

345kV 고장전류 저감을 위한 한류리액터 설치시 차단기 TRV(근거리 고장시) 검토

박홍석*, 곽주식*, 주형준*, 유희영**, 한상욱***
 *한전 전력연구원, **한국전력공사, ***충남대학교

A Study on the TRV(SLF) of Circuit Breakers According to Install Current Limit Reactors

H. S. Park*, J. S. Kwak*, H. J. Ju*, H. Y. Ryu**, S. O. Han***
 *KEPRI, **KEPCO, ***ChungNam Nat'l Univ

Abstract - An enhancement for a transmission and substation equipment in power system make the system impedance to be lower. In principle, if the system impedance become low, system stability will be better, but the fault current become very higher. It is a very big problem for CB operating. As a fact of CB operating performance, high amplitude of the fault current may cause CB operation failure because of exceeding standard value in TRV. So we simulated TRV by using the EMTP. Generally there are two types of TRV in actual power system. One is short line fault, the other is bus terminal fault.

In this paper, we simulated the TRV at short line fault as installed current limit reactors to reduce fault current in 345kV ultra-high voltage system. Short line fault is caused from single line fault in transmission line.

1. 서 론

계속되는 전력수요의 증가로 인한 발전소 증설은 불가피하다. 급격하게 늘어나는 전력수요에 맞춰 전력을 공급하기 위해서는 전력설비의 대용량화, 복잡화됨에 따라 전력의 안정적인 공급을 위한 여러 가지 방안을 모색하고 있다. 하지만 이런 전력체통의 대용량화, 복잡화는 계통 전체의 임피던스를 작아지게 만들었다. 이는 전력체통의 결합력이 보강되어 안정도가 좋아지는 이점도 있지만, 단락 및 지락 고장시 고장전류가 증가하게 되어 기존의 설비에 적지 않은 문제를 일으킬 수 있다. 특히 계통의 개폐를 담당하고 있는 차단기의 경우 정해진 차단용량을 초과하는 고장전류의 유입은 계통 전체적인 문제를 야기할 수 있는 위험요소로 부각되고 있는 실정이다. 차단기의 차단성능을 좌우하는 고장전류와 전류 차단시의 과도회복전압이 상승하고 있으며, 이로 인한 차단실패 현상 발생시는 전력체통의 신뢰도 및 안정도에 커다란 영향을 미칠 수 있다.

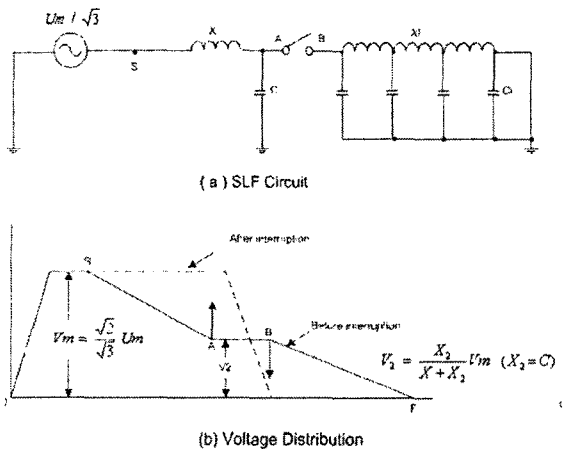
이처럼 고장전류의 증가로 인해 기존 설치되어 있는 국내 전력설비의 용량의 한계를 위협하고 있는 실정이며 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다. 이런 문제에 대한 대책으로 차단기의 차단용량을 증가시키는 방안이 있을 수 있지만, 기존 설치되어 있는 차단기의 교체에 따른 문제와 경제적인 측면을 고려한다면 적절한 방안으로 볼 수 없다. 따라서 보다 근본적인 문제를 해결하기 위해서 기술적인 충분한 검토와 계통조건과 실적용에 가장 적합한 방안을 선정하는 것이 우선시 되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 보다 근본적인 문제에 대한 해결방안으로 고장전류의 증가를 억제하기 위해 국내 기간송전망인 345kV 계통에 직렬리액터(CLR : Current Limit Reactors)를 설치 검토하고 있다. 고장전류 저감용 한류리액터(CLR)를 설치하였을 때 차단기의 양단에서 발

