

## Comparison of Small Current Interruption Capability Depending on the Type of Interrupter

宋基東<sup>\*</sup> · 鄭鎮教<sup>\*</sup> · 金烘樞<sup>\*\*</sup>  
(Ki-Dong Song · Jin-Kyo Chong · Hong-Kyu Kim)

**Abstract** - This paper presents the results of a small capacitive current interruption test for the three types of interrupter which are called "serial type", "parallel/separated type" and "puffer type" according to the arrangement of the thermal expansion chamber and the puffer cylinder. After the preconditioning test, the small current interruption capability of the "puffer type" decreased, on the contrary, that of the hybrid interrupters increased. A number of reignition have been occurred in the "serial type" hybrid interrupter and the change of small current interruption capability after preconditioning test is mainly influenced by the structure of interrupter. Finally it has been proved that the "parallel/separated type" hybrid interrupter has the best interruption performance through the verification tests.

**Key Words** : Small Current Interruption, Puffer Type, Hybrid Interrupter, Thermal Expansion, Reignition

### 1. 서 론

전력계통에서 고장이 발생하는 경우에 고장범위가 커져 가는 것을 방지하고 여러 전력기들을 보호하기 위해 고장 전류를 신속히 차단해 주어야 한다. 이러한 고장전류를 자동적으로 차단하는 기기가 차단기(circuit breaker)이다. 이러한 차단기는 아크를 소호하는 차단부(interrupter)와 그 차단부를 움직이는 조작부(mechanism)로 구성되어 있다. 현재 전력계통에서 사용되고 있는 차단부의 형태는 주로 파퍼형(puffer)이며, 파퍼형의 조작부는 주로 유압 또는 공압방식의 조작기를 사용하고 있다[1]. 하지만, 유압 또는 공압방식의 조작기가 환경, 소음, 경제성 등에서 불리한 점을 가지고 있기 때문에 전동스프링 조작기로 대체되고 있으며, 그와 함께 차단부도 복합소호형(hybrid)으로 변형되어가고 있다[2]. 차단기가 차단해야 할 고장전류의 크기는 보통 수 A에서 수십 kA까지 다양하고, 따라서 수십 kA의 대전류 뿐만 아니라 수십 또는 수백 A의 소전류도 차단할 수 있는 성능을 보유해야 한다. 파퍼형 차단부는 대전류 차단에 초점을 맞추어 설계, 제작되었기 때문에 소전류 차단에 취약할 수 있다는 보고가 있고, 대전류 차단과 소전류 차단을 모두 고려하여 설계된 복합소호 차단부라 하더라도, 형태에 따라 소전류 차단에 취약한 부분을 가질 수 있다는 보고가 있다[3, 4]. 하지만, 동일한 조건, 동일한 소호부(아크 소호가 이루어지는 부분 즉, 노즐과 아크접점으로 구성된 부분)에서 실제로

차단성능시험을 통해 비교, 검증된 결과는 거의 전무한 실정이다. 또한 현재 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는 복합소호 차단부의 개발에 있어서, 설계변수와 차단부 형태에 따른 소전류 차단성능의 변화는 초미의 관심거리임에도 불구하고 검증된 결과를 찾아보기 힘든 실정이다. 또한 궁극적으로, 전산해석 결과에 대한 신뢰성을 검증하고자 하는 경우에도 비교/검증 할 실험적 데이터가 국내는 물론이고 국외에도 극히 드문 실정이다.

본 연구에서는 향후 복합소호 차단부 개발에 활용하고자 3가지 형태의 차단부를 설계, 제작하여 차단부 형태에 따른 소전류 차단성능을 비교한 결과를 제시한다. 제작된 차단기는 동일한 조작기, 동일한 소호부를 가지며 다만, 실린더의 배열형태만 다를 뿐이다. 시험방법 및 적용된 시험규격(IEC)[5]은 145kV급 차단기를 기준으로 결정하였다.

### 2. 차단부의 설계 및 제작

그림 1에 본 연구에서 설계/제작된 "직렬형" 및 "병렬/분리형" 복합소호 차단부와 "파퍼형" 차단부를 나타내었다. 파퍼형 차단부는 현재 가장 많이 사용되고 있고, 직렬형 복합소호 차단부는 선진외국에서 주로 사용되고 있으며, 병렬/분리형 차단부는 본 연구에서 고안된 차단부라는 이유로 선택되었다. 차단부에 대한 명칭은 팽창실과 파퍼실린더의 배열 형태에 따라 정해진 것이며, 배열된 형태를 제외하고는 팽창실의 용적, 파퍼실린더 용적, 노즐 형상 및 재질, 아크접점 형상 및 재질, 스트로크(stroke) 길이 등 모든 설계변수가 동일하다. 노즐의 재질은 PTFE90%+Bn10%의 강화 테플론이며, 아크 접점의 전류용량은 차단전류 40kA<sub>rms</sub>를 기준으로 설계/제작하였고, 접점 팁(tip)의 성분비는 텅스텐 80%, 구리

