

# 特 輯

## 清平發電所用22,000K.V.A.

### 三相變壓器에對하야

#### 1 改造에對하야

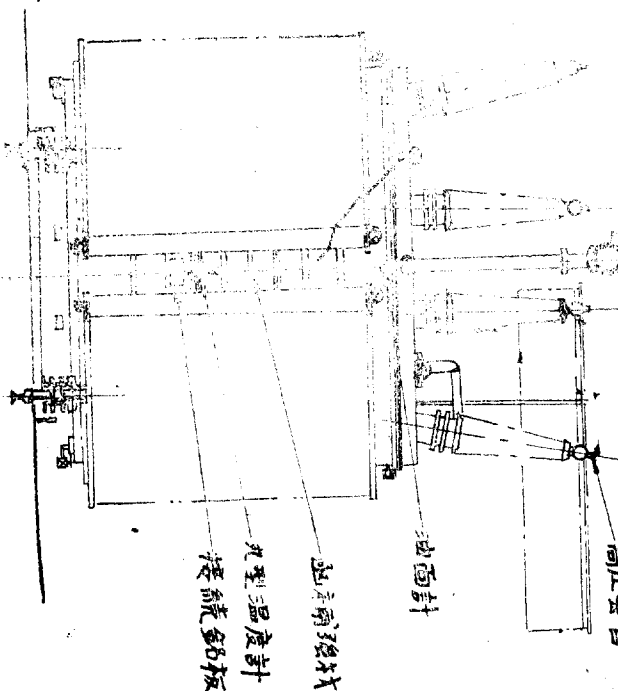
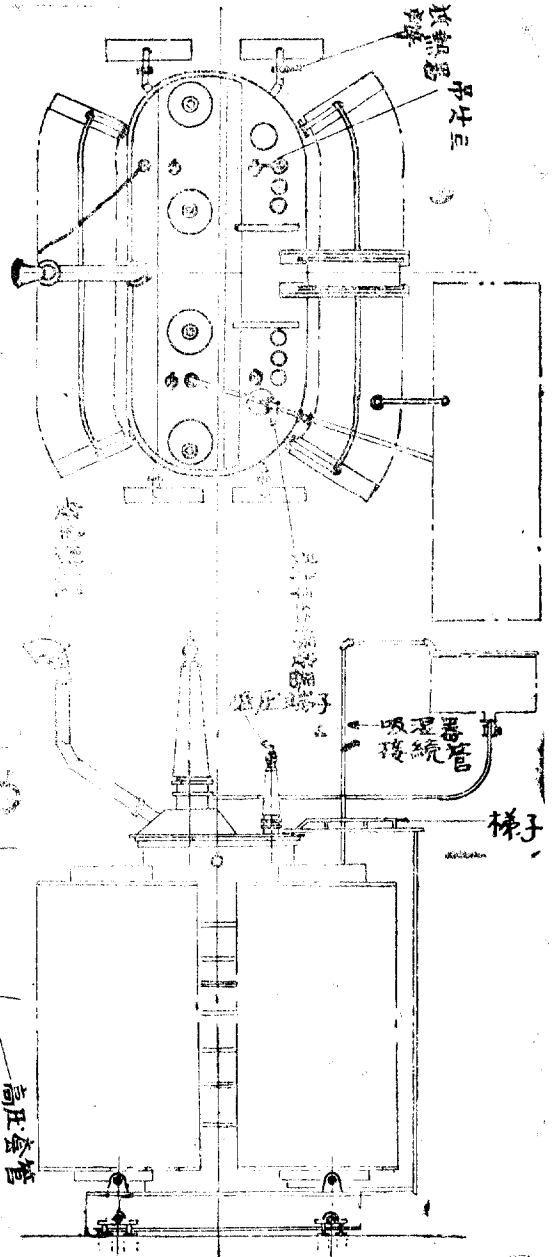
安 泰 仁

朝鮮東芝電機工場은 지난二月에燒損된 朝鮮電業會社清平發電所의 22,000 KVA 154 KV三相變壓器를修理하여 現在電力增産에寄與하고있는中으로 此變壓器修理를擔當하여完成한者로서 本誌에所感의一端을披露하게됨을至極히榮光으로생각하는바이다。

解放後모든政治的混亂과技術不足으로 韓國의發送電事業은許多인隘路에達 하고있으나 不足한施設과材資와技術로써이와같은大容量의電壓의變壓器를修理하여 조금도遜色없이運轉되고있음을볼때技術人의한사람으로써無限한기쁨을느낀는바이다。

