

EMTDC를 이용한 765/345kV 병가선로의 불평형 계통 해석

김종율*, 윤재영*, 최흥관*, 이운희*
한국전기연구원*, 한국전력공사**

Unbalanced Power System Analysis in 765/345kV Parallel Transmission Line by Using EMTDC

Jong Yul Kim*, Jae Young Yoon*, Heung Kwan Choi*, Woon Hee Lee**
KERI*, KEPCO**

Abstract - Because of Korean power system characteristics and increasing power demand, the need of 765kV transmission line is growing gradually. Now a days, KEPCO's 765kV transmission line has been tested and stands for commercial operation. During the first stage, 765kV transmission line will be operated with two voltage grades of 765kV and 345kV, which results the unbalance of power system. So unbalanced current such as zero sequence current flows in the transmission line. In this paper, we describes the simulation study of 765/345kV parallel transmission line by using EMTDC program.

1. 서 론

우리나라 전력계통은 좁은 국토 면적과 밀집된 수요, 발전소의 지역적 편중의 지리적 특수성과 2015년까지 매년 4-5%의 지속적인 전력수요 증가를 고려할 때 지역간 대전력 수송체계의 필요성은 매우 크다고 할 수 있다. 현재 우리나라 송전선로의 전압 계급별은 154kV, 345kV, 765kV로 이루어져 있으며 154kV 선로는 주로 지방도시의 간선계통을 구성하며 345kV 선로는 지역간 간선계통의 주축으로서 대도시의 도심지 전력 공급원 역할을 수행하고 있다. 또한 765kV 선로는 대단위 전원단지 및 최대 수요지(수도권)를 직접연결하여 수도권 배후 대전력 공급원 역할을 수행하고 있다. 현재 송전선로는 대부분 154kV 및 345kV로 이루어져 있으나 향후 765kV 선로의 건설이 점점 늘어날 것으로 전망된다. 이러한 상황에서 상용운전시 765kV의 전압을 인가하는 과정에서 765kV 2회선 송전선로는 765kV 전압과 345kV 전압이 공존하는 형태로 운전을 하게된다. 이럴 경우 계통은 병가선로에 의해 불평형 상태가 되어 선로에는 불평형 전류가 흐르게 되고 한 선로가 무압상태가 되면 다른 선로에 의한 유도전압이 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 병가계통의 계전기 정정을 위한 기초 자료로서 765/345kV 병가계통의 3상 전압 및 영상전류를 EMTDC 프로그램을 이용하여 검토하였다.

2. 765/345kV 병가선로 계통

현재 한국전력에서는 765kV 송전선로를 건설하여 345kV 전압으로 시험운전하고 있으며 시험운전이 완료 되면 765kV 전압을 인가하여 상용운전을 할 예정이다. 이러한 과정에서 765kV 2회선 송전선로는 765kV 및 345kV 전압이 공존하는 형태로 운전을 하게 된다. 본 검토에서 사용된 해석대상 계통은 그림 1과 같이 765kV 송전계통 중 서해안 송전 계통의 일부로서 신서산 S/S와 신안성 S/S를 연결하는 765kV 1회선 선로와 신당진 S/S와 신용인 S/S를 연결하는 345kV 1회선 선로로 구성되어 있으며 이들 선로의 길이는 149km이다.

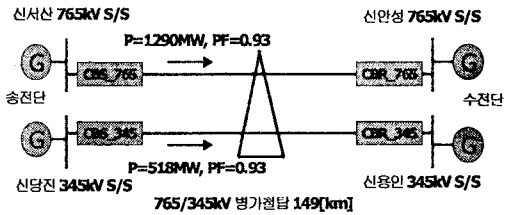


그림 1. 765kV/345kV 병가선로 해석대상 계통

계통조건은 정상상태에서 송전단인 신서산 765kV S/S 및 신당진 345kV S/S의 전압을 1.0[pu]로 가정하였다. 전력조류는 765kV 선로를 통해 1290MW의 전력이 신서산 S/S에서 신안성 S/S로 흐르고 있으며 345kV 선로를 통해 518MW의 전력이 신당진 S/S에서 신용인 S/S로 흐르고 있다. 이때 역률은 0.93으로 설정하였다.