† 교신저자, 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員

E-mail : kdsong@keri.re.kr

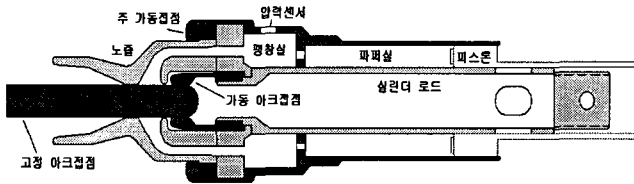
\* 正會員 : 韓國電氣研究院 先任研究員

\*\* 正會員 : 韓國電氣研究院 先任研究員

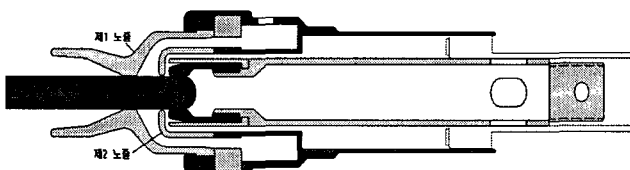
接受日字 : 2006年 5月 18日

最終完了 : 2006年 6月 7日

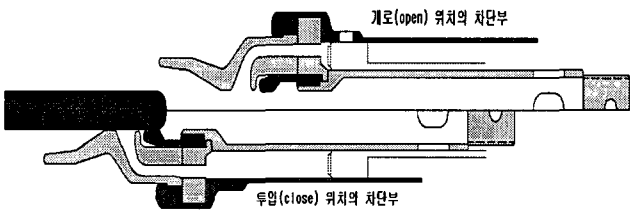
20%로 이루어져 있다. 아크 에너지에 대한 압력상승 변화를 측정하기 위해, 복합소호 차단부인 경우는 팽창실에 파퍼형 차단부인 경우는 파퍼실에 압력센서(Kistler 601A, piezo type)를 설치하였다. 각 차단부에 대한 차단 메카니즘은 참고문헌 [3]과 [4]에 자세히 설명되어 있다.



a) "직렬형" 복합소호 차단부("serial type" hybrid interrupter)



b) "병렬/분리형" 복합소호 차단부("parallel/separated type" hybrid interrupter)



c) "파퍼형" 차단부 ("puffer type" interrupter)

그림 1 모델 차단부들의 형상

Fig. 1 Geometry of Model interrupters.

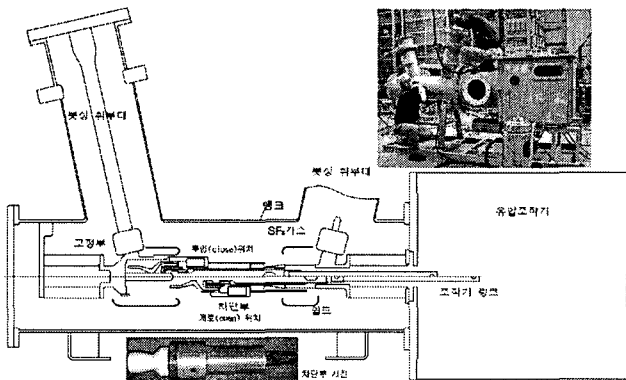


그림 2 모델 가스차단기의 전체 조립도(병렬/분리형).

Fig. 2 Structure of model gas circuit breaker (parallel/separated type).

그림 2는 전체조립도를 나타낸 것이다. 그림 2의 차단부가 조립되는 곳에 각 형태의 차단부가 교대로 설치되어 차단성능 시험이 이루어졌다. 설계/제작된 차단부는 6bar(절대 압력)의 SF<sub>6</sub>가스로 채워진 탱크(tank)내에 조립되어 있다. 차단부는 조작기와 조작기 링크(link)로 연결되어 있고, 이 링크에는 동작특성을 파악하기 위한 선형 스트로크 센서가 설치되어 있다. 조작기는 유압방식의 조작기를 사용하였고, 각 차단부의 개극 속도는 평균 4.5m/s로 유지되도록 조작기의 유압을 조정하였다.

