

전력설비 동작 상태 감시를 위한 저가형 전력 성분 측정 및 기록 시스템의 개발

전정채¹, 오훈^{2*}

¹한국전기안전공사 전기안전연구원, ²원광대학교 전기공학과

The Development of Low Cost Power Components Measurement and Record System for Monitoring Electrical Equipment Operation Status

Jeong-Chay Jeon¹, Hun Oh^{2*}

¹Electrical Safety Research Institute, KESCO

²Department of Electrical Engineering, Wonkwang University

요약 본 논문에서는 전력설비의 동작 상태를 주기적으로 감시 및 기록함으로써 전기안전사고를 예방하고 사후 원인 분석을 지원하기 위한 저가형 전력 성분 측정 및 기록 시스템을 제안한다. 제안된 시스템에서는 정밀한 전력 성분의 측정과 기록, 원격 측정이 가능하면서도 비용을 줄일 수 있도록 부품을 선정하여 제작하였다. 특히, IEEE 1459-2010에 정의된 전력 성분을 계산하기 위해 MAXIM사의 78M6631을 이용함으로써 저비용 고성능 시스템 구현이 가능하였다. 개발된 시스템은 공인 시험기관에서 사용하고 있는 YOKOGAWA 전력분석기 WT1600 과 같은 표준 장비를 이용하여 측정 성능 시험을 실시하였다. 그 결과 측정 오차가 0.5%이하로 나타났고 6개월 이상 현장에 설치하여 동작 신뢰성과 원격 측정 성능 시험을 실시하여 그 성능을 입증하였다.

Abstract This paper proposes low price power component measurement and record system for preventing electrical safety accident and supporting accident cause analysis by periodically monitoring and recording the operation status of electrical equipments. The proposed system was designed by mainly using parts to measure accurate power component but reduce cost. Especially, low cost and high effectiveness system implementation was possible by using MAXIM 78M6631 to calculate power components in the definition of IEEE Standard 1459-2010 related power quality. The measurement performance of the developed system is tested by using standard devices such as YOKOGAWA power analyzer WT1600. The test results showed that accuracy of the developed system is less than 0.5 % and the developed system is tested in a real area to verify the operation reliability and remote monitoring performance of the system over 6 months.

Keywords : Low cost, power component, measurement and record system, electrical equipment, electrical safety accident

1. 서론

변압기, 콘덴서, 리액터, 차단기, 개폐기 등의 전력설비는 산업전반에서 전력사용을 위해 기본적으로 사용되는 설비로 안정적인 전력공급과 제품생산에 있어 매우

중요한 설비이다.

한국전기안전공사의 전기재해 통계 보고서에 따르면 전력설비는 유지관리의 소홀, 설비의 결함, 과전압, 과부하 등 다양한 요인에 의해 고장, 폭발과 화재 등의 안전 사고로 이어지고 제품 생산 차질에 의한 경제적 피해, 사

본 논문은 원광대학교 2013년도 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Hun Oh(Wonkwang Univ.)

Tel: +82-63-850-6732 email: ohhun@wonkwang.ac.kr

Received March 27, 2015

Revised (1st April 3, 2015, 2nd April 14, 2015)

Accepted July 16, 2015

Published July 31, 2015

회적 불안 등 2차적인 피해가 발생하게 된다[1].

이러한 피해를 줄이기 위해서는 전력설비의 동작 상태와 장치의 상태 확인을 위해 전압, 전류, 온도 등의 주기적 측정, 저장, 기록 및 분석을 통해 사고의 예방이 필요하다. 또한 각종 데이터의 분석을 통해 사고 원인을 정확히 분석하여 사고의 재발의 방지가 필요하다.

전력설비 사용현장에서는 사고를 예방하기 위한 다양한 수배전반용 온도, 전류 및 전압 지시계가 존재하지만 데이터의 저장 및 모니터링 기능이 없어 사고 예방이 어렵고 부분방전, 절연감시 장치 등은 매우 고가로서 수요 창출이 어려운 문제가 있다. 또한 전력분석기 등의 다양한 계측기가 있지만 기록의 장기 저장이 되지 않고 가격이 매우 고가이며 수입되는 제품이 많아 수배전반 사용자가 고정형으로 설치 후 지속적으로 데이터를 감시 및 기록하기 곤란하다.

