

초고압 대용량 차단기의 합성설비에 관한 연구

A study on synthetic facilities for UHV circuit breakers

영 식
박 동 욱
박 경 업

* 류 형 기

한국 전기 연구소
한국 전기 연구소
한국 전기 연구소

한국 전기 연구소

1. 서론

최근 차단기 류의 세계적인 동향은 전력계통이 카짐에 따라 대용량화 되고 차단용량이 증대해 50-60GVA에 달하는 것도 있으며 계통의 신뢰성, 경제성을 증진시키기 위해 차단점수를 줄이는 것이 지금의 추세이다. 따라서 차단기의 단위 차단용량은 더욱 크게되고 일반적으로 실시하고 있는 단위 시험법으로도 차단성능을 검증하기에는 어렵게 되었다. 그래서 당 연구소에서는 초고압 대용량 차단기(765kV 1/2점)의 합성 시험에 관한 연구를 실시했다
지금까지 사용해 오던 Weil-Dobke회로는 세계적으로 널리 알려져있으며 시험법이 용이하고 소용량에 대해서는 대단히 경제적인 회로로 알려져 있다. 그러나 과도회복전압의 파고치 도달시간이 긴 경우에는 콘덴서의 용량이 대단히 급증하며 W.A. carter와 G.A. votta의견에 따르면 보통 사용하고 있는 용량의 10-100배 정도의 큰 콘덴서가 필요하다고 지적하므로 대단히 비경제적이다. 이점이 대용량 차단기의 합성설비에 있어서 가장 큰 문제점으로 대두되고 세계각국에서 보다 경제적인 4-파라미터 과

도회복전압을 발생시키기 위해 노력을 경주하고 있다. 또한 한국전력에서도 90년대 후반기에 800kV급 송전 계획을 하고 있으며 이에따라 차단용량시험을 원만히 수행할 수 있는 설비조사및 연구소 실정에 맞는 회로선정과 설비검토는 불가피 하게 되었다.

2. 규격 사항 (IEC 규격에 준함)

시험에 관한 일반 규격사항은 잘 알려져 있으므로 생략 하기로 하고 IEC(1981) NO,56-2.56-4의 개정된 중요사항및 앞으로 개정 가능성이 있는 부분을 약술 하면

- (1)정격전압 100kV 이상에 대해서 초기상승율 2배 증가, 파고치 도달시간 1/2로 짧게규정.
- (2)지연 시간을 짧게규정.
- (3)초기과도회복전압(ITRV) 규정.
- (4)근거리 선로고장시 지연시간 도입.
- (5)IEC NO.427(1973)에서는 주입전류 주파수를 통상 250-1000HZ로 사용하게 되어 있지만 IEC 17A(1985)의 토의에서 상한치 1000HZ, 하한치 250HZ, 주입각 90°-135°, 주입시각 200uS-500uS로 결정하자는 논의가 있었다.
- (6)전압원 회로의 한류리액터 값에 대한 제한은

없었으나 IEC 17A(S) 244(1985)에 따르면 $1.5L_s \geq L_v$ 란 조건을 만족하도록 되어 있었다.

(L_s ; 전류원 한류리액터, L_v ; 전압원 한류리액터)

이상에서 (1)-(4)는 IEC(1981) NO.56-2, 56-4에서 이미 개정된 사항이고 (5), (6)은 앞으로 개정할 전망이다. 따라서 합성 설비 검토에 관련한 이 사항도 함께 고려할 필요가 있다.

3. 회로별 검토

우선 회로 검토에 앞서 4-파라미터 과도회복전압을 발생시킬때 파형내에 불연속 점을 포함하는 경우와 포함하지 않는 경우로 대별 할수있다

- * 불연속 점을 포함하는 회로.
- 4-파라미터 (Weil회로, Double frequency회로)
- 터 회로 * 불연속 점을 포함하는 회로.
- (Double injection 회로 ---)

(1) Weil-Dobke회로

이 회로의 회로도 및 과도회복전압 파형은 그림 1과 같으며 당 연구소에서 현재 사용중인 회로로서 제 외국에 널리 알려져 있다.

