

새로운 周波數變換器의 特性

吳 相 世*

1. 緒 論

周波數變換器는 電力系統과 電子系統에서 많이 使用되고 있는데 특히 電力系統에서의 電氣鐵道, 纖維工業分野에서는 周波數變換을 目的으로 M-G Set 를 使用하고 있으며, 또 周波數變換器를 回轉機械로 使用하는 機器의 大部分이 誘導機나 同期機를 組立하여 利用하고 있는 關係로 高價이고 低效率이며 周波數變換 範圍가 狭小한 것이 그들의 缺點이라 하겠다. 機械의 效率向上과 生産價의 節減 等을 着眼한 本 周波數變換器는 從來의 것과는 달리 位相變成器에 整流子片이 있는 整流子和 回轉하는 brush 를 設置하여 誘導周波數變換器와 같은 原理로서 周波數와 位相을 變換시키는 것이다. 即 平衡 3 相交流에 依해서 位相變成器의 1次捲線에 回轉磁界를 發生시키고 2次捲線에 誘起되는 起電力은 brush 의 數와 그 位置를 適當히 選定하므로서 所期의 周波數와 位相을 얻을 수 있는 것이다.

在來의 周波數變換器에서는 2個의 回轉機械를 組立하여 쓰기 때문에 各 機에서의 摩擦損, 風損 等에 依해 發生하게 되는 損失과 armature reaction 이 相當히 大하여 效率를 低下시키고 있으나 本 變換器는 全然 이런 現象이 없으므로 特性의 優秀성은 再論의 餘地가 없을 뿐 아니라 回轉部의 回轉을 1次捲線의 回轉磁界와 同一方向, 同一速度로 回轉시키면 直流까지 얻을 수 있게 되어 直流發電機 分野에도 括目할만한 革新이 될수있다.

機械의 大小에 따라 絶緣問題와 回轉하는 brush 와 整流子間에서 發生하는 spark 問題의 解決은 位相變成器의 1次捲線을 適當한 極數의 捲線으로 選定 製作하면 回轉磁界의 速度를 變化시켜서 回轉部의 回轉을 調整할 수 있다.

本 變換器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 變換器로서 相變換, 周波數變換, A.C. 에서 D.C. 電源變換, D.C. 에서 A.C. 電源變換, 速度制御, 進相機 等을 얻을 수 있는 經濟적이고 能率의인 變換器를 얻을 수 있다. 任意의 多相을 얻을 수 있는 이 變換器는 多相 電源을 必要로 하는 水銀

整流器 等에 應用할 수 있고 A.C. 電源에서 D.C. 電源의 大容量電源을 얻어 D.C. 電源이 必要로 하는 直流電鐵의 電源, 直流送電의 電源 等에 利用할 수 있고, D.C. 電源에서 A.C. 電源을 얻어 交流電動機를 廻轉할 수 있으며 D.C. 送電線에서 A.C. 로 變換하여 從前의 A.C. 配電線에 供給하면 D.C. 送電을 利用한 送電損失을 輕減시킬 수 있고 周波數를 變換하여 速度制御를 하는等 廣範圍하게 그 應用이 可能한 것이다.

2. 本 論

이 變換器는 1次와 2次 捲線을 가진 位相變成器에서 1次의 捲線에 變流整流子 電動機와 같이 整流子를 設備하고 整流子에 接觸하는 brush 를 回轉시킬 수 있는 小電動機를 設置하여 回轉하는 brush 3個에 3相電源을 供給하면 變成器의 鐵心에는 回轉磁界가 回轉하게 된다.

이 brush 를 回轉하면 回轉하는 回轉磁界의 速度가 빠르거나 또는 늦어지므로 2次捲線에 誘導되는 電壓의 周波數는 1次의 供給周波數의 달라지므로 周波數를 變換할 수 있다.

從前의 周波數 變換器는 同期發電機를 同期電動機, 誘導電動機 또는 可變速度電動機 等과 組合한 電動發電機이어서 그 效率이 65%~60%에 지나지 않으나 이 變換器는 變壓器의 構造와 同一하므로 그 效率이 90% 以上에 達하는 良好한 周波數變換器를 얻을 수 있다.

