

산업용 부문의 DSM 절전잠재량 추정

박종진, 이창호, 조인승

한국전기연구소

Estimation of DSM Potential in Industrial Sector

Jong-Jin, Park, Chang-Ho, Rhee, In-Seung, Jo

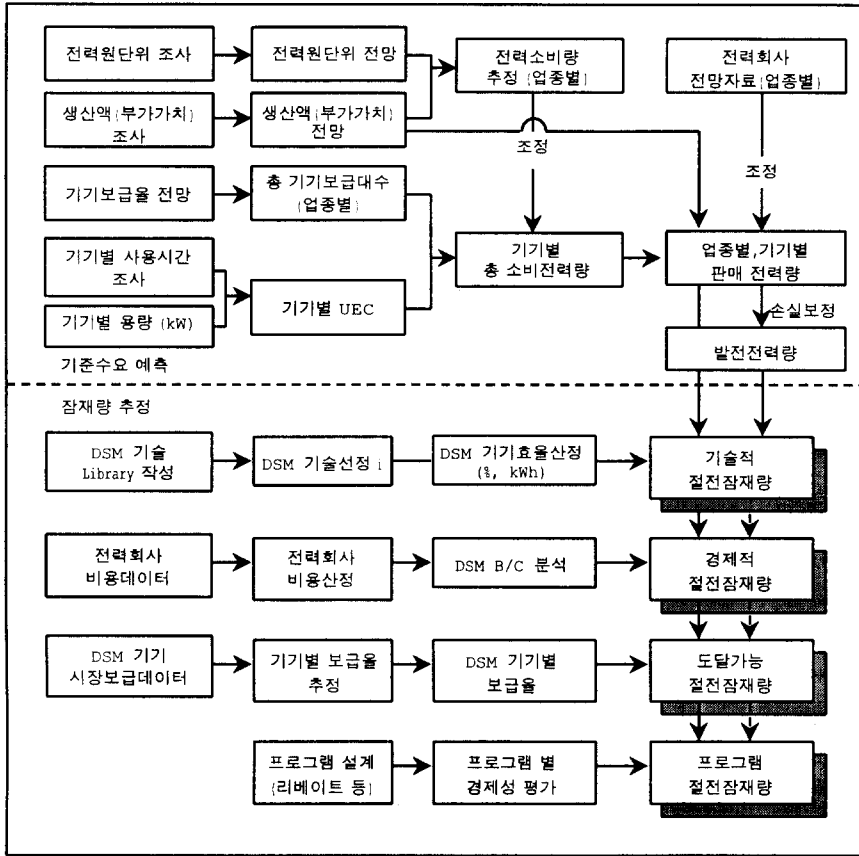
Korea Electrotechnology Research Institute

1. 서론

DSM(Demand Side Management)은 전기에너지의 효율적 이용에 따른 절약과 전력사용패턴의 개선을 목적으로 하며, 최근 들어 전력수급자원의 다원화 및 다변화로 인해 DSM 기술을 중심으로 수요측 자원의 규모와 범위가 확대되고 있다. 그러나 DSM과 같은 수요측 대안은 공급측 대안과 달리 가시적인 효과의 추정과 예측이 쉽지 않으며, 또한 DSM대안의 수행에 따른 성과에 있어서도 정확한 평가와 검증이 잘 이루어지지 않고 있다. 따라서 DSM 기술 및 프로그램에 대한 효과를 정확히 평가하기 위해서는 DSM으로 인해 얻어질 수 있는 절전 잠재량 평가가 선행되어야 한다. DSM 잠재량의 추정에는 DSM 기술의 현황 및 기술특성, 전력기기의 보급, End-Use별 부하특성, DSM 기술의 보급특성 등 다양하고 방대한 기초데이터에 대한 조사 및 분석이 이루어져야 한다. 특히 산업 부문에서의 전기소비량은 우리나라 전체 소비량의 약 60%를 차지하므로, 산업부문의 DSM 절전잠재량을 추정하고 평가할 수 있는 기법의 개발이 요구된다. 지금까지의 산업용에 대한 분석은 단일기구나 단일용도에 대한 조사 및 분석만이 이루어져 왔으나, 본 논문에서는 산업용에 대한 DSM 잠재량 산정방법 및 절차를 제시하고, 이를 산업용 전체를 대상으로 절전잠재량 추정에 적용하여 보았다.

