

# 超高壓電力用遮斷器에 對한 多目的合成試驗回路에 關한 研究

## A Study on the Multipurpose Three Phase Synthetic Testing Circuit for A.C. E.H.V. Circuit Breakers

邊 勝 鳳\* · 鄭 在 吉\*\* · 尹 炳 道\*\* · 柳 炯 基\*\*\*  
 (Sung-Bong Byon · Jai-Kil Chung · Byung-Do Yoon · Hyeng-Gi Ryu)

### 요 약

本論文에서는 1989년 부터 國產開發된 170KV급 電力用 3相-括形 가스 遮斷器의 遮斷容量檢證을 위한 3相合成試驗 및 800KV급 遮斷器의 遮斷容量檢證 試驗이 가능한 經濟的인 多目的 合成試驗回路을 提案하였다. 本回路는 4個의 單位回路로 構成되어 있으므로 3相合成試驗이 가능한은 물론 이들을 直列로 結線을 변경할 경우 最高 800KV급 遮斷器는 12KA까지, 360KV級 및 420KV級 50KA-點切遮斷器는 100% 單相遮斷容量試驗이 可能하다.

**Abstract-** Common enclosure type SF<sub>6</sub> circuit breakers have been developed in many countries for their compact design and economical merits, but their performance testing method is one of the difficult problems because of the limitation of testing capacity. This paper studies a three phase synthetic testing circuit which consists of 4-unit circuits based on the current injection method. This new synthetic testing circuit can be used in both ways of three phase testing up to 242kV rating and single phase testing up to 800kV rating.

### 1. 서 론

우리나라에서도 170KV, 31.5KA GIS用3相-括形遮斷器가 1989年 5월에 처음으로 開發되었으나 3相-括試驗設備 未備로 三相遮斷容量檢證試驗은

화란의 KEMA 研究所까지 彼試品을 運搬해 가지고 가서 完了하였다.

電力用遮斷器의 가장 重要한 機能은 故障電力遮斷機能으로서 故障區間을 신속히 遮斷, 分離하여 그 故障이 擴大되는 것을 防止하여 系統의 安全運轉을 維持시키는 것이며 이러한 重要機能이 充分히 發揮되려면 事전에 完全한 性能檢證이 必要하다.

電力用遮斷器의 차단성능 검증방법으로는  
 ○ 實系統과 同等한 容量의 模擬回路를 構成하

\*正 會 員 : KERI 先任研究部長 · 工博  
 \*\*正 會 員 : 中央大 工大 電氣工學科 教授 · 工博  
 \*\*\*正 會 員 : KERI 先任研究員  
 接受日字 : 1990年 9月 10日  
 1次修正 : 1990年 11月 1日

여 試驗하는 直接試驗法과

○ 短絡電流와 過渡回復電壓(Transient Recovery Voltage; TRV)을 各各 別도 回路에서 供給하는 소위 合成試驗法이 있다. 그 中에서 直接試驗法은 實系統과의 等價性은 매우 優秀하나 彼試品の 遮斷容量에 相應하는 短絡試驗設備容量이 必要하기 때문에 最近 電力用遮斷器의 定格이 超高壓·大容量化됨에 따라 이미 短絡試驗設備 增設은 經濟的으로 不可能한 상태가 되었다. 한편 合成試驗法은 各試驗回路에 따라 多少의 差異는 있으나 基本的으로는 同一한 原理로서, 短絡試驗電流는 기존의 短絡試驗設備에서 供給하고 過渡回復電壓은 別도의 高電壓發生設備에서 供給하여 兩者를 實系統과 同一한 條件으로 合成하여 試驗하는 方法임으로 高電壓發生設備의 電壓만을 높임으로써 遮斷試驗容量을 數倍에서 拾數倍까지 쉽게 증가시킬 수가 있다. 따라서 이 合成試驗法은 超高壓·大容量遮斷器를 試驗할 수 있는 唯一한 經濟的方法으로서 全世界의 으로 널리 보편화 되었으며 특히, 最近 三相一括形 $SF_6$  가스遮斷器가 開發됨에 따라 合成試驗設備도 單相에서 3相으로 增設해야할 필요성이 대두되었다. [1]~[6]

현재 우리나라에는 唯一하게 170KV급 單相合成試驗設備가 있으나

- ① 앞서서도 言及한바와 같이 3相一括形遮斷器가 昨年부터 開發되기 始作하여 今年에도 2 個會社에서 新製品이 追加로 開發되었으나 3相合成遮斷性能試驗은 設備未備로 이태리의 CESI研究所와 日本의 日立研究所에서 실시할 豫定이며,

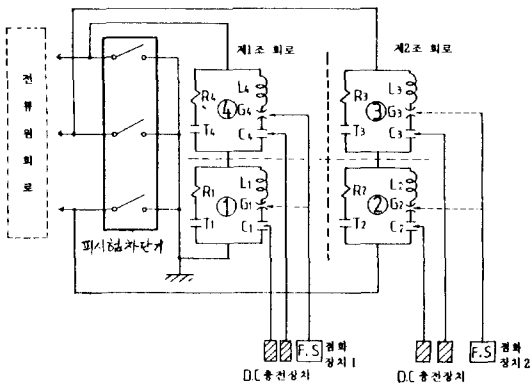


그림 1 다목적 3상 합성시험 회로도.

Fig. 1 Multi-purpose 3-phase synthetic test circuit.

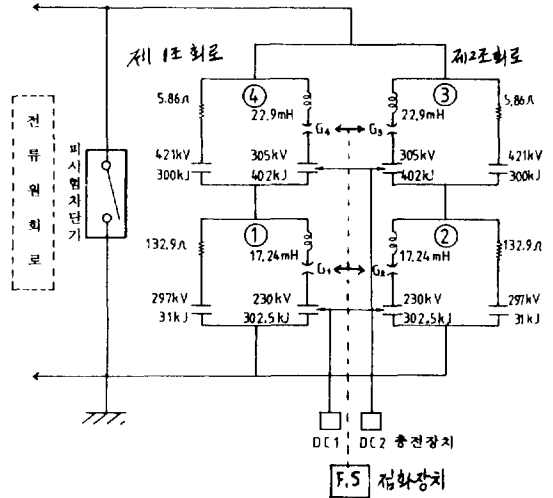


그림 2 단상 420KV 50KA 100%차단기 단자 고장 합성시험 회로.

