

345kV 포스코파워~서인천S/S간 한류리액터 설치에 따른 차단기 과도회복전압 검토

유희영, 허연, 박순규
한국전력공사

The Influence of Current Limit Reactor installed in 345kV power systems on Transient Recovery Voltage

Ryu Heeyoung, Hur Youn, Park Soonkyu
Korea Electric Power Corporation

Abstract - 본 논문은 인천지역 345kV 계통고장전류 저감을 위한 한류리액터 설치에 따른 362kV 50kA 차단기의 과도회복전압 정격 초과 여부를 EMTP를 활용하여 검토하였다. 과도회복전압(TRV : Transient Recovery Voltage)은 크게 두가지, 최대전압(Vp)과 초기과도회복전압상승율(RRRV:Rate of Rise of Recovery Voltage)로 구분하며, 리액턴스 성분이 증가하면 RRRV가 상승하여 차단기가 고장전류를 차단시 절연과파(열과파)로 이어질 수 있다. IEC 62271-100 규정에는 RRRV를 정격 차단전류의 100% 크기(T100%) 차단시 2kV/us이내로 규정하고 있으며 이 보다 작은 전류의 T90, T75 차단시의 규정치는 계산식에 의해 정해진다.

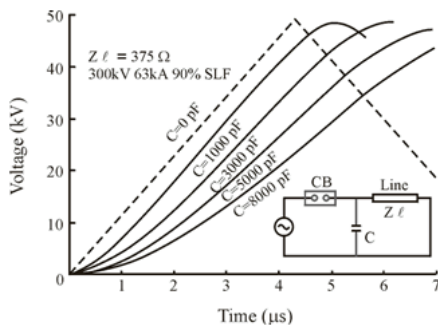
1. 서론

인천지역에 포스코복합 등 신규발전소가 연계되면서 인천지역 345kV 계통의 고장전류가 차단기 정격을 초과하게 되었으며 이에 대한 대책으로 '10년 포스코복합#5기 계통연계 시점에서 345kV 포스코파워~서인천 송전선로간 한류리액터(CLR:Current Limit Reactor) 설치가 계획되었고 본 논문은 계통에 직렬리액터 설치에 따른 차단기 TRV가 정격(IEC 기준) 초과여부를 EMTP로 모의검토하였다

2. 본론

2.1 과도회복전압

과도회복전압은 전류차단 직후 차단기 극간에 나타나는 과전압으로 크게 Vpeak와 RRRV로 나누고, RRRV는 TRV 초기에 나타나는 과전압의 상승률[kV/us]로 이 값이 높으면 열과파(Thermal Failure) 이어지며 Vpeak는 말 그대로 TRV의 최대전압이며 이 값이 규정치를 초과하게 되면 유전과파(Dielectric Failure)로 이어진다.



<그림 1> 커패시턴스의 크기에 따른 RRRV 변화

리액턴스 성분은 RRRV를 높게 하며, 커패시턴스 성분은 RRRV를 낮게 하고 Vpeak는 높게한다. 또한 RRRV는 근거리 선로고장시 차단기를 중심으로 선로측에서 접점(contact)와 고장지점 사이에 전압의 왕복진동에 의해높게 나타난다.

$$RRRV_c = kP^a(di/dt)^{-b} \quad \text{----- (1)}$$

위 (1)식은 puffer형 가스차단기의 물리적 특성에 의한 RRRV

의 계산식이다. 여기에서 P는 파파실 압력, di/dt는 전류 I=0에서 고장전류의 기울기, k, a, b는 차단부 구조에 따른 상수로 각각 GCB의 경우 대략 4.1, 2.6, 2.4를 적용한다.

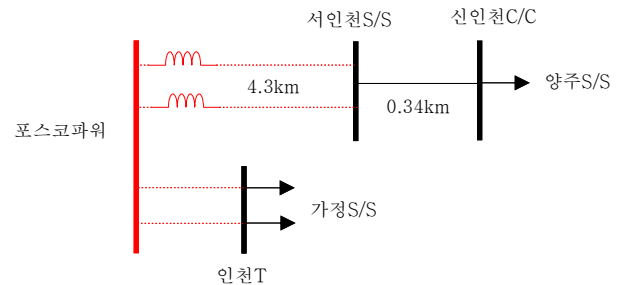
RRRV 능력은 크게하기 위하여 파파실 압력을 높이는 방법과 병렬커패시터를 설치하는 방법이 있는데 전자의 경우는 파파실 크기 및 조작속도를 높여야 하는 구조적, 고비용 문제가 있다, 따라서 병렬커패시터를 차단기 접점간에 설치하는 방법이 주로 사용된다 SF6 가스차단기의 경우는 다른 차단기들보다 RRRV에 더 민감하기 때문에 RRRV를 낮추기 위해 차단기 극간의 병렬capacitor을 설치한다

계통에서의 대부분 고장은 송전선의 지락고장으로 고장전류 차단시 RRRV 검토해야 한다.