本器의構造와修理에있어技術的으로困難을느낀點을略述하여讀者諸賢의參考에資코져 하는바이다

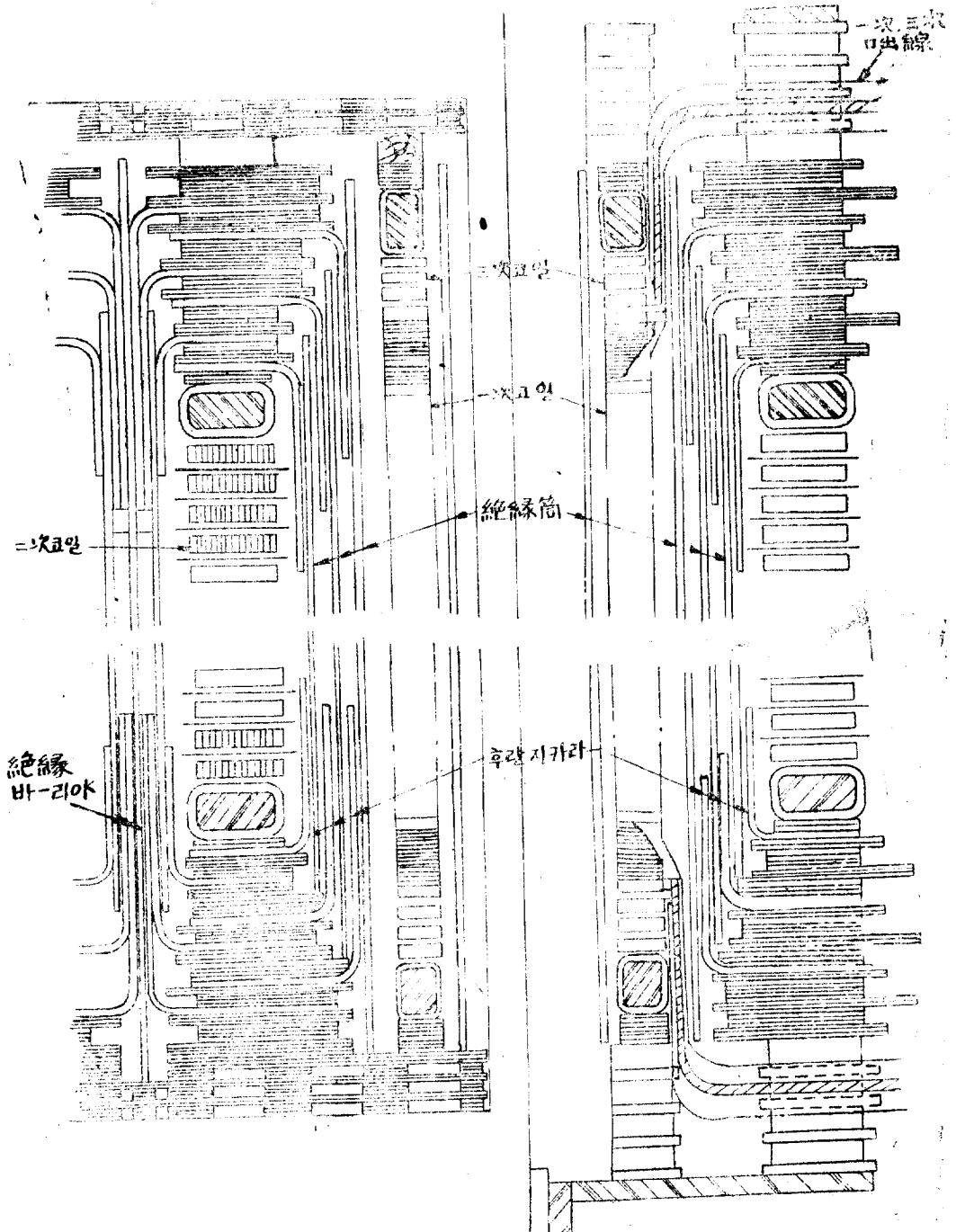
1 外函 本器의組立外形은第一圖와같다。



外函은鋼板을銲接된것으로三部分으로되어있고  
 機械的風度를 增大시키기爲하여 外部에補强板  
 이 銲接되어있다。原器의套管이 破損되어 種  
 類가다른 套管을써야됨으로 外函의뚜껑(蓋  
 을 改造하였다。

2 鐵心 本器의 鐵心은 三脚式內鐵型이며  
 緣板의 絶緣은「와너스」燒付를 二日施行하고

「아스베스트」紙를 數個所에 挿入하여 成層  
 絶緣을하고 鐵心脚部의 斷面은 材料를 節約  
 하기爲하여 될수있는베로 切込를 많이하여圓  
 形이되도록하였다。冷却油道는 單相같은 平  
 行油道와 垂直油道를만들수있으나 三相三脚이  
 면 困難함으로 積厚에平行하게 二個所에 設  
 置하고 木製間隙片을넣었다。



3 線輪及端子接續 線輪은 第二圖와같이 鐵心에가깝게 一次三次捲線이었고 그外側에 二次捲線이 同心圓筒狀으로 配列된 圓形線輪임으로 構造가튼튼하고 短絡時에 發生하는 半徑方向의 힘에對하여 大端히 堅固하다. 本器의 捲線의 絶緣에는 捲線間及捲線大地間의 電氣力線에 垂直하게 다시말하면 同等位面に平行하게 「후판지카라」와 絶緣筒을 多數挿入하고 高壓捲線端은 階段的으로 織緣을하였다. 그러나 一層의 安全性을 期待하면 高低壓捲線間뿐만아니라 端部에있어 高低壓捲線相互間에도 「엔글카라」를 配置하여 局部的電位傾度急增에對備하여야할것이다.

