특집 : 비상용 예비전원설비

# 비상용발전기를 이용한 전력관리 효율화 운용

김 세 동〈두원공업전문대학 교수/기술사〉

## 1. 머리말

근래에 들어 전력소비의 급증으로 우리나라 전력 공급예비율이 7[%] 정도에 불과하여 전력수급불안이 우려되고 있으며, 전력수급 안정을 위하 시설용량 확충이 계속적으로 요구되고 있다.

특히, 우리나라 총에너지 소비의 약 20~30[%]가 건물 부문에서 소비되는 것으로 분석되고 있다. 중앙 냉난방을 실시하는 업무용건물의 에너지 소비비율은 냉난방 및 급탕 30[%], 공기조화 및 반송 25[%], 조명 25[%], 기타 20[%]로 연간 에너지 소비형태를 분석하면 전기에너지 형태로 약 70[%]가 소비되고 있다. 특히 여름철의 경우 냉방을 위한 전력은 오후 2~3시경에 집중되어 최대수요 전력 값이 크게 나타나기 때문에 이를 최대한 억제할 필요가 있다. 또한 업무용건물의 고급화, 대형화로 전력소비량이 막대해지고 있으므로 건물의 전력수요제어의 필요성은 날로 높아지고 있다.

따라서, 최대전력의 효율적인 전력관리가 요구되고 있으며 부하설비群으로부터 발생 가능한 최대수요전력을 예측해서 적정하게 제어할 경우 최대전력의 초과방지 및 전력설비의 유효이용, 전기요금 절감 등의 효과를 기대할 수 있다.

본고에서는 전력수요제어방식과 전력관리방안을 살펴보고, 비상전원용 자가발전설비를 이용한 피크커트(Peak-cut)운용사례를 소개하고자 한다.

## 2. 전력수요제어방식과 전력관리 방안

전력수요는 계절 또는 시간대에 따라 시시각각으로 변동되는 특성을 가지고 있으며, 업무용 건물에 있어서는 일반적으로 여름철의 냉방부하에 의한 최대 피크전력이 나타나는 것으로 지적되고 있다. 이와같은 최대수요전력을 적절히 제어하기 위한 방식에는 ⓐ 부하의 피크커트(Peak Cut)제어, ⓑ 부하의 피크시프트(Peak Shift)제어, ⓒ자가용발전설비의 가동에 의한 피크제어, ⓓ 설비부하의 프로그램 제어방식으로 분류되고 있다.

### (1) 부하의 피크커트 제어방식

어느 시간대에 집중하는 부하 가동을 다른 시간대로 옮기는 것이 공정상 곤란한 경우 목표전력을 초과하지 않도록 일시적으로 차단할 수 있는 일부 부하를 강제 차단하는 방식이다. 이 방식은 시설투자없이 현재의 설비구성 범위에서 최대수요전력을 억제할 수 있으나 최대전력을 줄일 수 있는 범위가 크지는 않으며, 피크전력을 구성하고 있는 부하중 부하기기를 일시적으로 차단가능한 부하를 면밀히 검토하여 피크커트방식을 채택하여야 한다.

피크커트 제어대상설비로는 냉동기의 대수제어방

법, 공조설비기기의 대수 제어방법 등을 들 수 있다. 실질적으로 업무용 건물에 있어서는 실내의 쾌적환경을 저하시키지 않는 범위에서 냉방부하의 피크커트방식의 적용 검토가 이루어져야 하며, 피크커트방식의 적용이 곤란한 경우에는 피크시프트방식과 자가발전기의 가동에 의한 피크제어방식 등을 검토할 수 있다.

### (2) 부하의 피크시프트 제어방식

피크전력을 구성하고 있는 부하중 피크시간대에서 다른 시간대로 운전을 옮길 수 있는 부하를 검토하여 피크부하를 다른 시간대로 移行시키는 방식이며, 심야전력을 이용하는 빙축열 냉방 시스템이 적용되고 있다.

