

# 최대수요전력 제어기술과 경제성 검토

오창석, 윤갑구, 조순봉\*

에이스기술단

Economic Analysis for the Demand Control

Chang-Suk Oh, Kap-Koo Yoon, Soon-Bong Cho ACE Engineering, Inc.

## ABSTRACT

Recently, increment of power demand is conspicuous, the necessity of demand side management is increased. here, we presented development of economic power demand controller again, we investigated the validity of peak demand control for customers and utilities.

## 1. 서론

전력사용 합리화의 한수단으로 최대수요전력제어를 하고 있다. 이것을 흔히 디맨드 콘트롤(Demand Control)이라고 부른다. 이것은 전력공급자에게는 발전전설비와 송배전설비 등에 대한 투자회피를 가져오게하고 전력생산원가를 저감시킨다. 아울러 수용가에게는 수배전설비의 효과적 활용과 전기요금절감을 도모하는것이다.

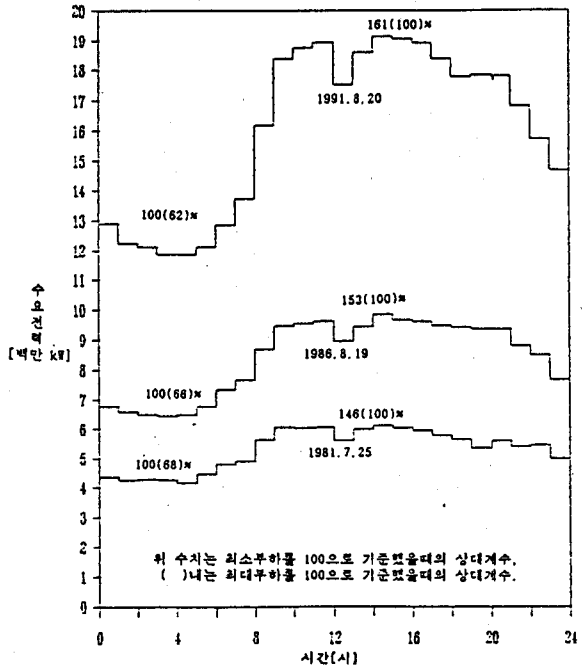
최근의 전력수요 증가추이를 살펴보면 표 1 과 같이 GNP 성장률을 훨씬 상회하고 있다. 특히 최대전력의 증가율이 평균전력의 증가율보다 더 높은것으로 나타나고 있는데 이것은 전력설비 투자비의 증대를 요구하는 반면에 설비의 이용률을 떨어뜨리게 되어 부하율을 저하시키며 전기요금 인상요인이 되는 것이다.

<표 1> 전력수요 증가추이

년도	최대 수요		평균 수요		GNP	
	전 력 [MW]	증가율 [%]	전 력 [MW]	증가율 [%]	85년 불변가 [십억원]	증가율 [%]
1981	6,144	12.3	4,590	14.9	55,354	6.4
1986	9,915	12.3	7,385	12.2	88,174	11.9
1991	19,124	18.6	13,541	16.7	141,602	12.1

(증가율은 5년전기준 년평균 증가율 임)

더우기 최대부하 발생일의 시간별 부하특성 변화추이를 살펴보면 그림 1과 같이 상대적으로 최대부하 봉우리는 더욱 높아지고 최소부하 골짜기는 낮아져서 전기요금 인상요인이 심화되고 있다. 따라서 전기요금의 경감을 위해서는 최대부하를 억제하고 최소부하를 부양시키는 수요관리(DSM: Demand Side Management)가 요망된다. 다시말해서 부하율을 개선 시키는 부하평준화 방안으로서 효과적인 디맨드 콘트롤 방법이 조속히 실용화될 필요가 있다. [1]



<그림 1> 최대부하 발생일의 시간별 부하특성 변화추이

## 2. 최대수요전력

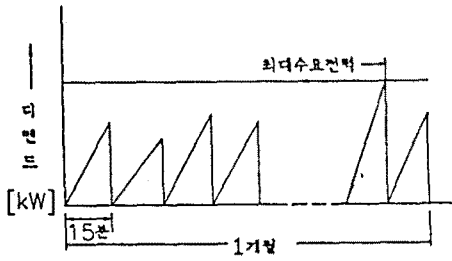
디맨드(P)란 일정시간내(수요시한 H)의 평균전력을 말하며 이것을 수요시한내의 사용전력량 W에서 구하는 방법을 취하고 있으며 다음식으로 나타낸다.

