

전자식 전력량계와 무선모듈을 이용한 전력품질 표시 및 모니터링

정득일, 손영대
동서대학교 전자공학과

Power Quality Monitoring with Electronic Watt-hour meter and Wireless communication module

DEUG IL JUNG , YOUNG DAE SON
Dept. of Electronics Eng., Dongseo University

Abstract - An electronic watt-hour meter with high-precision measurement technology can provide many valuable metering data of a real-time system measurements, such as per-phase voltage, ampere, active power, reactive power, apparent power, power factor, and system frequency. Also many of accumulated metering data such as active energy, reactive energy, apparent energy, and load profile can be gettable from an electronic watt-hour meter[1].

This paper presents an approach of the small-sized AMR (Automatic Meter Reading) that provides customers with a very valuable electrical service. This AMR service transmits lots of a valuable metering data by using ZigBee communication module, so that users resided in their premises can use the information to audit a power quality and improve their electrical conditions by using the PQ monitoring device equipped with ZigBee receiver. This PQ monitoring device shows metering data on LCD and transmits to the PC through an internal network. Also, the device can keep the valuable meter data into a built-in non-volatile memory.

The final goal of this paper is to better understand the power quality of electrical systems and offer the power quality information for the convenience of all power consumers.

1. 서 론

현재 수용가의 건물 내에서는 공급되고 있는 전압이 몇 volt인지, 사용 중인 전류가 몇 ampere인지, 사용 중인 유효 전력량이 몇 kWh인지 실시간으로 확인할 수 없다. 실제 여러 수용가들은 이런 정보들을 실내에서 편하게 볼 수 있기를 원한다. 그러나 현재는 전력량계가 있는 곳(사무실 밖)으로 이동하여 그 정보를 기록하여 관리하고 있어 많이 불편을 초래한다.

그리고 산업자원부는 발전, 송전, 배전부문 분할에 대비하여 전기 사업자를 대상으로 전기품질 유지 기준을 제정 발표하였다[2]. 고시에 따르면 앞으로 전기 사업자는 계통주파수를 평상시 $60\pm0.2\text{Hz}$ 로 유지해야 하며 비상시에도 $57.5\sim62\text{Hz}$ 를 유지해야 한다. 또 345kV 송전계통의 경우 $345\pm5\%$ ($328\text{kV}\sim362\text{kV}$), 154kV 송전계통의 경우 $154\text{kV}\pm10\%$ ($139\text{kV}\sim169\text{kV}$)의 전압을 유지해야 한다. 송전용 전기설비의 전압불평형률은 3% 이내로 유지해야 한다.

본 논문에서는 순시 정보(전압, 전류, 주파수, 전력, 피상전력, 상한, 전압 위상각, 전류 위상각, 역률)와 누적정보(유효 전력량, 무효 전력량, 평균 역률), 이벤트 정보(정전, 복전, 저전압, 과전압, 과전류, 주파수 변동) 등을 ZigBee 모듈로 수용가에 실시간으로 송신하고, 수신장치

는 ZigBee 모듈로 이 정보들을 수신하여 처리한 후, 순차적으로 LCD에 표시(scroll) 및 외부 비휘발성 메모리에 저장하여 수용가가 실내에서 수신장치로 전자식 전력량계의 정보를 확인하고, 전력품질을 판단할 수 있도록 한다.

2. 본 론

2.1 전자식 전력량계

3상 전자식 전력량계 동작 원리에 대해서 간단히 살펴보겠다. 아래 그림 1은 본 논문에 사용된 3상 전자식 전력량계의 동작 구성이다. 6개의 아날로그 입력(P1, P2, P3, I1, I2, I3)을 받아 델타 시그마(Delta Sigma) A/D 변환하여 처리하며, A/D 분해능은 21비트이다. 전압은 입력되는 높은 전압(110V, 220V)을 저항 분압회로를 이용하여 DSP가 처리할 수 있는 낮은 전압으로 변환한 뒤 계측하고, 전류는 CT(Current Transformer)를 이용하여 입력되는 높은 전류(5A, 40A, 120A)를 낮은 전압으로 변환한 뒤 계측 한다. 이렇게 입력된 아날로그 신호를 연산하여 필요한 정보를 만들어 내는데, 이 정보들을 표시하기 위한 LCD, 정전을 대비하여 계측 데이터를 저장하기 위한 외부 비휘발성 메모리, 전력량계 외부로 자료 전송을 위한 직렬통신 부분으로 구성되어 있고, 이 기능들은 RTC(Real Time Clock)를 기준으로 여러 작업을 수행한다.