종래의 일반적인 냉방방식은 냉방이 필요한 시간에 냉동기를 직접 가동하는 방식인데 비하여 빙축열 냉방 시스템은 심야전력을 이용하여 야간에 얼음 또는 냉수를 생산, 저장하였다가 낮시간대에 냉방에 이용하는 냉방방식으로 최근 재정지원 등 보급을 촉진하고 있다. 다시 말해서, 심야전력을 이용함으로써 낮시간의 냉방에 사용할 전력의 일부를 심야시간대로 이전할 수 있는 방식이다.

최근 빙축열 냉방기기의 보급촉진을 위하여 시설투자비를 정부에서 재정지원하고 있고 적극적인 도입을 촉진하고 있으므로 빙축열 냉방시스템의 초기 시설투자비와 운전비 및 전기요금 절감액, 투자비 회수기간 등의 경제성을 검토한다.

빙축열 냉방시스템의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 전기요금을 대폭 절감할 수 있다는 점이다. 빙축열 냉방 시스템은 심야전략을 공급받기 때문에 일반 전기냉방방식에 비하여 전기요금을 절반수준으로 줄일 수 있다.

둘째, 일반전기방식에 비하여 40~60% 정도로 냉동기의 용량을 줄일 수 있으므로 요금절감은 물론 수전설비의 갖추어야 하는 경우에도 빙축열 냉방설비를 채택함으로써 상시전력의 계약전력이 100 [kW]미만이 되는 경우에는 수전설비 없이도 냉방설비의 설치가 가능하다.

셋째, 냉동기를 고효율로 운전할 수 있으며, 축열조가 설치되어 있기 때문에 냉동기가 고장난 경우에도 단시간은 축열조의 냉열로 냉방부하를 처리할 수 있어 축열조가 없는 경우보다 양호한 상태로 실내온도를 유지할 수 있게 되는 것이다. 그 밖에도 부분부하에 대응이나 건물의 증축 등으로 냉방부하가 증가되는 경우에도 대처가 용이한 점등 여러가지 장점을 갖고 있다.

### (3) 자가용발전설비의 가동에 의한 피크제어 방식

수용가측에 자가용발전설비가 설치되어 있는 경우에는 수전전력이 부족한 경우나 위 (1), (2)항으로써 최대전력제어가 곤란한 경우에는 자가용발전설비의 전원 공급에 의해 목표전력을 초과하는 피크전력에 해당하는 부하를 분담하게 하는 방식이다.

일반적으로 일정 규모이상의 건물에 있어서는 자가용발전설비의 설치는 의무화 되고 있으므로 부하특성을 면밀히 검토하여 자가용발전설비의 전원공급에 의한 피크전력을 분담하는 것도 바람직하다.

- 신축건물에 있어서는 설계 당시부터 목표전력 이상의 피크전력을 구성하는 부하설비를 별도의 뱅크로 구성하여 하절기 사용시에 자가용발전설비를 가동하는 방식의 검토가 요구된다. 이 경우에는 모선을 분리 조작하여야 하고, 특히 비상시에는 비상용 부하설비로 전원을 공급할 수 있어야 한다.

- 기존건물에 있어서는 자가용발전기로 비상용 전원설비에만 전원공급하도록 되어 있는데, 하절기에는 피크부하설비에 공급할 수 있는 방안을 검토한다. 이 경우에도 모선을 분리, 조작하여야 하고, 특히 비상시에는 비상용부하에 공급할 수 있도록 해야 한다.

이 방식은 자가용발전설비의 운전비용, 유지보수비가 수전비용에 비하여 어느 정도의 비율인가를 비교하는 경제성 검토가 요구된다.

### (4) 설비부하의 프로그램제어 방식

어느 특정 시간대의 피크발생점에서 (1), (2)항에 의한 제어를 하지 않고 부하수가 많이 있는 동일기기(예를 들어, 공조기기)등을 그 기기의 제품성능,

빌딩의 쾌적 환경유지에 영향을 주지 않는 범위내에서 단기간 정지, 기동운전을 시켜 피크시간대에서의 사용전력량을 감소시키며 최대전력을 제지하는 방법을 프로그램 제어라 한다. 이 경우 수동으로 제어하기는 어려우며 디맨드 컨트롤(Demand Controller)가 필요하다.

