송전계통 보호계전기 정정값 검증을 위한 고장 시뮬레이터 개발

論 文
48A-6-8

A Fault Simulator for Power Transmission System Protective Relay Setting Evalutation

金基和* · 崔勉松** · 李承宰**
(Ki-Hwa Kim* · Myeon-Song Choi* · Seung-Jae Lee)

Abstract - When a fault occurs in power transmission systems, protective relays play a roles of protecting the power system according to there setting values. Therefor, it is important that protective relays have high selectivity and sensitivity by correct setting the operation parameters in the relays to protect power systems. The relay setting involves a large volume of data and is a complicated and very tedious, therefore vulnerable to the human errors. Also, it is very difficult to verify that the relays have correct operating parameters before the fault occurs. This paper porposed a method to testify the reliability of realys by showing the operation response to faults in the simulation of the real power system operation environment.

Key Words : Protective Relay Setting Evaluation, Fault Simulator, Power Transmission System

1. 서 론

전력송전에서 신뢰성 있고 안정된 전력공급을 위하여 계통의 고장 시 고장구간을 신속하게 판단하여 분리함으로써 전력설비를 보호하고 고장구간의 파급을 방지하여 신속한 복구 수행이 가능하도록 전력송전의 품질을 높여줄 수 있는 보호 계전기의 역할은 매우 중요하다.

현재 우리나라 송전계통에는 여러나라에서 개발된 많은 종류의 보호계전기가 설치 운용되고 있다. 이들의 보호계전 알고리즘과 동작방식이 개발된 회사에 따라 각기 다르고 각 고장상황에 따라 정확하게 동작할 수 있도록 동작 파라메터를 결정하는 정정작업 또한 상이하므로 각 계전기 특성을 정확하게 파악하고 정확하게 정정하기란 상당히 어려운 작업이다. 그리고 이러한 어려운 작업은 소수의 전문 엔지니어에 의하여 경험적인 방법에의하여 수행되며, 정정과정이 단순하지 않고 많은 정정룰을 해석하고 많은 양의 데이터를 처리하여 작업을 해야되므로 오류가 생길 가능성이 크다[1]. 그 뿐만 아니라 이와 같이 어려운 정정작업을 거쳐 정정작업이 완료된 계전기가 송전계통에 설치되었더라도 계통사고 발생후에 보호계전기의 동작상황을 분석하여 정정작업의 정확성 여부를 결정할 수밖에 없다. 그러므로 계통사고 발생 이전의 정상상태에서는 보호계전기가 정확하게 정정되었는지 검증하기가 어렵고 각 계전기의 올바른 동작여부를 판단하기 위하여 직접적인 테스트는 운용여건상 거의 불가능하므로 현재 각 계전기의 정정작업의 정확성 검증은 이루어지지 않는다[2].

계전기가 계통사고시 오·부동작을 일으키면 그에 따른 피해는 막심하므로 계전기의 정정작업 후 정정작업의 정확성 검증과정은 필수적이라고 볼 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 먼저 우리나라의 실제 전력계통 자료를 데이터베이스로 구축하고 상용 고장해석 프로그램을 사용하여 사용자가 선택한 가상적인 사고발생에서 계통상황을 구현하였다. 그리고 이 상황에서 송전계통에 설치된 보호계전기의 응답특성을 분석하여 각 계전기의 동작모듈을 개발하였으며 이를 이용하여 사고지점 근처의 보호기기들의 동작동작 여부를 그래픽 화면상의 계통도에 나타내어 정상적으로 동작하였는지를 판단하게 하였으며, 동작과정을 세밀하게 기록으로 나타내었다.

본 논문에서 개발한 송전계통 보호계전기 동작 시뮬레이터를 이용하므로서 우리나라 전력계통에서 잠재하는 보호계전기의 오.부동작 가능성을 제거하여 전력공급의 신뢰성과 안정성을 높여 줄 수 있으리라 기대된다[1].

2. 보호계전기 동작 시뮬레이터 구성

보호계전기 동작 시뮬레이터의 구성은 그림 1 과 같이 사용자의 편의에 최우선적 목적을 가진 그래픽 사용자 인터페이스, 각 계전기가 사고 발생시 올바른 동작을 하였는지를 판단하는 계전기 동작판단 모듈, 대용량의 실계통 데이터를 처리하여 실계통을 모의할 데이터를 제공하는 데이터베이스, 그리고 실계통 데이터를 이용하여 고장상황 모의를 수행할 수 있는 전력계통 고장계산 프로그램 모듈로 구성된다. 각 모듈 프로그램은 데이터베이스를 중심으로 사용자 인터페이스에서 사용자의 명령을 받아들이고 각종계산과 검색을 수

* 正 會 員 : 明知大 電氣情報制御工學部 博士課程 修了
** 正 會 員 : 明知大 電氣情報制御工學部 敎授·工博
接受日字 : 1999年 1月 28日
最終完了 : 1999年 5月 3日

행하여 연산 및 판단결과를 데이터베이스에 저장하여 각기 다른 모듈에서 이를 이용할 수 있도록 되어있다.