2. DSM 잠재량 산정방법 및 절차

산업용 DSM 잠재량 평가를 위한 수행절차를 도해하면 <그림 1>과 같이 크게 기준수요 예측과 잠재량 추정단계로 구별되며, 잠재량 추정은 다시 최대 기술적 잠재량(MTP), 단계별 기술적 잠재량(PTP), 경제적 잠재량(EP) 및 도달가능 잠재량(AP) 추정의 단계를 통해 이루어진다. 산업용의 추정방식은 데이터 활용에 따라 여러 가지 방법이 있으나, 대체로 전력회사의 집계데이터를 최대한 효율적으로 활용함과 동시에 단계별 세부수요에 대한 기준수요 추정시 가능한 정확도를 높일 수 있는 방법이 활용된다. 본 연구에서는 전술한 집계 데이터와 아울러 업종별, End-Use별, 적용기술별 표준적인 전력량 및 부하구성비의 추정에 초점을 맞춘 조사추정치활용하는 혼합형 방식을 적용하였다.



<그림 1> 산업용 기준수요 산정절차도(전력량)

2.1 기준수요 예측

산업용의 업종별 기준수요 예측방법에는 첫째, 공장면적을 토대로 에너지 집적도(Energy Intensity)를 조사하는 방법, 둘째, 생산 또는 부가가치에 대한 에너지원단위(Unit Energy Consumption)를 이용하는 방법, 그리고 마지막으로 전력회사의 집계데이터를 이용하는 방법이 활용가능하다. 이중 우리나라의 경우 현실적인 접근이 가능한 방법은 전력회사 데이터를 토대로 에너지원단위를 보조적으로 활용하는 것이다. 하지만, 업종별 End-Use별 기준수요 예측은 전력회사 지표의 활용이 용이하지 않으므로 본 논문에서는 조사데이터를 활용하여 추정하는 방법을 사용하였다. 즉, 세부업종별로 생산제품, 공정, 규모 등을 고려한 표본을 설정하고, 이로부터 조사된 데이터를 토대로 해당 업종의 End-Use를 추정하였다. 먼저, 기기보급대수(TVIN)는 식(1)과 같이 총생산액(HH)에 기기보급율(SATR)의 곱으로 계산된다.

$$TVIN_{i,j}(t) = HH(t) \times SATR_{i,j}(t) \quad (1)$$

여기서, i, j : End-Use, 기기 (이하 동일)

t : 연도 (이하 동일)

한편, 기기별 사용시간과 기기별 용량은 기존의 자료와 산업용 전력사용실태 조사자료를 활용하였다. 그리고 기기별 소비전력량(UEC)은 식(2)와 같이 기기별 소비전력(NOM)과 기기별 사용시간(HOUR)의 곱으로 산정되며, 기기별 동시부하(UCD)는 식(3)과 같이 기기별 소비전력(NOM)과 기기별 동시부하율(UCF)의 곱으로 산정된다.

$$UEC_{i,j}(t) = NOM_{i,j}(t) \times HOUR_{i,j}(t) \quad (2)$$

$$UCD_{i,j}(t) = NOM_{i,j}(t) \times UCF_{i,j}(t) \quad (3)$$

위에서 산정된 식을 토대로 기기별 총 소비전력량(PEM) 및 기기별 총 피크부하(LEM)는 각각 식(4) 및 식(5)와 같다.

$$PEM_{i,j}(t) = TVIN_{i,j}(t) \times UEC_{i,j}(t) \quad (4)$$

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

본 논문의 시산에서는 기 예측된 장기전력수급계획의 업종별 예측치를 그대로 적용하였지만, 별도의 예측치를 적용하고자 할 경우 원단위 추정에 의한 자체 예측치를 사용할 수도 있다. 업종별 소비전력량(UPJ)은 전력회사 판매전력량과 자가발전 공급량의 합으로서 식(6)과 같이 생산액(HHP)과 전력원단위(PF)의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$UPJ_k(t) = HHP_k(t) \times PF_k(t) \quad (6)$$

여기서 k 는 업종을 나타내며, 생산액(HHP)는 업종별 부가가치 증가율(VAL)과 기준년도 생산액(HHST)의 곱으로 산정된다. 그리고 전력원단위(PF)는 기준년도 원단위(PFST)와 원단위 추정계수(PFCF)의 곱으로 산정되며, 원단위 추정계수는 목표년도 원단위와 특정함수에 의해 추정한다.

$$HHP_k(t) = VAL_k(t) \times HHST_k(t) \quad (7)$$

$$PF_k(t) = PFST_k(t) \times PFCF_k(t) \quad (8)$$

2.2 절전잠재량 추정

최대 기술적 잠재량(MTP)은 모든 기존기술을 일시에 효율적인 기술 즉, DSM 기술로 바꾸는 경우에 발생할 수 있는 최대수준의 잠재량으로 최대 절전잠재량(ITP^E)의 경우 연도별 기기별 기준수요(DEM)에 기기 절전효율(EFFR)을 곱하여 산정하며, 피크부하 잠재량(ITP^K)의 경우 기기별 표준용량(NOM)과 피크시 사용대수(PUSU)의 곱으로 산정된다.