따라서 수배전반 등에 부착 가능하고 저가형으로 구현된 전력설비의 동작 상태 감시 및 기록 시스템의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 변압기, 리액터, 콘덴서 등의 전력설비의 운전 중에 전압, 전류, 온도 등을 측정, 저장, 분석, 경보 하여 사고 발생 원인을 밝혀 사고 예방, 원인분석 및 사고 재발을 막을 수 있는 수배전반용 전력설비 상태 감시 및 기록 장치를 개발하였다. 개발된 시스템은 공인된 시험기관에 의뢰하여 시험을 실시하였고 온도를 제외하고는 0.5%이하로 나타났다.

2. 시스템 설계 및 제작

2.1 시스템 개요

본 연구에서 제안한 시스템은 Fig. 1에서와 같이 전력설비 운전 중에 전압, 전류, 온도, 주파수 등의 측정 및 표시, 기록이 가능한 저가형 전력 정보 기록 및 분석 시스템이라고 할 수 있다. 하지만 Table 1에서 보는 바와 같이 저가형 장치임에도 불구하고 전압, 전류, 온도, 위상 등에 있어 측정오차를 1% 이하를 목표로 한다.

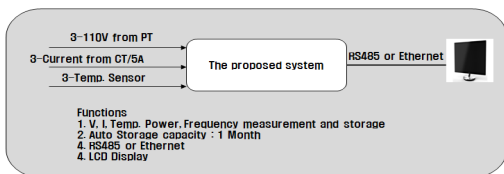


Fig. 1. Basic concept of the proposed system

Table 1. The description of the proposed system

Items	Contents
Measurement items	Voltage, Current, Frequency, Power(VA) Temperature,
System power	100VAC ~ 240VAC
Input	Single and three phase
Voltage range	110VAV -20% ~ +200% by Transformer
Current range	0 ~ 5A, CT (50A:5A)
Temperature range	0 ~ 300 °C
Error rate	±0.3%(V, I)
Communication	RS485 and Ethernet
Operation Temp.	10°C ~ 50°C / -10°C ~ 70°C
Power consumption	Within 10W
Display	LCD
Data storage interval /capacity	1 Minute/1 Month
Storage form	Text
Others	Real Time Clock
	Set-up of V/I sensor rate

2.2 시스템 설계 및 구현

제안된 시스템은 Fig. 2에서와 같이 크게 신호 입출력 (Input/Output Board)보드와 메인보드(Main Board)로 구분된다. 신호 입출력 보드부분에서는 전압 및 전류 그리고 온도를 입력 및 분석하며, 시스템의 동작전원을 공급한 역할을 수행한다. 메인보드에서는 데이터를 메모리에 저장하거나, 디스플레이하며 외부 버튼 입력에 대한 처리와 외부 기기와의 통신 등을 담당한다.

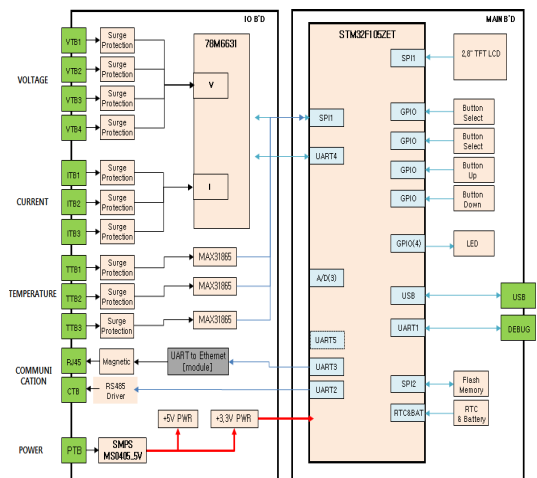


Fig. 2. Schematics architecture of the proposed system

2.2.1 신호 입력 및 전원 회로

Fig. 2에서 신호 입력 및 전원부 회로는 전압, 전류 및 온도를 입력으로 각종 데이터 값을 계산하는 기능을 수행한다. 전압, 전류는 CT(Current Transformer) 및 PT(Power Transformer)의 신호를 받아 처리하게 되며 온도는 3선식의 백금 저항 온도 센서 PT100를 연결하였다.

