

냉방전력수요분석 및 관리방안

* 남정일 김문덕 이운섭

한국전력공사 전력경제연구실

ANALYSIS AND MANAGEMENT OF SUMMER COOLING LOAD

* C. I. NAHM, M. D. KIM, Y. S. LEE

ELECTRICITY ECONOMICS DEPT.,
KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION

ABSTRACT

The analysis and forecast of summer cooling load is one of the major concerns of utility company(KEPCO). In this paper, various methodologies to assess the weather sensitive load are introduced and the cause of remarkable growth of the summer cooling load in the last years are analyzed.

To establish the effective measures to migrate the peak building by the summer cooling, a number of practical institutional policies are offered for future implementation.

1. 서론

국민경제나 일반 전력수요 분석과 마찬가지로 냉방전력수요를 분석하는 틀은 크게 거시적 분석과 미시적분석기법으로 구분할 수 있다. 전자는 전체전력수요(계통부하)와 소득동 경제지표, 기상요인과의 상관관계를 회귀분석하고 시계열분석을 이용 예측하는 방법인 반면 후자는 전력수요 개별소비주체의 특성 또는 최종소비단위인 기기의stock과 utilization등을 조사 전체수요를 구하는 것이다.

전력수요중 기저부분은 비교적 예측이 용이하고 일정 시간을 두고 변화하는 경제지표에 의해 움직이고 있다고 보여진다. 그러나 냉방수요는 상당부분이 그 시점에서의 기상 등 불규칙요인에 의해 큰 변동폭을 가지는 한편 년중 최대수요의 첨두를 형성하여 예측분석의 중요성과 精度가 더욱 요구되고 있는 실정이다.

또 냉방전력수요의 상세한 특성분석을 통하여 전원설비부자의 또 다른 대안이라 볼 수 있는 수요관리의 기초정보를 제공함으로써 한정된 자원의 효율적 배분과 활용에 도움이 될 것이다.

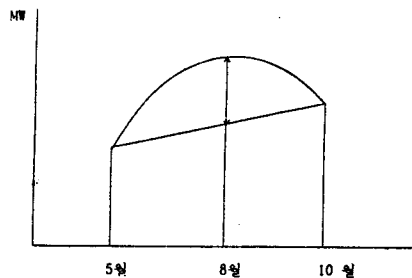
따라서 본고에서는 냉방수요의 총망적 분석틀로서 활용되고 있는 몇가지 방법을 제시 냉방수요를 분석 전망하고 특히 최근의 격심한 증가원인을 살펴 본 다음 이러한 냉방부하의 특성분석에 따른 관리정책방향과 요금제도 및 직접부하제어등에 관한 구체적인 대안을 제시코자 한다.

2. 냉방수요의 분석 및 전망

2.1 냉방부하 추출방법

2.1.1 8월 최대수요에서 5-10월 최대수요의 추세선을 차감하는 방법

이방법은 5월 10월의 피크를 그대로 연결하여 8월의 기저부하를 구한다음 8월의 최대부하에서 차감하는 방법으로 일본중앙전력 조사위원회에서 활용하고 있으며 다음 그림과 같다.



* 추정방법: 최대부하-(5월피크 + (10월피크-5월피크)X3/5)

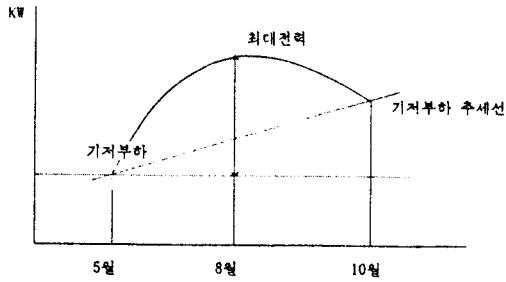
년도별 냉방부하 추정량

단위: MW

'86	'87	'88	'89	'90	'91
902	833	2,360	1,824	2,341	2,717

이 방법은 계통부하의 추세선을 이용 간단히 파악할 수 있으나 5월피크와 10월피크에 포함되고 있는 냉방부하를 무시 과소추정의 가능성이 있고, 8월에 발생하는 년최대부하도 그 해의 기상요인에 따라 불규칙적일 수 있다는 문제점을 내포하고 있다.

