

초고압 장거리 송전선로 가압에 따른 계통 과도현상 분석

문봉수 이경극
한국전력공사

The Analysis of Electromagnetic Phenomena of long EHV Transmission Line

B. S. Moon K. K. Yi
Korea Electric Power Corporation

1. 서 론

본 논문에서는 향후 우리나라 송전계통의 근간이 될 765 kV 송전선로 건설이 완료됨에 따라, 임시로 765 kV 변전소 건설 이전까지 345 kV 전압으로 운전중인 계통에서 발생할 수 있는 과도현상들을 여러 가지 운전조건에서 EMTP로 모의 분석했다.

모의 대상 선로는 신당진-신서산-신안성-신용인에 이르는 공장 186 km의 선로로써 이중 161 km에 이르는 765 kV 송전선로가 포함되어 차단기의 충진전류 차단 한계, TRV(과도회복전압) 측면의 검토 및 수전단의 전위상승 측면에서 사전 검토는 필수적이었다.

또한, 휴전된 선로의 유지보수 작업시에 작업자의 안전 측면에서 병행회선에 유도되는 전압의 크기와 전자유도전류 검토 및 차단기 투입저항 유무에 따른 과도현상들을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 송전선로모델 선정 및 선로정수 계산

EMTP의 선로정수 모의를 위해 JMARTI SETUP을 사용하였으며 345 kV 4도체 철탑 및 765 kV 6도체 철탑의 선로정수를 구하였다. 345 kV 송전선에 사용한 도체는 483 mm RAIL 도체이며, 765 kV 송전선에 사용한 도체는 전선의 단면적은 같으나 강심의 인장강도만 높은 483 mm CARDINAL 도체이다. 송전선로용 철탑의 대표 모델은 철탑 형별로 총 기수를 고려하여 지상고, 각 상도체용 압과 상도체간의 간격, 같은 상을 이루는 소도체간의 간격과 기하학적 위치 등을 반영하였으며 도체배치는 역상 배열된 것으로 하여 계산하였다. 대지저항은 300 [$\Omega \cdot m$]를 평균치로 적용하여 계산하였다.

| 철탑형 | 평균높이(m) | 기수 | 철탑형 | 평균높이(m) | 기수 |
|------|---------|----|------|---------|----|
| A4 | 33.0 | 2 | Ds4 | 34.2 | 10 |
| B4 | 32.0 | 7 | 3F4 | 54.0 | 1 |
| C4 | 32.3 | 3 | 3B4 | 38.0 | 2 |
| Cs4 | 48 | 3 | 3C4 | 35.2 | 5 |
| E4 | 32.2 | 7 | 3Ds4 | 34.2 | 4 |
| F4 | 44.75 | 4 | Do2 | 30 | 1 |
| SF4 | 36.85 | 7 | E2 | 46 | 1 |
| Dos2 | 30.0 | 1 | | | |

표 1 형별 철탑 평균높이 및 기수[345kV T/L]

| 철탑형 | 평균높이(m) | 기수 | 철탑형 | 평균높이(m) | 기수 |
|-----|---------|----|------|---------|----|
| Aa | 61.09 | 66 | LA | 65.15 | 26 |
| Aas | 58.66 | 18 | LAs | 42.00 | 1 |
| Ba | 46.16 | 37 | LAW | 55.80 | 7 |
| Ca | 47.31 | 29 | XCa | 45.21 | 17 |
| Cas | 61.00 | 5 | XDa | 35.66 | 4 |
| Da | 49.00 | 7 | XGa | 42.60 | 6 |
| Ea | 47.77 | 23 | XDa | 58.00 | 1 |
| Eas | 30.00 | 1 | XDso | 35.00 | 1 |
| Ga | 39.42 | 9 | Do | 54.00 | 1 |

표 2 형별 철탑 평균높이 및 기수 [765kV T/L]