### 3. 소전류 차단성능 시험

그림 3에 각 차단부의 무부하 압력상승 시험결과를 나타내고 있다. 스트로크 파형으로부터 각 차단부의 평균 개극 속도가 4.5m/s라는 것을 알 수 있고 아크점점 분리 순간에 팽창실과 파퍼실에서의 압력상승을 알 수 있다. 그림 1의 차단부 형상과 그림 3의 스트로크 파형은 소전류 차단성능 예측 프로그램[6]의 입력 값으로 사용되며, 압력상승 파형은 프로그램의 신뢰성을 검증하는 데 활용된다. 그림 3에서 파퍼형 차단부의 압력상승은 그림 1의 c)에서 보는 것처럼 압력센서와 피스톤 사이의 간섭으로 인해 스트로크 후반부에서는 압력상승 값이 측정되지 않았다. 하지만, 소전류 차단성능은 점점분리 후 12ms이내의 압력상승에 따라 결정되므로[5], 스트로크 후반부의 압력상승 파형은 큰 의미를 가지지는 않는다.

소전류 차단시험은 다음과 같은 과정으로 이루어 졌다.

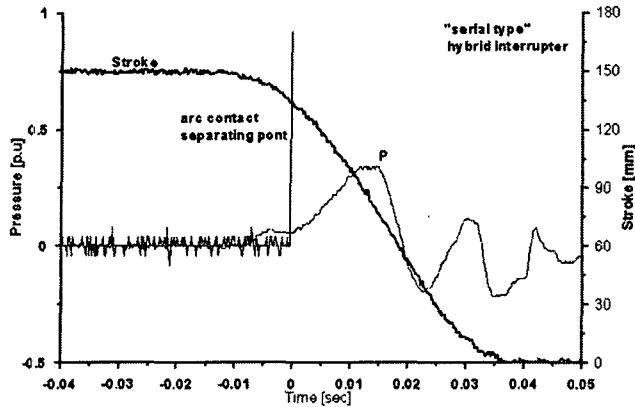
우선, 시험규격 IEC에서 정한 단상 145kV 40kA 차단기를 기준으로 시험 항목을 LC1(line charge duty 1)으로 결정하고,

- 1) 차단전류 크기는 12 ~ 20A(규격 15A),
- 2) 각 차단부에 대한 최소 아크시간(minimum arcing time)을 찾고,
- 3) 최소 아크시간에서 아크 소호 후

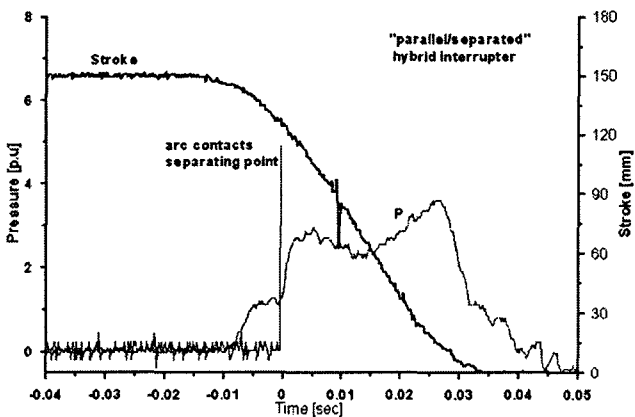
$$V_t = \frac{145kV}{\sqrt{3}} \times f \quad (1)$$

의 전압을 인가하되, 상수 f 값을 0.7에서 재-발호(restrike)가 발생할 때까지 증가시킨다.

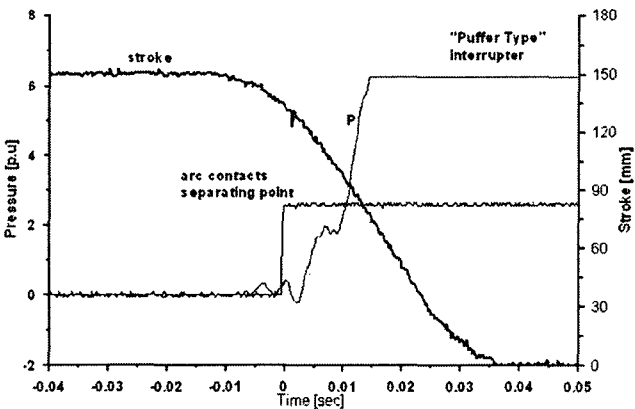
- 4) 재발호가 발생한 경우, 재발호 전압의 80%를 인가하여 절연파괴 되면 피시품을 교체하고, 절연회복에 성공하면 5)항으로 진행한다.
- 5) BTF(bus terminal fault) duty 3번 즉, 전처리(pre-conditioning) 시험을 모의하기 위해 차단전류 24kA<sub>rms</sub>, 아크시간 16ms, 5회에 해당하는 대전류 차단시험을 수행한다.
- 6) 2)항으로 가서 3)의 과정을 다시 반복한다.



a) "직렬형" 복합소호 차단부 ("serial type" hybrid interrupter)



b) "병렬/분리형" 복합소호 차단부 ("parallel separated type" hybrid interrupter)

