

전력량계 무정전 교체장치 개발에 관한 연구

(Development of Watt-Hour Meter Exchange Equipment without Outage)

정태훈* · 조성민 · 신희상 · 이희태 · 김재철**

(Tae-Hoon Jung · Sung-Min Cho · Hee-Sang Shin · Hee-Tae Lee · Jae-Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 부하설비의 정전 시간을 최소화하기 위한 전력량계 무정전 교체 장치를 고안하여 개발하였다. 개발된 교체 장치는 전력량계 교체 시 정전을 피하기 위해 시행되고 있는 단순 우회회로 결선방법, UPS 사용법 등, 다른 방법들에 비해 간편하여 효율성을 증대하였다. 그리고 교체 작업동안 안전성을 확보하기 위하여 보호 요소들을 구성함으로써 신뢰성 또한 증대하였다. 본 장치의 적용으로 고객에게 정전 시간을 단축하여 신뢰성 있는 전력공급을 보장할 수 있게 되었다.

Abstract

This paper presents equipment that can exchange watt-hour meters without outage for customers. It is simpler than other methods to avoid outage during exchange. Furthermore, it has protective function to ensure customer's facility from engineer mistake. Because of good point mentioned above, it can improve efficiency and safety. Adopting developed equipment can ensure continuous electric power supply to customers.

Key Words : Watt-Hour Meter, Outage, Sensitive Customer

1. 서 론

전력소비의 증가와 산업의 발전에 따라 지속적인 전력공급과 전력의 품질에 대한 요구가 증대되었다. 산업의 유형에 따라 전력 품질 악화로 인해 막대한 피해를 입을 수 있으며, 반도체, 화학 산업이 그러한 산업의 예로 들 수 있다. 이러한 산업의 시설들은 막대한

정전 비용을 치러야 하기에 안정적인 전력공급을 위해 많은 시설을 갖추고 있다. 그렇지만 정전의 피해로 입는 손해가 상대적으로 적은 부하에서도 정전으로 인해 겪는 불편함은 간과할 수 없는 사항이다.

전력의 공급은 사고에 의해서도 중단될 수 있지만 장비의 교체와 점검 등에 의해서도 중단되어 질 수 있다. 이러한 상황에서 정전을 허용하기 힘든 민감 고객(양어장, 특수농작 비닐하우스, PC방)은 UPS(Uninterpretable Power Supply)를 이용하는 방법, 비상 발전기를 이용하는 방법[1] 등을 적용하고 있으나 그 비용이 적지 않은 단점이 있다. 다른 방법으로는 단순히 전력량계 양단에 전력이 우회할 수 있

* 주저자 : 삼현CNS(주) 부설연구소, 책임연구원

** 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 교수

Tel : 02-820-0647, Fax : 02-817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

접수일자 : 2009년 5월 25일

1차심사 : 2009년 6월 1일

심사완료 : 2009년 6월 15일

전력량계 무정전 교체장치 개발에 관한 연구

는 전선을 연결하여 전력이 우회 공급되도록 하는 방법이 있으나 이는 선로의 연결 시 사고가 발생할 수 있는 위험과 우회선로를 통해 공급된 전력량을 전력회사에서 계량하지 못하여 꺼려하고 있다. 이러한 이유로 고객과 협의하여 계획정전을 시행하는 것이 일반적인 상황이다.

전력량계는 부하에서 소비하는 전기에너지의 양을 측정하는 계량장치로 동작 원리에 따라 유도원판형(기계식)과 전자식으로 분류된다. 국내의 전력량계 운영현황은 저압전력량계가 약 1,678만여 대(기계식 99.2[%], 전자식 0.8[%])이며, 고압은 약 14만여대가 부설되어 운영되고 있다. 국내의 전력량계 시장은 두 가지로 구분할 수 있는데 한전 및 발전회사 등 전력공급사와 고객 간의 거래용과 아파트 등 개별전력 요금부과용으로 구분할 수 있으며 그 시장 규모는 연간 각각 약 100만대와 50만대 수준으로 추정된다.

