



거래용 전력량계의 적용과 동향

글/한국전력공사 거제지점
배전부장 이창균

1. 서론

전기는 생산·공급하는 전력회사와 사용·소비하는 수용가 사이에 전기사용량을 계량하여 요금을 부과하는 장치로 전력량계를 수용가에 부설하여 부하에서 소비하는 전기에너지를 측정하고 있다.

전력량계는 수용가가 부하에서 소비하는 전기에너지를 사용시간에 따라 전력을 적산하여 전기요금을 계산하는 계량장치로 기계식과 전자식으로 구분되어 있으며, 이들 두 방식을 혼용한 반전자식이 있다.

전력환경은 전원구성의 변화 및 부하율의 저하 등에 대응해서 요금제도의 다양화를 지향하는 상황에 처해있다. 따라서 전력량계의 다기능화가 요구되고, 이에 적합한 전자식 전력량계가 주목받게 되었다.

현재 전력거래용으로 사용하고 있는 전력량계는 대부분이 기계식으로 기능이 단순하기 때문에 수요조절, 부하조절, 공급조절 등의 목적으로 기능이 다양한 전자식 전력량계를 적용하게 되었으며, 또한 자동원격검침 시스템을 추진하고 있는 실정이다.

기능면에서도 종래의 단기능에서 최근의 전력환경은 다기능인 전력량계를 요구하는 추세에 있다. 따라서 전자식 전력량계는 다기능화에 부응하기 위하여 앞으로 큰 기대가 된다.

앞으로의 전력환경과 전력량계는 수요 우선 관점에서 통상 전기요금제도와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 아울러 검침의 편리성이나 공정성과 관련해서 발달할 것이다.

본지에서는 전력거래용으로 사용되고 있는 전력량계의 적용현상에 대하여 일반적인 사항을 알아보고 전력량계의 전자화 및 자동원격검침에 대하여 살펴보고자 한다.



기술자료

<표 1> 전력량계 부설현황

'95. 12.

구 분		부 설 대 수	형 식 별
WhM	저압용	12,663,343	기계식
	고압용(보통급)	14,270	기계식
	D/M부	41,083	기계식, 전자식, 반전자식
	3종요금제	14,756	기계식, 전자식, 반전자식
계		12,733,452	

<표 2> 전력량계의 형식별 기능비교

구 분	기 계 식	반 전 자 식	전 자 식
동 작 방 식	유도원판형	기계식+전자식	전자식
계 기 구 조	구동부 있음	구동부 있음	구동부 없음
계 량 기 능	유효전력량(kWh) 무효전력량(kWh) 최대수요전력(kW) 시간대구분	유효전력량(kWh) 무효전력량(kWh) 최대수요전력(kW) 시간대구분	복합계량 가능 (kWh, kVARh, kW, kVAh, kVAR, kVA, Cos φ)
시 간 대 변 경	타임스위치 부가	내장시계 사용	내장시계 사용
계 량 값 표 시	레지스타(Register) 갯수에 따라 제한적	많 음	매 우 많 음
계량데이터 기록	없 음	가 능	가 능
원 격 검 칩	펄스발생장치 필요	용 이	용 이
계 량 장 치 구 성	용도별 조합사용 WhM, VARHM, T/S, Aux, Relay	기계식 계량기와 전자식 Tariff 모듈 조합사용	단독계기

II. 전력량계의 종류

1. 정밀도에 따른 분류

전력거래에 사용되는 전력량계의 종류는 정밀도에 따라 다음과 같이 세종류로 분류할 수 있으며 또한 최대수요조절을 목적으로 사용하는 최대수요 전력계부 전력량계와 시간대구분 전력량계 방식이 있다.

- ┌ 보통전력량계(2.0급)
- ├ 정밀전력량계(1.0급)
- └ 특별정밀전력량계(0.5급)

2. 형식에 따른 분류

- ┌ 기계식
- ├ 반전자식
- └ 전자식

3. 전력량계 부설현황

우리나라에는 약 1,270만대의 거래용 전력량계가 수용가에 부설되어 전력사용량을 계량하고 있다. 이 중 저압용 전력량계는 전부 기계식을 사용하고 있으며, (특)고압용 전력량계는 대부분 기계식을 사용하다가 '93년도부터 처음 전자식으로 도입하여 계약전력 5,000kW 이상에 부설하였다. '95년도부터 반전자식이 도입되어 기계식, 전자식과 반전자식이 혼용되어 부설 운영되고 있는 실정이다.

