

# 大電力 研究試驗設備 性能試驗 檢討

金吉相 / 大電力研究室

## I. 序 論

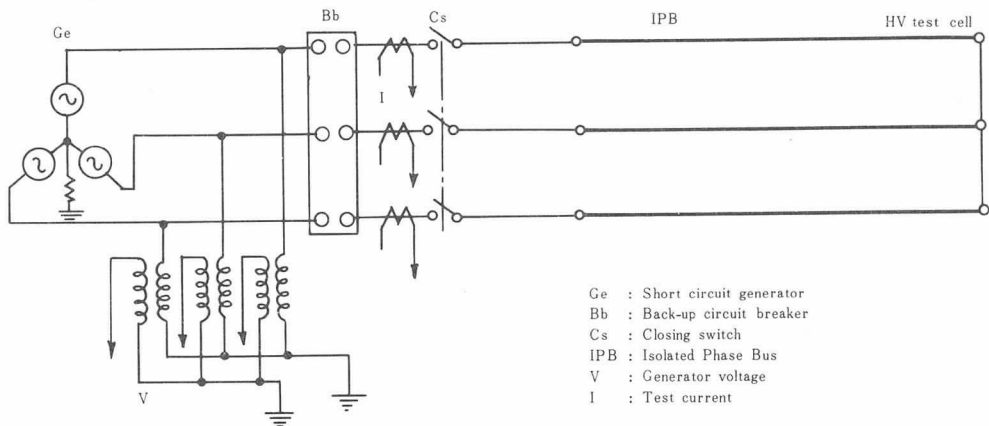
1977年 3月 当 研究所가 発足하여 大電力 研究設備의 purchasing specification 檢討, 研究試驗設備 製作 및 現 昌原現場에 機器 設置 等の 過程을 통하여 지난 1982年 6月 30日 竣工을 보게 되었다.

本 研究試驗設備의 完전한 性能을 保障檢證 하기 위해서 지난 82年 9月 1日부터 9月 17日 까지 100% 出力試驗을 實施하였다.

性能試驗 種類를 大別하게되면,

1. 短絡發電機의 短絡容量 및 特性定數 試驗.
2. 短絡發電機 및 短絡變壓器를 통한 3相 24kV 電壓發生時 test cell에서의 短絡容量試驗등으로 구분할 수 있다.

本稿에서는 上記 2個部分의 大電力 研究試驗設備의 性能試驗 結果에 대해서 생각하여 보고자 한다.



Ge : Short circuit generator  
 Bb : Back-up circuit breaker  
 Cs : Closing switch  
 IPB : Isolated Phase Bus  
 V : Generator voltage  
 I : Test current

〈그림 1〉 試驗回路

## II. 本 論

### 1. 短絡發電機의 特性定數 및 短絡容量 性能 試驗

#### 가. 目 的

(1) High voltage test cell 內 18kV line에 16cycle동안 3 相短絡試驗을 실시하고 그 短絡電流를 측정한다.

(2) 短絡後 최초 1/2 cycle과 3 cycle 에서의 短絡發電機 自体의 3 相 短絡容量을 확인하고 試驗 data를 調査한다.

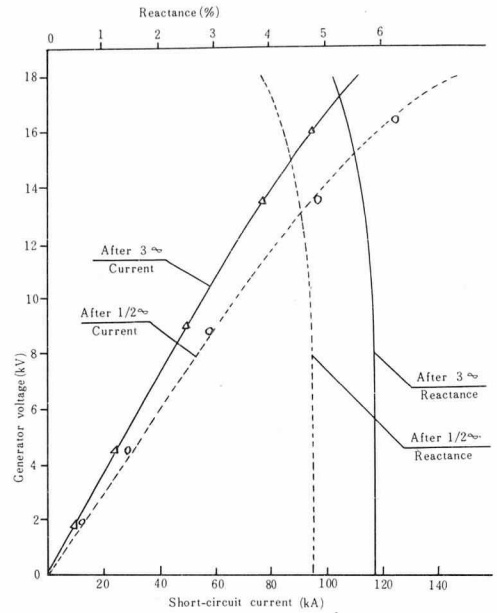
(3) 주요장치가 試驗後 정상적인 狀態인가를 확인한다.

