

# 전기요금 절감을 위한

## 最大需要 電力制御의 실용화

尹 甲 求

에이스 技術團 代表

### 1. 최대수요 전력제어와 요금절감

#### 가. 디맨드 컨트롤의 필요성

전력사용 합리화의 한 수단으로 최대수요 전력제어를 하고 있다. 이것을 흔히 디맨드 컨트롤(Demand Control)이라고 부른다. 이것은 전력공급자에게는 발전설비와 송배전설비 등에 대한 투자회피와 운전유지비 등의 절감을 가져오게 하여 전력생산 원가를 절감시킨다. 아울러 수용가에게는 수배전설비의 효과적 활용과 전기요금 절감을 도모하는 것이다.

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

더욱이 최대부하 발생일의 시간별 부하특성 변화추이를 살펴보면 그림 1과 같이 상대적으로 최대부하 봉우리는 더욱 높아지고 최소부하 골짜기는 낮아져서 전기요금 인상요인이 심화

되고 있다. 따라서 전기요금의 경감을 위해서는 최대부하를 억제하고 최소부하를 부양시키는 수요관리(DSM : Demand Side Management)가 요망된다. 다시 말해서 부하율을 개선시키는 부하평준화 방안으로서 효과적인 디맨드 컨트롤 방법이 조속히 실용화될 필요가 있다.

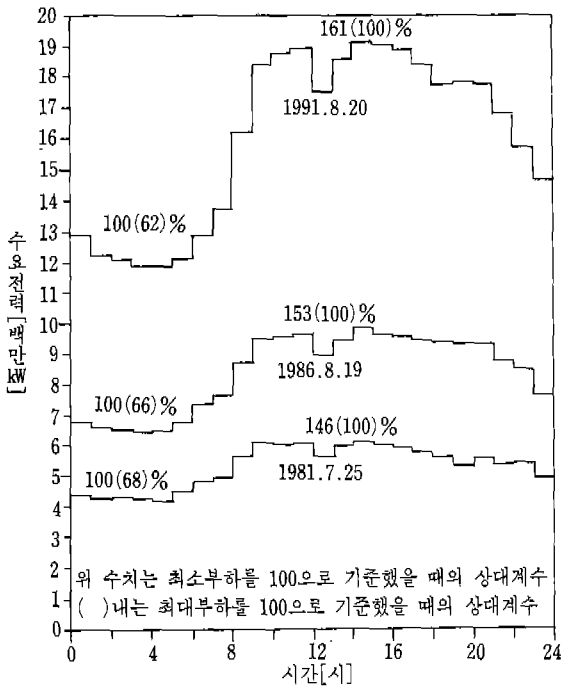
#### 나. 디맨드의 개념

디맨드 컨트롤을 이해하려면 디맨드란 무엇인가를 알아둘 필요가 있다. 이를 위해 디맨드의 산출방법에 대해 말한다. 디맨드 P란 그림 2와 같이 정시간내(수요제한 H라 한다)의 평균전력을 말하며, 이것을 수요제한내의 사용전

<표 1> 전력수요 증가추이

연도	최대 수요		평균 수요		G N P	
	전 력 [MW]	증가율 [%]	전 력 [MW]	증가율 [%]	19년 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

주 : 증가율은 5년전 기준 연평균 증가율임.

