

전력수요관리 프로그램의 수요/에너지 절감량 산정을 위한 절감량 기준산정 기법

조기선 · 이창호
한국전기연구원

A New Baseline Method for Evaluating Demand and Energy Savings in Demand Side Management

Ki-Seon Cho · Chang-Ho Rhee
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - This paper describes a comprehensive set of the reviewed several baseline techniques for demand savings calculations. Major difference exist in the demand savings calculations due to different baseline methods. In this paper, we review the existing baseline techniques and investigate several thought-provoking issues.

1. 서 론

전력산업구조개편과 함께 국내 수요관리(Demand Side Management, DSM)사업은 많은 변화를 겪고 있다. 과거와는 달리 수요관리사업의 시행주체가 전력회사에서 정부로 이관되었고, 사업추진 재원도 공익기금인 전력산업기반기금을 사용하여 시행하게 되었으며, 2005년부터는 수요관리사업에 있어서도 경쟁체제가 도입되어 한국전력공사와 에너지관리공단의 경쟁구도에 있다.

수요관리의 최종목표는 전력수요를 합리적으로 관리하여 자발적인 에너지절약을 유도하고 설비투자의 절감과 효율적인 설비이용을 도모하여 전력생산원가를 절감하고 전력수급의 안정을 도모하고자 하는 데 있다. 이러한 수요관리는 사회적 관점에서는 에너지자원의 절약과 지구환경보전에 기여하며, 전력회사의 관점에서는 전력수급 안정과 설비투자의 억제, 설비이용률의 향상, 전기요금의 안정이라는 편익이 있으며, 수용가에게는 전기이용효율의 향상과 비용절감이라는 편익을 기대할 수 있다.

모든 참여자에게 적절한 편익이 발생되고, 사업에 투입되는 비용이 공익기금에서 충당되는 현행 시스템에서 보다 중요한 사안은 투입된 자원의 객관적인 가치평가와 그 성과에 대한 합당한 평가가 이루어져야 하며, 발생된 편익에 대해서 적절히 배분될 수 있는 시스템을 갖추는 것이다.

수요관리 프로그램은 크게 부하관리와 효율향상 그리고 정부의 지원제도로 구분할 수 있다. 부하관리(load management)는 기본적으로 전력수요의 관리를 통한 첨두부하절감(peak demand savings)에 역점을 둔 프로그램으로 과거 전력회사에서 다수의 프로그램이 수행되어왔다. 효율향상 프로그램(energy-efficiency)은 주로 효율의 향상을 통한 전력에너지 이용의 합리화를 실현하여 사용하는 에너지를 절감하고 부수적으로 첨두부하억제를 실현코자 의도된 프로그램이다. 2005년 수요관리 계획[1]에 따르면 부하관리에 1,088MW(74.6%), 효율향상에 370MW (25.4%)를 확보할 계획이 수립되어있어, 효율향상의 비중이 낮게 편성되어 있으나, 2017년에는 34%까지 끌어올리겠다는 정부의 계획이 발표된 바 있다. 수요관리에 투자되는 재원을 보면, 2005년을 기준으로 부하관리에 861억원과 효율향상에 520억원을 투입할 것으로 계획되어 있으나, 2005년 들어 수요관리 사업이 경쟁구도를 맞다보니 2005년 상반기에 모든 재원이 소진되는 사태를 맞게 되었다.

수요관리사업의 중요성에 대한 인식이 확산되고 있고, 공익기금의 재원을 사용하고, 관리책임이 정부로 이관되고, 시행기관이 경쟁체제에 돌입한 일련의 국내 수요관리사업 환경을 고려해 볼 때, 근본적으로 국내 수요관리사업에 대한

객관적인 재평가를 수행할 때가 된 것으로 판단된다.