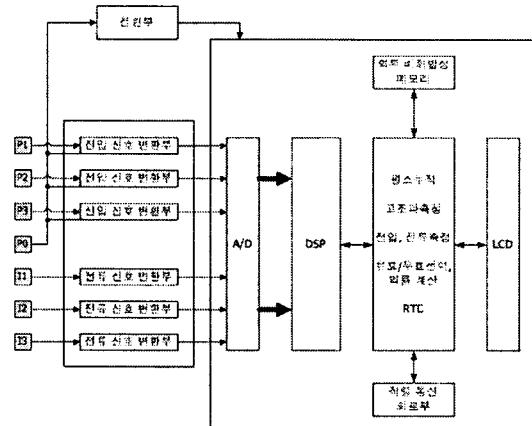


그림 1. 전력량계 동작 구성

Fig. 1. Electronic Watt-hour meter operation

2.2 무선통신 모듈

무선통신 모듈로는 WiFi, Bluetooth, ZigBee 등 여러 가지가 있는데, 본 논문에서는 ZigBee를 이용하여 개발

하였다. ZigBee는 IEEE Standard 802.15.4 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술로서 다른 무선통신 보다 저속이지만 저가격, 저 전력에 Star, Cluster-tree, Mesh 등의 네트워크가 가능한 장점을 가지고 있다[6]. 이 종 네트워크 기능은 활용하기에 따라 많은 장점을 가질 수 있고, 작은 왕의 데이터(한 번에 1KB 미만)를 전송하기 때문에 고속의 통신방식이 필요하지 않아 ZigBee를 선택하였다.

2.3 전력품질 요소

전력품질을 결정하는 요소는 고조파(Harmonic), 플리커(Flicker), 전압 불평형(Voltage Unbalance), 순간전압 강하(Voltage sag, dip), 순간전압(Voltage swell), 순간 정전(Interrupt) 등이 있다[3]. 이 요소들은 기기의 과열, 소손, 진동, 소음, 전자회로의 오동작, 조명의 깜빡임, TV화면 떨림, 유효토크감소, 국부적 가열현상, 절연역화 촉진 등의 심각한 문제를 초래하는 것으로써 이 요소들을 정확히 계측, 파악하여 전력품질 개선에 기여할 것이다.

지금까지의 전력은 전력회사의 회일적인 품질과 요금체계로 수용가에 공급되어 왔으며, 신뢰도 또한 30분 평균치의 개념으로 적용되어 왔으나 전기사용환경의 변화 및 사회 환경의 변화로 인해 전기품질의 변동에 따른 영향이 과거와는 다른 양상을 보이고 있다. 즉, 극히 짧은 시간 동안의 전기품질저하에도 전기사용기기가 민감하게 작용하여 공장의 생산활동 장애, 정보기기의 오동작으로 인한 정보흐름의 단절 등으로 기회비용이 막대하게 증가하고 있으며, 이러한 비용은 앞으로도 계속 증가할 것으로 예상되고 있다.

이처럼 전기품질의 저하현상은 오늘날의 사회, 경제활동에 막대한 지장을 초래하여 수년 전부터 선진국들은 이를 극복하기 위한 첨단 전력기기 개발과 아울러 이를 수용가에게 가장 근접해 있는 배전계통에 도입하여 배전계통을 새롭게 구성함으로써 신뢰성이 높은 전력공급 체계를 구축하고 이를 통해 고품질의 전력을 수용가에 공급하고자 하는 노력을 계속해 오고 있다. 여기에 수용자가 요구하는 전력품질의 우선순위도 업종에 따라 정전, 전압, 고조파, 플리커, 요금 등으로 다양하게 변화되고 있어 전기품질을 차등화 하여 공급할 수 있는 체계를 요구하기에 이르렀으며, 전력회사별 전력계통별 전력품질계측을 위해 전력품질 계측기기를 사용하고 있으며 이를 통해 요금을 차별화 하고 있다.

이와 더불어 전력 및 전력품질의 이상 상태를 즉각 확인하여 이에 대한 조치를 취하기 위해서는 원격지에서 전력품질의 확인 및 제어기능이 필수불가결한 요소가 된다.

본 논문에서는 전력품질 상태를 ZigBee 모듈을 이용하여 실시간으로 이상 상태를 확인할 수 있도록 한다.

