論 文
15-5-5

同極 및 異極에 依한 誘導電 壓調整方法

(Astudy of Induction Voltage Regulator Imporvement)

吳 相 世*·康 昌 彦**·朴 昌 燁***

(Sang Sei Oh, Chang Eon Kang, Chang Yup Park)

Abstract

This voltage Regulator, which regulates voltage in different way from the conventional regulator, is constructed by circular-plate core type stators and controllers (are similar to rotor of conventional). The principle of this Voltage Regulator is based on the rotating magnetic field theory including peculiar homopolar and heteropolar concept.

Comparing with the conventional induction regulator, this regulator need not to have short windings and can cancel armature reaction. Moreover, it is able to decrease the machine noise and control the phase of it freely. And it's efficiency can become more than 95% which almost the same as that of transformer's.

By increasing numbers of cores of the same size, the output power can be increased, the insulation can be decreased and high Voltage can directly be connected because applied voltage is distributed to each core.

This Voltage Regulater can be also used as a current regulator, a starter a induction motor and a phase transformer etc.

1. 緖 論

現存하고 있는 諸般 電壓調整器는 直流發電機用 電壓調整器가 토마스 에디슨(Thomas Edison)에 依하여 考案된 後 A.A. Tirril을 前後하여 Thury Carpenter, Cham an 等에 依하여 改良 實用化된것이다. 最近에는 非線型 回路 (Non linear circuit)를 利用한 靜止型 電壓調整器까지 나와있으나 이들은 各各의 缺點을 갖고 있는 것이다. Tap 切換時生起는 Spark는 卷線을 燒損케하며 刷子接觸調整方法은 刷子와 卷線間의 接觸이 圓滑치 못할 境遇가 頻發해서 電壓 및 電流의 不均衡現象이 일어나서 이로因한 損失로 無視치 못할 因子가 된다. 또한 從來의 誘導電壓調整器는 電機子反作用 短絡卷線 (short winding) 設置等의 交流機器의 一般的인 缺點이 있으므로 이들 諸現象을 除去시키고 보다 能率的이며 効用價値가 높을 뿐아니라 生産價格面에서 低廉한 機器를 製作키 爲하여 硏究된것이 여기서 論할려는 電壓調整器로서 試器를 製作한후 實驗結果에 依한 本器의 特性을 解析比較하였다.

*, **, *** 延世大學校 理工大學 電氣工學科
Dept. of Electrical Engineering, College of Science & Eng., Yonsi University.

2. 原 理

圓板型 固定子 및 調整子에 環狀卷 또는 鼓狀卷으로 各溝에 卷線을 감은 後 調整子를 回轉시켜서 二次의 調整된 電壓을 얻는것으로서 單相 및 三相에 따라서 다음과 같이 區別된다.

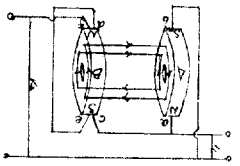
A. 單相 誘導電壓調整器

本電壓調整器를 單相의 用途로 使用할 時는 軸方向의 交番磁界에 依하여 作動케된다. 即 正弦波의 電流 $i=I_m\sin\omega t$ 가 코일에 흐를때 單相 Coil 에 依하여 生起는 磁界의 强度 h는 다음과 같이 된다.

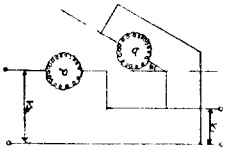
$$h=kIm\sin\omega t\cos\theta$$
$$=\frac{kIm}{2}\left\{\cos(\omega t-\theta)+\cos\omega t+\theta)\right\}\cdots\cdots(1)$$

(但 k : 比例定數 θ : 任意의 點의 電氣角度)

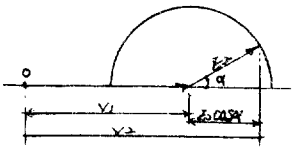
故로 最大値 kIm 의 1/2 을 最大値로 하고 方向은 서로 相反되는 角速度 ω 인 交番磁界가 生起는데 지금 그림 1(가)에서 矢方向이 이 磁束의 方向을 나타내고 있으며 이 磁束에 依하여 電壓이 誘起되는데 그림1(나)는 調整子가 α 角만큼 回轉할때 二次側의 調整되는 電壓 V_2를 나타내고 있으며 同圖(다)에서 誘起調整되는 電壓



(가) 固定子 및 調整子 結線圖



(나) One Line Diagram



(다) 電壓誘起 Vector Diagram

그림 1 單相 調整器原理 說明圖

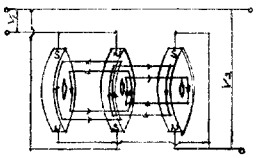
을 Vector圖로서 나타낸것이다.

固定子 및 調整子가 一致할때 調整子에 依하여 誘起되는 電壓을 E_2라고 하면 回轉角α일때 端子電壓 V_2는 다음과 같다.

