1995年度 定期總會 및 秋季學術大會 論文集 1995.11.18

극간절연회복성능 향상을 위한 초고압GCB의 노즐형상설계

송 기 동°, 박 경 엽, 신 영 준, *권 기 영, *송 원 표
한국전기연구소 개폐장치연구팀, *효성중공업(주) 기술연구소

Design of Nozzle Shape for UHV GCB to Improve the Dielectric Recovery Characteristics between Electrodes

K.D. Song, K.Y. Park, Y.J. Shin, *K.Y. Kweon, *W.P. Song
K.E.R.I., *Hyosung Indus. Co., Ltd.

ABSTRACT

This paper presents a method which can improve the dielectric recovery characteristics of UHV class gas circuit breakers by changing the nozzle shape. To calculate the dielectric recovery voltage between electrodes, the flow field and electric field analysis in a 362kV model interrupter has been performed with the commercial programs, RAMPANT and FLUX2D, respectively.

As a result, we found that the nozzle shape affects the characteristics of dielectric recovery between electrodes and obtained great improvement of it by the changing the downstream nozzle shape.

1. 서 론

일반적으로 차단기는 BTF(Bus Terminal Fault) 및 SLF(Short Line Fault)와 같은 대전류 차단성능과 장거리 송전선로, 케이블, 콘덴서뱅크 등을 개로할 때 일어날 수 있는 진상소전류 차단과 같은 소전류차단성능을 동시에 보유해야 한다. 대부분의 차단기는 부하전류나 고장전류를 차단할 때, 첫 전류영점에서 차단하지 못하고 접점간격이 충분히 확보된 후에야 성공적으로 아크를 소호하지만, 진상소전류와 같이 극히 작은 전류는 접점이 개리한 뒤 곧 차단될 수 있다. 이 경우에는 극간에 충분한 이격거리가 확보되지 않은 상태에서 계통전압 최대치의 약 2배에 가까운 전압(차단후 0.5사이클이 경과한 시점에서)이 극간에 인가되어 재점호가 일어날 가능성이 증가하게 된다. 재점호가 일어난 후 전류를 차단하게 되면 이론적으로 전압이 점차 상승하여 외부에서 섬락이 일어나거나 콘덴서가 파괴되는 일이 발생한다. 따라서 진상소전류 차단성능은 극간의 절연회복능력과 밀접한 관계가 있으며, 극간의 절연회복능력은 극간의 가스밀도와 전계강도에 의해 결정되는 섬락전압으로 평가할 수 있다[1].

본 연구에서는 362kV 63kA 모델차단부를 개발하는 과정에서 노즐 및 접점의 설계에 활용하기 위해, 상용 CFD(Computational Fluid Dynamics)프로그램인 RAMPANT와 FLUX2D를 사용하여 여러 가지 노즐형상에 대해서 냉가스 유동해석과 전계해석을 통해 극간의 절연회복특성을 파악한 결과를 검토하였다.

2. 모델차단부의 유동해석 및 전계해석

차단기 극간의 절연회복능력은 극간의 임의 지점에서의 가스밀도와 전계강도에 의해 결정되는 식(1)의 섬락전압을 구해보면 알 수 있다[2].

$$V_{bd} = a\frac{\rho^b}{E} \ [kV] \qquad (1)$$

여기서 a, b는 상수이고 ρ는 가스밀도[kg/㎥], E는 전계강도[pu/㎜]를 나타낸다.

그림 1은 초기경계조건을 설정하기 위한 모델차단부의 스트로크와 파퍼실 압력상승을 나타내고 있다[3].

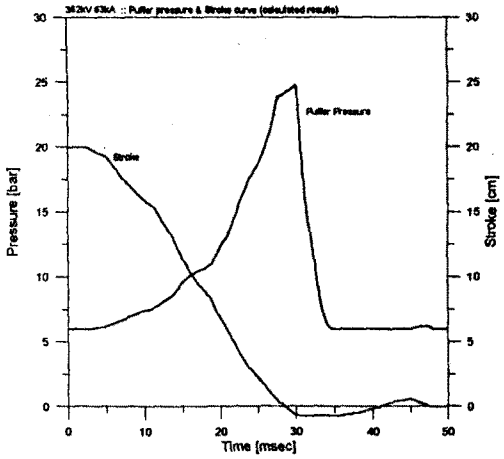
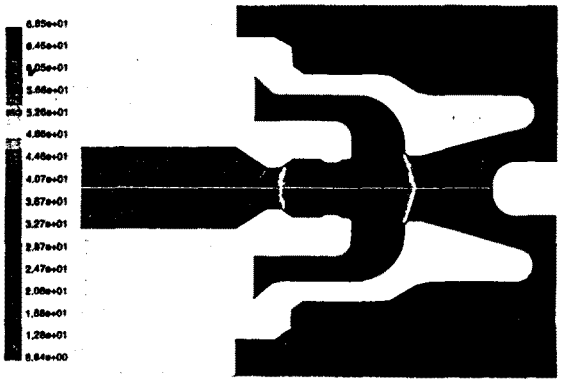
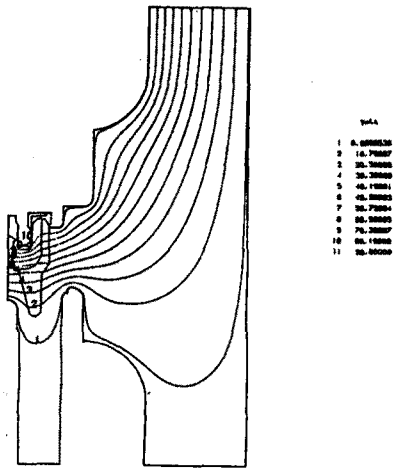


