

SPECIAL - 3

논단
& 특집

전자식 전력량계 기술동향

LG산전(주) 전력기기사업부 마케팅팀 김성창



전력량계(Watt Hour Meter; WHM)는 전기 사용량을 측정하는 계기로써 일반 가정뿐만 아니라 전기를 사용하는 장소라면 어디에든 설치 되어 전력요금을 부과하는 근거가 되는 계기입니다. 계량기는 계측기와는 달리 그 측정된 값이 법적 도량값으로 각종 요금 부과 기준이 된다는 점에서 계측기 측정값과는 그 성격이 다릅니다. 전력량계는 지금까지 가장 많이 설치되고 사용되었던 유도형(기계식) 전력량계와 최근에 급속도로 확산되고 있는 전자식 전력량계로 나눌 수 가 있고, 전자식으로 가면서 원격검침 및 Prepayment 시장이 급속도로 확산되고 있는 추세입니다. 본고에서는, 전자식전력량계의 기술동향에 대해 알아보도록 하겠습니다.

I. 전자식 전력량계

1. 전자식 전력량계란?

유도형 전력량계와 마찬가지로 전자식 또한 가정 및 산업 현장에 사용되어 소비 전력량을 측정한다는 본연의 목적은 같습니다만 유도형과는 달리 전자식은 전력과 관련된 각종 다양한 값(요소)들을 측정 할 수 있다는 것과 최근 급부상하고 있는 원격검침시스템(Auto Meter Reading:AMR)과 접목 되어 다양한 부가기능을 제공할 수 있다는 것이 전자식 전력량계의 가장 큰 특징이라고 하겠습니다.

2. 전자식/유도식 전력량계 비교


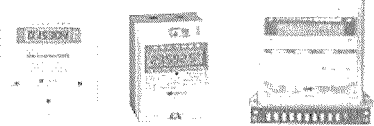
종 류	유도형 WHM	전자식 WHM
외관		
디자인	검정색 계열의 산업제품 이미지	밝은색 계열의 현대적인 감각의 색상
기능 및 측정값	유효전력량	유효전력량, 무효전력량, 시간대구분, 현재시간 날짜 표시, 계량데이터저장, 전월 값 표시, 5중 계량기 원격검침
오차(정밀도)	±2.0%	±1.0% ~ ±0.2%
통신방식	펄스 신호 출력	펄스 신호폭력 및 다양한 통신방식 가능 [전력선, 전용선(RS-485), 무선 방식 (RE)]
표시방법	Analogue 숫자 표시 방식	LCD display를 이용한 Digital 표시 방식
Size	비교적 넓은 공간을 차지	크게는 유도형 50% 이하 시공 용이, 설치의 편리성

표.1 전자식/유도식 전력량계 비교

상기의 표.1과 같이 전자식 계량기는 외관, 사이즈, 기능, 원격검침 호환성 등 전반으로 유도형에 비해 많은 장점이 있고 특히 최근 실내 인테리어에 대한 관심이 높아지면서

아파트를 중심으로 기존의 유도형 제품의 수요가 감소하고, 산뜻하고 고급스러운 느낌을 주는 전자식 전력량계의 수요가 증가하는 추세입니다.

3. 관련 규격 제정

2000년에 접어들어 전자식 전력량계의 시장 및 Needs가 증대됨에 따라 유도형 전력량계와 마찬가지로 국가적인 관리 규격의 필요성이 대두 되었고, 현재 전자식 전력량계에 대해서는 산업자원부 기술표준원에서 제정한 형식인증 절차를 거쳐 인증 취득 후 국내에 판매가 이루어지게 되어있으며, 늦어도 2005년까지는 IEC 규격을 국내 여건에 맞게 최적화하여 KS규격을 제정 할 것으로 보입니다.