2.1.1 가압시 충전전압 검토

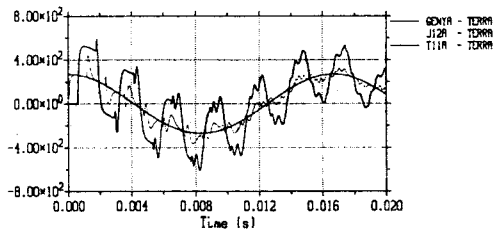


그림 1 #1 T/L 가압시 파형(투입저항 無)

그림1과 그림2는 차단기 투입저항 유무에 따른 가압시 파형을 비교 검토한 것으로 투입저항은 520 Ω 이며, 주점점과의 투입 시간차는 8.6ms를 적용하였다. 개폐시키는 투입저항이 없는 상태에서 2.25p.u까지 상승하나, 투입저항에 의해 1.23p.u 정도로 억제되므로 가압에 문제는 없는 것으로 판단되며 가압전 차단기 투입저항의 건전성 여부를 점검할 것이 요망된다.

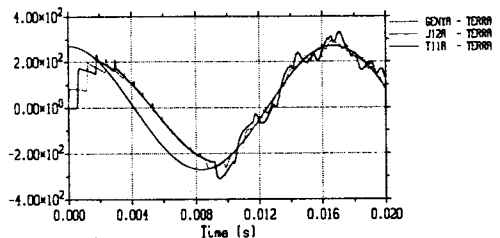


그림 2 #1 T/L 가압시 파형(투입저항 有)

그림3은 가압에 따른 수전단 전위상승 효과를 검토한

것으로 수전단 전압 상승은 약 10kV이므로, 수전단 차단기 투입시 전압정격 362kV를 초과하지 않도록 전압조정에 유의할 필요가 있다. 충전전류는 송전단 전압을 353kV로 유지시 205A이며 차단기 정격차단 충전전류 315A 이내이므로 문제가 없는 것으로 판단된다.

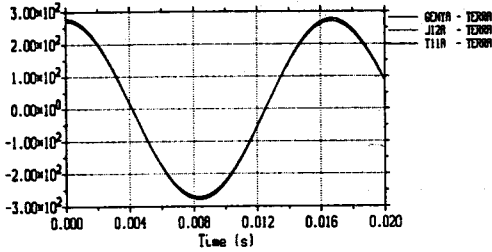


그림 3 정상상태 송수전단 전압

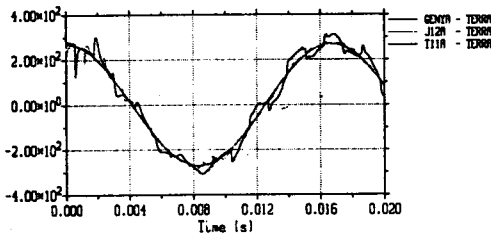


그림 4 #1T/L 가압 상태에서 #2T/L 가압 (투입저항 有)

그림4와 그림5는 한쪽 회선이 가압된 상태에서 투입저항 유무에 따른 가압시 파형을 비교 검토한 것으로 개폐되는 투입저항이 있는 상태에서 1.14p.u 정도로 나타나며 기 가압된 회선측의 정전 유도결합에 의한 영향은 과도전압 크기에 별다른 영향이 없는 것으로 보여, 2회선 병렬 가압에도 문제가 없는 것으로 판단된다.