$$P = \frac{W \text{ [kWh]}}{H \text{ [h]}} = \frac{W}{H} \text{ [kW]}$$

일반적으로 수요시한은 15분, 30분 또는 1시간등을 사용하는데 우리나라의 경우는 15분을 기준하므로

$$P = W/H = 4 \times W \text{ [kW]} \text{로 쓸 수 있다.}$$

그림 2에 나타난 바와같이 1개월간의 최대 디맨드를 최대수요전력이라고 부른다. [1]



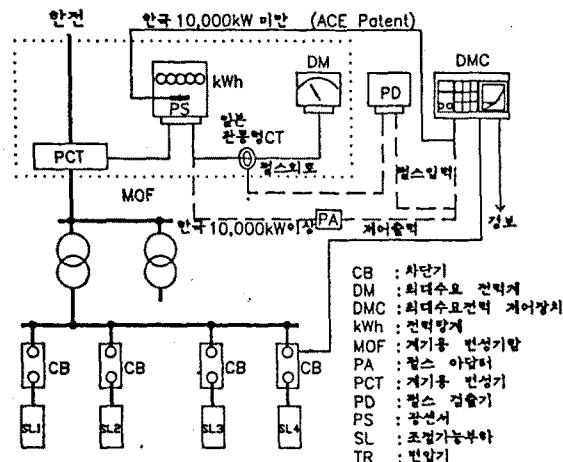
〈그림 2〉 최대수요전력

### 3. 최대수요전력 제어 장치

전기요금 산정용 전력량과 최대수요전력의 계량방법은 수 회로에서 계기용 변성기(PCT 또는 MOF)를 통하여 전력량 계로 사용전력량을 계량함과 동시에 전력량에 비례한 최대 수요전력을 측정한다. 日本에서는 대부분 발신기부의 전력량계를 사용하여 여기에서 얻어지는 전기적 펄스를 최대수요전력계에 공급하여 최대수요전력을 계량하고 있다. 그러나 우리나라에서는 공급전압 154kV 이상 또는 계약전력 10,000kW 이상 수용가의 특별정밀전력량계에만 발신기가 내장되어 분리형 최대수요전력계가 연결되도록 되어있고, 그 외의 수용가에는 발신기가 없는 전력량계로서 최대수요전력계가 내장된 최대수요전력계부 전력량계(일체형)를 적용하고 있다.

디맨드 콘트롤러의 구동방법은 그림 3 에서와 같이 발신 장치부 전력량계와 최대수요전력계와의 사이에 있는 펄스회로에 펄스검출기의 검출헤드(관통형 CT)를 삽입하고 거기서 검출된 펄스를 펄스검출기에서 증폭하고 디맨드 콘트롤러에 공급하는 것이 일반적이다. 이와같이하면 거래용 계기와 동일한 펄스로 디맨드 콘트롤이 된다는 잇점이 있다. 日本에서는 이 펄스의 공급은 전력회사가 수용가에 대한 서비스로서 제공된다. 관통형 CT는 수용가가 전력회사의 양해를 구하고 설치한다.

그러나 우리나라에서는 앞에서 언급한바와 같이 10,000kW 미만 수용가의 계기에는 펄스회로가 없으므로 이러한 방식의 적용이 곤란하다. 또 펄스 발신기가 부착된 전력량계가 있어도 디맨드 콘트롤러와의 제작사가 다르거나 규격이 다소 다르면 서로 연결이 안되는 것으로 알고 있다. 따라서 디맨드 콘트롤러를 도입하려면 발신기부 전력량계와 더불어 관련장치를 일괄해서 도입해야 하므로 큰비용이 들고 교체하는 전력량계에 대한 국가검정기관의 검정까지 다시 받아



〈그림 3〉 디맨드 콘트롤의 구동방법

야 되므로 장기간이 소요되고 요금협정 등 번거로운 절차가 수반된다.

