

변전소 교육용 시뮬레이터를 위한 고장발생기 개발

여상민 정용준
(주)태광이앤시

이제희
한국전력공사

김철환
성균관대학교

Development of Fault Generator for Educational Simulator of Substation

Sangmin Yeo, Yongjoon Jung
Taegwang ENC

Jehee Lee
KEPCO

ChulHwan Kim
Sungkyunkwan Univ.

Abstract - 국내 전력계통을 담당하고 있는 한국전력공사에서는 주기적으로 변전소 운전원들을 교육/훈련하여 계통상에서 발생하는 각종 현상 또는 고장 등에 대한 신속한 대비를 수행할 수 있도록 하고 있다. 이러한 교육/훈련을 위하여 교육용 시뮬레이터를 개발하여 운영 중에 있다. 기존 교육용 시뮬레이터의 경우 여러 고장 발생에 대한 각종 동작 사항을 지정하여 시나리오로 저장한 후, 교육/훈련시 다시 불러와서 사용하는 방식으로 되어 있었으나 본 개발된 고장발생기는 고장 유형에 따른 동작 사항을 계통 상황에 맞춰 생성하여 시나리오를 발생시키는 방식으로 변경하였다. 이를 통해 복잡한 시나리오 편집 절차가 없어졌으며, 보다 다양한 고장에 대한 교육/훈련을 수행할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 고장발생기의 입력 및 출력력을 제시하고, 기존의 고장발생 방식과의 성능 비교를 기술하였다.

1. 서 론

전력계통은 각종 산업 발전과 함께 점차 확장되어가며, 설비의 구성 및 네트워크는 복잡해지고 있다. 또한, 각종 보호계전기 등의 설비의 발전에 따라 전력계통 내의 일반적인 고장은 과거에 비해 많이 감소하였다. 그러나 계속 늘어나고 있는 부하량은 물론 각종 전력전자 설비들에 의한 외란, 분산전원 적용에 따른 계통 조류의 변화 등은 보다 새로운 원인의 고장을 발생시키고 있으며, 이에 따른 변전원들의 신속한 대처가 요구되고 있는 실정이다.

이러한 실정에도 불구하고, 고장 빈도의 감소에 따른 변전원들의 경험의 부족 등의 원인에 따라 고장이 발생하였을 때의 신속한 대처가 어려워지고 있다. 따라서 한국전력공사에서는 변전원들을 정기적으로 교육/훈련하여 전력계통에서 고장이 발생하였을 경우, 신속하고 정확하게 대처할 수 있도록 하고 있다.

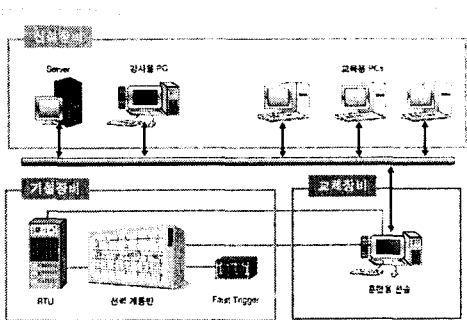
그러나, 기존의 변전소 운전원들을 위한 교육용 설비들은 노후화되고, 다양한 변전소, 고장 유형, 여러 형태의 운전상황에 대한 실제적인 접근이 어렵도록 구성되어 있어 현실적이면서도 적극적인 교육/훈련이 사실상 어려웠다.

따라서, 본 논문에서 소개하고 있는 교육용 시뮬레이터를 개발하여 기존의 교육용 시뮬레이터 설비를 교체하였으며, 본 논문에서는 교육용 시뮬레이터의 매우 핵심적인 프로그램인 고장발생기를 소개하고자 한다.

2. 고장발생기

2.1 교육용 시뮬레이터

기존의 교육용 시뮬레이터는 변전소의 종류와 계통 운전상황, 고장 종류 등이 미리 정해져있는 형태로서 고장 발생에 관련된 각종 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 훈련시 데이터를 불러와서 고장을 발생시키도록 구성되었다. 이러한 구성은 교육/훈련을 받는 변전원들에게 실제 근무 환경에 대한 교육/훈련이 어렵도록 하였으며, 몇몇의 정해진 시나리오에 대해서만 훈련이 가능한 단점이 있었다.



