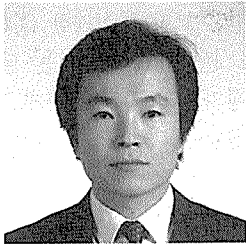


수용가를 위한 디맨드감시·제어 장치



韓國 電氣 研究所
電力系統 研究室
研究員 成 耆 哲

1. 서 론

국가 발전의 최대목표가 첨단기술 확보에 의한 고도의 경제성장기인 오늘날 에너지원의 대부분을 차지하는 석유의 소비량이 기하급수적으로 증가하고 있는 추세에 놓여있다. 그러나 석유의 매장량은 그 한도가 있고 특히 우리나라와 같은 에너지 소비국에서는 범국가적 차원에서의 절약에너지 대책이 경주되어야 하리라 본다.

전기에너지는 사용이 편리하여 산업발전의 원동력이 되고 있는데 이의 이용 합리화 수단의 하나인 디맨드감시·제어장치에 대한 전반적인 내용에 대해 기술하고자 한다. 이 장치는 전력사용이 많은 300kW 이상의 수용가에 있어서 피크시 전력이 계약전력을 초과하지 않도록 감시·제어하여 에너지 사용의 합리화 및 전기요금 절감효과를 도모할 수 있는 절약에너지 機器중의 하나이다. 또한 이 장치는 각 수용

가의 Peak를 Cut, Shift해 줌으로써 국가적 견지에서 의 절약에너지화에 기여한다. 최근 생활수준의 향상에 의해 하계 냉방부하의 급증에 의한 피크의 첨예화·공급여력의 감소가 두드러지고 있으므로 전력의 대부분을 소비하고 있는 산업설비에 디맨드감시·제어장치를 도입하는 적극적인 자세가 필요하다고 하겠다.

2. 부하곡선 및 부하율이란?

수용가의 사용전력은 구내부하의 변동에 의해 끊임없이 변하고 있고 이를 관리하기 위한 방법으로 부하곡선이 이용된다. 부하곡선에는 일부하곡선, 월부하곡선, 연부하곡선이 있으며, 이중 일부하곡선은 1일분의 부하변동 상황을 1시간 마다의 평균전력의 변화를 그래프로 도시한 것으로 일례를 보이면 그림 1과 같다.

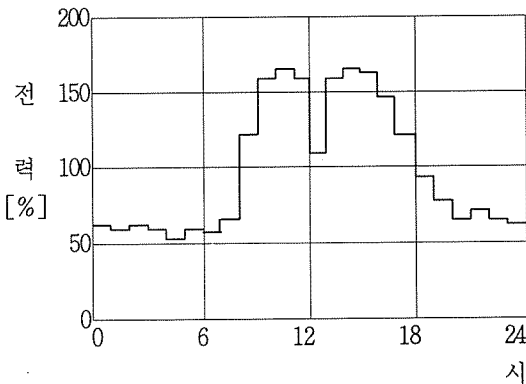


그림 1. 부하곡선의 일례

부하율이란 어떤 기간중에 걸친 평균전력과 동일 기간에 발생한 최대전력의 비이다. 기간에는 日, 月, 年이 사용되고 각각 일부하율, 월부하율, 연부하율이라 부르고 다음식으로 표현된다.

$$\text{부하율} = \frac{\text{평균전력}}{\text{최대전력}} \times 100\%$$

3. 부하패턴 조사 및 분석

가. 필요성

전력수요는 시시각각으로 변화하며 이를 전력부하와 시간의 함수로 표시한 것이 부하곡선(Load Curve)이다. 시간당 평균전력을 하루 24시간동안 나타낸 것을 일부하곡선이라 부르고 하루중 최대수요전력에 대한 평균전력과의 비율을 부하율(Load Factor)이라 한다. 수용가 전력관리를 위해서는 먼저 자체 부하에 대한 면밀한 조사가 선행되어야 하며 이를 바탕으로 최대수요전력이 나타나는 시점을 요일별, 계절별로 기록·분석해야 할 것이다. 또한 수용가 자체의 부하율을 증진시키기 위한 연구 또한 병행 함으로서 자체의 전력원 단위를 낮추기 위한 노력이 필요하다.

나. 부하의 용도별 및 계약종별 분류

구분	내용
용도별	家庭用 住宅用 (APT 綜合契約 포함)
	商業用 電氣·GAS, 水道, 建設, 都·小賣, 運送通信, 電鐵, 金融, 農事用不動產, 宿泊業
	重化學工業 化學, 非金屬, 1차 金屬產業
	輕工業 其他 全產業
계약종별	宿泊業 住宅用 需用, 단 주택용 이외의 수용으로서 계약 최대전력 3kW이하 수용과 APT종합계약 수용은 고객이 주택용 적용 희망시
	업무용 官公署, 教育, 報道機關, 軍用, 病院, APT綜合契約, 其他 營業行爲 需要
용도별	産業用 (甲) 산업분류표에서 정한 산업중 계약 전력 300kW미만 및 상수도, 분뇨하수처리장 需用
	産業用 (乙) 산업분류표에서 정한 산업중 “갑”이외의 需用
	農 事 用
	街 路 燈 任 時 電 燈 및 動 力

다. 부하곡선의 변화요소

일반적으로 부하곡선의 변화 요인은 다음의 8가지에 의해 기인한다.

- ① 근무일과 비근무일
- ② 하루중의 활동시간
- ③ 계절의 변화
- ④ 온도·습도 등의 기상조건
- ⑤ 산업구조의 변화
- ⑥ 사회적, 문화적 전력소비 관습
- ⑦ 경기의 호·불황
- ⑧ 전력요금 및 타 에너지와의 경제성

라. 용도별 부하의 특성분석

용도별로 나누어 각각의 부하특성에 대한 경향을 분석하면 다음과 같다.

