

# 지능형 원격검침시스템을 이용한 전력손실 감시방법에 대한 연구

(A Study on the Power Loss Monitoring Methods with AMI systems)

명노길\*

(No-Gil Myoung)

## Abstract

Major utilities have been focusing on R&D and nationwide business of AMI system which plays a vital role in SmartGrid whose concept is to maximize energy efficiency and optimize electric power facility management with exchanging real time information between utilities and consumers based on ICT technologies in power grid. In this paper, we suggest a power loss monitoring method using KEPCO's AMI system which is operating in fields and with the acquisition of AMI data and analyses verify the validation of a power loss monitoring method.

Key Words : AMI, SmartGrid, Power Loss Monitoring, DLMS/COSEM

## 1. 서 론

국내 전력수요는 매년 평균 4% 정도 증가하여 2015년에는 최대수요 6,775만KW, 판매 전력량 3,919억 KWH에 달할 것으로 예상된다[1]. 이러한 전력수요 증가에 대처하고자 발전량 증설과 더불어, 기존에 공급하고 있는 에너지 사용의 효율을 높일 수 있는 기술인 AMI(Advanced Metering Infrastructure)시스템은 북미 및 유럽의 주요 전력사를 중심으로 대규모 사업화를 진행 중에 있다[2]. AMI 시스템은 기존의 인력

검침에 대한 문제점을 해결하는 것 보다 고객과 전력 회사 간 양방향 통신을 통해 실시간 전력 사용량을 고객에게 제공하고, 고객들로 하여금 자발적으로 에너지 절약에 참여할 수 있는 기회를 열어줌과 동시에 고객 서비스 질을 높일 수 있는 스마트 그리드 핵심 기술로 진화하고 있다.

본 논문에서는 KEPCO(Korea Electric Power Corporation)가 사업추진중인 지능형 원격검침(AMI) 시스템을 활용하여 변압기 2차 측에서의 전력공급량 산정과 변압기로부터 공급을 받는 고객의 전력사용량 수집하고 상기 전력사용량의 비교 분석을 통해 통상적인 전력 손실률을 산출한다. 산출한 전력 손실률을 바탕으로 전력손실 및 도전감시 방법을 제안하고 현장 취득 데이터 및 분석을 통해서 유효성과 활용성을 고찰하고자 한다.

\* 주(교신)저자 : 한전 전력연구원 선임연구원  
\* Main(Corresponding) author : KEPCO Research Institute, Senior Researcher  
Tel : 042-865-5309, Fax : 042-865-5304  
E-mail : ngmyoung@kepco.co.kr  
접수일자 : 2013년 5월 6일  
1차심사 : 2013년 5월 10일, 2차심사 : 2013년 7월 15일  
심사완료 : 2013년 7월 17일

## 2. KEPCO의 AMI 시스템

### 2.1 AMI 시스템 구성요소

AMI시스템은 단순 인력 검침의 대체 보다는 양방향 통신을 기반으로 전력 예비율에 따른 요금제 서비스(실시간·차등·피크·선불형 요금제) 및 DR(Demand Response)을 통해 양질의 전력정보와 인센티브를 제공하여 고객 만족도 향상과 최대 피크 전력 절감을 통해서 발전단가를 낮출 수 있어 고객과 전력회사가 win-win 할 수 있는 시스템이다. 더 나아가 최근에는 SmartGrid의 핵심 인프라로서 에너지 사용 최적화를 위한 일반 가정의 가전기기·냉난방기기 등의 제어관리 시스템인 HEMS(Home Energy Management System)/BEMS(Building Energy Management System)과의 연계를 통해 종합적인 에너지 관리 기술로 진화하고 있다.

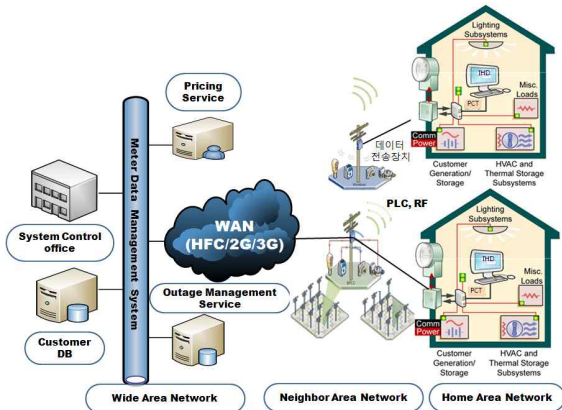


그림 1. 지능형 원격검침 시스템 구성도  
Fig. 1. Architecture of an AMI system

AMI 시스템은 그림 1과 같이 전자식 전력량계, 데이터 전송장치, 검침 데이터 수집·관리를 위한 운영시스템과 이들을 상호 연계하기 위한 유·무선 통신망으로 구성된다[3].

