

**배전변압기 원격 부하감시 및 전력량 데이터 취득시스템 개발**

박창호, 오재형, 정동완, 김준오  
한국전력공사

**A development of distribution transformer's load monitoring & meter reading system**

Changho Park, Jaehyung Oh, Dongwan Jung, Juno Kim  
KEPCO

**1. 서 론**

배전변압기의 최대부하 추정방법으로는 전동부하의 경우에 부하[KW]와 사용량[KWh]의 상관관계를, 동력부하의 경우는 최대부하와 부하설비 즉 계약전력[KW]의 상관관계를 이용하여 현재의 부하를 추정하고 미래부하를 예측함으로써 변압기부하를 관리하고 있다. 특히 배전부하에 절대적인 영향을 미치는 저압 동력부하의 경우는 계약전력의 초과사용 및 배전용 변압기에서 공급하는 전력수용가 정보의 불일치로 인하여 상기의 통계적 방법의 부하관리를 활용하는데 있어서 배전용 변압기 소손사고는 물론 변압기 부하의 공급계획, 용량산정에도 많은 문제점을 야기하고 있다. 전력회사에서는 사용전력량 및 계약전력에 의한 변압기 부하계산의 문제점을 해소하기 위해 CDMA, 근거리 R/F, PLC 등 유, 무선 통신방식을 이용하여 배전용변압기의 정확한 실시간 부하감시와 함께 이러한 통신기술을 활용하여 전력사용량은 물론 가스, 수도 등 원격에 의한 자동검침을 추진하고 있다.

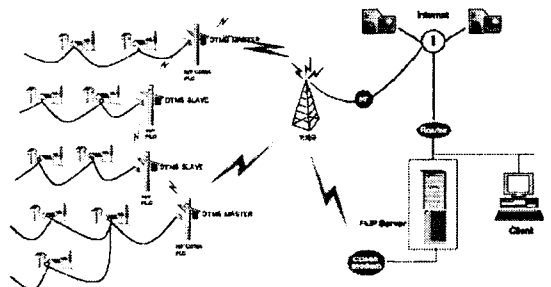
본 논문에서는 근거리 R/F통신에 의한 배전용변압기의 부하취득용 기기인 DTMS(Distribution Transformer Monitoring Station)의 Master와 Slave모델 개발과 저압 PLC통신 모델을 채용한 저압전자식 전력량계를 이용하여 변압기로부터 공급되는 다수고객의 전력사용량을 원격지에서 검침할 수 있도록 하여 수집된 변압기 부하 및 검침데이터를 CDMA모뎀과 인터넷을 통하여 실시간으로 확인 및 활용이 가능한 배전용변압기 원격 부하감시 및 전력량 데이터 취득시스템(PMMR, Power Monitor & Meter Reading System, 이하 PMMR로 표기)구성을 제안하였다. 또한, DTMS Master & Slave와 PLC모뎀 등 PMMR을 구성하는 요소별 기능 및 역할에 대하여 소개한다

**2. 본 론**

**2.1 시스템 구성**

본 시스템은 배전용 변압기 부하데이터 측정, 검침 데이터 수집, 데이터 중계와 네트워크 관리 등을 수행하는 배전용 변압기별 제어기인 DTMS를 중심으로 구성되며, 이는 DTMS Master와 Slave모뎀로 구성되어 있다. 또 DTMS Master 또는 Slave와 PLC MODEM사이에는 배전용 변압기로부터 각 수용가에 전력을 공급하는 배전선로(220V)를 이용하는 통신방식인 전력선통신을 이용하며, 계장기로부터 취득한 데이터가 최종적으로 PMMR Server의 TCP/IP 패킷통신까지 연결되어 있다. DTMS Master(이동통신 망 중계기능 포함)와 DTMS Slave(지역 무선국 포함)가 있다. DTMS Master와 인터넷상 존재하는 PMMR Server사이에 형성되는 데이터 통신경로로 구성되는 상위Network(CDMA Network, Public Network)와 DTMS와 DTMS 사이에 형성되는 무선 데이터통신으로 DTMS Master를 중심으로 한 DTMS Slave그룹 내에 형성되는 지역적인 무선 통신망을 의미하는 하위Network(Local Network, R/F Network)로 구

성되어 있다. 상위Network은 기지국과의 접속유형에 따라 서킷(Circuit)통신과 패킷(Packet)통신으로 구분할 수 있으며, 하위Network은 근거리 R/F통신, PLC 등을 활용하고 있으며 배전용변압기, 전력량계 등의 감시대상설비가 이 Network에 접속된다.



<그림 1> 시스템 구성도

<그림 1>은 본 시스템의 구성도를 나타내며, <표 1>은 시험시스템 구성규모이다. 감시되는 변압기는 10대이며, 원격검침 대상 전자식 전력량계는 200개소이다.

