

DSP를 이용한 Power Quality Monitoring System 의 구현에 관한 연구

조영훈*, 이상준*, 설승기*, 김재언**

*서울대학교, **충북대학교

Implementation of Power Quality Monitoring System using DSP

Young-Hoon Cho, Sang-Joon Lee, Seung-Ki Sul, and Jae-Un Kim

*Seoul National University, **Chungbuk National University

ABSTRACT

본 논문에서는 특정 지역의 전력을 모니터링 하여, 그 결과를 중앙 호스트 컴퓨터로 보내주는 전력 품질 모니터링 시스템의 설계 및 제작에 관해 소개한다. 전력 품질을 진단하기 위하여 배전단의 각 상전압의 반주기 실효값을 측정하고, 매 5분 마다의 평균 실효값 및 사고시 순시 사고 전압의 저장 기능 및 호스트 컴퓨터와의 통신 기능을 담당하기 위해 TMS320LF2407을 이용한 DSP 보드를 제작하였다. 이 기기를 이용하여 얻은 실효값 및 사고 파형은 보드의 확장 커넥터에 접속된 유선 전화 통신 모듈 및 CDMA 또는 PCS 무선 통신 기기를 통하여 외부의 호스트 컴퓨터로 전송된다. 전송된 전압 데이터는 호스트 컴퓨터에서 데이터 베이스로 구축되며 분석 과정을 거쳐 특정 지역의 전력의 품질을 진단하는데 사용된다.

1. 서 론

근래에 들어 전력 품질에 민감한 부하들의 증가 및 전력 소비자들의 양질의 전력 요구에 의해 전력 품질에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 제반 연구를 수행하기 위해서는 우선 전력 품질을 모니터링 하여 전력 품질 데이터를 수집하는 기기가 필요하므로 이에 관한 연구 또한 많이 진행되고 있다.

Bucci, Divan 등은 임베디드(Embedded) 하드웨어와 웹 서버 인터페이스를 이용한 모니터링 시스템 구축에 관한 연구를 수행하였으며^{[1],[2]}, Won 등은 PC 급 하드웨어와 웹 서버 인터페이스를 이용한 모니터링 시스템 구축에 관한 연구를 수행하였다^[3].

최근 국내에서도 전력 산업 구조개편에 따라, 전력 품질의 중요성이 부각되고 있다. 전력 품질의 중요성이 대두되면서, 전력 품질 진단 및 보상에

관한 연구, 전력 품질 모니터링 시스템에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

본 논문은 전력 품질 모니터링 시스템 구축에 있어서, 배전 계통 및 부하단에 직접 연결되는 전력 품질 측정 기기의 구현에 관한 것이다.

전력의 품질을 진단할 때 전압, 전류등을 측정하여 전압강하/상승(Voltage sag/swell), 고조파해석, 불평형률등 다양한 방법을 고려할 수 있는데^[3], 본 논문에서는 각 상전압의 반주기 실효값을 측정하여, 매 5분 마다의 평균 실효값과 계통의 사고발생시의 전압값을 측정하는 기기에 대한 설계 및 제작을 수행하였다. 이와 같이 측정된 데이터는 CDMA(Code Division Multiple Access) 무선 통신 및 PSTN(Public Switched Telephone Network) 공중 전화망을 이용하여 매일 지정된 시각에 중앙 호스트 컴퓨터로 보내져, 특정 지역의 전력 품질 데이터 베이스 구축을 위한 자료로 사용된다.

본 논문에서는 저가의 장치로 이와 같은 기능이 구현되도록 하기 위하여, 고성능 저가형 DSP인 TMS320LF2407을 이용한 하드웨어의 제작 사례를 소개하고, 제작된 보드와 실시간 사고 모의 시뮬레이터(RTDS)를 이용하여 단상 및 3상 전원의 모의 사고 파형을 측정하였다.

