

PSCAD/EMTDC를 이용한 송전선로 보호 계전기의 동특성 모델[1]

이홍학\*, 김철환\*, 조경보\*\*, 장병태\*\*, 이재욱\*\*, 안상필\*\*\*, 이재규\*\*\*\*  
 성균관대학교\*, 한전 전력연구원\*\*

Dynamic-state Model[1] Transmission Line Protective Relay Using PSCAD/EMTDC

H. H. Lee\*, C. H. Kim\*, K. B. Cho\*\*, B. T. Chang\*\*, J. W. Lee\*\*, S. P. Ahn\*\*\*, J. K. Lee\*\*\*\*,  
 SungKyunKwan University\*, KEPRI\*\*, KERI\*\*\*, Daeduk College\*\*\*\*

**Abstract** - In recent years, with the continuous development of modern power system, the need for high performance protection to meet the customers' requests for more stable and reliable power supply has become increasingly emphasized. So, there is urgent need for a proper testing platform about not only existing digital protection relay but also new digital protection relay on the transmission line. It is also dynamic-state test which can test the performance of digital relay. This paper suggests basic system model for testing transmission line protection using PSCAD /EMTDC, and presents the process of the component modeling in the basic system.

**Keyword:** transmission line, protection relay, PSCAD/EMTDC.

1. 서 론

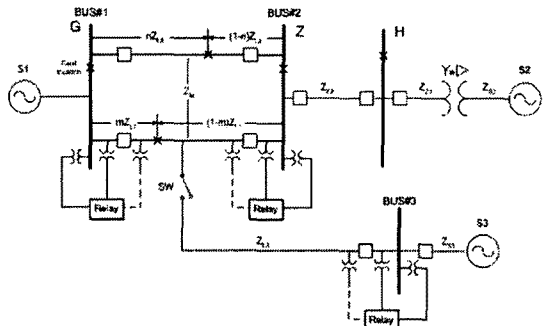
전력계통이 복잡해지고 대용량화됨에 따라, 초기의 전기기계형 계전기나 정지형 계전기같은 아날로그 계전기 형태에서 복수의 계전요소들이 내장되어 있는 디지털 보호계전기 형태로 변화하고 있다. 디지털 보호계전기는 마이크로프로세서(microprocessor)를 이용하여 각 계전요소들 간에 유기적인 동작을 수행하기 때문에 동작특성시험을 위주로 하는 정특성 시험에 추가적으로 유기적인 성능검증 수단으로 RTDS(real time digital simulator)를 이용한 동특성 시험이 필요하게 되었다. 이 동특성 시험의 목적은 과도현상을 비롯한 계통 특수현상에 대하여 실제 고장이 발생한 때와 유사한, 급변하는 전류 전압 신호를 주어 그때의 각 계전요소들의 동작특성을 확인하는 것이다. RTDS를 이용할 경우, 실시간 고조파나 DC offset의 영향, 다중 고장 또는 진전고장에서 의 응용 특성, 고장전류 반전 대책 등을 용이하게 검증할 수 있는 장점이 있다. 그러나 성능검증에 사용되는 계통이 실제계를 정확하게 반영하지 못할 경우 검증 결과의 신뢰성을 확보하기 힘들다. 따라서 전력계통에 대한 디지털 보호계전기의 효과적이고, 신뢰성 있는 이용과 모든 실제계에 대해 각각의 모델링을 하는 중복적인 번거로움을 없애기 위해서는 포괄적이고, 정확한 계통모델링에 대한 연구가 필요하며, 그 연구에 대한 시작

으로 과도현상에 가장 밀접하게 관계되는 송전선로 보호 계전기 성능검증용 모델[1]을 제안하였다. 추후 국내 전문가들 및 국내 전력계통 특성을 고려하여, 보호계전기 동특성 모델을 결정하고자 한다.

2. 기본적인 계통모델

2.1 계통 모델링

송전선 거리계전기의 동특성 시험에 관한 기본적인 계통모델은 다음 그림 1과 같다.



위 계통모델은 3개의 전원(S1, S2, S3)으로 구성되어 있으며, 전원각(source angle)은 변화가능하다. 송전선로는 3단자 선로로 구성되어 있으며, 그중 한쌍은 상호 결합 선로(mutually coupled lines)로 구성되어 있다. 다양한 계통을 모의할 수 있게 하기 위하여 차단기와 스위치를 포함하며, 계전기에 입력 전압·전류 신호를 주기위한 CT와 VT가 있으며, 변압기 등이 포함되어 있다. 시험의 목적에 따라 계통을 다양하게 변경할 수 있게 하기 위하여 일부 차단기와 스위치를 사용자가 임의로 제어할 수 있게 하였다. 또한, 각 구성성분에 대한 파라미터를 다양하게 변화시킬 수 있게 구성하였다. 고장은 모선과 선로 상에서 특정위치에서 발생될 수 있게 하였으며, 고장의 종류는 크게 지락과 단락고장으로 구분된다.

