



**김홍주 팀장**  
금호전기(주) 진단팀  
용인공전 전기설비과 겸임교수  
hongjuk@hitel.net

## I. 진단개요

- ◇ 진단명 : 전기수요관리 무료진단
- ◇ 진단대상 : (주)두산전자 BG 증평공장
- ◇ 진단일정 : 2001. 2. 5 ~ 2. 10
- ◇ 진단범위
  - 수전계통 : 전기사용실태 분석, 최대수요관리, 역률, 적정변압기 용량 검토
  - 냉동기계통 : 성능시험, 효율적 운영방안
  - 공조기계통 : 공조시스템의 효율적 운영방안
  - 생산공정 : 주요전기사용설비(Press, 건조기)의 개선방안
  - 기타부분 : 조명, 공기압축기, 펌프 등 전력사용설비의 효율적 운영

## II. 부문별 진단결과

### 1. 전기일반

구분	용량(kVA)	적정판단계수(MWh/kVA)		비고
		기준	계산값	
수전설비	3,750	4.0~5.4	4.0	24h운전기준

가. 수전설비 시설용량  
수전설비 : 기준내로 적정용량의 설비를 보유하고 있는 것으로 나타남.

#### 나. Peak관리

99년도 기준 Peak 관리는 하절기 최대 Peak와 평균 Peak 차이가 180kW로 나타나며 2000년도 60kW의 Peak 차이를 나타내고 있으나 최대와 평균 Peak 차이가 100kW 초과되는 개월수가 6개월 이상으로 나타나 최대수요제어 장치도입이 검토되고 있음.

- 하절기 냉방부하 및 제품생산에 직결되지 않은 부하를 제어하여 최대수요전력을 절감
- 제어대상 설비: 제어는 최대수요제어장치 도입

구분	제어대상설비	부하율(%)	제어율(%)	예상수요절감
냉동기	150kW	80	50	60kW
고가수조	37kW	80	50	15kW
Package	40kW	80	50	16kW
공조기	37kW	80	50	115kW

- 제어대상부하 용량 106 kW
- 연간절약요금  $106\text{kW} \times 5,170(\text{원/kWh}) \times 12 = 6,576(\text{천원/년})$
- 투자비 : 7,000(천원/년), 회수기간 : 1.1년

#### 다. 역률

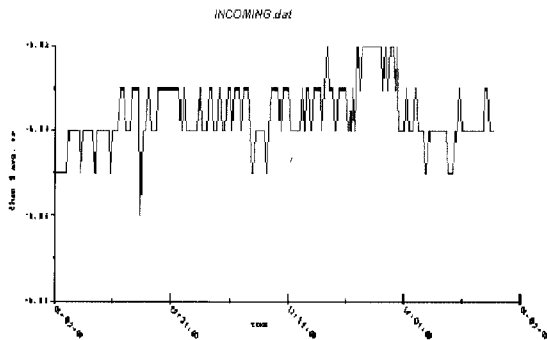
수전단 역률은 99.5%로 기록되고 있으나 변압기2차모선에 콘덴서 집합설치로 진상역률도 발생하므로 기존 콘덴서를 부하측에 이설 또는 자동역률조정기 채용 검토

#### 라. 부하율

수전계통의 부하율은 68% 이상으로 양호하게 관리되고 있는 것으로 나타남(부하율 = 평균전력/최대부하)

#### 마. 조명

고효율 형광등 기구의 사용으로 양호하나 백열등 사용 및 40W 형광등 사용으로 점차적으로 32W 고효율 형광등으로 교체가 요구되고 있음.



