

IC를 이용한 전력량 측정에 관한 연구

(A study on power measurement using Isolate IC)

이종화*, 임정민*, 한태영*, 문채주*

(Lee Jong Hwa*, Im Jeng Min*, Han Tae Yung*, Moon Chae joo*)

목포대학교 전기공학과*

Abstract

This paper shows a new concept of digital power meter based on the optical sensing technique. The digital power meter with isolate IC so called Photocoupler is designed and implemented. The system composed of power and analog interface circuits, micro-controller and LCD display circuits. The most errors in power meter happen on measurement and calculation process for load voltages and currents. The suggested method on this paper is to use no noise sensor and PIC microprocessor. The results of simple test for power meter prototype are showed a nearly similar date to commercial product.

1. 서 론

현재 수용가에 설치되어있는 전력량계는 기계적인 구조로 작동하기 때문에 실시간으로 전력을 측정하여 그 데이터를 저장하는데 문제가 따른다. 최근 전자식 전력량계의 연구와 개발이 활발하게 진행되고 있으나, 아직도 계기의 다기능적인 구성을 위해 구성된 회로가 시스템 전체의 능력을 저하시켜 실제로의 계기의 정밀성을 유지하기가 어려운 실정이다.[1][2]

계기의 정밀도를 높이면서 동시에 시스템의 다기능적인 면을 보완하고 시스템의 새로운 회로도입과 동시에 과거에 복잡한 아날로그 및 디지털 회로를 소규모 및 단일칩(one chip)화 하는 설계기술을 도입하여 향후 원격검침 시스템에 대비하여 기능성뿐만 아니라 정밀성이 보완된 시스템 도입이 필요하다.

본 연구에서는 계기의 정밀도를 높이면서 시스템의 다기능적인 면을 보완하기 위하여 민감도가 우수한 아이슬레이트를 사용하여 설계한다.

2. 본 론

2.1 아이슬레이트의 구성과 원리

아이슬레이트 IC는 발광소자와 수광소자로 이루어져있으며, 그 사이에는 공간이 존재한다. 여기서 수광부와 발광부의 공간은 낮은 전압으로 구동되는 회로부를 입력측의 고전압과 고전류로부터 보호하는 역할을 한다.

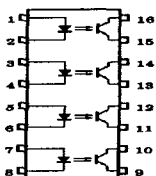


Fig 1. 아이슬레이트의 내부 구성도

2.1 아이슬레이트의 구성과 원리

발광부는 부하에 사용된 전류의 값에 따라 LED로부터 소비되는 전력이 변화한다. 이를 입력측 전압(V_F)와 입력전류(I_F)값에 변하는 LED의 소비되는 전력(P)로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$P = I_F \times V_F \quad (1)$$

식 (1)을 활용하여 LED 효율(η)과 광속(F)에 관한 관계식 (2)는 식(3)과 같다.

$$\eta = F / P \quad (2)$$

$$F = \eta \times I_F \times V_F \quad (3)$$

여기서, V_F 는 수용가로 들어오는 전압으로 이상적인 220[V], η 는 아이슬레이터 발광부인 LED의 이상적인 값으로 일정하다. 따라서, 부하측에 사용되는 전류 I_F 의 값에 발광부 LED의 광속은 변화하게 된다. 변화된 광속은 밀도에 따라 수광부에 전공의 이동을 주어 아이슬레이트 IC를 구동하는 전압에 영향을 준다.

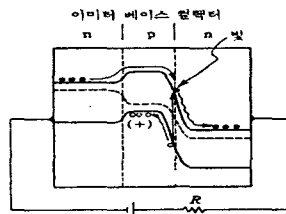


Fig 2. 아이슬레이트의 동작 원리

2.2 전력량 측정원리

연속적인 변화를 갖는 전압값(파형)을 측정하기 위해서는 OP-amp를 이용하여 기준 전압을 정한 후 반전 회로를 구성하여 무부하시 GND에서 기준전압까지의 구간을 100%로 한다. 이 때 부하를 주면 100%의 일정한 전압값(파형)은 변화한다. 즉, 100%의 구간을 전체 전력이라고 가정, 사용한 전력의 변화에 Op-amp에 출력되는 값은 사용되지 않은 전압값(파형)으로 식 (4)와 같다.

$$\text{무부하의 값} - \text{부하시의 값} = \text{사용되지 않은 전압값} \quad (4)$$

식 (4)의 사용되지 않은 전압값(파형)을 샘플링하고, 샘플링된 값을 측차비교법을 활용하여 아날로그-디지털 변환을 하였다.

