

냉방기기 사용량과 특성을 고려한 가스냉방기기의 전력대체 효과 분석

Analysis of Electric Substitution Effects by the Gas Consumption and Characteristics of Gas Cooling System

박 래 준* · 송 경 빈†
(Rae-Jun Park · Kyung-Bin Song)

Abstract - Recently, the amount of electrical heat pump(EHP), a electrical conditioning equipment, is sharply increasing due to the luxury and multi-story trend of building. Accordingly, the cooling load that occupying substantial part of summer electric consumption has increased dramatically, making difficulties in domestic supply of electricity in summer. There are some efforts to replace it with an alternative cooling equipment such as gas heat pump(GHP), a gas cooling equipment, in order to solve the problem of summer electricity supply through reducing the summer electricity peak. It is rare, however, to find studies on the actual effects of GHP on the reduction of summer electricity peak. This study, therefore, estimated the effects of the GHP on the summer electricity peak by the gas consumption and characteristics of gas cooling systems. In addition, electric substitution effects by gas cooling systems were analyzed through case studies in the summer of 2010.

Key Words : Electrical heat pump, Gas cooling systems, Electric substitution effects, The gas consumption

1. 서 론

80년대 이후부터 경제 성장에 따른 국민 생활수준의 향상으로 여름철 냉방 에너지 수요는 매년 증가 추세이며, 2011년 여름 냉방수요는 전년 대비 12.3% 증가한 1,729만kW로 전체 전력수요의 23.1%를 점유하였다.[1] 냉방부하 특성상 여름철 낮 시간에 집중적으로 발생하여 공급예비율을 줄이는 요인으로 작용하고 하계 전력수요 피크를 높여 추가적인 발전기 건설비용을 발생시킨다.

현재 전체 냉방에너지 중 가스냉방의 비중은 약 12%인데, 고가의 가스냉방기기의 경우 대체기기가 있어 자연적인 보급이 어렵다. 따라서 하절기 전력-가스간의 상호보완적 역할 및 에너지 이용합리화를 통한 국가적 이익을 최대화하기 위한 정책적 지원이 이루어지고 있는 실정이다.[2]

가스냉방 지원제도에 의하여 가스냉방기기의 보급이 활성화 될 경우 가스냉방기기에 의한 전력대체효과를 정확히 파악하여 가스냉방 지원 수준을 결정하고 가스냉방 지원에 의한 효과를 분석하는 것이 중요하게 된다. 하지만 가스냉방기기에 의한 전력대체 효과는 최대부하 발생 시 가스 소비량, 기기 운전율 및 부하율 등을 정확히 파악해야 하나 이들의 측정이 어려울 뿐 아니라 변동이 심하여 이를 정확하게 평가하는 것은 쉽지 않다.[3]

기존의 가스냉방의 전력대체효과를 분석하기 위한 접근 방법으로는 '월간 냉방용 가스사용량'으로부터 최대전력 발

생일의 가스수요를 추정하여 가스냉방기기에 의한 냉방부하 용량을 계산하고 전기냉방기기에 의한 냉방부하 용량과 비교하여 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기 대체효과를 전력사용량(kWh)으로 환산하는 방법을 사용하였다.[4] 하지만 사용되는 가스냉방기기에 따라 냉방부하 특성과 보급률이 상이하므로 정확한 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 전력대체효과를 환산하기 위해서는 실제로 사용되는 여러 가스냉방기기의 냉방부하 특성과 대체되는 전기냉방기기의 냉방부하 특성을 모두 고려하여 전력대체 효과를 분석해야 한다. 따라서 본 논문에서는 대표 가스냉방기기와 대표 전기냉방기기를 선정하여 냉방기기의 보급률과 특성을 고려한 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 전력대체효과를 분석하였다.

본 논문에서는 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기 대체효과를 분석하기 위해 냉방용 가스 수요, 냉방용량별 냉방기기 특성, 냉방기기 보급실적을 고려하여 전력 피크 발생일의 전력대체효과를 추정하고 사례연구로서 2011년 하계 전력피크 발생일인 8월 20일의 가스냉방기기에 의한 전력대체효과를 분석하였다. 또한 가스냉방기기의 보급률에 따른 전력피크 절감 효과를 분석하고 피크일의 온도, 가스냉방기기의 보급률, 냉방용 가스 수요 변동, 냉방기기 COP 특성 변화에 따른 민감도를 분석하였다. 또한, 향후 냉방용 가스 수요 변동에 따른 가스냉방기기의 전력대체 효과 전망을 수행하였다.

2. 가스냉방기기의 전력대체 효과 분석

국내 냉방기기의 보급 및 기술 현황을 살펴보면 국내에서 비주거용 건물에 적용되는 중앙집중식 냉방설비의 가스냉방기기의 경우 30RT(Refrigeration Ton)급 이상은 흡수식 냉

* 준 회원 : 숭실대학교 전기공학부 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 숭실대학교 전기공학부 부교수, 공학

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr

접수일자 : 2012년 2월 8일

최종완료 : 2012년 4월 24일

방기를 사용하고, 30RT급 미만은 개별 냉방식으로 평균 16RT급 GHP(Gas engine Heat Pump)를 주로 설치하고 있다. 또한 비교대상 전기냉방기기로는 30RT 이상급 중앙 집중식의 경우 터보냉동기, 축냉식냉동기를 주로 사용하고 있으며 경우에 따라 복수의 EHP(Electric Heat Pump)를 조합하여 사용하기도 한다. 30RT급 미만의 경우 주로 EHP를 사용한다. 따라서, 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기 대체효과를 분석하기 위한 가스냉방기기와 비교대상 전기냉방기기로는 다음 표 1과 같은 비교대상 기준을 냉방용량별로 선정하였다.