일반적으로 송전선로가 케이블일 경우는 케이블 물리적 특성 때문에 TRV를 별도 검토하지 않아도 규정치를 만족한다. IEC 규정에는 정격전압 15kV 이상, 차단전류 12.5kA 이상의 차단기 중 가공송전선에 직접 연결하는 있는 차단기에 대해서만 TRV를 검토한다. 또한 고장지점이 차단기에서 멀어지면 고장전류가 작아지고, 이에 따라 RRRV가 작아지기 때문에 고장전류의 90%, 75%만 대해서만 검토한다.

2.2 설치규모 및 계통축약

신설위치는 포스코파워 스위치야드내이며 345kV 포스코~서인천 송전선로에 설치한다. 리액터 규격은 345kV 1,850A, 15Ω 2조이고 차단기 규격은 362kV 4000A 50kA이다.



<그림 2> 인근 계통도

한류리액터가 설치되는 345kV 포스코파워~서인천S/S을 포함한 N+1 계통으로 축약하였으며, 345kV 변압기 2차측, 즉 154kV 계통에서 유입되는 고장전류도 해당 모선에 등가 반영하였다.

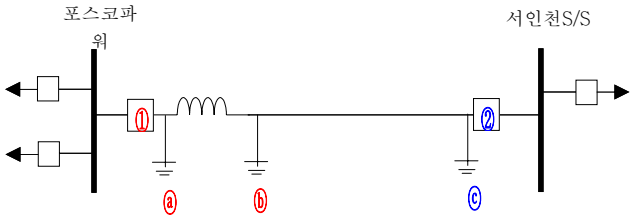
2.2 검토조건 및 TRV 검토

2010년 준공이후 2011년 계통으로 모의하였으며, EMTP 모의시 Surge 임피던스는 송전선로가 지중케이블을 감안하여 50~75을 적용하였다.(가공선로 350~400적용). 지중케이블의 전파속도는 가공송전선로(3×10⁸m/s)의 70%값을 적용하였으며, 362kV 차단기의 극간 Grading capacitor 2730[pF]이 영향도 고려하였다.

<표 1> 고장위치별 검토 조건

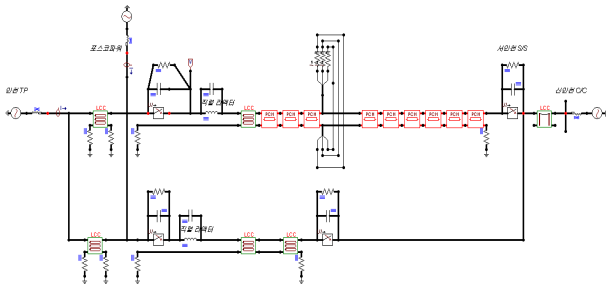
고장 위치	고장 종류	대상 차단기	검토 대상
㉠	3상단락지락	①번 차단기	Vpeak
㉡	3상 / 1선지락	①번 차단기	Vpeak/RRRV
㉢	3상단락지락	②번 차단기	Vpeak

한류리액터가 계통에 설치될 경우 RRRV는 상승하게 되는데 이는 고장위치별 즉, BTF(Bushing Terminal fault), SLF(Short Line Fault), 변압기측 고장에 따라 다르고, 또한 선로형태 가공, 지중케이블 따라 다르게 나타난다.



<그림 3> 고장위치와 검토대상 차단기

RRRV의 경우는 근거리 선로고장(SLF)시가 가혹하기 때문에 위 고장위치 중 ㉠지점에 대해 0.5km, 2km, 3.5km 및 3상, 1상 고장으로 나누어 상세 검토하였다



<그림 4> EMTP ATPdraw를 이용한 계통 모의

2.3 검토결과

검토결과 ㉠, ㉢ 위치에서 3상 붓싱 터미널 고장(BTF)시는 RRR V 및 Vpeak 모두 IEC 규정치를 만족하였다. ㉡점에서의 근거리선로고장(SLF)시는 1상 고장시는 규정치 11.7 [kV/us]보다 작아 규정치 범위안으로 만족하나 한류리액터 바로 옆에서 3상 고장시는 RRRV가 규정치 7[kV/us] 보다 약간 초과하는 것으로 나타났다