윈도우에서 편리한 사용자 환경을 구현하는 사용자 인터페이스 모듈을 개발하는데 사용된 툴(TOOL)은 강력한 기능인 RAD(Rapid Application Developer)를 가진 Visual BASIC을 이용하여 기능과 성격이 다른 여러 모듈을 연결하는데 용이하게 하였다. 대용량의 실계통 데이터로부터 고장계산을 수행할 고장계산 모듈로서 우리나라 전력회사에서 공식적으로 사용하는 상용의 고장계산 프로그램을 이용하였으며 실계통 고장상황 모의의 신뢰성을 높였다. 이 모듈의 연결과 보호계전기 동작판단 모듈을 구현하는데는 객체지향 기법과 수치계산 및 인터페이스 프로그램이 가능한 Visual C++을 사용하였다. 그리고 데이터베이스는 서버/클라이언트 환경과 통신을 통한 네트워 연결이 용이한 ORACLE를 사용하여 중앙급전 사령부의 전력계통 데이타베이스를 연결하여 정확한 실계통 데이터를 이용하였다. 그리고 데이터베이스와 여러 이질적인 모듈의 연결 인터페이스는 윈도우에서 제공하는 ODBC (Open DataBase Connective)를 사용하는 브리지(Bridge)를 개발하였다. 이 브리지의 역할은 통일된 데이터베이스 연결방법을 제공하여 각 모듈의 변경과 교체가 용이하도록 하였다.

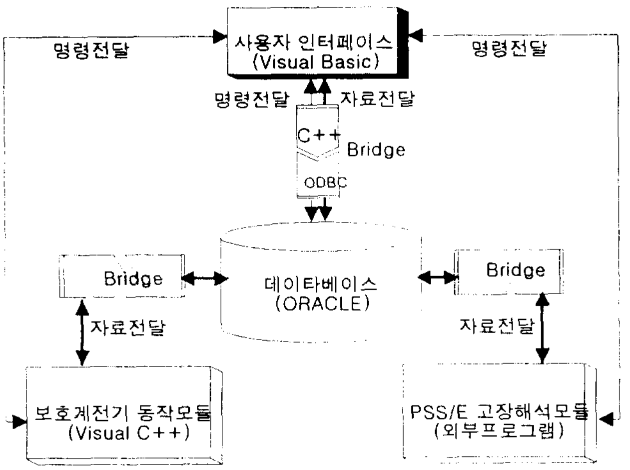


그림 1 보호계전기 동작 시뮬레이터 전체 구성도
Fig. 1 A Simulator for Power Transmission System Protective Relays

3. 보호 계전기의 동작 판단모듈

3.1 보호 계전기의 동작원리

현재 우리나라 송전계통보호에 사용되는 주로디지털 계전기는 동작 원리상 거리계전 방식과 전류차동 방식이 있다. 거리계전 방식 계전기는 먼저 계전기 위치지점에서 고장전류와 고장전압을 측정하여 고장위치를 계산하고 , 이 고장위치가 계전기에 저장된 정정값에 의한 임피던스 다이어그램 상에서 보호영역이면 차단기에 동작(trip)신호를 주도록 되어있다. 그림 2는 거리계전방식의 계전기에서 주보호 영역과 후비보호영역을 나타내는 임피던스 다이어그램을 표시하였다.

전류차동방식은 서로 마주보는 두 계전기가 한조를 이루어 보호대상 선로 양단에 유입되는 전류와 유출되는 전류를 비교하여 전류차가 발생하면 보호구간내에서 사고가 일어났다고 판단하여 고장선로를 분리하도록 협조를 이루어 고장을 제거한다. 그림 3 은 전류차동방식 계전기의 동작원리를 나타내었다[3].

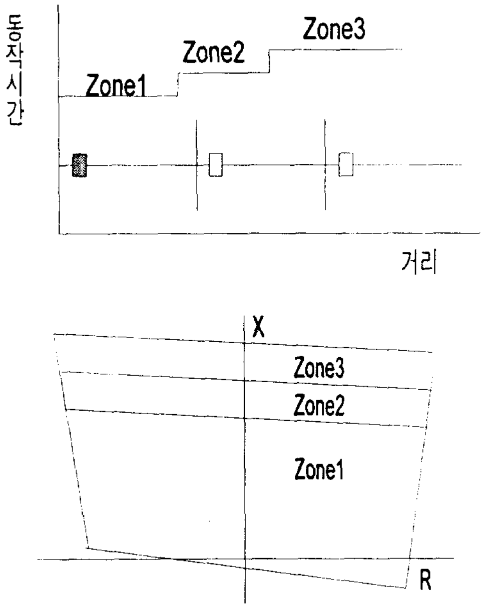


그림 2 거리계전기의 동작시간과 동작영역 및 임피던스 다이어 그램
Fig. 2 The protection zone and impedance diagram for a dirctional comparison relay