전원부는 AC 220V 입력 전원을 DC 5V 출력 전원으로 변환해 주는 MoBIL Electron사의 MS0405 SMPS(Switching Mode Power Supply) 모듈을 사용하였다. 1차 측에는 전원을 ON/OFF할 수 있도록 스위치를 추가하였고, 퓨즈와 바리스터를 사용하여 서지 등으로부터 회로를 보호하도록 하였다. 2차 측에도 저주파 노이즈 제거를 위해 비드(Bead)와 캐패시터로 LC 필터로 구성하였다.

온도에 따른 RTD의 저항 비율은 칩셋 내부의 ADC(Analog Digital Converter)를 통해 디지털 신호로 처리되고, MCU와 SPI(Serial Peripheral Interface) 통신을 한다. 온도를 측정하기 위해 MAXIM사의 MAX31865으로 RTD(PT100) 센서 저항을 활용하여 온도를 간편하면서도 정확하게 측정할 수 있다.

3상 4선식 교류 회로의 전압, 전류, 주파수를 계측하고, 전압, 전류, 역률, 유효전력, 무효전력, 피상전력, 최대수요전력 등의 계량을 수행하는 전력 측정 IC로 MAXIM사의 78M6631를 사용하였다. 78M6631는 3상 전력을 측정할 수 있고, Delta 및 Y결선에 모두 적용 가능하다[2].

본 연구에서 필요한 전압, 전류 및 전력 정보의 True RMS 값은 IEEE 규격 1459-2010을 이용하여 계산하였다[3-6].

먼저, 단상 비선형 시스템에서 고조파를 포함한 전압 및 전류 RMS(Root mean square) 값은 식 (1)과 식(2)로 각각 표현된다.

$$V_{RMS} = \sqrt{V_1^2 + \sum_{h=1}^M V_h^2} \quad (1)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + \sum_{h=1}^M I_h^2} \quad (2)$$

여기서 h 는 고조파 차수이고, V_h 와 I_h 는 각각 h 번째 고조파의 전압 및 전류의 RMS 값이다.

비선형 부하를 갖는 시스템에서 고조파를 포함한 유효 전력 성분은, 기본파의 유효전력 P_1 과, 고조파를 포함한 유효전력 P_h 을 이용하여 식 (3)과 같이 계산된다.

다음으로 무효전력은 기본파 무효전력 Q_1 과 고조파를 포함한 무효전력 Q_h 의 합으로 식(4)와 같이 계산되며 피상전력은 전압 및 전류의 RMS 값을 곱하여 식(5)와 같이 쓸 수 있다.

$$P = P_1 + P_h = \sum_{h=1}^M V_{RMS_h} I_{RMS_h} \cos(\theta_h) \quad (3)$$

$$Q = Q_1 + Q_h \quad (4)$$

$$= \sqrt{\sum_{h=1}^M [V_{RMS_h} I_{RMS_h} \sin(\theta_h)]^2}$$

$$= \sqrt{Q_1^2 + \sum_{h=2}^M Q_h^2}$$

$$S = I_{RMS} * V_{RMS} \quad (5)$$

$$= \sqrt{\sum_{h=1}^M V_{RMS_h}^2} * \sqrt{\sum_{h=1}^M I_{RMS_h}^2}$$

여기서 θ_h 는 전압 V_h 와 전류 I_h 사이의 위상각이다.

2.2.2 신호처리 회로

전압, 전류, 전력, 온도, 주파수 등을 계측한 정보를 비휘발성 메모리에 기억 및 보관하고, LCD상에 관련 정보 등을 순환 표시하면서, PC등의 다른 장치에서 원격으로 데이터를 수집이 가능하도록 ARM[®] 기반 32bit MCU인 ST사의 STM32F105을 이용하였다[7].

PC등의 다른 장치에서 정보 수집 및 원격 검침할 수 있도록 통신 기능을 지원하기 위해 RS485, 이더넷, RS232을 사용하였다. 그리고 정전시의 시간을 기록하기 위해 백업 배터리를 구성하였다.