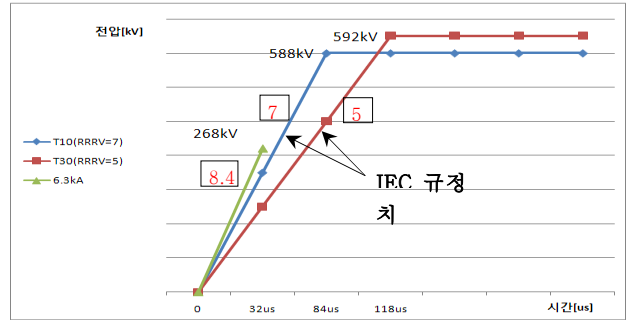
<표 2> 검토결과 데이터

고장 위치	고장 종류	CB	차단 전류 [kA]	dt [us]	dv [kV]	모의치		규정치		결과
						RRR V	Vp	RRR V	Vp	
㉠	3상	①	26	71	194.4	2.7	470	3	567	만족
		②	8	489	309	0.6	309	5	592	만족
㉡	1상	0.5km	6.6	33	281.1	8.8	-	-	-	만족
		2km	6.5	32	275.1	8.5	-	11.7	-	만족
		3.5km	6.2	33	267	8.0	-	-	-	만족
㉢	3상	①	6.3	32	268.8	8.4	268.8	7	588	불/만
㉢	3상	②	29	114	218.4	1.9	532	3	567	만족

일반적으로 RRRV 검토시는 T90%, T75%에 대해서 하면 그 이하의 고장전류에 대한 규정치는 IEC 계산식에 의해 규정치를 계산하여 적용한다.

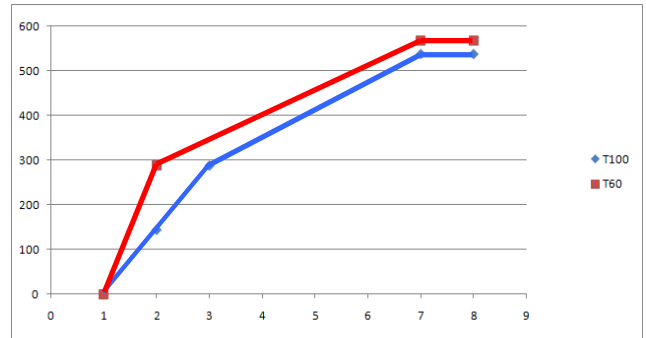
아래 그래프에서 T10, T30은 각각 차단기 정격차단전류의 10%, 30%일 때 계산식에 의해 산출한 RRRV와 Vpeak의 규정

치이고 한류리액터 바로 옆에서 3상 지락고장시는 RRRV가 8.4[kV/us]로 약간 초과한다



<그림 5> T10, T30 일 때 RRRV 규정치

아래 그래프는 50kA 정격차단기로 50kA(100%) 및 30kA(60%) 고장전류 차단시 계산식에 의해 구해진 TRV 규정치 곡선이다. 이 곡선내에 실제 TRV가 존재하면 만족하는 것이다. 고장전류가 작을수록 TRV 만족범위가 커져 그만큼 여유가 갖게 된다



<그림 6> 고장전류 크기에 따른 TRV 능력

3. 결 론

CLR 바로 옆에서 3상 단락고장시 RRRV가 규정치 7[kV/us] 보다 약간 큰 8.4[kV/us]로 나타났으나 실제 모의시 반영하지 않은 모선의 capacitor 성분을 고려하면 더 RRRV는 더 적은 값을 것이며, 또한 고장전류(6kA)가 작아 차단시 아크열 에너지가 적음으로 차단가능할 것으로 판단된다. 참고로 '리액턴스'의 영향을 보기위해 전류제한리액터가 없을 경우를 모의해 보았으며, 그 결과는 고장전류 8kA, 고장위치 500m에서 RRRV 0.12[kV/us] 정도로 매우 낮게 나타났다

[참 고 문 헌]

- [1] Masao Hosokawa, "Breaking ability and interrupting phenomena of a circuit breaker equipped with a parallel resistor or capacitor", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. PWR D-2, No 2, April 1987
- [2] High-voltage switchgear and controlgear-part100: High-voltage alternating-current circuit-breakers, International Standard IEC 62271-100, 2003.
- [3] IEEE Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers, 2005.
- [4] S. Zissu, "The Influence of Fault Current Limiting in Power Systems on Transient Recovery Voltage", IEEE, 1996