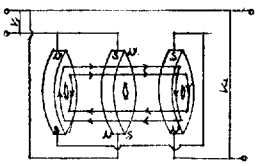
$$V_2=V_1-E_2\cos\alpha \quad \cdots\cdots(2)$$

式(2)에서 異極誘導(heteropolar induction) 일時는 $V_2=V_1+E_2$로서 最大가되고 中性極誘導 (neutral polar induction)에서는 $V_2=V_1$으로서 印加電壓과 같으며 同極誘導(homo polar induction) 일時는 $V_2=V_1-E_2$로서 最少의 電壓을 誘起케 된다. 調整可能한 電壓의 範圍는 $V_1\pm E_2$로서 巻回數의 調整으로서 0~2 V_1까지 廣帶域으로 調整可能함을 알 수 있다.

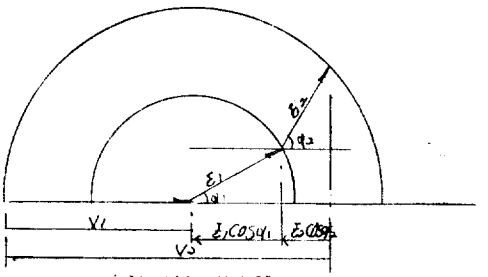
一般的으로 擴大되는 電力施設에 따라서 附隨되는 諸般既存施設의 交替는 不可避하였다. 그러나 改良된 本電壓調整方法에 依하면 既存鐵心을 그대로 利用하고 單尺 그림 2에서와 같이 固定子 및 調整子의 片數만을 增加시키며 이에 따른 標準圓板鐵心의 個數에 따른 外箱만을 替交하면 될 것이다 또한 二次電壓이 아주 纖細하게 調整 할 수 있다.



(가) 同極 (α==0)



(나) 異極 (α==0)



(다) 誘起電壓 Vector 圖

그림 2 出力增設方法 및 調整電壓範圍

그림 2는 一片增加時 結線 및 電壓이 調整되는 限度를 보여주는것으로서 그림 2(가)는 同極誘導電壓調整方法으로서 磁路는 調整子內部를 通過하여 兩回路로 分割構成되었고 兩固定子의 相對極은 同極으로 나타내며 同極에 依한 相互誘導作用으로 電壓이 調整되므로 同極誘導電壓調整器라 한다. 反面에 그림 2(나)는 調整子 上部는 S N, 下部는 N S가 되도록 하여 相對極이 서로 다른 異極으로서 相對便 固定子에서 調整子를 通過하는回路가 形成된다.

이와같이 調整子 및 固定子를 增設하면 出力이 增加됨은 勿論 電壓의 調整範圍가 擴大됨을 알 수 있다. 또한 固定子 및 調整子는 上下 兩側에서 同一한 吸引 作用이 있으므로 相互振動이 없는 機器를 얻을 수 있다. 그림 2(다)는 두鐵心을 各各 α_1 α_2로 回轉하였을때 誘起되는 電壓 α_1과 α_2에 依한 V_2의 關係를 나타낸 것이다.

即 $V_2=V_1+E_1\cos\alpha_1+E_2\cos\alpha_2$ ……(3)

로된다. 一般的으로 $\alpha_1=\alpha_2$로서 固定子는 固定되어야 할 것이다. 式(3)에서 보는 것같이 異極誘導時 $V_2=V_1+E_1+E_2$가 되며 中性極誘導時는 $V_2=V_1$, 同極誘導時는 $V_2=V_1-E_1-E_2$가 되므로 調整範圍는 $V_1-E_1-E_2$로 $V_1+E_1+E_2$까지 調整됨을 알 수 있다.

B. 三相 誘導電壓調整器

本 電壓調整器가 二相 및 三相의 用途로 使用될시는 回轉磁界에 依하여 作動케된다. 三相 對稱交流를 세개의 코일에 印加할시 各코일에 直方向으로 나타나는 磁界는

$$\begin{aligned} h_1&=kIm\ \sin\omega t \\ h_2&=kIm\ \sin\omega t-\frac{2}{3}\pi \\ h_3&=kIm\ \sin\omega t-\frac{4}{3}\pi \end{aligned} \quad \cdots\cdots(4)$$

이다. 即코일에 電流가 흐르므로 因하여 角速度 ω 로 回轉하는 磁界가 發生하는데 式(4)의 磁界를 x, y 軸成分으로 分解合成하면

$$h_x = kIm\ \sin\omega t + kIm\ \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)\cos\left(-\frac{2}{3}\pi\right) + kIm\ \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right)\cdot\cos\frac{3}{2}\pi = \frac{3}{2}\ kIm\ \sin\ \omega t$$

$$h_y = \frac{k}{2}\ Im\ \cos\ \omega t$$

$$H = \sqrt{h_x^2 + h_y^2} = \frac{3}{2}kIm$$

$$\varphi = \tan^{-1}\frac{h_y}{h_x} = \frac{\pi}{2} - \omega t \qquad \cdots\cdots(5)$$

但 φ : 位相角

基準點 0 로부터 電氣角 θ 되는 任意의 點 p 의 磁界는 各 coil 을 a, b, c 라 할때,

$$h_a = kIm\ \sin\omega t\ \sin\theta = \frac{1}{2}\ kIm\{\cos(\omega t - \theta) - \cos(\omega t + \theta)$$

$$h_b = kIm\ \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)\cdot\sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right)$$

$$h_c = kIm\ \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right)\cdot\sin\left(\theta - \frac{4}{3}\pi\right)$$

이므로 點의 合成磁界 H^1 는

$$H^1 = h_a + h_b + h_c = \frac{3}{2}kIm\ \cos\ (\omega t - \theta) \qquad \cdots\cdots(6)$$

따라서 세기가 $\frac{3}{2}kIm$인 磁界가 ω 되는角速度로 方向으로 移動하는 것을 알 수 있다. 또 θ에 不拘하고 $\frac{\pi}{2}$, $120+\frac{\pi}{2}$, $240+\frac{\pi}{2}$의 位置는 各코일 의 中心軸에 있고 이 位置에서 回轉磁界의 最大値가 移動될때는 電流의 瞬時値도 最大値로 된다.

