

전기요금절감을 위한 전력관리기술(1)

글/윤갑구(에이스기술단 회장, 기술사)

목 차

I. 공장에서의 전력관리 기술

- 1. 머리말
- 2. 전력관리
- 3. 최대수요 전력의 관리
- 4. 사용전력량의 저감 및 전력부하의 평준화
- 5. 맺음말

II. 부하관리와 요금제도

- III. 최대수요 제어장치의 현상
- IV. 최대수요 제어장치의 도입사례

I. 공장에서의 전력관리 기술

1. 머리말

최근 하계 최대전력의 증가가 현저하며 이를 위해 정부 주도로 냉방온도를 높히 설정하는 등의 에너지 절약 운동을 진행하고 있다.

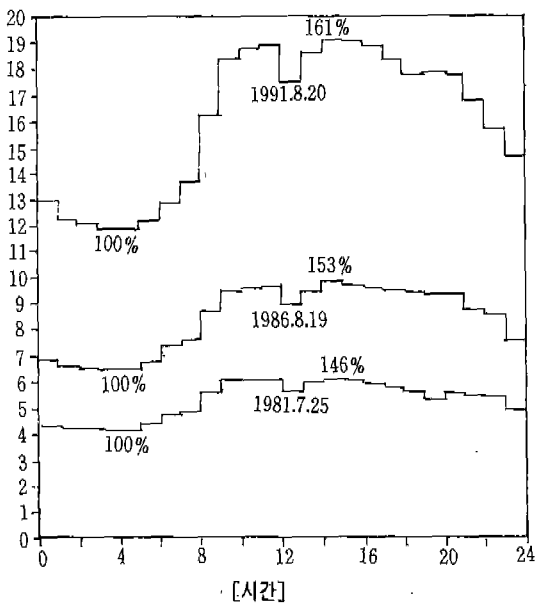
정보화 사회의 진전과 가정 전기기구의 대형화 및 아메니티(Amenity) 지향에 의한 생활 관련 소비가 높아지는 것 등으로 전기 에너지의 이용은 해마다 증가되고 있다. 전력소비는 최근 수년간 증대되었고 이후에도 최대전력의 높은 신장이 예상되고 있다.

1980년대 이전에는 일년중 겨울철 초저녁 부하가 높았는데 그 후부터는 여름철 주간 부하가 높아졌으며 최대부하와 최소부하의 격차, 바꾸어 말해서 주간 간 격차가 <표 1>과 <그림 1>에서 보는 것과 같이 더욱 벌어지고 있다. 1981년과 1986년 및 1991년 여름 최대부하 발생일의 부하특성을 살펴보면 부하율은 감소되고, 최대율(최대전력의 최소전력에 대한 비율)은 증가되며, 최소율(최소전력의 최대전력에 대한 비율)은 감소되고 있다. 즉, 평균부하의 증가에 비하여 최대전력의 증가가 크고 최소부하의 증가는 낮게 나타나므로 부하곡선의 봉우리는 높아지고 골짜기는 깊어지고 있다. 따라서 설비 이용율이 점차 낮아져서 전기요금인상 요인이 되므로 전력부하 평준화(Load Leveling)가 중요한 과제로 대두되고 있다.

전력회사에서는 부하평준화를 도모할 수 있는 각종 부하관리 요금제도를 마련하고, 고객 공장의 1일의 시간대별 전력사용량을 측정하고 최대전력을 억제하거나 전력을 주간에서 야간으로 이동시키는 것에 의해 어느 정도 전기요금이 저감되는가를 소개하여 전력부하 평준화에 협력하기를 요청하고 있다. 이러한것을 가미해서 여기서는 산업계(특히 공장)에서의 전력관리 기술에 대해서 검토한다.

<표 1> 연도별 최대부하 발생일 부하특성

연월일시	일간발전량 [MWh]	평균전력 [MW]	최대전력 [MW]	최소전력 [MW]	부하율 [%]	최대율 [%]	최소율 [%]
'61.12.14.19	5,809	242	304	180	80	169	59
'71.12.10.19	33,009	1,375	1,767	1,058	78	167	60
'81. 7.25.15	127,237	5,302	6,121	4,185	87	146	68
'86. 8.19.15	202,412	8,434	9,865	6,464	85	153	66
'91. 8.20.15	384,244	16,010	19,124	11,881	84	161	62



<그림 1> 연도별 최대부하 발생일 부하특성

2. 전력관리

전력관리란 공장이나 사업장의 생산활동과 사업 활동을 보다 원활히 추진토록하면서 현재보다 더욱 합리적인 전력의 사용방법을 고려하는 것이다. 전력 소비량의 저감, 피크 전력의 억제, 부하의 평준화, 역률의 적정화 등을 도모하므로 전력 원단위 즉, 전력 코스트를 낮추는 것이다. 공장에 있어서 실제로 관리하는 주된 것은 어느 기간중의 「최대 수요전력(kW)」과 「전력소비량(kWh)」 및 「역률(%)」의 관리이다. 이 관리방법을 분류하면 「생산조건을 종합적으로 다루어서 행하는 종합적 관리」와 「개개의 설비의 운전상황을 감시하여 행하는 부분적 관리」로 나누어진다.

