

# 배전시스템에서의 파라미터에 따른 과도현상 분석

(Transients Analysis for Parameters on Electrical Distribution System)

金載哲\* · 吳正桓\*\* · 林成正\*\*

(Jae-Chul Kim · Jung-Hwan Oh · Seong-Jeong Rim)

## 요 약

본 논문은 배전시스템에서의 파라미터에 따른 과도현상을 분석하였다. 재투입에 의한 순간전압강하와 개폐서지를 분석하였으며, 이를 위해서 22.9[kV] 배전시스템의 실 데이터를 이용하여 다중접지된 모델 시스템을 구성하였다. EMTP 시뮬레이션을 통하여 주상변압기 2차측 수용가에서의 재투입 영향을 분석하였으며, 사고선로와 인근선로에서의 과도현상을 나타내었다. 또한 사고위치, 부하크기, 부하역률, 캐패시터뱅크의 크기, 재투입 위상각에 대한 파라미터 분석을 하였고, 이들 요소와 재투입에 의한 과도현상과의 관계를 나타내었다.

## Abstract

This paper analyzes the transients for parameters on electrical distribution system. We analyze the voltage sag and switching surge caused by reclosing and develop a distribution system model of multi-ground type using a practical data of 22.9[kV] distribution system. It is at customer that we analyze an affecting of reclosing through EMTP (Electromagnetic Transients Program) simulation, present transient phenomena on fault line and parallel line. Also, we analyze the various parameters affecting this phenomena in detail through parametric analysis. These factors include the fault location, load size, load power factor, capacitor bank size, and reclosing angle. And relation between these parameters and transient phenomena is presented.

## 1. 서 론

전기적 외란에 민감한 설비의 급증으로 인하여

전력회사측에서는 전력공급에 대한 신뢰도의 향상이 요구되어지며, 수용가측에서는 양질의 전력을 요구하는 경향이 고조되고 있는 실정이다. 이런 상황에서 배전시스템에서의 캐패시터뱅크의 개폐, 선로사고 및 일상적인 차단기 개폐로 인해서 발생하는 과도현상이 높은 관심의 대상이 되고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고

\*正會員：崇實大學校 電氣工學科 教授

\*\*正會員：崇實大學校 電氣工學科 博士課程

接受日字：1996年 12月 30日

있다<sup>1), 2), 3), 4)</sup>.

Sioe는 수리적 모델을 통해서 사고로 인한 과도 현상은 시스템 전체에 파급됨을 입증하였으며<sup>1)</sup>, McGranaghan 등은 1차측 배전시스템에서 캐패시터뱅크의 개폐로 인하여 발생하는 과도현상은 수용가측에 영향을 미칠 수 있음을 보인 바 있다<sup>2)</sup>. Kolcio 등은 현장실험을 통해서 12.47 [kV] 시스템에서 차단기 개폐와 캐패시터뱅크의 개폐에 따른 과도현상을 조사하였다<sup>3)</sup>. 또한, 이들은 현장실험을 바탕으로 컴퓨터 모델링과 시뮬레이션을 함으로써 간이 컴퓨터 모델을 개발하였다<sup>4)</sup>.

최근에 전력품질 저하요인으로서 새롭게 인식되고 있는 재폐로방식은 정전시간을 축소하여 공급신뢰도를 향상시킬 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 재투입으로 인한 과도현상은 선로를 따라 전파되어서 사고선로와 인근선로의 설비에 피해를 미치고 있다<sup>5), 6)</sup>. 특히, 순간전압강하와 개폐서지로 인한 전력품질 저하는 수용가 설비에 직접적인 피해를 입히며, 전자제품의 정지 및 오동작을 초래할 수 있다. 따라서, 적당한 재투입 방식의 선정과 전력품질의 향상을 위해서 배전시스템에서의 재투입으로 인한 과도현상은 연구되어야 한다.

본 논문은 배전시스템에서의 재투입으로 인하여 발생하는 순간전압강하와 개폐서지를 파라미터별로 분석하였다. 이를 위해서 지중케이블로 인출되는 다중접지 방식의 22.9[kV] 배전시스템 모델을 구성하였으며, 과도현상에 인출케이블이 미치는 영향을 고려하였다. 모델시스템의 각 구성요소는 전자기 과도해석 프로그램(EMTP)을 사용하여 모델링 하였고<sup>4), 7)</sup>, 모델링된 구성요소는 전형적인 배전시스템 데이터를 사용 하였다<sup>8), 9), 10)</sup>. 사고선로와 인근선로의 주상변압기 2차측 수용가에서 발생하는 순간전압강하와 개폐서지를 분석하였고, 과도현상과 배전시스템 구성요소와의 관계를 파라미터 분석을 통해서 나타내었다.