2.2.3 디스플레이 회로

실시간으로 측정된 결과를 디스플레이하거나 상태의 표시 및 선택 등을 위한 2.8인치 TFT LCD 회로를 구성하였다. LCD 내부에는 화면을 밝히기 위해 LED가 내장되어 있으며, 외부에 LED Driver MP3024를 이용하여

회로를 구성하였다. LED는 파워 상태와 3상의 동작 상태를 표시할 수 있도록 4개로 회로를 구성하였고, KEY는 MODE, SELECT, UP, DOWN으로 회로를 구성하여 설정이 가능하도록 하였다.

2.2.4 통신 회로

다양한 통신 방식을 지원할 수 있도록 RS485, RS232, Ethernet 통신과 USB 인터페이스 회로를 구성하였다.

RS485는 1:N통신이 가능하고, 통신 거리가 길면서도 RS232보다 높은 속도를 보장하지만, 임피던스 영향이 많고, 서지에 의한 파괴가 많은 편이다. 따라서 바리스타와 다이오드 등으로 보호 회로를 구성하였다.

Ethernet 통신은 RJ45 Connector, LAN Filter(1:1 transformer) 및 Ethernet 모듈로 구성된다. Ethernet 모듈에서 RS-232 프로토콜을 TCP/IP 프로토콜로 변환하기 위해 WIZnet사의 Plug & Play 타입의 게이트 모듈 WIZ100SR을 사용하였다[8].

USB 인터페이스 회로는 MCU의 USB 포트가 USB A타입의 커넥터에 직접 연결되도록 하였다. 해당 포트는 USB Host로 동작하며 USB 메모리 등의 장치가 연결될 경우 저장된 데이터가 전송되도록 설계하였다.

2.3 원격 모니터 프로그램 개발

데이터를 원격에서 측정하여, 관리 및 분석하기 위한 PC 모니터링 프로그램을 Visual Studio 2008에서 C#으로 개발하였다.

제안된 시스템과 정상적으로 연결된 상태에서 Fig. 3과 같이 현재의 실시간 상태값들과 20초간의 추이를 확인할 수 있도록 하였다. Fig. 3의 위쪽에 위치한 작은 박스에는 현재의 실시간 전압 전류 전력 온도 주파수와 측정된 시간값을 표시하며 아래에 있는 4개의 그래프에는 현재를 기준으로 20초간의 전압 전류 전력 온도의 변화 추이가 실시간으로 표시하게 된다.

또한 시스템과 정상적으로 연결된 상태에서 메인창의 상단에 있는 이력보기 탭과 이력보기 버튼을 눌러서 현재 시스템에 저장되어 있는 이력 정보 모두를 가져온다. 이때 저장된 이력은 모두 자동으로 지워지게 된다. 이력 가져오기가 완료되었다면, Fig. 4와 같이 이력값들의 수치는 박스의 리드스로 표시되고, 전압 전류 전력 온도값들은 측정 시간에 따라 각각 4개의 그래프로 표시된다.

시스템에서 가져온 이력 데이터는 이력 파일 저장하기 버튼을 누르면 텍스트 에디터나 엑셀에서 해당 파일을 열어서 그 내용을 확인할 수 있도록 CSV 파일로 저장된다.

기타 모니터 프로그램의 설정화면에서 시스템의 설정값과 시간값을 표시해준다. 상태 설정 버튼을 누르면, 설정화면의 설정값과 시간값으로 블랙박스의 설정값을 변경하게 된다. 우측의 PC시간으로 동기화가 선택된 상태에서 상태 설정 버튼을 누르면, 설정화면의 시간 값이 아닌, PC의 현재 시간 값으로 시스템의 시간을 설정해준다.