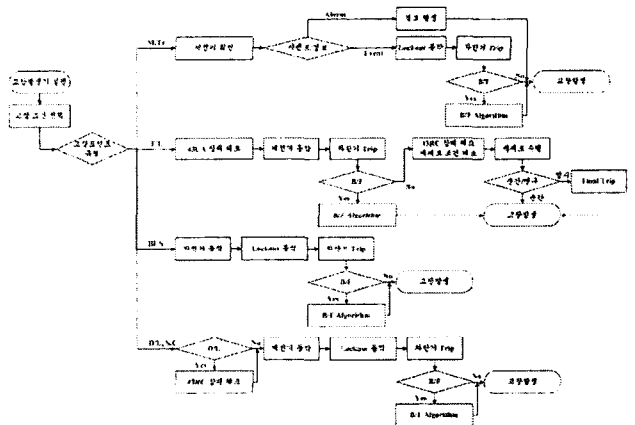
<그림 1> 교육용 시뮬레이터의 구성

본 논문에서 소개하고자 하는 교육용 시뮬레이터의 설비 구성은 위 그림 1과 같다. 기존에 설치된 설비 중 사용할 수 있는 것은 그대로 유지하기 위

하여, RTU, 전력계통반, Fault Trigger 등은 훈련용 콘솔 컴퓨터를 교체하고, 프로그램을 새로 구비하여 계속 사용할 수 있도록 하였다. 또한, 교육용 서버(Server), 강사용 PC, 교육용 PC 등을 새롭게 구성하여 교육용 시뮬레이터 시스템을 구축하였다.

본 교육용 시뮬레이터는 Server/Client 구조를 채택하여 각 PC 간의 Interface는 Server가 담당하도록 하였으며, 강사와 교육/훈련을 받는 훈련원들은 모두 Client로써, Server에 접속하여 시스템을 운영할 수 있도록 구성하여 다수의 사용자가 동시에 교육용 시뮬레이터 시스템을 사용할 수 있도록 하여 한 번에 한 사람만 교육/훈련을 진행할 수 있었던 기존 시스템의 불편함을 해소하였다.

또한, 기존의 교육용 시뮬레이터의 경우 다수의 모의고장 발생 정보를 데이터베이스에 미리 저장해놓은 후, 발생시키고자 하는 모의고장 정보를 선택하여 저장된 정보를 불러오는 방식으로 개발되었다. 이러한 프로그램은 모의고장 정보를 입력하였을 때의 계통 상황과 실제 모의고장을 발생하고자 하는 계통 상황이 다를 경우 잘못된 모의고장 정보를 발생시키게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 각종 모의고장 교육 자료 및 계전기 관련 자료[1], 운전 지침서[2], 변전설비 관련 도면 등을 수집하여 분석한 후, 설비별, 고장 유형별 흐름에 따라 다음 그림 2와 같이 모의고장 흐름도를 작성하였으며, 흐름도에 기반한 모의고장 발생 프로그램을 개발하였다.



<그림 2> 고장발생 흐름도

2.2 고장발생기

고장발생기는 변전소, 고장 위치 등에 무관한 보다 일반적인 프로그램으로 개발되었다. 모의고장 발생은 설비별로 고장의 유형 또는 동작 계전기의 종류를 선택한 후, 고장이 발생할 위치를 선정함으로써 이루어지며, 발생된 정보에는 동작할 계전기 정보, 차단기 정보, 계전기 Target 정보, Lockout Switch의 동작 정보 등이 포함된다. 다음 표 1은 고장을 발생시킬 수 있는 고장 위치 및 간단한 선택 사항을 정리한 것이다.