표 1 냉방용량별 비교대상 기준 [2]

Table 1 COP of gas air-conditioning system and electric air-conditioning for air-conditioning capacity [2]

| 대상 냉방용량 | 대상 가스냉방기기 | 비교대상 전기냉방기기 |
|---------|------------------|------------------------------------------|
| 16RT | GHP (COP = 1.3) | EHP (COP = 3.7) |
| 20RT | GHP (COP = 1.3) | EHP (COP = 3.7) |
| 200RT | 흡수식 (COP = 1.25) | EHP (COP = 3.7, 복수 구성) 터보냉동기 (COP = 5.0) |
| 500RT | 흡수식 (COP = 1.25) | 터보냉동기 (COP = 5.0) |
| 1,000RT | 흡수식 (COP = 1.25) | 축냉식 (COP = 3.0) |

가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 대체효과를 분석하기 위한 방법으로 각 대상 가스냉방기기와 비교대상 전기냉방기기의 성적계수(COP ; Coefficient of performance)를 고려하여 냉동기의 열효율로부터 냉방기기의 특성을 고려하였다. 냉동기의 성적계수 COP란 냉동사이클의 능률을 나타내는 수치로서 소요일의 열당량과 냉동능력의 비를 말한다. 외부로부터 일(W)을 받아 저온구역 T2의 물체로부터 열량 Q2를 취하여, 고온구역 T1으로 열량 Q1을 배출하게 되는 것이다. 결국 Q1-Q2에 상당하는 열량을 소비하게 되므로, 이론적 냉동사이클의 성적계수에서 일(W)의 에너지는 열량 Q2를 제거하는데 필요한 것이지 일(W)의 에너지 일부가 열량 Q2로 변환되는 것은 아니다. 따라서 같은 의미로부터 효율이라는 말을 사용하지 않고 일반적으로 성적계수라는 말을 사용하고 있다. 따라서 가스냉방기기와 전기냉방기기의 성적계수를 비교하면 일(W)에 대하여 Q1-Q2에 상당하는 소비하는 열량의 비율을 비교 할 수 있으므로 에너지소비량 개념에서부터 대체효과를 비교할 수 있다.[2]

2.1 전력대체 효과 분석 방법

식 (1)의 COP의 정의로부터 가스냉방기기의 에너지소비량과 전기냉방기기의 에너지소비량은 식 (2), 식 (3)과 같이 계산 할 수 있으므로 가스냉방이 전기냉방을 대체하는 경우 전력사용량 감소분은 식 (4)와 같이 표현 할 수 있다.[5]

$$COP = \frac{\text{냉방능력}(kcal)}{\text{소비에너지}(kcal)} \tag{1}$$

$$COP_G = \frac{\text{냉방능력}(kcal)}{\text{가스소비량}(Nm^3) \times Q(10,400kcal/Nm^3)} \tag{2}$$

$$COP_E = \frac{\text{냉방능력}(kcal)}{\text{전력소비량}(kWh) \times 860(kcal/kWh)} \tag{3}$$

$$P_G(kWh) = \frac{COP_G \times 10,400}{COP_E \times 860} \times \text{가스사용량}(Nm^3) \tag{4}$$

여기서,

COP_G : 가스 냉방기기의 COP

COP_E : 전기 냉방기기의 COP

Q : 발열량

P_G : 가스냉방기기에 의한 전력 대체량

식(4)를 이용하여 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 대체효과를 분석하기 위해서는 대상 냉방기기의 COP를 산출하는 과정이 필요하다. 하지만 냉방설비의 COP특성은 같은 냉방기기일 경우에도 제조회사 별로 많은 차이를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내의 냉방설비 제조회사의 대표 제품으로부터 대상 냉방기기인 GHP와 흡수식 냉방기기의 COP와 비교 냉방기기인 EHP, 터보냉동기 및 축냉식 냉동기의 대표 COP를 선정하여 사용하였으며 그 결과는 표 1에 함께 나타내었다.

또한, 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 대체효과는 실제 운전된 가스냉방기기의 사용량에 따라 결정되어 진다. 실제로 운전된 가스냉방기기 사용량이 클수록 전기냉방기기에 의한 대체효과는 커지게 되며, 이것은 냉방용 가스 사용량으로부터 추정이 가능하다. 가스사용량은 한국가스공사로부터 냉방용 가스 수요가 월간 집계된 값을 사용하였으며 가스냉방기기의 전기냉방기기 대체효과를 월간으로 계산하였다. 전력계통의 특성상 전력대체효과는 피크일의 피크시간에서의 전력대체효과가 중요하게 되는데 가스 수요는 월간 통계량만 존재하므로 특정일의 냉방용 가스수요를 추정하기 위해서는 월간으로 취득되는 냉방용 가스 수요로부터 전력 피크일과 시간의 냉방용 가스 수요를 추정하는 과정이 필요하다. 피크일의 냉방용 가스 수요를 추정하기 위해 냉방수요는 온도 및 생활 패턴과 밀접한 연관이 있으므로 최대온도, 전력사용패턴, 냉방시간 온도 등을 고려하여 피크일의 냉방용 가스 수요를 추정하였다. 결론적으로 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 전력대체효과를 분석하는 알고리즘에 대한 순서도는 그림 1과 같다.

