

## 디지털 보호계전기 사고파형 분석 프로그램 개발

박창선, 김현성, 조필성  
현대중공업(주), 기계전기연구소

### Development of fault wave analysis program for digital protection relay

Chang-Sun Park, Hyun-Sung Kim, Pil-Sung, Cho  
Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries, Co, Ltd.

**Abstract** - 최근 들어, 디지털 보호 계전기의 계측 및 계전 기능 외에 운용 프로그램 및 사고파형 분석 기능 또한 중요시 하고 있는 실정이다. 이를 위해 저장된 사고파형을 분석하기 위한 프로그램 개발이 요구되어 지고 있으며 본 논문에서는 다양한 기능을 가지는 사고파형 분석 프로그램을 소개한다.

#### 1. 서 론

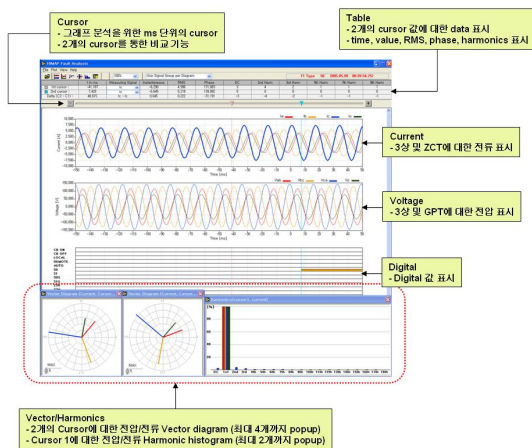
송, 배전설비의 고장감시와 계통보호 및 종합적인 모니터링을 위해 다양한 보호 요소와 계측요소를 가지고 있는 다기능 디지털 전력 보호 장치(IED : Intelligent Electronic Device)의 개발이 요구되는 실정의 현재 상황에서 국내 및 외국의 기업들은 다양한 IED들을 출시하고 있다. IED의 가장 중요한 기능은 정밀한 계측과 정확한 계전요소의 동작이라 할 수 있으며, 이를 분석하기 위하여 계전요소가 동작할 때의 전압/전류/DI 정보를 분석해야 한다. 최근의 IED들은 계전요소가 동작할 시점의 파형을 저장하여 trip 시 사고 파형을 분석할 수 있도록 하고 있으며 IED에 인가되는 파형을 어느 시점에서 Capture하여 전기 품질 분석 등에 이용할 수 있도록 제공하고 있다.

본 논문에서는 당사에서 출시한 디지털 보호계전기인 HIMAP (Hyundai Intelligent Measuring And Protection relay)의 사고파형 분석 프로그램을 소개하고 사고파형을 세밀하게 분석하기 위한 다양하고 독창적인 기능들을 제시한다. 이를 통해 사고의 원인을 정확하게 분석한 후 사고 현장의 불량 원인을 신속히 제거할 수 있도록 하는 것이 본 논문의 목표이다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 프로그램 구성

본 프로그램은 PC상에서 IED의 계전요소의 설정치 변경을 수행하고, 이벤트 정보를 분석하며, 각종 사고 기록 데이터를 전송 받아 파형을 분석하는 기능을 가진 IED 운용 소프트웨어이다. Local에서는 IED 전면의 통신 포트를 통하여 RS232C 인터페이스로 동작하고, remote에서는 상위 시스템에서 LAN을 통하여 UDP 인터페이스로 동작하며, 사고파형은 사고가 발생하거나 사고파형을 프로그램에서 다운로드 할 때 파일로 자동 저장되어 사용자가 현장, 상단, 연구소 등 어디서든지 본 프로그램을 이용하여 사고파형을 분석할 수 있다. 프로그램의 화면 구조는 그림 1과 같고 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 편리한 GUI를 제공한다.