2. 전력 품질 모니터링 시스템

2.1 전력 품질 모니터링 시스템의 소개

그림 1은 전력 품질 모니터링 시스템(Power Quality Monitoring System : 이하 PQMS)의 간략한 개념도이다. 그림 1에서와 같이 배전계통에 다수의 전력 품질 측정기(Power Quality Meter : 이하 PQM)를 설치하여, 실효값 데이터와 이벤트 데이터들을 수집한다. 각 PQM들은 기기별로 부여된 특정시각에 모뎀을 이용하여 호스트 컴퓨터로 측정된 데이터를 전송한다.

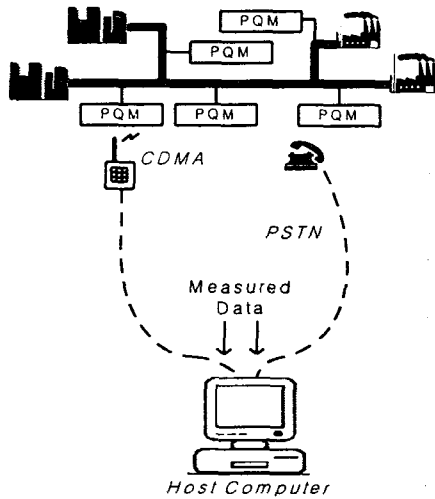


그림 1. PQMS 의 개념도

Fig. 1 General concept diagram of PQMS

호스트 컴퓨터에서는 수집한 데이터를 이용하여 데이터 베이스를 구축한다.

2.2 전력 품질 측정기의 소개

2.2.1 PQM 동작 설명

그림 2 는 제작된 PQM의 간략한 개념도이다. 개발된 PQM은 계통의 세 상의 전압을 측정할 수 있는 전압 입력단자를 가지고 있으며 이를 통해 입력받은 전압을 A/D 변환하여 분석한 뒤 정상시의 각 상의 실효값과 사고시의 각 상의 실효값 및 순시 전압을 플래시 메모리에 저장한다. 이렇게 저장된 데이터들을 매일 일정한 시각에 중앙 호스트 컴퓨터로 전송하기 위한 모뎀이 내장되어 있으며, 전송 시간 판별 및 사고 시간 기록을 위한 RTC(Real Time Clock)가 내장되어 있다. 또한 내부에 전원 공급 장치(SMPS)를 내장하고 있어 보드의 동작을 위한 전원을 공급한다.

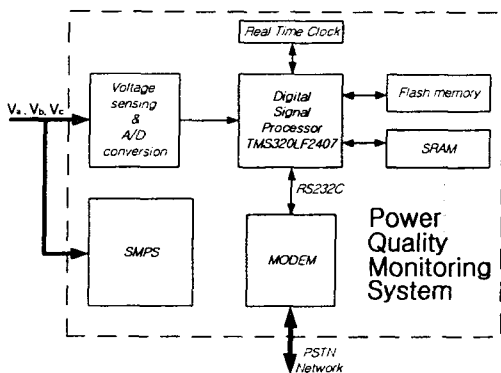


그림 2. PQM 의 개념도

Fig. 2 General concept diagram of PQM

2.2.2 PQM 의 상시 및 사고시 전압 측정방법

개발된 기기의 측정 대상은 전압 파형으로서 샘플링된 전압 파형을 분석하여, 반주기 실효값을 측정하고 사고시에는 순시 전압을 측정하여 기록한다. 기기는 60Hz 주파수의 전압에 대해 166 samples/cycle 로 샘플링 한다. 매 샘플링 구간마다 반주기 동안 저장된 메모리 영역의 시작 값과 끝 값을 업데이트하여 반주기 실효값을 구해 데이터 분석 및 사고 판별에 이용한다. 기기는 평상시 매 5분 동안의 평균 실효값을 측정하여 플래시 메모리에 기록한다.

