

PQM 및 PQMS 성능검증을 위한 실증시험

(The field-test of Power Quality Meter and Power Quality Management System
in order to verify the performance)

최선규* · 송일근 · 권태호 · 한재욱**

(Sun-kyu Choi · Il-keun Song · Tae-ho Kwon · Jae-wook Han)

한전 전력연구원 · LG 산전**

Abstract

This paper gives a field-test method and result of PQM(Power Quality Meter) and PQMS(Power Quality Management System). The field-test was carried out as our own method. So, the test method has several kinds of improvement in this paper because it is first time to try the field-test of the equipment. However, we expect that the test result of PQM & PQMS has been used as a reference data which makes a scheme of evaluating performance of the equipment that has been used or is developed.

1. 서론

지금까지 전력시스템에서 전력품질은 전기사업법에 근거, 전력회사의 입장에서 정전시간, 전압정률, 주파수유지율 등의 목표관리에 의해 적정한 품질이 유지되는 것을 뜻하였다. 그러나, 최근 정보통신산업의 발전 및 생활수준의 향상에 따라 정보통신기기, 정밀제어기기, 사무자동화기기, 전산기기, 자동생산라인, 온라인서비스기기 등이 보급되면서, 기존에는 문제가 되지 않았던 전력품질에 대한 요구가 급격히 증가하고 있다. 최근 들어 널리 보급되고 있는 정밀제어기기나 정보통신기기에 민감한 영향을 주는 순간전압변동(Sag, Swell), 고조파(Harmonics), 전압불평형(Unbalance), 순간정전(Interruption), 썬지(Surge), 플리커(Flicker) 등과 같은 새로운 개념의 순시전력품질은 외란이 작고 국지적인 현상이 많아, 정확한 측정 및 평가, 분석이 어려워, 각 수용가의 정확한 피해내역을 파악하기가 어려울 뿐만 아니라, 아직 구체적인 파악 및 관리가 되고 있지 않기 때문에 이에 대한 개선대책을 세울 수도 없는 상황이다.

향후 전력시장에서 수요와 공급에 의해 결정되는 전력 요금뿐만 아니라 전력 품질을 기반으로 한 계약(Performance based Contract)이 전력시장 요금제도의 큰 축을 형성할 것이라는 걸 보여준다. 이러한 방향성을 이미 감지한 해외의 전력품질 전문 업체들은 이미 국내 시장을 겨냥한 제품들을 준비하고 있는 것으로 보이며, 국내의 전력분야 업체들도 이러한 전력품질 측정 장비뿐만 아니라, 전력품질 개선을 위한 Custom Power Device 개발에 이미 착수한 것으로 보고되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 국내에서 개발된 전력품질

측정장비(PQM, Power Quality Meter) 및 전력품질 운영시스템(PQMS, Power Quality Management System)을 고창 전력시험센터내의 품질시험장(KCPP, Korea Custom Power Park) 및 시험선로에 설치하고, 시험함으로써 향후에 개발 예정 및 기 개발된 장비들의 성능을 검증하는 실증시험 방법을 마련하기 위해 실시한 시험과정, 방법 및 결과를 제시한다.

2. 본론

2.1. PQM의 개요

Power Quality Meter(이하 PQM)은 기본적으로 송변전 선로의 2차측 부하의 전압, 전류, 전력 및 각종 전력 품질 요소들을 측정하고, 이를 감시하기 위한 기기이며, 나아가서 배전계통 시설 및 저압 수용가를 대상으로 고품질의 전력 향상 및 기기 소손방지를 위한 계측장비라 할 수 있으며, 또한 전력계측 기능, 분석기능을 가진 종합 전력품질 감시 장비이다.

PQM은 단상과 삼상 전력의 입력을 가지며, 이 전력을 측정 및 연산하여 사용자에게 전압, 전류, 유효전력, 주파수, 위상 등의 계통정보를 알려주고, 또한 계통에 이벤트(고장, 사고 등)가 발생된 경우 이벤트를 측정하여, 측정된 자료를 토대로 국제규격인 IEEE-1159에 명시된 전력품질에 관한 고장내용을 판단하여 PQM자체에 내장된 사용자환경(GUI) 혹은 통신을 통해 Server에 결과를 전송하고 원격에 있는 사용자에게 계통의 정보를 제공한다.

그림 1은 PQM의 기본적인 개념도를 나타내고 있다.

