

## ATP Draw를 이용한 전력계통 설비의 모의 및 특성분석

하 채웅\* 이 종범  
원광대학교

### Simulation and Characteristic Analysis Using ATP Draw for Power System Equipments

Che-Wung Ha Jong-Beom Lee  
Wonkwang University

**Abstract** - The ATP Draw is a graphical mouse-driven preprocessor to ATP on the Windows Platform. User can build a graphical picture of the electric circuit by selecting components from menus. In this paper, ATP Draw is used to analyze power transformer transient characteristics and lightning overvoltage phenomenon in underground transmission cables. The results obtained by simulations will be used to identify the response of the digital protection algorithms in power system equipment

#### 1. 서 론

현재 국내에서는 전력계통 분야에서 고장해석을 위해 EMTP를 사용하고 있지만, EMTP의 Graphical pre-processor인 ATP Draw는 외국에서 만큼 널리 사용되지 않고 있다. 이것은 ATP Draw에 관한 다양한 시뮬레이션 모델이 나오지 않았고, 기존의 EMTP의 다양성에 비해서 아직까지는 한정된 범위 내에서만 사용이 가능하다는 이유 때문이다. 그러나 ATP Draw는 계속 Upgrad 중에 있고 다양한 그래픽 표현이 가능함에 따라 각종 해석과 이에 대한 이해를 쉽게 할 수 있다는 장점을 갖고 있어 해외에서는 사용빈도가 높다.

따라서 본 논문에서는 ATP Draw가 그래픽적 표현이 가능하다는 최대의 장점을 이용하여 전력계통 설비가운데 하나인 2권선 변압기와 3권선 변압기의 고장을 모의하였고, 철탑과 지중케이블이 연계된 선로의 뇌격에 따른 케이블의 유기 전압을 모의함으로써 그 효율성을 입증함과 동시에 과도현상 해석의 기초를 마련하고자 한다.

#### 2.1 변압기 고장의 모의

변압기 사고에 대응하기 위한 디지털보호계전 알고리즘의 개발을 위해서는 변압기의 고장 같은 이상현상에 대한 각종 시험용 데이터가 필요한데 실제통에서 이와 같은 데이터를 취득하기에는 어려움이 있다. 이에 대부분의 경우 소용량의 변압기를 이용 특정고장 등을 모의하여 데이터를 얻거나 고장파형에 근접한 신호를 수식적으로 표현하여 이용하고 있다[1,2].

그리고 전력용 변압기의 경우 고장발생 빈도가 가장 높은 것은 권선의 층간단락 및 권선의 지락고장으로, 고장에 대한 해석을 위해서 EMTP에서 고장시의 임피던스 행렬을 입력용 변압기 데이터로 하여 변압기에서 발

생한 권선 지락고장의 모의가 가능하도록 하였다. 그러나 이러한 원리를 3상 변압기에 적용을 할 때 누설유를 구하거나 변형된 인덕턴스 등을 구하는데 따른 계산의 복잡성이 요구되어야 했다[3].

이에따라 본 논문에서는 ATP Draw를 이용하여 실제의 2권선 변압기와 3권선 변압기를 결선하고 스위치 소자 Tool 을 자유롭게 고장지점과 접속시켜 각종 고장을 시험할 수 있도록 구성하였다. 고장 발생시간도 자유롭게 입력이 가능하다는 장점을 살려서 일정 시간동안의 권선간 단락과 권선의 지락 고장을 모의하였다.

##### 2.1.1 변압기 고장 모델 데이터

전원전압 11kV인 30MVA 용량의 발전기 그리고 상대단 전압 154kV 60MVA용량의 발전기 모두 등가 임피던스는 정상, 영상을 각각 5%, 2%로 가정하였다.