2.2 온도와 사용패턴 가중치에 의한 냉방용 가스 수요의 추정 방법

앞에서 언급한 것과 같이 피크일의 전력대체 효과를 분석하기 위하여 피크일 냉방용 가스 수요를 추정하는 과정이 필요하다. 가스 수요는 취득상의 문제로 월간 통계량만 존재하므로 월간 통계량으로부터 피크일의 냉방용 가스 수요를 추정하기 위하여 월간 평균기온에 의한 가중치와 월간 전력사용패턴에 의한 가중치를 적용하였다.

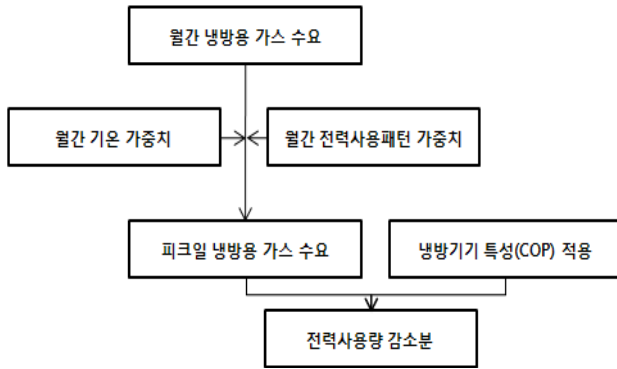


그림 1 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기 전력대체 효과 분석 순서도

Fig. 1 The flowchart of power substitution effect for gas cooling system

일반적으로 기간과 온도 범위를 한정된 상태에서 온도와 냉방 부하 사이에는 선형적으로 비례하는 특성을 갖는다고 알려져 있다.[6] 따라서 해당 월의 일별 최고온도와 냉방 시작온도와의 차이로부터 온도에 따른 가중치를 부여하였다. 또한, 냉방 수요의 경우 온도이외에 실제 생활 패턴의 영향을 받으므로 이 부분을 고려하기 위하여 냉방 수요는 일일 전력 사용에 비례한다고 가정하고 일일 전력 사용 패턴을 이용하여 해당 월의 일별 최대전력 수요의 정규화 패턴으로부터 사용 패턴에 따른 가중치를 부여하였다. 또한 온도에 따른 가중치와 사용패턴에 따른 가중치는 동일한 비율로 적용된다고 가정하였다. 다음 식 (5)는 특정일의 냉방용 가스 수요를 추정하는 식이다.[7]

$$Q_d = \frac{W_t + W_p}{2} \times Q_m \quad (5)$$

Q_d : 해당일 냉방용 가스 수요(ton)

W_t : 해당일 온도 차이 가중치

W_p : 해당일 사용패턴 가중치

Q_m : 해당월 냉방용 가스 수요(ton)

특정일의 냉방용 수요를 계산한다면 식 (3)에 대입하여 피크일의 전력사용량(kWh) 감소분을 계산 할 수 있다. 하지만 전력계통의 특성상 전력피크용량(kW)의 대체량이 중요하게 되므로 피크일 피크시간의 전력사용량 감소분을 계산하기 위하여 대상 냉방기기의 월별 일일 평균 가동률을 고

표 3 용량별 냉방기기 누적 보급량 [2]

Table 3 The accumulated spread of air-conditioning system by air-conditioning capacity [2]

| 보급용량(RT) | '00 | '01 | '02 | '03 | '04 | '05 | '06 | '07 | '08 | '09 | '10 | 누적비율 |
|----------|-----|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-------|
| 16 | 390 | 3,250 | 7,622 | 22,842 | 49,717 | 84,159 | 116,983 | 141,114 | 160,412 | 173,196 | 182,875 | 0.170 |
| 20 | 390 | 3,250 | 7,394 | 20,939 | 45,762 | 78,220 | 109,390 | 132,647 | 151,270 | 163,585 | 172,813 | 0.161 |
| 200(GHP) | 0 | 0 | 21,279 | 37,904 | 52,009 | 66,339 | 74,985 | 88,926 | 102,394 | 110,189 | 121,492 | 0.113 |
| 200(흡수식) | 0 | 0 | 21,279 | 37,904 | 52,009 | 66,339 | 74,985 | 88,926 | 102,394 | 110,189 | 121,492 | 0.113 |
| 500 | 0 | 0 | 39,408 | 68,517 | 93,055 | 120,115 | 136,222 | 160,908 | 185,368 | 198,231 | 219,863 | 0.204 |
| 1000 | 0 | 0 | 39,300 | 61,130 | 98,930 | 132,540 | 152,630 | 173,890 | 209,680 | 228,960 | 257,540 | 0.239 |
| 합계 | 780 | 6,500 | 136,282 | 249,234 | 391,481 | 547,711 | 665,193 | 786,410 | 911,517 | 984,349 | 1,076,075 | 1.000 |

려하였다. 다음 표 2는 대상 냉방기기의 월별 일일 평균 가동률을 나타낸 표이다.

