

부하관리 요금제도에서의 기준부하 설정에 관한 연구

원종률*, 김정훈**

안양대학교 전기전자공학과*, 홍익대학교 전자전기공학부**

A Study on Setting Base Line Load of Price-based Load Management

Jong-Ryul Won*, Jung-Hoon Kim**

Anyang University*, Hongik University**

Abstract - 부하관리는 여름 하계시 냉방부하의 집중으로 인해 나타나는 피크발전설비의 확대를 막고 부하의 평균화를 통해 부하율을 향상시켜 발전효율을 향상하고자 하는 것이다. 이러한 부하관리제도는 크게 두 부분으로 나누어서 요금제도와 부하관리기 지원제도로 나누어진다. 이 중에서 요금제도는 자율절전, 하계휴가보수 지원제도가 있다. 본 논문에서는 이러한 필요성에 따라 부하관리요금제도에서 지원금 산정 및 절감효과 산정의 기준이 되는 기준부하산정에 대한 표준화 방안 수립에 대한 결과만을 수록하고자 한다.

1. 서 론

세계는 지금 에너지와 환경 문제로 어려움을 겪고 있다. 최근 어떠한 이유인지 에너지의 가격은 놀라운 속도로 급등을 하고 있다. 즉, 이러한 급등현상은 각국의 에너지 절약정책에 반영되고 있다. 전기에너지는 에너지 전송 면에서 타 에너지와는 비교가 불가능할 정도로 편리하고 이용이 손쉽기 때문이다. 앞으로 전기에너지 분야의 에너지 절약 즉 수요관리는 고부가 세계에서는 최고 정책이 될 수밖에 없다. 이상과 같은 이유로 한 국가에서 화석연료의 사용을 줄이는 것이 에너지 정책의 최우선적인 목표가 되고 있다. 이에 대한 해결방안으로 전통적으로 수요관리정책이 시행되어 왔다. 수요관리에는 부하관리와 효율향상이 있다. 특히, 부하관리는 여름 하계시 냉방부하의 집중으로 인해 나타나는 피크발전설비의 확대를 막고 부하의 평균화를 통해 부하율을 향상시켜 발전효율을 향상하고자 하는 것이다. 이러한 부하관리제도는 크게 두 부분으로 나누어서 요금제도와 부하관리기 지원제도로 나누어진다. 이 중에서 요금제도는 자율절전, 하계휴가보수 지원제도가 있다. 본 논문에서는 이러한 필요성에 따라 부하관리요금제도에서 지원금 산정 및 절감효과 산정의 기준이 되는 기준부하산정에 대한 표준화 방안 수립에 대한 결과만을 수록하고자 한다.

2. 부하관리 요금제도

부하관리요금제도는 하계휴가보수제도와 자율절전제도로써, 2007년에 참여고객수가 3,206고객(휴가보수), 1,653고객(자율절전)으로서, 시행기간은 7월 19~27일, 8월 6~17일 (기간 중 토, 일, 공휴일은 제외)동안 실시하였으며 대부분 산업용 고객(97%이상)을 대상으로 하고 있다. 2007년 제도를 요약하면 다음과 같다[3].

휴가보수기간 조정지원제도는 여름철 최대수요전력의 발생기간 중에 기업체에서 일시휴가 또는 설비 보수를 실시하여 자율적으로 최대수요전력을 조정하는 경우 지원금을 지급해 드리는 제도이다. 대상 고객은 최대수요 전력 100kW 이상의 일반용 및 산업용 고객으로서 시행기간은 7월-8월 사이 일시적으로(약 16일간) 정해진다.

자율절전지원제도는 여름철 최대수요전력 발생기간 중

14시부터 16시 사이에 고객이 자율적으로 일정수준의 전력수요를 줄이는 경우 지원금을 지급해 주는 제도이다. 대상 고객은 위와 마찬가지로 최대수요전력 100kW 이상의 일반용, 교육용 및 산업용 고객으로 시행기간은 7월-8월 사이 일시적으로(약 16일간) 정해진다.