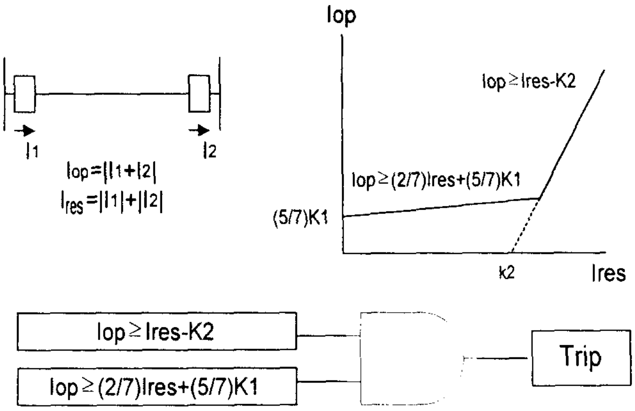


그림 3 전류차동방식 계전기의 동작원리
Fig. 3 The operation charateristics for a current differential relay

3.2. 보호계전기 객체 구현

송전선로 보호계전기의 동작모듈은 현재 송전선로에 설치된 모든 디지털 보호배전반의 정정방법의 분석을 통하여 각

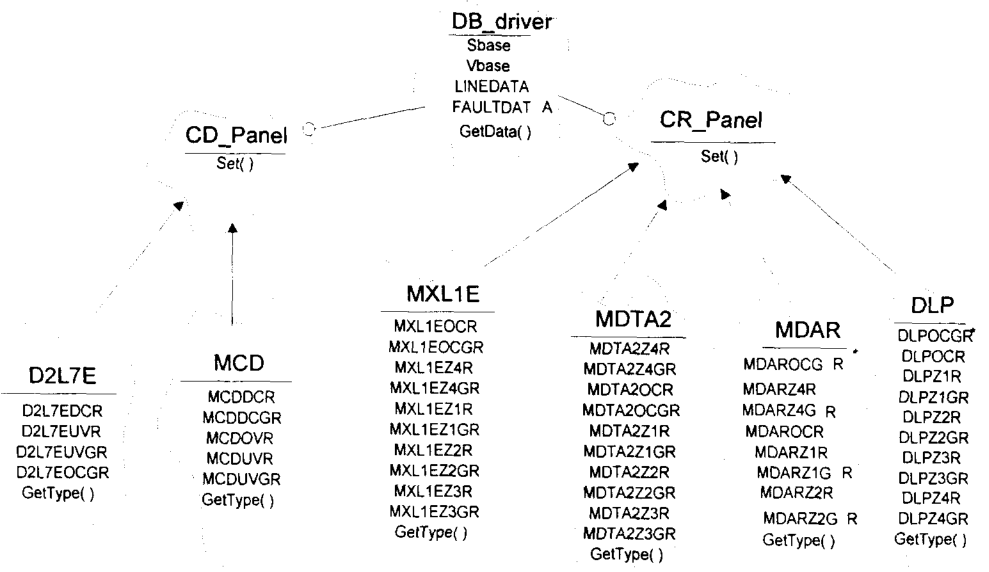


그림 4 보호배전반 객체 다이어그램
Fig. 4 Protection Pannel Class Diagram

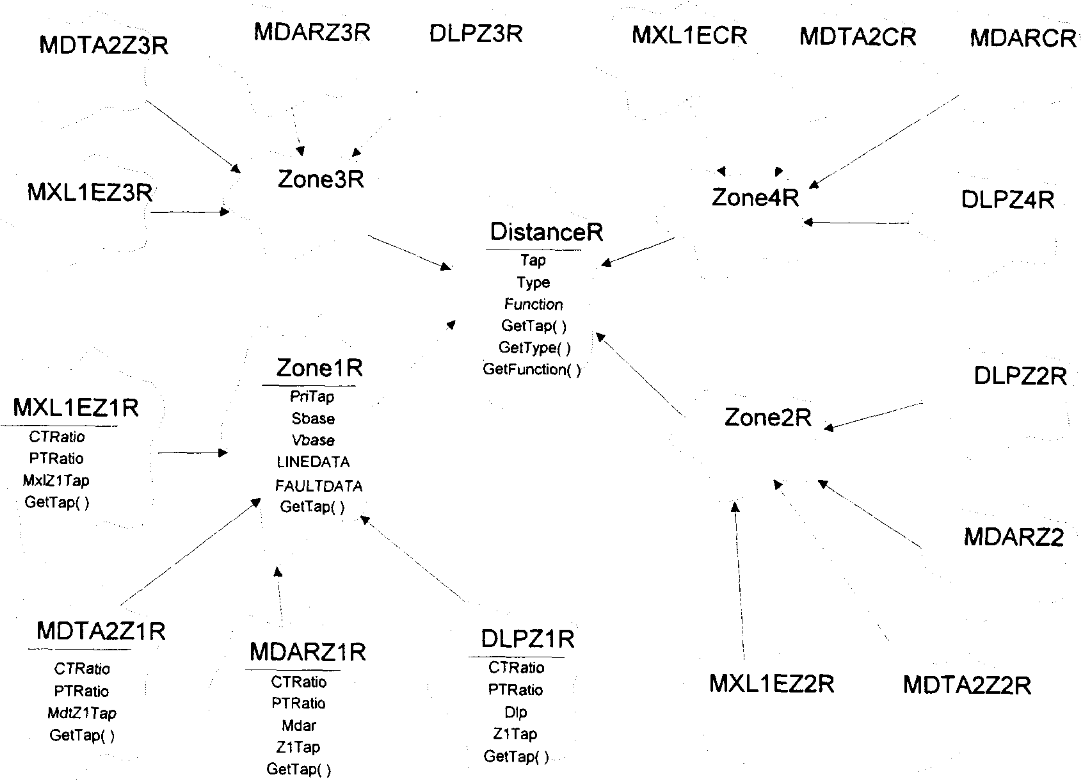


그림 5 거리계전기 객체 다이어그램
Fig. 5 Distance Relay Class Diagram

보호계전기별 동작모듈을 모두 포함한 구조로 이루어져 있다. 보호계전기의 동작특성은 동작원리별, 제작사별 유사점과 상이점을 가지고 있으므로 이것을 모두 분석하여 C++을 이용한 객체지향 프로그램 구조 (OOP: Obejct Orient Programming)를 갖도록 구현하였다[3]. 객체 지향적 디자인에서 가장 중요한 추상화 과정을 통해 모든 배전반 구성 요

소들을 시간과 공간에 관계없이 변하지 않는 일반적인 모델로 만들었으며, 또한 객체 지향적 방법에서 가장 중요한 재사용성의 장점을 갖도록 설계하여 새로운 배전반의 동작모듈의 추가가 용이하도록 하였다[4].

현행 송전선 보호방식을 크게 전류차동방식과 거리계전방식으로 나눌 수 있으므로, 그림 4와 같이 가장 상위의 배전반에 해당하는 Panel Class를 CD_Panel (Current Differential) Class와 CR_Panel(Carrier Scheme Panel-Directional Comparison Pilot Relaying) Class로 나누어 각 보호방식이 가지는 속성을 정의하였고, 다음 레벨에서 전류차동방식인 D2L7E, MCD 배전반은 CD_Panel Class를, 거리계전방식인 MXL1E, MDTA2 등의 배전반은 CR_PanelClass를 상속받아 각 배전반이 상위 레벨인 속성을 상속받는다. 