이러한 전력량계는 “계량에 관한 법률”에 따라 기술표준위원장의 검정을 받은 후에 사용하여야 하며, 지정검정기관의 검정증인 및 봉인이 되어 있어야 한다. 검정유효기간이 만료된 전력량계를 계속 사용하고자 할 경우에는 그 유효기간 만료 전에 당해 계기에 대하여 검정을 받은 후에 사용하여야 하며 그 유효기간은 표 1에 정리하였다.

표 1. 검정 유효기간
Table 1. The validity period of examination

구 분	유효기간
보통전력량계 I, II, III형 (정밀도 2.0급)	7년
보통전력량계 IV형 (정밀도 2.0급)	15년
정밀전력량계 (정밀도 1.0급)	7년
특별정밀전력량계 (정밀도 0.5급)	7년
저압 전자식 전력량계 (정밀도 1.0급)	7년

현재 한전에서는 전력량계를 주기적으로 교체하거나 재검정을 위하여 회수를 할 경우 전원 공급을

차단한 상태에서 전력계량기 인, 출입 전선을 분리하고 있다. 이런 방법은 전력량계를 재 설치하는 동안 전기 안전사고 위험은 물론, 전력량계 교체 시 평균 30분 정도의 시간이 소요되며 전체 전력량계의 수량을 고려하면 그 교체시간은 무시하기 힘들다. 또한, 전기 공급의 중단에 대한 수용가의 불만이 역시 대두되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 휴대성과 설치의 효율성이 높고 보호기능의 내장으로 엔지니어의 실수 등으로 인해 발생할 수 있는 사고를 방지할 수 있는 전력량계 무정전 교체 장치의 구성과 기능을 제안한다.

2. 전력량계 무정전 교체장치 제작 및 실험

2.1 전체 시스템 구성

전력량계 무정전 교체장치는 전력량계 교체 시 정전이 되지 않도록 우회회로를 연결하고 추가적인 기능을 접목하는 방식으로써 전력량계, 차단기, 절체스위치(M/S), M/S제어부, 위상검출부, 과전류검출부, 전력량프린터부로 구성하며 그 내부 블록도는 그림 1에 표시하였다.

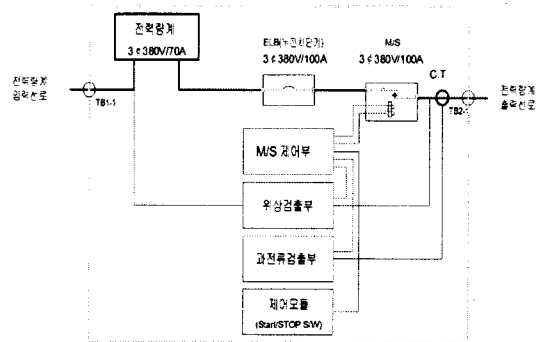


그림 1. 교체 장치 내부 블록도
Fig. 1. Block diagram of watt-hour meter exchange equipment

2.2 전력량계

전력량계의 교체 시간은 평균 30분 정도이나 전력

량계의 전체 수량을 고려하면 그 교체시간 동안 우회회로를 통과한 전력량은 전력회사에게 무시하기 힘든 전력량이다. 따라서 교체하는 동안 사용된 전력량을 계량할 수 있도록 기존 승인된 전력량계를 교체장치 최초 입력부에 위치하도록 설계하였고 사용전력량을 프린터하기 위해 사용시간 동안 일정한 주기로 pulse 신호를 내보내주는 디지털 전력량계를 채용하여 구성하였다.

2.3 차단기

교체시기에 부하 설비 및 교체작업자 실수로 과전류 및 단락 현상이 발생할 경우 신속히 고장전류를 차단하기 위해 기존 승인된 고감도 차단기를 교체 장치 내의 전력량계 입력단에 위치하도록 구성하였다.

