

전계해석을 이용한 고전압 커패시터 뱅크의 쉴드 설계

정진교, 이우영, 박경엽, \*윤자홍  
한국전기연구원, 현대중공업[주]

Design of Shield for Capacitor Bank Using Electric Field Analysis

J.K. Chong, W.Y. Lee, K.Y. Park, \*J.H. Yoon  
KERI, \*HYUNDAI Heavy Industries Co., Ltd.

**Abstract** - When high voltage capacitor bank is constructed, Many problems occur because of corona. So, To decrease a effect of electric field is usually installed a shield. This paper shows the results of design of shield for high voltage capacitor bank.

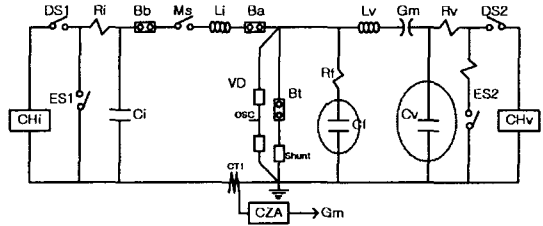


그림 1 합성시험설비 회로도

1. 서 론

GCB(Bas Circuit Breaker)의 차단성능을 검증하는 방법으로는 직접시험법과 합성시험법 등 크게 두 방법으로 나눌 수 있다. 직접시험은 단락전류, 과도회복전압 및 회복전압을 하나의 전원인 단락발전기에서 직접 공급하여 시험하는 방법이다. 그러나 단락발전기는 전압원 측 에너지를 공급하기 위한 용량에 한계가 있으므로, 단락전류의 전원으로는 단락발전기를 사용하고 과도회복전압 및 회복전압을 공급하여 주는 전원으로는 커패시터 뱅크를 이용하는 방법이 현재 세계적으로 널리 사용되고 있다. 단락발전기를 이용하는 경우에는 운전 및 유지보수에 시간과 비용이 많이 소요되며, 특히 차단기의 개발 시에는 많은 시험을 반복적으로 실시하여야 하므로 단락발전기의 운전 및 유지보수에 대한 부담이 더욱 커지게 된다. 따라서 전류 및 전압의 공급원으로 커패시터와 리액터의 공진전류를 이용하면, 이러한 경제적 부담이 없어지므로 경제적이고 효율적인 시험을 실시할 수 있고, 차단기의 연구개발에 보다 적극적으로 대처해 나갈 수 있다. 이와 같이 커패시터와 리액터의 공진전류를 이용하는 시험설비의 회로도를 그림 그림 1에 나타내었다.

일반적으로 전압원 공급에 사용되는 커패시터 뱅크(그림1에서 원으로 표시)는 충전장치의 용량에 따라서 수백 kV 까지 전압을 인가하게 된다. 이와 같이 고전압 충전장치를 이용하게 되는 경우, 커패시터 뱅크는 전계집중에 의한 기중코로나가 발생하게 되고, 소음 및 에너지의 누설이 발생하게 된다. 이러한 코로나현상을 방지하기 위해서는 전계의 세기가 큰 지점에서 전계의 세기를 감소시켜야 하는데 이를 위하여 일반적으로 이용하는 방법이 쉴드를 사용하는 것이다. 그러므로 그림 1에서 원으로 표시된 부분에는 사용하는 전압의 값에 따라 쉴드를 설치하여야 한다.

본 논문에서는 500kV 급 커패시터 뱅크의 코로나 발생을 방지하기 위하여 설계된 쉴드의 형상 및 위치선정에 대한 연구내용을 정리하였다.

2. 전계해석을 이용한 쉴드 설계

2.1 기본형상 선정

일반적으로 전계완화를 위한 쉴드의 기본형상은 원형구조이며 재질은 무게가 가볍고, 도전성이 양호한 알루미늄을 이용하게 된다. 본 연구를 위하여 선정된 기본적인 쉴드 기본형상은 외경이 150mm인 파이프 형상이고, 재질은 알루미늄이다.

2.2 수치해석을 위한 기본해석 형상

커패시터의 내압이 63kV인 경우, 각각의 커패시터 단에는 지면에서부터 0/63/126/189/252/315/378/441/504kV의 전압이 인가된다. 커패시터 뱅크의 모든 단에 대하여 전계수행을 수행할 필요가 있지만, 수치해석의 계산시간 및 하드웨어의 용량의 제한 때문에 3단(374/473/500kV)의 뱅크에 대해서만 전계해석을 수행하였다. 수치해석은 Magsoft사의 제품인 Flux2D (ver. 7.5)를 이용하였으며 정전장 해석을 수행하였다.

