

## 실시간 시뮬레이터를 이용한 변압기 과도현상 훈련코스 개발

최준호\* 차승태\* 신정훈\* 남수철\* 광노홍\* 심응보\* 박성우\*\*  
\*한국전력공사 전력연구원 \*\*LS산전(주)

### Development of a transformer dynamics training course using RTDS

Junho Choi\* Seungtae Cha\* Jeonhoon Shin\* Soochul Nam\* Nohong Kwak\* Eungbo Shim\* Seongwoo Park\*\*  
\*Korea Electric Power Research Institute, KEPCO \*\*LSIS

**Abstract** - 본 논문은 우리 전력연구원에서 보유하고 있는 실시간 시뮬레이터(RTDS)를 이용하여 산학연을 대상으로 하여 개발된 교육, 훈련 시스템 중 하나의 아이템인 변압기 과도현상 훈련코스에 대해 소개하고자 한다. 실계통 현장에서 자주 발생하는 변압기 내부고장을 RTDS/RSCAD 상에서 구현하여 변압기 과도특성을 파악한 후 계통해석에 이용하고, 변압기 돌입전류 현상과 포화현상 모의를 통하여 변압기 과도현상에 대해 명확히 이해할 수 있도록 하는데 본 훈련코스의 목적이 있다. 우리 전력연구원은 2002년부터 산학연을 대상으로 실시간 시뮬레이터 응용 계통해석 교육을 여러차례 시행해 오고 있으며, 2007년 3월 교육, 훈련 시스템 구축이 완료됨에 따라 앞으로 정기적인 교육을 시행할 예정이다.

### 1. 서 론

우리나라 전력계통은 매년 6% 이상의 부하가 지속적으로 증가하는 대규모 계통이고, 최신 설비 및 제어기술이 도입됨에 따라, 전력계통 해석의 신뢰성을 제고하기 위한 전력설비의 고정밀 모델 개발 및 적용이 절실히 필요하다. 아울러, 이러한 전력산업 및 전력계통 구조의 변화에 능동적으로 대응하여 전력계통의 안정화를 도모하기 위해서는 고도의 능력을 보유한 우수인력 양성이 절대적으로 필요하며, 실시간 시뮬레이터(RTDS)와 연계되어 종합적인 실무훈련이 가능한 교육 및 훈련 시스템의 개발을 통하여 전력계통 실무에 직접 활용 가능한 고급기술의 공유가 필요하다. 이를 위하여 수행된 전력계통 교육, 훈련 시스템을 구축 사업의 일환으로 변압기 과도현상 모의 훈련코스가 개발되었다.

### 2. 변압기 과도현상 모의 시나리오 구성

#### 2.1 내부고장 모의 훈련 시나리오

변압기 내부고장의 주요원인은 정격 전류 이상의 전류로 일정 기간 운전시 발생하는 과부하 운전, 변압기에 인가되는 전압이 정격전압 이상으로 크게되면 발생하는 과전압 운전, 변압기 외부에서 고장이 발생하여 큰 고장전류가 변압기를 관통하여 발생하는 변압기 외부계통 고장, 그리고 마지막으로 기계적 결함 등이 있다. 이로 인해 발생할 수 있는 내부고장의 종류는 권선과 철심간의 절연파괴에 의한 지락, 권선의 상간단락, 권선 층간단락, 권선의 단선 혹은 기타부싱의 불량, ULTC 고장 등이 있다.

**<표 1> 변압기 내부고장 모의 훈련 시나리오**

훈련 시나리오	고장분류	고장종류	고장위치	고장시점	모의 시나리오
시나리오 1	1-1	권선지락	10%	90°	권선에서 90° 1선지락 사고 발생시 전압/전류 변화 관찰
	1-2		10%	0°	90° 사고와 전압/전류 비교
	1-3		50%	90°	10% 사고와 전압/전류 비교
	1-4		2선지락	50%	90°
시나리오 2	2-1	상간단락	10%	90°	권선에서 90° 상간단락 사고 발생시 전압/전류 변화 관찰
	2-2		10%	0°	90° 사고와 전압/전류 비교
	2-3		50%	90°	10% 사고와 전압/전류 비교
시나리오 3	3-1	층간단락	10%	90°	권선에서 10% 층간단락 사고 발생시 전압/전류 변화 관찰
	3-2		50%	90°	10% 사고와 전압/전류 비교

#### 2.2 변압기 포화현상 모의 훈련 시나리오

변압기 포화현상은 자계와 자속밀도 사이의 비선형성으로 인해 변압기를 포화시키는 현상인데, 4장에서 모의하였다.

