

# 전기요금 절감을 위한

# 最大需要 電力制御의 실용화

(2)

尹 甲 求

에이스 技術團 代表

### 3. 최대수요제어장치의 기능과 사용 방법

#### 가. 기능과 동작개요

디맨드 컨트롤러의 기능과 사용방법에 대하여 최신기종으로서 디맨드 실량제도에 대응 가능한 디맨드 컨트롤러를 가지고 설명한다.

#### (1) 기능의 개요

① 펄스 검출기 또는 발신장치가 달린 전력량계에서의 발신펄스를 입력으로 하고 디맨드 감시를 하여 최대 8회로의 부하제어를 한다.

② 디맨드 감시·제어의 연산주기는 10초이고, 목표전력, 현재 디맨드, 남은 시간 등의 예측 디맨드, 사용가능전력, 조정전력을 연산 표시한다.

③ PCT비, 목표전력 등의 사용조건 설정 데이터는 텐키(10 Keys)로 설정하고 메모리에 기억한다.

④ 서멀 프린터에 의해 디맨드치, 최대 디맨드치, 사용전력량 등을 일보, 월보, 연보 등의

형식으로 자동인자한다.

#### (2) 동작의 개요

디맨드 감시, 경보발생, 부하제어 등의 동작 개요는 다음과 같다.

#### (a) 연산표시

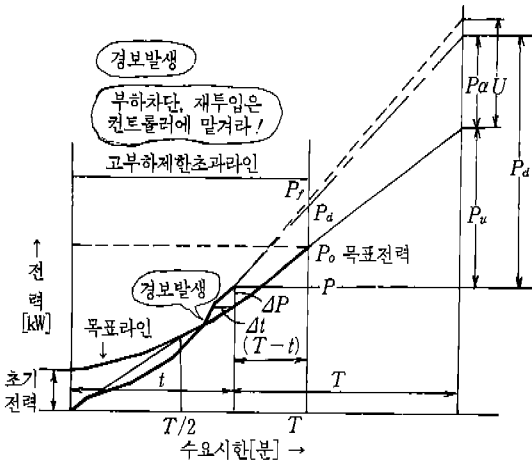
각종 데이터의 연산방법은 그림 11에 나타난 바와 같으나 조정전력, 사용가능전력 등에 대하여는 사용목적에 맞추어 연산방법으로 고안하였다.

목표전력( $P_0$ )은 텐키에 의한 입력의 설정에 의해 결정되나 상시 동일한 디맨드 감시를 하는 고정방식과 과거 11개월의 월최대 디맨드치와 목표전력치를 비교해서 「최대치 < 목표치 전력」이 되면 최대치를 새로운 목표전력으로 하는 연동방식이 있다.

#### <연산방법>

#### ① 현재 디맨드치 ( $P$ )

$$P = \frac{60}{T} \times \frac{PCT \text{ 비}}{\text{펄스정수}} \times N$$



<그림 11> 예측연산방식의 개념도

T : 수요시한(한국은 15분)

PCT 비 : 계기용변압기, 변류기의 1차와 2차 축의 비율의 적

펄스정수 : 전력량계에서 출력되는 계기용 변성기 2차측에서 1kWh당의 펄스수로, 펄스/kWh로 나타낸다.

N : 입력펄스의 누적수

② 예측 디맨드치( $P_r$ )

$$P_r = P + \frac{\Delta P}{\Delta t} (T - t)$$

③ 조정전력(U)

$$U = (P_r - P_0) \times \frac{T}{T - t}$$

④ 사용가능전력( $P_u$ )

$$P_u = P_a - P_a$$

$P_a$  : 예측시점까지의 평균사용전력

$P_a$  : 남은 수요시한내에서 조정해야 할 평균 전력

### (b) 경보라인의 설정과 경보발생

경보발생의 기본이 되는 경보라인에는 그림 11에 나타난 바와 같이 목표라인과 고부하제한 초과라인의 두 종류가 있다.

목표라인은 수요시한 종료시의 목표전력치와 영점을 연결한 라인이며 수요시한 초기에 빈번

한 경보가 발생하는 것을 방지하기 위하여 목표라인의 초기전력치를 상향으로 변경할 수 있다. 그리고 「현재 디맨드치 > 목표라인」이고 「예측 디맨드치 > 목표전력치」로 되었을 경우, 목표전력 초과경보가 발생한다. 고부하제한 초과라인은 일시적으로 이상한 부하변동(고부하)을 알리기 위한 라인이며, 5분간의 평균전력치가 초과한도를 넘으면 고부하 제한 초과경보를 발생한다.