#### 나. 試驗回路

試驗回路는 <그림 1>과 같다.

#### 다. 試驗結果

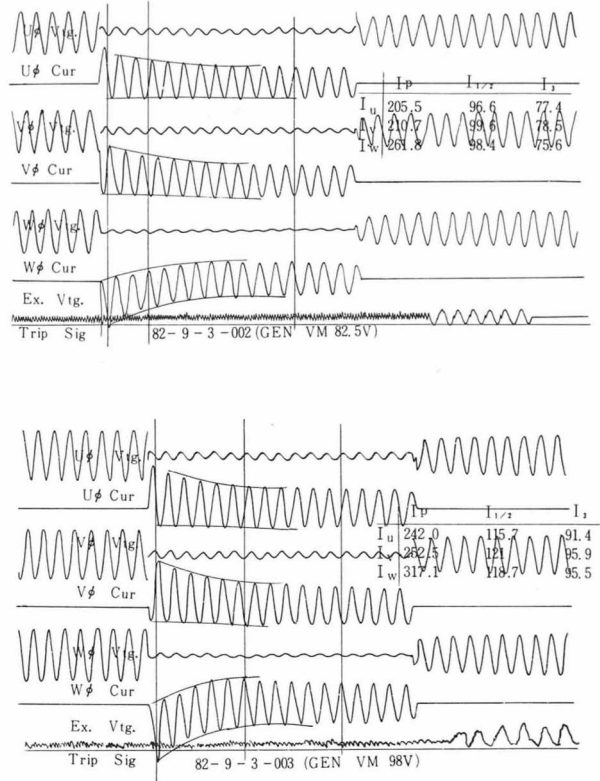
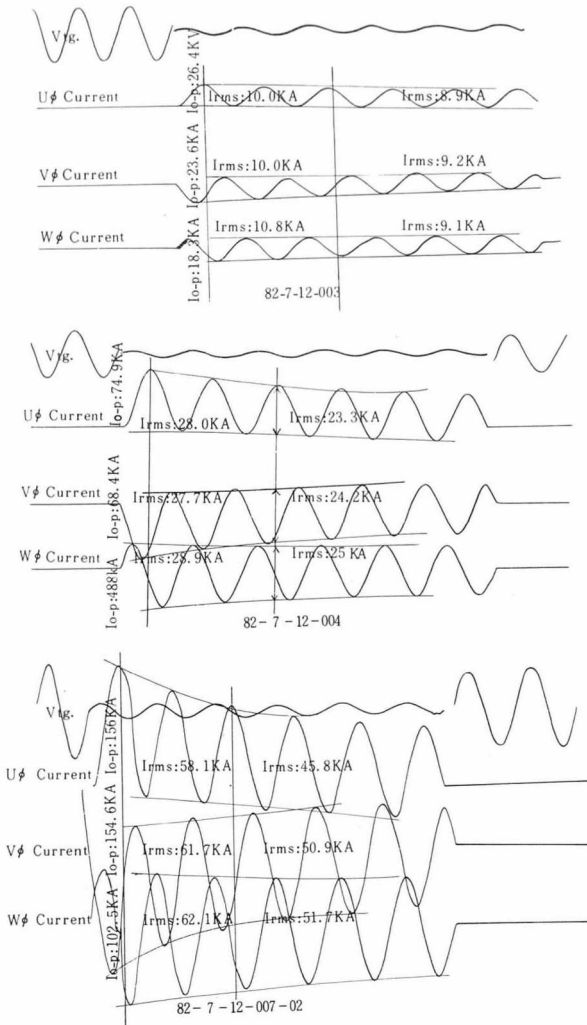
(1) 短絡電流의 測定值 및 graph는 <表 1>과 <그림 2> 및 <그림 3>과 같다.