부하관리 프로그램은 참여자가 프로그램에 참여하지 않을 때의 예상수요에 대해서 프로그램에 참여함으로써 발생된 실적수요의 차이를 지표로 하여 지원금을 지급하는 형태로 운용되고 있다. 효율향상 프로그램은 효율향상에 대한 객관적인(평균적 설비특성) 자료를 통해서 예상되는 실적을 기준으로 설비의 설치시점에서 1회에 한하여 보조금을 지급하는 형태로 운용되고 있다. 보조금을 지급하는 형태는 프로그램별로 조금씩 상이하게 운용되고 있으나, 기본적으로 어떤 객관적인 기준에 대해서 프로그램의 효과를 판단한다는 데에 있어서는 동일하다. 따라서 수요관리사업의 객관성을 확보하고 발생된 편익에 대한 공평한 배분을 실현하기 위해서는 그 기준에 대한 명확한 정의와 함께 사회적 공감대를 형성할 필요가 있으나, 발생되지 않는 현상에 대한 예측이라는 기본적인 불확실성 때문에 사회전반의 공감대를 형성하는 일은 매우 어려운 일로 대부분의 전력회사나 대부분의 국가에서는 자국의 상황에 맞게 기관별로 별도의 기준을 마련하여 시행하고 있는 실정이다[2].

수요관리를 통한 절감량을 산출하기 위한 기준으로서 본 논문에서는 절감기준(baseline)이란 용어를 사용한다. 절감기준은 효율향상에 비해서 부하관리에 그 영향이 지대하게 나타난다. 효율향상의 경우에는 지속적인 효율측정 및 신규 설비의 시장 출시에 따른 지속적인 관리가 어느 정도 체계를 가지고 운용되고 있어 절감기준에 따른 무인승차(free-rider)의 문제가 적으나 부하관리에 있어서는 절감기준에 따라서는 프로그램참여에 대한 기회비용이 과대 또는 과소평가되는 경향이 여러 문헌에서 보고된 바 있다[2,3]. 효율향상부문에서는 절감기준의 문제보다는 시장기능에 의해서 수용가의 자발적인 의사로 설비보급이 실현될 수 있음에도 불구하고 프로그램을 시행함으로써 이를 지연시키거나 방해하는 요인으로 작용할 수 있는 개연성이 존재하고 있어, 시장지배력이 약한 초기에 보급프로그램을 시행하고 시장기능으로 프로그램기능을 전환(market transformation)할 시점을 정확히 파악하는 것이 무엇보다 중요하나 현재까지는 국내에서 일부 규제조치를 제외한 시장으로 전환한 프로그램은 전무하다. 시장전환시점에 대한 객관적인 연구가 미진하여 심지어 10년이 넘게 시행되고 있는 프로그램도 존재하는 것이 현실이다.

본 논문에서는 전술한 수요관리의 현안들 중에서 절감기준 특히나 부하관리에 적용되는 절감기준에 대한 기준의 방법들을 검토함으로써 국내에서 시행하고 있는 부하관리 프로그램의 객관적인 절감기준을 산정하는 방법을 모색하고자 한다.

2. 국내 부하관리 프로그램

2.1 현황

국내에서 시행되고 있는 주요 수요관리 프로그램 별 추진실적과 2017년까지의 수요관리 계획은 표 1 및 그림 1과 같다. 수요관리 프로그램 중 부하관리 프로그램으로 피크억제 기능을 하는 휴가보수조정요금제도와 자율절전요금제도가 주류를 이루어왔으며, 향후에도 그 비율에 있어서 조정

이 있을지라도 지속적으로 증가하는 추세가 예상되고 있다.

