

電力 設備管理 合理化

朴泳基 / 設備研究室

I. 序 論

電力 設備管理 合理化는 資源節約 시대의 時代的 要請에 따라 활발히 展開되고 있으며, 工廠의 生産原価節減 및 energy 節約의 방안으로 크게 各광을 받고있다.

電力 設備管理 合理化의 목적은 製品에 대한 電力 원단위 節減으로 生産原価 引下, 生産工程의 合理的인 改善, 工程의 自動化 및 最適化, 生産設備의 効率的인 管理등이며 當 研究所에서는 Al-chassis와 銅複銅線을 製作하고 있는 A 業체를 事例로 測定 및 檢討 結果를 記述하고자 한다.

II. 業체의 電力設備 現況

1. 受電 方式

3 ϕ 4선식의 60Hz 周波수에 標準電圧 22.9KV로 電氣를 供給받고 있으며 계통 단선도는 <그림 1>과 같다.

2. 設備 內容

工場의 設備는 整流器가 3,122kW, 電動機

1,624kW, 냉동기 550kW, 전열기 1,133kW이며 condenser는 3,142KVA이다.

3. 韓國電力公社와의 電力需給 現況

契約 最大電力은 3,950kW이고 契約種別로는 産業用(乙) 大電力A이며 電力使用量은 月 1,000~1,200MWH로 料金額도 5~6천만원 정도이다.

III. 設備別 負荷測定

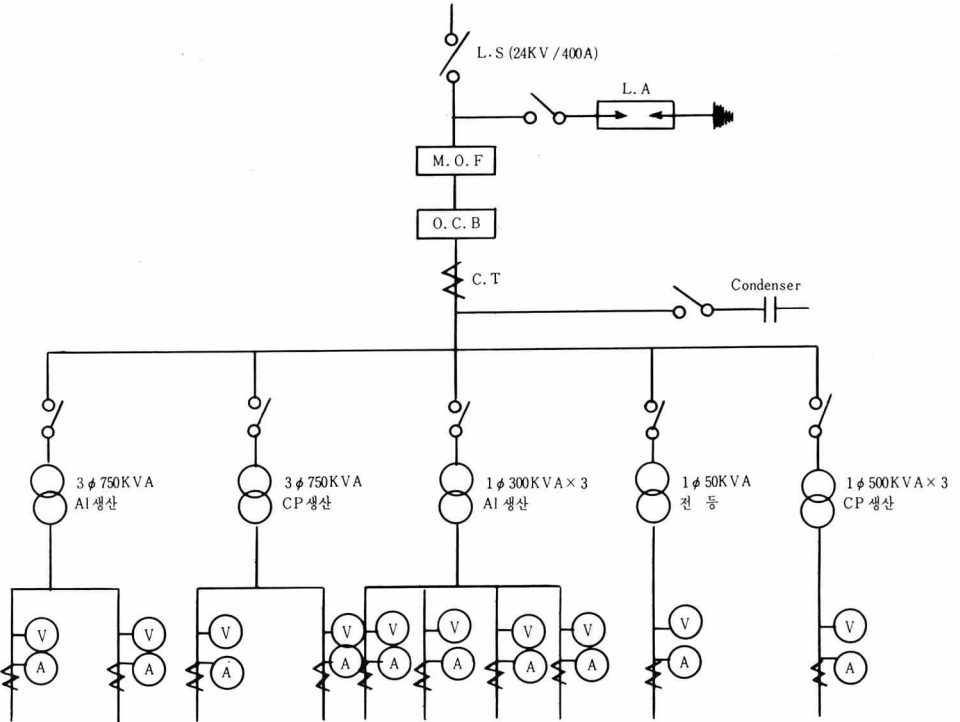
本 調査는 다음과 같은 測定을 하였으며 測定 data가 많기 때문에 一部 測定值를 省略하였다.