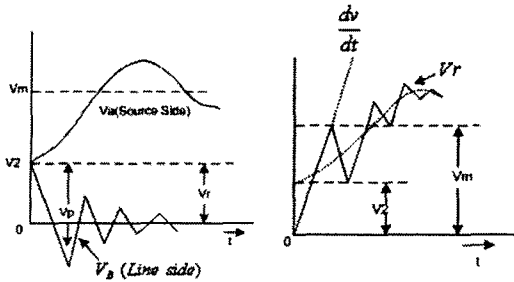
생되는 과도회복전압(TRV)을 검토하였다. 과도회복전압은 크게 모선고장(BTF : Bus Terminal Fault)으로 인한 과도회복전압과 송전선로의 고장으로 유입되는 고장전류에 의한 근거리고장(Short Line Fault)으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 그 중 변전소 인근 송전선로에서 근거리고장(SLF)시 차단기의 과도회복전압을 검토하였으며, 검토에 앞서 PSS/E를 이용하여 인근 계통을 등가하여 실제계통과 계통조건이 일치하도록 모의하였고, EMTP를 이용하여 차단기 양단의 과도회복전압을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 근거리선로고장(SLF)의 이해

차단기로부터 비교적 근거리(2~3km)에서 발생한 고장의 경우 고장전류 차단 후 차단기와 고장점 사이에 왕복 전위진동이 발생하여 다음의 그림에서 설명하는 sqk와 같이 급준한 과도회복전압 발생한다. 그림 1(a)는 SLF회로를 보여주는 것이다. 전원측 회로는 단일 주파수를 가진 하나의 회로상수로 표현되며 선로측 손실이 없는 분포정수 회로로 표시된다. 단락전류의 주파수는 전력주파수와 동일하고 따라서 정전용량의 영향은 무시될 수 있으며 선로측의 전압분포는 그림 1(b)와 같이 선형적이다. 이런 전압분포가 전류차단 후 전원측 전압에 영향을 받지 않을 때 과도 전압진동은 그림의 점선과 같이 분포한다. 전원측 전압에 영향을 받지 않을 때 차단기 차단 마지막 시점에서 전압반사 계수는 1이고, 고장시점에서는 -1이다. 그림 1(b)에서 A점과 B점에서의 전압진동은 그림 1(c)에 표시되며 접촉자사이에 가해진 전압은 그림 1(d)에 표시된다. 이것은 전류차단 직후 차단기에 높은 dv/dt가 인가되었을 때 SLF차단 특성을 나타내는 것이다.





(c) Voltage Oscillation at Points A, B (d) TRV across the contacts

그림 1. 근거리선로고장(SLF)의 이해

2.2 초기 과도회복전압(Initial TRV)

과도회복전압의 초기부분은 어떤 차단기 종류에 있어서는 상당히 중요한 영향을 미친다. 과도회복전압의 이 초기 부분을 초기과도회복전압(ITRV)라고 하는데, 이것은 모선 끝에서 반사파에 의한 작은 크기의 초기 진동에 의해 생겨난다.

ITRV는 주로 모선과 선로 Bay 구조에 의해 결정된다. 이처럼 ITRV는 물리적인 현상이며 SLF와 유사한 파형을 갖는다. SLF와 비교하여 ITRV는 첫 번째 Vpeak가 작지만, 첫 번째 Vpeak까지 도달하는 시간은 매우 짧아 영점 후에 1μs이다. 따라서 차단기의 열적 부분에 영향을 줄 수도 있다. 차단기가 SLF 정격을 갖는다면 SLF 시험으로 ITRV는 대신한다. ITRV는 busbar의 써지 임피던스와 전류에 비례하기 때문에, 25kA 이하 차단 정격전류와 100kV 정격전압을 갖는 차단기에서는 무시한다. 또한 GIS의 경우 써지 임피던스가 매우 낮기 때문에 무시한다.