여기서 DB_driver Class는 데이터베이스로부터 각 클래스에 필요한 정보를 전달받는다. 그리고 이러한 각 배전반 Class는 배전반을 구성하는 여러 계전기의 Class를 "has a"관계로 구성하고 있다. 예로서, 거리계전방식인 배전반 Class MXL1E는 MXL1EZ1R, MXL1EZ2R, MXL1EZ3R, MXL1ECR, MXL1EZ1GR, MXL1EZ2GR, MXL1EZ3GR, MXL1EGCR, MXL1EOCR, MXL1EOCGR Class로 구성된 계전기로 구성되어 있다.

Relay Class는 계전기의 일반적인 속성을 갖는 Class이고, 이 General Relay Class를 거리계전기, 과전류계전기, 저전압계전기등 다양한 여러 계전형식의 Class(Relay Type Class)가 상속을 받는다. 따라서 Relay Type Class는 상위 Class(General Relay Class, Relay)에서 정의된 모든 속성을 상속받는다. 그림 5에서와 같이 MXL1EZ1R 계전기는 Zon1R의 속성을 가지고 있으며, Zon1R는 상위의 DistanceR 클래스의 속성을 상속받는다. 이와 같은 객체지향 프로그래밍과정을 거쳐 우리나라 송전계통이 선로보호용 모든 디지털 배전반의 동작 모듈을 개발하였다 [1][2][5][6].

4. 계통보호 데이터베이스 구현

보호 배전반 실계통 시뮬레이션을 위하여 필요한 자료는 계통보호 데이터베이스로부터 얻었다. 계통보호 데이터베이스는 항상 변화하는 방대한 양의 실 계통 데이터를 여러 보호관련 응용프로그램에서 편리하게 이용할 수 있도록 각 데이터의 특성을 분석하고 공통 데이터 요소를 연계하여 필요한 데이터를 효율적으로 구조화하도록 구축되었다 [7][8].

계통보호 데이터베이스는 데이터의 요구사항 등을 분석하여 파악한 데이터의 내용과 이들간의 연관성을 명확하게 제시하고 이 결과를 바탕으로 각 데이터 객체의 속성으로 구성되는 개체 (Entity)들의 관계를 E-R(Entity-Relationship) Diagram과 같은 표현기법으로 기술하여 데이터 요소들을 전체적으로 일관성 있게 표현하였다 [9][10].

이 계통보호 데이터베이스는 1998년 우리나라 실계통데이터로서 다음과 같은 보호관련 데이터를 저장하고 있다[1][2].

