

A Software System for Evaluation Setting and Coordination of Protective Relays in Power Transmission System

崔 勉 松* · 李 承 宰* · 閔 炳 雲** · 趙 弼 成***

(Myeon-Song Choi · Seung-Jae Lee · Byoung-Woon Min · Phil-Sung Cho)

Abstract - A software system that has functions of setting and coordination checking of protective relays in power transmission system has been developed. The developed system utilizes database system to store the setting values of protective relays, power system parameters, checks the relay operation and evaluates coordination of relays in real power system or test system. The fault data to simulates a fault to evaluate the coordination of relays is generated by PSS/E and EMTP. A universal logic generator module is added to adopt the variation of each relay's trip logic. The proposed system has been verified through many tests in the case study, and proved to be very powerful in inspecting the setting values and coordination of relays.

Key Words : Protective relay, Checking setting values, Evaluate coordination, Software system

1. 서 론

신뢰성 있고 안정적인 전력계통의 운용을 위하여 전력계통의 사고 시 고장구간을 신속하게 판단하여 분리함으로써 계통설비를 보호하고 고장 구간의 확대를 방지함과 동시에 신속한 복구를 수행하여 전력의 질을 높여줄 수 있도록 보호계전기는 매우 중요한 역할을 하고 있다. 현재 국내에서 운용되는 전력계통은 안정되고 신뢰성 있는 계통을 구축하기 위하여 여러 선진국에서 개발된 다양한 종류의 계전기가 사용되고 있다[1]. 보호계전기의 정정 작업은 많은 데이터와 전문가의 경험적인 지식으로 만들어진 룰을 적용하여 다양한 계전기를 정정해야 하므로 매우 어렵고 복잡하며, 또한 많은 계산을 수행해야 하므로 계산과정의 오류요인과 규칙의 적용에 어려움이 있다.[2] 이러한 어려움을 덜기 위하여 최근에 보호업무 전산 자동화 프로그램이 개발되었다.[3]

보호계전기 정정에는 정확한 규칙에 의하여 계산을 수행되지만, 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점은 다음과 같다.

첫째, 다양한 계전기를 정정해야 하며, 계통 데이터, 계전기 데이터, 고장 데이터 등 방대한 양의 데이터를 다루어야 하고 복잡한 정정 과정을 거치므로 오류의 가능성이 발생한다.

둘째, 계통의 변동 시 계전기의 보호능력이 변화하며, 이때

보호능력의 변화정도를 파악할 수 없다. 이 경우 계전기의 오·부동작 위험성이 발생한다.

셋째, 경험적 정정 규칙으로 구성된 정정 룰은 완전한 협조를 보장하기 어려우므로 계전기 재 정정 후 계전기간의 협조를 검증해야 한다.

따라서 전력계통에 설치된 보호계전기를 안정적으로 운용하기 위하여 계통의 운용상태를 고려한 계통 변화 시 차단 계전기의 동작과 다음단 계전기간 협조를 확인하고 계통의 고장상태에 따라 정확한 계전기의 동작을 검증하는 시스템의 개발이 필요하다[4].

정정된 보호계전기의 동작은 100%의 정확도를 갖기는 어렵고 이 때문에 보호계전기의 정정과 동작을 확인하는 작업이 필요하며, 이 확인작업 또한 매우 높은 기술과 지식을 요구하는 어려운 작업이다.

본 논문에서는 송전계통 보호계전기의 동작과 협조상태를 확인할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 사용자가 자유롭게 계통데이터를 CAD형태로 생성할 수 있고, 높은 신뢰성이 확인된 EMTP프로그램과 PSS/E프로그램을 이용하여 간단하고 정확한 고장데이터가 생성되도록 하는 고장 데이터 생성기를 갖추고 있다. 그리고 디지털 필터, 보호계전기 동작부, 그리고 보호계전기의 각 보호요소의 동작으로부터 트립동작이 나오기까지의 트립로직을 사용자의 선택에 따라 마음대로 구현할 수 있는 그래픽 로직 에디터를 포함하고 있다.