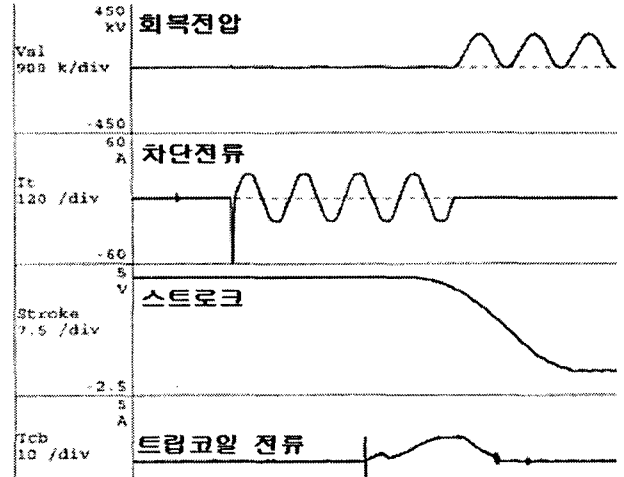


c) "파퍼형" 차단부 ("puffer type" interrupter)

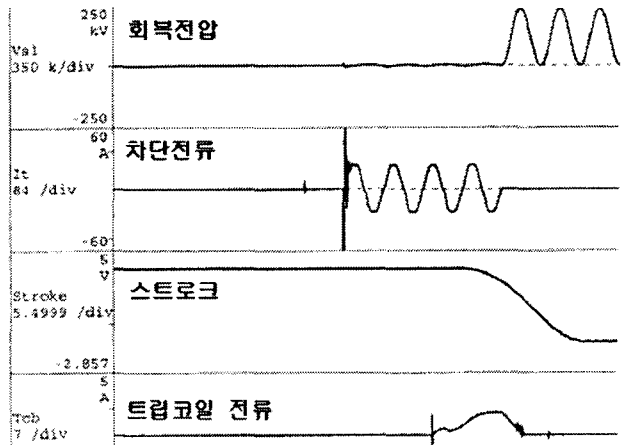
그림 3 무부하 압력상승 시험  
Fig. 3 No-load pressure-rise test.

4. 결과 및 검토

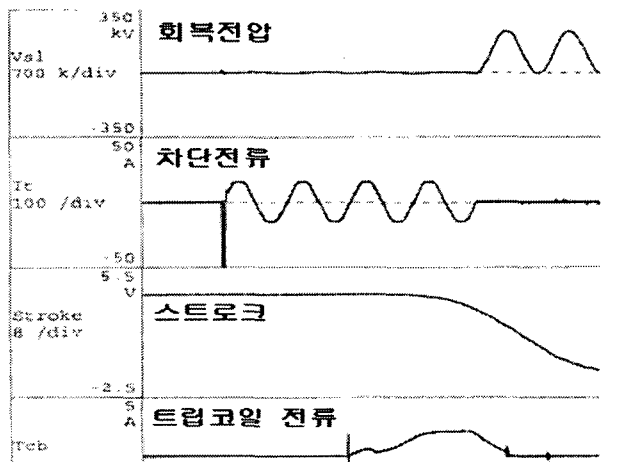
그림 4는 대표적인 시험결과를 나타낸 것으로, 그림 4a)는 소전류 차단 후 절연회복에 성공한 경우이며 4b)는 절연회복에 실패한 경우를 나타낸다.



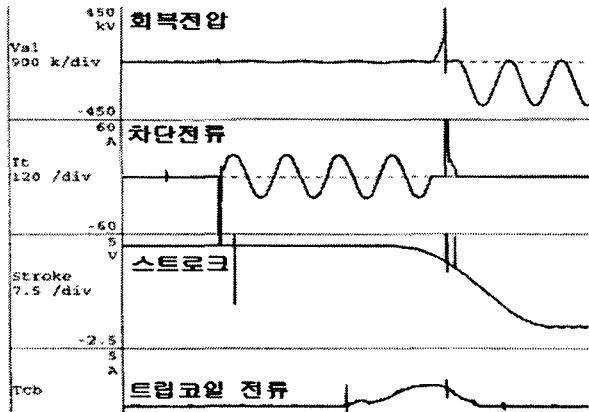
a-1) 직렬형 복합소호 차단부, 차단전류 15.6A, 아크시간 2.57ms,  $f=1.0$ , 회복전압 최고치  $U_c=230.2kV$ (표 1의 3번의 경우)



