

EMTP를 이용한 스타콘뱅크의 투입제지 해석

원 영진, 서 순교, 정 태호

한국전력공사

Analysis of closing surge in static condenser bank using EMTP

YoungJin Won, Soongyo Seo, Tayho Jung

Korea Electric Power Corporation

Abstract

The operation of condenser-bank is now increasing around Kyoungin area. The operation of condenser-bank is used for the improvement of under voltage and expand of power demand. But the operation has the problem in itself as the switching over voltage. This report deals with the static-condenser fault caused by abnormal operation of circuit breaker which has occurred last summer. We have analyzed this fault using EMTP(electromagnetic transient program).

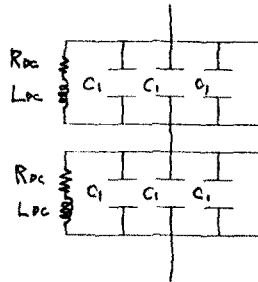


그림 1. 단위 콘덴서의 구조

1. 서론

최근 수도권 지역을 중심으로 콘덴서뱅크의 운전이 점점 하고있다. 콘덴서 뱅크의 운전은 저전압확보책 및 전력공급 확보대책의 하나로 활용되고 있으며, 계통변전소 주변압기의 3차측에 설치하여 운전되고 있다. 콘덴서뱅크의 운전은 그 특성상 개폐 서-지의 문제가 상존하고 있고, 계통변전소의 설비사고는 대규모 파급사고를 유발할 수도 있으므로 특히 신중히 다루어야 할 분야이다. 본 논문은 지난 해에 발생된 콘덴서 뱅크의 차단기 부적정 동작에 따른 사고를 현장조사하여 기본자료를 수집한 후, 전력계통과도현상해석프로그램인 EMTP(Electro Magnetic Transient Program) 를 사용하여 검토분석한 것이다.

2. 콘덴서 뱅크의 구조 및 검토대상 회로

검토대상 콘덴서뱅크의 구조 및 회로는 다음과 같다.

가. 콘덴서뱅크의 구조

해석대상 콘덴서 뱅크는 뱅크당 용량 5000 KVAR, Y-Ungrounded로 결선되어 있었으며, 10 뱅크가 345/154/22.9 MTr의 3차측에 병렬로 설치되어 있다. 이중 8뱅크는 기투입 되어 있었고 9번째 뱅크를 투입시 차단기의 부적정동작으로 인하여 사고가 발생하였다. 콘덴서뱅크의 구조는 그림 1. 과 같다.

EMTP를 사용하기 위한 해석대상회로는 다음과 같다.

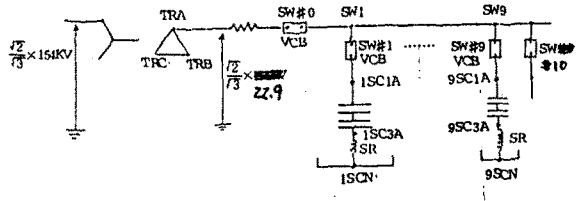


그림 2. 해석대상회로

나. 검토대상회로 기기의 제원

검토대상회로에 사용된 기기의 제원은 다음과 같다.

- 1) MTr의 3차측 단락용량 : 700 MVA
- 2) S.C : 5 MVAR/BANK, 7.2 KV(278 KVAR X 18개)
- 3) 방전코일(D.C) : 834 KVA X 6 개/BANK
- 4) 직렬리액터(S.R) : 300 KVA /BANK, 793 V
- 5) V.C.B : 25.8 KV, 600 A

위의 DATA를 이용하여 EMTP 해석을 위한 제반 회로정수를 도출하면 다음과 같다.

- 1) C_1 : 14.2 μF
- 2) L_{SR} : 16.7 mH
- 3) R_{DC} : 400 Ω (실측치)
- 4) L_{DC} : 165 H
- 5) R_{SRCE} : 0.749 Ω

여기에서 R_{DC} 는 사고가 발생한 이후 사고원인분석을 위하여 측정된 값을 사용하였다. R_{SRCE} 는 동가전원임피던스로서 100 MVA 기준이다.

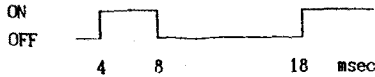
다. 검토대상 스위칭조건

해석대상 스위칭조건은 콘덴서뱅크의 주차단기(#0)는 상시 투입상태이고 각 뱅크스위치는 다음과 같은 상태로 한다.