### 2.2 전자식 전력량계

AMI시스템의 핵심 단말 중에 하나인 전자식 전력

량계는 고객의 인입 전력선에 설치되어 CT(Current Transformer)/PT(Potential Transformer)계측부에서 측정된 전류/전압 값을 이용하여 유효/무효 전력량, 역률 및 최대 수요전력과 같은 각종 전력데이터를 생성 및 기록하고 통신모뎀을 통해 상위 시스템으로 전송하는 역할을 한다.

KEPCO의 전자식 전력량계의 표준 기능은 KS C 1214에 기반 하였으며, 데이터 모델링 및 검침 프로토콜은 IEC-62056 (DLMS/COSEM, Device Language Message Specification/Companion Specification for Energy Metering)국제 표준을 수용했다[4].

KEPCO의 AMI 사업은 2020년까지 약 2천만 호를 대상으로 하는 대규모 사업으로 사업비 절감 및 운영 효율성을 위해 성능에 따라 크게 E-Type, G-Type 및 S-Type으로 구분하고 있다[5]. 저가형인 E-Type 전자식 전력량계는 7KW 이하의 계약 전력을 사용하는 일반 가정을(55% 점유율) 대상으로 누적된 순방향 유효전력량과 1시간 간격의 1 channel에 대한 LP를 생성하고 기록한다. 이에 반해 G-Type 전자식 전력량계는 8KW 이상의 계약 전력을 사용하는 상가 및 소규모 공장(44% 점유율)등이 주요 설치 대상이며, 유효/무효전력량, 최대 수요전력, 역률, TOU(Time of Use) 기능, 15분 간격의 2 channel에 대한 LP 생성, 정전보상, 자기 진단 및 보안 등의 기능이 있다. 고압고객용 스마트미터로 관심 있게 논의되고 있는 S-Type의 전자식 전력량계는 현재 관련 규격을 제정 중에 있으며, 계약전력 100KW 이상의 전력을 사용하는 대수용가(1% 점유율)를 대상으로 활용할 예정이다. S-Type 전자식 전력량계는 G-Type 전자식 전력량계의 기본 기능에 수전/송전 양방향 계량 기능, RTP(Real Time Pricing), CPP(Critical Peak Pricing), OPP(Over Peak Pricing),원격 펌웨어 업그레이드, 원격 전력 차단·공급 기능, 도전 방지 기능과 국가인증 암호모듈과 M2M(Machine to Machine)기반의 기기 인증 방식 등의 개선된 보안 기능이 추가될 예정이다.

### 2.3 데이터 전송장치

데이터 전송장치는(DCU, Data Concentration Unit)

논리적·물리적으로 전자식 전력량계와 상위 운영시스템의 중간인 변압기가 설치된 전주에 위치하며, 전자식 전력량계로부터 DLMS/COSEM 검침 프로토콜을 이용 검침 데이터를 수집하고, 수집한 검침 데이터를 UDP/IP 기반으로 상위 운영시스템에 전송하는 역할을 한다. 데이터 전송장치는 그림 2와 같이 근거리 무선통신모듈, WiBro(Wireless Broadband)/D-TRRS(Digital Trunked Radio System)모듈, PLC(Power Line Communication)통신모듈, 변압기 감시 모듈, 전원모듈, 메모리, 각종 통신 인터페이스 및 중앙제어 장치로 구성된다. PLC 모듈은 저압구간 즉 고객의 전자식 전력량계로부터 데이터 전송장치 구간의 통신을 담당하고 있으며, WiBro /D-TRRS 모듈은 데이터 전송장치와 FEP(Front End Processor)구간의 광역 통신구간을 담당한다.

