

전력선통신을 이용한 전력품질 측정시스템

홍덕표, 이진목, 최재호
충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

Power Quality Measurement System of using PLC

Ducpyo Hong, Jinmok Lee, Jaeho Choi
School of Electrical and Computer Engineering, Chngbuk National University

ABSTRACT

As the developing of industry, the nonlinear equipments as inverter, converter, SMPS(Switching Mode Power Supply) and motor have been increased. But the sensitive electronic loads to the power quality, such as computers and other electronic equipments, have been spreaded out very fast. Thus, the power quality (PQ) problems and the real time power quality monitoring (PQM) are one of the important issues in industry and building area for the intelligent control of the systems. One of them, PQM using PLC(Power Line Communication) have good merits that can send and receive the PQ information without any new network line. This paper presents the PQM hardware and software to monitor the PQ information by using PLC that meets the categories of IEEE Std. 1159.

1. 서론

정보통신 산업의 발달로 산업현장에는 전력변환 장치와 자동화설비등에 컴퓨터 및 전자부품의 사용이 필수적인데, 이러한 기기들은 안정적이며 신뢰성을 갖춘 전원공급이 매우 중요하다. 따라서 전원의 상태를 감시하여 양질의 전력품질 (PQ:Power Quality)을 유지하는 조치와 대책이 필요하다.

현대 산업에서 전력품질 모니터링, 진단, 향상 시스템에 대한 연구 및 개발이 절실히 구되는 가운데 Voltage Sag, Swell, Interruption, Under voltage, Overvoltage, Harmonics등의 전력품질 저하로 인한 생산성 저하, 효율 저하, 에너지 낭비, 생산 품질 저하 및 기기의 수명이 단축되는 등의 피해가 갈수록 증가하는 추세이나 범용의 실시간 전력품질 모니터링 장비에 대한 연구가 부족한 상황이다^[1].

최근 태양전지와 풍력발전 등의 분산전원의 사용이 확대되고 있으며, 전력품질에 민감한 부하의 증가에 따라 수용가에서의 전력품질의 중요성이 커지고 있다. 기존의 전력품질의 측정방법은 고가의 장비를 이용하여 정밀한 분석이 가능한 반면 한정된 장소에서 제한된 시간동안만 측정할 수 있기 때문에, 많은 인력과 고비용이 수반되는 등의 문제로 인하여 일반적으로 널리 보급되지 못하였다.

전원의 상태를 원격지에서 감시하는 방법으로 최근에는 LAN을 이용한 통신방식을 주로 채택하고 있으나 이는 신설되는 건물, 공장, 가정 등에는 비교적 시설이 용이 하지만, 측정 개소와 위치를 바꿀 때마다 통신선을 이설 해야만 하며, 이미 시설된 건축물에는 LAN 배선이 어렵고 비용과 미관상의 제약의 단점이 있으나 전력선통신은 전기를 사용하는 장소에는 어디든지 별도의 통신선로를 추가하지 않고 데이터를 전달할 수 있으며, 전원의 상태를 측정하는 개수와 위치를 변경하기가 용이한 장점을 가지고 있다^[2].

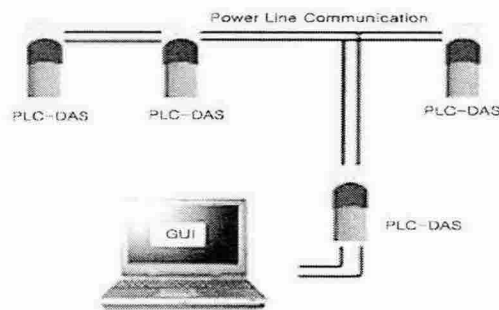


그림 1 전력선 통신 전력품질 모니터링 시스템
Fig. 1 PLC PQ monitoring system

본 논문에서는 여러 곳에서 측정된 전력품질 정보를 별도의 통신선이 없이 원격으로 상시 감시할 수 있는 전력선통신을 이용한 전력품질 모니터링 시스템을 제안하

고, 이러한 시스템이 수용가 배전계통의 말단의 전원관리에 유용하게 적용될 수 있음을 밝히었다.

2. 본 론

2.1 전력품질 종류

전력품질의 저하로 인하여 발생하는 피해 중에서 산업현장의 생산 저하나 민감한 기기들에 대한 손상을 가장 많이 일으키는 문제로 순시전압정전(Interruption), 순시전압강하(Sag), 순시전압상승(Swell)의 문제가 있다. 이와 같은 문제들을 IEEE Std. 1159에서는 표 1과 같이 정의하고 있다^[3]. 이제 가지 전력품질 문제들은 반주기 이상의 지속시간을 가지고 실효값이 0.1pu이하, 0.1pu이상 ~ 0.9pu이하, 1.1pu이상의 크기를 갖는다. 이러한 문제들을 감시하기 위해서는 많은 전압 샘플링을 통한 실효값 계산과 이를 기준값과 비교하여 전력품질 문제의 유형을 알아내는 알고리즘을 내장하는 시스템을 구성하여야 한다^[4].