$$X_{base} = \frac{11^2}{30} = 4.033 [\Omega] \quad (1)$$

$$X_1 = 0.05 \times 4.033 = 0.202 [\Omega] \quad (2)$$

$$X_2 = 0.02 \times 4.033 = 0.807 [\Omega] \quad (3)$$

상대단 전원은

$$X_{base} = \frac{154^2}{60} = 395.27 [\Omega] \quad (4)$$

$$X'_1 = 0.05 \times 395.27 = 19.76 [\Omega] \quad (5)$$

$$X'_2 = 0.02 \times 395.27 = 7.91 [\Omega] \quad (6)$$

변압기 용량은 30MVA이고, 정격 전압은 11kV / 154kV이다. 변압기의 고압과 저압 권선간의 %임피던스는  $Z_{HL} = 10\%$  고압권선의 % 임피던스는  $Z_H = 5\%$  저압권선 % 임피던스는  $Z_L = 5\%$ 로 가정하면, 각 권선의 임피던스는 다음과 같다.

$$X_{base} = \frac{(154)^2}{30} = 790.53 [\Omega] \quad (7)$$

$$Z_H = 790.53 \times 0.05 = 39.53 [\Omega] \quad (8)$$

권선비는  $\frac{154}{\sqrt{3} \times 11} = 8.08$  이므로

$$Z_L = \frac{39.53}{(8.08)^2} = 0.61 [\Omega] \quad (9)$$

변압기에 입력하는 여자전류와 자속은 계산에 의하여

구할 수 있다.

표 1. 변압기의 여자전류와 자속

전압 [%]	여자전류 [A]	자속[Wb]
100	0.477	333.53
110	1.012	366.88
120	3.977	400.23
200	322.057	667.068

송전선로의 데이터는 11kV, 120km의 선로를 모의했고 다른선로는 154kV, 90km로 하였다. 임피던스에 대한 데이터는 다음과 같다.

표 2. 120km 11kV

성분	영상분	정상분
임피던스		
저항 [ $\Omega$ /km]	0.5580	0.0310
리액턴스 [ $\Omega$ /km]	1.6722	0.5816
캐패시턴스(uF/km)	0.01268	0.0194

표 3. 90km 154kV

성분	영상분	정상분
임피던스		
저항 [ $\Omega$ /km]	0.5294	0.022499
리액턴스 [ $\Omega$ /km]	1.7659	0.509614
캐패시턴스(uF/km)	0.01224	0.01914

### 2.1.2 변압기 고장 모델링과 출력전압 파형

$\Delta - Y_g$ (벡터그룹 11)의 변압기 결선에서 0.505초가 지난후 1권선의 지락이 시작된후 지속적인 영구지락을 모의하였으며 그 결과는 그림 2와 같다.

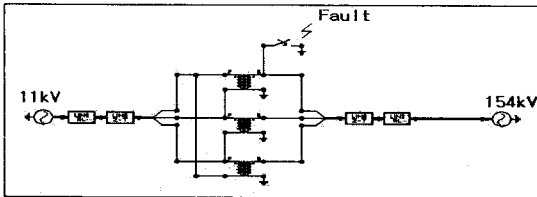


그림 1. 변압기  $\Delta - Y_g$  1권선의 영구지락 모의

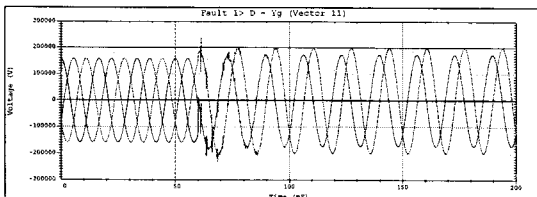


그림 2. 변압기  $\Delta - Y_g$  2차측 전압 파형

다음으로는  $\Delta - Y_g$ (벡터그룹 11)의 변압기 결선에서 0.505초 후 1차권선과 2차권선간의 영구단락을 모의하였으며, 그 결과는 그림 4와 같다.