[표 1] 2007년 부하관리요금제도 요약

- 참여고객수 : 3,206고객(휴가보수) / 1,653고객(자율절전)
 - 시행기간 : 7월 19-27일, 8월 6-17일 (기간중 토,일,공휴일은 제외)
 (* 휴가가 집중되는 7월말 ~ 8월초는 시행하지 않음)

구분	휴가보수	자율절전
적용대상	최대수요전력 100kW 이상의 일반용 및 산업용 고객	최대수요전력 100kW 이상의 일반용, 교육용, 산업용 고객
지원금 대상	연속 2일 이상 부하조정기간중 주간시간대(10시~18시) 최대 수요전력을 당해월 최대수요 전력대비 50% 이상 또는 3,000kW 이상 줄이는 경우	약정기간중 14~16시 사이 부하조정시간대의 평균전력을 당일 10시~12시의 평균전력 보다 20% 이상 또는 3,000kW 이상 줄이는 경우
지원단가	부하조정량 × 650원/kW·일	부하조정량 × 140원/kW·회(50분)
고객비중	산업용 97.5%, 일반용 2.5% (부하조정량 기준)	산업용 97.9%, 일반용 2.1% (부하조정량 기준)

3. 부하관리요금제도 관련 용어의 정의

본 절에서는 부하관리요금제도와 관련하여 자주 등장하는 용어에 대해 혼동을 피하기 위하여 용어에 대해 명확하게 정의를 내리고자 한다.

- 첨두부하 : 개별부하의 당일 최대 부하 kW (일반적으로 하계는 10~18시 사이)

- 시간대별 부하 : 개별부하의 매 시간대별 부하량 (kW)

- 계량부하 : 개별부하에서 실제로 계량된 부하량(kW). 부하관리 요금제도를 실시하는 기간에는 그 용량이 현저히 줄어듦

- 예측기준부하 : 부하관리 요금제도를 실시하지 않았다면 개별부하가 얼마만큼의 전력을 소비하였을 것인가를 예측한 부하량(kW). 절감되지 않았다면 얼마인가는 부하 예측을 통해 구하여야 함.

- 부하관리 요금제도 시행기간 : 한전에서 공식적으로 부하관리 요금제도를 실시한다고 공표한 기간. 각 개별부하는 이 기간 중 평일이면 언제든지 참여할 수 있다. 반드시 전 기간 동안 참여할 필요는 없다.

참여일 : 개별부하가 부하관리 요금제도 시행기간 중

에 실제로 참여한 날

- 시행일 : 부하관리 요금제도 시행기간의 날짜
(예: 2007년에는 7월 19일-27일, 8월 6일-17일)

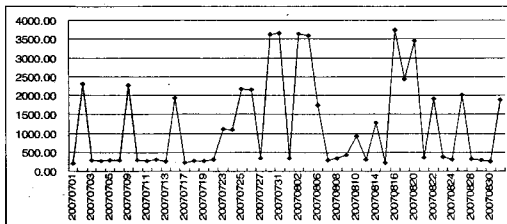
- 부하조정량 : 부하관리제도 시행일 동안 개별부하에게 실제 지원금이 지급되는 기준으로 휴가보수제도에서는 “당일최대전력-10~18시 계량부하 중 최대부하”, 자율절전제도에서는 “당일 10~12시 평균부하-14~16시 계량부하의 평균값”을 의미

- 피크억제량 : 부하관리제도 참여일 동안 개별부하의 예측기준부하에서 실제 사용한 부하량(즉, 계량부하)을 뺀 값. 즉, “15시 기준부하-15시 실제 계량부하”를 의미.

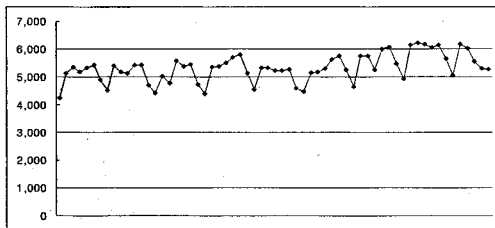
4. 국내의 기준부하 산정방안 분석

부하관리 요금제도의 시행에 있어 가장 중요한 것은 앞서 정의된 용어의 정의에서 보다시피 예측기준부하를 합리적으로 산정하는 것이다. 기준부하가 정해지면 부하 절감량도 구해지며 수용가에게 지급되는 지원금의 양도 계산되어 진다. 따라서 기준부하를 올바르게 예측하는 것이 매우 중요하다. 본 절에서는 이와 관련하여 국외 및 국내에서 사용하고 있는 방법을 분석하여 보고, 실제 사례연구를 통해 가장 오차가 적은 방법을 구해보고자 한다.