거래용 전력량계의 형식별 부설현황은 표 1과 같다.

4. 형식별 기능비교

기계식 전력량계는 유도원판형으로 전압코일과 전류코일에 의한 자속에 의해 와류를 발생시켜 부하에서 사용하는 전력량을 원판의 회전에 의해 적

<표 3> 전력량계의 형식별 유지관리 비교

구 분	기 계 식	반 전 자 식	전 자 식
요금구조개선	용도별 계약 변경이 거의 불가능	시간대 변경 등 일부 가능	동작프로그램 변경으로 제도수용 용이
작업성	조합계기	1 ~ 4 대	1 대
	부설작업	조합계기 대수에 따라 결선이 복잡 많은 시간소요	중 간
	고장요인	적 음	중 간
설치공간	넓 음	중 간	적 음
계기관리	종류 및 대수가 많아 복잡	중 간	단 순
S / W 사용	없 음	제작사별 호환 불가시 불편	제작사별 호환 불가시 불편
수 리	불량부품별 개체 교환 및 조립	기계식, 전자식 병행실시로 복잡	전자기판 교체
신뢰성	충분한 실사용 경험	적 음	적 음
상태점검 (자기진단기능)	없 음	없 음	있 음 (Error 표시)

산하는 방식으로 구동구분의 마찰에 의해 오차발생 가능성이 높고, 최대수요전력[kW]이나 시간대구분 전력량을 측정하기 위하여는 별도의 타임스위치를 부가해야 하는 등 복잡한 구조를 갖게 된다.

전자식 전력량계는 전자산업의 발달에 따라 개발된 다기능의 콤팩트한 계기로 경년 변화에 따른 오차변화가 거의 없고, S/W 프로그램 수정으로 시간대 구분 및 최대수요전력 측정이 가능하여 다

양한 요금제도에 쉽게 대응할 수 있어 전력수요관리에 효율적으로 대응할 수 있는 특징이 있다.

반전자식 전력량계는 기계식과 전자식을 혼합한 형태이며 기존의 유도형 전력량계에 펄스장치를 추가한 것으로 기계식과 전자식의 결점을 일부 보완하는 의미도 있다.

이들 전력량계의 형식별 주요기능을 비교하여 보면 표 2와 같다.

5. 유지관리 측면에서 비교

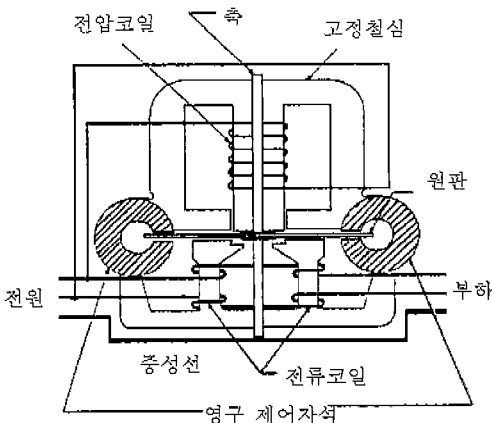
전력량계의 형식별 유지관리 측면에서 비교하여 보면 표 3과 같다.

6. 유도원판형 전력량계

그림 1은 유도원판형 전력량계의 구조를 나타낸 것이며, 주요구성부분의 기능과 특성은 다음과 같다.

(1) 전압코일과 철심

철심은 두께 0.35~0.5mm의 규소강판을 성층하여 만들었으며 코일이 가늘고, 권수가 많기 때문에(110V급에서 5,000회정도) 공극이 작고 리액턴스는 크다. 전압과 전압자속의 위상각은 셰이딩 코



<그림 1> 전력량계의 구조



기술자료

<표 4> 계량장치의 단위

관련규격 KSC-1201

구 분	소용량(전부하 10kW미만)	대용량(전부하 10kW이상)
	1 2 3 4 . 5 k W h	1 2 3 4 5 k W h
1Ø2W 110V	75A 까지	100A 이상
1Ø2W 220V	30A 까지	50A 이상
1Ø3W 110V	30A 까지	50A 이상
3Ø3W	20A 까지	30A 이상
3Ø4W	-	전규격

일에 의하여 90° 앞서게 조정되어 있다.

(2) 전류코일과 철심

철심은 전압철심과 마찬가지로 두께 0.35~0.5mm의 규소강판을 성층하여 만들었으며 코일이 굵고, 권수가 적기 때문에(110V급에서 약 15회 정도) 공극이 크고 리액턴스는 적다. 전류와 전류자속의 위상은 동위상이다.

