 回轉子의 同極捲線을 끊는 磁束이 점차 減少하므로 誘起電壓, 電流도 減少하여 速度는 이에 따라 減少한다. 이러한 方法으로 0° 에서 180° 까지 서서히 固定子를 移動하면 回轉子의 速度를 停止狀態에서 定格速

度까지 速度制御를 원활하게 할 수 있다. 起動時에는 固定子を 異極으로 起動하던 回轉子에는 異極線輪이 없으므로 電壓이 誘起되지 않아 起動하지 못하고 異極狀態에서 同極狀態로 移動하면 起動된다. 이와 같은 方法으로 起動하면 現在使用되고 있는 電動機보다 대단히 우수한 速度制御를 할 수 있고 또 起動機를 使用할 필요도 없이 起動할 수 있다. 그림 4b와 같이 同極線輪을 가는 코일로 捲線하던 捲線의 抵抗이 많아지므로 起動은 同極으로 하고 運轉은 異極으로 함으로써 원활한 運轉을 할 수 있고 最大起轉力을 낼 수 있다. 다음 異極線輪의 抵抗이 커지므로 異極으로 運轉하면 二次抵抗이 큰 關係로 最大回轉力을 낼 수 있다. 여기서 同極 및 異極이라 함은 進출한바와 같이 固定子の 相對對極關係를 말하며 兩側 固定子の 極이 그림 4b와 같이 同一할 때 또는 相異할 때를 同極 또는 異極이라 定義한다.

實驗 및 結果

固定子 및 回轉子の 鐵心은 冷間壓延 珪素鋼板을 길이 幅이 2.6cm 되게 切斷하여 서로간의 끝을 스폿트 (spot) 熔接한 후 捲鐵心을 만든다. 이를 선반에 물려 兩面을 3mm 씩 깨끗이 깎은후 固定子 鐵心에 서로 대칭되게 6個의 溝를 그림 7과 같이 만든다. 溝의 깊이는 0.6cm 幅은 1.5cm 되게 하여 絶緣物을 발라서 응고시킨 후 0.25mm 코일을 150회씩 同一方向으로 6個의 捲線을 設置하여 3相 y 結線을 한다. 回轉子の 鐵心은 固定子 와 같이 捲鐵心으로 한후 直徑이 0.3cm 인 溝를 11個 만들어 0.3cm 裸銅線

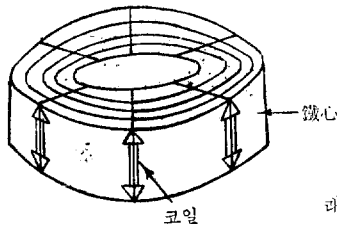


그림 7. 固定子の 철심과 코일

을 彈簧로 끼어 넣고 同極線輪이 되게 銅으로 熔接한다. 이렇게 만든 固定子과 回轉子는 부라스(Brass) 原筒을 계철(yoke)로 하여 그림 5, 6과 같이 組立한다. 이 電動機의 固定子에 一定한 平衡三相電壓 30V를 加하고 固定子 B에 對하여 固定子 A의 位相을 移動하면서 그때 흐르는 各線間電流 및 速度를 測定하여 그림 8, 9를 만들었다. 이 結果에서 回轉子가 停止할 때 電流가 最小로 되고 最大速度로 回轉할 때 最大電流가 흐름을 알 수 있었다. 이는 종래의 誘導電動機特性과는 正反對現象이다.