<그림 2> Three Phase Short-Circuit Characteristics at HV Test Cell IPB Terminals

Test No.	Test item	Data	V <sub>M</sub> (PT2ry)	V <sub>G</sub> (Phase-phase)	Phase/Mean	Current (KA)			Short-circuit duration	Remarks
						First Peak	After 1/2~	After 3~		
82-7-12-003	Three phase short circuit L=0	July 12	11.0	1.8	U V W Mean	26.4 23.6 18.3 -	10.0 10.0 10.8 10.3	8.9 9.2 9.1 9.1	5~	Reference data
82-7-12-004	"	July 12	27.5	4.5	U V W Mean	74.9 68.4 48.8 -	28.0 27.7 28.9 28.2	23.3 24.2 25.0 24.2	5~	Reference data
82-7-12-007-02	"	July 12	55.0	9.0	U V W Mean	156 154.6 102.5 -	58.1 61.7 62.1 60.6	45.8 50.9 51.7 49.5	5~	Reference data
82-9-03-002	"	Sep. 3	82.5	13.5	U V W Mean	205.5 210.7 261.8 -	96.6 99.6 98.4 98.2	77.4 78.5 75.6 77.2	16~	
82-9-03-003	"	Sep. 3	98.0	16.0	U V W Mean	242 252.5 317.1 -	115.0 121.0 118.7 118.2	91.4 95.9 95.5 94.3	16~	

<表 1> Three Phase Short Circuit Test (at HV Test Cell IPB Terminals)



〈그림 3〉 Oscillograph에 의한 측정 Data

(2) 短絡發電機 特性定数

먼저 測定結果値는 다음과 같다.

- Subtransient reactance  $x''d = 2.7\%$ .
- Transient reactance  $x'd = 4.2\%$ .
- Subtransient time constant  $T''d = 0.042\text{Sec}$ .
- Transient time constant  $T'd = 0.093\text{Sec}$

上記 測定値를 구하는 方法을 記述하면 다음과 같다.

(가) 短絡發電機의 特性定数 測定法

短絡發電機가 外部 impedance  $x_e$ 를 통하여 短絡하였을때 短絡電流  $i_s$ 는 아래 式으로 나타낼수 있다.

$$I_s = \left( \frac{1}{X''d} - \frac{1}{X'd} \right) e^{-\frac{t}{T''d}} + \left( \frac{1}{X'd} - \frac{1}{X_d} \right) e^{-\frac{t}{T'd}} + \frac{1}{X_d} \text{ (P.U)} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

여기서

- $X''d = X_e + x''d$ ,  $x''d$ ; subtransient impedance
- $X'd = X_e + x'd$ ,  $x'd$ ; transient impedance.
- $X_d = X_e + x_d$ ,  $x_d$ ; synchronous impedance.

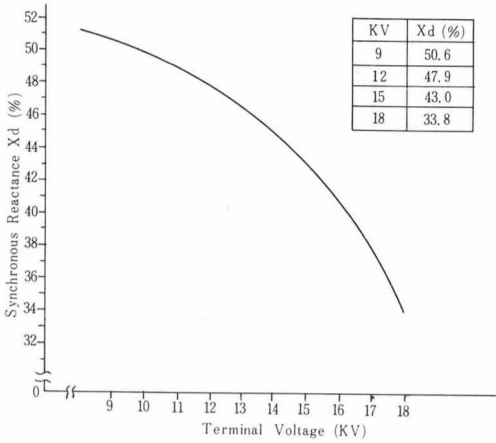
$$T'' = \frac{X''d}{X'd} \times \frac{x'd}{x''d} T'd, \quad T''d; \text{subtransient time constant}$$

$$T' = \frac{X'd}{X_d} \times \frac{x_d}{x'd} T'd, \quad T'd; \text{ transient time constant}$$

外部 impedance는 測定結果 0.76% 였고, 永久短絡流  $I_p$ 는 上記①式에서  $\frac{1}{X_d}$  (P.U)로서

$$I_p = \frac{\text{Terminal Voltage (kV)}}{18} \cdot \frac{1}{(x_d + x_e) \times \frac{1}{100}} \times 5.774 \text{ (KA)}$$

여기서  $x_d$ 는 synchronous impedance로 terminal  $V_{tg}$ 의 함수로서 <그림 4>에서 구할수 있고,  $x_e$ 는 外部 impedance이며 5.774 (KA)는 短絡發電機 base 電流이다.