(3) 원판과 축수

원판의 재질은 경알루미늄으로 순도 99.9%의 고급품을 사용하여 가볍게 제작하였으며, 상부축수는 원판의 상부진동을 방지하기 위한 것이나 하부축수는 원판의 회전에 의한 마찰로 발생하는 마모를 방지하기 위하여 사루비아, 루비 등의 보석축수와 피벗(Pivot)을 조합하여 제작되어 있다.

(4) 제어자석

전류자기와 보자력이 큰 특수강으로 제작하여 구동토크와 제어토크가 같도록 원판의 회전속도와 부하전력에 비례하도록 작용하게 되어 있다.

(5) 조정장치

- 중부하조정장치 : 제어자석의 위치를 조절한다.
- 경부하조정장치 : 단락환을 설치한다.
- 위상조정장치 : 셰이딩 코일을 전압철심에 감고 가감저항을 직렬로 연결하여 전압자 속의 위상각을 전압보다 90° 늦게 조정한다.

(6) 보상장치

보상장치로는 중부하보상장치, 경부하보상장치,

위상보상장치 및 온도보상장치가 있다.

(7) 계량장치

계량장치는 지시형(지침형) 또는 현자형(숫자형)이 있으나 대부분 현자형을 사용하고 있다.

(가) 계량장치의 단위

계량장치는 한국공업규격에 의거 표 4와 같이 구분된다.

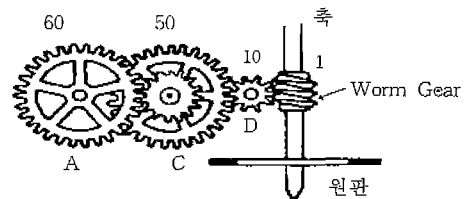
(나) 계기정수

계기정수는 [Rev/kWh]로 표시하며 1[kWh]에 대한 계기원판의 회전수를 의미한다.

외국산인 경우에 [Wh/Rev]으로 표시하는 경우도 있으며, 이는 계기원판 1회전에 대한 [Wh]를 의미한다.

상호 환산하는 방법은 다음과 같은 식으로 가능하다.

$$[\text{Rev/kWh}] = \frac{1,000}{[\text{Wh/Rev}]}$$



$$\begin{aligned} \text{치차비(GR)} &= \frac{\text{A의 치차수}}{\text{B의 치차수}} \times \frac{\text{C의 치차수}}{\text{D의 치차수}} \times \frac{\text{D의 치차수}}{\text{Worm의 치차수}} \\ &= \frac{60}{15} \times \frac{50}{10} \times \frac{10}{1} = 200 \end{aligned}$$

<그림 2> 전력량계의 치차비

<표 5> 계기정수와 치차비의 관계

계 량 반 행 수	계 기 정 수
1 2 3 4 . 5	치 차 비 와 동 일
1 2 3 4 5	치 차 비 × 1/10

<표 6> 전력량계 형식별 비교

계기형식/구분	정밀도 보증범위	시동전류
I형 계기 (100%)	$\frac{1}{1} \sim \frac{1}{10} \ln$	$\frac{1}{100} \ln$
II형 계기 (200%)	$\frac{1}{1} \sim \frac{1}{20} \ln$	$\frac{1}{250} \ln$
III형 계기 (300%)	$\frac{1}{1} \sim \frac{1}{30} \ln$	$\frac{1}{375} \ln$
IV형 계기 (400%)	$\frac{1}{1} \sim \frac{1}{40} \ln$	$\frac{1}{500} \ln$

*표 1에서 ln은 전력량계의 정격전류를 표시함.

(다) 치차비

전력량계의 치차는 그림 2와 같이 A치차의 축에 계량반 최저위의 지침 또는 숫자차가 고정되어 있을때 치차비(Gear Ratio)는 A치차 1회전에 대한 원판회전수가 된다.

(라) 계기정수와 치차비 관계

계기정수가 과대하면 점검유효기간내에 있어서 회전자의 회전수가 증가하여 축수 및 계량장치의 마찰증가가 되며, 과소하면 계량장치의 총치차비의 감소에 따라 마찰력이 증가된다.

구동토크가 크면 수명도 연장되지만 계기는 전 부하에 있어서 11[g-cm]이상인 것이 바람직하다. 표 5는 계기정수와 치차비의 관계에 따라 정해지는 계량반의 숫자판을 의미한다.

(마) 계기의 상수 및 승률

계기용변성기를 조합하여 사용하는 경우 계기에 정해진 상수에 변성비를 곱하여 나타낸다.

