

3상일괄탱크형 차단기의 합성시험

1. 차단기 개발 현황

최근 차단기류의 세계적인 동향은 전력계통이 비대해 짐에 따라 대용량화되고 차단용량이 증대해 수십 GVA 에 달하는 것도 있으며 계통의 신뢰성, 경제성을 증진 시키기 위해 차단 Unit 를 가능한 줄이는 추세며, 대용량화와 더불어 소형화에 박차를 꾀하고 있다.

그리고 국내의 여러 제작회사에서도 362KV 급 fuII-pole 차단기, 170KV 급 3상 일괄탱크형 차단기등이 개발중이며 앞으로 800KV (or 765KV) 급 차단기도 개발 될 것으로 본다.

1-1. 국내개발 완료 차단기 현황

- 1) 72.5kV 20KA full pole 3상분리탱크형 차단기
- 2) 170kV 31.5KA full pole 3상분리탱크형 차단기
- 3) 170kV 50KA full pole 3상분리탱크형차단기
- 4) 362kV 40KA 1/2 pole 3상분리탱크형차단기

1-2. 국내개발중 또는 계획중인 차단기 현황

- 1) 72.5kV 3상일괄탱크형 차단기
- 2) 170kV 3상일괄탱크형 차단기
- 3) 362kV full pole 3상분리탱크형 차단기
- 4) 800kV (or 765kV) 급 1/2 pole 3상 분리탱크형 차단기

류 형 기

(한국전기연구소 설비위원회 선임 연구원)

차 례

1. 차단기 개발 현황
2. 3상 분리탱크형과 일괄탱크형 차단기의 차이점
3. 3상분리탱크형과 일괄탱크형 차단기의 합성시험법 차이점
4. 제외국의 3상 일괄탱크형 차단기의 합성시험법
5. 3상 분리탱크형 차단기의 KERI 합성시험실비증설계획
6. 3상일괄탱크형 차단기의 KERI 합성시험 전망

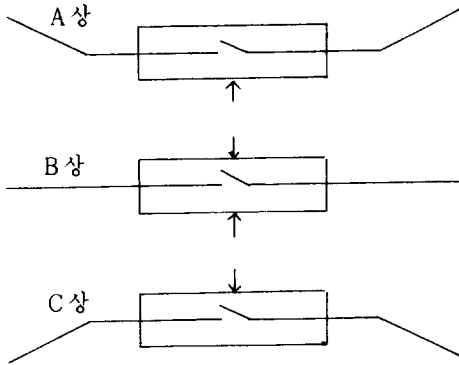
2. 3상 분리탱크형과 일괄탱크형 차단기의 차이점

2-1. 3상 분리형 차단기의 구조 및 특성

● 3상 분리탱크형 차단기의 성능검증은 아래조건을 만족하면 1상대지간 절연 검증만으로 TYPE TEST를 대신할 수 있다.

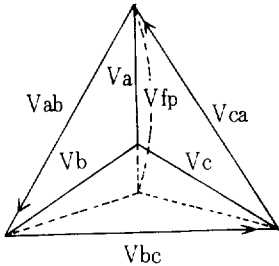
- 조건 1. 가) speed of make
 나) speed of break
 다) Availability of arc-extinguishing medium

- 라) power and strength of closing and opening devices
 - 마) rigidity of structure
- 조건 2. 가) 3상 분리탱크형 차단기



D : 탱크간 거리

그림 1. 3상분리탱크형 차단기의 구조



VFP : 대지간 절연검증 전압 벡터

그림 2. 3상분리탱크형 차단기의 전압 벡터도

2-2. 3상 일괄탱크형 차단기의 구조 및 특성

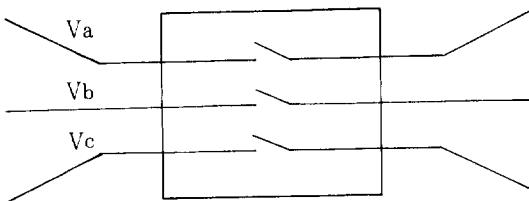
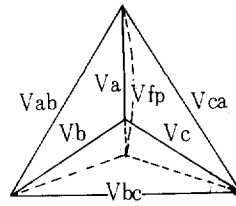