(1) 가정용

- 소득수준 향상으로 가전기기 보급확대
- 과거 조명 중심에서 가전기기 중심으로 소비패턴 변화
- 동계(1月)와 하계(8月)의 호당 월소비량은 '78년부터 하계가 더 많은 전력소비
- 초저녁 집중 및 심야격감(조명, 취사, 냉·난방)

(2) 상업용

- 하계 냉방부하는 매년 증대되고 있으나, 그 증가속도는 보온효과가 높은 단열시공 및 절전형 냉방기기가 대체 및 가스냉방 증대로 그리 크지 않았다. 그러나 최근 대형 오피스빌딩의 신축증가 및 산업구조 변화에 따라 3차산업인 서비스업이 발달함에 따라 이 부문의 전력소비가 다시 증가하는 추세이다.
- 가정용, 농수산업, 광업 및 제조업을 제외한 公共, 建設, 水道, 鐵道, 社會 및 개인서비스업 등에 사용되는 전력
- 주간집중 및 심야격감(조명, 업무설비, 냉·난방)

(3) 산업용

- '75년 산업용 구성비가 71%이었으나 '80년대 이후 전자·기계 등 경공업 위주의 산업구조의 변화로 전력다소비 산업인 시멘트·철강·화학 등 중화학의 구성비가 급격히 하락하여 '85년 산업용 구성비는 64.4%로 되어 이후 큰 변화가 없다.

- 제조업중 식·음료품의 하계 출하 증가와 기계설비의 적정습도 유지를 위한 공조설비의 증가로 하계가 동계보다 전력소비량이 높게 나타남.
- 중화학보다 경공업이 계절에 따라 전력사용량의 차이가 심하여 부하율의 감소 원인이 되고 있음.
- 고르게 사용.

마. 계약종별 부하특성 분석

참고로 1988년 한국전력에서 조사한 계약종별 수용가 호수, 평균부하, 일부하율을 나타내면 아래의 표 1과 같다.

표 1. 계약종별 부하특성(1988년)

계약종별	호 수	평균부하 (kW)	일부하율 (%)
업 무 용	1,222	327,234	74.7
산업용 (甲)	270	382,045	86.8
산업용 (乙)	2,594	4,118,711	90.9
기 타	14	1,303	79.6
계	4,100	4,829,293	89.9

(1) 업무용

업무용에 속하는 500kW이상 수용가의 대부분이 병원, Hotel, 상업용빌딩, 아파트, 중앙관공서 등으로서 경부하 시간대 즉, 심야시간에 전력을 덜 소비하는 특성을 갖고 있다.

(2) 산업용(甲)

경부하와 중부하와의 차이가 크다.(33.2%)

(3) 산업용(乙)

경부하와 중부하와의 차이가 작다. 특히 최대부하 시간대에 상대계수가 0.87로서 평균부하보다 13%전력을 덜 소비하고 있으며 이것은 타시간대보다 최대부하 시간대에 과중한 요금을 부담하는 최대부하 억제요금제도를 수용하여 수용가가 최대부하 시간대에 조업을 줄이고 타부하 시간대로 조업을 늘리거나 자가발전을 가동하기 때문이다.

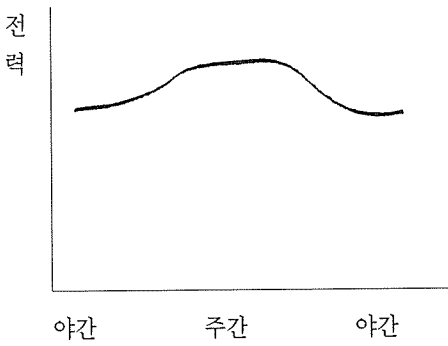
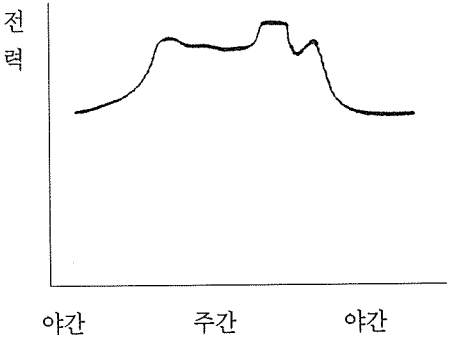
바. 업종별 부하특성 분석

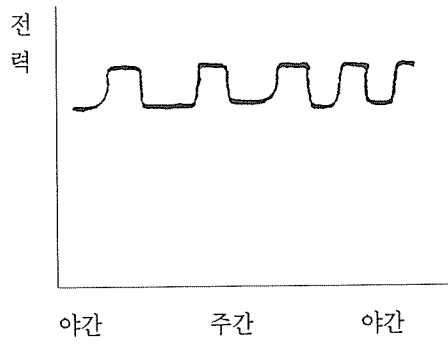
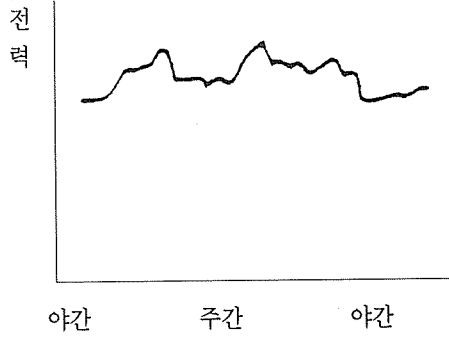
- 부하율이 높은 업종

섬유·의복(94.9%), 화학(93.2%), 종이제품(92.9%), 수도사업(92%), 1차철강(91.7%), 비료(90.9%), 전기기계기구(88.2%), 비금속(86%), 석유정제(84.8%), 식품품(83.8%), 시멘트(83%), 석탄광업(82.2%), 나무 및 나무제품(81.5%), 1차비철(81.5%), 운송·창고(80.5%)

- 부하율이 나쁜 업종
 주택용(60.5%), 농사용(60.8%), 건설업(61.4%), 금융·보험업(62.5%), 피혁(66.8%), 정밀기계(67.4%), 도소매음식(68.7%), 인쇄 및 출판업(71%), 기타제조업(71.2%), 기계 및 장비(71.3%), 전철(71.5%), 기타광업(74%)

사. 부하곡선의 패턴분류

부하패턴 I	부하패턴 II
	
특	징
<ul style="list-style-type: none"> · 부하변동 완만, 피크영역에서 돌출부 없음. · 특정부하 차단·투입에 의한 효과가 적다. · 축열식 열펌프 사용에 의한 시간대 이동효과가 기대됨. 	<ul style="list-style-type: none"> · 부하변동이 다소 있으나 피크시간대가 일정하며, 지속시간이 짧다. · 주기적 피크를 야기하는 단시간 부하가 예상됨. · 디맨드 감시·제어장치를 활용 목표전력 초과를 미연에 방지 할 수 있음.