표 1 전력품질 종류와 특징

Table 1 Categories and characteristics of PQ

Categories	Typical duration	Voltage mag.(pu)
Interruption	>0.5cycle, <1min	0 - 0.1
Sag	>0.5cycle, <1min	0.1 - 0.9
Swell	>0.5cycle, <1min	1.1 - 1.8
Undervoltage	>1min	0.8 - 0.9
Overvoltage	>1min	1.1 - 1.2
Harmonics	0-100th	0 - 20%

2.2 전력품질 하드웨어 및 프로그램

측정 시스템은 표 2에서 보는 바와 같이 클럭속도가 40MHz, 32bit floating-point 연산을 하며 2개의 32bit Timer를 내장하고 있는 TI사의 TMS320C32를 메인 DSP로 사용하였다. DSP 내부 클럭을 2분주하여 클럭당 1개의 명령어 처리하여 20MIPS/60MFLO PS에서 50ns의 처리 능력을 갖도록 하였으며, 내부에는 0 Wait로 동작 가능한 256K x 32 비트 용량의 내부 RAM(총 512 Word)이 있으며 외부 FLASH 혹은 DSP내부 시리얼포트를 이용한 시스템 초기 실행모드(Serial Boot Interrupt)를 이용하여 내부 RAM에서 빠르게 동작시킬 수 있다. 전력품질 측정 보드의 외형은 그림 2와 같다.

전력선 통신을 위한 모뎀은 DCSK 변조에 Spread spectrum 방식을 사용하였으며 캐리어 주파수는 100KHz

에서 400KHz영역을 가지며 Multif Access 방식은 CSMA/CA 방식을 사용하였다.

표 2 전력품질 측정 보드 사양

Table 2 Details of PQ data acquisition system

Item	Spec.
DSP	TMS320C32(40MHz)
Main OP-code Store Memory	4M Flash ROM (512KB*8bit)
Operating Running Memory	High Speed SRAM(256KB*16)*2
Serial Port	RS232C 1CH/ 1200-115200 BPS
A/D Converter	12Bit / 1CH / 1.6 us Sampling Time

19,200bps로 통신 속도로 데이터를 전송하며 이때의 통신 방법은 Z-Bus 프로토콜을 사용하였으며 CRC16 에러 체크를 하여 데이터의 신뢰도를 향상시켰다. 전력선 모뎀의 내부 블록도를 그림 3과 같다.

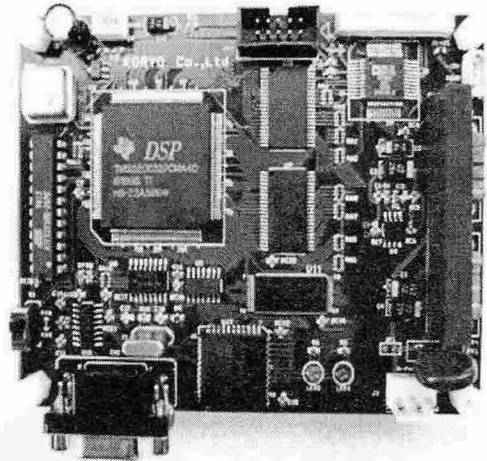


그림 2 전력품질 측정 보드

Fig. 2 PQ data acquisition system

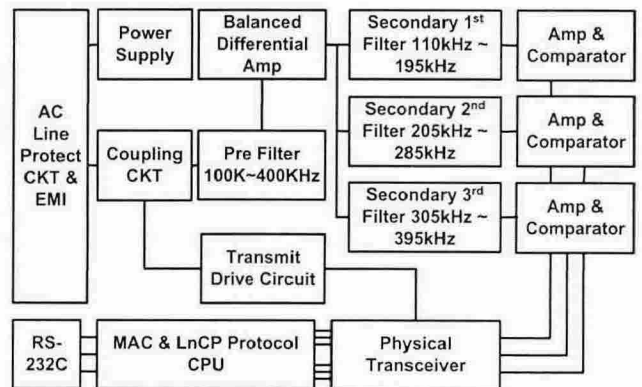


그림 3 전력선 모뎀의 내부 블록도

Fig. 3 Internal diagram of PLC modem

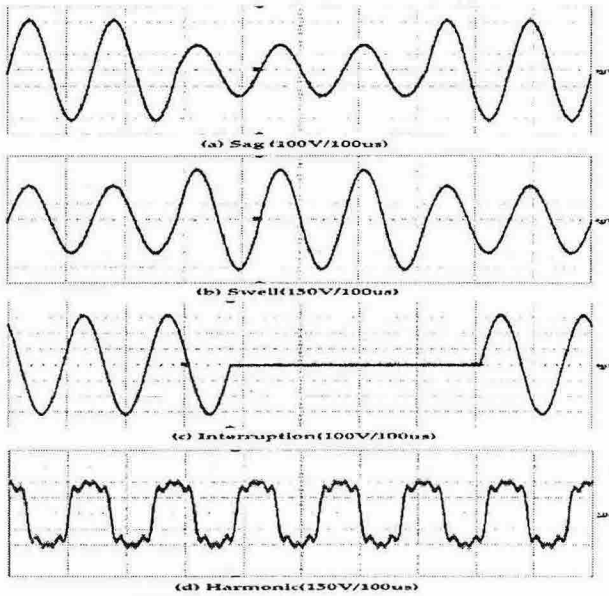


그림 4 전원공급기 파형
Fig. 4 Voltage waveform of power supply

시리얼 통신을 통해 받은 데이터를 증폭하고 필터링을 한 뒤 커플링을 통하여 전력선에 데이터를 전송한다.

