

25.8kV 25kA 열팽창분사식 가스차단기 개발에 관한 연구(II) - 팽창실 용적이 차단성능에 미치는 영향 -

송 기 동^o, 박 경 엽, 신 영 준, 김 귀 식*, 김 진 기*
한국전기연구소 개폐장치연구팀, *(주)진광 기술연구소

A Study on the Development of 25.8kV 25kA Gas Circuit Breaker Using Thermal-Expansion Principle (II)

K.D.Song, K.Y.Park, Y.J.Shin, *K.S.Kim, *J.G.Kim
Korea Electrotechnology Research Institute
*Jinkwang Co., R&D Department

ABSTRACT

This paper deals with the effects of the volume of thermal expansion chamber on the interrupting performance in thermal expansion type 25.8kV 25kA gas circuit breaker.

Model interrupters with 5 type thermal expansion chamber were designed and manufactured. Short-circuit tests were carried out for those model interrupters with 25kA breaking current. Pressure rise in the expansion chamber were measured and compared with the calculated one which was obtained from a self-developed program in our team.

The analysis on the interrupting performance of each model interrupter has been done on the base of the short-circuit test results.

1. 서 론

매전급 가스차단기 중에서 아크의 열에너지를 효율적으로 이용하는 열팽창 분사식 가스차단기는 소형경량화, 에너지절약화, 무보수점검화 등에 있어서 최적의 차단기로 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 일본 및 유럽의 선진국에서는 24kV 40kA, 17.5kV 50kA급 차단기를 열팽창 분사원리만을 이용하여 개발, 전세계의 매전급 차단기 시장을 장악하고 있다. 이러한 추세에 부응하여 국내의 충전기업체들도 열팽창 분사식 차단기에 대해 자체 연구개발 또는 선진국으로부터의 기술도입에 의한 개발을 활발히 진행하고 있다.

본 논문은 열팽창 분사식 가스차단기의 국산화 개발에 있어서 팽창실의 용적이 차단특성에 미치는 영향을 중점적으로 다루고 있다. 가동아크접점이 고정아크접점에서 분리되어 노즐목을 빠져 나오기까지 팽창실의 SF₆가스는 두 아크접점사이에 발생한 아크로부터 에너지를 전달받아 팽창된다. 팽창된 고압가스는 가동아크접점이 노즐목을 빠져나올 때 순간적으로 분출되어 아크를 소호한다. 이처럼 아크소호원리로 팽창실의 상승압력을 이용하는 가스차단기에서 팽창실의 용적은 차단성능에 영향을 미치는 매우 중요한 변수이다. 따라서, 본 연구에서는 여러 가지 크기의 팽창실을 가진 차단부를 설계·제작하여 단락전류 차단시험을 실시하고 계산결과와 비교분석하여 팽창실의 용적이 열팽창 분사식 차단기의 차단성능에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 소호부 제작 및 차단특성시험

그림 1에는 본 연구에서 사용된 모델차단부의 대략적인 구조를 나타낸 것으로, 크게 고정아크접점, 가동아크접점, 팽창실, 노즐, 소전류차단을 위한 영구자석 등으로 구성되어 있다. 팽창실의 용적에 따른 차단특성을 파악하기 위해 800cc, 1350cc, 1550cc, 1700cc, 2000cc의 팽창실을 가진 모델차단부를 제작하였다.

이와 같이 5종의 모델차단부에 대해서 IEC56규격을 적용하여 단상 단락전류 차단시험 Duty 4를 기준으로 시험전류, TRV, 회복전압을 조정하였으며, 시험전압은 10% ~ 100%로 순차적으로 변화시켜 가면서 실시하였다. 팽창실의 상승압력을 측정하기 위해 팽창실 벽면에 피에조형(KISTLER Piezo-type 601A) 압력센서를 취부하였으며, 그림 2에는 상승압력을 측정시스템을 개략적으로 나타내고 있다. 스트로크는 조작기의 구동축에 가변저항기를 부착하여 DC 12V를 인가하여 측정하였으며, 회복전압과 전류는 각각 계기용변압기(P.T. 33000 : 110)와 변류기(C.T. 25kA : 5 & 50kA : 5)를 사용하여 측정하였다.

팽창실 용적이외에도 차단부의 차단성능에 영향을 미치는 요소들은 여러 가지가 있지만, 대표적인 것으로 회로의 특성에 관계되는 아크시간, 전류크기, 전류영점에서의 di/dt , 전류차단직후의 dv/dt 등과, 차단기의 구조 및 동작특성에 관계되는 스트로크특성, 극간 이격거리, 개극속도, 아크접점의 형상 및 재질, 노즐형상 및 재질 등이 있다. 표 1에는 각각의 모델차단부에 대한 시험조건을 나타내고 있다.

