

Development of ADWHM(Advanced Digital Watt-Hour Meter) for Remote Management of Distribution Systems

高 銳 錫* · 尹 相 文** · 徐 成 震** · 姜 泰 圭**
 (Yun-Seok Ko · Shang-Moon Yun · Sung-Jin Seo · Tae-Gue Kang)

Abstract -This paper develops an ADWHM(Advanced Digital Watt-Hour Meter) which integrates and implements the voltage management data record function and the load management data record function in the electronic watt-hour meter. ADWHM is developed based on PIC16F874 which is 8bit micro-controller of RISK type for the easy of programing and maintenance, and electronic power signal processing module is located at front of it to reduce the computing load of processor. Also, a 16kbyte EEPROM is used to record the voltage management data and load management data for a week as well as watt-hour data and USART communication mode is used to transfer data from ADWHM to PC. The accuracy of the voltage and current measuring for ADWHM is verified by identifying the LCD display values of the ADWHM after the voltage signals of typical levels from digital function generator is applied to PT(Potential Transformer) and CT(Current Transformer) output under state which it is separated from real power line. Then the its basic functions such as watt-hour data recording function, voltage management data recording function and load management data recording function was verified by showing data for three days among the collected data to PC by RS232C communication from ADWHM which was connected to real power lines for a week.

Key Words : Watt-Hour Meter, Distribution Systems, ADWHM, DRMS(Distribution Remote Management Systems)

1. 서 론

전기, 전자, 정보통신 산업의 발전에 따라 일반 수용가들의 사용제품이나 제조업체 장비가 점차로 고성능화되고 있으며 핵가족화 및 맞벌이, 외출 횟수 증가 등으로 일반 전기 수용가들은 안전점검 및 고품질의 전력공급을 요구하고 있다.

따라서 미국, 일본 및 선진 기술국들의 전력회사에서는 일반 수용가 편의와 고품질의 전력공급을 위해 안전점검은 물론 정전관리, 손실관리, 부하관리, 전압관리등의 관리목표를 정하고 그 목표를 달성하기 위해서 학계, 산업계, 연구소등을 중심으로 많은 노력을 기울이고 있다. 그리고 그러한 노력의 결과로 배전 자동화 시스템이 제안되었으며 현장시험을 거친 후 배전계통에 도입되어 공급신뢰도 개선에 큰 역할을 하고 있다. 우리나라의 경우도 공급신뢰도 측면에서 배전 자동화의 중요성을 인식하여 90년도 후반부터 전국의 배전선로에 확장 적용, 정전시간을 최소화함으로써 공급신뢰도를 크게 개선하고 있다. 원격점검의 경우 배전자동화와 함께 계획되었으나 초기에는 경제성이나 통신 신뢰도 문제등으로 실현되지

못하였다. 또한 전력품질 및 신뢰도와 관련된 전압관리와 부하관리도 수천, 수백만개소에 이르는 전압, 및 부하관리 측정 개소로부터 발생하는 오프라인 측정업무 자체의 비효율성을 타파하기 위해 많은 노력을 기울여 왔으나 아날로그 측정계기를 디지털화 하여 분석작업의 효율성을 기하는 수준에 머물고 있어 최근 들어 배전 담당자들로부터 온라인화에 대한 요구에 직면하고 있는 실정이다.[1-7] 이러한 환경하에서 90년대 말부터 이동통신이나 인터넷기술의 급속한 발전으로 원격점검 및 원격관리기법에 대한 연구가 활발히 진행되어 현재 고압 수용가에 대한 원격 점검은 CDMA 통신방식을 통해 실현되고 있으나, 일반 저압 전기 수용가에 대한 자동점검 문제는 경제성 문제로 실현에 어려움을 겪고 있다. 또한 전압관리와 부하관리 측면에서도 전자식 전압관리, 부하관리 계기들이 독자적으로 개발되어 경제성 저하문제로 실현에 어려움을 겪고 있어 경제성을 가진 원격 시스템 개발에 노력을 기울이고 있다. 그러나 이러한 문제는 원격관리를 위한 전자식전력량계에 전압관리 기록계기, 부하관리 기록계기의 기능을 통합한 디지털 전력량계에 기반하여 통합관리를 실현함으로써 해결될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전자식 전력량계에 전압관리 데이터 기록기능, 부하관리 데이터 기록기능을 구현함으로써 사용전력량 점검은 물론 온라인 전압관리와 부하관리를 통합 지원하는 차세대 디지털 적산전력계 ADWHM(Advanced Digital Watt Hour Meter)을 제안한다. ADWHM은 프로그램의 구현 및 보수유지의 편의성을 위해 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨

* 正 會 員 : 남서울大學 電子情報通信工學部 副教授 · 工博

** 正 會 員 : 光云大 大學院 制御計測工學科 碩士課程

接受日字 : 2004年 1月 14日

最終完了 : 2004年 4月 21日

트roller, PIC16F874를 기반으로 개발되며, 전단 부에 전력신호처리 부를 두어 프로세서의 신호처리 부하를 줄일 수 있도록 설계한다. 또한 데이터 기록을 위해 시리얼 EEPROM을 사용하며 USART통신모드를 통해서 ADWHM과 PC간데이터 통신이 이루어지도록 한다. 그리고 ADWHM을 전력선에서 분리한 상태에서 PT(Potential Transformer)와 CT(Current Transformer)부에 함수발생기를 이용, 실제 전력선에서는 경험하기 어려운 다양한 레벨의 전압, 전류에 대응하는 전압신호를 인가해 ADWHM의 전압, 전류 변화 측정의 정확도를 검증한다. 또한 ADWHM을 부하모의 세트가 연결된 실제 전력선에 일주일간 연결하고 PC로 RS232C통신을 통해서 기록된 데이터를 수집한 후 그 중 3일간 데이터를 보임으로써 ADWHM의 사용전력량 기록기능, 전압관리데이터 기록기능 그리고 부하관리데이터 기록기능을 검증한다.