1. 變壓器의 負荷測定 및 各 Feeder別 負荷 測定

가. 時間別 變壓器 二次電流 測定
측정치 <表 1>참고. (測定值中 一部)

나. Recording Am Meter에 의한 電流測定
測定值 <그림 2>참고. (測定值中 一部)

다. Kilowatt Hour Meter에 의한 電力量 測定
測定值 (表 2)참고. (測定值中 一部)



〈그림 1〉 계통 단선도

측정 일자	시 간	750KVA NO 1 TR		750KVA NO 2 TR		비고
		Source 1	Source 2	Source 1	Source 2	
	01 : 00	200	120	150	200	
	02 : 00	100	350	200	300	
	03 : 00	100	0	180	320	
	04 : 00	420	300	180	300	
	05 : 00	340	360	180	300	
	06 : 00	240	300	150	300	
	07 : 00	320	260	100	200	
	08 : 00	220	420	100	300	
	09 : 00	300	350	150	300	
	10 : 00	350	300	100	300	
	11 : 00	100	400	150	300	
	12 : 00	250	400	180	320	
	13 : 00	0	0	180	300	
	14 : 00	280	240	180	300	
	15 : 00	100	320	180	300	
	16 : 00	220	400	180	300	
	17 : 00	190	340	180	320	
	18 : 00	260	320	180	220	
	19 : 00	260	360	180	220	
	20 : 00	390	360	200	320	

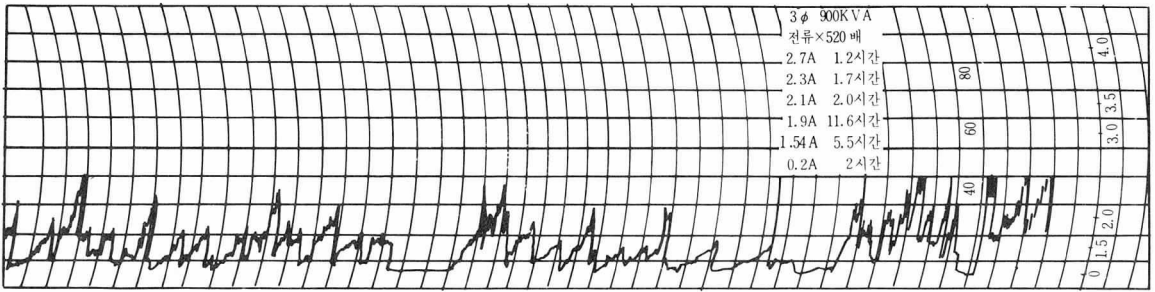
〈表 1〉 배전반(A) Meter 에 의한 전류측정

측정 일자	시 간	측정TR (1500)KVA		비고	측정 일자	시 간	측정TR (1500) KVA		비고
		NO 1	NO 2				NO 1	NO 2	
	12 : 00	0	0			06 : 00	616	656	
	13 : 00	440	440			07 : 00	632	632	
	14 : 00	584	584			08 : 00	496	488	
	15 : 00	488	496			09 : 00	696	680	
	16 : 00	624	632			10 : 00	672	720	
	17 : 00	384	440			11 : 00	584	576	
	18 : 00	576	544						
	19 : 00	512	512						
	20 : 00	504	512						
	21 : 00	264	280						
	22 : 00	648	640						
	23 : 00	656	664						
	24 : 00	600	608						
	01 : 00	640	640						
	02 : 00	608	584						
	03 : 00	616	608						
	04 : 00	472	488						
	05 : 00	576	592						

비 고 :

1 일 총전력사용량 : 13016 kWh	상시전력총사용량 : 6232 kWh	첨두전력총사용량 : 1944 kWh	심야전력총사용량 : 4840 kWh
1 일 평균전력사용량 : 565.9 kWh	상시전력평균사용량 : 566.5 kWh	첨두전력평균사용량 : 486 kWh	심야전력평균사용량 : 408 kWh
1 일 최대전력사용량 : 720 kWh	상시전력최대사용량 : 720 kWh	첨두전력최대사용량 : 640 kWh	심야전력최대사용량 : 664 kWh
1 일 최소전력사용량 : 280 kWh	상시전력최소사용량 : 440 kWh	첨두전력최소사용량 : 280 kWh	심야전력최소사용량 : 488 kWh