Fig. 2 Single phase synthetic test circuit diagram of 1φ 420KV 50KA 100% BTFT test.

- ② 現在는 2點切로 되어 있는 362KV급 GCB가 곧 1點切로 改良되며
- ③ 次期超高壓用 800KV급遮斷器가 2點切이될 可能性이 크기 때문에 現在의 合成試驗設備를 가장 合理的이고 經濟的인 것으로 增設해야할 時點에 와 있다.

따라서 本論文에서는 三相一括形가스遮斷器의 遮斷容量檢證을 위한 三相合成試驗은 물론 800KV級 遮斷器의 遮斷容量檢證試驗도 가능한 經濟的인 多目的 合成試驗回路를 提案하고 各 被試驗回路의 試驗目的에 따라 IEC規格에 적합한 回路定數를 算定하여 多目的 合成試驗回路를 設計하였다[7]~[10]. 本試驗回路는 4個의 獨立된 單位回路로 構成하였으며 三相一括形遮斷器의 3相合成試驗은 2個組로 分離編成하여 1個組는 제1相의 極間 過渡回復電壓 發生에, 다른 組는 제2相과 제3相의 相間 過渡回復電壓 發生에 使用하여 定格 220KV, 50KA까지 試驗 가능하고 單相合成試驗은 4個의 單位回路들을 直·並列 任意로 編成하여 800KV級은 12KA까지 420KV級은 50KA까지 遮斷容量試驗이 可能토록 하였다. (그림 1 및 그림 2)

## 2. 多目的3相合成試驗回路의 基本理論과 定式化

1) 그림 3의 R-L-C 직렬 회로에서 콘덴서 C에 電荷 Q를 充電시켰을 때 발생한 電壓 E를 放電간격 G를 통하여 放電시키면 放電電流  $i_v$ 가 L, R, T를 순환하며 이때 회로방정식은 식 (1)과 같다.

$$\frac{Q}{C} = L \cdot \frac{di_v}{dt} + R \cdot i_v + \frac{1}{T} \int i_v \cdot dt \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -i_v \text{이므로}$$

식 (1)을 微分하면 식 (2)로 변형된다.

$$L \cdot \frac{d^2 i_v}{dt^2} + R \cdot \frac{di_v}{dt} + \frac{1}{C_s} \cdot i_v = 0 \quad (2)$$

단  $C_s = \frac{C \cdot T}{C + T}$

本研究에서 過渡回復電壓波形 發生에 利用되는 것은 식 (2)의  $i_v$ 가 減衰振動하는 경우,

$$\text{즉 } \left(\frac{R}{2 \cdot L}\right)^2 - \frac{1}{L \cdot C_s} < 0 \text{인 경우}$$

인고로 이 경우만을 풀면 식 (3)이 된다. [11]

$$i_v = \frac{E}{\beta \cdot L} \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot \sin \beta \cdot t \quad (3)$$

여기서

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C_s} - \alpha^2} = \sqrt{\beta_0^2 - \alpha^2}$$

2) 따라서 그림 3의 R-T 端子間에 發生하는 過渡回復電壓  $V_{TRV}$ 는 식 (4)와 같이 된다.

$$V_{TRV} = R \cdot i_v + \frac{1}{T} \int i_v \cdot dt \quad (4)$$

식 (4)에 식 (3)의  $i_v$ 값을 代入하면

$$V_{TRV} = \frac{1}{2} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t + \frac{E}{T \cdot \beta \cdot L} \left\{ \frac{e^{-\alpha t}}{\alpha^2 + \beta^2} \right.$$

$$\left. \begin{aligned} &(-\alpha \cdot \sin \beta t - \beta t - \beta \cdot \cos \beta t) + k \right\} \\ &= \frac{R \cdot E}{\beta \cdot L} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t \\ &+ \frac{E}{T \cdot \beta \cdot L(\alpha^2 + \beta^2)} \cdot e^{-\alpha t} \\ &(-\alpha \cdot \sin \beta t - \beta \cdot \cos \beta t) + \frac{E \cdot K}{T \cdot \beta \cdot L} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 初期條件  $t=0$ 에서

$$V_{TRV}(0) = \frac{-E \cdot \beta}{T \cdot \beta \cdot L \cdot (\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{E \cdot K}{T \cdot \beta \cdot L} = 0$$

이므로

$$K = -\frac{\beta}{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{\beta}{\beta_0^2} \text{가 된다.}$$

따라서 식 (5)는 식 (6)과 같이 된다.

$$V_{TRV} = \left( \frac{R \cdot E}{\beta \cdot L} + \frac{-\alpha E}{\beta \cdot L \cdot \beta_0^2} \right) \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t + \frac{E \cdot \beta}{T \beta L \beta_0^2} (1 - e^{-\alpha t} \cdot \cos \beta t) \quad (6)$$

여기서 다시  $\frac{C \cdot E}{C + T} = V_{RV}$ ,  $\theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{\alpha}{\beta} \left( 1 + \frac{2T}{C} \right) \right\}$

라 놓고 식 (6)을 整理하면 식 (7)이 된다.

$$V_{TRV} = V_{RV} \cdot \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \cdot \left[ \cos \beta t - \frac{\alpha}{\beta} \left( 1 + \frac{2T}{C} \right) \cdot \sin \beta t \right] \right. \\ \left. \sqrt{1 + \left[ \frac{\alpha}{\beta} \left( 1 + \frac{2T}{C} \right) \right]^2} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(\beta t + \theta) \right\}$$