單相으로 썻든 鐵心의 固定子 및 調整子의 卷線을 二極, 四極, 六極等으로 하고 固定子는 普通 Y結線으로 하 各相이 獨立으로 연결된 回路에 印加된 三相交流에 依하여 任意의 點에서 式(6)과 같은 磁界가 形成되며 同時에 回轉磁界에 依하여 起電力이 誘起된다.

지금 調整子가 α 角만큼 回轉했을때 固定子에 依한 한相의 誘起電壓 e_1, e_2, e_3, 調整子에 依한 한相의 誘起電壓 e_1', e_2', e_3' 合成 誘起電壓은 E_1, E_2, E_3 가 된다고 하고 固完子의 卷線係數를 k_1, 한相의 直列卷回數를 ω_1, 調整子의 卷線係數를 k_2, 한相의 直列卷回數를 ω_2, 라고 하면 固定子 및 調整子의 起電力은 各各 한相當 $k_1\omega_1 I_1'$ $k_2\omega_2 I_2$ 이다. 여기서 $I_1' = \frac{k_2\omega_2 I_2}{k_1\omega_1}$ 는 電流 I_2 로 因해서 調整子의 起電力을 相殺할 수 있는 電流分이다. 따라서

$$e_1' = \frac{k_2\omega_2}{k_1\omega_1}e_1 = \mu e_1 \qquad \cdots\cdots(7)$$

調整子를 α 角 만큼 回轉시키면 固定子에는 何等의 變化가 없으나 調整子에 있어서 誘起電壓 e_1' 는 α 角만큼 進相이 되고 反面에 回轉磁와 反對方向으로 움직이면 α 角만큼 遲相이 된다. 固定子의 極數를 二極으로 하면 電氣的인 角과 機械的인 角과는 一致하므로 여기서는 二極인 境遇를 취급하였다.

지금 一次 및 二次의 誘起電壓 關係를 한相에 대하여 生覺해 보면

$$\dot{E}_1 = \dot{e}_1 + \dot{e}_1' = e_1 + \mu e_1 \varepsilon^{j\alpha} = e_1(1 + \mu\varepsilon^{j\alpha})$$
$$= e_1\{1 + \mu(\cos\alpha + j\sin\alpha)\} \qquad \cdots\cdots(8)$$

$$\therefore\ E_1 = e_1\sqrt{1 + \mu^2 + 2\mu\cos\alpha} \qquad \cdots\cdots(9)$$

(但 $\varepsilon^{j\alpha} = \cos\alpha + j\sin\alpha$ 인 operator 임)

$E_{1\alpha=0} = (1-\mu)e_1 = E_1\ \min$ (heteropoar induction)

$E_{1\alpha=\pi} = (1-\mu)e_1 = E_1\ \max$ (homopolar induction)

$E\ \max - E_1\ \min = \{(1+\mu)e_1 - (1-\mu)e_1\} = 2\mu e_1$ …(10)

따라서 出力側 線內電壓 V_1', V'_2, V_3' 는

$$\left.\begin{aligned} V_1' &= \dot{e}_1 + \dot{e}_1' + \dot{e}_2 + \dot{e}_2' \\ V_2' &= \dot{e}_2 + \dot{e}_2' + \dot{e}_3 + \dot{e}_3' \\ V_3' &= \dot{e}_1 + \dot{e}_1' + \dot{e}_3 + \dot{e}_3' \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(11)$$

여기서 Parameter μ 라는 槪念을 넣어서 一般化된 式을 誘導했으나 固定子 및 調整子가 서로 같은 鐵心이며 卷回數도 같은 同一 條件이라면 $\mu=1$ 로 될 것이다.

C. 對型 誘導電壓調整方法

大部分의 誘導電壓調整器는 電壓을 調整하면 Output電壓은 Input 電壓과 位相이 相異하게 變化한다. 配電線回轉變流機, 電氣爐 等의 電壓調整에는 位相變化에 何等의 影響을받지 않으나 例컨데 特殊送電線의 連絡, 交流勵磁器의 電壓調整等에는 位相變化가 許容되지 않는다. 이와 같은 目的으로 固定子의 結線은 各構마다 **그림 3** 과 같이 서로 反對의 位相을 나타내도록 各各 結線한다. 即 極性이 한便은 遲相電壓의 極性을 갖도록 다른 한 便은 遲相

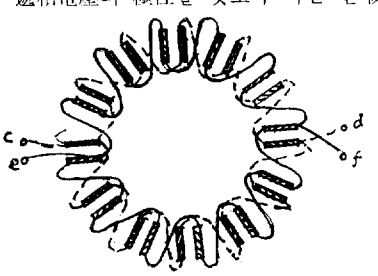
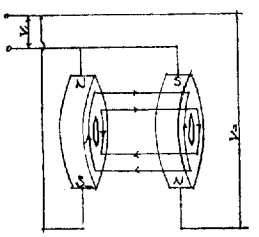
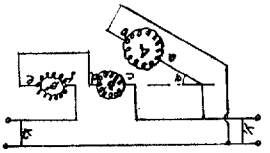


그림 3 各 Coil 分割結線法

電壓의 極性을 갖도록 分離 連結한다. 또한 各各 分離된 卷線을 **그림 4** 와 같이 B′ 와 B″의 두개 코일에 分離卷線한后 電源을 加하면 磁束分布가 그림 4(가)와 같이나타난다.