2. 본 론

2.1 송전계통 보호계전기 보호협조 평가 시스템

송전계통 보호계전기 보호협조 평가 시스템 구성은 그림 1

* 正 會 員 : 明知大學 電氣工學科 教授 · 工博

** 正 會 員 : 明知大學 電氣工學科 博士課程

*** 準 會 員 : 明知大學 電氣工學科 碩士課程

接受日字 : 2002年 7月 3日

最終完了 : 2002年 8月 16日

과 같다. 먼저 이 보호계전기와 관련된 모듈과 정보와 보호계전기의 응답특성을 평가하기 위한 시험계통의 정보를 만드는 계통데이터 생성 모듈과 고장데이터를 생성하는 고장데이터 생성모듈이 있다. 그리고 고장상황에서 계전기 동작을 시뮬레이션하는 계전기 동작모듈과 각종 보호계전 요소의 동작의 조합으로부터 트립신호를 발생하는 로직에 대한 가변로직 생성 모듈, 그리고 실계통에서 보호계전기의 정정값의 타당여부를 평가하는 계통보호 현황부분과 결과출력 부분으로 구성된다. 각 부분의 모든 데이터는 관계형 데이터베이스로 만들어지고, 생성된 데이터베이스는 추가 삭제 및 변경이 가능하도록 되어 있다. 고장데이터 생성 모듈은 고장데이터를 생성해주는 PSS/E 프로그램 동작부분, EMTP 프로그램 동작부분과 고조파 성분을 제거하여 올바른 계전기의 동작을 하게 하는 디지털 필터 모듈이 있다. 계전기에 대한 시험 수행 결과는 출력화면과 인쇄출력이 가능하며 데이터베이스에 저장되어 보관과 사용이 편리하도록 되어 있다.

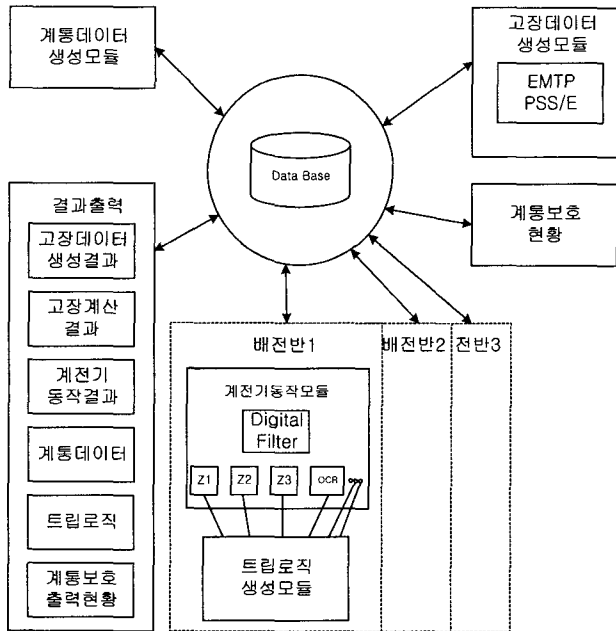


그림 1 보호협조 평가 시스템의 전체 구성도
Fig. 1 Protective Relay Simulation Block Diagram

2.1.1 계통데이터 생성 모듈

보호계전기의 정정값 적정여부를 판단하기 위하여 보호계전기를 송전계통에서 모의 실험하여 그 응답특성을 보기 위하여 보호계전기가 설치되어 시험될 계통 데이터가 필요하다. 즉 실계통에서 계통이 확장되어 보호계전기가 설치되어야 할 때 확장될 계통을 이 시스템에 입력하여 보호계전기의 응답 특성을 살펴볼 수 있다. 본 시스템에서는 버스, 선로, 부하, 발전기등 계통의 연결상태에 따라 상용CAD 프로그램과 같이 각각의 블록으로 붙여 그리기만 하면 원하는 계통을 구성할 수 있다. 그림 2와 같이 아이콘을 선택하면 원하는 데이터를 넣도록 메뉴가 나오고, 입력하면 데이터를 생성한다. 생성된 데이터는 시스템의 데이터베이스로 옮겨져 저장 및 수정 삭

제가 용이하도록 하였다. 각 요소별 계통 데이터의 생성은 버스 이름, 정상 및 영상 임피던스, 회선 수, 거리등의 정보를 가지고 있는 선로 데이터와 발전기 명과 임피던스, 크기, 주파수등의 정보를 가지고 있는 발전기 데이터, 버스 데이터, 부하 데이터, 그리고 주위에 설치되어 있는 보호계전기 정정값이 들어있는 보호계전기 데이터등이 있다. 각 데이터를 선택하면 오른쪽 윈도우창에 설정할 값을 넣어주면 데이터베이스로 입력된다.