2.3 실험 및 결과

그림 4는 전력시뮬레이터에서 발생시킨 PQ 예시 파형들이다. 그림 4(a)는 정상상태 $V_{pp} = 622[V]$ 에서 50[%]의 순시전압강하 (Sag)가 3 주기 동안 발생한 경우이다. 그림 4(b)는 정상상태에서 50[%]의 순시전압상승 (Swell)이 3 주기 동안 발생한 경우이다. 그림 4(c)는 정상상태에서 순간정전 (Interruption)이 3 주기 동안 발생한 경우이다. 그림 4(d)는 고조파(3th: 20%, 5th: 15%, 7th: 10%, 9th: 5%)가 함유된 파형이다. 이들 4가지 유형의 전압을 전력시뮬레이터 출력단에서 오실로스코프로 각각 측정하였다. 이러한 전압은 그림 4와 같은 과정을 거치게 된다. PQ-DAS에서 전압파형을 측정하여 전력선 모델을 거쳐서 전력선을 통하여 전송하고, 다시 수신측 전력선 모델을 거쳐서 원격지의 PC에서 수신한 결과를 그림 5에서 나타내었으며, 이는 그림 4의 원래의 파형과 일치함을 밝힐 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 기존의 전력품질 모니터링 시스템에서 LAN등의 별도의 통신선로를 사용하는 단점을 보완할 수 있는, 전력선통신을 이용한 전력품질 모니터링 시스템을 구현하였다. 또한 IEEE Std. 1159에서 분류하는 전력품질의 종류에 따른 측정방법에 대해 분석하고, 실시간으로 전력 품질을 측정하는 시스템을 TI사의 TMS320C32를 메인 DSP로

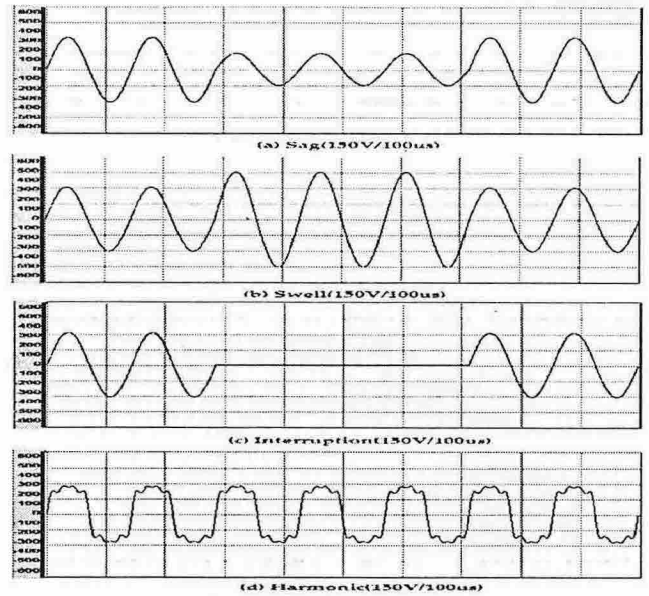


그림 5 PC에서 측정 전압파형
Fig. 5 Voltage waveform in PC

사용하여 구현하였으며 Z-Bus프로토콜의 전력선 모델을 적용하여 원격지에서 수신하여 모니터링하는 시스템을 구현하였다. 또한 전력시뮬레이터를 이용하여 발생시킨 Sag, Swell, Interruption 및 고조파가 함유된 전원전압을 구현한 전력품질 측정 보드로 데이터를 취득하고 전력선을 통하여 원격지의 컴퓨터에서 수신하여 그래프로 파형을 나타냄으로써, 전력선통신을 이용한 원격지에서의 전력품질 모니터링이 가능함을 밝혔다.

향후에는 PLC의 채널환경 분석과 잡음에 강인한 모델을 설계함으로써 보다 실용적이며 고성능의 전력선 통신을 이용한 전력품질 모니터링 시스템에 대한 연구를 지속하고자 한다.

참고 문헌

- [1] A. Lakshminanth, M. M. Morcos, and W. N. White, "A Real-Time System for Power Quality Testing," IEEE Trans. on, vol. 47, Issue 6, pp. 1464-1468, Dec. 1998.
- [2] K. Dostert, Powerline communications, Prentice-Hall, 2001
- [3] IEEE Std. 1159, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 1995.
- [4] G. Bucci, and C. Landi, "Digital Measurement Station for Power Quality Analysis in Distributed Environment s," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Budapest, Hungary, May 21-23. 2001.
- [5] I. H. Cavdar, "A Solution to Remote Detection of Illegal Electricity Usage via Power Line Communications," Power Delivery, IEEE Trans. on, vol. 19, Issue: 4, pp. 1663-1667, Oct. 2004.