

# 電力設備 에너지 診斷結果



## Energy Diagnosis Effect for Electric Power Facilities

시행기관 : 한국전력공사 (1)  
진단기관 : 대한전기협회

### 1. 머리말

에너지는 국가경제발전과 직결되는 필수적인 요체로서 우리나라는 그동안 지속적인 경제성장과 더불어 에너지 수요 또한 원저하게 증가하였으며 앞으로 2001년에는 현재의 약 2배로 수요가 늘어날 전망이다.

최근 페르시아만사태의 장기화로 국·내외의 에너지 사정이 악화되고 있으며, 부존자원이 빈약하여 에너지 수요의 대부분을 외국에서 수입해야만 하는 우리나라로서는 에너지를 보다 더 합리적으로 사용하여 에너지의 이용효율을 제고시키는 것이 무엇보다도 중요하다고 하겠다.

한국전력공사에서는 '85년부터 고객에 대한 적극적인 봉사활동의 일환으로 산업체의 전력설비에 대한 에너지 진단을 실시하여 손실요인을 도출하고 합리적인 사용방안을 제시함으로써 많은 에너지 절감효과를 실현했을 뿐만 아니라 설비의 안전한 사용 및 관리에 의한 사고예방 측면에서도 적지않은 기여를 하였다.

이번에 알미늄 제품, 식품, 낙농품 제조업 등 3개업종을 대상으로 30개 산업체 수용가를 선정, 표본 에너지 진단을 실시하였으며 그 결과의 일부를 여기에 소개한다.

우수한 개선사례 및 기법에 대하여는 실무에 적용하여 산업체에서의 합리적인 에너지 사용에 다소나마 도움이 되기를 기대한다.

### 2. 진단개요

#### 가. 진단목적

- 수용가에 대한 능동적인 최선의 봉사 구현
- 수용가의 합리적인 전력사용 제도
- 에너지 손실요인 도출 및 개선방안 제시

#### 나. 진단대상(30개 업체)

- 알미늄제품 제조업 (10개 업체)
  - H금속, H금속공업, W산업, H알미늄, D금속, S공업, N경금속, T알미늄, K금속
- 식품 제조업 (10개 업체)
  - (주)S, S통상, D제과, (주)G, N제과, (주)N, O라면, K스넥, (주)G, K제과
- 낙농품 제조업
  - (주)B, D유업, (주)B, H유업, S산업, S우유, P식품, (주)J식품, P유업, H야쿠르트