기기는 특정 이벤트 기록 조건을 만족 시, 사고 측정 모드로 동작하게 되며 (이벤트 모드), 사고 전 5 cycle과 사고 후 10 cycle의 순시 전압 파형, 사고 후 20초간의 실효값을 플래시 메모리에 기록하게 된다. 이벤트 기록 조건은 우리나라 전압 유지 기준이 표준 전압 대비 전등은 6%, 동력은 10% 임을 고려하여^[4], 다음과 같이 4가지 모드를 두어 필요에 따라 선택하여 쓸 수 있도록 하였다.

측정 기준 전압	이벤트 기록조건
110V	±5,10% 초과시
220V	±5,10% 초과시

표 1. 이벤트 기록 조건

Table 1 Recording conditions of event

2.2.3 PQM 의 하드웨어 구성 및 사양

(1) 중앙 처리 장치부

개발된 기기는 중앙 처리 장치로 TI 사의 16Bit 마이크로 콘트롤러인 TMS320LF2407 을 이용하였다. TMS320LF2407은 내부에 램, 플래시 메모리, 10 Bit A/D 변환기, PWM 발생모듈, SCI(Serial Communication Interface)등을 가지고 있으며, 처리 속도가 40 MIPS 정도로 비교적 빠른 고정 소숫점 방식의 저가형 DSP 이다.^[5] 개발된 기기에서는 내장된 A/D 변환기를 이용하여 전압을 입력받는다. 또한 내장된 SCI 포트를 이용하여 모뎀 및 PC 와의 통신을 한다.

(2) 메모리부

기기의 동작에 이용되는 메모리는 DSP 내부에 내장되어 있는 램과 플래시 메모리, 외부 플래시 메모리로 구성된다. 내장된 램은 주 동작 메모리로 사용되고, 내장된 플래시 메모리는 PQM용 DSP 프로그램 메모리로 사용된다. 외부 플래시 메모리는 데이터 백업용 플래시 메모리로 이용된다. 데이터 백업용 외부 플래시 메모리에는 측정된 전압의 실효값, 사고시 순시 전압 측정값 외에 기기의 고유 번호, 측정 모드,

통신 시간 등의 기기 설정에 관한 내용이 기록된다. 기기 설정에 관한 내용들은 필요한 경우 호스트 컴퓨터 및 PC에서 접속하여 그 내용을 수정할 수 있다.

(3) 전원부

기기의 아날로그 및 디지털 회로의 동작을 위한 전원은 기기 내부에 SMPS를 설계하여 장착하였다. SMPS의 입력 전압 범위는 60V~270V이며, 이 전압은 입력 전압 센싱용으로도 사용된다. SMPS의 출력 전압은 ±15V, 5V이며, 각각 연산 증폭기 회로의 동작, 플래시 메모리 프로그래밍에 이용된다. 또한 디지털 회로의 동작과 A/D 변환부의 오프셋 전압으로 이용되는 3.3V 와 1.8V 의 전압을 만들어 주기 위하여 전압 강하 레귤레이터를 이용하였다.

(4) 기타

호스트 컴퓨터와의 통신을 위한 모뎀은 임베디드용 모뎀 칩을 이용하여 구성된 유선 전화 통신 모뎀이나 CDMA 무선 통신 모뎀을 이용할 수 있으며, RS-232C 방식으로 DSP와 모뎀간, 모뎀과 호스트 컴퓨터간 통신이 이루어진다. 최대 통신 속도는 57600bps 이다. 또한 기기의 호스트와의 통신 시간의 판별, 사고시 사고 발생 시점의 저장을 위해 RTC가 내장되어 있다.

3. 측정 결과

다음은 실시간 사고 모의 시뮬레이터(RTDS)로 모의한 사고시의 전압 파형을 개발된 기기를 이용하여 측정된 결과이다.

