

업무용 부문의 DSM 잠재량 평가절차 및 절전잠재량 추정

박종진, 이창호, 조인승
한국전기연구원

DSM Potential Evaluation and Estimation of Commercial Sector

Jong-Jin Park, Chang-Ho Rhee, In-Seung Jo
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - This paper presents the methodology of DSM potential evaluation and estimation of commercial sector in Korea. In general, the estimation process of the potential savings of DSM activities include the determination of baseline electricity consumption, the instantaneous technical potential(ITP), the phased technical potential(PTP), the economic potential (EP), and the achievable potential(AP). The purpose of this paper is to provide evaluation process of those DSM potential savings based on top-down approach and apply it to commercial sector.

시장단위별로 집계해 나가는 방법 즉 Engineering 기법에 토대를 두는 Bottom-Up 접근방법의 적용이 가능하다. 업무용의 경우는 미시적 조사데이터에 의한 Bottom-Up 방법을 근간으로 사용하되, 건물용도별 면적 데이터가 충족될 경우에는 보조적인 방법으로 용도별 대표표본에 대한 End-Use별 수요 및 부하구성비 측정에 의한 Prototype 방법도 가능하다. <그림 1>은 업무용 DSM 잠재량 평가를 위한 모델 수행절차를 도해한 것으로서, 크게 기준수요예측과 잠재량 산정단계로 구분된다. 기준수요예측에서 가장 중요한 정보는 시장단위별 건물면적에 대한 전망치와 단위면적당 에너지 및 부하밀도이다. 업무용은 특성상 건물용도에 따라 기기종류나 사용밀도 즉, 수량이 상이할 것이므로 계획기간 중 이를 정확하게 추정하는 것이 요구된다. 한편, 잠재량 산정은 최대기술적 잠재량(ITP), 단계별 기술적 잠재량(PTP), 경제적 잠재량(EP) 및 도달가능 잠재량(AP) 산정의 단계를 통해 이루어진다.

1. 서 론

DSM(Demand Side Management) 잠재량이란 에너지절약 또는 부하관리를 위한 특정한 기술, 기기 또는 수단(measure)을 통해 절감될 수 있는 에너지 및 설비의 규모를 말한다. DSM 잠재량은 대체로 절전량 혹은 절전 잠재량으로 통용되고 있으며, 넓은 의미의 절전 잠재량에는 요금이나 직접적인 부하관리 제도도 포함되나, 이는 에너지 사용기술의 변화가 아닌, 에너지 사용행태의 변화에 따른 효과이므로 실질적인 내용에 있어서는 양자간의 차이가 있다. 따라서 이러한 간접적인 절전효과를 제외하고 기술적인 요인만을 고려할 경우는 좁은 의미의 절전잠재량으로 볼 수 있다. 현재 통용되고 있는 DSM 잠재량에 대한 개념으로는 기술적 잠재량(technical potential), 경제적 잠재량(economic potential), 도달가능 잠재량(achievable potential), 프로그램 잠재량(program potential) 및 자연발생 잠재량(naturally occurring potential) 등이 있다. 본 논문에서는 이러한 잠재량의 개념 그리고 국내외의 DSM 절전잠재량 산정기법 및 사례와 우리의 데이터가 용도 등을 감안하여 잠재량 산정절차를 개발하였으며, 우리나라에서 지속적으로 전력수요가 증대되고 있는 업무용 건물의 절전잠재량 추정에 적용하여 보았다.

2. 본 론

2.1 DSM 잠재량 평가의 방법론

DSM 잠재량 평가는 일반적으로 기준수요 예측, DSM 기술 및 특성조사, DSM 기술대안의 식별 및 기술적 잠재량 평가, DSM 기술에 대한 경제적 심사 및 경제적 잠재량 평가, DSM 기술 보급률 전망 및 도달가능 잠재량 평가 그리고 경우에 따라 개발가능한 프로그램의 구성과 이에 따른 프로그램 잠재량 평가의 순서로 이어진다. 잠재량 평가의 기본적인 접근방법은 사용자별 데이터나 용도별 데이터와 같이 전력회사의 장기계획을 통해 공식적으로 제공되는 정보를 집계치로 활용하되, 그 이하 단계는 전력사용실태조사 등 설문조사나 행태분석을 통해 얻어진 정보를 토대로 기기별, End-Use별,