표 1. 각 모델차단부의 시험전 조건

팽창실용적	A	B	C	D
800 cc	40.0	60.0	15.0	2.5
1350 cc	85.0	105.0	15.0	3.0
1550 cc	85.0	105.0	15.0	3.0
1700 cc	85.0	105.0	15.0	3.3
2000 cc	85.0	105.0	15.0	3.0

A: 완전 개극시 극간 이격거리[mm], B: 총 스트로크 길이[mm]

C: 고정아크접점과 노즐목사이의 길이[mm], D: 개극속도[m/sec]

3. 결과 및 분석

3.1 팽창실의 압력상승의 측정치와 계산치의 비교

아크의 열에너지를 이용하여 아크를 소호하는 열팽창 분사식 차단기에서 팽창실내의 상승압력을 정확하게 계산하는 것은 소호부설계에 있어서 매우 중요한 일이다. 팽창실내의 압력상승을 계산하는 방법은 이미 저자들이 발표한 참고문헌[1]에 상세히 언급하고 있다.

그림 3에는 팽창실 용적 800.0 cc, 아크시간 13.9msec, 총 아크에너지 7903.2 Joule일 때의 압력상승을 계산치와 비교하고 있다. 계산결과치가 시간상에 있어서 약간 차이된 것 이외에는 압력상승 최대치와 전체 유형은 실험치와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 이러한 계산 프로그램을 이용할 경우, 팽창실의 용적을 결정하는 데 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

그림 4에는 팽창실의 용적이 따른 최대 압력상승치와 전류영점에서의 압력상승치를 측정치와 계산치를 비교하고 있다. 이 그림에서 계산치는 팽창실의 용적이 상이한 것을 제외하고는 아크시간과 아크전류, 즉 아크에너지가 모두 동일한 것으로 계산하였다. 반면에, 실험치에 있어서는 아크에너지가 서로 다르기 때문에 상대적인 비교에 어려운 점이 있다. 하지만, 계산치와 실험치를 바탕으로 팽창실 용적의 증가에 따른 압력상승 최대치는 물론 전류영점에서의 압력상승치를 추정하는 것이 가능하다.

3.2 팽창실의 용적이 따른 차단성능

본 연구를 위해 제작된 모델차단부는 팽창실의 용적이 2절에서 언급한 바와 같이 5종 2조로 그림 5에는 단락전류 크기에 따른 팽창실의 최대압력상승치를 나타내고 있다. 이 그림에서 팽창실의 용적이 증가함에 따라 최대 압력상승치의 기울기가 감소하는 것을 알 수 있으며, 감소폭도 점점 줄어들어 1350cc 나 1550cc에서의 최대 압력상승치는 차단전류 25kA까지 큰 차이를 보이고 있지 않다.

참고로, 각각의 팽창실에 따른 모델차단기에서 25kA정격전류의 차단은 800cc인 경우 3회, 1350cc 2회, 1550cc 5회, 1750cc와 2000cc가 각각 6회 차단하는 데 성공하였으며, 실패원인은 1350cc의 경우는 조립불량, 나머지 경우는 소호부의 절연성능 저하로 인한 대지간의 절연파괴가 주 원인이었다. 800cc의 경우 25kA차단성공 횟수가 3회로 1550cc, 1700cc, 2000cc에 비해 상대적으로 적었던 것은 극간거리가 40mm로, 다른 소호부 85mm에 비해 크게 감소하여 SF₆가스의 절연성능 열화의 영향을 더 크게 받았기 때문인 것으로 판단된다. 소호부의 절연성능 저하는 아크에 의한 분해가스의 누적, 차단시의 고온 열가스의 영향, 그리고 소호부내에 사용된 절연물의 아크에 의한 열화 등에 의한 것으로 판단된다. 또한, 모든 파라메터들이 고전압, 대전류가 존재하는

환경하에서 측정되어야 하므로 기기의 절연 및 노이즈제거에 세심한 주의가 필요하며, 1550cc인 경우 시험후의 결과처리에서 노이즈 제거작업이 별도로 필요했으며, 2000cc인 경우 중요 파라미터인 압력측정에 실패했다.

4. 결론

25.8kV 25kA 열팽창 분사식 차단부의 개발을 위해, 5종의 팽창실 용적에 따른 모델차단부를 설계·제작하여 단락전류 차단시험과 압력상승치를 분석한 후 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 아크가 존재하는 경우, 팽창실의 압력상승의 계산치는 실험치와 잘 일치하고 있으며, 그 계산 프로그램은 향후 팽창실의 설계 변수를 파악하는 데 매우 유용할 것으로 판단된다.

2. 일반적으로 팽창실 용적이 증가하면 차단성능도 증가하는 것으로 알려져 있으나, 본 연구의 모델차단부에서는 이러한 효과가 팽창실 용적의 증가에 따른 팽창실 내부의 상승압력 감소에 의해 크게 장해되어 큰 효과가 없는 것으로 판단된다. 즉, 팽창실 용적 800cc에서 2000cc까지는 차단성능에 뚜렷한 영향을 미치지 않으므로 팽창실 용적이 작을수록 경제적인 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

3. 보다 안정적인 차단성능을 확보하기 위해서는 팽창실의 압력상승이 10.0 [bar]이상이어야 하므로, 팽창실 용적의 조정뿐만 아니라 개극속도의 조정도 필요한 것으로 판단된다. 또한, 분해가스의 누적, 차단시의 고온 열가스의 영향, 아크열에 의한 절연물의 열화 등에 의한 소호부내의 절연성능 저하는 소호부형상변경과 팽창실 및 소호부외함을 절연물(예복시 몰드)로 해결될 것으로 전망된다.