부하패턴 I	부하패턴 II
	

특	징
<ul style="list-style-type: none"> · 피크가 주기적으로 생김. · 주기적으로 피크를 가져오는 부하를 추출하여 에너지 축적능력이 큰 것을 간헐 운전토록 유도함. · 디맨드 감시·제어장치를 활용 목표전력 초과를 미연에 방지 할 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 피크가 발생하는 시간대 및 크기가 불규칙함. · 피크를 야기하는 특정부하 추출이 곤란함. · 불규칙한 부하변동을 고려하여 디맨드 감시·제어 장치를 고려하여 디맨드 감시·제어 장치를 활용 목표전력 초과를 미연에 방지 할 수 있음. · 인위적으로 관리가 용이한 부하는 야간의 시간대로 이동시키는 것이 필요함.

4. 전기요금 제도

전력사업은 기간산업으로서 공익·독점성 사업이므로 정부에서는 전력사업에 대해 어느정도 규제를 하고 있다. 특히 전기요금은 그 중요 규제대상의 하나로 정부의 승인을 받도록 정하고 있다. 전기요금은 기본요금과 전력량요금으로 구성되며 계약종별, 즉 주택용, 일반용, 산업용, 농사용, 가로등, 심야전력에 따라 다르다.

최근 부하관리요금제도를 이용하여 소비자들의 전기사용 형태를 변화시켜 전기의 합리적 사용을 유도하고 있으며, 우리나라에서도 1977년부터 시간대별 차등요금제도, 1985년부터 하계휴가, 보수기간 조정 요금제도와 심야전력요금 제도, 1990년부터는 전력수급 조정 요금제도와 계절별 차등요금제도가 시행되고 있다.

가. 기본요금

기본요금은 전력회사가 전기를 발생하여 송전하기 위해 필요한 설비에 요구되는 고정적인 비용에 해당되고 아래식과 같이 계산된다. 이 식에서 알 수 있듯이 요금적용전력을 10%절하하면 기본요금도 10%만큼 싸짐을 알 수 있다.

$$\text{기본요금} = [\text{요금적용전력} \times \text{단가}] \times [\text{역율할인} \text{ 혹은 } \text{할증}]$$

윗식에서 요금적용전력이란 최대수요 전력계를 설치한 수용가에서 검침당월을 포함한 직전 12개월 중

의 최대수요전력을 의미한다. 그리고 역율에 따른 요금의 할인 또는 할증은 수용가의 역율이 90%를 초과하는 경우에는 95%까지의 초과하는 매 1%에 대하여 기본요금의 1%씩 할인하며 역율이 90%에 미달하는 경우에는 미달하는 매 1%에 대하여 기본요금의 1%씩을 할증하고 있다.

나. 전력량 요금

전력량 요금은 수용가에서 사용한 전력량에 대한 사용요금으로 계약종별에 따라 다소차이가 있다. 즉 일반업무용의 경우 계절별 차등요금제도가 적용되며 산업용의 경우 계절별 및 시간대별 차등요금제도가 적용되고 있다.

다. 전력부하관리 요금제도

계약 종별내에는 통상의 규정 요금제도와는 별도의 전력부하관리 요금제도가 있다. 이는 심야전력, 여름철 휴가 또는 보수기간 조정에 따른 요금감액 및 최대수요전력 조정을 위하여 수용가가 전력회사의 요청에 응하여 전기의 사용을 제한하는 것을 조건으로 수급계약을 맺고 전력회사는 수용가 부하조정의 정도에 응하여 생기는 공급원가 절감액을 수용가에 환원하는 등의 3가지 요금제도이다.

라. 전기요금표(1992. 2. 1시행)

(단위: 원/호 kW, kWh)

구분		현행					조정						
주택	기본요금	· 100kWh까지 338					· 100kWh까지 338						
		· 101~200kWh 676					· 101~200kWh 740						
		· 200kWh 초과 1,0141					· 201~300kWh 1,310						
		· 300kWh초과 100kWh당 1,301					· 300kWh초과 100kWh당 1,301						
용	전력량요금	50kWh까지	51~100	101~200	201~300	300초과	50kWh까지	51~100	101~200	201~300	300초과		
		30.70 (1)	68.50 (2.2)	102.90 (3.4)	102.90 (4.8)	215.00 (7.0)	30.70 (1)	72.50 (2.4)	108.90 (3.5)	157.50 (5.1)	227.70 (7.4)		
일반	기본요금	저압 (110~380V)		고압 A (3.3~66kV)		고압 B (154kV)		저압 (110~380V)		고압 A (3.3~66kV)		고압 B (154kV)	
		4,045		4,045		4,045		4,370 (4,045)		4,370 (4,045)		4,370 (4,045)	
용	전력량요금	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)
		74.40	49.60	72.80	48.50	71.10	47.40	76.80 (72.40)	51.10 (49.6)	76.80 (72.80)	51.20 (48.50)	75.00 (71.10)	50.0 (47.4)
산업	기본요금	저압 (110~380V)		고압 A (3.3~66kV)		고압 B (154kV)		저압 (110~380V)		고압 A (3.3~66kV)		고압 B (154kV)	
		2,850		2,820		2,630		3,280		3,250		3,020	
업	전력량	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (7-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)
		45.50	35.10	45.30	34.90	44.90	34.60	46.60	36.00	46.40	35.70	46.00	35.50
용	요금	시간대구분		하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)	시간대구분		하계 (6-8)	타계 (9-5)	하계 (6-8)	타계 (9-5)
		심야	야	24.30	24.30	23.60	23.60	심야	야	25.30	25.30	24.70	24.70
		주간	간	60.90	35.60	58.80	35.30	주간	간	63.50	37.30	61.80	37.00
		저녁	녁	44.20	44.20	42.60	42.60	저녁	녁	46.10	46.10	44.80	44.80
농업	기본요금	갑	을	병	전	등	갑	을	병	전	등		
		300	810	950	W당 17.00		300	810	950	W당 17.00			
용	전력량요금	18.30	23.50	32.40	(최저 570)		18.30	23.50	32.40	(최저 570)			
		갑(정액등)			을(종량등)			갑(정액등)			을(정량등)		
가로	등	W당 17.00			2,850			W당 18.00			3,020		
		(최저 570)			39.10			(최저 600)			41.50		
심야	전력	갑			을			갑			을		
		21.50 (최저 430)			4,045×기타시간 사용비 - 심야시간 : 24.30 - 기타시간 : 61.10			22.40 (최저 440)			4,370×기타시간 사용비 - 심야시간 : 25.30 - 기타사용 : 65.60		

