

位相變成方式과 그 應用

(Phase Transformer Method and Its Application)

吳 相 世*

(Sang Sea O)

Abstract

Phase transformer is used to change some phase from phase in A.C. system.

We have been used Scott or Fork connection in phase transformation, the otherwise phase transformation was constructed from M-G set. From this M-G set, we could make phase shift facilities by manual.

Now, I can derive more easy phase transformation from taking another method.

I believe this new phase transformation method in the first thing in the world.

And so, I am going to explain about phase transformer construction process.

The first, we could divide into equal part of core around the iron core as to be same size.

The second, you will make primary and secondary winding on the core.

The third, when you will supplied three phase A.C. at the terminal of primary winding you can get e.m.f. inducing of some phase at secondary.

And so, we could make phase change from some phase A.C.

We can apply this principle in many fields, i.e., frequency changer, phase leader of no use condenser, voltage regulator in keeping balance, and D.C. generator.

And more, I will introduce in details concerning main pinciple and theory through following chapter.

1. 序 論

位相變成器란 交流系統의 位相을 變化시키기 爲하여 使用하는 機械로서 從前에는 相變換을 하는데 Scott-

Connection 이나 Fork-Connection 을 利用하였으며, 그렇지 않으면 電動機와 發電機를 組立한 M-G set 를 設置한 移相裝置가 있어서 이들은 手動的인 操作을 하여 왔다.

本 位相變成器는 研究 製作이 世界 最初의 것으로 數種의 鐵心을 그 特性에 따라 各各 使用할 수 있고 그들 各各을 任意로 等分하여 1次捲線과 2次捲線을 하고 그 1次捲線에 3相 交流를 加하여 2次側 捲線에 任意의 起電力을 誘起하도록 할것으로 어떤 位相의 電氣로부터 任意의 位相으로 相變換이 可能한 物인 하나라 効율을 良好하게 改善하고 回轉操作도 簡單히 하는 等 各點이 많으며, 여기에서 이 變成器의 特性은 勿論 그 應用部門에 對하여 論述코자 한다.

각종 應用部門도 廣範하여 本誌(Vol. 13, No. 1)에 發表한 바 있는 周波數變換機라든가, 一種의 condenser 나 reactor 가 必要치 않은 進相機, balance 를 維持하는 voltage regulator, 그리고 D.C. generator 등에서 中樞가 되고 있는 것이 이 位相變成器이다.

2. 本 論

2.1. 概 說

本 位相變成器는 交番磁界의 原理에 依한 普通 變壓器가 아니고 回轉磁界의 原理를 利用한 變成器인데 相變換, 進相機, 電動機의 制御裝置, 周波數變換 등에 使用하는 變成器이다. 이것을 利用하므로써 任意의 多相을 얻을 수 있는 經濟적이고 能率의인 變成器를 製作 完了한 것이다.

從來의 相變換에는 2個의 單相變壓器로 Scott-Connection 하면 3相에서 2相만을 86%의 能率로 얻을 수 있고, Fork-Connection 으로는 3相에서 6相만을 얻을 수 있는 方法에 지나지 않으나 이 變成器는 任意로 多相을 얻을 수 있다. 即 從前에 얻을 수 없었던 5相, 7相, 9相 등을 한 變成器에서 任意로 얻을 수 있는 便利한 變成器이며 3相 電源에서 單相을 얻는 過程中 3相 電源의 平衡을 要하나 이 變成器는 平衡變成器이므로 3相 電源에서 不平衡을 이르지 않는 適合한 變

*延世大學校 理工大學 教授
Prof., Science & Engineering College
Yonsei University

成器라 할 수 있고 이 變成器는 1次에 加한 電壓의 位相과 2次側의 出力電壓과의 位相差를 任意로 調節할 수 있다. 卽 이 變成器에 使用되는 鐵心은 第1圖의 圓形鐵心, 第2圖의 3角形鐵心, 第3圖의 正4角形鐵心 또는 以外 正多角形鐵心을 使用할 수 있고 捲線은 溝(slot) 內에 1次와 2次를 捲線한 다음 外部鐵心을 繞立하게 되어있고 그 1次捲線方法은 直流機의 電機子捲線方法의 環狀捲(ring-winding) 鼓狀捲(drum-winding) 이나 交流機의 捲線方法도 可能하다.