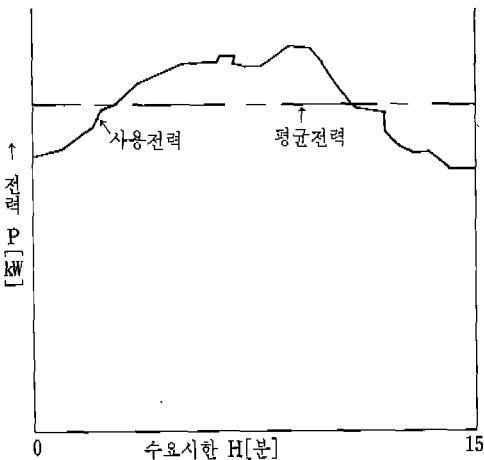


<그림 1> 최대부하 발생일의 시간별 부하특성 변화추이

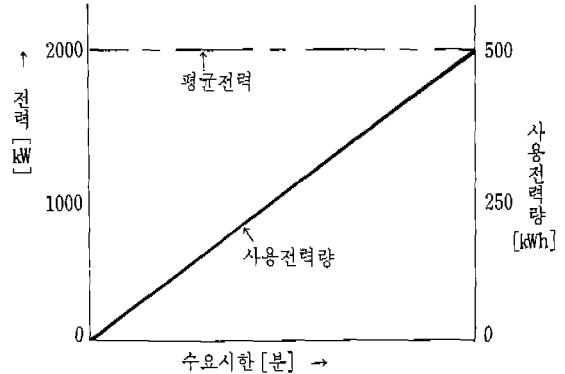
력량 W에서 구하는 방법을 취하고 있으며 다음 식으로 나타낸다.

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

일반적으로 수요시한은 15분이나 30분 또는



<그림 2> 사용전력과 평균전력



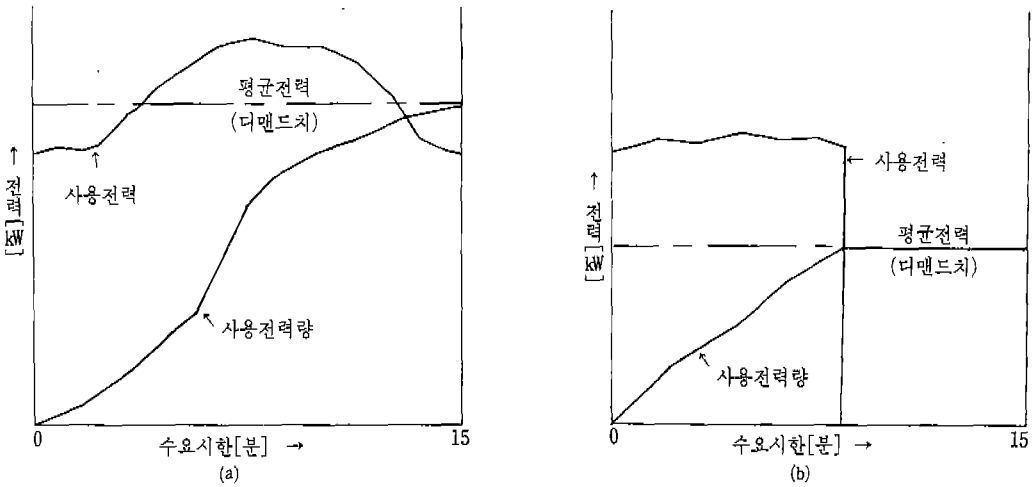
2,000 kW의 전력을 15분간 사용한 경우의 전력[kW]와 전력량 [kWh]의 추이

<그림 3> 사용전력량과 평균전력

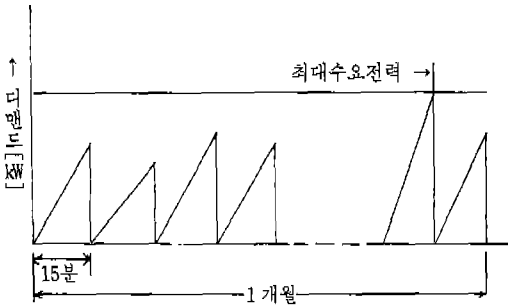
1시간 등을 사용하는데 우리나라의 경우는 15분을 기준으로 하고 있으므로 앞 식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P = \frac{W \text{ [kWh]}}{15/60 \text{ [h]}} = 4W \text{ [kW]}$$

이 관계는 그림 3과 같이 된다. 그림 3은 전력이 일정하게 사용될 때의 관계를 나타내고 있다. 그러나 실제로 사용하는 전력치는 변동한다. 따라서 그림 4(a)에 나타난 바와 같이 전력량의 추이도 직선적이지 않다. 디맨드치는 사용 전력량에서 구해지므로 최종적으로 디맨드치는 수요시한 중의 평균전력을 나타내는 것이 된다. 그림 4(b)는 수요시한 도중까지 전력이 사용되고, 남은 시간은 전력을 사용하지 않았을 경우를 나타낸다. 이때 사용전력량의 추이는 사용전력이 0이 되는 시점부터 증가되지 않는다. 이 상태에서 수요시한이 종료하면, 그 값에서 수요시한중의 디맨드치를 구할 수 있다. 이것을 이용하여 수요시한 도중의 사용전력량을 디맨드치로 환산하여 편의상 현재의 디맨드치로 하고 있다. 그리고 그림 5에 나타난 바와 같이 이 평균전력 1개월간의 최대치를 최대수요전력(최대 디맨드, 흔히 디맨드)이라고 부른다. 이것이 후술하는 전력회사와 수용가와의 계약전력과 요금적용전력에 관계된다.