$$ITP_{i,j}^E(t) = DEM_{i,j}(t) \times EFFR_{i,j}(t) \quad (9)$$

$$ITP_{i,j}^K(t) = NOM_{i,j}(t) \times PUSU_{i,j}(t) \quad (10)$$

한편, 단계별 기술적 잠재량(PTP)을 산정하기 위해서는 개별기기에 대한 교체 수명과 연도별 기존기기의 교체비율에 대한 정보가 필요하다. 즉 PTP는 기존기기의 교체비율과 신규보급 규모에 의해 결정된다. 이것을 수식화하면 식 (11) 및 식(12)와 같다.

$$PTP_{i,j}^E(t) = ITP_{i,j}^E(t) \times VINR_{i,j}(t) \quad (11)$$

$$PTP_{i,j}^K(t) = ITP_{i,j}^K(t) \times VINR_{i,j}(t) \quad (12)$$

여기서, VINR : 기기 교체율

3. 시산분석

산업용 부문에 대한 절전잠재량 시산분석은 End-Use별 기준수요 예측, 최대 기술적 절전잠재량, 단계별 기술적 잠재량의 순으로 이루어진다. 여기서는 각 End-Use 기기별 비용지표에 대한 자료미비로 경제적 잠재량 시산분석은 생략하였다.

3.1. 기준수요 예측

본 시산분석에서의 산업용 End-Use별 기준수요 예측은 일정시점에서의 제조 업종별 End-Use 전력수요의 구성비 분석이 선행되어야 한다. <표 1>은 '97년의 광공업 제조업종별 End-Use별 전력량 및 부하 구성비를 나타낸 것이다.

<표 1> 산업용 End-Use별 전력량 및 부하 구성비(%)

구분	조명	모터류	전열	운반	공조	컴프레샤	냉장	기타
전력량	3.34	31.60	19.62	1.59	12.67	26.41	2.58	2.19
부하	3.33	34.03	20.10	1.70	13.26	23.49	2.12	1.97

<표 2>은 산업용 End-Use별 전력량 및 부하에 대한 기준수요 전망을 나타낸 것으로 산업용 End-Use별 수요구성비를 산업용수요에 곱하여 산출된다.

<표 2> 산업용 End-Use별 기준수요 전망

항목	1997		2000		2005		2010	
	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
조명	4607	668	5021	733	6580	944	7575	1136
모터	43556	6822	47470	7481	62208	9640	71621	11606
전열	27038	4028	29468	4417	38617	5692	44460	6853
운반	2188	342	2385	375	3125	483	3598	581
공조	17467	2658	19037	2915	24947	3756	28722	4522
컴프레셔	36402	4707	39674	5162	51991	6652	59858	8009
냉장	3560	425	3880	466	5084	601	5854	724
기타	3012	394	3283	432	4302	557	4953	670
산업용 총계	137830	20043	150216	21981	196853	28323	226640	34102

3.2. 절전잠재량 추정

산업용 전력량/부하의 최대 절전잠재량(MTP)은 앞에서 언급한 바와같이 기준수요에 전력량/부하 절감율을 곱하여 산정한다. <표 3>은 최대절전잠재량의 시산결과를 나타낸 것이다. 시산결과 전력량의 경우 '97년의 산업용 최대 절전잠재량은 12,054 GWh이며, 2010년경에는 19,821 GWh로 '97년에 비하여 1.6배이상 증가할 것으로 예상되며, 산업용수요의 8.8% 정도를 차지할 것으로 전망되었다. 업종별로는 2010년에 이르러서는 공조, 모터, 전열순으로 절전잠재량이 높을 것으로 전망되었다. 또한 부하의 경우, '97년의 산업용 부하의 최대절전잠재량은 1,936 MW이며, 2010년경에는 3,293 MW로 '97년에 비하여 1.7배이상 증가할 것으로 예상되며, 최대부하의 5.3% 수준에 이르고 있다. 업종별로 보면, 전력량과 마찬가지로 공조 및 모터, 전열부문의 절감량이 비교적 높게 나타났다.