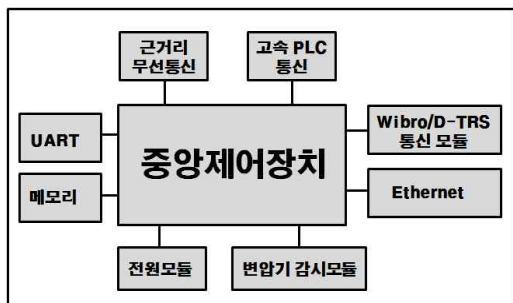


그림 2. 데이터 전송장치의 H/W 구성도  
Fig. 2. H/W architecture of a DCU

변압기 감시모듈인 TMU(Transformer Monitoring Unit)는 변압기에 부착된 온도/진동 센서를 이용해 변압기의 이상동작을 감시하며, 변압기 2차 측(저압)에 설치한 CT/PT로부터 취득한 전류/전압 값을 활용하여 유효/무효 전력량 및 LP를 생성하는 기능을 수행한다.

## 2.4 AMI 통신망

전력회사 입장에서 선호하는 PLC 기술은 100m 이내의 저압선로 구간에서의 안정적인 통신 성능을 제공함에 따라서 지능형 원격검침 시스템을 위한 근거

리 핵심 통신기술로 각광을 받고 있다. PLC 통신은 사용되는 주파수 및 속도에 따라 저속(9KHz~450KHz 대역, 100Kbps 이하) 및 고속(2MHz~30MHz 대역, 100Kbps 이상)으로 구분되며, KEPCO는 검침용 통신 인프라를 활용해 향후 부가 서비스까지 제공할 수 있는 고속 PLC 통신 방식을 사용하고 있다. 고속 PLC 통신 기술은 2.15MHz~23.15MHz 주파수대역 사용, DMT(Discrete Multi-Tone) 변복조 기술 및 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access /Collision avoidance) multiple access protocol을 사용하며, PHY 최대속도 24Mbps, 자체 repeating 기능, 128 bit AES(Advanced Encryption Standard) 암호화 기능을 제공한다[6].

그러나 지중화지역은 전력선 공장이 길고 분기가 많아 PLC 방식을 적용시 PLC 전송신호 감쇄가 커져 안정적인 성능을 기대할 수 없는 현상이 발생하고 있다. 따라서 상기 지역은 PLC 방식을 대체할 수 있는 수단으로 ZigBee 또는 WiFi mesh와 같은 근거리 무선방식을 적용 중에 있다.

데이터 전송장치가 수집한 검침데이터를 FEP로 전송하는 WAN(Wide Area Network) 통신방식으로 HFC(Hybrid Fiber Coax)망을 주로 사용하고 있으며, 농촌 지역과 같이 HFC 망 구축이 어려운 지역과 변압기가 전력을 공급하는 고객의 수가 적은 지역에서는 보조적인 수단으로 D-TRRS 통신망을 사용하고 있으며, WiBro 기술은 저속인 D-TRRS를 대체하는 통신방식으로 제주 스마트 그리드 실증단지에 우선 적용하여 사용 중에 있으며 확대 적용을 고려중에 있다.

## 3. AMI 시스템을 이용한 전력손실 감시 방법

### 3.1 검침데이터 수집절차 및 전력손실을 산정 방법

데이터 전송장치는 변압기 감시모듈을 통해서 변압기가 고객들에 제공하는 15분 누적 전력공급량을 산출하고, 하위 고객들의 전자식 전력량계로부터 15분

LP 데이터를 수집하여 15분 누적 전력사용량을 계산한다. 그림 3은 데이터 전송장치에서 15분 LP 데이터를 수집하기 위한 DLMS/COSEM 기반의 검침데이터 수집절차를 보여준다. SNRM(Set Normal Response Mode)프레임을 보내고 UA(Unnumbered Ack)프레임을 수신함으로써 data link layer 연결에 필요한 HDLC(High Level Data Link Control) parameter들을 설정한다. 다음으로는 application layer에서 필요한 각종 parameter들의 설정을 AARQ(Application Associate Request)/AARE(Application Associate Response)프레임을 통해 설정 한다. 마지막으로는 검침 데이터 요청·응답 같은 서비스를 수행하는 xDLMS(extended DLMS)의 get/set 서비스를 통해 검침 데이터를 요청하고 수신하는 구조로 동작한다[4].