## 2. 컴퓨터 모델링

### 2.1 전원측 모델

154[kV] 송전선으로부터 주변압기를 통해 22.9[kV] 배전선로에 전력을 공급하는 전원측 모델은 그림 1에 나타내었다. 전원은 이상적인 3상 정현파 전압원으로 모의하였으며, 전원측 등가임피던스는 154[kV]측 모선 임피던스를 고려한 상호 결합된 RL 소자로 모의하였다. 그림 1에서  $E_s$ 는 등가전원,  $Z_0$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ 는 각각 영상분 임피던스, 정상분 임피던스, 역상분 임피던스를 나타낸다.

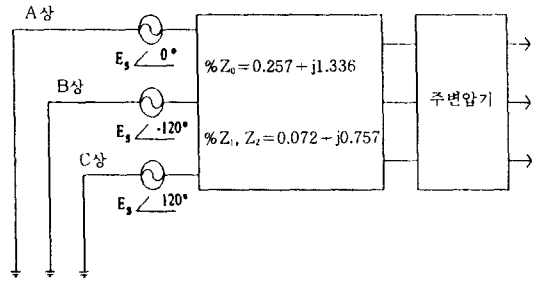


그림 1. 전원측 모델(154[kV]/22.9[kV])  
Fig. 1. Source side model(154[kV]/22.9[kV])

### 2.2 배전선로 모델

#### 가공선로

154[kV]/22.9[kV] 변전소에서 수용가로 전력을 공급하는 배전선로는 CN/CV 325[mm<sup>2</sup>] 지중케이블에서 인출하여 가공선 ACSR 160[mm<sup>2</sup>], 중성선 95[mm<sup>2</sup>]를 거쳐 수용가로 연결되는 경우를 모델링 하였다. 가공선로는 상호 결합된 RL 집중선로정수로 표현하였으며, 표 1에 시뮬레이션에 사용한 22.9[kV] 가공선로의 선로정수를 수록하였다<sup>10)</sup>.

표 1. 22.9[kV] 가공선로의 선로정수  
(기준 : 100[MVA])

Table 1. The line constant of 22.9[kV] overhead line  
(Base : 100[MVA])

영상임피던스 ACSR 160-95[mm <sup>2</sup> ]	11.99 + j29.26[%/km]
정상-역상임피던스 ACSR 160[mm <sup>2</sup> ]	2,400[mm] 완급, 1회선용, D=1,320[mm] 3.47 + j7.46[%/km]

### 지중선로

지중선로를 구성하는 전력 케이블은 선로구조, 선로배치방법 등이 가공선로와는 다르며, 이것을 지중에 매설하는 방법에는 직매식, 관로식, 전력구식 등이 있다. 본 논문에서는 관로에 설치된 경우에 대해서 모델링 하였으며, 그림 2에 CN/CV 325[mm<sup>2</sup>] 케이블이 관로에 배치된 모습을 나타내었다.

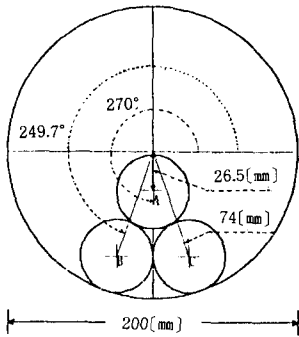


그림 2. CN/CV 325(mm<sup>2</sup>) 케이블의 관로 매설  
Fig. 2. Buring the duct line of CN/CV 325(mm<sup>2</sup>) cable

그림 2에서와 같이 관의 직경은 200[mm]로 하였으며 케이블 3조가 삼각형의 형태로 배열된 경우를 모델링하였다. 관로 매설깊이 1.4[m], 대지 저항률 100[Ω-m]로 가정하고서 지중케이블의 선로정수를 EMTP 'CABLE CONSTANTS' 보조루틴을 이용해서 산출하였다.

### 2.3 변압기 모델

대부분의 154[kV]급 변전소는 송전선으로부터 154[kV]/22.9[kV] 3상 변압기를 통해서 배

표 2. 변압기 파라미터  
Table 2. Transformer parameters

구 분	3상변압기	단상변압기
용량[MVA]	45/60	0.1
정격전압[kV]	154/23	13.2/0.46-0.23
무부하손[kW]	38	0.204
여자전류[%]	0.25	0.35
권선저항 [Ω/mΩ]	2.731/45.82	9.165/9.268
부하손[kW]	188.48	1.035

전선로로 전력을 공급하고 있다. 수용가측에서는 주상변압기를 통해서 강압하여 사용하고 있다. 본 논문에서는 3상 45/60[MVA] 주변압기와 단상 100[kVA] 주상변압기를 모델링 하였으며, 표 2에 이들 변압기의 파라미터를 수록하였다<sup>8), 9)</sup>.

