

차세대 디지털 적산전력계 개발에 대한 연구

고윤석*, 윤상문**, 서성진**
 *남서울대학교, **광운대학교

A Study on the Development of ADWHM(Advanced Digital Watt-Hour Meter

Yun-Seok Ko*, Sang-Moon Yun**, Seong-Jin Seo**
 *Namseoul University, **Kwangwoon University

Abstract - This paper develops an ADWHM (Advanced Digital Watt Hour Meter) based on RISK type 8bit micro-controller, which has voltage management data recording function, load management data recording function as well as the existing watt-hour data recording data function. It can enhance greatly the economics of the existing remote meter reading system. Also it can improve highly the quality of power supplied to the electric customer by minimizing the voltage management cost and by enhancing the efficiency of load management.

1. 서 론

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

따라서 미국, 일본 및 선진 기술국들의 전력회사에서는 일반 수용가 편의와 고품질의 전력공급을 위해 안전검침은 물론 정전관리, 손실관리, 부하관리, 전압관리 등의 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. 원격검침의 경우 배전자동화와 함께 고압수용가에 대한 원격검침을 계획하였으나 통신 신뢰도 문제, 경제성 등의 문제로 구현되지 못하였다. 또한 전압관리와 부하관리도 오프라인 측정업무 자체의 비효율성을 타파하기 위해 많은 노력을 기울여 왔으나 아날로그 측정계를 디지털화하여 분석작업의 효율성을 기하는 수준에 머물고 있어 최근들어 배전 담당자들로부터 온라인화에 대한 요구에 직면하고 있는 실정이다.

이러한 환경하에서 90년대 말부터 이동통신이나 인터넷기술의 급속한 발전으로 원격검침 및 원격관리기법에 대한 연구가 활발히 진행되어 현재 고압 수용가에 대한 원격 검침은 어느정도 실현되고 있는 실정이나 일반 저압 전기 수용가에 대한 자동검침 문제는 경제성 문제로 실현에 어려움을 겪고 있다. [1-5] 또한 전압관리와 부하관리 측면에서도 전자식 전압관리, 부하관리 계기들이 독자적으로 개발되어 경제성 저하문제도 실현에 어려움을 겪고 있어 경제성을 가진 원격 시스템 개발에 노력을 기울이고 있다. 그러나 이러한 문제는 원격관리를 위한 전자식전력량계에 전압관리 기록계기, 부하관리 기록계기의 기능을 통합한 차세대 디지털 적산전력계에 기반하여 통합관리를 실행함으로써 해결될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자동검침의 경제성을 제고하고 수용가의 전력품질을 크게 제고할 수 있도록 참고문헌[6],[7]의 설계결과를 바탕으로, 전자식 전력량계에 전압관리 기록기능, 부하관리 기록기능이 통합, 구현된 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨트롤러를 기반으로 한 지능화된 차세대 디지털 적산전력계를 개발하고자 한다.

2. ADWHM의 데이터 정의

ADWHM은 월간 사용전력량은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률을 기록하도록 설계된다.

2.1 유효전력량

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)×i(t)로 표시된다.

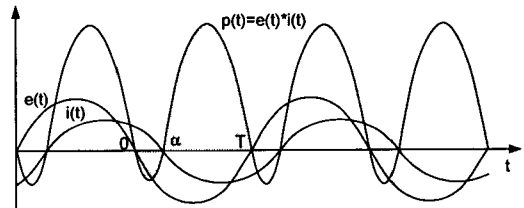


그림 1 교류 전압, 전류, 전력파형

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_r에 주기 T를 곱한 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

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

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

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

$$W = \int_0^T e(t)i(t)dt \quad (3)$$

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

2.2 전압관리, 부하관리 데이터

전압관리와 부하관리를 위한 전압, 부하 데이터는 일반적으로 실패치로 표시하는데, 실패표기법은 직류와 동일한 양의 일을 하는 것에 해당한다. 실패치는 한주기 동안의 순시치 제공의 평균치에 대한 제공근으로, 전압관리를 위한 전압의 실패치는 식(4)로 표시된다. 단 여기서 순시전압관리는 고려되지 않는다.

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

부하관리를 위한 전류 실패치는 식(5)로 표시된다.

