

170kV 50kA 콘덴서 불용형 SF6 가스절연개폐기의 극간 전기해석

송태현*, 배동진, 최영찬, 김익모, 윤치영, 강중호
현대중공업 (주)

Electric Field Analysis of 170kV 50kA Class SF6 GCB Without Capacitor

Tae-Hun Song, Dongjin Bae, Young-Chan Choi, Ik-Mo Kim, Chiyoung Yoon, J.H. Kang
Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd.

Abstract - In this paper, electric field analysis of 170kV class GCB is carried out. Considering the movement of arcing contacts during circuit interruption, electric field analysis between moving and fixed contacts is performed with changing the stroke length. From analysis results, electric field stresses are high at stationary arcing contact, moving arcing contact and varies at changing nozzle shapes. Specially, the stationary arcing contact shape has an significant effect on the capacitive small current interruption and the reduction of the electric field stress at this area is important. Varying the shape of stationary arcing contact, electric field analysis is carried out and the optimal shape of the fixed arcing contact where the electric field stress is low is designed.

분석이 가능하도록 기본형상으로부터 간략화된 형상 즉, 메쉬수가 적고 또한 메쉬가 정확하게 되는 형상으로 만들어서 해석을 수행하였다. 따라서 최대한 실제 형상을 반영하는 조건에서 전계세기에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각되는 부분을 간략화는 모델링 과정이 필요하다. 검증결과 실제 모델과 간략화된 모델사이에 전계값의 차가 크지 않으므로 이 모델링을 타당한 해석 모델링 기법으로 간주한다.

1. 서 론

초고압 차단기는 근거리선로고장(Short Line Fault) 차단시에 전원측과 선로측의 전압차에 의해 과도회복전압의 초기 상승률이 대단히 높게 되어 차단책무가 매우 가혹하게 된다. 이 가혹한 차단 책무를 달성하기 위해 극간에 콘덴서를 설치하여 과도회복전압의 급격한 초기 상승률을 저감시키는 방법이 이용되고 있다. 그러나 이와 같은 극간 콘덴서의 사용으로 근거리선로고장차단성은 향상되나 차단기 내부에 이 콘덴서를 설치하기 위해 설치공간이 필요하게 되고 부품수도 증가하여 극간 구조가 복잡하게 된다. 또한 극간 콘덴서는 전량 수입품으로써 경제적으로도 가격상승을 유발한다. 전기적으로도 극간콘덴서는 계기용변압기와 철공진을 일으키며 모선측에 유도전압을 발생시키는 등 좋지 않은 현상을 유발시킨다.

따라서 차단기의 소형, 경량화, 계기용변압기와의 철공진과 모선측 유도전압의 제거, 콘덴서 수입비용 절감, 생산공정의 비용 절감 등을 위해서 극간 콘덴서를 사용하지 않고 근거리선로고장책무를 달성할 수 있는 차단기의 개발이 필요하다.

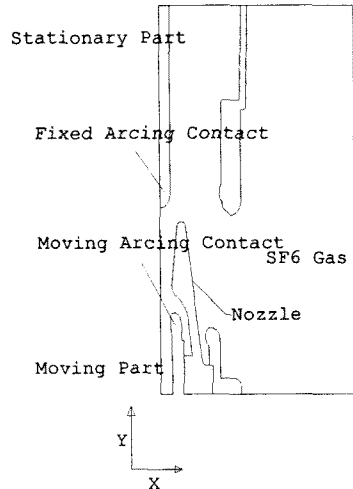
본 논문에서는 170kV 50kA급 콘덴서 불용형 차단기의 개발을 위해 전기해석을 수행하여 전기계중영역의 형상 변경을 통해 전계를 완화시키는 설계방법을 제시했다.

2. 본 론

2.1 차단부 구조

그림 1에는 전기해석을 위한 차단부 모델이다. 이 모델은 y축에 대해 축대칭이며 윗부분이 고정부이며 아랫부분이 차단작용시 구동하게 되는 구동부이다.

모델링은 계산 시간을 단축하고 결과값에 대한 빠른



[그림 1] 해석모델

2.1.1 해석 결과

해석 조건은 다음과 같다 SF6가스 충전압력은 5기압 이고 인가전압은 고정부는 1[V], 가동부와 외함에는 0[V]를 인가한다. 비유전율은 SF6가스와 노즐에 각각 1.0과 2.1을 주었다.

표 1은 완전 개리(stroke=160mm)상태에서 전기해석을 한 결과이다. 여기서 차단기의 절연회복특성에 중요한 위치로써 다음과 같이 4곳을 설정하였고 표 1의 값은 이 영역에서의 최대전계강도이다.