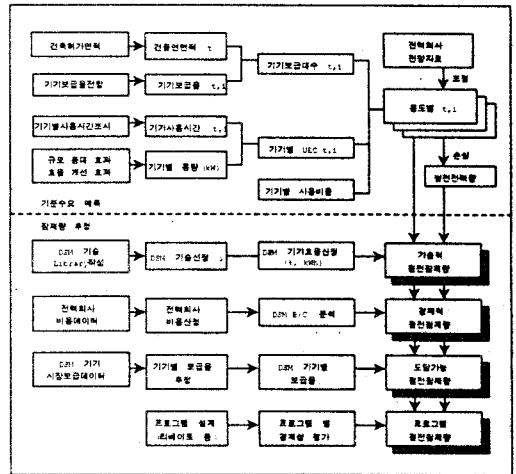


그림 1. 업무용 절전잠재량 산정절차(전력량)

2.2 기준수요 예측

기준수요예측은 연도별로 잠재량 산정시 기준이 되는 수용가별, 용도별, End-Use 및 기기별 수요 및 부하를 예측하는 것으로서, 업무용은 건물의 용도에 따라 전력 사용패턴이 상이하므로 시장단위의 구분이 필요하다. 본 논문에서는 기존의 업무용 건물을 토대로 사무실, 호텔, 병원, 식당, 도소매, 식료품, 창고 및 공공시설 등 8개로 구분하였으며, 이들 각각의 전력수요는 기존의 조사를 토대로 구성비를 추정하여 배분하였다.

먼저, 시장단위별 전력량(MEP)은 식(1)과 같이 용도별 구성비(EC)와 건물부문 전력수요(BEP)의 곱으로 산정된다. 여기서 건물부문 전력수요는 공공용 수요와

서비스업 수요를 합한 것이다.

$$MEP_k = EC_k + BEP \quad (1)$$

여기서 k : 건물용도(이하 동일)

한편, 기기별 보급대수는 조사를 통해 집계하는 방법과 단위면적당 에너지밀도를 사용하는 방법이 병용되고 있다. 동력이나 기기등과 같이 면적과 사용기기의 수요간의 상관관계가 밀접하지 않은 기기는 기기수로 산정하며, 냉난방, 조명과 같이 면적단위로 계산이 가능한 End-Use는 단위면적당 에너지밀도를 계산하는 방법이 활용된다.

기기보급율(SATR)은 표본조사를 통해 건물용도별 조사면적을 토대로 산정하게 되며, 따라서, 해당용도에 건물면적의 집계데이터만 있으면 추정이 가능하다. 다만, 이러한 집계데이터의 활용이 어려운 경우에는 건물용도별 End-Use의 전력사용량을 추정한 후, 이를 기기별 표준용량과 사용시간으로 역산하는 방법을 활용할 수 있다.

<대안1>

$$SATR_{i,j}(t) = MAR_k(t) + AREA(t) \times TVIN_{i,j}(t)$$

여기서, i, j : End-Use, 기기 (이하동일)

t: 연도

MAR : 시장단위별 건물면적

AREA : 조사면적

TVIN : 기기별 설치대수

<대안2>

$$SATR_{i,j}(t) = ENDP_i(t) \div NOM_{i,j}(t) \times HOUR_{i,j}(t)$$

여기서, ENDP : End-Use별 전력량

NOM : 기기별 표준용량

HOUR : 기기별 사용시간

건물용도별 면적은 용도별로 건물의 연면적을 집계한 것으로 통상 기준시점에서 사용중인 모든 건물이 해당된다. 그러나 많은 건물이 수개의 복합적인 용도로 사용되는 관계로 이를 정확하게 구분하기란 사실상 불가능하다. 따라서 단일건물을 특성에 따라 주 용도로 간주하거나 또는 사용면적을 기준으로 수개의 용도로 단순 구분하는 방법을 통해 면적을 계산하게 된다.