그 原理를 圖面에 依하여 說明하면 第1圖와 같이 3個의 brush ④ A.B.C에 3相交流를 加하면 整流子 ③을 通하여 1次線輪 ①에 3相電流로 因하여 第2圖와 같이 2極位相 變成器의 鐵心에 回轉磁界(7이 發生하며 回轉速度 $n_1 = \frac{120f_1}{p}$ 로 回轉하게 된다. 萬若 brush ④를 小型 電動機 ⑤으로, 回轉速度 n_r 로 回轉磁界의 廻轉方向과 同一한 方向으로 回轉하면 回轉磁界는 $n_1 + n_r$ 의 回轉速度로 回轉하므로 2次線輪 ②에는 $n_1 + n_r$ 의 回轉速度를 가진 回轉磁界가 交叉하여 發生되는 周波數 f_2 는

$$f_2 = f_1 + f_r = (n_1 + n_r) \times \frac{p}{120}$$

이고, 誘導電壓은

$$E_2 = 4.44 f_2 NB \times 10^8 \text{ volt}$$

* 延世大學校 電氣工學科 教授

$$=4.44(f_1+f_r)NB \times 10^{-8} \text{ volt}$$

이다. 萬若 回轉磁界의 回轉方向과 反對로 brush 가 n_r 의 速度로 回轉하는 境遇에는 回轉磁界의 回轉速度는 n_1-n_r 이다. 2次線輪에 誘導되는 周波數 f_2 는

$$f_2=f_1-f_r=(n_1-n_r)\frac{p}{120}$$

이고 誘導電壓은

$$E_2=4.44 f_2 NB \times 10^{-8} \text{ volt}$$

$$=4.44(f_1-f_r) NB \times 10^{-8} \text{ volt}$$

이다. 여기서

f_1 ……入力の 周波數

f_2 ……出力의 周波數

n_1 ……位相變成器의 回轉磁界의 回轉數(r.p.m.)

n_2 ……brush의 回轉數(r.p.m.)

N ……2次捲線의 捲回數

B ……回轉磁界의 磁束

第3圖는 2臺의 周波數變換器를 한 電動機로 回轉部 (brush)를 回轉시키는 그림인데 ① ②는 1次 또는 2次捲線이고 ③은 brush. 8은 位相變成器의 鐵心, 9는 鐵心의 保護鐵, ⑩은 位相變成器의 1次捲線의 入力側에 設置된 整流子 ⑪은 brush의 支持梁, ⑫는 滑動環, ⑬는 入力brush, ⑭는 回轉部 ⑮ ⑯ ⑰ 등을 回轉시키는 電動機인데 一定한 周波數 變換에는 同期電動機를, 可變 周波數變換에는 直流電動機의 小動力電動機 등을 使用할 수 있다. 第4圖는 1次捲線 ①에 設置된 整流子 ③과 2次捲線 ②에도 整流子 ⑥을 設置한 整流子板 ⑦에 brush ⑧으로 接觸回轉한다. 第5圖는 整流子板 ⑦에서 整流子를 圓筒으로 하지 않고 圓板의 絶緣板에다 1次線輪의 整流子 ③과 2次線輪의 整流子 ⑥을 設置한 整流子板의 正面圖이다. 第6圖는 整流子板의 斷面圖인데 ⑧은 整流子板을 位相變成器에 固定할 수 있는 구멍이고 ⑨는 線輪의 끝을 連結하는 端子이다. 第7圖는 整流子板을 設置한 周波數變換器이다.

