

# 전력수요 제어 시스템 구성 방안

## The Configuration of Power Demand Control System

송 언 빈                      한국건설기술연구원

### ABSTRACT

This paper presents the technical requirements and configuration of power demand control system in office building. Generally, the peak power demand is occurred in cooling period. For power demand control in existing building, the most effective control points are the motors for air handling units.

### 1. 서 론

사무소 건물의 대형화, 인텔리전트화함에 따라 전기 소비가 급속히 증가하는 추세가 있다. 전기는 저장하기 어렵기 때문에 시간에 따라 변동하는 수요에 대응하여 공급능력을 확보하여야 한다. 사무소 건물의 전력수요 형태도 일, 월, 계절별로 다르게 나타난다.

이 전력수요는 최대한 평탄한 형태가 바람직하지만 부하상태에 따라 그 기복이 심하게 나타난다. 하루중에는 대체로 오후 2시경에 최대 수요전력이 발생하고 계절별로는 여름철에 발생한다.

최대 전력수요를 관리하기 위해서는 시시각각으로 변화하는 부하상태를 감시하면서 우선 순위에 따라 관리할 수 있도록 하여야 한다. 효율적인 전력수요 관리

를 위하여 사무소 건물의 전력수요 형태를 우선 분석하여야 한다. 전력수요 제어 시스템 구성에 필요한 사항들을 검토하여 프로그램 제어가 가능한 전력수요 제어기법을 제시한다.

### 2. 사무소 건물의 전력수요 형태

연면적 약 15,000 ~ 30,000 m<sup>2</sup> 규모인 중규모 건물에 대한 전력수요 형태를 분석하였다. 전력수요 형태를 살펴보면 일년중에는 여름철에 최대 전력수요가 발생함을 알 수 있었다. 그림 1은 연간 최대 전력수요의 변화 상태를 관찰한 결과이다.

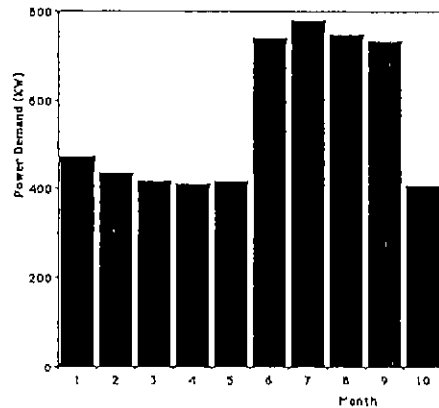


그림 1. 연간 최대 전력수요의 변화

이러한 전력수요 형태의 변화를 하루중 시간대별로 살펴보면 일반적으로 여름철 냉방기간중인 오전 10시에서부터 오후 4시 사이에 최대 전력수요가 발생하게 된다. 그림 2는 여름철 하루중의 전력수요 변화 형태를 관찰한 것이다.

사무소 건물에서 전기에너지는 공기조화를 위한 동력, 조명 및 펌프와 승강기용 동력으로 주로 소비되게 된다. 조명이 필요한 전기에너지는 하루의 시간대별 변화가 거의 없이 일정하게 소비되는 것으로 분석되었다. 대체적으로 사무소 건물의 에너지 소비는 공기조화에 필요한 동력 부분에서 소비되는 것으로 분석된다.

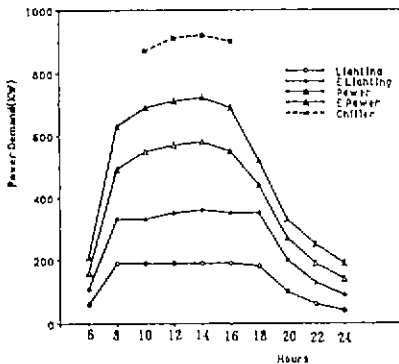


그림 2. 하루중 전력수요의 변화

하루의 전력수요의 변화를 살펴보면 최대 전력수요는 오전 10시에서 오후 4시경에 발생하는 것으로 파악되었다. 전력수요를 효율적으로 관리하기 위해서는 냉방 시간대에 각 부하의 중요도를 고려하여 부하별 우선 순위 제어를 실시하고, 부하 조절을 실시하여 최대 전력수요를 억제하는 것이 바람직하다. 그런데, 사무소 건물의 실측결과 오전 8시경의 출근 시간대에 최대 전력수요가 발생하는 경우가 있는데 이 경우는 빙축열 시스템을 이용한 심야전력을 활용함에 따라 주간 시간대에 최대 전력수요가 발생하지 않는 경우도 있었다.

