

냉동냉장창고에 대한 에너지 절약에 대한 연구

(A Study on Energy saving for refrigeration warehouse)

정 춘 병 · 김 대 균 · 김 익 환 · 이 상 집 · 함 년 근 · 전 기 영 · 이 훈 구 · 한 경 희

(Choon-Byeong Chung · Dae-Gyun Kim · Nyun-Gun Hahm · ik-Hwan Kim · Sang-Chip Lee
· Kee-Young Jeon · Hoon-Gu Lee · Kyung-Hee Han)

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 우리의 식생활 패턴을 변화시켜 농·수·축산물의 수요가 양적인 증가를 보임과 동시에 신선식품에 대한 질적인 욕구도 높아지고 있는 현실이다. 소득이 향상됨에 따라 식품의 고급화와 다양화가 더욱 확산될 것으로 예상되어 농·수·축산물의 저장 및 유통에 대한 관심이 증가로 냉동, 냉장 창고업이 많은 발전을 하고 있다. 부존자원이 부족한 우리나라의 에너지 소비량은 매년 10% 내외의 높은 증가율을 보이고 있다. 특히, 국민의 욕구가 점차 편의성, 안정성, 청정성을 추구함에 따라 고급 에너지인 전기의 소비량은 더욱 높은 소비증가율을 보이고 있어 에너지의 해외 의존도가 97% 이상인 우리나라로서는 전기부문에 대한 적절한 수요관리 사업추진이 불가피한 실정이다. 이를위해 에너지 이용 합리화법에 의해 에너지절약 전문기업(ESCO: Energy Service Company)이 활발히 활동중에 있다.[1]

지속적인 에너지 절약 정책으로 조명기분분야에서는 전자식안정기의 기술개발과 보급으로 많은 에너지절약 효과를 보고 있다. 전동기분야도 앞으로 장기적인 에너지절약 정책으로 에너지관리공단이 고효율 에너지 기자재로 인증하여 e-마크가 부착된 고효율 유도전동기를 절전용량으로 신규설치 또는 교체 설치하는 소비자들에게 장려금을 지원하고 있다. 2004년도엔 냉동, 냉장 창고에 대해 전력사용 실태를 조사한 데이터를 가지고 냉동, 냉장 창고에 대해 살펴본다. 인공적 방법으로 얼음을 처음으로 얻은 것이 1775년이며, 그로부터 현재에 이

르는 사이에 여러 가지 방법으로 냉동공업이 발전되어 왔으나 현저하게 발전을 보게된 것은 최근의 일이다. 냉동은 식품의 저장 및 유통으로 인한 위생적 보존으로부터 공기조화, 냉동의 산업에의 응용, 의학에의 이용, 군사적 이용 및 축산물의 사육에 이르기까지 그 응용과 이용가치는 매우 넓다. 더욱 더 컴퓨터 산업이 발전됨에 따라 냉동은 산업사회에 필요불가결한 역학이 되었다 이에 본 논문에서는 우리나라 H냉동, 냉장 창고의 효율적인 전기법과 몇가지 기기별 전력소비형태를 알아보고 에너지 절감방안을 살펴본다. 설비중 중요한 부분에 대해 현장의 에너지 수요진단 결과를 토대로 전력점유율 및 절감 개선 방안을 제시한다.[2-4]

2. 전력설비

2.1 수배전 설비

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

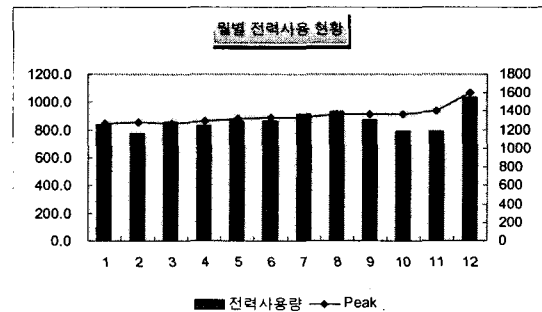


그림 1 2003년 월별 Peak 및 전력사용량의 추이

표 1. 2004년도 월별 Peak 및 전력용량의 추이

월/2004년	1	2	3	4	5	6	7	8	9
전력용량 (MWh)	1,730	1,723	1,718	1,793	1,771	1,847	2,088	2,010	1,876
Peak (kW)	1,730	1,723	1,718	1,293	1,771	1,847	2,088	2,010	1,876

2003년도의 전력 사용량은 적게 나타나고 2004년도 7월의 peak치는 2,088kW로 하절기와 동절기에 전력을 많이 사용하는 것으로 분석된다.