2. ADWHM의 데이터 정의

ADWHM은 기본적으로 사용전력량 기록은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률을 통합 기록하도록 설계된다. 따라서 ADWHM을 설계하기 위해서 4개의 데이터들이 정의된다.

2.1 유효전력량 데이터

일반적으로 교류회로에서 전압, 전류파형은 정현파를 보인다. 그림 1은 이들 전압, 전류 파형을 보이는데, 순시전력 $p(t)$ 는 그림에 보인바와 같이 순시 전압과 순시전력의 곱, $e(t) \times i(t)$ 로 표시된다.

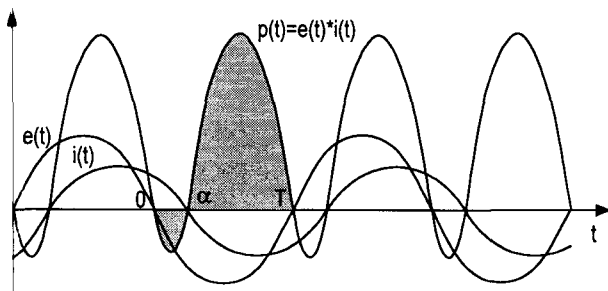


그림 1 교류전압, 전류, 전력파형
Fig. 1 AC voltage, current and power waveform

유효전력은 한 주기에 대한 평균전력을 의미하므로 식 (1)과 같이 표시할 수 있다.

$$P_r = \frac{1}{T} \int_0^T e(t)i(t)dt \quad (1)$$

그리고 유효전력량 W는 유효전력이 시간축과 이루는 면적이므로 유효전력 P_r 에 주기 T를 곱한 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$W = P_r \times T = T \times \frac{1}{T} \int_0^T e(t)i(t)dt \quad (2)$$

$$= \int_0^T e(t)i(t)dt$$

식 (2)로부터 한 주기 T에 대한 유효전력량은 식 (3)으로 표시될 수 있다.

$$W = \int_0^T e(t)i(t)dt$$

$$= \int_a^T e(t)i(t)dt + \int_0^a e(t)i(t)dt \quad (3)$$

2.2 전압관리, 부하관리 데이터

전압관리와 부하관리를 위한 전압, 부하 데이터는 일반적으로 주어진 일 수동안의 실효치의 평균치로 정의된다. 실효표기법은 직류와 동일한 양의 일을 하는 것에 해당한다. 실효치는 한주기 동안의 순시치 제곱의 평균치에 대한 제곱근으로, 전압관리를 위한 전압의 실효치는 식(4)로 표시된다. 단 여기서는 순시전압관리는 고려되지 않는다.

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e(t)^2 dt} \quad (4)$$

다음 부하관리를 위한 전류 실효치는 식 (5)로 표시된다.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \quad (5)$$

2.3 역률(Power Factor) 데이터

역률(PF)은 피상전력에 대한 유효전력의 비로서 표시된다. 먼저 피상전력은 실효치 전압과 실효치 전류의 곱으로 표시되므로 식 (6)과 같이 표시된다.

$$P = E \times I$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e(t)^2 dt} \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \quad (6)$$

$$= \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T e(t)^2 dt \cdot \int_0^T i(t)^2 dt}$$

따라서 역률은 식 (7)과 같이 표시할 수 있다.

$$\cos \theta = \frac{P_r}{P} = \frac{\int_0^T e(t)i(t)dt}{\sqrt{\int_0^T e(t)^2 dt \cdot \int_0^T i(t)^2 dt}} \quad (7)$$

3. ADWHM 설계 및 구현

차세대 전력량계는 배전원격관리를 지원하기 위해 기존 월간 사용전력량은 물론 전압관리와 부하관리를 위한 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률을 기록하도록 설계된다.

3.1 ADWHM의 기본사양

표 1은 ADWHM의 설계사양을 보인다. 단상 2선식 220V 30A를 기준사양으로 한다. 사용전력량을 기록하며 15분 주기 별로 평균전압과 평균부하전류를 기록하도록 한다. 특히 사용전력량은 전월과 현월을 기록하도록 하였으며, 전압관리 및 부하관리 데이터는 전 주와 이번 주에 대해서 각각 기록하도록 함으로써 원격관리 시스템은 전월이나 전주에 대한 데이터를 수집, 기록한다.

표 1. ADWHM의 설계사양
Table 1. Specifications for ADWHM

상선사	공급 전압	기록기능		통신 방식
1P 2W	220V 30A	KWH	사용전력량	RS 232C/ ADSL
		전압관리	3일간 15분주기 평균전압	
		부하관리	3일간 15분주기 평균부하전류	
		역률관리	역률기록	

3.2 ADWHM의 하드웨어 설계

일반적으로 전력량 계측방식에는 True RMS법, 시분할 승산방식, 홀소자 승산방식 등이 있는데 실제 파형을 샘플링하여 전력량을 계산함으로써 파형의 형태나 온도에 영향받지 않고 정확한 계측이 가능한 True RMS법을 채택한다. 마이크로 컨트롤러는 구현하기 쉽고 처리속도가 빠르며 컴퓨터 및 주변 디바이스와의 데이터송수신에 필요한 SPI, I²C, USART 통신모드를 모두 지원하는 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨트롤러 PIC16F874를 사용한다. 그리고 신호처리부를 두어 전력선으로부터의 전압, 전류신호를 전처리하도록 함으로써 프로세서의 부하부담을 줄일 수 있도록 설계한다. 그림 2는 ADWHM의 하드웨어에 대한 블록선도를 보이는데, PT(Potential Transformer)부, CT(Current Transformer)부, 신호처리부, EEPROM, LCD DRIVER, RS232C 통신포트등으로 구성된다.