<표 1> 시험시스템 구성

품 명	수량 (대)	기 능	
배전용 변압기용 변압기 온도센서	10	- 배전용 변압기 온도측정	
DTMS Master	2	- DTMS Slave 전 기능 - PMMR Server와 통신 - 데이터 수집, 보관, 일괄전송	
DTMS Slave	8	- 검침 데이터 수집기능 - 부하, 검침, 관리 데이터 전송 - 데이터 중계기능	
모뎀	DTMS Master 상위 Network용 CDMA MODEM	2	- PMMR Server ↔ DTMS Master 간 데이터 통신 - Circuit/ Packet 통신기능
	DTMS Master 하위 Network용 R/F MODEM	2	- DTMS Master ↔ DTMS Slave 간 데이터 통신 - DTMS Master ↔ DTMS Slave 간 채널설정, 경로 탐색, 하위 네트워크 제어
	DTMS Slave 하위 Network용 R/F MODEM	8	- DTMS(M) ↔ DTMS(S)간 통신 - DTMS(M) ↔ DTMS(S)간 데이터 중계 - DTMS(S) ↔ DTMS(S)간 통신
	DTMS Slave 검침용 PLC MODEM	30	- DTMS ↔ 전력량계간 PLC 통신 - A, B, C 상별 통신경로 추적 - 확산/ 역확산, 인코딩/ 디코딩, ECC에 의한 데이터검증 및 ERROR 복원

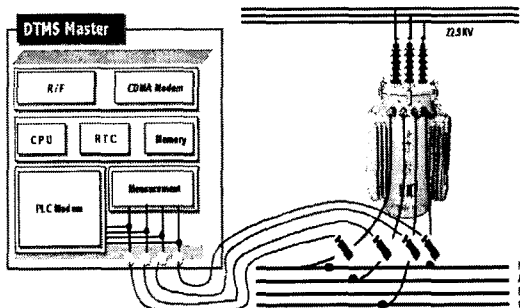
모뎀	저압 전자식 전력량계 검침용 PLC MODEM	200	- DTMS ↔ 전력량계간 PLC통신 - DTMS ↔ 전력량계 간 프로토콜 중계, 비퍼형 - 전자식 전력량계 접속 - 확산/역확산, 인코딩/ 디코딩, ECC에 의한 데이터 검증 및 ERROR 복원 - 원격검침(가스, 수도 등)연계기능 - 부하 ON/ OFF 제어기능
	저압 전자식 전력량계	200	- 단상2선식 전자식전력량계 (220V 40A 60Hz) - 무선모뎀과 일체형, 모뎀 탈착/부착식

### 2.1.1 PMMR Server

PMMR Server는 배전용변압기에서 공급되고 있는 배전부하 실계측 데이터 취득을 통한 부하관리 기능을 수행한다. 본 시스템을 통하여 배전수요의 예측, 과부하에 의한 소손예방, 과·저전압 방지, 정전구역의 신속한 파악 등 전기품질을 효과적으로 감시 및 유지할 수 있도록 한다. 또한 고객의 사용전력량의 원격검침을 통해 전력사용요금의 정확한 산출 및 전압, 전류, 역률과 시간대별 이력데이터를 통해 고객의 전기사용품질을 확보할 수 있다. PMMR Server는 인터넷에 접속된 펜티엄급 PC로써 수집된 데이터를 가공하여 감시대상 지역의 수지도면상에서 운용자에게 부하의 크기, 위치정보 등 유용한 정보를 제공하는 통신 및 응용프로그램, 배전변압기 원격 감시 서버와 관리자 감시용PC 등으로 구성되어 있다.

### 2.1.2 DTMS Master & Slave

DTMS는 검침데이터의 중계기능과 배전변압기 실부하 취득 및 이력데이터 관리기능을 수행한다. DTMS Master와 DTMS Slave사이에는 [데이터 전송용 특정소출력 무선설비의 기기]에 허가된 424MHz 협대역 (12.5KHz) 21개 채널을 이용하며, PMMR Server와 DTMS Slave 사이의 데이터가 중계될 수 있도록 설계되어 있다. 또한 정전작업 없이 간편히 설치할 수 있는 전류센서와 전압계측 및 전원공급용 PT책, 온도측정을 위해 시험용 변압기에 설치할 온도센서를 갖추고 배전용 변압기주변에 용이하게 설치할 수 있는 옥외용 방수 구조이다. 다음 <그림 2>는 DTMS Master 모델의 구성 및 연결도이다. Slave모델은 Master와 동일하나 CDMA 모듈이 생략된다.