### (c) 부하제어

부하제어는, 부하차단 지령과 부하재투입지령이 있다. 부하차단지령은 「현재 디맨드치 > 목표라인」, 「조정전력의 초과치 > 다음에 차단할 부하전력치」일 때에 발생한다.

부하재투입지령은 「현재 디맨드치 < 목표라인」, 「조정전력치의 여유치」 다음에 투입하는 전력치  $\times 1.1$ 」이고, 또 부하차단지령 출력 3분경과후에 발생한다. 부하의 차단 및 재투입방식은 미리 결정된 순서로 차단하고, 재투입은 그의 역순서로 행하는 방식과 차단순서가 차례로 옮겨지고, 투입도 차단순서와 같은 방식으로 하는 것이 있다.

### (d) 데이터 인자

내장 프린터에 의해 전력관리에 필요한 각종 데이터를 인자한다. 인자항목은 선택이 가능하다. 이하 인자개요에 대해 설명한다.

#### ① 디맨드 인자

수요시한 종료시마다 종료시각과 디맨드치 및 목표전력에 대한 비율(%)을 인자한다.

#### ② 일보인자

1일에 1회 지정된 시간에 다음의 데이터를 인자한다.

데이터의 인자 예 :

- 15분 또는 60분마다의 사용전력량
- 1일의 합계 전력량 : a의 합계치
- 월누계전력량 : 전회 월보후의 누계치
- 1일 최대 디맨드 : 발생월일, 시분

- e. 월최대 디맨드 : 발생월일, 시분
- f. 일부하울 월부하울
- ③ 일부부하곡선 인자

디맨드 인자의 비율 중, 1시간내에 큰 값을 그래프화한 것이다.

④ 월보인자

1개월에 1회, 지정일의 일보인자 후에 인자한다.

- a. 1일 합계전력량, 1일 최대 디맨드치 1개월 분
- b. 월합계 전력량
- c. 월최대 디맨드 : 발생월일, 시분
- d. 월부하울

⑤ 연보인자

월보인자 후에 다음의 데이터를 인자한다.

- a. 월합계 전력량, 월최대 디맨드치 13개월분 (금월분은 \$ 마크로 표시)
- b. 연최대 디맨드

⑥ 제어·경보인자

부하차단, 부하투입, 고부하제한초과경보가 발생한 시각에 인자한다.

나. 디맨드 컨트롤러의 사용법

(1) 사용목적의 명확화와 목표전력의 결정법

디맨드 컨트롤러의 사용목적으로서는 다음과 같은 것이 고려된다.

- ① 계약전력의 초과방지
- ② 요금적용전력의 적정화(사용전력의 절약)
- ③ 수전설비의 사용효율의 향상

이러한 사용목적에 의해 목표전력의 결정도 약간 다르게 된다. 계약전력의 초과방지의 경우에는 계약전력에 대하여 여유를 둔 목표전력치로 할 필요가 있다.

요금적용전력의 적정화(인하)의 경우도 계약전력에 대하여 여유를 둔 목표전력치로 하고 그 값으로 전력관리를 행한 실적을 쌓아 요금적용전력의 인하에 연결시킬 수가 있다. 한편 수전설비에 여유가 없는 경우에는 수전설비를 증설하지 않고 효율이 좋은 사용방법으로 하기 위해

목표전력을 계약전력에 가까운 값에 설정하고 세밀한 부하제어를 하면 된다.

(2) 부하의 분류와 제어가부의 결정

디맨드 컨트롤에는 부하제어가 수반되나 이를 위해 차단할 수 있는 부하와 할 수 없는 부하로 분류하고, 차단할 수 있는 부하는 몇 개의 그룹으로 나누어 차단시의 우선순위를 결정한다. 차단가능한 부하로서는 공장과 같은 경우 생산활동에 그다지 영향이 없는 것으로서 예를 들면 콜러 등이 선정되고 있다.