2.2 각 구성성분에 대한 모델링

2.2.1 송전선로 모델

송전선로는 과도현상을 일으키는데 있어 가장 중요한 역할을 하며, 선로의 길이와 파라미터에 따라 다양한 상

태를 보이기 때문에 신중하게 모델링해야만 한다. 송전선로는 선로길이에 따라,

- ① 정상 및 영상 집중 파라미터 표현
- ② Pi-section 표현
- ③ 분포 파라미터 연가 및 비연가 선로 표현

등으로 모델링할 수 있다. PSCAD/EMTDC 상에서는 다음 그림 2와 같이 표현된다.

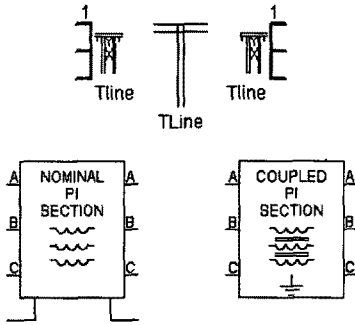


그림 2 PSCAD/EMTDC의 송전선로 각 모델

### 2.2.2 발전기 모델

보호계전기 연구에서 가장 흔히 사용되는 두 가지 전 원모델은 다음과 같다.

- ① 모델1: 이상 정현파발전원
- ② 모델2: 정밀한 동기기 모델

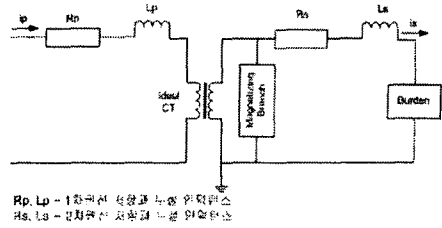
전원모델의 선정은 계통구성과 연구목적에 따라 달라 질수 있으나 일반적으로 송전선로 계전기 연구에서는 모델 1이 사용된다.

모델1: 차과도(sub-transient) 리액턴스를 포함하는 이상전원은 연계계통을 가지는 큰 발전소를 표현하는데 사용되며, 계통관성(system inertia)은 무한하고, 외란에 의해 계통주파수는 변하지 않는다. 이 모델이 주로 송전선로 계전기 연구에 이용된다.

모델2: 정밀한 동기기 모델은 비연계계통에서 소규모 발전소들을 표현하는데 사용되며, 외란에 의해 계통주파수가 영향을 받으며, 계통관성, 차과도, 과도현상, 정상 상태 리액턴스 등을 포함하는 완전한 데이터를 필요로 한다. 따라서 이 모델은 복잡하고, 완전한 기기데이터를 필요로 하고, 계산적으로 비능률적이라는 단점이 있다. 그러나 작은 설비에 대한 자세한 계통해석에서는 모델 1에 비해 훨씬 오차가 적다.

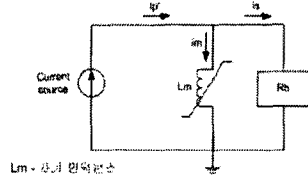
### 2.2.3 CT 모델

그림 3(a)는 CT 등가회로이며, 3(b)는 과도상태해석을 위한 CT 표현이다. CT파라미터인  $R_p$ 와  $L_p$ , 내부 권선 커패시턴스는 무시되며, 일부 경우에만 고려된다. CT에 대한 히스테리시스 영향은 연구의 특성에 따라 고려될 수도 있고, 무시될 수도 있다.



$R_p, L_p$  - 1차권선 저항과 노성 인덕턴스  
 $R_s, L_s$  - 2차권선 저항과 노성 인덕턴스

(a) CT 등가 회로



$L_m$  - 2차 권선 인덕턴스

(b) 과도상태 분석을 위한 CT 표현

그림 3 CT 등가 회로와 과도상태 분석을 위한 CT 표현

### 2.2.4 VT 모델

그림 4는 계기용 변압기의 회로 모델을 보여준다.

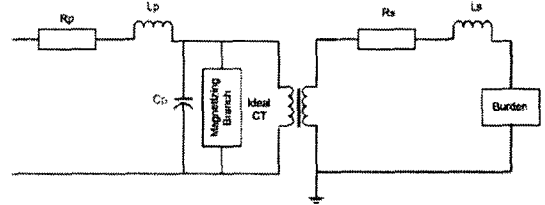


그림 4 VT 등가 회로

### 2.2.5 차단기 모델

송전선로 계전기 시험에 적합한 스위치의 종류로는 크게 3종류가 있다.