〈表 2〉 전력량 (kWh) 기록일지



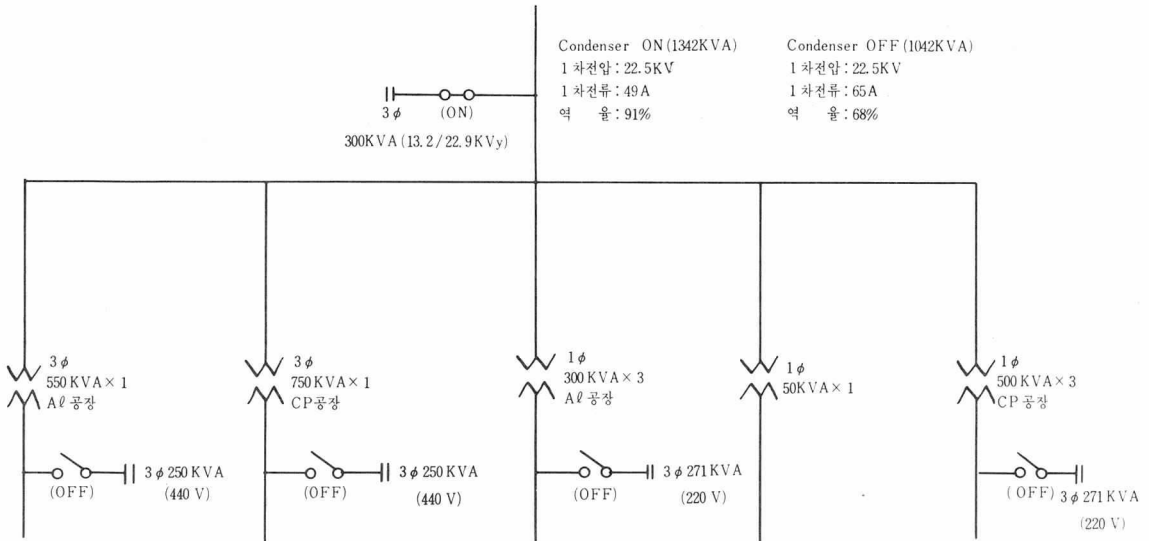
〈그림 2〉 3φ900 KVA 1日電流使用 曲線

2. 力率 測定

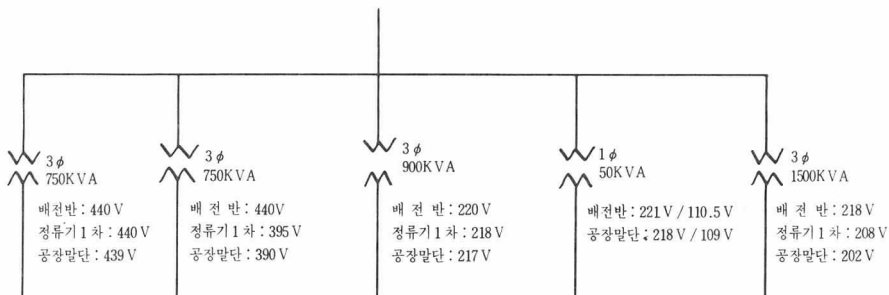
3. 受電端, 末端 및 主要箇所 電圧測定

測定値 〈그림 3〉 참고.

測定値 〈그림 4〉 참고.