(3) 부하제어의 방법

계약전력의 초과방지와 요금적용전력의 적정화를 목적으로 하는 경우에는 목표전력 이하로 디맨드치를 억제하기 위해 경보를 발생시키면, 미리 설정된 부하를 차단하는 방식이 적당하다. 한편, 수전설비를 효율 좋게 사용하기 위한 목적일 경우에는 디맨드 컨트롤러에 표시된 사용가능 전력치에 될 수 있는 한 가까운 부하상태로 할 필요가 있다. 수전용 배전반에 설치되어 있는 전력계와 사용가능 전력치가 항상 일치되어 있는 것이 이상적이다.

(4) 데이터의 기록과 분석

프린터가 달린 디맨드 컨트롤러를 채용하면 전력관리에 필요한 여러 가지 데이터의 기록이 가능하다. 이 데이터로 최대디맨드치 실태와 최대디맨드의 발생 패턴을 파악하고 그 패턴에 대응해서 그때에 사용하고 있던 부하가 무엇인가를 분석한다. 이러한 분석을 하면 최대전력이 어떠한 부하로 구성되어 있는가를 알 수 있다.

(5) 전력사용방법의 개선

데이터의 분석결과로 피크시프트(Peak-Shift)를 위해 부하를 시간적으로 분산시켜 부하의 평준화를 도모할 수 있다. 또 설비를 증설하는 경우 최대 디맨드치가 추정이 되고 그에 대한 대책에 대하여 검토할 수 있다.

#### 4. 최대수요전력제어의 경제성 검토

##### 가. 전력공급자의 회피비 계산

###### (1) 투자회피비 시산

전력공급자는 최대수요전력을 억제하면 그에 상당하는 전력공급설비의 투자비용을 지연시킬 수 있게 된다. 즉, 공급설비 증설에 소요되는 투자비의 회피가 발생한다.

여기서 공급설비로서 복합화력 발전설비와 이에 수반한 송변전설비 투자를 보류시킬 때의 투자회피비용을 연가법에 의한 연간 금액  $A_{ccc}$  [원/kW·년]로 시산해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A_{ccc} &= \text{공급설비 건설단가} \times \text{연간 고정비율} \\ &= (433,000 + 114,820) \times 0.1197 \\ &= 65,574 [\text{원/kW} \cdot \text{년}] \end{aligned}$$

여기서

복합화력 발전설비 건설단가 : 433,000원/kW

송배전설비 건설단가 : 114,820원/kW

$$\text{감각상각률 } D = \frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0.05$$

내용연수간 평균 자본비율

$$\begin{aligned} C_R &= r - D \\ &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - D \\ &= \frac{0.08(1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} - 0.05 \\ &= 0.1019 - 0.05 = 0.0519 \end{aligned}$$

운전유지비율  $C_0$  : 0.0131(실적치)

세금률 : 0.0017

보험비율 : 0.003

전력 공급자는 이러한 효과를 감안하여 최대수요전력을 억제하는 수용가에게 전기요금 할 인혜택을 주고 공급설비 확장과 적정보수에 활용하게 된다.

###### (2) 운전회피비 시산

운전회피비  $A_{oc}$  [원/kWh]는 최대수요전력을 억제함으로써 절감된 전력량에 대한 발전회피비용  $A_{cc}$  [원/kWh]와 판매전력감소에 따른 수입

감소  $E_{RL}$  [원/kWh]의 차이이다.

1991년 연료원가와 전기요금을 기준하면

$$\begin{aligned} A_{oc} &= A_{cc} - E_{RL} \\ &= 34.66 - 63.50 \\ &= -28.84 [\text{원/kWh}] \end{aligned}$$

여기서

$A_{cc}$  = 피크발전연료비 (1 + 소내소비율 + 송배전 손실률)

$$= 31.33(1 + 0.0502) = 0.056$$

$$= 34.66 [\text{원/kWh}]$$

$E_{RL}$  = 피크시 전력량 요금

$$= 63.50 [\text{원/kWh}]$$

: (산업용(을)고압전력 A의 여름 주간 시간대 요금 기준)

###### (3) 수요관리(DSM)의 타당성

투자회피비는 65,574 [원/kW·년]이 발생하므로 이러한 투자회피를 가져올 수 있는 부하관리 비용이 이보다 상당히 크면 공급설비를 확장하여 공급관리(SSM)에 치중하고, 그 반대이면 최대수요를 억제하는 수요관리(DSM)에 치중하는 것이 타당하겠다. 현재와 같이 DSM의 강력한 유도가 필요한 때에는 DSM에 의한 전력공급자의 투자회피비와 수용가의 전기요금 절감 금액과의 차액의 일부를 전기공급자가 부담하는 것도 바람직하겠다. 참고로 무선스위치를 패 키지형 에어컨에 부설하여 30분마다 10분 이내의 제어를 실시할 때의 투자비는 48,070 [원/kW·년]으로 시산된 바 있다.

