

LabVIEW를 이용한 디지털 시뮬레이터

*박철원 · **김장휘 · **이종주 · **신명철
*원주대학 전기과 · **성균관대학교 정보통신공학부

Digital Simulator using LabVIEW

Chul-Won Park*, Jang-Whi Kim**, Jong-Joo Lee**, Myong-Chul Shin**
*Wonju National College. **Sung Kwon Kwan University

Abstract - This paper proposes a digital simulator using NI DAQ Device and GUI s/w by LabVIEW for IED of power transformer protection. The performance of the digital simulator has been verified through WatATP 99 simulation data.

1. 서 론

2001년 하반기, 한전은 종합자동화용 154/23 [kV] 변압기 보호반 사양을 발표하였고, 2003년부터 일부 전력계통에서부터 디지털 계전기를 시범 운영하고 있으며, 이후 차세대 디지털 계전기를 모든 변전소의 자동화시스템(SAS)에 확대 적용할 예정으로 있다. 최근 전력IT와 관련하여 SAS의 핵심인 고기능의 IED에 관심이 집중되고 있다[1].

이에 따라 IED를 개발할 때와 IED를 현장에서 운용할 때 그 동작여부를 테스트하는 것은 매우 중요하다. 최근 이들의 성능 평가를 위하여 시험 규격이 완성되었으며, RTDS 등을 도입하여 IED 개발과 운용시험에 적용하고 있기도 하다. 그러나 RTDS는 유용하고 다양한 기능이 있지만, 고가이며 대규모이기 때문에 대학의 연구실에서나 중소기업에서 설치·운용하기에 어려운 실정이다[2,3]. 따라서 본 연구에서는 IED나 디지털 계기를 개발할 때 그 성능 시험이 용이하도록 저가형 고성능 시뮬레이터를 개발하였다.

2. LabVIEW를 이용한 시뮬레이터

2.1 시뮬레이터 구성

그림 1은 제작된 시작품 IED의 성능 시험을 위해 다양한 시험용 아날로그 파형을 재생할 수 있는 시뮬레이터이다. 시뮬레이터는, 시뮬레이션 엔진, PC, DAQ Device 및 오실로스코프로 구성된다.

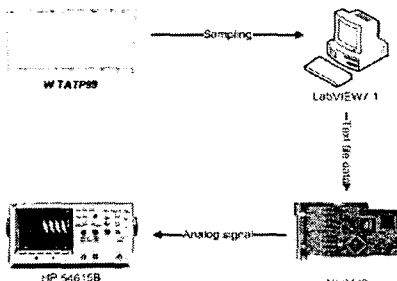


그림 1 아날로그 파형 생성 시스템

이는 개발된 알고리즘을 탑재한 시작품 IED의 정확한 동작을 테스트하기 위한 것이다. 먼저 EMTP(WatATP 99)를 기반으로 실 계통 모델에 대한 시뮬레이션을 수행한 다음, 그 출력데이터 파형을 텍스트 파일로 저장하였

다. 이때 EMTP 시뮬레이션에서는, 아날로그 신호에 근접하도록 주기당 512 S/C로 하였다. 그 후 GUI 프로그램인 National Instruments LabVIEW7.1을 사용하여, 샘플링 값이 저장된 텍스트 파일을 불러들인 후 아날로그 신호 출력 장치인 National Instruments의 NI-6733 DAQ Device를 사용하여 아날로그 파형으로 재생하였다. 출력된 신호는 오실로스코프로 측정하여, 원 신호인 EMTP 시뮬레이션 파형과 비교하여 시험용 신호로 검증하게 된다. NI-6733 DAQ Device의 사양은 표 1과 같다. Target IED의 입력부 ADC의 사양을 고려하여 DAQ를 선정하면 된다.

표 1 NI-6733 DAQ Device의 사양

Bus	PCI, PXI
Analog outputs	8
Output resolution	16 bit
Update rate	1 MS/s
Output range	±10V
Counter/Timers	2, 24 bit

2.2 시뮬레이터 설계

이 시뮬레이터 프로그램의 특징은 다음과 같다.

