

에너지 절감 기법을 적용한 냉동 냉장 창고 운영에 관한 연구

김대균*, 권중동*, 함년근**, 이상집*, 김익환***, 이승환\$, 이훈구\$\$, 한경희*
 *명지대학교, **인텍 FA. ***(주)아텍에너지, \$대덕대학, \$\$용인송담대학

A Study on Refrigeration warehouse operation for Energy saving technique

Dae-Gyun Kim*, Jung-Dong Kwon*, Nyun-Gun Hahm**, Sang-Chip Lee*,
 ik-Hwan Kim***, Seung-Hwan Lee\$, Hoon-Goo Lee\$\$, Kyung-Hee Han*

*Myongji Univ. **In-Tech FA. ***A-Tech Energy, \$Daedok College, \$\$Yong-in Songdam College

ABSTRACT

The human beings have increased concern about Energy saving and alternative energy. The power demand has increased the growth of industry and the improvement of life. We have to explore alternate energy sources and utilize effectively domestic resources. The lighting equipments developed Energy saving by using an electric ballast. The load installation should be promoted to rational power management, according to the network, intelligent, and high-function. Therefore, this paper has studied the method of energy saving and consulting.

1. 서론

최근 국민소득 증대 및 도시화의 진전에 따라 주거형태의 변화와 식생활 패턴을 변화시켜 농·수·축산물의 수요가 양적인 증가를 보임과 동시에 신선식품에 대한 질적인 욕구도 높아지고 있는 현실이다^[1]. 이러한 산업이 발전함에 따라 냉동·냉장 창고의 수요도 지속적으로 증가하게 되므로 에너지 절약의 필요성이 높아지고 있다. 그 대책의 일환으로 한국전력공사에서는 올해에도 전력수급 안정과 전력설비의 효율적 이용을 도모하고자 2005년 하계 전력부하관리 지원제도로 휴가·보수기간 조정지원제도와 자율절전 지원제도를 시행하여 수용가의 에너지 절전업무에 자율참여를 유도하고 있다^{[2][3]}.

본 논문에서는 산업분야에서의 우리나라 Y공장의 냉동·냉장 창고의 수전설비와 몇가지 기기별 전력소비 형태를 알아보고 에너지 절감방안을 살펴본다. 설비중 중요한 부분에 대해 현장의 전기수요 진단 결과를 토대로 전력점유율 및 절감 개선 방안을 제시한다^[4].

2. 전력설비

2.1 수배전설비

그림 1은 2003년도 월별 Peak 및 전력사용량의 추이를 도시한 것이다.

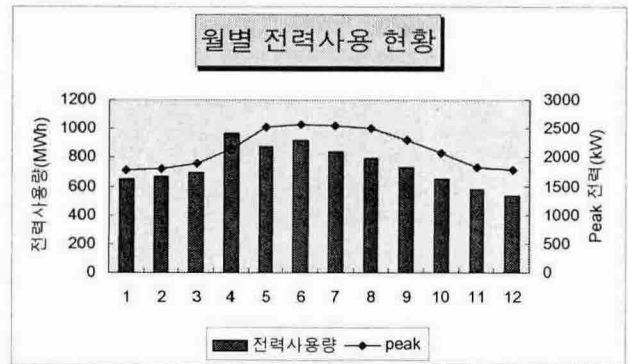


그림 1 2003년 월별 Peak 및 전력사용량의 추이

표 1. 2003년 월별 Peak 및 전력사용량

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
전력용량 [MWh]	651	667	696	963	878	923	840	790	730	650	577	536
Peak [kW]	1781	1805	1891	2136	2520	2568	2539	2515	2290	2064	1838	1781

그림1과 표1에서 나타난 바와 같이 '03년도의 전력 사용량은 하절기에 가장 사용량이 많고, Peak도 하절기인 6월에 높게 나타났으며 국가적으로 전력사용량이 많은 하절기인 6월에 Peak치가 높게 나타났다.

수전설비의 단위용량(kVA)당 전력소비량은 2003년을 기준시 1.4(MWh/kVA/년)로 나타나 표2의 수전설비 적정용량 판단값과 비교시 일 20~24시간 (귀사공장 생산 시간 평균치) 이내 근무시 기준값인 4.0~5.4의 범위값에

미달하므로 현재의 전력사용 상태에서는 식(1)에 나타난 것과 같이 1.4로 수전설비가 과 용량임을 나타내고 있다.

표 2. 수전설비 적정용량 판단값

	1일 근무시간	8 시간 이내	8~12 시간	12~16 시간	16~20 시간	20~24 시간
수전설비 단위사용량 (MWh /kVA년)	1.3~1.8	2.0~2.7	2.7~3.6	3.3~4.5	4.0~5.4	

$$\begin{aligned}
 \text{- 수전설비 단위사용량} &= \frac{\text{년간사용전력량(MWh)}}{\text{수전설비용량(kVA)}} \\
 &= \frac{8,901(\text{MWh})}{6,270(\text{kVA})} = 1.4 \quad (1)
 \end{aligned}$$

2.1.1 문제점

당사의 Peak 전력은 상기 전력사용 현황에 나타난 바와 같이 하절기인 6월에 2,568[kW]로 최대치가 발생하였으며 하절기를 제외한 최대치 2,290[kW]보다 약 278[kW]이상 높게 나타나므로 연간 16,900(천원)의 전력요금의 기본요금 부담이 가중되고 있다.