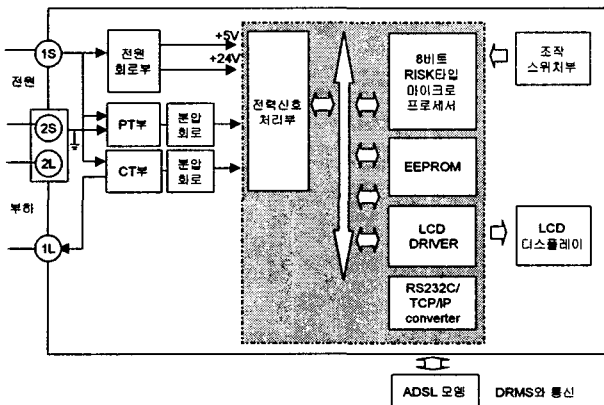


그림 2 ADWHM의 블록선도
Fig. 2 ADWHM block diagram

전력선으로부터 ADWHM의 전력신호처리부에 제공되는 전압신호와 전류신호를 얻기 위해서 PT와 CT가 활용된다. 일반적으로 전압신호를 얻는 방식으로는 저항분압방식과 PT 이용방법이 있는데, 저항분압방식은 전력소모가 커서 CT에 부담을 주며 외부노이즈에 직접 노출되는 단점을 가진다. 반면에 PT는 선형성이나 위상지연의 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 저전력이면서 노이즈에 대한 직접적인 노출을 피할 수 있는 PT를 활용한다. 이때 PT는 충분한 선형성과 저위상지연을 얻을 수 있도록 설계, 제작되도록 한다.

전력신호처리부는 전력량에 비례하는 펄스신호를 마이크로 컨트롤러에 외부 인터럽트로 제공한다. 또한 전압 실패치와 전류실패치 그리고 피상전력을 마이크로 직렬 동기통신방식에 근거하여 컨트롤러에 제공한다. 만약 PT와 CT로부터 제공되는 e(t), i(t)가 일정한 하나의 계산주기 T동안 샘플링주기 ΔT로 N번 샘플링 된다면 유효전력량 W는 식(8)과 같이 계산된다.

$$W = \sum_{k=0}^N e(k) \cdot i(k) \cdot \Delta T \quad (8)$$

전력신호처리부는 W에 근거하여 전원에서 부하에 공급되는 전력에너지량이 정해진 일정기준량(W/s)을 초과하면 외부로 펄스를 발생시키게 된다. 또한 N개의 샘플치를 이용하여 전압실패치와 전류실패치를 식(9), 식(10)과 같은 방식으로 계산하게 된다.

$$E_r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^N e(k)^2} \quad (9)$$

$$I_r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^N i(k)^2} \quad (10)$$

다음 역률은 식 (11)로 계산된다.

$$\cos \theta = \frac{\sum_{k=0}^N e(k) \cdot i(k) \cdot \Delta T}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^N e(k)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^N i(k)^2}} \quad (11)$$

그리고 직렬 동기통신방식에 근거하여 데이터를 마이크로 컨트롤러에 제공한다. EEPROM은 각종변수와 watt hour 데이터, 전압관리 데이터, 부하관리 데이터 그리고 역률을 저장한다. 이때 전압관리 데이터, 부하관리 데이터는 3일동안 15분주기로 기록되도록 하며 특히 전 주간 및 현 주간 데이터를 기록하기 때문에 16킬로바이트의 용량으로 설계한다. 시계기능은 외부 RTC(Real Time Clock)대신에 타이머에 제공되는 클락 주파수를 이용하여 구현한다. 사용전력량은 전력신호처리부로부터 사용전력량에 비례하여 제공되는 펄스신호를 인터럽트로 하여 가산함으로써 얻어진다.

3.3 ADWHM의 데이터처리전략 설계

마이크로 컨트롤러는 전력신호처리부로부터 제공되는 식 (8),(9),(10)으로 표시되는 정보로부터 그림 3과 같은 프로그램 처리수순에 의해서 사용전력량, 역률은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 계산 기록한다.

단계 1] ADWHM 동작을 위한 초기치를 설정한다. 여기서 k는 k번째 기록 시간대를 표시한다. 반면에 W는 사용전력량, W_s 는 1초간의 사용전력량 즉 유효전력을 표시한다.