<표 1> 고장 발생 가능 설비 및 선택사항

구분	내용	
전압별	345kV, 154kV, 23kV	
설비별	345kV	모선, T/L, 변압기
	154kV	모선, T/L, 변압기
	23kV	모선, D/L, S.C
선택사항	선로	43CA, 43RC
	차단기	B/F
	고장종류	순간/영구

고장발생기에서 선택 가능한 대상 변전소는 345/154kV급 변전소나 154/23kV급의 변전소가 주요 대상이며, 고장 발생이 가능한 설비는 모선,

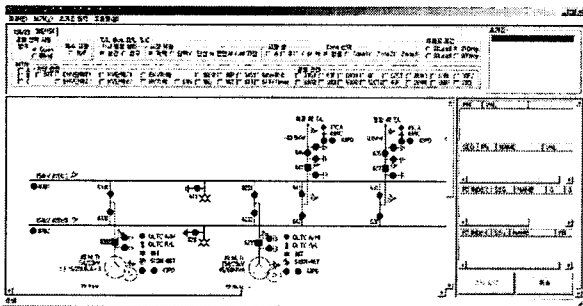
T/L, 변압기 등의 일반적인 주요 설비들을 선택할 수 있다. 또한 고장 발생 시 차단기가 오동작하여 정상적인 트립이 발생하지 않거나 차단실패가 발생한 경우를 모의하기 위하여 B/F 조건을 선택할 수 있다.

본 연구에서 개발한 모의고장 발생 프로그램은 먼저 미리 입력한 변전소 계통의 초기 상태를 불러와서 변전소 내의 각 차단기, 계전기 상태를 설정하고, 부하 값을 설정한 후 모의고장을 발생시킬 수 있다. 모의고장에 따른 차단기의 동작은 계통의 운전 상태 즉, 각 차단기, 단로기 등의 연결 상태에 따라 선택되어진다. 다른 형태의 계통 운전 상황에 따른 모의고장을 발생시키고자 할 경우에는 일시적으로 모의고장 발생 프로그램 내에서 차단기, 단로기 등의 상태를 변경한 후, 모의고장을 발생시킬 수 있다. 각 설비별로 선택할 수 있는 고장의 유형을 상세하게 정리하면 위 표 2와 같다.

〈표 2〉 설비별 상세 선택사항

	345kV~154kV 급	154kV~23kV 급
송전선로	고장 상(A, B, C, N) 고장 유형(지락, 단락, 단선) 재폐로 조건(7LLead, 00Lead, ...) 고장 발생 지점(Zone 1, 2, 3) 고장 지속 시간(순간, 영구)	고장 상(A, B, C, N) 고장 유형(지락, 단락, 단선) 고장 발생 지점(Zone 1, 2, 3) 고장 지속 시간(순간, 영구)
배전선로 S.C	해당 사항 없음	고장 상(A, B, C, N) 고장 유형(지락, 단락) 고장 지속 시간(순간, 영구)
모선	고장 상(A, B, C)	고장 상(A, B, C)
변압기	고장 상(A, B, C) 계전기 동작 (EHV 단락, 지락, HV 단락, ...) 기계적 보호장치 동작 (96D, 96T, 33Q1, 8F, ...)	고장 상(A, B, C) 계전기 동작 (87T, 51P, 51S, 59GA, ...) 기계적 보호장치 동작 (26W3, 96G, 96P, 96D, ...)
공통선택	차단실패 고장	

다음 그림 3은 고장발생기의 화면을 보이고 있다.



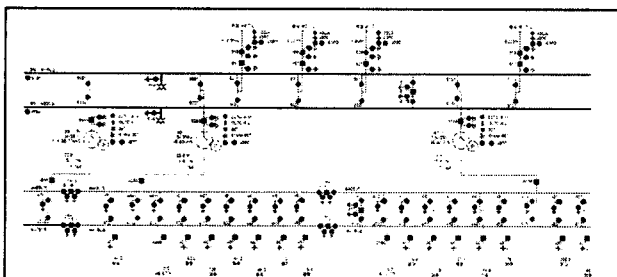
〈그림 3〉 고장발생기 흐름도

그림 3에 보인 바와 같이 표 2에 표시한 고장 선택 사항은 프로그램 상단부에 위치하고 있으며, 하단에는 선택되어진 변전소의 단선도가 표시되고 있다. 고장발생기에서 모의고장을 발생시키기 위해서는 먼저 상단부에 표시된 고장조건을 선택한 후, 모의고장을 발생시키고자 하는 위치에서 고장 아이콘을 클릭함으로써 고장 데이터를 생성하게 된다. 이때 생성되는 고장 데이터는 그림 2에서 보인 고장발생 흐름도에 따라서 생성되며, 동작해야 할 차단기는 계통의 운전 상황에 맞추어 자동으로 검색하여 선택된다.