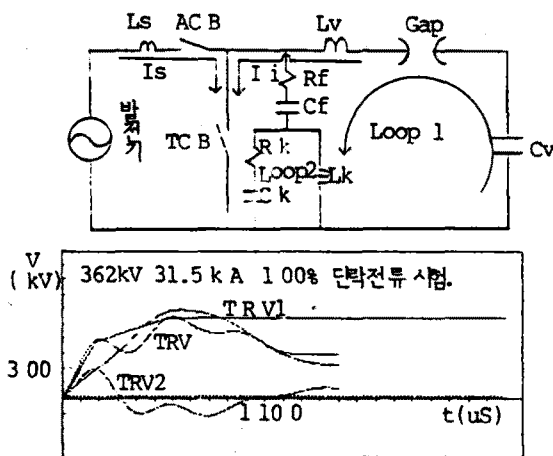


그림.1. Weil-Dobke 회로도 및 TRV 파형.

이 회로의 과도회복전압 발생원리는 루우프 1의 2-파라미터 단일주파 회로에 루우프 2의 고주파 회로를 삽입해서 4-파라미터 복주파수의 과도회복전압을 얻는다. 즉 루우프 1과 루우프 2의 과도회복전압의 합이 차단기 극간에 인가된다.

$$TRV = TRV1 + TRV2 \quad (TRV; \text{과도회복전압})$$

이 회로의 설비정수는 표 1과 같으며 시험자가 어느 설비정수를 기준으로 하느냐에 따라 다소 유동적이다.

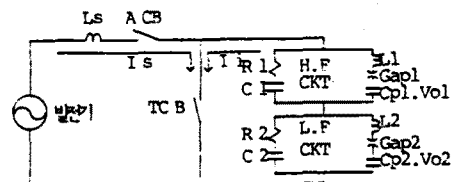
표 1. Weil-Dobke 회로의 설비정수

정격전압 (KV)	단락전류 (KA)	차단 점 수	회로 정수								Fi (HZ)
			Ev (KV)	Cv (uF)	Lv (mH)	Rf (ohm)	Cf (uF)	Ck (uF)	Rk (ohm)	Lk (mH)	
362	31.5	1	414	12	24.7	55	1.63	0.5	32	14	292
	40	1	414	15.3	19.4	43	2.07	0.6	26	12	292
765	40	4	371	24.4	17.4	13	14.4	7.5	4	4	244
	40	2	433	355	20.3	24	7.75	2.5	10	13	59

표 1에서 대용량 설비일수록 콘덴서의 용량이 급증하며 비경제적이다. 또한 콘덴서 용량이 커질수록 주입전류 주파수가 작게되어 규격치 만족이 어려워지며 765kV인 경우에는 이 주파수가 상용주파수와 비슷하여 전류크기가 단락전류와 거의 같게되어 합성시험 본래의 목적에 위배된다. 따라서 이회로는 362kV급 이하에서는 경제적이고 시험법이 용이하여 우수한 회로이나 대용량 설비일수록 많은 검토가 따라야 한다.

(2) Double frequency 회로

이 회로는 hydro-quebec의 Guy-St-Jean에 의해 발표된 회로로서 그림 2와 같다.



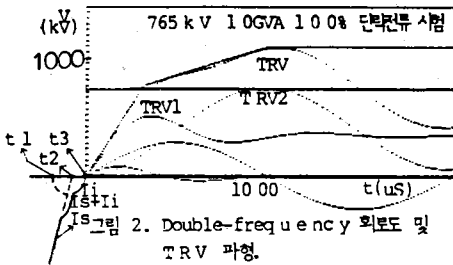


그림 2. Double-frequency 회로도 및 TRV 파형.

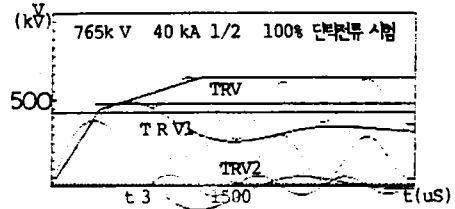
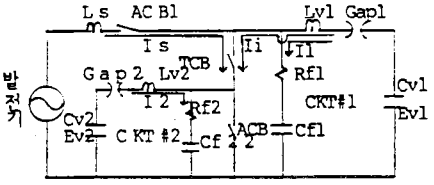


그림 3. Double injection 회로도 및 TRV 파형.