Fig. 3 과 같이 측차비교법은 변환 시작 신호(펄스)가 입력되면, 샘플링된 값 0.625[V]와 $(100)_2$ 를 비교를 한다. 이 때 $(100)_2$ 보다 샘플링된 값이 크면 $(110)_2$ 을 비교하고, 샘플링된 값이 작으면 $(010)_2$ 을 비교한다. 이렇듯 측차적으로 계속 비교하여 양쪽 값이 최소화되는 값을 출력한다.

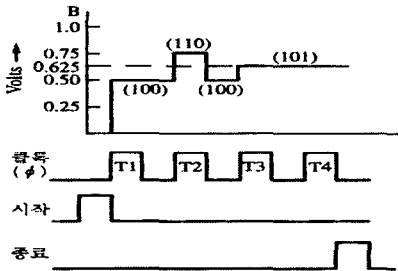


Fig 3. 측차비교형 A/D 변환기의 타이밍도

측차비교법에 출력된 값은 사용된 전력량을 구하는데 사용되는데 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} &\text{사용한 전력량 값} \\ &= \text{full스케일 값} - \text{사용 되지 않은 전압의 A/D} \quad (5) \end{aligned}$$

3. 전자식 전력량계의 구성 및 설계

3.1 HARDWAR 설계

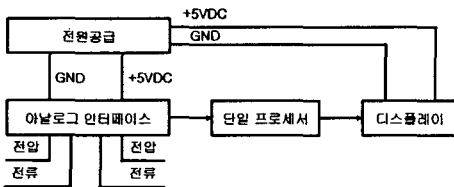


Fig 4. 전자식 전력량계의 부분별 시스템 구성도

Fig 4는 전자식 전력량계의 부분과 시스템의 연계를 나타낸다.

전원공급 부분은 정전시 전력량측정에 이루어지도록 9[V]전지를 사용하고, 회로에 사용될 IC에 손상되지 않도록 7805계열의 IC를 이용하여 5[V]를 공급 한다.

아날로그 인터페이스 부분은 내압 220[V]와 전류 30[A]를 견디는 특성을 갖는 아이솔레이트인 TLP521 계열 중 저 가격대와 간단한 회로구성을 위해 4개가 한개로 구성된 TLP251-4를 사용한다.

또한 필터링 및 아이솔레이트로부터 얻어진 변화된 값의 기준을 정하여 측정할 수 있도록 OP-amp LM358을 이용하여 회로를 구성한다.

단일 프로세서 부분은 PIC167X계열에서 PCB제작시 A/D변환기(converter), EEPROM, LCD구동장치(driver), LED 구동장치, 입출력 및 통신 포트(I/O port)등이 내장된 PIC16C72를 활용한다.

디스플레이는 단위 및 다양한 표시를 위하여 LCD를 사용한다.

3.2 계산프로그램

현재 기계식 전력량계는 milliwatt-hour까지 표시되는데 이를 전자식 전력량계 맞게 단위를 환산해 주면 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{milliwatt} - \text{hour} \\ &= \text{tenwatt} - \text{sec ond} \times \frac{1}{3600\text{s}} \times \frac{10}{1 \text{tenwatt}} \\ &\quad \times \frac{1000\text{mW}}{1\text{w}} \\ &= \text{tenwatt} - \text{sec ond} \times \frac{100}{36} \quad (6) \end{aligned}$$

식 (6)에서 *tenwatt*는 기계식 전력량계의 표시부에서 전력량의 최소값이 1의 눈금이 10[W]인 것을 감안하여 표기한 것이다.

식 (6)을 이용하여 무부하시 full-scale의 전력값과 사용되지 않은 전력의 최소값을 second동안 샘플링하여 식(5)의 결과 값을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 정밀한 전력량값을 얻기 위하여 ms 동안 샘플링 되도록 설계 하였다.

식(5)의 결과 값은 점차 누적되어 0.1[kWh]일때 표시 되도록 한다.