本器는 內部가거이다 燒損된關係上修理에있어서 設計製圖에 多大인 苦心을 하였다. 製圖者가가장困難을 느낀點은 端子의 配置絶緣그리고 套管의 位置決定等이다. 即端子와 大地間에는 一定한 沿面距離가 必要함으로 이터한 點에 特別한 注意를 기울여 「크멘주」의 劣端은 曲面으로 만들고 套管의 下部에는 薄鐵板으로 套管掩을 써워서 電荷의 集中을 防止하고 等價沿面距離를 이掩을써우지않으면 26吋가 必要한데 이것을 씬으로써 12吋로縮少시켜 外函의 크기及油量의 減少에 많은效果를보았다.

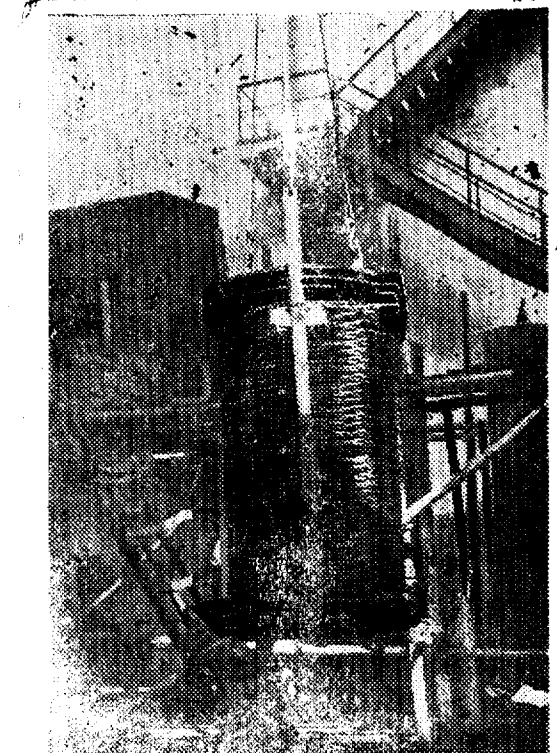
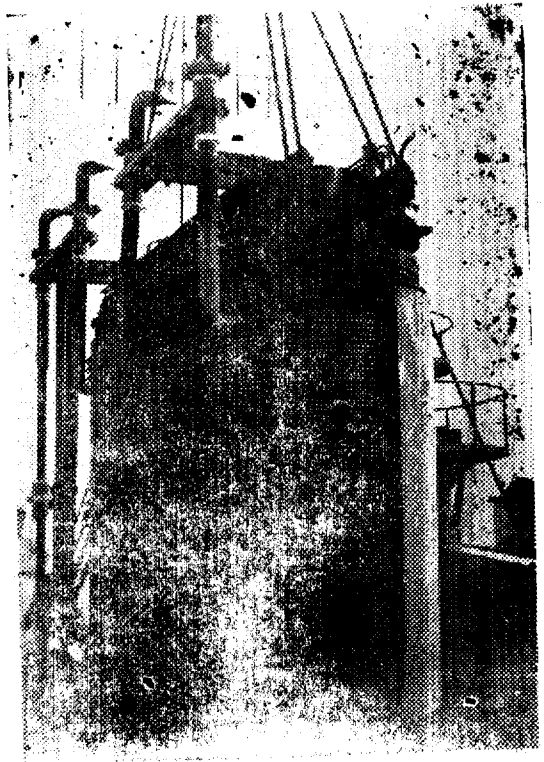
4 附屬品及套管 其他附屬品으로 溫度計油保存器油面計 安全裝置各種꼭크等이있다. 油保存器는 變壓器의 上部高所に 設置된 箱型으로 接續管의 途中에 「북트홀쓰」保安器가 設置되어 熱油에 氣泡가 생겨서한곳에 集中하는것을 防止하고있다.