2.4 절체스위치(M/S) 및 제어부

전력이 우회하는 회로의 Magnetic Switch는 제어 회로부에 의해 본 교체장치의 입, 출력 커넥터를 정상적으로 연결하였을 때 전력을 우회시키기 위해 절체스위치(M/S)가 ON되고, 부하 측에 이상 현상(과전류, 선로단락, 입/출력선로 역상연결 시) 발생 시에는 이를 감지하여 스위치가 OFF되도록 구성되어 있다.

2.5 서지보호부

새로운 전력량계로 절체 시킬 경우에 개폐서지가 발생할 수 있고, 작업 시 과도전압 유입 시 부하설비가 서지전압으로 피해를 볼 수 있기 때문에 작업 시 발생할 수 있는 과도현상을 제거하기 위해 서지보호기를 내장하도록 하였다.

2.6 위상 검출부

전력량계 교체장치의 입력 측 각상의 위상을 검출하고 출력 측의 각상의 위상을 검출하여 비교함으로써 본 장치 연결 시 발생할 수 있는 입/출력 위상 오결선을 방지하여 안전한 작업이 진행되도록 하기 위

해 위상쇼트 방지 회로를 설계한다. 검출은 소형 변압기를 이용하여 전압을 낮추어 검출하고 검출된 신호를 입력 측과 완전히 분리할 수 있는 구조인 Photo Coupler를 이용한다. 3상의 선로에서 2선로를 측정했을 때 Photo coupler의 출력은 그림 2에 나타난 것과 같으며 이 신호를 이용하여 입력 측과 출력 측의 상연결이 바르게 되었는가를 판단한다[2-4].

3. 전력량계 무정전 교체장치 제작 및 시험

위에서 언급한 구성의 전력량계 무정전 교체장치의 시제품을 제작하여 그 기능을 시험하였다. 그림 3은 제작한 시제품 장치의 외형을 나타내고 시제품의 설계 성능을 표 2에 나타내었다.

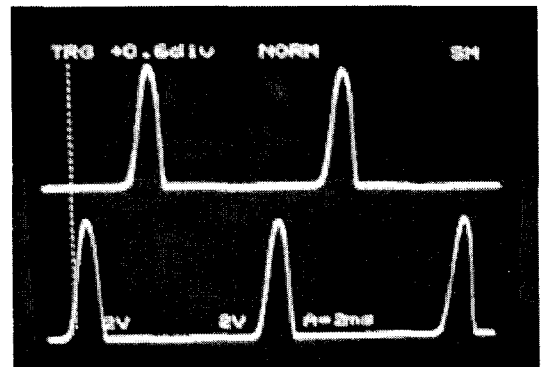


그림 2. 위상 검출 파형
Fig. 2. Phase detecting wave

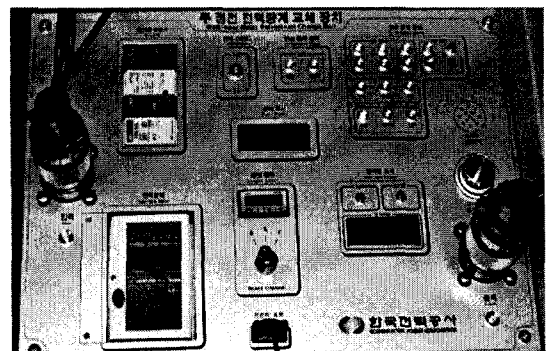


그림 3. 전력량계 교체장치의 시제품
Fig. 3. Prototype of watt-hour meter exchange equipment

전력량계 부정전 교체장치 개발에 관한 연구

표 2. 시제품의 설계 사양

Table 2. Specification of prototype

항 목	성 능
정격전압	AC 380[V] 3[Ø] 4P
정격전류	60[A]
정격주파수	60[Hz]
동작전압	정격전압 ± 20[%]
동작조건	정상 시
차단조건	과전류, 단락, 역 위상 발생 시
프린터	사용량검침([kWh]) 사용일, 사용시간

제작된 교체 장치를 이용하여 모의 배전반의 전력량계를 교체하여 정상적인 동작여부와 보호기능의 동작여부를 테스트하였다.