一定負荷를 걸고 各相에 따른 出力을 測定한 結果는 그림 9와 같다. 이 電動機의 無負荷入力(電流) 및 一定負荷를 걸때의 負荷入力(電流)는 거의 同一하였다. 중

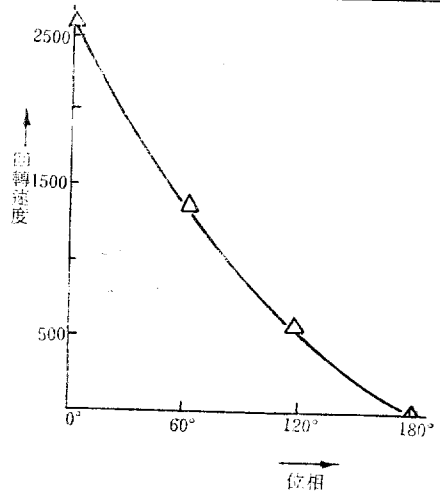


그림 8. 電動機의 速度制御特性

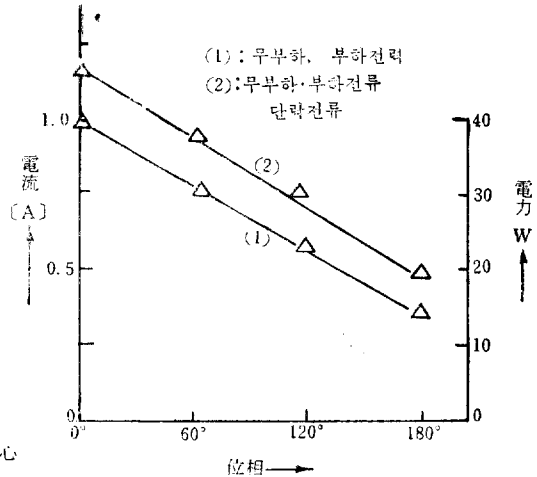


그림 9. 電動機의 無負荷 및 負荷特性

래의 電動機는 負荷를 걸때 負荷電流가 無負荷電流보다 훨씬 큰 現象과는 완전히 反對現象이다. 起動電流는 0.5A로서 最大回轉速度를 낼때의 電流 1.3A의 1/3程度이다. 現在 使用되고 있는 電動機의 起動電流는 定格電流의 150%~600%까지 上昇하는 現象과는 正反對로 되었다. 同極線輪을 가는코일로 捲線했을 때는 그림 10의 ②와 같이 起動回轉이 크고 異極線輪을 가는 코일로 감았을 때는 그림 10의 ①과 같이 最大回轉力을 얻었고 同極과 異極線輪을 同時에 設置할 때의 特性은 그림 10의 ③과 같이 되었다.

다음으로 이 速度制御型 誘導電動機에서 電機子反作用은 回轉子가 同極線輪으로된 경우 그림 5와 같은 磁束이 생기므로 回轉子에서 磁束의 方向이 反對이므로 여기에 흐르는 電流는 AB 固定子 및 回轉子에서 서로 반대가 되어 回轉子의 誘起電壓에 依하여 흐르는 電流가 만든 磁束은 零이므로 電機子反作用은 無視

제 사용하고 있는 單相誘導電動機의 主捲線 및 起動捲線과 같다.

(ㄱ) 騒音과 振動

騒音과 振動은 磁氣歪力이 主要原因이 되며 珪素鋼板의 磁氣歪力特性은 쉽게 풀이할 수 없으나 실험과정으로 보아 종래의 電動機의 騒音및 振動과 거의 비슷하다.

(ㄴ) 効率 및 損失

電氣機器의 損失로서는 銅損 鐵損 표류負荷損이 主損失이라 볼 수 있는 것으로 이 電動機에서는 공극(air gap)을 最小로 할 수 있고 電機子反作用이 없고 마찰손은 종래 기기와 거의 같으므로 종래의 電動機보다 월등히 좋다. (효율≒90%)

(ㄷ) 出力增設

出力增設을 必要로 할때는 同型의 固定子 및 回轉子를 同軸으로 連結하므로써 任意로 所要의 出力을 쉽게 增設할 수 있다.