〈그림 3〉 Condenser 力率 測定



〈그림 4〉 受電端, 末端 및 主要箇所 電圧 測定

4. 整流器 効率 測定

가. 整流器 變換 效率

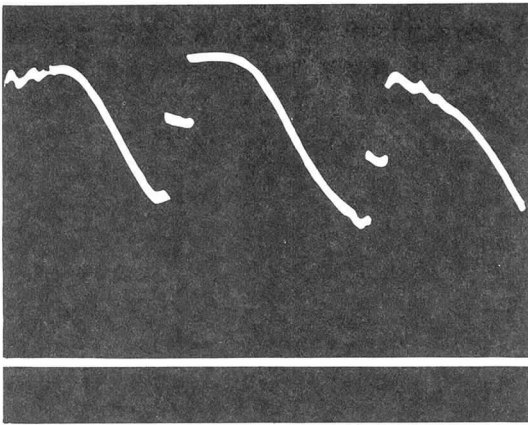
測定值 <表 3> 참고. (測定值中 一部)

정류기 종류	역률(%)	변환효율(%)	
72 kW (12V, 6000A)	a 형	79.14	69.15
		76.46	70.55
	b 형	71.66	65.42
		67.99	70.46

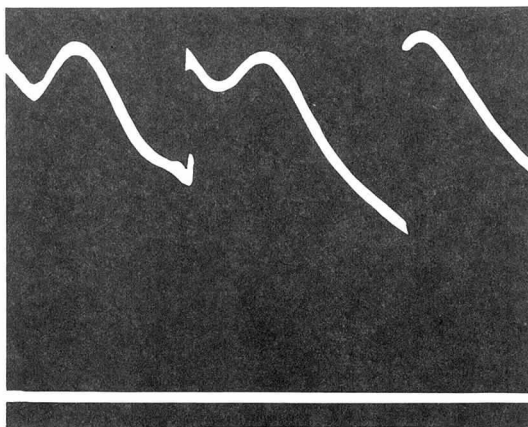
<表 3> 정류기 변환효율

나. 整流器 二次 電壓 波形 測定

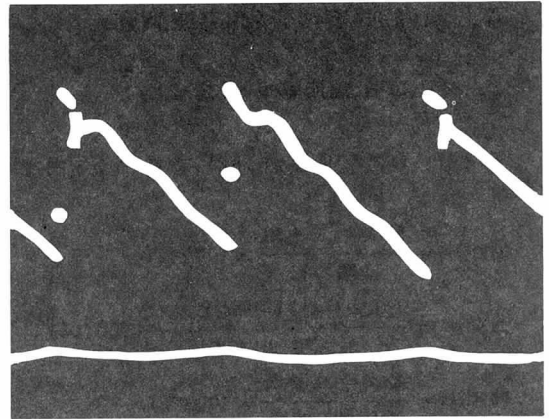
測定值 (그림 5) 참고. (測定值中 一部)



㉑ 72kW (12V / 6000A)
a형 정류기



㉒ 72kW (12V / 6000A)
b형 정류기



㉓ 240kW (20V / 12000 A)
정류기

<그림 5> 정류기 2차전압 파형

5. 電動機 負荷 測定 및 運轉 效率 測定

測定值 <表 4> 참고. (150 HP, 100 HP 이외의 소용량 電動機는 測定을 省略함)

생산공장	전동기 용량	변압기 용량	전동기 정격전류	전류 사용 범위	운전시간 / 가동시간	가동율
A φ	150HP	750 KVA	146.8A (440V용)	34~100% (50~150 A)	0.3 / 3.2(H)	9.4 (%)
				34~100% (50~150 A)	1.4 / 2.9(H)	48.3 (%)
				34~100% (50~150 A)	0.9 / 2 (H)	45 (%)
A φ	100HP	900 KVA	195.8A (220용)	20~100% (30~150 A)	1.8 / 3.8(H)	47.4 (%)
				100~150% (195~295A)	1.1 / 2.9(H)	37.9 (%)
				100~150% (195~295A)	1.4 / 2.9(H)	48.3 (%)
				120~150% (235~295A)	0.7 / 3.8(H)	18.4 (%)

