

멀티히트펌프 시스템의 동계 전력피크 기여도 분석

■ 장영수 / 국민대학교 발효융합학과, yschang@kookmin.ac.kr

■ 강병하 / 부회장, 국민대학교 기계시스템공학부, bhkang@kookmin.ac.kr

고효율 난방기기인 멀티히트펌프의 소비전력 분석을 통해, 멀티히트펌프 보급이 동계 전력피크에 미치는 영향을 분석한다.

2010년 새해 들어 계속되는 한파로 최대전력수요를 연일 경신하였으며, 예비전력이 안정적인 수준인 600만 kW 이하로 떨어져, 이로 인한 전기품질 저하와 대용량 발전소의 불시 고장에 따른 전력공급의 중단사태 발생에 대한 우려가 높아지고 있다. 1993년 이후 16년 만에 동계전력수요가 하계수요를 8.4% 초과하는 상황이 발생하였으며, 이는 이상한파로 예년에 비해 낮은 기온에 따른 난방부하 증가와 경기회복에 따른 산업용 전력소비 증가로 분석되고 있다.

한편으로 난방을 위해 소비되는 난방전력의 절대량과 최대전력수요에서 차지하는 비중도 표 1에서 나타낸 바와 같이 매년 증가하는 추세이며, 난방전력은 전년 대비 18.4% 증가한 1,675만 kW로, 최대전력수요 6,896만 kW 대비 24.4%를 차지하고 있다. 지속적인 난방전력의 증가 원인은 전기를 이용한 난방기기(전열기, 히트펌프 등)의 보급이 증가하고 있기 때문으로 분석되고 있다.

난방기기 중 멀티히트펌프는 에너지이용합리화법 제13조에 의한 고효율에너지기자재 인증제품으로 에너지 이용 효율 향상을 위해 보급 확대가 필요한 품목으로 여겨지고 있다. 그러나, 최근 동계 전력 피크발생의 원인분석과정에서 주요인으로 주목받고 있는 바, 멀티히트펌프 보급이 동계 전력피크에 미친 영향을 분석하였다.

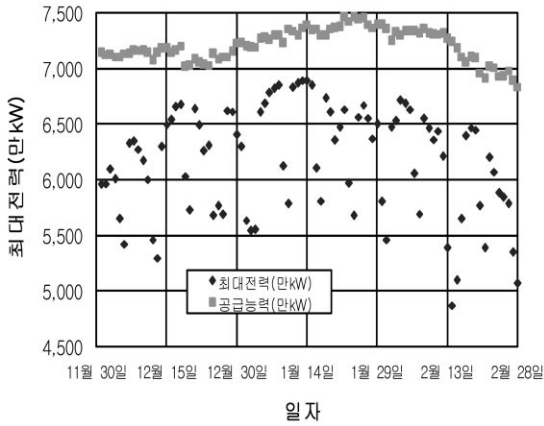
동계피크 발생일 분석

그림 1은 2009년 12월에서 2010년 2월 사이 일별 최대전력과 공급능력을 나타낸 그림이다. 전력피크는 6,896만 kW로 2010년 1월 13일 발생하였으며, 공급능력은 7,347만 kW로 공급예비력은 476만 kW, 공급예비율은 6.9% 이었다. 하루 중 전력피크 발생시각은 낮 12시 ~ 1시, 오후 6시경, 새벽 0시 ~ 1시경이며, 주로 평일에는 오후 1시경에, 휴일에는 외기온도가 낮아지는 새벽 1시경에 전력피크가 발생하였다. 1월 13일은 수요일로 낮 12시에 전력피크가 발생하였다.