업무용의 기기별 총 소비전력량(DEM)은 기기별 설치대수(TVIN)와 기기당 소비전력량(UEC)에 의해 산정된다. 한편, 모든 기기의 소비전력량을 합한 업무용 총 소비전력량(TDEM)은 통계상의 불일치로 인해 전력회사의 업무용 판매전력량과 일치하기 어렵기 때문에 연도별 업무용 판매전력량 전당치에서 상수도 및 전철부문을 제외한 구성비율 기준으로 건물용 판매전력량을 산정한 후 이를 기준으로 조정계수(ADJR)를 구하여 일괄적으로 조정하는 방법을 사용한다. 이를 수식화 하면 식(2) 및 식(3)과 같다.

$$DEM_{i,j}(t) = TVIN_i(t) \times UEC_{i,j}(t) \quad (2)$$

$$TDEM_{i,j}(t) = \sum (DEM_{i,j}(t) \times ADJR(t)) \quad (3)$$

한편, 부하잠재량 산정절차도 기본적으로 전력량의 경우와 크게 다르지 않으며, 다만 몇가지 요소의 산정에 있어서만 차이가 있다. 특히, 부하잠재량 산정에서는 개별기기에 대한 정보와 아울러, 피크시 동시부하율(CF)이 가장 핵심적인 요소이다. 부하에 대한 조정은 현실적인 집계데이터의 유무에 좌우되나, 형태는 수용가별 부하구성비에 관한 데이터가 작성되지 않고 있는 점을 감안할 때 전력량에서의 조정율을 간접적으로 조정하는 방법도 적용가능하며, 경우에 따라서는 시스템 피크부하에 대한 수용가별 부하특성계수를 활용하여 근사값을 추정할 수 있다. 먼저 총 피크부하(LOAD)는 식(4)와 같이

기기별 피크시부하(PEAK)의 합에 조정계수를 곱해 산정할 수 있다.

$$LOAD_{i,j}(t) = \sum PEAK_{i,j}(t) \times (ADJR(t)) \quad (4)$$

여기서 기기별 피크시 부하는 연속적 사용기기의 경우와 단속적 사용기기의 경우가 다른데, 먼저 연속적 사용기기의 경우 기기별 피크시부하는 식(5)와 같이 기기보급대수와 기기별 동시부하(UCD)와의 곱으로 산정되며, 단속적 사용기기는 식(6)과 같이 기기별소비전력과 피크시사용대수(PVIN)의 곱으로 산정된다..

$$PEAK_{i,j}(t) = TVIN_{i,j}(t) \times UCD_{i,j}(t) \quad (5)$$

$$PEAK_{i,j}(t) = TVIN_{i,j}(t) \times PVIN_{i,j}(t) \quad (6)$$

한편, 조정계수는 수용가별 피크부하를 수용가별 시스템 피크부하로 나눠 산정할 수 있으며, 또한 총피크부하를 시스템 피크부하로 나눈값에 전력량 조정비율을 곱해 산정할 수도 있다.

2.3 DSM 잠재량 산정

2.3.1 최대 기술적 잠재량(ITP) 산정

ITP는 모든 기존기술을 일시에 효율적인 기술 즉 DSM 기술로 전환하는 경우에 발생할 수 있는 최대수준의 잠재량으로 최대절전잠재량은 식(7)과 같이 기기별 사용량에 절감율(EFFR)을 곱해 산정되며, 최대부하 절감량은 식(8)과 같이 기기별 표준용량에 피크시 사용대수를 곱해 산정된다.

$$ITP^E(t) = \sum_i \sum_j (DEM_{i,j}(t) \times EFFR_{i,j}(t)) \quad (7)$$

$$ITP^K(t) = \sum_i \sum_j (NOM_{i,j}(t) \times PVIN_{i,j}(t)) \quad (8)$$

2.3.2 단계별 기술적 잠재량(PTP) 산정

단계별 기술적 잠재량을 산정하기 위해서는 개별 기술/기기에 대한 수명이 필요하며 이는 기존기기의 교체비율과 신규보급 규모에 의해 결정된다. 기준연도의 기기 스톱을 매년도 일정비율로 교체하고 여기에 신규 보급대수를 더한 것이 단계별 기술적 잠재량 산정을 위한 기기 보급대수로 계획기간이 장기일 경우 즉, 제반기기의 수명보다도 긴 기간일 때는 최대 기술적 잠재량과 같아지게 된다. 전력량 및 부하에 대한 PTP는 각각 식(9) 및 식(10)과 같이 ITP에 기기별 교체율(VINR)을 곱해 산정한다. 여기서 기기별 교체율은 연간 기기교체대수를 연간 기기 총보급대수로 나눈 값이다.