第1圖(가)는 圓形鐵心에 環狀捲線을 한 것인데 그림(1)은 鐵心이고 그림(2)는 溝(slot) 이며 그림(3)은 1次捲線이며 그림(4)는 2次捲線이다.

1次捲線의 回數를 3等分하여 3相 電源을 加하면 3相의 3角形結線과 같아서 回轉磁界가 發生하여 回轉하므로 2次捲線에 誘導電壓이 發生하고 a', b' , 또는 a, b 에 單相電壓이 發生하여 그 2單相電壓은 位相이 90度差가 있어서 2相電壓이 된다. 第1圖(나)도 (가)와 같이 1次捲線에 3相을 加하여 回轉磁界가 回轉하므로 2次捲線 a, b, c, d, e 의 5相이 發生하여 第6圖(가)와 같은 網形結線이 되어 第6圖(나)와 같은 vector diagram 으로 나타내며, I_p 는 相電流이고 I_L 은 線路電流이다. 第5圖(가)는 5個의 5相線輪을 星形結線한 것이며 第5圖(나)는 그의 vector diagram 이다. E_p 는 相電壓이며 E_L 은 線間電壓이다. 第2圖는 3角形鐵心の 溝(slot)에 鼓狀捲線을 한 다음 外部鐵心을 繞立한 것이며 2次捲線의 6相을 發生하는 捲線方法인데 端子 a, b, c, d, e, f 의 6 端子에는 6相의 網形結線이다. 第2圖(나)는 3角形鐵心에 9個所의 溝(slot) 이다 1次捲線을 交流機의 捲線方法으로 2極捲線한 것이니 3相을 加하면 2極의 回轉磁界가 發生한다. 第3圖는 4角形鐵心에 8個所의 溝(slot)에 2次捲線의 鼓狀捲線, 2極捲線하여 a, c, e, g 에서는 網形捲線의 電源이 發生하고 a, b, c, d, e, f, g 등 8 端子에서는 8相의 網形電壓이 發生한다. 1次電源에는 交流機의 捲線方法으로 多極捲線을 하고 2次捲線에는 直流機의 多極捲線을 하는것이 多相의 電源을 發生하는데 便利하다. 또 回轉磁界가 回轉하므로 捲線에 誘起되는 誘導電壓을 第4圖에 依해서 說明하면 回轉磁界의 磁束密度를 B_m 이라하면

$$B = B_m \sin \phi \quad (1)$$

ϕ 는 極과 極間 任意의 位置의 電氣角이고 L 은 極과 極間距離의 長이라 하면 每極의 網磁束 b 는

$$b = \int_0^L L B_m \sin \phi = [-LB_m \cos \phi]_0^L = 2LB_m \quad (2)$$

(2)式의 磁束이 鐵心周圍를 回轉하므로 2次捲線, 그림 a 線路의 誘導電壓을 e_a 라 하면

$$e_a = B v L \quad (3)$$

v 는 回轉磁界의 回轉速度로 $v = 2\pi f$ 이므로 (3)式은

$$\begin{aligned} e_a &= B_m \sin \phi \cdot v \\ &= B_m \sin \phi \cdot L \cdot 2\pi f \\ &= B_m L \cdot 2\pi f \cdot \sin \omega t \end{aligned} \quad (4)$$

(4)式에 (2)式을 代入하면

$$e_a = \frac{b}{2} 2\pi f \cdot \sin \omega t$$

$a-a'$ 導線의 한 turn 에 對한 電壓을

$$e_1 = b 2\pi f \sin \omega t$$

2次捲線의 捲回數가 N turn 이라하면 各 線輪의 誘起電壓은

$$e_n = b 2\pi f N \sin \omega t$$

回轉磁界의 誘起電壓도 正弦波形이므로 實効値 E 는

$$\begin{aligned} E &= \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot N \cdot b \times 10^{-8} \text{ (volt)} \\ &= 4.44 f N b \times 10^{-8} \text{ (volt)} \end{aligned}$$

이 되는 普通 變壓器에서 誘導되는 電壓式과 같다. 또 $b-b'$ 의 線輪에 誘導되는 電壓 e_2 는

$$e_2 = b \cdot 2\pi f N \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{n}\right)$$

式으로 되며 $a-a'$ 線輪의 誘導電壓보다 位相이 $\frac{2\pi}{n}$ 만큼 늦어진다.