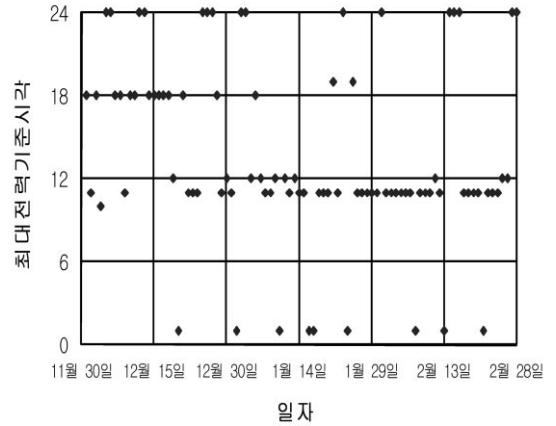
동계 서울지역의 외기온도변화를 그림 3에 나타내었다. 전력피크일인 1월 13일은 최저기온

<표 1> 연도별 난방전력 변화 추이 (단위 : 만kW)

	'03~'04	'04~'05	'05~'06	'06~'07	'07~'08	'08~'09	'09~'10
난방전력	825	903	1,013	1,097	1,341	1,415	1,685
전년대비 증가량 (증가율,%)	100 (13.8)	78 (9.5)	110 (12.2)	84 (8.3)	244 (22.2)	74 (5.5)	270 (18.4)
동계피크	4,637	4,999	5,445	5,551	6,095	6,265	6,896
난방전력 비중(%)	17.8	18.1	18.6	19.8	22.0	22.6	24.4



[그림 1] 일별 전력공급능력과 최대전력수요

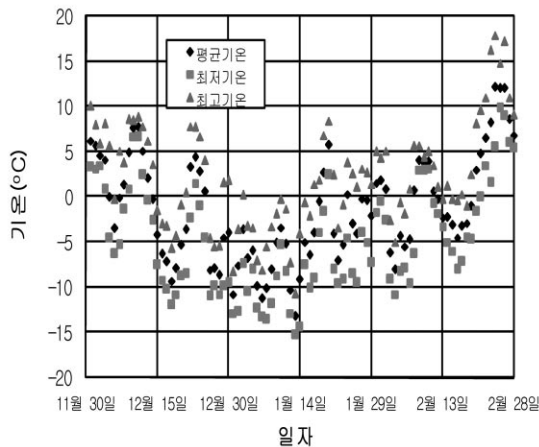


[그림 2] 일별 전력피크 발생 시각

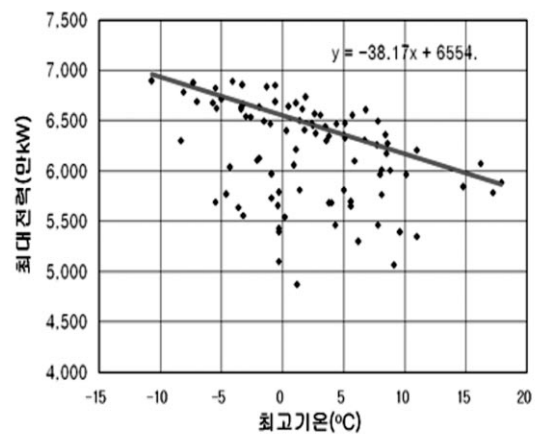
-15.3℃, 평균기온 -13.2℃, 최고기온 -10.7℃로 연중 가장 낮은 기온을 보인 날이다. 2009년 12월 ~ 2010년 2월 사이 외기온도에 대한 최대전력 변화를 그림 4에 나타내었다. 외기온도는 전력피크가 발생한 시각이 주로 낮 12시 ~ 1시경이므로, 전력피크 발생시점에서 외기온도는 일별 최저온도보다는 최고온도에 근접한다.

외기온도의 하강에 따라 난방부하가 증가하면, 난방을 위한 난방전력이 증가하게 되므로, 외기온도와 최대전력 사이에 상관관계가 있음을 알 수

있다. 외기 온도 1℃ 하강에 따른 전력수요 증가를 기온민감도(만 kW/℃)라고 정의하며, 2007년 19.9, 2008년 26.0, 2009년 40.9로 알려져 있으며, 매해 증가하고 있는 추세이다. 2009년 12월 ~ 2010년 2월 사이의 서울지역 외기온도와 최대전력과의 상관관계를 그림 4에 나타내었다. 기온민감도를 계산할 때 상대적으로 낮은 최대전력을 보이는 휴일은 제외하였으며, 낮 1시경에 최대전력이 발생함을 감안하여 외기온도는 최고온도를 사용하였다. 기온민감도는 약 38.2임을 알 수 있다.