## 2. 냉동기

### 가. 현황

구분	냉동기		
	200RT	40RT	20RT
냉동능력(kcal/h)	604,800	120,960	60,480
댓수	2	1	2
정격 COP	4.0	4.0	2.4
용도	공조용	노광실공조	Treater롤러 냉각
방열기	수냉식	수냉식	공냉식
제조사	LG	신성ENG	Century

### 나. 문제점

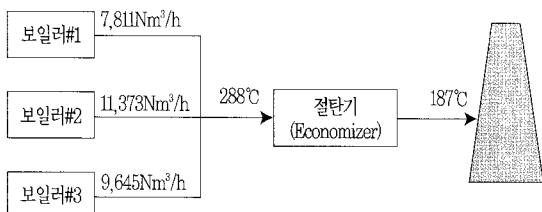
- 여름철 전력수요 증가의 주요인
- 일반 공조용 Turbo 냉동기 2대
- 노광실 전용냉동기
- Treater Roller 냉각용 Chiller 2대 하절기 절탄기에서 회수되는 폐열의 사용처 감소

### 다. 개선대책

- 흡수식냉동기 적용
- 절탄기에서 회수되는 폐열을 이용하여 냉동기열원으로 사용
- 회수되는 폐열은 90℃ 내외의 온수로 1중효용 흡수식 냉동기의 적용 가능

#### • 사용가능 열량 및 발생 냉동능력

$$\begin{aligned} \text{열량} &= (\text{절탄기 통과 배기가스량}) \times \text{비열} \times \text{온도차} \\ &= (7,811 + 11,373 + 9,645) \times 0.31 \times (288 - 187) \\ &= 902,636 (\text{kcal/h}) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{냉동능력} &= \text{열량} \text{kcal/h} \times \text{COP} \div 3024 \text{kcal/RT} \\ &= 902,636 \times 0.7 \div 3024 \\ &= 209 \text{ RT} \approx 200 \text{ RT} \end{aligned}$$

### 라. 기대효과

- 계산기준
- 적용 흡수식냉동기 : 냉동능력 200RT, COP 0.7 (C社 1중효용 흡수식냉동기 자료참조)
- 기존냉동기 성능 : Turbo냉동기 COP 3.5  
Chiller COP 2.4  
노광실전용냉동기 COP 2.4

- 부하율 : 하절기 100%
- 중간기 70%
- 동절기 50%

#### • 절감열량

$$\begin{aligned} \text{-하절기절감량} &= 200 \text{ RT} \times 3,024 \text{ kcal/RT} \times 1.0 \\ &= 604,800 \text{ kcal/h} \\ \text{-중간기절감량} &= (40 \text{ RT} + 20 \text{ RT}) \times 3,024 \text{ kcal/RT} \times 0.7 \\ &= 127,008 \text{ kcal/h} \\ \text{-동절기절감량} &= 20 \text{ RT} \times 3,024 \text{ kcal/RT} \times 0.5 \\ &= 30,240 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

#### • 연간절감전력

$$\begin{aligned} &= \text{절감량} \text{kcal/h} \div (860 \text{ kcal/kWh} \times \text{COP}) \times \text{가동시간} \\ &= (604,800 \div 860 \div 3.5 \times 24 \text{h} \times 30 \text{d} \times 3 \text{m}) + \\ &\quad (127,008 \div 860 \div 2.4 \times 24 \text{h} \times 30 \text{d} \times 6 \text{m}) + \\ &\quad (30,240 \div 860 \div 2.4 \times 24 \text{h} \times 30 \text{d} \times 3 \text{m}) \\ &= 434,000 + 265,830 + 31,646 \\ &= 731,476 (\text{kWh/년}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{• 절감액} \\ &= \text{연간절감량} \text{kWh/년} \times 60 \text{원/kWh} \\ &= 731,476 \times 60 \\ &= 43,889 (\text{천원/년}) \end{aligned}$$

$$\text{• 투자비} = 130,000 (\text{천원})$$

$$\begin{aligned} \text{• 회수년} &= \frac{130,000}{43,889} \\ &= 3.0 (\text{년}) \end{aligned}$$

### 3. Compressor

#### 가. 현황 및 문제점

구분	정격		소비전력 (kW)	토출압 (kg/cm <sup>2</sup> )	사용압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	비고
	토출압	출력				
200HP		150kW	164	7.8	5.5	24h가동
100HP3대		75kW	운휴			
기타						