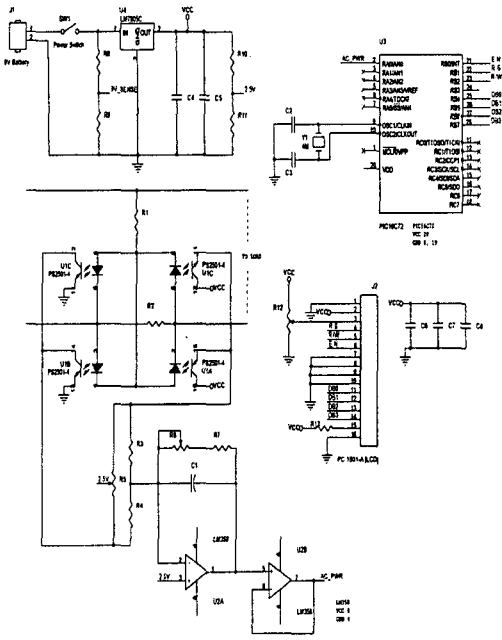


Fig 5. 전사식 전력량계의 회로

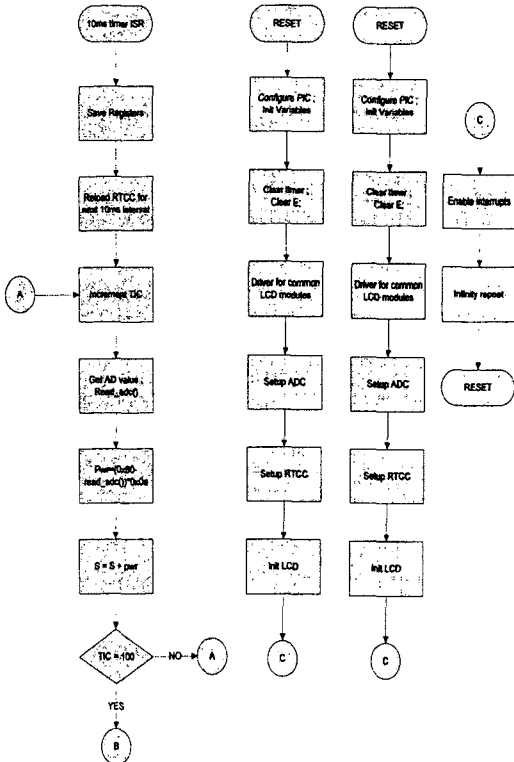


Fig 6. 계산프로그램의 알고리즘

4. 실험 및 구성방법

4.1 실험장치

실험은 회로설계를 바탕으로 PCB 제작하였다. 제작된 PCB는 기계식 전력량계 케이스의 전압·전류 입력부에 Fig 7과 같이 연결 하였다.

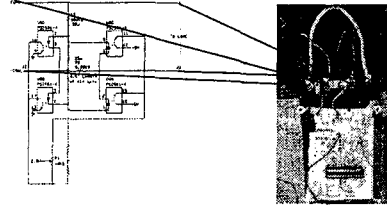


Fig 7. 회로의 전압·신류 측정부를 기계식 전력량계 케이스에 연결한 상태

완성된 전력량측정기기를 부하 2.2[kWh]의 전기히터와 직접 연결하여 IC의 입출력부분을 측정 하였다. 측정을 위해 Fig 8과 같이 실험 셋트를 구성하였다.

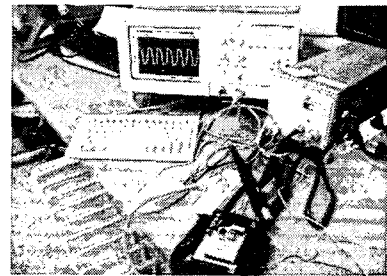
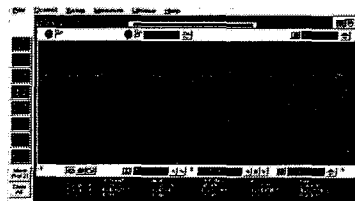
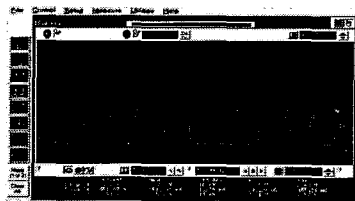


Fig 8. 실험 셋트 구성

4.2 사용전류에 따른 ic의 출력



(a) 아이슬레이트의 11번과 15번 출력파형



(b) 아이슬레이트의 14번과 10번 출력파형

Fig 9. 무부하시 동조화된 아이슬레이트의 출력

Fig 9.는 전류의 양의 값과 음의 값을 R5조절하여 시간축에 대하여 동조화해서 무부하시 측정 기준전압의 기준 2.5[V]를 조절하기 위한 각 편의 출력파형이다. 동조된 파형은 Fig 10과 같다.

