

# 분산전원 전력품질 모니터링 시스템을 위한 임베디드 하드웨어 테스트

## Embedded Hardware Tests

### for a Distributed Power Quality Monitoring System

신 명 준\*, 김 성 중\*\*, 손 영 익\*\*\*

(Myong-Jun Shin, Sung-Jong Kim, Young-Ik Son)

**Abstract** - When distributed powers are interconnected to the grid, lack of source stability may cause some events that should be measured and stored as soon as they occur. This paper presents a real-time hardware system that has been developed for quick and reliable monitoring of the distributed powers quality. The system is composed of a digital signal processor (MPC7410, Motorola) and a 16 bits A/D board (VMIVME3122, GE). To guarantee the real time operation, it is based on a real time OS (VxWorks). Hardware tests of the embedded system have been made to check the performances of the proposed system. Test signals of several events are generated by using a LabView (hardware) system. The tests show that the system complies with the desired IEEE standard for power quality monitoring.

**Key Words** : VxWorks, 분산전원, 모니터링 시스템, 전력품질, LabView

## 1. 서 론

지구 온난화와 같은 환경적인 요인 및 국내 전력 사업 체제 변화 등과 더불어 지속적인 고유가는 해외 뿐 아니라 국내에서도 대체 에너지의 개발과 도입에 많은 연구자들의 관심을 집중시키고 있다. 대체 에너지원에 의해 생산되는 소규모의 발전 시스템인 분산전원이 점점 증가하고 있으며, 계통과 연계되어 운전하기 위한 연구가 본격적으로 이루어질 전망이다. 이는 계통과 연계되어 운전될 때 수용가는 보다 안정적인 전원을 얻을 수 있고, 잉여 전력을 계통에 공급할 수 있기 때문이다. 계통에 연계되는 분산전원의 상태를 디스플레이하고 연계 운전시 발생할 수 있는 사소한 이벤트까지 기록하는 모니터링 시스템은 반드시 필요하고, 다양한 하드웨어 시스템을 통한 모니터링 시스템의 구현에 대한 연구도 이루어져야 한다.

본 논문에서는 이러한 분산전원용 전력품질 모니터링 시스템의 개발에 관해 기술하고 있다. 풍력, 태양광과 같이 불규칙적인 전원소스를 사용하는 분산전원의 특성 때문에 기록해야 할 이벤트들이 다양으로 발생할 수 있다. 제안하는 시스템에서는 이러한 이벤트를 모두 모니터링 하고 기록하기 위해서 실시간성이 좋은 것으로 검증된 VxWorks를 사용한다.

다음 절에서는 먼저 제안된 시스템의 구조와 기능에 대해서 살펴보고, LabView를 이용해서 생성된 모의 사고 신호에 대한 하드웨어 테스트를 통해 모니터링 시스템의 성능을 검

증하도록 한다.[1][2][3] IEEE Std.1159에 명시되어 있는 항목들을 기준으로 테스트를 수행하였으며 검출주기가 매우 긴 항목들에 대해서는 파형을 모두 저장하지 않고 이벤트의 로그를 기록하고 확인하는 방법을 사용하였다.[4]

## 2. 본 론

### 2.1 전력품질 모니터링 시스템의 구조 및 기능

전력품질 모니터링 시스템은 전력신호의 측정뿐만 아니라 이들을 분석하고 데이터베이스화하여 필요시에는 사용자들이 열람할 수 있도록 하는 기능이 필요하다. 전력신호는 그 특성상 처리해야하는 데이터의 양이 많고 단시간에 신호의 분석과 처리를 완료해야 한다. 또한 웹기반의 원격모니터링 기능을 구현하기 위해 고속처리가 가능한 프로세서가 필요하며 이때 OS를 이용하는 것이 효율적이다. 따라서 제안하는 시스템에서는 실시간성이 좋은 VxWorks를 사용하여 그림 1과 같이 하드웨어를 구성하였다.