**<표 2> 변압기 포화현상 모의 훈련 시나리오**

훈련 시나리오	모의 모드	Loop width	인가전압	모의 시나리오
시나리오 1	1-1	Linear Mode	230kV	Linear 모드에서 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰
시나리오 2	2-1	Saturation Mode 1	230kV	Sat. 모드에서 Loop width가 0.01%일 때 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석
	2-2		115kV	인가전압이 115kV일 때 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석
시나리오 3	3-1	Saturation Mode 2	230kV	Sat. 모드에서 Loop width가 30%일 때 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석
	3-2		115kV	인가전압이 115kV일 때 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석

### 2.3 변압기 돌입전류 현상 모의 훈련 시나리오

변압기 돌입전류는 차단기를 이용하여 변압기를 가압하는 경우 변압기 철심의 비선형적인 자기포화특성에 의해 정격보다 큰 전류가 발생했다가 일정 시간후 소멸되는 현상을 말한다.

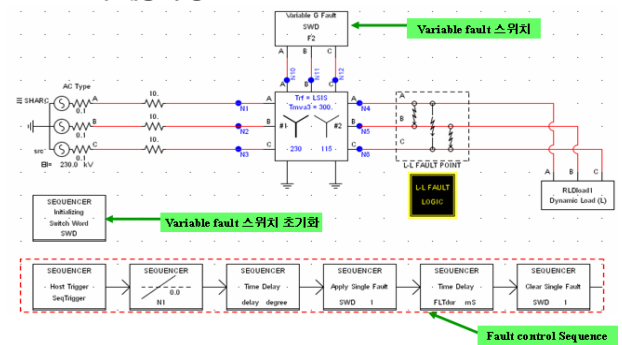
**<표 3> 변압기 돌입전류 현상 모의 훈련 시나리오**

훈련 시나리오	모의 모드	투입시점	모의 시나리오	
시나리오 1	1-1	Linear Mode	90°	Linear 모드에서 전압/전류 관찰
시나리오 2	2-1	Saturation Mode	90°	Sat. 모드에서 A상 전압이 90° 일 때 차단기 투입시 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석
	2-2		0°	Sat. 모드에서 A상 전압이 90° 일 때 차단기 투입시 전압/전류 및 Flux 자화전류 커브 관찰, 고조파 분석(고조파)

### 3. 변압기 내부고장 모의 훈련코스

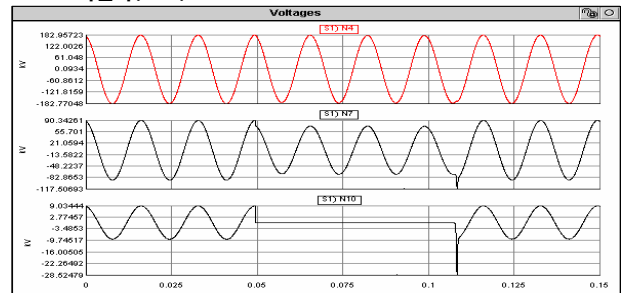
#### 3.1 권선지락 모의

##### 3.1.1 모의 계통 구성



**<그림 1> 권선지락 모의를 위한 계통의 구성**

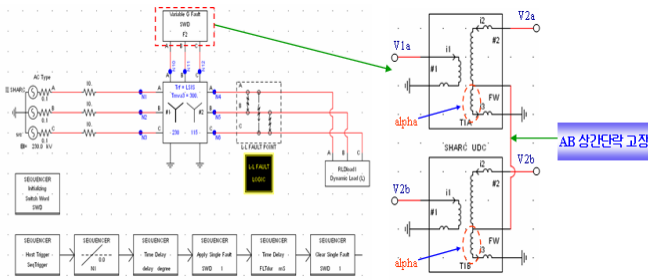
##### 3.1.2 모의결과(1-1)



**<그림 2> 시나리오 1-1 고장발생시 전압 변화**

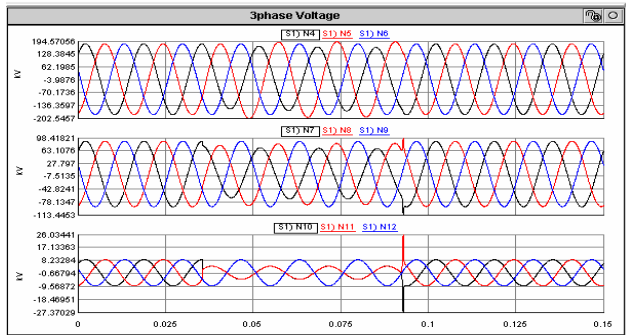
### 3.2 권선 상간단락 모의

#### 3.2.1 모의 계통 구성



<그림 3> 권선 상간단락 모의를 위한 계통의 구성

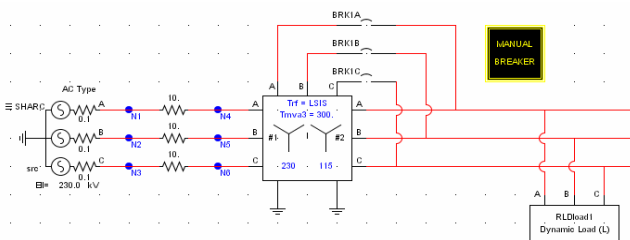
#### 3.2.2 모의결과(2-1)