- (1) FAC 30-60 : 고정아크점접선단의 30° ~60°
- (2) FAC 90 : 고정아크점접선단의 90°
- (3) MAC 30-60 : 가동아크점접의 30° ~60°
- (4) NDS : 노즐 하류장의 시작영역

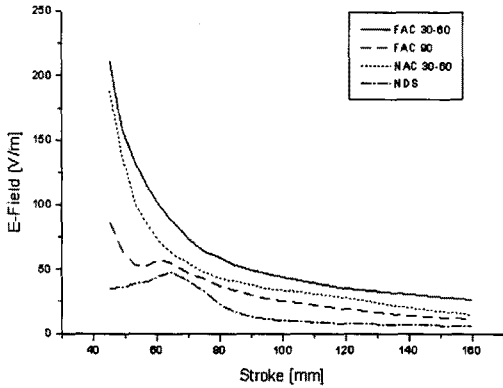
[표 1] 최대전계강도

E-Field [V/m]			
FAC 30-60	FAC 90	MAC 30-60	NDS
26.298	10.292	22.853	5.553

위 최대전계강도를 IEEE 규격의 뇌충격내전압 시험치로 환산하면 각각 FAC 30-60은 19.7(kV/mm), FAC 90은 7.7(kV/mm), MAC 30-60은 17.1(kV/mm), NDS는 4.1(kV/mm)로 모두 SF6가스압력이 5기압 일때의 허용전계강도 이하이다.

위 결과는 완전 개리일 때의 전계강도이므로 스트로크를 변화시켜가면서 전계해석을 하여 최대전계강도가 인가되는 위치를 확인한다.

그림 2는 스트로크를 변화시켜가면서 전계해석을 한 결과로 이 때 스트로크는 45(mm)에서 160(mm)까지 변화한다. 이 그림으로부터 최대전계는 항상 고정아크접점 선단부분에 형성되는 것을 알 수 있다. 비록 고정아크접점선단부분의 전계강도가 SF6가스압력 5기압일때의 허용전계강도보다 낮지만 상당히 높은 전계강도가 형성되는 것을 알 수 있다. 차단기의 극간에 콘덴서를 사용하지 않게 되면 고장전류차단 후 극간에 인가되는 과도회복전압의 상승률(RRRV, Rise Rate of Recovery Voltage)이 더 높게 되고 따라서 극간에 더 강한 전계가 형성되게 된다. 그러므로 이 부분의 전계를 저감시키는 것이 중요하게 되므로 고정아크접점선단부분의 형상을 변경시켜가며 전계해석을 하여 전계강도가 낮게 형성되는 고정아크접점을 설계한다.



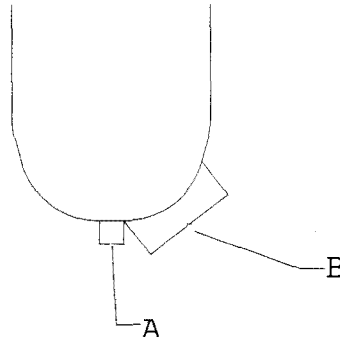
[그림 2] 스트로크 변화에 따른 최대전계강도

2.2 고정아크접점 형상 변경에 따른 전계 변화

최대전계가 인가되는 고정아크접점선단부분의 형상을 변경하여 전극형상의 변화에 따른 전계집중현상을 고찰하였다. 형상변경은 최대전계가 형성되는 위치와 유동흐름을 고려하여 다음과 같이 2가지로 변경한다.

(1) 고정아크접점선단 끝의 평평한 직선부분(그림 3의 A)의 직선부 길이를 변화시킨다.

(2) 곡률반경(그림 3의 B)을 변화시킨다.



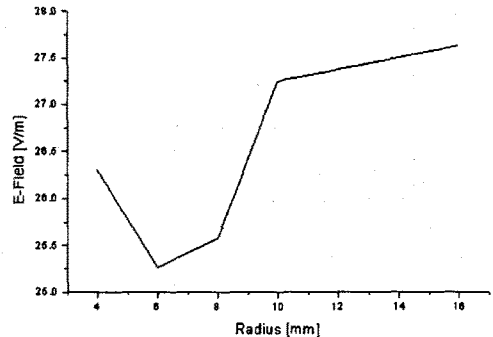
[그림 3] 형상변경 parameter

2.2.1 고정아크접점선단 직선부 길이 변경

기존 모델의 직선부 길이는 4(mm)이다. 이 길이를 6(mm), 8(mm), 10(mm), 16(mm)로 점점 늘려가면서 전계해석을 하였다. 길이를 확장한 결과 선단부 직선부분이 미소하게 뒤로 후퇴하게 되어 전체 고정아크접점의 길이가 미소하게 축소되긴하나, 이 축소에 의해 다른 차단부 부품에 미치는 영향은 없으므로 고정아크접점의 길이가 줄어든 것을 무시해도 무방하다.