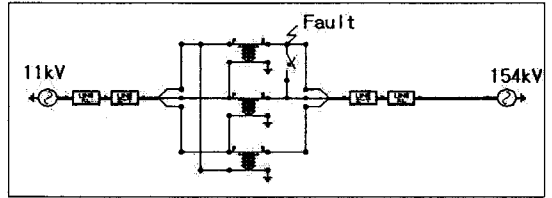


그림 3. 변압기  $\Delta - Y_g$  1차와 2차권선 사이 영구지락 모의

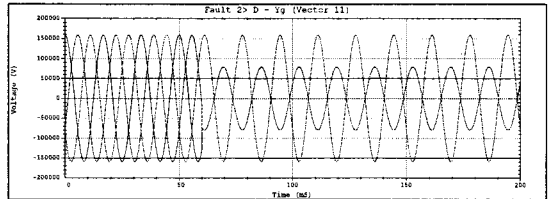


그림 4. 변압기  $\Delta - Y_g$  2차측 전압 파형

마지막으로 보여지는 모델은 3권선 변압기에서 변압기 결선  $\Delta - Y_g - \Delta$ 의 2차측  $Y_g$ 측은 154kV의 전원단에 연결하고  $\Delta$ 측은 22.9kV의 부하에 연결하였다. 그리고 변압기의 고장은 1권선과 2권선 영구지락을 모의한 후 부하측에 걸리는 전압파형의 변화를 그림 6에 나타냈다.

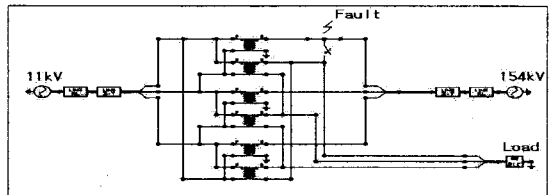


그림 5.  $\Delta - Y_g - \Delta$  3상 변압기 권선간 영구단락

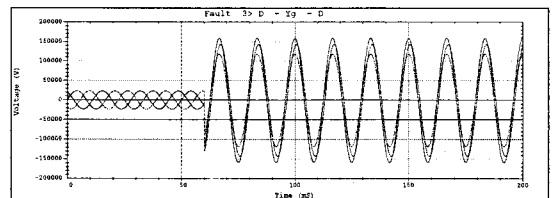


그림 6.  $\Delta - Y_g - \Delta$  3상 변압기 영구단락 전압파형

위와 같은 방법으로 ATP Draw를 이용하여 변압기의 권선방식과, 한가지 권선방식에서 각 측의 접속방식에 따라서 다양한 벡터형태를 모의 할 수 있고 그에 따른 변압기와 선로의 각종 사고의 전압과 전류를 모의 할 수 있었다. 여기서 보여주는 ATP Draw 에서는 2권선 및

3권선 변압기 아이콘이 있어서 Click만으로 데이터를 입력 할 수 있게 되어 있지만 변압기 자체의 고장을 모의하는 데는 우리가 따라 직접 결선방식을 택하게 되었다.

이러한 결과를 이용하여 ATP Draw 내의 제어 프로그램을 이용하여 변압기 보호 계전기의 동작에 대한 연구가 가능하리라 사료된다.

## 2.2 지중송전케이블의 뇌과전압 발생 특성 및 분석

지중송전시스템은 가공선로와 지중선로가 혼합되어 구성되어 있다. 이러한 시스템에서 만일 고장이 발생하면 고장의 종류에 따라 정전의 시간과 범위가 장시간, 광역화 되어 산업활동 및 국민생활에 막대한 피해를 주어 국민경제에 치명적인 피해를 주게 된다[4,5].

본 논문에서는 ATP Draw를 이용하여 뇌찌리가 계통에 침입할 경우 지중송전 케이블에 발생되는 뇌과전압의 특성을 해석하였다. 이러한 모델링과 분석을 통한 결과는 ATP Draw를 이용한 지중송전 계통구성의 합리적 설계를 위한 기초자료로 이용될 것으로 사료된다.

### 2.2.1 가공선로와 지중케이블이블 모델 데이터

ATP Draw를 이용한 모델은 가공 - 케이블 - 가공 계통을 기초로 하였고, 뇌격점을 케이블의 좌측 1철탑에서 발생된 것으로 모의하였다. 철탑은 각각 5기로 구성하였고 철탑 저항은  $10\ \Omega$ , 그리고 케이블의 저항은 인입전, 후에  $1\ \Omega$  그리고 나머지는  $10\ \Omega$ 을 갖는 시스템 접지를 하였다. 경간은 300m로 하였고 케이블의 접지 사이의 거리는 일괄 750m로 하였다.

본 논문에서는 가공지선 2조를 등가 축약한 1조의 가공지선으로 처리하였고 역설팅이 일어나는 상을 택하였다. 그리고 뇌격전류는 램프 파형을 선택하였고, 진행파의 속도는 광속으로 하였다.