<그림 1> 프로그램의 화면 구조

##### 2.2 프로그램의 기능

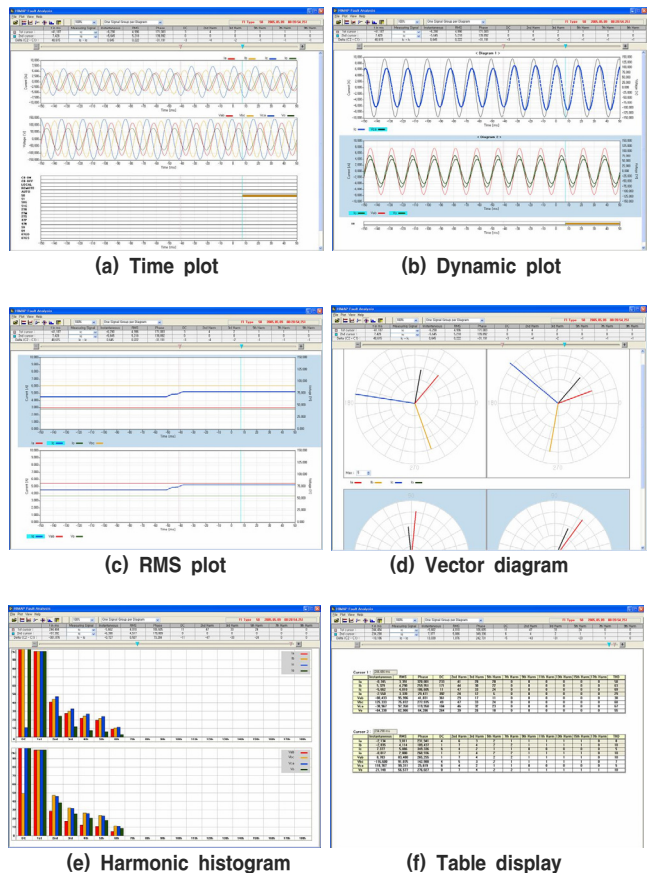
프로그램의 기능은 다음의 기능을 가지고 있다.

- (1) IED의 계전요소 및 system 설정치 reading/writing
- (2) IED의 event 이력 보기 기능 (최대 100개의 Event 이력 보기)
- (3) 자동 report 생성 기능
- (4) IED 요소 및 event, 사고파형의 파일 저장/열기 기능
- (5) IED에 저장된 사고파형 다운로드 기능

위의 모든 기능이 IED 분석에 중요한 역할을 하지만 계전요소 setting, report 및 event 보기 기능은 IED의 설정에 해당하는 부분이기 때문에 본 논문에서는 다루지 않고, 사고파형에 대한 (4), (5)에 대한 내용만 제시하기로 한다.

프로그램을 통하여 사고파형을 분석할 수 기능은 다음과 같고, 이는 그림 2에 표시하였다.

- (1) 전류/전압/digital 값을 확인할 수 있는 기본기능 - Time plot
- (2) 임의로 파형을 multi-plot 할 수 있는 확장기능 - Dynamic plot
- (3) RMS 값을 분석할 수 있는 기능 - RMS plot
- (4) Phase 정보를 분석할 수 있는 기능 - Vector diagram
- (5) 고조파 함유율을 분석할 수 있는 기능 - Harmonic histogram
- (6) 모든 정보를 한꺼번에 표현해 주는 기능 - Table display



