

모선보호용 디지털계전기의 고장분석 프로그램의 구현

손천명*, 강상희*, 이승재*, 안용진**
 명지대학교*, 유호전기**

A Fault Analysis Program for a Digital Bus Protection Relay

Chun-Myung Son*, Sang-Hee Kang*, Seung-jae Lee*, Yong-jin Ahn**
 Myongji University*, Youho Elec. Ind. Co. LTD.**

Abstract - In this paper, the fault analysis program that is convenient to analyse fault records of a digital relay and to set a digital relay is described. The key feature of this fault analysis program is as follows.

- analysing fault records stored in a local PC and/or a digital relay
- analysing events
- setting a digital relay.

This program is for a digital bus protection relay using a conventional variable percentage current differential relaying algorithm. So this program adds a function analysing the characteristic of each variable percentage current differential function and the connection state of the transmission lines at double-bus system.

1. 서 론

마이크로 프로세서 분야의 비약적인 발전으로 전력계통에서도 디지털 계전기의 발전은 가속화 되어가고 있다. 디지털 계전기는 다양한 유형으로 사용자에게 인터페이스를 제공함으로써 아날로그 계전기에 비해 조작과 분석에 편리한 장점을 가지고 있다.

디지털 계전기에는 사용자와 인터페이스를 위해 계전기 기능을 담당하는 연산 및 제어부와 별도로 MMI(Man Machine Interface)를 포함하고 있으며, 고장분석 프로그램이 함께 제공된다. MMI가 기본적인 인터페이스를 담당한다면, 고장분석 프로그램은 좀더 강력한 환경에서 계전기와 인터페이스를 담당한다.

고장분석 프로그램의 주된 기능은 계전기에 저장된 고장기록을 통신을 통해 수신하여 분석하고, 수신한 데이터를 모의 실험에 사용할 수 있게 COMTRADE(Common Format For Transient Data Exchange) 파일을 재생 가능하게 작성하는 것이다. 그밖에도 GUI(Graphical User Interface) 환경이라는 장점을 이용하여, 고장분석 프로그램은 계전기의 설정 및 조작에 보다 편리한 환경을 제공한다.

고장분석 프로그램은 계전기의 부수적인 요소로 계전기의 보호방식을 고려하여 구현되어야 한다. 본 논문에서 구현한 고장분석 프로그램은, 가변비율 전류차동 계전방식을 사용하는 모선보호 계전기를 대상으로 구현하였다. 본 논문은 고장분석 프로그램에 대해서 알아보고, 구현한 모선보호용 디지털 계전기의 고장분석 프로그램을 소개한다.

2. 본 론

2.1 고장분석 프로그램

구현한 고장분석 프로그램은 사용자의 프로그램 사용 유형에 따라 계전기와 데이터를 송수신한다. 프로그램의 전체 흐름도는 그림1과 같다.

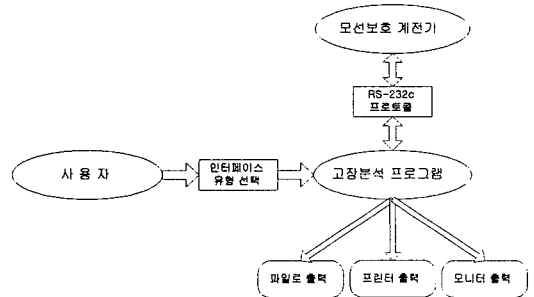


그림 1 고장분석 프로그램의 전체 흐름도

통신은 RS-232C 방식을 사용하며, 계전기와 고장분석 프로그램간의 데이터 교환은 정의된 프로토콜에 맞추어 이루어진다. 본 논문에서는 데이터 송신의 신뢰도를 높이기 위해 계전기와 고장분석 프로그램간에 정의된 프레임(코드 + 데이터 + Check Sum)을 사용하는 프레임 단위로 프로토콜을 정의하여 구현하였다.

계전기와 분석프로그램의 사용자의 인터페이스 유형은 크게 3가지로 분류할 수 있다.

- Local PC에 저장 혹은 계전기에 기록된 고장기록 분석
- 계전기의 내외부 이벤트 분석
- 계전기 설정(정정값 설정, 시스템 설정)

2.2 고장기록 분석 기능

고장기록 분석기능은 계통의 고장 종류를 판단하고 계전기의 오동작 여부를 분석 가능하게 아래와 같은 기능이 구현되어야 한다.