Fig. 3. The developed program

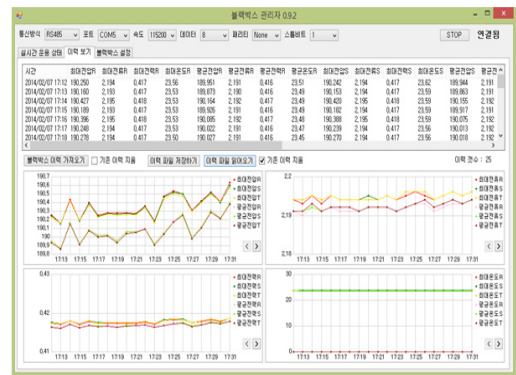


Fig. 4. The recorded data analysis scene of using the developed program

3. 시스템 동작

3.1 기본 동작

Fig. 5에 본 연구에서 개발한 시스템의 동작 순서를 나타내었다. 시스템이 부팅하면 MCU 및 주변기기를 초기화한다. 주변기기 부품으로는 온도, 파워모니터, LCD,

Flash, LED, 버튼, USB등이 있으며 매 1초마다 Power와 온도를 모니터링하기 위하여 Timer를 시작한다. 그리고 현재 저장된 메모리를 검색하여 추후 저장하여야 할 메모리를 로드한다. 매초마다 전력과 온도를 읽어 LCD에 Display를 하고 1분마다 메모리에 저장을 한다.

먼저 키 버튼(Key Button)이 눌렸는지 검사한 후 버튼이 눌리면 버튼 프로세스가 동작하고, 아니면 다음으로 동작한다. 윈도우 프로그램에서 RS485 통신을 요청하면 RS485 프로세스 동작, 아니면 다음으로 동작하게 되고 USB 메모리가 연결이 되면 USB 메모리 인식 프로세스 동작, 아니면 다음으로 동작한다.

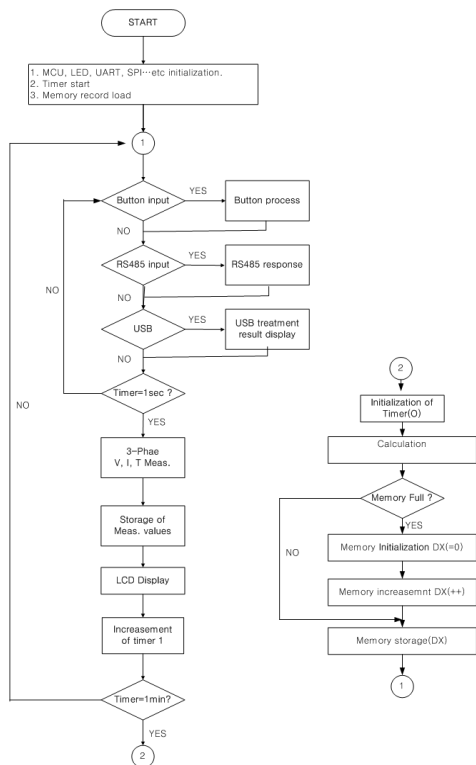


Fig. 5. The basic operation flowchart of the proposed system

다음으로 Timer가 1초가 지났다면 3상(R, S, T) 전압, 전류, 전력 정보와 온도 정보를 읽어와서 LCD 화면에 표시한 후 Timer를 1초 증가시키고, 아니면 버튼 입력 대기로 이동한다. Timer가 1분이 지났다면 3상(R, S, T) Power와 온도정보를 1분 평균 및 Peak값을 FLASH 메모리에 저장한다. 이때 FLASH 메모리가 가득차면 가장 먼저 저장된 로그를 삭제한다, 아니면 버튼 입력 대기로

이동한다.

3.2 키 버튼 동작

본 연구에서 개발한 시스템의 버튼 종류로는 MODE, SELECT, UP, DOWN이 있으며 각 버튼에 순서에 따라 LCD 화면에 실시간 데이터 값을 볼 수 있거나 각 상별 이력 상태를 볼 수 있게 된다. Fig. 6은 블랙박스에 포함된 각 키 버튼 프로세서 대표 화면을 표시하였다. 버튼 프로세스를 이용하여 LCD 화면 표시 내용을 변경할 수 있다. 이 때 LCD 화면 및 전체 동작은 다음과 같다.