표 1 전력수요관리 프로그램 실적(1997~2001)

Table 1 Demand Side Management Performance from 1997 to 2001

| 유형 | 수요관리제도 | 실적 [MW] | | | | | |
|-------|---------|---------|------|------|------|------|------|
| | | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2004 |
| 피크 억제 | 휴가보수요금제 | 835 | 594 | 694 | 1069 | 1091 | 1137 |
| | 자율절전요금제 | 698 | 993 | 987 | 698 | 849 | 846 |
| | 추냉식냉방설비 | 17 | 25 | 15 | 24 | 44 | |
| | 원격제어에어컨 | 38 | 50 | 61 | 63 | 83 | 15 |
| 비상 약정 | 전력부하이전 | 507 | 404 | 499 | 502 | 744 | |
| | 직접부하제어 | | | | | 110 | 716 |

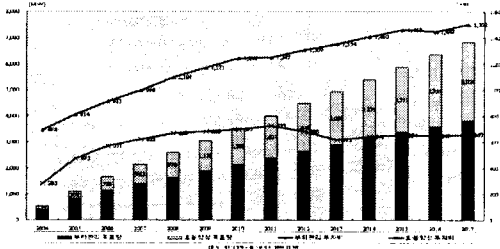


그림 1 장기 전력수요관리계획

Fig. 1 Long term demand side management plan

2.2 시행중인 부하관리 프로그램

국내에서 시행되고 있는 주요 부하관리 프로그램에 대한 지원제도를 구체적으로 살펴보고 절감기준에 대한 근거를 검토하자. 먼저, 부하관리지원제도로서 하계첨두부하에 초점을 둔 휴가보수기간 조정지원제도와 자율절전지원제도를 비교하면 표 2와 같다.

표 2 하계 부하관리 프로그램

Table 2 Load Management Programs during the summer season

| 구분 | 휴가·보수기간 조정지원제도 | 자율절전 지원제도 |
|------|--|--|
| 도입년도 | 1985년 | 1995년 |
| 적용대상 | 300kW 이상의 일반용 및 산업용 수용가 | 500kW 이상의 일반용, 교육용, 산업용 수용가 |
| 약정기간 | 6.1~6.30 | |
| 시행기간 | 당해연도에 공고(2005년 기준) 2005.7.19~7.27, 8.8~8.19 토요일, 일요일, 국경일 제외 | |
| 조정방법 | 연속 2일 이상의 약정기간중 주간시간대(08~18시)에 최대수요전력을 50% 이상 줄이는 경우 또는 줄이는 전력이 3,000kW 이상인 경우 | 약정기간중 14시부터 16시 사이의 부하조정시간의 평균전력을 당일 10시부터 12시까지의 평균전력보다 20% 이상 줄이는 경우 또는 줄이는 전력이 3,000kW 이상인 경우 |
| 조정전력 | 당일 최대수요전력-부하조정기간중 계약 최대수요전력 | 당일 10시~12시 평균전력-부하조정기간중 평균전력 |
| 지원단가 | kW당 650원/일 | kW당 140원/회(30분) |

휴가보수기간조정지원제도의 조정전력 계산방법이 최근에 개정되었는데, 과거엔 전년도 첨두부하량을 기준으로 하였다. 이러한 기준하에서 참여 수용가의 계약이행률 면에서 문제의 소지가 있어 당일 최대수요전력으로 개편되었다.

2.3 절감기준의 문제점

1) 수용가가 프로그램 시행기간에 정상적으로 프로그램

에 참여(약정한 전력 절감)한 경우라 할지라도 시스템의 피크일과 일치하지 않는 경우에 피크억제효과를 어떻게 판단할 것인가?

2) 절감기준이 당일 최대수요전력이고 시행기간중 실적과의 차이로 절감량을 산출하는 방법에서 당일 최대수요전력 발생이 프로그램 시행기간 이전과 이후에 발생하는 것의 차이에 대한 즉, 생산 일정의 조정 등을 통해서 의도적으로 당일 최대수요전력을 높여 프로그램에 참여한 경우에 대한 당일 최대수요전력 발생일과 시행기간과의 전후관계를 조명할 수 있는 기술적 도구는?

3) 기후 및 사회적 변수를 반영할 장치는?

4) 보수를 통해서 설비확충이 발생한 경우에 대한 절감기준의 조정기능은?