○ 그림1 에서 나타난 바와 같이 2호라인을 휴지 하였다가 2003년 12월부터 가동하여 12월부터 peak치가 상승되었다. '03년도의 전력 사용량은 평균 591[MWh]으로 나타나며 '04년도 하절기인 7월 이 가장 사용량이 많고, Peak치도 높게 나타났다.

문제점

○ 당사의 2004년 Peak 전력은 상기 전력사용 현황에 나타난 바와 같이 하절기인 7월에 2,088(kW)로 최대치가 발생하였으며 타월 평균 최대치 1,763(kW)보다 약 325(kW)이상 높게 나타나므로 연간 18,000(천원)의 전력요금의 기본요금 부담이 가중되고 있다.

○ 전력 요금의 기본요금은 당월의 Peak에 의해 부과되고 전력수요가 가장 많은 7, 8, 9월의 Peak치가 최대치 발생시 발생한 당월을 포함하여 12개월간 기본요금으로 적용되기 때문에 특히 하절기 Peak 억제에 유 의하여야 할 것이다.

개선대책

○ 수변전 설비중 냉동부하용의 변압기 1,800kVA는 냉동기 부하가 300kW× 2대이므로 적정용량의 변압기 설비를 하여 합리적으로 이용 하여야겠 으며 Peak 전력을 최대한 제한하도록 한다.

○ 최대부하 시간대에는 A.H.U에 사용하는 냉동기(300RT)를 완전 정지하고 경부하, 중간부하 시간대에는 냉동기를 가동, 축열하여 재 사용토 록한다.

○ 또한 부분적으로 단속운전이 가능한 설비를 선정하여 총 Peak 제한 부 하 목표치를 설정토록 한다.

○ 전기는 고가의 고급에너지로 사용하기에 매우 편리하지만 에너지비용지 출이 많아 제조비용 상

승의 요인이 되므로 특히 적정 수변전 설비와 부하관리에 중점을 둔다.

○ Demand Controller의 관리 우선순위는 생산에 영향을 주지 않는 설비를 선정하여 수요시한 내에서 연결된 전력부하를 차단하여 예측전력이 목표 전력 이하로 유지 될 것으로 예상될 때에는 목표 전력을 유지하는 범위에서 전력부하의 자동투입이 이루어지게 전력부하의 차단, 투입이 자동적으로 수행된다.

○ 당사의 경우 최대수요전력감시제어장치를 설치 하여 차단, 투입되는 부하는 예측 전력이 목표전 력 초과시 잠시 가동 중단되어도 무관한 설비에 적용하여 순차제어방식과 우선순위 제어방식이 가 능한 기기로 선정함이 바람직하겠으며 부하특성 및 제품 생산 계획에 알맞은 제어방식을 선정 운 영하여야 하겠다.

○ 목표치는 1차 경보 목표치를 설정하고 2차 부 하 제어시는 단속운전이 가능한 설비를 설정하여 운영토록 한다.

기대효과

○ Demand Controller를 설치하여 자동으로 최대 전력 수요관리 우선순위에 따라 현재의 Peak 전력 2,088kW에서 '04년도 1월부터 6월까지의 평균치인 1,764kW가 넘지 않도록 효과적으로 운영할 경우 기본요금 및 전력절감을 기대할 수 있다.