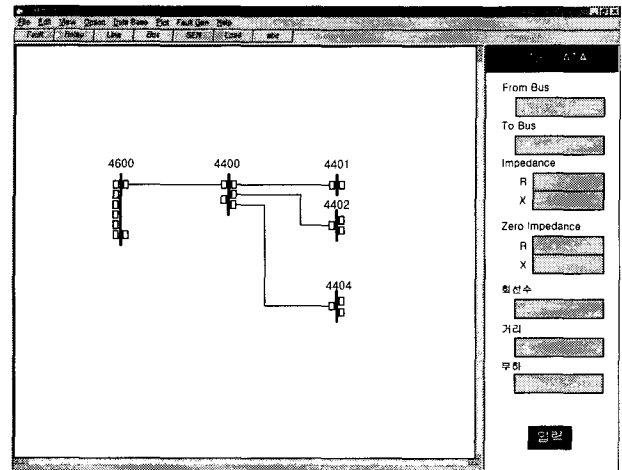


그림 2 계통 데이터 생성모듈
Fig. 2 Display of System Data Modification and Addition

2.1.2 고장데이터 생성모듈

본 시스템의 고장데이터는 고장시 정상상태의 고장데이터를 생성하는 PSS/E 프로그램 동작모듈, 그리고 고장시 과도상태의 고장데이터를 얻는 EMTP프로그램 동작모듈이 있어 고장데이터를 생성할 수도 있다. 그리고 따로 Fault Recorder로부터 고장 데이터를 얻을 수도 있다. 이 고장데이터 생성 모듈 중 EMTP프로그램 동작모듈을 살펴보면 사용자가 편리하게 입력데이터와 환경에 따라 데이터를 얻을 수 있도록 구성하였다. EMTP를 이용한 고장계산은 정해진 형식을 맞추어 EMTP 입력데이터 파일을 만들어야 하고, 계산 방식에 따른 데이터의 오류를 피할 수 있다. 이 경우 많은 훈련과정을 거친 기술자만이 고장데이터를 생성할 수 있다. 본 논문에서는 EMTP 동작모듈에 EMTP 입력데이터를 편리하게 생성할 수 있도록 EMTP 입력데이터 생성기능을 추가하였다. 이 EMTP 입력 데이터 생성기능은 윈도우 창을 이용하여 쉽게 데이터를 입력할 수 있으며, EMTP 입력 데이터 생성에 있어서 가장 어려운 부분인 데이터의 자릿수를 맞출 필요 없이 자동으로 데이터가 그림 3과 같이 생성되도록 하였다. 또한 원하는 고장위치를 입력시켜주면 그 지점계통의 고장데이터를 얻을 수 있다. EMTP 입력데이터는 데이터베이스에 저장되어 데이터의 입력과 수정, 삭제, 보관이 자유롭도록 구성되어 있으며 EMTP 동작모듈에서 파일로 저장되어 있는 EMTP 입력데이터를 사용하여 과도상태의 고장해석을 수행하도록 하였다.

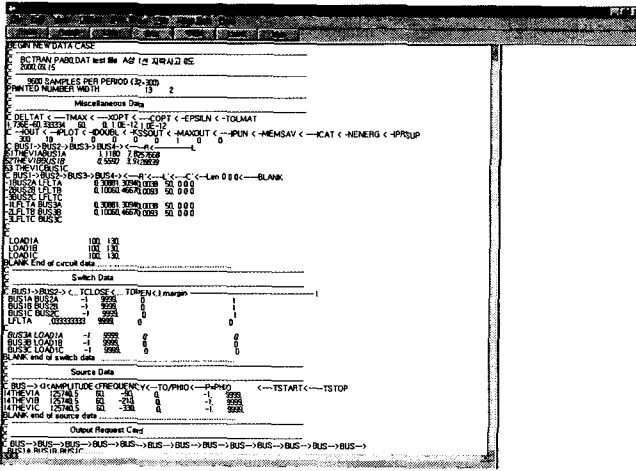


그림 3 EMTP 입력데이터 생성 결과
Fig. 3 Display of Data Input Data

2.1.3 EMTP동작 모듈

EMTP를 사용하여 고장해석을 하는 이유는 과도상태의 고장 데이터를 생성하여 시간별 보호 계전기의 각 보호요소의 동작을 세밀하게 평가하기 위한 것이다. 이를 이용하여 신호 입력부에 다양한 디지털 필터를 삽입하면 계전기의 동작과 필터능력을 판정할 수도 있다.

본 논문에서는 계전기 동작에 대한 평가를 위하여 필요한 EMTP 고장 데이터를 생성하기 위한 계통을 두 가지로 나누어 개발하였다[9]. 첫째는 그림 4와 같이 새로운 계통을 만들고, 그 계통에 따른 고장데이터를 디지털 필터를 거쳐 계전기 알고리즘에 적용하여 트립 로직을 통한 트립 신호를 생성할 수 있도록 개발하였다.

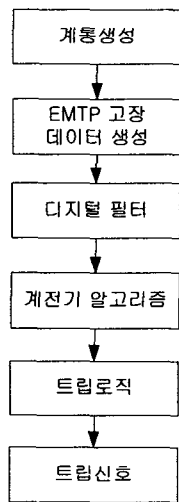


그림 4 EMTP 데이터를 이용한 보호계전기 동작
Fig. 4 Simulation Flow Chart using EMTP

둘째 그림 5와 같이 데이터 베이스에 존재하는 계통을 적용하여 모의하는 계통이 실 계통에 가깝도록 하기 위한 방법으로 PSS/E 프로그램을 이용한 계통의 축약 방법이다. 계통

의 축약을 통해 실 계통을 간단하게 구성하여 EMTP를 동작시킬 수 있도록 만들었다.

