

배전원격관리를 위한 차세대 디지털 적산전력계 설계

고윤석*, 임철수*, 김관호*, 윤상문**, 서성진**
 *남서울대학교, **광운대학교

A Study on the Design of Advanced Digital kwh-Meter for the Remote Management of Distribution System

Yun-Seok Ko, Chul-Sy Lim, Kwan-Ho, LEE, Sang-Moon Yun, Seong-Jin Seo
 Namseoul University, Kwangwoon University

Abstract - This paper proposes an advanced digital kwh-meter, which records voltage management data, load management data as well as the existing kwh data. This meter supports the requests from DRMS(Distribution Remote Management System) which include kwh meter reading, voltage management data reading, and load management data reading request. 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.

전력량 검침, 부하관리, 전압관리)를 가능케하여 기존의 원격 검침 시스템의 경제성을 크게 제고한다. 그리고 전압관리 비용을 최소화하고 부하관리의 효율성을 제고함으로써 일반 수용가에 공급되는 전력의 품질을 획기적으로 개선시킬 수 있다.

2. 디지털 적산전력계 설계

2.1 기능 설계

본 연구에서 제안되는 디지털 적산전력계는 고유기능인 사용전력량 검침은 물론 부하관리 데이터, 전압관리 데이터를 기록하며 DRMS의 요구에 데이터 전송이 가능하도록 설계한다. 표 1은 차세대 디지털 적산전력계의 기능 설계결과를 보인다.

1. 서 론

21세기 전기, 전자, 정보통신 산업의 발전에 따라 일반 수용가들의 사용제품이 점차로 고도화되고 있으며 핵가족화, 여성의 사회진출, 방법안전문제 등으로 일반 전기 수용가들은 자동검침 서비스와 고신뢰도, 고품질의 전력공급을 요구하고 있다. 따라서 전력회사에서는 일반 수용가 편의와 고품질의 전력공급을 위해 자동검침의 실현은 물론 정전관리, 손실관리, 부하관리, 전압관리등의 관리목표를 정하고 그 목표를 달성하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 그리고 그러한 노력의 결과로 선로상의 개폐기들을 원방에서 제어, 정전시간을 최소화함으로써 전력공급 신뢰도를 획기적으로 개선할 수 있는 배전자동화 시스템이 제안되었으며 현장시험을 거친 후 배전계통에 도입되어 공급신뢰도 개선에 큰 역할을 하고 있다[1-7]. 그러나 이들 연구들은 개폐기 제어를 통한 정전관리, 손실관리 등을 목표로 하고 있다. 반면에 자동검침의 경우는 많은 시도가 있었음에도 불구하고 기술적 구현문제, 사회의 수용성, 경제성 등의 문제등으로 실질적 수준에 머무르고 있는 실정이다. 또한 전압관리와 부하관리는 기존의 아날로그 측정계기를 디지털화하는 부분적인 연구가 있었으나 off-line 작업의 비효율성 때문에 배전 담당자들로부터 원격관리에 대한 요구에 직면하고 있는 실정이다.[8-9] 최근들어 전력회사에서는 고압수용가의 시범적 원격검침사업의 성공에 힘입어 일반 저압수용가로 원격검침사업을 확대 실시할 예정이다. 그러나 이들 사업들은 단순한 사용전력량 검침에 목적을 두어 원격전압관리, 원격부하관리를 고려하지 않음으로써 시스템의 경제성과 확장성을 심각하게 저하시키고 있다. 이 문제는 원격검침기능을 이용하여 전압관리 및 부하관리를 지원할 수 있는 원격관리기법이 제안된다면 효과적으로 해결될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 자동검침기능을 이용한 배전 원격관리를 위해서 요구되는 차세대 디지털 적산전력계를 제안하고자 한다. 제안되는 디지털 적산전력계는 기본적으로 사용전력량 기록은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 기록, 원격 관리 시스템에 제공함으로써 배전계통의 통합 원격관리(사용