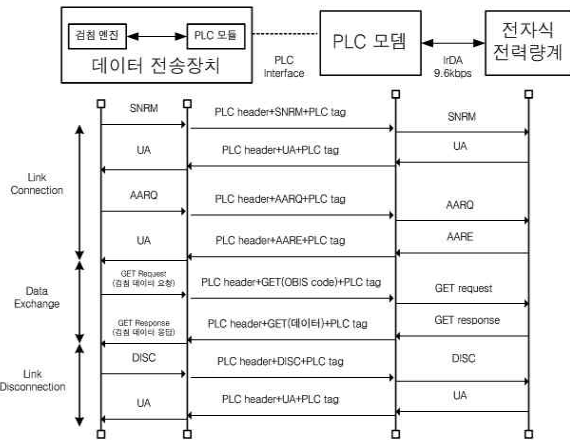


그림 3. DLMS/COSEM 기반의 검침데이터 수집절차  
Fig. 3. AMI data gathering process based on DLMS/COSEM

국내의 도전 적발 통계건수를 해외 사례와 비교해 보면 도전 발생률이 극히 적지만 통계적으로 KEPCO는 매년 수십억 원의 전력사용 요금을 도전 비용으로 처리하고 있다. 도전 감시뿐만 아니라 전력품질 관리를 위해 KEPCO는 AMI 인프라를 활용하여 비정상 계량방지 및 도전·손실 감시 시스템을 구축을 추진 중에 있다.

도전·손실 감시 시스템의 핵심역할은 그림 4와 같이 변대주에 설치된 데이터 전송장치에서 수행한다. 데이

터 전송장치에 내장된 변압기 감시모듈은 clock 발생 회로, 전압 reference 회로, 입력 전류/전압을 각각 가변 증폭하는 PGA(Programmable Gain Amplifier), 시그마 델타 모듈레이터, 디지털 필터, 전력계산 엔진부 및 통신 인터페이스로 구성된다. 변압기 감시 모듈은 변압기 2차 측(저압 220/380V)에 설치된 CT/PT를 통해 전압/전류를 센싱하고, 시그마델타 모듈레이터를 통해 디지털화한 후 전력계산 엔진부를 통해서 전자식 전력량계가 생성하는 LP 데이터 또는 누적 유효/무효/피상전력 같은 각종 전력 데이터를 전자식 전력량계와 동일하게 생성한다. 데이터 전송장치의 마이크로프로세서는 상기 데이터를 활용하여 15분 동안 변압기가 공급하고 있는 총 누적 전력공급량을 산출한다.

DLMS/COSEM 검침 엔진부는 변압기가 전력을 공급하고 있는 고객에 설치된 통신모뎀을 이용해서 전자식 전력량계로부터 15분 LP 데이터를 수집한다. LP 데이터는 시각 동기화된 데이터로서 누적 유효 전력량, 누적 무효 전력량, 최대 수요 전력, 역률 및 각종 이력정보 등 각종 중요한 데이터를 profile 형태로 정의한 것을 의미하며 준 실시간 성격을 가지고 있는 15분 기록주기를 최소 단위로 많이 사용한다. 데이터 전송장치에 내장된 마이크로프로세서는 DLMS/COSEM 검침 엔진부가 수집한 고객의 LP 데이터를 이용하여 15분 동안 총 누적 전력 사용량을 산출 후 변압기가 공급하고 있는 15분 총 누적 전력공급량과 비교하여 통상적인 전력 손실률을 산출한다. 도전이 없는 상태를 가정한 통상적인 전력 손실률은 일정 단위 시간을 기준으로 식 (1)과 같이 정의한다.



그림 4. 데이터 전송장치의 전력량 산정방법  
Fig. 4. A calculation method of electric energy in DCU

$$\text{전력손실률(\%)} = \frac{(\text{총 전력공급량} - \text{총 전력사용량})}{(\text{총 전력공급량})} \times 100 \quad (1)$$

도전감시 및 비정상 계량의 판단은 통상적인 전력 손실률 산정 후 일정한 마진 α를 두고 통상적인 전력손실률+α보다 큰 전력 손실률이 발생하면 도전 및 비정상 계량을 의심하고 수집데이터의 전후 관계 등을 종합적으로 고려하여 판단한다. 일정한 마진 α에 대한 체계적인 연구나 기준 자체도 없기 때문에 전자식 전력량계의 계량오차 범위를 가지고 정의하고자 한다. 전자식 전력량계와 데이터 집중장치의 변압기 감시모듈에서 사용하는 전력계산 엔진부를 포함하는 미터링 IC의 정밀도는 각각 1.0급을 만족해야 한다. 즉 계량 오차는 정규분포를 만족하며 오차의 최대치는 ±1% 이다. 따라서 일정한 마진 α는 각각의 미터링 IC 때문에 발생할 수 있는 최악의 오차 범위는 -2%~+2%로 정의하여 사용하고자 한다.

