

End-Use 모델을 이용한 하계 냉방부하 추정

허 돈, 김진호, 한태경, 박종근
서울대학교 공과대학 전기공학부

The Estimation of Summer Cooling Load Using End-Use Model

Don Hur, Jin-Ho Kim, Tae Kyung Hahn, Jong Keun Park
School of Electrical Engineering, College of Engineering, Seoul National University

Abstract - 본 논문은 End-Use 모델의 개념을 정립하고 정확한 데이터를 얻기 위한 설문 조사를 통하여 1999년의 실제 하계 냉방부하를 End-Use 모델을 이용하여 예측하였다. 본 연구를 통하여 에어컨 부하 및 소비행태의 조사에 의한 냉방부하의 특성을 분석하고 합리적인 수요관리를 위한 냉방기기 및 부하 데이터를 축적하고자 한다.

$$\text{냉방부하} = \sum_{\text{기기}} k \text{ 보급 대수} \times k \text{ 정격 용량} \times k \text{ 수용율} \quad (2)$$

마지막으로 통계청의 지역내 총생산 구성비(경상가격) 자료를 이용하여 지역별 냉방부하 및 각각의 비율을 계산한다.

1. 서 론

End-Use 모델은 최종 수용자가 사용하는 냉방부하를 계산하여 각각의 냉방부하를 더함으로써 전체 수용가의 사용량을 계산하는 방법이다. 이 방법은 각 수용가의 정보를 이용하므로 냉방수요의 정확한 행태 분석 및 예측에 유리하다. 그러나 개별 수용가의 정보를 알아야 하므로 그만큼 정보 획득이 어려우며 장기간에 걸친 데이터의 수집과 수집된 데이터에 대한 데이터 베이스의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 기존의 데이터를 충분히 활용하여 End-Use 모델을 확립하고, 미흡하거나 아직 조사된 자료가 없는 경우에는 설문조사를 통하여 정확성을 추구하였다. 자세한 End-Use 모델 확립을 위하여 본 연구에서는 용도별, 기기별, 지역별로 냉방부하를 계산하여 그 합을 구하는 방식을 적용하였다. 먼저 용도별로는 주택용, 일반용, 산업용으로 구분하였고, 특히 본 연구에서는 주택용과 일반용의 부하행태 분석을 집중적으로 행하였는데 그 중에서도 가장 큰 비중을 차지하는 에어컨의 소비행태에 중점을 두었다. 그리고 본 연구에서 적용한 기기별 분류는 표 1과 같다.

표 1. 냉방기기의 분류

공기조화기기		열원기기					
패키지형	룸형	왕복동식	흡수식	흡수식	원심식	빙축열	스크류식
에어컨	에어컨	냉동기	냉동기	냉온수기	냉동기	냉동기	냉동기

지역을 구분하는 방식은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 서울, 대도시, 중소도시로 나누었다.

End-Use 모델의 단계는 다음과 같다. 한국냉동공조공업협회의 1998년 기기별 냉방기기의 생산출하현황을 기초로 용도별, 기기별 냉방기기의 총 보급대수를 구한다. 그리고 분류된 공급대수에 잔존율을 이용하여 1999년의 보급대수를 산출한다. 여기서, 보급대수의 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{냉방기기 보급대수} = \sum [\text{년도별 공급대수} \times \text{잔존율}] \quad (1)$$

1999년 하계에 실시한 설문조사를 통하여 용도별, 기기별 수용율을 구하여 냉방부하를 계산한다. 각각의 용도별, 기기별 냉방부하를 합산하여 전체 냉방부하를 구한다. 여기서, 냉방부하의 산출공식은 다음과 같다.

2. 본 론

2.1 보급대수

1999년의 냉방기기 보급대수를 추정하기 위해서 1988년부터 1997년까지의 과거 실적을 토대로 선형회귀 모형을 이용하였다. 시계열분석법 중에서 회귀 분석의 방법으로는 선형함수적인 접근과 지수함수, 로그함수의 접근법이 있다. 그러나 본 논문에서는 일반적으로 유사한 형태의 식으로 유도되고 사용하기에 편리한 선형함수적인 접근 방법을 채택하였다.

2.1.1 잔존율을 고려한 보급대수

End-Use 모델에서는 냉방기기의 보급대수를 추정하는데 있어서 잔존율이라는 개념을 도입하게 되는데 잔존율의 정확한 의미를 살펴보면 다음과 같다. 각 제조업체에서 매년 공급한 냉방기기들은 그 기기가 잔존하는 동안은 사용될 수 있을 것이며, 이와 같이 수용가에서 보유하고 있는 총량을 보급대수라고 정의한다면, 보급대수는 식 (1)과 같이 생산 출하된 공급량에 잔존율을 곱하여 누적인 양의 합이 될 것이다. 잔존율을 고려한 냉방 기기별 보급대수는 다음 표 2와 같다.