시스템에 포함된 각 키 버튼 프로세서 대표 화면을 표시하였다. Mode 버튼을 통해 실시간 운용 상태를 누르면 이력보기, 설정, 현재 상태로 순으로 회전한다. 각 상(R, S, T)에 대하여 전압, 전류, 전력, 온도 및 주파수에 대하여 1초 간격으로 표시함으로써 전력설비의 실시간 운용 상태 값을 확인할 수 있다.

이력보기에서는 1분 단위로 저장된 최대(Peak), 평균(Average) 값을 일(DAY), 주(WEEK), 월(MONTH) 단위로 최소/최대(Min/Max) 값을 표시한다. 이력 보기에서 SELECT 버튼을 이용하여 최대, 평균 값을 선택할 수 있다. 선택된 상태에서 UP/DOWN 버튼을 이용하여 해당 값에 대해 발생한 시간을 확인 할 수 있다. 설정에서는 CT/PT 비율, 시간 설정, 결선 방식 선택, 이력 초기화를 할 수 있다.

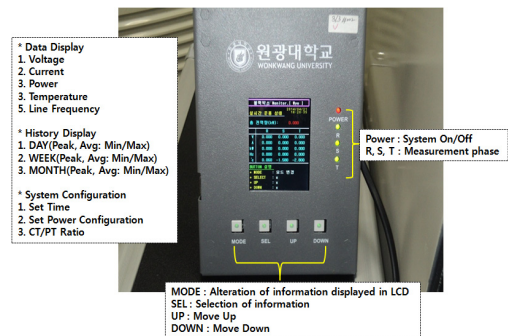


Fig. 6. Display and set-up of the developed system

4. 실험 및 결과

4.1 실험 방법

본 연구에서 개발한 시스템에 대한 측정 오차를 분석하고 측정에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 시험을 실

시하였다. 시험에 사용된 장비는 현재 공인 시험기관에서 사용하고 있는 표준 장비로써 Table 2와 같으며 장비 자체의 오차는 없는 것으로 간주하였다. Table 3에는 개발된 시스템의 측정 오차 시험에 있어 측정 조건을 나타내었으며 온도 측정의 경우 온도 센서 자체의 오차를 포함하는 것으로 실시하였으며 Fig. 7에 대표적인 시험화면을 나타내었다.

Table 2. Equipments to test the developed system

Equipment name	Maker (Model)	Note
Power analyzer	YOKOGAWA (WT1600)	Voltage, Current, Frequency, Power comparison
Relay tester	Megger (MPRT8430H3T612)	Standard voltage and current supply
Climate Chamber	HITACHI (3284)	Standard temperature supply
Hygro-Thermograph	SATO (NS2-Q)	Temperature comparison

Table 3. Test conditions to the developed system

Items	Test conditions
Voltage	1) Three phase voltage supply 2) Measurement voltage : 110/220V 3) Frequency : 50/60 Hz
Current	1) Three phase voltage supply 2) Measurement current : 1/2/3/4/5 A 3) Frequency : 50/60 Hz
Temperature	1) Three phase temperature measurement 2) Measurement temperature : -40/0/25/150 °C
Frequency/Power	1) Three power and frequency measurement 2) Measurement power : 220W(220V/1A), 660W(220V/3A), 1100W(220V/5A)



Fig. 7. The test scene of the developed system

4.2 실험 결과

그 결과 전압 및 전류의 측정오차는 각각 Table 4 및 5와 같으며 전압 및 전류 측정에 있어 모든 경우 오차는

±0.3% 이하로 매우 정밀한 측정이 가능한 정도로 거의 오차가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

Table 6에는 온도 측정 시험 결과를 나타냈으며 149.15 °C 기준에서 오차가 최대 3.02 °C(0.02 %)로 온도 센서 자체의 오차 수준으로 나타났다. 주파수의 경우 Table 7에서와 같이 오차가 발생하지 않았으며 전력 측정 오차는 Table 8에서와 같이 최대 0.91 %로 나타났다.

이상의 결과에 알 수 있듯이 본 연구에서 개발된 시스템의 경우 전력 계측기 수준의 측정 오차를 갖는 것을 알 수 있어 변류기, 온도 센서 등의 오차에 대한 보정만 가능하다면 현장에서 충분히 사용 가능할 것으로 판단된다.