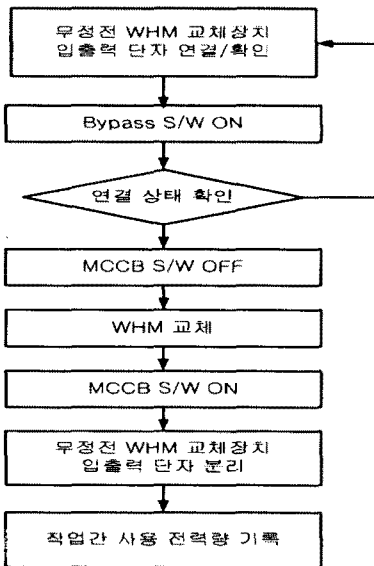


그림 4. 전력량계 교체 순서도

Fig. 4. Flow chart of WHM exchanging

제작된 전력량계 부정전 교체장치를 이용한 교체 작업 순서는 그림 4에 정리하였다. 교체장치는 그림 5, 그림 6과 같이 전력량계에 직접 연결하여 입력 측의 연결 커넥터는 절연관통형 클램프 형식으로 전력량계의 입력 측에 연결하고 출력 측은 전력량계 2차 측에 연결된 차단기의 2차 측에 연결하였다. 입출력 결선이 바르게 연결되면 그림 7의 좌측 그림과 같이 정상상태 알람의 램프가 점등이 되고 R상과 S상을

반대로 연결한 경우 그림 7의 우측 그림과 같이 비정상 램프가 점등 되어 상 오결선에 대한 보호기능이 정상적으로 동작함을 알 수 있다.

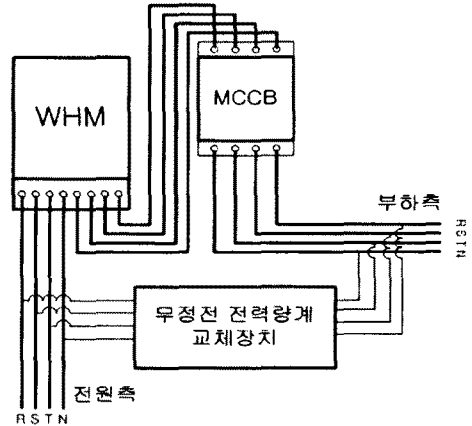


그림 5. 시제품의 결선도

Fig. 5. Circuit diagram of prototype

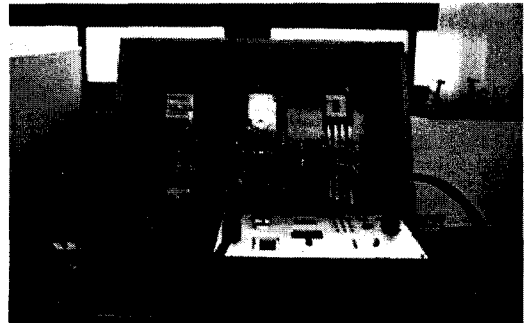


그림 6. 시제품 기능 시험

Fig. 6. Function test of prototype

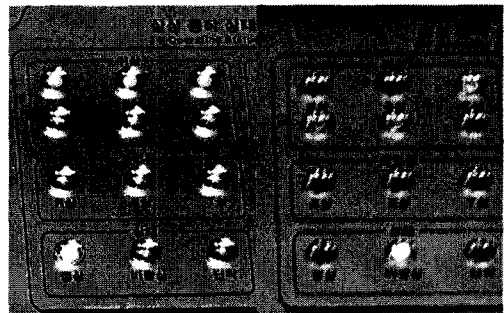


그림 7. 상 연결 정상 이상 경고등 알림

Fig. 7. Phase connection alarm

본 교체장치 출력 측에 과전류가 검출되도록 교류 가변부하장치를 이용하여 정격전류(60[A])의 120 [%] 인 75[A]이상의 전류가 흐르게 하였을 때 과전류 검출신호가 발생하며 본 장치는 과전류가 발생했다는 경보음과 그림 8에 나타나는 것과 같이 적색경보LED가 표시되어 과전류에 의한 보호기능의 정상적인 동작을 확인하였다.