표 2. 잔존율을 고려한 기기별 보급 대수

(단위 : 대)

	룸형 에어컨	패키지형 에어컨	왕복동식 냉동기	흡수식 냉동기	흡수식 냉온수기	원심식 냉동기
1988	4,578	1,714	48	3	7	9
1989	22,830	5,738	166	7	21	37
1990	79,321	27,068	521	29	61	103
1991	236,625	85,716	495	51	177	120
1992	195,384	115,562	1,014	66	664	238
1993	250,838	116,848	1,328	99	954	136
1994	229,930	203,952	1,364	115	1,396	262
1995	374,974	482,941	1,236	202	1,428	424
1996	668,810	658,578	1,054	426	1,300	387
1997	761,385	798,262	974	299	1,823	373
1998	669,476	720,299	1,133	332	1,963	383
1999	724,817	800,229	1,105	363	2,165	397
합 계	4,218,968	4,016,907	10,438	1,992	10,678	2,869

2.2 평균 정격용량

2.2.1 일반용

일반부문 조사업체의 냉방기기별 1대당 평균 정격용량은 다음 표 3과 같다.

표 3. 일반용 냉방기기의 평균 정격용량 (표본수=450)

	룸형 에어컨	패키지형 에어컨	왕복동식 냉동기	흡수식 냉동기	흡수식 냉온수기	원심식 냉동기	빙축열 냉동기	스크류식 냉동기
평균용량 (kw)	1.2	3.9	49.9	60.3	62.1	207.1	232.5	54.8

2.2.2 주택용

조사된 4대 도시의 주택용 냉방기기의 평균 정격용량은 다음 표 4와 같다.

표 4. 지역별 주택용 냉방기기의 평균용량 (표본수=50)

	룸형 에어컨 [kw]	패키지형 에어컨 [kw]
평균	1.100	2.200
서울	1.326	2.478
인천	1.064	2.176
수원	1.043	2.112
이천	0.967	2.034

2.3 수용율

냉방기기가 소비하는 전력은 연속 가동하는 상태에서 소비전력이므로 실제로 냉방기기를 사용하는 경우 이보다 훨씬 적은 전력을 소비하게 된다. 왜냐하면 첫째, 모든 냉방기기가 동시에 가동되는 것이 아니라 순간적인 시점에서 보면 일부만 가동되기 때문이다. 둘째, 냉동기의 냉동 전용용량은 50%이고, 팬, 펌프 같은 부대시설이 50% 정도로서 각 용량의 순간 조합으로 작동하기 때문에 일반적으로 처음 작동할 때 이외에는 100%의 용량을 훨씬 못 미치는 입력전력이 필요하다. 이러한 이유 때문에 냉방기기의 전력부하를 정의하기 위해서는 수용율이라는 개념이 필요하게 된다.

수용율은 '계통 피크시의 총 냉방기기 부하 대 총 냉방기기 정격용량을 확률 개념으로 표현한 값'으로 정의한다.

2.3.1 일반용

1999년 8월 10일 14시를 기준으로 작성된 냉방기기별 피크시 수용율은 표 5와 같다.

표 5. 일반용 냉방기기의 피크시 수용율

	룸형 에어컨	패키지형 에어컨	왕복동식 냉동기	흡수식 냉동기	흡수식 냉온수기	원심식 냉동기	빙축열 냉동기	스크류식 냉동기
수용율 (%)	32.6	34.0	38.6	39.2	40.4	40.1	36.6	37.8

2.3.2 주택용

주택용 냉방기기의 피크시 수용율은 다음 표 6과 같다.

표 6. 주택용 냉방기기의 피크시 수용율

	룸형 에어컨	패키지형 에어컨
수용율 (%)	29.8	31.2

2.4 하계 냉방부하 추정

냉방기기의 전력부하는 보급대수에 정격용량과 수용율을 곱한 값을 누적하여 추정할 수 있다. 이것을 식으로 표현하면 식 (2)와 같다.

이상에서 검토한 기기별 보급대수와 평균 정격용량, 수용율을 기초로 1999년 하계 냉방부하를 추정하면 다음과 같다.

2.4.1 일반용+산업용

일반용, 산업용 냉방부하의 냉방기기별 냉방부하는 다음 표 7과 같다.

표 7. 일반용+산업용 기기별 냉방부하

	냉방부하 (kw)
룸형 에어컨	634,799
패키지형 에어컨	4,673,200
왕복동식 냉동기	201,279
흡수식 냉동기	47,028
흡수식 냉온수기	300,333
원심식 냉동기	238,171
빙축열 냉동기	1,787
스크류식 냉동기	4,225
합계	6,100,822

2.4.2 주택용

주택용 냉방기기별 냉방 부하는 다음 표 8과 같다.