이러한 실정을 감안하여 에이스기술단에서는 기존의 전력량계를 그대로 이용할 수 있는 경제적이고 실용적인 방안을 고안해 냈다.

기존의 전력량계의 전면 유리표면에 광센서를 부착하여 원판의 회전수와 속도를 측정함으로써 이에 비례하는 최대수요전력을 감시제어할 수 있는 디맨드 콘트롤러를 개발하였다.

### 4. 경제성 검토

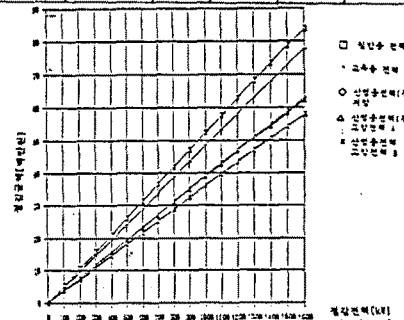
가. 수용가의 전기요금 절감

(1) 기본요금 경감

전력수용가는 최대수요전력제어에 의하여 최대수요전력을 억제하면 92년도 전기요금을 적용할때 일반용 전력은 기본요금 4,370[원/kWh], 산업용전력의 고압A는 기본요금 3,250 [원/kWh]을 경감할 수 있다. 기본요금을 산정하기 위한 요금 적용전력은 직전 12개월중 최대수요전력이 되므로 연간 전기요금 경감액은 일반용전력의 경우 52,440[원/kWh·년], 산업용전력고압 A의 경우 39,000[원/kWh·년]이 된다. 계약종별 기본요금을 기준으로 할때 요금적용전력 kWh당 연간 절감금액을 표 2와 그림 4에 나타냈다.

〈표 2〉 종별 기본요금과 요금적용전력 kWh당 연간 절감금액

종 별	기본요금 [원/kWh]	연간 절감 금액 [천원/kWh·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(갑) 저압	3,280	3,936	7,872	15,744	31,488	62,976
산업용전력(갑) 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



〈그림 4〉 종별 기본요금과 요금적용전력 kWh당 연간 절감금액

(2) 전력량 요금 절감

전력 수용가가 최대수요전력을 억제한 것을 다른 시간대에 조차 사용하지 않는다면 그만큼 에너지 절감을 한 것이고 전력량 요금도 절감하게 된다. 다른 경우하 시간대에 사용한다면 시간대별 요금차이가 없는 종별에서는 전기요금절감은 없으나, 산업용(을)의 경우는 시간대별 요금차이 만큼 전력량요금을 절감하게 된다. 다만, 시간대이동에 따르는 불편이나 투자비를 무시할 수 있고 에너지절감을 위한 생산성

감소의 손해금액을 무시할 수 있을 경우이다. 즉 일반전력 고압 A는 여름철 전력량요금 76.80[원/kWh], 산업용전력(감) 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 몇년만에 투자비가 회수될 것인가?에 따라 의사결정을 하게된다.

일반적으로 재산한계를 3년으로 평가하고 있지만 수용가의 입장에서는 전기요금제도나 제어장치에 대한 신뢰성을 의심하기 때문에 투자회수기간을 1년 이내로 보고있다. 이것은 투자한 설비수명(감가상각기간)의 1/2 기간과 보증기간(A/S기간)중 짧은 것을 선택하는 경향과도 일치한다. 최근에 보급되고 있는 디맨드 콘트롤러의 경우 수명은 5년, 보증기간은 1년인것이 많다.

따라서 표 2와 그림 4에 나타난 절감금액과 투자회수기간 1년을 기준으로 할때, 상업용 건물의 경우 요금적용전력을 100kw 경감 시킬 수 있다면 5백만원 정도의 투자가 타당하다고 본다.

공장과 같이 산업용전력의 경우는 요금적용전력 400kw를 경감시키는데 1천 5백만원 정도의 투자가 타당 하겠다.

나. 전력공급자의 회피비 계산

(1) 투자회피비 시산

전력공급자는 최대수요전력을억제하면 그에 상당하는 전력공급설비의 투자비용을 지연시킬 수 있게된다. 즉, 공급설비 증설에 소요되는 투자비의 회피가 발생한다.