<그림 4> 동기 Impedance 특성곡선

한편  $I_s$  測定値는 試驗電壓 9.0kV (50%)에서는 <그림 5>와 같이

$$I_s = 16e^{-\frac{t}{0.047}} + 39.5e^{-\frac{t}{1.437}} + 5.6 \text{ (KA)} \dots \dots \dots \text{ ②}$$

가 된다.

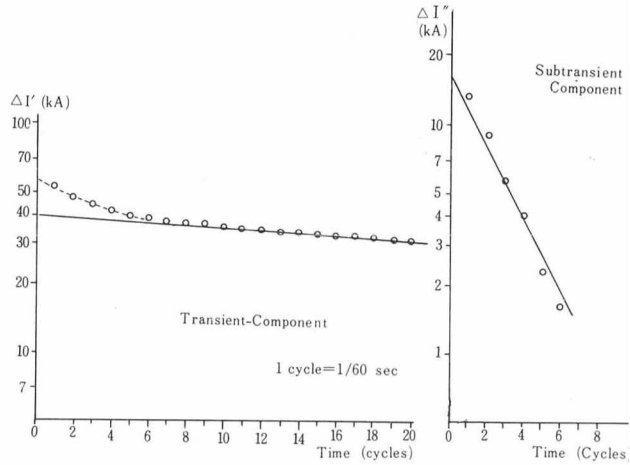
上記 ①式과 ②式에서 短絡發電機 subtransient impedance  $x''d$ , transient impedance  $x'd$ , 및 subtransient time constant  $T''d$ , transient time constant  $T'd$ 를 구할 수 있다.

試驗電壓 13.5kV (75%)에서 같은 方法으로 <그림 6>과 같이

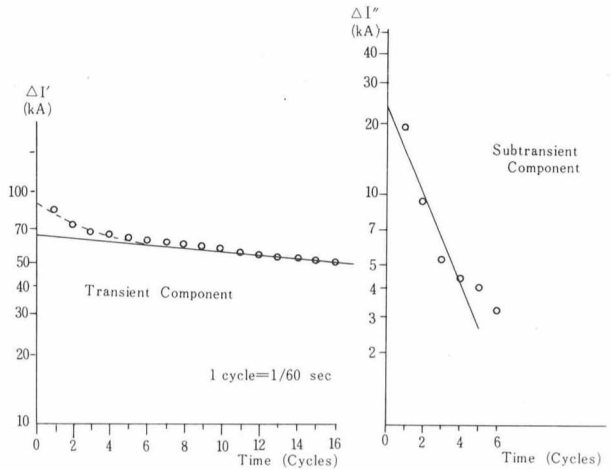
$$I_s = 24.0e^{-\frac{t}{0.038}} + 66.0e^{-\frac{t}{0.967}} + 9.2 \text{ (KA)} \text{ 가 되고}$$

試驗電壓 16kV (88.9%)에서도 같은 方法으로 <그림 7>과 같이

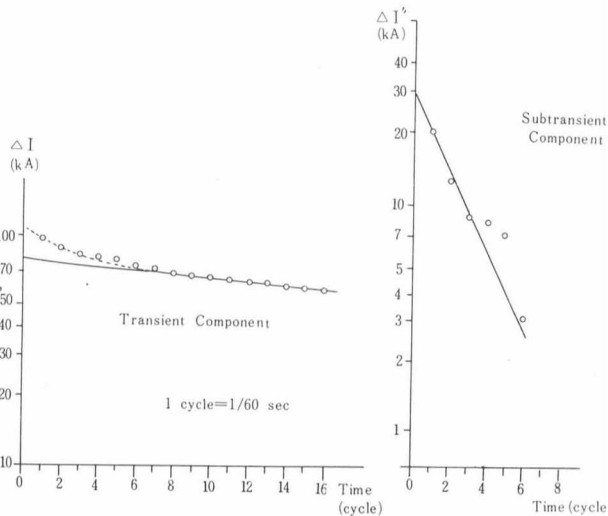
$$I_s = 30.0e^{-\frac{t}{0.042}} + 79.0e^{-\frac{t}{0.930}} + 12.4 \text{ (KA)} \text{ 가 되어 分析할 수 있다.}$$