[그림 3] 서울지역 외기온도



[그림 4] 외기온도에 따른 최대전력 변화



<표 2> 멀티히트펌프 연도별 보급현황 (한국냉동공조협회 검사대수 기준, 단위 : 대)

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	계
국산	26,485	35,240	40,976	62,599	84,385	82,704	332,389
수입	2,130	2,853	6,273	7,486	9,041	7,957	35,740
합계	28,615	38,093	47,249	70,085	93,426	90,661	368,129

기온민감도의 증가는 난방을 위한 전력사용량이 증가하고 있음을 의미한다.

멀티히트펌프의 보급현황 및 평균 소비전력

멀티히트펌프의 연도별 보급현황은 한국냉동공조협회 검사대수 기준으로 표 2와 같다. 2009년 신규 보급대수는 90,661대이며, 2004년부터 2009년까지 누적 보급대수는 368,129대이다. 멀티히트펌프의 경우, 학교, 공공건물, 상업용 건물에 주로 설치되고 있으며, 이 중 교육기관의 보급현황은 표 3과 같다.

멀티히트펌프는 고효율에너지기자재 인증품목으로, 공인기관에서 에너지 소비효율 측정하여 성능인증을 받는 품목이다. 현재 KS B ISO 15042의 규정에 의해 61개 제품이 성능인증을 득하였으며, 그림 5에 냉난방능력에 따른 성능계수를 나타내었다.

KS B ISO 15042의 인증시험조건은 표 4와 같으며, 인증품목 대부분이 일반형 한랭지조건에서 성능을 인증 받았다. 난방조건과 한랭지조건에서 성능계수는 초기모델의 경우 각각 4.01, 2.6이었으며, 기술개발로 인해 성능이 향상되고 있으며, 최근에는 성능계수가 정격난방조건에서 4.5, 한랭지조건에서 3.0인 제품도 출시되고 있다.

현재 보급되고 있는 멀티히트펌프의 해당 평균 냉난방능력은 각각 29.0 kW, 32.6 kW 정도이며,

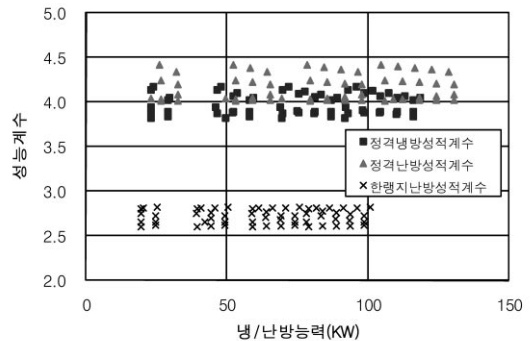
<표 3> 멀티히트펌프의 교육기관 보급현황

구분	초중고	대학교	합계
2009년	37,071	5,540	42,611
2004-2009년 누계	128,109	19,143	147,252

성능계수는 인증제품 전체의 평균값을 사용하였다. 따라서 해당 평균 난방 소비전력은 정격 난방 조건에서는 7.84 kW, 한랭지조건에서는 9.06 kW로 추산된다. 1월 13일 전력피크 발생시 외기온도가 -10℃ 정도이었음을 감안하여, 멀티히트펌프의 소비전력 분석에 한랭지조건에서 성능결과를 이용하였다.