#### 다. 진단기간 : '90. 7. 10 ~ 9. 15

#### 라. 진단기관 및 인원

- 대한전기협회 2명외 계 4명

#### 마. 주요진단장비

- 종합전력계 (유효전력, 무효전력, 역률)
- 누설전류계
- 전압계
- 조도계
- Hook on Meter
- 적외선 열탐지기 등

### 3. 진단결과 요약

#### 가. 전력사용 실태

〈 '89년도 기준 〉

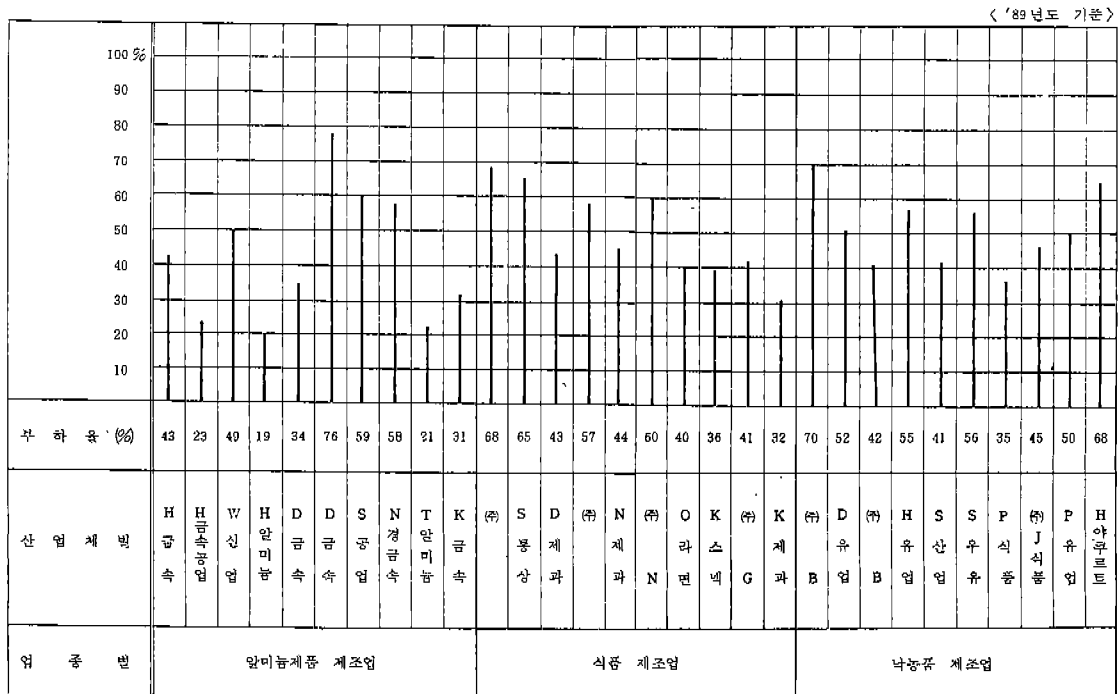
구분	연간사용량 (MWH)	연간사용액 (천원)	전력단가 (원/KWH)	비고
H 급속	3,430	185,706	54.0	말미늄제품 제조업
H 급속공업	3,240	162,450	50.0	
W 산업	5,320	226,580	42.6	
H 알미늄	1,055	76,618	72.6	
D 담속	1,230	63,371	51.5	
D 단속	5,499	265,009	48.2	
S 농업	4,633	240,508	51.9	
N 경급속	6,856	450,848	50.9	
T 알미늄	1,077	72,499	67.3	
K 급속	894	46,680	52.2	
(사) S	6,984	297,728	42.6	식품 제조업
S 통상	4,728	216,400	45.8	
D 세과	7,877	348,557	44.3	
(사) G	6,207	282,294	45.5	식품 제조업
N 계과	1,534	80,987	52.8	
(사) N	12,045	532,146	44.2	

#### (1) 전력사용량 및 전력단가

〈 '89년도 기준 〉

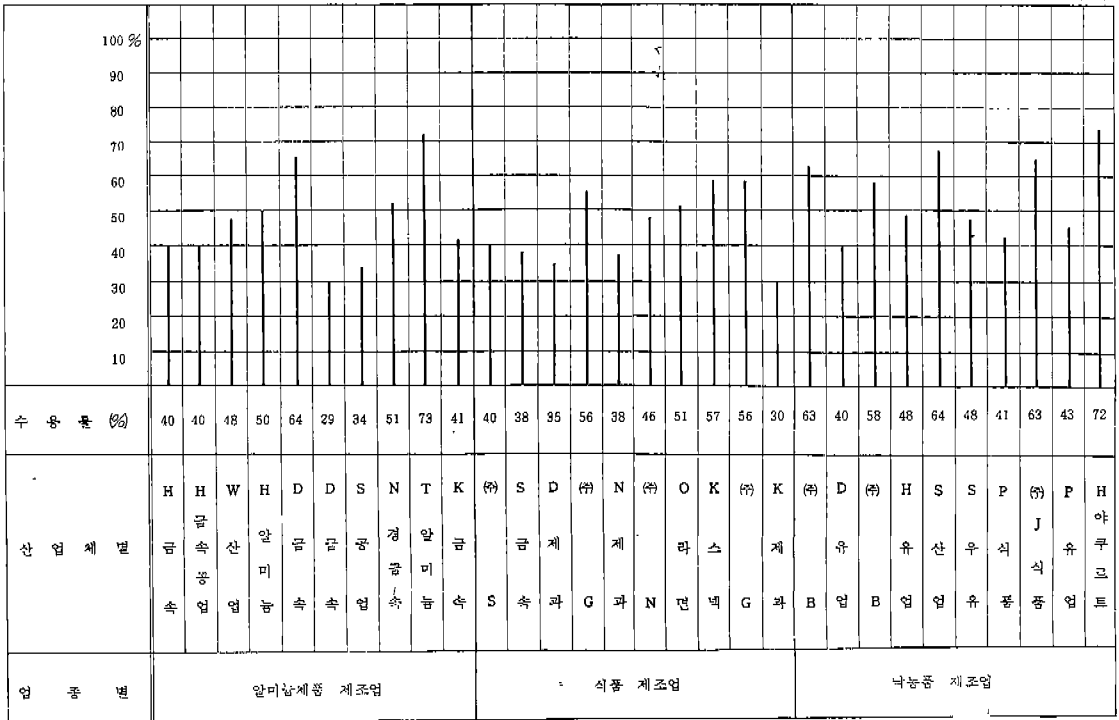
구분	연간사용량 (MWH)	연간사용액 (천원)	전력단가 (원/KWH)	비고
O 라면	3,140	167,286	53.3	
K 스넥	2,206	122,861	55.7	
(사) G	3,530	389,429	110.3	
K 제과	7,914	387,540	53.9	
(사) B	9,753	438,885	45.0	
D 유업	3,177	147,414	46.4	낙농품 제조업
(사) B	4,875	228,204	46.8	
H 유업	4,334	201,958	46.6	
S 산업	4,047	226,707	56.0	
S 우유	9,752	426,916	43.8	
P 식품	872	48,222	55.3	
J 식품	2,301	101,715	44.2	
P 유업	3,942	216,810	55.0	
H 야쿠르트	7,655	332,578	43.3	
계	142,125	6,984,906	49.2 (평균단가)	