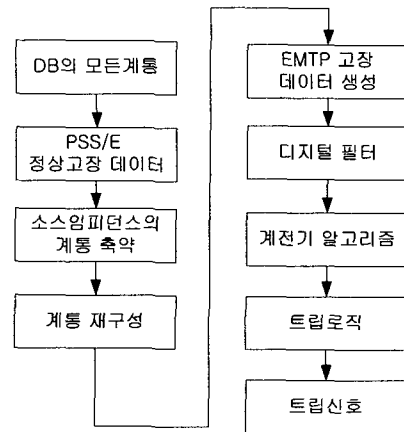


그림 5 축약한 계통의 EMTP 데이터에 의한 보호계전기 동작과정
Fig. 5 Relay Operation of System Implication EMTP Data

그림 5 Relay Operation of System Implication EMTP Data

본 논문에서 계통을 축약한 방법인 소스임피던스를 구하는 방법은 그림 6과 같은 계통을 축약하기 위하여 연결된 선로를 끊고 사고를 발생하면 PSS/E 프로그램은 그 지점의 소스 임피던스를 제공한다. 이 소스임피던스를 이용하여 계통을 축약시키는 방법을 이용하였다. 복잡하게 연결된 계통을 축약하기 위하여 선로를 끊고 고장을 자동으로 발생하는 방법을 반복하도록 모듈 프로그램을 개발하였다.

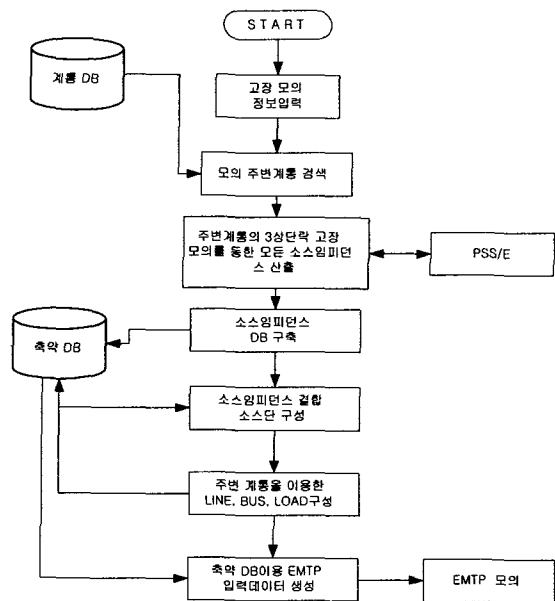


그림 6 소스임피던스를 고려한 계통의 축약방법
Fig. 6 System Implication Considering Source Impedance

또한 디지털 필터의 적용은 EMTP를 수행한 결과가 고조파를 포함한 데이터이므로 이 데이터는 전력 주파수 성분 이외의 각종 고조파, 지수 함수적으로 감소하는 DC-OFFSET

성분 등을 포함하고 있으므로 실제 보호계전기는 필터를 사용한다. 본 논문에서는 보호계전기와 동일한 조건을 만들기 위하여 보호계전기가 사용하는 필터를 사용하여 실제 보호계전기가 고장판정시 사용하는 신호와 같게 하였다. 또한 보호계전기의 종류에 따라 사용하는 필터가 다를 수 있으므로 실제 사용하는 디지털 필터를 적용할 수 있도록 필터부분을 선택할 수 있는 형태로 구성하였다.

2.1.4 보호 계전기 동작모듈

계전기가 올바른 동작을 하는지 여부를 판단하기 위하여 계전기 동작 모듈과 트립 로직을 정확하게 구현해야 한다. 본 논문에서는 현재 한전계통에서 사용되는 Toshiba사의 거리계전기 MXL1E 계전기를 예를 들어 계전기 동작모듈을 설명하였다. 이 계전기 동작모듈은 고장점까지의 임피던스를 계산하는 부분, 임피던스 동작영역으로 표현된 계전기 특성 Diagram으로 고장점 임피던스를 계산하는 부분, Supervising 요소들의 동작 판단부분과 트립로직 부분으로 구성된다. 여기서 Supervising 요소의 과전류계전기와 전압계전기의 동작 등도 구현하여야 한다. 보호계전기의 기본동작은 실제 보호계전기의 동작과 대부분 동일하도록 계전기에 따라 알고리즘을 선택하도록 하였으며, 계전기 제작사에 따른 디지털 필터와 로직의 차이 같은 것들이 존재할 수 있다.

계전기 동작 모듈의 중요 요소로서는 거리계전기에서 고장점까지의 임피던스를 계산하기 위한 임피던스계산 모듈과 Supervision 요소로 선로 허용 전류의 10% 또는 상대단 모선 $\phi-G$ 사고시 고장전류의 10%이면 동작하는 EFH(Earth Fault Overcurrent Element)와 Carrier Protection의 Blocking 이나 Unblocking Scheme에 사용하는 UVH(Undervoltage element)가 있다.

그림 7은 거리계전기동작모듈의 임피던스 계산결과로부터 고장구역을 판단하는 임피던스 Diagram이다.