(가) 結 線 圖



(나) Oneune diagram

그림 4 對型電壓調整器의 磁束分布 및 그 結線圖

지금 入力電壓을 V_1', 二等分된 卷線의 誘導電壓을 E_1 이라고 하면 α 角만큼 回轉할때 卷線 B'에 나타나는 電壓은 $E\cos\alpha$ 이고 遲相인 卷線 B''에 誘起되는 電壓은 만큼遲相回轉 即 $360-\alpha$ 만큼 回轉하므로 B'' Coil에 誘起되는 電壓은 $E_1\cos(360-\alpha)=E_1\cos\alpha$ 가 된다. 따라서 Output 電壓을 V_2 라고 하면 **그림 5**에서 보는바와 같이

$$V_2=V_1+E_1\cos\alpha+E_1\cos(360-\alpha)$$
$$=\mathbf{V}_1+2E_1 \quad \cdots\cdots(12)$$

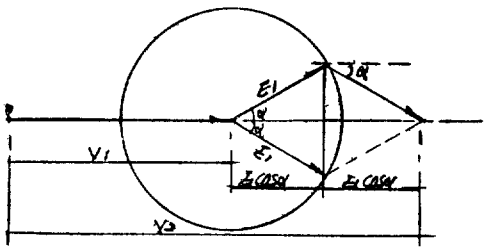


그림 5 對型誘導電壓 Vector 圖

로 나타낼 수 있다.

여기서는 코일을 正確히 二等分하였으나 이를 任意로 等分結線하면 任意의 크기의 任意의 位相인 Output 電壓은 얻을 수 있는 調整器가 製作可能함을 알 수 있다.

入力 및 出力의 位相을 同一하게 할 目的으로 卷線을 分割하였으나 固定子 또는 調整子 鐵心을 1片 增設하므로서 上記의 目的을 達成할 수 있다는 劃期的인 事實이 立證되었다. 勿論 1片 增設은 容量을 增設하는 效果도 同時에 되는 것이다. 여기서는 三相인 境遇 一片增設로 因한 對型 誘導電壓誘導의 原理를 考察해보기로 한다.

지금 **그림 6**에서 보는 바와 같이 세개의 鐵心 A, B, B', 를 (가) 또는 (나)의 方法으로 結線한後 B B' 를 機械的으를 同軸으로 하고 A 를 回轉시키면 된다 A 가 α

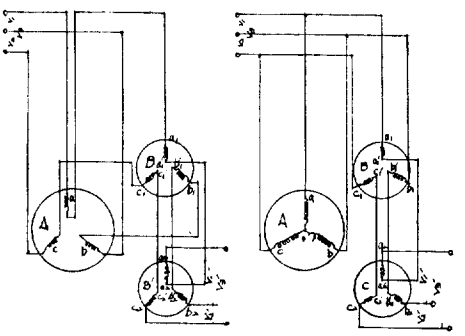


그림 6 三相三片電壓調整器의 對型誘導結線方法

角만큼 回轉하였다면 B 卷線에 對해서는 α 角만큼 遲的이 될것이고 B'卷線에는 α 角만큼 遲相인 起電力이 誘起된다.

A 卷線에 誘起되는 各相電壓을 e_1, e_2, e_3, 라하고 B 및 B' 各相에 誘起되는 電壓을 各各 e_1', e_2', e'_3, 와 e_1'', e_2'', e_3''라 할때 電壓의 相互誘導 關係를 **그림 7**에서 나타내어주고 있다.

三相 入力誘起電壓 e_1, e_2, e_3 의 基準 Vector에 對하에 B 鐵心에 誘起되는 電壓은 $e'_1\varepsilon^{j\alpha}$, $e'_2\varepsilon^{j\alpha}$, $e_3'\varepsilon^{j\alpha}$로 되며

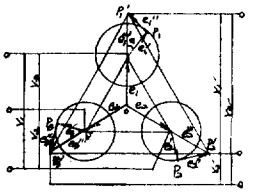


그림 7 對型 3 相調整器의 Vector 圖

B'에도 마찬가지로 $e_1''\varepsilon^{-j\alpha}$, $e''\varepsilon^{-j\alpha}$로 되므로 Output 의 相電壓 e_1''', e_2''', e_3'''는

$$\begin{aligned}
\dot{e}_1'''&=e_1+e_1'+e_1''=e_1+e_1'e_1\varepsilon^{j\alpha}+e_1''^{-j\alpha}\\
&=e_1+(e_1'+c_1'')\cos\alpha+j(e_1-e'')\sin\alpha\\
\dot{e}_2''_{,}&=e_2+e_2'+e_2''\\
&=e_2+(e_2'+e_2'')\cos\alpha+j(e_2'-e'')\sin\alpha\\
\dot{e}_3'''&=\dot{e}_3'+\dot{e}_3'+\dot{e}_3''\\
&=e_3+(e_3'+e_3'')e\cos\alpha+j(e_3'-e_3'')\sin\alpha
\end{aligned} \quad (13)$$