※ 일반용의 ()는 교육용(학교, 도서관, 박물관)에 적용되는 요금임

5. 디맨드란 무엇인가?

디맨드의 개념을 정확히 파악하기 위해서는 디맨드(수요전력)-전력량-사용전력(부하의 전력값)의 관계를 이해해야 한다. 디맨드란 정해진 시한(디맨드 시한)내의 평균전력을 말하며 다음식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \text{디맨드[kW]} &= \text{시한내의 사용전력량[kWh]} / \text{시한[h]} \\ &= \text{시한내의 사용전력량[kWh]} \\ &\quad \times 60 / \text{시한[분]} \end{aligned}$$

우리나라의 경우는 디맨드시한이 15분이므로

$$\text{디맨드[kW]} = \text{시한내의 사용전력량[kWh]} / 4$$

와 같다.

즉, 그림 2에서와 같이 디맨드시한 15분 내에서의 전력과 전력량의 관계를 알 필요가 있다. 그림에서 W는 시각 t에서 전력계의 표시치이고 p는 0분에서 t분까지의 기간에 전력량계에서 발신된 pulse 적산수에 비례한다. 디맨드시한 15분내에 소비한 전력량 p_m [kWh]을 4배한 것이 15분간의 평균전력 W_m [kW]과 같고 이를 디맨드라 부른다. 이중 과거 1년간에 발생한 최대치를 최대수요전력이라고 하고 이를 근거로 기본요금을 적용 받게된다. 디맨드감시·제어의 목적은 이 최대수요전력이 목표전력을 초과하지 않도록 단위시간에 걸쳐서 사용전력량을 감시·제어하는 것이다.

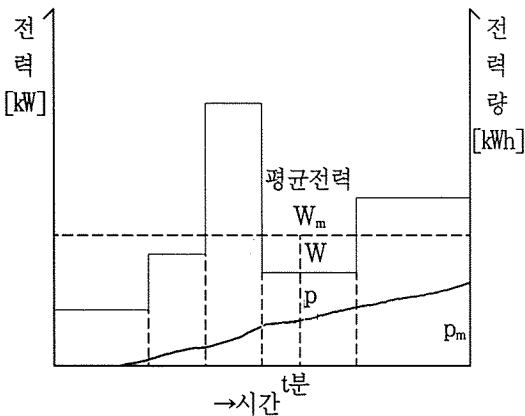


그림 2 디맨드 관리곡선의 예

6. 디맨드감시·제어의 필요성

전술한 바와 같이 전력거래의 기준이 최대수요전력이므로 수용가에서는 피크전력의 억제, 부하의 평준화, 역율의 적정화를 피함으로써 전력원 단위(전력코스트)를 낮추려는 노력을 하지 않으면 안된다. 새로 개정된 전기공급 규정에 따르면 검침당월을 포함한 12개월 중 최대수요전력을 요금적용전력으로 하는 소위 기본요금 12개월 연동제를 시행하고 있으므로 수용가의 자발적인 최대 수요전력 억제를 유도하고 있다. 따라서 수용가에서는 최대 수요전력을 지속적으로 감시하여 만일 수요전력이 수용가에서 정한 목표전력을 초과할 우려가 있을 때에는 사전에 선정된 중요도가 낮은 부하(냉온방 설비 및 조명설비)를 일시적으로 정지시킴으로써 수요전력을 억제하여 목표전력의 초과를 사전에 방지해야 한다. 또한 부하율이 낮은 수용가일수록 피크의 정도가 심하므로 디맨드 감시·제어장치 등에 의해 지속적으로 수요전력을 감시·제어하여 전력설비 운용의 효율화, 에너지 절약과 아울러 설비가동을 향상을 피하여야 할 것이다.

7. 디맨드감시·제어 장치의 도입 효과

디맨드감시·제어 장치의 도입효과는 다음과 같다.

- ① 전력의 유효이용 가능
부하조정에 의해 계약전력 범위안에서 전력을 효과적으로 사용할 수 있으며, 생산 등과 직접관련이 없는 공조, 조명, 환기 등의 부하를 자동제어 함으로서 불요불급한 저역소비량을 절감할 수 있다.
- ② 전기요금의 절약가능
피크전력을 목표전력내로 억제하거나 또한 목표전력에 여유가 있을 경우에는 목표전력을 절하시켜서 전기요금의 절감을 가져올 수 있다.
- ③ 계약전력의 상승방지
전기공급규정 제 18조 [계약전력의 결정기준]의 2항 “사용설비 또는 변압기설비의 변경없이 최대수요전력이 계약전력을 초과하였을 경우에는

제1항에도 불구하고 최대수요전력으로 할 수 있습니다.”에서와 같이 최대수요전력을 디맨드 감시·제어 장치에 의해 조정해 주면 계약전력의 상승을 미연에 방지할 수 있다.