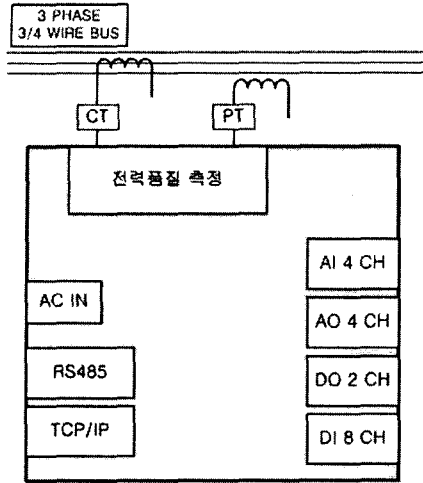


그림 1. PQM 개념도
Fig. 1. An outline of PQM

또한 실제적으로 구성될 PQM의 전면 및 후면은 그림 2, 3과 같다.

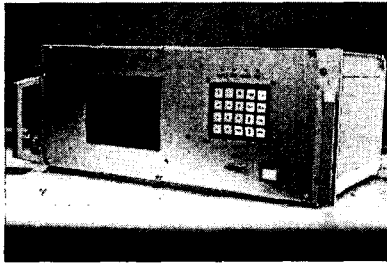


그림 2. PQM 전면
Fig. 2. Front side of PQM

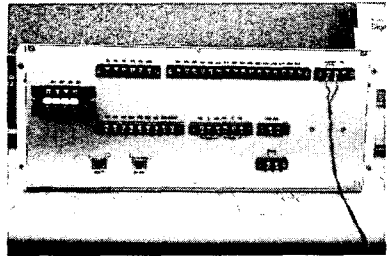


그림 3. PQM 후면
Fig. 3. Back side of PQM

2.2. PQM의 기능단위

PQM은 실시간 전력품질 측정과 정확한 사고검출을 위해 다음과 같은 기본 단위로 구성되어 있다.

- 고속/고용량 FPGA Logic설계단위
- 초정밀급 오차범위의 전력품질 측정 단위
- Broad-Band TCP/IP 통신 단위

- 고속/고용량 FPGA Logic설계단위
- Low Level Hardware OS - Realtime OS
- Upper Level Application OS - Windows CE.NET

위 단위 하나하나들은 PQM을 대표하는 특징들이며 동시에 전력품질 측정을 위한 필수요소들이다. 위 단위들을 도식화한 블록도는 그림 4와 같이 표현되어질 수 있다.

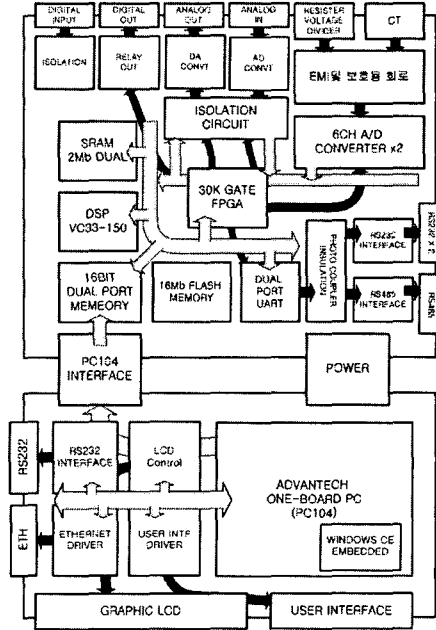


그림 4. PQM 블록도
Fig. 4. Block diagram of PQM

그림 4와 같이 유기적으로 결합된 각 기능들은 PQM을 구성하게 되고 이렇게 구성된 PQM은 그림 5에 나타난 것처럼 정상적인 동작을 수행하게 되는 것이다.

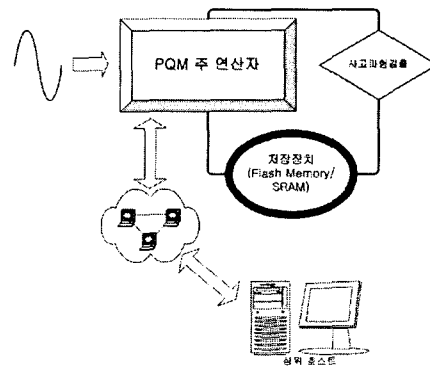


그림 5. PQM의 동작 수행
Fig. 5. Operation of PQM

2.3. 시험회로 구성

본 시험회로의 기본적인 구성은 PQM과 PQMS를 인터넷을 통해 연결하여 배전계통에서 발생하는 이벤트를 PQM에서 감시, 측정하고 그 결과를 Server에 전송한다. Server에서는 다수의 Client PC에 사용자가 계통의 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 도식화된 자료를 제공하도록 구성된다.