#### (2) 부하율



(3) 수용률

< '89년도 기준 >



(4) 변압기 이용률

< '89년도 기준 >

구분	설비용량 (KVA)	계약용량 (KW)		연간최대 전력(KW)	이용률 (%)
		최대	최저		
H금속	2,030	2,030	1,533	912	45
H금속공업	3,400	3,400	2,560	1,600	47
W산업	2,130	2,130	1,608	1,350	63
H알미늄	2,000	2,000	1,510	994	50
D금속	1,380	1,380	1,045	824	60
D금속	2,200	2,200	1,660	561	26
S공업	2,700	2,700	2,035	893	33
N경금속	3,100	3,100	2,335	1,742	56
T알미늄	1,100	1,100	835	600	55
K금속	1,380	1,380	1,045	851	62
(*)S	1,800	1,800	1,360	1,173	65
S통상	1,500	1,500	1,135	835	56
D제과	3,400	3,400	2,560	2,462	72
(*)G	1,850	1,850	1,398	1,324	72
N제과	850	850	641	331	40

구분	설비용량 (KVA)	계약용량 (KW)		연간최대 전력(KW)	이용률 (%)
		최대	최저		
(*)N	4,500	4,500	3,385	2,304	51
O라면	1,875	1,875	1,416	1,170	62
K스넥	1,150	1,150	873	694	60
(*)G	1,575	1,575	1,191	980	62
K제과	4,440	4,440	3,340	903	20
(*)B	2,500	2,500	1,885	1,584	63
D유업	1,000	1,000	760	814	81
(*)B	1,950	1,950	1,473	1,339	69
H유업	1,500	1,500	1,135	900	60
S산업	1,750	1,750	1,323	1,123	64
S우유	3,300	3,300	2,485	1,994	60
P식품	600	600	460	287	47
(*)J식품	1,000	1,000	760	581	58
P유업	2,300	2,300	1,735	900	39
H야쿠르트	2,000	2,000	1,510	1,310	66