그림 3에 단상 100[kVA] 변압기 모델을 나타내었다. R<sub>p</sub>, L<sub>p</sub>는 1차측 누설임피던스, R<sub>s</sub>, L<sub>s</sub>는 2차측 누설임피던스를 표시한 것이며, N<sub>1</sub>, N<sub>0</sub>, N<sub>2</sub>는 부하와 연결되는 절점명을 표시한 것이다.

변압기를 EMTP로 시뮬레이션하기 위해서는 상호 결합된 RL 임피던스 행렬을 이용해야 한다. 변압기의 RL 임피던스 행렬은 수학적으로 안정한 EMTP내의 BCTRAN 보조루틴을 사용해서 산출하였다. 변압기 2차측 중성점은 25[Ω]의 저항값으로 접지하였다.

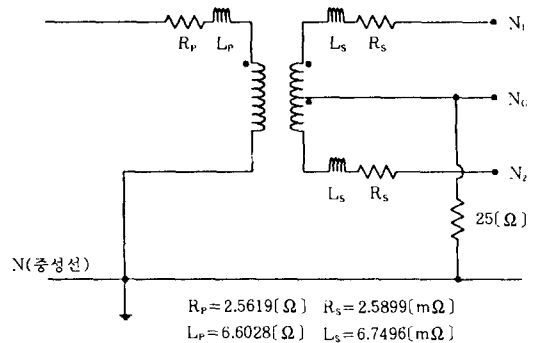


그림 3. 단상 100[kVA] 변압기 모델  
Fig. 3. Single phase 100[kVA] transformer model

### 2.4 다중접지 모델

현재 배전선로는 22.9[kV] 3상 4선식 다중접지 방식을 채용하고 있다. 지락사고시 전압, 전류 분포는 다중접지 모델에 따라 다르게 되므로 정확한 수리모형이 필요하다. 본 논문에서는 가공선과 병행하여 다중접지된 중성선을 고려하였으며, 그림 4에 다중접지 모델을 나타내었다.

그림 4에서 변압기의 중성점 임피던스 Z<sub>n</sub>은 0[Ω]으로 설정하였다. 만일 저항접지 방식을 사용할 경우에 Z<sub>n</sub>은 0.5[Ω] 또는 1[Ω]으로 설정할 수 있으며, 리액터접지 방식일 경우에는 Z<sub>n</sub>은

$j0.3 \sim j0.9[\Omega]$ 로 설정할 수 있다. 중성선과 대지 간의 합성저항값은  $5[\Omega/\text{km}]$  이하가 되도록 하였으며, 각 접지선을 중성선으로 부터 분리하였을 때 각 접지선과 대지간의 저항값은 식 (1)에 의해서 매  $200[\text{m}]$ 마다  $20.8[\Omega]$ 으로 하였다<sup>10)</sup>.

$$R = \frac{1.2}{1/r_1 + 1/r_2 + \dots + 1/r_n} \quad (1)$$

여기서, R은 합성저항값이고  $r_1, r_2, \dots, r_n$ 은 매 접지점의 접지저항값을 나타낸다.

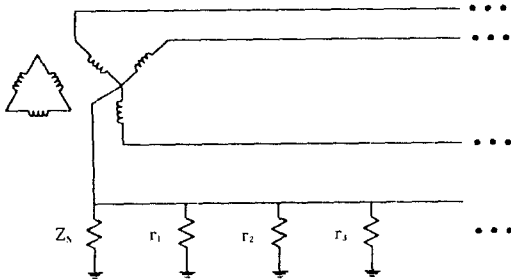


그림 4. 다중접지 모델  
Fig. 4. Multi-ground model

2.5 부하 모델

부하모델은 등가부하, 대용량부하, 주상변압기 2차측 부하 모델로 분류하였으며 RL 직렬부하로 구성하였다. 주상변압기 2차측 부하 모델은 그림 5와 같이  $220[\text{V}]$ 부하와  $440[\text{V}]$ 부하로 나누어서 표현하였다.