표 1 고유과도회복전압 비교(100%차단시, 동작책무 4호 및 5호)

Table 1 TRV Rating (Duty 4 and Duty 5)

구분	정격전압 (kV)	$t_1$ ( $\mu$ s)	$U_1$ (kV)	$t_2$ ( $\mu$ s)	$U_c$ (kV)	R( $U_1/t_1$ ) (kV/ $\mu$ s)
IEC 56 (1987)	170	90	180	270	253	2.0
	245	130	260	390	364	2.0
	362	192	384	576	538	2.0
	420	223	446	669	624	2.0
	765	406	812	1218	1137	2.0
JEC 2300 (1981)	168	103	206	309	288	2.0
	240	127	255	382	357	2.0
	300	159	318	478	446	2.0
	550	292	584	876	812	2.0
	765	—	—	—	—	—

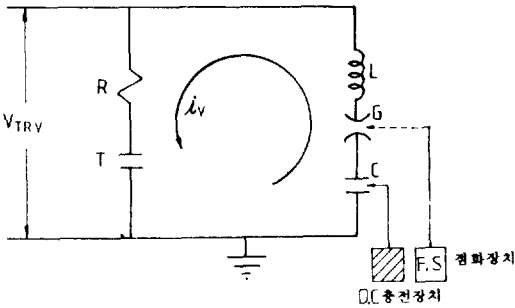


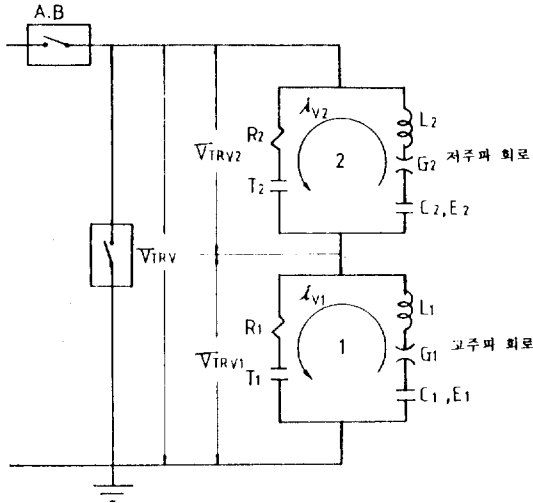
그림 3 R-L-C 직렬 일반 회로.  
Fig. 3 R-L-C series circuit.

$$= V_{RV} \left\{ 1 - e^{-dt} \cdot \frac{\cos(\beta t + \theta)}{\cos \theta} \right\} \quad (7)$$

따라서 그림 4와 같은 다목적 합성시험회로의 過渡回復電壓  $V_{TRV}$ 는 식 (8)과 같이 된다.

$$V_{TRV} = V_{TRV1} + V_{TRV2} \quad (8)$$

3) IEC-56, 1987에 規定한 4파라미터 過渡回復



$C_1, L_1, G_1, R_1, T_1$  ; 고주파 회로 요소  
 $C_2, L_2, G_2, R_2, T_2$  ; 저주파 회로 요소  
 A.B ; 보주차단기  
 T.B ; 미시험 차단기

그림 4 다목적 합성시험회로(1개조의 회로).

Fig. 4 Multipurpose synthetic test circuit (one-unit)

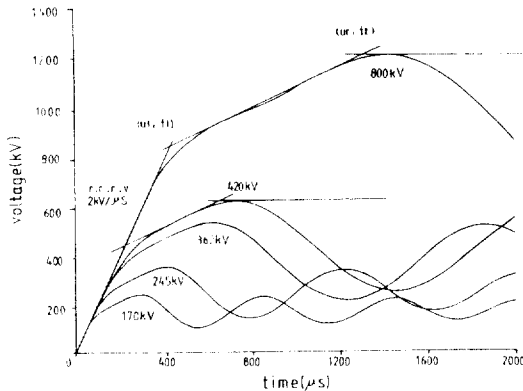


그림 5 IEC 규격에서 規定한 과도회복전압.

Fig. 5 TRV curves recommended by IEC-56

電壓을 電壓別로 表示하면, 表 1 및 그림 5와 같다. [7, 8, 9, 10]

4) 이상의 식들을 利用하여 IEC規格에 알맞는 過渡回復電壓을 發生시킬 수 있는 回路의 定數를 선정하기 위하여 다음과 같은 파라미터들을 定義한다.

(1)  $V_n$  : 피시험차단기의 정격전압[KV]

(2)  $I_s$  : 定格短絡電流[KA]

(3)  $n = L_1/L_2 = C_2/C_1 = E_1/E_2$

$\gamma = T_2/T_1, \delta = t_1/t_{11}/2$

$$t_{11} = 2\pi \sqrt{\frac{L_1 T \cdot C_1}{T_1 + C_1}}$$

단  $t_1$  = IEC의 /TRV 초기 波高值到達時間

$t_{11}/2$  = 多目的合成試驗回路에서 發生한 高調波回路의 TRV波高值 到達時間

(4)  $L_s = L_1 + L_2$  ( $L_s$  : 系統等價인피던스)

(5)  $K_1 = R_1 / \sqrt{\frac{L_1(T_1 + C_1)}{T_1 \cdot C_1}}$ ,

$$K_2 = R_2 / \sqrt{\frac{L_2(T_2 + C_2)}{T_2 \cdot C_2}}, \quad p = \frac{\omega_i}{\pi/t_2}$$

(6)  $f_1 = 1/2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_1(C_1 + T_2)}{C_1 + T_1}}$ ,

$$f_2 = 1/2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_2(C_2 + T_2)}{C_2 + T_2}}$$

(7)  $\omega_i = 2\pi f_i$  ( $f_i$  ; 注入電流周波數)

$$\omega_i = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 \cdot C_2}}$$

( $\omega_i$  ; 注入電流角速度)

(8)  $K_{A1} = V_{TRV1} / V_{RV1}$ ,

( $K_{A1}$  : 과도회복전압 증폭계수)

5) 이상의 파라미터를 利用하면 回路定數의 式을 유도하면 다음과 같다.