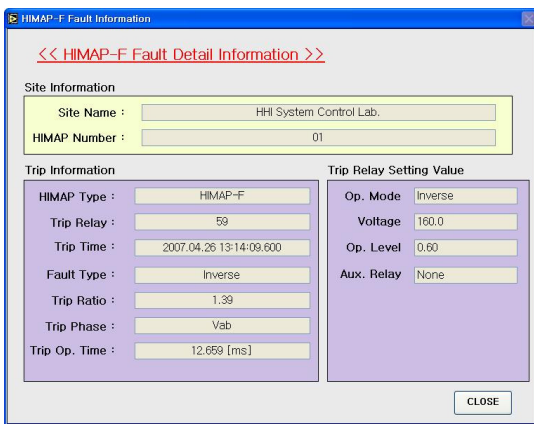
<그림 2> 사고파형 분석 기능

### 2.2.1 Time plot

프로그램은 사고파형을 시간에 따른 파형의 변화를 그래프 형식으로 나타내고 있다. 그래프를 분석하기 위해서는 사고파형의 시점이 중요한데, IED에서 사고파형의 cycle을 선택할 수 있어 사고 시점 전후 30Cycle ~ 300Cycle 까지 파형을 표시할 수 있으며, 이는 500ms ~ 5000ms의 파형 데이터를 보여준다. 파형의 Amplitude는 계전기로 들어오는 2차측 CT/PT 환산 값이고 프로그램에 CT/PT 정보를 볼 수 있는 기능이 있기 때문에 실제 사고 파형의 1차측 값을 계산하여 실제 사고 시점의 전류/전압 값을 확인하여 사고 원인을 분석할 수 있다.

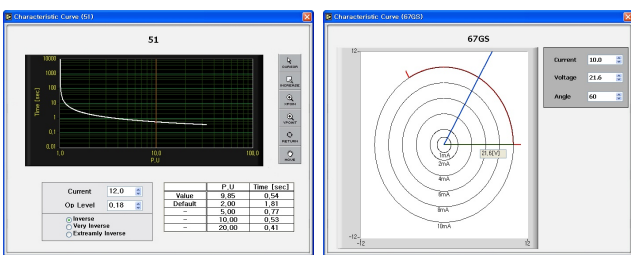
그림 2.(a)는 time plot의 화면을 나타내고 있다. 본 화면에서는 사고 시간과 사고가 발생한 계전요소를 표시할 수 있고, 2개의 cursor를 두어 시간적으로 파형의 값을 비교할 수 있는 기능을 가졌다. 또한 사용자 임의대로 x, y축 zoom in/out 기능이 있어서 세밀하게 관찰해야 할 부분에서는 확대하여 볼 수 있으며 2개의 cursor 값에 대한 기본 데이터인 time, instantaneous value, RMS, phase, harmonics(DC, 2nd, 3rd, 5th, 7th, 9th)를 표시할 수 있다. 이를 설정된 계전요소의 설정 전류 및 전압과 비교하여 사고시점을 확인할 수 있고 2개의 cursor에 따른 시간차를 구하여 사고의 지속 시간 등을 분석할 수 있다.

메뉴에 사고의 상세 정보 기능을 추가하여 사고 시 계전기의 종류, 사고 시간, 사고의 type, ratio, phase, operation time등을 확인할 수 있다. 그림 3은 사고의 상세 정보를 나타낸다.



<그림 3> 사고파형 상세 정보

또한 IEC60255-3의 특성곡선 표시 기능을 가지고 있어서 반한시, 강반한시, 초반한시 등의 과전류 요소 및 거리/방향 계전 요소의 특성 곡선을 표현할 수 있다. 그림 4는 과전류 요소인 51 과 방향 계전 요소인 67GS의 특성 곡선을 나타낸다.



<그림 4> 특성 곡선 표시 기능

### 2.2.2 Dynamic plot

그림 2.(b)는 dynamic plot을 나타낸다. 본 화면에서는 전류/전압을 사용자 임의에 따라 선택하여 하나의 그래프에 전류와 전압을 동시에 plot 할 수 있는 기능을 가지며 이는 방향계전기(67)등과 같이 전류와 전압을 동시에 확인해야 하는 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 이를 통해 사고 당시에 전류와 전압에 대하여 한 그래프에 두고 비교 분석을 간단하게 할 수 있으며, new/delete 메뉴를 통하여 그래프를 최대 8개 까지 생성/삭제 할 수 있다. 또한 DI 정보 역시 사용자가 체크한 것만 볼 수 있도록 하고 그래프의 color, line style, line width 등을 변경할 수 있도록 하여 최대한 dynamic하게 사용자의 설정에 따르도록 하였다.

### 2.2.3 RMS plot

그림 2.(c)는 RMS plot을 나타낸다. RMS plot을 통하여 시간에 따른 전류/전압의 RMS 변화 추이를 확인할 수 있으며 이를 통해 사고 시점

주변의 RMS 변화를 통해 사고 분석을 용이하게 하였다.