이러한 산발적인 문제들에 대해서 명확히 사회적인 공감대 형성이 이루어져야 피크억제자원으로서 평가가 제대로 수행될 것이며, 피크억제를 통한 실질적 설비확충 지원 및 절감효과를 발휘할 수 있을 것이다. 표 3에 제시된 바와 같이 과거 시스템의 최대전력발생일시와 부하관리 프로그램의 시행기간이 일치하지 않은 경우도 발생하며, 이때에 시행효과가 없다고 평가할 것인지 아니면 다른 평가도구를 통해서 그 효과를 계량화할 것인지에 대한 사회적 의사결정이 요구된다.

표 3 시스템 최대전력 발생일시

Table 3 System Peak Day (1994~2003)

| 최대전력발생일 | 요일 | 시 | 최대전력 (천kW) | 증가율 (%) | 최고기온 (t) | 불패지수 (%) | | |
|---------|----|----|------------|---------|----------|----------|------|------|
| 1994 | 7 | 22 | 금 | 15:00 | 26,696 | 20.7 | 35.6 | 85.0 |
| 1995 | 8 | 18 | 금 | 15:00 | 29,878 | 11.9 | 32.5 | 81.9 |
| 1996 | 8 | 13 | 화 | 15:00 | 32,282 | 8.0 | 32.6 | 82.2 |
| 1997 | 8 | 20 | 수 | 12:00 | 35,851 | 11.1 | 32.4 | 82.1 |
| 1998 | 9 | 10 | 목 | 15:00 | 32,996 | 8.0 | 32.3 | 80.8 |
| 1999 | 8 | 17 | 화 | 17:00 | 37,293 | 13.0 | 33.5 | 82.8 |
| 2000 | 8 | 18 | 금 | 12:00 | 41,007 | 10.0 | 32.2 | 81.7 |
| 2001 | 7 | 26 | 목 | 15:00 | 43,125 | 5.2 | 32.9 | 82.2 |
| 2002 | 8 | 29 | 목 | 15:00 | 45,773 | 6.1 | 32.6 | 81.9 |
| 2003 | 8 | 22 | 금 | 12:00 | 47,385 | 3.5 | 31.1 | 80.4 |

3. 해외 절감기준 선정방법

3.1 해외현황

해외의 수요관리 프로그램의 절감기준에 대한 선행조사연구를 통해서 국내에 적용 가능한 대안을 모색하고 각 기법의 장단점을 파악하여 국내 환경에 적용할 수 있는 방안을 수립하기 위한 선행 연구로 해외의 절감기준 선정방법을 살펴보고자 한다.

표 4 독립계통운용사별 DR 프로그램의 절감기준(2001년)

Table 4 ISO Offered Economic Demand Response Programs in 2001

| 독립계통운용사 | 절감기준 | 평가방법 |
|------------|------------------------|--------------|
| CA ISO DRP | 시행전 근무일 11일중 최대 10일 평균 | 달성한 예비율 |
| NE ISO PR | 시행전 근무일 10일 조정평균 | 절감기준과 실적의 편차 |
| PJM | 전(before) 시간 | 절감기준과 실적의 편차 |
| NY ISO DA | 시행전 10일중 최대수요일 5일 평균 | 절감기준과 실적의 편차 |

표 4는 독립계통운용사들의 부하반응 프로그램의 절감기준 선정 방법과 성능평가 방법을 보여주고 있다. 부하반응 프로그램의 경우 대부분 시행전일까지의 최대부하가 발생한 다수의 날들을 평균한 값을 절감기준으로 삼는 경우가 대수이며, 이 절감기준에 대해서 실적과의 차이를 통해서 평가하는 방법이 일반적으로 사용되고 있는 것으로 판단된다. 구체적으로 위 내용을 나열하면 다음과 같다.