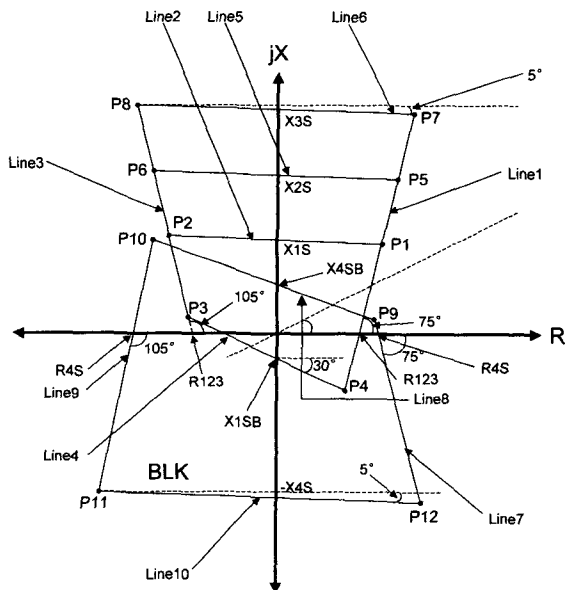


그림 7 MXL1E(S) Impedance Diagram
Fig. 7 MXL1E(S) Impedance Diagram

그리고 보호계전기 각각의 요소들에 동작에 대한 트립 결과의 로직으로 표현되는 Trip Logic 요소가 있다. 대부분의 경우 한국전력의 계전기 정정률에 의하여 사용되는 보호요소만의 동작이 트립결과로 나타나도록 트립 로직이 구성되어 계전기의 동작을 시뮬레이션한다. 그러나 특별한 계통조건에서 어떤 특정한 계전요소의 동작여부가 결과에 어떤 영향을 주는가를 알기 원할 때 트립로직을 재구성하여 보호계전기의 동작을 시뮬레이션 할 수 있다.

본 시스템은 송전계통 보호용 배전반은 각 계전기 요소들의 동작을 AND, OR, NOT, TIMER등으로 구성된 트립 로직에 의하여 계전기 동작 신호인 트립 신호를 출력하게 되어 있다.

이를 위하여 트립 로직을 자유롭게 구성할 수 있는 가변 트립로직 생성기를 개발하여 계전기 각각의 동작을 모두 모의실험 할 수 있도록 하였다.

시스템의 동작 결과는 각 계전요소들의 동작 판단 결과와 그림 8과 같은 로직을 통하여 트립 신호를 낸다.

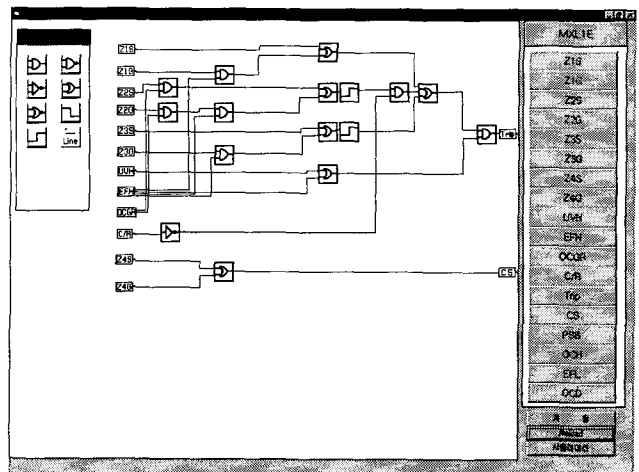


그림 8 가변 트립 로직
Fig. 8 Display of Variable Logic

보호계전기 동작 모듈의 결과화면은 EMTP 고장데이터를 이용한 모의 실험에서 디지털 필터를 거친 고장데이터로부터 고장 거리 계산 후 보호계전기의 동작여부를 판별하고 트립 로직을 통한 결과를 보여준다.

2.2 보호 협조 평가

보호계전기 정정에서 사용하는 정정 룰들은 계전기 제작사로부터 제시된 방법에 근거하여 다년간의 실 계통에의 적용 경험으로부터 얻어진 규칙들이다. 그러나 이러한 정정률에 근거한 보호계전기의 정정값은 계통의 모든 조건에 따른 보호협조를 완전히 만족시킬 수 없으므로 협조문제를 확인할 필요성이 있다. 본 시스템은 거리계전기의 주 보호 거리계전기와 후비 보호 거리계전기간의 Zone 2 및 Zone 3 협조를 평가할 수 있게 하였다.

2.2.1 거리계전기 보호 협조 문제점

거리계전기의 Zone 2 및 Zone 3 정정 협조 검토에는 한전에서 현재 사용되는 현행 정정 규칙들을 참조하였다. 그리고 협조상 Zone 2의 지연시간은 154kV 경우 300ms, 345kV 경우 400ms로 하고 있으며 Zone 3의 지연시간은 1600ms로 하고 있다.

그림 9에 보이는 바와 같이 장거리 선로와 단거리 선로가 인접하는 경우 후비보호 거리계전기의 Zone 2, Zone 3 동작 범위가 주 보호계전기의 보호범위가 중복될 수 있으며 이 경우 두 계전기간의 시간 지연이 동일하기 때문에 고장 F1 이나 F2에 대하여 주 보호계전기와 후비 보호계전기가 동시에 동작하게 되어 보호계통의 중요 조건인 선택성을 만족하지 못하게 된다.