일반적으로 하루의 활동이 09시부터 시작되며 냉방기기별 일일 평균 가동시간만큼 일정하게 냉방용 가스 수요가 발생한다고 가정하고 앞서 추정된 일일 가스냉방 수요로부터 특정 시간에서의 대상 냉방기기별 냉방용 가스 수요를 추정하였다.

표 2 냉방기기별 월별 일일 가동률 [2]

Table 2 The operation rate of air-conditioning systems and the number of operation days per month [2]

| 구분 | 5월 | | 6월 | | 7월 | |
|-----|------|-------|-----|-------|-----|-------|
| | h/일 | 가동률 | h/일 | 가동률 | h/일 | 가동률 |
| GHP | 3 | 12.5% | 5 | 20.8% | 8 | 33.3% |
| 흡수식 | 7.5 | 31.3% | 9.1 | 37.9% | 12 | 50.0% |
| 구분 | 8월 | | 9월 | | 10월 | |
| | h/일 | 가동률 | h/일 | 가동률 | h/일 | 가동률 |
| GHP | 7 | 29.2% | 7 | 29.2% | 0 | 0.0% |
| 흡수식 | 12.5 | 52.1% | 9.9 | 41.3% | 6.5 | 27.1% |

2.3 냉방기기 보급실적을 고려한 COP적용 방법

앞에서 고려한 것과 같이 대상 냉방기기의 설비 특성과 냉방용 가스 수요를 고려한 대체 전력량은 식 (4)와 같이 계산 할 수 있다. 하지만 대체 전력량을 계산하기 위해 사용되는 대상 냉방기기의 COP값은 대상 냉방기기의 종류에 따라 다르게 나타난다. 앞에서 언급한 표 1과 같이 냉방 대상에 따라 다른 용량과 특성을 갖는 냉방기기를 사용하게 되므로 대상 냉방기기의 COP를 용량별로 구분하여 적용하여야 하며 이 과정에서 대상 냉방기기의 보급률 또한 고려하여야 한다. 가스냉방기기에 의한 전기냉방기기의 대체효과를 분석함에 있어서 대상 가스냉방기기의 보급률이 높은 냉방기기의 경우 전기냉방기기를 대체하는 효과가 상대적으로 더 크기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 2000년도부터 2010년도까지 누적된 용량별 보급량을 적용하여 용량별 보급률에 따른 가중치를 부여다. 표 3은 연도별 용량별 냉방기기 누적 보급량과 용량별 가중치이다.

2000년도부터 2010년도까지의 용량별 냉방기기 누적 보급량으로부터 누적비율을 산출하고, 누적비율을 가중치로 적용하여 대상 냉방기기별 냉방용 가스 수요를 추정하였다. 추정된 대상 냉방기기별 냉방용 가스 수요로부터 식 (4)에 적용하여 대상 냉방기기별로 전기 냉방기기의 대체효과를 계산하여 총 합산한 값이 최종적인 가스 냉방기기에 의한 전기 냉방기기의 전력 대체효과로 나타난다.

표 6 2010년 8월 일별 냉방용 가스 수요 추정 결과

Table 6 Estimation result of the gas consumption by gas cooling system in August 2010

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 8월 | 1일 | 2일 | 3일 | 4일 | 5일 | 6일 | 7일 | 8일 | 9일 | 10일 | 11일 | 12일 | 13일 | 14일 | 15일 | 16일 |
| ton | 3,263 | 3,605 | 3,665 | 3,728 | 4,341 | 3,560 | 2,636 | 3,451 | 4,224 | 3,240 | 4,009 | 2,343 | 3,179 | 2,871 | 3,049 | 2,348 |
| 8월 | 17일 | 18일 | 19일 | 20일 | 21일 | 22일 | 23일 | 24일 | 25일 | 26일 | 27일 | 28일 | 29일 | 30일 | 31일 | 합계 |
| ton | 3,752 | 3,660 | 4,146 | 3,993 | 3,824 | 3,786 | 3,143 | 2,217 | 1,252 | 2,415 | 3,831 | 2,375 | 1,919 | 3,304 | 2,549 | 99,679 |

3. 사례 연구

3.1 가스 냉방기기에 의한 2010년 하계 전력피크 영향분석

가스 냉방기기에 의한 전기 냉방기기의 전력 대체효과는 전술한 기법에 의해 계산 할 수 있다. 본 연구에서는 사례 연구로서 2010년 전체의 가스 냉방기기에 의한 월간 전력 대체 효과를 계산하고 실제 피크전력 발생일인 08월 20일의 전력대체효과를 계산하였다.

앞에서 언급한 순서에 의하여 가스 냉방기기에 의한 전력 대체 효과를 분석하기 위해서 일단 월별 냉방용 가스 수요를 취득하였다. 다음 표 4는 한국가스공사로부터 월간 집계된 2010년 월별 냉방용 가스 수요이다.