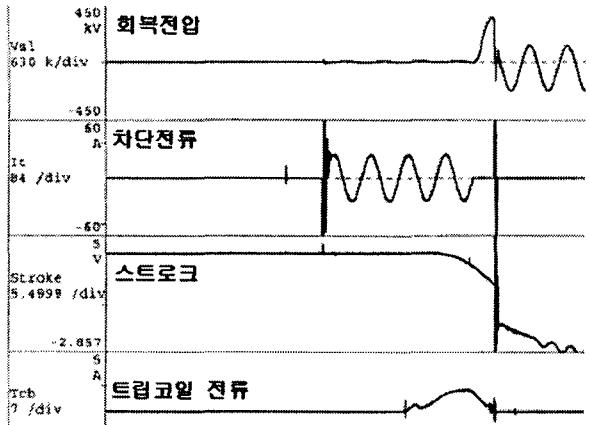
a-2) 병렬/분리형 복합소호 차단부, 차단전류 17.1A, 아크시간 0.93ms,  $f=1.0$ , 회복전압 최고치  $U_c=234.3kV$ (표 2의 4번의 경우)



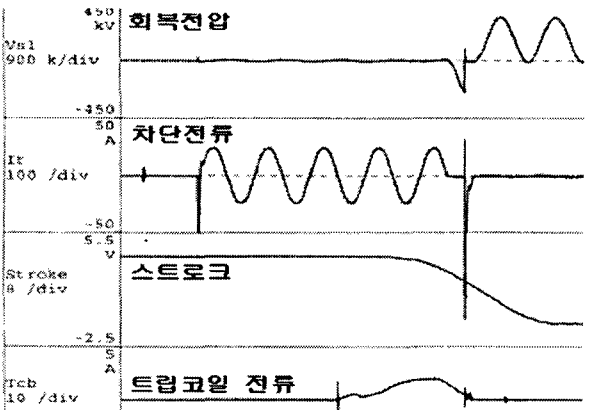
a-3) 파퍼형 차단부, 차단전류 11.2A, 아크시간 8.43ms,  $f=1.0$ , 회복전압 최고치  $U_c=226.0kV$ (표 3의 1번의 경우)



b-1) 직렬형 차단부, 차단전류 16.0A, 아크시간 2.51ms, f=1.5, 절연파괴전압 최고치  $U_c=222.7kV$ (표 1의 12번의 경우)



b-2) 병렬/분리형 복합소호 차단부, 차단전류 17.0A, 아크시간 1.94ms, f=1.5, 절연파괴전압 최고치  $U_c=333.3kV$ (표 2의 9번의 경우)



b-3) 파퍼형 차단부, 차단전류 17.0A, 아크시간 2.70ms, f=1.5, 절연파괴전압 최고치  $U_c=260.5kV$ (표 3의 10번의 경우)

그림 4 소전류 차단성능 시험결과의 예.  
Fig. 4 Examples of small current interruption test.

각 차단부에 대한 시험결과를 표 1, 2와 3에 각각 정리하여 나타내었다. 각 표에서  $I_s$ 는 차단전류,  $t_{arc}$ 는 아크시간,  $f$

는 식(1) 상수,  $V_{rms}$ 는 회복전압의 r.m.s값,  $U_c$ 는 회복전압의 최고치,  $V_{bd}$ 는 절연파괴전압의 크기를 각각 나타낸다. 참고로 재점호(reignition)와 재발호(restrike)의 정의는 차단기 측면에서 약간의 차이를 가진다. 즉, 국제규격 IEC[5]에서는 그림 5에서와 같이 전류 차단 후 1/4 사이클(cycle) 즉, 4.167ms이내에 절연 파괴된 경우를 재점호라 하고 그 이상에서는 재발호라고 정의하고 있다. 재점호의 경우는 계통과 차단기 자체의 절연에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 소전류 시험에서 차단에 실패한 경우는 후자인 재발호로 규정하고 있다.

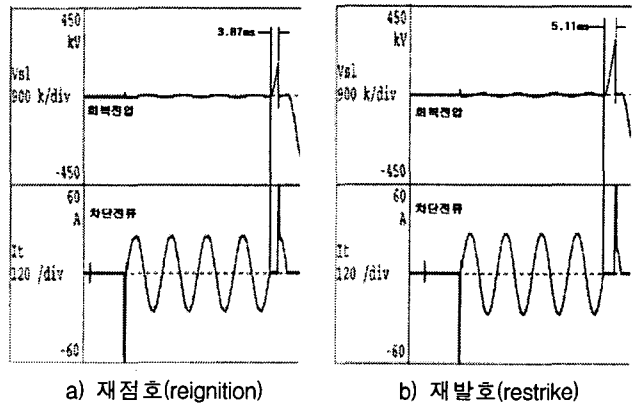


그림 5 재점호와 재발호  
Fig. 5 Definition of reignition and restrike.