이러한 상황에서 765/345kV 병가선로에 의하여 계통 불평형이 발생하여 선로에는 불평형 전류가 흐르게 되며 한 선로가 무압일 경우 다른 선로에 전압이 유가되는 유도전압이 발생하게 된다. 따라서 본 검토에서는 불평형 계통의 계전기 정정을 위하여 송전 및 수전단 전압과 영상 전류를 EMTDC 해석을 통하여 검토하였다.

3. EMTDC 계통 해석

3.1 EMTDC 등가계통 모의

본 검토에서는 병가선로에 기인한 불평형 상태를 모의하기 위하여 그림 2와 같이 신서산 765kV 및 신당진 765kV S/S를 이상전원으로 모의하여 병가선로 송전단 이전측은 3상 평형으로 가정하였고 마찬가지로 수전단인 신안성 765kV S/S 및 신용인 345kV S/S 역시 3상 전원으로 모의하여 3상 평형으로 가정하였다. 따라서, 본 검토에서는 병가선로의 불평형 여부만을 고려한 경우이며 송전선로는 EMTDC의 3상 2회선 비연가 선로로 모의하였으며 기본 765kV 철탑모형을 사용하였다.

3.2 EMTDC 계통해석 결과

본 검토에서는 정상상태의 기본 사례(case1) 해석과 더불어 병가선로에 흐르는 선로조류가 정상상태의 75%, 50%인 경우에 대하여 각각 검토하였다. 또한 유도전압에 의한 영향을 검토하기 위하여 345kV 선로 무압 상태에서 765kV 선로에 의한 유도전압을 검토하였다.

가. 검토사례 1

검토사례 1에서는 정상상태 운전조건에서 병가선로에 흐르는 전압 및 영상전류에 대하여 검토하였으며 그 결과는 표1 및 그림 3, 4와 같다. 765/345kV 선로를 역상 2회선 철탑형식의 비연가 선로로 모의하였기 때문에 A, B, C

3상이 불평형을 나타내어 그 결과 영상분 전류가 흐르게 되는데 765kV 선로의 경우 송전단에서 0.05716 [kA], 수전단에서 0.09512[kA]가 흐르며 345kV 선로에서는 송전단에서 0.1569[kA], 수전단에서 0.1520[kA]의 영상분 전류가 흐르고 있으며 765kV 선로에 비해 345kV 선로에 더 많은 영상전류가 흐르고 있다.

표 1 영상분 전류 및 3상 전압 실효치

검토사례 1	영상분 전류 실효치 (kA)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	0.05716	0.09512	0.1569	0.1520
검토사례 2	3상전압 실효치 (kV)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	765.7	765.2	345.5	345.1