앞 절에서도 언급하였듯이 개별부하는 전체부하와 달리 그 변동성이 크고 경향성이 부족하여 일반적인 수요예측 이론을 통한 예측이 불가능하다. 다음 그림은 그 예를 보여주고 있다.



[그림 1] 개별부하의 흐름 곡선(비경향성이 강함)



[그림 2] 전국부하의 흐름 곡선(경향성이 강함)

이와 같은 개별부하의 불규칙성으로 인해 선진외국에서도 이를 예측하기 위하여 기존의 전체 부하예측에 주로 사용하고 있는 수학적(예 : 시계열방법)이나 인공지능적인 방법(예 : 신경회로망) 등을 사용하지 못하고 있다.

한편 이에 대하여 국내에서는 아직 본격적으로 연구된 바는 없으며 미국에서는 일부 연구 자료가 있다. 다음은 이와 관련한 대표적인 자료의 목록이다.[1,2]

- KEMA Report : PROTOCOL DEVELOPMENT FOR DEMAND RESPONSE CALCULATION - FINDINGS AND RECOMMENDATIONS (2003)

- LBNL: Estimating Demand Response Load Impacts: Evaluation of Baseline Load Models for Non-Residential Buildings in California (2008)

국내외의 방법들을 분석하여 보면 기준부하를 예측하는 방법은, 국내에서는 부하관리요금제 시행일 전후 계량된 부하를 평균하여 산정하고 있으며, 국외(미국)에서는 참여일 이전 계량 부하를 평균하거나, 온도와의 상관관계를 구하여 예측하고 있다. 그러나 온도관련성 보다는 통계에 의한 방법을 주로 사용하고 있다.

[표 2] 기준부하 예측에 관한 국내외의 방법 요약

<p>- 미국의 방법(LBNL 연구보고서 자료)</p> <p>- 크게 보면 과 이 존재함</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 참여일 이전 10일간의 계량부하의 평균 또는 이틀 보정 2. 참여일 이전 10일간의 계량부하에서 가장 큰 3개를 평균 또는 이틀 보정 3. 참여일 이전 10일간의 계량부하에서 가장 큰 5개를 평균 또는 이틀 보정 4. 하계 기간 전 기간 동안의 온도와 개별부하의 계량부하간의 상관성을 1차식으로 구함 (I=a+b*T) : 상관 관계 이용 회귀분석
<p>- 국내 방법</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 시행일 이전 및 이후 5일 또는 7일간의 계량부하의 평균 2. 시행일이 아닌 7-8월간의 기간동안 계량부하의 평균

위의 참고자료를 분석하여 보면 다음과 같다. 즉, 단순한 통계적방법이 불규칙한 부하에 있어 더 정확하다고 알려져 있다. 한편 캘리포니아 DR제도에서 실제 사용하는 방법으로는 10일 중 3일을 택해 최대값을 평균하는 방법을 사용하고 있다. 또는 참여일 이전 10일간의 평균값을 사용하는 방법도 많이 사용하고 있다고 알려져 있다. 그런데 규칙성이 강한 부하는 어떤 방법이나 오차가 적게 나오나, 문제는 불규칙한 부하로서, 대부분의 방법에서 오차가 크다. 즉, 상관되는 인자가 없으며, 그나마 통계적 방법이 제일 오차가 적은 것으로 나온다고 알려져 있다. 그러나 자세히 고찰하여 보면 규칙성과 불규칙성의 구분이라는 것 자체도 모호하며 그나마 이를 구분할 방법으로는 표준편차/평균의 크기로서 구분 가능할 것으로 생각되어 진다.