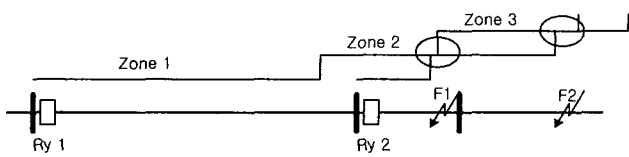


그림 9 거리계전기 Zone 2 및 Zone 3 보호범위 중복
Fig. 9 Distance Relay Zone 2 and Zone 3 Overlap

2.2.2 보호 협조 판정

주 보호계전기 및 후비 보호계전기간의 협조 판정은 거리계전기에 따른 임피던스도 내에서 주보호계전기와 후비보호계전기의 보호구간이 겹치는가를 그래픽으로 보여주므로 정확하게 판정해 줄 수 있다. 그림 10은 협조 판정 화면이다.

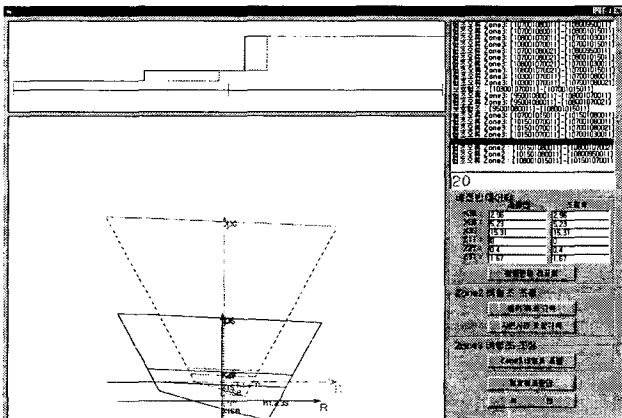


그림 10 협조 판정 화면
Fig. 10 Display of Coordination Decision

3. 사례연구

사례연구에서는 본 논문에서 개발된 송전계통 보호협조 평가 시스템을 실제 송전계통에 적용하여 그 실효성을 입증하고자 하였다. 사례연구대상 계통은 한전의 345kV 실 계통이며, 계전기의 정정값 확인과 협조 판정에 대한 결과를 검증하였다.

3.1 보호계전기 정정값 확인

3.1.1 사례연구 대상 모의 계통

본 논문에서 적용한 모의 계통은 국내 신마산 주변의 345kV실 계통으로 그림 11과 같다. 사례연구 대상 계전기는 10700 - 10800버스 사이에 Ry1 계전기(MXL1E)이고, 그 선로의 50%지점에 3상 단락 고장이 발생하였을 경우 시뮬레이터의 동작 상황을 모의하였다. 그림 11에서 계전기가 설치된 곳은 Ry로 표시했으며 10702, 10704등과 같은 모선들은 10700의 더미 모선이다.

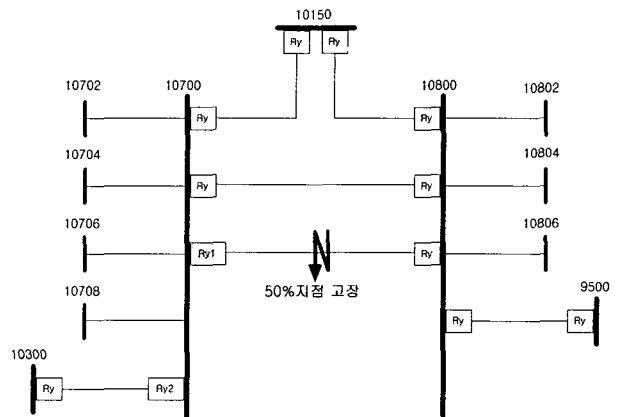


그림 11 10700(신마산) 주변 계통도
Fig. 11 10700(Shinmasan) Power System

대상계전기의 계전기의 정정값은 리액턴스요소 X1S는 1.15Ω, X1SB는 1.5Ω, X2S는 2.42Ω, X3S는 31.58Ω이며 저항요소 R1S, R2S, R3S는 모두 2.7Ω이다.

3.1.2 보호계전기 동작결과 검토

시스템의 동작은 계전기 정정값을 데이터 베이스로부터 가져오고, 대상 계통의 고장 점 위치와 고장 종류를 입력하여 PSS/E 프로그램을 통하여 고장데이터를 얻는다. 고장 데이터는 자기 구간의 50%위치의 3상 단락 고장이므로 Ry1계전기의 Zone 1, Zone 2, Zone 3 모두가 동작하여야 한다.

그림 12는 시스템의 정정값 평가 결과를 나타내는 화면으로 배전반 정보 및 고장의 위치와 종류를 입력하는 부분과 입력 후 정정값과 사고 점까지의 임피던스, 그리고 사고 데이터의 임피던스 다이어그램을 표시하고, 보호배전반의 동작 판단 부분에 붉은 색(■)으로 표시되도록 하였다.