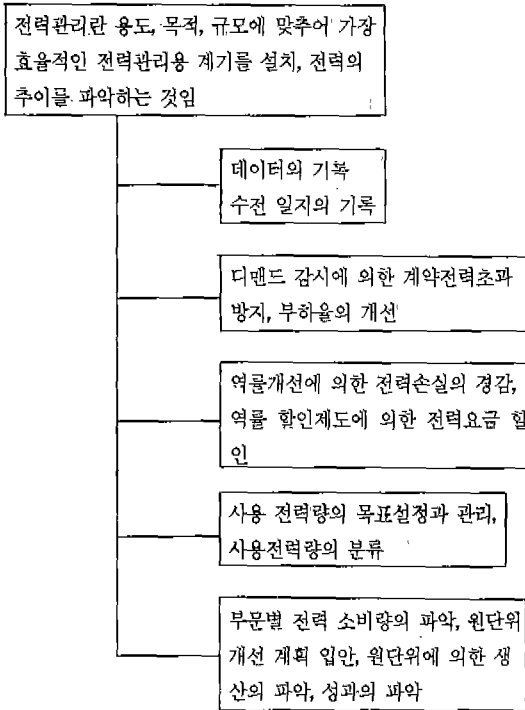
최대수요전력은 계약전력을 적게 하고 전력요금을 낮추게 한다든가 부하평준화를 향상시켜서 전압변동을 적게 하며 전력손실을 감소시키는 외에 수전 설비의 유효활용이 목적이 된다. 전력사용량은 에너지 절약이 목표가 되어 전력 원단위를 사용해서 관리하는 것이 일반적이다. 이것은 불량품율의 저하, 전동기의 공회전 방지, 조명의 태양광 이용 등 조업 안정화 대책, 손실의 관리 및 적절한 조업 환경의 검토 등 부분적인 관리가 주체가 된다.

역률은 교류에 있어서 전압과 전류의 위상차이므로 역률이 나쁘면 회로의 전류가 크게 되어 배전손실이 증가한다. 또 전기요금에 있어서 역률 할인제도에 의하여 기본요금의 증감이 있으므로 코스트 저감의 요소가 된다. 이러한 전력관리를 위해 필요한 사항과 관리사항을 종합하면 <그림 2>와 <그림 3>과 같이 된다.

3. 최대수요 전력의 관리

전기요금은 기본요금과 전력량요금과의 합계치이다. 기본요금은 계약요금에 의해 결정되고 또 요금적용 전력은 실량제(1991. 6. 1부터 실시되고 있는 요금

제도로서 실제로 측정된 최대전력에 의해서 그 이후의 1년간 요금적용전력을 정하는 제도에 의하여 결정된다.



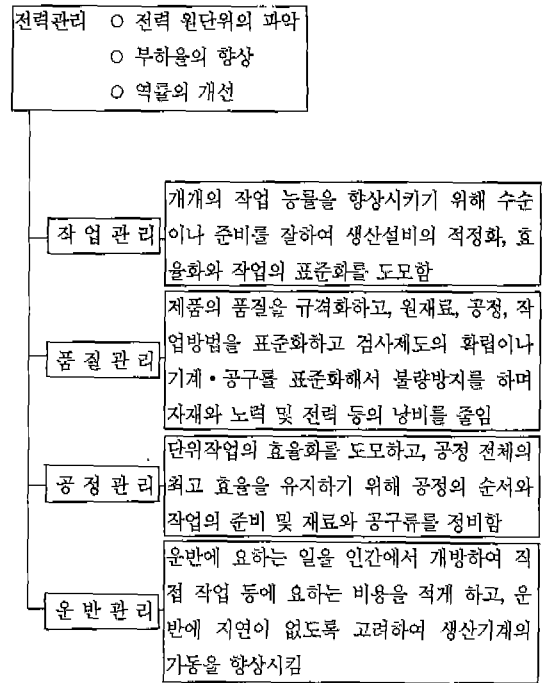
<그림 2> 전력관리를 위한 필요사항

최대전력은 현재로서 에너지 코스트 저감에 반드시 필요한 관리항목이 되고 있다.