### 3.2 AMI 시스템으로부터 수집할 수 없는 전력사용량 산정방법

총 전력공급량은 데이터 전송장치의 변압기 감시모듈을 통해서 정확하게 산정이 가능하다. 하지만 총 전력사용량은 고객의 전자식 전력량계로부터 수집한 전력사용량의 총합으로 계산되지만, 전자식 전력량계 자체 소모 전력량과 PLC 모델에서 사용하는 소모 전력량 및 전자식 전력량계가 미설치된 가로등 또는 신호등에서 사용하는 전력량은 반영하지 못하고 있다. 그림 5는 AMI 시스템으로부터 수집할 수 없는 전력사용량을 음영색으로 표시했다. AMI 시스템에 사용하고 있는 전자식 전력량계는 CT/PT 이전 단에서 전자식 전력량계 자체 구동전력과 통신(PLC)모델에 구동 전력을 공급하는 방식을 사용하기 때문에 전자식 전력량계는 자체소모 전력량과 PLC 모델의 소모 전력량을 계량 할 수 없는 구조이다. 또한 변압기가 고객뿐만 아니라 인근 가로등과 신호등에도 전력을 공급할 경우가 있으며, 전력사용

량이 큰 가로등 및 신호등은 전자식 전력량계를 설치하여 운용하기도 하지만 전력사용량이 상대적으로 작은 가로등과 신호등은 현재 정액제로 운영하고 있으며, 향후에는 모든 가로등 및 신호등을 대상으로 전자식 전력량계를 설치하여 운용할 예정이다. 따라서 현 시점에서 정확한 도전·손실 감시를 수행하기 위해서는 AMI시스템에서 수집할 수 없는 전력사용량을 추가적으로 반영하는 것이 필요하다.

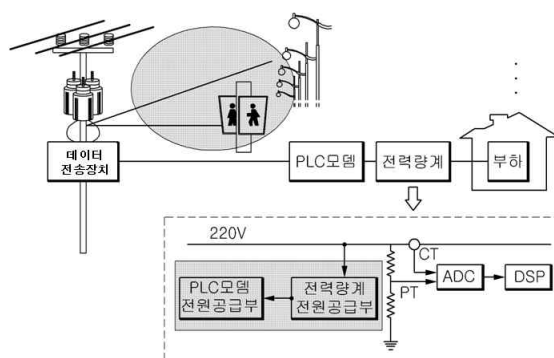


그림 5. 데이터 전송장치에서 수집 불가능한 전력 사용량  
Fig. 5. Electric energy not collected in DCU

## 4. AMI 시스템을 이용한 전력손실률 측정

### 4.1 전력손실률 측정을 위한 데이터 수집

통상적인 전력 손실률을 측정하기 위해서 AMI 시스템 구축을 완료한 충북 청주시 우암동 일대에서 데이터 전송장치 1대와 고객에 설치한 4대의 G-type(단상 2선식) 전자식 전력량계로부터 LP 데이터를 수집했다. LP 데이터 수집기간은 총 30일간 전자식 전력량계당 15분 LP 데이터 2,880개를 수집하였다. 표 1은 데이터 전송장치의 변압기 감시모듈이 생성한 LP 데이터 중 일부이다. 표 1의 좌측 데이터는 AMI 시스템으로부터 수집한 LP 데이터이며 전력으로 표시되지 않고 전자식 전력량계가 계량하는 펄스 형태로 표시된다.