4. 단상 전자식 전력량계 동작원리

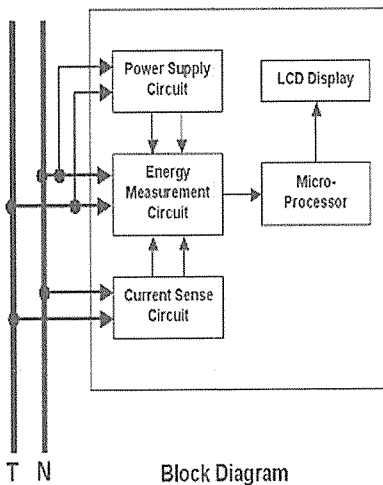


그림.1 단상 전력량계 블록 다이어그램

1) 전원 공급 회로부 (Power Supply Circuit)
전력측정회로의 동작에 필요한 전원을 공급하며, Transformer와 정전원 회로를 이용하여 전력측정회로와 마이크로프로세서 회로에 정전원을 공급하는 기능을 수행하는 역할을 합니다.

2) 전류 측정 회로부 (Current Sense Circuit)
Current Transformer의 2차측에 유기되는 전류신

호를 Sensing, 전압신호로 변환하여 부하에서 사용하는 전류에 비례하는 전압신호를 측정하는 역할을 수행합니다.

3) 전력 측정 회로부 (Energy Measurement Circuit)

배전선로로 공급되는 AC 220V를 저항 분압 회로로 감지하고, 전류검출회로에서 검출된 신호를 전력량 계산을 위한 u-Processor로 전송하는 역할을 합니다.

4) 중앙제어 회로부 (Micro-Processor)

전력측정 회로부에서 입력되는 검출 신호를 누적해서 전력량으로 계산해 LCD로 Display 하고 오차측정을 위한 LED 구동, 외부 계기로 펄스 출력, 데이터 전송 등 사용자에게 전력량 및 기타 정보를 제공하는 역할을 합니다.

5) 표시 회로부 (LCD Display)

LCD Display 는 누적된 유효 전력량을 표시하는 회로부로 사용자에게 필요한 정보를 육안으로 확인할 수 있도록 정보를 제공하는 역할을 합니다.

5. 단상 전자식 전력량계의 종류와 기능

1) 표준형

유효 전력량만을 측정하는 전력량계로 통상 단순형이라 불립니다.

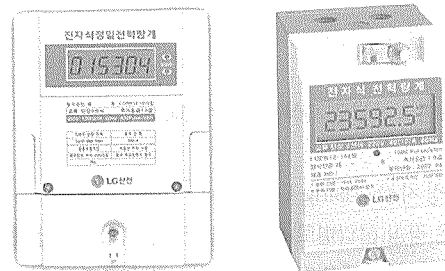
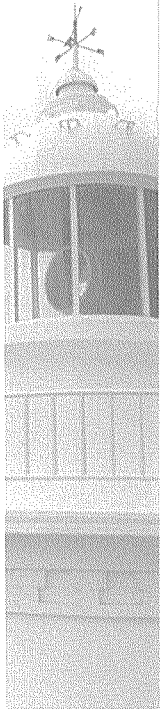


그림2. LG산전 단상 전자식 전력량계



2) 펄스출력형

일정 전력량 측정 시마다 외부로 펄스를 출력합니다. 예를 들어 계량기 명판에 500Pulse/kWh라 표시되어 있으면 일반적으로 전력량계가 1kWh를 측정하는 동안 외부로 500번의 펄스를 출력한다는 의미이며 이를 활용하여 원격검침에 적용 할 수 있습니다.

3) 원격검침형

- ①전용선 : RS-485 전용선을 통한 원격검침에 부합하는 전력량계입니다.
- ②전력선 : PLO(Power Line Carrier) 통신에 사용할 수 있는 전력량계이며 국내에서는 LG사전 만이 유일하게 상용화에 성공하여 적용되고 있습니다.

6. 삼상 전자식 전력량계 동작원리

아래 나을 삼상에 대한 내용은 이해를 돕기위해 자사의 3상 고압 전력량계 LGRW-3410 모델을 예로 설명 드리겠습니다.