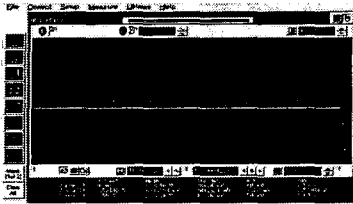


Fig 10. 무부하시 Fig 9의 동조화된 출력

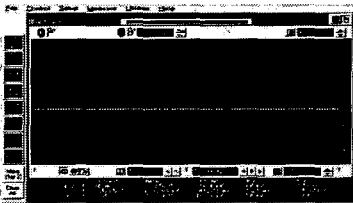
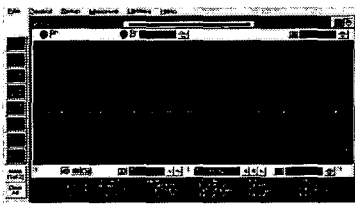
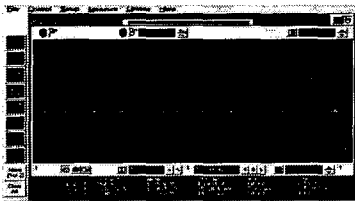


Fig 11. R6에 조정된 정확한 기준 전압

R5를 조절하여 기준전압을 출력하더라도 이 값을 마이크로 프로세서에서 연산 및 여러 작업들을 수행하기 위해서는 정확해야하므로 R6을 조절하여 정확한 값을 얻도록 한다.



(a) 히터(1.1(kw))의 약일 때의 출력



(b) 히터(1.1(kw))의 강일 때의 출력

Fig 12. 부하증가에 따른 연산증폭기의 변화

Fig 12에서 부하 증가 시 기준전압 2.5[V]아래의 값으로 각각 2.42[V]와 2.40[V]를 출력하였다.

4.3 설계된 제품과 시제품의 비교

Fig 13의 장비는 PIC 계열의 IC를 장착하여 PCB와 연결하여 각 데이터를 연산후 LCD에 표시하도록 하는

장비이다.

본 실험에서는 이 장비를 활용하여 시제품인 LG전자식 전력량계와 비교하였다. 전자식 제품이라는 것을 고려하여 전자제품의 활용도가 적은 밤에 실험을 하였다.



Fig 13. 마이크로프로세서의 에몰레이터기

Table 1. 개발된 전력량계와 LG사의 비교

시간(am)	개발된 전력량계	LG사 전력량계
2:00	0	0
2:52	0.8	0.7
3:29	1.4	1.4
3:59	1.9	1.9
4:10	2.1	2.0
6:00	5.8	5.8

5. 결 론

본 실험에서는 아이솔레이터를 이용하여 전력량계를 제작하였다. 기계식 전력량계에 사용된 전압·전류 코일부분을 단일 IC로 간소화 하였고, 노이즈 제거와 변화하는 값의 기준을 정하여 그 변화를 백분율화 시키기 위한 OP-amp의 사용, A/D변환기(converter), EEPROM, LCD구동장치(driver), LED 구동장치, 입출력 및 통신 포트(I/O port)등을 내장한 신개발된 단일칩 프로세서(one chip processor)를 통하여 고성능, 저가격, 경량화 간소화를 지향하는 시스템을 제시하고 또한 사용분야 및 장소에 따라 시스템의 확장가능성이 부여된 다양한 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 반영구적인 특성을 갖고 있어 기존의 기계식 전력량계의 유지보수 비용보다 절감 할 수 있다. 실시간으로 전력량을 측정된 결과 개발된 상용제품과 비교하여 상용제품과 유사한 특성을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] R.S. Turgel , "Digital wattmeter using a sampling method" , IEEE Trans. Instrum. Meas, vol , IM-23 , no 4, pp. 337-341, 1974.
- [2] W.S. Woodward, "Optical isolator computes watts," *Electronic Design*, 102-103, October 14, 1994.

- [3] 한동섭, “고정밀 디지털 전력량계 구성에 관한 연구”, 건국대학교 산업대학원 석사 학위논문, 1997
- [4] A. C. Corney , “A universal for-pair impair impedance bridge”. IEEE Trans, Ins trum. Mmeas., vol , IM-28, no. 3 , pp.221-215, Sept.
- [5] 김종수, “디지털전력량계 개발”, 대한전기학회지, vol. 36, no 5, pp. 353-362
- [6] J. J. Hill and W.E Anderson, “Didign of microprocessor- based Digital wattmeter”, IEEE Trans. electron. Contr. Instrum, vol IECI-28, no. 3, pp. 180-184, aug. 1981
- [7] 오정원, “CCS-C 실전가이드”, 컴파일러 PIC마이컴용 매뉴얼, 2003
- [8] 신철호, “PIC16C7X 테크니컬 핸드북”, 컴파일러 MR.PIC 매뉴얼, 1997