표 1. DCU로부터 수집한 LP 데이터  
Table 1. Collected LP data from the DCU

DCU(데이터 집중장치)							
발생일	시간	유효펄스	무효펄스	유효전력	무효전력	피상전력량	
2012-03-15	11:15:00	279	76	0.279	0.076	0.289166042	
2012-03-15	11:30:00	275	82	0.275	0.082	0.286965155	
2012-03-15	11:45:00	273	98	0.273	0.098	0.290056891	
2012-03-15	12:00:00	266	84	0.266	0.084	0.278948024	
2012-03-15	12:15:00	252	96	0.252	0.096	0.269666461	
2012-03-15	12:30:00	282	118	0.282	0.118	0.305692656	
2012-03-15	12:45:00	283	114	0.283	0.114	0.305098345	
2012-03-15	13:00:00	219	79	0.219	0.079	0.23281323	
2012-03-15	13:15:00	237	92	0.237	0.092	0.254230211	
2012-03-15	13:30:00	264	120	0.264	0.12	0.289993103	
2012-03-15	13:45:00	215	83	0.215	0.083	0.230464748	
2012-03-15	14:00:00	189	74	0.189	0.074	0.202970441	
2012-03-15	14:15:00	212	80	0.212	0.08	0.226592145	
2012-03-15	14:30:00	371	117	0.371	0.117	0.389011568	
2012-03-15	14:45:00	255	103	0.255	0.103	0.275016363	
2012-03-15	15:00:00	195	82	0.195	0.082	0.211539594	
2012-03-15	15:15:00	239	112	0.239	0.112	0.263941281	
2012-03-15	15:30:00	246	147	0.246	0.147	0.286574598	
2012-03-15	15:45:00	347	86	0.347	0.086	0.357498252	
2012-03-15	16:00:00	290	132	0.29	0.132	0.31862831	

전자식 전력량계는 계량 값을 표시하기 위한 고유 정수인 계기정수를 갖고 있으며, 계기정수가 1,000이면 1KW를 계량하기 위해서는 누적된 1,000개의 펄스가 필요하다는 의미이다. 수집한 유효 및 무효 펄스를 이용하여 피상 전력량을 계산하는 방법은 식 2와 같다. 일반적으로 전력량은(W/H) 1시간을 기준으로 표시하지만 여기서는 편의상 15분을 기준으로 정의 했다. 식 (2)에서 사용한 계기정수는 1,000이며 이는 단상 2선식 G-type 전자식 전력량계가 사용하는 계기 정수이다.

$$\text{피상전력량(15분)} = \sqrt{\left[\frac{\text{유효펄스 수}}{\text{계기정수}}\right]^2 + \left[\frac{\text{무효펄스 수}}{\text{계기정수}}\right]^2} \quad (2)$$

표 2는 변압기가 전력을 공급하는 고객에 설치된 총 4대의 G-type 전자식 전력량계로부터 수집한 LP 데이터 중에서 유효펄스와 무효펄스만을 보여준다. 각각의 유효펄스와 무효펄스는 누적 유효전력과 누적 무효전력으로 변환할 수 있고 식 (2)를 이용해서 15분 누적 피상전력량으로 표현할 수 있다. 통상적인 전력 손실률을 정확하게 산출하고자 AMI 시스템에서 수집할 수 없는 전력사용량을 추가적으로 측정했다. AMI 시스템에서 수집할 수 없는 전력사용량은 PLC 모델과 G-type 전자식 전력량계의 차제 평균 소모 전력이며 표 3과 같이 각각 0.9W, 1.2W로 측정되었다.

표 2. G-type 전자식 전력량계로부터 수집한 LP 데이터

Table 2. Collected LP data from the G-type meters

발생일	시간	계기1(29140012440)		계기2(29140010184)		계기3(29140012447)		계기4(2914003125)	
		유효 펄스	무효 펄스	유효 펄스	무효 펄스	유효 펄스	무효 펄스	유효 펄스	무효 펄스
2012-03-15	11:15:00	59	42	78	9	305	54	100	66
2012-03-15	11:30:00	29	11	122	63	307	47	75	63
2012-03-15	11:45:00	54	34	65	61	318	54	92	67
2012-03-15	12:00:00	59	42	47	40	288	46	119	63
2012-03-15	12:15:00	35	14	37	20	329	109	94	66
2012-03-15	12:30:00	50	31	98	73	326	100	69	54
2012-03-15	12:45:00	59	43	52	21	351	114	87	70
2012-03-15	13:00:00	37	17	27	6	290	100	70	52
2012-03-15	13:15:00	47	28	71	13	269	118	73	34
2012-03-15	13:30:00	58	42	154	60	238	104	68	31
2012-03-15	13:45:00	33	14	68	12	253	120	62	27
2012-03-15	14:00:00	53	33	77	10	158	70	78	48
2012-03-15	14:15:00	59	43	93	23	186	73	76	35
2012-03-15	14:30:00	25	5	324	87	311	131	60	33
2012-03-15	14:45:00	57	41	146	43	241	101	68	35
2012-03-15	15:00:00	53	37	25	6	237	103	57	31
2012-03-15	15:15:00	30	9	50	34	333	168	54	23
2012-03-15	15:30:00	59	41	77	65	286	167	56	31
2012-03-15	15:45:00	36	15	249	11	288	142	94	19
2012-03-15	16:00:00	50	30	91	41	329	167	112	41