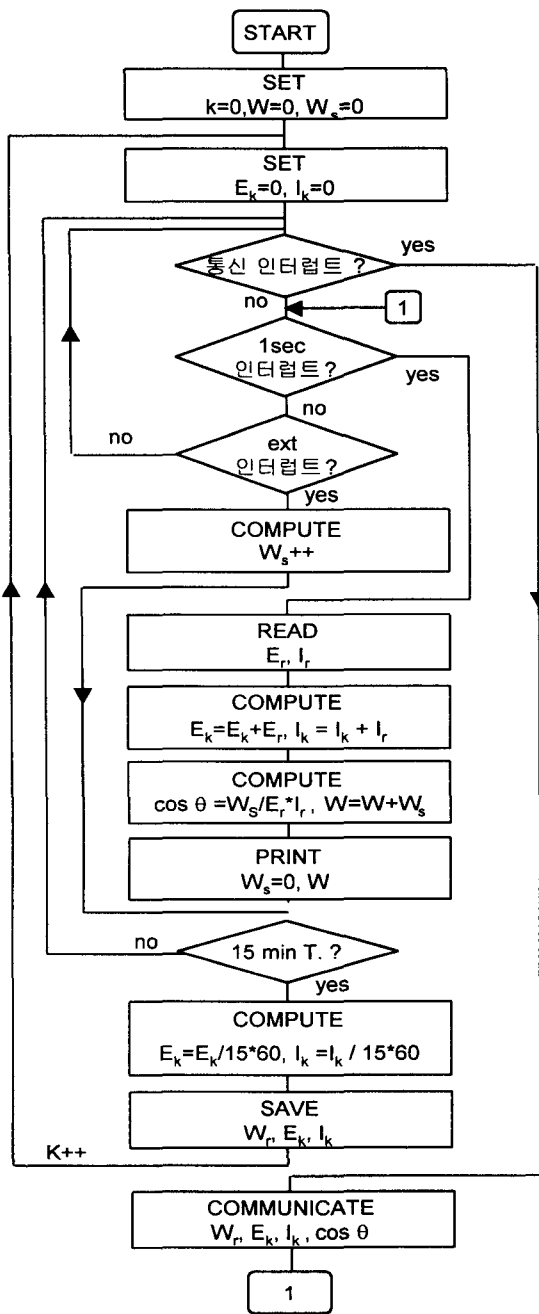


그림 3 데이터 기록 프로그램
Fig. 3 Data recording program

단계 2] 인터럽트가 발생하면 마이크로 컨트롤러는 먼저 외부 통신 인터럽트를 확인한다. 만약 외부 통신인터럽트가 발생한 경우, 마이크로 컨트롤러는 하던 작업을 멈추고 EEPROM으로부터 사용전력량 데이터 W, 3일간의 전압관리 데이터 $E_k(k=1, \dots, 4*24*3)$, 3일간의 부하관리 데이터 $I_k(k=1, \dots, 4*24*3)$ 그리고 역률 $\cos \theta$ 를 순차적으로 읽어, RS232C통신을 통해서 컴퓨터에 전송한다. 그리고 통신이 완료되면 컨트롤러는 인터럽트가 발생하기 전의 작업으로 리턴한다. 반면에 외부 컴퓨터로부터의 통신인터럽트가 발생하지 않은 경우 단계 3으로 가서 1초 인터럽트를 확인한다.

단계 3] 1초 인터럽트를 확인한다. 만약 1초 인터럽트가 발생한 경우, 마이크로 컨트롤러는 하던 작업을 멈추고 전력신호처리부로부터 1초간의 평균 실효전압 E_r , 평균 실효전류 I_r 을 읽어들이고 다음, $E_k=E_k+E_r$, $I_k=I_k+I_r$ 를 수행하여 그 값을 누적한다. , LCD에 다시표시한다. 반면에 1초 인터럽트가 발생되지 않은 경우 단계 4로 가서 외부 인터럽트가 발생하였는지를 검사한다.

단계 4] 1초 인터럽트를 확인한다. 만약 1초 인터럽트가 발생한 경우, 마이크로 컨트롤러는 하던 작업을 멈추고 전력신호처리부로부터 1초간의 평균 실효전압 E_r , 평균 실효전류 I_r 을 읽어들이고 다음, $E_k=E_k+E_r$, $I_k=I_k+I_r$ 를 수행하여 그 값을 누적한다. 그리고 역률을 계산하고 1초간 사용전력량 W를 적산한 다음, LCD에 다시표시한다. 반면에 1초 인터럽트가 발생되지 않은 경우 단계 5로 가서 외부 인터럽트가 발생하였는지를 검사한다.

단계 5] 외부(Ext) 인터럽트를 확인한다. 만약 외부 인터럽트가 발생한 경우, 프로세서는 그리고 1초간 사용전력량 데이터 W_s 를 누산한 다음 단계 6으로 간다. 반면에 외부 인터럽트가 발생하지 않았으면 하던 작업을 계속하다가 인터럽트가 발생하면 단계 2로가서 통신인터럽트를 확인한다.

단계 6] 15분이 경과하였는지를 검사한다. 만약 15분주기를 만족하면 $E_k=E_k/(15*60)$, $I_k=I_k/(15*60)$ 을 수행하여 실효전압, 실효전류의 15분주기 평균치를 계산한다. 그리고 사용전력량 데이터 W, 15분 주기 전압 데이터 E_k , 15분주기 전류 데이터 I_k 를 EEPROM에 저장한다. 그리고 k를 증분한 다음 15분 주기에 대한 계산을 계속 수행하면서 인터럽트가 발생하면 단계 2로 가서 인터럽트를 확인한다. 반면에 15분주기를 만족하지 않으면 하던 작업을 계속하다가 인터럽트가 발생하면 다시 단계 2로 가서 인터럽트를 확인한다.

이상과 같이 ADWHM은 단계 2-6을 반복하면서 데이터를 기록하고 PC의 데이터수집 요청에 대응하여 데이터를 PC에 전송한다.