- 배전반데이터: 배전반이름, 제작사, 타입, 설치위치, 구성계전기요소, CT 비, PT 비
- 계전기데이터: 계전기이름, 제작사, 형식, 탭 범위, 정정요소 및 정정값
- 계통데이터: 전압, 모선-선로 연결, 모선 형태, 선로임피던스, 변압기정보, 발전기정보, 부하정보 등
- 고장데이터: 고장종류, 고장모선, 회선 번호, 자모선에서 상대모선으로의 고장전류, 고장모선전압

5. 전력계통 고장해석 모듈 구현

전력계통 고장해석 모듈은 사고시에 실계통의 사고상황을 정확하게 묘사하는 모듈로서 데이터베이스로부터 실계통의 데이터를 내려받아 고장계산을 수행한다. 대용량 송전계통의 고장을 모의하기 위하여 본 논문에서는 신뢰성을 인정받아 전력회사에서 공식적으로 사용되고 있는 상용 프로그램을 이용하였다. 이 프로그램은 입력파일로 실계통 데이터를 입력받아 시뮬레이션한 후 고장에 대한 방대한 양의 결과파일을 생성한다.

그러므로 본 연구에서는 이와 같은 전력계통 시뮬레이션 프로그램과 같은 독립적인 외부프로그램을 보호계전기 동작 시뮬레이터 종합환경에 연결할 수 있도록 Bridge라는 매개체 모듈을 개발하였다.

Bridge모듈은 사용자 인터페이스로부터 명령을 받아들이고, 데이터베이스로부터 실계통 자료를 분석하여 전력계통 시뮬레이션 프로그램을 구동할 수 있는 계통자료 파일 (LOADF.RAW)과 sequence 자료 파일 (SEQC.SEQ)를 생성하고 고장계산에 필요한 명령 (고장종류, 고장위치, 고장계산방법, 고장값을 보여줄 위치, 출력방법 및 입력방식, 화면의 출력방식 등) 들을 나열한 자동 고장계산 화일 (FAULT.IDV)을 만들어 주고 전력계통 시뮬레이션 프로그램 고장계산모듈을 구동시켜준다.

그리고 이 고장계산 모의가 종료되면 Bridge는 자동적으로 방대한 양의 고장계산결과 파일을 분석하여 보호계전기 동작 모듈에 필요한 값만을 추출하여 데이터베이스에 입력하므로써 데이터베이스와 전력계통 시뮬레이션 프로그램의 인터페이스가 가능하도록 하였다. 그림 6은 이와 같이 고장계산 모듈과 데이터베이스와의 연결 구성에 있어 Bridge의 역할을 나타내었다. Bridge는 사용자 인터페이스에서 제어가 용이하도록 Visual C++로 제작하였다 [2].

6. 사용자 인터페이스 모듈 구현

사용자 인터페이스는 Windows GUI 환경의 장점을 최대한 살려 사용자에게 편리하도록 프로그램의 상태와 각종 데이터를 그래픽으로 표현하였다. 그리고 마우스의 클릭으로만 모든 명령이 수행될 수 있도록 편리한 이용환경을 구성하였다. 사용자 인터페이스 개발 시 마우스 포인터가 어느지점에 위치하면 선택할 항목을 풀다운(Pull Down) 방식으로 보여주어 마우스로 항목을 선택할 수 있게 하는 Visual Basic에서 제공하는 콤보박스(Combo-box)를 모든 입력에 적용하여 마우스의 선택이 키보드 입력을 대신함으로써 키보드의 입력 횟수를 최소한으로 줄였다. 그리고 사용자의 입력오류를 방지하기 위하여 자동적으로 사용자가 입력하는 명령을 분석하여 오류가 발생되면 대화상자를

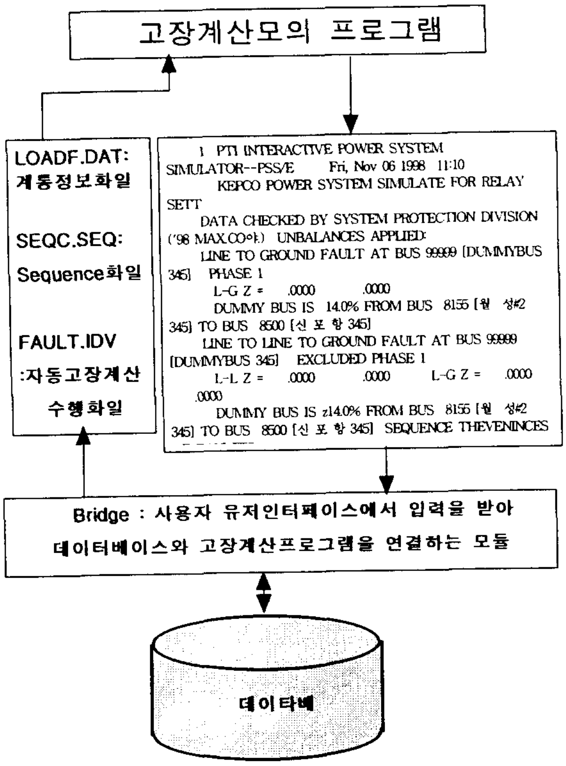


그림 6 PSS/E와 데이타베이스의 연결
Fig 6 An inteconnection PSS/E to database by the bridge.

