

765kV 1회선 선로의 2차아크 모의결과 분석

안상필* 김철환** 박남욱* 주형준*** 심응보***
 한국전기연구원* 성균관대학교** 한전전력연구원***

Analysis of Simulation Results for Secondary Arc in 765kV single transmission line

S.P. Ahn* C.H. Kim** N.O. Park* H.J. Ju*** E.B. Shim***
 KERI* Sungkyunkwan Univ.** KEPRI***

Abstract - In many countries, including Korea, in order to transmit the more electric power, the higher transmission line voltage is inevitable. So, a rapid reclosing scheme is important for UHV transmission lines to ensure requirements for high reliability of main lines.

But, because of the high voltage and long span of UHV lines, the secondary arc current flows across the fault point even after the interruption of the fault current. i.e. A critical aspect of reclosing operation is the extinction of the secondary arc since it must extinguish before successful reclosure can occur.

In Korea transmission lines, it is scheduled to energize 765kV single transmission line(79km) between Sin-Ansung S/S and Sin-Gapyeong S/S at June 2006.

Therefore this paper analyzes characteristics of the secondary arc extinction on 765kV single transmission line using EMTP. Simulation results shows that the average value of the secondary arc is 30A_{ms} and the auto-extinction time of it is longer at closer point to Sin-Gapyeong S/S.

1. 서 론

우리나라를 포함한 많은 국가에서는 송전용량을 증가하기 위해 송전전압을 더 높이고 있는 실정이다. 이에 따라 초고압 송전선로의 신뢰성을 높이기 위해서는 신속한 재폐로 기술의 개발이 아주 중요하다.

그러나 초고압 송전선로의 높은 전압과 긴 거리로 인하여, 사고전류를 제거하여도 사고지점에 2차아크가 발생하게 된다. 즉 재폐로 동작에서 가장 중요한 관점은 성공적인 재폐로 투입 전에 2차아크가 소호되는 것이다.

전력계통의 아크사고는 크게 두 가지로 분류되는데, 차단기 트립 전의 1차아크와 차단기에 의해서 사고가 제거될 때 건전상과 사고상과의 상호 결합에 의해 지속되는 2차아크이다. 특히 2차아크는 최종 소호까지 연속적인 부분 재폐호와 소호를 반복하고, 이러한 특성은 성공적인 재폐로 동작에 중요한 변수로 작용한다.

아크사고에 의한 전력계통의 과도현상을 실제적으로 컴퓨터 디지털 모의하기 위해서는 아크사고의 동적인 특성이 고려되어야 하지만, 2차아크의 랜덤한 성질 때문에 컴퓨터 모의로 실제 여러가지 아크 특성을 만들어 내기는 힘들다. 따라서 많은 연구자들에 의해 여러가지 수학적 아크모델이 연구되었다[1-3].

우리나라에서는 이미 신가평과 신태백 변전소 사이의 765kV 송전선로 155km 구간에 HSGS를 적용하여 2차아크를 소호하고 있으며, 2006년에는 신안성과 신가평 변전소사이의 765kV 1회선 79km 송전선로를 가압시킬 예정이다[4].

본 논문에서는 적절한 아크사고의 모의를 위해 1차아크 모델은 A.T. Johns와 R.K. Aggarwal이 제시한 수학적 아크모델[1]을 기초로 하고, TACS를 이용한 S. Goldberg의 역병렬 다이오드 모델[2]을 2차아크 모델로 선정하여 EMTP MODELS를 사용하여 구현하였다. 모델 대상계통은 2006년에 765kV로 가압예정인 1회선 송전선로를 선정하였으며, 모의대상계통에서 발생하는 2차아크를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 765kV 송변전설비 사업 개요