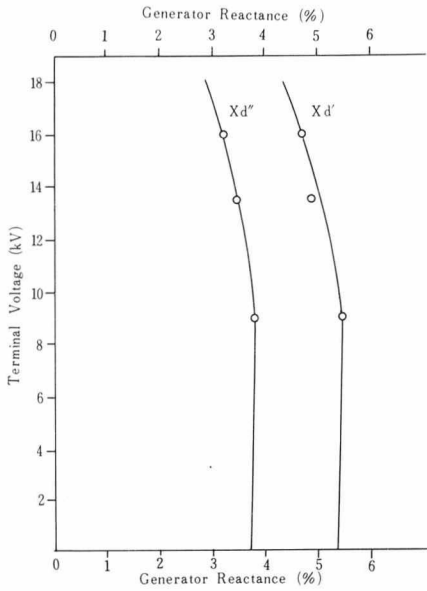
<그림 5> 단락전류 특성곡선 (시험전압9kV)



<그림 6> 단락전류 특성곡선 (시험전압13.5kV)



<그림 7> 단락전류 특성곡선 (시험전압16kV)



〈그림 8〉 Impedance 특성곡선

上記 試驗電壓別로 나온 impedance 特性을 graph로 나타내면 〈그림 8〉과 같이 나타난다.

〈그림 8〉에서 短絡發電機 定格電壓 18kV 에 서의 subtransient impedance  $x''_d$ 는 2.7(%),  $x'_d$ 는 4.2(%)가 됨을 알수 있다.

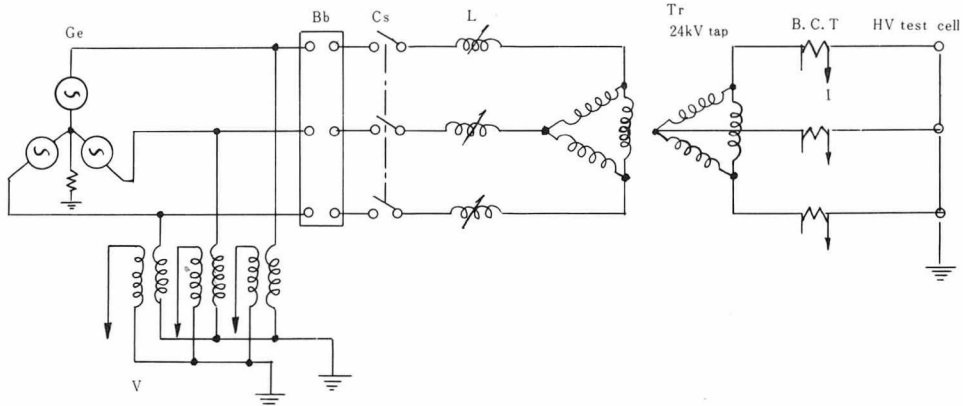
2. 短絡發電機 및 短絡變壓器를 통한 3相24 kV 電壓發生時 test cell 에 서의 短絡容量

가. 目 的

(1) 短絡變壓器를 통한 high voltage test cell 內 24kV line에 3 cycle 동안 3相短絡試驗을 실시하고 그 短絡電流와 回復電壓을 측정 한다.

(2) 短絡變壓器가 試驗後 정상적인 狀態인가 를 확인한다.

나. 試驗回路



- Ge : Short circuit generator
- Bb : Back-up circuit breaker
- Cs : Closing switch
- L : Current limiting reactor
- Tr : Short circuit transformer
- V : Generator voltage
- I : Test current

다. 試驗結果

〈表 2〉 및 〈그림 9〉에서와 같이 短絡 3 cyc-  
le後의

(1) 平均短絡電流는

- $I_u = 51.5 \text{ KA}$
- $I_v = 52.5 \text{ KA}$
- $I_w = 53 \text{ KA}$
- $I_{ave} = 52.3 \text{ KA}$