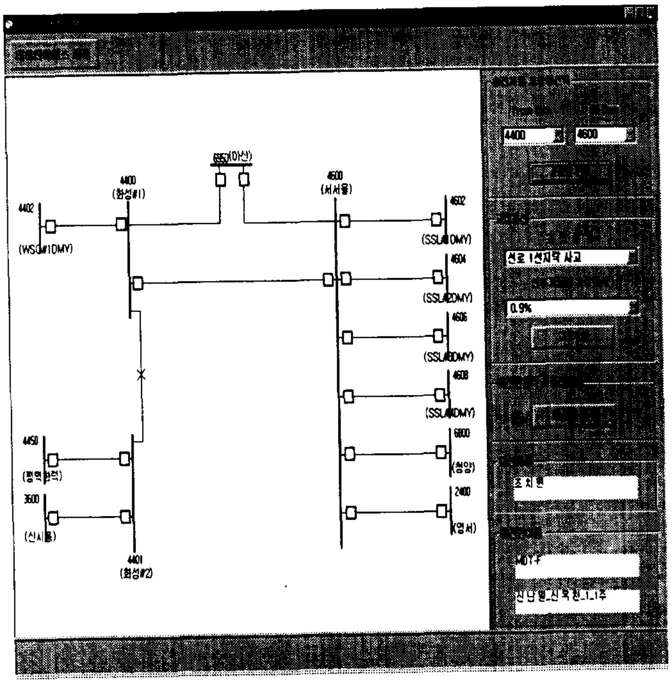


그림 7 사용자 인터페이스의 주화면
Fig. 7 A graphical user interface in main window

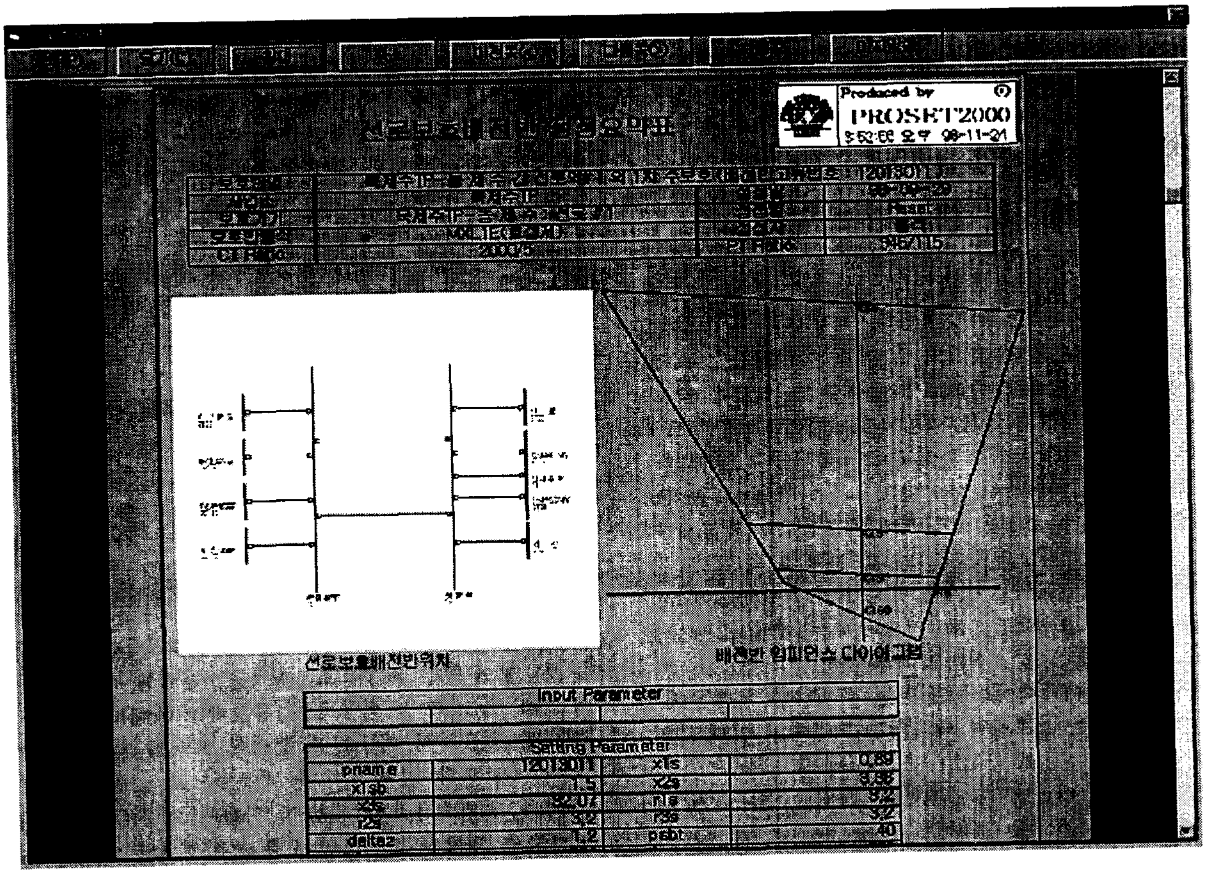


그림 8 배전반 요약 보고서
Fig. 8 Pannel Summary Report

출력하여 사용자입력오류를 방지하는 방식과 명령순서를 제어하여 사용자 명령의 오류가 생길 가능성을 없앴다. 그림 7은는 송전계통 보호계전기 동작 시뮬레이터의 주화면이다.