2.3 IEC 62271-100 기준에 따른 SLF 기준치 산출 (L9, L75)

표 1. IEC 362kV SLF 시험 기준치

| 구분 | | SLF L75 | SLF L90 |
|--------------|-------------------------|----------|----------|
| 고장전류(차단전류) | | 30kA | 36kA |
| TRV | 초기파고치 | 296kV | 296kV |
| | 초기파고시간 | 148μs | 148μs |
| | 초기상승율 | 2.0kV/μs | 2.0kV/μs |
| | 파고치 | 414kV | 414kV |
| | 파고시간 | 444μs | 444μs |
| 선로측 | 초기파고치(U _T) | 140.4kV | 55.5kV |
| | 초기파고시간(T _L) | 16.41μs | 5.5μs |
| | 초기상승율 | 8.5kV/μs | 10kV/μs |
| 선로 길이(고장 지점) | | 2460m | 825m |

2.4 근거리선로 고장의 검토

과도회복전압 계산을 위해서는 대상 계통의 특성을 면밀히 검토하여 계통특성 및 과도회복전압의 계산 목적에 따라서 모델링 범위를 한정하여 경제적으로 계산할 수 있다. 따라서 아래 표 2와 같이 한류리액터의 규격과 수량, 그리고 설치 위치를 설정하였다. 그림 2는 EMTP 모의 실험을 위한 축약된 차단기 주변의 모선을 나타내고 있다. 차단기 구간을 중심으로 선로측과 전원측의 TRV를 별도로 검토하였으며 362kV 차단기의 극간 Grading Capacitor(2000pF)도 고려하였으며, 1.5차단방식을 고려

하여 병렬로 두개를 삽입하여 모의하였다. 화살표로 표시하고 있는 부분은 근거리선로 고장의 발생을 모의한 지점이다. 다음의 그림 3은 검토하고자 하는 345kV 계통을 PSS/E를 이용하여 등가하여 나타낸 계통 축약도이다.

표 2 설치될 한류리액터의 규격 및 설치위치

| 설치위치 | 규격 | 수량 |
|------|--------------------------------|----|
| T/L | 345kV 2200A 0.005PU (5.95Ω) | 2조 |

* 345kV 계통 기준임피던스(100MVA base) : 1190.25[Ω]

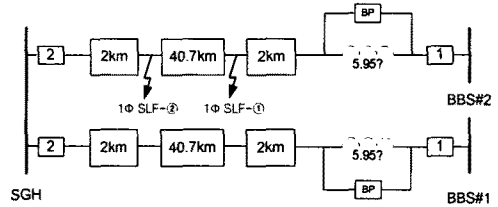


그림 2. EMTP 모델링을 위한 모선단선도

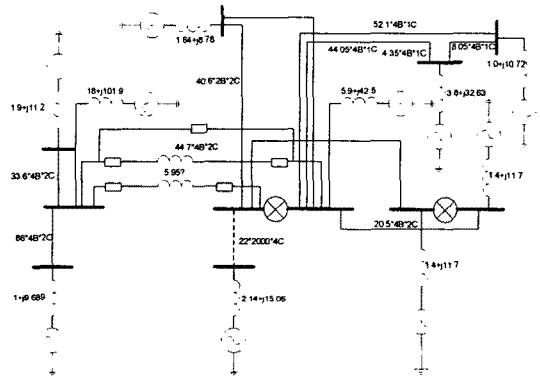


그림 3. PSS/E를 이용한 모의 계통 축약

2.5 근거리선로 고장 검토결과

362kV 차단기 극간 Grading Capacitor(2200pF)과 1.5차단방식을 고려하였으나 선로측의 CVT(2200pF, 대지간)에는 거의 영향을 미치지 않았다. 그림 2에서 표시하고 있는 SGH 변전소측의 (2)번 차단기에서 SLF시 TRV의 기준치 이하로 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

표 3. 양측 변전소간 T/L에서 SLF시 RRRV

| 2006년 | | |
|--------|--------------|-------------|
| 차단기 위치 | #1 T/L | #2 T/L |
| 차단 전류 | 14.133 kA | 11.583 |
| RRRV | 10.805 kV/us | 6.578kV/us |
| 2010년 | | |
| 차단기 위치 | #1 T/L | #2 T/L |
| 차단 전류 | 12.158 kA | 10.222kA |
| RRRV | 9.264 kV/us | 7.792kV/us |
| 2017년 | | |
| 차단기 위치 | #1 T/L | #2 T/L |
| 차단 전류 | 11.256 kA | 10.001kA |
| RRRV | 8.569 kV/us | 7.7324kV/us |

하지만 BBS 변전소에서는 SLF시 RRRV가 IEC 기준치를 상회하거나 초과함을 알 수 있었다. 따라서 345kV 양측 변전소간 T/L에서 거리별 SLF시 고장전류, RRRV값과 거리와의 상관관계를 살펴보았으며 그 결과는 다음과 같다.