비고 : ① 150 HP 무부하 운전전류 20A
 ② 150 HP 운전전류 20~150 A
 ③ 100 HP 무부하 운전전류 135 A
 ④ 100 HP 운전전류 135~300 A

<表 4> 電動機 運轉 效率 測定

6. 照明 測定

7. 設備 全般에 對한 絶緣 抵抗 測定

8. 보호 계전기 및 OCB 運轉 試驗

9. 接地 抵抗 測定

10. 수배 전반 계器 誤差 測定

IV. 設備別 運轉管理 実態調査.

1. 変圧器別 需用率 및 負荷率

需用率, 負荷率 등은 아래와 같이 계산되며 結果는 <表 5>와 같다.

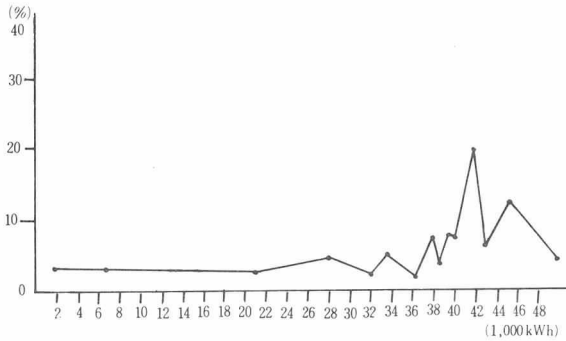
$$\text{需用率} = \frac{\text{最大수요전력}}{\text{設備容量}} \times 100 (\%)$$

$$\text{負荷率} = \frac{\text{(어느시간의) 平均電力}}{\text{最大수요전력}} \times 100 (\%)$$

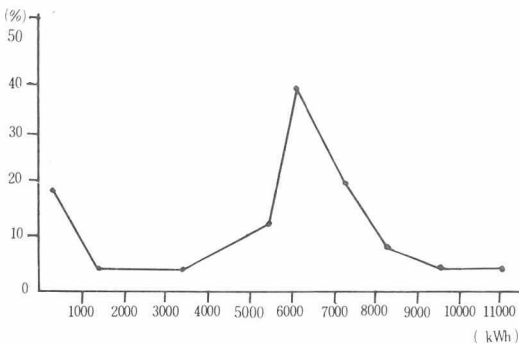
$$\text{利用率} = \frac{\text{最大수요전력}}{\text{變圧器 容量}} \times 100 (\%)$$

2. 月, 日 電力使用 現況

月電力 使用狀態를 1日 負荷로 나누어 보면, <그림 6>에서와 같이 약 40,000 kWh 가 23%로 가장 많았으며 다시 時間別로 보면, 중부하 전력량은 19,000~22,000 kWh 가 20% 이상으