入力 3相電源을 回轉하였을 때 第1圖의 入力 A,B,C 端子에 入力 3相을 加하면 第2圖의 回轉磁界가 되어 出力 a,b,c,d,e,f 에는 位相變成器의 原理에 依하여 6相을 얻을 수가 있고 a,c,e 또는 b,d,f 에서는 3相電源을 얻을 수 있다. 3相電源을 加한 brush A,B,C 를 回轉磁界의 回轉方向과 同一하게 回轉시킨다면 第9圖와 같이 1次側 cd 의 圓에는 f_1 인 周波數의 回轉磁界가 發生하고 brush 가 f_r 의 周波數로 回轉하면 1次 P 와 2次 S 의 線輪에는 $f_1+f_r=f_2$ 의 周波數에서 回轉磁界가 發生하므로 周波數變換이 된다. 또 第10圖와 같이 回轉磁界의 回轉方向과 反對로 f_r 의 周波數로 brush 가 回轉한다면 1次 P 또는 2次 S 에는 f_2 의 周波數 $f_2=f_1-f_r$ 로 變換하게 된다. 第11圖와 같이 出力 brush 를 f_r 로

回轉磁界의 回轉方向과 同一하게 回轉한다면 brush 에 나오는 周波數는 $f_2=f_1-f_r$ 로 變換하나 이때 鐵心內의 回轉磁界의 周波數는 f_1 의 不變周波數이다. 第12圖와 같이 出力 brush 를 回轉磁界의 回轉方向과 反對로 f_r 의 周波數로 回轉한다면 出力 brush 에 나오는 周波數 $f_2=f_1+f_r$ 의 周波數變換이 된다. 이때 鐵心 內部의 回轉磁界의 周波數는 一定한 f_1 의 周波數를 가지고 있다. 即 入力を 回轉시킬 때와 出力을 回轉시킬 때의 周波數變換은 그 性質이 다르다.

2次側의 誘導電壓은 f 에 比例하므로 供給周波數 $f_1 < f_2$ 일때는 入力 3相을 回轉하는 것이 出力側에 誘導電壓이 많고 $f_1 > f_2$ 일때는 出力 3相側을 回轉하는 것이 出力 誘導電壓이 많이 誘導된다. 第3圖는 2臺의 周波數變換器를 1臺의 電動機로 brush 를 回轉시키면 周波數를 變換하는 것인데, 即 1臺의 入力brush A,B,C 에 3相을 加하고 出力側 端子 a,b,c 와 2臺의 出力brush A',B',C' 와 連結하면 第2臺의 出力側 端子 a',b',c' 에서 第14圖의 原理에 依하여 周波數變換이 된다. 即 1臺의 入力 A,B,C 에 周波數 f_1 을 加하여 brush 를 f_r 의 周波數로 回轉시키면 出力端子 a,b,c 에서 第14圖와 같이 周波數 $f_2=f_1+f_r$ 의 電壓이 發生하고 f_2 의 周波數 電壓을 2臺 入力brush A',B',C' 에 加하여 brush 의 回轉周波數를 f_r 이라 하면 出力端子 a',b',c' 에서 周波數 f_2' 는 $f_2'=f_2+f_r=f_1+2f_r$ (第14圖(가)) 이다.

萬若 電動機의 回轉方向을 反對로 하여 第1臺에 f_1 의 周波數를 供給하면 第2臺의 出力端子 a',b',c' 에서는 $f_2'=f_1-2f_r$ 의 周波數로 變換하게 된다. 第4圖는 1次線輪 ①과 2次線輪 ②의 兩側에 整流子 ③과 ⑥을 設置한 位相變成器에 brush 의 1次側 ④와 2次側 ⑥이 같이 回轉할 수 있도록 第5圖의 整流子板 ⑦에 ④와 ⑥을 收容한 것인데 이 整流子板 ⑦의 斷面圖는 第6圖와 같이 ⑧의 구멍으로 位相變成器에 組立하여 第7圖의 周波數變換器가 된다. 이 變換器의 原理圖는 第13圖에 表示되었는데 3相 入力側의 brush 와 3相 出力側의 brush 가 同時에 第7圖의 電動機 ⑮로 回轉하게 된다. 그러므로 第13圖 1次側 P 의 回轉磁界의 周波數 f_2 는 供給周波 f_1 과 brush 의 回轉周波數 f_r 의 和 $f_2=f_1+f_r$ 이 되고 2次側 brush 의 回轉周波數도 f_r 이므로 出力端子에서 나오는 f_2' 는 鐵心의 回轉磁界의 周波數 f_2 와 2次側 brush 의 回轉周波數의 和가 된다. 即 $f_2'=f_2+f_r=f_1+2f_r$ 이 되므로 1臺의 周波數變換器로 2臺의 周波數變換器의 周波數變換을 할 수 있게 된다. 이때 2次側 線輪과 整流子의 結線方法의 順序를 바꾸면 電動機의 回轉方向이 같다 하더라도 即 1次, 2次의 brush 가 同一方向으로 回轉하여도 第13圖의 結果가 나오게 된다. 이 結果는 周波數變換器 2臺를