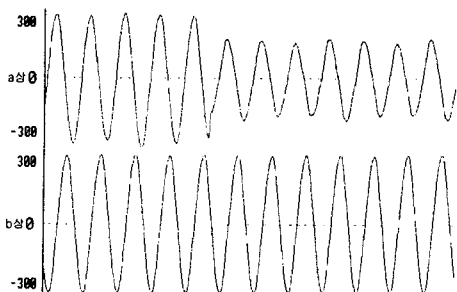


그림 3. Voltage sag 발생시 기록된 전압파형
Fig. 3 Recorded waveform of the voltage sag

그림 3은 실시간 사고 모의 시뮬레이터를 이용하여 3상 전력 계통에서 a상에만 voltage sag가 발생한 사고를 모의하였을 경우에 기록된 전압 데이터를 개발된 소프트웨어를 이용하여 파형으로 도시한 것이다. 2장에서 기술했듯이 사고발생 전 5주기의 파형을 기록하였으며 사고 후 10주기의 파형을 기

록하였으나 본 그림에서는 그중 일부만을 그려서 나타내주고 있다.

그림 4는 정전 상황을 모의하여 기록된 a상과 b상의 전압데이터를 도시한 경우이다.

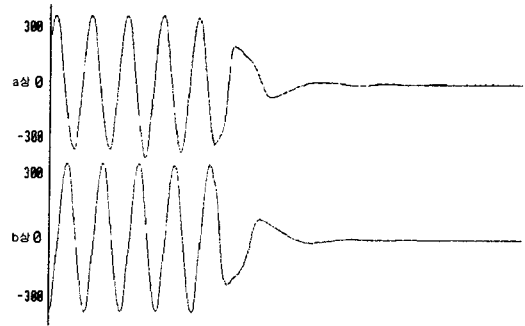


그림 4. 정전시 기록된 전압 파형
Fig. 4 Recorded waveform at interruption

4. 결론

세계적으로도 전력 품질에 관한 관심이 높아지고 있으며, 그에 따라 전력 품질 모니터링에 관한 연구 및 연구 결과의 상품화도 활발해지고 있다. 그러한 추세에 발 맞추어, 본 논문에서는 전력 품질 모니터링 시스템에 관하여 소개하고, DSP를 이용한 고성능 저가형 전력 품질 측정기의 제작사례를 기술하였다. 제작된 PQM을 이용하여, 몇 가지 사례에 있어서 전압을 모니터링 한 결과를 보여주었고, 그로부터 개발된 PQM 의 성능이 만족스러운 수준임을 입증하였다.

향후 과제로는 제작된 PQM을 직접 배전 계통에 설치하여, 다수의 PQM 으로부터 특정 지역의 전압 모니터링 결과를 얻어 분석에 이용하는 것이 될 것이다.

이 논문은 기초전력공학 공동 연구소의 연구비 지원에 의하여 연구된 결과중의 일부임.

참고 문헌

[1] Giovanni Bucci, Ivano Caschera, Edoardo Fiorucci, Carmine Landi, "The Monitoring of Power Quality Using Low-cost Smart Web Sensors," *Instrumentation and Measurement Technology Conference, proceedings of the 19th IEEE*, Vol. 2, pp. 1753 -1756, 2002.
[2] Deepak Divan, Glen Luckjiff, William Brumsickle, John Freeborg, Atul Bhadkamkar, "I-Grid™ :

Infrastructure for Nationwide Real-Time Power Monitoring," *Industry Applications Conference, IAS/IEEE*, Vol. 3, pp. 1740-1745, 2002.

- [3] D.J. Won, I.Y. Chung, J.M. Kim, S.I. Moon, J.C. Seo, J.W. Choe, "Development of Power Quality Monitoring System with Central Processing Scheme," *Power Engineering Society Summer Meeting, IEEE*, Vol. 2, pp. 915-919, 2002.
- [4] 황병준, "PQM 시스템 운영기술의 적용", *전기의 세계*, 대한전기학회, Vol. 51, No. 8, pp. 26-32, 2002.
- [5] "TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide users guide", *Texas Instruments*, 2001.