운전회피비는 -28.84 [원/kWh]로서 전력공급자에게 수입의 감소를 초래한다. 따라서 공급능력만 있다면 전력제한을 하는 것이 손해라는 의미이다.

##### 나. 수용가의 전기요금 절감

###### (1) 기본요금 경감

전력수용가는 최대수요전력제어에 의하여 최대수요전력을 억제하면 '92년도 전기요금을 적용할 때 일반용 전력은 기본요금 4,370 [원/kW],

산업용전력의 고압 A는 기본요금 3,250[원/kW]을 경감할 수 있다. 기본요금을 산정하기 위한 요금적용전력은 직전 12개월중 최대수요전력이 되므로 연간 전기요금 경감액은 일반용전력의 경우 52,440[원/kW·년], 산업용전력 고압 A의 경우 39,000[원/kW·년]이 된다.

계약종별 기본요금을 기준으로 할 때 요금적용전력 kW당 연간 절감금액을 표 2와 그림 12에 나타냈다.

(2) 전력량 요금 절감

전력 수용가가 최대수요전력을 억제한 것을 다른 시간대에조차 사용하지 않는다면 그만큼 에너지 절감을 한 것이고 전력량 요금도 절감하게 된다. 다른 경우하 시간대에 사용한다면 시

간대별 요금차이가 없는 종별에서는 전기요금 절감은 없으나, 산업용(을)의 경우는 시간대별 요금차이만큼 전력량 요금을 절감하게 된다. 다만, 시간대이동에 따르는 불편이나 투자비를 무시할 수 있고 에너지절감을 위한 생산성 감소의 손해금액을 무시할 수 있는 경우에 적용된다. 즉 일반전력 고압 A는 여름철 전력량요금 76.80[원/kWh], 산업용 전력(갑) 고압 A는 여름철 전력량요금 46.40[원/kWh], 산업용 전력(을) 고압 A는 여름철 주간시간대 사용 전력량요금 63.50[원/kWh]까지 절감할 수 있다.