使用한 第3圖나 第14圖와 같은 周波數變換을 할 수 있다. 第8圖는 1次捲線의 入力 brush에 直流電源을 加하면 變成器의 鐵心에는 第2圖와 같은 磁界의 分布가 되고 이 入力 brush가 回轉하면 鐵心內에 回轉磁界가 發生되어 位相變成器의 原理에 依하여 出力端子 A,B,C에서 3相電壓이 發生한다. 그러므로 直流電源에서 3相電源을 發生하여 3相交流 電動機를 運轉할 수 있으며 出力周波數는 電動機의 回轉數에 比例하므로 3相電動機의 速度制御를 할 수 있고 萬若 直流電源 代身에 單相交流를 加하면 出力端子 A,B,C에서는 3相變化電流가 發生한다. 出力端子 A,B,C에 3相電源을 加하고 入力 brush를 回轉시키면 $f_1 - f_r = 0$ 되도록 하면 brush의 端子 a,b에서는 直流電源이 發生하게 된다. 即 3相交流電源에서 直流電源을 얻어 直流電動機를 運轉할 수 있으며 또 位相變成器의 1次線輪 ①에 整流子를 設置하여 2次線輪 ②에 出力端 A,B,C를 두고 1次線輪 ①에 接觸回轉하는 두 brush a,b를 第3圖 또는 第7圖의 周波數變換器와 같이 brush와 滑動環(slip ring)을 回轉시키는 小電動機를 設置하여 두 brush에 直流電源을 加하면 第2圖와 같은 3相 2極捲線의 回轉磁界와 同一한 回轉磁界가 發生한다. 即 第15圖와 같이 1次線輪 P의 整流子에 接觸된 brush에다 D.C.를 加하면 (가)圖의 端子 A,B에 最大電壓이 發生하고 다음 brush가 120° 回轉하여 第15圖(나)의 位置에 있을 때 2次線輪 B,C 端子에는 同一한 最大電壓이 發生하며 다른 A,B 또는 C,A에는 反對의 電壓이 發生한다. 또다시 brush가 120° 回轉하여 第15圖(다)와 같이 2次線輪 C,A 端子에 最大電壓의 發生되고 다른 두 端子 AB, BC에는 反對되는 電壓이 發生한다. 即 1次線輪에 發生하는 磁束이 brush의 回轉으로 回轉磁界가 되며 2次線輪에 第16圖와 같은 A,B,C에 3相電壓 또는 任意的 多相을 얻을 수 있다. 2次線輪을 3等分하면 3相의 電源이 되고 4等分하면 4相이 發生하고 5等分하면 5相의 電源이 發生한다. 이 電源의 周波數는 brush의 回轉數에 比例하는 周波數가 發生하므로 brush를 回轉시키는 電動機의 回轉數를 調整하면 周波數變化를 任意로 調整할 수 있어 이 多相變換電流도 1次捲線의 捲線方法을 均等하게 하여 正弦波磁束을 發生하도록 하면 1次線輪의 變換하는 多相 電流도 正弦波 電流를 第16圖와 같이 얻을 수 있다. 그러므로 直流電源에서 多相電動機의 速度를 調整하며 運轉도 할 수 있다. 또한 brush의 直流電源 代身에 交流電源을 加하여 前과 同一한 方法으로 回轉시키면 多相交流變化電流를 第17圖 A,B,C와 같이 얻을 수 있어 交流單相에서 多相電源으로 交換하여 多相交流 電動機를 回轉시킬 수 있는 電源을 얻을 수 있고 1次 2次로된 變壓器의

原理와 같으므로 誘導電壓을 昇壓 또는 降壓할 수 있다. 單相 電氣鐵道에서 이 變換器만 있으면 多相電動機를 使用하여 列車를 運轉할 수 있고 直流 電源의 電鐵에서 交流多相電動機를 使用하여 列車를 運轉할 수 있는 便利한 變換器라 할 수 있다. 또 3相電源은 直流電源으로 變換하여 直流送電 또는 配電할 수 있으며 이 直流送電線 또는 配電線에서 3相交流電源을 얻어 配電할 수 있는 結論이 된다.