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

2.3 역률 (Power Factor)

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

$$\begin{aligned} P &= E \times I \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e(t)^2 dt} \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \\ &= \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T e(t)^2 dt \cdot \int_0^T i(t)^2 dt} \end{aligned} \quad (6)$$

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 기존 월간 사용전력량은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률을 기록하도록 설계된다.

3.1 ADWHM의 실험사양

표 1은 ADWHM의 실험설계사양을 보인다.

표 1. ADWHM의 실험사양

상선식	공급전압	기능		통신방식
1P2W	220V 40A	KWH	A,B,C,D시간대 사용전력량 기록	ADSL
		전압관리	1주간 15분주기 평균전압 기록 Last 데이터 기록	
		부하관리	1주간 15분주기 평균부하 기록 Last 데이터 기록	
		역률	역률기록	
단전	전원 스위치 off 기능			

3.2 ADWHM의 하드웨어 구성

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. 프로세서는 구현하기 쉽고 처리속도가 빠른 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨트롤러를 사용한다. 그리고 신호처리부를 두어 프로세서의 부하부담을 줄일 수

있도록 한다. 그림 2는 ADWHM의 하드웨어에 대한 블록선도를 보이는데, PT부, CT부, 신호처리부, EEPROM, LCD DRIVER, RS232C/TCPIP 컨버터 등으로 구성된다.

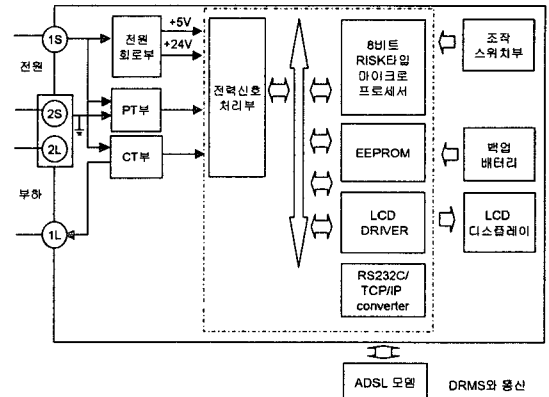


그림 2 ADWHM의 블록선도

전력신호처리부는 전력량에 비례하는 펄스신호와 전압 실패치와 전류실패치 그리고 피상전력을 마이크로 컨트롤러에 제공한다. 만약 $e(t)$, $i(t)$ 가 주기 T동안 샘플링 주기 ΔT 로 N번 샘플링된다면 유효전력량은 식(4)와 같이 계산된다.

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

그리고 전압실패치와 전류실패치는 식(9), 식(10)으로 계산될 수 있다.

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

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

마이크로 컨트롤러는 식(8),(9),(10)에 근거한 전력신호처리부로부터 제공되는 정보로부터 그림 2와 같은 프로그램 처리순수에 의해서 사용전력량, 역률은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 계산 표 2, 표3과 같은 테이블로 EEPROM에 저장, 기록한다.

표 2. 전압관리 데이터 테이블

m \ n	1	2	3	4	5	6	7
1	220	222	221	220	214	224	220
2	220	222	220	220	214	224	218
3	220	220	220	220	214	224	230
4	218	218	218	214	218	222	230
5	218	218	218	214	218	222	218
6	215	220	218	214	220	220	220
7	217	220	215	216	220	220	220
8	220	220	214	216	222	218	220
9	220	220	216	218	222	218	220
10	216	216	216	220	220	218	216
11	216	216	218	222	220	218	216
12	220	215	220	222	218	214	214

표 3. 부하관리 데이터 테이블

m, n	1	2	3	4	5	6	7
1	25	30	15	25	23	42	24
2	26	32	18	26	26	40	26
3	26	30	20	26	26	40	26
4	27	27	22	27	27	45	27
5	28	28	24	28	28	45	28
6	30	30	30	28	30	43	27
7	30	30	30	28	30	38	25
8	29	29	27	29	29	38	23
9	29	29	25	29	29	35	20
10	20	20	25	20	20	30	18
11	22	22	25	24	22	30	18
12	23	24	26	22	24	30	20

3.3 ADWHM의 데이터처리 순서

그림 2는 마이크로 프로그램에 의한 데이터 처리 순서를 보인다. 마이크로 프로그램은 시계프로그램의 1초 인터럽트를 활용하여 실행된다.