<그림 4> 사용전력량과 평균전력



<그림 5> 최대수요전력

의 최대수요전력을 요금적용전력으로 한다. 다만, 최대수요전력이 계약전력의 10% 이하인 경우에는 계약전력의 10% 해당전력을 요금적용전력으로 한다.

그러므로 최대수요전력은 1년간 기본요금의 수준을 결정하는 중요한 요소이다. 자칫하여 15분간의 최대수요전력치가 커지면 1년간 높은 전기요금을 지불하게 된다. 따라서 요금적용전력이 계약전력을 초과하지 않도록 하고 최대수요전력의 증가를 방지하려면 디맨드 컨트롤러가 절실하게 필요하다.

#### 다. 최대수요전력과 요금적용전력

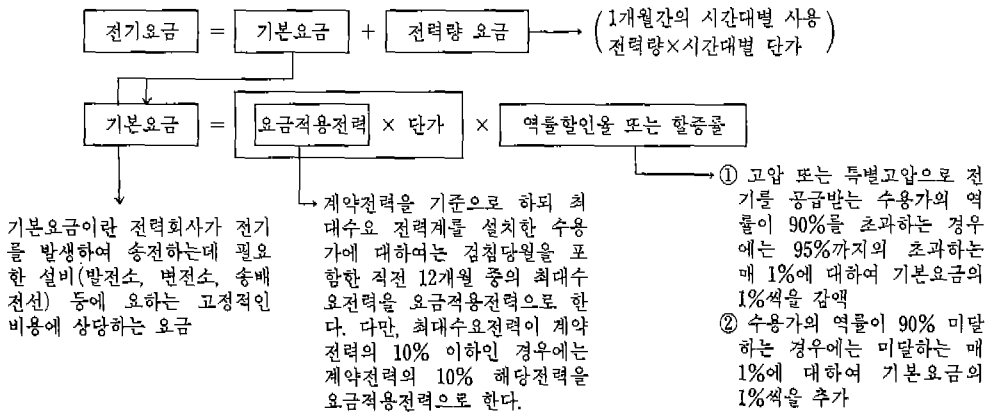
전기요금의 구성은 그림 6과 같이 기본요금과 전력량 요금으로 구성되어 있다. 기본요금은 요금적용전력을 기준으로 하고 있는데 전기공급규정[동력자원부 개정인가 전운 29102-7434('91. 9. 13)] 제74조[요금적용전력의 결정]은 다음과 같다.

- ① 계약전력은 요금계산의 기준이 되는 요금적용전력이 된다.
- ② 최대수요전력계를 설치한 수용가에 대해서는 제 1항에 불구하고 검침 당월을 포함한 직전 12개월 중(최대수요전력계 설치기간이 12개월 미만인 경우에는 그 기간중)

## 2. 최대수요전력 제어장치

### 가. 디맨드 컨트롤러의 구동방법

전기요금 산정용 전력량과 최대수요전력의 계량방법은 수전회로에서 계기용 변성기(PCT 또는 MOF)를 통하여 전력량계로 사용전력량을 계량함과 동시에 전력량에 비례한 최대수요전력을 측정한다. 일본에서는 대부분 발신기가 달린 전력량계를 사용하여 여기에서 얻어지는 전기적 펄스를 최대수요전력계에 공급하여 최대수요전력을 계량하고 있다. 그러나 우리나라에서는 계약전력 10,000kW 이상 수용가의 특별정밀전력량계에만 발신기가 내장되어 분리형 최