계전기의 거리계전요소의 동작구간은 임피던스 다이어그램에서 정정값으로 구성된 사변형 영역내부이므로 계산된 임피던스가 동작영역내로 들어오면 동작하도록 구성되어 있다.

사례연구 결과는 그림 12에서 Zone 1, Zone 2, Zone 3 모두 동작됨을 임피던스 다이어그램과 보호배전반의 동작 판단영역내의 동작을 그래픽으로 보였다.

그림에서 정정값 평가 결과는 자단 50% 지점의 단락 Zone 1, Zone 2, Zone 3 영역의 계전기는 모두 동작되어 Ry1

계전기의 정정값이 정확하게 정정되었다는 보여주며 그림에서 동작 수행 결과 붉은 색(■)으로 표현된 것이 동작된 보호 계전 요소이다.

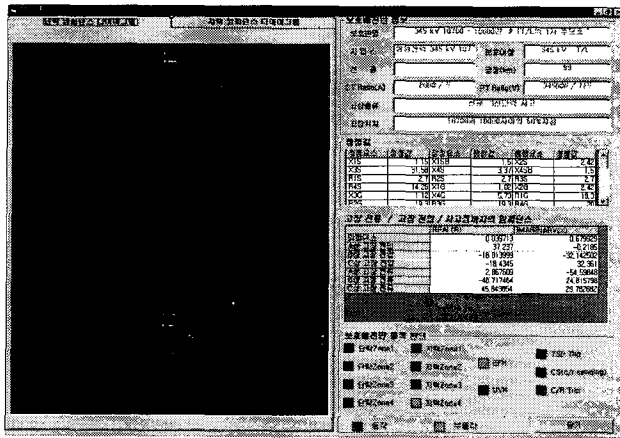


그림 12 보호계전기 동작결과 화면
Fig. 12 Result of Simulator

3.2 협조 조정 모의 수행

본 시스템으로 국내의 한전 실계통에 대한 일부분의 보호 협조 상황을 판단하여 본 결과 Zone 2의 경우 비협조 문제가 발생하는 구간이 약간의 경우에 발생하였으나 Zone 3의 경우 많은 구간에서 비협조 문제가 발생한다는 것을 알 수 있었다. 이는 Zone 3의 경우 후비보호 기능 뿐만 아니라 C/R 트립 용 또는 내부방향 검출용도로 사용하고 있어 거리계전기의 Zone 3 협조는 중요성이 적게 보고 있는 이유로 판단된다. 본 시스템은 현재 사용되는 정정 기준을 근거로 거리계전기의 보호 협조 판정과 조정을 수행할 수 있다. 이 결과는 실제 보호계전기를 정정하는데 있어 중요한 참고 자료가 될 수 있다. 사례연구로 그림 11 계통의 10700 모선의 Ry1 계전기 주변의 모든 계전기간의 주보호와 후비보호에 대한 보호 협조를 판정하고 조정하는 작업을 모의로 수행하였다.

3.2.1 보호 협조 판정

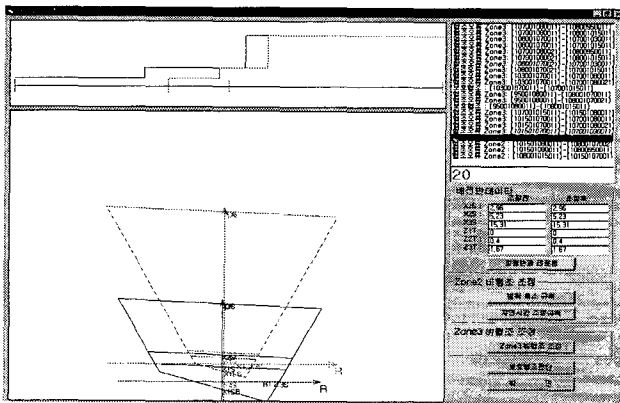


그림 13 보호협조 판단
Fig. 13 Coordination Decision

보호 협조 판정에 적용하는 계전기 정정 데이터는 현재 국내 송전계통의 실제 계전기의 정정값을 적용하였다. 대상계통의 보호협조 판정 결과는 그림 13과 같다. 수행 결과 대부분의 Zone 3영역에서 후비보호 계전기들과의 비협조 문제가 발생하고 있음이 파악되었으며, Zone 2 비협조 문제도 발견되었다.

3.2.2 보호 협조 조정

비협조 문제 발생 시 정정값을 조정하기 위하여 보호범위 축소방법과 시간의 조정방법을 이용하여 보호계전기를 재정정한 후 그림 14의 결과를 얻을 수 있었다[13].