최대전력을 저감시키는 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 디맨드 콘트롤러에 의해 최대수요전력의 억제 를 도모한다.
- ② 조업방식이나 공정의 변경 등에 의하여 부하의 평균화를 도모한다.
- ③ 생산방식 및 원재료의 변경 등에 의하여 전력 소비가 적은 생산시스템으로 이행시키는 것 등 을 고려할 수 있다.

또한 최대수요전력의 저감을 위해서는 사전에 충분한 계측을 행하고 개선의 효과를 면밀한 계산이나



<그림 3> 전력관리를 위한 필요한 관리사항

시뮬레이션에 의해 확인할 필요가 있다.

전술한 것과 같이 최대전력의 관리에는 디맨드 콘트롤러의 이용이 유효하다. 최근 비교적 값싸게 입수할 수 있도록 되어 있으므로 디맨드 콘트롤러로 관리하는 것이 바람직하다.

이러한 관점에서 최대수요전력을 억제하면 에너지 절약면에서도 유효하다. 이것의 기본이 되는 사항은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 생산기기 장치의 효과적 이행방법의 추구
- ② 조업의 안정 및 생산성의 향상
- ③ 에너지 절약 기계설비의 도입
- ④ 전력설비의 손실 경감
- ⑤ 전 종업원에 대한 에너지절약 의식의 고취

4. 사용전력량의 저감 및 전력부하의 평준화

공장전체의 사용전력량을 저감시킴과 동시에 사용

전력량의 주야간 격차를 적게 하기 위한 방법은 다음과 같다.

가. 사용전력량의 파악

사용전력량의 기록은 공장내 설비의 가동상황이나 전력 원단위의 산출을 위한 기초 데이터가 된다. 기록방법에 대하여는 목적에 따라 다르지만 일반적으로 전등, 전력(동력)별 또는 부문별, 공정별로 행하는 것이 바람직하다. 부문별, 공정별의 계측에는 시판하는 전력량계를 사용하면 좋다. 아울러 매월의 사용전력량의 합계를 기록하는 방법도 있으나 매일, 시간대별의 사용량을 기록하고 활용하는것이 이상적이다.

나. 전력 원단위의 개선

전력의 소비량은 하계, 동계 등의 계절에 따라 변화하고, 생산량, 제품의 종류 및 작업시간의 변화 등에 따라 변동하므로 그 절대량을 쓰지 않고 단위 생산량에 대하여 어느 만큼의 전력량을 사용하였는가를 나타내는 「전력 원단위」를 사용하여 관리한다.

일반적으로 1개월 또는 1년간을 기초로 해서 다음의 식으로 구해진다.

$$\text{전력 원단위} = \frac{\text{사용전력량[kWh]}}{\text{생산량[t, kg, l, 개 등.]}}$$

생산과는 직접 관계가 없는 부문에 있어서의 전력 사용량은 생산부문의 그것과는 별도로 관리한다.

이것에 따라 생산에 사용된 전력량, 생산과는 전력 관계가 없는 부문의 전력량이 구별되어 파악되는 것으로부터 목표치를 정할 수가 있고, 그 각각에 대하여 목표 달성도와 평가가 가능하게 된다. 따라서 생산량 또는 품질의 변화 및 작업 환경설비 등의 개선에 관계없이 그 공장의 사용전력량을 감소시키는 방법을 찾아낼 수 있다.

공장전체의 사용전력량의 절감을 위하여는 전력 원단위의 개선이 중요하다. 전력 원단위가 개선되는 케이스로서는 대별해서 다음의 3가지가 고려된다.

- (1) 생산량이 동일한데, 사용전력량이 적어졌을 경우
- (2) 사용전력량이 동일하데, 생산량이 증가된 경우

- (3) 생산량, 사용전력량 공히 증가했으나, 사용전력량 증가의 비율보다 생산량의 증가 비율이 클 경우

이상의 것으로부터 전력 원단위를 개선시키기 위한 포인트로서는

- (1) 작업공정의 합리화
- (2) 개별작업의 향상
- (3) 전기설비용량의 적성화
- (4) 기기설비의 공전방지
- (5) 지체시간의 방지

등을 들 수 있다.

이것으로부터 구체적으로는 다음과 같은 항목에 대해 개선되는 것이 바람직하다.