$$PTP^E(t) = \sum_i \sum_j (ITP_{i,j}^E(t) \times VINR_{i,j}(t)) \quad (9)$$

$$PTP^K(t) = \sum_i \sum_j (ITP_{i,j}^K(t) \times VINR_{i,j}(t)) \quad (10)$$

2.3.3 경제적 잠재량(EP) 산정

경제적 잠재량은 단계별 기술적 잠재량(PTP)중 경제적 심사기준을 통한 기술만을 고려한 잠재량을 말한다. 여기서는 경제적 심사를 위해 사회적 관점에서 판단기준을 제공하는 총자원비용(TRC) 테스트가 활용된다. 한편, DSM 기술의 편익으로는 그 기술로 인하여 기기수명기간중 절감되는 전력회사의 전력량 및 설비에 대한 비용이 해당되며, 비용지표는 기존기술에 대해 추가되는 추가비용을 기기수명기간동안 자본회수계수로 균등화하여 산출한다. 식(11) 및 식(12)는 전력량과 부하에 대한 EP를 나타낸 것으로 PTP중 TRC의 B/C가 1을 초과하는 기술의 절전량을 더한 것이 된다.

$$EP^E(t) = \sum_i \sum_j PTP_{i,j}^E(t) \quad (\text{단, } TRC_{i,j}(t) \geq 1) \quad (11)$$

$$EP^K(t) = \sum_i \sum_j PTP_{i,j}^K(t) \quad (\text{단, } TRC_{i,j}(t) \geq 1) \quad (12)$$

2.3.4 도달가능 잠재량(AP) 산정

도달가능 잠재량은 경제량 잠재량중 DSM 기술의 보급률(SATR)을 감안하여 산정하게 되며, 따라서 경제적 잠재량중 일부만이 이에 해당한다. 경제량 잠재량이 DSM 기술의 완전보급을 전제로 하는데 비해 현실적인 보급은 기술별 보급상태, 확산속도 등에 따라 상당한 차이가 발생하게 된다.

$$AP^E(t) = \sum_i \sum_j (EP_{i,j}^E(t) \times SATR_{i,j}(t)) \quad (13)$$

$$AP^K(t) = \sum_i \sum_j (EP_{i,j}^K(t) \times SATR_{i,j}(t)) \quad (14)$$

2.4 시산분석

2.4.1 기본전제

여기서는 업무용 수요에 대한 실적데이터 분석을 토대로 기술적 잠재량(ITP와 PTP)과 경제적 잠재량(EP)을 산정하였다.

2.4.2 기준수요 산정

업무용의 기준수요는 각 건물의 End-Use별 단위면적당 전력사용량(kWh/m²) 및 부하밀도(kW/m²)의 예측이 선행되어야 하지만, 본 시산분석에서는 우리나라 건물별 연면적 통계자료의 부족으로 업종별, End-Use별 기기의 구성비율에 대한 분석사례로부터의 정보에 따라서 전력량 및 부하의 기준수요를 도출하였다. 또한 분석의 편의상 각 업종별 구분과 각 업종별 End-Use를 별도로 하지 않고 건물용 전체의 End-Use에 대해 기준수요를 전망하였다. 여기서 기준수요 전망은 모두 End-Use별 전력수요구성비를 전체 건물용 전력수요로 곱하여 각 End-Use별 기준수요를 도출하였다.

표 1 및 표 2는 2010년까지의 업무용 부문의 End-Use 기기별 기준수요(전력량 및 부하)를 전망한 것이다.

표 1. 업무용 End-Use별 기준수요전망(전력량)
(단위 : GWh, %)

| End-Use | 기 기 | 1997 | 2000 | 2005 | 2010 | 구성비 |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 조명 | 형광등 | 11242 | 13212 | 18743 | 24456 | 25.0 |
| | 백열등 | 1876 | 2205 | 3127 | 4081 | 4.2 |
| 동력 | 공조기 | 7821 | 9192 | 13039 | 17014 | 17.4 |
| | 펌프 | 6013 | 7068 | 10026 | 13083 | 13.4 |
| | 승강기 | 2159 | 2538 | 3600 | 4697 | 4.8 |
| 냉방 | 에어컨 | 8407 | 9881 | 14017 | 18290 | 18.7 |
| 사무 | 컴퓨터 | 3658 | 4299 | 6099 | 7958 | 8.1 |
| 기타 | 기타기기 | 3730 | 4383 | 6218 | 8114 | 8.3 |
| 건물용 계 | | 44905 | 52777 | 74869 | 97693 | 100.0 |