특수고장인 Breaker Failure(차단실패, B/F)가 발생한 고장상황을 발생할 경우, 고장 위치가 아닌 다른 설비(선로, 변압기 등)의 차단기가 동작할 경우가 발생하는데, 이 경우 동작해야 할 차단기 또한 고장 발생 당시의 계통 운전 상황에 맞추어 자동으로 검색하여 선택된다.

2.3 고장 발생 예

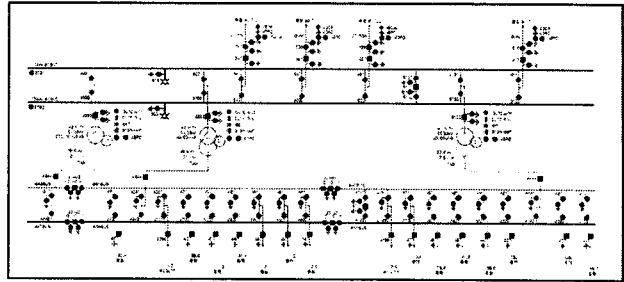
다음 그림 4는 한국전력공사의 임의 변전소의 계통 운전 상황을 보이고 있다. 그림 4와 같이 총 4개의 송전선로와 3개의 주변압기, 그리고 다수의 배전선로가 존재하는 변전소를 선정하여 모의고장을 발생시켜 보았다.



〈그림 4〉 고장 발생 전의 계통 상황

다음과 같은 모의고장 유형에 대한 모의고장의 발생 예는 다음 그림 5와 같다.

▶ #2 T/L 순간고장 발생 + 차단기 B/F 발생



〈그림 5〉 송전선로 고장 발생 후의 계통 상황

이와 같이 개발된 교육용 시뮬레이터의 고장발생기와 기존 교육용 시뮬레이터와 비교, 정리하면 다음 표 3과 같다.

〈표 3〉 기존 교육용과의 비교

	기존 교육용 시뮬레이터	고장발생기
부하계산	선택된 시나리오에 따른 고정 값	부하연속 프로그램 탑재에 의한 부하 계산
시나리오	데이터베이스에 저장	고장 발생시 생성
편집	데이터베이스 편집 (계통 상황, 부하값, 동작이벤트 모두를 연계 편집하여야 하므로 사실상 불가능함)	고장 발생시 생성하므로 편집 없음
대상 변전소	설치시 선정된 변전소(소수)	거의 모든 변전소 가능

3. 결 론

변전소에서 고장이 발생했을 경우, 신속하고 정확하게 대처하기 위해서는 많은 경험과 교육/훈련이 필요하다. 그러나 기존 교육용 시뮬레이터는 소수의 선택된 변전소에 대해, 선정된 모의고장 시나리오만을 사용할 수 있어 변전원들이 실제 근무 중인 환경에 대한 교육/훈련이 어려웠다.

이러한 기존 교육용 시뮬레이터의 단점을 해결하기 위해 본 논문에서 제시한 고장발생기의 경우, 고장 위치와 발생하고자 하는 고장 유형을 선택하면 자동으로 고장 발생 정보가 생성되도록 하였다. 또한, 고장을 시나리오화하지 않고, 흐름도에 따라 구성하여 추후 확장이나 수정이 보다 용이하도록 하였다.

본 논문에서 제시한 고장발생기는 한국전력공사 관할의 수많은 변전소에 대하여 적용, 시험하였으며, 현재 한국전력공사에서 사용 중인 교육용 시뮬레이터에 탑재된 프로그램이다.

이와 같이 본 고장발생기는 기존의 고장발생기의 틀을 깬 새로운 고장발생기라 할 수 있다. 다중 고장, 다중 연계 고장 및 변전소간 연계 고장 등과 같이 미처 구현하지 못한 모의고장 유형 및 미비한 부분에 대해서는 앞으로 계속 보완해야 할 부분이다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 변전설비 현장 GUIDE BOOK, 한국전력공사 동해전력소, 1999.
- [2] 송변전설비 운전지침서, 한국전력공사 송변전처, 1997.