표 4 2010년 월별 냉방용 가스 수요

Table 4 Monthly gas consumption for air-condition in 2010

| | | | | | | | |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 연도/월 | 10/04 | 10/05 | 10/06 | 10/07 | 10/08 | 10/09 | 10/10 |
| ton | 0 | 11,177 | 45,991 | 82,625 | 99,679 | 66,857 | 0 |

대상 냉방기기별 COP는 표 1에 나와 있으며, 대상 냉방기기의 보급률은 표 3에서 계산한 값을 사용하였다. 2010년 월별 냉방용 가스 수요와 대상 냉방기기의 COP 및 보급률을 식 (4)에 대입하여 계산한 2010년도 가스 냉방기기의 전력 대체 효과는 다음 그림 2와 표 5와 같다.

표 5에 제시된 전력대체효과는 한 달 동안의 총 가스 냉방기기의 전력 대체효과를 합한 전력량(MWh)이다. 한 달 동안의 전력 대체량(MWh)을 2010년 8월의 온도차이 가중치와 사용패턴 가중치를 사용한 알고리즘에 적용하여 하계 피크일인 2010년 8월 20일 15시의 가스 냉방기기에 의한 전력 대체 용량(MW)를 계산하였다.

표 7 2010년 8월 일일 온도차이 가중치와 사용패턴 가중치

Table 7 The weights factors on daily difference of temperature and using pattern for the gas demand in August 20, 2010

| | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 가중치 | 1일 | 2일 | 3일 | 4일 | 5일 | 6일 | 7일 | 8일 | 9일 | 10일 | 11일 |
| 온도차이 | 0.03794 | 0.04228 | 0.04390 | 0.04282 | 0.05312 | 0.03794 | 0.02276 | 0.04119 | 0.05041 | 0.03144 | 0.04715 |
| 사용패턴 | 0.02753 | 0.03006 | 0.02964 | 0.03198 | 0.03399 | 0.03349 | 0.03013 | 0.02805 | 0.03434 | 0.03358 | 0.03327 |
| 가중치 | 12일 | 13일 | 14일 | 15일 | 16일 | 17일 | 18일 | 19일 | 20일 | 21일 | 22일 |
| 온도차이 | 0.01463 | 0.03035 | 0.02764 | 0.03360 | 0.01463 | 0.04228 | 0.03902 | 0.04824 | 0.04444 | 0.04390 | 0.04607 |
| 사용패턴 | 0.03238 | 0.03343 | 0.02997 | 0.02756 | 0.03248 | 0.03300 | 0.03442 | 0.03495 | 0.03566 | 0.03283 | 0.02990 |
| 가중치 | 23일 | 24일 | 25일 | 26일 | 27일 | 28일 | 29일 | 30일 | 31일 | | |
| 온도차이 | 0.02764 | 0.01030 | 0.00813 | 0.01463 | 0.04228 | 0.01734 | 0.01084 | 0.03198 | 0.01734 | | |
| 사용패턴 | 0.03542 | 0.03418 | 0.03324 | 0.03382 | 0.03459 | 0.03031 | 0.02766 | 0.03431 | 0.03380 | | |

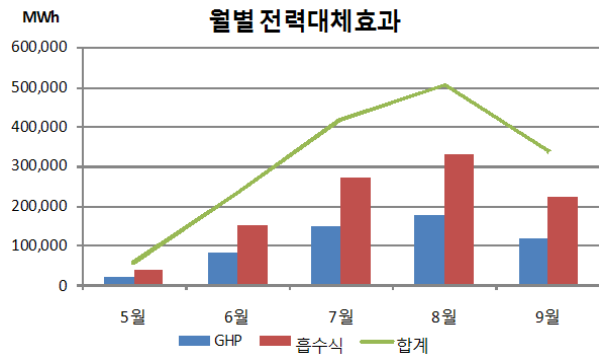


그림 2 2010년 가스 냉방기기의 전력 대체 효과

Fig. 2 Monthly electric substitution effects of gas cooling system in 2010

표 5 2010년 가스 냉방기기의 전력 대체 효과

Table 5 Monthly electric substitution effects of gas cooling system in 2010

| | | | | | |
|-----|--------|---------|---------|---------|---------|
| MWh | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 |
| GHP | 19,681 | 80,982 | 145,489 | 175,518 | 117,724 |
| 흡수식 | 36,802 | 151,434 | 272,058 | 328,212 | 220,139 |
| 합계 | 56,483 | 232,416 | 417,547 | 503,730 | 337,863 |

하계 전력피크일인 2010년 8월 20일의 가스 냉방기기에 의한 전력 대체량을 계산하기 위해서 일일 온도차이 가중치와 사용패턴 가중치를 고려한 일별 냉방용 가스수요를 계산하였으며 그 결과는 다음 표 6과 같다. 일별 냉방용 가스수요를 계산하기 위해 사용된 일일 온도차이 가중치와 사용패턴 가중치는 다음 표 7에 나타내었다.