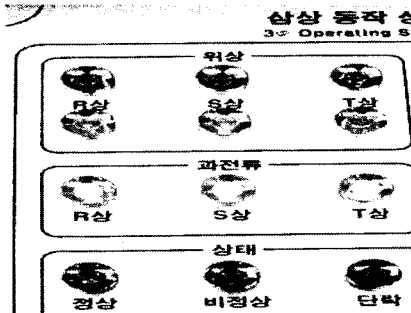


그림 8. 과전류 경고등 알림
Fig. 8. Over current alarm

정상적인 연결이 확인되면 우회회로 스위치를 닫고 MCCB를 차단하여 교체 대상 전력량계의 전류를 차단한 후 전력량계를 분리하여 교체한다. 교체 완료 후 MCCB를 다시 투입하여 교체된 전력량계에 전류가 흐르게 하고 전력량계 무정전 교체 장치의 우회회로 스위치를 개방하여 교체 장치를 분리한다. 최종적으로 교체 시간동안 우회회로로 통과된 전력량을 출력하여 기록하는 것으로 교체 작업을 종료하면 부하에 지속적인 전력공급을 유지하며 전력량계를 교체할 수 있고 교체 시간동안 사용한 전력량을 기록할 수 있음을 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 정전을 경험하지 않고 전력량계를 교체할 수 있는 장치의 구성과 기능을 제안하였다. 전력량계의 교체 시 경험하게 되는 정전 시간을 회피하기 위해 우회회로 타입의 시제품을 제작하여 테스트 하였다. 과전류와 상 연결에 대한 보호기능의 내장으로 작업자의 실수로 인한 사고를 방지하여 안전성 있는 작업이 이루어지도록 하였다.

또한, 본 장치의 적용으로 전력량계 교체시의 정전 회피와 보호기능으로 더욱 안정된 교체 작업이 이루어지도록 하였다. 개발된 교체 장치를 통신관련 시설 및 농어촌의 비닐하우스, 양식장, 양어장등 주요 산업시설 및 가정용 소규모의 부하에까지 적용하면 전력량계의 점검 및 교체 그리고 유지보수 시 정전을 회피할 수 있어 적용 시 그 효용성이 클 것으로 사료된다.

References

- [1] C. Singh, Nagalakshmi V. Gubbala, "Reliability Analysis of Electric Supply Including Standby Generators and Uninterruptible Power Supply System", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 30, NO. 5, 1994
- [2] Applications in Electro-Optics, Setian, Leo. Prentice-Hall, 2002.
- [3] Transient Electronics :Pulsed Circuit Technology, Paul W. Smith, John Wiley & Sons, 2002.
- [4] Advanced Electronic Circuit Design, Donald Comer, David Comer, John Wiley & Sons, 2002.

◆ 저자소개 ◆

정태훈 (鄭兌勳)

1975년 2월 25일생. 2001년 동의대학교 전자공학과 졸업. 2003년 동의대학원 전자공학과 졸업(석사). 2007년 숭실대학교 전기공학과 박사수료. 현재 삼현CNS(주) 부설 연구소 책임연구원.

조성민 (趙成旻)

1980년 10월 3일생. 2003년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2008년 숭실대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정.

신희상 (申熙尙)

1980년 9월 18일생. 2007년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2009년 숭실대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정.

이희태 (李羲泰)

1976년 4월 2일생. 2002년 숭실대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사 수료.

김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학부 교수.