- 흡입공기 온도가 34℃로 높다(3℃ 낮출시 1% 절감)
- 토출압력이 높다(1kg/cm<sup>2</sup> 낮출시 동력 7% 절감)
- 공기압축기, 사용설비와 거리가 멀다
- 압축공기의 누기율이 크다

#### 나. 개선대책 및 효과

◎흡입덕트에 의한 실내공기보다 저온의 외기흡입 절감율 =  $1 - [(개선후온도 + 273) / (개선전온도 + 273)] = 6.5(\%)$

절감량 =  $164(\text{kW}) \times 0.065 \times 7,300(\text{h/y}) = 77,818(\text{kWh/y})$   
 절감금액 =  $77,818(\text{kWh/y}) \times 60\text{원} = 4,670(\text{kWh/y})$   
 투자비 : 3,000(천원/년) 회수기간 : 0.6년

#### ◎토출압력 강하

200HP 발생압력 정격유지 7.8kg/cm<sup>2</sup> → 6.8kg/cm<sup>2</sup>

$$Lad = \left[ \left( \frac{P1}{P2} \right) \right]^{\frac{k-1}{(a+1)k}} - 1$$

$$\text{절감율} = \frac{Lad1 - Lad2}{Lad1} \times 100(\%) = 7\%$$

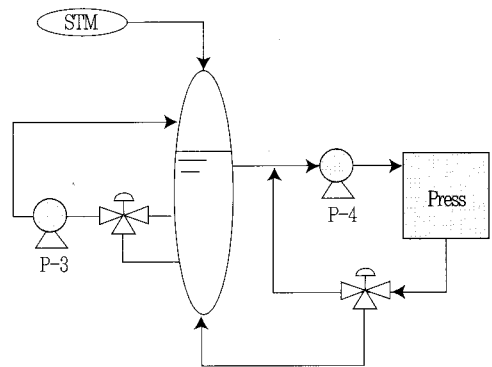
$$\text{절감량} = 164(\text{kW}) \times 0.07 \times 7,300(\text{h/y}) = 83,800(\text{kWh/y})$$

$$\text{절감금액} = 83,800(\text{kWh/y}) \times 60(\text{원/kWh/y}) = 5,028(\text{천원/y})$$

### 4. Press

#### 가. 현황

- Prepreg와 동판을 접합기 위한 장치
- Hot Press공정과 Cold Press공정으로 구성

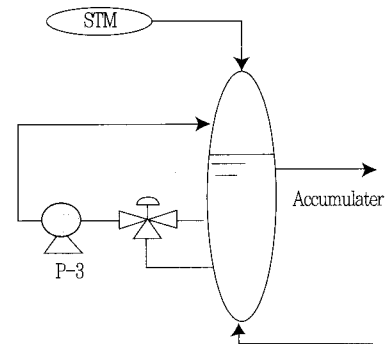


구분	펌프	
	P-3	P-4
유량(m <sup>3</sup> /h)	60	390
양정(m)	20	40
정격동력(kW)	7.5	75
실측동력(kW)	8.3	11

#### 나. Accumulator Tank 펌프 (P-3)

##### 1) 현황 및 문제점

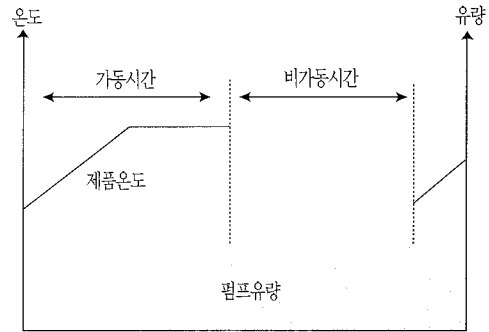
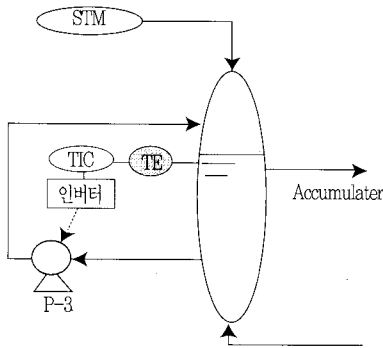
- Tank내 온도를 일정하게 유지토록 교반 기능
- 24h 펌프가동 : Hot Press 공정이 정지해도 계