계기의 상수(K)는 보통 1이지만 그렇지 않은 경우 다음의 식으로 계산하여 승률에 적용하여야 한다.

$$K = \frac{\text{치차비}}{\text{계기정수} \times \text{최소지시치}}$$

$$\therefore \text{승률} = K \times C.T\text{비} \times P.T\text{비}$$

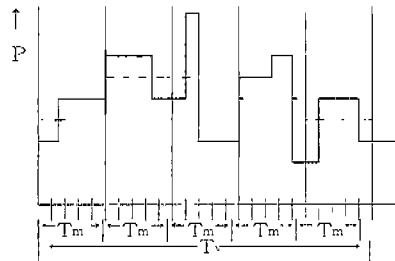
7. 보통전력량계

저압수용가에는 보통전력량계가 사용되고 있으며 단독전력량계의 최대전류용량은 120A까지로 이를 초과할 경우는 변류기를 조합하여 사용하여야 한다. 보통전력량계는 사용전류의 범위에 따라 네 가지의 형식으로 분류되며 정밀도 보증범위 및 시동전류는 표 6과 같다.

- I형 계기(100%) : 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100 A
(1965. 9. 18 제정)
- II형 계기(200%) : 10(5), 20(10), 60(30), 120(60) A
(1969. 10. 10 제정)
- III형 계기(300%) : 30(10), 60(20), 120(40) A
(1975. 7. 8 제정)
- IV형 계기(400%) : 40(10), 120(30) A
(1989. 11. 20 제정)

8. 최대수요전력계부 시간대구분 전력량계

70년대의 두차례에 걸친 석유에너지 파동으로 인한 전력원가 절감을 위하여 최대수요조절을 목적으로 1977. 12. 1부터 계약전력 500kW 이상의 산업용전력(을)수용에 처음 적용하였으며, 그 후 1980. 3. 1 계약전력 300kW 이상의 산업용전력(을)수용에 확대 적용하고 있다.



- : 최대평균전력
- : 부하곡선
- : 평균부하
- Tm : 최대수요적분시간
- Tt : 최대수요총구간
- P : 부하전력

<그림 3> 최대수요곡선



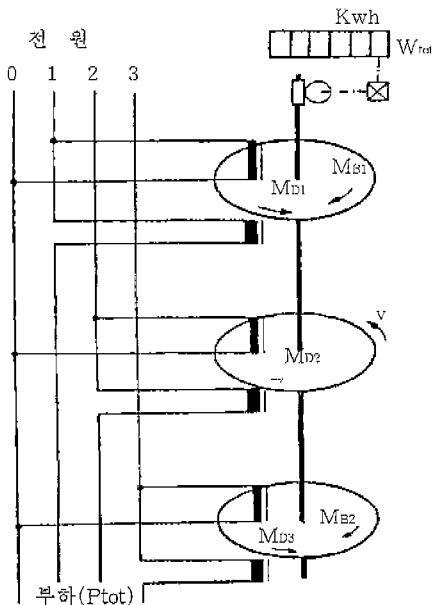
<표 7> 산업용전력(을) 시간대구분

계절별 시간대별	여름철 (7. 1 ~ 8. 31)	봄·가을철 (4. 1 ~ 6. 30, 9. 1 ~ 9. 30)	겨울철 (10. 1 ~ 익년 3. 31)
심야시간대	22:00 ~ 08:00	22:00 ~ 08:00	22:00 ~ 08:00
주간시간대	08:00 ~ 18:00	08:00 ~ 18:00	08:00 ~ 18:00
저녁시간대	18:00 ~ 22:00	18:00 ~ 22:00	18:00 ~ 22:00

<표 8> 일반용전력(을) 및 산업용전력(병) 시간대구분

계절별 시간대별	여름철 (7. 1 ~ 8. 31)	봄·가을철 (4. 1 ~ 6. 30, 9. 1 ~ 9. 30)	겨울철 (10. 1 ~ 익년 3. 31)
경부하시간대	22:00 ~ 08:00	22:00 ~ 08:00	22:00 ~ 08:00
중간부하시간대	08:00 ~ 10:00	08:00 ~ 10:00	08:00 ~ 16:00
	12:00 ~ 14:00	12:00 ~ 14:00	20:00 ~ 22:00
최대부하시간대	17:00 ~ 22:00	17:00 ~ 22:00	
	10:00 ~ 12:00	10:00 ~ 12:00	16:00 ~ 20:00
	14:00 ~ 17:00	14:00 ~ 17:00	

최대수요전력지시는 15분간의 평균전력을 적분하여 표시하며 최대수요치는 누산형으로 되어있다. 그림 3은 최대수요전력계의 수요곡선을 나타낸 것이다.