표 1 차세대 디지털 적산전력계 기능 설계

상선식	공급전압	기능		통신방식
1P2W	220V	KWH	A,B,C,D시간대 사용전력량 기록	PLC RF ADSL
		전압 관리	1주간 15분주기 평균전압 기록 Last 데이터 기록	
		부하 관리	1주간 15분주기 평균부하 기록 Last 데이터 기록	
		단전	전원 스위치 off 기능	

2.2 하드웨어 설계

그림 1은 디지털 적산전력계의 하드웨어 구조를 보인다. PT, CT로부터 입력되는 변성된 전압(e)와 전류(i)를 입력으로 하여 실효전압 rms(e)와 실효전류 rms(i)를 얻는다. 또한 변성된 전압(e)와 전류(i)로부터 역률각(θ)를 얻는다. 마이크로 프로세서는 시간동기화를 얻기위해 S/H를 동작시킨 후 ADC 컨버터를 통해 실효전압, 실효전류 그리고 역률각을 위해 전력량을 적산하고 평균 전압패턴과 평균전류 패턴을 계산, 기록한다.

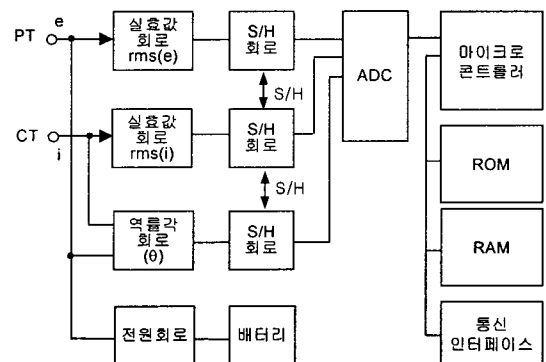


그림 1 디지털 적산전력계 하드웨어 설계

2.3 역률각 검출회로 설계

순시치 전압, 전류로부터 실효값을 얻는 rms 회로는 rms-dc 컨버터를 이용하여 설계한다. 반면에 역률 각 검출회로는 비교기로 동작하는 2개의 op-amp와 위상차에 비례하는 스위칭 소자로 동작하는 FET를 이용한 위상차 검출회로를 이용하여 설계한다. 그림 3은 위상검출회로를 보인다. 위상차를 가지는 두 개의 입력신호가 비교기로 동작하는 2개의 op- amp들의 각각의 입력으로 가해지면 0전위와 비교되어 두 신호는 구형파로 변하게 된다.

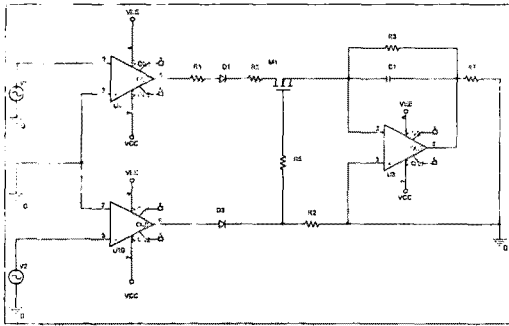


그림 5 위상검출회로

이 두개의 구형파중 하나는 FET의 입력으로 그리고 다른 하나는 스위칭 신호가 되는데, 이 스위칭 신호는 입력신호를 위상차에 비례하는 만큼 turn-on 시켜 평균치를 측정하기 위한 적분회로의 입력으로 인가시킨다.

2.4 통합 알고리즘 설계

디지털 적산 전력계는 사용전력량 데이터 기록은 물론 일정주기별 전압평균치 기록과 일정 주기별 전류평균치 기록기능을 가지도록 한다. 먼저 입력신호의 실효치 회로부터 얻어지는 전압의 실효치를 V_r 라 한다면 각 주기에 대한 전압 평균치 V_r 계산은 식 (1)로 표시할 수 있다.