여기서 공급설비로서 복합화력 발전설비와 이에 수반한 송변전설비 투자를 보류시킬때의 투자회피비용을 년가법에 의한 년간 금액 Accc [원/kW·년]로 시산해보면 다음과 같다. [2]

$$\begin{aligned} \text{Accc} &= \text{공급설비 건설단가} \times \text{년간 고정비용} \\ &= (433,000 + 114,820) \times 0.1197 \\ &= 65,574 \text{ [원/kW·년]} \end{aligned}$$

여기서 복합화력 발전설비 건설단가 : 433,000 원/kW  
송배전설비 건설단가 : 114,820 원/kW

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

$$\begin{aligned} \text{내용년수간 평균 자본비용} \quad C_r &= r - D \\ &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - D = \frac{0.08(1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} - 0.05 \\ &= 0.1019 - 0.05 = 0.0519 \end{aligned}$$

운전유지비용 C<sub>o</sub> : 0.0131 (실적치)  
세금율 : 0.0017  
보험비용 : 0.003

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

(2) 운전회피비 시산

운전회피비 Aoc[원/kWh]는 최대수요전력을 억제하므로서 절감된 전력량에 대한 발전회피비용 Acc[원/kWh]와 판매전력감소에 따른 수입감소 ERL[원/kWh]의 차이이다. 1991년 연료원가와 전기요금을 기준하면

$$\begin{aligned} \text{Aoc} &= \text{Acc} - \text{ERL} \\ &= 34.66 - 63.50 \\ &= -28.84 \text{ [원/kWh]} \end{aligned}$$

여기서

$$\begin{aligned} \text{Acc} &= \text{피크발전연료비}(1+\text{소내소비율}+\text{송배전손실율}) \\ &= 31.33 (1 + 0.0502 + 0.056) \\ &= 34.66 \text{ [원/kWh]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ERL} &= \text{피크시 전력량 요금} \\ &= 63.50 \text{ [원/kWh]} : (\text{산업용 (을) 고압전력 A의 여름 주간시간대 요금 기준}) \end{aligned}$$

(3) 수요관리(DSM)의 타당성

투자회피비는 65,574[원/kW·년]이 발생하므로 이러한 투자 회피를 가져올수 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 절감금액과의 차액의 일부를 전기공급자가 부담하는것도 바람직 하겠다. 참고로 무선스위치를 패키지형에 어콘에 부설하여 30분마다 10분이내의 제어를 실시할때의 투자비는 48,070[원/kW·년]으로 시산된 바 있다. [2]

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

5. 결론

최대수요전력 제어기는 전력공급자나 수용가 양측이 모두 필요하게 되었고 대동력 수용가뿐만 아니라 중소규모 수용가에도 급격한 보급이 이루어질 것으로 사료된다.

이러한 실정에서 수요관리를 종합적이면서도 경제적으로 수용가의 개별입장을 최대한 반영해서 시행할 수 있는 제어 장치의 기술개발과 국산화가 요망된다.

아울러 전력공급자측에서의 제도적, 재정적 지원과 더불어 수용가측에서의 적극적인 참여와 활용이 촉구된다.

6. 참고문헌

- [1] 윤갑구 : 전기요금절감을 위한 최대수요전력제어의 실용화, 1991. 6
- [2] 이일곤, 윤갑구, 이두수, 한영석 : 최대부하 직접제어 방식 실용화를 위한 연구, 한국전력공사, 태광전자산업, 1990. 12. 27
- [3] SCE Co. : '1990/1991 Demand-Side Management(DSM) Annual Report and Technical Appendix, 1991. 3
- [4] 한국전력공사 : 최대수요전력표시 기록장치 검침요령, 영업처 1991. 7
- [5] 한국전력공사 : '91 전력수급조정 약정체결 수용명세서 영업처 1991. 6
- [6] 윤갑구 : 코스트절감을 위한 혁신적 전력부하관리기술, 한국경영기획원 1990. 3. 29
- [7] 윤갑구, 이두수, 한영석 : 배전자동화와 직접부하제어를 위한 및 통신시스템 대한전기학회 1990년도 춘계 전력계통연구회, 1990. 4. 28
- [8] 윤갑구 : 코스트절감을 위한 에너지 관리기술, 한국전기공사협회, 전기기술자 보수교육, 1990. 5