표 2. End-Use 기기별 기준수요전망(부하)

(단위 : MW, %)

| End-Use | 기 기 | 1997 | 2000 | 2005 | 2010 | 구성비 |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 조명 | 형광등 | 1735 | 2030 | 2926 | 3780 | 17.8 |
| | 백열등 | 290 | 339 | 488 | 631 | 3.0 |
| 동력 | 공조기 | 1429 | 1672 | 2410 | 3114 | 14.6 |
| | 펌프 | 1099 | 1286 | 1853 | 2394 | 11.2 |
| | 승강기 | 395 | 462 | 665 | 860 | 4.0 |
| 냉방 | 에어컨 | 3607 | 4220 | 6083 | 7858 | 36.9 |
| 사무 | 컴퓨터 | 728 | 852 | 1228 | 1587 | 7.5 |
| 기타 | 기타기기 | 491 | 574 | 827 | 1069 | 5.0 |
| 건물용 부하 | | 9774 | 11434 | 16482 | 21291 | 100.0 |

2.4.3 시산결과 요약

표 3 및 표 4는 업무용 잠재량 산정결과를 요약한 것으로서, 표에서 보는 바와 같이 2010년의 경제적 잠재량은 전력량의 경우 18,289GWh로 업무용 전체전력량의 16.5%를 차지하고 있으며, 부하의 경우는 3,927MW로 시스템피크부하의 16.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

표 3. DSM 잠재량 산정 결과 요약(전력량)
(단위 : GWh)

| 구분 | | 1997 | 2000 | 2005 | 2010 |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|
| 전력량 | 기준수요 | 51885 | 60580 | 85878 | 110868 |
| | ITP | 9206 | 10820 | 15349 | 20028 |
| | PTP | 1489 | 6160 | 14330 | 19996 |
| | EP | 1406 | 5619 | 13085 | 18289 |
| 구성비 | 기준수요 | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | ITP | 17.7% | 17.9% | 17.9% | 18.1% |
| | PTP | 2.9% | 10.2% | 16.7% | 18.0% |
| | EP | 2.7% | 9.3% | 15.2% | 16.5% |

표 4. 업무용 DSM 잠재량 산정 결과 요약(부하)
(단위 : MW)

| 구분 | | 1997 | 2000 | 2005 | 2010 |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|
| 부하 | 기준수요 | 11293 | 13124 | 18906 | 24162 |
| | ITP | 1903 | 2226 | 3209 | 4146 |
| | PTP | 273 | 1201 | 2939 | 4140 |
| | EP | 260 | 1123 | 2777 | 3927 |
| 구성비 | 기준수요 | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | ITP | 16.9% | 17.0% | 17.0% | 17.2% |
| | PTP | 2.4% | 9.1% | 15.5% | 17.1% |
| | EP | 2.3% | 8.6% | 14.7% | 16.3% |

3. 결 론

본 논문에서는 DSM 잠재량 평가기법 및 절차에 대한 방법론을 제시하고, 이를 업무용 부문의 DSM 절전잠재량 산정에 적용하여 그 실질적인 적용가능성을 살펴보았다. 그 결과 경제적으로 절감가능한 수요는 2010년경에 전체수요가운데 전력량이 16.5%, 부하가 16.3% 차지하고 있음을 알 수 있었다.

그러나 우리나라의 경우는 아직까지 체계적인 DSM 기술 library가 구축되어 있지 않았을 뿐만 아니라, 기기별 또는 End-Use별 제반 데이터 구축이 미비한 관계로 본 논문에서는 사례분석 결과보다는 아직까지 정립된 바 없는 DSM 기술에 대한 절전잠재량 추정방법을 정립하였다는 점에 그 의의가 있다.

앞으로 DSM 관련 기초연구가 활성화되기 위해서는 관련데이터의 체계적인 개발이 필수적이라 할 수 있겠다.

(참 고 문 헌)

- (1) EPRI, "Principles and Practice of Demand-Side Management", Aug. 1993
- (2) Planergy, "Technical Potential for Electricity Savings and Peak Demand Reduction", Jan. 1996
- (3) Barakat&Chamberlin, "Data Analysis in DSM Planning Process", Oct. 1996
- (4) 한국전기연구원, "DSM 잠재량평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구", 1998. 10
- (5) 한국전력공사, 장기전력수요예측, 1995.12