나. 주요 문제점 및 개선대책

문 제 점	개 선 대 책
<p>○과다용량의 변압기 설치운전 및 전압의 다단계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-이용률 : 20~50% (적정이용률 60~80%)</li> <li>-전압의 다단계 (3 단계) (22.9kV→6.6/3.3kV→220V)</li> </ul>	<p>○경부하변압기의 통합 또는 V 절선운전 및 전압의 단계축소</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-운전정지 : 22대 (용량 12,650kVA)</li> <li>-변압기의 무부하 손실 감소</li> <li>-전압의 단계축소 (2 단계) (22.9kV→220V)</li> </ul>
<p>○전동기의 용량관리 및 운전방법 불량</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-전동기의 경부하 운전 (23~58%)</li> <li>-펌프 및 송풍기용 전동기의 뱀피 제어 및 전부하 운전으로 손실 발생</li> </ul>	<p>○전동기의 적정용량 관리 및 합리적인 운전</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-경부하 전동기의 적정용량 교체 (80~90%)</li> <li>-교류가변속 장치 (VVVF)의 설치운전으로 효율 향상</li> </ul>
<p>○압축공기설비 관리 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-불필요한 과다 압력의 공기사용</li> <li>-압축공기 누설개소의 과다</li> </ul>	<p>○압축공기설비 관리개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-적정 사용압력으로 하향 조정 (1kg/cm<sup>2</sup> 강하시 6% 절전 가능)</li> <li>-누설개소 보수로 손실방지</li> </ul>
<p>○조명설비 운영실태 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-저효율등 (백열등, 수은등) 사용</li> <li>-자연채광 활용 미흡</li> <li>-조명등의 불필요한 점등</li> </ul>	<p>○조명설비의 시설 및 사용개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-고효율등 (형광등, 메탈등)으로 교체</li> <li>-Sun light 설치로 주간 소등</li> <li>-Sun SW 및 Time SW 설치로 자동소등</li> </ul>
<p>○전압 및 역률관리 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-저전압 공급으로 기기효율 저하 및 전력손실 발생 (220V→202V)</li> <li>-콘덴서의 전원측 일괄부설 및 역률미달개소 발생</li> </ul>	<p>○전압 및 역률관리 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-변압기의 Tap 조정으로 정격전압 공급</li> <li>-콘덴서의 부하측 부설 및 추가 설치</li> </ul>
<p>○절연불량으로 누설전류 발생</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-누설전류 : 170.5A</li> </ul>	<p>○누설전류 제거로 손실방지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-절연보강 및 불량설비 보수</li> </ul>
<p>○냉동설비 운전방법 불량</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-온도와 무관하게 계속 상시운전 (EVA CON FAN)</li> </ul>	<p>○냉동설비 운전방법 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-자동 온도조절장치 설치로 운전시간 단축 (동절기, 야간등)</li> </ul>
<p>○집진설비 운전방법 불량</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-전부하 운전으로 손실 발생</li> </ul>	<p>○집진설비 운전방법 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가변속 제어로 손실 감소 (VVVF설치)</li> </ul>
<p>○냉각수설비의 불합리한 운전</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-온도에 무관한 상시운전으로 손실 발생</li> </ul>	<p>○냉각수설비 운전방법 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-온도센서에 의한 자동조절운전 (동절기 및 야간에 운전시간 단축)</li> </ul>
<p>○설비관리 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-변압기 호흡기 보수불량</li> <li>-Knife SW 과열 및 탄화부식</li> <li>-접지시설 미시공 (변압기 등)</li> </ul>	<p>○설비관리 철저</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-변압기 호흡기 OT 보충등 보수</li> <li>-Knife SW 교체 및 NFB 설치</li> <li>-접지 추가시설로 재해예방</li> </ul>

油價上昇 예고없다. 節約으로 浪費 막자

#### 4. 업체별 세부진단내용(일부발췌)

### H 금 속

##### 가. 수배전 설비관리

###### ○현황 및 문제점

- 변압기 부하측정 현황(표 1)
  - 변압기 400kVA×3, 500kVA 부하율이 각각 49.2%, 44.8%로 경부하 운전하고 있기 때문에 변압기의 무부하 손실발생 및 전력요금 과다
  - 변압기 300kVA는 운전하지 않는 설비(200HP×2)가 있음.
- 변압기 용량 검토(표 2)
  - 부하 증설계획이 없는 현재 변압기용량 여유가 있음.

###### ○개선대책

- 압축기용 변압기 3φ 500kVA를 폐지, 표면처리반용 변압기 1φ 400kVA×3으로 배선 변경

###### ○개선효과

- 전력요금의 기본요금 경감(표 3)
    - 절감금액 :  $(4,323,060 - 3,307,860) \times 12월$   
= 12,182,000원/년
  - 압축기용 변압기 3φ 500kVA 폐지로 인한 무부하 전력손실 절감
    - 절감전력 :  $1,320W \times 24H \times 365일 \times 10^{-3}$   
= 11,563kWh/년
    - 절감금액 : 11,563kWh/년 × 54원/kWh  
= 624,000원/년
  - 총절감금액
    - $(12,182,000 + 624,000) = 12,806,000원/년$
- 투자비: 약간

##### 나. 역률관리

###### ○현황 및 문제점

- 90년 6월 현재 종합역률 69%(전력요금표)
- 주요부하측정현황(표 4)
- 동력1,200kVA, 500kVA 회로 부하측 역률 저조함.