우선 하계 전력 피크일인 2010년 8월 20일의 가스 냉방기기에 의한 전력 대체량을 계산하기 위해서 일일 온도차이

표 8 2010년 8월 20일 가스 냉방기기의 전력 대체 효과 분석

Table 8 The analysis of electric substitution effects of gas cooling system in August 20, 2010

| RT | 가스 냉방기기 | 가스 냉방기기 COP | 전기 냉방기기 | 전기 냉방기기 COP | 보급 비율 | 피크일 가스냉방기기 전력사용량(kWh) | 일일평균 가동시간 (h) | 피크일 가스냉방기기 전력사용용량(kW) |
|-------|---------|-------------|---------|-------------|--------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| 16 | GHP | 1.30 | EHP | 3.70 | 0.1699 | 3,614,952 | 7 | 516,422 |
| 20 | GHP | 1.30 | EHP | 3.70 | 0.1606 | 3,416,048 | 7 | 488,007 |
| 200 | 흡수식 | 1.25 | EHP | 3.70 | 0.1129 | 2,309,206 | 12.5 | 184,736 |
| 200 | 흡수식 | 1.25 | 터보냉동기 | 5.00 | 0.1129 | 1,708,812 | 12.5 | 136,705 |
| 500 | 흡수식 | 1.25 | 터보냉동기 | 5.00 | 0.2043 | 3,092,422 | 12.5 | 247,394 |
| 1,000 | 흡수식 | 1.25 | 축냉식 | 3.00 | 0.2393 | 6,037,263 | 12.5 | 482,981 |

가중치와 사용패턴 가중치를 고려한 일별 냉방용 가스수요를 계산하였으며 그 결과는 다음 표 6과 같다. 일별 냉방용 가스수요를 계산하기 위해 사용된 일일 온도차이 가중치와 사용패턴 가중치는 다음 표 7에 나타내었다.

일일 냉방용 가스 수요로부터 하계 전력 피크일인 8월 20일의 냉방용 가스 수요를 추정하면 3,993ton의 냉방용 가스 수요가 발생했음을 알 수 있다. 구해진 하계 전력 피크일의 냉방용 가스 수요를 식 (4)에 대입하여 대상 냉방기기별 전력 대체효과를 계산한 결과는 표 8과 같다.

제시한 알고리즘에 의해 계산된 2010년 하계 전력 피크일의 가스 냉방기기에 의한 대체 전력량(kW)은 2,065MW로서 같은 날 발생한 최고 전력수요인 69,886MW의 2.94% 수준인 것으로 분석 되었다. 또한 이것은 현재 가스 냉방기기의 보급률인 12.4%일 때의 계산 값으로 향후 가스 냉방기기의 지원 보급을 활성화 할 경우 전력피크 절감효과는 더욱 커질 것으로 전망 된다.[7]

3.2 가스 냉방기기 보급률 변화에 따른 전력피크 절감 효과 분석

2010년 하계 전력 피크일의 가스 냉방기기에 의한 대체 전력량은 2,065MW로 추정되었다. 이 결과는 현재 가스 냉방기기의 보급률인 12.4%를 가정 한 결과이며 가스냉방기기의 보급이 활성화될 경우 앞에서 제시한 분석방법 중 피크일 냉방용 가스 수요량이 증가하여 식 (3)에서 값이 증가하여 전력피크를 점감하는 효과로 발생할 것이다. 가스냉방기기의 보급 활성화에 따른 냉방용 가스 수요가 비례하고, 용량별 보급률이 동일하게 증가한다면 가스냉방기기 보급률 증가에 따른 2010년 8월 하계 피크에 대한 전력피크 절감효과는 다음 표 9와 같이 나타날 것이다. 이때 2010년 8월 일일 평균 가동시간을 고려하여 피크일의 부하패턴 변화는 다음 그림 3과 같다.

3.3 가스 냉방기기의 전력대체 효과 민감도 분석

가스 냉방기기에 의한 전력대체 효과를 분석하기 위하여 사용된 입력변수는 식 (3)에서 냉방기기의 특성과 냉방기기의 사용량이다.

냉방기기의 특성은 비교 대상 냉방기기의 COP 특성과 냉방기기의 보급률을 고려하여 결정하였고, 냉방기기의 사용

표 9 2010년 가스냉방기기 보급률에 따른 전력피크 절감 효과[7]

Table 9 The electric substitution effects of spread of gas cooling system[7]

| 보급률 | 전력피크절감효과(kW) |
|-------|--------------|
| 12.4% | 2,056,245 |
| 15.0% | 2,487,393 |
| 20.0% | 3,316,524 |
| 25.0% | 4,145,655 |
| 30.0% | 4,974,786 |

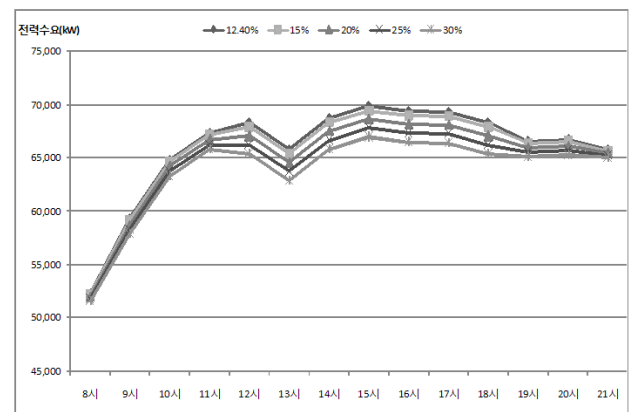


그림 3 가스냉방 보급률에 따른 2010년 하계 피크일 전력 수요 패턴 변화[7]

Fig. 3 The change of demand pattern by penetration rate of gas cooling system in August 20, 2010[7]

량은 온도, 사용패턴 가중치와 냉방기기의 가동률로부터 추정되었다. 분석에 사용된 입력변수 파라미터들은 부분적인 추정값과 측정값이 사용되어 불확실성을 가지고 있으므로, 파라미터들이 취할 수 있는 가능한 값들을 대입하여 파라미터의 변화에 따라 전력대체 효과가 어떻게 변화하는지를 분석하기 위한 민감도 분석을 수행하였다. 사용된 입력변수 파라미터는 피크일의 온도, 가스냉방기기의 보급률, 냉방용 가스 수요 변동, 냉방기기 COP특성 변화를 사용하였으며 사용된 입력변수 파라미터의 범위와 결과는 다음 표 10과 같고 그림 4에서 그림 7에 나타내었다.