(3) 최대수요전력제어의 타당성

수용가에서는 최대수요전력제어에 투자된 비용이 전기요금절감에 의하여 몇 년만에 투자비

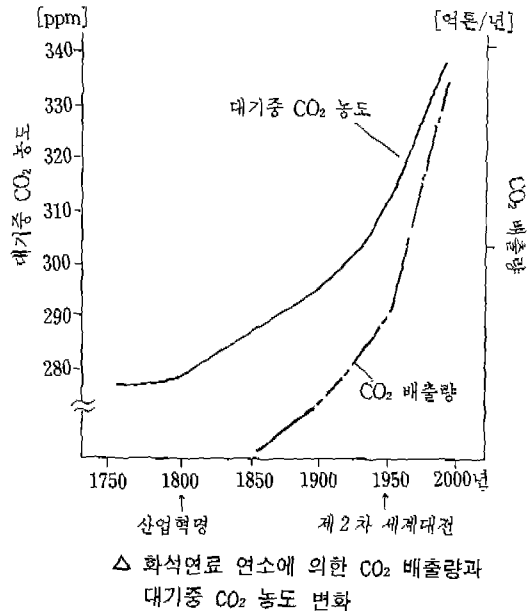
● 원자력발전의 바른 이해 ● <이달의 원자력발전 제공 >

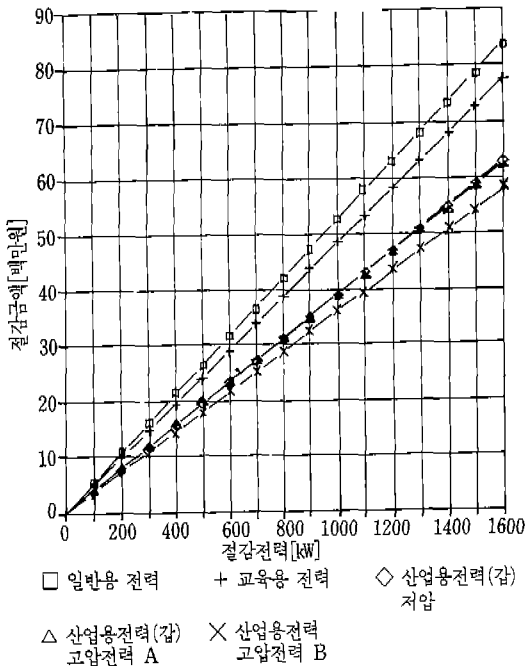
지구환경보전에 이바지하는 원자력발전

[ 2000년까지 CO<sub>2</sub> 배출량 ]  
[ 1990년도 수준으로 동결 ]

각종 화석연료 연소시 배출되는 이산화탄소 등이 온실효과를 유발시켜 현재와 같은 에너지 사용이 계속된다면 21세기말 지구온도가 약 3℃ 상승되고 해수면이 약 65cm 올라가 해변침식 및 각종 환경피해가 전망된다고 환경전문가들은 우려하고 있습니다.

이번 리우환경개발회의에서 서명된 기후변화 협약의 가장 큰 관심사항은 이산화탄소 등 온실가스의 배출량을 2000년까지 1990년도 수준으로 안정화시키는 목표로 정책을 추진해야 한다는 것으로, 석탄·석유 등 화석연료 의존도가 80%를 넘는 우리나라는 그 영향을 크게 받을 것으로 전망됩니다.





<그림 12> 종별 기본요금과 요금적용전력 연간 절감금액

<표 2> 종별 기본요금과 요금적용전력 kW당 연간 절감금액

종 별	기본요금 [원/kW]	연간 절감 금액 [천원/kW·년]				
		100	200	400	800	1,600
일반용 전력	4,370	5,244	10,488	20,976	41,952	83,904
교육용 전력	4,045	4,854	9,708	19,416	38,832	77,664
산업용전력(감) 저압	3,280	3,936	7,872	15,744	31,488	62,976
산업용전력(감) 고압전력 A	3,250	3,900	7,800	15,600	31,200	62,400
산업용전력 고압전력 B	3,020	3,624	7,248	14,496	28,992	57,984

가 회수될 것인가에 따라 의사결정을 하게 된다.

일반적으로 채산한계를 3년으로 평가하고 있지만 수용가의 입장에서는 전기요금제나 제어장치에 대한 신뢰성을 의심하기 때문에 투자 회수기간을 1년 이내로 보고 있다. 이것은 투자한 설비수명(감가상각기간)의 1/2 기간과 보증기간(A/S기간)중 짧은 것을 선택하는 경향과도 일치한다. 최근에 보급되고 있는 디맨드 컨트롤

러의 경우 수명은 5년, 보증기간은 1년인 것이 많다.

따라서 표 2와 그림 4에 나타난 절감금액과 투자회수기간 1년을 기준으로 할 때, 상업용 건물의 경우 요금적용전력을 100kW 경감시킬 수 있다면 5백만원, 정도의 투자가 타당하다고 본다.

공장과 같이 산업용전력의 경우는 요금적용 전력 400kW를 경감시키는데 1천5백만원 정도의 투자가 타당하겠다.

#### 다. 수용가의 적용사례

##### (1) 사례 1 : 계약전력 1,400kW의 모공장의 경우

###### ① 도입이유

100kW 정도 계약전력을 증가시켜야 할 상태가 되었다. 전기요금도 매출의 2.5%가 되어 비교적 비중이 크기 때문에 타기업에의 영향, 회사의 신뢰도를 고려해서 도입했다.

###### ② 제 어

제어기기는 냉난방기기(30kW)와 전기로 4대(30kW, 35kW, 55kW, 80kW)이며, 부하의 가벼운 순으로 우선순위 방식으로 자동제어를 하며 대상이 되는 전기로는 소둔용로이며, 제어하는 상태에서 로중을 움직이고 있는 컨베어는 그대로 가동상태이므로 제품에의 영향은 전혀없다.

###### ③ 효 과

- 부하설비의 증가(100kW)에도 불구하고 현재 계약전력을 유지
- 부하의 가동률이 40%에서 60%로 증가
- 계약전력의 유지에 따라 연간 390만원의 이익
- 생산량이 15% 증가하고 생산 코스트가 5% 감소되었다.