###### ○개선대책

- 현재 부하측에 설치된 역률보상용 콘덴서를 활용

〈표 1〉

구 분	용량(kVA)	정 격		측 정 치		부하율 (%)	누설전류 (A)
		전압 (V)	전류 (A)	전압 (V)	전류 (A)		
동력 # 1	1,200 (1φ 400×3)	22,900 / 220	3,149.18	220	1,550	49.2	0.05
" # 2	3φ 500	22,900 / 220	1,312.15	223	588	44.8	
" # 3	3φ 300	22,900 / 440	393.64	449	27	6.9	
전 등	1φ 100	22,900 / 210 105	142.85	216 / 108	52	36.4	0.49

〈표 2〉

설비용량 (kVA)	계약용량 (kW)		연 간 Peak전력 (kW)	이용률 (%)
	최 대	최 저		
2,030	2,030	1,533	912(90.1월)	45

〈표 3〉

구 분	변압기용량 (kVA)	요금적용전력 (kW)	기본요금 (원)
현 행	2,030	1,533	4,323,060
개선후	1,530	1,173	3,307,860

〈표 4〉

부 하 명	전압 (V)	전류 (A)	유효전력 (kW)	무효전력 (KVAR)	역률 (%)	전선로단면적 (mm <sup>2</sup> ) ×공장 (m)
동력 1,200kVA 회로	220	1,248	352	325	74	BUS BAR (12×148×2)×70
동력 500kVA 회로	223	584	176	138	78	BUS BAR (12×148)×120
동력 300kVA 회로	449	22	17	-	100	
전등 30kVA 회로	216	38	8.2	0.3	99	

○ 개선효과

- 역률 향상에 의한 변압기 동손 감소

· TR 400kVA × 3 :

$$P_s = (4,620W \times 3) \left( \frac{352}{1,200} \right)^2 \left\{ 1 - \left( \frac{0.74}{0.95} \right)^2 \right\}$$

$$= 468 [W]$$

· TR 500kVA :

$$P_s = 5,900W \times \left( \frac{176}{500} \right)^2 \left\{ 1 - \left( \frac{0.78}{0.95} \right)^2 \right\} = 238 [W]$$

〈변압기 동손 감소량 산출식〉

$$P_{CT} = P_{CN} = \left( \frac{P_L}{P_T} \right)^2 [W]$$

$$P_s = P_{CN} \left( \frac{P_L}{P_T} \right)^2 \left\{ 1 - \left( \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \right)^2 \right\} [W]$$

$P_{CT}$  : 변압기 동손 [W]

$P_{CN}$  : 전부하 동손 [W]

$P_s$  : 동손 감소량 [W]

$P_T$  : 변압기 정격용량 [kVA]

$P_L$  : 부하용량 [kVA]

$\cos \theta_1$  : 개선전 역률

$\cos \theta_2$  : 개선후 역률

- 부하선로 전력손실 절감

· 동력 1,200kVA 회로

$$\text{전선로 단면적 (Bus Bar) : } 12\text{mm} \times 148\text{mm} \times 2$$

$$= 3,552 [\text{mm}^2]$$

전선로 공장 : 70m

$$\text{전선로 저항 : } \frac{1}{58} \times \frac{70}{3,552} = 3,398 \times 10^{-4} [\Omega]$$

$$\text{절감 전력량 : } \frac{(352 \times 10^3)^2 \times 3,398 \times 10^{-4}}{220^2}$$

$$\left( \frac{1}{0.74^2} - \frac{1}{0.95^2} \right) = 625 [W]$$

· 동력 500kVA 회로

$$\text{전선로 단면적 (Bus Bar) : } 12\text{mm} \times 148\text{mm}$$

$$= 1,776 [\text{mm}^2]$$

전선로 공장 : 120m

$$\text{전선로 저항 : } \frac{1}{58} \times \frac{120}{1,776} = 1,165 \times 10^{-3} [\Omega]$$

$$\text{절감 전력량 : } \frac{(176 \times 10^3)^2 \times 1,165 \times 10^{-3}}{223^2}$$

$$\left( \frac{1}{0.78^2} - \frac{1}{0.95^2} \right) = 389 [W]$$

· 계 : (625+389) = 1,014 [W]

〈부하선로 전력손실 절감량 산출식〉

$$P_s = 3 (I_1^2 - I_2^2) \cdot R = 3 \left\{ \left( \frac{P}{\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \theta_1} \right)^2 \right.$$

$$\left. - \left( \frac{P}{\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \theta_2} \right)^2 \right\} \cdot R = \frac{P^2 \times R}{E^2}$$

$$\left( \frac{1}{\cos^2 \theta_1} - \frac{1}{\cos^2 \theta_2} \right) [W]$$

$P_s$  : 전력손실 절감량 [W]