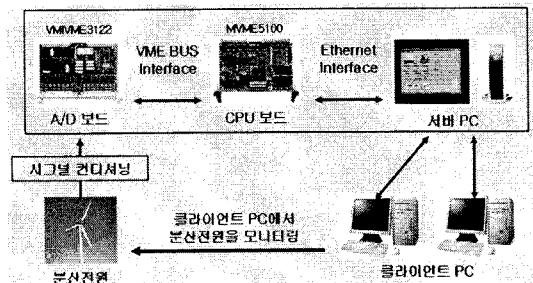


그림 1. 전력품질 모니터링 시스템의 구조

\* 辛 明 俊 : 明知大學校 電氣工學科 碩士課程  
 \*\* 金 晟 鍾 : 明知大學校 電氣工學科 碩士課程  
 \*\*\* 孫 瑛 翼 : 明知大學校 電氣工學科 助教授 · 工博

시스템의 구성 요소에 대한 간단한 설명은 아래와 같다.

• MVME5100 (CPU보드)

메인 CPU로 모토로라의 MPC7410(400MHz)을 사용한다. CPU보드는 샘플링 신호들을 이용하여 RMS와 FFT를 매 주기마다 연산한다.[5][6] 이벤트가 감지되면 이러한 데이터를 파일로 변환하여 서버 PC에 전송하고 서버 PC는 파일을 분석하여 데이터베이스에 저장하게 된다.[7][8]

• VMIVME3122 (A/D보드)

16bit 64채널을 지원하며 최대 100MHz로 샘플링 할 수 있다. A/D보드와 CPU보드는 VME-BUS로 인터페이스 되며 A/D보드에 별도의 프로그래밍 없이 CPU의 어플리케이션 레벨에서 어드레스 제어를 통해 A/D보드를 구동한다.[9]

• 서버 PC 및 클라이언트 PC

서버 PC는 전압, 전류의 실시간 모니터링과 데이터베이스를 저장하고 관리하는 기능이 있다. 클라이언트 PC가 서버 PC에 접속할 경우 실시간으로 측정되는 데이터를 클라이언트 PC에 그대로 전송해주기 때문에 웹기반의 원격 모니터링 시스템으로 확장이 가능하다. 또한 클라이언트 PC는 서버 PC에 접속하여 데이터베이스를 검색하고 그 내용을 디스플레이하는 일련의 작업이 모두 가능하다.

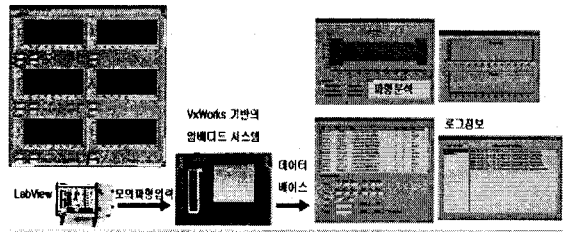


그림 2. 테스트를 위한 하드웨어 구성

LabView를 사용할 경우 간단한 스위치 조작으로 원하는 사고 파형을 생성할 수 있기 때문에 테스트 시간이 단축된다는 장점이 있다. 실제 LabView에서 출력되는 사고 파형은 임베디드 하드웨어에서 A/D과정을 거쳐 처리하는 과정과 그 그 파형을 LabView에서 다시 입력 받아 파형을 디스플레이 하는 과정으로 구성된다. A/D과정을 거쳐 분석 처리된 파형은 C++Builder로 제작한 GUI에서 확인이 가능하며 이 두 결과를 비교함으로써 시스템의 성능을 검증하도록 한다.

서버 PC는 터치스크린을 포함하도록 설계하였기 때문에 실시간 파형정보를 디스플레이 하고 데이터베이스를 편집할 수 있는 기능이 있다. 그림 3, 4, 5는 서버PC의 터치스크린에 디스플레이 되는 GUI 화면이다.

2.2 전력품질 규격정의

전력 품질의 규격은 IEEE Std.1159에 정의 되어 있다. 과도현상을 제외한 대부분의 항목에 대한 측정이 가능하며 주기가 매우 긴 항목에 대해서는 파형을 저장하지 않고 이벤트의 내용만을 기록하도록 하였다. 표 1은 측정 가능한 항목에 대한 규격이다.