2.1.2 개선대책

- 최대부하 시간대에는 공조기에 사용하는 냉동기를 완전 정지하고 경 부하, 중간부하 시간대에는 냉동기를 가동, 축열하여 재 사용하도록 한다.
- 부분적으로 단속운전이 가능한 설비를 선정하여 총 Peak 제한부하 목표치를 설정토록 한다.
- 최대수용전력 감시 제어장치(Demand Controller)의 관리 우선순위는 생산에 영향을 주지 않는 설비를 선정하고, 수요시한 내에서 연결된 전력부하를 차단한 후, 예측전력이 목표전력 이하로 유지 될 것으로 예상될 때에는 목표전력을 유지하는 범위에서 전력부하의 자동투입이 이루어지게 전력부하의 차단, 투입이 자동적으로 수행되도록 한다

2.1.2 기대효과

○ Demand Controller를 설치하여 자동으로 최대전력 수요관리 우선순위에 따라 현재의 Peak 전력 2,568[kW]에서 2,290[kW]가 넘지 않도록 효과적으로 운영할 경우 기본요금 및 전력절감을 기대할 수 있다.

○ Peak 전력감소 : 278kW(2,568[kW] - 2,290[kW])

○ 절감전력량 : 278[kW]×3[h]×92(일/년)
= 76,720[kWh/년]

○ 절감금액 : 76,720[kWh/년]×60.75[원/kWh]
= 4,661(천원/년)

2.2 SCADA System

○ SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition : 원방감시제어) 시스템은 멀리 떨어져 있는 각종 설비를 전송선로를 통하여 선택제어 및 감시하는 것으로서 이 시스템을 통하여 집중화, 무인화를 실현할 수 있다.

이 시스템은 전자통신, 컴퓨터, 계측제어, 전력설비 및 시스템운용기술 등을 통합하여 전력시스템을 효과적으로 운용하기 위한 데이터 통신 시스템이므로 부하추이를 관찰하여 Peak치에 접근할 경우 부하차단순서에 의하여 부하 차단을 실행하고 동시에 경보 Signal을 사용자에게 알려 최대 수요전력관리도 수행하고 있다.

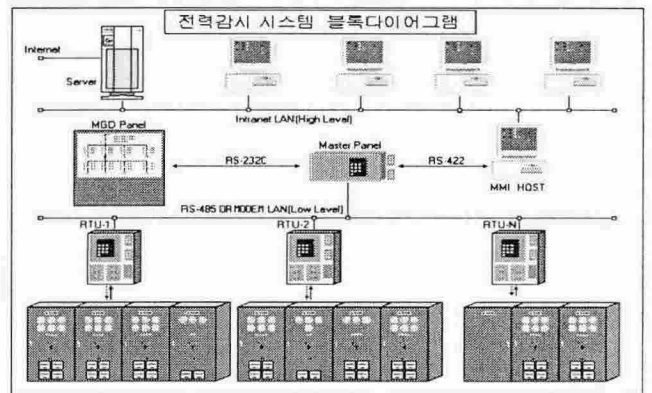


그림 2 전력감시 시스템 블록다이어그램

2.3 흡입공기 온도 저하

2.3.1 문제점

○ 냉동 장치에 사용되고 있는 공기압축기는 설치장소의 조건에 따라 운전효율의 향상 및 기계적 수명의 연장을 기할 수 있으며 특히 흡입온도가 높게 되면 효율이 저하되고 압축장애가 발생한다.

○ 그림 3은 공기압축이 흡입온도와 소비전력의 관계를 나타낸 그래프인데 흡입온도를 15℃ 낮출 때 약 5%의 전력절감 효과가 있음을 알 수 있다.

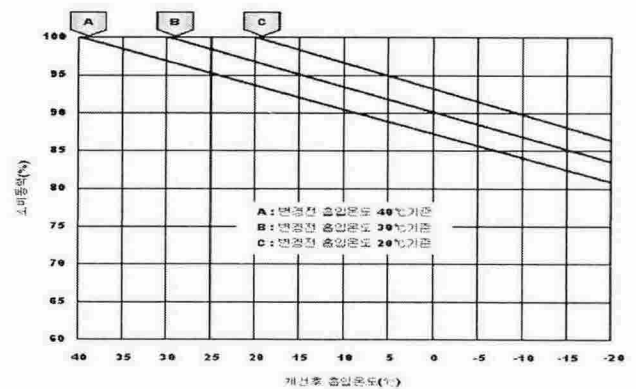


그림 3 공기압축의 흡입온도와 소비전력과의 관계

2.3.2 개선 대책

- 흡입온도를 저하시키는 방법은
 - 외부공기 흡입
 - 냉각수로 냉각
 - 전기 냉동기 이용으로 냉각
 - 흡수식 냉동기 이용으로 냉각

등이 있으나 본 진단에서는 압축기 흡입공기를 외부공기 도입 방법을 검토하기로 한다.