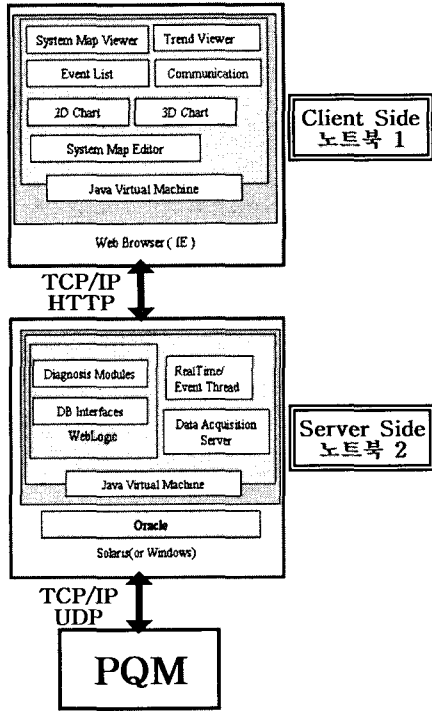


그림 6. 시험회로 구성 개념도
Fig. 6. Architecture for test circuit

2.4. 시험항목

시험항목은 기본정확도 시험과 기능시험으로 구분한다. 기본정확도 시험은 실험실에서 수행하며, 기능시험은 KCPP 및 시험선로에서 수행한다. 세부 항목은 표 1, 2와 같다.

표 1. 기본정확도 시험
Table 1. Basic accuracy test

구분	기본정확도 시험
시험 항목 (내용)	정확도 요소
	<ul style="list-style-type: none"> · 전압/전류 : ±0.2 % · 위상 : ±0.2 % · 전력 : ±1.0 % · 에너지 : ±1.0 % · 주파수 : ±0.01 Hz · 역률 : ±1.0 % · 고조파 : ±1.0 % · 불평형 : ±5.0 % · 플리커 : ±5.0 %
시험 목적	· 계측 기본정밀도 확인
시험 방법	· 0.01%급 전압/전류 발생기를 이용한 검증

표 2. 기능 시험
Table 2. Functional test

구분	기능시험		
	전기품질 요소	기록 요소	통신 요소
시험 항목 (내용)	<ul style="list-style-type: none"> · Sag : Ins, Mon, Temp · Swell : 상동 · Interruption : 상동 · Transient · Harmonics: THD · Flicker : IFL, Pst, Plt · 불평형 · 정(역, 영)상 	<ul style="list-style-type: none"> · Event · -Sag, Swell, Intrpt. · -Under, Over Volt. · 불평형, 주파수 · 플리커 · 파형 기록 · Oscillo Wave 	<ul style="list-style-type: none"> · PQMS와 통신 · 데이터 전송 · 이벤트 전송 · Wave 전송
시험 목적	품질불량에 대한 검출 능력 시험	· 이벤트 기록 · 파형취득 시험	PQMS와 전송선통신 능력 시험
시험 방법	사고패턴 발생에 대한 검출결과 확인	전기품질요소와 병행, 확인 시험	데이터 전송확인

2.5. 시험방법 및 절차

사고 시나리오 발생 프로그램을 이용하여 기 정의된 사고 패턴을 발생시키고, PQM에서 해당 사고를 측정하여 PQMS에 전송 및 저장되는지 확인한다. 현재 KCPP에 구축되어 있는 Sag, Swell, Flicker 시나리오에 대하여 시험을 수행하며, Sag는 기 정의된 대표적인 파형 19개 중 임의로 10개 선택, Swell 3개, Flicker 1개 패턴 각각 선택하였다.

고장 발생 후 품질시험장에 설치된 상용장비(ION Meter)에서 측정된 고장 파형과 시험용 PQM에서 측정되어 전송된 고장 파형 비교하여 결과를 도출하였다.

그림 7에 전력품질시험장(KCPP)내 시험용 PQM을 설치한 위치를 나타내었다. 그림에서 PQM 1 ~ 5는 KCPP에 기 설치된 상용장비(ION Meter)를 의미한다.