### 2.2.4 Vector diagram

그림 2.(d)는 Vector diagram을 나타낸다. Cursor가 이동하면서 Cursor 시점부터 1주기의 파형에 대한 RMS 크기 및 각 상의 절대 위상을 표시하였으며 floating 기능을 포함하고 있어 작은 장으로 cursor 1, 2 의 전류/전압의 최대 4개의 vector diagram을 popup하여 cursor의 움직임에 따라 time plot 및 dynamic plot과 연동하여 분석할 수 있도록 하였다. 또한 사고를 일으킨 계전요소의 설정값 range를 원으로 표시하여 커서를 이동하면서 어느 시점에서 설정값을 넘어가는지 확인할 수 있어 정확한 사고 시점을 찾아낼 수 있도록 하였다.

### 2.2.5 Harmonic histogram

Harmonics histogram은 interpolation 및 FFT 기능을 이용하여 최대 18차까지의 고조파 함유율을 그림 2.(e)에서 보는 것과 같이 막대그래프 형태의 화면에 표시하고, 기본파의 크기를 100%로 하여 DC offset 및 고조파의 함유율을 상대적으로 표시하였으며 THD 및 TDD 분석 기능을 포함하고 있어 파형의 왜곡 정도를 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 또한 vector diagram과 같이 cursor 1에 대한 floating 기능을 부여하여 사용자 편의성을 도모하였다.

### 2.2.6 Table display

두 개의 cursor에 따른 모든 전류 및 전압 상에 대하여 time, instantaneous value, RMS, phase, DC ~ 18th harmonics를 한 눈에 확인할 수 있도록 구성하여 어느 두 시점에서 모든 데이터를 비교하여 정확한 사고 분석을 할 수 있도록 하였다. 그림 2.(f)는 Table display를 나타낸다.

### 2.2.7 File 저장/열기

Local의 IED에서 다운로드한 사고파형 데이터는 자동적으로 지정된 폴더에 파일로 저장되고 상위 시스템에서는 사고가 발생하면 사고가 발생한 경보 메시지와 함께 역시 지정된 파일로 저장된다. 이는 "\*.FR" 파일로 저장이 되며 추후에 프로그램을 통하여 파일로 읽어 들어 분석할 수 있어 사용자가 어디에서 작업을 하던지 관계없이 사고파형을 분석할 수 있다. 또한 메뉴바에서 'File Export to Comtrade'를 선택하면 사고파형이 Comtrade standard(C37.111)에 의거하여 국제 표준 파일 형식인 Comtrade 파일로 변환되어 저장된다. 이는 추후에 Comtrade를 import할 수 있는 장치와 연동하여 사고파형을 입력하여 사고 상황을 재연할 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 다양한 기능을 가지는 IED 사고파형 분석 프로그램을 통하여 사고의 원인을 효과적으로 분석하는 기법을 소개하였다. 프로그램은 사고파형을 local, remote에서 언제든지 다운로드 받을 수 있는 구조로 설계하였고 파일 입/출력 기능이 있어 어디에서나 사고파형을 분석할 수 있도록 사용자 편의성을 가지게 하였다. 또한 2개의 cursor를 이용하여 시간적으로 데이터 비교를 쉽게 하였고, 사용자 임의대로 원하는 데이터를 동시에 plot하여 세밀한 비교 분석을 가능하도록 하였다. RMS 그래프를 추가하여 사고 시점 확인 및 RMS 해석을 가능하게 하였으며 vector diagram, harmonic histogram, table display 등을 이용하여 사고파형의 위상, 왜곡을 등을 한눈에 확인할 수 있도록 하여 사고 파형 분석을 정밀하게 할 수 있도록 하였다.

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업인 전력IT 기술개발사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "Getting Started with LabVIEW", National Instrument.
- [2] Jay Gosalia, Dennis Tierney, "Tutorial: Using COMTRADE Files for Relay Testing", Doble Engineering Company.