

DSP TMS320C32를 이용한 디지털 계전기 시험을 위한 시뮬레이터

*박철원 · 안태풍 · 고인석 · 신명철

*국립원주대학 전기과 · 인텍전기전자 기술연구소 · 성균관대학교 정보통신공학부

Simulator by use of DSP TMS320C32 for Digital Relay Test

*C.W. Park · T.P. An · I.S. Ko · M.C. Shin

*Wonju National College · Entec Tech. Lab. · Sung Kyun Kwan University

Abstract - This paper describes the digital relay simulator by use of DSP for digital relay test. The simulator software has EMTP simulation data file conversion, user define simulation data generation, data analysis engine, etc. The simulator hardware design uses 32bit floating point DSP architecture to achieve flexibility and high speed operation.

1. 서 론

전력시스템은 더욱 방대하고 복잡하게 됨에 따라 양질의 전력을 필요로 하는 정밀기기들이 급증하게 되었다. 따라서 전력시스템을 안정적으로 운용하기 위해서는 과도상태 등의 이상상태를 정확하게 감지하여 고장을 신속하게 제거해야하는 보호계전기의 책무가 더욱 중요하게 되었다. 근래, 고기능의 디지털 계전기 및 IED에 관심이 집중되고 있으며 장차 그 설치범위가 확대될 것이다. 그러므로 디지털 계전기 및 IED의 올바른 성능 평가가 매우 중요하다. 최근 이들의 성능 평가를 위하여 시험 규격이 완성되었으며, RTDS 등을 도입하여 디지털계전기 개발 및 운용시험에 적용하고 있다. 그러나 RTDS는 유용하고 다양한 기능이 있지만, 고가이며 규모가 크기 때문에 대학의 연구실에서나 중소기업에서 설치·운용하기에 어려운 실정이다[1].

따라서 본 연구에서는 소형으로 휴대가 용이하도록 하고 DSP[2]를 탑재하여 고성능 저가형 시뮬레이터 하드웨어를 설계하고, 실제계통에서의 계통 현상 및 분석과 더불어 디지털 계전기의 시험에 용이하도록 시뮬레이터 소프트웨어[3,4]를 개발하고자 한다.

2. 시뮬레이터의 하드웨어와 소프트웨어

2.1 기술개발 내용

디지털 계전기의 성능 평가와 전력계통의 최적 보호를 위하여 계전기의 파라미터 정정에 사용될 수도 있으며, 여러 전기량의 계측 및 현상 분석이 가능하다. 그림 1은 기술개발 범위이다.

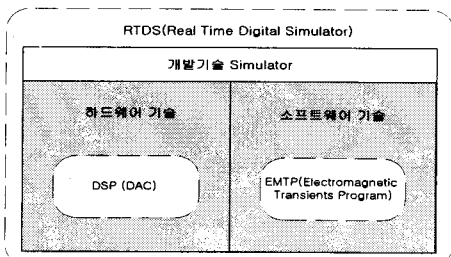


그림 1. 기술개발의 범위

특히 EMTP 등의 전력시스템 시뮬레이션 프로그램 출력 데이터와 실제계통으로 수집한 파형들을 TI사의 TMS320C32 DSP로 설계된 시뮬레이터에 다운로드가 용이하도록 시뮬레이터 재생 데이터 형식에 맞는 변환 프로그램을 개발하였다. 또한, 시퀀스 파형 등 자체적인 임의의 고장 파형을 조합·생성하여 재생이 가능하게 함으로써 개발된 시제품 계전기의 성능 시험에 사용이 가능하다. 더 나아가 시제품 보호 계전기를 복잡한 전력시스템의 과도상태 및 고장 현상에 대해서도 유연성 있게 대처할 수 있도록 할 수 있다. 그리고 PC에서 감시 및 통신을 가능하게 하여 개발대상 시뮬레이터 제어와 더불어 계통의 고장현상에 대한 전압과 전류에 따른 주파수분석, 위상각 등의 계전기 개발을 위한 각종 현상의 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다.

2.2 전체시스템의 구성

디지털 계전기 시뮬레이터의 하드웨어 부분은 빠른 디지털 연산이 필요하므로 DSP를 이용하여 Main CPU Module을 구성하였고, I/O Power Module, LCD Module을 부가하여 외부기기와 인터페이스를 구성하며, 소프트웨어적인 부분은 Windows 환경에서 구동될 수 있도록 MS Windows 기반의 GUI형식의 프로그램으로 개발하였으며 전체적인 구성도는 그림 2와 같다.