그림 3. 일괄탱크형 차단기의 구조



VFP : 대지간 절연검증 전압 벡터

Vab : 선간 절연검증 전압 벡터

그림 4. 3상 일괄탱크형 차단기의 전압 벡터도

- 3상 일괄탱크형 차단기의 성능검증은 아래 조건을 만족하면 1상대지간 절연검증, 1상 선간 절연검증만으로 TYPE TEST를 대신할 수 있다.

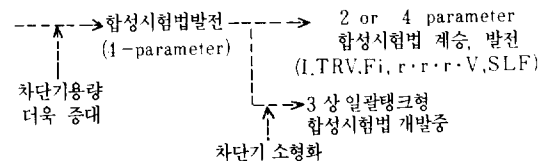
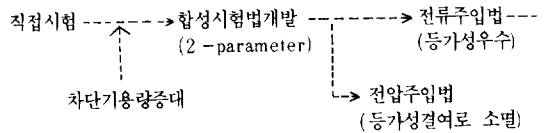
- 조건 1. 가) speed of make
- 나) speed of break
- 다) Availability of arc-extinguishing medium
- 라) power and strength of closing and opening devices
- 마) rigidity of structure

3. 3상 분리탱크형과 일괄탱크형 차단기의 합성시험법 차이점

3-1. 합성시험법의 발전 현황

3상분리탱크형 차단기의 합성시험법은 현재까지 당 연구소 및 해외국에서 널리 사용되어 왔으며 그간 사용되어온 합성시험법의 발전현황은 다음과 같다.

- 가) 합성시험법의 발전 현황



註) 전압주입법은 post-arc current의 등가성결여, TRV의 r. r. r. V 조정의 어려움 등으로 점점 소멸되어 왔으나 800kv급 이상의 시험설비에 대해서는 전류주입법의 경제적 한계 때문에 다시 연구해볼 가치가 있다.

3-2. 3상분리 탱크형과 일괄탱크형 차단기의 합성시험법 차이점

표 1. 3상분리 및 일괄탱크형 차단기의 합성시험법 차이점

구분	3상분리탱크형	3상일괄탱크형
1. 단락전류	1상	3상
2. 전압 (TRV)	<ul style="list-style-type: none"> ● 대지간 절연검증 1상 (VFP) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 대지간 절연검증 1상 (VFP) ● 선간 절연 검증 1상 (Vab)
3. 단시간 전류시험	1상 or 3상	3상
4. 지상 소전류시험	1상	1상
5. 선로충전전류시험	1상	1상
6. cable충전전류시험	1상	1상
7. 단락시험	1상	3상
8. SLF 시험	1상	1상
9. 탈조차단 시험	1상	1상

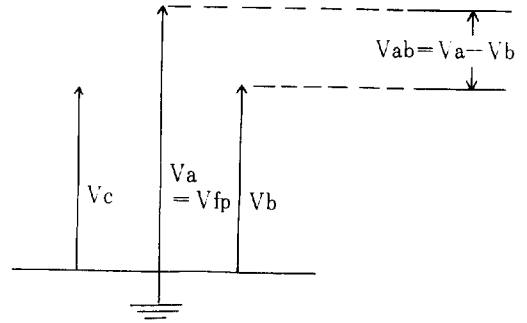


그림 5. 합성시험시 3상 상전압 Vector도

- 註) 1. 직접시험시 3상전압 Vector도는 그림 2와 같다.
- 註) 2. 합성시험시 3상전압 Vector도는 그림 5와 같으며 위상차 모의가 불가능하므로 TRV를 3상으로 인가하는 것은 무의미하다.