(1)  $E = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot K_T \cdot V_n = E_1 + E_2$

단  $E$  : 고주파회로와 저주파회로 충전압의 합

$K_T$  : 第1相遮斷係數

(2)  $E_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left( \frac{n}{1+n} \right) K_T \cdot V_n$

$$E_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left( \frac{1}{1+n} \right) \cdot K_T \cdot V_n$$

(3)  $L_1 = \frac{n}{1+n} \cdot \frac{E}{\sqrt{2} \cdot \omega_o \cdot I_s}$ ,

$$L_2 = \frac{1}{1+n} \cdot \frac{E}{\sqrt{2} \cdot \omega_o \cdot I_s}$$

단,  $I_s$  ; 정격차단전류[KA]

$$\omega_o = 2\pi \cdot 60$$

(4)  $C_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot (1+n) \left( \frac{t_2}{p \cdot \pi} \right)^2 \cdot \omega_o \cdot I_s}{E}$

即,  $p = \frac{\omega_i}{\pi/t_2}$ ,  $\omega_i = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}}$  인고로

$$\left(\frac{t_2}{p\pi}\right)^2 = L_1 \cdot C_1,$$

따라서

$$C_1 = \left(\frac{t_2}{p\pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{L_1} = \left(\frac{t_2}{p\pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{n}{1+n} \cdot \frac{E}{\sqrt{2} \cdot \omega_o \cdot I_s}}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot (1+n)}{n} \cdot \left(\frac{t_2}{p\pi}\right)^2 \cdot \frac{\omega_o \cdot I_s}{E}$$

$$(5) C_2 = \sqrt{2} \cdot (1+n) \left(\frac{t_2}{p\pi}\right)^2 \cdot \frac{\omega_o \cdot I_s}{E}$$

$$(6) T_1 = C_1 / \left\{ \left(\frac{\sigma t_2}{p t_1}\right)^2 - 1 \right\}$$

$$T_2 = C_2 / \left\{ \left(\frac{\sigma t_2}{p t_1}\right)^2 - 1 \right\} \frac{n}{r}$$

단  $n = \frac{C_2}{C_1}$ ,  $r = \frac{T_2}{T_1}$

$$(7) R_1 = K_1 \cdot \frac{\sqrt{L_1(C_1 + T_1)}}{C_1 \cdot T_1}$$

$$R_2 = K_2 \sqrt{\frac{L_2(C_2 + T_2)}{C_2 \cdot T_2}}$$

### 3. 回路定數 算出

이상의 回路定數式에 의하여 各種 試驗回路의 回路 定數 算出 및 遮斷器의 過渡回復電壓 計算에

표 2 다목적 합성시험 회로의 정수계산 결과  
Table 2 Circuit parameters.

시험항목	고주파회로					저주파회로					총에너지
	E(kV)	C(μF)	L(mH)	T(μF)	R(Ω)	E(kV)	C(μF)	L(mH)	T(μF)	R(Ω)	
170kV 50kA 100% BTF	92.8	9.24	3.48	0.569	66.48	123.73	6.94	4.64	2.67	2.94	135.99
170kV 50kA 100% BTF (상간 과도회복전압)	123.64	7.94	5.356	0.489	88.93	164.86	5.96	7.14	2.29	3.94	206.91
245kV 50kA 100% BTF	126	17.968	4.696	0.725	60	165	13.875	6.168	3.425	3.56	434
245kV 50kA 100% BTF (상간 과도회복전압)	167	15.538	7.24	0.6375	84	220	11.84	9.504	2.988	4.74	660
362kV 50kV 100% BTF	198	19.218	7.434	1.183	66.43	263.	13.487	9.858	5.57	2.93	1231.6
420kV 50kA 100% BTF	229.8	22.91	8.62	1.41	66.43	305.17	17.25	11.45	6.63	2.93	2060
420kV 50kA 100% OOP	306.5	8.2	46	0.6688	105.5	516.46	4.869	77.504	3.406	11.784	1597.7
800kV 1/240kA 100% BTF	219.8	40.31	10.3	4.52	40.56	417.07	21.24	19.56	20.23	2.61	4437.5
800kV 1/240kA 100% BTF (r.r.r. V=2kV/μs)	229.8	18.33	10.78	1.13	83.04	305.17	13.8	14.31	5.31	3.67	1648.4
800kV 40kA 30% BTF	539.6	5.17	84.34	0.08	505.93	734.14	3.8	114.75	3.47	15.09	2625.6
800kV 40kA 100% BTF	437	31.56	20.414	1.843	78	590	23.355	27.59	9.585	3	10136.4
800kV 40kA 100% OOP	581.2	9.835	109	1.1457	127.76	1248.	4.58	234.	5.093	18.7	8865.3
800kV 40kA 100% OOP (2-para TRV, TD=138μs)	751.2	2.32	140.89	1.9346	1.7	751.2	2.32	140.89	1.935	1.7	2598.1

관한 흐름도를 표시하면 그림6과 같다.

우리나라에서 현재 生産 또는 곧 開發될것으로 豫想되는 170KV 및 245KV 1點切 3相一括形 遮斷器와 362KV 및 420KV 單相分離形 一點切 遮斷器, 그리고 次期超高压用이될 800KV 2點切 遮斷器를 試驗할 수 있는 合成試驗回路에 回路定數를 算出한 結果를 表示하면 표2와 같다.

이 計算에서 追加된 條件은 아래와 같다.