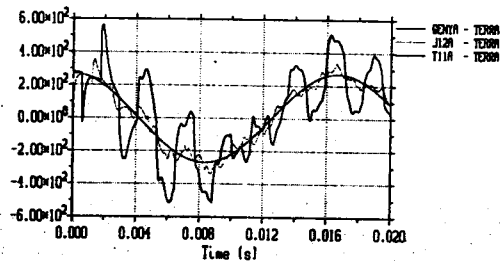


그림 5 #1T/L 가압 상태에서 #2T/L 가압 (투입저항 無)

2.1.2 가압후 차단시 잔류전압 검토

그림 6은 시험 가압후 차단시 병행회선의 잔류전압이 소멸되는 과정을 나타내었다. 신용인-신당진의 경우 선로의 전압변성기가 콘터서형이므로 잔류전압 방전효과가 없어 충전된 전하의 방전시간이 상당기간 지속되었다. 이 같은 문제점 보완을 위해 선로 양단의 전위변성기 형식을 한 쪽단은 방전효과가 있는 권선형 적용을 검토해 볼 수 있다.

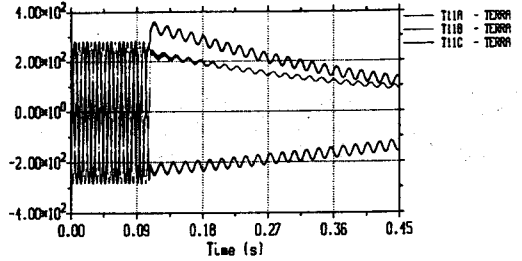


그림 6 #1,2T/L 가압후 #1T/L차단시 잔류전압

2.1.3 가압후 부하시 투입전류 검토

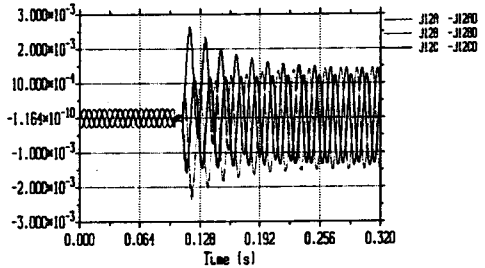


그림 7 가압후 부하시 투입전류

그림 8은 #1,2T/L 가압후 #1T/L loading시 투입전류를 나타낸 것으로 송수전단의 위상차는 PSS/E 조류계산 결과값 18.82°를 적용하였다. 투입전류의 최대값은 2,653A [peak]로서 정상상태 전류 1,425A[peak]의 약 1.86배에 달하며 10주기 이내에 정상상태에 도달하며 차단기 정격 측면에서 문제가 없는 것으로 나타났다.

2.1.4 부하시 병행회선 유도전압 검토

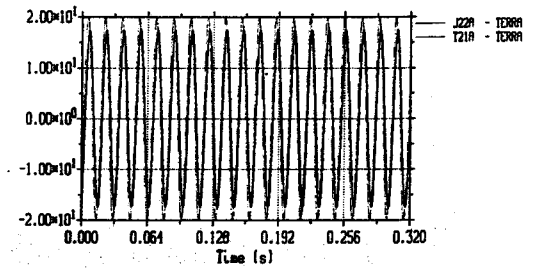


그림 8 부하시 병행회선 유도전압

그림 8은 1회선에 조류가 흐르는 상태에서 병행회선에 유기되는 전압의 크기이다. 유도되는 전압은 회선간 정전유도와 전자유도 전압이 합성된 것으로 크기는 대지간 19.93kV[peak], 선간전압 24.4kV 정도이며 선로의 유지 보수를 위한 휴전작업시 유도전압에 대한 안전조치가 요구된다.

2.2 고장시 재폐로 운전 검토

그림 9와 10은 #1,2T/L 부하운전시 #1T/L A상 지락고장의 경우 재폐로 상태를 모의한 것이다. 지락고장 저항은 1Ω을 상정하였으며, 투입저항이 없는 경우 신용인측에서 재폐로시에 2.16p.u 까지 상승하나, 투입저항이 있

는 경우 개폐시켜지는 1.06p.u 정도로 억제되므로 단상 재
폐로 운전 에 문제가 없는 것으로 분석된다.