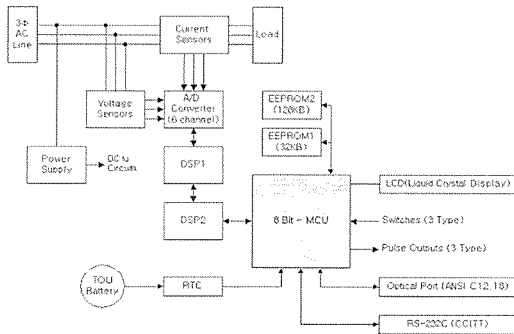


그림.3 삼상 전자식전력량계 Block Diagram

1) 검출 장치 (Sensing Devices)

전압은 각상 전압별로 분리된 높은 임피던스 전압 분압 회로에 의해 검출되어지고, 전류는 각 전류별로 분리되어 전류 분주 저항체를 통해 전기적 전류 검출 장치로

입력되어 전류를 검출합니다. 두 검출 장치로부터 검출된 출력들은 계측 장치의 A/D Converter의 입력이 됩니다.

2) 계측 장치 (Metering Devices)

이 계측 장치는 독립된 6 채널의 입력을 받는 A/D Converter 와 디지털 신호를 이용하여 계측 정보로 변환하는 DSP(Digital Signal Processor) 1과 2를 이용하여 계량에 사용할 정보를 생성시키는 작업을 수행합니다. A/D Converter는 분압된 6채널의 Analog 신호를 Sigma-Delta 변환 방식을 이용하여 1Cycle당 64 Sample을 16bit 해상도로 6개 채널 Set으로 Digital화하는 작업을 수행합니다. Digital화된 신호는 DSP1,2번을 통해 Filtering, RMS 측정, Fundamental 및 Harmonic 추출, Angle 측정 작업을 거쳐 계량에 필요한 정보를 생성합니다.

3) MCU (Micro Controller Unit)

이 MCU는 고기능 단일 칩 구성으로 개발되었으며, 내장 LCD Driver 및 비동기 직렬 통신 포트등과 같은 필수 기능을 내장한 칩입니다. 이 칩은 DSP2로부터 전달되는 계측 자료를 이용하여, 사용자가 요청하는 계량 값을 생성하고, 수요전력을 생성 및 저장하고, TOU에 맞는 작업을 수행하고, 통신하며, 사용자의 다양한 입력력에 맞게 동작하는 작업을 수행합니다.

4) 비 휘발성 메모리(Nonvolatile Memory)

LGRW 34-10 예를 들면 계기는 2개의 비휘발성 메모리를 구비하고 있습니다.

모든 계량 자료 및 기록 자료들과 사용자가 입력한 프로그램 자료들은 모두 이 비휘발성 메모리에 기록됩니다. 비휘발성 메모리의 장점은 자료 보존을 위해 전원의 유지가 필요하지 않다는 장점을 가지고 있습니다. 정전 상태가 발생하는 시점에 자료들은 비휘발성 메모리에 기록되어지고, 저장된 자료들은 자료 오류를 막기위해 메모리를 읽고 쓸 때 지속적인 오류 검출이 되고 있습니다.

5) 동작 전원 공급 (Power Supply)

LGRW 34-10 계기는 "A"상 전압으로부터 동작 전원을 생성하고 있습니다. 이 공급 장치는 입력 전압 주파수는 60Hz로 설정되어 있으며, 동작 전압은 약 85V~127V(+/-15%) 범위에서 작동합니다.

6) 시간 유지 장치(Time Keeping Devices)

시간 유지 장치는 RTC (Real Time Clock)와 Battery로 구성되어 있습니다. 계기의 시간 오차를 줄이기 위해 외부 RTC Chip을 사용하고 있습니다. RTC의 오차 범위는 10ppm 입니다. 이것은 섭씨 25℃에서 30일 동안 30초 이하의 시간 오차만 발생한다는 것을 보증합니다. 또한, 정전 시 RTC의 전원을 공급하기 위해 외부 착탈식 Battery로 구성되었으며, 정전 시 보조 전원 장치인 Battery는 RTC에만 인가 됨으로 정전 보상 기간은 200일 이상을 유지합니다.