Table 4. The result of voltage measurement test

Reference values	Measurement values(50Hz)			Measurement values(60Hz)		
	R (error)	S (error)	T (error)	R (error)	S (error)	T (error)
110 V	109.96 V (0.036 %)	109.99 V (0.009 %)	110.11 V (0.1 %)	109.96 V (0.036 %)	110.02 V (0.018 %)	110.10 V (0.09 %)
220 V	219.85 V	219.98 V	220.19 V	219.98 V	219.98 V	220.17 V

Table 5. The result of current measurement test

Reference values	Measurement values(50Hz)			Measurement values(60Hz)		
	R(error)	S(error)	T(error)	R(error)	S(error)	T(error)
1 A	1.002 A (0.2 %)	1.002 A (0.2 %)	1.002 A (0.2 %)	1.002 A (0.2 %)	1.002 A (0.2 %)	1.001 A (0.1 %)
2 A	2.000A (0.0 %)	2.000A (0.0 %)	1.999A (-0.05 %)	2.002A (0.1 %)	2.001A (0.05 %)	2.002A (0.1 %)
3 A	2.995 A (-0.13 %)	2.993 A (-0.23 %)	2.994 A (-0.2 %)	3.002A (0.067 %)	3.001A (0.033 %)	3.000A (0.0 %)
4 A	3.995 A (-0.125 %)	3.995 A (-0.125 %)	3.993 A (-0.175 %)	4.006 A (0.15 %)	4.006 A (0.15 %)	4.005 A (0.125 %)
5 A	5.013 A (0.26 %)	5.010 A (0.26 %)	5.007 A (0.14 %)	5.011 A (0.22 %)	5.009 A (0.18 %)	5.005 A (0.1%)

Table 6. The results of temperature measurement test

Reference values	Measurement values		
	R(error)	S(error)	T((error)
-41.78 °C	-39.4 °C (2.38 °C)	-40.8 °C (0.98 °C)	-42.2 °C (-0.42 °C)
-1.32 °C	0.06 °C (1.26 °C)	-1.58 °C (-0.26 °C)	-2.8 °C (-1.48 °C)
23.07 °C	25.4 °C (2.33 °C)	24.1 °C (1.03 °C)	22.9 °C (-0.17 °C)
149.15 °C	148.5 °C (-0.62 °C)	147.5 °C (-1.62 °C)	146.1 °C (-3.02 °C)

Table 7. The results of frequency measurement test

Reference values	Measurement vaules		
	R(error rate)	S(error rate)	T((error rate)
50 Hz	50.000 Hz (0.0 %)	50.000 Hz (0.0 %)	50.000 Hz (0.0 %)
60 Hz	60.000 Hz (0.0 %)	60.000 Hz (0.0 %)	60.000 Hz (0.0 %)

Table 8. The results of power measurement test

Reference values	Measurement values(50Hz)			Measurement values(60Hz)		
	R(error)	S(error)	T(error)	R(error)	S(error)	T(error)
219 W	221 W (0.91 %)	220 W (0.45 %)	220W (0.45 %)	220 W (0.91 %)	221 W (0.91 %)	221 W (0.91 %)
659 W	661 W (0.3 %)	657 W (-0.03 %)	659 W (0.0 %)	659 W (0.0 %)	661 W (0.3 %)	661 W (0.3 %)
1,099 W	1,104 W (0.45 %)	1,102 W (0.27 %)	1,099 W (0.0 %)	1,101 W (0.18 %)	1,100 W (0.09 %)	1,101 W (0.18 %)

4.3 현장 설치

본 연구에서 개발된 시스템은 측정오차 시험을 완료하고 건물의 분전반에 설치하여 시험을 장기적인 동작 시험을 실시하고 있다. Fig. 8 2014년 9월 18일부터 2015년 3월 4일 현재까지 현장에 설치하여 운용중인 사진이며 Fig. 9는 개발된 모니터 프로그램으로 데이터를 분석한 화면이다. 이상과 같이 현장 설치 시험을 통해 개발된 시스템이 장기간의 H/W 동작과 데이터 측정에 있어 신뢰성이 확보되는 것을 확인하였다.