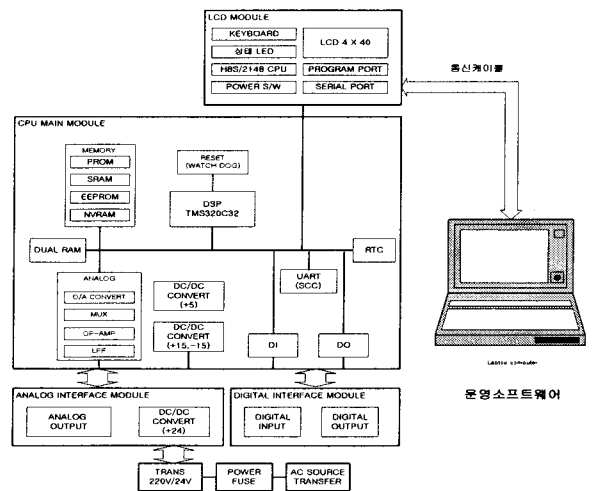


그림 2. 시뮬레이터의 전체 구성도

2.3 시뮬레이터의 기능

2.3.1 H/W Module 별 기능

가. Main Module : Main Module은 DSP를 기반으로 Floating point 연산, 실시간 파형변환 및 계측을 수행하며 각종 Event 모니터링 및 분석을 담당하고 발생된 모든

Event를 비휘발성 메모리에 저장하여 향후 계전기 성능평가 및 특성파악에 활용한다.

나. MMI Module : MMI Module은 각종 운전 파라미터 설정 및 보기를 담당하고 PC없이 사용할 경우를 대비하여 디지털 계전기 시뮬레이터의 기본적인 기능설정 및 결과를 확인할 수 있도록 액정 디스플레이 및 동작상태 표시가 가능하다.

다. ANALOG Interface Module : ANALOG I/O Module은 Main Module에서 생성된 임의 파형을 각종 계전기의 입력에 알맞는 신호레벨로 변환하여 출력하며 디지털 계전기 시뮬레이터의 전원을 공급한다.

라. DIGITAL interface Module : 각종 계전기로와 인출/인입되는 DIGITAL 접점신호를 Main Module로 연결한다.

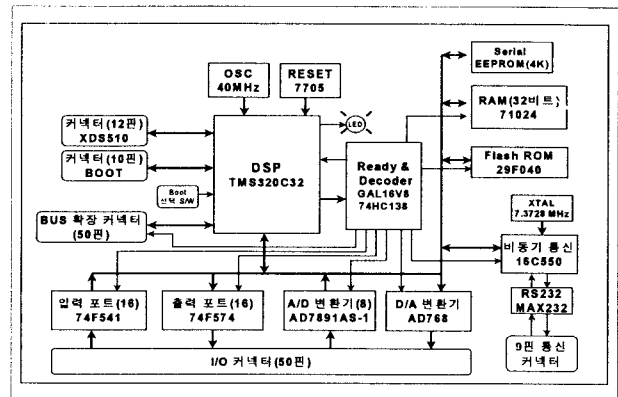


그림 3. Main CPU Module 구성도

2.3.2. S/W Module 별 기능

가. RelaySimView(FormView) : 계전기 시뮬레이터 메인 뷰 프레임 클래스

나. FileConvertDlg(Dialog Box) : EMTP 파일 변환 엔진 클래스

다. ComSetupDlgDialog Box(Dialog Box) : 직렬 통신 설정 클래스 : DSP 시뮬레이터 통신 포트 설정

라. SerialCom(Dialog Box) : 직렬 통신 프로토콜 클래스 : DSP 시뮬레이터 통신 프로토콜 제어

마. HarmonicsDlg(Dialog Box) : 임의 파형 발생 엔진 클래스

바. DataAnalysisDlg(Dialog Box) : 데이터 분석 엔진 클래스

사. DataFileTransDlg(Dialog Box) : 데이터 전송 클래스

아. SequenceDlg(Dialog Box) : 시퀀스 데이터 발생 엔진 클래스

자. Chartfx(Dialog Box) : 데이터 그리기 엔진 클래스

2.3.3. 시뮬레이터의 정격

- D/A conversion : 16 bit
- Output Channel : 16 channel
- Output Voltage : ±10V 사이에서 가변 조절 가능 Level
- EMTP sample : 128 samples / cycle
- Driving Current : 30mA per channel.
- Input Channel : Dry Contacts, 24Vdc,
- Rating : 48Vdc,125Vdc
- Output Channel : 24V/0.75A, 48V/0.50A,
- Rating : 125V/0.30A
- Power Supply : 220Vac/3A
- PC Interface : Serial(RS-232)

2.4 Main CPU 모듈 설계 및 제작

DSP인 TMS320C32 CPU를 기반으로 시스템 RAM, DA변환기, 프로그램 저장을 위한 Flash ROM 및 주요데이터의 저장을 위한 EEPROM등으로 구성되어 있으며 시뮬레이터의 중추적인 역할을 담당하는 부분이다. 그림 3은 Main CPU Module 구성도이다.