註) 3. 3상 일괄탱크형 차단기는 차단현상중 차단전류로부터 발생하는 arc-energy, arc-current, 탱크내부 온도 상승등으로 인하여 상호 인접상간 절연회복에 악영향을 미칠 요소가 상당히 내포되어있다. 따라서, 선간 절연검증은 반드시 수행되어야 한다.

그러나 소전류 차단시에는 arc 발생량이 거의 없거나 아주 적으므로 선간 절연검증은 무시할 수 있다.

4. 제외국의 3상 일괄탱크형 차단기 합성 시험법

4-1. KEMA 3상 일괄탱크형 차단기 직접시험법

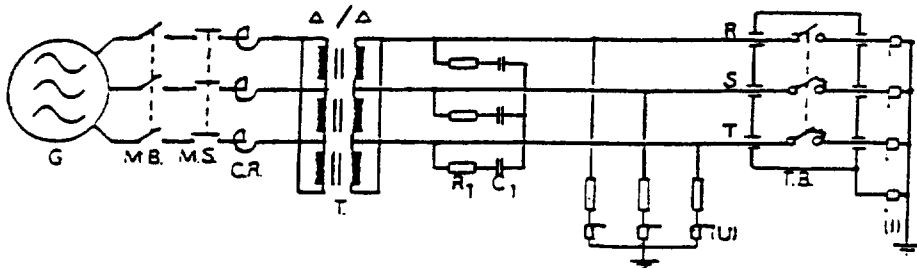


그림 6. 3상 직접시험회로(145kV급)

註) 그림 6의 KEMA회로는 실제통과 거의등가로 모의한 직접 3상시험회로로써 등가성이 대단히 우수하나 비경제적이므로 각광받을수 없는 회로이다.

4-2. KEMA 3상 일괄탱크형 차단기 합성시험법

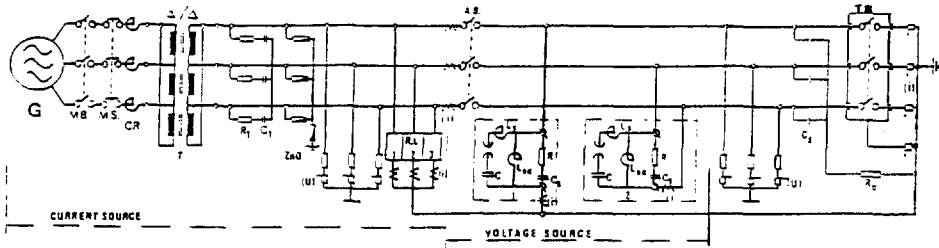
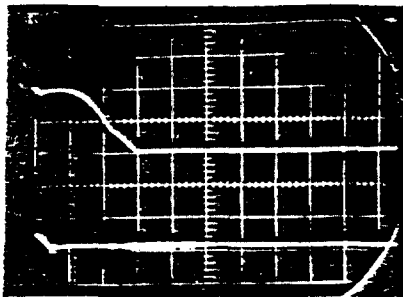
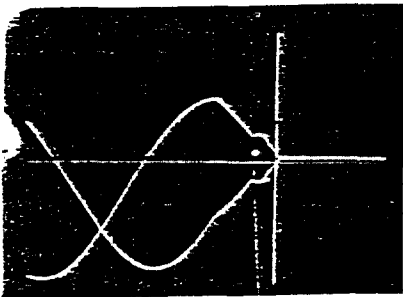
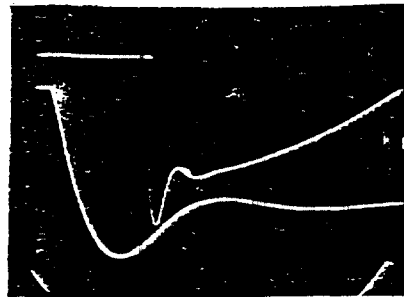