2.3.3 기대효과

- 압축기의 흡입공기를 실외로부터 흡입(외기)할 경우 하절기에는 실내와 실외의 온도차가 10[°C] 이상 저하가 예상되므로 동절기는 물론 년 평균 8[°C] 이상의 온도저하가 가능할 것으로 추정된다.
- 동절기를 제외한 경기지역의 년 평균 외기온도는 22[°C]이다. 압축기의 흡입공기온도차를 8[°C]로 적용할 때 외기온도는 14[°C]로 산출된다.

○ 절전율

$$\epsilon = (1 - \frac{T_2}{T_1}) \times 100 = (1 - \frac{273+14}{273+22}) \times 100 = 2.7[\%]$$

- 년간 전력 절감량 : (측정전력) × (공기압축기 Loading율) × 년간가동시간 × (절전율) × 4기
= 78[kW] × 0.9 × 6,000[h/년] × 0.027 × 4 = 45,489.6[kWh/년]

- 절감금액 : 45,489.6[kWh/년] × 60.75[원/kWh] = 2,767.5(천원/년)

2.4 냉각수 펌프

2.4.1 문제점

- 당사 냉각수 펌프는 실제 시스템 요구수두보다 높은 양정의 펌프가 설치 운전되고 있다. 그러므로 펌프 효율이 낮은 상태에서 운전되고 있으며, 필요 이상의 동력소비가 초래된다. 표2는 공장의 냉각순환 펌프 현황을 나타낸다.

표 2. 공장의 냉각 순환 펌프 개선 전

구분	정 격			개선 전		
	Motor [kW]	유량 [m ³ /min]	양정 [m]	Motor [kW]	유량 [m ³ /min]	양정 [m]
1	11	0.83	41	12	0.91	35.5

2.4.2 개선 대책

에바콘에 냉각수를 살수하기 위한 냉각수펌프는 냉각코일의 구조가 냉각수와 접촉성능이 떨어지다 보니 살수압력을 높임으로써 양정을 높게 선정하게 되고, 펌프성능도 낮아 동력소요가 크게 선정되고 있어 전력소비가 증대되고 있으므로 고효율 펌프로 교체하여 전력소비를 절감하여야겠다.

2.4.3 기대 효과

- 교체될 냉각수 펌프 전력 산출

식(2)로 새로 교체될 냉각수 펌프의 전력을 산출하여 기존 펌프 사용시와의 차이를 나타낸다. 표3은 개선 후의 냉각 순환을 나타낸다.

$$P_M = \frac{Q \times H}{6.12 \times \eta_p \times \eta_m} \quad (2)$$

Q : 정격유량(0.83 [m³/min]) H : 25[m](시스템 수두)

$$\eta_p = 0.6 \quad \eta_m = 0.9$$

$$= \frac{0.83 \times 25}{6.12 \times 0.65 \times 0.9} = 5.8[\text{kW}]$$

- 년간 절감전력량

$$= (12 - 5.8)[\text{kW}] \times 5,000[\text{h/년}] = 31,000[\text{kWh/년}]$$

- 년간 절감금액

$$= 31,000[\text{kWh/년}] \times 60.75[\text{원/kWh}] = 1,883(\text{천원/년})$$

표 3. 공장의 냉각 순환 펌프 개선 후

구분	정 격			개선 후		
	Motor [kW]	유량 [m ³ /min]	양정 [m]	Motor [kW]	유량 [m ³ /min]	양정 [m]
1	11	0.83	41	5.8	0.83	25

3. 결론

본 연구에서는 수변전설비, SCADA이용, 흡입공기 온도저하 및 냉각 순환 펌프 등 냉동냉장창고에 대한 절감개선 방안을 살펴보았다. 또한 국내 냉동·냉장창고를 대상으로 창고의 전력사용 및 운영실태 등의 설문조사와 현장진단을 통해 냉동·냉장창고 설비의 전력사용행태 및 수용가의 사용합리화 방안을 제시하였다. 모든 설비는 고효율 기기를 선정하여 운전함이 바람직하며 냉동·냉장창고의 수요관리를 위한 에너지절약기술 및 부하관리 방안 등에 대한 지속적이고 체계적인 연구수행이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 권석두. "(신기술)전기설비설계", 2003.3. 두양사 pp49
- [2] 이상집. "중,소형 건축물설비의 효율적 전력관리방안의 연구" 1998,7 C pp838
- [3] 에너지관리공단. "에너지절약 전문기업 투자사업 및 투자사례" 1998,4 pp7
- [4] 에너지관리공단. "냉동·냉장창고 전력사용행태조사 및 수요관리 개선방안연구" 2004.12