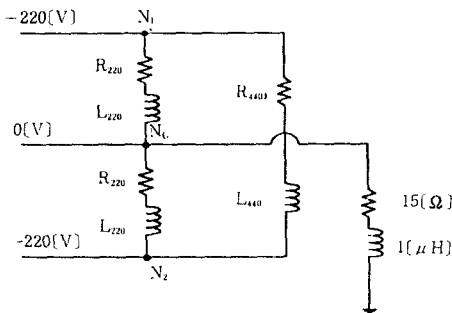


그림 5. 부하모델  
Fig. 5. Load model

여기서,  $R_{220}, L_{220}$ 은  $220[\text{V}]$  부하의 임피던스를 나타내고,  $R_{440}, L_{440}$ 은  $440[\text{V}]$  부하의 임피던스를 나타낸다. 부하크기는 기본적으로 100

$[\text{kVA}]$  주상변압기 용량의 80(%), 부하역률은 0.9가 되도록 설정하였으며 부하측 접지저항값은  $15[\Omega]$ 으로 가정하였다. 그림 5에서  $N_1, N_2$ 는 단상  $100[\text{kVA}]$  변압기와 연결되는 절점명을 표시한 것이다.

2.6 캐패시터뱅크 모델

모선에 연결된 캐패시터뱅크의 크기는 기본적으로  $3[\text{MVAR}]$ 이 되도록 구성하였다. 각 상에 연결된 캐패시터는  $15.175[\mu\text{F}]$ 으로 대지에 접지되어 있어서 근사적으로 0전위로 방전시키며, 캐패시터 크기  $C_c$ 는 식 (2)을 사용하여 계산할 수 있다.

$$C_c = \sqrt{1/(\omega Z_c)^2} \quad (2)$$

여기서,  $Z_c = (\text{kV})^2/\text{MVAR}$

3. 시뮬레이션

차단기 재투입에 의해서 발생하는 과도현상인 순간전압강하와 개폐서지를 분석하기 위한 배전시스템 모델을 그림 6과 같이 구성하였다.

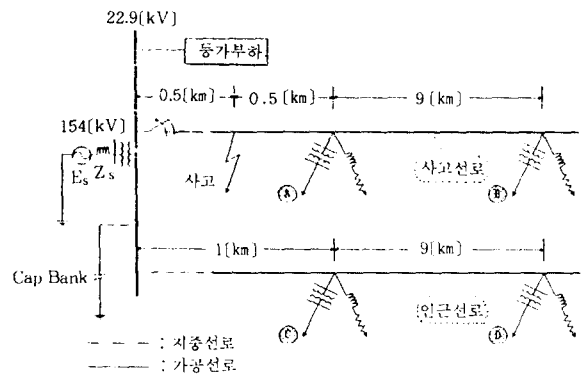


그림 6. 22.9[kV] 배전시스템 모델의 단선도  
Fig. 6. One-line diagram of 22.9[kV] distribution system model

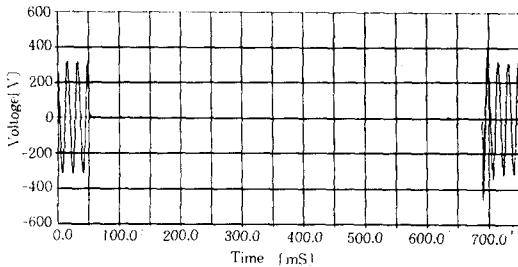
$22.9[\text{kV}]$  배전시스템 모델은 모선으로 부터 인출되는 선로가 3회선인 3상4선식 모델로 구성하였으며, 이 중에서 1회선은 등가부하와 연결되어 진다. 그림 6에서  $E_s$ 는 공급전원,  $Z_s$ 는 전원측 등가임피던스를 표시한 것이다. 선로는 모선

으로부터 300[m] 지중선로로 인출되어서 가공선로를 통해서 전력을 공급하도록 구성하였다. 각 부하(A, B, C, D)는 대용량부하와 단상 100[kVA] 주상변압기의 부하로 구성하였으며, A, C지점과 B, D지점은 모선으로부터 각각 1[km], 10[km] 거리에 위치한다. 그리고 변전소 모선에 3[MVAR] 캐패시터뱅크를 연결하였다.

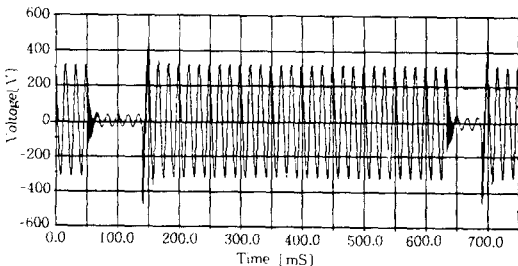
사고는 모선으로부터 0.5[km] 떨어진 가공선로에서의 A상과 중성선의 순간사고로 시뮬레이션하였다. 사고가 소멸되지 않은 상태에서의 재투입으로 인한 순간전압강하와 사고가 소멸된 상태에서의 재투입으로 인한 서지를 분석하기 위해서 '방법1', '방법2'로 구분하여 시뮬레이션을 수행하였다. 관측지점은 A, B, C, D의 주상변압기 2차측 수용가이며 사고상(A상)을 관측하였다.