CA-ISO 절감기준선정 방법 : CAISO의 절감기준은 시

간대별로 시행된 11일의 근무일 중에서 최대 10일 평균값을 절감기준으로 선정함

- NE-ISO 절감기준 선정 방법 : NEISO의 절감기준은 시행일 이전 10일의 업무일에 대해서 각 시간대별 사용량의 단순 평균을 절감기준으로 선정함
- NY-ISO 절감기준 선정 방법 : 시행전전일부터 이전 10일동안의 최대수요가 발생한 5일의 최대수요값의 평균을 절감기준으로 선정함
- 전일 절감기준 선정 방법 : 시행기간이전의 시간대별 부하량의 값을 상수로 절감기준으로 선정함

3.2 비교분석

독립계통운용자마다 자신의 상황에 맞는 절감기준을 정하고 시행함으로써 동일한 사업장의 자료를 각 ISO의 절감기준에 적용하면 그 편차는 심각할 정도로 발생됨이 보고된 바 있다.

표 5 독립계통운용자별 DR 프로그램의 절감기준(2001년)

Table 5 Comparison of Demand Savings Using Different Baseline Methods

| ISO별 절감기준 적용 | 평균 수요절감량 [kW] |
|--------------|---------------|
| NE-ISO | 87.25 |
| CA-ISO | 137.49 |
| Hour-Ahead | 151.36 |
| NY ISO | 197.02 |

표 5에 제시된 바와 같이 동일한 수용가 자료에 대해서 다른 절감기준을 적용할 경우에 피크억제량의 편차가 심지어 2배 이상 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다. 이는 절감기준에 따라서 피크억제자원의 평가가 평가절상 및 절하될 개연성이 존재하여, 그 값에 있어서 왜곡의 정도가 심할 수 있음을 보여주는 단적인 예라 할 수 있다. 이는 국내의 수요관리 특히 부하관리사업의 명확한 절감기준에 대한 평가에 관한 연구의 필요성을 나타내주고 있다.

4. 고 찰

독립발전사업자들이 공통으로 사용하는 방법은 이전 몇 일의 업무일에 대한 평균적인 개념이다. 과연 어느 정도의 자료를 가지고 절감기준을 정하는 것이 가장 합당한 것인지에 대한 평가가 선행되어야 할 것으로 생각된다. 또한, 기후에 대한 특성을 직접적인 변수로 고려하지 않을 것인바 기후의 특성이 잘 반영될 수 있는 데이터의 개수를 어떻게 선정할 것인지에 대한 연구 또한 병행되어야 할 것으로 생각된다.

표 6 절감기준선정을 위한 선정기준

Table 6 Selection Rules for Baseline

| No. | 방법 |
|-----|--|
| 1 | 시행일을 제외한 이전 10일의 업무일에 대한 평균 (CA-ISO 2001, NE-ISO 2001) |
| 2 | 시행일을 제외한 이전 11일의 업무일에 대한 평균값 |
| 3 | 시행일을 제외한 전전일부터 11일의 업무일에 대한 평균값 |
| 4 | 시행일을 제외한 이전 20일의 업무일에 대한 평균값 |
| 5 | 시행일을 제외한 이전 업무일 10일과 이후 10일 평균값 |
| 6 | 시행일을 제외한 이전 11일의 업무일중 10일에 대한 평균값 |
| 7 | 시행일을 제외한 전전일부터 업무일 10일중 최대치를 기록한 5일에 대한 평균값(NY ISO 2001, 2002, PJM 2002) |
| 8 | 시행일을 포함한 해당 계절의 자료 |
| 9 | 시행일을 포함한 전년 전체 해당 계절의 자료 |

이러한 단순평균에 의한 접근방법은 단순하고 적용이 용이하며, 검증가능성과 정확성 등의 요건을 만족할 수는 있으나 통계량의 불편의성 조건에는 문제가 있을 수 있다. 즉, 과다계상 또는 과소계상될 개연성이 있다는 것이다. 즉, 사용된 데이터의 양은 통계량이 갖추어야 할 조건 중 불편의성 조건에 의해서 데이터량을 선정할 수 있다. 또한, 기후의 영

향을 고려한 조정계수를 도입할 필요가 있으나 문제는 기후 자료의 가용성과 적용의 타당성 문제를 선결해야 할 것이다. 표 6은 Goldberg[3]에 의해서 제안된 기후변수를 고려한 가용모형을 제시한 것이다. 전술할 바와 같이 이 장치가 있어서도 문제는 기후변수의 가용성에 대한 문제를 선결할 필요가 있다.