## 속 운전

- 부하변화 : Press 요구 부하량이 변화해도 교반을 위한 펌프의 송출량은 일정

## 2) 개선대책

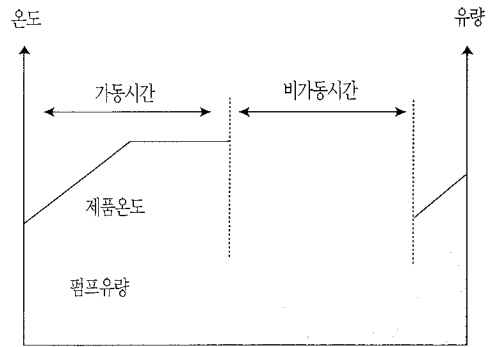


<개선전>

- 인버터 적용 : Press 비가동시 최소운전  
Press 가동시도 설정값과의 차이에 따라 능력이변 운전

## 3) 기대효과

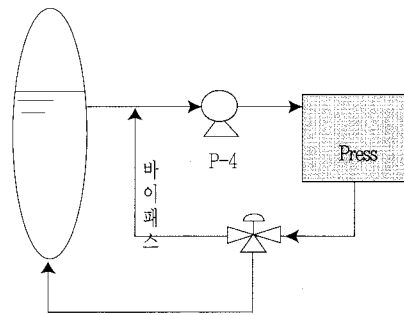
- 계산기준  
인버터 적용에 따른 유량감소 30%
- 절감량 = 평균부하kW - (평균부하kW × (0.7)<sup>3</sup>)  
= 8.3 - (8.3 × 0.34)  
= 5.4 (kW)
- 연간절감량 = 절감량kW × 가동시간h × Press갯수  
= 5.4 × 7,310 × 3  
= 118,422 (kWh/년)
- 절감액 = 연간절감량kWh/년 × 60원/kWh  
= 118,422 × 60  
= 7,105 (천원/년)
- 투자비 = 4,500 (천원)  
= 인버터 8.5kW × 3대 : 3,000 (천원)  
= 설치비 : 1,500 (천원)
- 회수년 =  $\frac{4,500}{7,105} = 0.7$  (년)



<개선후>

## 다. Hot Press 가열 (P-4)

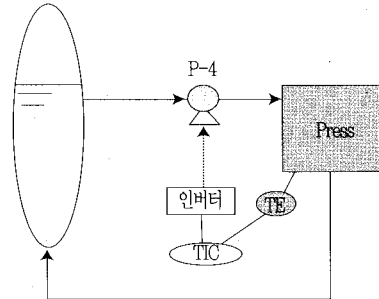
### 1) 현황 및 문제점



- Hot Press 운전중 Press 가열용 온수 순환펌프는 인버터가 설치되었음에도 정유량 운전
- Press에서 요구되는 열량은 운전시간이 지속됨에 따라 감소
- 따라서 공정스케줄에 따른 필요온도의 만족을 위해 일 정량의 온수유량은 삼방변에 의해 By-Pass
- By-Pass량 ≒ 에너지 손실

2) 개선대책

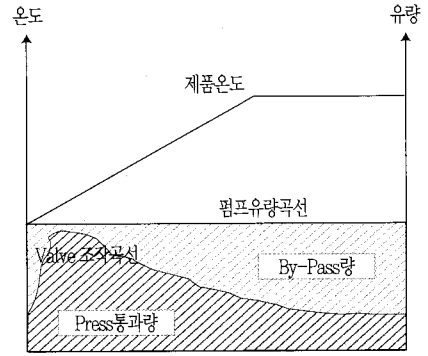
- 인버터 적용
- 제품온도 감지
- 기설치된 인버터를 이용하여 Press로 공급되는 유량을 직접 제어
- 인버터 설치
- 30단 Press 인버터 기 설치
- 25단, 17단 Press 인버터 미 설치