[방법 1]

- ① 사고 발생(시뮬레이션 시작 후 : 3[주기])
- ② 차단기 개방(사고 발생 후 : 5[주기])
- ③ 차단기 재투입(차단기 개방 후 : 30[주기])
- ④ 사고 소멸(재투입 후 : 3[주기])



(a) A지점에서의 전압파형(사고선로)



(b) C지점에서의 전압파형(인근선로)

그림 7. A, C지점에서의 전압파형  
Fig. 7. Voltage waveforms at A, C point

위의 '방법1'로 시뮬레이션을 수행한 결과, 그림 6에서의 A지점과 C지점에서 관측한 사고상 전압파형을 그림 7에 나타내었다.

그림 7에서 보는 바와 같이 사고선로 A지점은 순간전압강하와 차단기 개방에 따른 순간정전등이 발생한다. 또한 사고가 발생하지 않은 인근선로 C지점에서도 재투입에 의한 순간전압강하가 발생한다는 것을 알 수 있다.

[방법 2]

- ① 사고 발생(시뮬레이션 시작 후 : 3[주기])
- ② 차단기 개방(사고 발생 후 : 5[주기])
- ③ 사고 소멸(차단기 개방 후 : 20[주기])
- ④ 차단기 재투입(차단기 개방 후 : 30[주기])

'방법2'로 시뮬레이션을 수행한 결과, A, C지점에서 관측된 전압파형을 그림 8에 나타내었다. 그림 8은 재투입시 과도현상을 보기 위하여 재투입 시점부근을 상세히 나타낸 것이다.

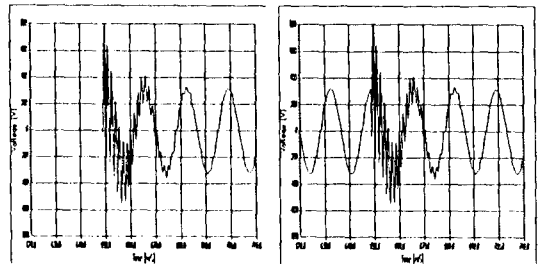


그림 8. A, C 지점의 전압파형  
Fig. 8. Voltage waveform at A, C point

그림 8에서 선로를 사고로 인해서 개방한 후에 재투입함으로써 개폐서지가 발생하며, 이러한 개폐서지는 사고선로 뿐만 아니라 인근선로에서도 상당히 크게 발생한다는 것을 알 수 있다.

4. 파라미터 분석

배전시스템은 복잡하고 다변하는 특성이 있기 때문에 시스템 파라미터를 일정한 값으로 표현하기는 어렵다. 따라서, 차단기 재투입시 발생하는 과도현상에 주요한 영향을 미치는 요소를 분석하기 위하여 시스템 파라미터에 따른 과도현상을

분석하였다. 순간전압강하를 분석하기 위해서는 사고위치를 변경하였으며, 개폐서지를 분석하기 위해서는 부하크기, 부하역률, 캐패시터뱅크의 크기, 재투입 위상각을 변경하면서 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 9는 사고위치 변화에 대한 수용가 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣지점에서의 재투입에 의한 순간전압강하의 크기를 나타낸 것이며, '방법1'로 시뮬레이션 하였다. 사고위치는 그림 6에서 모선으로부터 사고 발생 지점까지의 거리는 나타내며, 0~10 [km]까지 변경하였다. 여기서 가로축은 사고위치, 세로축은 정격전압에 대한 재투입시에 관측된 전압크기를 나타낸 것이며, 실선은 ㉠, ㉢지점 색선은 ㉡, ㉣지점을 나타낸 것이다.