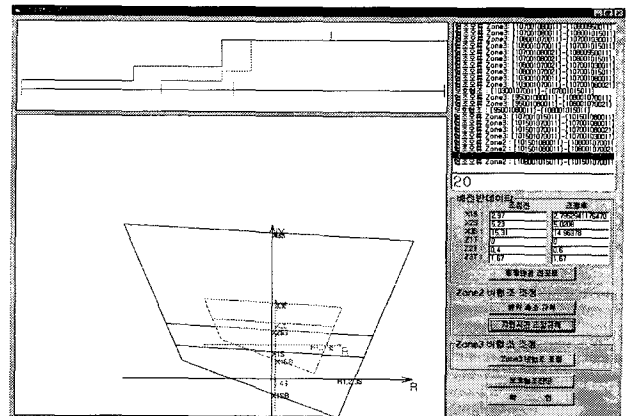


그림 14 보호협조 조정
Fig. 14 Coordination Control

4. 결 론

본 논문에는 보호계전기 정정 협조 평가를 위한 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 먼저 보호계전기의 정정 결과를 확인하고, 거리계전기와 같은 후비 보호기능을 담당하고 있는 계전기의 주 보호와 후비 보호계전기간의 보호협조가 이루어지지 않는 구간을 판정하고 보호계전기의 정정값 조정을 수행할 수 있게 하였다. 실계통에서 보호계전기의 응답 동작을 볼 수 있도록 고장의 정상상태 데이터는 PSS/E를 사용하여 생성하였으며 보호계전기의 각종 계전요소들의 과도상태 응답동작을 보기 위하여 고장의 과도상태 데이터는 EMTP를 사용하여 생성하였다. 그리고 각 계전요소들이 동작으로부터 트립신호까지 트립 로직을 사용자가 변경할 수 있도록 하여 보호계전기 요소들의 동작까지 확인할 수 있도록 하였다.

현재 국내에 사용중인 모든 계전기의 데이터를 데이터베이스로 구축하고 본 시스템을 적용한다면 종래에는 사고 이전에 찾을 수 없었던 보호계전기의 오부동작 가능성이나 비협조 문제를 찾아낼 수 있으므로 계통을 보다 안전하고 신뢰성 있게 운용할 수 있도록 하였다.

감사의 글

본 연구는 기초전력공동연구소와 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 켈 파워, "154kV 송전선로 보호용 거리계전기 사용 매뉴얼", 2000.3
- [2] 한국전력공사, "보호계전기 정정 지침", 1990.1
- [3] 한국전력공사, 계통보호 종합전산 프로그램 개발 최종보고서, 2000
- [4] 이승재, 이종민, "송전선로 보호계전기 그래픽 동작 시뮬레이터", 명지대 산업기술연구소논문집, 2001
- [5] 하채웅, 이종범, "지중송전케이블용 디지털 거리계전 알고리즘 개선", Trans. KIEE. Vol. 49A, No. 12, Dec. 2000, pp 595-601
- [6] 안용진, 강상희, 이승재, "리액턴스 효과를 최소화한 병행 2회선 송전선로 보호 거리계전 알고리즘", Trans. KIEE. Vol. 50A, No. 1, Jan. 2001, pp 38-44
- [7] 김중표, 강상희, 이승재, "DSP를 이용한 고속 거리계전 알고리즘 구현", 2000년도 대한전기학회 추계부문학술대회 논문집, pp 174-176
- [8] 하채웅, 이종범, "가공송전선로와 지중송전선로가 연계된 혼합송전선로에서 디지털 거리계전 알고리즘", 2000년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 440-442
- [9] W. Scott Meyer, Tsu-huei Liu, "EMTP Theory book", BPA, 1995
- [10] Kezunovic, M.; McKenna, M., "Real-time digital simulator for protective relay testing", IEEE Computer Applications in Power, Volume: 7 Issue: 3, July 1994, Page(s): 30 -35
- [11] McLaren, P.G.; Kuffel, R.; Wierckx, R.; Giesbrecht, W.J.; Arendt, L.H., "A real time digital power system simulator for testing relays", Transmission and Distribution Conference, 1991., Proceedings of the 1991 IEEE Power Engineering Society, 1991, Page(s): 370 -375
- [12] Montmeat, A., "An operational simulator for testing EHV and MV protective relays", Developments in Power System Protection, Sixth International Conference on (Conf. Publ. No. 434), 1997, Page(s): 151 -154
- [13] 이흥기, 이운희, 김석일, 이청학, 장성익, "전력계통보호(I)", 한국전력공사, 1999

저 자 소 개



최 면 승(崔勉松)

1967년 4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공학박사). 1995년 Pennsylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대 학교 공대 전기정보제어

공학부 부교수.

Tel : 031-336-3290, Fax : 031-321-0271

E-mail : mschoi@mju.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(공학박사). 1994년 Univ. of Washington 교환교수.

현재 명지대 공대 전기정보제어공학부 교수.

Tel : 031-336-3290, Fax : 031-330-6816

E-mail : sjlee@mju.ac.kr



민 병 운(閔炳雲)

1971년 7월 19일생. 1997년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 명지대 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 031-336-3290, Fax : 031-320-6816

E-mail : minbu@mju.ac.kr



조 필 성(趙弼成)

1973년 5월 16일생. 2001년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 현재 명지대 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 031-336-3290, Fax : 031-321-0271

E-mail : eastern@mju.ac.kr