이 회로는 Weil회로의 2-파라미터를 직렬 2단 결선한 회로로서 운전순서 및 TRV발생원리를 간단히 알아보면 보조차단기 ACB와 시험차단기 TCB의 접점이 적절히 분리되도록 조정한다. 그리고 저전압 발전기로부터 시험전류 I_s 를 흘린후 t_1 에서 전압원 회로의 Gap1, Gap2를 동시에 방전시켜 주입전류 I_i 를 흘린다. 이때 TCB에 흐르는 전류는 I_i 만큼 증가하게 되고 ACB는 전류원 회로의 전압이 낮기 때문에 t_2 에서 쉽게 차단되고 TCB의 아크는 t_3 까지 연장된다. 곧 t_3 에서 TCB가 차단에 성공하면 C_{p1}, C_{p2} 에 충전된 충전전압이 방전시에 일어나는 과도전압의 형태로 차단기에 인가된다. 그림 2에서 보는 바와같이 고주파 및 저주파 회로에서 발생된 과도회복전압 1과 2의 합으로 나타나며 복주파수의 4-파라미터로 된다. 그리고 이회로의 TRV발생법으로 볼때 고주파 및 저주파회로가 중첩되어 나타나므로 Weil회로와 유사하다고 할수있다. 따라서 설비정수 및 문제점은 Weil회로와 비슷하다.

(3) Double injection회로

이 회로는당 연구소에서 765kV합성시험 설비로 가장 많은 관심을 갖고있는 회로이며 회로도 및 과도회복전압 파형은 그림 3과 같다.



이 회로의 TRV발생원리는 발전기로부터 TCB에 시험전류 I_s 를 공급하고 Gap1, 2는 초기 개로 상태로 두고 콘덴서 C_{v1}, C_{v2} 는 미리 충전해놓는다. ACB1, TCB, ACB2는 적절한 시각에개극하고 시험전류 I_s 의 최종 0점 직전에 Gap1을 방전시킨다. C_{v1} 으로부터 Lv1-TCB-ACB2에 주입전류 I_i 를 공급한다. TCB I_i 차단, ACB2 절연회복에 성공하면 C_{v1}, L_{v1} 은 거의 무손실 회로이기 때문에 초기 충전전압과 같은 역극성의 전압이 C_{v1} 에 재차 충전된다. 이 충전된 전압이 Lv1을 통해서 CKT#1의 TRV 조정용 Rf1-Cf1의 회로에 I1을 흘린다. 이 회로에서 전류 I1에 의한 전압강하가 TCB의 극간에 인가되고 이 전압이 과도회복전압 초기부분으로 되며 그림 3에서 TRV1 (과도회복전압 1)로 표시했다.

CKT#1의 운전중에 4-파라미터 TRV파형을 얻기에 적당한 t_3 를 산정해 놓고 이 t_3 에서 Gap2를 방전시키면 C_{v2} 로부터 Lv2를 통해서 CKT#2의 TRV조정용 Rf2-Cf2의 회로에 I2를 흘린다. 이 전류 I2에 의한 전압강하가 과도회복전압 1에 합해져 4-파라미터 과도회복전압을 발생 시킨다. 그리고 차단전류 10%시는 규격에서 2-파라미터를 요구한다. 따라서 CKT#1 혹은 CKT#2의 어느 한 회로를 이용하면 쉽게 2-파라미터 TRV를 얻을수 있다. 그러나 한회로로써 규격치 TRV를 발생시키기에는 설비 이용도 면에서 비경제적이다.

이는 대용량 설비를 요하며 경제적으로 과도회복전압을 얻고자 하는 목적에 위배된다. 그러나 이 회로를 보조차단기 ACB2를 제거하고 결선의 묘를 살려 Double frequency 회로와 같이 결선하고 $t_3=0$ 에서 Gap1,2를 동시에 방전시키면 쉽게 2-파라미터 과도회복전압을 얻을수 있다. 이때 주의할 점은 CKT#1과 CKT#2의 주파수를 같게 하는 것이 좋으며 그렇지 못한 경우 주입전류에 왜형이 일어나 di/dt 결정에 어려움이 따른다. 그리고 10% 시의 설비정수 값을 구하기 위한 계산식은 다음과 같은 파라미터 및 계산식을 이용하면 쉽게 구할수 있다.