○ PEAK 전력감소 : 300kW(2,088kW - 1,764kW)

○ 절감전력량
= 300(kW) × 3(h) × 92(일/년)
= 82,800(kWh/년)

○ 절감금액
- 절감전력량
= 82,800(kWh/년) × 54(원/kWh)
= 4,471(천원/년)

2.2 SCADA System

○ 현재 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 시스템은 급속하게 발전하고 있는 컴퓨터 및 응용 기술의 확산으로 사회 전반적인 분야에서 널리 사용되고 있다. 이전의 SCADA 시스템은 단순 계측 데이터의 수집과 조작 명령의 수행 등의 기능을 제공하였으나 1990년대 초반부

터 개방형 시스템을 근간으로 하는 C/S(Client/Server)환경, RDBMS(Relational Data Base Management System) 등을 통하여 외부 시스템과의 통합이 시도되고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 현재의 SCADA시스템은 설비의 이상 진단, 시스템의 유지 보수, 위기 관리 등의 기능을 포함하는 다기능 SCADA 시스템으로 변모하고 있다.

○ 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 경보Signal을 사용자에게 알려 최대 수요전력관리도 수행하고 있다.

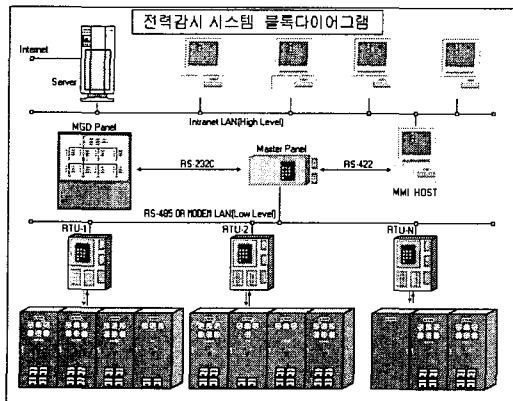


그림 2 전력감시 시스템 블록다이어그램

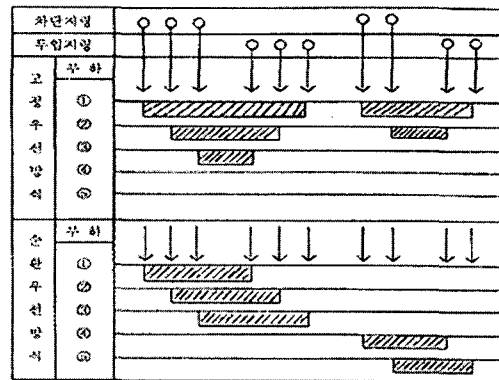
2.3 부하제어 방식

○ 조정부하가 선정되면 다음에 운영방법을 결정해야 한다. 조정부하는 일괄하여 동시에 차단하는 것이 아니고 수개조의 그룹으로 나누어서, 부하 상태에 따라서 계약전력을 초과시키지 않기 위하여 최저의 필요한 양만큼 차단하도록 하고, 또한 부하가 적어져서 여유가 생긴 경우에는 차단된 부하를 재투입시키도록 하여 될 수 있는대로 차단부하가 적어지도록 운영한다

○ 수요전력초과의 경우, 조작성원의 판단을 가하여

수동에 의한 조작방법도 있으나, 자동제어 기능을 갖는 수요감시제어장치를 이용하면 조작성원의 부담을 경감시키며 확실한 제어를 기대할 수 있다.

○ 조정부하의 각 그룹은 미리 정해진 우선순위에 따라서 차단, 투입의 조작을 하지만, 우선순위의 결정방법에는 아래그림에서 나타내는 고정우선방식과 순환우선방식이 있다. 조정부하의 각 그룹은 각각 중요도가 다르므로, 차단의 경우는 항상 중요도가 낮은 부하부터 차단하고 투입의 경우는 중요도가 높은 부하부터 투입하는 것과 같은 우선도를 고정된 방식이 보통 적용되고 있다.