3.4 ADWHM의 데이터 프로토콜 설계

ADWHM은 매월 배전 원격관리 시스템의 요청에 따라 데이터를 원격관리 시스템으로 전송하게 되는데 이때 원격관리 시스템으로부터 ADWHM으로 전송되는 데이터 요구 명령코드는 그림 4(a), 그리고 ADWHM으로부터 원격관리 시스템으로 전송되는 데이터 프로토콜은 그림 4(b)와 같다. 그림에서 WHM#는 ADWHM의 고유 일련번호이다. 그리고 명령코드는 1바이트로 처리되며 5개의 코드로 구분된다. 0는 KWH 데이터에 대한 데이터 전송요구명령이며, 1은 전압관리 데이터, 2는 부하관리 데이터, 그리고 3은 통합데이터의 전송요구

명령을 표시한다. KWH 데이터와 역률관리 데이터는 2바이트로 표시되며, 전압관리의 부하관리는 3일간의 데이터를 표시하기 때문에 364바이트로 처리된다.

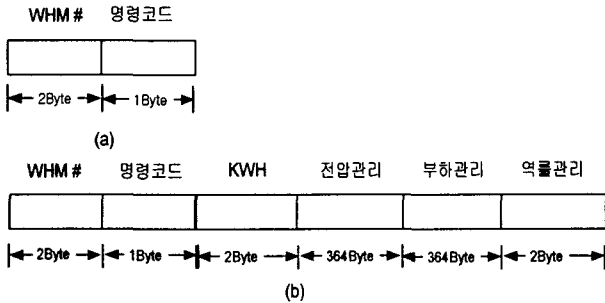


그림 4 데이터요구명령코드와 데이터 프로토콜
Fig. 4 Data request command code and data protocol

4. 실험제작 및 고찰

ADWHM은 리스크 타입의 PIC 16F874를 이용하여 설계되었으며, 월간 사용전력량, 역률, 그리고 15분 주기로 전압관리 데이터 그리고 부하관리 데이터를 기록하도록 구현되었다. 따라서 본 연구에서는 이와 같이 설계 구현된 ADWHM의 성능과 정확성을 검증하기 위해서 동일한 3개의 ADWHM을 시험 제작하였으며, 전기부하에 대한 연속적인 실험을 실시하였다. 그림 5는 ADWHM의 성능을 검증하기 위해서 구성된 실험 시스템 구성을 보인다.

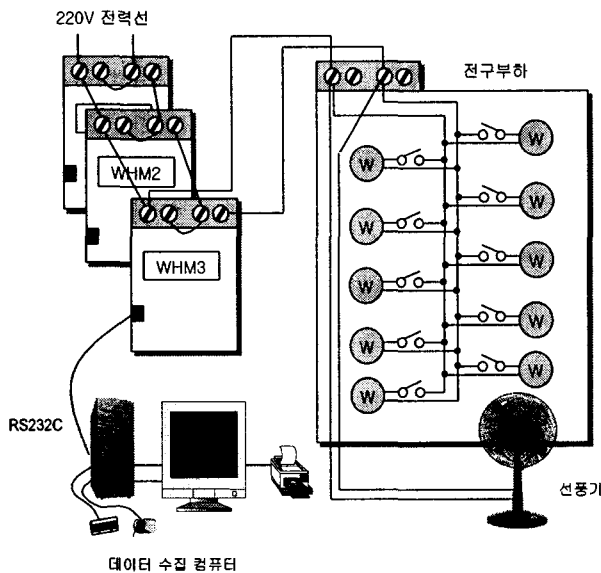


그림 5 ADWHM 성능검증을 위한 실험 시스템의 구성
Fig. 5 Test system configuration for performance evaluation of ADWHM

{ADWHM1, ADWHM2, ADWHM3}는 실험제작된 적산전력계이며 우측의 전구부하 세트는 본 실험을 위해 특별히 제작된 부하세트이다. 부하세트는 AC 220V를 입력전압으로 하며 스위치 조작을 통해 전구의 on/off를 제어함으로써 부하의 크기를 조절할 수 있도록 구성하였다. 또한 유도부하를 모의하기 위해 60W 선풍기를 회

로부하로 구성하였다. 그리고 그림에는 보이지 않았으나 입력단에 시중에서 판매되는 A사의 적산전력계를 설치하여 측정된 전력량의 정확성을 검증할 수 있도록 하였다. 사용된 컴퓨터는 PC586컴퓨터이며 C언어를 이용하여 RS232C 통신을 통해 3대의 ADWHM으로부터 데이터를 수집한다.

4.1 ADWHM의 시험제작

본 연구에서는 성능검증을 위해 3대의 ADWHM을 시험제작하였다. 그림 6은 본 연구에서 시험제작된 ADWHM 들을 보인다.