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ij}}{n \times m} \quad (1)$$

식 (1)에서 n 은 1분간의 전압 샘플링 수를, m 은 평균치 기록주기 분을 표시한다. 15분 주기인 경우 m 은 15가 된다. 반면에 각 주기에 대한 전류 평균치 I_r 계산은 식 (2)로 표시할 수 있다.

$$I_r = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ij}}{n \times m} \quad (2)$$

다음 1개월간의 사용전력량 데이터는 전압, 전류의 실효치는 물론 역률각 회로부터 얻어지는 역률각 θ 를 이용하여 식(3)으로 표시할 수 있다.

$$W = \frac{\sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^h \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n V_{ijkl} \times I_{ijkl} \times \cos \theta_{ijkl} \times \Delta T}{3600} \quad (3)$$

식 (3)에서 d 는 1개월간의 일 수, h 는 24시간, m 은 60분 그리고 n 은 1분간의 샘플링 수를 표시한다. ΔT 는 샘플링 주기를 표시한다. 마이크로 프로세서는 식 (1), (2), (3)으로 표시되는 임의 구간의 전압, 전류 평균치와 사용전력량 데이터를 정해진 시간간격으로 메모리에 기록하여 데이터를 보관한다.

4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 먼저 기본 설계에 근거하여 역률각 검출회로를 구현하였다. 설계된 역률각 검출회로에 대한 안정성과 정확성을 검증하기 위해서 각각의 경우에 대해서 실험을 모의하였다. 먼저 그림 7과 같이 입력신호가 동상인 경우를 모의한다.

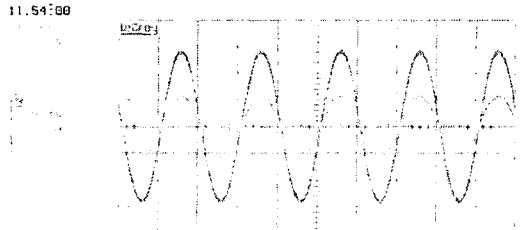


그림 6 두 입력신호가 동상인 경우

두 개의 입력신호와 스위칭 신호는 완전히 역상으로 표시된다. 그림 7은 동상이 입력신호와 스위칭 신호를 보인다.

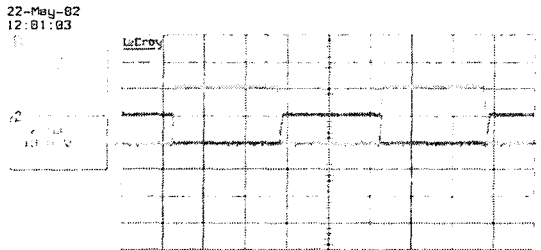


그림 7 동상시 입력신호와 스위칭 신호

동상시 입력신호가 항상 턴오프되기 때문에 그 출력값은 그림 8에 보인바와 같이 0이 된다.

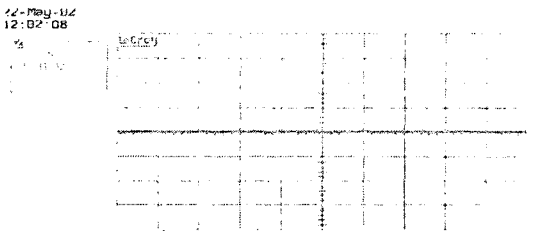


그림 8 두 입력신호가 동상인 경우 출력신호

다음은 2개의 입력신호가 역상(180도 위상차)을 가질 때의 경우이다. 이때의 입력신호는 그림 9에 보인다.

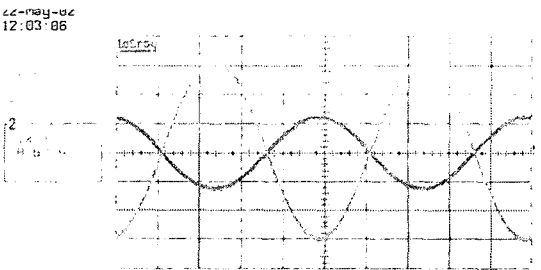


그림 9 두 입력신호가 역상인 경우

두 입력신호가 역상인 경우 FET에 가해지는 입력신호와 스위칭 신호가 동상이 되기 때문에 입력신호가 온전하게 출력단에 전송된다. 그림 10은 역상시 입력 및 스위칭 신호를 보인다.