7) 입출력(Switches and Pulse Outputs)

출력은 다음과 같이 3가지, 유효 계량펄스 출력, 시한(EOI)펄스 출력, 타임스위치 개폐신호 출력으로 구성되어 있습니다. 유효 계량펄스 출력은 계기 정수(Ke)와 펄스 출력 상수(Pulse Initiator Ratio)에 의하여 출력 됩니다.

예로써, 계기 정수(Ke)가 0.05wh/pulse(20000 pulse/kWh)고, PI가 8인 경우 출력되는 펄스는 0.4Wh/pulse(2500pulse/kWh)입니다.

8) 통신 장치(Communication Devices)

LGRW 34-10 계기는 Optical Port와 외부 RS-232C 통신 단자를 구비하고 있습니다. Optical Port는 ANSI C12.18 규격의 ISO규정 Layer1, Layer2 및 Layer7를 만족합니다. 또한, 외부 RS-232C는 국제 규격(CCITT, ITU-T)에 맞도록 개발되었습니다.

지금까지 전자식 전력량계의 원리 및 기능에 대해 알

아 보았습니다만, 실질적으로 제품을 사용하는 고객의 입장에서 중요한 것은 지금부터 설명 드리는 내용이라 할 수 있겠습니다.

아래 그림.4에 나온 제품은 LG산전에서 국내 최초로 한국전력 채택시험을(KERI인증) 합격한 제품으로 3상 3선 0.5급, 3상4선 0.5급, 3상4선 1.0급 3가지 모델이 있으며 이외에도 전압 및 전류사양을 제외한 기능 및 성능이 같은 저압 제품 3종이 있습니다.

이들 전력량계의 유효 계량 펄스 및 수요시한 종료 펄스(EOI) 출력 기능을 이용하여 아래 그림.5에 나와있는 자사 최대수요제어기(WDC-3000)와 응용한 시스템을 구축 시에는 전기요금의 강력한 요금절감 효과를 얻을 수 있습니다.

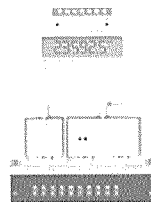


그림 4 LG산전 3상 전자식전력량계

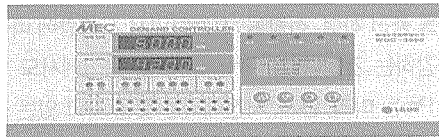
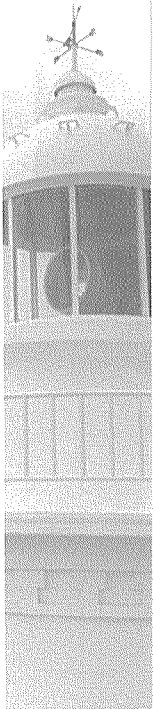
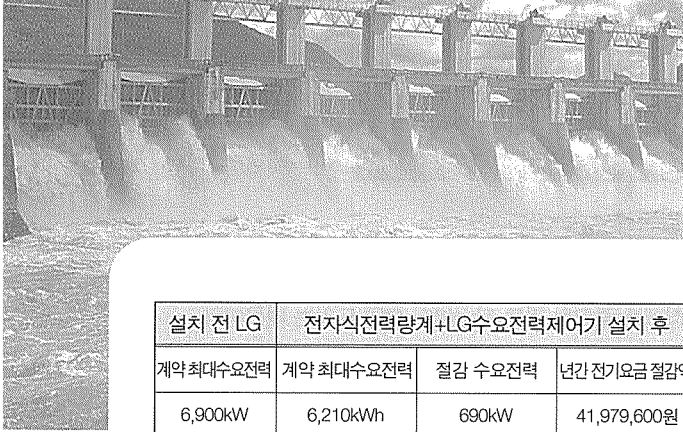


그림.5 LG산전수요전력제어기(WDC-3000)

상기의 2개의 제품을 이용하여 시스템을 구성하면 아래와 같은 비용절감 효과를 기대 할 수 있습니다.