<그림 4> 3상4선식 전력량계

(1) 계기의 동작원리

그림 4는 3상4선식 계기의 구동원리를 나타낸 것으로 하나의 축에 3개의 단상계기소자를 가지고 동작한다.

구동토크와 제어토크의 관계는 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$M_{D1} = C_1 \cdot P_1, M_{D2} = C_1 \cdot P_2, M_{D3} = C_1 \cdot P_3,$$

$$\Sigma M_D = M_D = C_1 \cdot P_{tot}$$

$$\Sigma M_B = M_B = C_2 \cdot V$$

$$\therefore M_D = M_B$$

$$\text{속도} : V = K \cdot P_{tot}$$

$$\text{회전수} : N = K \cdot W_{tot}$$

(2) 시간대구분

(가) 산업용전력(을)

산업용전력(을) 고객에 대하여는 표 7에 정한 계절별 및 시간대별로 사용전력량과 최대수요전력량을 계량하여 요금을 차등 적용한다.

(나) 일반용전력(을) 및 산업용전력(병)

표 8에 정한 계절별 및 시간대별로 사용전력량과 최대수요전력을 계량하여 요금을 차등 적용한다.

다만,

<표 9> 시간대별 프로그램

구분/프로그램		평일(프로그램 A)	일요일(프로그램 A1)
사 용 전 력 량 [kWh]	주간시간대 (T1, I)	하 계 : 08 : 00 ~ 18 : 00 기 타 : 08 : 00 ~ 18 : 00	하 계 : 없 음 기 타 : 08 : 00 ~ 22 : 00
	저녁시간대 (T2, II)	하 계 : 18 : 00 ~ 22 : 00 기 타 : 18 : 00 ~ 22 : 00	하 계 : 08 : 00 ~ 22 : 00 기 타 : 없 음
	심야시간대 (T3, III)	하 계 : 22 : 00 ~ 08 : 00 기 타 : 22 : 00 ~ 08 : 00	하 계 : 22 : 00 ~ 08 : 00 기 타 : 22 : 00 ~ 08 : 00
최 대 수 요 [kWh]	주간시간대 (MD1)	하 계 : 08 : 00 ~ 18 : 00 기 타 : 08 : 00 ~ 18 : 00	하 계 : 없 음 기 타 : 08 : 00 ~ 22 : 00
	저녁시간대 (MD2)	하 계 : 18 : 00 ~ 22 : 00 기 타 : 18 : 00 ~ 22 : 00	하 계 : 08 : 00 ~ 22 : 00 기 타 : 없 음

- ① 공휴일의 최대수요전력 및 사용전력량은 정 부하시간대에 계량
- ② 요금적용전력은 중간부하시간대와 최대부하 시간대의 최대수요전력 중 큰 것을 대상으로 하여 선정
- ③ 공휴일이라 함은 “관공서의 공휴일에 관한 규정”에 정한 공휴일을 말하며, 정부에서 수시로 지정하는 임시 공휴일은 제외

(3) 타임스위치 구조

타임스위치는 전기적 태엽장치를 갖춘 시계로 태엽스프링은 소형의 단상 능형유도전동기를 이용하여 약 12시간마다 자동적으로 감겨진다. 또한 한 번 감겨진 태엽은 정전이 되어도 72시간 동안은

기능을 유지한다.

(4) 시간대별 프로그램

(가) 시간 프로그램

시간 프로그램은 계절 및 요일이 변경됨에 따라 사용전력량과 최대수요가 표 9와 같이 변화한다.

(나) 요일 프로그램

- 평 일 : 월요일 0시 ~ 토요일 24시
- 일요일 : 일요일 0시 ~ 24시

(다) 계절 프로그램

- 하 계 : 6월 1일 ~ 8월 31일
- 기 타 : 9월 1일 ~ 익년 5월 31일

눈이 오는 날

좋아하는 사람이 그리워지는 것은 무엇보다도
그것이 연출하는 순백의,
그리고 거의 완전한 아름다움 때문일 것이다.
그 아름다움을
좋아하는 사람과 함께 즐기고 싶은 마음이
그리움으로 솟고,
또 그 아름다움이 이내 스러질 것이란 것 때문에
그 그리움은 더 강렬해지는 것이다.