<그림 6> 월중 일일전력 사용 빈도

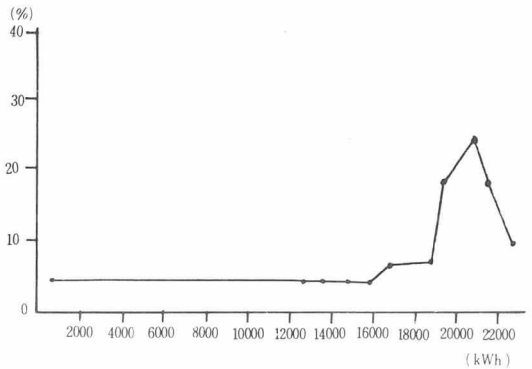


<그림 8> 월중 최대부하 전력사용 빈도

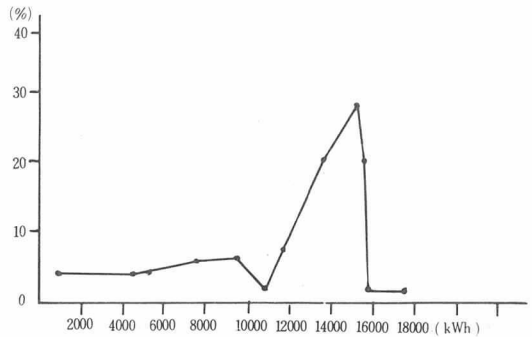
변압기 용량	설비용량	최대수요전력	평균전력	수용율	부하율	이용율
750KVA (Aℓ공장)	1517.2kw	731.6kw	246kW	48.2%	33.6%	97.5%
750 KVA (C.P공장)	780.4kW	694 kw	616 kW	78.9%	88.8%	92.5%
900KVA (Aℓ공장)	1793.5kw	509 kw	335 kW	18.7%	65.8%	56.6%
1,500KVA (C.P공장)	2047.1kw	838 kw	696 kW	34.0%	83.1%	55.9%
50KVA (전 등)	-	32.6 kw	27.8 kW	-	85.3%	65.2%

<表 5> 變圧器別 需用率, 負荷率

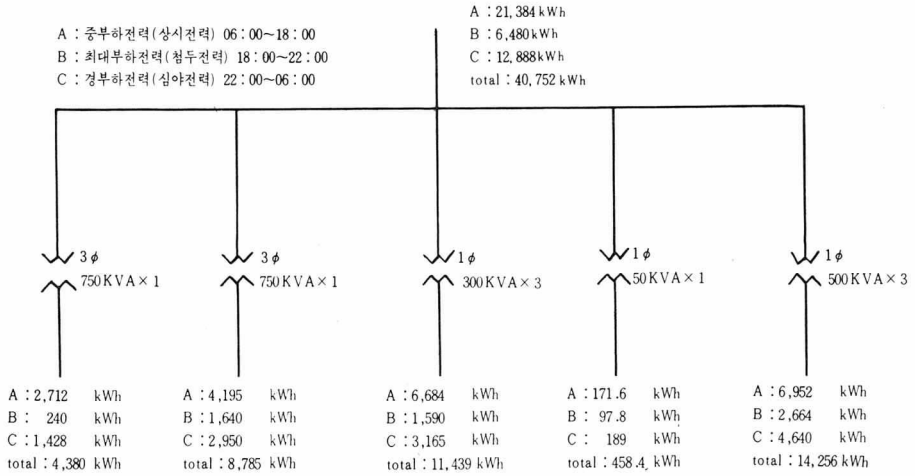
로 가장 높았고 (<그림 7> 참고) 최대부하 전력량은 6,000~7,000 kWh 가 42%로 (<그림 8> 참고), 경부하 전력량은 13,000~14,000 kWh 가 29%로 (<그림 9> 참고) 電力使用 함을 알 수 있다. 또 負荷別 1日 電力使用量을 보면(<그림 10>)과 같다.



<그림 7> 월중 중부하 전력사용 빈도



<그림 9> 월중 경부하 전력 사용 빈도



〈그림 10〉 부하별 1일전력 사용량

3. 電力 원단위 計算

各 feeder 別 電力消費 및 生産 원단위를 보면 Al 總生産 20,524 kg에 電力 8,721 kWh, 즉 1 kWh 에 2.35 kg의 Al-Chassis를 生産하였고, 산업용(을) 대동력(A) 料金으로 換算하게 되면 1 kg 生産에 23.27원 이었다. 또 CP 工場 도금반에서는 6,567 kg을 도금 하는데 使用한 電力量은 19,750 kWh 이었으며 1 kWh 에 0.33 kg을 도금 하였다. 電力料金으로 換算하면 1 kg 生産에 165.72원 이었으며, CP工場の 新 設, 改 修에는 114,050 kg을 生産 하는데 7,573 kWh의 電力量을 消費하여 1kWh에는 15.06 kg의 제품을 生産하였다. 따라서 電力料金 換算 金額은 1 kg 生産에 3.63원 이었다.