- ① 아날로그 파형표시 및 순시값 분석 기능
- ② 실효값 분석 기능
- ③ 페이지 분석 기능
- ④ 고조파 분석 기능
- ⑤ 모의실험을 위한 COMTRADE 파일 작성기능

따라서 고장기록 요청시 계전기는 다음과 같은 데이터를 기록하고 있어야 한다.

- ① 고장기록 시간 동안의 모든 아날로그 입력채널의 순시 샘플링 값과 디지털 입력채널의 상태 값
- ② 고장기록 시간 동안의 각 계전요소의 상태값
- ③ 고장 발생 시점의 계전기의 정정값

모선보호 계전기의 경우 전류차동 계전요소들을 사용하므로 각 차동요소들의 계산된 차동전류와 동작전류를 값으로 동작특성곡선을 분석하는 기능을 추가하여 구현하였다.

2.2.1 페이스 분석 기능

페이스 분석은 3상의 크기와 위상, 대칭분의 크기와 위상 등을 분석하는 기능이다. 이 중 대칭분의 크기는 계전기에서 고장을 판단하는데 사용되는 값이다. 입력 채널에 감쇄 옵셋 성분이 포함되어 있는 경우는 각 상의 페이스가 왜곡되어 해석되므로 대칭분의 크기와 위상 해석에 오차가 발생하게 된다. 따라서 감쇄 옵셋 성분이 발생하는 전류 신호에 FIR(Finite Impulse Response) 필터를 사용함으로써 영향이 최소화 되도록 구현하였다. 식(1)을 사용하여 감쇄 옵셋 성분을 제거했고, 식(2)와 (3)은 FIR필터의 특성을 나타내는 식이다.

$$y_k = x_k - x_{k-1} \quad (1)$$

$$MAG = \sqrt{E_n^2 + F_n^2} \quad (2)$$

$$Ph = \tan^{-1} \frac{F_n}{E_n} \quad (3)$$

$$(E_n = 1 - \cos(\frac{2n\pi}{N}), F_n = \sin(\frac{2n\pi}{N}))$$

각 상의 전압 또는 전류의 페이스가 주어지면 대칭좌표법을 사용하여 영상, 정상, 역상분의 크기와 위상을 구하게 된다.

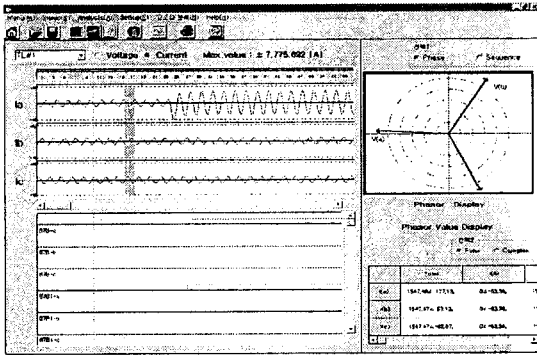


그림 2 페이스 분석화면

그림2는 페이스 분석 화면으로, 모선 1번 선로의 A상 지락 고장 파형을 분석한 화면이다. 파형의 임의의 지점을 클릭하면 클릭한 지점을 기준으로 페이스를 연산하여 출력한다. 순시파형과 각 계전요소의 상태를 비교 분석할 수 있게 구현하였다.

2.2.2 신호 세부 분석 기능

신호 세부 분석 기능은 계전기의 동작 분석과 고장 종류 및 고장 시점등을 분석하기 위해 입력신호 및 계전요

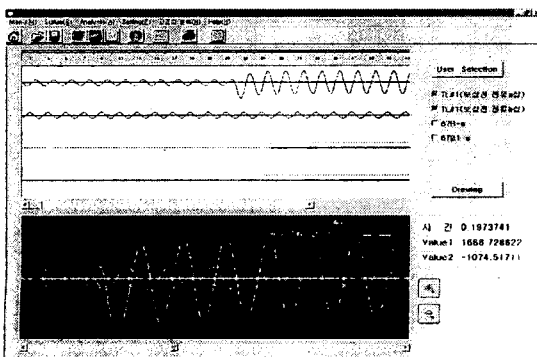


그림 3 신호 세부 분석화면

소의 상태신호를 선택적으로 비교 분석 가능하게 구현한 기능이다. 그림3은 신호 세부 분석화면으로, 확대와 축소를 통해 신호의 변화를 상세하게 분석 가능하게 구현하였다.