- ① 시간제어 스위치(time controlled switch)
- ② 통계 스위치(statistics switch)
- ③ "TACS" 스위치(Transient Analysis of Control System Switch)

그림 1에는 9개의 차단기(CB)와 1개의 스위치(SW)가 있으며, 시험 계전기는 주로 선로 1의 왼쪽에 있는 차단기에 연결된 계전기가 된다.

### 2.2.6 고장의 종류 및 위치

송전선로의 다양한 과도상태에서 계전기를 시험하기 위해서는 고장의 종류와 위치를 제어하는 것은 필수적이다. 고장의 종류는 다음과 같은 종류들을 모의하고자 한다.

표 1 고장의 종류

	Single-phase-to-ground		Two-phase-to-ground			Phase-to-phase		Three-Phase		
Phase A	X		X	X	X	X	X	X		
Phase B		X	X	X	X	X	X	X		
Phase C			X	X	X	X	X	X		
Ground G	X	X	X	X	X					
Fault Type	AG	BG	CG	ABG	BCG	CAG	AB	BC	CA	ABC

고장의 위치는 그림 1에서 모선 G, Z, H에 각각 적용할 수 있고, 선로 1과 2에서는 선로의 임의의 어느 부분에도 고장을 모의할 수 있게 계통모델이 구성되어 있다.

### 3. PSCAD/EMTDC를 이용한 계통모델링

앞에서 열거된 구성성분들을 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링한 후 다음과 같이 계통모델을 구성하였다.

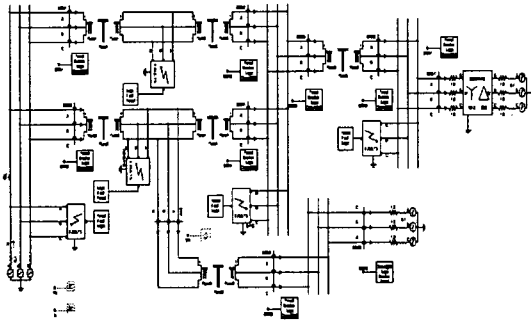


그림 7 PSCAD/EMTDC를 이용한 송전선로 보호계전기 성능검증용 계통모델

위 그림에서 보여주는 모든 성분들의 파라미터들은 실험목적이나 계통환경에 따라 임의로 변경될 수 있으며, 일부 차단기를 사용자 임의로 개방함으로써 계통모델을 변경할 수 있다.

### 4. 결 론

앞으로의 전력환경은 보다 복잡해지고, 고도화될 것이며, 이에 발맞추어 고성능의 보호계전기가 개발 또는 도입될 것이다. 새로운 계전기가 도입되거나 개발될 때마다 각각의 계전기는 설치하고자 하는 환경에 적합성이나 계전기 자체의 성능평가를 위해 실제통과 유사한 모델계통에서 시험된다. 이럴 때마다 성능검증용 모델계통을 다시 만들어야하는 하는데, 앞에서 제시한 계전기 성능검증용 모델계통을 이용하면, 이러한 중복 투자를 절약할 수 있다. 또한, 현재 작성된 계통모델을 조금씩 보완해서, 예를 들면, 현재 국내 계통은 3단자 선로가 거의 없으므로, 3단자 선로를 제거하는 등 - 최종적으로는 국내 전력계통 특성을 충분히 반영한 디지털 보호계전기 성능검증을 위한 계통모델을 작성하고자 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 많은 경험을 보유하고 있는 한국전력공사 및 산업체 등의 전문가들의 지식을 결합하여야만 할 것이다.

#### [참 고 문 헌]

[1] M. Kezunovic, A. Abur, Lj. Kojovic, V. Skendzic, H. Singh, "DYNA-TEST Simulator for Relay Testing Part II: Performance Evaluation", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.3,

July 1992.  
 [2] J.A. Jodice, "RELAY PERFORMANCE TESTING - A Power System Relaying Committee Publication", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.12, No.1, January 1997.  
 [3] D.Jakominich, R.Krebs, D.Retzmann, A.Kumar, "Real Time Digital Power System Simulator Design Considerations and Relay Performance Evaluation", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.14, No.3, July 1999.  
 [4] M.kezunovic, B.A.Pickett, M.G.Adamiak, G.E.Alex-ander, "Digital Simulator Performance Requirements for Relay Testing", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.13, No.1, January 1998  
 [5] Dong Xinzhou, J Z Liu, Yu Xuewen, Zhang Yancang, Guo Xiaojun, Ge Yaozhong, "New Relay Testing Platform", IEE Developments in Power System Protection, Conference Publication No.479, 2001.  
 [6] P D Talbot, Z Q Bo, L Denning, X F Shen, Y F Shen, Y F Qiu, A Williams, R H J Warren, R Hoole, G C Weller, K J Mackay, " Real-time Simulation of Critical Evolving Fault Condition on a 500kV Transmission Network for Testing of High Performance Protection Relays", IEEE, 2000.  
 [7] IEEE Committee Paper