上式(13)에서 보는바와 같이 對型 誘導電壓調整器가 될려면 複素數 函數의 j 項이 零이 되어야 한다. 即

$$e_1'=e_1'',\ e_2'=e_2'',\ e_3'=e_3'' \quad \cdots\cdots(41)$$

式(14)에서 알수있는 것과 같이 B와 B' 鐵心은 卷線回數를 同一하게 해야함을 認知할 수 있다. 即 對型誘導電壓을 誘起해서 그림 7과 같이 되었다면 이때의 各相 Output 電壓은

$$\left.\begin{aligned}
e_1'''&=e_1+(e_1'+e_1'')\cos\alpha\\
e_2'''&=e_2+(e_2'+e_2'')\cos\alpha\\
e_3'''&=e_3+(e_3'+e_3'')\cos\alpha
\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(15)$$

로되고 Output 線間電壓 V_1, V_2, V_3는

$$\left.\begin{aligned}
\dot{V}_1&=\dot{E}_1+\dot{E}_2\\
\dot{V}_2&=\dot{E}_2+\dot{E}_3\\
\dot{V}_3&=\dot{E}_3+\dot{E}_1
\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(16)$$

가된다.

3. 本調整器의 試作 및 種類

A. 試作品

여기서 固定되는 鐵心을 固定子라 하고 固定子가 둘 있을때 第1固定子, 第2固定子라하며 回轉하므로 電壓을 調整하는 鐵心을 마찬가지로 第一調整子, 第2調整

子라 하고있다.

試作品으로서는 第1固定子 및 第2固定子(二片使用時는 調整子)는 外徑 28 cm, 內徑 8 cm, 높이 3 cm인 圓型珪素鋼板 鐵心에 直徑 1.2cm의 12個 溝를 設置하였다. 各溝에는 0.7m/m의 에나멜 被覆銅線으로 一定하게 80 Turn式 卷線을 하였고 各各의 溝卷線은 單相일 時는 Loop winding을 하였으며 三相인 境遇는 二極三相 結線을 採擇하였다. 圓型鐵心은 珪素含有量이 4.3%인國產 Tape core로서 圓型成型한후 코일을 감았다.

中央의 調整子 鐵心은 內徑 外徑 및 높이가 各各 8cm 18cm, 4.7cm의 圓型鐵心에 12個의 溝를 만들고 한溝에 80回式 同種 Coil을 감아서 上下 兩便이 N, S가 되도록 한後 本鐵心을 0°~360°까지 回轉하므로서 電壓을 調整토록 하였다. 制卷線에 依한 對型調整器로 試驗할 時는 40式 反對로 連結하여 施行하였다.

B. 種類

改良된 本電壓調整器는 所要되는 施設의 用途 및 特性에 따라서 任意로 다음과 같은 多種類의 電壓調整器로 外部結線만 變更시켜서 使用할 수 있다.

1) 同極單相 誘導電壓調整器……第一, 第二固定子의 相對極이 같은 磁極을 나타내는 單相電壓調整器이다.

2) 異極單相 誘導電壓調整器……두固定子의 相對極이 서로 다른 磁極을 나타내도록 製作한것.

3) 對型單相 誘導電壓調整器……分割卷線 및 片數增加로 入力電壓 및 出力電壓을 同一하게 한것

4) 調整極 單相誘導電壓調整器……出力電壓이 調整範圍 및 出力位相을 任意調整할 目的으로 두 固定子의 相對極을 必要로 하는 調整角만큼 調整한것.

5) 同極多相 誘導電壓調整器

6) 異極多相 誘導電壓調整器

7) 對型多相 誘導電壓調整器

8) 調整極多相 誘導電壓調整器

4. 實 驗

A. 短絡試驗

本 試作品은 1.5KVA程度이므로 全負荷電流는 1.5 A로하여 本實驗에서 銅損을 測定하였다. **第一表**에서 볼 수있는 바와같이 90°를 基點으로 屈曲現象이 나타난다 여기서 結線은 單相分割卷線이며 二次側에 電流計를 直結하였으므로 電流計에 依한 抵抗損失이 內包되어있다. **第一表**에 依한 曲線이 **그림 8**에서 보여주고 있다.

第 1 表 短絡試驗에 依한 銅損測定

調整子位置 (°)	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	15.75	180
입력단스電壓 (V)	45	53	55	52	50	54	53	50.4	47
二次電流 (A)	15	15	15	15	15	15	15	15	15
銅 損 (W)	87	89	95	112	116	119	98	92	88

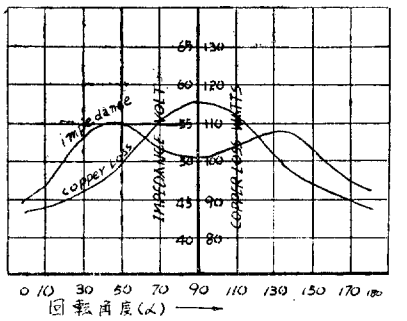


그림 8 短絡試驗曲線

B. 電壓比 및 鐵損試驗

無負荷時 一次 및 二次의 電流, 電壓, 電力値를 調整子의 各位置에서 測定하므로서 本器의 勵磁電流와 鐵損을 알수있다. 몇가지 境遇에서 實驗記錄에 依하여 그림을 그리면 그림 9, 10, 11과 같이 나타 낼 수 있다. 그림에서 二次誘起電壓의 理論値와 實驗値가 多少相異하여 完全한 Volt 調整을 해야하나. 本實驗에서는 手動調整이므로 이로 因한 誤差와 低質의 珪素鋼板, 製作過程에 起因한 誤差라 볼 수 있다.