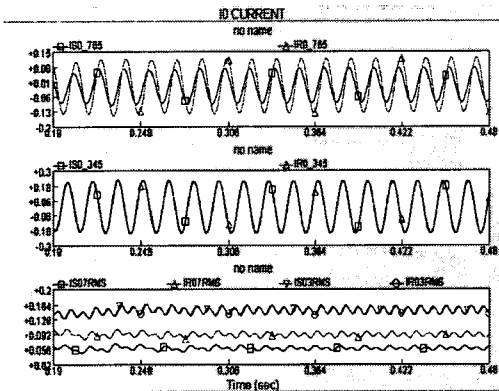


그림 3. 765/345kV 송수전단 영상분 전류 순시치 및 실효치

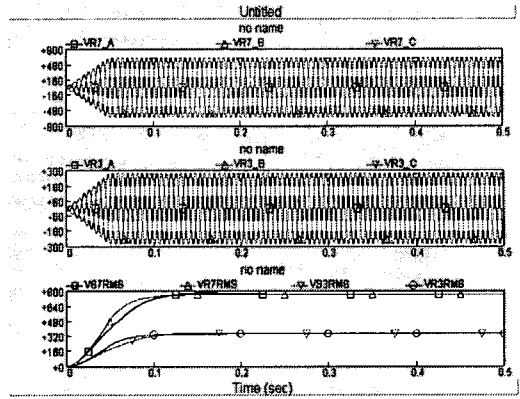


그림 4. 765/345kV 송수전단 3상 전압 순시치 및 실효치

나. 검토사례 2

검토사례 2에서는 병가선로 조류가 정상상태의 75%인 경우에 대하여 검토하였다. 검토 결과는 표 2와 같으며 영상분 전류의 크기가 정상상태 경우(검토사례 1)에 비하여 다소 감소하였음을 알 수 있다.

표 2 영상분 전류 및 3상전압 실효치

검토사례 2	영상분 전류 실효치 (kA)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	0.04058	0.0773	0.1184	0.1134
검토사례 2	3상전압 실효치 (kV)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	765.6	765.2	345.4	345.1

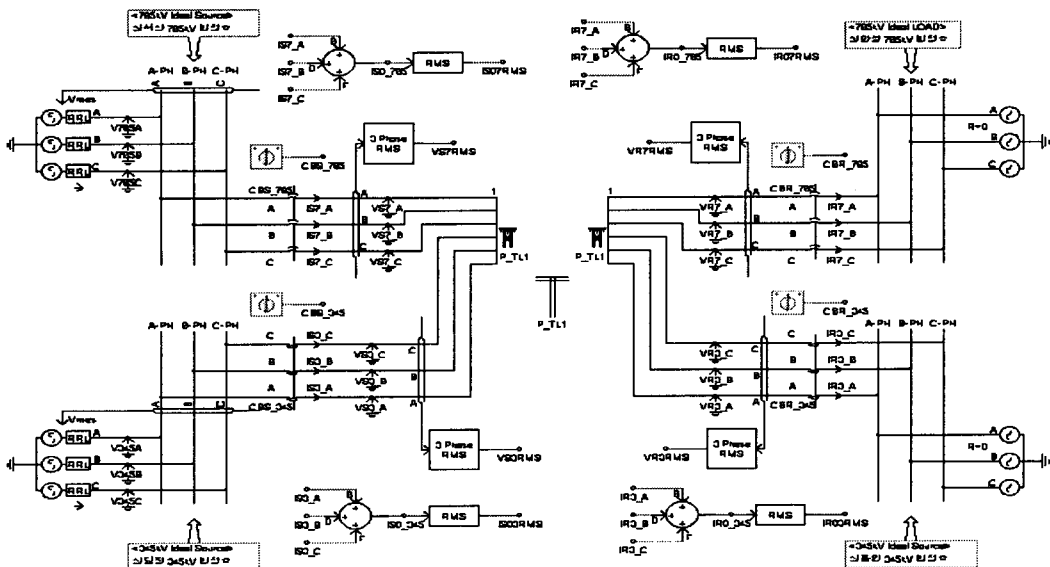


그림 2. 765/345kV 병가선로 EMTDC 등가 해석대상 계통

다. 검토사례 3

검토사례 3에서는 병가선로 조류가 정상상태의 50%인 경우에 대하여 검토하였다. 그 결과는 표 3과 같으며 검토사례 2와 마찬가지로 선로조류가 줄어들어 따라 영상분 전류의 크기도 감소하였음을 알 수 있다.

표 3 영상분 전류 및 3상전압 실효치

검 토 사 례 3	영상분 전류 실효치 (kA)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	0.04058	0.0773	0.1184	0.1134
	3상전압 실효치 (kV)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	765.6	765.2	345.4	345.1

라. 검토사례 4

검토사례 4에서는 345kV 선로측이 무압상태로서 765kV 선로에만 정상상태 조류 (765kV 선로 : 1290MW)가 흐르고 있는 경우로서 검토사례 1과 동일하게 불평형은 발생하지만 345kV 선로 양단 차단기가 개방된 무압상태이므로 유도분 전압만 나타나고 선로 양단에서의 각 상별 전류 및 이를 합한 영상분 전류는 zero를 나타낸다. 즉, 765kV 선로에 유도된 전압에 의하여 선로 충전용량을 통하여 상대시간에 충전전류는 흐르지만 선로 양단이 개방되어 있으므로 선로양단의 전류는 거의 zero임을 의미 한다. 표 4 및 그림 5, 6에서는 영상분 전류 및 3상 전압 파형을 나타내고 있다.