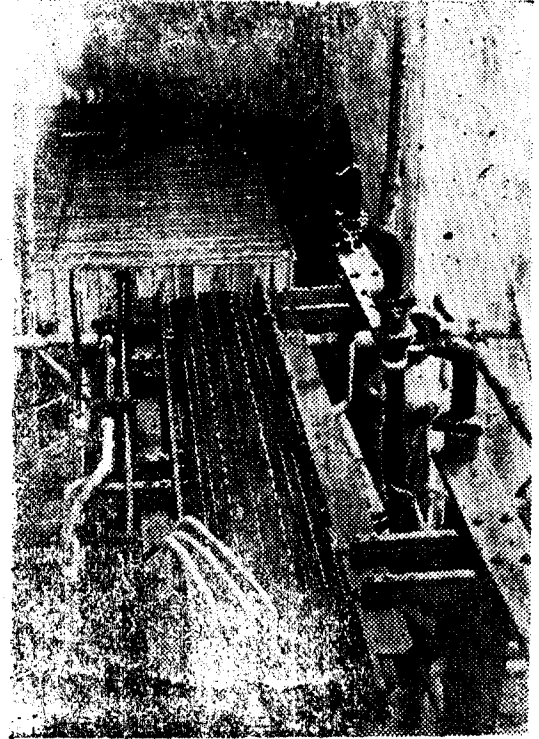
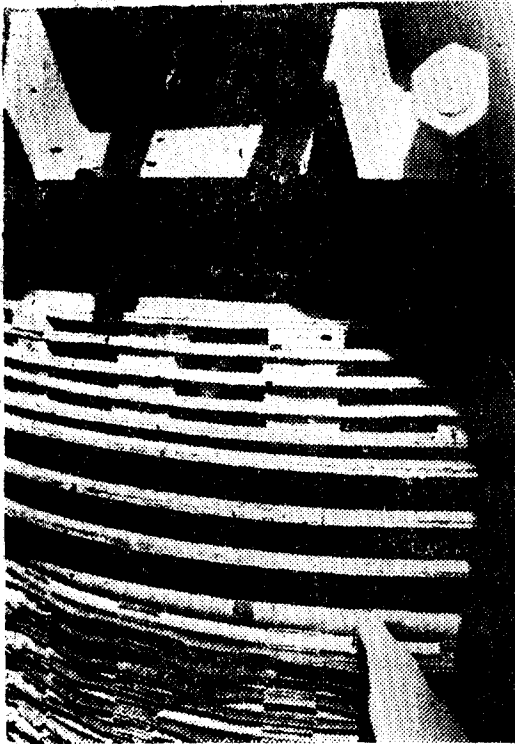
油保存器의 通器裝置에는 「칼슘」을너서 空氣中の 溫氣를 吸收케하여 油의 劣化를 防止하고있다.

套管은 燒損前에는 器中에 油가 直接套管속에들어가는 特別型을 使用하여 套管의 函의 油中에 들어가는 部分이 짧았으나 修理에는 定評이있는 油入型을 採用하여 函中에들어가는 部分이 比較的길어서 前述한바와같이 두경 蓋을 改造하여 套管이 設置되는 位置를 높게하였다.

#### 參考文獻

宮本 細川 芝浦 Review 第18卷第9號  
後藤電學誌 第57卷 第593號





## 2 鐵心鐵損試驗結果

准會員 李 東 馥

### 一 緒 論

今年二月에 燒損된 清平發電所 22,000 KVA 變壓器를, 緊迫한 電力事情에 비추어, 至急 修理하여 夏運의 豐水期에 待備할 必要가있어, 鐵心과 「탕크」와 「라지에-타」等を 修理加工하여 再用하고 「코일」은 豫備 「코일」을 使用하고 絶緣材料와 「부싱」等の 材料와 아울러 日人技術者를 日本에서 招請하여 仁川에 있는 朝鮮東芝電氣株式會社에서 請負로 修理하기로 決定하였으나 燒損된 鐵心이 再使用可能하냐 或은 不可能하냐는 鑑定할 目的으로 工科大學電氣試驗室에있는 試驗裝置를 빌려 鐵損試驗을 해본結果를 簡單히 紹介하고자 함.

鐵損은 珪素鋼板을 交替磁化力으로 磁化할 때 鋼板中에서 消費되는 電力을 말하는데 이鐵損을規定하는데 常規鐵損과 標準鐵損 두 가지가있다.

常規鐵損은 試料를 最大磁束密度  $+B$  와  $-B$  間에서 正弦波의으로 變化하도록 每秒  $f$  cycle 의 交流로 磁化할때 鋼板 1kg 當의 鐵損을 말하고 標準鐵損은 最大磁束密度 10000 Cycle 及 15000 Gauss 에對한 周波數 50-Cycle 溫度  $25^{\circ} + 5^{\circ} C$ 時의 常規鐵損을 말함

### 二 緒測定裝

#### 1 Epstein Core Loss tester

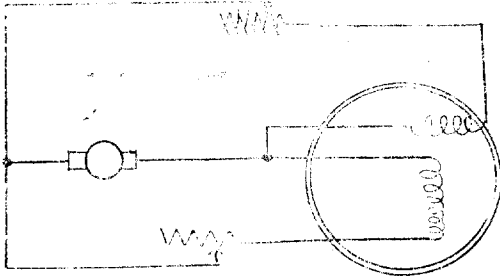
鐵損試驗器는 萬國共通한 Epstein Core Loss tester 를 使用하였는데 이試驗器의構造는 一次 二次 「코일」에있어 「一次코일」은 試料의 兩磁에 「二次코일」은 誘導電壓의 測定에 使用하는데 「二次코일」은 「一次코일」속에감고 一次 二次 두 「코일」을 똑같은捲數 150 회 式 같은 四角의線輪을 正四角形의 四邊에덧 코 直列로 結線하여 總捲數 600 회가 되게 한것이며 「코일」의抵抗은 一次가 0.5 r 二次가 1r으로하고 이 「코일」을 內斷面

40×40mm<sup>2</sup> 枱의 두께 3mm 一邊의 길이 420mm 의 絶緣性枱上에 均一하게 감은 것이다.

2 電 源

鐵心勵磁用電源은 Sine Wave 를 使用하여야 함으로 日立製 220 KVA 60 Cycle 1200 R.P.M 15 KW 正弦波交流發電機를 使用하였다.

이 發電機內部結線은 第一圖外如함.