그림 9에서 보는 바와 같이 사고발생위치가 모선에 가까울수록 전압 강하가 크다는 것을 알 수 있다. 사고선로에서 사고지점의 후단에 위치

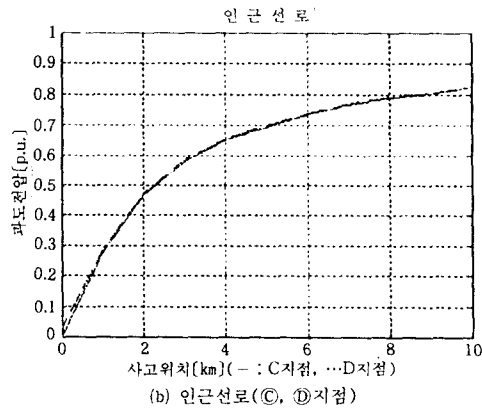
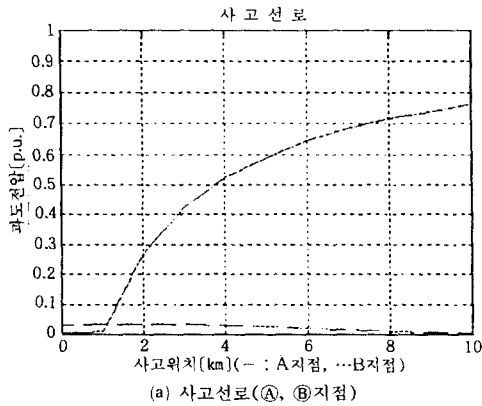


그림 9. 사고위치에 대한 순간전압강하의 크기  
Fig. 9. Magnitude of voltage sag for fault location

하는 수용가 지점은 사고발생위치에 관계없이 매우 큰 전압강하가 발생하였다. 또한, 사고가 발생하지 않은 인근선로도 재투입에 의해서 전압강하가 매우 크게 발생하였다.

그림 10은 부하크기가 변경됨에 따른 수용가 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣지점에서의 재폐로에 의한 서지크기를 나타낸 것이다. 부하역률은 0.9로 일정하게 하였으며, 부하크기는 주변압기 용량에 대한 비율로써 나타내었다. 이때 사고는 모선으로부터 0.5[km] 떨어진 지점에서 발생하였으며, 부하크기는 0[%]~100[%]까지 변경하였다.

그림 10에서와 같이 부하크기가 증가하면 서지크기는 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣지점에서 감소한다는 것을 알 수 있다. 특히, 서지는 무부하일 때 최대 2.8[p.u.] 정도 발생하였으며, 전부하일 때는 최소 2.36[p.u.] 정도 발생하였다.

부하 종류별 과도특성을 분석하기 위하여 부하

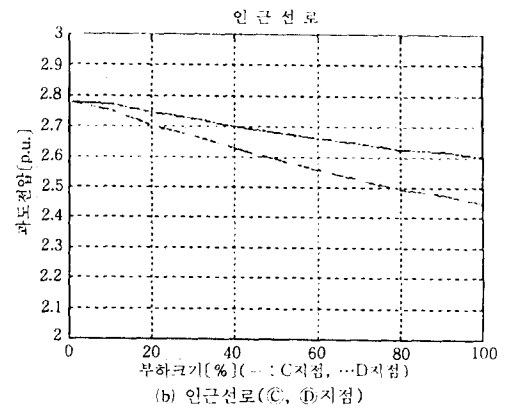
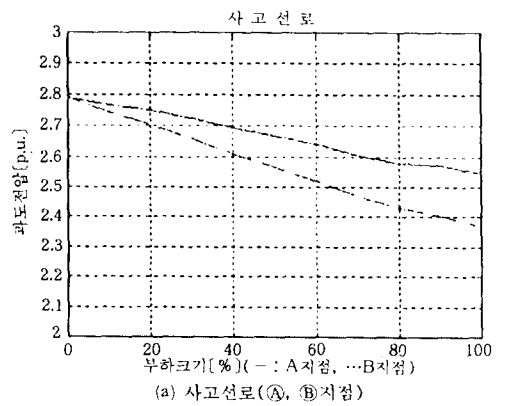


그림 10. 부하크기에 대한 개폐서지의 크기  
Fig. 10. Magnitude of switching surge for load size

역률을 변경하면서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 11에는 부하역률이 변경됨에 따른 사고선로와 인근선로에서의 서지크기를 나타내었으며, 부하크기를 80[%]로 고정된 상태에서 부하역률을 0~1까지 변경하였다.

그림 11은 유도성 부하가 많을 경우에는 재투입에 의한 서지가 상당히 크며, 반면 저항성 부하가 많을 경우에 서지가 감소한다는 것을 나타낸다. 또한, 순수한 저항성 부하에서는 재투입으로 인한 서지크기가 매우 작다는 것을 알 수 있다.