2.5 MMI 모듈 설계 및 제작

MMI Module은 각종 운전 파라미터 설정 및 보기를 담당한다. PC없이 사용할 경우를 대비하여 디지털 계전기 시뮬레이터의 기본적인 기능설정 및 결과를 확인할 수 있도록 액정 디스플레이 및 동작상태 표시 가능하고 MMI Module은 H8S/2148 CPU를 사용하여 LCD 표시 및 키입력 외부통신 등을 담당한다.

2.6 Pannel 기능

그림 4는 시뮬레이터 패널의 전면부 모습이며 다음은 패널의 기능이다.

- [1] Contacts Input 단자 : 외부접점신호를 입력받는 단자(1-7개)
- [2] Contacts Output 단자 : 외부로 접점신호를 출력하는 단자(1-8개)
- [3] Contacts Input 단자 : 외부접점신호를 케이블을 통해 입력받는 단자(8-16개)
- [4] Contacts Output 단자 : 외부로 접점신호를 케이블을 통해 출력하는 단자(9~16개)
- [5] Active 표시기 : Analog Output 신호가 출력될 때 표시기가 ON
- [6] Analog Output 단자 : ±10Vpk/50ohm의 DA 파형을 출력하는 단자(1~16개)
- [7] LCD 표시기 : 시뮬레이터의 상황을 표시
- [8] KeyPad : 메뉴 이동이나 선택, 변경시 사용
- [9] 통신포트 : PC를 이용하여 시뮬레이터 운용 프로그램과 Link 하기위한 통신포트

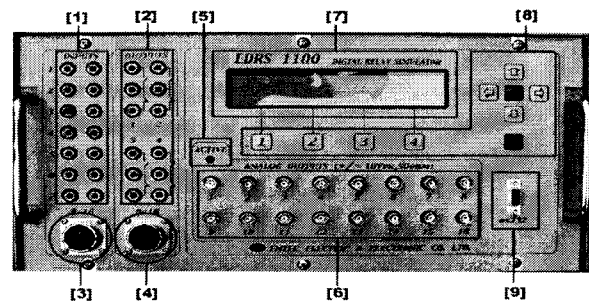


그림 4. 시뮬레이터 패널의 전면부

2.7 ANALOG Interface Module 설계 및 제작

그림 5의 Analog Interface Module은 Main Module에서 생성된 임의 파형을 각종 계전기의 입력에 알맞는 신호레벨로 변환하며 디지털 계전기 시뮬레이터의 전원을 공급하는 역할을 수행한다.

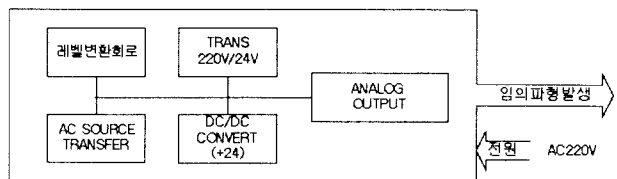


그림 5. ANALOG Interface Module 블록도

2.8 Digital Interface Module 설계 및 제작

그림 7은 디지털인터페이스 모듈의 블록도이다. 각종

계전기회로와 인출/인입되는 DIGITAL(Contact) 신호를 MAIN MODULE로 연결한다.

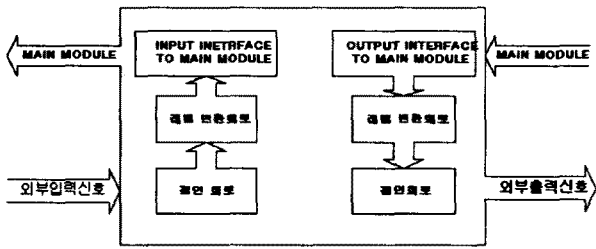


그림 7. Digital Interface Module 블록도

2.9 소프트웨어 실행 화면

본 시뮬레이터 프로그램은 Single Document(단일 문서)기반의 폼 뷰(Form View) 형식의 GUI환경으로 구현되어 일반적인 Windows 응용 프로그램을 다룰 수 있는 사용자라면 전력계통이나 디지털 계전기의 상식 없이도 쉽게 구현하고 사용할 수 있도록 편리한 인터페이스를 제공하고 있다. 그림 8은 소프트웨어 실행 화면이고 그림 9는 사용자 정의 파형 발생 다이얼로그 박스이다.