2.1.2 5월 근무일 부하를 기저부하로 차감하는 방법
이 방법은 5월 근무일의 15시부하를 냉방부하가 없는 기저부하로 보고 이를 8월 최대부하에서 차감한 방법으로 다음 그림에서 보는바와 같다.



추정방법: 냉방부하=최대부하-기저부하
 (* 기저부하는 5월근무일 15시 부하)

냉방부하추정량

단위: MW

'86	'87	'88	'89	'90	'91
1,935	1,875	3,064	3,161	3,732	4,034

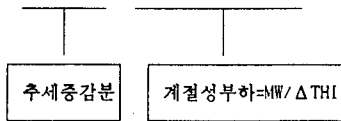
우리나라 5월 전체 평균기온이 18도 미만인 점을 감안할 때 근무일 15시부하를 냉방부하가 없는 기저부하로 보는데 문제가 없는 것이 사실이나 매해 높은 수요성장율을 보이고 있는 실정에서 5월부터 8월까지의 기저부하 자연추세 증가분을 포함시키게 되므로 과대 추정가능성을 배제할 수 없다.

2.1.3 기상요인과 상관분석

여름철 15시부하를 소득수준, 산업활동에 따라 증가하는 기본부하와 기상요인(불쾌지수)변화에 따라 움직이는 계절성부하로 구분하여 아래와 같은 모형식을 설정, 전력부하와 기상요인의 상관관계를 회귀분석하여 기상에 따른 냉방민감부하를 구하는 방법이다.

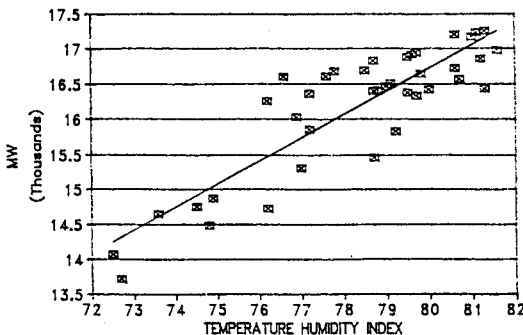
모형식

여름철 15시부하 = 기본부하 + 기상민감도 X ΔTHI



○ ΔTHI = 불쾌지수-72

WEATHER SENSITIVITY
 SUMMER '90



년도별 상관분석 결과

년도	년도별 회귀모형식	THI	상관계수
1976	$L_{15} = 2,895 + 25.61 \times \Delta THI$	81	0.838
1977	$L_{15} = 3,301 + 29.83 \times \Delta THI$	84	0.836
1978	$L_{15} = 3,997 + 42.32 \times \Delta THI$	84	0.804
1979	$L_{15} = 4,458 + 59.91 \times \Delta THI$	81	0.889
1980	$L_{15} = 4,779 + 61.49 \times \Delta THI$	78	0.821
1981	$L_{15} = 5,163 + 72.79 \times \Delta THI$	84	0.808
1982	$L_{15} = 5,617 + 87.82 \times \Delta THI$	83	0.867
1983	$L_{15} = 6,321 + 99.43 \times \Delta THI$	85	0.884
1984	$L_{15} = 7,085 + 113.55 \times \Delta THI$	84	0.911
1985	$L_{15} = 7,554 + 140.04 \times \Delta THI$	84	0.868
1986	$L_{15} = 8,542 + 137.0 \times \Delta THI$	82	0.853
1987	$L_{15} = 9,759 + 148.4 \times \Delta THI$	81	0.901
1988	$L_{15} = 11,323 + 183.21 \times \Delta THI$	85	0.820
1989	$L_{15} = 13,021 + 224.48 \times \Delta THI$	78	0.787
1990	$L_{15} = 14,083 + 330.37 \times \Delta THI$	81.3	0.877

* L₁₅ = 15시의 전력부하

* ΔTHI = 불쾌지수변동량(불쾌지수-72)

이 상관분석의 입력자료는 6월에서 8월까지의 15시부하와 해당시각의 전국 평균불쾌지수이며 불쾌지수가 72이하일 때에는 전력수요에 별 관련이 없다는 연구결과를 적용 제외 시켰다. 또 전국평균불쾌지수는 전국의 대도시 중심으로 전력판매량 비율을 감안한 가중치를 두어 구하였다.