표 8. 주택용 냉방기기별 냉방부하

	룸형 에어컨	패키지형 에어컨	합계
냉방부하 (kw)	721,610	285,533	1,007,143

표 9는 지역내 총생산 구성비를 이용하여 각 지역별 일반용+산업용, 주택용 냉방부하를 나타낸 것이다.

표 9. 지역별 일반용+산업용, 주택용 냉방부하

	일반용+산업용 [MW]	주택용 [MW]
서울	1,384.88	228.63
부산	378.25	62.44
대구	237.93	39.28
인천	292.84	48.34
광주	146.42	24.17
대전	122.02	20.14
경기	1,092.05	180.28
강원	158.62	26.19
충북	219.63	36.25
충남	305.04	50.36
전북	231.83	38.27
전남	323.35	53.38
경북	402.65	66.48
경남	744.30	122.87
제주	61.01	10.06
합계	6,100.82	1,007.14

3. 결 론

표 10은 일반용과 산업용, 주택용의 1999년 하계 냉방부하를 추정한 것이며, 용도별 전체 냉방부하 중 각 각이 차지하는 비율을 나타낸 것이다.

표 10. 용도별 냉방부하

	냉방부하 [kw]	비율 [%]
일반용+산업용	6,100,822	85.83
주택용	1,007,143	14.17
합 계	7,107,965	100.00

표 11은 지역내 총생산 구성비를 이용하여 각 지역 별로 일반용, 산업용, 그리고 주택용 냉방부하를 모두 합한 것이다.

표 11. 지역별 전체 냉방부하

	냉방부하 [MW]	비율 [%]
서울	1,613.508	22.7
부산	440.694	6.2
대구	277.211	3.9
인천	341.182	4.8
광주	170.591	2.4
대전	142.159	2.0
경기	1,272.326	17.9
강원	184.807	2.6
충북	255.887	3.6
충남	355.398	5.0
전북	270.103	3.8
전남	376.722	5.3
경북	469.126	6.6
경남	867.172	12.2
제주	71.079	1.0
합 계	7,107.965	100.0

그림 1은 용도별 냉방부하의 비율을 나타낸 것이다.

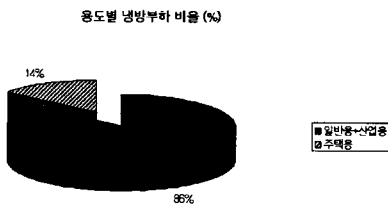


그림 1. 용도별 냉방부하 비율

4. 부 록

사용년수에 따른 잔존율은 표 12와 같다.[7]

표 12. 냉방기기의 내용년수와 잔존율

사용년수	14년	17년	20년	사용년수	14년	17년	20년
1	1.000	1.000	1.0000	12	0.011	0.211	0.3264
2	1.000	1.000	1.0000	13	0.002	0.156	0.1841
3	0.998	0.998	0.9998	14	0.000	0.065	0.0885
4	0.989	0.991	0.9992	15		0.021	0.0359
5	0.965	0.970	0.9965	16		0.002	0.0122
6	0.874	0.955	0.9878	17		0.000	0.0035
7	0.716	0.880	0.9641	18			0.0080
8	0.500	0.715	0.9115	19			0.0002
9	0.284	0.500	0.8159	20			0.0000
10	0.126	0.385	0.6736	평균	7.5년	9.1년	10.5년
11	0.043	0.270	0.5000	내용년수			

표 12에서 내용년수는 가장 오래 사용한 기간이다. 예를 들어 어떤 냉방기기를 14년 전에 10,000대 생산 출하했다면 그 기기들의 내용년수가 14년인 경우는 잔존량이 하나도 없이 폐기 또는 교체되었고, 내용년수가 17년인 경우는 그 중에서 650대만 잔존하고, 20년인 경우는 885대만 잔존한다고 볼 수 있다. 또한 평균 내용년수는 각 잔존율의 합계가 될 것이므로 내용년수가 14년, 17년, 20년인 경우의 평균 내용년수는 각각 7.5년, 9.1년, 10.5년이 된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사 전력경제처, "냉방수요 행태 조사분석 및 예측", 1994.10.
- [2] 한국냉동공조공업협회, "냉동·공조·공기기기 통계자료", 제11호, 1998.
- [3] 한국전력공사 전력경제처, "하계냉방부하특성분석", 1997.
- [4] 한국전력공사 전력경제처, "전력수요예측 장·단기 연계방안연구", 1995.10.
- [5] 한국전력공사 전력경제처, "주택용 부하곡선 자료집", 1998.3.
- [6] 한국전력공사 전력경제처, "계약종별·산업별 부하곡선 자료집", 1997.10.
- [7] Spencer Clark and Hoguet, "Business and Economic Forecasting, Durable Goods Survival Coefficient Table 7-2", Richard Irwin, 1961

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 수행되었음