따라서, 전력수요를 효율적으로 관리하기 위해서는

건물별로 일 부하곡선을 사전에 검토하여 어떤 부하를 조정할 것인지 사전에 분석하여야 할 것이다.

효율적인 전력수요 관리를 위해서는 다음과 같은 사항을 사전에 면밀히 검토하여야 할 것이다.

- 건물의 일부하곡선을 작성하고 부하별 운전 특성을 파악한다.
- 최대 전력수요 발생시간을 파악하고 이 시간대에 부하별 운전 우선 순위를 설정한다.
- 부하제어를 실시하는 경우 전력수요 관리관계가 건물의 특성에 따라 조정할 수 있도록 하여야 한다.
- 전력수요 제어 시스템에서 제어되는 부하들은 다른 부하에 비하여 빈번한 운전, 정지를 반복하여야 하므로, 다른 부하의 운전에 영향이 없도록 하여야 한다.
- 전력수요 제어 시스템도 부하의 증설, 보수, 변경 등에 가변적으로 대응할 수 있도록 제어회로를 구성함이 바람직하다.

### 3. 전력수요 제어기법

전력수요는 일정 수요시간내의 평균전력으로 정하고 있으며, 일정 수요시간내의 사용 전력량을  $W(kwh)$  라 하면 수요전력  $P(kw)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$P = \frac{W(kwh)}{H(\text{시간})} = \frac{W}{H} (KW) \quad (1)$$

우리나라에서는 수요시간을 15분으로 정하고 있으므로 식 (1)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \frac{W(kwh)}{15/60(\text{시간})} = 4 \cdot W (kw) \quad (2)$$

따라서, 현재 전력을  $P$ 라 하고, 관리하여야 할 목표전력을  $P_0$ 라 하면 예측전력  $P_f$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_f = P + \frac{\Delta P}{\Delta t}(15-t) \quad (3)$$

식 (3)에서  $\Delta t$ 는 1분, 2분, 3분 등으로 임의로 선택할 수 있는데 본 연구에서는 1분을 기준으로 하여 예측전력을 정할 수 있도록 하였다. 그림 3은 예측전력값의 산정과 제어 개념을 나타내는 그래프이다.

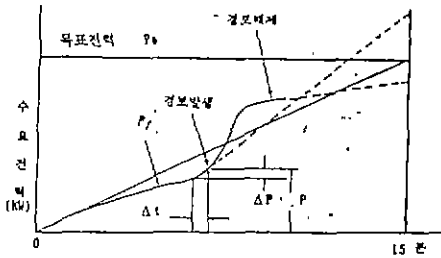


그림 3. 예측 전력값의 산정

따라서, 전력수요 제어 시스템에서는 현재전력  $P$ 는 식 (2) 및 전력사용량 값을 이용하여 다음 식으로 구할 수 있다.

$$P = 4 \cdot \frac{1}{\text{계기정수}} \times \text{펄스누적수} \quad (4)$$

펄스의 누적수는 수요시한 시작부터 현재전력을 파악하기 위한 시간까지 산출한 값으로 정하고 있다. 전력수요 시한내에 제어기능을 수행하는 시간 동안에 수요전력을 목표전력으로 조정할 수 있는 조정전력  $V$ 는 다음 식으로 산출한다.

$$V = (P_f - P_0) \frac{15}{15-t} \quad (5)$$

일반적으로 그림 3에서  $t$ 가 6분이 시한까지 누적펄스값에 의하여 현재 사용전력을 산출하고 이 값으로 예측전력을 구한 다음 이를 목표값과 비교하여 목표값

초과가 예상되는 경우 경보를 발하고 부하제어를 실시하게 된다.

#### 4. 제어 시스템 구성 방안

전력수요 제어 시스템은 전력의 효율적 이용을 목적으로 목표 전력 범위내에서 적절하게 부하설비들을 관리할 수 있어야 한다. 전력 수요 제어 시스템은 전력의 사용상태를 감시하는 부분, 경보기록 및 부하제어를 프로그램적으로 처리하는 제어부분으로 크게 나눌 수 있다. 감시부분에서는 현재의 전력량을 읽어서 현재의 수요전력, 예측전력, 조정전력 등을 표시하게 된다. 제어부분에서는 예측전력을 계산하면 이 값이 목표전력을 초과하게 되면 제어에 필요한 신호들을 출력할 수 있도록 하여야 한다.