* 이 연구결과는 과학기술처가 지원한 특정연구과제 95NB35로 수행한 연구내용중의 일부입니다.

<참고문헌>

1. 박경업, 송기동, 신영준, 장기찬, 김귀식, 김진기, “유부하시의 열팽창분사식 소호부내의 상승압력”, ‘95 대한전기학회 학계학술 대회 논문집 Vol. C, 7, 1975. pp1344 - pp1346.

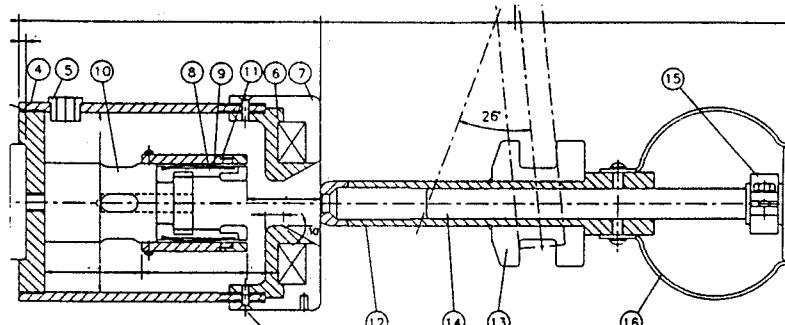


그림 1. 모델차단부의 개략도

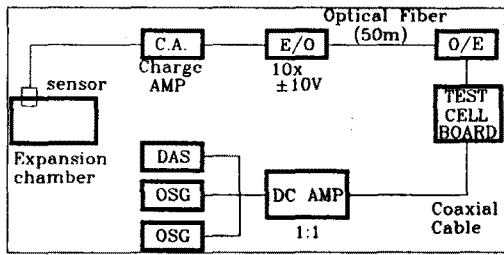


그림 2. 열팽창실 내부의 상승압력 측정시스템

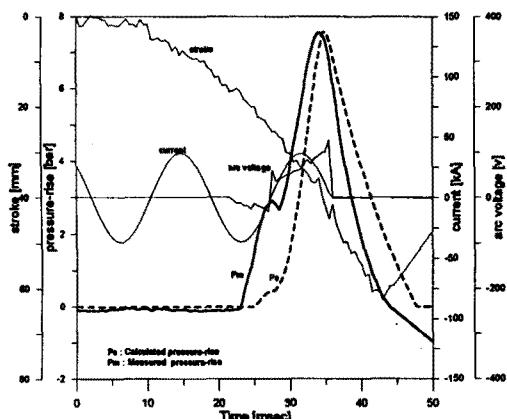


그림 3. 팽창실내의 압력측정치와 계산치의 비교

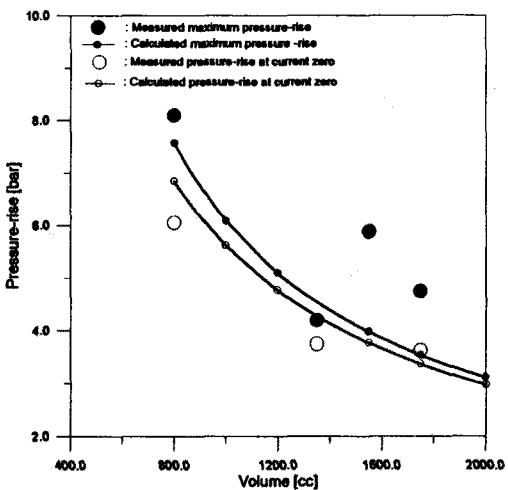


그림 4. 전류영점에서의 압력상승치

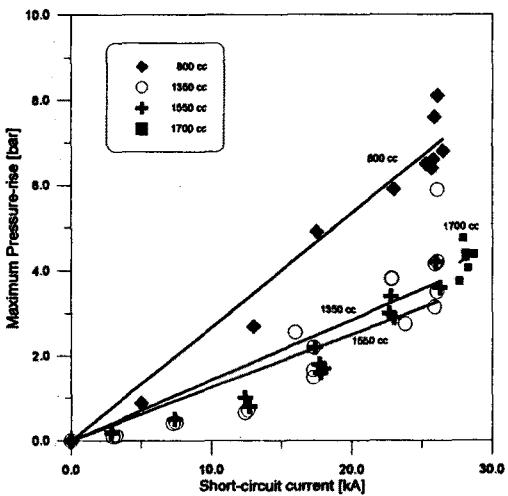


그림 5. 단락전류 크기에 따른 최대 압력상승치