##### (2) 사례 2 : 계약전력 1,200kW인 모 쇼핑몰센터의 경우

###### ① 도입이유

겨울철에 900kW의 소비에 대하여 여름에 공조설비(670kW)의 영향으로 최대수요전력이 1,400kW~1,500kW가 된다. 지금까지는 전기 담당자가 디맨드 미터를 감시하면서 부하를 수동 제어하였으나 관리가 불충분하였다. 이 때문에 전기 담당자의 관리업무를 합리화를 고려하여 도입하였다.

## ② 제 어

2대 1조의 공조기가 9조 있고, 6조 가운데서 각 1대씩 6대(약 300kW)를 제어대상으로 해서 주기(Cyclic) 방식으로 제어한다.

본 장치의 제어동작은 2분간의 경보록크 기능을 채용하여 남은 13분간에서 부하를 제어할 수 있도록 했다. 이렇게 함으로써 디맨드 시한의 종료 3~4분전에 여유가 생겨 디맨드 시한 중 적어도 5~6분은 ON 상태가 되어 있다. 이 때문에 각 회로의 차단시간은 짧아져 매장의 영향은 적다.

## ③ 효 과

- 도입에 따라 300kW를 저감하였으므로 1개월 131만원, 연 1,573만원의 절약
- 전기 담당자의 감시업무를 합리화에 의한 인건비의 절약과 정신적인 부담 감소

## (3) 사례3 : 계약전력 15,000kW 모공장의 계획

### ① 도입사유

부하는 연간, 월별, 시간대별로 큰 차이는 없지만 그동안 월별 최대수요 전력의 실적은 8,000~10,000kW 사이이며, 디맨드 컨트롤러를 설치하고 공정관리를 잘하면 최대수요전력을 800kW 정도 저감시킬 수 있는 것으로 기대된다.

### ② 제 어

디맨드 컨트롤러에 역률제어 기능을 추가하여 목표전력 이내에 최대수요를 억제하도록 경보를 발생하거나 부하를 차단한다.

### ③ 효 과

- 디맨드 컨트롤러에 투자될 금액은 엔지니어링 비용과 관련기기 가격 및 시공비를 포함하여

2천만원 정도인데, 요금적용전력을 800kW 저감하게 되어 기본요금 감액이 월 약 240만원, 연간 2,800만원이므로 10개월 내지 1년 이내로 투자비 회수가 가능하다.

역률개선을 위해 조상설비와 제어설비 공사비는 7천만원 정도인데 역률을 10% 향상시킴으로써 기본요금감액이 월 약 300만원 연간 3,600만원에 달하므로 2년 이내에 투자비 회수가 가능하다.

## 5. 결 론

최대수요전력 제어기는 전력공급자나 수용가 양측이 모두 필요하게 되었고 대동력 수용가뿐만 아니라 중소규모 수용가에도 급격한 보급이 이루어질 것으로 사료된다. 그러나 앞에서 검토한 바와 같이 디맨드 컨트롤러의 적용상 기술적 제도적으로 선행되어야 할 사항이 있다.

① 수요시한 연장 : 수요시한 15분은 부하조절 시간으로 부족하다. 또 제어대상이 대용량 모터인 경우 빈번한 기동정지로 인하여 모터효율과 수명이 저하되므로 수요시한의 연장이 필요하다.

② 거래용 디맨드미터와 디맨드 컨트롤러와의 동기 : 수요시한의 출발기점이 일치하도록 디맨드 컨트롤러에 부설된 동기 스위치를 조작하거나 전력량계 또는 디맨드 미터나 타이머에서 동기신호를 인출하도록 한다.

③ 광센서를 이용한 디맨드 컨트롤러의 적용 : 기존의 전력량계의 전면 유리표면에 광센서를 부착하여 원판의 회전수와 속도를 측정함으로써 이에 비례한 최대수요전력을 산정하고 제어할 수 있는 경제적 방법을 실용화하도록 하는 것이 바람직하겠다.

이러한 실정에서 수요관리를 종합적이면서도 경제적으로 수용가의 개별 입장을 최대한 반영해서 시행할 수 있는 제어장치의 기술개발과 국산화가 요망된다. 아울러 전력공급자측에서의 제도적, 재정적 지원과 더불어 수용가측에서의 적극적인 참여와 활용이 촉구된다.