제어부분은 외부 제어 대상 설비로 제어신호를 보내야 하는데 일반적으로 릴레이를 이용하여 부하회로에 시설된 전자 개폐기를 제어하게 된다. 그림 4는 전력수요 제어 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

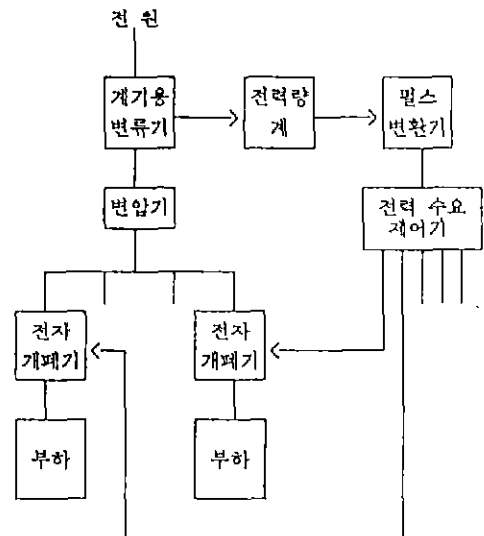


그림 4. 전력 수요 제어 시스템의 구성

현재의 전력수요를 계속하기 위해서는 기존의 배선 계통에 추가로 전력망계를 부설하여야 하고 이에 따른 전류 변환기를 시설하여야 하므로 이들의 정밀도를 충분히 고려하여야 표시값의 오차를 줄일 수 있다. 부하제어를 실시하기 위해서는 기존의 부하 계통의 경우에는 별도로 제어할 수 있는 전자 개폐기가 설치되어야 한다. 주로 동력설비가 제어 대상이 되기 때문에 기존의 동력부하 계통에는 전력수요 제어기에서 제어 신호가 릴레이를 거쳐 제어 대상 부하까지 제어회로를 구성하여야 한다. 신축 건물의 경우에는 이러한 제어 회로를 미리 예측하여 시설할 수 있지만 기존 건물에서는 제약이 따를 수도 있다. 따라서 제어 대상 설비들을 사전에 분석한 다음 시공의 경제성을 고려하여 전력 수요 제어 시스템을 계획함이 바람직하다.

## 5. 결 론

전력수요 제어 시스템은 15분 단위로 전력수요를 계속하면서, 이 수요시간내에 부하들을 제어하여 목표 전력수요 이내에서 효율적으로 제어 대상 부하들을 관리할 수 있어야 한다. 건물의 일 부하특성을 파악하여 최대 전력수요가 발생하는 시간대에 차단 가능한 부하들을 사전에 우선 순위를 부여하여 필요한 조건에 알맞게 제어되어야 할 것이다.

신축 건물의 경우에는 사전에 제어할 수 있도록 각종 제어회로를 구성할 수 있으나 기존 건물에서는 직접 제어방식의 제어회로 구성시에는 제어회로 시설비용을 고려하여 적절한 시스템 구성이 필요하게 된다.

일반적으로 사무소 건물의 경우 조명부하는 시간대 별로 일정한 전기 에너지가 소비되게 되나 냉방시에는 최대 전력수요가 발생하게 되므로 이 시간대에 공조용 동력에너지를 제어할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 공조용 펌의 진동기들을 제어할 수 있도록 제어

회로를 구성하는 것이 기존 건물의 경우는 가장 우선 검토되어야 할 것으로 분석되었다.

전기설비 설계시에는 부하별 제어가 가능할 수 있도록 조명회로, 동력회로에 대한 배선을 세분화 하면서 제어기능을 부가할 수 있도록 배려하는 것이 필요하다. 전력수요 제어 시스템은 전기설비를 가장 경제적으로 관리할 수 있는 한 방안도 될 수 있으므로 전기설비 설계단계에서 적극적으로 채택할 수 있도록 고려하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 한국전력공사, "전력경제", 1992.
2. 한국전력공사, "고층빌딩에 있어서의 에너지소비의 장래 전망", 1991.
3. 성 에너지, "전력관리와 디멘드 콘트롤 장치", 1991.
4. 전기서원, "전력요금 절감 가이드 북", 1984.
5. 동경전기대학, "파워 엘렉트로닉스와 전동력 제어", 1982.
6. 전기서원, "전기설비 에너지절약 제어장치와 사용법", 1981.