2.2.3 고조파 분석 기능

고조파 분석 기능은 아날로그 입력신호의 주파수 성분을 분석하는 것이다. 정상상태에서는 기본파 성분만 존재하지만 고장이 발생하게 되면 전압신호에는 고조파 성분이 발생하게 되고, 전류신호에는 감쇄 옵셋이 발생하게 된다. 고조파분석 결과는 파형의 왜곡정도를 나타내는 THD(Total Harmonic Distortion)의 크기로 출력한다. THD는 임의의 신호 $x(t)$ 에 대해 $x(t) = X_{DC} + X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{n-1} + X_n$ 라 할때 식(4)을 통해 얻을 수 있다.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} X_n^2}}{X_1} \quad (4)$$

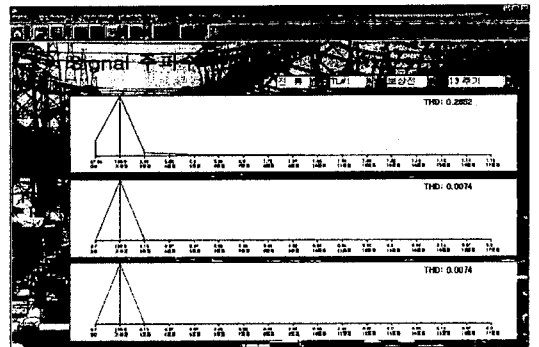


그림 4 고조파 분석화면

그림4는 모선 1번 선로의 A상 지락 사고의 전류신호를 고조파 분석한 화면이다. 각 조파의 크기는 (임의의 조파)/(기본파 크기)×100[%]로 표현하였다.

2.2.4 동작특성곡선 분석 기능

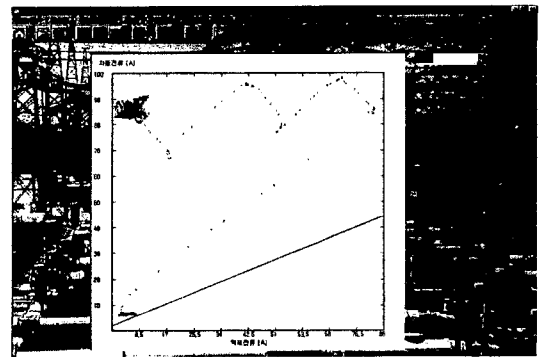


그림 5 전류차동요소의 동작특성곡선 분석화면

모선보호 계전기는 가변비를 전류차동방식을 보호방식으로 사용하기 때문에 각 전류차동요소 별로 동작특성곡선을 분석 가능하게 구현해야 한다. 동작 특성곡선은 고장발생 시점의 각 전류차동요소들의 설정 값을 기준으로 차동전류와 억제전류의 추이를 분석 가능하게 구현하

게 구현했다. 그림5는 구현한 고장분석 프로그램의 동작 특성 곡선 분석화면으로 모선 1번 선로에 2상 지락사고 발생시의 동작특성곡선을 분석한 화면이다.

2.3 계전기 내외부 Event 분석 기능

계전기는 외부 입력에 대해 실시간으로 대응하는 시스템이다. 따라서 계전기를 모니터링하는 기능은 계통의 상태변화를 파악하는데 중요한 기능이다. 모니터링 기능은 아래사항을 분석 가능하게 구성하였다.

- ① 계전기 자체 테스트 결과 기록
- ② 계전기 고장 리스트
- ③ 디지털 입력 채널의 변동 기록
- ④ 현재 아날로그 및 디지털 채널의 입력값
- ⑤ 현재 계통의 상태

그림6은 계전기 자체 테스트 결과, 고장 리스트, 디지털 입력 채널의 변동 기록을 분류해서 분석 용이하게 구현한 예이다.

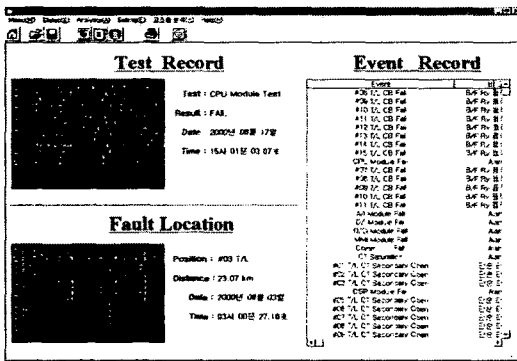


그림 6 계전기의 Event 기록 분석화면

모선보호 계전기의 경우 모선의 연결 상태에 따라 전류 차동 계전요소의 동작이 달라지므로 그림7과 같이 모선의 연결상태를 분석할 수 있는 기능을 구현하였다.