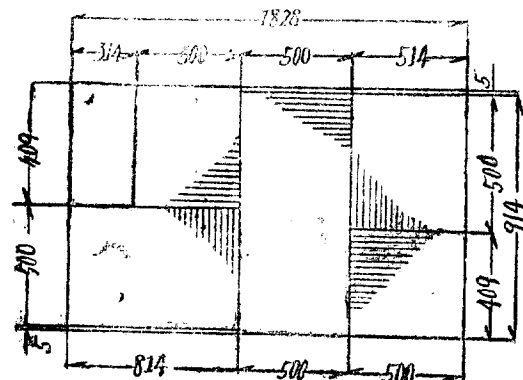
(第一圖) 正弦波交流發電機內部接續圖

試驗에 必要한 周波數는 50 Cycle 과 60 Cycle 이고 電壓은 60V 와 150V 間을 變動시킬수 있어야 하는데 이 發電機는 周波數 55 Cycle 以上과 電壓 150 V 以上 220V 間을 變動시킬수 밖에 없었음으로 標準鐵損을 直接測定하는 데 困難하였다.

3 試 驗 鐵 心

試驗鐵心을 作成하는 方法은 鋼板二枚以上을 實際의 平均한 性質을 갖도록 第三圖와 같이 裁斷하여 厚비 30mm, 길이 500mm 의 短冊形片 10kg 를 作成하여 그 半數量은 長邊의 壓延方向과 同方向인 것과 他半數量은 壓延方向과 直角方向인 것으로 2.5kg 씩 四束으로 나누어서 「테-키」로 結束한다.

4 計 器 類



(第二圖) 試驗鐵片切取法

(가) 電 力 計

電力計는 低力率電力을 測定하는 데 適當한 것이어야 하며 測定範圍는 0-70W, 電壓 150V, 電流 10A 일 것이 適當하다.

나 電流計 - A.C 22V, 10A 定格 1개

다) 電壓計 - A.C 150V, 1개

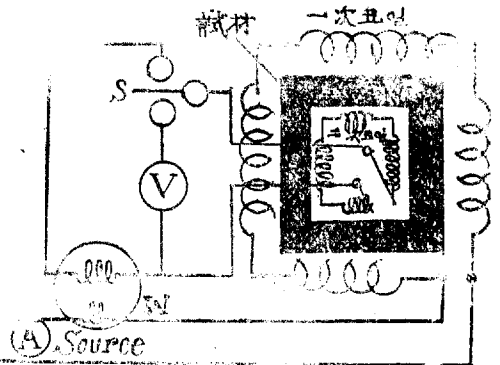
라 周波數計 - 45-65 Cycle 定格 1개

마 其他 - 開閉器 3개

三 測 定 方 法

1 結 線

試驗裝置는 第三圖外如히 結線하고 試驗鐵心은 Epstein 試驗器枱內에 그 相對邊에는 各一剪斷方向의 鐵心을 넣고 符合하여, 交番電壓을 「一次코일」에 加하여 電流가 最少로 測定한 鐵損部를 壓表하였다.



(第三圖) 結線圖

2 測 定

直流電動機의 界磁抵抗器를 調整하여 Cycle 을 60 Cycle 에 一定시키고 發電機磁界抵抗器로 電壓을 150 V 에서 200 V 까지 變化시키며 電壓 電力 電流를 記錄하였다.

이와같이 周波數 55 Cycle 과 65 Cycle 에對하여서도 測定하였다. 標準鐵損을 直接測定할려면 周波數 50 Cycle 과 電壓 100V 以內에서 測定하여야 하는데 이裝置로서는 測定하기 困難하였다.

3 計 算

鐵損은 다음으로 計算하다,

$W_0 = W - W_2 / R_w$  但  $W_0 =$  鐵損

$W =$  電力의 分量

$W_2 =$  電壓計의 分量

$R_w$  = 電力計의 電壓線輪의 抵抗

이  $R_w$  中에는 二次卷線의 抵抗도 包含하여야 하나 그分量은  $I_r$  以下임으로 無視하여도 可하다. 萬一 裝置의 一次 二次코일의 卷數가  $N_1 N_2$  로 달려지면 上式W代身  $WN_1/N_2$  를 쓰야한다.

또 實驗上 最大磁束密度는 電壓과 周波數가 既知임으로 다음과같이 求한다.

$$E = 4kf f \cdot A \cdot N \cdot B_m \times 10^{-8}$$

但  $Kf$  = 波形率 正弦波는 1.11

$f$  = 周波數

$A$  = 成層鐵心의 斷面積  $Cm^2$

$N$  = 二次線輪의 卷數 600회

$B_m$  = 最大磁束密度 (Gauss)

斷面積은 다음과같이하여 求한다.

$$A = \frac{M}{4 \rho S}$$

但  $M$  = 試材의 全質量 (1 kg)

$\rho$  = 試材의 一邊기어 (50 cm)

$S$  = 試材의 比重 7.393

以上으로

$$B_m = \frac{E \rho S 10^8}{kf \cdot f \cdot M \cdot N}$$
 을 計算할수있다.