(1) 第1相의 遮斷係數(KT) : 1.3

(2) 과도회복전압증폭 係數(KA) : 1.4

(3) 과도회복전압의 초기상승율 : 극간=2.0KV/μs, 相間=2.3KV/μs

(4) 과도회복전압 지연시간(td) : 2μs

### 4. 콘덴서군의 적정용량 檢討

표2의 回路定數計算結果表에서 보는바와 같이 彼試驗 차단기의 定格電壓이 높아질수록 콘덴서군의 용량은 幾何級數로 커지는데 이것은 定格電壓이 높아질수록 과도회복전압의 주파수는 감소하여, 콘덴서군의 용량은 주파수의 2乘에 逆比例하기 때문이다. 따라서 合成試驗回路의 建設費는 主로 콘덴서 群의 용량과 비례하는 관계가 있음으로 용량선정에 주의해야 한다.

표2에서는 우리나라에서 시험되어야할 모든 種

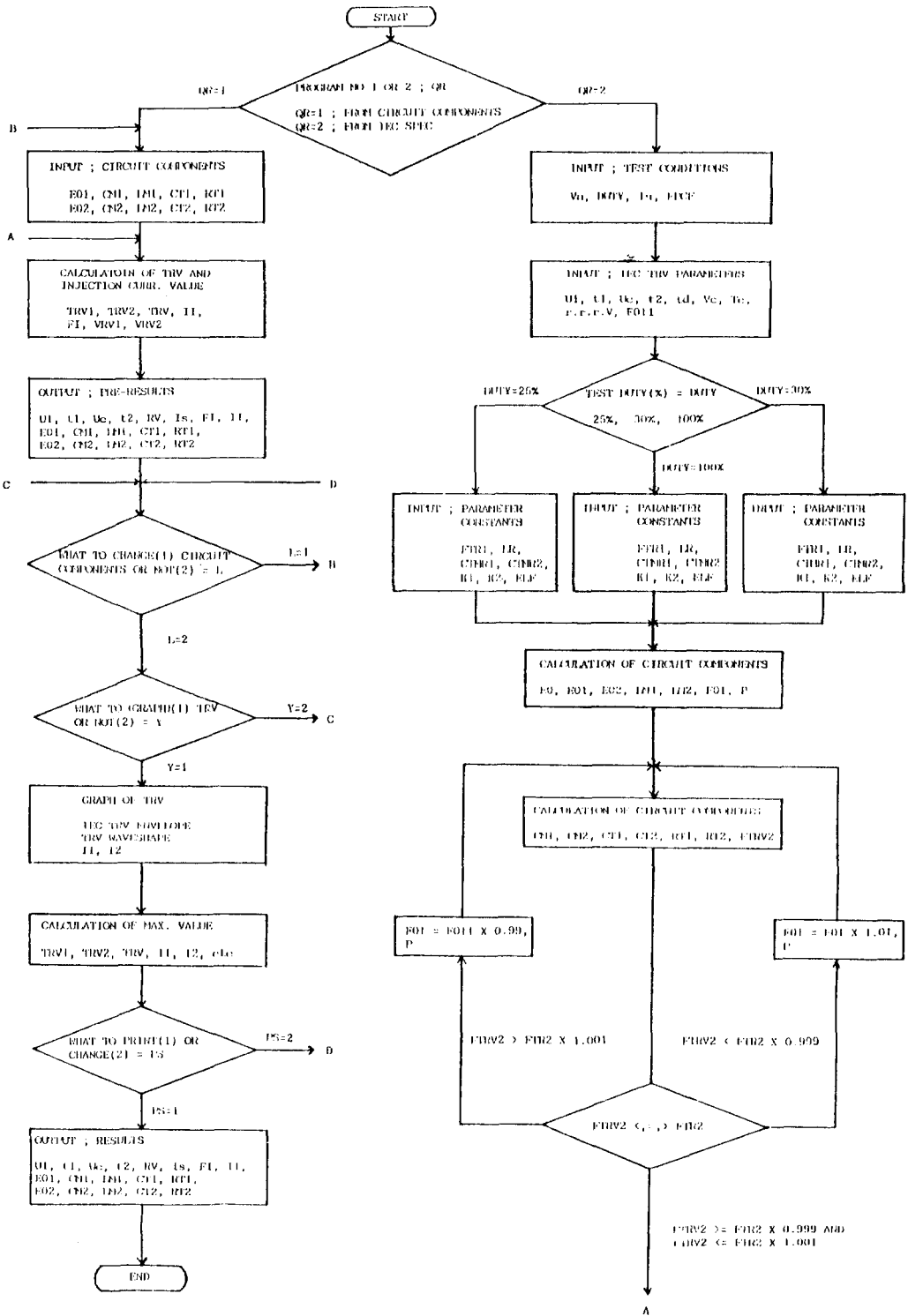


그림 6 과도회복전압 계산흐름도  
Fig. 6 Flow chart of TRV calculation.

類의 차단기의 회로정수에 對하여 計算하였으나 3相一括形遮斷器의 경우는 輸出用으로 開發되는 245KV級까지 定格電壓을 높여서 檢討하였으며 單相分離形遮斷器의 경우는 次期超高压送電電壓이 765KV 또는 800KV로 豫想됨으로, 800KV 2點切遮斷器가 試驗可能하도록 420KV級으로 定格電壓을 格上하여 適正容量을 計算하였으며 4個의 單位回路別 容量을 표시하면 표3의 가~라와 같다. 그러나 實際로 必要한 適正容量은 다음의 3가지 事項이 더 고려되어야 함으로 理論值(표2)보다는 60%가량이 더 증가된다.

(1) 콘덴서는 수집개의 單位콘덴서들을 直·並列로 結線하여 適正值를 만들어야 함으로 30%程度의 여유가 있어야 된다.

(2) 注入電流의 半싸이클 通電時 콘덴서 충전전압은 극성이 反對로 되며 이때 放電係數를 5%로 보아도 에너지손실은 10%가 된다.

(3) 單位遮斷器를 시험할 時 2點切인 경우는 各點切當 不平衡率을 5%로 보아 에너지손실은 10%가 된다.