한편 기준부하를 통해 부하절감량을 구하고, 이를 통해 피크억제율이라는 지표를 현재 사용하고 있다. 피크억제율은 다음과 같이 구하여 사용하고 있다.

$$\text{피크억제율} = (\text{피크억제량/부하조정량}) * 100$$

이러한 피크억제율은 샘플을 통해 예측해도 전체값을 추정할 수 있는 장점이 있으며, 실제 지원금 집행시 집계된 부하조정량을 통해 피크억제율을 추정(피크억제량=피크억제율*부하조정량) 할 수 있다. 그러나 그 용어의 의미상 피크억제율이라는 용어는 내용을 잘 모르는 경우에는 국내전체부하에 대한 피크억제율로 혼동할 오해의 소지가 있어 추후 적절한 용어로 변경할 것을 제안하여 본다.

5. 기준부하 산정방법에 대한 오차율분석

현재 기준부하 산정방법에 대한 오차율분석을 위하여 2007년 부하관리요금제도 관련 부하 자료를 입수하여 이를 분석하였다. 관련 데이터의 양이 많은 반면 시간은 부족하여 가능한 지역별로, 용량별로 고르게 분산하여 표본을 추출(휴가보수제도 자료 : 3206개 중 120여개, 자율절전제도 자료 1653개 중 100여개 분석)하였다.

한편 이러한 표본조사분석에 관하여 논란의 여지가 있다. 그러나 통계학에서 고찰하는 바와 같이 표본조사에

서는 적절한 표본의 선택이 매우 중요하다고 하였으며 표본조사에서 표본을 잘 선택하면 오히려 전수조사보다도 더 정확한 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다. 전수 조사는 잘못된 자료도 모두 넣거나 조사에서 발생하는 오류가 있어 오히려 잘못된 결과를 줄 수 있다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 오류를 줄이기 위해 표본의 선택에 있어 다양성을 살리기 위하여 최대한 고르게 분포한 자료를 추출하였으며 잘못된 자료를 배제하기 위하여 노력하였다.

조사를 위해 우선 휴가보수제도 자료는 15시 부하값을 추출하였으며, 자율절전제도 자료는 10-12시 평균값, 14-16시 평균값, 15시 부하값을 추출하였다.

한편 실제로는 15시 부하값이 아닌 14-15시 평균값을 사용한다고 하나, 실제 분석결과 자율절전에서는 그 상대오차가 약 1%, 휴가보수에서는 약 0.2% 정도의 오차밖에 없다. 이러한 오차의 편차는 후후 결과에 반영하여 보정하였다.

이렇게 추출된 자료를 바탕으로 다양한 기준부하산정방안에 대해 실제 부하관리를 실행하지 않은 날을 대상으로 다양한 방안으로 기준부하를 산정하고 각 방법에 대해 실제 시행일 동안의 기준부하를 분석하여 오차율을 분석하였다. 우선 기준부하 산정방안은 국내의에서 가장 많이 사용하는 방법 4가지와 본 연구에서 제안한 방법 1가지를 합하여 총 5가지에 대해 분석하였다.

- 참여일 이전 10일간의 평균 [비 참여일 기준]
- 참여일 이전 10일간에서 3위~8위까지의 평균, 즉 최대 2개 최소 2개 제외한 평균 [비 참여일 기준]
- 참여일 이전 10일간에서 가장 큰 3개의 평균 (비 참여일 기준)
- 참여일 이전 및 이후 5일간의 평균 [비 시행일 기준]
- 참여일 이전 및 이후 10일간의 평균 [비 시행일 기준]

한편 오차율을 분석하기 위한 기준날짜는 휴가보수나 자율절전과 겹치지 않으면서 기온이 높은 날을 선택하고자 하였다. 이런 날에 대해 앞의 다양한 방법으로 기준부하를 예측하여 보면 실제 이 날은 부하값의 참값이 있으므로 이를 비교하여 보면 오차율을 분석할 수 있다. 우선 가능한 6-9월 중에 선택하면서도 공휴일도 아니고 부하관리를 실행하지도 않은 날 중에서 고심 끝에 다음과 같이 선정하였다.