해석결과는 그림 4에 나와있다. 최대전계강도는 길이 6[mm]인 경우에 최소로 25.262[V/m]가 되며 그리고 나서는 길이가 증가함에 따라 증가한다. 전계의 저감정도를 알아보면 6[mm]는 기존 모델의 전계강도에 비해 3.939%줄어들었으면 8[mm]인 경우는 -2.734%, 10[mm]는 +3.59%, 16[mm]는 +5.035%의 최대전계세기의 변화가 있었다.

선단부의 직선부분의 길이가 늘어나면 이 부분의 가스 밀도가 증가하고 따라서 절연내력이 증가할 것으로 생각되어진다. 이와 같은 고정아크접점선단부의 가스밀도 증가에 따라 절연내력이 증가하면 재접촉의 방지효과가 향상되며 특히 진상소전류 차단성능이 향상된다. 그러나 이것은 유동해석상에서의 확인이 필요하다.



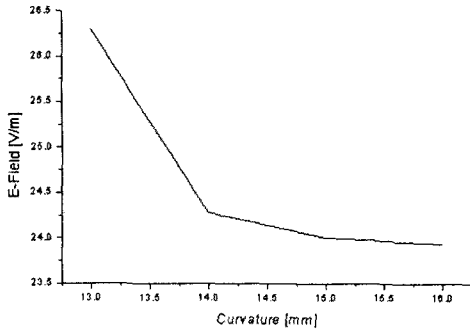
[그림 4] 직선부 길이 변화에 따른 최대전계강도 변화

2.2.2 곡률반경 변경

기존 모델의 곡률반경은 13[mm]이다. 이 곡률반경을 각각 14[mm], 15[mm], 16[mm]로 증가시키면서 전계해석을 하였다.

해석 결과 최대전계강도는 곡률반경이 커질수록 작아졌다. 14[mm]인 경우는 최대전계가 24.281[V/m]로 기존 모델에 비해 7.67%가 줄어들었으며, 15[mm]인 경우는 24.001[V/m]로 8.735%, 16[mm]인 경우에는 23.935[V/m]로 8.985%가 줄어들었다. 따라서 곡률반경을 더욱 크게 하여 고정아크접점선단을 직선부분이 없는 곡선으로 모두 처리하는 것이 전계강도를 가장 작게 할 수 있으나, 이와 같은 형태는 절연회복특성에 큰 영향을 미치는 SF6가스의 밀도를 낮추게 되므로 결과적으로 절연내력이 낮아지게 된다.

그러므로 곡률반경의 최적화를 위해서는 유동해석이 병행되어 두 해석 결과로부터 판단하는 것이 필요하다.



[그림 5] 곡률반경변화에 따른 최대전계의 변화

3. 결 론

초고압차단기에서 극간 콘덴서는 근거리선로고장차단 성능 향상을 위해 필요하다. 그러나 극간 콘덴서의 사용에 인한 철공진의 문제와 차단기의 소형화 및 경량화를 위해서는 콘덴서 불용형 차단기의 개발이 필요하다. 그러나 콘덴서를 사용하지 않게 되면 극간에 인가되는 과도회복전압의 상승률이 더 높게 되어 이로 인해 더 높은 전계가 형성된다. 따라서 콘덴서 불용형 차단기의 개발을 위해 극간의 전계해석을 하여 극간의 전계분포를 파악하고 전계를 저감시키는 것이 필요하다. 해석결과 고정아크접점선단에서 최대전계가 나타났다. 비록 최대 전계값이 허용전계세기 이하였으나, 상당히 높은 전계강도가 형성되므로 고정아크접점의 형상을 변경하여 전계 저감을 이루었다.

(1) 고정아크접점선단 끝의 직선부분의 길이를 변경한 경우 6[mm]로 기존의 모델보다 2[mm] 길이를 늘렸을 경우에 최대전계가 3.939% 줄었다. 그러나 직선부의 길이를 더욱 늘리면 최대전계가 오히려 증가하였다.

(2) 고정아크접점의 모서리쪽 곡률반경을 변경한 경우에는 곡률반경을 크게 할수록 최대전계강도가 줄어들었다.

(3) 극간 절연회복특성 향상을 위해서는 고정아크접점선단부의 전계저감뿐만 아니라 SF6가스의 밀도 증가도 필요하므로 유동해석이 병행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전기연구소, "765kV급 GIS용 차단부설계 및 제조기술 개발", 1994
- [2] 고대승, 신관석, 민길식, 강성모, 박기엽, "FLUX2D를 이용한 362kV GIS차단부의 전계 및 열해석", 전기기기학회 추계학술발표회합동논문집, 39, p122, 1998.