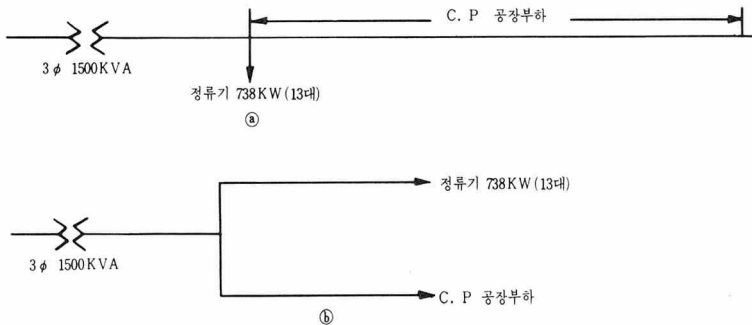
V. 電力 設備管理 合理化 方案 調査

1. 變壓器

測定值를 各 feeder 別로 檢討한 結果 變壓器容量은 現在의 設備에, 900KVA 變壓器(Al 生産用)는 200kW, 1,500KVA 變壓器(CP生産用)에는 300kW, total 500kW의 負荷를 增設 가능한 것으로 나타났다.

2. 電動機

Al生産 150 HP (1 호기)은 정상운전 되고 있으나 100 HP (2 호기)의 경우 가동율 50%가 100~150%의 負荷로 運轉 되고 있다.



〈그림 11〉 배전반 增設圖

3. 배전반 増設

末端에 電壓降下 補償 및 生産別 원단위 計算을 위하여 現행의 方法 (그림 11)의 ㉠에서 ㉢의 方法으로 배전반 2 set를 増設要望.

4. 각 배전반 計器交替

배전반에는 誤動作 혹은 動作을 하지 않는 不良計器 (電流計 3台, 電壓計 1台, CT 1台)가 附着 되어있다. 5台的 計器 交替가 要望된다.

5. 整流器 檢討

이미 III-4에서 前述한 바와 같이 整流器의 變換效率이 70% 정도 이었다.

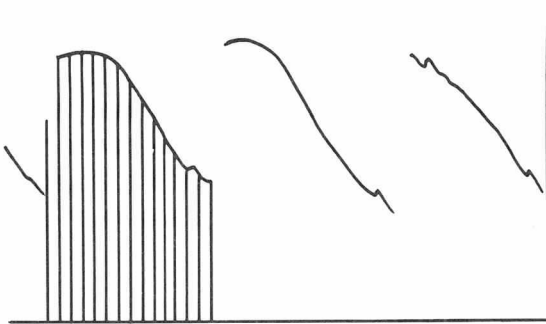
이 工場의 總 電力消費의 50%가 整流器 運轉

에 의하여 消費되는데 整流器의 定格은 二次 D, C 12V, 6,000A 이었으나 실제 稼動은 二次 D, C 7~8V, 4,500A에서 10대씩 並列運轉으로 되고 있었으며 制御方式은 SCR式 電壓調整 이었다. 따라서 本 調査는 現在 A業体에서 使用 하고있는 SCR type 整流器와 高效率 整流器를 重點 비교 檢討 하였다.

가. 現在 稼動中인 整流器

A業体的 稼動中인 整流器는 半波整流로 變壓器 損失 5%, 整流器 損失 5%, transistor 損失 8%, spike suppression feedback network 7%, total 25%의 設計의인 損失 이었으나 定格電壓 및 電流 以下에서 使用하므로 效率은 더욱 낮아져 現在の 70%로 稼動 되고있다. 測定한 data로 파형율과 맥동율을 計算할수 있었으며 그 값은 (그림 12)와 같다.