結 論

위에서 보인 實驗結果와 같이 速度를 停止狀態에서 最大速度까지 원활히 制御할 수 있고 起動電流가 定格電流의 數% 以內임을 實證했다. 또한 無負荷電流와 負荷電流가 거의 같다는 點과 定格電壓을 加하여 彈制制動시 轉子 電流는 無負荷때와 같은 電流가 通렸고 轉子가 停止했을 때 電流가 最小로 되었고 最大電流가 흐를 때 速度가 最大로 되었다. 즉 轉子의 速度는 미끄럼(slip) 에도 關係하지만 電流에 따라 주로 比例함을 實證했다. 騒音과 振動에 對한 實驗을 하지 못했고 出力增設을 위한 實驗도 못하였다. 그러나 이 實驗에서 單相電動機 및 三相電動機의 速度를 任意로 制御할 수 있었고 起動電流가 定格電流보다 적은 値에서 용이하게 起動할 수 있었다. 이로서 이 實驗은 理論과 一致하였다. 이 電動機는 製作이 용이하고 構造가 간단하여 고장이 발생할 部分이 거의 없다는 點으로 응도가 많으리라 믿는다.

(1968年 3月 11日 接受)

참 고 문 헌

1. J. H. Kuhlman, Design of Electrical Apparatus. John Wiley & Sons Inc. N. Y., 1957. p. 398—475
2. A. S. Langsdorf. Theory of Alternating Current Machinery McGraw Hill Book Co., Inc. N. Y. 1955.
3. Herbert Vickers. Induction Motor Sir Isac Pitman & Sons. London. 1953.
4. S.A. Nasar Electromagnetic theory of Electrica Machines Proceeding of IEE 1964.
5. 上田輝雄, 村山茂 電氣機械設計 日本 太陽堂 昭和16
6. 朴昌燁, 吳相世 電壓調整方法 改良을 爲한 研究 大韓電氣學會 15卷 5號

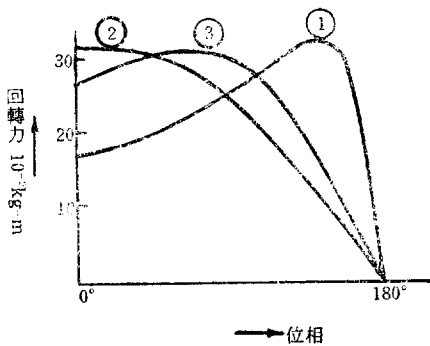


그림 10. 電動機의 回轉力特性

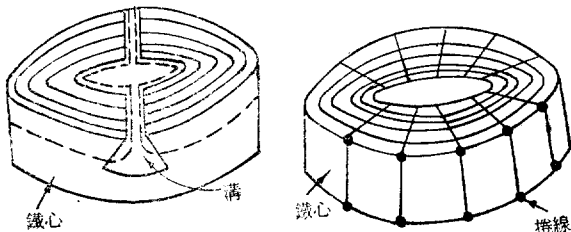


그림 11. (a) 單相電動機의 固定子鐵心 (b) 單相電動機의 回轉子

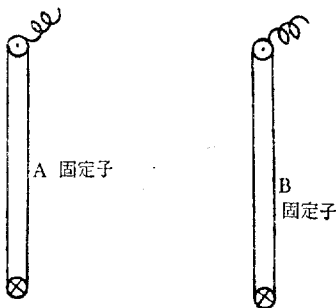


그림 12. 單相電流에 依한 回轉磁界의 說明圖

할 수 있을 程度이다. 異極線輪으로된 電動機에서 是 磁束方向이 全部 同一 方向이고 回轉子 및 固定子 AB에서 電流方向도 同一하므로 電機子反作用은 同極線輪으로 된 電動機보다 크다. 單相電動機인 경우에도 이 原理를 적용할 수 있는 것으로 그림 11 (a)와 같은 固定子 2個를 그림 11 (b)와 같은 回轉子 兩側에 놓고 磁界를 그림 12와 같이 서로 90°되도록 固定子를 移動하므로써 始動할 수 있다. 여기서 AB 固定子 捲線은 현