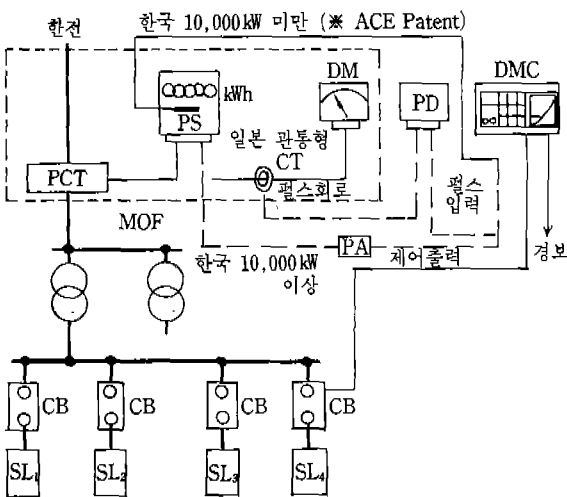
대수요전력계가 연결되도록 되어 있고, 계약전력 10,000kW 미만 수용가에는 발신기가 없는 전력량계로서 최대수요전력계가 내장된 최대수요전력계부 전력량계(일체형)를 적용하고 있다.

디맨드 컨트롤러의 구동방법은 그림 7에서와 같이 발신장치가 부착된 전력량계와 최대수요전력계와의 사이에 있는 펄스회로에 펄스검출기의 검출헤드(관통형 CT)를 삽입하고, 거기서

검출된 펄스를 펄스검출기 본체로 증폭하고 디맨드 컨트롤러에 공급하는 것이 일반적이다. 이와 같이 하면 거래용 계기와 동일한 펄스로 디맨드 컨트롤러가 된다는 이점이 있다. 일본에서는 이 펄스의 공급은 전력회사가 수용가에 대한 서비스로서 제공된다. 관통형 CT는 수용가가 전력회사의 양해를 구하고 설치한다.

그러나 우리나라에서는 앞에서 언급한 바와 같이 10,000kW 미만 수용가의 계기에는 펄스회로가 없으므로 이러한 방식의 적용이 곤란하다. 또 펄스발신기가 부착된 전력량계가 있어도 디맨드 컨트롤러와의 제작사가 다르거나 규격이 다소 다르면 서로 연결이 안되는 것으로 알고 있다. 따라서 디맨드 컨트롤러를 도입하려면 발신기가 부착된 전력량계와 더불어 관련장치를 일괄해서 도입해야 하므로 큰 비용이 들고 교체하는 전력량계에 대한 국가검정기관의 검정까지 다시 받아야 하므로 장기간이 소요되고 요금협정 등 번거로운 절차가 수반된다.

이러한 실정을 감안하여 에이스기술단에서는 기존의 전력량계를 그대로 이용할 수 있는 경제적이고 실용적인 방안을 고안해 냈다. 즉 그림 7에서와 같이 기존의 전력량계의 전면 유리 표면에 광 센서를 부착하여 원판의 회전수와 속도를 측정함으로써 이에 비례하는 최대수요전력을 감시 제어할 수 있는 디맨드 컨트롤러를 개발하였다. 다만, 거래용 최대수요전력계와 수요



- CB : 차단기
- DM : 최대수요 전력계
- DMC : 최대수요전력 제어장치
- kWh : 전력량계
- MOF : 계기용 변성기합
- PA : 펄스 어댑터
- PCT : 계기용 변성기
- PD : 펄스 검출기
- PS : 광 센서
- SL : 조절가능 부하
- TR : 변압기

<그림 7> 디맨드 컨트롤러의 구동방법

시한의 동기불일치를 시정하기 위하여 디맨드 컨트롤러에 부설된 동기스위치를 정전후 수전과 동시에 조작해 주어야 한다. 또 상당 기간마다 시간 차이가 발생하지 않도록 동기스위치를 조작해 줄 필요가 있다.