커패시터 뱅크의 기본적인 형상은 그림 2와 같다. 뱅크와 커패시터의 끝단이 5cm 떨어져 있으며, 커패시터 및 커패시터 뱅크의 모서리 부분에서는 정확한 전계의 값을 산출하기 어려우므로 모서리 부분에서의 근사값 계산을 위하여 90도의 각을 이루는 모서리 부분은 곡률반경 2mm의 곡률형상으로 가정하여 계산을 수행하였다. 경계조건으로는 뱅크의 최고 높이에서 2m, 4m떨어진 곳에 접지가 존재하는 것으로 가정하였으며, 경계조건으로는 500, 437, 374kV를 입력하여 계산을 수행하였다. 커패시터 뱅크의 설계변수로는 커패시터의 설치위치 및 쉴드의 설치위치 등을 선정하였다.

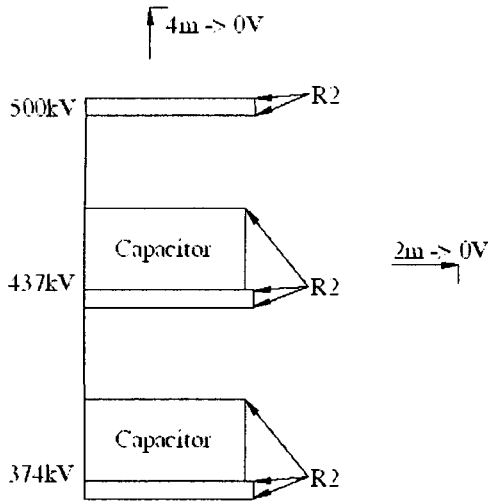


그림 2 बैं크의 기본형상 및 해석조건

그림 3은 커패시터 बैं크와 커패시터의 이격거리에 따른 해석형상을 보여주고 있으며, 결과는 표 1에 정리하였다.

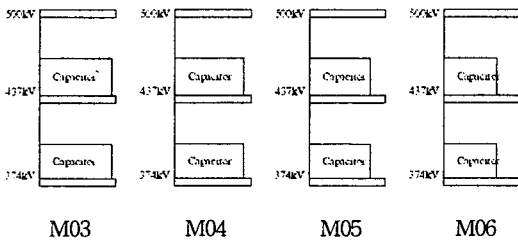


그림 3 기본형상 및 변형 형상

표 1 기본형상 및 변형형상의 해석결과

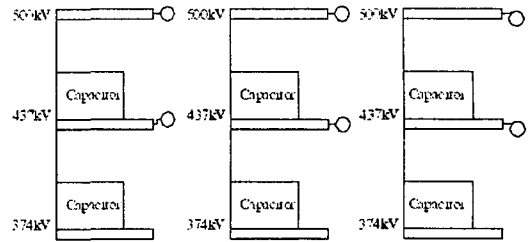
[단위 : kV/mm]

	이격거리 cm	500kV 뱅크상부	500kV 뱅크하부	437kV 커패시터	437kV 뱅크상부	437kV 뱅크하부	374kV 커패시터	374kV 뱅크상부
M03	5	2.79	2.4	0.77	1.11	1.76	0.34	0.64
M04	10	2.78	2.36	0.65	1.35	1.87	0.23	0.82
M05	20	2.86	2.38	0.32	1.50	1.88	0.02	0.87
M06	30	2.85	2.44	0.07	1.57	1.93	0.17	0.91

일반적으로 절연파괴의 세기는 많은 요소에 의하여 영향을 받지만, 대기압의 건조 공기 중에서의 3kV/mm의 값을 가진다. 이 값을 기준으로 코로나 발생을 제어하기 위하여 이용하는 기준값으로는 도체표면에서의 전계의 세기가 2 kV/mm 이하의 값이 되게 하는 것이다. 표1에서 볼 수 있듯이 커패시터 모서리에서의 값은 모든 경우에 1kV/mm 이하의 값을 가지므로 어떠한 경우에도 절연상의 문제가 없는 것으로 판단되지만, 커패시터 बैं크에서는 코로나가 발생할 것으로 예측된다.

커패시터 बैं크에서의 전계의 세기를 감소시키기 위하여

선정한 쉴드의 기본형상을 그림 4에 나타내었다. 커패시터와 커패시터 बैं크의 끝단의 이격거리는 30cm인 M06모형을 이용하여 해석을 수행하였다.