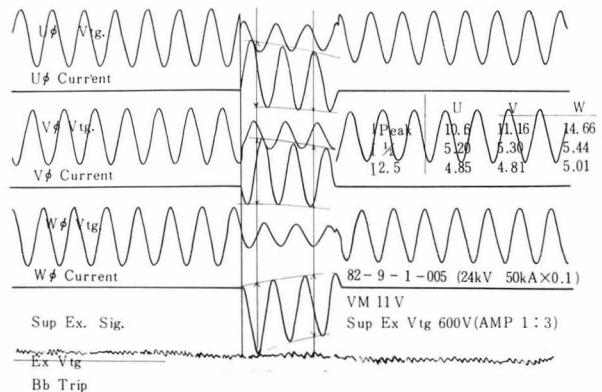
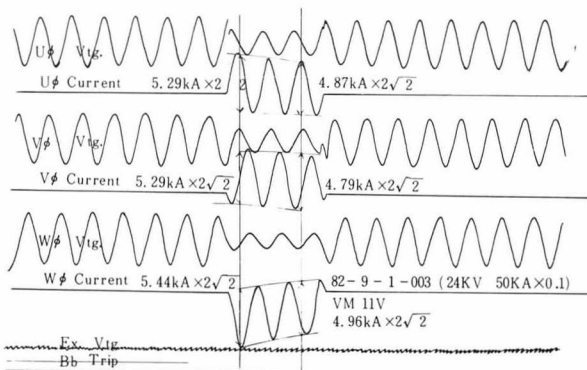
(2) 回復電壓은

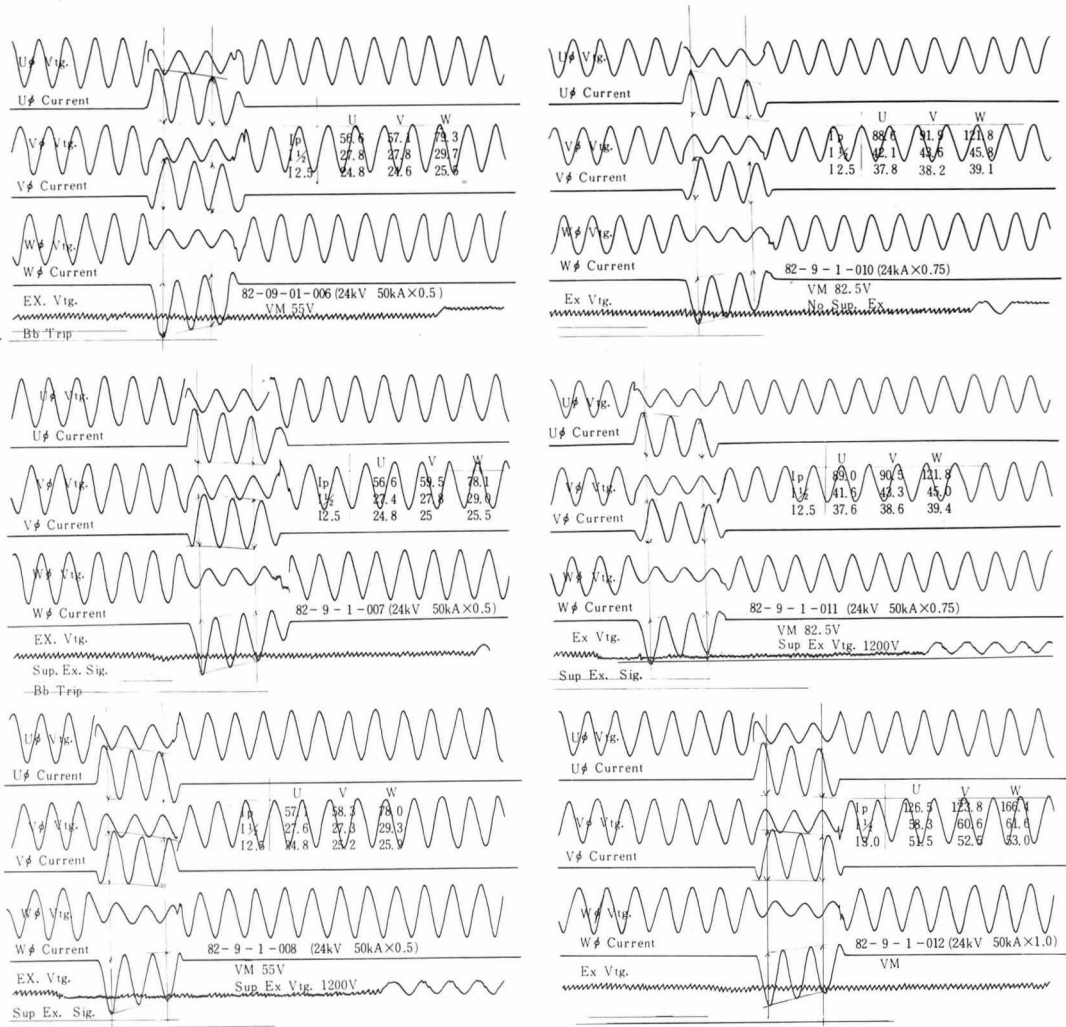
- $V_u = 91.1\%$
- $V_v = 90.1\%$
- $V_w = 90.0\%$
- $V_{ave} = 90.4\%$ 가 되었다.