무효전력을 보상하기 위해서 변전소 인출 모선에 설치된 캐패시터뱅크는 지역마다 용량이 다르기 때문에 캐패시터뱅크의 크기가 재투입에 의한

과도현상에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다. 그림 12에는 캐패시터뱅크의 크기에 대한 서지크기를 나타내었다.

그림 12에서 보는 바와 같이 캐패시터뱅크를 모선에 연결하지 않았을 경우에는 1.4[p.u.] 이하의 서지가 발생하였으며, 캐패시터뱅크를 모선에 연결한 경우에는 매우 높은 서지가 발생함을 알 수 있다. 또한, 캐패시터뱅크의 크기가 증가할수록 사고선로와 인근선로에서의 서지크기는 다소 감소함을 알 수 있다.

그림 13에는 재투입 위상각에 대한 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣ 지점의 서지크기를 나타내었다. 사고상(A상) 스위치 양단의 전압이 영인 시점을 기준으로 해서 재투입 각도를 0°에서 +180°까지 변경

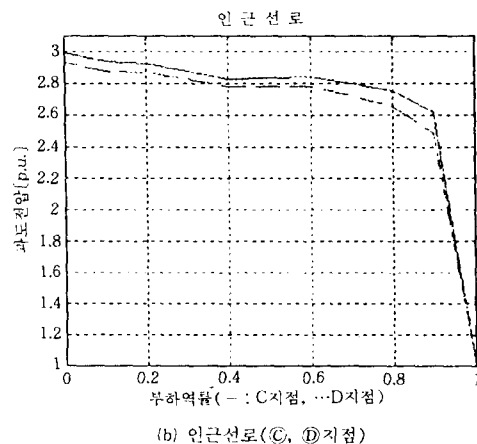
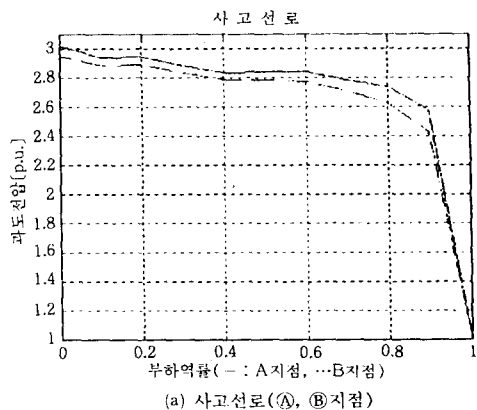


그림 11. 부하역률에 대한 개폐서지의 크기  
Fig. 11. Magnitude of switching surge for load power factor

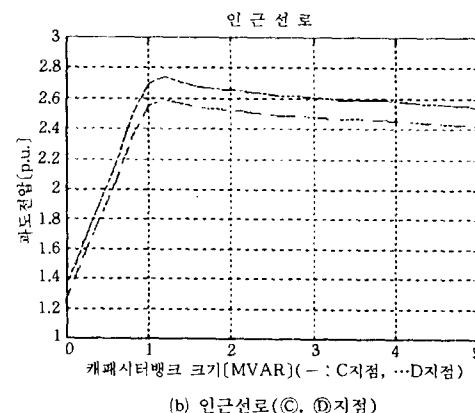
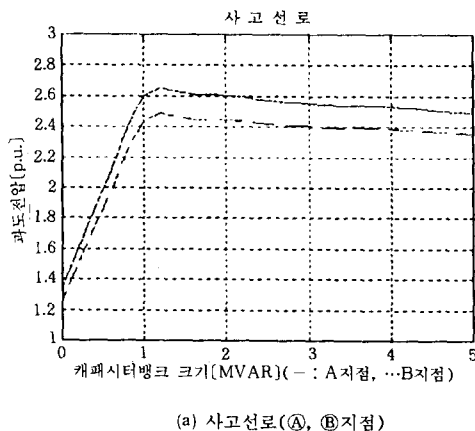


그림 12. 캐패시터뱅크 크기에 대한 개폐서지의 크기  
Fig. 12. Magnitude of switching surge for capacitor bank size

하였다.

그림 13에서와 같이 차단기 양단의 전압크기가 90°인 지점에서 가장 큰 서지가 발생하였으며, 양단의 전압이 0°, 180° 지점에서는 재투입에 의한 서지가 거의 발생하지 않음을 알 수 있다. 이것은 배전시스템에서 재투입을 할 경우에, 각 상의 전압이 0°인 시점에서 차단기를 투입한다면, 재투입으로 인한 서지를 상당히 줄일 수 있음을 나타내어준다.

### 5. 결론

본 논문은 배전시스템에서 재투입으로 인한 과도현상을 파라미터별로 분석하였다. 사고가 발생하지 않은 인근선로에서도 재투입으로 인해서 큰 과도현상이 발생함을 알 수 있었으며, 분석결과

를 요약하면 다음과 같다.