세 가지 모든 차단부에서 전처리 시험 전의  $f$  값은 1.5로 동일하게 나타났다. 하지만, 전처리 시험 후의 복합소호 차단부인 경우 각각 1.8과 1.7로 증가한 것에 반해, 파퍼형 차단부의 경우는 1.3으로 오히려 저하되는 결과를 나타내었다. 소전류 차단성능은 다음 식 (2)로 결정되며, 고정아크점점과 노즐사이에 형성되는 유동의 충격파(shock wave)가 소전류 차단성능을 가장 크게 저하시킨다는 것은 잘 알려진 사실이다[7, 8].

$$V_{bd} = a \frac{\rho^b}{E} \quad (2)$$

여기서,  $a, b$ 는 실험상수,  $\rho$  가스밀도,  $E$ 는 전계강도를 나타낸다.

우선적으로 실제 시험에서 동일한 형상, 동일한 재질, 동일한 스트로크로 움직였다고 한다면, 위 식(2)에서 전계 값은 동일하다고 할 수 있다. 따라서 각 차단부의 소전류 차단성능은 가스밀도 즉, 노즐 상류장의 유동분포에 따라 결정된다. “파퍼형” 차단부의 경우 파퍼실에서 고압으로 압축되어 나온 유동이 노즐 목을 향해 직접적으로 분사되는 구조로 차단부 구조 자체가 충격파를 형성하기 쉬운 구조를 가지고 있는 것에다, 전처리 시험 후 충격파가 보다 쉽게 형성되도록 노즐과 아크점점의 형상이 변했다고 할 수 있다. “직렬형” 복합소호 차단부의 경우는 파퍼실에서 압축된 가스가 팽창실을 거쳐 노즐 상류장에 분사되므로 차단부 구조 자체

가 충격파가 형성되기 어렵고, “병렬/분리형” 복합소호 차단부의 경우는 제2 노즐에 때문에 파파실에서 분사된 가스가 충격파를 형성하기 어려운 구조이다. 따라서 복합소호 차단부는 전처리 시험 후 유동분포가 소전류 차단성능을 향상시키는 구조로 변경되었다고 판단할 수 있다.

표 1 직렬형 차단부의 소전류 차단성능 시험결과  
Table 1 Results of small capacitive current interruption test of “serial type” interrupter.

모델 차단기			직렬형					비고
순번	Is [A]	t <sub>arc</sub> [ms]	f	V <sub>rms</sub> [kV]	Uc [kV]	result		
1	15.91	9.70	1.0	83.60	231.10	O		
2	15.94	10.27	1.0	83.47	229.50	O		
3	15.63	2.57	1.0	83.54	230.20	O		
4	17.67	2.49	1.1	91.91	225.40	O		
5	13.01	10.26	1.2	101.60	278.70	O		
6	13.04	2.82	1.2	101.80	283.80	O		
7	14.00	2.78	1.3	109.80	303.10	O		
8	14.78	2.82	1.4	118.10	327.70	O		
9	16.04	2.83	1.5	126.50	351.60	O		
10	17.18	2.80	1.6	134.60	372.60	O		
11	17.22	2.53	1.6	134.60	372.30	restrike	4.465ms, (V <sub>bd</sub> )217.70kV	
12	16.09	2.51	1.5	126.20	348.80	restrike	4.650ms, (V <sub>bd</sub> )222.70kV	
13	15.06	2.49	1.4	118.00	326.50	O		
14	23,570	26.73					pre-conditioning test	
15	23,580	28.67						
16	23,550	24.80						
17	15.82	10.46	1.4	117.00	321.50	O		
18	15.97	2.99	1.4	116.90	321.90	reignition	2.652ms, (V <sub>bd</sub> ) 82.96kV	
19	16.96	2.95	1.5	125.00	347.40	O		
20	16.73	2.55	1.5	125.10	348.10	reignition	4.056ms, (V <sub>bd</sub> )182.00kV	
21	16.82	10.51	1.5	125.20	346.00	O		
22	16.96	10.34	1.5	125.10	346.30	O		
23	18.12	2.86	1.6	133.30	366.60	O		
24	18.11	10.83	1.6	133.20	369.50	O		
25	18.35	11.08	1.6	133.20	369.20	reignition	3.817ms, (V <sub>bd</sub> )171.90kV	
26	18.05	11.37	1.6	133.20	368.50	reignition		
27	18.75	3.10	1.7	141.50	394.70	restrike	5.113ms, (V <sub>bd</sub> )281.40kV	

각 차단부의 최소 아크시간에 있어서 “병렬/분리형”, “직렬형”, “파파형”이 각각 2.1ms, 2.8ms, 3.5ms로 파파형 차단부가 가장 길게 나타났고, 아크시간이 길어서 전류 차단 후 점접간의 간격이 가장 크므로 절연회복에 가장 유리할 것으로 예측됨에도 불구하고 전처리 시험 후의 “파파형” 차단부의 차단성능은 가장 낮은 것으로 나타났다.