그림 7. 3상 일괄탱크형 차단기의 합성시험회로(170kV 급)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| G = Generator | ZnO = surge arrester |
| M. B. = master breaker | U = voltage dividers |
| M. S. = make switch | i = current transformers and shunts |
| C. R. = current limiting reactors | A. B. = auxiliary breaker |
| T = transformer | T. B. = test breaker |



First Phase



Last Phase

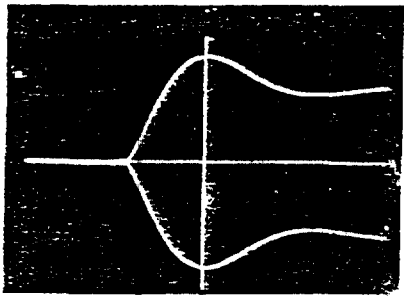


그림 8. 단락전류 및 주입전류파형

그림 9. TRV 파형

- KEMA 3상 일괄탱크형 합성시험회로 특성
 - (i) 대지간 절연 검증: 1상
 - (ii) 선간 절연 검증: 1상 (floating 설비)
 - (iii) 3상 전류 통전: arc 발생량에 대한 등가성 우수
 - (iv) 경제성은 양호하나 우수한 편은 못됨.

4-3. Fuji 3상 일괄탱크형 차단기 합성시험법

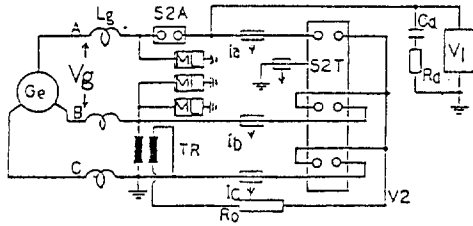
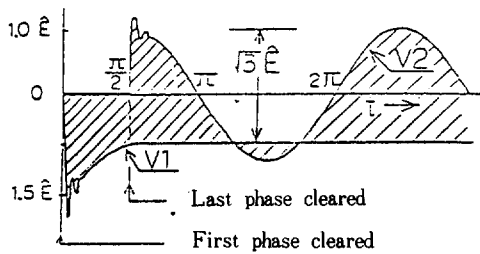


그림10. 3상 일괄탱크형 차단기 합성시험회로



\hat{E} : Peak value of phase to ground voltage
 V1 Voltage of the current injection circuit
 V2 : Voltage of the voltage injection circuit

그림11. TRV 파형

- Fuji 3상 일괄탱크형 합성시험회로 특성
 - (i) 대지간 절연검증 양호
 - (ii) 선간 절연검증 양호(선간절연 검증시 TRV 파형의 Time parameter 조정이 곤란)
 - (iii) 경제성 우수
 - (iv) 등가성 인정 가능

5. 3상 분리탱크형 차단기의 KERI 합성 시험설비 증설 계획

5-1. KERI 합성시험설비 증설규모 (1상)

표 2. 합성시험설비 증설 규모

구분	기존 설비	증설 설비
시험용량	<ul style="list-style-type: none"> ● 170V 급 차단기 ● 362V 급 1/2차단기 	<ul style="list-style-type: none"> ● 170V 급 차단기 ● 362V 급 차단기 ● 800V 급 1/2차단기
TRV파형	<ul style="list-style-type: none"> ● 2-parameter TRV 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2-parameter TRV ● 4-parameter TRV

5-2. 증설시험회로: 그림 12

기호설명 :

TCB : Test circuit breaker

L. F circuit ; 저주파 TRV 발생회로

H. F circuit ; 고주파 TRV 발생회로

TRV 1 : 고주파 회로에서 발생된 TRV

TRV 2 ; 저주파 회로에서 발생된 TRV

Ii ; Injection current

Is ; Test current

Charging unit ; 충전장치

TRV : TRV 1+TRV 2

Cv 1, Cv 2, Main capacitor Bank

Lv 1, Lv 2 ; Tuning reactor

Cf 1, Cf 2 ; Wave shapping capacitor bank

Rf 1, Rf 2 ; Wave shapping resistor

Gap1, Gap 2 ; Triggering gap

R 1, 2 ; Charging resistor

D. S 1, 2, 3, 4 ; Disconnecting switch

π 회로 ; SLF 시험용 circuit

ACB ; 보조차단기

5-3. TRV 발생 및 파형 (대지간 절연 검증용)