- (1) 배선용량의 적성화
- (2) 전압, 역률, 부하율 등의 개선
- (3) 고효율 기기의 도입
- (4) 생산설비 용량의 적성화, 보전관리 등
- (5) 작업공정의 개선과 간소화
- (6) 라인뱅크(공장, 작업장의 배치)의 개선
- (7) 기계화, 자동화, 생산설비의 효율화
- (8) 품질의 레벨향상 대책
- (9) 품질관리 체제의 조직 조성
- (10) 에너지절약의 침투
- (11) 안전의 확보와 환경의 보전
- (12) QC 서클 등의 활용

다. 부하율의 개선

어느 기간의 평균 사용전력을 그 기간의 최대전력으로 나눈 수치의 백분율을 부하율이라 한다. 전력을 항상 평균해서 사용할 경우 부하율은 높고, 설비의 가동율이나 생산성의 향상과 더불어 전력사용의 효율화에 크게 기여한다.

부하율은 기간을 정하기에 따라 일부하율, 월부하율, 연부하율 등으로 나누어진다. 부하율의 개선은 다음과 같은 이득을 준다.

- (1) 수전설비, 배선설비 등의 용량을 특별히 크게 할 필요가 없음
- (2) 전력손실의 경감

(3) 전압변동율의 저하

부하곡선은 그의 공장의 어느 기간에 있어서의 생산량, 공조부하 등의 변동을 나타낸다. 따라서 관계자들의 검토회의 개최로 작업수순, 지체시간, 생산량과 사용설비용량, 기기설비의 공전시간, 말단설비의 역률 및 야간이행 가능한 설비와 작업의 적출 등에 부하곡선을 활용하는 것이 바람직하다.

1. 부하설비가동의 실태 파악
2. 피크전력을 정부하 시간대로 옮겨 설비가동률을 높이는 방법
3. 업무시작과 종료시 부하곡선의 상승과 하강의 기울기는 어떤가?

검토된
중에서
개선방법

1. 최대전력의 억제
 - 디맨드 콘트롤러에 의한 피크컷트
 - 시차운전에 의한 부하의 이행
 - 기계설비의 적정사용
2. 부하의 심야이행
 - 부하를 심야에 이행하기 위한 제조건의 검토
3. 작업시간의 연장
 - 설비 가동시간의 연장에 의한 연속 작업을 위한 제조건의 검토
4. 기계의 보전계획
 - 설비의 고장을 필수로 적게 하고 연속작업을 위한 제조건의 검토
5. 운반, 준비작업 등의 개선
 - 지체시간, 공전시간 등의 감소를 도모하는 운반, 준비작업 등의 검토

<그림 4> 부하곡선의 검토

라. 역률개선

역률은 유효전력의 피상전력에 대한 비율로서 다음의 식으로 나타낸다.

$$\cos\theta = \frac{\text{유효전력}}{\text{피상전력}} \times 100 = \frac{P}{S} = \frac{P}{EI} \times 100[\%]$$

역률의 개선에 따라 다음과 같은 효과를 얻는다.

- ① 전력손실의 경감
- ② 변압기, 개폐기, 배선류는 전류의 크기에 따라 제한되므로 역률 개선에 따라 전류가 감소하면 그만큼 여유가 생긴다.
- ③ 전기요금의 기본요금은 역률 90%를 기준으로 설정되어 있다.

따라서 90%를 초과하는 경우에는 95%까지의 초과하는 때 1%에 대하여 기본요금의 1%씩을 감액하고, 미달하는 경우에는 미달하는 때 1%에 대하여 기본요금의 1%씩을 추가한다.

그러나 역률이 개선되는 것은 개선용 콘덴서의 취부개소에서 전원축이므로 콘덴서는 배선의 말단이나 또는 기기에 직접 취부하는 것이 바람직하다.

또한, 수전설비에 설치되어 있는 경우, 경부하시나 휴일 등(조업정지일 등)에 그대로 접속되어 있는 경우 역률이 진상으로 되어 손실전력이 증가한다.

따라서 수동 또는 자동 어느 방법으로도 사용치 않을 때에는 콘덴서를 부하에서 분리할 필요가 있다. 콘덴서의 분리는 원방제어, 자동제어 방식에 의해 실시되는 것이 안전면에서 바람직하다.

5. 맺음말

전기는 동력, 열, 조명 등 형태를 쉽게 바꿀수 있어서 생산의 여러 분야에서 널리 활용되고 있다.

전기는 크런 에너지일 뿐만 아니라 사용한 양을 계측하기 쉽고, 제어도 용이하며 다른 에너지에 비해서 우수한 성질을 갖고 있다.

이 때문에 근래 수년간 산업계에 있어서 전력에너지의 증가가 현저하다. 공장에 있어서는 생산성과 품질의 향상 및 사용에너지의 저감을 포함한 제조코스트의 절감에 주야로 힘쓰고 있지만 더욱 더 사용전력량의 절감 및 전력부하율의 개선에 노력해야 할 것이다. ㉔

<다음호에 계속.....>