평소 "산업용 전력(병) 고압A 선택III" 요금을 사용하던 고객께서 계약 최대수요전력을 10% 줄일 목적으로 LG전자식전력량계와 수요전력제어기를 응용한 시스템을 도입했다면 "(6900kWh-6210kWh) × 5,070(기본요금) × 12개월 = 41,979,600원" 의 수식 및 표.1로부터 연간 약 4천 2백 만원의 절감 효과가 있다는 것을 확인 할 수 있습니다.





설치 전 LG		전자식전력량계+LG수요전력제어기 설치 후	
계약최대수요전력	계약 최대수요전력	절감 수요전력	년간 전기요금 절감액
6,900kW	6,210kWh	690kW	41,979,600원

표.1 전력요금 절감비용

II. Prepayment 전력량계

앞 내용에서는 전자식 전력량계에 대해 알아 보았으며 요즘 전세계적으로 전력량계의 큰 trend를 형성하고 있는 Prepayment(선납) 계량기 및 System에 대해 알아보도록 하겠습니다.

1. Prepayment(선납)이란?

기존의 전력량계가 일정기간 사용한 계량값을 기준으로 검침 이후 요금을 부과 하는 것이라면 Prepayment 계기는 사용자가 미리 일정 금액을 지불하고 Prepayment용 계량기에 금액을 충전 하여, 전력을 사용하면서 사용량에 따라 금액이 차감하는 것입니다. "Prepayment" 용어에서도 알 수 있듯이 Pre는 미리, 먼저, 사전에라는 뜻을 갖고 있는 접두어와, payment라 명사의 합성어로 그 뜻은 "미리 지불한다"는 의미가 됩니다. 우리말로로는 선불 또는 선납금 계기라 부릅니다. 계기에 입력된 금액을 초과할 시에는 계기 내에 있는 접점(Relay)이 off되어 재충전 전까지는 전력을 사용할 수가 없다는 것이 선불계기의 가장 큰 특징 중에 하나라 할 수 있습니다.

2. Prepayment 계기 및 System의 종류

Prepayment system은 방식에 따라 카드방식(물리적 Token)과 Keypad 방식(가상 Token)이 있습니다. 카드 방식은 공중전화 카드와 같이 먼저 판매소에서 카드를 구입하여 계량기에 카드를 넣고 충전된 금액 만큼 전력을 사용

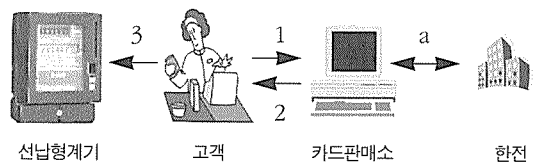
하다가 충전 금액이 떨어지면 다시 충전하여 사용합니다. Keypad 방식은 카드방식과는 달리 전화기처럼 외부의 Key 버튼을 통해 암호화된 숫자를 입력함으로써 금액 충전 및 일부 계량기 기능을 변경할 수가 있으며 암호화된 코드는 계기 별로 고유한 번호를 생성하게 되어 한 개의 코드로 다른 여러 계기에 입력하여 사용 할 수가 없게 되어있습니다. 아래의 표 1에 각각의 방식에 대한 항목별로 비교를 했습니다.

구 분	Physical Token 방식	Virtual Token 방식
	Smart Card type	Keypad type
Handling 용이성	Smart 카드를 발급 받아 사용해야하며 연간 발급카드 수의 25%정도가 훼손 및 분실됨	유사화폐(Token)의 유통 위험이 없으며 분실 및 훼손에 의한 교체가 필요 없음.
안정성	카드의 복제 및 유사제작이 손쉬워 불법사용의 위험성이 많음.	128Bit 암호화 된 코드를 사용하며 고 신뢰도의 코드 관리로 복제 및 해킹이 불가능함.
운영방식	카드 오류 발생시 현장방문 A/S 및 고객대응에 많은 시간과 비용이 소모됨.	Code 분실시 전화나 인터넷상으로 Code의 재발급이 가능하여 시간, 인력의 절감.
편리성	카드 삽입포트의 외부 노출로 빈번한 고장발생 및 불법조작 위험이 있음.	계기의 모든 조작이 Keypad에 의해 이루어짐에 따라 불법조작 및 고장 없음.