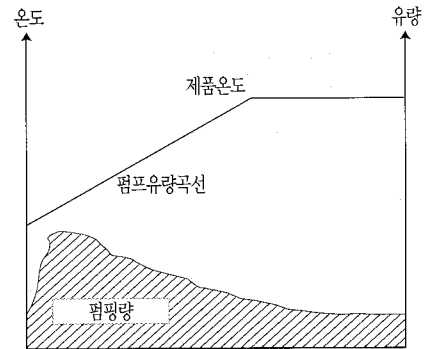
- Valve조작곡선에 의해 유량안정시 By-Pass량 약 50%
- 인버터적용시 펌프의 송출량 50% 감소
- 결과적으로 유량감소에 의한 펌프동력 감소

3) 기대효과

- 계산기준
- 인버터 적용에 따른 유량감소 70%
- 절감량 = 평균부하kW - (평균부하kW × (0.70)<sup>3</sup>)  
= (11+17)/2 - ((11+17)/2 × 0.34)  
= 9.24(kW)



<개선 전>



<개선 후>

- 연간절감량 = 절감량kW × 가동시간h × Press대수  
= 9.24 × 7,310 × 3  
= 202,633(kWh/년)
- 절감액 = 연간절감량kWh/년 × 60원/kWh  
= 200,7633 × 60  
= 12,157(천원/년)
- 투자비 = 7,000(천원)  
인버터 20kW × 2대 : 4,000(천원)  
설치비 : 3,000(천원)
- 회수년 =  $\frac{7,000}{12,157} = 0.6(\text{년})$

라. Cold Press 냉각수 압력손실

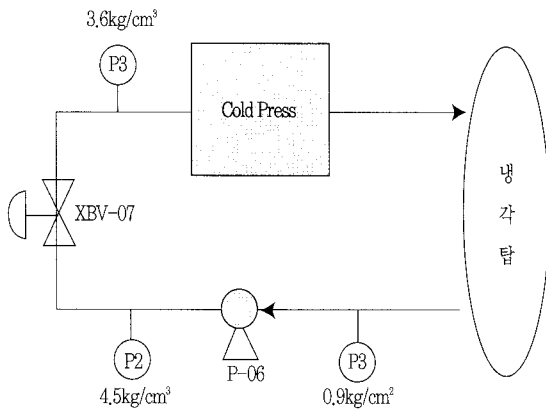
1) 현황 및 문제점

- Hot Press에서 공정이 끝난 제품은 Cold Press

로 이송 냉각압축됨

- 냉각을 위해 Cold Press Plate에는 냉각수가 통과
- 순환펌프 토출과 Press 입구에 전동 개폐밸브 설치
- Valve통과 압력손실이 과대하여 고양정 운전을 위한 추가 동력손실 발생

구분	정격유량(m <sup>3</sup> /h)	정격양정(m)	정격동력(kW)	측정동력(kW)
P-06	180	30	30	22



## 2) 개선대책

밸브점검을 통해 과도한 압력강하의 요인을 찾거나 일반 적 수동밸브로 교체하여 압력손실 감소

## 3) 기대효과

- 절감률 =  $1 - \frac{2.7}{3.6} = 1 - 0.75 = 0.25$
- 절감량 = 평균부하kW × 절감률  
=  $22 \times 0.25 = 5.5(\text{kW})$
- 연간절감량 = 절감량kW × 가동시간h × 가동율  
=  $5.5 \times 7,310 \times 0.5 = 20,103(\text{kWh/년})$
- 절감액 = 연간절감량kWh/년 × 60원/kWh  
= 1,200(천원/년)
- 투자비 = 2,000(천원)

$$\bullet \text{회수년} = \frac{2,000}{1,200} = 1.7$$

## 5. Treater Roller 냉각용 Chiller

가. 현황 및 문제점

- Treater Roller의 과열 방지
- 20RT급 2대의 냉동기가 직렬로 연결
- 부하변동에 따라 맺수 제어
- 각각의 냉동기는 TEV에 의한 용량제어
- 냉수순환량이 작고, COP 저조