표 1. 측정 및 테스트 항목

Categories	Typical spectral content	Typical duration	Typical voltage magnitude
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5 - 30cycles	0.1 - 0.9pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30cycles	1.1 - 1.8pu
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5cycles - 3s	< 0.1pu
2.2.2 Sag		30cycles - 3s	0.1 - 0.9pu
2.2.3 Swell		30cycles - 3s	1.1 - 1.4pu
2.3 Temporary			
2.3.1 Interruption		3s - 1min	< 0.1pu
2.4.2 Sag		3s - 1min	0.1 - 0.9pu
2.3.3 Swell		3s - 1min	1.1 - 1.2pu
3.0 Long duration			
3.1 Sustained		> 1min	0.0pu
3.2 Undervoltage		> 1min	0.8 - 0.9pu
3.3 Overvoltage		> 1min	1.1 - 1.2pu
4.0 Voltage imbalance	0 - 100th H	steady state	0.5 - 2%
5.2 Harmonics	0 - 100th H	steady state	0 - 20%

2.3 전력품질측정 하드웨어 테스트

모니터링 시스템과 알고리즘의 성능 테스트에 필요한 실제 전력신호를 생성하는 것은 어렵다. 따라서 본 실험에서는 LabView를 사용하여 모의 전력신호를 생성하고 이를 사용하도록 한다. 그림 2는 테스트를 위한 하드웨어의 구성도이다.

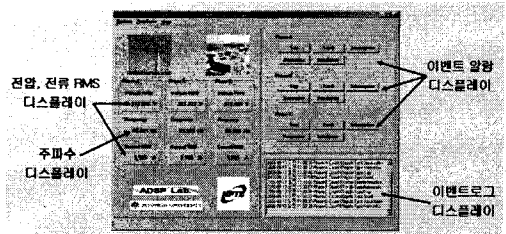


그림 3. 서버 PC의 모니터링 메인 GUI

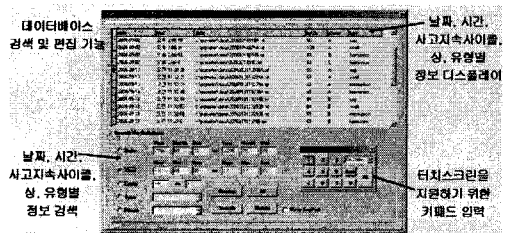


그림 4. 데이터베이스 검색 및 디스플레이 GUI

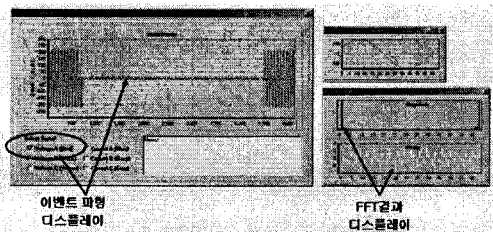


그림 5. 이벤트 파형의 디스플레이 및 분석 GUI

뿐만 아니라 클라이언트 PC에서도 위와 같은 기능을 사용할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 그림 6은 ActiveX로 구현한 웹기반 원격 모니터링 시스템의 GUI이다. 서버 PC에 접속하여 ActiveX로 제작된 파일을 다운로드하면 전압, 전류, 주파수를 실시간으로 디스플레이하고 데이터베이스에 접근하여 모니터링 시스템에서 분석한 파형을 열람할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 분산전원용 전력품질 모니터링을 위해 새로운 하드웨어 시스템을 제안하고, 실시간 OS를 기반으로 모니터링 시스템을 구현하였다. LabView를 이용한 하드웨어 테스트를 통해 제안된 시스템은 실시간 모니터링 및 이벤트 파형의 저장을 정확하게 수행함을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 각 상이 독립적인 태스크로 수행되기 때문에 불안정한 전원소스를 사용하여 동시 다발적인 이벤트를 발생시킬 수 있는 분산전원의 모니터링에 적합한 구조를 가지고 있다. 이벤트 지속시간이 매우 긴 파형에 대해서는 파형을 저장하는 과정을 생략하고 그림 3의 이벤트 로그 창을 통해 검출이 가능하도록 하였다. 저장된 이벤트 파형은 분산전원의 계통연계에서 발생한 사고의 원인을 분석하고 신속한 대처방안을 제시하는 근거로 활용할 수 있다. 또한 ActiveX를 이용하여 구현한 웹기반 원격모니터링 시스템은 분산전원뿐만 아니라 MicroGrid 시스템이나 각종 제어시스템의 모니터링에 널리 적용될 수 있다.