2次捲線의 結線方法은 捲線의 線輪이 一定한 間隔으로 配置되었다면, 第5圖(가)와 같이 5個의 線輪에 誘導되는 誘導電壓은 第5圖(나)와 같은 星形結線이고, 第6圖(가)와 같이 結線하면 網形結線이며, 그 誘導電壓은 第6圖(나)와 같다.

이러하여 星形 n 相結線인 境遇 相電壓을 E_p 라하면 線間電壓 E_L 은

$$E_L = 2 E_p \sin \frac{180^\circ}{n}$$

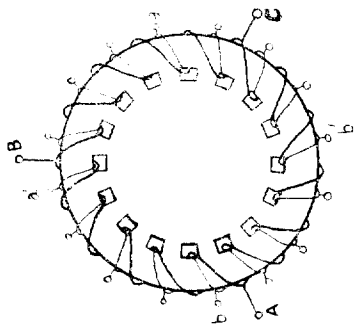
이고 相電流는 線間電流와 같으며 網形 n 相結線은 線間電壓과 相電壓이 서로 같으며 線間電流 I_L 과 相電流 I_p 의의 關係는 다음과 같은 關係가 있어

$$I_L = 2 I_p \sin \frac{180^\circ}{n}$$

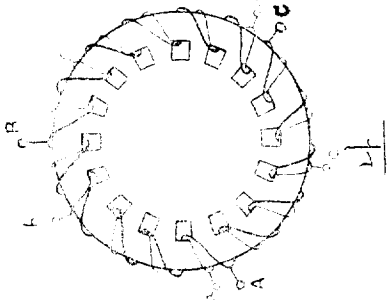
이므로 多相의 位相變成器를 얻을 수 있고 또한 入力 3 端子 A, B, C 에 3 相電源을 加하여 回轉磁界가 一定한 方向으로 回轉하면 2次捲線의 出力 3 端子 a, b, c 에서 出力電壓은 入力電壓과 同一位相의 3 相電壓으로 된다. 卽

$$\begin{aligned} e_1 &= E_m \sin \omega t \\ e_2 &= E_m \sin(\omega t + 120^\circ) \\ e_3 &= E_m \sin(\omega t + 240^\circ) \end{aligned}$$

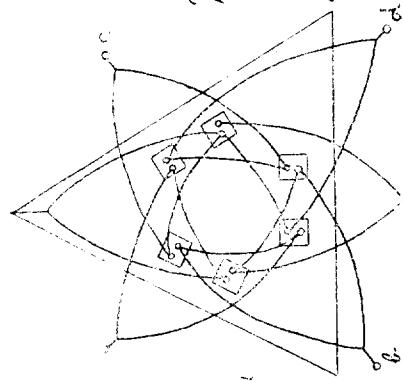
가 發生하고 端子 a_1, b_1, c_1 의 出力電壓은 a, b, c 의 出力電壓보다 ϕ_1 만큼 빠르다. 그러므로 3 相電壓은



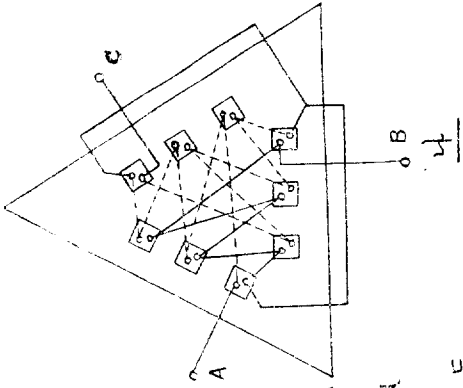
제 1 도
(Fig. 1)