따라서 合計 1.3×1.1×1.1=1.6倍의 콘덴서 容量이 필요하다. [13], [14], [15]

5. 多目的 3相合成試驗回路的 實例

(例1) 245KV, 50KA, 100%BTF 3相合成試驗

(1) IEC規格價

○ 第1相의 極間 TRV

$$\begin{cases} U_1 = 260kV, U_c = 485kV \\ t_1 = 130\mu s, t_2 = 390\mu s \end{cases}$$

○ 第2, 第3相의 相間 TRV

$$\begin{cases} U_1 = 346kV, U_c = 485kV \\ t_1 = 130\mu s, t_2 = 390\mu s \end{cases}$$

(2) 回路定數 計算價調整과 回路構成 (표 3 및 그림 7)

(i) 第1相의 極間 TRV發生回路定數를 표 3에서와 같이 調整하고, 回路1과 回路4를 直列로 結選하여 그림 7의 極間試驗回路를 構成한다.

(ii) 注入電流(I<sub>v</sub>)와 TRV發生: 먼저 C<sub>1</sub>에 126KV, C<sub>4</sub>에 165KV까지 充電시키고 放電 Gap G<sub>1</sub>과 G<sub>4</sub>를 同時에 放電시키면 第1相의 極이 開極될때까지는

C<sub>1</sub>→G<sub>1</sub>→L<sub>1</sub>(4.7mH)→C<sub>4</sub>→G<sub>4</sub>→L<sub>4</sub>(61.7mH)→피 시험차단기 제1상→C<sub>1</sub>의 回路가 構成됨으로, 注入電流 I<sub>v</sub>의 주파수는  $f_1 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}}$  또는

$\frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 \cdot C_2}}$ 식에서 546HZ가 되어 遮斷電流(50KA)

에 중첩하여 第1相에 注入된다. 放電開始時間으로부터 약 0.916ms( $\frac{1}{2 \times 546} S \approx 0.916ms$ ) 후에 피시험 차단기가 注入電流마저 完全히 차단하면, 高周波回路에서는 약 2782HZ, 最大值169KV의 TRV<sub>1</sub>이 發生하고, 低周波回路에서는 약 1223HZ, 最大值250KV의 TRV<sub>4</sub>가 發生하므로 直列로 合成하면

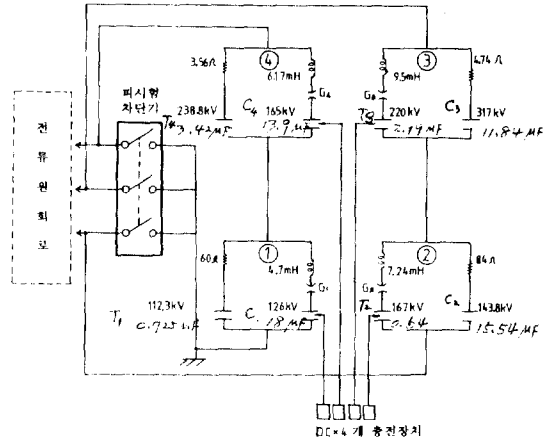


그림 7 3상 245KV 50KA 100%합성시험 전압원 회로.

Fig. 7 3 Phase synthetic test circuit diagram of 3φ 245KV 50KA 100% BTF test.

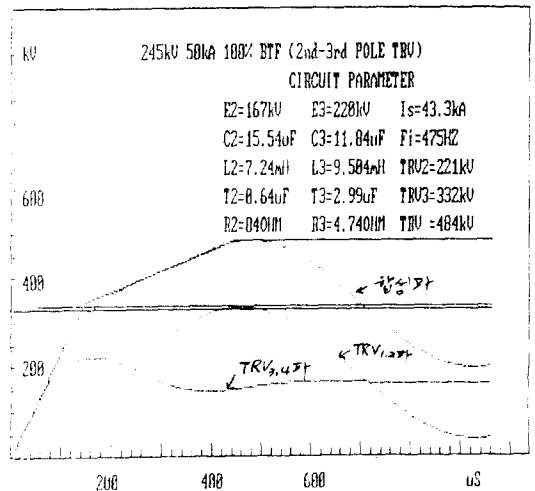


그림 8 3상 245KV 50KA 100%차단기단자고장시 제1상 과도회복전압 파형.

Fig. 8 1st pole TRV is case of 3φ 245KV 50KA 100% BTF.

표 3 각 회로별 콘덴서군 파라미터 및 최대용량

Table 3 Each capacitor bank parameters and maximum energies.

가. 회로 1

시 험 항 목	C <sub>1</sub>			T <sub>1</sub>		
	kV	μF	kJ	kV	μF	kJ
245kV 50kA 100% BTF (극간 과도회복전압)	126	17.968	142.6	112.3	0.725	4.6
420kV 50kA 100% BTF	229.8	11.455	302.5	296.5	0.725	55.4
420kV 50kA 100% OOP	153.25	16.4	192.6	180.1	1.3376	21.7
800kV 40kA 30% BTF	269.8	10.345	376.3	308.15	0.16	7.6
800kV 40kA 100% OOP	375.6	4.64	327.3	408.1	3.8692	322.2
건설되어야 할 파라미터	450	4.74	480	450	4.35	440

나. 회로 2

시 험 항 목	C <sub>2</sub>			T <sub>2</sub>		
	kV	μF	kJ	kV	μF	kJ
245kV 50kA 100% BTF (상간 과도회복전압)	167	15.538	216.7	243.8	0.6375	6.6
420kV 50kA 100% BTF	229.8	11.455	302.5	296.5	0.705	55.4
420kV 50kA 100% OOP	153.25	16.4	192.6	180.1	1.3376	21.7
800kV 40kA 30% BTF	269.8	10.34	376.3	308.15	0.16	7.6
800kV 40kA 100% OOP	375.6	4.64	327.3	408.1	3.8692	322.2
건설되어야 할 파라미터	450	4.74	480	450	4.35	440