2.4 고효율 변압기 채용 전력절감

- 1) 노후 변압기의 장시간 연속 사용으로 인한 절연 열 축진으로 계통 운전 불안정 우려된다.
- 2) 유입 자냉식 변압기 4,500 [kVA]를 아몰퍼스 유입 자냉식 변압기 교체로 설비 이용율을 높인다.
- 3) 유입 자냉식 일반형 변압기를 고효율 아몰퍼스 유입자냉식 변압기로 교체하여 무부하 손실 감소 및 효율 증대
- 4) 교체된 노후 변압기는 외관 변형 점검 등 정기 점검을 강화하고 변압기 사고대비 예비변압기로 보관한다.

표 2. 변압기 무부하손실 현황

변압기	규격(kV)	용량(kVA)	무부하손실(W)		
			일반형	아몰퍼스형	절감
#1	22.9/ 0.22~0.38	4,500	16,000	2,400	13,600

○ 전력절감

- Peak 절감 : 13.6[kW]
- kWh 절감: 13.6[kW]×8,760[h]=119,136[kWh]

- 절감금액 : 1,547천원
· 119,136[kWh] × 55.2원=6,576,300원/년

을 수 있으나 이미 수전단에서 한전이 주는 혜택을 모두 받아 투자비 회수기간이 길게 나와 투자 타당성은 미약하다.

표 3. 변압기 가격

변전실	규격(kV)	용량(kVA)	투자금액(천원)		
			아몰퍼스형(A)	일반형(B)	차액(A-B)
수전실	22.9/ 0.22~0.38	4,500	85,000	46,000	39,000

- (주) 1. 변압기 제작단가는 제작사가 제시한 자료에 의함
2. 변압기 교체는 적정시기에 아몰퍼스 변압기로 교체하는 것으로서 일반변압기 가격과의 차액만을 투자 비로 함.

- 회수기간 : 투자비/절감금액
· 39,000천원 ÷ 6,576천원 = 6년

2.5 Harmonic 개선대책

- 고조파의 장애로 인하여 IEEE C57.12.00 - 1987[2]에서는 고조파 전류를 제한하고 있으며 그 상한치는 정격전류의 5%를 넘지 않도록 하고 있다. 본 공장의 UPS 2차측에서 측정된 결과 고조파 전압 왜형율은 개별 전압 왜형율의 기준치인 3%보다 높고 고조파전류 제한치 TDD 값보다 높게 나타나 이에 대한 대책이 세워져야 하겠다. 일반적인 고조파 대책은 다음과 같은 여러 방법을 고려할 수 있다.

- ① Filter 설치: 수동Filter, 능동 Filter 설치.
- ② 리액터의 (ACL, DCL)의 설치
- ③ 변환기의 다펄스화:출력상수 증가(정류기의 다상화)
- ④ PWM컨버터 채용
- ⑤ 위상변위 : Phase shift Tr. 설치
- ⑥ 계통분리, 고조파내량 증가, 단락용량의 증대

2.6 역률관리

1) 현 황

- 실적적 분석결과 역률을 95% 이상관리하고 있어 한전의 역률 보상혜택을 충분히 받고 있으므로 적정관리하고 있다.
- 폐수처리장 3.3kV 지역 변전실은 83~85%의 역률을 나타내므로 역률개선을 통해 절감효과를

2) 역률 저하시 개선대책

- 일반적으로 콘덴서 관리는 변압기 2차측에 적정 용량의 콘덴서를 부착하여 평균부하에 대한 역률을 개선하고, 기동이 빈번한 유도성 부하에 대해서는 부하말단에 콘덴서를 부착하여 역률관리 하는것이 바람 직 하다.
- 또한, 말단 동력부하에 역률개선용 콘덴서를 부착할 경우 부하의 투입 및 차단에 따라 콘덴서도 같이 On/Off가 이루어지도록 개폐기 2차측에 설치하는 것이 바람직하다.
- 역률개선 대책은 다음과 같다.
부하별로 개폐기 2차측에 콘덴서를 분산 설치하여 선로 및 변압기 동손실을 절감한다. 분산 관리에도 적정 역률이 95%미만시 변압기 2차측에 추가로 콘덴서를 부착하여 집중관리를 병행하도록 한다.