표 10 가스냉방기기의 전력대체 효과 민감도 분석 결과
Table 10 The sensitivity analysis result on electric substitution effects of gas cooling system

| | 입력변수 최소값 | 입력변수 최대값 | 민감도 | 단위 |
|----------------------|-------------|-------------|-------|------------|
| 온도(°C) | 32.2 | 34.1 | 13.16 | MW/0.1°C |
| 가스냉방기기 보급률(%) | 12.4 | 20 | 16.58 | MW/0.1% |
| 냉방용 가스 수요(ton) | 99,679 | 143,798 | 20.62 | MW/1000ton |
| GHP의 냉방기기 특성(COP) | 1.30 | 3.00 | 7.73 | MW/0.01 |

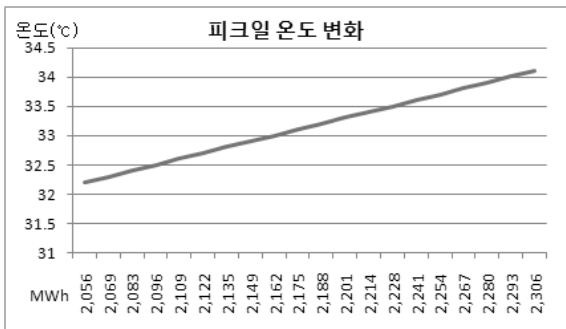


그림 4 피크일 온도 변화에 의한 민감도 분석결과
Fig. 4 The sensitivity analysis result by temperature change on peak day

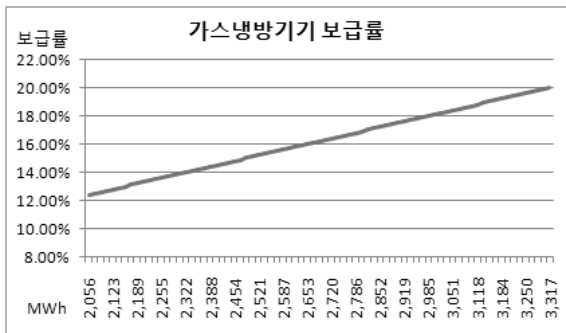


그림 5 가스냉방기기 보급률에 의한 민감도 분석 결과
Fig. 5 The sensitivity analysis result by penetration rate of gas cooling system

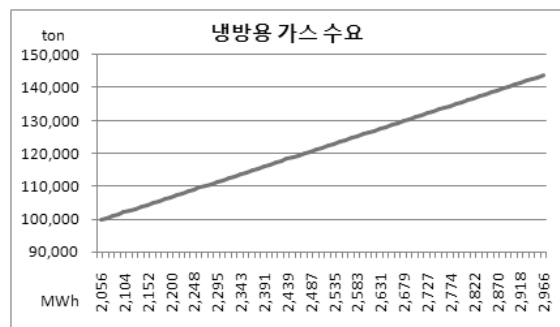


그림 6 냉방용 가스 수요에 의한 민감도 분석 결과
Fig. 6 The sensitivity analysis result by gas consumption for cooling system

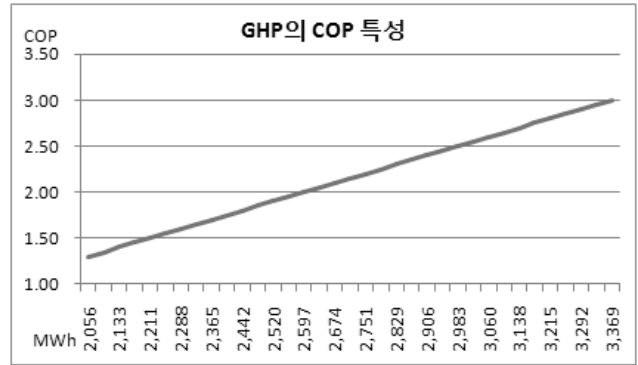


그림 7 GHP의 COP특성에 의한 민감도 분석결과
Fig. 7 The sensitivity analysis result by COP characteristic of GHP

3.4 향후 가스냉방기기에 의한 전력대체 효과 전망 분석

향후 가스 냉방기기에 의한 전력대체 효과는 가스냉방 보급 목표를 어느 수준으로 설정하느냐에 의하여 결정되어진다. 가스냉방 보급 목표의 설정은 크게 목표 연도 까지 보급전망을 현재의 보급실적을 기준으로 설정하는 방법과 일정 수준을 목표치로 설정하여 분석하는 방법이 있다. 본 논문에서는 향후 5년간의 가스 냉방 보급전망이 연간 0.5%씩 증가 하는 것을 목표치로 설정하여 다음 표 11과 같이 분석하였다. 향후 전망 분석은 제 5차 전력수급 기본 계획에서 전망한 결과를 사용하였으며 냉방 전력은 최대 전력의 21% 비율로 산출하였다. 이는 과거 7년 간 냉방전력 비율이 최대전력의 21% 수준임을 고려한 것이다. [4]