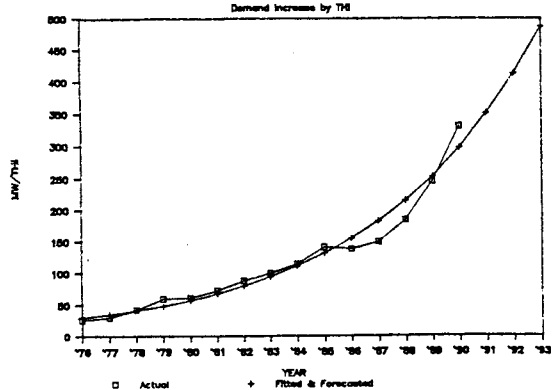
위 그림은 90년도 여름의 매일 15시 불쾌지수 변동에 따른 계통부하의 상관관계를 타나내고 있다. 사각형으로 표시된 것이 실제 데이터인데 불쾌지수 증가에 따라 전력소비가 늘어나는 경향성을 잘 타나낸다. 이 경향성의 대표적 직선이 가운데 그려져있고 이 직선의 Y축과 만나는 점이 기본부하이고, 이 직선의 기울기가 불쾌지수 증가에 따른 전력소비의 Sensitivity 즉 민감부하이다.

이 방법을 이용 76년부터 90년까지 분석결과를 표에서 보면 90년의 불쾌지수 1단위당 민감부하는 33만KW정도이다

2.2 냉방부하 전망

이에 따른 냉방부하의 예측방법은 기본부하는 장기수요 예측모형에 의한 수요성장율을 감안하였고, 기상민감부하는 76년부터 15년치에 불쾌지수 변동에 대한 부하변화의 년도별 변화를 반영하는 지수함수를 활용하여 예측하였다.

Weather Sensitivity of Peak Demand



그림에서 볼때 76년부터 85년까지 기상민감도의 실적치와 추세치가 일관성있게 나타난 반면, 87년이후 실적이 추세치보다 적었던것은 전국적인 노시분류등 기상학적 요인에 의한 것이라고 볼 수 있으며, 또 작년도에는 신축건물의 급격한 증가등으로 기상민감부하량이 예측치를 상회하고 있음을 보여주고 있다.

'91년이후의 예측결과를 보면,

'91 - '93 년도별 부하모형

'91	$L_{15} = 15,604 + 350.24 \times \Delta THI$
'92	$L_{15} = 17,102 + 412.84 \times \Delta THI$
'93	$L_{15} = 18,658 + 486.23 \times \Delta THI$

하계최대부하 및 냉방부하 예측결과

년도	기본부하	냉방부하 (MW)			최대부하 (MW)		
		하한치	기준치	상한치	하한치	기준치	상한치
1991	15,604	2,855	3,625	4,396	18,459	19,229	19,999
1992	17,102	3,365	4,273	5,181	20,467	21,375	22,283
1993	18,658	3,966	5,037	6,107	22,624	23,695	24,765

기준치 : 최대일 불쾌지수의 최근 15년간 평균값인 82.35

하한치 : 평균값(82.35) - 표준편차(2.2) = 80.15

상한치 : 평균값(82.35) + 표준편차(2.2) = 84.55

그런데 여기서 중요한점은 기상민감도의 증가와 기상의 불확실성을 감안할 때, 냉방부하는 기상예측에 따라 크게 변동할 것이며 15년간 년최대 불쾌지수의 통계만을 보더라도 그 표준편차가 2.2나 되기 때문에 이를 기준으로 하한 상한을 예측하면 올해의 냉방부하는 28만5천에서 부터 440만 까지로 큰 변동폭을 가지고 있다는 것이다.