M06\_S01 M06\_S02 M06\_S03  
그림 4 बैं크형상 M06에 쉴드가 설치된 형상

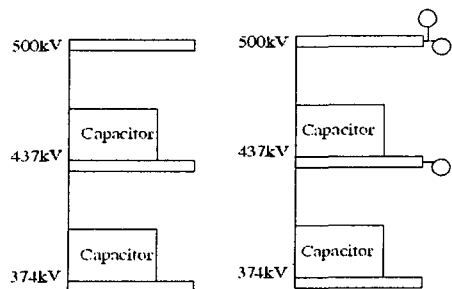
그림 4의 형상에 대한 계산결과를 표 2에 정리하였다. 커패시터에서 발생하는 최대전계의 값은 생략하고, 커패시터 बैं크에서 발생하는 전계의 세기만을 정리하였다.

표 2 그림 4의 형상에 대한 수치해석 결과

[단위 : kV/mm]

	이격거리 cm	500kV 뱅크상부	500kV 뱅크하부	437kV 뱅크상부	437kV 뱅크하부	437kV 뱅크상부	374kV 뱅크상부	374kV 뱅크하부
M06	30	2.85	2.44	1.57		1.93	0.91	
M06_S01	30	0.89	1.2	0.49	0.08	0.72	0.76	0.7
M06_S02	30	0.89	1.2	0.52	0.17	0.73	0.47	0.62
M06_S03	30	1.4	1.15	0.3	0.3	0.73	0.3	0.63

쉴드의 기본형상은 곡률형상을 이루고 있으므로, 쉴드 표면에서 계산된 전계의 세기는 계산결과와 비교하면 오차범위가 작을 것으로 판단되며, 커패시터 बैं크에서 발생하는 전계의 값은 실제의 값과 비교할 때 오차값이 클 것으로 판단된다. 이러한 이유로 전계의 세기에 대한 기준값으로는 쉴드에서 전계의 세기는 1.5kV/mm이하, 커패시터 बैं크에서 전계의 세기는 1.0kV/mm이하의 값으로 선정하였다.



M06 M06\_S04  
그림 5 형상 M06에 대하여 최적화된 쉴드 형상

표 2에서 볼 수 있듯이 쉴드가 설치된 해석형상 M06\_S01, M06\_S02, M06\_S03의 경우, 500kV बैं크상부

에서 전계의 세기가 약 1kV/mm의 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 이 부분에서의 전계를 감소시키기 위하여 추가적으로 설드를 설치하였다. 500kV 뱅크상부에 설치된 설드의 형상을 그림 5에 나타내었다.

해석형상 06\_S04에 대한 해석결과와의 예를 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 최대전계의 세기는 500kV 커패시터뱅크 상부에 추가적으로 설치된 설드에서 발생하고 있음을 알 수 있으며 결과값을 환산하면 최대전계의 1kV/mm이다.

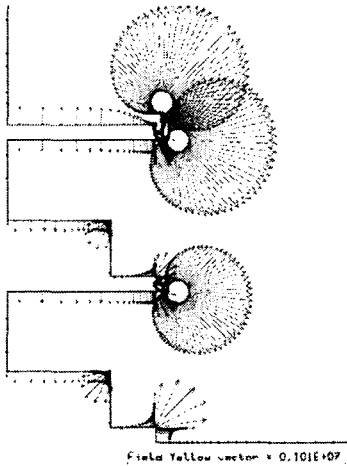


그림 6 형상 M06\_S04의 해석결과

해석형상 M06과 M06\_S04에 대한 해석결과를 정리하면 표3과 같다.

표 3 형상 M06과 M06\_S04의 해석결과

	이격거리 cm	500kV 뱅크상부	400kV 원드	400kV 뱅크하부	437kV 뱅크상부	437kV 원드	437kV 뱅크하부	374kV 뱅크상부
M06	30	2.85		2.44	1.57		1.93	0.91
M06_S04	30	0.02	1.0/1.0	0.3	0.29	0.72	0.29	0.63

표 3에서 볼 수 있듯이 커패시터뱅크의 모소리 부분에서의 값은 0.3kV/mm이하의 값을 가지고 있으며, 설드 표면에서의 전계의 세기는 1kV/mm의 값을 가지는 것을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 합성시험설비의 전압원 측 커패시터 뱅크에서 발생하는 코로나의 발생을 방지하기 위하여 연구된 설드 형상 및 배치에 대한 내용을 정리하였다. 이러한 연구를 기본으로 설치된 커패시터 뱅크의 설치 전경을 그림 7에 나타내었다. 현재 설치된 커패시터 뱅크는 특성시험 중에 있으며 특성시험의 최종결과는 향후 정리하고자 한다.