구분	냉동능력(RT)	설계COP	산정COP
Chiller-1	20	2.4	1.4

$$\begin{aligned} \bullet \text{냉동능력} &= \text{유량m}^3/\text{h} \times \text{밀도 kg/m}^3 \times \text{비열kcal/kg}^\circ\text{C} \\ &\times \text{입출구온도차} \\ &= 13 \times 1000 \times 1.0 \times (15.5 - 12.3) = 41,600(\text{kcal/h}) \\ &= 48(\text{kW}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{COP} &= \frac{\text{냉동능력kW}}{\text{측정평균동력kW}} \\ &= \frac{48}{34} = 1.4 \end{aligned}$$

나. 개선대책

- 중기압축식냉동기는 부분부하 성능이 매우 저조하고 COP는 증발온도에 매우 민감
- 순환유량을 증가시켜 증발온도가 상승되도록 운전

다. 기대효과

- 계산기준 : 설계 COP 2.4/현재 COP 1.4/개선 COP 2.2
- 절감률 =  $1 - 1.4/2.2 = 0.37$
- 절감량 = 평균부하kW × 절감률 =  $34 \times 0.37 = 12.6(\text{kW})$
- 연간절감량 = 절감량kW × 가동시간h  
=  $12.6 \times 24 \times 30 \times 4 = 36,288(\text{kWh/년})$

- 절감액 = 연간절감량kWh/년 × 60원/kWh  
= 36,288 × 60 = 2,100 (천원/년)
- 투자비 = 500 (천원)
- 회수년 = 0.2 (년)

## 6. 공조기

### 가. 현황

공조기명	급기풍량(cmm)	환기풍량(cmm)	가동시간	용도
#1	450	-	7488	MLB-광실
#2	542	-	7488	MLB B/U
#3	1,184	-	7488	B/U F/U
#4	696	740	7488	Treater
#5	534	417	3744	사무동
#6	500	334	3744	사무동
#7	156	-	936	식당

### 나. 문제점

- 하절기 및 동절기 외부급기와 실내 온도차 대
- 공조기 #5와 #6은 급기와 배기덕트가 근접 설치되어 있으나 배기열 회수장치 미설치

### 다. 개선대책

- 공조기 #5와 #6에 전열교환기 설치

### 라. 기대효과

- 연간절감량 : 130,000(kWh/년)
- 절감액 : 7,800(천원)
- 투자비 : 20,000(천원)
- 회수년 : 2.6(년)

## 7. 공기압축기 냉각수계통

### 가. 현황

- 공기압축기(Air Compressor)냉각수, 프레스 냉각수, 기타 공업용수를 50Hp Pump를 이용 고가조로 가압후 자연압으로 사용함.

### 나. 문제점

- 공기압축기는 24h 200Hp를 운전하고 있으나 100Hp 2대에도 운휴중 냉각수가 순환되고 있어 불필요한 유량이 운전되며 200Hp 냉각수 정격유량 17m³/h임에도 27m³/h로 순환되어 50Hp 펌프의 가동율이 증가되고 있음.

### 다. 개선대책

공기압축기용 냉각수는 별도로 펌프를 설치하여 직접순환시켜 50Hp 고가조 펌프의 가동율을 절감 시킴.