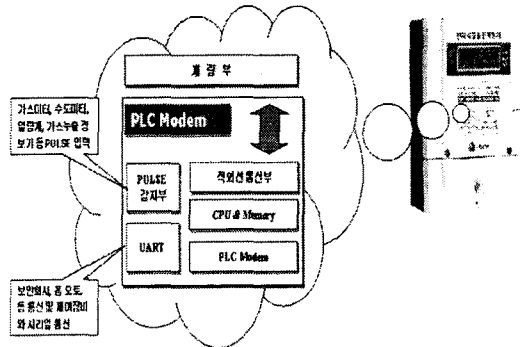


<그림 2> DTMS Master의 구성

### 2.1.3 원격검침용 PLC 통신장치

원격검침용 통신장치인 PLC MODEM은 <그림 3>과 같이 저압 전자식 전력량계 내에 설치될 수 있는 구조로 설계·제작하였다. DTMS 또는 계량기의 주 제어장치로부터 시리얼 데이터를 수신하여 지정된 코드에 따라 확산하여 데이터를 전송하고, 수신된 캐리어를 역확산하여

데이터를 복원하며, 계량기의 프로토콜을 탑재하여 미리 데이터를 취득 후 일괄 전송함으로써 통신효율을 높일 수 있다. 전력량 검침데이터의 흐름은 상기의 PLC MODEM → DTMS Slave → R/F Network → DTMS Master → CDMA 패킷망 → 인터넷 → PMMR Server의 경로로 전달된다. 또한 배전변압기 부하관리용 프로그램에서 전체 계량기 데이터를 취득할 수 있으며, 주어진 일정에 따라 동시 다중접속이 가능하도록 하였다. 이 모뎀은 전력량계의 내부회로와는 완전 절연구조로 하여 적의선 통신방식을 취하여 전력량계의 성능에 영향이 없도록 하였다.



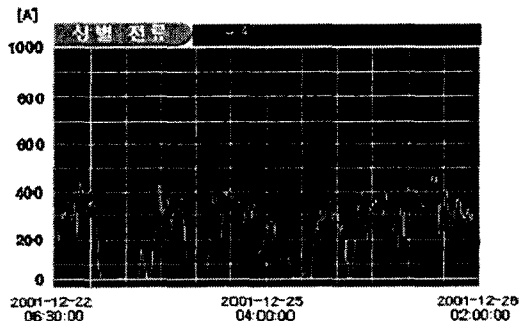
<그림 3> PLC Modem의 구조

### 2.2 시스템의 활용

배전변압기 원격 부하감시 및 전력량 데이터 취득시스템은 TCP/IP 통신, CDMA, 통신, RF통신, PLC방식 등 다양한 통신방식을 이용하여 배전용변압기의 부하상태 감시 및 고객 전력사용량의 원격 검침을 수행하기 위해 개발하였다. 취득된 데이터를 배전용변압기 부하관리와 품질관리, 전력요금 산정 등 관련 업무에 활용하기 위해서는 데이터베이스의 구축과 응용프로그램의 개발이 필요하다. 취득데이터의 축적 및 가공을 통해 활용될 수 있는 분야는 다음과 같다.

#### 2.2.1 배전변압기 부하관리

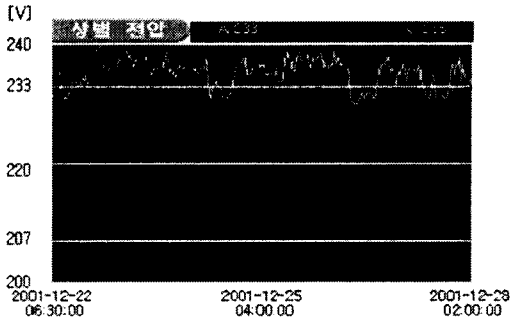
매년 하계 피크 시에 발생하는 과부하에 의한 변압기의 소손, 유 분출 사고를 미연에 방지하고, 삼상결선 변압기에서 공급되는 단상부하의 상별 균등분배를 통한 부하 불평형 현상을 해소할 수 있다. 또한, 신규 전력공급 요청에 대한 변압기별, 상별로 이를 수용할 것인가의 여부를 판단할 수 있다. 이 시스템을 통하여 변대별 공급 전력량과 고객사용량의 비교가 가능하며 도전, 누전 등을 방지하기 위한 전력회사의 관련 업무에도 활용될 수 있다. <그림 4>는 취득된 데이터를 그래프로 표시한 일부하 곡선 화면이다.