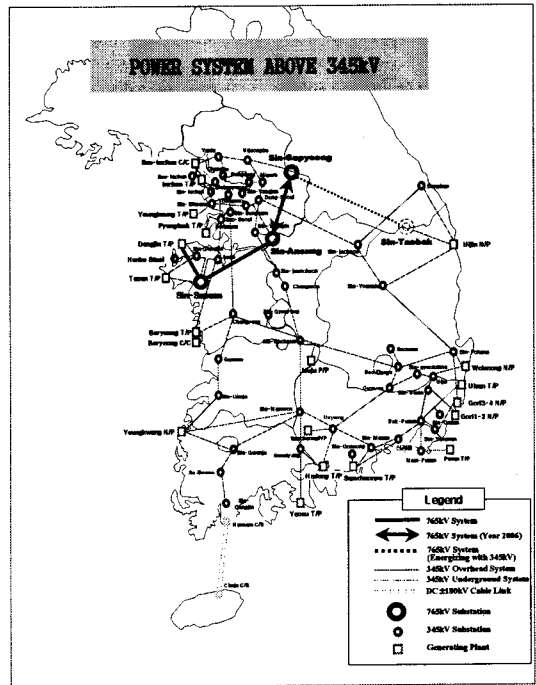


그림 1 우리나라 345kV 이상 전력계통도

우리나라는 전력수요의 지속적인 증가로 대단위 발전단지 건설이 필요하고 이에 따른 대용량 전력수송설비가 필요하여 1991년 765kV 전압격상을 결정한 이래 1993년 1단계 기본사업을 시발로 1996년에는 765kV 송전선로 건설 착공, 1998년에는 신서산, 신안성 변전소를 착공하였다. 연이어 2000년까지 당진화력 및 신태백-신서산구간의 송전선로를 준공하고, 2003년에는 신서산-신안성간 765kV 가압을 성공적으로 수행하였으며, 2004년에는 신태백-신가평간 765kV 가압을 예정

중이다. 송전전압의 765kV 격상에 따라 경인지역의 전력수급 불균형 해소는 물론 전력손실 감소 및 전력계통의 안정도가 향상 되었으며, 국내 전력분야의 기술력이 국제적 수준으로 향상하게 되었다.

우리나라 765kV 송전계통은 2회선 첩탑을 사용하고 있는데 루트단 사고발생을 방지하기 위해 고속도 다상재폐로 방식을 사용하고 있다. 이때 발생하는 2차아크는 단시간 내에 소호되지 않으므로 고속도재폐로(1초이내)를 수행 할 수 없다. 따라서 신서산-신안성 구간(137km)과 신태백-신가평구간(155km)에는 고속접지개폐기(High Speed Grounding Switches)를 적용하고 있다.

그림 1과 같이 2006년 6월에 765kV로 가압 계획인 신안성-신가평구간(79km)은 1회선 송전선로이고 선로도 짧지만, 초고압선로이기 때문에 이에 대한 2차아크를 우선적으로 분석을 하여 그 결과에 따라 2차아크 소호 대책을 수립해야 한다.

2.2 아크사고 모의기법

아크사고 모의기법에서 1차아크 모델은 Johns와 Aggarwal의 아크모델을 적용하였다. 수학적인 모델에 따라서 컨덕턴스 아크방정식을 계산해 아크저항을 구하고 이 값을 TACS type-91번 시변저항소자의 값으로 사용하여 1차아크를 모의 하였다. 2차아크 모델은 선형화된 근사 아크모델을 역병렬 다이오드 모델로 표현하였다. 1차아크와 2차아크 현상을 모의하기 위한 전체 diagram을 그림 2에 도시하였다.

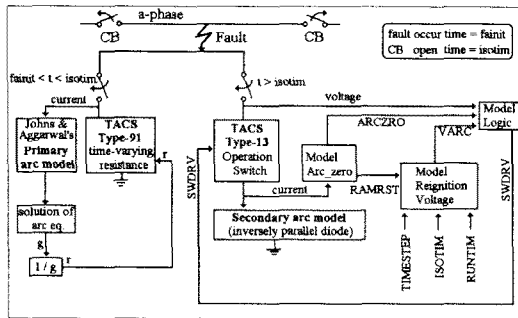


그림 2 아크모델의 전체 diagram

본 논문에서는 아크의 동적 전도특성 뿐만 아니라 각각의 모델과 스위칭 동작 인터페이스를 MODELS 루틴을 이용하여 EMTP 입력 데이터 카드 내에 통합 구현하였다. 즉, 각각의 수학적인 모델을 MODEL ~ ENDMODEL 형식의 MODELS 소유기능인 sub-model을 이용하여 각 모델들간에 인터페이스가 구현되도록 모의하였다. 특히 2차아크의 모의 과정 중에 주목해야 할 점은 아크 전류가 제로가 되더라도 사고지점의 아크 에너지전압이 계통의 재점호전압보다 클 경우에는 아크의 재점호가 가능하므로, AND 논리게이트를 사용하여 최종 2차아크 소호 판단이 가능하도록 구성하였다.

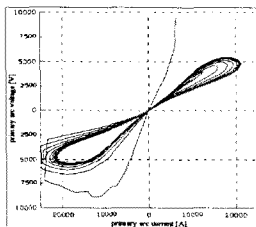


그림 3 1차아크 V-I 특성

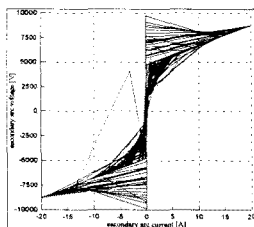


그림 4 2차아크 V-I 특성

그림 3과 4는 각각 1차아크와 2차아크의 전압-전류 특성곡선을 나타내었는데, 실제 송전선로에서 발생하는 아크와 동일하게 1사분면과 3사분면에 궤적을 나타내는 것을 파악할 수 있다.