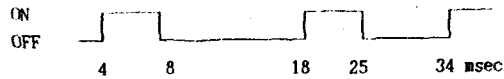
- 1) CASE 1 : #1 CB 각상 동시투입
- 2) CASE 2 : #1 CB B상 펌핑 1회
- 3) CASE 3 : #1 - #8 CB 각상 동시투입
- 4) CASE 4 : #1 - #8 CB CLOSE, #9 CB B상 펌핑 1회
- 5) CASE 5 : #1 - #8 CB CLOSE, #9 CB B상 펌핑 2회

펌핑 발생시 B 상의 동작시간은 다음과 같다.

1) 펌핑 1회 발생시



2) 펌핑 2회 발생시



3. 해석결과

각 CASE 별로 EMTP를 사용하여 해석한 결과는 다음과 같다.

	계 산 결 과 (kV Peak)			
	모선	S.C단자	S.C내지	구간전압
case 1	21	-	-	-
case 2	27.5	-	-	-
case 3	22	+ 33 - 40	-	0
case 4	23.5	+ 59 - 60	+ 86.5 - 50	-
case 5	38	+ 92 - 95	+ 90 - 230	220

4 검토

가. 23 kV LA 파손 원인

주변압기 3차 모선의 상시 대지간 최고전압은 19.66 kV였으며, #1 뱅크만 투입시 21 kV로서 전압개선의 효과를 볼 수 있다. (그림 3) 이 경우 1상이 펌핑하게되면 약 27.5 kV의 최고전압이 발생하여 장시간 지속되므로 콘덴서 뱅크의 열화를 촉진하게된다 (그림 4). 다음으로 #1 - #8 뱅크는 기투입된 상태에서 #9 뱅크를 투입하여 1상에 1회의 펌핑이 발생하면 과전압은 약 23.5 kV이나 비교적 빠른 시간 안에 전압의 안정이 이루어진다 (그림 5). 물론 이 경우, 콘덴서뱅크에는 펌핑조건에 따라 그림 6.에서 보듯이 매우 높은 전압이 발생할 경우도 있다. #1 - #8 뱅크가 기투입되어있고 #9 뱅크투입시 2회의 펌핑이 발생한 경우, 모선의 최고전압(그림 7)은 38 kV로서 고주파의 전압이 장시간 지속되므로 변전소 모선용 피뢰기 (정격 21 kV)의 에너지 내량의 한계치에 도달할 경우 피뢰기의 파손도 예상된다.

나. S.C 내부소자 및 Case 간 절연파괴 가능성

S.C 절연강도 기준		이상전압발생	
		case4	case5
단자간 전압	14.4 kV x 2 (1분간) * 초기 1/3 E 전압에서 빠르게 2E 전압으로 상승, 1분간 견디어야 함.	59 (41.7)	92 (65)
대지간 전압	RMS 50 kV (1분간) * 상용주파 내전압	2.89	4.5

case4 및 case5에서 스타콘의 단자전압(그림 8, 9)은 시험전압기준치인 28.8 kV를 초과하며, 지속시간도 1분이상이므로, 스타콘 내부 소자의 절연파괴는 예측가능하다. 또한 대지간 전위상승도 내전압한계치를 초과하므로 사고로 연결될 수 있다.

차단기의 구간전압상승율은 case5의 경우, 약 4.0 kV/us로 매우 높은 값을 보여주므로(그림 10) 재점호의 가능성도 배제할 수 없다.

다. S.C 뱅크 투입시 돌입전류 및 써-지 임피던스 영향

스타콘 뱅크 투입시 과도현상으로 돌입전류의 발생은 필연적이며, 특히 선투입 스타콘 뱅크는 진상전원으로 작용하므로 후투입 스타콘뱅크의 돌입전류는 증가하게 된다. case3의 경우, 이상전압은 + 33 에서 - 40 kV (약 19 kV,rms)로 상규대지전압의 1.8 - 1.3 배로 스타콘 상용주파 내전압을 고려할 때 문제 없는 것으로 판단된다.

라. 추정사고원인

일반적으로 25.8 kV 급 VCB는 소호실내에 원반형의 전극을 두어 전극간에 먼집축을 통하여 투입 및 차단 동작이 이루어지도록 되어있다. 이 경우 가동전극의 구동장치로 스프링을 사용하므로, 스프링의 경년열화로 적절한 탄성을 유지할 수 없는 경우 펌핑의 문제가 발생할 수 있다. 본 검토 대상 차단기는 육내용으로 제작된 스프링을 육외에서 장시간 사용한 결과 스프링의 열화로 인하여 펌핑이 발생된 것으로 추정된다.

5. 향후 검토사항

1) 본 검토에서는 변압기 3차측 모선에서 스타콘 벙크의 말단까지 거리가 짧은 관계로 진행파를 사용한 선로 모델을 사용시 계산시간 간격 (T)의 선정의 어려움 및 원하는 시간까지의 출력을 받기위하여는 계산시간이 매우 길어지는 문제 때문에 SERIES R-L-C 회로를 사용하여 검토하였다. 그러므로 개폐차-지 진행파의 반사에 의한 전압의 중첩효과가 배제되었다.