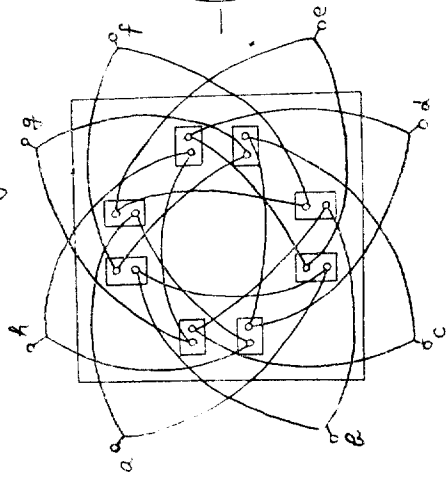
제 2 도
(Fig. 2)



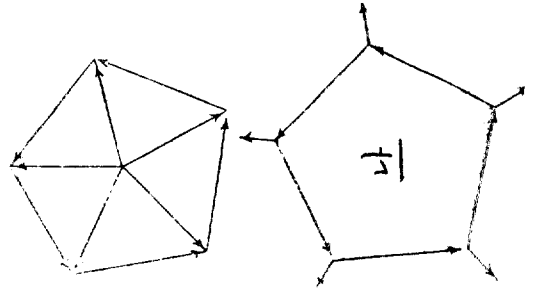
제 3 도
(Fig. 3)



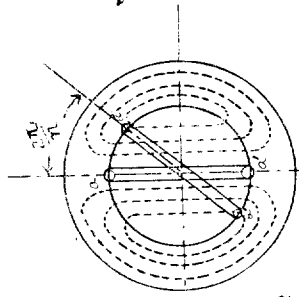
제 4 도
(Fig. 4)



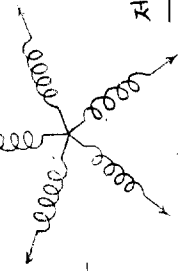
제 5 도
(Fig. 5)



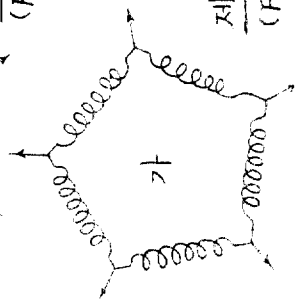
제 6 도
(Fig. 6)



제 7 도
(Fig. 7)



제 8 도
(Fig. 8)



제 9 도
(Fig. 9)

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t + 120^\circ + \phi_1)$$

$$e_3 = E_m \sin(\omega t + 240^\circ + \phi_1)$$

이 된다. a' , b' , c' 의 出力電壓은 a , b , c 의 出力電壓보다 ϕ 만큼 늦어지는 3相電壓은

$$e'_1 = E_m \sin(\omega t - \phi_1)$$

$$e'_2 = E_m \sin(\omega t - 120^\circ - \phi_1)$$

$$e'_3 = E_m \sin(\omega t + 240^\circ - \phi_1)$$

이므로 普通變壓器보다 差異가 있는 出力의 位相을 마음대로 調節할 수 있는 進相機를 얻을 수 있는 位相變成器라 할 수 있다.

2.2. 位相變成器의 應用

A. 直流發電機(D.C. Generator)

지금까지의 直流發電機의 境遇 電動機와 發電機를 coupling 하여 使用하므로 回轉部分의 回轉에 수반하는 疲勞나 電機子反作用(armature reaction) 및 높은 生熱點의 弊點이 많았다. 그러나 이 發電機는 位相變成器의 整流子(commutator)를 設置하여 이 整流子上에 carbon brush(炭素鬮子)를 작은 動力로 位相變成器에 加한 3相交流로 因하여 發生한 回轉磁界와 同一方向, 同一速度로 回轉시켜서 直流을 發生케 하는 것이다. 그리고 이 發電機는 位相變成器, carbon-brush의 이를 回轉시키기 爲한 작은 動力의 電動機만이 必要하므로 M-G set를 使用한 在來式보다 約 1/3 程度의 材料 節약이 되고 整流子上을 回轉하는 brush의 位置를 調節하므로서 直流電壓을 zero로부터 位相變成器에 加한 交流의 最大値까지 自由로 調節할 수 있어서 電壓調整機가 設置된 것과 같은 直流發電機가 可能하고, 非回轉機의 如한 磨損, 風損, armature reaction이 全無하므로 在來의 發電機에 比하여 25%가 增加한 90% 以上の 容量이 出來하며 또 絶緣이 容易하여 高電壓 大容量의 在來式보다 發電機로서 使用이 可能하다.