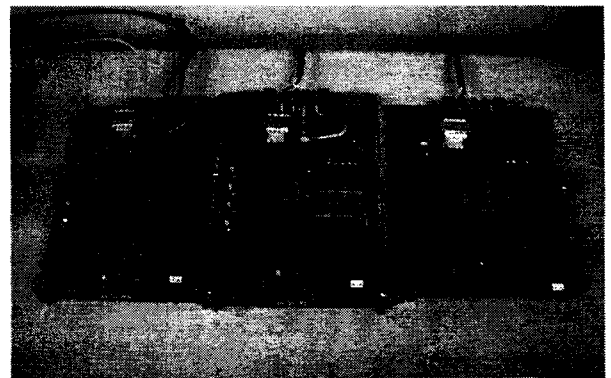


그림 6. 시험 제작된 ADWHM들
Fig. 6 ADWHM made for test

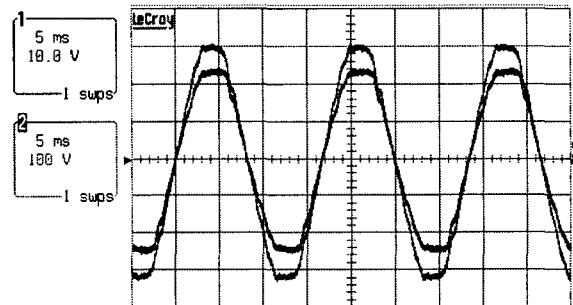


그림 7. PT 1차측/2차측 전압파형
Fig. 7 PT primary/secondary voltage waveform

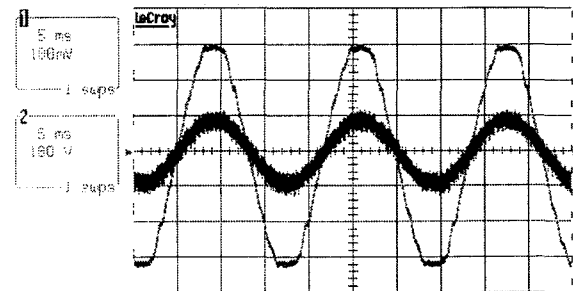


그림 8 전압파형과 CT출력파형
Fig. 8 Voltage and CT output waveform

그림 7은 ADWHM의 PT 1차측/2차측(출력단) 전압파형을 보인다. 그림 8은 전압과 CT출력단의 파형을 보인다. 립을 통해서 전기

부하와 선풍기 부하에 대해서 2차측 출력파형에 위상지연과 왜곡 현상이 거의 없음을 확인할 수 있다.

4.2 실험고찰

실험은 2가지 방법론으로 실시된다. 먼저 ADWHM의 기본기능인 측정기능의 정확성을 검증한다. 다음, ADWHM을 1주일간 실제 전력선에 연결, 전체 회로에 대한 안정성과 기록기능을 검증한다.

4.2.1 ADWHM 측정기능 검증

ADWHM에 대한 기본적인 측정기능의 정확성을 검증하기 위해서는 실제 전력선에서는 경험하기 어려운 다양한 부하레벨이 고려되어야 한다. 따라서 ADWHM을 실제 전력선에 연결하는 대신에 PT와 CT 출력단에 최대와 최소 전압, 전류 값 사이의 다양한 레벨의 신호전압을 인가한 후 측정된 전압, 전류값을 확인함으로써 측정기능의 정확성을 검증하도록 한다. 실험을 위해서 ADWHM을 실제 전력선으로부터 분리한 상태에서 디지털 함수발생기 2대를 PT와 CT의 2차측 측 출력단에 연결한다. 그리고 디지털 함수발생기를 조정, 대표적인 전압레벨들 중의 하나로 설정한 다음 마이크로 컨트롤러가 LCD에 안정화된 값을 디스플레이할 때까지 기다린 후, 그 안정화된 전압, 전류값을 확인, 기록한다. 그림 9는 실험을 위해 설계된 분압기를 거친 후 ADWHM의 PT와 CT 출력단에 인가된 48번 인가된 48개의 전압신호 패턴들을 보인다. 함수발생기는 최대 50MHz의 Tabor 디지털 함수발생기가 사용되었다.

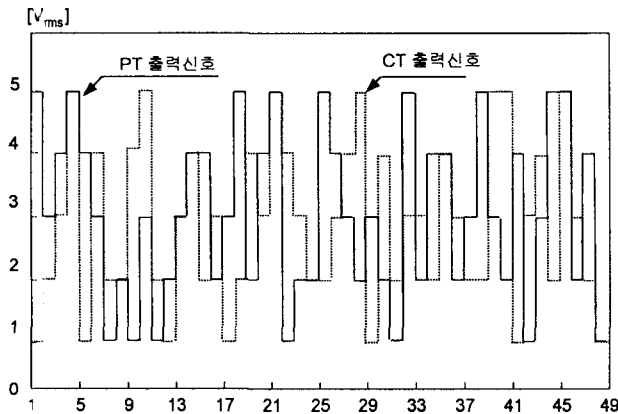


그림 9 ADWHM의 PT, CT출력단에 인가된 전압패턴들
Fig. 9 Voltage patterns applied to the PT and CT output of ADWHM

여기서 실험을 위해 별도로 PT와 CT 출력단에 취부되는 분압기들에 대한 분압비는 각각 1/5, 3/20이며, 신호전압의 최대치 5V_{rms}는 전압 280V_{rms}, 전류 30A_{rms}를 의미한다. 즉 이들 신호들은 0에서 최대 5V_{rms} 범위내에서 실험을 위해 5개의 대표적인 전압레벨들, 5V_{rms}, 4V_{rms}, 3V_{rms}, 2V_{rms}, 1V_{rms},로 구분되어 그림에 보인바와 같이 순차적으로 가해진다. 그림 10은 그림 9에 보인 신호들이 PT와 CT 출력단에 입력되었을 때 마이크로 컨트롤러가 신호전처리기로부터 측정, 제공되는 값을 내부적으로 환산하여 LCD에 디스플레이 한 것을 도표로 표시한 것이다. 측정결과 ADWHM이 그림 9에 보인 입력신호들에 대해, 측정전압은 정상치를기준으로 최대오차 ±0.03V_{rms}범위내에서 280V_{rms} 레벨로, 측정전류는 정상치를 기준으로

최대오차 ±0.01A_{rms}범위내에서 30A_{rms} 레벨로 환산하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 PT와 CT부 출력단 이후의 회로가 동일하기 때문에 3대의 ADWHM이 거의 동일한 결과를 보였다. 그림 10은 측정결과를 도표화한 것이며 N은 측정횟수를 표시한다.