3. 모의 결과 분석

3.1 모델 계통

본 논문의 모의에 사용된 모델 계통은 신안성과 신가평 사이의 765kV 송전선로 구간으로 선로정수는 모두 EMTP의 line constants routine을 이용하여 모의 하였으며, 양단에 연결된 계통을 등가회로로 치환하여 양단 전원 1회선 선로모델로 변환하였다. 아크사고는 a상 지락사고를 선택하였고, 사고지점은 신안성을 기준으로 16, 32, 48, 64km의 네 지점에서 모의하였다. 사고는 모의 시작 후 1 사이클 후(0.01667초)에 발생하고, 계전기 및 차단기 동작시간인 4 사이클 후(0.08335초)에 사고전류(1차아크)가 차단되고 2차아크가 발생된다. 2차아크는 특별한 아크소호대책 없이 자동적으로 소호하게 모의하여 소호시간 및 2차아크 전류를 측정하였다.

3.2 모의 결과

그림 5~8에서 보는 바와 같이 네가지 사고지점에 대한 모의 결과 사고지점이 신안성에서 신가평으로 가까워 질수록 2차아크 자동소호시간이 약 0.57초에서 약 0.8초까지 서서히 증가하는 현상을 나타내고 있다.

같은 추세로 신안성 16km 지점에서는 약 25A_{peak} (18A_{rms})인 사고지점 2차아크 전류가 신안성 64km 지점(신가평 16km 지점)에서는 약 42A_{peak} (30A_{rms})의 모의 결과값을 보여주고 있다.

신안성-신가평 765kV 1회선 구간의 2차아크 전류 자동소호시간, 2차아크 전류값 및 아크에너지 전압에 대한 사고지점별 모의 결과값이 표 1에 정리되어 있다.

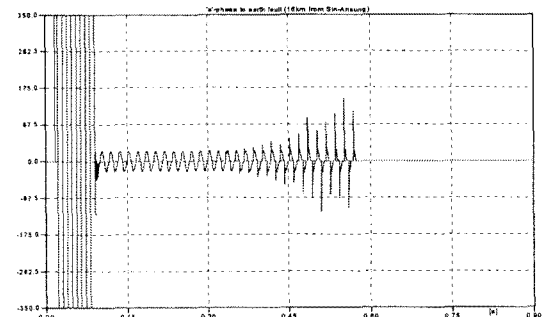


그림 5 사고지점 16km의 경우 2차아크 전류

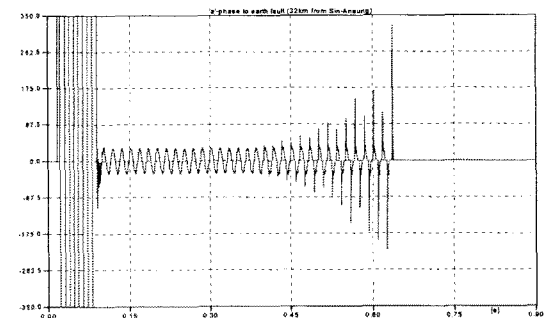


그림 6 사고지점 32km의 경우 2차아크 전류

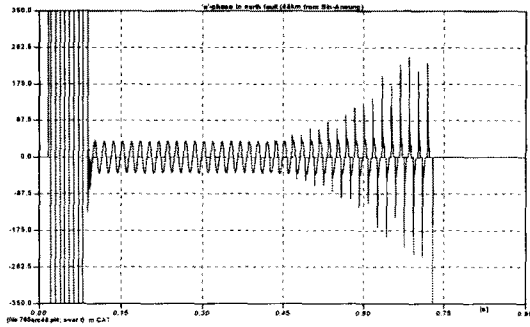


그림 7 사고지점 48km의 경우 2차아크 전류

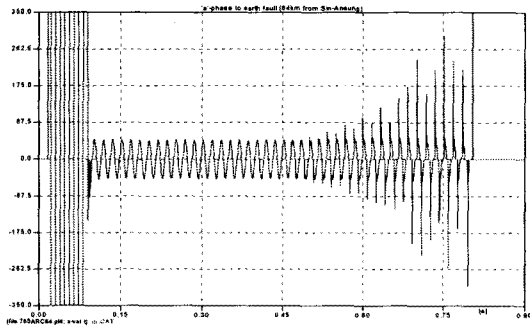


그림 8 사고지점 64km의 경우 2차아크 전류

그림 9~12에서 보는 바와 같이 사고지점이 신안성에
서 신가평으로 가까워질수록 2차아크 전압, 즉 아크 에너지
전압이 약 136kV에서 약 260kV까지 서서히 증가하
는 현상을 나타내고 있다. 아크에너지 전압이 클수록 아크
의 재점화가 자주 발생하여 2차아크가 소호하기 어렵다.