### 라. 기대효과

개선전			개선후		
시간	운전유량	소비전력	가동시간	운전유량	소비전력
13(h/d)	1,638(m³/d)	507(kWh/d)	7.8h/d	990(m³/d)	304(kWh/d)

- 펌프운전유량 126 m³/h
- 공기압축기 냉각수 공급용 Pump 2.2kW 선정
- 개선시 공기압축기 소비전력 : 2.2kW × 24h = 52(kWh/d)
- 절감전력 : (507 - 304 + 52) × 12월 × 30일 = 91,800(kWh/y)
- 절감금액 : 91,800(kWh/y) × 60(원/kWh) = 5,508(천원/y)
- 투자금액 : 3,000(천원/년)
- 투자회수 기간 : 0.6년

## 8. 조명설비

### 가. 현황 및 문제점

- 조명용 형광등은 고효율 형광등 40W로 있으며 일부장소는 백열등으로 사용하여 조명전력이 증대되고 있고, 비상유도등은 현재 2선식으로 사용하여 상시점등되어 24시간 전력이 소비되고 있다.

## 나. 개선대책

- 40W 형광등은 점차적으로 고효율 32W 형광등으로 교체하고 화장실, 계단등은 센서를 이용 필요시에만 점등되어 소비전력 절감을 꾀하며 현관 매입 백열등은 전구식형광등 (18W)로 교체사용한다.
- 40W×1등은 32W×1등으로 40W×2등은 32W×2등으로 램프 및 안정기만 교체
- 40W×3등용은 32W×2등으로 교체후 고조도 반사차기구조로 교체
- 유도등은 3선식으로 결선을 바꾸어 비상시에만 점등되도록 결선 변경사용

## 다. 기대효과

- 설치대수 : 형광등 40W×1→10등  
형광등 40W×2→1,153등  
형광등 40W×3→161등  
백열등 110등 30W

유도등 20등 20W

- 절감효과 : ①형광등  
 $[8W \times (10+2,628)] + (40 \times 161) = 27(\text{kWh/h})$   
 ②백열등(센서 화장실) 60등 교체시  
 $30W \times 60 \text{등} \times 0.8 = 1.44(\text{kWh/h})$   
 ③백열등(전구식)18W로 교체  
 $(30W-18W) \times 50 \text{등} = 0.6(\text{kWh/h})$   
 $(①+②+③) \times 7,310(\text{h/y}) \times 0.35 = 74,298(\text{kWh/y})$   
 ④유도등 3선식으로 변경  
 $20W \times 8,640(\text{h/y}) = 172(\text{kWh/y})$

- 절감량합계 : 74,298 + 172 = 74,470(kWh/y)
- 절감금액 : 74,470(kWh/y) × 60(원/kWh) = 4,468(천원)
- 투자금액 : 30,000(천원)
- 투자회수 기간 : 6.7년

## < 고객별 기대효과 종합표 >

※ 기준 : 2000년 총전력량 : 15,126 MWh/년, 가동시간 7,310h

설비명	개선방안	전력절감율 (%)	전력절감량 (kWh/년)	절감금액 (천원/년)	투자비 (천원)	투자비회수기간 (년)	수요전력절감량 (kW)
수배전설비	최대수요전력제어장치			6,576	7,000	1.1	106.0
공조설비	전열교환기	0.86	130,000	7,800	20,000	2.6	17.8
공기 압축기	흡입온도개선	0.51	77,818	4,670	3,000	0.6	10.6
	토출압력강하	0.55	83,800	5,028	5,000	1.0	11.5
	누기방지	-	-	-	-	-	-
냉동기	흡수식냉동기채용	4.83	731,476	43,889	130,000	3.0	100.0
	Treater 냉각용 Chiller	0.24	36,288	2,177	500	0.2	12.6
펌프설비	P-3순환구조개선	0.78	118,422	7,105	4,500	0.7	16.2
	P-4순환구조개선	1.34	202,633	12,157	7,000	0.6	27.7
	P-6순환구조개선	1.34	20,103	1,200	2,000	1.7	2.8
	공기압축기냉각수개선	0.60	91,800	5,508	3,000	0.6	12.5
조명설비	고효율조명설비교체	0.49	74,470	4,468	30,000	6.7	10.2
기타설비	-	-	-	-	-	-	-
	합계	10.35	1,566,810	100,578	212,000	2.1	327.9