#### 나. 디맨드 컨트롤러의 역사와 원리

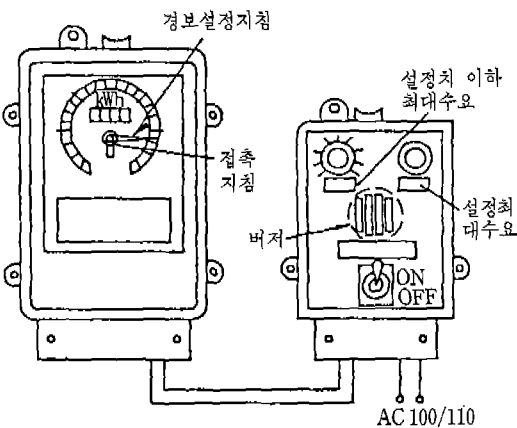
##### (1) 기계식 시대

디맨드 컨트롤러의 역사는 그림 8 과 같이 1962년경 경보접점부 최대수요전력계로부터 시작되었다. 이 계기는 현재도 전기요금 거래용으로 사용되고 있는 기계식 최대수요전력계를 이용한 것이다. 경보발생의 방법은 경보설정지침과 사용전력량에 비례한 속도로 움직이는 접촉지침과를 전기적 접점으로 이용하는 것이며, 접촉지침이 경보발생을 회망하는 디맨드치에 설정된 경보설정지침에 접촉되었을 때 경보를 발생한다. 이 시점에서 수동으로 부하 컨트롤을 시행하는 것이다.

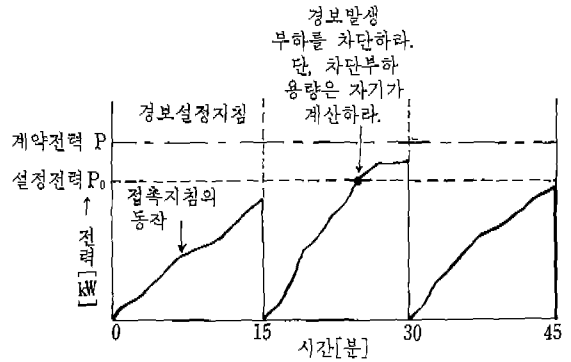
그림 9는 경보발생 방법을 나타내고 있으나 경보발생 전력치는 1점뿐이므로 경보발생시 수요시한의 경과시간과의 관계에서 차단할 부하 용량을 알맞게 생각해내야 한다.

##### (2) 전자식 하드웨어 구성시대

전항의 문제해결을 위해 경보가 발생하면, 미



<그림 8> 경보접점부 최대수요 전력계



<그림 9> 경보접점부 최대수요 전력계의 경보발생

리 결정해 둔 부하를 수요시한의 경과시간에 관계없이 차단할 수 있는 방식이 요구되고 있다. 이러한 요구를 만족시키려면 경보발생의 전력치가 시간과 함께 변화하는 방식이어야 한다.

이 요구에 응하려면 종래의 기계식에서는 어려웠으나 전자회로기술의 향상으로 1978년에 와서 이 목적에 부응한 전자식의 디맨드 감시장치로서 일본 富士電機의 FM 71W形 등이 출현했다.

이 장치의 특징은 3개의 경보라인을 갖고, 경보가 발생하면 미리 설정된 부하를 시간에 관계없이 자동 또는 수동으로 차단할 수 있다는 것이다.

그림 10(a)는  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ 라는 각각의 전력을 15분간 사용하는 경우 사용전력량 추이를 나타내고 있다. 이 사용전력량의 최종치를 목표전력  $P$ 에 맞추어 라인을 그은 것이 그림 10(b)이며, 이 라인을 경보라인으로 사용하는 방식이다. 이와 같이 하여 그림 10(b)의 a점에 사용전력량도 도달할 때 부하를  $P_0$ 로 컨트롤하면 그후의 사용전력량은 제 1단의 경보라인상을 이동한다. 부하 컨트롤을 하지 않고 사용전력량이 b점에 도달된 경우, 부하를  $P_1$ 에 맞추어 컨트롤하면 그후의 사용전력량은 제 2단의 경보라인상을 이동하게 된다. 제 3단도 같은 동작을 한다. 이와 같이 하여, 예를 들어 부하의 종류를 상시 차단해도 지장 없는 부하, 긴급시에는 차단해도

좋은 부하, 절대로 차단할 수 없는 부하 등으로 분류해 두고, 각각의 경보라인에 적용하면 수요시한의 경과시간에 관계없이 경보가 발생할 때 소정의 부하를 차단하면 된다. 그러나 차단부하의 설정은 절대치가 아니고 총전력의 퍼센트로 행하도록 되어 있다.