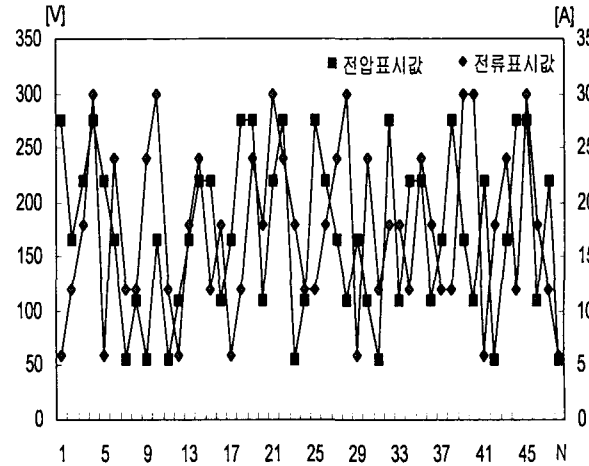


그림 10 ADWHM의 LCD로부터 디스플레이된 전압, 전류
Fig. 10 Voltage, current values displayed from LCD of ADWHM

4.2.2 ADWHM 안정성 및 기록기능 검증

ADWHM을 실제 전력선에 연결하여 PT부와 CT부 등을 포함하여 전체회로에 대한 안정성과 기록기능을 검증한다. 실험을 위해서 ADWHM 3대를 실제 220V 60Hz의 전력선에 연결한 후 1주일간 (168시간) 동안 15분 주기로 전압, 전류 패턴 값을 기록하도록 하였다. 처음 3일동안은 일별로 동일한 부하전류 패턴이 얻어질 수 있도록 정해진 순서에 따라 전구 스위치를 조작하여 부하전류를 조정하였으며 나머지 기간동안은 전구 하나만 on시킨 상태에서 실험을 실시하였다. 그리고 PC에서 RS232C통신을 통해 기록된 데이터를 읽어들이도록 하였다. ADWHM이 3일간 마다 데이터 기록 테이블을 스위칭하기 때문에 ADWHM 데이터 요구명령을 통해 3일간의 데이터를 얻을 수 있다. 그림 11과 12는 각각 전력선에 연결된 ADWHM으로부터 얻어진 3일간의 15분 주기별 전압관리 및 부하관리 기록 데이터를 보인다. 그림에서 N은 15분 주기로 기록된 데이터들의 수를 표시한다.

그림 11과 12는 ADWHM이 기록한 전압, 전류패턴을 보인다. 기록된 데이터는 15분 주기의 평균치이기 때문에 평균치 자체에 대한 정확성을 비교할 수는 없었으나 처음 수개의 15분주기 기간에 대해 Fluke 112 True RMS 멀티메타를 이용하여 수개의 순시값을 측정한 결과, 전압패턴의 경우 평균치와 최대 1V_{RMS}이내에서 그리고 전류의 경우, 평균치와 0.1A_{RMS} 미만의 오차를 보임으로써 비교적 정확성을 간접적으로 확인할 수 있었다. 그리고 3대의 ADWHM들은 전압 패턴에 대해 ±0.02V_{RMS}, 그리고 전류패턴에 대해 ±0.01A_{RMS} 범위내의 미세한 차이를 보였다.

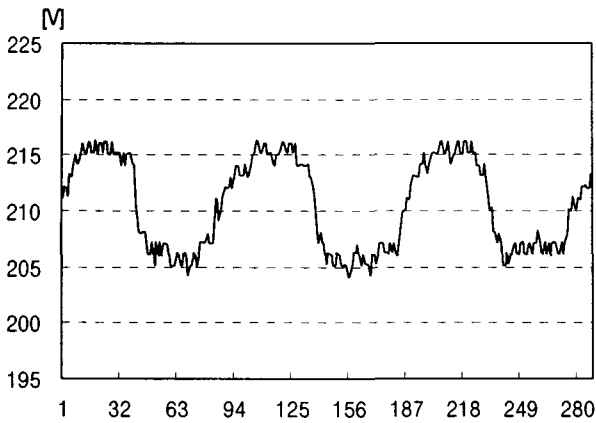


그림 11 ADWHM으로부터 제공된 3일간 전압패턴
Fig. 11 Voltage pattern obtained from ADWHM

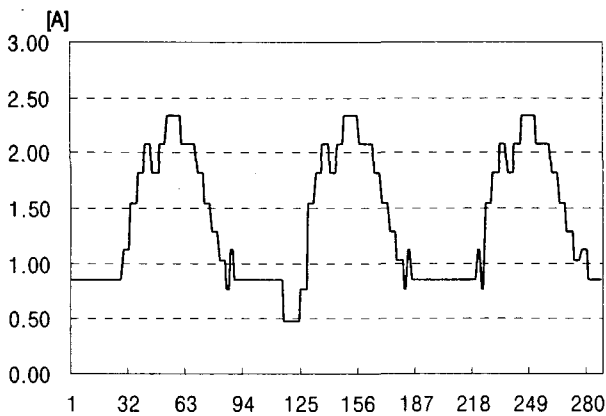


그림 12 ADWHM으로부터 제공된 3일간 전류패턴
Fig. 12 Current pattern obtained from ADWHM

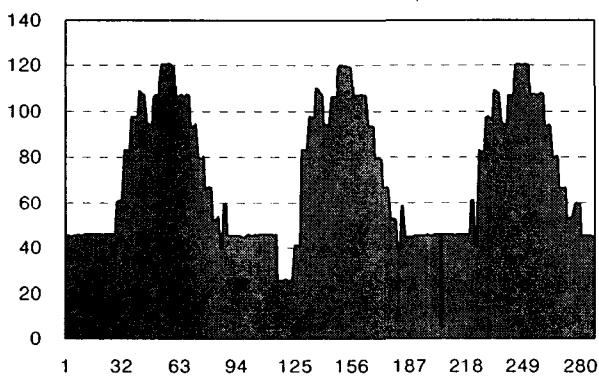


그림 13 ADWHM으로부터 표시된 3일간 watt-hour
Fig. 13 Watt hour value displayed from ADWHM

그림 13은 ADWHM의 LCD로부터 디스플레이된 사용전력량 데이터를 일정한 주기별로 읽어 도표로 표시한 것이다.