표 3. AMI 시스템에서 수집 불가능한 전력사용량  
Table 3. Not collected data from the AMI system

전력소모 기기	PLC 모델	G-type 전자식 전력량계
동작 시간	24시간	24시간
사용 전력	0.9W	1.2W

#### 4.2 전력손실을 산정 및 고찰

AMI 데이터를 측정된 전주의 변압기는 4대의 고객과 2대의 가로등에 전력을 공급하고 있다. 가로등의 정확한 소모전력 측정이 불가능하여 가로등을 사용하지 않는 시간대인 오전 10시부터 오후 4시까지 전력 손실률을 계산했다. AMI 시스템이 수집할 수 없는 PLC 모델과 G-type 전자식 전력량계의 차제 평균 소모 전력은 총 누적 전력사용량에 포함시켜 전력 손실률을 산정했다. 그림 6은 주말 오전 10시부터 오후 4시까지 15분 간격으로 측정된 전력 손실률과 누적 공급전력량을 보여준다. X축은 시간이며 Y축은 공급전력량(KW)과 전력손실률(%)을 의미한다. 15분 단위의 전력 손실률은 최소 -3.83%에서 최대 1.62%를 갖으며 평균 전력 손실률은 -0.98%로 측정되었다.

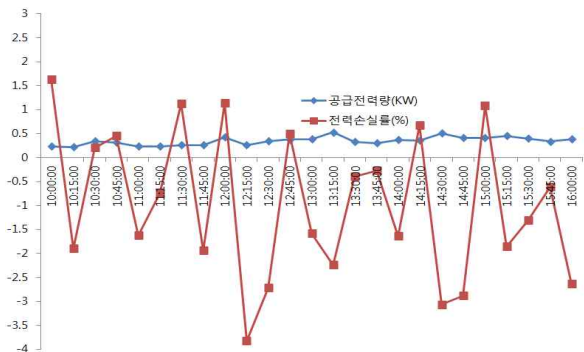


그림 6. 전력손실률 그래프(주말)  
Fig. 6. A line graph of power loss ratio(Weekend)

그림 7은 주말의 전력 손실률과 상대적인 비교를 하기 위해서 평일 오전 10시부터 오후 4시까지 15분 간격으로 측정된 전력 손실률을 보여준다. 15분 전력 손실률은 최소 -3.67%에서 최대 1.68%로 측정되었으며 평균 전력 손실률은 -0.92%로 측정되었다.

그림 6 및 그림 7의 15분 누적 공급전력량의 변화를 추적하면 주말의 전력사용량이 증가했음을 알 수 있으나 전력사용량 증감에 의한 전력 손실률의 변화추세는 불분명하다. 15분 기준으로 공급전력량의 증감에 대한 전력 손실률은 특정한 추세를 가지고 변화하기보다는 랜덤하게 변화했다.

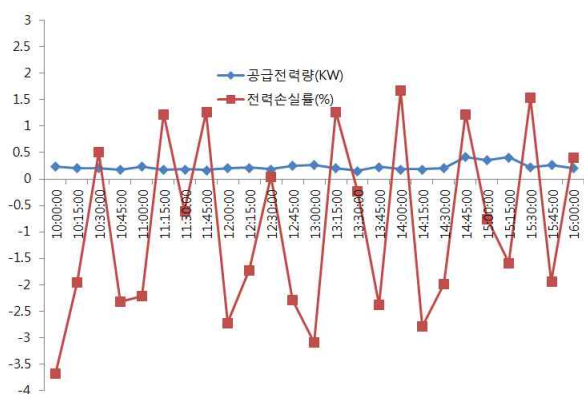


그림 7. 전력손실률 그래프(평일)  
Fig. 7. A line graph of power loss ratio (Weekdays)