- ④ 부하율 향상에 따른 수전설비의 여유증가
부하율 향상으로 인해 추후 수용가의 부하증가로 인한 설비증설을 지연 시킬 수 있다.
- ⑤ 부하관리 요금제도에 가입가능
수요전력의 제어가 가능하기 때문에 夏期피크時 등에 최대수요전력을 일정비율로 낮출 수 있으므로 각종 전력부하관리 요금제도에 가입하여 요금 감면 혜택을 얻을 수 있다.

8. 디맨드감시·제어장치 도입시 고려사항

가. 제어대상

부하를 제어할 대상기는 수용가의 업종에 따라 달라진다. 일반적으로

- ① 냉방설비
- ② 전기로
- ③ 콤프레서
- ④ 조명
- ⑤ 기타 단시간 정지가 가능한 부하설비

등을 들 수 있으며, 건조로, 양수펌프, 긴급시 부하조정이 가능한 기기 및 자가 발전설비에 의한 출력조정을 들 수 있다.

나. 제어부하의 선택

일반 업무용의 경우 냉방설비 및 관련 보조기기(냉수펌프, 냉각탑) 및 중요도가 낮은 부하(예를 들면, 조명설비 및 통풍용 공조설비 등)가 대상이 된다.

공장에서는 생산에 영향을 주지 않는 것을 조건으로 하기 때문에 보통은 통풍용의 공조설비가 대상이기는 하지만 그 전력량이 차지하는 양이 작아서 필요한 제어용량을 확보할 수 없는 경우가 대부분이다. 따라서 부득이 할 경우에 생산기기를 정지할 경우 단시간의 정지가 가능하고 다른기기에 영향을 주지 않는 기기, 제품의 품질에 영향을 주지 않고 현장에서 안전성에 문제가 없는 기기를 대상으로 하는 것이 필요하다.

다. 부하제어 방법

부하제어 방법으로 각 업종에 따라 어느 부하설비를 제어 대상으로 하는가, 조업형태는 어떠한가에 따라 자동 및 수동 부하제어 방식으로 분류된다.

① 자동 부하제어 방식

부하를 자동으로 제어하기 위해서는 신호형태에 따라 다음의 두가지로 나눌 수 있다.

- 전송방식
- 전용선 방식

전송방식은 디맨드감시·제어장치로 부터의 제어 신호에 의해 직접부하를 제어하는 것이며, 전용선 방식은 제어용 신호선을 부설하여 이선을 통해 부하를 제어 하는 것이다.

② 수동 부하제어

자동 부하제어를 실시하기 어려운 경우 디맨드 감시·제어 장치로 부터의 경보발생 후 수동으로 부하를 제어하는 방식이다. 이러한 경우 아래의 3가지 점을 사전에 검토해야 한다.

- 연락방법
 - 대상부하를 제어 하는데 필요한 소요시간
 - 디맨드감시·제어장치 설치장소에 따라 관리부서를 사전에 결정
- 부하제어를 효과적으로 하기 위해서는 다음항목에 대한 사전 검토가 필요하다.

- ① 사전에 계절별, 요일별 전력사용 상태를 파악한다.
- ② 생산공정을 충분히 파악한다.(공장)
- ③ 최대생산량, 주문수량, 기기의 생산능력, 가동률 및 소비전력을 산정해 둔다.(공장)
- ④ 사용전력이 목표디맨드를 초과 할 우려가 있을 경우 디맨드 잔여시간을 감안해 출력을 어느 정도 줄일 것인가, 또는 어느정도 가동정지를 할 것인가 등 상황에 대응한 작업지시서를 사전에 준비한다. 이 경우 소비전력, 부하의 가동상황, 조업상태 등의 종합적 부하관리를 하기 위해서는 부하곡선에 대한 충분한 사전검토가 필요하다.

9. 디맨드감시·제어장치의 종류

디맨드감시·제어장치는 70년대에 최초 개발된 이래 다음과 같은 형태로 발전되어 왔으며 지금도 새

로운 예측·제어 알고리즘에 대한 연구가 꾸준히 계속되고 있다. 특히 최근 일본에서는 Fuzzy기법을 도입한 새로운 디맨드 예측기법을 도입한 제품을 시판하고 있다.

(1) 실적 디맨드형

시한내의 디맨드 실적값(현재 디맨드값)이 미리 설정한 값이 되면 경보를 발생하여 디맨드를 감시하는 방식으로 장·단점은 아래와 같다.

장 점

- 값이 싸다.
- 제어수가 적은 수용가에 적합하다.

단 점

- 경보 발생시 긴급도가 시한의 잔여시간에 따라 달라진다.
예로 그림 3의 A점에서 발생한 경보가 B점에서 발생한 경보 보다도 긴급도가 높다.
- 또한 경보가 발생한 이후 목표디맨드까지 A와 B는 기울기가 다르므로 구체적으로 어떻게 얼마만큼의 부하를 차단해야 할지 알 수 없다.

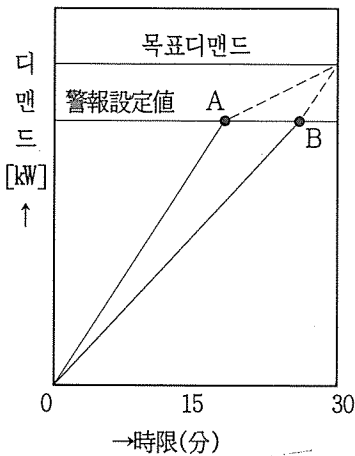


그림 3. 실적 디맨드형

(2) 허용 전력형

실적 디맨드형의 결점이던 시한과 긴급도의 관계를 개선한 것으로 경보발생의 한계값이 시한과 함께 변화하도록 한 것으로 그림 4에서와 같이 경보가 A점에서 발생하든 B점에서 발생하든 이상적 전력사용

직선은 같아지므로 몇 kW의 부하를 차단하면 되는지를 알 수 있으므로 제어할 부하의 지표를 구할 수 있다.