다. 회로3

시 험 항 목	C <sub>3</sub>			T <sub>3</sub>		
	kV	μF	kJ	kV	μF	kJ
245kV 50kA 100% BTF (상간 과도회복전압)	220	11.84	286.5	317	2.988	150.1
420kV 50kA 100% BTF	305.17	8.625	401.6	421.7	3.315	294.8
420kV 50kA 100% OOP	258.23	9.738	324.7	276.2	6.812	259.8
800kV 40kA 30% BTF	367.07	7.6	512	346.6	6.94	416.9
800kV 40kA 100% OOP	375.6	4.64	327.3	408.1	3.8692	322.2
건설되어야 할 파라미터	450	6.32	640	450	4.74	480

라. 회로 4

시 험 항 목	C <sub>4</sub>			T <sub>4</sub>		
	kV	μF	kJ	kV	μF	kJ
245kV 50kA 100% BTF (극간 과도회복전압)	165	13.875	188.9	238.8	3.425	97.7
420kV 50kA 100% BTF	305.17	8.625	401.6	421.7	3.315	294.8
420kV 50kA 100% OOP	258.23	9.738	324.7	276.2	6.812	259.8
800kV 40kA 30% BTF	367.07	7.6	512	346.6	6.94	416.9
800kV 40kA 100% OOP	375.6	4.64	327.3	408.1	3.8692	322.2
건설되어야 할 파라미터	450	6.32	640	450	4.74	480



IEC規格과 같은

$$\begin{cases} U_1 = 260\text{kV}, U_c = 364\text{kV} \\ t_1 = 130\mu\text{s}, t_2 = 390\mu\text{s} \end{cases}$$

의 TRV 과형이 발생한다.

(iii) 제2상, 제3상의 相間TRV發生回路的 回路定數도 표 3에 따라 아래 數値로 調整하고 回路2와 回路3을 直列로 結線하여 그림 7과 같이 相間試驗回로를 構成한다.

- 고주파 발생회로 ; (회로 2)
- 저주파 발생회로 ; (회로 3)

$$\begin{aligned} C_2 &= 15.538\mu\text{F}, L_2 = 7.24\text{mH} \\ T_2 &= 0.6375\mu\text{F}, R_2 = 84\Omega \\ C_3 &= 11.84\mu\text{F}, L_3 = 9.504\text{mH} \\ T_3 &= 2.988\mu\text{F}, R_3 = 4.74\Omega \end{aligned}$$

(iv) 注入電流( $I_v$ )와 TRV發生 : 먼저  $C_2$ 에 167KV,  $C_3$ 에 220KV까지 充電시키고,  $G_2G_3$ 를 同時에 放電시키면 주파수 475HZ, 크기 5.48KA의 注入電流가 차단전류(50KA)에 중첩하여 피시험차단기의 第2相과 第3相에 注入된다. 약 10.5ms후 注入電流마저 完全遮斷되면, 고주파회로에서는 약 2386HZ, 最大值 221KV의  $TRV_2$ 가 發生하고 저주파회로에서는 약 1058HZ 最大值 332KV의  $TRV_3$ 가 發生하므로 이 두電壓이 直列로 合成하면  $U_1 = 346\text{kV}$ ,  $U_c = 484\text{kV}$ , 上昇率 2.3kV/ $\mu\text{s}$ 의 IEC規格에 꼭 맞는 過渡回復電壓이 發生된다. (그림 9)

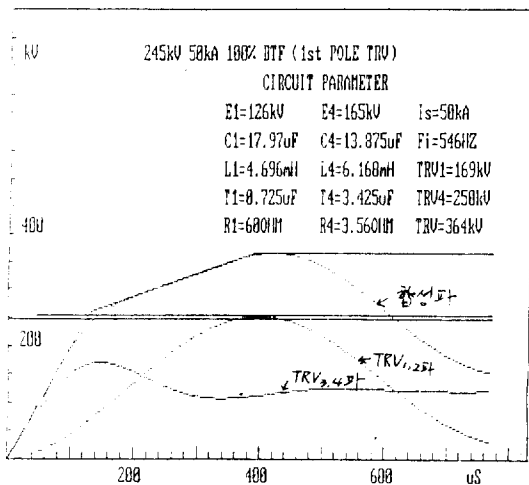


그림 9 3φ 245KV 50KA 100%차단기단자고장시 제2상 제3상 과도회복전압 파형.

Fig. 9 2st and 3rd TRV in case of 3φ 245KV 50KA 100% BTBF.

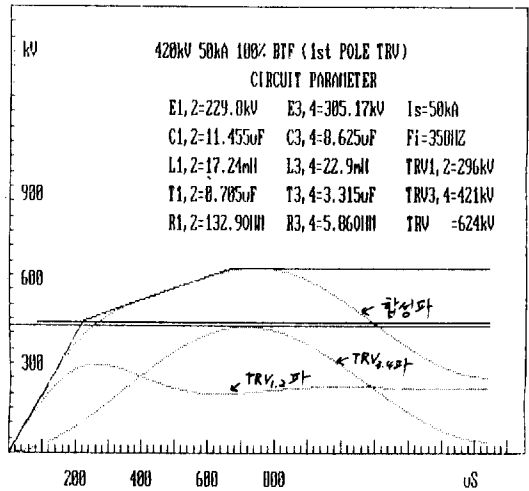


그림 10 1φ 420KV 50KA 100%차단기단자고장시 제1상 과도회복전압 파형.

Fig. 10 1st pole TRV is case of 1φ 420KV 50KA 100% BTBF.