두 차단부와는 달리 “직렬형” 차단부에서는 재점호가 빈번하게 발생하는 것을 볼 수 있다. 이것으로부터 “직렬형” 복합소호 차단부는 “병렬/분리형” 차단부 보다는 유동분포가 양호하지 않다는 것을 알 수 있다. 특히, 소전류 차단성능에 문제가 발생하는 경우에 대전류 차단성능에 영향을 미치지 않으면서 차단부의 구조를 개선 즉, 팽창실의 체적을 변경하는 것이 매우 어려울 것으로 판단된다.

표 2 병렬/분리형 차단부의 소전류 차단성능 시험결과  
Table 2 Results of small capacitive current interruption test of “parallel/separated type” hybrid interrupter.

모델 차단기			병렬/분리형					비고
순번	Is[A]	t <sub>arc</sub> [ms]	f	V <sub>rms</sub> [kV]	Uc [kV]	result		
1	16.00	0.62	0.7	58.23	162.70	O		
2	13.54	8.70	0.8	66.74	182.70	O		
3	15.36	0.96	0.9	75.86	211.20	O		
4	17.11	0.93	1.0	83.99	234.30	O		
5	12.46	8.60	1.1	91.33	245.50	O		
6	13.77	1.43	1.2	101.20	281.90	O		
7	14.74	9.62	1.3	109.30	300.10	O		
8	15.84	1.79	1.4	117.60	326.10	O		
9	17.05	1.94	1.5	125.50	351.10	restrike	9.850ms, (V <sub>bd</sub> )333.3kV	
10	16.25	1.92	1.4	119.60	334.80	O	연면과파 여부 확인시험	
11	23,000	24.80					pre-conditioning test	
12	23,880	25.03						
13	23,920	25.00						
14	13.70	1.85	1.2	101.10	272.80	O		
15	14.8	1.79	1.3	109.10	303.60	O		
16	15.87	1.90	1.4	117.30	326.30	O		
17	16.20	2.06	1.4	119.40	331.50	O		
18	16.99	2.04	1.5	125.40	342.00	O		
19	17.57	1.98	1.55	129.80	361.80	O		
20	16.39	10.14	1.6	133.90	369.00	O		
21	17.46	2.40	1.7	142.00	397.10	O		
22	18.43	2.59	1.8	150.20	368.70	restrike	6.814ms, (V <sub>bd</sub> )368.3kV	

표 3 파퍼형 차단부의 소전류 차단성능 시험결과  
 Table 3 Results of small capacitive current interruption test of puffer type interrupter.

모델 차단기			파퍼형					비고
순번	Is [A]	t <sub>arc</sub> [ms]	f	V <sub>rms</sub> [kV]	Uc [kV]	result		
1	11.24	8.43	1.0	82.64	226.00	O		
2	11.25	8.92	1.0	82.70	224.80	O		
3	12.54	8.57	1.1	92.03	251.80	O		
4	13.54	9.58	1.2	100.90	277.60	O		
5	14.70	9.61	1.3	109.10	299.50	O		
6	15.84	10.80	1.4	117.50	323.40	O		
7	15.91	3.80	1.4	116.00	326.30	O		
8	15.95	3.40	1.4	117.40	327.60	O		
9	17.04	3.20	1.5	125.60	347.50	O		
10	17.04	2.70	1.5	125.50	345.60	restrike	5.480ms, (V <sub>bd</sub> )260.50kV	
11	16.80	8.24	1.5	125.50	349.30	O		
12	16.91	10.40	1.5	125.50	344.60	O		
13	18.20	3.14	1.6	133.80	371.90	restrike	10.55ms, (V <sub>bd</sub> )308.20kV	
14	17.05	3.29	1.5	125.40	347.80	O		
15	18.20	3.25	1.6	133.70	374.30	restrike	10.26ms, (V <sub>bd</sub> )323.10kV	
16	23,880	23.64					pre-conditioning test	
17	24,440	16.16						
18	23,640	16.54						
19	23,710	16.49						
20	16.98	3.33	1.5	125.40	343.90	restrike	4.229ms, (V <sub>bd</sub> )188.90kV	
21	16.89	3.39	1.5	125.60	345.20	restrike	4.723ms, (V <sub>bd</sub> )219.80kV	
22	15.97	3.34	1.4	117.30	320.60	restrike	5.190ms, (V <sub>bd</sub> )233.80kV	
23	13.75	10.74	1.2	101.10	276.30	O		
24	14.87	3.30	1.3	109.30	300.50	restrike	5.656ms, (V <sub>bd</sub> )243.10kV	

소전류 차단성능 시험 후의 노즐 상류장의 사진의 그림 6에 나타내었다. 차단성능이 가장 좋지 않았던 “파퍼형” 차단부의 노즐에서 가장 많은 탄화 흔적을 볼 수 있으며, “병렬/분리형” 복합소호 차단부가 가장 양호한 결과를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다.