디맨드 컨트롤러는 전력 수요의 증가경향을 감시하고 디맨드치를 예측하며, 예측치가 목표전력을 넘지 않도록 피크전력을 감시제어하는 방식이다. 이 방식도 디맨드 컨트롤러의 시설투자비와 전기요금 절감액을 분석하여 경제성을 검토한다.

**(5) 피크전력을 구성하고 있는 부하설비의 시설개체 방안**

종래의 일반적인 냉방방식은 냉방이 필요한 시간에 냉동기를 직접 가동하는 방식이 채택되고 있는데, 사용되고 있는 냉동기의 종류에는 터보식냉동기, 흡수식냉동기, 왕복동식냉동기 등이 적용되고 있다.

이 중에서 업무용건물에서는 터보식냉동기가 가장 많이 적용되고 있으며, 터보식냉동기는 냉매가스를 전기모터로 회전 압축후 증발시 냉방을 이용하는 방식으로 1 냉동톤당 약 1[kW]정도의 부하용량과 부속동력용 부하용량을 산정하여 용량을 정하고 있다. 따라서 터보식냉동기 부하로 인하여 여름철의 최대수요전력이 크게 나타나고 있다.

반면에 흡수식냉동기는 배열, 증기를 이용한 흡수식 냉방방식으로 가스를 연료로 사용하기 때문에 부속동력용 부하용량만을 산정하면 되므로 냉방부하로 인한 용량을 크게 영향을 미치므로 종래의 터보식냉동기 대신에 흡수식냉동기로 개체할 경우 최대수요전력을 크게 줄일 수 있다.

### 3. 비상용발전기에 의한 Peak-cut 운용사례

전력다소비 건축물에서의 전력관리 효율화 운용사례 조사결과, 비상전원용 자가발전설비를 이용하여 최대수요전력을 분담하고 있는 곳은 병원이 19개소중 4개소, 호텔이 21개소중 4개소, 백화점 18개소중 1개소로 조사되었으며, 주요 대상부하는 냉방 관련부하가 대부분이다.

비상전원용 자가발전설비를 이용하여 최대수요전력을 억제하고 있는 9개소중에서 가장 효율적으로 운영하고 있는 J병원의 적용사례를 소개하고자 한다.

**1) 개선전의 설비현황과 문제점**

(1) 냉동기 : 4대(400RT 1대, 350RT 2대, 120RT 1대)

(2) 하절기 최대수요전력 : '92년도 1,551[kW]

(3) 변압기 용량 : 주변압기 2,000[kVA]

(4) 비상용 자가발전설비 : 1,000[kW] 1대, 500[kW] 1대

(5) 최대수요전력 1[kW]당 기본요금 : 4,370원(최고치 1년 적용)

(6) 최대수요전력 발생 주부하 : 터보식 냉동기(350RT 2대)는 전기식 냉동기로서 하절기 최대수요전력(피크치)을 야기시키는 주요인이며, 이로 인하여 전기요금 과다 지출

(7) 설비개선시 문제점 : 고압냉동기를 비상용 발전기로 가동시키려면 준비공사 관계로 원내 정전이 불가피함(약 2시간)

**2) 개선사항과 소요예산**

(1) 비상용 자가발전설비(500[kW])를 하절기에 가동하여 내동기 350RT 1대에 공급하도록 설비를 개선하고, 최대수요전력을 억제함으로써 에너지절약과 전기요금을 절감한다. 그러나, 비상사태시 1,000[kW] 비상용 발전기에 의해서 비상용 부하를 감당하도록 하되, 500[kW]비상용 발전기도 비상시에는 비상용 부하에 공급하도록 할 계획임.

(2) 500[kW] 비상용 발전기를 가동하여 냉동기를 가동하도록 하기 위해서는 냉동기측에 고압 배선과 차단기 시설이 필요하다.

(3) 고압 계통의 공사 시행시 원내 정전이 불가피한 실정이나 임시로 고압선로를 가설하여(약 2시간 정도)정전을 최소화하도록 한다.