2.3 냉방부하의 증가원인

첫째, 냉방기기의 보급율이 최근에 현저히 증가하고 있는데, 소득향상의 누적효과와 신축건물증가에 의한 스펙의 증가분 아니라, 기기의 효율개선에도 불구하고, 최근에 냉장고, 에어컨의 대형화에 의한 단위 소비전력의 증가현상이 나타나고 있다.

또 가정용에어컨의 호당 보급율은 일본이 89%, 대만 45%인데 우리나라는 89년 조사결과 14%에 불과하기 때문에 그들과의 기후차이를 감안하더라도 향후 몇년간 상당한 증가세가 지속될 것임을 예상할 수 있다.

둘째, 건축허가면적의 증가와 단위 냉방면적당 냉방부하량의 증가 현상을 들 수 있다. 90년 주거용은 총 75만호 2,146만평의 건축허가가 났고 업무용도 1,056만평에 이르고 있으며 지난 3년간 업무용 총건축허가면적의 추이는 평균 30%이상의 높은 증가를 보이고 있어 냉방면적의 증가와 단위 냉방면적당 냉방부하량의 증가등이 증가의 원인이 되고 있다.

3. 냉방부하의 관리방안

3.1. 냉방부하특성에 따른 관리정책방향

첫째, 전력부하중 가장 불확실성이 큰 부분으로 부하의 변동폭이 기상요인에 의해 불규칙하게 움직이므로 부하를 항상 억제하는것 보다 필요할 때만 억제하는 즉 실시간적인 부하관리정책이 효과적일 것이다.

둘째, 동시에 집중된다는 점으로서 온도와 습도가 높을때 부하가 일시집중되는 특성을 갖고 있으므로 냉방부하는 전력회사 입장에서 악성부하로 취급되며 냉방부하외의 다른 부하까지도 사용시간대를 분산하는 정책을 사용하여야한다.

셋째, 지역적으로 집중된다는 점으로서 대도시의 대형빌딩이나 상가 밀집지역에 몰린다는 특성을 갖고 있다.따라서 기대효과가 큰지역부터 우선순위를 정하여 시행 년차적인 확대를 해나가야 할 것이다.

3.2 세부시행방안

3.2.1 소규모수용 계약전력 현실화

계약전력 구간별 수용현황을 살펴보면 91년 4월 현재 3KW 이하 소규모 수용가는 9백4만7천여호로서 전체의 95%를 점유하고 있다. 이들은 용도에 관계없이 계약종별을 주택용으로 계약할 수 있으며, 주택용은 계약전력이나 최대전력에 따른 KW당 기본요금이다.

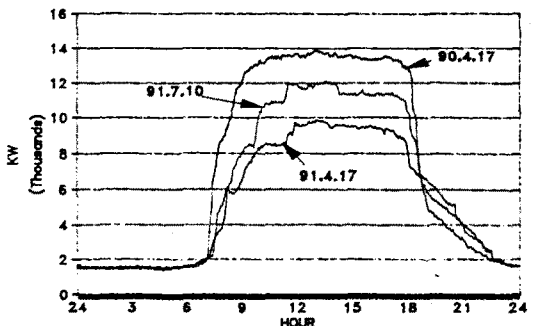
최근 가정용 에어컨의 대형화 추세등에 의해 쉽게 3kw를 초과할 수 있는데 이를 규제할 방법이 없는 실정이다. 이로 인한 계약전력 관리부재는 여름철에 집중 발생하는 주상변압기 소손과 배선사고의 주원인이 된다.

따라서 소규모수용에 대한 계약전력제를 단계적으로 적용, 주택용수용에 대해 KW당 기본요금을 신설 부과하며 계약전력에 따라 전류제한기를 취부하는 방안을 검토해야 할 것이다.