[例2] 單相 420KV, 50KA, 100% BTBF 시험

(1) IEC 規格價

第1相의 TRC

$$\begin{cases} U_1 = 446\text{kV}, U_c = 645\text{kV} \\ t_1 = 223\mu\text{s}, t_2 = 669\mu\text{s} \end{cases}$$

(2) 各回路的 回路定數調整과 回路構成 (표3및 그림 2)

高周波回路(回路1과 回路2를 並列結線)

$$\begin{aligned} C_1 = C_2 &= 11.455\mu\text{F}, L_1 = L_2 = 17.24\text{mH} \\ T_2 = T_2 &= 0.705\mu\text{F}, R_1 = R_2 = 132.9\Omega \end{aligned}$$

底周波回路(回路3과 回路4를 並列結線)

$$\begin{aligned} C_3 = C_4 &= 8.625\mu\text{F}, L_3 = L_4 = 22.9\text{mH} \\ T_3 = T_4 &= 3.315\mu\text{F}, R_3 = R_4 = 5.86\Omega \end{aligned}$$

(3)  $C_1$ 과  $C_2$ 를 한개의 充電장치로 229.8KV까지 充電시키고  $C_3, C_4$ 는 또 다른 한개의 充電장치로 305.17kV까지 充電시킨 다음 放電 靫  $G_1, G_2, G_3, G_4$ 를 同時에 放電시키면 주파수 358HZ, 크기 8.38KA의 注入電流가 發生하여 차단전류(50KA)에 중첩하게 된다. 약 1.4ms후에 注入電流마저 完全차단하면 高周波回路에서는 1487HZ, 最大值 296KV의  $TRV_{1,2}$ 가 發生하고 低周波回路에서는 680HZ, 最大值 421KV의  $TRV_{3,4}$ 가 發生하여 이들이 結合하여  $2.0\text{kV}/\mu\text{s}$ 의 IEC規格에 맞는 過渡回復電壓이 發生하게 된다. (그림 10)

## 6. 結論

電力用 遮斷器는 電力系統의 安全運用に 가장 重要한 역할을 담당하는 設備로서 遮斷器가 그 機能을 充分히 발휘하기 위하여는 事前에 完全한 遮斷性能檢證이 必要하다. 最近 우리나라에서도 變電所 부지 확보의 어려움 때문에 變電所 縮小技術의 일환으로 1989년에 170KV級 3相一括形 遮斷器가 開發되고 또한 앞으로 곧 800KV級 送電이豫想되나 현재에는 170KV級 單相遮斷容量檢證 試驗設備밖에 없으므로 3相一括形 遮斷器 및 800KV級 遮斷器의 遮斷容量檢證 試驗設備의 開發이 絶실히 要求되고 있는 실정이다.

따라서 本論文에서는 3相一括形 가스 遮斷器의 3相合成檢證試驗은 물론 800KV 遮斷器의 遮斷容量檢證試驗이 가능한 合理的이고 經濟的인 遮斷器의 多目的 合成試驗回路를 提案하고 각 被試驗器의 試驗目的에 따라 IEC規格(4파라미터법)에 적합한 回路定數를 算出하여 遮斷器의 經濟的인 多目的 合成試驗回路를 設計하였다. 本 多目的 3相合成試驗回路는 가장 經濟的으로 設計된 合理的인 回路인 고로 現在 內需用과 輸出用으로開發중인 170KV 및 245KV 3相一括形가스차단기의 3相遮斷容量試驗이 可能하고 單相인 경우는 362KV 및 420KV 차단기의 全極차단용량시험이 可能하고 次期超高壓用인 800KV級 遮斷器(2點切)의 일부 單相遮斷容量試驗도 可能하므로 2000年代 初期까지의 우리나라 電力機器技術開發과 次期超高壓格上에 크게 공헌할 것이라 생각된다.

### 참 고 문 헌

[1] K.J. Froehlich, et. al., "A New three phase synthetic test circuit for HVAC breakers of high interrupting power as applied to a new 242kV SF6 single tank breaker", IEEE-1987 MW 119-1  
 [2] S. Yamashita, et. al., "Short-circuit testing method of 3-phase-in-one-tank-type SF6 gas circuit breaker", IEEE-1988 WM 229-7.  
 [3] L. Van der Sluis, W.A. van der Linden, "A

three phase synthetic testcircuit for metal-enclosed circuit-breakers", IEEE Transactions on power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 3, July 1987.

[4] G.C. Damstra, H.W. Kempen, "Synthetic three-phase testing methods for metal-enclosed circuit-breakers", Cigre 1980 session-August 27-September 4. 13-03.  
 [5] K. Nakanishi, et. al., "Verification test of tank-type gas circuit-breakers considering the actual stresses expected in the field", Cigre 1982 session-1-9 September, 13-03.  
 [6] G. St-Jean, "A 2-MV 4.5MJ synthetic test source for HV circuit breakers", IEEE Trans. on power Delivery, Vol. PWRD-1, No. 1 January 1986. Tests" IEC T.C-42, 1967. 10. 3, Milano.  
 [7] IEC-56 High voltage alternating-current circuit circuit breakers, publication 1987.  
 [8] IEC-427(1989), Synthetic testing of High-voltage Alternating current circuit breaker.  
 [9] IEEE Guide for synthetic Fault Testing of AC high voltage circuit Breakers rated on a symmetrical Current Basis, ANSI/IEEE C37.081(1981)  
 [10] JEC-2300(1985), 交流遮斷器, 日本 電氣學會 電氣規格調查會 標準規格, 電氣書院  
 [11] Allan Greenwood, "Electrical transients in power systems" p. 48~70, Wiley-Interscience, 1971, p. 48~69.  
 [12] C.H. Flurschein, "Power circuit breaker theory and design", Pether peregrinus LTD. 1982, p. 457~468.  
 [13] 中西邦雄, 潮 恒郎, "電力容しゃ斷器", 日本電氣學 1975, p. 68~77.  
 [14] 日本電力中央研究所, "合成試驗に 關する 調査報告書", 電力中央研究所研究調査資料 No. 682002, 1982, p. 45~49.  
 [15] 日本 電氣學會 技術報告(Ⅱ部)第46號, "しゃ斷器의 試驗法".