- 7월 4일~6일
- 7월 11일~13일
- 9월 5일~7일

한편 오차율 산정 시 오차율이 지나치게 큰 부하는 제외하였다(200% 이상 제외). 이유는 해당 부하가 당일 날 우연히 큰 변동이 있는 경우이므로 일관성이 떨어지기 때문이다. 표본조사분석 시 통계학에 의하면 약 95% 신뢰도가 가능하다고 알려져 있으며, 이는 즉, -5%~+5%오차 발생이 가능한 것으로, 이를 분포/분자에 반영하여 계산하는 피크억제율은 평균 7~8% 오차발생이 가능할 것이다.

휴가보수 분석 결과 비참여일 기준 이전 10일 평균이 가장 우수한 것으로 나타났으나 최대 3일 평균을 제외한 나머지는 큰 차이가 없었다.

자율절전 분석 결과 비시행일 기준 이전이후 10일 평균 및 5일평균이 가장 우수한 것으로 나타났으나 최대 3일 평균을 제외한 나머지는 큰 차이가 없었다.

[표 3] 휴가보수제도에 관한 기준부하 산정방안 오차율 분석

	오차율분석		비참여일 비율	
	이전 10일 평균	이전 10일 중 최대 3일의 평균	이전 10일 중 3위부터 8위까지 평균	이전 10일 중 3위부터 8위까지 평균
7월 4,5,6일	12.81%	18.24%	12.24%	12.24%
7월 11,12,13일	9.43%	12.38%	8.63%	8.63%
9월 5,6,7일	21.99%	30.73%	23.88%	23.88%
평균	14.74%	20.45%	14.92%	14.92%
	비시행일 비율		비시행일 비율	
	이전 5일, 이후 5일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균
7월 4,5,6일	11.96%	12.50%	12.50%	12.50%
7월 11,12,13일	9.76%	10.00%	10.00%	10.00%
9월 5,6,7일	30.61%	31.39%	31.39%	31.39%
평균	17.44%	17.96%	17.96%	17.96%

[표 4] 자율절전제도에 관한 기준부하 산정방안 오차율 분석

	오차율분석		비참여일 비율	
	이전 10일 평균	이전 10일 중 최대 3일의 평균	이전 10일 중 3위부터 8위까지 평균	이전 10일 중 3위부터 8위까지 평균
7월 4,5,6일	21.63%	33.06%	21.22%	21.22%
7월 11,12,13일	31.45%	42.76%	30.71%	30.71%
9월 5,6,7일	14.80%	19.11%	14.91%	14.91%
평균	22.64%	31.64%	22.28%	22.28%
	비시행일 비율		비시행일 비율	
	이전 5일, 이후 5일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균	이전 10일, 이후 10일 평균
7월 4,5,6일	20.06%	15.37%	15.37%	15.37%
7월 11,12,13일	29.32%	14.94%	14.94%	14.94%
9월 5,6,7일	11.59%	13.97%	13.97%	13.97%
평균	20.32%	14.76%	14.76%	14.76%

7. 결 론

부하관리요금제도의 시행에 있어 가장 중요한 것은 예측기준부하를 합리적으로 산정하는 것이다. 기준부하가 정해지면 부하절감량도 구해지며 수용가에게 지급되는 지원금의 양도 계산되어 진다. 따라서 기준부하를 올바르게 예측하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 이와 관련하여 국외 및 국내에서 사용하고 있는 방법을 분석하여 보고, 실제 사례연구를 통해 가장 오차가 적은 방법을 구해보았다. 국외 및 국내에서 주로 사용하는 5개 방법을 선정하고, 지역별로, 용량별로 부하사용자료를 고르게 분산하여 샘플을 추출하였다(휴가보수 제도 자료: 3206개 중 120여개, 자율절전 자료 1653개 중 100여개 분석). 이를 이용하여 실제 측정가능한 날에 대해 각 방법의 오차율을 분석하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-150) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] KEMA Report, "PROTOCOL DEVELOPMENT FOR DEMAND RESPONSE CALCULATION -FINDINGS AND RECOMMENDATIONS", 2003.
- [2] LBNL report, "Estimating Demand Response Load Impacts: Evaluation of Baseline Load Models for Non-Residential Buildings in California", 2008.
- [3] 한국전력공사 홈페이지. <http://www.kepco.co.kr>