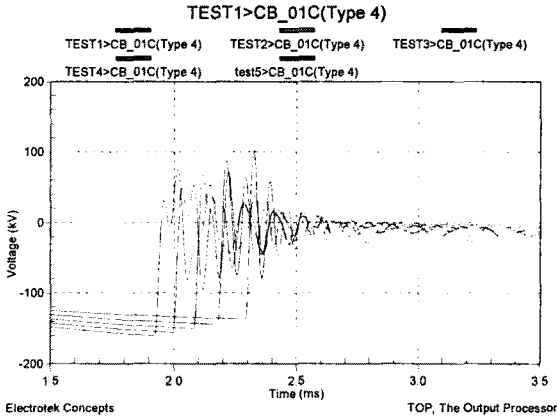


그림 4. 변전소간 T/L 선로차단기로부터 거리별 SLF시 RRRV 파형

기준치를 초과하였으나, TEC 62271-100 SLF 시험규정과 실제 계통에서 나타난 차단전류와 RRRV를 비교하여 분석하면 L90(차단전류 36kA)일 때 RRRV가 10kV/μs이며, 실제 계통에서 나타난 값은 차단전류가 14.1kA일 때 RRRV가 10.8kV/μs이다. 이 경우 RRRV값은 비슷하며 실제 차단전류값(14.1kA)은 적으므로 362kV 차단기 내부는 36kA의 고장전류를 차단할 때보다, SF6 분해가스가 적고, 차단기 접점의 금속증기도 적어 고장전류를 차단할 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 양측 변전소 사이 선로에서의 RRRV 초과

| 구분 | SLF L75 | SLF L90 | T/L worst case |
|--------------|-----------------|----------|----------------|
| 고장전류(차단전류) | 30kA | 36kA | 14.1kA |
| TRV | 초기과고치(U_T) | 140.4kV | 55.5kV |
| | 초기과고시간(T_L) | 16.41μs | 5.5μs |
| | 초기상승율 | 8.5kV/μs | 10kV/μs |
| 선로 길이(고장 지점) | 2460m | 825m | |

또한 RRRV값을 낮추기 위한 방법으로는 362kV 차단기의 Grading Capacitor 2000pF 이외에 별도의 Capacitor을 차단기 또는 직렬리액터와 병렬로 설치해야 할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김진환, "고장전류 및 TRV 상승에 따른 차단기 차단실패 예방대책에 관한 연구", 한양대학교 산업대학원 1999년
- [2] "345kV 계통 고장전류 저감을 위한 한류리액터 설치에 따른 362kV 차단기 TRV 검토", 한전 전력연구원, 2004년
- [3] "345kV 계통 고장전류 저감을 위한 한류리액터 설치에 따른 362kV 차단기 TRV 추가검토서", 한전 전력연구원, 2005년

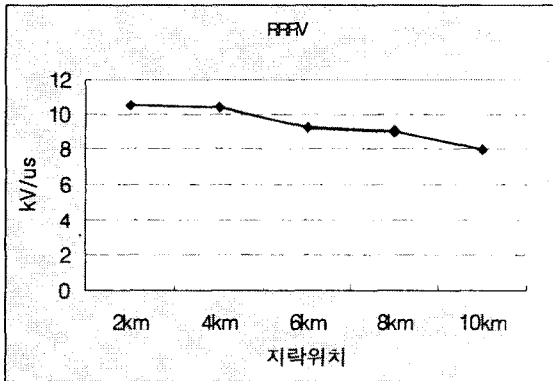


그림 5. 선로차단기로부터 거리에 따른 RRRV

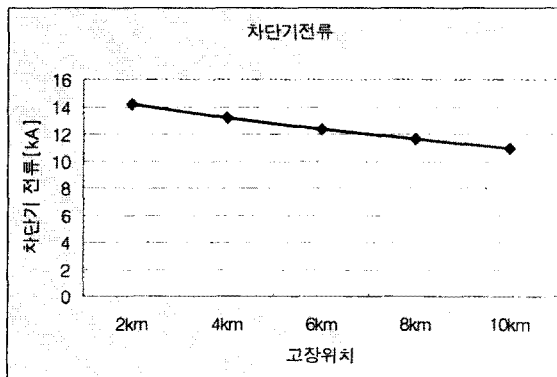


그림 6. 선로차단기로부터 거리별 고장전류

3. 결 론

I상 근거리선로고장(SLF)시 TRV의 RRRV가 IEC 기