가공선로와 연계된 케이블 고장을 모의하기 위해서는 먼저 케이블 정수를 계산한 후 케이블 정수를 이용하여 선로를 구성하고 고장을 모의하여야만 한다. 따라서 ATP Draw의 보조 프로그램인 ATP\_LCC를 이용하여 케이블의 선로정수를 구하였다. 가공선은 가공지선 2조를 일괄하여 1상으로 모의하였고, 케이블은 가공지선과 가장 근접한 1상의 CV 1200 mm<sup>2</sup> 케이블만을 대상으로 모의하였다.

표 4. CV 1200 mm<sup>2</sup>의 입력자료

종 류	도 체	절 연 체	시 스	방 식	총
단 위					
mm	20.85	45.85	48.65	63.55	

그림 8은 케이블에 유기되는 전압 파형으로서 반사파의 영향으로 케이블의 뇌 과전압 크기가 변하는 것을 보여주고 있다. 위의 결과는 케이블의 종류, 케이블의 길이, 철탑정소의 유무 및 파괴기의 유무에 따라 케이블에 유기되는 전압이 다르지만 이 논문의 목적은 ATP

Draw의 모델을 소개하는 것이 주된 목적이므로 여기서는 생략한다.

### 2.2.2 지중송전계통의 모델링과 출력전압 파형

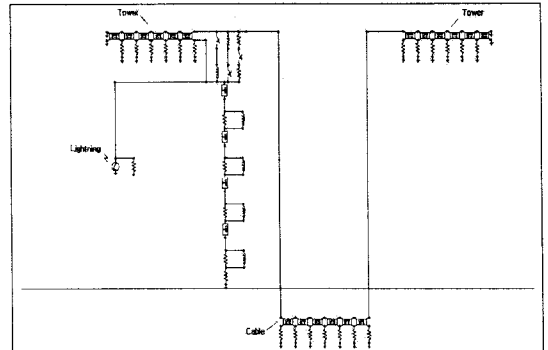


그림 7. 뇌격이 침입한 철탑과 케이블이 연계된 모델

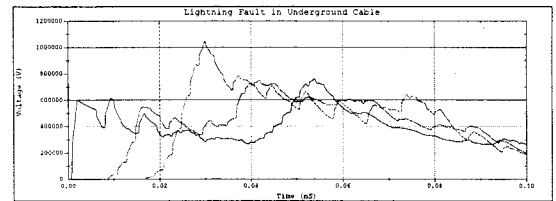


그림 8. 뇌격파형에 의한 케이블의 유기전압 파형

## 3. 결 론

본 논문에서는 ATP Draw를 이용하여 2권선과 3권선 변압기의 각 권선방식 및 고장종류에 따른 모델링이 가능함을 보였으며, 철탑과 연계된 지중케이블 모델에서는 뇌격에 따라 달라지는 전압의 파형을 도출하였다. 본 논문에서 제시한 다양한 고장모의와 결과는 ATP Draw에 대한 이해를 쉽게 할 뿐만 아니라 EMTP 프로그램과 상호 보완을 통하여 전력계통 설비해석 및 보호 알고리즘을 개발하는데 시험용 데이터로 이용될 수 있을 것이며 더 나아가 정확하고 효과적인 전력계통 과도현상 관련 연구에 기여할 것으로 사료된다

### (참 고 문 헌)

- [1] Mutry, Y.V.V.S. Smolinski, W.J. Sivakumar, "Design protection scheme for power transformers using optimal state observers", IEE proc. C 135, pp. 224-230, 1988.
- [2] H.W.Dommel and V.Brabdwajn, "Matrix representation of three phase N-winding transformer", IEEE Trans. on PAS, pp. 1369-1378, 1982. 6.
- [3] 서희석, 신명철, "변압기보호계전 알고리즘 개발을 위한 변압기의 고장해석" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 844-846, 1996.
- [4] 김관성, "지중배전용 케이블의 기술동향", 지중배전 기술 세미나, 한국전력공사, 1992. 9
- [5] 한용희, "지중 배전기술의 현황과 전망", 제1차 Symposium 전력케이블연구회, 1993. 3.