미터링 IC의 계량 오차가 평균값 0을 갖는 정규분포를 만족하기 때문에 측정된 평균 전력손실률 -0.92%

~ -0.98%를 저압선로 자체에서 발생하는 전력손실로 해석할 수 있다. KEPCO의 저압선로 설계기준을 보면 전압 강하율 한도가 최대 8%(저압선로 6%, 인입선 2%)이나 통상적으로 한도보다 작게 운영되고 있으며 선로 공장에 따라 전압 강하율이 가변되기 때문에 정확한 전력손실률 산출이 어려운 상황이다. 상기 측정개소의 경우에는 리피터 기능 없이 PLC 통신이 가능한 상황으로 50m 이내의 저압선로 공장을 가지고 있어 저압 전력선로로 발생한 전력손실은 작을 것으로 추정된다. 따라서 상기 측정개소에만 국한하여 주말과 평일 전력 손실률의 평균치인 -0.95%를 저압선로에 의한 손실률로 가정하면 마진 a는 -2.95%~1.05% 범위를 갖는다. 그림 6 및 그림 7에서와 같이 주중 및 주말동안 측정된 15분 전력 손실률 그래프의 50개 노드 중에서 16개의 노드는 상기 마진 범위밖에 존재한다. 그러나 마진 범위를 벗어난 노드 때문에 즉시 도전으로 판정하는 것은 무리가 있다고 판단된다. 마진 범위를 벗어난 노드가 최소 수 시간 이상 연속적으로 지속되는 경우에만 도전 또는 비정상 계량으로 의심하는 것이 타당하다. 통상적으로 도전 또는 비정상 계량은 상당한 기간 동안 지속성을 가지고 있기 때문이다.

상기 1개의 측정개소를 대상으로 측정된 전력 손실률을 일반화 하는 것은 성급하다고 판단되며, 보다 정확한 전력손실률 산정 및 마진 a의 범위를 찾기 위해서는 고객 수 및 선로공장 길이가 다양한 환경을 대상으로 추가적인 실증과 종합적인 분석이 필요하다고 사료된다. 또한 향후 예정된 가로등 및 신호등의 전자식 전력량계 보급에 따라서 상기 대상에 대한 전력사용량 원격 수집을 통해 보다 종합적인 전력·손실 감시가 가능할 것이다.

## 5. 결 론

KEPCO는 단방향 전력망에 정보통신 기술을 접목하여 전력공급자와 소비자가 양방향 실시간 정보를 교환함으로써, 에너지 효율을 최적화하여 스마트 그리드의 핵심인 기술로 각광받고 있는 AMI 전국 사업화를 구축 중에 있다. AMI 인프라를 이용하여 고객이 요구하고 있는 고품질의 전력공급과 전력관리 측면에

서, 비정상계량방지 및 전력 손실·감시 시스템 구축을 고려하고 있다. 본 논문에서는 특정 개소를 대상으로 AMI 시스템을 활용한 전력공급량 및 전력사용량을 측정하고 전력 손실률을 산정했다. 산정한 전력 손실률을 바탕으로 비정상계량 및 도전감시 기능을 수행할 수 있는 가능성을 제시했다. 향후 전국 AMI 사업과 맞아맞추어 구축 예정인, 전력 손실·감시 시스템은 변압기 감시 및 고품질의 전력공급에 크게 기여할 것이다.

◇ 저자소개 ◇



**명노길 (明魯吉)**

1976년 11월 30일생. 2003년 충북대 전기·전자공학부 졸업. 2006년 KAIST 정보통신공학과 졸업(석사). 2003~2004년 무선국관리사업단. 2006년~현재 한전전력연구원 선임연구원.

**References**

- [1] YongBeum , et. al, "The problem of demand supply and long-term electricity generation plan", KEPCO CEO report, vol. 09-4, pp. 1~3, 2009.
- [2] Huibin Sui, et. al "An AMI System for the Deregulated Electricity Markets", IEEE transaction on industry application, vol 45, pp. 2101~2108, Nov, 2009.
- [3] NoGil Myoung, et. al "A study on AMI system of KEPCO", J-KICS, vol. 35, no 8, pp. 1251~1258, 2010.
- [4] <http://www.dlms.com>
- [5] <http://srm.kepco.net>
- [6] Hui-Myoung Oh, et. al, "Physical layer certification system of power line communication korea standard," ISPLC, pp 325~330, 2009.