표 11 향후 5년간의 가스냉방기기에 의한 전력대체 효과 전망 [8]

Table 11 The forecast of electric substitution effects of gas cooling system in the next 5 years [8]

| 구분 | 2010(실적) | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------------|----------|--------|--------|--------|
| 최대전력(MW) | 69,886 | 72,194 | 74,414 | 76,207 |
| 냉방전력(MW) | 14,676 | 15,161 | 15,627 | 16,003 |
| 가스냉방 보급률(%) | 12.4 | 12.9 | 13.4 | 13.9 |
| 전력대체효과(MW) | 2,056 | 2,139 | 2,222 | 2,305 |
| 전력대체비율(%) | 14.01 | 14.11 | 14.22 | 14.40 |
| 구분 | 2014 | 2015 | 2016 | |
| 최대전력(MW) | 78,017 | 80,009 | 81,988 | |
| 냉방전력(MW) | 16,384 | 16,802 | 17,217 | |
| 가스냉방 보급률(%) | 14.4 | 14.9 | 15.4 | |
| 전력대체효과(MW) | 2,388 | 2,471 | 2,554 | |
| 전력대체비율(%) | 14.58 | 14.71 | 14.83 | |

4. 결 론

가스 냉방기기에 의한 전력 대체효과를 분석하기 위하여 냉방용 가스 수요와 냉방기기의 개별 특성을 이용하는 전력

대체 효과 추정 방법을 제시하였다. 또한 피크일의 냉방용 가스 수요를 예측하기 위해 월별 온도 가중치와 사용패턴 가중치를 사용하여 월별 냉방용 가스 수요로부터 피크일의 가스 수요를 추정하는 방법을 제시하였으며 냉방기기의 개별 특성을 적용하기 위하여 대표 냉방기기의 COP특성과 보급률을 사용하였다. 사례연구를 통하여 2010년 전력 피크일인 8월 20일의 가스냉방기기에 의한 전력피크 절감효과를 분석한 결과 가스 냉방기기에 의한 전기 냉방기기 전력 대체효과는 2010년 8월 한달 간 총 503,729,761kWh를 절감 시키는 것으로 계산되었으며 2010년 하계 피크일인 8월 20일의 전력피크 절감효과는 2,056MW로 추정되었다. 보급률에 의한 전력피크 절감효과를 분석하였으며 피크일의 온도, 가스냉방기기 보급률, 냉방용 가스 수요 변동, 냉방기기의 COP특성에 의한 민감도 분석을 수행하였다. 분석 결과 냉방용 가스 수요 변동의 민감도가 20.62MW/1000ton으로 가장 크게 영향을 미치는 인자로 나타났다. 제안한 방법으로 인한 가스 냉방기기의 전력 대체효과 분석 방법은 향후 가스냉방기기의 보급 활성화에 기여 할 것으로 기대되며 가스 냉방기기의 보급률이 증가 될 경우 하계 전력피크 절감효과 및 온도에 민감한 냉방부하의 부담을 경감시켜 추가적인 발전 설비 비용 절감 및 안정적인 발전계획과 계통 운영계획에 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 전망된다.

저 자 소 개



박래준 (朴來駿)

1986년 2월 11일생. 2010년 숭실대전기과 졸업. 현재 숭실대학교 대학원 전기과 석사과정.

Tel : 02-817-5622

E-mail : rejuni@ssu.ac.kr



송경빈 (宋敬彬)

1963년 9월 15일생. 1986년 연세대전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 텍사스 A&M전기공학과 졸업(공학박). 현재 숭실대학교 전기공학부 부교수.

Tel : 02-820-0648

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203110)

참 고 문 헌

- [1] 지식경제부, “냉방온도제한_보도자료”, 2011년 7월 4일
- [2] 에너지관리공단, “가스냉방 보조금 지원기준 방안 연구”, 2011년
- [3] 정시영, 김대환, 박기웅, “가스냉방 전력대체효과 분석”, 대한설비공학회 2009 하계 학술발표대회 논문집, pp. 208~211, 2009.
- [4] 한정옥, 채정민, 최경식, 홍성호, “가스냉방 보급효과에 대한 연구”, 한국가스학회지, Vol.15 No.3, pp.19~25, 2011년 6월
- [5] 장혜림, “스크류 압축기와 스크류 인버터 압축기에 따른 냉동기 성능 분석 연구”, 전남대학교 학위논문, 2007년
- [6] 지식경제부, “전력소비행태분석을 통한 수요관리 정책 방안 연구(최종보고서)”, 2010년 6월 30일
- [7] 박래준, 권오성, 송경빈, 원종률, “가스냉방기기 보급활성화에 따른 하계 전력 Peak 절감효과 분석”, 2011년도 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, pp. 127~128, 2011년 10월 28일
- [8] 지식경제부, “제5차 전력수급기본계획”, 2010년 12월