- (1) 한 번에 다수의 채널에서 시간의 지연 없이 신호를 재생할 수 있으므로 실제 전력계통과 유사한 환경을 제공한다. 본 연구에서는 변압기가 포함된 전력계통과 유사하게 여러 가지 절점 전압과 전류를 발생시켜 측정할 수 있다.
- (2) 검증된 LabVIEW 프로그램을 사용하였기에 신뢰성, 호환성 및 확장성이 뛰어나다.
- (3) 출력되는 전압의 크기를 조절할 수 있다. 같은 모양의 파형이 2개 나오는데 위의 파형은 EMTP에서 시뮬레이션을 수행한 파형과 같은 파형이고, 아래의 출력의 크기가 조정된 신호이다.
- (4) 각 상의 전압과 전류 파형을 동시에 출력할 수 있지만, 동시에 출력했을 경우 전압에 비해 전류 값이 매우 작기 때문에 전류 파형의 변화를 알기 힘들다. 그래서 전압 데이터와 전류 데이터를 따로 분리하여 전압과 전류 파형을 출력하였다.

그림 2는 아날로그 파형으로 출력되도록 GUI 프로그램인 LabVIEW를 이용하여 구현한 User Interface와 Source Code이다. 파일을 open 하고, buffer size 및 update rate를 선정하면, 사용자 임의대로 원하는 출력신호의 크기를 조절하여 파형을 발생시킬 수 있다. 이때 GUI 프로그램은 재생하고자 하는 신호의 출력값을 찾아주기 때문에 사용자가 원하는 크기로 신호를 발생시킬 수 있다. 또한 이에 반응하는 Target IED로부터의 트립 신호 등을 입력받아 표시할 수도 있다.

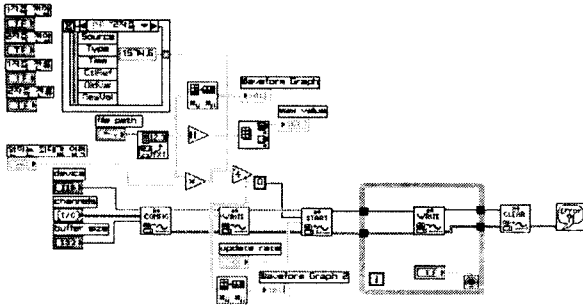


그림 2 GUI 프로그램을 이용하여 구현한 User Interface와 Source Code

그림 3은 시뮬레이터에 의한 IED의 성능 측정도이다. 먼저, EMTP에서 시뮬레이션을 수행하여 나온 파형을 샘플링하여 텍스트 파일로 저장한다. LabVIEW7.1에서 이 텍스트 파일을 처리하여 NI-6733 DAQ Device에서 아날로그 신호를 출력한다. 출력된 아날로그 신호는 Target IED로 전달하고, IED에서는 이 신호를 처리하여 실패치 등 연산된 값과 Trip signal을 출력한다. DAQ Device와 재생된 신호, IED의 Trip signal과 여러 가지 측정용 신호들은 IED의 아날로그 및 디지털 출력부를 통해 오실로스코프로 확인하게 된다.

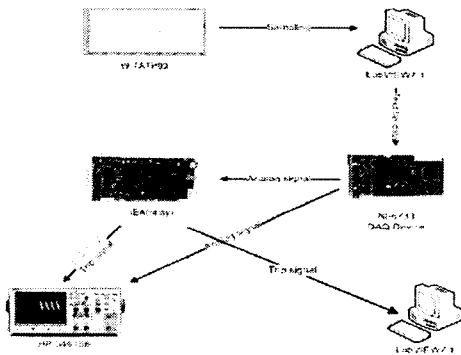


그림 3 시뮬레이터에 의한 IED의 성능 측정

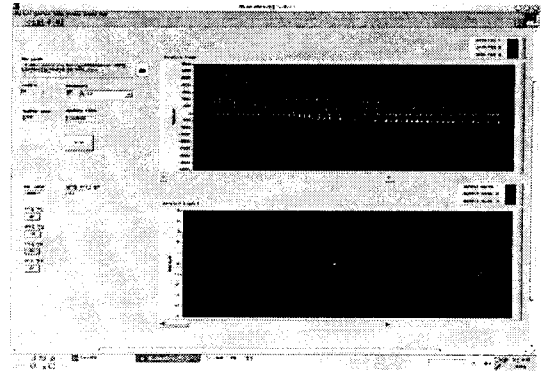
2.3. 신호 파형 비교

EMTP에서 직접 수집한 전류 및 전압 데이터 파형과 DAQ Device에서 재생된 아날로그 신호를 오실로스코프로 측정된 전류 신호의 파형의 크기 및 고조파 여부, 위상 등 항목을 비교한 결과 동일한 파형을 얻을 수 있었다.