### 四 結 果

試驗結果는 다음 第一表及第四圖와 如하다. 標準鐵損은 60 Cycle 15000 Gauss 에서 3.66W 임으로 50 Cycle 로 換算하면 日本標準值 (第二表) 에 近似하여 鐵損이 많이 增加하지 않았다.

해분때 設計磁束密度 14000 Gauss 60 Cycle 에서 3.05W 임으로 標準值보다 約 1% 增加된셈 인데 試驗器具에 依한 Error (誤差) 를 考慮하여 別差없다고 生覺하며 再使用이 可能하다.

$B_m$  이 15000 Gauss 以上으로되면 Hysteresis 增加의 比率은 減少된다.

試驗上誤差는  $B_m$  이 10000 Gauss 時의 鐵損 即  $W^{10}/50$  은 勵磁電流가 적고 測定容易하나 高磁束密度로가면 勵磁電流는 急增加하여 正確한測定이 困難한데 그것은 小容의發電機를쓰고 또는 回路의 抵抗이 많으면 波形이變하는가 爲이다. 波形이變하면 또 誤差가 생기는게 여기에서는 波形을 正波發電機를 使用하여 波形率을 1.11 로하였으나 波形率이 正確하지 못하면 그結果가 너머 종와지는데 그誤差는  $W^{10}/50$  의 差가 적고  $W^{15}/50$  의 差가 많아진다.

鐵板의 鐵損은 結晶粒이 클수록 少어지는데 800°-900°C 에서 燒漬하면 再結晶하여 結晶粒이 粗大하여점으로 燒鈍으로因하여 鐵損이 적어지면 적어졌지 많아지지않을것이다.

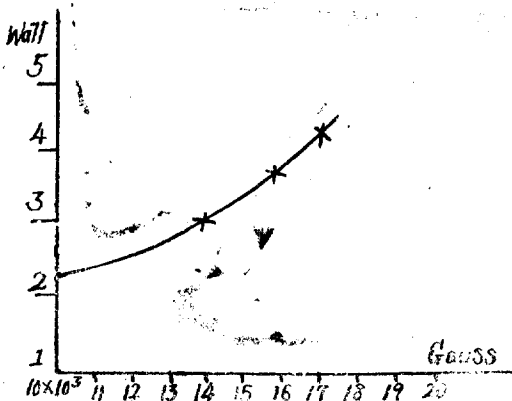
酸化皮膜이 생기면 鐵損이 많아지나 油中에서 끌어안것임으로 酸化하였다고 生覺할수없다.

그럼으로 이鐵心은 燒損으로因하여 別變이 없었다고 結論을 얻었다.

(第一表) 試驗值 溫度 25°C

Freq	E (V)	I (A)	W watt	Loss watt	Loss (w/kg)	Dm (gauss)
60	170	10.0	38.5	35.7	3.57	15,750
60	179	13.0	39.6	36.5	3.65	16,600
60	185	16.0	44.5	41.2	4.12	17,100
60	194	21.0	50.0	45.8	4.58	17,950

第二表第三表는 次頁에 繼續



(第四圖) 鐵 損. Curve

### 五 結 論

試驗結果와 日本標準規格 (第二表) 과 對照

第 二 表 鐵 損 規 格 ( 日 本 )

種 別	密 度 g/cm <sup>2</sup>	鐵 損 (W/kg)								備 考
		厚 0.2mm		厚 0.35 mm		厚 0.50 mm		厚 0.10 mm		
		W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	W <sup>10</sup> /50	
B	7.75	—	2.70以下	6.20以下	2.70以下	7.70以下	5.50以下	13.00以下	} 電動機用	
C	7.70	—	2.10 //	5.60 //	2.30 //	6.00 //	—	—		
D <sub>1</sub>	7.65	1.9以下	1.90 //	4.80 //	2.00 //	5.30 //	—	—		
D <sub>2</sub>	7.65	1.7 //	1.60 //	5.30 //	1.80 //	4.80 //	—	—	} 發電機用	
T <sub>1</sub>	7.55	1.45 //	1.35 //	3.60 //	1.50 //	4.00 //	—	—		
T <sub>2</sub>	7.55	—	1.20 //	3.20 //	1.45 //	3.80 //	—	—	} 變壓器用	
T <sub>3</sub>	7.55	—	1.20 //	3.00 //	1.45 //	3.70 //	—	—		

第 三 表 鐵 損 保 證 值 W<sup>10</sup>/50 (Arm Co. 製 品)

V.5.G m 厚 (mm) in)	30	29	27	26	25	24
	0.30	0.36	—	0.45	0.50	0.55
Armco Armature	—	0.014	—	0.018	0.020	0.022
// Electric	2.22	2.32	2.62	2.70	2.77	2.90
// Special Electric	1.96	2.08	2.32	2.38	2.40	2.54
// Int. Transformer	1.74	1.80	2.01	2.06	2.10	2.14
// Tran-Cor 1	1.42	1.48	1.62	1.66	1.71	1.76
// 2	1.34	1.35	1.53	1.55	1.60	1.64
// 3	1.28	1.23	1.42	1.45	1.48	1.53
// 4	1.16	1.16	1.27	1.29	1.32	1.35
// 5	1.03	1.03	1.12	1.14	1.18	—
// 6	0.98	0.98	—	—	—	—
	0.93	0.93	—	—	—	—

### 3 綜合特性試驗結果

#### 電氣試驗所試驗係

##### 一 序 言

今年二月 清平發電所二號 變壓器 154 K.V. 22,000 K.V.A. 는 完全히 燒損하여 南韓電氣事情에 不少한 影響을 주고있던바 이를仁川東芝浦工場에서 修理하게되어 六月二十五日에 그修理를 完了하여 豐水期에 使用하게됨은 多幸한일이라고 보지않을수없다.