ADWHM으로부터 PC로 제공된 사용전력량 값은 이들 데이터들이 모두 누적된 20.826[Kw]이다. 그리고 본 연구에서 시험부하의 입력단에 설치된 A사의 적산전력계의 표시값은 20.8[KW]를 보였다. 따라서 그림 11,12 그리고 13을 통해서 ADWHM의 측정의 안정성과 정확성 그리고 통합 데이터 기록기능의 유용성을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 자동검침의 경제성을 제고하고 수용가의 전력품질을 크게 제고할 수 있도록 사용전력량은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률을 통합, 기록하는 차세대 디지털 적산전력계 ADWHM을 설계, 구현하였다. ADWHM은 프로그램의 구현 및 보수유지의 편의성을 위해 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨트롤러 PIC16F874를 기반으로 개발되며, 진단부에 전력신호처리부를 두어 프로세서의 신호처리 계산부하를 줄일 수 있도록 하였다. 또한 사용전력량은 물론 3일간 15분 주기로 전압관리, 부하관리 데이터를 기록하기 위해 16킬로바이트의 시리얼 EEPROM을 사용하였다. 또한 데이터 수집관리를 위해 RS232C통신을 통해서 PC와 통신하도록 설계하였다. 실험은 측정기능의 정확성 검증과 기록기능의 정확성을 검증할 수 있도록 2가지 방법으로 수행하였다. 첫 번째 실험에서는 ADWHM을 전력선에서 분리한 상태에서 PT와 CT 출력단에 디지털 함수발생기를 이용, 실제 전력선에서는 경험하기 어려운 5개의 대표적인 전압레벨 신호들을 인가한 후 ADWHM의 LCD가 디스플레이하는 값을 확인함으로써 전압, 전류 변화 측정기능의 정확성을 검증하였다. 다음 두 번째 실험에서는 ADWHM을 실제 전력선에 일주일 동안 연결한 상태에서 PC에서 RS232C통신을 통해 데이터를 수집한 후, 3일간의 데이터를 보임으로써 사용전력량, 전압관리 데이터 그리고 부하관리데이터에 대한 통합 기록기능의 성능을 검증하였다. 실험결과, ADWHM의 안정성과 유용성을 확인할 수 있었다. 따라서 ADWHM은 사용 전력량 데이터, 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 통합, 기록함으로써 통합원격관리를 가능케하여 기존 원격 검침 시스템의 경제성을 제고하고 일반 수용가에 공급되는 전력품질을 크게 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 : R05-2002-000-00239-0)지원으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] Cameron L. Smallwood, "Power Quality Issues Reading to Power Line Carrier Automated Meter Reading", Proceedings of the 2001 Rural Electric Power Conference, B1-1-8, April 2001.
- [2] S.T.Mak, D.Radford/ Sioe T.Mak, Denny Radford, "Design Considerations for Implementation of Large

Scale Automatic Meter Reading /Added Utilization Costs Associated with Different Communication Architectures for Distribution Automation and Demand Side Management", IEEE Power Engineering Review, Vol. 15 No.1, Jan. 1995.

- [3] Newbury J. Miller W, "Multiprotocol Routing for Automatic Remote Meter Reading using Power Line", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 16 No.1, pp 1-5, Janu. 2001.
- [4] Frigui I, Stone R, Alfa AS," Message for a Priority-Based Automatic Meter Reading Network", Computer Communications, Vol.20, No.1, 1997년.
- [5] S. Mak and D.Radford,"Design Considerations for Implementation of Large Scale Automatic Meter Reading", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.10 No.1, pp 97-103, Jan. 1995.
- [6] 고윤석,윤철수,김관호,윤상문,서성진,"배전원격관리를 위한 차세대 디지털 적산전력계 설계",2002년도 대한전기학회 하계학술대회발표논문집, 2002. 7.
- [7] 고윤석,이경호,서성진,윤상문,"차세대 디지털 적산전력계에 기반한 배전원격관리 시스템 설계",2002년도 대한전기학회 하계학술대회발표논문집, 2002. 7.
- [8] 고윤석,윤상문,서성진,"차세대 디지털 적산전력계 개발",2003년도 대한전기학회 하계학술대회발표 논문집, 2003. 07.

저 자 소 개

고 윤 석(高 銳 錫)



1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1986년 3월~1996년 3월 한국전기연구소 선임연구원. 1996년 4월~1997년 2월 포스코 경영연구소 연구위원. 1997년 3월~현재 남서울대학교 전자정보통신공학부 부교수.

윤 상 문(尹 相 文)



2002년 2월 남서울대 전자공학과 졸업. 2002년 3월~현재 광운대학교 대학원 제어계측공학과 석사과정.

서 성 진(徐 成 震)



2002년 2월 남서울대 전자공학과 졸업. 2002년 3월~현재 광운대 대학원 제어계측공학과 석사과정.

강 태 규(姜 泰 圭)



2003년 2월 광운대학교 제어계측공학과 졸업. 2003년 3월~현재 광운대학교 대학원 제어계측공학과 석사과정.