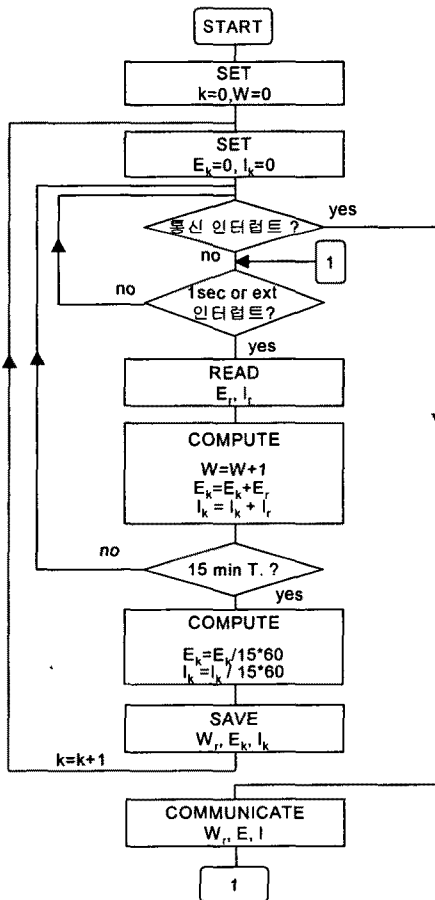


그림 2 ADWHM의 데이터처리 순서도

시계기능은 외부 RTC(Real Time Clock)대신에 타이머에 제공되는 클럭 주파수를 이용하여 구현한다. 사용 전력량은 전력신호처리부로부터 사용전력량에 비례하여 제공되는 펄스신호를 인터럽트로 하여 가산함으로써 얻어진다. 전력신호처리부는 전원으로 부터 부하에 전송되는 에너지가 360w/s가 될 때마다 하나의 펄스를 발생시킨다. 그러므로 10개의 펄스가 가산되면 3600w/s가 되므로 1wh에 해당된다. 그리고 이 데이터를 10초주기로 EEPROM에 저장하며, 1달동안 누적되는 펄스의 수를 10으로 나눔으로써 바로 사용전력량을 얻을 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동검침의 경제성을 제고하고 수용가의 전력품질을 크게 제고할 수 있도록 사용전력량, 역률은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 통합, 기록하는 차세대 디지털 적산전력계 ADWHM을 설계, 구현하였다. ADWHM은 성능제고를 위해 리스크 타입의 8비트 마이크로 컨트롤러를 기반으로 설계하였으며 프로세서의 부하분담을 줄이기 위해서 사용전력량에 비례하는 펄스신호와 전압의 실효치, 전류의 실효치 정보를 제공하는 전력신호 처리부를 두었다. 처리메카니즘은 기본적으로 1초인터럽트를 기본으로 하여 수행되며 시계기능을 구현하기 위해 외부 RTC 대신에 타이머에 제공되는 주파수를 이용하도록 하였다.

본 연구는 한국과학재단 특種기초연구(과제번호:R05-2002-000-00239-0)지원으로 수행되었음

(참 고 문 헌)

- [01] Cameron L. Smallwood, "Power Quality Issues Reading to Ppower Line Carrier Automated Meter Reading", Proceedings of the 2001 Rural Electric Power Conference, B1-1-8, April 2001.
- [02] 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.
- [03] 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.
- [04] Frigui I, Stone R, Alfa AS, "Message for a Priority-Based Automatic Meter Reading Network", Computer Communications, Vol.20, No.1, 1997년.
- [05] 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.
- [06] 고윤석, 윤철수, 김관호, 윤상문, 서성진, "배전원격관리를 위한 차세대 디지털 적산전력계 설계", 2002년도 대한전기학회 학계학술대회발표논문집, 2002. 7.
- [07] 고윤석, 이경호, 서성진, 윤상문, "차세대 디지털 적산전력계에 기반한 배전원격관리 시스템 설계", 2002년도 대한전기학회 학계학술대회발표논문집, 2002. 7.