2.4 전력품질 처리방법

전력량계에서는 전송할 각각의 데이터를 지정된 시간 동안 누적한다. 이렇게 누적된 데이터의 평균값을 수신장치로 송신하는데, 전송할 데이터의 기본 프레임은 표 1과 같다. 이 정보들을 수신한 수신장치는 다음 데이터를 수신하기 전 까지 처리 완료하여야 한다. 전송할 데이터의 크기에 따라 전송시간이 길어질 수 있기 때문에 전송 할 데이터 간의 시간간격을 짧게하면 안된다. 본 논문에서는 이 시간을 10초로 지정하였다. 만약 사용중에 이벤트(과전압, 과전류, 주파수 변화, 정전 등)가 발생하면, 전송해야 할 프레임의 마지막에 이벤트 정보를 더하여 정해진 시간이 되면 전송한다. 정전이 되면 전자식 전력량계에서는 더 이상 데이터 전송할 수 없게 된다. 그래서 복전이 될 때, 정전, 복전 정보를 더하여 데이터를 전송 한다[4].

수신장치는 먼저 초기화가 되었는가를 확인한다. 초기화는 송신 장치인 전력량계로부터 기본 정보가 수신되었

나?로 판단한다. 수신 되지 않았다면 전력량계에게 기본 정보 전송요청을 하고, 요청을 받은 전력량계는 기본정보(전력량계의 계기ID, 정격 전압, 전류, 주파수, 공급방식, 계기등급, 계기정수, 변성기배수 등)를 전송 한다. 수신장치는 이 정보들을 내, 외부 메모리에 저장 한다. 초기화가 다 되었다면 이후 부터는 전송된 데이터를 내부램에 저장하고, 새로운 데이터가 수신이 될 때마다 현재의 값과 새로운 값을 비교 분석하고 각 항목에 대한 최대, 최솟값을 내부, 외부메모리에 저장한다. 이벤트 정보들은 수신될 때마다 외부 메모리에 저장한다. 이렇게 저장된 데이터들은 LCD와 버튼을 이용하여 쉽게 볼 수 있도록 한다.

표 1. 통신 기본 프레임

Table 1. Communication base frame

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
유효전력량	무효전력량	A상				B상				C상				C상	
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
순시유효전력	순시무효전력	A상				B상				C상				C상	
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
A상	B상	C상				A상				B상				A상	
순시피상전력	순시피상전력	순시피상전력				순시피상전력				순시전압				순시전류	
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
B상	C상	A상				B상				C상				C상	
순시전압	순시전압	순시전류				순시전류				순시전류				순시전류	
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
C상	A상	B상	C상	순시	순시	순시	순시	순시	주파수	주파수	주파수	AB	AC	전압	
순시전류	역률	역률	역률	역률	역률	역률	역률	역률	역률	역률	역률	위상각	위상각	위상각	
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
A상	B상	C상	상	Er	fla	년	월	일	요일	시	분	초			
전류	전류	전류	한												
위상각	위상각	위상각	위상각	g											

2.5 전력량계 데이터 송신시험

전자식 전력량계가 ZigBee 모듈을 이용하여 통신 프레임 데이터를 전송할 수 있도록 펌웨어를 수정한 후, 3상 시험대를 이용하였다.

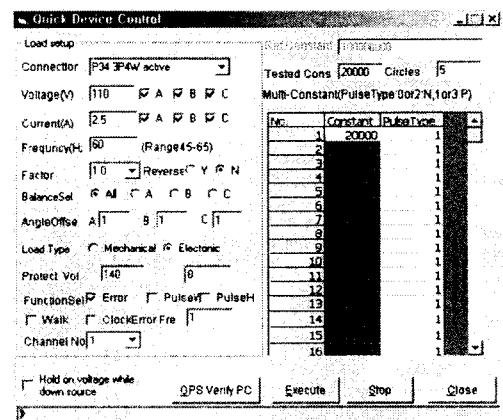


그림 2. PC를 이용한 장비 제어

Fig. 2. Control of test equipment by using PC

그림 2에서 알 수 있듯이 전압 110V, 전류 2.5A, 주파수 60Hz, 위상각 1°로 하여 진행하였다. 이 값을 바꿔가면

서 전송되는 데이터의 변화를 확인한다. 그림 3은 데이터를 송신하는 모습인데, 데이터를 송신 중에 전력량계의 기본 기능에 영향을 줘서는 안 된다.