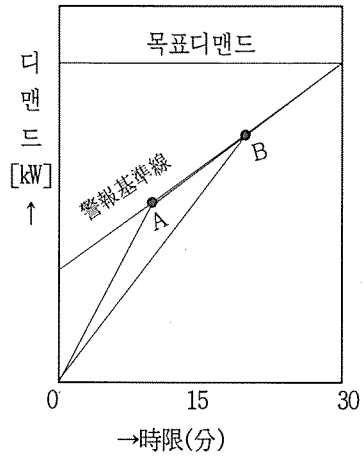


그림 4. 허용 전력형

(3) 예측 디맨드형

샘플링 시간내의 전력량 증가로 부터 시한종료시의 디맨드를 예측할 수 있도록 함으로서 현재 시점에 제어해야 할 전력(조정전력을)알수 있으므로 감시 및 제어를 보다 효과적으로 할 수 있는 방법이다.

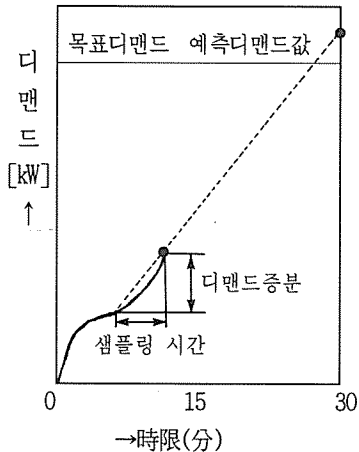
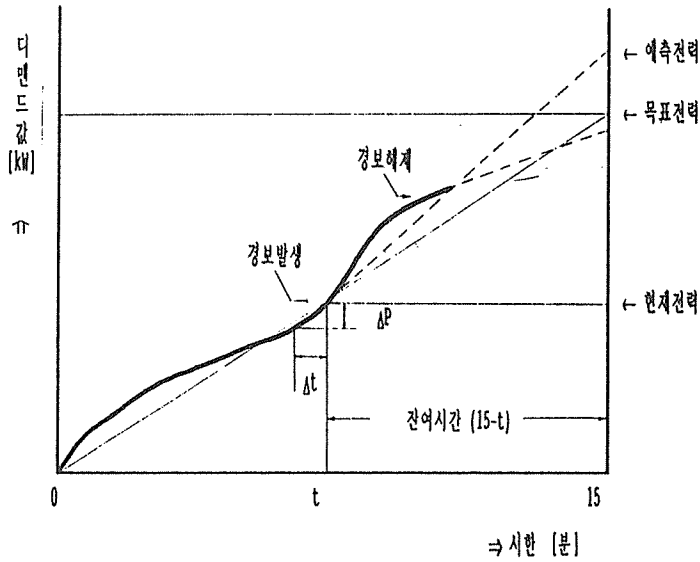


그림 5. 예측 디맨드형

현재 사용되는 디맨드감시·제어장치는 거의 대부분 위의 그림 5에서와 같은 예측 디맨드형으로 예측·제어 개념은 다음과 같다.



주) 디맨드감시를 위한 연산처리 항목

① 잔여시간(30-t)

30분 시한의 경우 29분 59초로부터 1초씩 감소한다.

② 현재디맨드

「0000」부터 Start해서 입력Pulse에 대응 적산

③ 잔여디맨드

목표디맨드(Q)-현재디맨드(P)

④ 예측디맨드(R)

$$R = P + \frac{\Delta P}{\Delta t} \times \text{잔여시간}$$

ΔP : Δt 분간의 증분

Δt : Pulse 적산시간

⑤ 조정전력(U)

$$U = \frac{R - Q}{\text{잔여시간}} \times (\text{디맨드시한})$$

⑥ 평균전력

$$= \frac{\Delta P}{\Delta t} \times (\text{디맨드시한})$$

⑦ 허용전력

$$= \frac{Q - P}{(\text{디맨드시한}) - t} \times (\text{디맨드시한})$$

그림 6. 디맨드감시·제어장치의 기본동작

표 2. 디맨드감시·제어장치의 경보동작(예)

경 보 종 류	경 보 발 생 조 건	경 보 해 제 조 건
1 단 경 보	경부 Lock 시간후 예측디맨드>목표디맨드	예측디맨드⊕목표디맨드
2 단 경 보	경부 Lock 시간후 조정전력(초과)⊕차단부하용량	조정전력(초과)<차단부하용량
고 부 하 경 보	평균전력>고부하 초과한도 경보 Lock시 간내에도 출력	평균전력⊕고부하 초과한도
제 어 불 능 경 보	전 제어회로 차단출력후에도 2단 경보가 발생한 경우	부하차단에 의해 2단경보가 해제된 경우

표 3. 디맨드감시·제어장치의 Data기록(예)

기록종류	기 록 항 목
디맨드기록	년.월.일.요일 디맨드기록 부하제어기록 디맨드 일보·월보 정전
데이타기록 (1일 1회기록)	아나로그·펄스: 정시데이타 펄스: 일누계·최대·평균·부하율 월누계·최대·평균·부하율

10. 디맨드감시·제어 장치의 실제

전술의 계산된 결과로 부터 전기요금 절감을 위해서는 최대수요전력의 억제가 큰 효과가 있다는 것을 알았다. 디맨드를 관리하기 위해서는 다음과 같은 기능이 요구된다.

- ① 디맨드계측에 관한 제 데이타의 표시
- ② 디맨드값이 계약전력을 초과할 우려가 있는 경우 경보발생
- ③ 경보발생과 동시에 부하제어신호를 송출하여 부하 자동차단
- ④ 디맨드값의 기록
- ⑤ 관리동작 기록

따라서 실용측면에서의 관리용기기로서는 용도 및 규모 혹은 부하의 형태등에 따라 상기의 기능을 각각 조합한 것이 제작되고 있다. 최근에는 마이크로 컴퓨터와 CRT를 사용하여 데이타 표시, 경보표시를 보기 쉽게 향상시켜 운용능률의 향상을 도모하고 있다.