우리는 이變壓器修理에있어 몇가지 技術의 立場에서 關心을가지고있음은 鐵心을 本來것을 分解하여 Baking 을 다시하여 組立한것이며 (Coil 은 豫備品使用 修理工作에 日本人技術者三人의 援助가 있었다하나 主로 韓國人의손으로 우리나라에서 처음보는 큰修理工作인만큼 그完成品의性能이 現代規格이나 或은 新品當時의 製作所提示性能에比하여 어느程度符合하여 或或 近似하게 符合치않다고

할지라도 至今 우리나라 電氣事情으로 보아서는 可不可 使用하여야 할것임으로 그使用에있어특히 注意하지않으면안될事項等を 알고저함이다.

然而 試驗結果考慮되는點을 列記하여보면

- 1 勵磁電流가 過多한것
- 2 無負荷損이 過多한것
- 3 勵磁電流의 不平衡이 不少한것
- 4 定格電壓 95% 에서 鐵心飽和現象이 始作하는것

1-4 項은 相互關係를 有한것이니 大概 그原因으로는

- 1 火災로因한 珪素鋼板의變質
- (2) 鐵心材料不足
- 3) 鋼板의 Baking 이나 鐵心締付工作 或은 油通溝構造의 어느곳으로던지 磁

路抵抗의 增加等을 들수있다.

5 短絡試驗에서 보는바와같이 漂遊損이 過大한것.

이는 變壓器外函內壁과 鐵心締付 Bolt 에對한 磁路遮蔽工作가 不如意點이 있었다고본다. 溫度上昇程度는 規定負荷에서 54° 左右間이라고보는데 變慮할것은 없으나 注意하는것이 좋다고보며 絶緣에對하여서는 線軸이 完 乾燥한 結果를 보지 않고 速斷할바는 아니나 念慮될것이었다고본다.

其他 異常電壓 電流에對한 機械的溫度又是 絶緣度는 費用使用上에있어 大端重要한 것이다. 現下우리나라 形便으로서는 試驗을 할 수없는것이다.

그리고 實際運轉에있어 一次側電壓 10,000V 長時負荷는 18,000 K.V.A. 以上을 올리지 않는것이 可하다고보는데 特別 念慮되는點은 없다고본다.

本試驗에際하여 電業會社發電課長 金石鎮氏 企劃課長 洪春杓氏 工務課長 李昌燮氏 朝鮮變壓器會社 李松培氏諸氏가 大端히 盡力하여 주었으며 特別 清平發電所所長 吳炳虎氏 同所工務係長 咸在世氏 朴贊錄氏外所員諸氏의 手 筭補助하여 주었으니 이에對하여 感謝히 至死 함은勿論 新生韓國技術向上을爲하여 感激하여 마지 않는바이다.

二 仕 樣

原 製 作 所 日本日立製作所  
 原 製 作 年 月 日 昭和 17 年 3 月  
 製 番 2329331  
 燒 損 年 月 日 1948年1月12日  
 修 理 處 朝鮮東芝浦仁川工場  
 修 理 年 月 日 1948年6月  
 定 格 周波數60・連續  
 次 10500,22,000KVA  
 二次 154,000V  
 (原 161-154-147 KV  
 22000 K.V.A.  
 三次 3450V, 1000 K.V.A.  
 接 續 △/Y /△

三 電壓比測定及極性

測定端子/值	154 / 105 KV	105 / 345 KV
標準 值	14.66	3.04
測 定 值	14.83	2.93
比 誤 差	+1.6%	-3.6%
極 性	減	變 性

154 / 345 KV
44.63
43.44
-2.67%

四 絶緣抵抗測定 (溫度試驗前)

測定個所	一次大	二次大	三次大	一次間	一次間
溫 度	地 間	地 間	地 間	二 次	三 次
23°C	100M	200M	120M	180M	180 M

二 次 間	備 考
220 M	1000V Megger로測定

五 捲線抵抗測定 (於75°C)

10500 V 側	154000 V 側	3450 V 側
0.0294 Ω	2.99 Ω	0.052 Ω
※0.0295 Ω	※ 3.06Ω	※ 0.058Ω

註 ※標 日立製作所新品時測定時

六 無負荷試驗(10500V 端子側에서測定)