● TRV = TRV 1 + TRV 2

● TRV 파형 : 2 or 4-parameter TRV

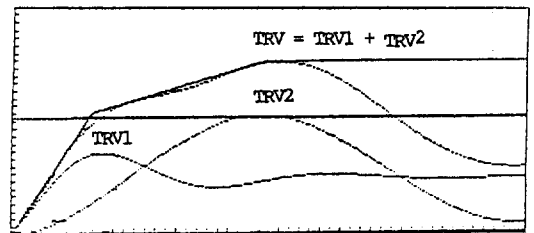


그림13. KERI 증설회로의 TRV 파형

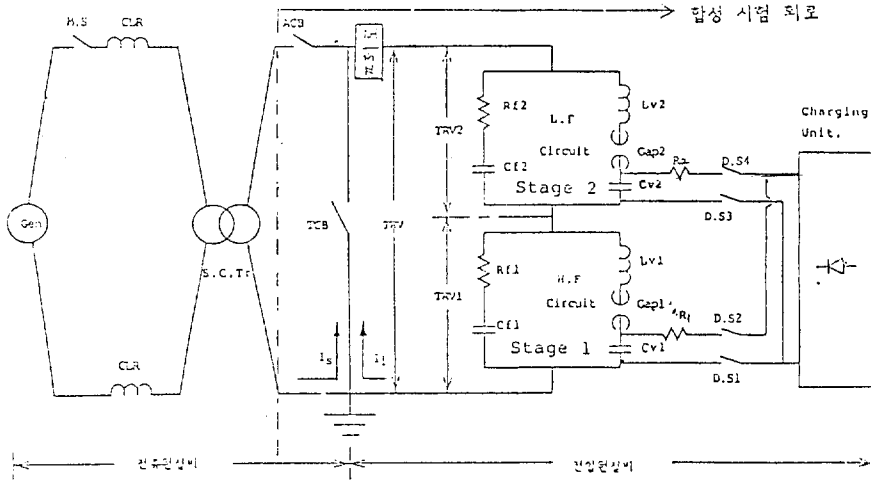


그림12. 증설시험회로

- 그림설명: 1. 적색 점선 우측이 증설 합성 시험회로
 2. 회로이름: Double frequency synthetic test circuit
 3. 사용용도: 2-parameter 및 4-parameter TRV 발생

5-4 KERI 증설회로의 특성

- 1) TRV 파형 조정이 용이
- 2) 2 or 4-parameter TRV 파형발생 가능
- 3) Injection current frequency (Fi) 조정 용이
- 4) Stage 증가로 Fi 조정 더욱 용이
- 5) 등가성이 우수한 전류주입법 채택
- 6) 경제성은 양호하나 우수한 편은 못됨.

6-2. 시험방법: 전류주입 합성시험법 채택

- 1) 시험전류는 3상 인가
 - 시험전류 ≤ 50kA
- 2) TRV는 1상 인가
 - 대지간 절연 검증: 1상(First pole에 인가)
 - 선간 절연 검증: 1상(Last pole에 인가)
- 3) TRV 크기(170kV 급 시험시)
 - 대지간: $170kV / \sqrt{3} \times \sqrt{2} \times 1.3 \times 1.4 = 253kV$
 - 선 간: $170kV \times \sqrt{2} \times 1.4 = 337kV$
 - 1.3; First pole to clear factor
 - 1.4; Amplitude factor
- 4) TRV 파형: 4-parameter TRV를 원칙으로 함. (제외국에서는 2-parameter TRV 발생중)