그림 1. 모델차단부의 스트로특성 및 파퍼실 압력상승.

그림 2에는 대표적인 유동해석과 전계해석의 한 결과로 기준모델(S2P00 : 현재의 모델차단부)에 대한 가스밀도분포와 등전위분포를 나타내고 있다.



(a) 기준모델의 최소아킹시간으로 여겨지는 시점에서의 가스밀도분포,



(b) 기준 모델차단부내에서의 등전위분포.

그림 2. 기준모델에 대한 유동해석과 전계해석의 한 예.

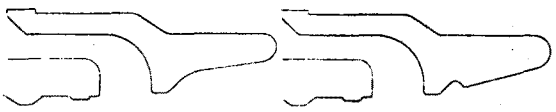
식(1)을 사용하여 고정접점, 가동접점, 노즐 등 차단부 전체의 섬락전압을 구해보면, 고정아크접점의 선단부분이 절연회복에 가장 취약하다는 것을 알 수 있다. 왜냐하면, 이 부분에서의 가스밀도는 급격히 변화하여 감소하고 전계가 가장 집중되는 부분이기 때문이다.

또한, 노즐형상이 변하는 경우에는 고정아크접점 선단부분에서의 가스밀도는 크게 변하지만, 전계강도는 차단부 전체에 걸쳐 거의 변화가 없다. 따라서, 본 연구에서는 노즐형상을 여러가지로 변화시켜 유동해석과 전계해석을 통해 모델차단부의 극간절연회복특성을 향상시키는 방안을 모색하였다.

3. 노즐형상에 따른 극간절연회복특성

그림 3에는 본 연구에서 검토된 대표적인 노즐형상을 나타내고 있으며, 그림 4에는 유동해석과 전계해석을 통해 얻어진 기준모델의 극간절연회복 특성곡선을 나타내고있다.

(a) 기준모델(S2P00) (b) 모델 S2P01



(c) 모델 S2P02 (d) 모델 S2P03

그림 3. 모델차단부의 극간절연회복향상을 위해 검토된 대표적인 노즐형상.

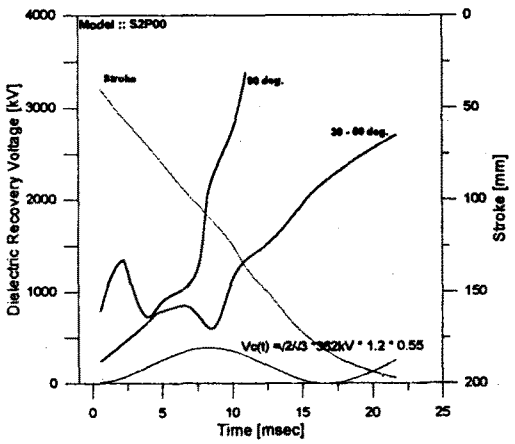


그림 4. 기준모델에 대한 극간절연회복특성.

그림 4에서 현 모델차단부는 극간에 인가되는 과도전압을 다소 견딜 수 있는 여유를 가지고 있지만, 스트로크 약 100㎜지점, 과도전압의 최대치에 이르는 지점에서 급격히 떨어지고 있다. 이러한 불안한 요소를 없애기 위해 노즐형상을 변경하여 개선방안을 모색하였다.

그림 3 (b)의 노즐형상은 고정아크접점이 노즐목을 빠져나간 후 고정아크접점쪽으로 유동을 유도하기 위해 상류장에 약 45도의 수렴각을 갖도록 했으며, 과도전압의 최고치에 고정아크접점 30 ~ 60도의 절연회복전압의 최저치가 위치하는 것을 피하기 위해 노즐하류장을 약 4㎜정도 노즐유출구쪽으로 이동시켰다. 그림 5에 모델S2P01의 절연회복특성의 결과를 기준모델과 비교하고 있다.