(4) 소요예산 : 5,500,000원(고압 배선 및 차단기 설치)

**3) 기대효과 및 투자회수**

(1) 예산 절감 : 절감액 22,000,000원(1차년도) 산출내역

비상용 발전기의 가동으로 인한 전기요금 절감액

① 300[kW](350RT) × 4,370 원 × 12 월 = 15,732,000원

– 냉동기 소비전력 : 300[kW]

– 최대수요전력 1[kW]당 : 4,370원(개선당시의 전기요금)

② 300[kW] × 5 시 간 (1일) × 90 일 = 135,000 [kW]

– 1일 5시간 가동 기준

– 가동기간 : 6~8월(90일)

– 1[kW](사용 전력) : 76.80원(개선당시의 전기요금)

– 135,000[kW]×76.80원=10,368,000원

③ 합계 26,100,000원

비상용 발전기의 가동 유류 소모액

① 50[ℓ]×5시간×90일=22,500[ℓ]

– 발전기 1시간당 유류 소모량 : 50[ℓ]

② 22,500[ℓ]×182원=4,095,000원

– 경유 [ℓ]당 요금 : 182원

절감액

26,100,000원−4,095,000원=22,005,000원

(2) 투자회수 : 3개월

## 4. 맺음말

건축법 및 소방법의 관계 규정에 준하여 보안상 의무적으로 시설되고 있는 비상전원용 자가발전설비의 년간 가동률은 매우 저조한 것으로 보도되고 있으며, 특히 건축물에 설치되는 비상 전원용의 자가발전설비는 지하 전기실 가까이에 위치한 밀폐된 공간에 설치되기 때문에 장시간 발전기 가동을 위한 설치환경 여건이 매우 불리한 것으로 전기안전관리자들은 지적하고 있다.

현재 비상용발전기의 설치에 관한 규정이 건축법, 소방법, 전기설비 기술기준 등에서 명시되어 있으며, 비상전원용 발전기로서의 갖추어야 할 사항을 규정하고 있다. 그러나 피크컷제어를 위한 상용 운전을 위해서는 환경공해, 냉각수 공급문제, 소음 및 환기대책 등을 고려한 발전기실의 설치환경 조건과 피크관리용 부하와 비상용 부하의 구성, 절체 방안, 피크관리용 운전중의 비상사태시 회로 절체 대책 등의 시설 조건 등에 관한 기술지침이 제시되고 있는 규정은 없다.

따라서, 비상전원용 자가발전설비를 Peak-cut운용을 위해서는 발전기 운전에 필요한 기술적, 환경적 체크리스트 및 제어대상 부하의 선정요건, 회로 구성방법 등에 관한 기술지침이 필요하다. 아울러, 최대전력 수요발생시에 정부차원에서 비상전원용 자가발전설비 가동을 수용가에 요청할 경우에는 수용가에서 능동적으로 대처할 수 있도록 하여야 하며 또한 수용가로 하여금 자발적이고 적극적인 수요관리를 유도하기 위해서 정부차원에서 환경개선 비용부담금 면제방안, 개선소요비용지원 등의 정책적인 지원이 강구되어야 한다.

### 참 고 문 헌

[1] 김세동외, 전력관리효율화 운용방안 연구, 한국건설기술연구원, 1997.

[2] 김세동, 프로그램제어방식을 이용한 건물전력수요 관리기법, '94하계학술대회, 대한전기학회, 1994.

[3] 지철근, 에너지절약 전기설비기술, 1994.

[4] IEEE Std 142-1974, Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

[5] 西山 光生 · 青木春夫, 工場非常用電源設備, 建築設備, 1992.

### ◇著 者 紹 介◇

**김 세 동(金世東)**

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸. 1986년 동대학원 졸(석사). 1997 서울시립대 전자공학과 박사과정 수료. '80~'84년 한국전력공사. '84~'97년 한국건설기술연구원 수석연구원. 현재 두원공업전문대학 전기과 교수, 기술사, 당학회 편수위원.