사용자는 주화면에서 고장을 모의할 모선의 위치를 마우스로 선택하면 본 프로그램은 데이터베이스를 검색하여 계통 연결관계를 분석한 후 선택된 모선양단의 2단까지 모든 모선과 선로를 화면에 자동적으로 생성한다. 계통도를 구성하는 기본 알고리즘은 선택된 모선의 이중모선 여부를 판단하고 이중모선들과 연결된 모든 선로 나타낸 후 이 선로에 연결된 다음 단의 모든 모선 정보를 검색하여 화면에 나타내므로 어떤 계통이라도 그릴 수 있도록 프로그램 하였다. 그러므로 데이터베이스의 계통 정보가 바뀌면 자동적으로 계통도도 변화하므로 계통 구성정보에 따른 계통도 구성작업을 없앨 수 있어 빈번한 계통확장에 따른 작업량을 데이터베이스 자료갱신으로 최소화될 수 있도록 하였다.

계통도 위에 데이터베이스로부터 배전반의 정보를 읽어들여 배전반을 계통도에 나타내었으며 사용자가 모선정보나 배전반 정보를 보기 원한다면 마우스를 버스나 배전반의 위치에 놓으면 자동적으로 색깔이 변하면서 간략한 정보가 나타나도록 하였다. 그리고 보다 상세한 정보를 원한다면 마우스의 클릭에 의하여 자세한 정보를 데이터베이스에서 검색하여 화면에 나타낼 수 있도록 하였다. 사용자가 배전반에 설치된 계전기의 정정값을 상세히 알기 원한다면 배전반 위에 마우스를 위치시킨 후 클릭하면 배전반의 정정값을 상세히 보여준다. 그림 8은 보호 배전반 정정정보를 사용자에게 보여주는 사용자 인터페이스로 프린트와 화면의 확대 및 축소등이 가능하다.

8. 사례연구

사례연구로서 화성과 서서울을 연결하는 지역에서 다음과 같은 3상 단락고장시 계전기들이 어떻게 동작하는지 알아보았다.

- 모선번호 : 4400(화성 #1) ,4600(서서울)
- 고장지점 : 양 모선 사이의 84% 지점
- 고장종류 : 3상단락

표 1 고장계산 시뮬레이션 결과

Table 1 Simulation result for a fault

화성#1에서 본 서서울 선로의 고장결과					
고장전압Re	고장전압Im	고장전류Re	고장전류Im		
0.3055	-0.0055	2.6042	-65.4976		
X1S	X2S	X3S	R1S	R4S	X1SB
0.74	1.3	10.97	3.66	4.86	1.5
서서울에서 본 화성#1선로의 고장결과					
고장전압Re	고장전압Im	고장전류Re	고장전류Im		
0.1474	0.0004	10.0215	-165.7153		
X1S	X2S	X3S	R1S	R4S	X1SB
0.74	2.57	9.32	3.66	4.86	1.5

표 1은 고장계산을 수행하여 배전반동작여부 판단에 필요하여 데이터베이스에 구축된 계통정보와 고장결과 데이터

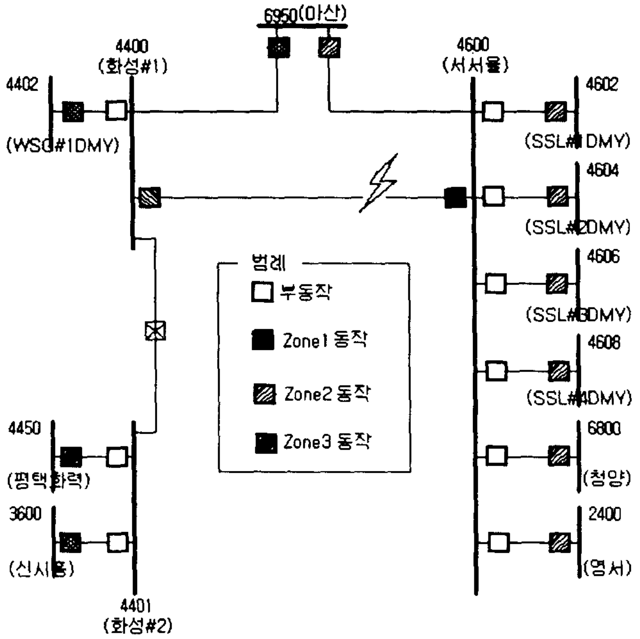


그림 9 배전반의 동작결과 화면

Fig. 9 The protective realy operation result window for a fault

표 2 최종결과 STEP REPORT 일부

Table 2 A part of step report

MXLIE from 화성#1(4600) to 서서울(4600)

1. Zone-1 Simulation 결과

(1)정정값

Z1L = 5.61Ω, Z1r = 0.74Ω

(2) 고장결과 계산값

$Vpu = 0.3055 - j0.0055 = 0.3055\angle -1.0314° \ pu$

$Ipu = 2.6042 - j65.4976 = 65.5494\angle -87.7231° \ pu$

$\therefore Zpu = \frac{Vpu}{Ipu} = \frac{(0.3055\angle -1.0314°)}{(65.5494\angle -87.7231°)}$