<표 3> 산업용 End-Use 기기별 최대 절전잠재량(MTP)

End-Use	1997		2000		2005		2010	
	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
조명	1151.7	167.0	1255.2	183.1	1644.9	236.0	1893.8	284.1
모터	2177.8	341.1	2373.5	374.1	3110.4	482.0	3581.1	580.3
전열	1351.9	201.4	1473.4	220.9	1930.8	284.6	2223.0	342.7
운반	109.4	17.1	119.2	18.7	156.3	24.1	179.9	29.1
공조	4366.8	664.4	4759.2	728.7	6236.7	938.9	7180.4	1130.5
컴프레서	1820.1	235.4	1983.7	258.1	2599.6	332.6	2992.9	400.5
냉장	925.6	110.6	1008.8	121.3	1322.0	156.3	1522.0	188.2
기타	150.6	19.7	164.2	21.6	215.1	27.8	247.7	33.5
합 계	12053.9	1756.6	13137.2	1926.4	17215.8	2482.3	19820.8	2988.8
산업용계 / 최대부하	137830	35851	150216	39498	196853	52479	226640	62191

한편, 단계별 기술적 절전잠재량(PTP)의 산정은 전력량과 부하 모두 각각의 최대절전 잠재량(MTP)에 보급기기의 연도별 교체비율을 곱하여 산정한다. 그러나, 여기서의 연도별 교체비율은 기준수요가운데서 매년 DSM기기로 교체되는 전력수요구성비를 교체비율로 간주하였다. <표 4>는 산업용 전력량의 단계별 기술적 절전잠재량 전망을 나타낸 것으로, 1997년에는 1,920GWh이던 절전잠재량이, 2010년에는 18,831GWh로 약 9.8배 증가하고, 산업용 총수요의 약 8.3%를 차지할 것으로 전망되었다. 업종별로 보면, 1997년도에는 모터류에 의한 절전잠재량이 1,089GWh로 가장 높고 그 다음으로 공조, 냉장순이지만, 2010년경에는 공조부문의 절전잠재량이 6,190GWh로 가장 많으며, 그 다음으로는 모터류, 컴프레서순으로 전망되었다. 산업용 기기별 부하에 대한 단계별 기술적 절전잠재량은 1997년에 103MW로 전체 부하에 0.32%에 불과하지만, 2010년경에는 절간부하가 2,536MW로 전체 최대부하

의 4.5%정도를 차지할 것으로 예상된다. 한편, End-Use별로 보면 공조부문의 절감량이 가장 많고, 그 다음으로 모터, 조명, 콤프레셔순으로 나타났다.

<표 4> 산업용 End-Use 기기별 단계별 기술적 절전잠재량(PTP)

End-Use	1997		2000		2005		2010	
	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
조명	115.2	16.7	614.4	82.3	1546.3	219.4	1893.8	284.1
모터	1088.9	17.1	2373.5	99.5	3110.4	296.4	3581.1	474.4
전열	135.2	10.1	721.2	58.7	1815.0	175.0	2223.0	280.1
운반	10.9	0.9	58.4	5.0	146.9	14.8	179.9	23.8
공조	218.3	33.2	1519.7	193.8	4179.3	577.4	6190.3	924.3
콤프레셔	151.7	11.8	858.5	68.7	2209.8	204.5	2992.9	327.4
냉장	185.1	11.1	826.6	54.5	1322.0	145.3	1522.0	188.2
기타	15.1	2.0	80.4	9.7	202.2	25.9	247.7	33.5
합 계	1920.4	102.7	7052.7	572.2	14531.9	1658.7	18830.7	2535.8
산업용계 /최대부하	137830	35851	150216	39498	196853	52479	226640	62191

4. 결론

본 연구에서는 산업용 부문에 있어서 DSM 절전잠재량 산정절차를 제시하고, End-Use별 절전 잠재량을 추정하였다. 지금까지 절전잠재량 추정은 개별 프로그램 또는 일부 수용가만을 대상으로 단편적으로 시도된 적이 있지만, 본 연구에서는 DSM 잠재량 산정에 있어 포괄적이고 일관성 있게 적용가능한 모형을 제시하였으며, 시산을 통해 실질적인 적용가능성을 살펴보았다.

앞으로 지속적인 전기에너지의 사용확대와 더불어 효과적인 에너지절약기술 및 DSM 프로그램의 개발 필요성이 증대될 것으로 보이며, 이를 위해서는 업종별, 업태별, 공정별, 기기별로 세분화된 예측지표와 평가방법에 의한 부하 및 절전잠재량 산정, 비용효과적인 DSM 프로그램 개발이 이루어져야 할 것이며, 본 연구가 이러한 수요관리에 효과적으로 활용될 것으로 기대된다.

향후 경제적 잠재량을 추정하기 위해서 기술 지표 및 경제 지표에 대한 자료의 구축이 필요하며, 아울러, 신뢰성 있는 데이터의 조사 및 분석에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] 한국전기연구소, DSM 잠재량평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구, 1998. 10
- [2] Barakat & Chamberlin, Inc, Principles and Practice of Demand-Side Management, Aug. 1993
- [3] 한국전력공사, 장기전력수요예측, 1995. 12