2.7 고효율 전동기 채용

2.7.1. 고효율 전동기의 특징

- 1) 효율의 극대화로 우수한 절전효과 철심, 권선 의 최적설계 및 고급자재 사용으로 손실을 표준대비 20~30%저감시켜 수전설비 및 전력소비량의 절약이 가능
- 2) 낮은 온도상승으로 권선 수명 연장
F중절연 채택, Service Factor 1.15를 적용하여, 온도상승에 여유를 확보함으로써 권선의 절연수명, 즉 전동기 수명을 연장
- 3) 높은 경제성
손실이 적은 절전형이므로 표준전동기보다 제품 비용은 상승되나 운전 중 cost가 낮으므로 초기 상승비용을 단기간에 회수 가능할 뿐만 아니라 운전시간이 길어 질 수록 경제성이 높아짐
- 4) 저 소음화
풍손저감을 위한 외부팬 형상 및 구조 변경으로 통풍음, 전자음이 작아져 표준전동기 대비 38dB정도 소음이 작아짐.
- 5) 높은 호환성
대부분의 용량이 표준 전동기와 외형치수가 동일하여 기존 전동기와 호환성을 유지할 수 있으며, IEC 및 NEMA Frame 모두대응
- 6) 적용 부하
(1) 가동율이 높고 연속운전이 되는 곳
(2) 정속 운전이 필요한 곳(저진동, 저소음)

- (3) Peak부하가 걸리는 곳(여름철 공조용)
- (4) 전원용량이 적고, 설비증가가 제한된 곳

표 4. 고효율 전폐형 전동기의 효율 Data

용 량 (kW)	4 극	
	고 효 율	KS 표준형
0.75	82.5	71.5
1.5	85.5	78.0
2.2	87.5	81.0
3.7	87.6	83.0
5.5	90.2	85.0
7.5	90.2	86.0
11.0	92.4	87.0
18.5	93.0	88.5
22.0	93.6	89.0
37.0	94.5	90.0

2.7.2 절감량 및 절감금액 산출

- 전동기 교체시 경제성을 산출하고 측정전력 및 공장 가동시간에 따른 전력절감 효과 및 절감 금액은 다음과 같다. 가동시간이 적거나 또는 실 운전부하의 크기(측정치)가 적은 경우에는 투자비 회수기간이 높다.

○ 절감량 = 출력치 × $\frac{[\text{고효율전동기효율} - \text{일반전동기효율}]}{\text{고효율전동기효율}}$ × 가동시간

○ 연간절감액 = [연간 절감량 × 전력단가]

표 5. 펌프전동기 절감산출

구분	정격출력(kW)	출력치(kW)	전동기 가치(원)		절감량(kWh)	절감액(원/년)	투자비(천원)	투자비회수기간(년)
			일반	고효율				
원수조	15	12	487	995	4,937	272,925	508	1.9
폐수처리	55	42	2,754	4,981	15,360	849,101	2,227	2.6
가압부상	11	9	376	741	4,544	251,215	365	0.9
중간조	30	31	1,052	2,216	13,093	723,789	1,164	1.6
용수	19	15	698	1,367	6,271	346,659	669	1.9

3. 결 론

전기설비에서 에너지의 효율적인 이용을 위해

서는 설비의 이용률을 최대한 높이고 전력 손실을 최소화할 수 있도록 설비 자체를 에너지 절약형으로 설계하여야 한다. 진단결과 공장에서의 전력 및 피크저감을 위해서는 수용가에게 적극적인 절전마인드를 고취하고 고효율 기기를 사용하도록 제도적 보완장치 마련이 필요하다.

본 연구에서는 수변전설비, 고효율전동기, 냉동냉장창고에 대한 절감개선 방안을 제시하였다. 설비 모두 고효율 기기를 선정하여 운전합이 바람직하며 또한 에너지절 약에 대한 관심과 투자로 고효율기와 절약기법 기술을 개발하여 지속적인 에너지절약을 펼쳐나가야하겠다.

참고문헌

- [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,“에너지관리진단보고서(전기)” 2003. 8