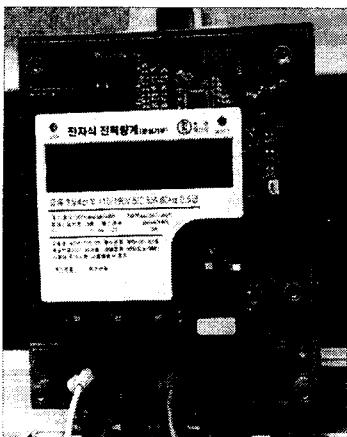


그림 3. ZigBee 모듈을 이용한 데이터 송신
Fig. 3. Sending a data using ZigBee module

데이터는 PC에서 먼저 확인을 한 후, 올바르게 전송되었으면 수신장치를 연결하여 데이터를 처리한다. 그림 4는 수신장치가 ZigBee 모듈을 이용하여 데이터를 수신하는 모습이다.

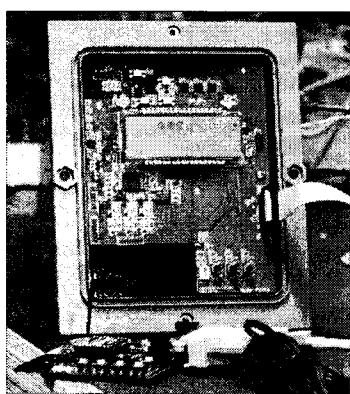


그림 4. ZigBee 모듈을 이용한 데이터 수신
Fig. 4. Receiving a data using ZigBee module



그림 5. 수신 데이터를 PC로 확인
Fig. 5. Checking the received data using PC

그림 5는 PC에서 수신한 데이터이다. 이 데이터를 분석해 보면, 9번째 바이트인 0x44부터가 전자식 전력량계가 송신한 계측값 데이터이다. 그 전의 데이터와 마지막의 0xAE(CRC)는 ZigBee 전송 관련 데이터이다.

표 2. 수신 데이터(바이트 번호, 16진수, 10진수)
Table 2. Received data(byte num, hexa, dec)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00000644				00000010			000437DC		0004389C						
1604				16			276,444			276,636					
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
000433EE				00000918			000008B8		00000f2D						
275,438				2,328			2,232			3,885					
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
000437E5				000438A5			00043409		0001ADD6						
276,453				276,645			275,465			110,038					
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
0001AE15				0001AFB0			000009CF		000009CF						
110,101				110,512			2,511			2,511					
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
000009BC				2710			270F		0258		0078	00EF			
2,492				10,00			9,999		600		120		239		
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
0000	0000	0000	0000	04	00	07	D7	09	11	01	0D	00	0A		
0	0	0	0	4	0	2007	9	17	1	13	0	10			

표 2의 수신결과와 같이 올바른 데이터들이 전송되었다. 수신장치는 수신된 데이터를 현재까지의 최대, 최솟값과 비교하여 그 값이 변경되어야 한다면 외부 메모리에 저장한다. 특정 이벤트가 발생했을 경우에는 지정된 외부 메모리 주소에 쓰기를 하여, 수신장치에 전원이 끊어지더라도 데이터를 보존할 수 있게 한다.

3. 결 론

앞으로 전력품질의 중요성은 더욱 더 강조될 것이다. 값 비싼(500만원/대) 전력품질 측정기를 구입하여 설치하기보다, 수용가마다 설치해야 하는 전력량계를 이용하면 높은 경제성을 확보할 수 있다. 수용가는 전력량계의 여러 데이터를 실시간으로 원격지에서 확인할 수 있어 인건비 절감의 효과와 전력품질 관련 데이터를 수신기에서 처리하여 많은 편리함을 제공한다. 전력품질 개선으로 고가 장비의 파손 및 오동작을 개선하여 무형의 손실을 절감할 수 있다. 그리고 데이터 전송 매체를 ZigBee로 함으로써 설치의 용이함과, 향후 네트워크를 이용하여 원격 검침과 같은 기능도 추가할 수 있어, 그 가능성은 무궁무진할 것으로 사료된다.

【참 고 문 헌】

- [1] KS C 1214 전자식 유/무효 전력량계 유효 0.2급, 0.5급, 1.0급, 2.0급 부효 2.0급, 3.0급, 한국표준협회, 2005.12.20.
- [2] 전력계통 신뢰도 및 전기품질유지 기준, 산자부 고시, 2003.04.02.
- [3] IEC 61000 4 30, Power quality measurement methods, 2003.02.11.
- [4] IEC 61000 3 3, Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection, 2005.10.13.
- [5] IEC 60050 300 Internal Electrotechnical Vocabulary Part 311: General terms relating to measurements, Part 312: General terms relating to electrical measurements, Part 313 Types of electrical measuring instruments, Part 314 Specific terms according to the type of instrument, 2001.07.31.
- [6] ZigBee Specification, ZigBee Standards Organization, 2006.12.01.