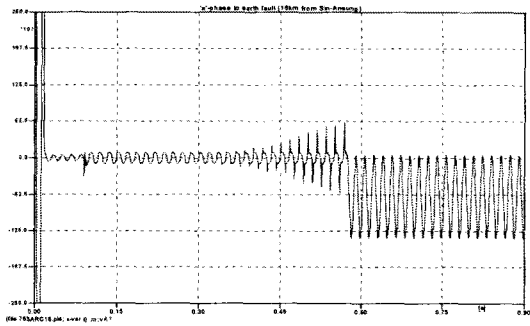


그림 9 사고지점 16km의 경우 2차아크 전압

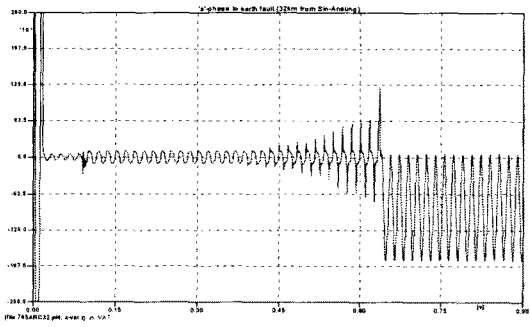


그림 10 사고지점 32km의 경우 2차아크 전압

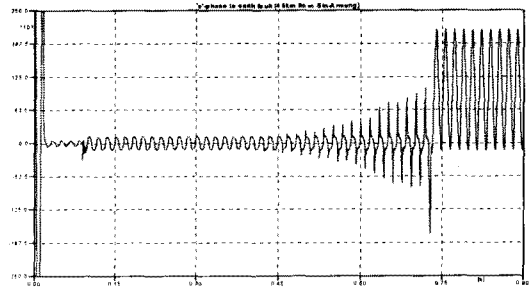


그림 11 사고지점 48km의 경우 2차아크 전압

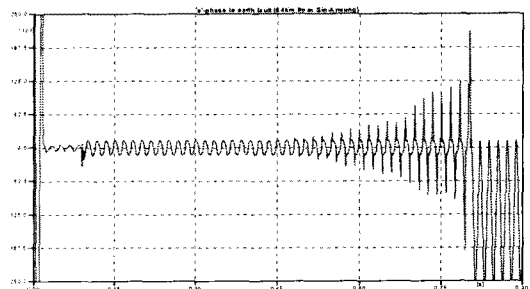


그림 12 사고지점 64km의 경우 2차아크 전압

4. 결 론

본 논문에서는 2006년 가압예정인 신안성-신가평
765kV 선로를 대상으로 EMTP의 MODELS 기능을
이용하여 2차아크를 모의하여 분석하였으며, 그 결과는
표 1과 같다.

가장 중요한 분석결과는 신가평에 가까운 지점에서 사
고가 발생할수록 2차아크의 자동소호가 지연이 되어 약
1초에 가까워지므로 본 모의결과에 따라 이에 대한 신
속한 2차아크 소호대책이 요구된다. 따라서 양단에 모두
HSGS를 설치하지 않더라도 2차아크 소호가 지연되는
신가평단에 HSGS 설치가 권장된다.

표 1 사고지점별 2차아크 자동소호시간 및 전류값

구 분	16km	32km	48km	64km
전류값(A _{rms})	18	21	24	30
소호시간(초)	0.57	0.64	0.74	0.80
아크전압(kV)	136	177	210	260

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원
(03519) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] A.T. Johns, R.K. Aggarwal, Y.H. Song, "Improved Techniques for Modelling Fault Arcs on Faulted EHV Transmission Systems", IEE Proc-Gener. Transm. Distrib., Vol. 141, No. 2, pp. 148-154, 1994. 3.
- [2] S. Goldberg, William F. Horton, D. Tziouvaras, "A Computer Model of the Secondary Arc in Single Phase Operation of Transmission Lines", IEEE TPD, Vol. 4, No. 1, pp. 586-594, 1989. 1.
- [3] S.P. Ahn, C.H. Kim, R.K. Aggarwal, A.T. Johns, "An alternative approach to adaptive single pole auto-reclosing in high voltage transmission systems based on variable dead time control", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 16, No. 4, pp. 676-686, 2001. 10.
- [4] 한국전력공사, "765kV 송변전설비 사업개요", 2004. 1