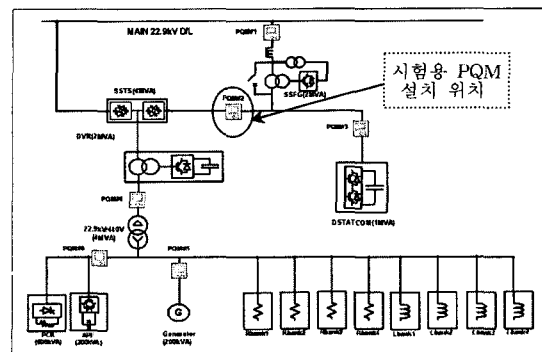


그림 7 KCPP내 시험용 PQM 설치위치
Fig. 7 Setting position of PQM in KCPP

2.6. 시험결과

2.6.1. PQM의 성능 평가 결과

서론에서 언급한 배전시스템의 전력품질을 감시하기 위해서는 측정장비(PQM)의 측정정확도가 매우 중요하다. 따라서, 2.4와 2.5절에 제시한 시험항목과 시험방법 및 절차를 통해 평가된 결과를 표 3에 제시하였다.

표 3. PQM의 고장파형 검출 결과
Table 3. Results of detecting fault wave by PQM

시험 항목(기준)	고장 파형	확인
- Sag 이벤트 측정 (전압의 실효값이 정격전압의 0.1~0.9PU 상태로 0.5초~30주기 정도 발생했을 때의 상태 Instantaneous Sag, 30주기~3초 정도 발생했을 때 Momentary Sag, 3초~1분 정도 지속될 때 Temporary Sag.)	1) TYPE : C	양호
	2) TYPE : H	"
	3) TYPE : J	"
	4) TYPE : K	"
	5) TYPE : O	-
	6) TYPE : P	양호
	7) TYPE : Q	-
	8) TYPE : W	양호
	9) TYPE : X	"
	10) TYPE : Y	"
- Swell 이벤트 측정 (전압의 실효값이 정격전압의 1.1~1.8PU상태로 0.5초~30주기 정도 발생했을 때의 상태 Instantaneous Swell, 30주기~3초 정도 발생했을 때 Momentary Swell, 3초~1분 정도 지속될 때 Temporary Swell.)	1) TYPE : T	양호
	2) TYPE : U	"
	3) TYPE : V	"
- Flicker 이벤트 측정	1) TYPE : Z	양호
- Interruption 이벤트 측정 (전압의 실효값이 정격전압의 0.1PU이하 상태로 0.5주기~3초 정도 발생했을 때의 상태 Momentary Interruption, 3초~1분 정도 지속될 때 Temporary Interruption.)	PQM은 Intrpt. 이벤트를 측정하여 PQMS로 전송하는가?	양호

표 3에서 보는바와 같이 Sag는 10개의 발생가능 파형 중 8개에 대해서는 고장파형 측정 및 자료 전송이 원활히 이루어졌으며, 나머지 2개의 파형은 전력품질시험장(KCPP)의 설비문제로 시험이 불가하였다. Swell, Flicker, Interruption 이벤트에 대한 측정 및 결과 전송은 모두 양호한 것으로 확인되었다.

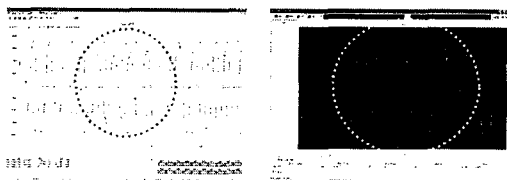


그림 8. 상용(좌)과 시험용(우)장비의 Sag 측정
Fig. 8. Detecting Sag by commercial & sample PQM

그림 8은 Sag 파형 중 Type-C에 대해서 KCPP에 설치되어 있는 상용장비(ION Meter)와 시험용 PQM에서 측정된 결과를 나타낸다. 그림의 점선으로 표시된 부분의 Sag 파형이 두 장비에서 모두 검출되었으며, 파형의 크기와 형태가 동일한 것을 확인하였다. 그림 9, 10에 각각 Swell과 Flicker의 측정 결과를 나타내었다.