<그림 4> 일부하 곡선

### 2.2.2 배전품질 감시

원격지에 있는 PMMR Server의 경보기능을 통하여 이 시스템에 의해 감시되고 있는 배전용변압기가 공급하는 지역의 정전구역을 신속하게 파악할 수 있고, 과·저전압의 지속적 감시를 통한 최적의 전압조정으로 에너지 절감은 물론 최근 사회 이슈화 되고 있는 과전압에 의한 각종 가전기기의 수명손실 방지, 배전설비의 보호 등 고객품질의 정확한 관리가 가능하다. 또한 변압기별로 장기간 공급전압 추이와 전력수용 특성을 파악함으로써 관련연구의 활성화를 기할 수 있다.



<그림 5> 전압품질 감시화면

### 2.2.3 PLC에 의한 원격감침

전력회사에서는 방문감침에 따른 범죄, 사생활 침해 등 사회적 문제점 해소와 감침인력에 의한 낭비적 요소 및 감침착오에 따른 민원발생 등의 문제점을 해결하기 위해 진화선을 이용한 원격감침을 추진하여 왔다. 그러나 이러한 방식은 사회적 필요성에도 불구하고 주로 경제성에 있어서 많은 문제점을 내포하고 있어 현재까지는 원격감침보다는 핸드터미널 등의 장비를 활용한 직접 감침의 정확성과 생산성에 초점을 맞추고 있는 실정이다.

최근 경제성장과 함께 높아진 전력수요자의 요구사항의 추세는 공급자의 일방적인 관점이 아닌 고객의 입장에서 공급전력에 관한 품질관리가 절실히 요구되고 있다. 이러한 수요자의 요구사항을 충족하기 위해서는 수요자 개체별 공급전력의 품질을 실시간으로 감시하고 관리하는 원격감침시스템이 절대적으로 필요하다. 또한 원격감침시스템을 개발하고 실용화하는데 있어 가장 핵심적인 사항인 통신매체, 통신기술 등 통신방식은 현재까지의 통신기술 중 본 시스템에서 활용되고 있는 저압선 PLC를 이용한 통신기술이 상대적으로 가장 실용적인 것으로 판단된다. PLC는 별도의 통신선로 구축 또는 채용이 불필요하고 저압 전력선인 통신선로에 간편하게 접근할 수 있으며 별도의 전원공급이 불필요하다. 또 무선방식인 CDMA, R/F방식에 비해서도 모뎀제작 비용이나 통신요금 측면에 있어서 훨씬 경제적이다. 본 PMMR시스템에서 사용하고 있는 PLC는 저압, 근거리 구간에서만 사용되며, SS방식으로 전력밀도를 낮춤으로써 노이즈 발생을 억제하였고, 신호감쇄, IMPULSE로 발생할 수 있는 선로품질의 저하를 극복하였다.

## 3. 결 론

본 배전용변압기 원격 부하감시 및 전력량 데이터 취득시스템은 배전용변압기 부하관리 측면으로는 하계 피크시 빈번하게 발생하는 과부하 및 부하 불평형에 의한 변압기 소손 및 유 분출 사고 등의 발생을 방지하기 위한 방안 수립과 특히 3상 4선식 결선방식인 등·동 공용 변압기의 부하관리를 효율적으로 하기 위한 목적으로 개발을 추진하였으며, 원격감침 측면으로는 저압 배전선을

이용한 전력선 통신방식인 PLC를 이용하여 고객에 전력을 공급하는 변압기의 전압, 전류 등 실무하 계측과 동시에 원격지에서 고객의 전력량을 직접 검침할 수 있도록 개발하였다. TCP/IP, CDMA, R/F, PLC 등 통신방식을 이용하여 배전용 변압기의 실시간 부하 및 고객의 전력사용량을 인터넷상의 원격지에서 직접 감시 및 관리하기 위한 별도의 계측기를 제작하고, 이를 현장에 설치하여 취득된 데이터를 배전 저압부하 관리업무에 활용할 수 있는 시스템을 개발하였다.

향후 본 배전용변압기 원격 부하감시 및 전력량 데이터 취득시스템의 확대적용을 통하여 실무하를 직접 감시 및 제어를 수행하고, 원격으로 검침되고 공급부하를 감시하는 방법으로 고객에 대한 개별적 품질관리를 통하여 배전부하의 과학적이고 신뢰성 있는 관리가 가능하게 될 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 박창호 외, "주상변압기 부하관리 개선에 관한 연구", 한국 전력공사, 1999
- [2] 박창호 외, "배전용변압기 최적 부하 관리방안 연구", 한국 전력공사, 2001
- [3] 일본멀티미디어 통신연구회, "표준 LAN 상,하", 1997
- [4] 김준오 외, "전차식 및 IV형 전력관계의 경년특성과 수명에 측에 관한 연구", 한국전력공사, 2001
- [5] 안상형 외, 현대통계학, 학연사, p.341~367, p.430~438, 1993