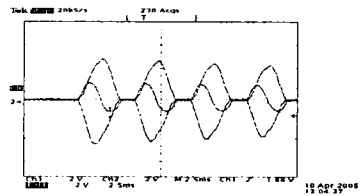
3. IED prototype의 시험

3.1 여자돌입의 경우

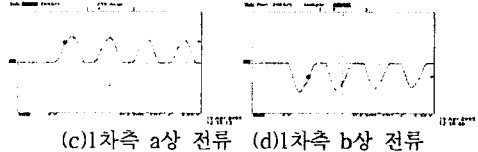
그림 4(a)는 1차측 전압 a상 위상각 0도일 경우, 44.448[ms]에서 가압된 경우 시뮬레이터 화면이다. 뒷 그림은, 512 s/c 60주기(0.1[sec])의 아날로그 신호이고, 아래의 그림은, 이 신호를 약 가압 후 3주기 정도로 확대하여 사용자가 알기에 용이하도록 한 것이다. 그림 4(b)는 총 6개의 전압과 전류 파형을 측정할 수 있으나, 편의상 DAQ 채널을 오실로스코프로 3상 파형을 측정하여 나타내었다. 그림 4(c)~(e)는 오실로스코프로 측정된 1차측 3상의 전류 신호이다. 그림 4(f)~(h)는 DSP와 MPU로 제작된 Target IED에서 ADC로 신호처리된 후, DAC로 출력한 3상의 전류신호이다.



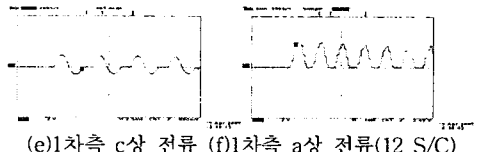
(a)시뮬레이터 화면(512 S/C)



(b)1차측 a상 3상 전류



(c)1차측 a상 전류 (d)1차측 b상 전류



(e)1차측 c상 전류 (f)1차측 a상 전류(12 S/C)



(g)1차측 b상 전류 (h)1차측 c상 전류

그림 4 시뮬레이터 화면과

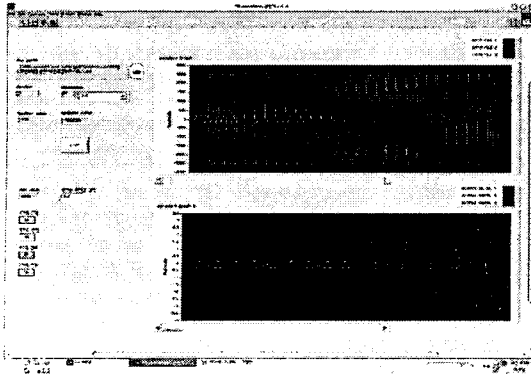
OSC로 측정된 신호(여자들입 0도)

3.2 권선 단락고장의 경우

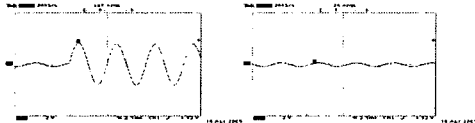
그림 5(a)는 2차측 전압 c상 권선의 0:30:65 위치에서 51.393[ms]에서 권선 단락고장이 발생한 경우 시뮬레이터의 화면이다. 그림 5(b)~(h)는 DAQ에서 발생되어 오실로스코프로 측정된 1차측 및 2차측 3상 전류 신호와 Target IED의 Trip신호이다. 고장 발생 후, 약 8.33[msec]에서 권선 단락고장이 검출되어 Trip 신호가 발생하는 것을 알 수 있다

3.3 권선 지락고장의 경우

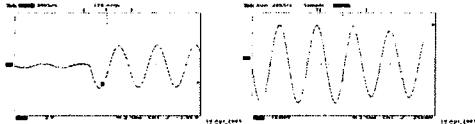
그림 6(a)는 2차측 전압 c상 권선의 15:85 위치에서 51.393[ms]에서 권선 지락고장이 발생한 경우 시뮬레이터의 화면이다. 그림 5(b)~(h)는 DAQ에서 발생되어 오실로스코프로 측정된 1차측 및 2차측 3상 전류 신호와 Target IED의 Trip신호이다. 고장 발생 후, 약 8.33[msec]에서 권선 지락고장이 검출되어 Trip 신호가 발생하는 것을 알 수 있다.