- (1) $E_{v1} = I / (1 + I) \cdot K_a \sqrt{2/3} \cdot E_n$
- (2) $E_{v2} = 1 / (1 + I) \cdot K_a \sqrt{2/3} \cdot E_n$
- (3) $L_{v1} + L_{v2} = E_{v1} + E_{v2} / \sqrt{2} \cdot 2\pi f \cdot I_s$
- (4) $I = L_{v1} / L_{v2} = C_{v2} / C_{v1} = E_{v1} / E_{v2}$
- (5) $f_i = 1 / 2 \pi \sqrt{L_v \cdot C_v} \quad (C_v = 1 / (2\pi f_i)^2 \cdot L_v)$

(I=상수, K_a =amplitude factor, E_n =정격전압, I_s =단락전류)

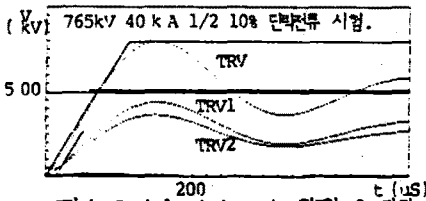


표 4. Double injection 회로에 의한 2-파라미터 TRV 파형.

표 2. Double injection 회로 설비정수

정격전압 (kV)	단락전류 (kA)	차단정수 (점/상)	CKT#1 회로정수				CKT#2 회로정수				Fi (Hz)
			Cv1 (μF)	Lv1 (mH)	Cf1 (μF)	Rf1 (OHM)	Cv2 (μF)	Lv2 (mH)	Cf2 (μF)	Rf2 (OHM)	
362	31.5	1	5.16	23.7	1.43	1306.02	13	0.56	4	453	
	40	1	4.53	19	1.65	1004.6	4.5	1.33	2	542	
765	40	4	11.2	1287.7	4.6	325.9	17	3.94	16	420	
	40	2	11.2	1897.3	7.7	440.4	30	0.46	8	345	

이상에서 Double injection 회로는

*TRV 파형내에 불연속 점을 포함하는 경제적인 방법을 취하고 있으며 피시품 용량에 상관 없이 광범위 하게 사용할수 있다.

*CKT#2는 당 연구소가 보유하고 있는 설비로서 재이용 가능하며 증축이 용이하다.

*차단전류 10% 시 2-파라미터 TRV도 ACB2를 제거 하므로써 쉽게 해결된다.

4. 결론

4-파라미터 TRV를 발생 시킬수 있는 회로는 여러종류가 있지만 대표적으로 3개의 회로에 대해서 검토 하였다. 이들 회로는 장단점을 갖고 있지만, 정격전압이 높고 대용량 차단기의 4-파라미터 합성 설비로서는 콘덴서의 용량이 급증하므로 경제적인 문제가 큰 제한요소로 된다.

따라서 TRV를 두 부분으로 나누어 발생시키는 Double injection 회로가 우수 하다고 할수 있다. 아울러 차단전류 10%시 2-파라미터 TRV 발생법, 설비의 효율적 이용도, 시험법의 난이도 등 여러가지 측면에서 검토한 결과 당 연구소에서는 Double injection 회로가 적합하다.

5. 참고 문헌

(1) Guy st-Jean "A method for calculating directly for testing of AC circuit breakers." IEE Trans. Pas-93, pp429-435, 1974.

(2) E.V. Bonin, H. Karrenbauer "The cascade well circuit, a new circuit for synthetic testing of circuit-breakers with very high breaking capacities." 13-06. CIGRE. 1970.

(3) S. Yamashita, Miyake. "A method of generating four-parameter transient recovery voltage during synthetic tests of large capacity circuit breakers." IEEE Trans. Pas-97 No. 6. PP 2416-2424. 1978.

(4) International electrotechnical commission 56-2,4(1971). 427(1973). 56-2,4(1981). 17 A (s) 244(1985).

(5) Allan Greenwood, "Electrical transients in power systems." New York: Wiley-Interscience. PP 32-70. 1971.

(6) 加藤一郎. "過渡現象論" 学献社
PP 1-32. 1981.