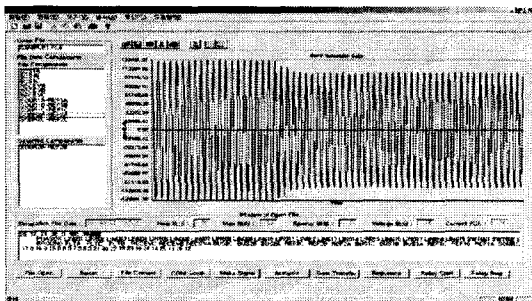


그림 8. DSP를 이용한 디지털 계전기 시뮬레이터 소프트웨어 실행 화면

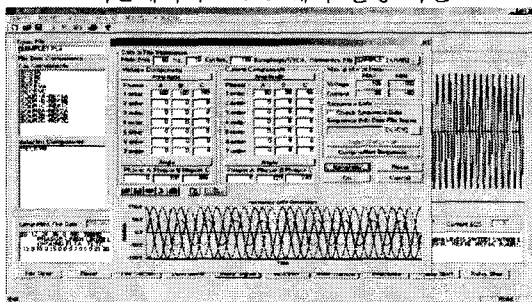


그림 9. 사용자 정의 파형 발생 다이얼로그 박스

2.10 성능 평가

계전기 시뮬레이터에 대한 성능평가는 공인기관 시험규격 및 시험업무가 없는 관계로 EMTP Data 변환 성능, 사용자 데이터 생성 성능, 파형 복원 성능 등 내용으로 자체적인 성능평가를 하였다. 그림 10은 전압의 사고각이 0도(사고상 A상)인 EMTP데이터를 구현한 변환프로그램을 사용하여, 128 Sample/Cycle, 16bit DAC의 resolution에 맞춰 변환한 후, 시뮬레이터 본체로 전송하여 실제 Analog Output Port를 통해 출력되어진 파형을 Oscilloscope에서 Capture한 것으로 고장 발생부근의 신호를 확대한 파형이다. 그림 11은 사용자가 임의로 정의한 파형(전압의 크기는 기본과 2000, 3조파 500, 7조파 300/전류의 크기는 기본과 200, 3조파 100)을 만들어 운용프로그램에 의하여 시뮬레이터

본체로 전송, 출력되어진 파형을 Oscilloscope에서 Capture한 것이다.

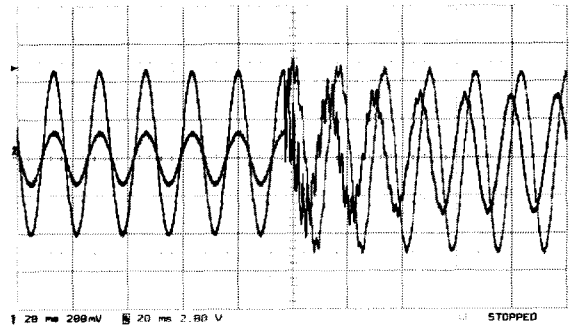


그림 10. 모의된 EMTP 고장신호에 대한 고장부근 확대 신호

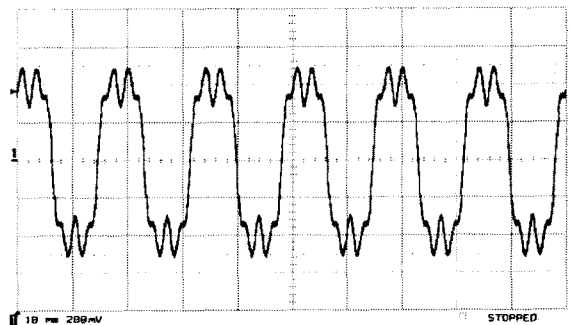


그림 11. 임의파형 합성 신호

표 1. 평가항목 및 결과

평가항목	평가규격	평가기준	개발규격	결과
Resolution	16Bit(per ch.)	자체규격	16Bit(per ch.)	만족
Sample rate	7000Hz(per ch.)	-	7680Hz(per channel)	만족
Time step	150 μ s	-	130 μ s	만족
Distortion(THD)	0.2%	-	0.2% 이하	만족
Gain Error	0.5%	-	0.5% 이하	만족
Number of channel	16 channel	-	16 channel	만족
Analog Output	$\pm 10V$ Pk/30mA	-	$\pm 10V$ Pk/30mA	만족
Digital Input	16	-	16	만족
Digital output	16	-	16	만족
Operating Temperature	10 - 40 $^{\circ}C$	-	0 - 50 $^{\circ}C$	만족

3. 결 론

본 논문에서는, DSP를 이용한 디지털 계전기 시뮬레이터 개발을 위하여 고성능 DSP 기반 하드웨어를 설계하였으며, GUI형 소프트웨어를 개발함으로써 디지털 보호 계전기의 개발과 성능 평가에 크게 기여할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- (1) 박철원 외 5인, "DSP를 이용한 디지털 보호계전기의 시뮬레이터에 관한 연구", 2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 237-239, July 2001.
- (2) Texas Instrument, "TMS320C3x User's Guide", July, 1997.
- (3) Charles Petzold, "Programming Windows-Fifth Edition", Microsoft Press, Dec. 1988.
- (4) Paul M. Embree, Damon Danieli, "C++ Algorithms for Digital Signal Processing", Second Edition, Prentice Hall, 1999.