그림 6 소전류 차단시험 후의 제1 노즐상태  
 Fig. 6 Main nozzles after small current interruption test.

### 5. 결 론

동일한 설계변수를 가진 세 가지 형태 즉, “직렬형”, “병렬/교류형” 복합소호 차단부와 “파퍼형” 가스차단부를 설계/제작하여 소전류 차단성능시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 일반적으로 전처리 시험 후에 소전류 차단성능이 변하지 않거나 약간 저하될 것이라고 예측되어 왔던 것처럼 “파퍼형” 차단부에서는 소전류 차단성능이 저하되었으나, 복합소호 차단부에서는 소전류 차단성능이 오히려 증가한다는 것을 실험적으로 검증하였다.

2. “직렬형” 복합소호 차단부의 경우, 다른 두 차단부와는 달리 재점호가 빈번히 발생하여 세심한 주의를 기울여 팽창실의 체적을 설계하지 않을 경우 소전류 차단성능을 확보하는 것이 어려운 것으로 판단되었다.

3. 세 가지 차단부에 대한 전처리 시험 후의 소전류 차단성능의 변화는 차단부 구조에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며, “병렬/분리형”, “직렬형”, “파퍼형” 순으로 소전류 차단성능이 우수하다는 것을 검증시험을 통해 확인하였다.

### 참 고 문 헌

[1] Ruben D. Garzon, High Voltage Circuit Breakers Design and Applications, Marcel Dekker, Inc., pp217-227, 2002.  
 [2] 송기동, 정진교, 박경엽, “고속도 개극 시의 복합소호 가스차단기의 차단특성”, 전기학회 논문지, Vol. 54B, No. 9, Sept. 2005.  
 [3] 송기동, 정진교, 박경엽, “직렬-복합소호형 모델 가스차단기의 차단성능평가”, 전기학회 논문지, Vol. 53B, No.

9, Sept. 2004.

[4] 송기동, 정진교, 박경엽, “팽창실과 파퍼 실린더의 배열 형태에 따른 복합소호 모델 가스차단부의 열적회복특성 비교”, 전기학회논문지, Vol. 53B, No. 12, Dec. 2004.

[5] IEC 62271-100, High-Voltage Alternating-Current Circuit-Breakers, 2001.1.

[6] H.K Kim, K.Y. Park et al., “Optimal Design of Gas Circuit Breakers for Increasing the Small Current Interruption Capacity”, IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 39 No. 3, May 2003.

[7] F. Endo, M. Sato et al., “Analytical Prediction of Transient Breakdown Characteristics of SF6 Gas Circuit Breakers”, IEEE Trans. on Power Delivery, 89 WM 075-3, pp1731~1737, 1989.

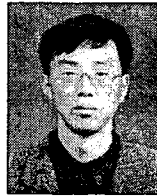
[8] 송기동, 이병윤, 박경엽, 박정후, “초고압 SF6 가스차단기의 소전류 차단성능 해석기술 I”, 전기학회 논문지, Vol. 50B No. 7, Jul. 2001.

저 자 소 개



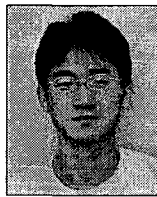
**송기동 (宋基東)**

1963년 7월 5일생. 1988년 인하대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1990년 3월~현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력기기연구그룹 책임연구원.  
 Tel : 055-280-1563  
 Fax : 055-280-1569  
 E-mail : kdsong@keri.re.kr



**정진교 (鄭鎭敎)**

1967년생. 1991년 강원대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1994년 강원대 공대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력기기연구그룹 선임연구원.  
 Tel : 055-280-1564  
 Fax : 055-280-1589  
 E-mail : jkchong@keri.re.kr



**김홍규 (金烘桂)**

1969년생. 1995년 서울대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1997년 서울대 공대 전기공학부 대학원 졸업(석사). 2001년 서울대 공대 전기공학부 대학원 졸업(공학박사). 현재 한국전기연구원 신전력기기연구그룹 선임연구원.  
 Tel : 055-280-1568  
 Fax : 055-280-1589  
 E-mail : kimhk@keri.re.kr