또한 각각의 제작회사 마다 다소 차이는 있으나 실제 적용시 여러형태의 부하특성에 대해 보다 효율을 높이기 위해 아래와 같은 여러가지 설정항목을 정하도록 하고 있다.

- ① Sampling 시간
샘플링시간을 5분, 3분, 1분, 30초의 경우로 세분하여 설정할 수 있도록 함으로서 보다 정밀한 제어 가능.
- ② 초기전력
디맨드시한 초기에 경보, 부하차단이 많이 발생하지 않게 하기 위해 디맨드 개시시에 목표전력의 초과허용치(%) 설정가능.

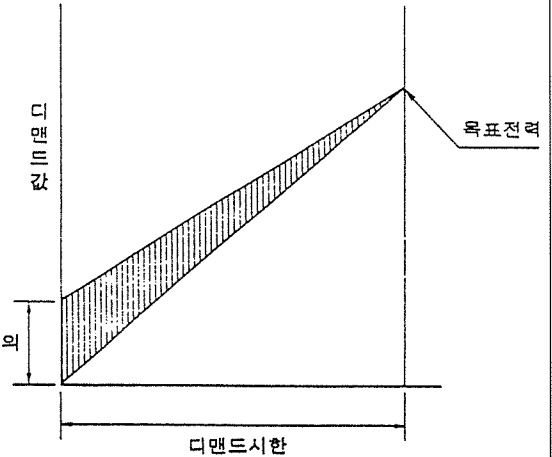


그림 7. 초기전력(10%)의 설정 예

- ③ 경보 Lock시간
각종 경보를 Lock하여, 부하차단을 금지하는 시간을 설정한다. 디맨드 개시로 부터 1분 단위로 설정할 수 있다.

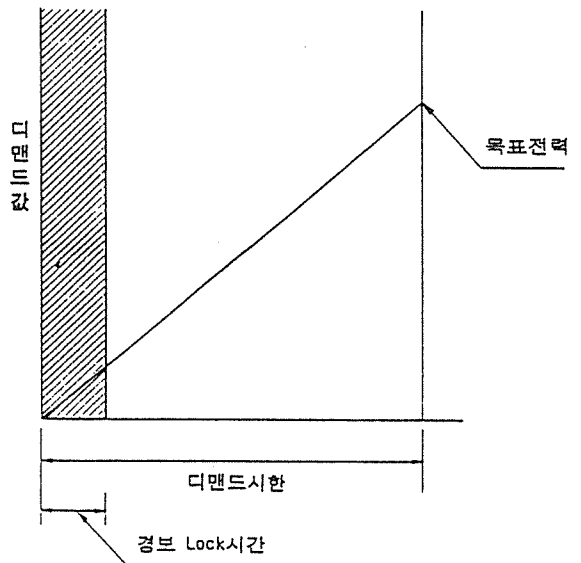


그림 8. 경보 Lock시간(5분) 예

- ④ 한계전력
계약전력을 초과하지 않는 범위에서 목표전력의 초과 허용범위를 설정할 수 있다.

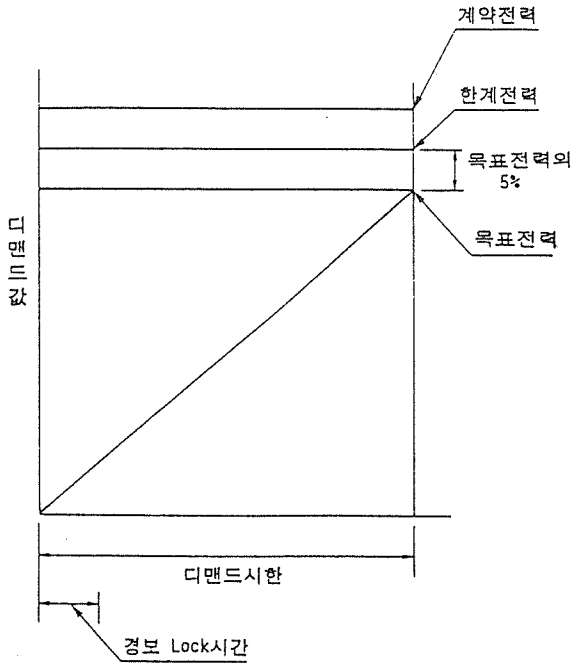


그림 9. 한계전력 설정(5%) 예

기타 최대수요계(Demand Meter)와의 시간 동기화 및 연보, 월보, 일보 작성에 필요한 년, 월, 일, 시간 설정 및 각 수용가에서 목표로 하는 전력 즉 목표전력 설정 기능 그리고 부하를 차단 할 경우 차단전력, 복귀전력 및 부하종류에 따라 달라 질 수 있는 차단·복귀방식 설정기능 등이 있다.

차단·복귀방식은 다음의 3가지로 나눌 수 있다.

① 우선순위 방식

중요도가 낮은 부하의 순으로 차단하는 방식으로 생산용 부하에 적합한 방식이다. 복귀는 차단 순서와는 반대로 행한다.

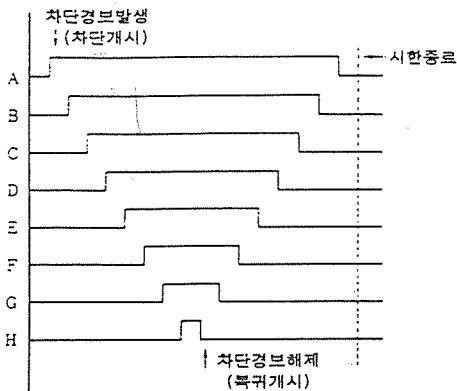


그림 10. 우선순위 방식의 부하 차단·복귀방법

② Cycle방식

부하의 차단시간을 균등하게 하는 방식으로 공조부하에 적합하다.