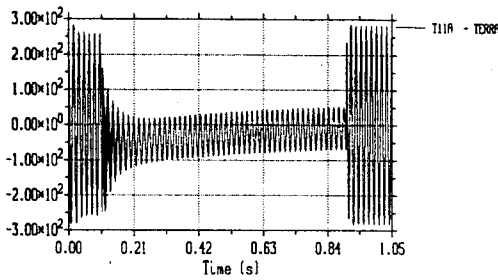


그림 9 운전중 지락고장시 재폐로[투입저항 有]

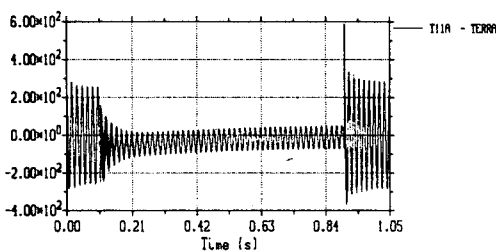


그림 10 운전중 지락고장시 재폐로[투입저항 無]

2.2.1 3상 고장시 재폐로 운전 검토

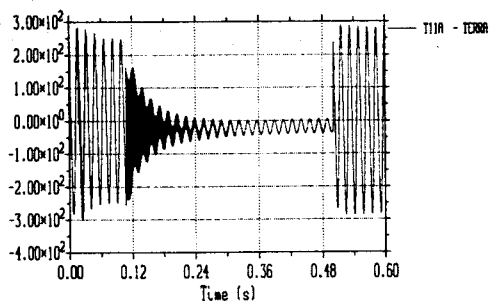


그림 11 운전중 3상 고장시 재폐로[투입저항 有]

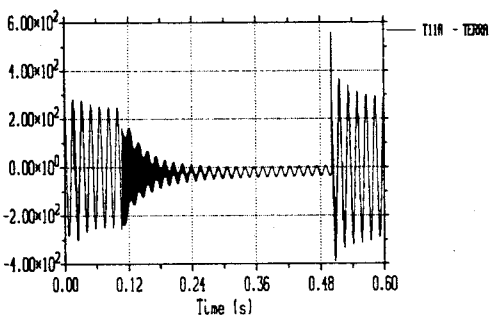


그림 12 운전중 3상 고장시 재폐로[투입저항 無]

그림 11과 12는 #1,2T/L 부하운전시 #1T/L 3상 단락/
지락고장의 경우 재폐로 상태를 모의한 것이다. 투입저
항이 없는 경우 신용인축에서 재폐로시에 2.08p.u 까지
상승하나, 투입저항이 있는 경우 개폐시켜지는 1.09p.u 정
도로 억제되므로 3상 재폐로 운전 에 문제가 없는 것으로
분석된다.

3. 결 론

이상과 같이 여러 가지 운전조건을 상정하여 전자기 과
도현상들을 검토 결과 개폐시켜지는 차단기 투입저항에 의
해 대부분 억제되는 것을 알수 있었고, 차단기 정격이내
에서 운전 가능함을 확인하였다. 선로 초기 가압시 사전
검토 사항으로는 수전단 전압상승 약 10kV를 고려하여
송전단 전압을 352kV이하로 유지할 필요가 있으며, 가압
단 선정시에도 전압조절이 용이한 발전단축인 신당진이
유리할 것으로 판단된다. 특히 차단기 투입저항의 과도
현상 억제 효과와 차단기 재폐로 운전 가능 여부에 대한
사전 검토 결과는 향후 본 가압 절차 수립에 참고 자료
로 활용할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Herman W. Dommel, "ELECTROMAGNETIC TRANSIENTS PROGRAM REFERENCE BOOK [EMTP THEORY BOOK]", 1986.
- [2] ATP, "Alternative Transient program Rule book", Vol I, II, 1986
- [3] 심응보 외5 "초고압 장거리송전선의 선로정수계산 및 실축에 관한 연구" 대한전기학회 2001춘계학술
- [4] A. Norton Chaston, "EHV AC Parallel Transmission Line Calculations with Application to the New Resonance Problem" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-88, No5, May 1969