2) 차단기의 ARC에 의한 효과가 반영되지 않았다.

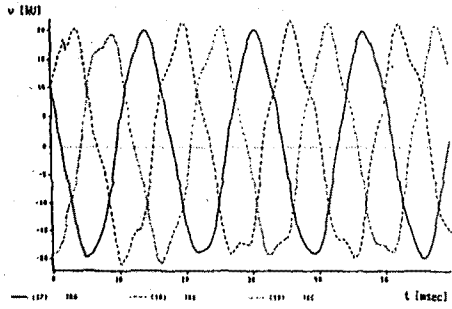


그림 3) 23 KV 모선전압 (CASE 1)

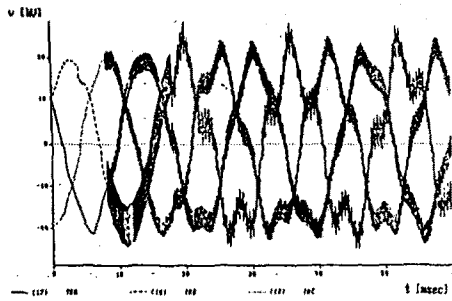


그림 4) 23 KV 모선전압 (CASE 2)

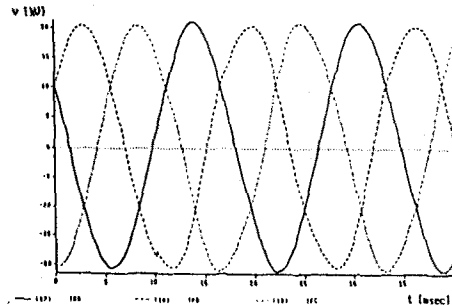


그림 5) 23 KV 모선전압 (CASE 3)

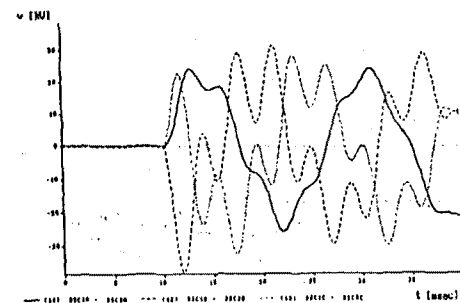


그림 6) CONDENSER 전압 (CASE 3)

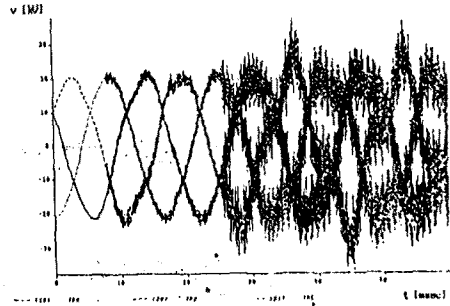


그림 7) 23 KV 모선전압 (CASE 5)

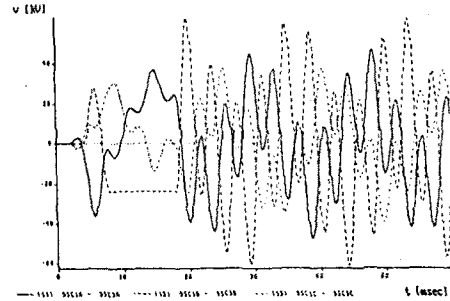


그림 8) #9 CONDENSER 전압 (CASE 4)

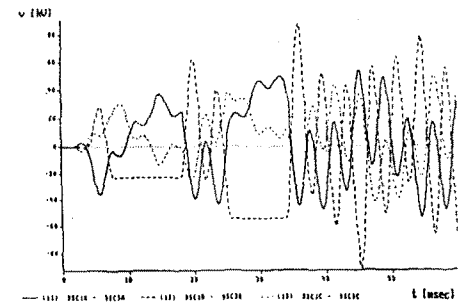


그림 9) #9 CONDENSER 전압 (CASE 5)

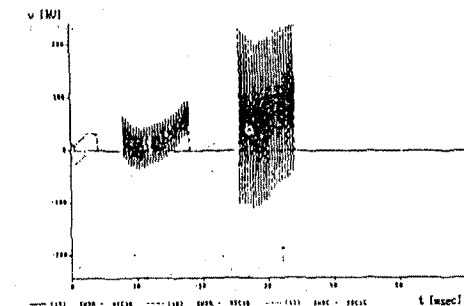


그림 10) #9 CB 구간전압 (CASE 5)

6. 참고문헌

- 1) EMTP Rule Book, ATP LEC
- 2) Transmission and distribution, Westing house