以上에서 說明한 바와 같이 電動發電機 또는 電動周波數變換器가 아니고 變壓器 原理의 誘導作用이므로 變壓器의 效率에 比等하며 良好한 效率의 周波數變換器를 얻을 수 있다. 이 變換器의 損失은 主로 brush의 接觸損失이고 回轉數가 增加하면 遠心力으로 brush에 外力이 作用하여 接觸이 不良하므로 遠心力에 依한 brush를 壓縮하도록 遠心力平衡裝置가 必要하다. 또 遠心力을 적게하기 爲하여 brush의 回轉數를 적게할 必要가 있으므로 位相變成器의 1次 또는 2次에 極數를 增加하면 回轉數가 적어도 同一한 周波數의 變換을 얻을 수 있다. 即 $n = \frac{120f}{p}$ 에서 p 를 增加하면 n 는 적어진다. 또한 同一極數에서 周波數變換器 臺當 增加할수록 低回轉에서 同一 結果를 얻을 수 있다.

例를 들어 說明하면 2極捲線의 位相變成器를 使用한 周波數變成器 2臺를 使用하여 그 brush의 回轉周波數 f_r 은 $10 \sim$, $n=600$ r.p.m.으로 回轉하면

$$\text{第1機에서 } f_2 = f_1 - f_r = 60 - 10 = 50 \sim$$

$$\text{第2機에서 } f_3 = f_2 - f_r = 40 \sim$$

가 된다. 萬若 6極捲線의 位相變成器를 使用한 周波數變成器 1臺를 6極을 가진 同期電動機로 brush를 回轉하면 $n=1,200$ r.p.m. 이므로

$$f_2 = f_1 - f_r = 60 - 60 = 0 \sim$$

이 出力電源의 周波數는 零이다. 即 直流의 電源이 發生한다. 그러므로 周波數를 發生할 수 있는 周波數變換器, 交流電源에서 直流電源을 變換할 수 있는 變換器, 直流電源에서 多相電源으로 變換할 수 있는 變換器 등을 얻을 수 있다.

3. 結 論

以上에서 論述한 바와 같이 本 周波數變換器는 周波數變換은 勿論 位相變成도 可能한 自由롭고 새로운 形態의 變換器로서 이것은 通信 및 電力系統 등 多方面으로 活用이 可能하며 效率도 從來의 周波數變換器보다 越等히 優秀한 것으로 一般 變壓器의 效率에 肉迫하는 90% 以上의 것이요 周波數帶域도 廣範圍하게 交換이 可能하며 裝作費의 低廉은 他와의 比較를 不許할 程度이다. 特히 重要한 것은 回轉部를 1次捲線에 發生하는 回

轉磁界와 同一方向으로 回轉시킬때 回轉速度가 同一한 瞬間에는 直流發電이 可能하다는 事實이다. 그러나 2次 捲線의 誘起되는 電壓이 2次 捲線의 各 端子에 連結된 整流子上의 位置에 따라서 變化를 하게 되므로 回轉하는 brush는 제일 처음으로 回轉磁界와 同一한 速度로 되는 位置에 따라서 誘起電壓의 最小值에서 最大值까지 나

타낼 수 있으므로 直流發生裝置로서 使用할 時에는 brush의 位置를 調整할 수 있는 裝置가 必要하다. 그러나 이를 應用하면 우리가 願하는 電壓을 自由로히 選擇할 수 있는 利點도 있게 되어 電壓調整裝置가 附設된 直流發電機를 얻을 수 있게 된다.

(1963年 3月 16日 接受)