6. 3상 일괄탱크형 차단기의 KERI 합성 시험 전망

6-1. 3상 일괄탱크형 차단기의 KERI 합성시험

회로: 그림 7

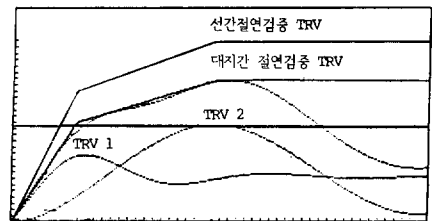
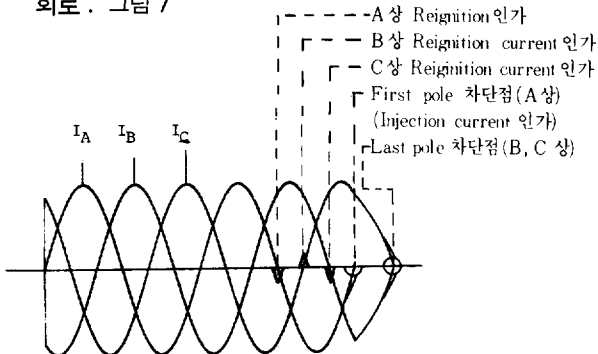


표 3. 1st 및 2nd pole TRV크기(170kV급 기준)

구 분		IES		ANSI	
첫상차단 계수 =1.3	1st pole TRV	peak r.r.r V	253kV 2.0kV/ μ s	peak r.r.r V	260kV 1.8kV/ μ s
	2nd pole TRV	peak r.r.r V	337kV 2.7kV/ μ s	peak r.r.r V	346kV 2.4kV/ μ s
첫상차단 계수 =1.5	1st pole TRV	peak r.r.r V	291kV 2.0kV/ μ s	peak r.r.r V	300kV 1.8kV/ μ s
	2nd pole TRV	peak r.r.r V	337kV 2.3kV/ μ s	peak r.r.r V	346kV 2.08kV/ μ s

6-3. 시험항목

- 대전류 차단시: 대지간, 선간 절연 검증시험
- 소전류 차단시: 대지간 절연검증 시험은 실시하
되 선간 절연 검증시험은 무시

6-4. 가장 경제적인 KERI 합성시험법

- 1) 대지간 절연검증은 전 시험항목 실시
- 2) 시험전류가 가장크며 arc 발생량이 가장 많은
BTF 100% 시험시만 선간 절연 검증 실시
- 3) 1), 2)항의 내용에 따라 시험할 경우 증설
계획 설비에 추가로 증설해야 할 설비
 - 대지간 절연 계급 상승
 - 전류원 설비 개조
 - 보조차단기(1상 — 3상)
 - Reignition 설비 2 sets 추가
 - 제어 설비 증설
 - 측정 설비 증설

참 고 문 헌

- 1) "IEC(International ElectroTechnical Commission)

6, High-voltage alternating-current circuit breakers." 1987.

- 2) "JEC-2300. 교류차단기, 일본전기학회 전기규격조
사회 표준규격." 1985.
- 3) "IEC 427. Report on synthetic of high-voltages al-
ternating current circuit-breaker." 1973.
- 4) L.M.J. Vries, G.C. Damstra, "A reignition with Trig-
gered vacuum gaps for synthetic fault interruption
testing." IEEE, Vol. PWRD-1, No.2, April 1986.
- 5) L. van der sluis, W.A. van der linden, "A three phase
synthetic testcircuit for metal-enclosed circuit-br-
eakers." IEEE, Vol. PWRD-2, No.3, July 1987.
- 6) Guy st-jean, senior member IEEE, "A 2-MV 4.5-
MJ synthetic test source for HV circuit breakers."
IREQ, Varennes, Quebec, Canada.
- 7) T. Morita, M. Tsutsumi, "New breaking test methods
for circuit-breakers and disconnectors of 3-phase
enclosed GIS." Fuji electric corporate research &
development Ltd. Japan.