〈表 2〉는 短絡電流 및 回復電壓 測定值를 나 타낸 것이다.

No.	V <sub>M</sub>	S. ex	PHASE	First Peak	After 1/2 $\sim$	After 2.5 $\sim$	Recovery voltage (%)	
82-9-1-003	(v) 11.0 (10%)	-	U V W	10.1KA 11.4 14.4	5.29 KA 5.29 5.44	4.87KA 4.79 4.96	91.9 92.6 92.4	
-005	11.0 (10%)	600V	U V W	10.60 11.16 14.66	5.20 5.30 5.44	4.85 4.87 5.01	94.4 92.6 93.1	
-006	55.0 (50%)	-	U V W	56.6 57.1 79.3	27.8 27.8 29.7	24.8 24.6 25.5	92.3 92.1 91.0	
-007	55.0 (50%)	600V	U V W	56.6 59.5 78.1	27.4 27.8 29.0	24.8 25.0 25.5	90.6 91.8 92.4	
-008	55.0 (50%)	1200V	U V W	57.1 58.3 78.0	27.6 27.3 29.3	24.8 25.2 25.9	91.7 93.1 91.8	
-010	82.5 (75%)	-	U V W	88.6 91.9 121.8	42.1 43.6 45.8	37.8 38.2 39.1	90.8 89.9 91.3	
-011	82.5 (75%)	1200V	U V W	89.0 90.5 121.8	41.6 43.3 45.0	37.6 38.6 39.4	91.1 93.2 91.7	
-012	110 (100%)	-	U V W	126.5 123.8 166.4	58.2 60.6 61.6	3 $\sim$ 51.5 52.5 53.0	91.1 90.1 90.0	Ave, 90.4

〈表 2〉 단락전류 및 회복전압측정표





〈그림 9〉 Oscillograph에 의한 단락전류 및 회복전압측정치

### III. 結 論

當 研究所 短絡發電機의 短絡容量은 端子에서 短絡時 短絡後 1/2 cycle 後 6,000 (MVA), 3 cycle 後 4,000 (MVA)로 設計하였으나 실제 性能試驗結果 短絡容量  $P_s = [(\frac{1}{x''d} - \frac{1}{x'd})e^{-T'd} + (\frac{1}{x'd} - \frac{1}{x'd})e^{-\frac{t}{T'd}} + \frac{1}{X_d}]p.u$  (MVA)의 式에 의하여,

$$P_s = [(\frac{1}{0.027} - \frac{1}{0.042})e^{-\frac{t}{0.042}} + (\frac{1}{0.042} - \frac{1}{0.338})e^{-\frac{t}{0.93}} + \frac{1}{0.338}] \times 180 \text{ (MVA)}$$

로서 1/2 cycle 후에는 6200

(MVA), 3 cycle 후에는 4800MVA가 되어 설계치인 6,000 (MVA), 4,000 (MVA) 計算値보다 上廻하였다.

한편 短絡發電機 및 短絡變圧器를 통한 3相 24kV 電壓으로 test cell에서 3cycle後 50KA, 回復電壓 90% 以上으로 設計되었으나 실제 性能試驗結果, 短絡電流 52.3 (kA) 및 回復電壓 90.4 (%)로 당초 設計値보다 上廻하였다.

마지막으로 지난 수년간에 걸쳐 建物, 및 發電機 基礎工事, 140km나되는 cable포설과 sequence check를 爲하여 土曜日, 日曜日 없이 수고한 研究員에게 심심한 사의를 표하고자 한다.