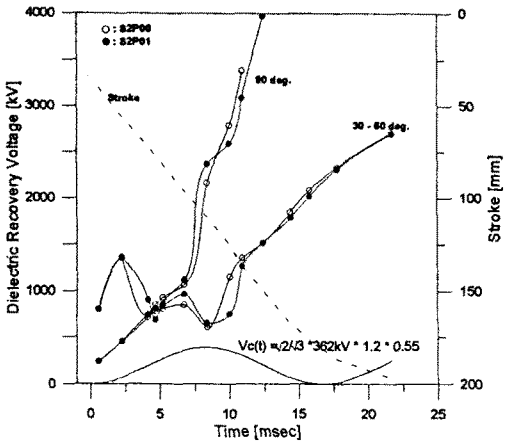


그림 5. 고정아크접점에서의 모델S2P01의 절연회복특성.

위 그림에서 알 수 있듯이 크게 개선된 점을 발견할 수 없었다. 따라서, 상류장 형상의 변경은 큰 효과를 얻을 수 없다는 결론을 내리고, 하류장의 형상을 변경시켜 재검토 하였다. 모델 S2P02와 S2P03모델은 이러한 결론하에 변경된 것으로, 모델 S2P02는 하류장에서 충격파의 영향과 유동의 빠른 발산을 완화시켜 주기 위해 종형의 하류장형상을 취한 것이고, 모델S2P03은 고정아크접점이 노즐목을 빠져나간 직후에 가스유동의 빠른 발산으로 인해 고정아크접점의 선단부분에서 밀도가 급격히 감소하는 것을 방지하기 위해 노즐하류장 시작점에 홈(vault)을 낸 형태이다. 이와 같은 각각의 노즐형상에 대한 절연회복특성을 그림 6에 나타내고 있다.

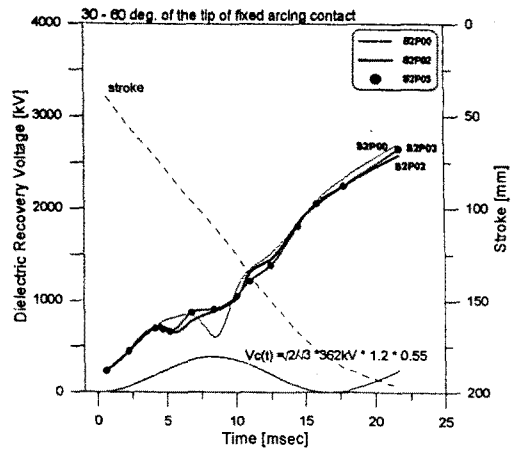


그림 6. 각각의 노즐형상에 대한 절연회복특성..

상기의 그림에서 하류장의 형상을 변경한 모델은 모두 크게 개선된 것을 알 수 있으며, 특히 최종 개선 모델S2P03은 전반적으로 아주 우수한 특성을 보이고 있다.

4. 결 론

이상의 결과에서 차단부내의 극간절연회복특성은 노즐형상과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 특히 하류장의 형상변경으로 크게 개선시킬 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

주의할 것은 소전류차단성능이 우수한 노즐형상이 대전류차단성능도 반드시 우수하다고는 말할 수 없다. 아크를 냉각시킨 열가스의 배출이 용이하지 않을 경우에는 오히려 아크소호에 실패하여 차단실패할 수도 있다. 따라서, 극간절연회복특성이 우수한 노즐형상이 결정되었을 경우, 아크(열가스)해석도 반드시 이루어져야 한다. 또한 극간절연회복특성은 개리속도와 접점의 형상에도 큰 영향을 받으므로, 노즐형상변경에 의한 절연회복특성개선 작업에 앞서 적절한 개리속도와 아크접점에 대한 형상최적화가 선행되어야 한다.

이 연구결과는 한국전력공사가 지원하는 생기반과제 95IP32로 수행한 연구내용중의 일부입니다.

<참고문헌>

1. A. Greenwood, "Electrical Transients in Power Systems" Wiley-Interscience Pub., John Wiley & Sons, Inc. 1991.

2. 신영준, 박경엽, 장기찬, 송기동 외 . . ."800kV모델차단부의 극간 절연회복특성; I. 가동주접점과 가동아크접점간 이격거리의 변화에 대한 영향분석", 대한전기학회 추계학술논문, 94. 11. pp 270 - 273

3. 박경엽, 신영준, 송기동, 최영길 외. . ."무부하시의 초고압 GCB의 파피실린더 내부의 상승압력 계산", 대한전기학회 하계논문집 C, 94. 7. pp 1559 - 1561.