電 壓 (V)	電 流 (A)	鐵 損 (kw)				
V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	※ kw
5000	5200	5300	7.5	3.0	3.8	21.0
6200	6150	6200	9.7	6.0	6.0	30.0
7150	7200	7250	20.7	8.3	8.3	35.2
8150	8250	8300	37.4	15.3	15.5	52.5
9100	9150	9250	72.6	29.0	27.5	71.5
10250	10400	10100	72.6	60.9	57.6	96.0
10700	10950	10950	102.8	65.9	57.6	108
11100	11350	11550	142.5	125.4	121.4	150

※ I<sub>12</sub> 310500V 44.3A 88.0 KW

本測定에서 10500V 66.0A 103.0 KW

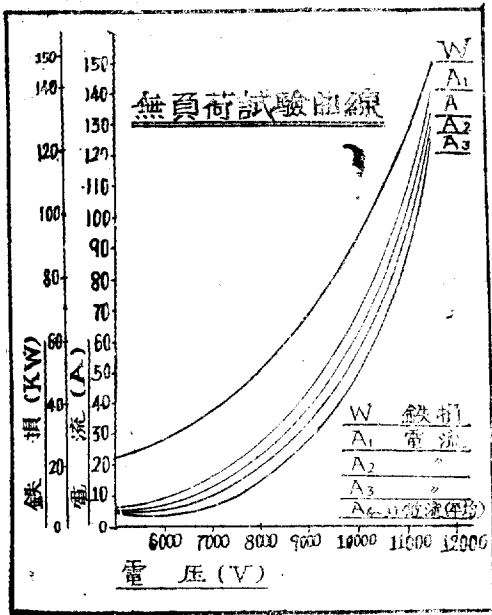
七 短絡試驗 於75°C 力率 100%

가 一次 二次間 154 / 105KV

154KV 5短絡 10.5KV 側에서測定

種 別	本測定值	※
短絡損失	132,234 KW	124,300 KW
定格電流	1210 A	
抵抗損	1042 KW	106,0 KW
全損失率	253,234 KW	212,300 KW
能 率	98.9 %	99.04 %
임피던스보림	9.70 %	9.75 %
電壓變動率	0.841 %	1.04 %





나 一次 三次間 3.45 / 10.5KV

3.45KV 側을 短絡 10.5KV 側에서 測定

種 別	本測定値	※
短絡損失	3.235 KW	3.25 KW
定格電流	55.0 A	
抵抗損失	1.431 KW	1.719 KW
全損失	106.235 KW	91.205 KW
能率	90.4 %	91.64 %
임피던스보상	3.11 %	3.32 %
電壓變動率	0.3574 %	0.374 %

다 二次 三次間 151 / 3.45 KV

3.45KV 短絡側 154KV 側에서 測定

種 別	本測定値	※
短絡損失	3.004 KW	2.787 KW
定格電流	3.75 A	
抵抗損失	1.5382 KW	1.753 KW (值 161)
能率	90.4 %	91.67 %
임피던스보상	3.19 %	3.31 %
電壓變動率	0.3383 %	0.332 %

### 八 溫度上昇試驗

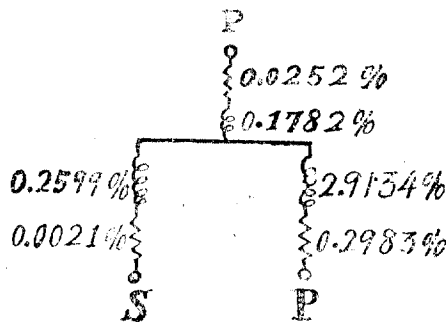
變壓器의 實際溫度 = 油溫 測型 + 6°C

月時間	全入力	油溫 內型	油溫 外型	氣溫
7/10 13時	10.500 KW	31°C		31°C
4	16.500	57		21
5	16.608	59		22
6	〃	61		23
7	〃	62		24
8	〃	63		25
9	16.500	64		26
10	18.500	65		26

11	19.050	〃	46	27
12	19.500	75	〃	30
13	〃	72	47	〃
14	19.700	74	50	33
15	19.500	76	52	〃
16	19.800	77	53	34
17	〃	78	54	35
14	10.500 KV	35°C		31
15	〃	〃		30
16	19.00	〃		〃
17	12.000	〃		29
18	12.500	〃		38
19	15.500	〃		37
20	〃	56		26
21	〃	58		25
22	16.000	〃		24
23	〃	〃		23
24	〃	57		22
7/11 1	16.500	56		21
2	〃	55		20
3	〃	〃		〃
18	13.000	78		34
19	〃	76		33
20	15.050	75		32

### 九 電壓變動率算定

捲線名	電壓變動率 %		備 考
	22005KVA	1000KVA	
一 次	6.631	0.0254	值 10% P.F.時
二 次	0.210	0.0024	
三 次		0.317	



1,000KVA 基準時의 各捲線의 %IR 及 %IX

### 十 耐壓試驗

變壓器을 實負荷에서 68 時間 運轉한 다음 絶緣抵抗變壓器를 測定하여본結果

一次大地間 30 MΩ (負荷前值 109MΩ)

三次大地間 50 MΩ (〃 120MΩ)

一次三次間 130 MΩ (〃 180MΩ)

인故로 아주 完全乾燥되지 않았다고 봄으로 耐壓試驗은 一段保留하기로 하였음  
以 上