표 7 7 가용한 기후고려모형(Goldberg)

Table 7 Model Forms by Goldberg

| No. | 변수 | 정식 |
|-----|----------------------|--|
| A | 평균 | $L=a$ |
| B | 일별기온 | $L=a+\beta T$ |
| C | 시간대별 기온 | $L=a+\beta T$ |
| D | 일별 냉난방 정도 | $L=a+\beta HDD+vCDD$ |
| E | 시간대별 냉난방 정도 | $L=a+\beta HDDH+vCDH$ |
| F | 시간대별 냉난방 정도 (시차변수포함) | $L=a+\beta HDDH+vCDH+\delta LHDDH+\epsilon LCDH$ |
| G | 시간대별 기온-습도지수 | $L=a+\beta T$ |

T: 기온(습도), HDD: 일별 난방 정도, CDD: 일별 냉방 정도, HDDH: 시간대별 난방 정도, CDH: 시간대별 냉방 정도, LHDDH: 시간대별 난방 시차변수, LCDH: 시간대별 냉방시차변수

절감기준을 설정함에 있어서 중요한 것은 절감기준 자체가 통계량이므로 통계량의 기본 속성-일치성, 유효성, 불편의성(unbiasness), 충분성-이 만족될 수 있는 정의여야 한다는 것이다. 또한, 기후특성을 반영할 적절한 도구가 통계량에 직간접적으로 반영되어야 한다.

5. 결 론

본 논문은 수요관리 프로그램의 절감량 산정을 위한 기준에 관하여 국내 및 해외의 절감기준을 파악하고 이들에게서 주요한 시사점을 파악함으로써 향후 국내 수요관리 프로그램의 적절한 절감기준선정을 위한 기반연구를 수행하였다. 절감기준 선정의 편이(bias)는 피크억제자원의 평가를 왜곡할 수 있으며, 공익금의 투여로 얻은 편익이 모든 참여자에게 공평하게 배분되지 못하게 될 수 있으므로 신중한 선택이 요구됨과 동시에 반드시 각계의 이해당사자들 사이의 공감대가 형성될 수 있는 정책 과정이 요구된다. 본 연구는 이를 위한 기반연구로 수행되었으며, 본 연구를 통해서 고찰한 다양한 쟁점들에 대해 체계적인 연구와 실증을 통해서 국내 환경에 적합한 절감기준의 선정방안을 수립할 필요가 있으며, 향후 이에 대한 구체적인 연구를 진행할 계획으로 있다.

국내 수요관리사업의 사업체계 및 구도가 과거와는 달리 수행주체에서부터 기금에 이르기까지 다양한 국면을 맞고 있음을 인지하고 년간 막대한 예산이 투입되는 공익금의 투명성을 확보하고 피크억제 기능을 수행하는 수요관리 자원이 객관적으로 평가될 수 있는 환경을 구축하는 것이 시급한 문제이며, 이에 대한 연구가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

[Acknowledgments]

본 연구는 "수요관리사업 평가시스템 구축사업에 관한 전력산업기반조성사업"의 연구 성과의 일부임.

[참 고 문 헌]

[1] 산업자원부, 제4차 전력수급기본계획, 2004.12.
 [2] Siri Varadan, "A New Temperature-Load Adjusted Baseline Method For Measuring Demand Savings", IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Vol. 1, pp.582-586, 2002.7.
 [3] Miriam L. Goldberg, et al., "Development of a Standard Baseline Calculation Protocol for Demand Response", 2003 Energy Program Evaluation Conference, pp.25-39, ACEEE, 2003.