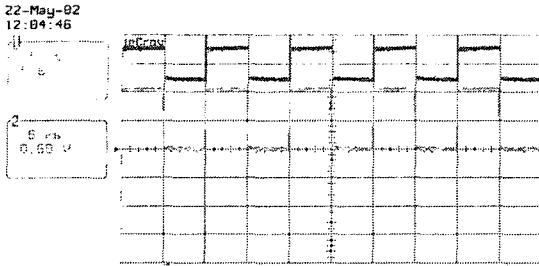


그림 10 역상시 입력 및 스위칭 신호

다음은 2개의 입력신호가 임의의 위상차를 보이는 경우를 모의한다. 입력신호는 그림 11에 보인다.

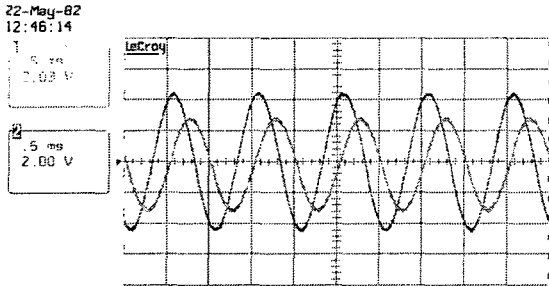


그림 11 두 개의 신호가 임의의 위상차를 보이는 경우

이때 FET의 입력신호는 위상차에 비례하여 스위칭 신호가 턴온하는 기간동안만 출력된다. 그림 12는 FET 입력신호와 스위칭 신호를 보인다.

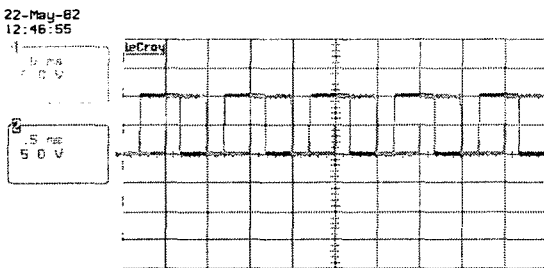


그림 12 임의의 위상차시 입력신호와 스위칭 신호

임의의 위상차시 그 출력신호를 그림 13에 보인다.

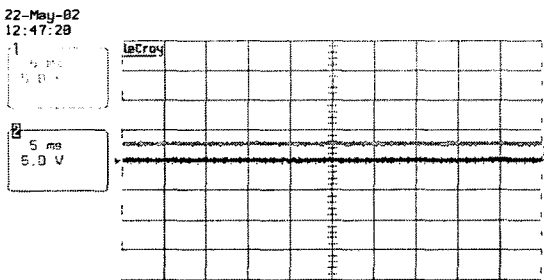


그림 13 임의의 위상차시 출력신호

이와같이 입력 신호가 위상차에 비례하는 시간동안만 턴온되기 때문에 입력에 비례하는 신호가 출력단에 전송된다. 그리고 이 신호는 평활회로를 통해 평균치 값으로 환산되어 역률각으로 계산된다. 표 1은 대표적인 5개의 경우들에 대한 실험 결과들을 보인다.

표 1 실험결과

경우#	위상차	DC 출력값	신호원
1	0°	0 V	5kHz 5 V _{p-p}
2	36°	1.00 V	
3	72°	1.60 V	
4	90°	2.50 V	
5	180°	5.00 V	

실험결과들은 설계된 위상검출회로가 아주 안정적이고 정확하게 위상차에 비례하는 DC 출력값을 제공함으로써 전자식 전력량계의 역률각 검출회로로 사용될 수 있음을 보인다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동검침기능을 이용한 배전 원격관리를 위해서 요구되는 차세대 디지털 적산전력계를 제안하였다. 제안되는 디지털 적산전력계는 기본기능인 시간구간대별 사용전력량 기록은 물론 전압관리 데이터, 부하관리 데이터를 기록하도록 하였다. 차세대 적산전력계의 사양 및 하드웨어를 설계하였으며 통합 알고리즘을 설계하였다. 또한 역률 검출회로를 설계하였으며 실험결과에서 설계된 회로가 정확한 결과를 보임으로써 디지털 적산전력계의 입력회로로 사용할 수 있음을 확인하였다. 그러나 차후 적산전력계의 실험, 제작 평가를 통해 제안된 알고리즘의 유효성이 계속적으로 검증되어야겠다.

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 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.
- [10] 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.