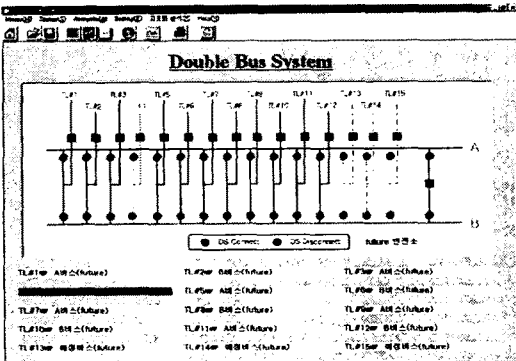


그림 7 모선연결상태 분석화면

2.4 계전기 설정 기능

계전기의 설정항목들은 MMI를 통해 설정 가능하지만, 설정항목이 많은 경우 MMI의 Key Pad를 통해 모든 항목을 설정하는 것은 불편하다. 고장분석 프로그램은 그래픽 환경과 사용자에게 친숙한 키보드와 마우스를 활용하면 많은 항목들을 일관성 있게 출력하고 설정에 용이하게 할 수 있다. 또한 정정 항목들의 값을 파일로 관리하면 같은 입력을 매번 다시 입력해야 하는 불편을 피

할 수 있다. 그림8은 정정값을 설정하기 위해 구현된 화면으로 모선보호용 계전기에서 CT포화 보상에 필요한 정정값을 설정하는 화면이다.

고장분석 프로그램의 시스템 설정 항목으로는 계전기의 내부 시간 조정기능, 사용자 패스워드 설정, 시스템 리셋 등이 있다.

2.5 고장분석 프로그램의 그밖의 기능들

그밖에도 구현된 고장분석 프로그램의 기능으로는 계통 사고일지의 문서화를 위한 보고서 작성 기능, 모의 실험을 위해 COMTRADE 파일 작성기능 등이 있다. 또한 실제계의 모든 고장 데이터가 있기 때문에 분석프로그램의 범위를 확장해서 다양한 계전 알고리즘 테스트를 위한 소프트웨어로 확장도 고려해볼 수 있다.

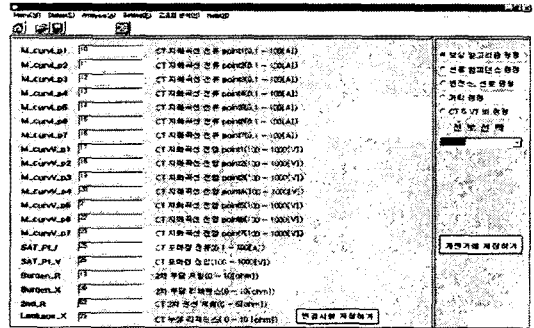


그림 8 모선계전기의 설정값 설정화면

3. 결 론

본 논문에서는 고장분석 프로그램은 사용자가 계전기가 고장 판단한 고장기록을 사용자가 분석하는데 필요한 기능과 계전기의 운영에 필요한 기능들을 구현했다. 또한 고장분석 프로그램의 사용은 조작의 편리함 이외에도 계전기의 특성을 이해할 수 있도록 프로그램을 구성했다. 소개한 모선보호용 디지털 계전기의 고장분석 프로그램에서 RS-232C 통신은 계전기에 저장된 고장기록을 수신하는데 많은 시간이 소요되므로, 병렬, 모뎀, 이더넷 등의 통신방식으로서의 변경이 필요할 것으로 판단된다..

[참 고 문 헌]

- [1] "Digital Relay Data Analyzer Instruction Manual", Toshiba Corporation
- [2] "Instruction Manual of Relay Analysis System for Windows", Mitsubishi
- [3] "154kV 송전선로보호용 거리계전기 사용매뉴얼", 기인시스템
- [4] 이남호 외, "보호계전 종합환경을 위한 HMI 개발", 하계 학술대회 논문집, 2000, pp.200-202
- [5] 윤재성 외, "변류기 전류보상 알고리즘을 이용한 모선보호용 전류 차동계전 알고리즘", 전기학회논문지 2000년 pp.446-450
- [6] 서재범 외, "모선보호 계전기 분석프로그램 및 MMI 개발", 전력계통 보호제어 연구회 기술세미나 논문집 2000년 pp.61-67