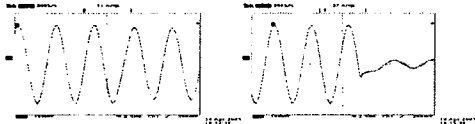
(a)시뮬레이터 화면(512 S/C)



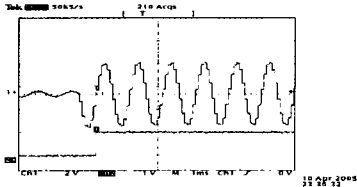
(b)1차측 a상 전류 (c)1차측 b상 전류



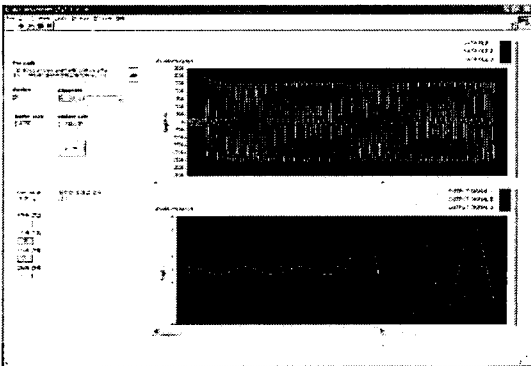
(d)1차측 c상 전류 (e)2차측 a상 전류



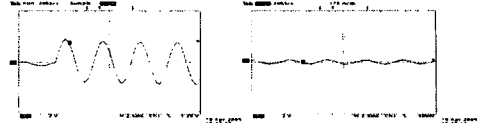
(f)2차측 b상 전류 (g)2차측 c상 전류



(h) 1차측 c상 전류와 트립 신호(12 S/C)
그림 5 시뮬레이터 화면과
OSC로 측정한 신호(권선 단락고장)



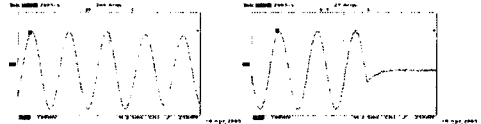
(a)시뮬레이터 화면(512 S/C)



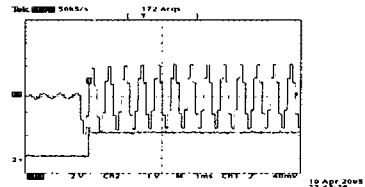
(b)1차측 c상 전류 (c)1차측 b상 전류



(d)1차측 c상 전류 (e)2차측 a상 전류



(f)2차측 b상 전류 (g)2차측 c상 전류



(h) 1차측 c상 전류와 트립 신호(12 S/C)
그림 6 시뮬레이터 화면과
OSC로 측정한 신호(권선 지락고장)

4. 결 론

본 논문에서는, SA 구축을 위하여 그 핵심요소인 IED의 개발 시험에 필요한 간이형 시뮬레이터를 제작하였다. Function Generator와 사용자 정의 고조파 합성을 재생할 수 있을 뿐만 아니라, EMTF에서 모의된 여러 가지 고장 및 과도현상 신호를 실시간으로 재생이 가능하여 Target IED에 인가할 수 있어 IED 성능 시험에 용이하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Chul-Won Park, Myong-Chul Shin, et. al, "Numerical Algorithm by Voltage-Current Trend-Based Relaying and Flux-Differential Current Slope Characteristic for Power Transformer Protection", APAP 2004, pp.381~385, 2004. 10.
- [2] 박철원 외 5인, "DSP를 이용한 디지털 보호계전기의 시뮬레이터에 관한 연구", 2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.237~239, July 2001.
- [3] 박철원, 신명철 외 2인, "DSP TMS320C32를 이용한 디지털 계전기 시험을 위한 시뮬레이터", 대한전기학회 교육위원회 학술논문집, pp.120~122, 2004. 7.

감사의 글

본 연구는 2003~2004년도 산업자원부 전력산업 연구개발사업 전력선행연구에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.