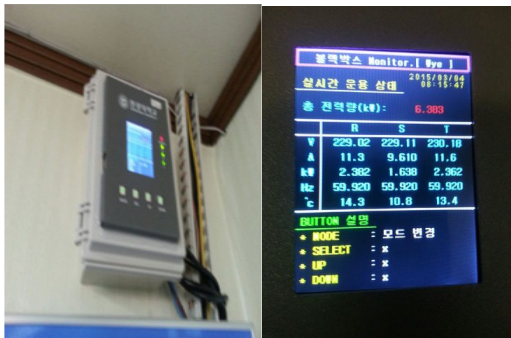


Fig. 8. The field test scene of the developed system

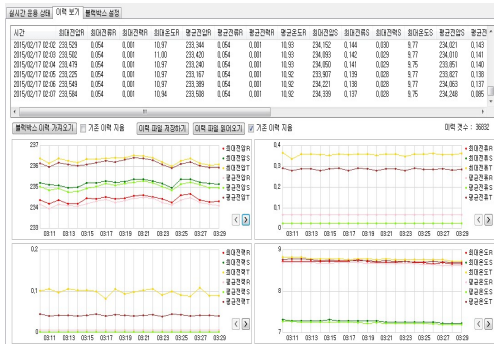


Fig. 9. The recorded data analysis using the developed program in 17 February, 2015

5. 결론

본 연구에서 개발한 시스템은 전력설비의 전력 사용 정보를 주기적으로 수집 및 기록하여 사고의 징후를 예측하거나 사고 발생 후 그 원인 분석에 데이터 제공이 가능하다. 전력설비사고는 재현이 거의 불가능하여 정확한 원인 파악이 어렵게 된다. 하지만 과부하, 낙뢰, 절연 손상 등에 의한 전력설비의 폭발, 화재 사고는 반드시 사고 이전에 전압, 전류, 전력, 주파수 등의 데이터 변동이 있게 된다. 따라서 관련 데이터를 지속적으로 측정/관리가 가능하다면 사고의 원인을 보다 쉽게 파악할 수 있다. 본 연구에서 개발한 시스템은 저가형으로 고 정밀 전력 정보 측정 및 기록 시스템으로 수배전반 등에 설치하여 전력설비 사고 원인의 분석 및 재발 방지, 법적 분쟁의 해결과 더불어 사고 이전에 데이터를 관리함으로써 사고 예방이 가능한 효과를 볼 수 있을 것이다.

References

- [1] Korea Electrical Safety Corporation, "A Statistical Analysis on the Electrical Accident" 2014
- [2] <http://www.maximintegrated.com/en/products/industries/metering-energy-measurement/78M6613.html>
- [3] IEEE Std. 1459-2010., "Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions" DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IEEESTD.2010.5439063>
- [4] P. Daponte, M. Di Penta, and G. Mercurio, "TransientMeter: A Distributed Measurement System for Power Quality Monitoring," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 19, No. 2, pp.456-462, April 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRD.2004.825200>
- [5] A. E. Emanuel, "Summary of IEEE Standard 1459: Definitions for the measurement of electric power quantities Under Sinusoidal, Non sinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions," *IEEE Trans. on Industrial Application*. Vol. 40, No. 3, pp. 869-876, May 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIA.2004.827452>
- [6] Vladimir V. TerziJa, Vladimir stanojevic, Marjan Popov and Lou van der Sluis, "Digital Metering of Power Components According to IEEE Standard 1459-2000 Using the Newton-Type Algorithm," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 56, No. 6, pp.2717-2724, December 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIM.2007.908235>

[7] <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00220364.pdf>

[8] http://www.wiznet.co.kr/sub_modules/en/product/product_main.asp

전 정 채(Jeong-Chay Jeon)

[정회원]



- 1999년 2월 : 원광대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

<관심분야>

전기 계측 및 제어, 신호처리, 전기안전

오 훈(Hun Oh)

[정회원]



- 1993년 2월 : 원광대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 원광대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2011년 10월 ~ 현재 : 원광대학교 전기공학과 조교수

<관심분야>

재생에너지, 전기안전, 계측기 개발