표1. 카드식 및 Keypad 방식 비교

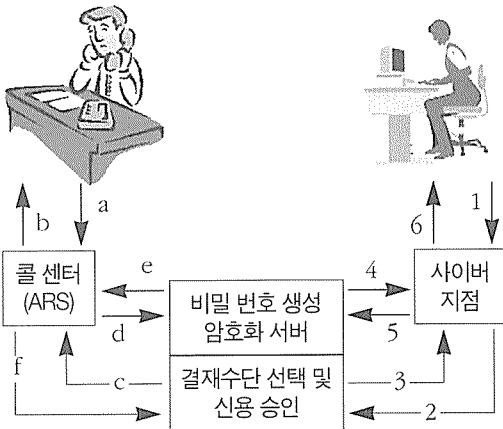
III. 각시스템의 개념도

1. 카드식(Magnetic/Smart Card)



1. 고객이 카드 판매소에서 원하는 비용 만큼 지불한다.
 2. 카드판매소에서 고객이 요청한 만큼 카드를 충전한다.
 3. 금액이 충전된 카드를 계기에 투입 후 사용한다.
- a. 각 지점 및 카드 판매소의 요금 수납 데이터를 한전에 송부한다.

2. 키패드식(Keypad)



가. 인터넷 결제 방식

1. 인터넷을 통해 사이버 지점에 접속한다.
2. 결제 수단(계좌이체, 신용카드 결제)을 선택한다.
3. 결제 수단을 확정하여 입금을 한다.
4. 서버에서 비밀 코드를 생성한다.
5. 서버에서 코드를 전송한다.
6. 고객이 인터넷을 통해 비밀 코드를 확인한다.

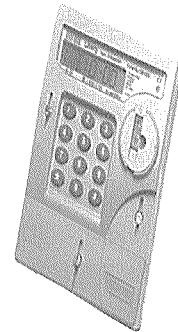
나. ARS 결제 방식

- a. 전화를 걸어 콜센터에 접속 한다.
- b. 결제 수단을 선택한다.
- c. 결제 수단을 확정한다.
- d. 서버에서 비밀 코드를 생성한다.
- e. 서버에서 코드를 전송한다.
6. 고객이 전화를 통해 비밀 코드를 확인한다.

지금까지는 카드식 및 키패드 방식에 대해 개괄적인

내용을 알아보았습니다. 카드식이 보안이 취약하고 및 유지를 위해 상대적으로 많은 비용이 소요 된다는 단점 때문에 최근에는 거의 대부분이 Keypad 방식을 적용하고 하고 있습니다.

그림1. LG산전에서 진행 중인 Keypad 방식 계기



IV. Prepayment(선불)시스템 예상 도입 효과

1. 상습체납 및 운용비 절감

- ▶ 검침원의 직접 검침에 따른 많은 시간 및 비용 소요.
 - 사용하기 전 사용자가 이미 비용을 완납했으므로 검침원의 검침 불필요.
- ▶ 납입고지서 발급 및 송부에 따른 인력 낭비 및 비용 발생.
 - 사용 전 사용자 비용완납에 따른 고지서 및 우편 발송 불필요
- ▶ 요금 체납 시 요금 독촉에 따른 인력 및 비용 손실 발생.
 - 선납에 따른 요금 체납 요인이 발생하지 않음.
- ▶ 상습 요금 체납에 따른 강제집행 시 사용자와 마찰 발생 빈번.
 - 단전과 같은 극단적인 집행 불필요에 따른 비용 절감.