$= 0.0047\angle 86.6917° \ pu$

$\therefore Zactual = Zpu \times Zbase = (0.0047\angle 86.6917°) \times 1190.25$

$= 5.5482\angle 86.6917° \ \Omega$

$\therefore Zrelay = 5.5482 \times \frac{(2000/5)}{(345000/115)} = 0.7398\angle 86.6917° \ \Omega$

$= 0.0427 + j0.7385 \ \Omega$

(3)결론 : Zone-1 동작

Z1r=0.74Ω > Zrelay=0.7385Ω

2. Zone-2 Simulation 결과

(1)정정값

Z2L = 9.77Ω, Z2r = 1.3Ω

(2)고장결과 계산값

$\therefore Zrelay = 5.5482 \times \frac{(2000/5)}{(345000/115)} = 0.7398\angle 86.6917° \ \Omega$

$= 0.0427 + j0.7385 \ \Omega$

(3)결론 : Zone-2 부동작(Zone-1 동작)

Z2r=1.3Ω > Z1r=0.74Ω > Zrelay=0.7385Ω

의 일부를 나타내고 있다

보호계전기 동작 시뮬레이터의 최종결과 화면을 그림 9에 나타내었다. 여기서 Zone1은 85%, Zone2는 125%, Zone3는 225%지점내의 고장을 판단하도록 정정룰에 의하여 모든계전기가 정확하게 정정되어있음을 보여주고 있다. 그리고 표 2는 각 계전기의 동작상황을 자세히 리포트하고 있다. 이

시뮬레이션으로부터 화성#1과 서서울 사이 계통에서 모든 계전기는 신뢰성있게 자기 동작구간을 보호하는 것을 알 수 있다.

9. 결 론

본 논문에서 실제 사용되는 보호계전기 정정값 검증을 위한 보호계전기 동작 시뮬레이터를 개발하였다. 먼저 우리나라 실계통 데이터베이스를 구축하고 객체지향 프로그램의 장점과 Windows의 GUI환경의 편리성을 이용하여 송전계통의 보호용 계전기의 실계통 동작시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 현재 송전계통에 설치된 계전기가 송전계통상의 사고 발생시에 정상적으로 동작하여 효과적인 보호를 할 수 있는지 여부를 사용자가 쉽게 볼 수 있도록 그래픽 화면상에 보여주어 보호계전기의 정정값을 검증할 수 있도록 하였다. 향후 보호계전기 동작시뮬레이터를 현재 우리나라 전력계통의 모든 계전기에 대한 정보를 데이터베이스로 구축하여 적용한다면, 종래에는 사고 이전에 찾을 수 없던 보호계전기의 오부동작 가능성을 찾아낼 수 있도록 하여 전력계통의 보다 안정하고 신뢰도가 높은 전력공급을 보장할 수 있는 가능성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 기초전력공학 공동연구소 중기과제 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] 한국전력공사공사 계통운영처, 계통보호 전산종합 프로그램 개발, 1998.

[2] 이승재외 3인, "객체지향 송전계통보호계전기 동작 시뮬레이터", 대한전기학회 하계 학술대회, 1998.

[3] 中山敬造, 보호계전기시스템, 도서출판 세화, 1984, pp.13-148

[4] Mike Foley, Anjan Bose, William Mitchell, Antony Faustini, "An Object Based Graphical User Interface for Power Systems", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, NO. 1, February 1993

[5] S. Li, S.M. Shahidepour, "An Object Oriented Power System Graphics Package For Personal Computer Environment", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, N0. 3 , August 1993

[6] E. Z. Zhow, "Object-Oriented Programing, C++ and Power System Simulation", IEEE/PES 1995 Winter Meeting, (95WM210-5 PWRS) NEW York, NY .January, 1995

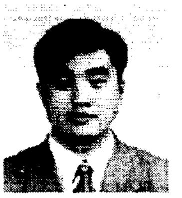
[7] 이석호, 데이터베이스 시스템, 정익사, 1997, pp. 283-288

[8] H.F. KORTH 외 1인, 데이터베이스 시스템 총론, 형설출판사, 1995, pp 170-214

[9] 한국전력공사 기술연구원, 계통보호 데이터베이스 구축에 관한 연구, 1992

[10] 김광호, "배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계", 1997년도 하계학회대회 논문집, pp. 754-757, 1997. 7

저 자 소 개



김 기 화 (金 基 和)

1965년 8월 4일생. 1990년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 명지대학교 대학원 박사과정 수료, 현재 상지대학교 부교수

Tel : 0571-851-3245

E-mail : khkim@angel.csangji.ac.kr

최 면 송(崔 勉 松)

1967년 4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공박). 1995년 Pensylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 조교수

Tel : 0335-330-6367

E-mail : mschoi@wh.myongji.ac.kr

이 승 재(李 承 宰)

1955년 11월 30일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공박). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기정보제어공학부 교수

Tel : 0335 -330-6362

E-mail : sjlee@wh.myongji.ac.kr