$I_1$  : 개선전 선로전류 [A]

$I_2$  : 개선후 선로전류 [A]

$E$  : 부하전압 [V]

$\cos \theta_1$  : 개선전 역률

$P$  : 유효전력 [W]

$\cos \theta_2$  : 개선후 역률

$S$  : 전선로 단면적 (mm<sup>2</sup>)

$l$  : 전선로 공장 [m]

R : 선로 저항 ( $\frac{1}{58} \cdot \frac{l}{s}$ ) ( $\Omega$ )

- 절감 전력량

·  $(706+1,014)W \times 22H \times 348\text{일} \times 10^{-3} = 13,168$   
kWh/년

- 절감금액

· 역률 95% 유지시 기본요금 절감금액 (표 5)  
· 역률개선에 의한 전력손실 절감금액  
 $13,168\text{kWh/년} \times 54\text{원/kWh} = 711,000\text{원/kWh}$   
· 총절감금액  
 $(13,488,000+711,000) = 14,199,000\text{원/년}$

○ 투자비 : 약간

#### 다. 클링 타워 관리

##### ○ 현황 및 문제점

- 냉각수 온도와 계절에 관계없이 계속 운전  
함으로써 전력손실 발생

· Fan 모터 : 2.2kW × 1대, 3.7kW × 1대

##### ○ 개선대책

- Thermo Relay를 설치하여 적정온도에 전  
동기 가동토록 자동제어회로 개선

##### ○ 개선효과

- 절감전력량

·  $(2.2+3.7)\text{kW} \times 80\% \times 24H \times 180\text{일}$  (동절기  
 $120\text{일} + \text{춘추} \frac{120\text{일}}{2}) = 20,384\text{kWh/년}$

- 절감금액

·  $20,384\text{kWh/년} \times 54\text{원/kWh} = 1,100,000\text{원/년}$

○ 투자비 : 57,000원 (Thermo Relay 구입비)

○ 회수기간 : 0.05년

〈표 5〉

역률69%시 부과금액 (원)	역률95%시 보상금액 (원)	월절감금액 (원)	연절감금액 (원)
$1,533\text{kW} \times 2,820$ $\text{원} \times (90-69\%)$ $= 907,843$	$1,533\text{kW} \times 2,820$ $\text{원} \times (95-90)\%$ $= 216,153$	1,123,996	13,488,000

#### 라. 조명관리

##### ○ 현황 및 문제점

- 효율이 낮은 등기구 사용

· 백열등 : 500W × 13등

· 수은등 : 200W × 30등

##### ○ 개선대책

- 효율이 높은 메탈할라이드 등으로 교체 (175  
W)

· 백열등 : 500W × 13등 ⇒ MH 등 175W × 7 등

· 수은등 : 200W × 30등 ⇒ MH 등 175W × 24등

##### ○ 개선효과

- 연색성이 높아 작업환경 개선에 의한 생산  
성 향상

- 절감 전력량

· 백열등 :  $\{(500 \times 13) - (175 \times 7)\} W \times 10H \times$   
 $348\text{일} \times 10^{-3} = 18,357\text{kWh/년}$

· 수은등 :  $\{(200 \times 30) - (175 \times 24)\} W \times 16H \times$   
 $348\text{일} \times 10^{-3} = 10,022\text{kWh/년}$

· 계 :  $(18,357 + 10,022) = 28,379\text{kWh/년}$

- 절감금액

·  $28,379\text{kWh/년} \times 54\text{원/kWh} = 1,532,000\text{원/년}$

○ 투자비 : 1,634,000 (메탈할라이드등 구입비)

○ 회수기간 : 1.1년

#### 마. 설비관리

현황 및 문제점	개선대책 및 효과
○TR호흡기 호흡변 절연유 미보충	○절연유 적정량 보충에 의 한 변압기 절연내력 유지
○압축기 Mcc반 상부 지붕 누수	○Mcc반 상부 누수방지 -기 기 절연내력 유지
○옥상 실험실 전열용 전선 (IV8 <sup>□</sup> ×3C) 바닥노출 배선	○전선관공사 또는 케이בל공사 -감전사고 예방
○수전설비 설치장소(옥상) 배수상태 미흡	○배수시설 설치 -비상시 돌발감전사고예방

(다음 호에 계속)