2. 요금 연체 방지 및 운영의 합리화



- ▶ 사용자가 요금을 연체에 근본적인 해결책 제공.
 - 입력 금액 초과 사용 시 자동 단전 됨에 따라 연체 불가능.
- ▶ 향후 수입이 예상되는 사용자에게 대한 기회제공.
 - 예상되는 수입에 맞게 연체 요금의 상환 가능 제공.
- ▶ 단전 후 연체 요금에 대한 수급이 용이.
 - 연체 요금을 상환하지 않고는 전기 사용이 불가능하므로 조기 요금 상환 유도 가능.
- ▶ 연체 요금의 수급에 있어 물리적 사고 발생 방지.
 - 사용자와의 직접대면이 필요 없어 이에 따른 관리비, 인건비 절감 효과 제공.

3. Cash Flow 향상

- ▶ 검침 및 고지서 발행 불필요.
 - 검침 및 고지서와 관련하여 발생하는 비용 절감.
- ▶ 사전경고 및 단전 조치에 따른 발생 비용 절감.
 - Alarm 기능 탑재로 단전시점 인지 및 사전 예방가능.
- ▶ 사용 요금 납입 독촉 불필요.
 - 상습 요금체납자 관리에 따른 인력 및 비용 절감 효과.
- ▶ 단전 및 재복원 시 비용 발생 불필요.
 - 연체 요금 완납 후 급전에 따른 추가 비용 불필요.

4. 사회 친화적 전력 운용 및 민원 감소

- ▶ 저소득층의 계획적 전기사용 유도를 통한 요금연체 방지.
 - 사용자의 생활수준 및 여건에 맞는 전력 사용 유도 가능.
- ▶ 요금 연체자의 전력복원 신청 불필요.
 - 연체 때문에 단전 경험이 있는 고객이라도 요금 완납 시 고객의 직접조작으로 즉시 전력공급이 가능.
- ▶ 전력 재공급에 따른 부대 비용 불필요
 - 전력 재공급 시 발생하는 인건비 및 수수료 절감.
- ▶ 전력 공급자와의 마찰 최소화
 - 단전 및 전력 재공급 시 사용자와 직접 대면 할 필요 없음.

5. 전력의 효율적 관리

- ▶ 최대 수요 전력 통제 기능.
 - 설정된 수요 전력 초과 시 자동 차단됨으로써 Peak 부하 관리를 통한 비용 절감.
- ▶ 고객 사용 부하량 파악 및 관리 가능
 - 고객의 사용 부하의 특성을 파악하기가 용이하며 공 급자 측면에서 수급을 조절하기가 편함.
- ▶ Peak제어를 통한 전력시설의 효율성 증대.
 - 여름철 전력 사용량이 많을 시 Peak 전력 제어를 통해 막대한 비용이 드는 발전소 및 기타 시설 증설 억제 가능

V. 향후 Prepayment 시장 동향

처음 선납금 계기가 도입된 목적은 여러 가지 이유가 있었으나 전력 요금의 효율적인 수급에 있었고 선진국 사례를 보더라도 초기에는 빈민촌, 외진 곳에 위치하여 검침 및 요금 수급이 어려운 세대, 이동이 잦은 임대 주택 등에 적용하여 궁극적으로 요금 부과에 목적이 있었습니다. 지금도 상기에서 설명한 이유로 동남아를 중심으로 선납 계기 시장이 확대 되고 있지만 최근에 와서 선진국에서도 선납금 시장이 확대되어 가고 있는 추세입니다. 사용자 측에서 본 이유로는 미리 비용을 지불 하는 만큼 요금에 대한 요금 할 인혜택이 있기 때문이고, 국가차원에서의 이유로는(실질적으로 선진국의 조사 결과에 따르면) 선납계기를 사용하는 세대는 현재 사용하고 있는 전력량에 따라 얼마의 비용이 소요되었는지를 알 수 있으므로 그렇지 않은 세대보다 전력 사용량이 절감되는 효과가 나타난다는 것이고 이는 해마다 늘어나는 전력소비로 인해 들어가는 막대한 발전 설비 비용을 절감하는 효과를 준다는 것입니다. 상기와 같은 이유에서 향후 선납계기 시장은 초창기에 부하 관리 차원의 국가 정책으로 적용되어 진행되다 일반 주택 세대로 확산 되는 형국으로 진행 될 것으로 예상됩니다.