그림 10, 11에서는 **그림 9**와는 달리 三相인 境遇이므로 左回轉과 右回轉인 境遇를 別途로 考慮되고 있는 것이다.

C. 飽和曲線 試驗

入力側에 印加된 電壓이 調整子의 位置에 따라서 電流가 如何히 變化하는가를 알기 爲한 試驗에서 **그림 12 13**와 같이 回轉角度에는 無關하게 同一한 增加率을 보이고 있다.

D. 負荷 및 效率試驗

單相인 境遇로서 우선 V_1=75 Loop를 固定시킨후 一次 및 二次의 電壓, 電流, 電力을 測定한 結果 그림 14에서 같이 效率은 94.1%인 높은 效率을 얻을수 있었으며 다음은 V_2=100V로 固定시킨후 一次 및 二次의 指針을 回轉角에 따라서 調査한 結果 分割卷線인 境遇는 Loop卷線보다 效率이 低落됨을 **그림 14**에서 알 수 있다. 對型誘導 電壓調整의 可能如否를 力率計에 依하여 實測한 結果 그림 14에서 보는 바와 같이 거의 同相誘導임

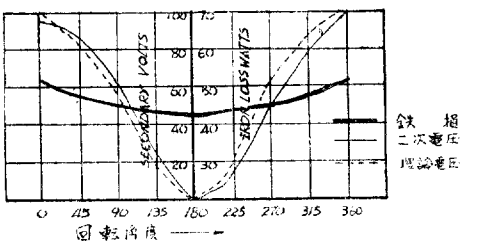


그림 9. 單相分割券線의 無負荷試驗(V_1=50V時)

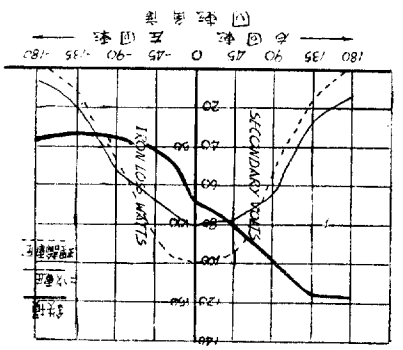


그림 10. 三相二片인境遇의 無負荷試驗($V_1=50V$時)

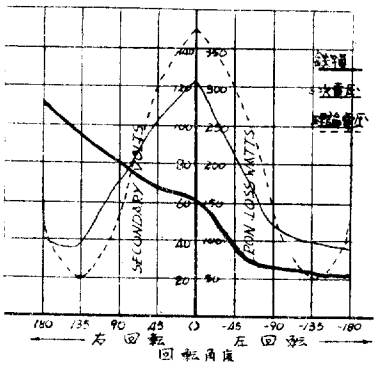


그림 11. 三相三片無負荷試驗($V_1=50\ V$時)

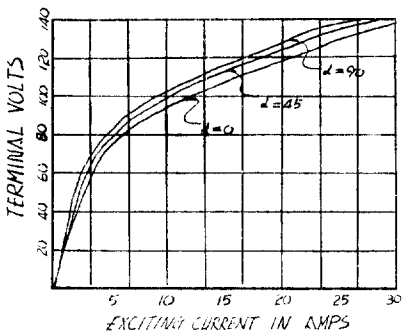
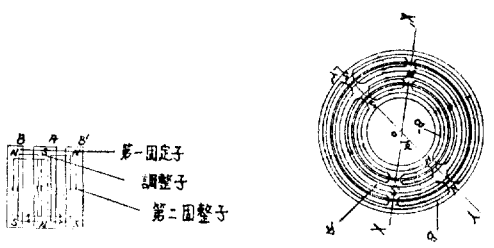


그림 12. 單相一次側 飽和曲線

을 나타내고 있다.

三相負荷試驗으로는 二個의 鐵心만인境遇와 한個鐵心을 追加한 세個 鐵心인 境遇 試驗結果가 그림 15에서

5. 特性解釋



(가) (나)