B. 進相機

普通機와 調相機의 한 種類로서 進相容量을 進相容量으로 變化시키는 것이다. 이 調相機는 構造, 起動方法, 短絡特性, 損失, 運轉操作와 價格等 여러가지 弊點이 많은가 하면 condenser라든가 reactor를 使用하여야 하는 것이다. 그런데 이 進相機는 이들이 必要치 않고 單只 回轉部分을 使用한 것으로서 1次捲線에 依한 回轉磁界와 2次側捲線에 依한 回轉磁界中에서 2次側 回轉磁界를 必要에 따라 變化시키므로서 그의 位相을 여기에 따라 變化되게끔 할 것이다. 即 lap winding 으

로써 捲線의 各 terminal은 그 位相이 相異하게 特性을 나타내고 있으므로 負荷에 따라 terminal을 選定하면 進相이었던 것이 回相乃至는 進相으로 變化하게 된다. 이 進相機는 于先 高價의 condenser가 不必要하여 經濟적이고 또 非回轉機이므로 容量에 制限을 받지 않고 通風冷却이나 소음防止等을 考慮하지 않아도 좋을 뿐만 아니라 送電線路의 力率을 良好하게 하고 電壓下降을 減少시키며 電壓의 異常上昇 등이 除去되는 進相機이다.

C. Voltage Regulator(電壓調整器)

普通의 電壓調整源은 core에 coil을 捲線하여 그 抵抗值의 誇多에 依해서 電壓을 control 하였으나 本 voltage regulator는 core形式이 아니고 位相變成器를 基礎로 한 것이므로 core形式의 regulator에서 發生하는 unbalance, 即 3相入力에서 單相出力을 引出하면 생기는 不平衡이라든가 容量의 制限等을 받지 않는다.

또한 이는 Loop的인 lap winding 數個가 모여서 各相을 이루고 있으므로 balance는 恒常 維持될 뿐만 아니라 winding의 數와 1次捲線과 2次捲線의 捲線比에 依해서 任意의 高電壓에 까지 使用이 可能한 것이다. 또 control은 手動式을 避해서 automation으로 되어 있기 때문에 負荷에서 所要되는 電壓을 自由로 自動的으로 control이 된다.

2. 結 論

以上에서 論述한 바와 같이 本 位相變成器에 使用되는 鐵心은 圓形鐵心, 3角形鐵心, 4角形鐵心, 正多角形鐵心 등의 여러 種類가 必要한데로 使用하며, 各 鐵心에 捲線할 수 있는 溝(slot)에 1次捲線 또는 2次捲線을 하고 1次捲線은 交流機의 捲線方法으로 2極, 4極 또는 多極捲線하여 3相 또는 單相을 加하므로서 回轉磁界를 發生할 수 있는 捲線을 하고 2次捲線은 直流機의 捲線方法으로 이것도 2極, 4極 또는 多極捲線을 하여 任意로 位相을 變化시킬 수 있는 變成器이며 效率도 良好하고 經濟적이며 아직 技術的으로 後進을 免치 못하고 있는 우리나라의 電氣技術向上에 貢獻할 것을 確信하는 바이다.

앞으로도 이 回轉磁界를 利用한 位相變成器를 研究하면 廣範圍하게 應用될 것이고 實로 電力系統의 大革命이 到來하리라 믿어 그 期待가 자분 큰 것이다.

(1964年 5月 25日 接受)