<그림 4> 시나리오 2-1 고장발생시 전압 변화

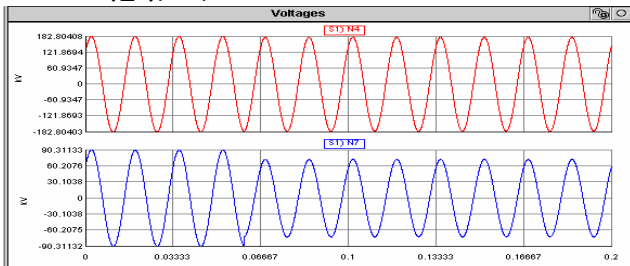
### 3.3 권선 총간단락 모의

#### 3.3.1 모의 계통 구성



<그림 5> 권선 상간단락 모의를 위한 계통의 구성

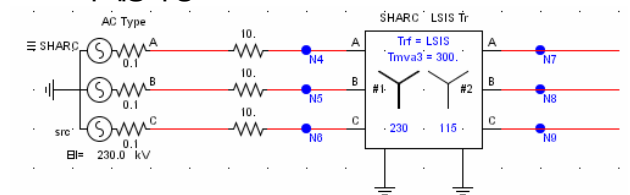
#### 3.3.2 모의결과(3-1)



<그림 6> 시나리오 3-1 고장발생시 전압 변화

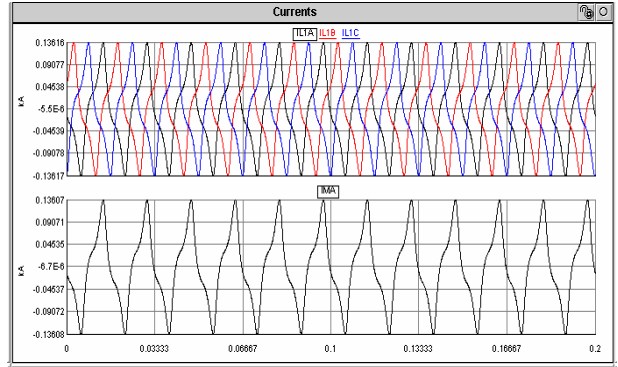
### 4. 변압기 포화현상 모의 훈련코스

#### 4.1 모의 계통 구성



<그림 7> 변압기 포화현상 모의를 위한 계통의 구성

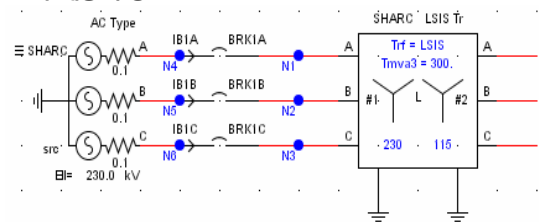
### 4.2 모의 결과(3-1)



<그림 8> 시나리오 3-1 1차측 전류 파형

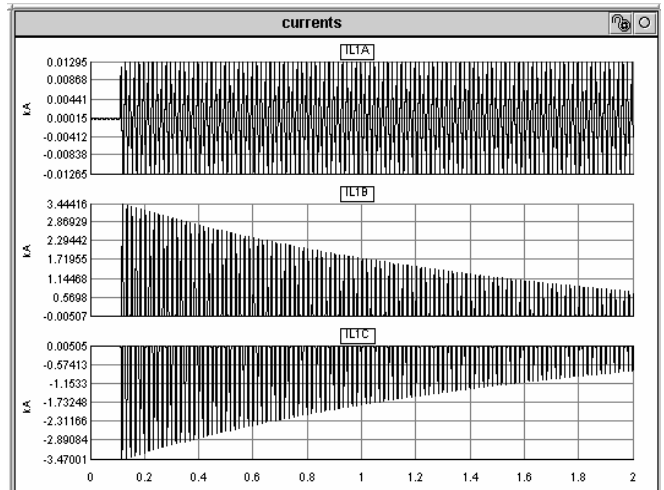
### 5. 변압기 돌입전류 현상 모의 훈련코스

#### 5.1 모의 계통 구성



<그림 9> 변압기 돌입전류 현상 모의를 위한 계통의 구성

#### 5.2 모의 결과(2-1)



<그림 10> 시나리오 2-1에서의 1차측 3상 전류파형

### 6. 결 론

실계통 현장에서 자주 발생하는 변압기 내부고장을 RTDS/RSCAD 상에서 구현하여 내부고장시 변압기 과도특성을 파악한 후 계통해석에 이용하고, 변압기 돌입전류 현상과 포화현상 모의를 통하여 변압기 과도현상에 대해 명확히 이해할 수 있도록 하는데 본 훈련코스의 목표가 있다. 상기 현상들을 우리 연구원에서 보유중인 실시간 시뮬레이터를 이용하여 모의한 결과를 본 논문에서 정리하였으며, 모의결과를 중심으로 향후 전력계통해석분야 교육시 적극 활용할 계획에 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] RTDS Technologies Inc, "User's Manual"
- [2] P.Kunder, "Power System Stability", McGraw Hill
- [3] P.G. Sen, "Principles of Electric Machines and Power Electronics", SciTech Media
- [4] L. M. Faulkenberry, "Electrical Power Distribution and Transmission", L.M Faulkenberry, Prentice Hall