㉠ 형 정류기



3000 A, $V_{mean}=7.46V$ 14등분 [2 V/cm]

n	Vn	Vn^2
0	6.8	46.24
1	8.8	77.44
2	9.0	81.0
3	9.2	84.64
4	9.2	84.64
5	9.0	81.0
6	8.8	77.44
7	8.2	67.24
8	7.6	57.76
9	7.0	49.0
10	6.2	38.44
11	5.4	29.16
12	5.2	27.04
13	4.8	23.04
14	4.8	23.04

$$V_{mean} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt = 7.46(v)$$

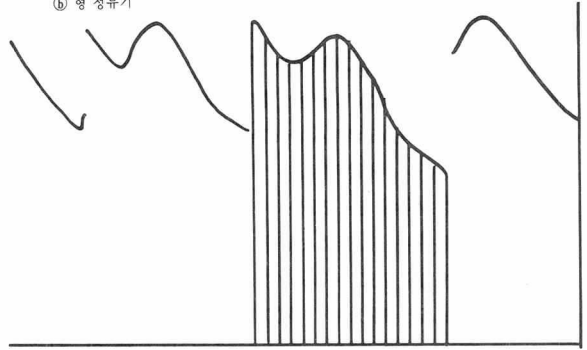
by Simpson's formula

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt} = 7.6(v)$$

$$\text{파형율: } FF = \frac{V_{eff}}{V_{mean}} = 1.019$$

$$\text{맥동율: } \sqrt{FF^2 - 1} = 19.5$$

㉢ 형 정류기



4000 A, $V_{mean}=8.9V$ [2 V/cm]

Vn	Vn^2
11.0	121.
10.4	108.16
10.0	100.
9.6	92.16
9.8	96.04
10.2	104.04
10.6	112.36
10.6	112.36
10.4	108.16
9.6	92.16
9.0	81.0
8.2	67.24
7.4	54.76
6.8	46.24
6.4	40.96
6.2	38.44
5.8	33.64

$$V_{eff} = 9.11(v)$$

$$\text{파형율} = \frac{9.11}{8.9} = 1.024$$

$$\text{맥동율} = \sqrt{1.024^2 - 1} = 22.0$$

<그림 12> 파형율 및 맥동율 계산

나. 高効率 整流器 檢討 (Induction voltage regulator type 整流器)

3상 bridge형 (全波整流) 整流器의 損失 檢討結果, IVR 損失 5%, 變壓器 損失 5%, 整流器 損失 0.5%이었다. 따라서 system 효율은 IVR 효율 × 變壓器 효율 × 整流器 효율 = 89.8% 이었다. 高効率 整流器로 代替時 19%의 損失이 輕減되며, 整流器 稼動에 의한 電力消費가 總使用電力의 50%이므로 全体로 약 10%의 電力損失이 輕減된다. 즉 三相 bridge回路의 高効率 整流器로 代替가 要望된다.

VI. 結 論

測定 檢討 結果 A業体の 1日 電力 使用量은 40,000 kWh/日 이었으며 1日 電力 損失量은 7,327 kWh/日 이었다. 즉 손실율이 18.3% 였다. 電力設備 代替 및 電力設備 管理 方法에 의한 結果는

1. 現在의 變壓器 容量에 500 kW 負荷를 增設할 수 있고,

2. 現在의 整流器 (變換效率 70%)를 高効率 整流器 (變換效率 89%)로 代替하면 1日 4,300 kWh, 月 120,000 kWh의 損失이 輕減하게 된다.

3. 配電반 增設로 1,500KVA線路 末端에 電壓降下를 방지할 수 있으며

4. Feeder設備別 絶緣抵抗 測定時 몇개 소의 상태가 不良하여 清潔 및 補修가 要望되었고,

5. 수·配電반 計器 5台가 不良으로 誤動作 하므로 交替가 要望되었다.

이외에 各 生産工程別 電力量 測定을 통하여 電力 원단위를 計算할 수 있었다.

이에따라 A業体에서는 現在의 變壓器 容量에 약 300 kW의 負荷를 增設하였고, 또 高効率 整流器로 設備代替를 하고있다.

参 考 文 献

1. 整流器 設計基準.