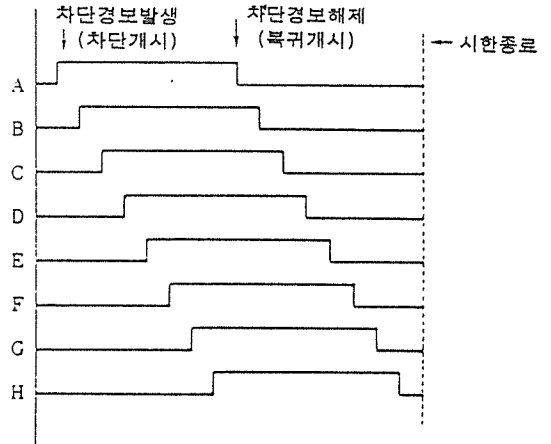


그림 11. Cycle방식의 부하 차단·복귀방법

③ Cycle방식과 우선순위 방식을 병용한 경우

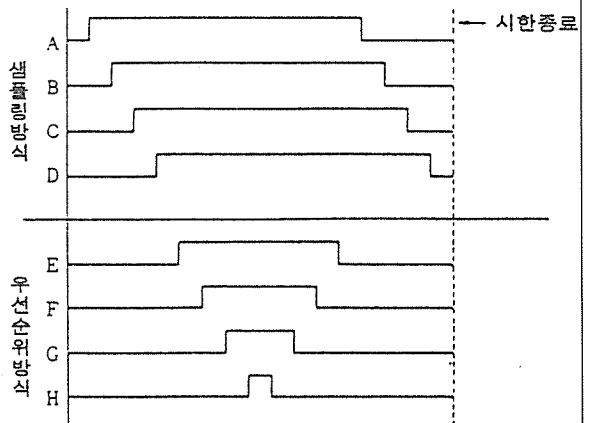


그림 12. Cycle방식과 우선순위 방식을 병용한 경우의 부하차단·복귀방법

11. 디맨드감시·제어를 위한 시뮬레이터 개발

디맨드감시·제어장치는 앞에서와 같이 다양한 부하형태에 적합하도록 여러가지 설정기능을 가지고 있으므로 사용자 편에서는 이와 같은 다기능성이 오

히려 운용시 많은 혼란을 줄 수 있으며, 동시에 디맨드감시·제어의 가장 중요한 예측·제어 알고리즘도 매년 개선·발전되고 있으므로 수용가 개개의 부하 특성에 적합한 예측·제어방법을 개발하기 위한 디맨드감시·제어 시뮬레이터를 개발(그림 12. 참조)하였다.

그 특징으로도 다음과 같다.

- ① 다양한 예측·제어 알고리즘을 구현하여 부하 특성에 적합한 예측·감시·제어방식 검토 가능
- ② 사용자에게 요구되는 여러가지의 전력정보를

화면에 제공함으로써 보다 쉽게 기능을 구현할 수 있다.

- ③ 기존의 디맨드감시·제어장치에서 구현하기 힘든 조건 구현이 가능하여 부하특성에 적합한 설정방법을 제시할 수 있다.
- ④ 전체를 소프트웨어로 구성하였으므로 추후 개선 및 보수가 용이하다.

현재 한국전기연구에서는 부하특성조사 및 새로운 예측·제어 알고리즘 개발을 추진하고 있다.

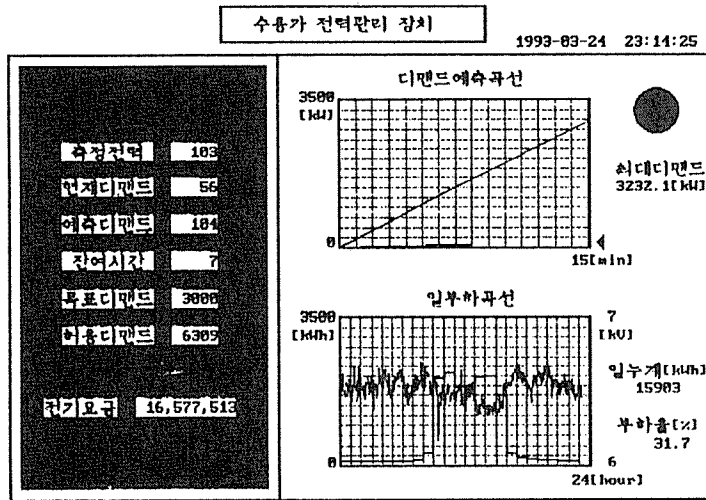


그림 13. 디맨드감시·제어 시뮬레이터

12. 결 론

우리나라와 같이 에너지 자원이 빈약한 나라는 비록 적은 자원이지만 최대한의 것을 다음세대에 계승하려는 노력을 기울이는 것이 지금 우리들의 당면과제이다. 최근 수용가에 대해 보다 강력한 부하관리를 시행하기 위하여 수용가에 디지털 전력량계를 설치토록 하여 시간별 차등 전력요금제도를 실시할 전망이다. '93년도 초 동력자원부(현 상공자원부)에서 에너지절약 시설 자금지원 방향에 따르면 용자시설 대

상 내역중 5번째 항목(전력수요관리 설비)에 최대수요전력 감시제어(디맨드감시·제어)장치를 선정하여 설치 소요자금을 장기 저리로 융자해 주고 있다.

디맨드감시·제어로 얻어지는 절약에너지 효과 및 경제효과가 눈에 보일 정도로 크다고는 할 수 없지만 향후 보급이 확대 된다면 그 성과는 큰 것이 될 것이다. 아울러 근년 우리나라의 전력수급사정 악화를 고려한다면 각 수용가에서도 전력의 유효이용에 대한 배가의 노력이 필요한 시점이라고 사료된다. 끝으로 디맨드감시·제어에 대한 이해에 本稿가 다소나마 참고가 되었으면 하는 바램이다.