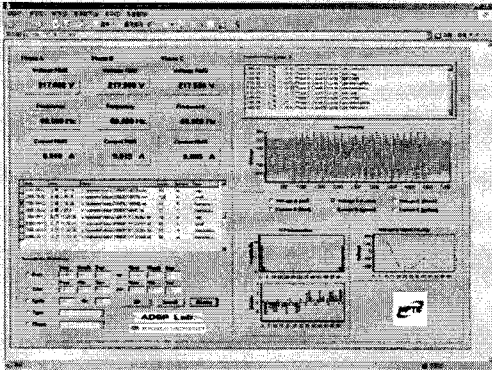


그림 6. ActiveX를 이용한 웹기반 모니터링 시스템

### 2.4 하드웨어 테스트 결과 분석

LabView에서 이벤트파형을 출력하고 검출된 파형을 디스플레이한 결과가 아래의 그림에 있다. 각 상은 독립적인 태스크로 처리되기 때문에 아래의 결과는 각 상의 동시측정이 가능하다는 사실이 포함되어 있다. (C상 테스트에 대한 그림은 생략하였다.)

### 감사의 글

본 연구는 BK21 프로젝트 및 과학기술부 / 한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음  
(과세대전력기술연구센터)

### 참 고 문 헌

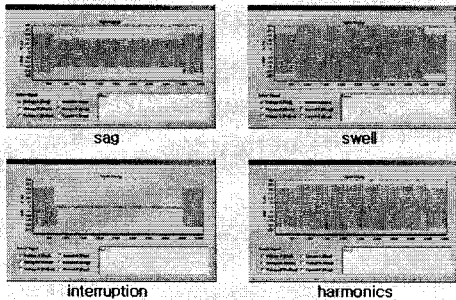


그림 7. A상 테스트(60Cycle)

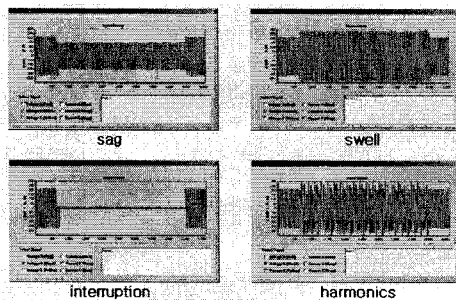


그림 8. B상 테스트(60Cycle)

- [1] A. Lakshmikanth, Medhat M. Morcos, Warren N. White, Jr. "A Real-Time System for Power Quality Testing", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.47, no.6, December 1998
- [2] A. Lakshmikanth, Medhat M. Morcos, "A Power Quality Monitoring system: A Case Study in DSP-Based Solution for Power Electronics", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.50, no.3, June 2001
- [3] Giovanni Bucci, Edoardo Fiorucci, Carmine Landi, "Digital Measurement Station for Power Quality Analysis in Distributed Environments" IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, May 21-23, 2001
- [4] IEEE Std 1159-1995 "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality"
- [5] James H. McClellan, Ronald W. Schafer, Mark A. Yoder, "Signal Processing First", Prentice Hall, 2003
- [6] Charles L. Phillips, John M. Parr, "Signal, System, and TransForms", Prentice Hall, 1999
- [7] On-line documents at <http://www.windriver.com>
- [8] On line documents at <http://www.motorola.com>
- [9] On-line documents at <http://www.gefanuc.com>