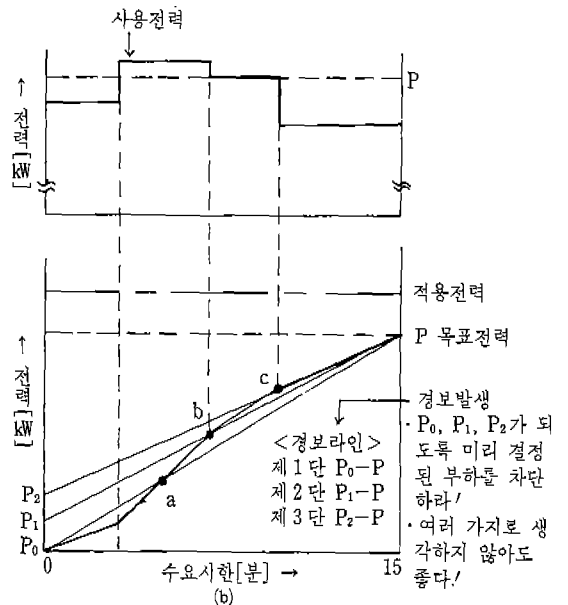
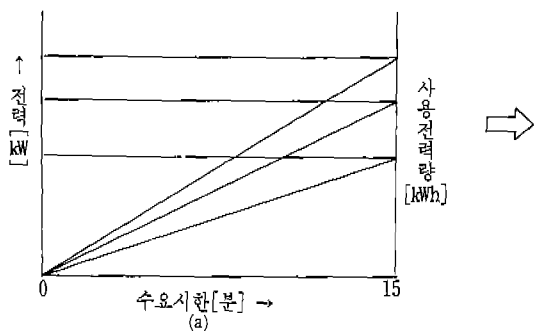
### (3) 전자식 마이크로 컴퓨터시대

하드웨어만으로 구성된 디맨드 감시 제어 장치의 차단전력의 설정은 전전력에 대한 퍼센트 표시이므로 사용상 불편하였다. 또 디맨드 컨트롤을 시행하면서 여러 가지의 관리용 데이터를 자동적으로 기록하고 싶은 요망이 나오게 되었다. 이 문제를 해결한 것이 바로 마이크로 컴퓨터이다.

1980년에 데이터의 연산처리를 마이크로 컴퓨터로 하는 디맨드 감시장치가 나왔다. 마이크로 컴퓨터를 사용하고 단위시간(1시간 또는 15분)마다의 전력량과 디맨드치 등 기타 전력관리에 필요한 데이터들을 기록도 할 수 있도록 프린터가 내장되었다. 그후 전력의 사용상황을 상시 그래프상에서 보고자 하는 요망이 있어 CRT를 탑재한 것도 나왔다.

디맨드 컨트롤러는 전력의 사용방법에 변화를 가져왔다. 즉 종래의 디맨드 컨트롤의 사상은 계약전력을 초과하지 않으려는 목적으로 사용되었고, 이를 위해 계약전력에 대하여 여유가 있는 전력관리를 시행하였다. 그러나 이제는 효

율이 높은 전력사용을 위해 계약전력 바로 근처까지 전력을 사용하는 수용가도 생겼다. 이 때문에 디맨드 컨트롤러로서 상시 수요시한 종료시의 디맨드치를 예측하고, 세밀한 부하 컨트롤을 하기 위해 9회로까지의 부하제어 출력을 갖는 예측연산방식의 것이 나왔다. 1988년 7월부터 일본에서는 계약전력 500kW 미만의 수용가를 대상으로 한 디맨드 실량제도가 도입되었다. 이 제도에 대응하는 디맨드 컨트롤러도 나왔다. 신 제도는 실제로 측정된 디맨드치로 계약전력이 결정된다. 따라서 계약전력이 내려갈 때 수용가가 알지 못하는 경우도 생각된다. 이 때문에 과거 13개월분의 최대수요전력치를 기억시켜 두어서 계약전력이 내려가면 디맨드 컨트롤러의 목표전력치를 신계약전력치로 자동적으로 변경시킬 수 있는 것이다. 한편에서는 1991년 6월부터 최저계약전력제도를 폐지하고, 요금적용전력의 하한치를 계약전력의 10%로 조정하였다. 아울러 종전에는 직전 3개월의 피크를 적용하던 것을 직전 12개월 중 가장 큰 전력이 1년간 적용되도록 하였으므로 위와 같은 디맨드 컨트롤러가 더욱 필요하게 되었다.



<그림 10> 경보라인방식의 경보발생 원리

☛ 다음 호에 계속