3.2.2 대규모 업무용수용 시차제요금 도입

업무용 냉방부하는 주간에 최대전력을 발생케하는 주원인이 되고, 주야간 부하격차는 가장심하나 시차제요금은 현재 산업용에만 적용하고 있으며, 업무용부하는 가격에 대해 비탄력적인 것으로 알려져 왔으나 대형빌딩들은 요금인상부하억제노력이 현저하게 나타났다. (그림 참조)

무역회관 Korea World Trade Center



따라서 대응정책방향으로 1,000KW이상 업무용수용 1,400여 호에 전자식계량기를 도입 주야간 시차요금제를 실시하면 12개월 연동제실시와 더불어 년중 최대전력 절약의식을 고취시키고킬수 있을 뿐만아니라 주간요금의 상대적인상으로 축열식 냉방기의 보급확대를 유도할 수 있을 것이다.

3.2.3 대형빌딩 냉방기기 직접제어

대형빌딩의 중앙집중식 에어컨 냉방기를 그룹별로 나누어 1시간에 15분정도 순번차단 하는것이다. 여론조사 및 실증 시험결과 15분정도의 냉동기 차단은 수용가에 거의 불편을 끼치지 않는다는 것을 확인할 수 있었으며, 미국 워싱턴 교외지역에 전력을 공급하고 있는 potomac 전력회사의 Radio signal에 의한 원격조정 실험결과 약 9%의 냉방부하 조정 효과가 있는 것으로 발표 되었다.

또한 한전계통운영처에서도 90년도에 유사한 방식으로 폐케지 에어컨에 대해 실증시험결과 약 9-10%의 냉방부하 억제 가 가능한 것으로 발표한 바 있다.

3.2.4 냉방기의 역율관리

역율을 92%에서 97%로 보상한다면 동일 전력소비로 출력을 5% 증가 시킬수가 있다. 현재 고압수용은 무효전력계를 부착계량하여 요금부과에 의한 수용가의 역율을 관리하고 있으나 가정용 및 저압업무용 수용은 역율을 관리할 수 있는 방안이 없는 실정이다.

따라서 냉방기, 냉장고등의 기기에 제조업체에서 역율개선용 진상컨덴서를 내장토록 할 경우 무효전력의 발생을 억제할 수 있을 것이다.

3.2.5 대수용가 전자식계량기 설치

전자식계량기는 기존계량기에 전자통신기능을 집속하여 實時間的 부하관리 기능을 수행할 수 있는 계기이다. 필요시 수시로 원격검침에 의해 수용가의 부하형태를 파악할

수 있고, 중식시간이나 공휴일등을 경부하시간대로 처리 요금시간대 설정을 다양화시켜 실질적인 부하이동 효과를 제고시킬 수 있으며, 요금개정시 본사 사무실에서 on-line으로 수용가 계량기조작에 의해 요금시간대의 변경이 용이하고 필요시 수용가의 설비를 원격 조작할 수 있어 직접부하 관리가 가능하며 특히 수급조정과 같은 실시간요금제에는 꼭 필요한 장치라 하겠다.

3. 결론

냉방부하관리를 비롯한 모든 부하관리는 Software인 요금제도와 hardware인 계량기, 전류제한기, 통신장치등이 동시에 구성되어야 소기의 목적을 달성할 수 있고, 미래의 급속한 냉방부하증가에 대비 년차적인 上記한 부하관리설비에 대한 투자가 필요하며, 또한 이 투자비는 전원설비투자에 비해 경제적인 뿐만아니라 단시간내에 설치가 가능하다.

또 합리적인 부하관리형 요금체계를 확립하기 위해서는 수용가의 전력 소비행태에 대한 End-use Data가 필수적이므로 부하조사에 대한 인력 및 장비투입 확대가 필요하며 수용가가 협조하는 광범위한 수요관리개념의 정착이 필요하다 하겠다.

참고문헌

- (1) 한국전력공사, 「하계냉방부하 특성분석연구」, 전력경제연구실, 1990. 12
- (2) 한국전력공사, 「업무용빌딩 냉방부하 분석 및 대응방안 연구」, 전력경제연구실, 1991. 4
- (3) 한국전력공사, 「대동력수용가 부하관리를 위한 전자식계량기 실용화 연구」, 전력경제연구실, 1988. 5
- (4) THE TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC., 「JAPANESE ELECTRIC POWER DEMAND, 1984