그림 16. 同極磁束分布圖

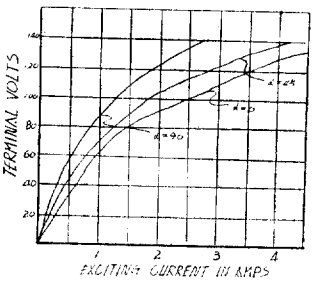


그림 13. 三相二次側 飽和曲線

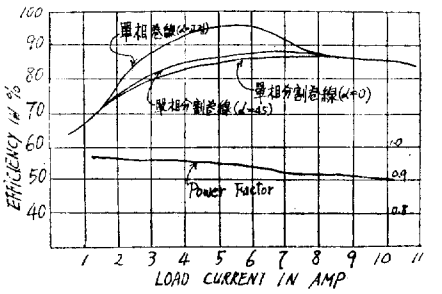


그림 14. 單相効率 及 力率曲線

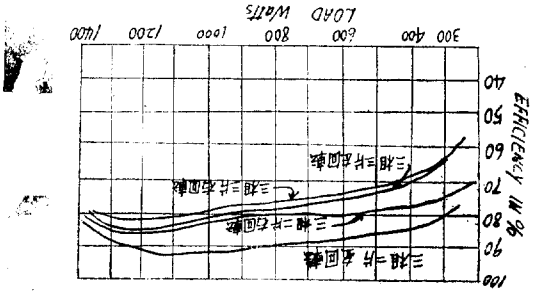


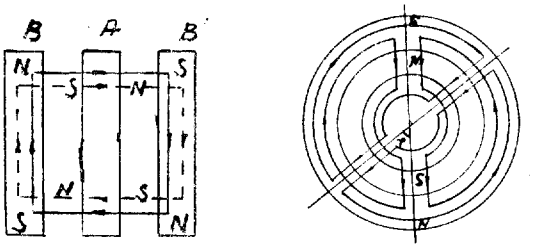
그림 15. 三相 効率曲線

改良된 本 電壓調整器를 理論 및 實驗에 依한 結果를 보여주고 있다.

在來式機器와 綜合分析 檢討하므로서 本器의 長點을 推察키로 한다.

A. 短絡卷線(short winding)

在來式 誘導電壓調整器는 回轉角 α의 値에 依하여 漏洩磁束이 增加하므로 二次의 Ractance drop이 激甚케 되어 短絡卷線을 一次卷線과 直角으로 回轉子에 設置하



(가) (나)

그림 17. 異極磁束分布圖

여야 되나 本 電壓調整器는 圓板型鐵心을 相互回轉시키므로 磁束軸은 何等의 變化가 없다. 그림 16, 17에서알 수 있는 것 같이 調整子의 回轉은 相互位置만을 變更시킬뿐이고 磁束軸은 一定하며 XY 및 $X'Y'$ 部分이 서로 磁束이 相殺됨을 矢表로서 表示하고있다. 따라서 漏洩磁束은 同極이나 異極인 境遇에도 構造上으로 發生치 않는다. 即 YX' 및XY' 部分만이 有效磁束으로 外部에 나타나므로 이有效磁束에 依하여 電壓이 調整되는 것이다

따라서 本器는 短絡卷線이 何等必要치 않으므로 大電流로 因한 燒損의 憂慮가 없고 壽命이 길뿐 아니라 損失이 減少되며 製作上 簡便하다.

B. 反作用 影響(Reaction)

交流機器는 回轉子가 回轉함에 따라서 交叉磁化作用, 減磁磁化作用이 隨伴되므로 電壓分布狀態가 不均一하여 機器뿐만 아니라 使用上 많은 影響을 超來하나, 그림 18에 서 보는바와 같이 本器는 鐵心을 三片으로 하면 調整子 A가 回轉할때 第一固定子 및 第二固定子 B'에 依한 反作用은 XY및 RS로 나타나기 때문에 두固定子의 卷線條件만 同一하다면 RS와 XY는 서로 크기가 같으므로 完全相殺케 된다. 即 本 電壓調整器는 反作用影響이 作用치 않으므로 調整子의 回轉으로 磁束의 均衡狀態를 推持하여 恒常 均一한 電壓分布로 電壓이 調整되는 機器가 된다.

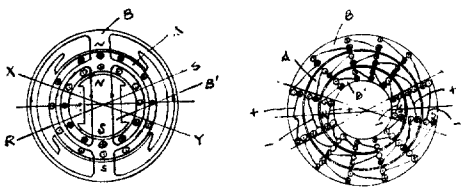


그림 18 反作用 相殺圖

C. 同極및 異極(Homopole & Heteropole)

여기서 同極, 異極이란 前述한바와같이 二片鐵心의 相對對極關係를 말하며 極이 서로 同一할때와 極이 相異할때를 同極및 異極이라 定義하였다. 本 電壓調整器는 同極및 異極槪念에서 出發해서 同槪念으로 展開된다. 電氣機械製作過程에서 鐵心, 코일, 絕緣 卷回數等으로 因하여 同一條件으로 製作組立이 困難한 境遇는 同極異極의 槪念으로 對極을 相互調整하므로서 入出力의 同相推持, O-volt 調整, 任意電壓 任意位相으로 調整可能하다. 더욱이 異極結線인 境遇는 磁束을 最大로 效用할 수 있으므로 效果的이다.

D. 位相變化 調整(Phase control)

本器의 出力位相 調整方法으로는 前述한바와 같이 相對極의 位置를 調整하는 組立上의 調整方法및 固定子, 調整子의 卷回數增減으로 調整하는 製作上의 調整方法이 있다. 入出力位相을 同相으로 하기 위하여 卷線分割을 하면 그림 14에서 보는바와같이 同相을 나타냄을 알 수 있다.