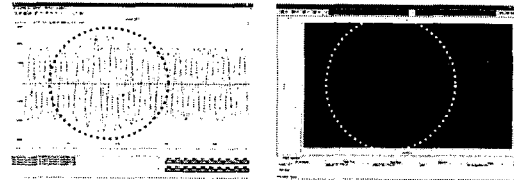


그림 9. 상용(좌)과 시험용(우)장비의 Swell 측정
Fig. 9. Detecting Swell by commercial & sample PQM

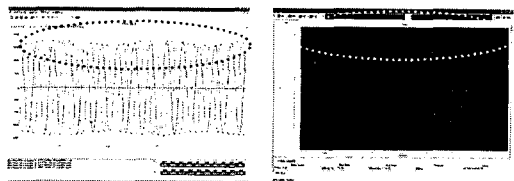


그림 10. 상용(좌)과 시험용(우)장비의 Flicker 측정
Fig. 10. Detecting Flicker by commercial & sample PQM

Interruption 측정은 시험중에 KCPP의 전원회로가 일시 정전되면서 시험용 PQM에서 이벤트를 측정하여 전송된 결과를 그림 11에 제시하였다.

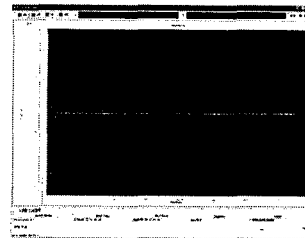


그림 11. Interruption 측정
Fig. 11. Detecting intrpt.

2.6.2. 실시간 감시 및 측정 결과 전송

배전시스템의 전력품질을 감시하기 위해서는 측정장비로부터 시스템의 이벤트가 발생되었을 때 실시간으로 자료를 Server로 전송하고, 그 자료를 분석하여 사용자에게 결과를 실시간으로 전송하는 능력이 중요하다. 본 절에서는 시스템의 상태를 감시하는 PQM과 감시 자료를 분석하고 실시간으로 사용자에게 전송하는 PQMS의 성능 평가 결과를 표 4에 제시하였다.

표 4. PQM과 PQMS 전송성능 평가 결과
Table 4. Results of evaluating communication ability of PQMS with PQM

시험 항목 (기준)	확인 항목	결과
실시간 Raw Data 감시 (64sampl./1주기)	- PQM은 Client로부터 실시간 Raw Data 요청을 받아서 실시간 Raw Data를 Client로 정상적으로 전송하는가?	양호
실시간 고조파 감시 (64Sampl./1주기, 32차수)	- PQM은 Client로부터 실시간 고조파 요청을 받아서 실시간 고조파 Data를 Client로 정상적으로 전송하는가?	양호
실시간 Trend 감시 (64Sampl./1주기)	- PQM은 Client로부터 실시간 Trend 요청을 받아서 실시간 Trend Data를 정상적으로 Client로 전송하는가?	양호

본 실증시험 내용 및 결과를 통해 향후에 수행될 전력품질 측정 장비의 현장 실증시험 및 한전 전력시험센터(전북고창)내 전력품질시험장(KCPP)의 활용에 대한 방법을 언급하였다.

현재 실선로에 PQM을 설치하여 Transient 측정(인공고장 발생장치 이용) 및 내환경시험을 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

- (1) 엘지산전(주), (주)이투에스, "인터넷을 통한 전기품질 원격진단 네트워크 개발 1차년도 보고서", 1995, 6.

그림 12, 13, 14, 15는 PQM에서 측정된 Data들이 PQMS로 전송되어 실시간으로 사용자에게 계통의 정보를 전송하는 결과를 제시하였다.



그림 12. PQMS 화면
Fig. 12. Display PQMS

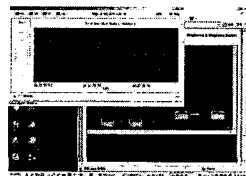


그림 13. RAW Data 전송
Fig. 13. Transmit RAW data

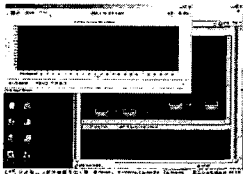


그림 14 고조파 전송
Fig. 14. Transmit Harmonic

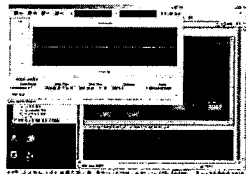


그림 15 Intrpt. 전송
Fig. 15. Transmit Intrpt.

3. 결 론

본 논문에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- PQM과 PQMS 통신 기능 정상 수행 (TCP/IP, UDP)
- 실시간 Raw, Harmonics, Trend 데이터 전송 기능 정상 수행
- Sag, Swell, Flicker 및 Interruption 이벤트 측정, 전송 및 저장 기능 정상 수행