표 4 영상분 전류 및 3상전압 실효치

검 토 사 례 4	영상분 전류 실효치 (kA)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	0.1121	0.1447	≈ 0.0	≈ 0.0
	3상전압 실효치 (kV)			
	765kV 송전단	765kV 수전단	345kV 송전단	345kV 수전단
	765.7	765.2	365.1	36.37

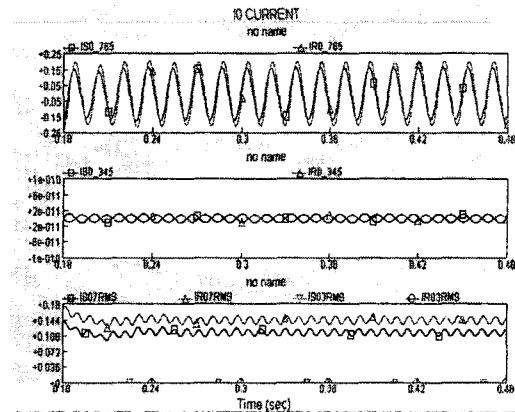


그림 5. 765/345kV 송수전단 영상분 전류 순시치 및 실효치

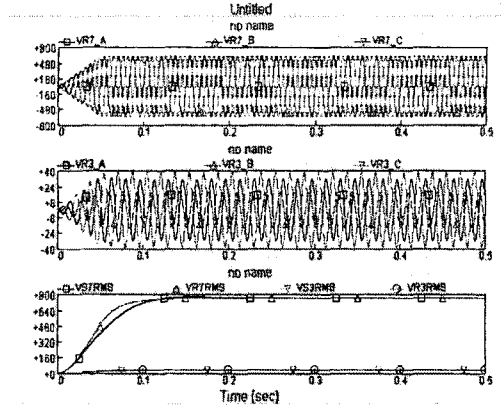


그림 6. 765/345kV 송수전단 3상 전압 순시치 및 실효치

4. 결론

현재 건설 및 시험운용중인 765kV 송전선로는 향후 상용운전 시 765kV 및 345kV 전압이 공존하는 형태로 운전하게 될 것이다. 이러한 경우 선로모델의 불명형으로 인해 송전선로에는 불명형 전류가 흐르게 되고 한 선로의 무전압시 다른 선로에 의하여 유도전압이 유기되는 현상이 나타나게 된다. 본 검토에서는 765/345kV 병가선로에서의 기본적인 유도전압과 전류 그리고 영상분 전류를 EMTDC를 이용하여 검토하였으며 이러한 검토 결과는 765/345kV 병가계통의 계전기 정정을 위한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것이다. 단, 본 검토에서는 가장 기본적인 케이스만을 염두에 둔 것으로서 위의 해석결과는 765kV 및 345kV 전원측 위상차이, 765/345kV 병가선로 송전량, 선로의 연가정도 및 기타 수전단 계통 구성내용에 따라서 결과는 상이하게 나올 수 있다. 따라서, 보다 정확한 결론을 유추하기 위해서는 세부적인 케이스별로 별도의 검증작업이 필요할 것으로 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] Charles A. Gross, "Power System Analysis", 1979.
- [2] Manitoba HVDC Center, "EMTDC Manual", 2001.
- [3] EPRI, "Transmission Line Reference Book 345kV and Above", 2nd Edition, 1982.
- [4] J. Lewis Blackburn, "Symmetrical Components for Power Systems Engineering", 1993.