E. 出力증설및 絕緣문제

使用電力增加로 容量增設이 必要할 時는 鐵心만을 增加시키면 容量이 增加되므로 旣存機器를 再活用한는데 意義가 클뿐아니라 鐵心을 增加함에 따라서 印加電壓이 增加片數만큼 分擔되어 印加되므로 各鐵心 하나하나에 印加되는 電壓은 아주적게되므로 絕緣問題가 數分內로 解消될뿐만아니라 또한 高壓送配電線路에도 遞降變壓器를 使用치 않고 直接連結可能하다는 利點이 있다.

F. 騷音및 振動

回轉機械가 아니라할지라도 電氣機器는 騷音및 振動이 甚하게 發生한다 第20回 CIGREG(1964. 6. 1)大電力系統 技術大會報告書에 依하면 騷音및 振動은 磁氣歪力이 主因이 되며 珪素鋼板의 磁氣歪力特性은 複雜한 機械的歪力에 크게 影響을 받는다는 것이다 이의 除去또는 減少策으로는 鐵心의 機械的 共振을 막을것이며 函또는 防音壁에 依하여 輕減시키는 方法外는 別道理가 없음을 例示해주고 있다. 그러나 本器는 固定子가 兩便에 固定되어있고 各鐵心이 上下 兩側에서 吸引力이 均一하게 作用하므로 騷音및 振動이 輕減되므로 別途裝置가 必要없게 된다.

G. 損失및 效率

電氣機器의 損失로는 銅損失 鐵損, 勵磁損, 風損, 摩擦損, 漂游負荷損, 接觸抵抗損, 軸受損, 短絡卷線및 補償卷線損等이 있으나 本器에서는 Leakage reactance drof 및 反作用影響이 없고 오직 銅損및 鐵損을 除外한 諸般因子는 無視할 수 있으며 空隙을 最少로 할 수 있으므로 實驗에 使用한 試作品에서 80%~90%의 效率이나 거의 變壓器와 같은 95%程度의 高效率器를 期待하기란 無難한줄로 믿는다.

H. 其他特性

出力增設은 鐵心片數增加로 되기때문에 굵은 코일이 必要없고 電壓및 電流가 相互作用하므로 起動時 特性이 良好하며 他器에 比하여 同一容量인 경우에 容積이 훨씬 적어지므로 (試作品에서 1.5KVA~2KVA의 容量이 됨)製作費가 低廉하여 經濟面은 勿論 이의 效用度가 높다 出力電壓의 波形을 陰極線 Osciloscope에 依해 보면 smooth 한 sine wave를 나타내는 것을 알수있다,

一般的으로 回轉磁器는 脈動現象이 나타나며 三相平衡電壓을 印加할時는 2:$\sqrt{3}$의 比率로 磁器는 脈動曲線을 그리나 調整極을 利用하면 脈動現象이 없는 均一한 回轉磁器分布를 얻을 수 있음을 添加해 둔다.

6. 結 論

詳述한 바와같이 改良된 本電壓調整器의 作動은 回轉

磁界를 基本原理로 하여 構造上圓板鐵心의 固定子 또는 調整子가 最大의 磁束增加 오는 減少効果를 獨特한 同極및 異極概念에서 誘導되고 있는 것이다.

特性面으로 볼때 短絡卷線이 不必要하며 反作用現象이 나타나지 않을뿐아니라 出力增設은 鐵片增加로 簡單히 增加되며 位相을 任意調整할 수 있을뿐아니라 分割卷線에 依한 同位相制御가 簡便하다.

効率面으로는 空隙이 있는 回轉機器인것 같으면서도 機械損및 固定損失이 작고, 附屬卷線이 없어 이에對한 損失等이 없으므로 自然 高効率 機器가 될 수 있다. 따라서 經濟面으로 볼때, 機器容量에 比하여 容積이 작아지므로 低廉의 機器로 製作할 수 있어 多方面의 用途로 널리 使用될 수 있다.

機器의 製作方法및 製作過程에 있어서도 放電加工 切斷機等의 數程機具만 準備된다면 多量生產可能하므로 이의 實用度및 効用度에 비추어 볼때, 既存機器와의 交替도 考慮될줄 믿는다.

끝으로 本研究를 爲하여 物心兩面으로 協助하여 주신 여러분께 感謝드린다.

參考 文獻

1. Loew "Direct & Alternating current Machines"(1954)
2. A.S. Langsdorf. "Theory of Alternating current machinery"(1955)
3. Herbert Vickers. "Induction Motor"(1963)
4. Fredmann "Direct & Alternating Current Machinery
5. G.S. Thomson "Magnetostriction in Grain-oricuted silicm Iron" proceeding of I.E.E(Feb 1962)
6. Jarvis "control of Motor Voltage in AC Traction" proceeding of I.E.E(June 1964)
7. S.A. Nasar "Electromagnetic theory of Electrical Machines proceeding of I.E.E(June 1964)
8. 谷合清 「電壓調整器」(第6版, 昭和 26)
9. 谷崎義 「誘導電壓調整器」(昭和 15)
10. 山下英男 「自動電壓調整器」(昭和 14)
11. 大隅菊次郎, 茂木晃 「少形回轉機ハントブック」(昭和 14)
12. 竹內壽太郎 「電氣機械設計學」(昭和 37)
13. 日本電氣學會雜誌 1964, 4月號, 10月號및 1965.7月號

(1967年 2月 24日接受)