1. 사고위치가 모선에서 가까울수록 순간전압강하가 크다.
2. 무부하일 경우 약 2.8(p.u.)의 재투입에 의한 서지가 발생하였으며, 부하크기가 증가하면 서지크기는 감소한다.
3. 부하가 유도성 부하일 경우 3(p.u.)까지의 재투입에 의한 서지가 발생하였고, 부하역률이 증가하면 서지크기는 감소한다.
4. 모선에 캐패시터뱅크가 연결되지 않았을 경우에는 서지크기가 매우 작았으며, 캐패시터뱅크가 연결되었을 경우에는 매우 큰 서지가 발생한다.
5. 서지크기는 재투입 위상각이 0°,180° 부근에서 약 1.1(p.u.)로 최소가 되며, 위상각이 90° 부근에서 최대 크기를 나타낸다.

이러한 재투입으로 인한 과도현상으로 부터 설비피해를 최소화하기 위해서는 피뢰기 등의 보호장치가 필요하며, 아울러 배전시스템에서 3상 동기투입을 한다면 서지의 발생을 크게 억제할 수 있을 것으로 생각한다.

### 참고 문헌

- 1) Sioe T. Mak, "Propagation of transients in a distribution network," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.8, No. 1, pp.337~343, January 1993.
- 2) M. F. McGranaghan, et al., "Impact of utility switched capacitors on customer systems-magnification at low voltage capacitors," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.2, pp.862~868, April 1992.
- 3) N. Kolcio, et al., "Transient overvoltages and overcurrents on 12.47[kV] distribution lines : Field test results," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.3, pp.1359~1370, July 1992.
- 4) N. Kolcio, et al., "Transient over-voltages and overcurrents on 12.47[kV] distribution lines : Computer modelling and results," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.8, No.1, pp.359~366, January 1993.
- 5) 김재철 외, 전력용 변압기 사고감소에 관한 연구 (1), 한국전력공사 기술연구원, KRC-88S-J04, 1989년 9월.
- 6) D. D. Sabin, Ashok Sundaram, "Quality enhances reliability," IEEE Spectrum, pp.34~41, February 1996.
- 7) Electromagnetic Transients Program(EMTP) Work-

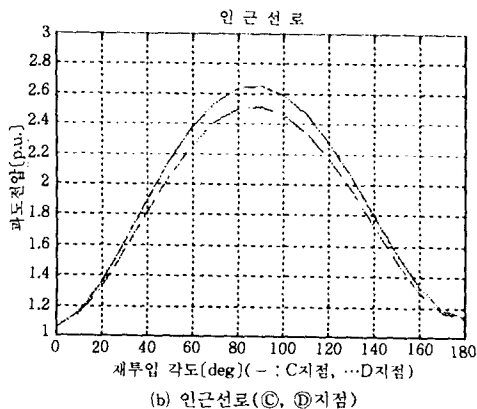
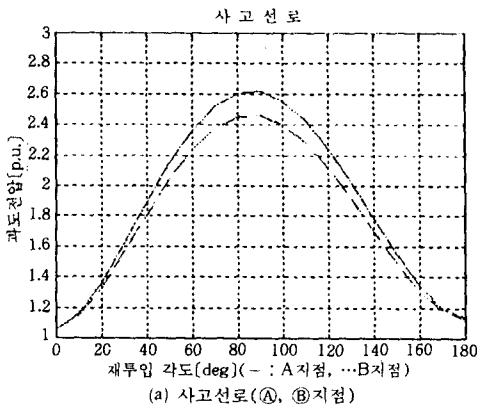


그림 13. 재투입 위상각에 대한 개폐서지의 크기  
Fig. 13. Magnitude of switching surge for reclosing angle



book, EPRI EL-4651, RP 2149-6, 1986.

- 8) "154/23(kV) 변압기 취급설명서." 효성중공업.
- 9) "13.2/0.46-0.23(kV) 변압기 취급설명서." 다남기전.
- 10) "설계기준 2권", 한국전력공사, 1990년.

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 재 철(金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학과 교수.



임 성 정(林成正)

1967년 6월 4일생. 1991년 서울 산업대학교 전기공학과 졸업. 1993년 숭실대학교 졸업(석사). 1996년 동대학원 박사과정 수료, 현재 숭실대학교 부설 생산기술연구소 연구원.



오 정 환(吳正桓)

1971년 1월 17일생. 1994년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1996년 숭실대학교 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정.