멀티히트펌프의 최대전력 기여도 분석

전년도 동계 전력피크일은 2009년 1월12일이며, 최대전력은 6,265.5만 kW이었으며, 최고기온은 -3.2℃였다. 2010년 동계 최대전력은 전년대비 약 10.1%, 631만 kW 증가하였다. 외기온도는 이상한파로 일 최고온도 기준으로 전년대비 -7.5℃ 낮은 기온을 보였다. 전년도 대비 최대전력 증가의 원인은 경기회복에 의한 전력사용량 증가, 이상한파에 따른 난방전력의 증가, 전기 난방기기의 보급증가로 분석할 수 있다. 표 1에서 최대전력 증가량 631 만 kW 중 난방전력의 증가는 270 만 kW 정도이며, 나머지는 산업이나 기타 전기사



[그림 5] 멀티히트펌프의 성능 계수

<표 4> 멀티에어컨디셔너의 고효율에너지기자재 인증 시험기준

조 건	실내(건구/습구)	실외(건구/습구)
냉방조건(℃)	27/19	35/24
난방조건(℃)	20/15	7/6
일반형 한랭지조건(℃)	20	-10
한랭지형 한랭지조건(℃)	20	-15

용량의 증가임을 알 수 있다.

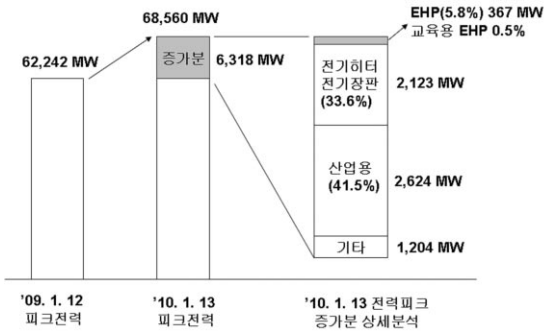
2009년 멀티히트펌프의 신규 보급에 의한 난방 전력 증가 효과를 분석하였다. 멀티히트펌프에 의한 난방전력은 아래 식에 의해 계산할 수 있다.

$$\text{난방전력} = \Sigma \text{보급대수} \times \text{운전율} \times \text{가동율} \times \text{대당 평균 소비전력}$$

동계피크 발생일인 1월 13일은 방학기간으로 학

<표 6> 전년대비 최대부하 발생일 비교

	2009년 1월 12일	2010년 1월 13일	전년대비 증가량 (증가율%)
최대전력 (만 kW)	6,265.5	6,896.3	631(10.1%)
평균전력 (만 kW)	5,051.6	5,821.4	770(15.2%)
최고기온(℃)	-3.2	-10.7	-7.5(-)



[그림 6] 멀티히트펌프의 동계최대전력 기여도 분석 (한전수요관리팀)

<표 5> 멀티히트펌프의 대당 평균 난방 소비전력

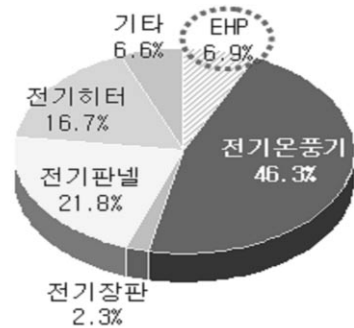
구 분	냉난방능력 (kW)	성능계수	운전시 소비전력(kW)
냉방조건	29.0	3.97	7.30
난방조건	32.6	4.16	7.84
한랭지조건 (-10℃)	24.7*	2.72	9.06

*한랭지 조건의 난방능력은 정격냉방용량의 85%

교에 설치된 멀티히트펌프는 업무용으로만 가동 하기 때문에, 초중고 3%, 대학교 10% 가동율을 적용하였으며, 상업 및 산업시설의 경우에는 100% 가동율을 적용하였다. 최대전력 발생시점에서 운전율은 95%, 대당 평균 소비전력은 표 5에서 제시한 9.06 kW를 적용하였다. 표 7에 멀티히트펌프의 신규보급에 의한 난방전력 증가량을 추산하여 나타내었으며, 약 42.8 만 kW 전력 상승효과가 있다. 이는 전년대비 최대전력 증가량의 6.7%에

<표 7> 2009년 신규보급에 의한 부하 전력 분석

구 분	초중고	대학교	기 타	합 계
2009년 보급대수	37,071	5,540	48,050	90,661
소비전력(kW)	9,572	4,768	413,566	427,906
최대전력 증가 기여도(%)	0.1	0.1	6.5	6.7



[그림 7] 동계피크원인 조사분석 (한국전자정보통신진흥회)



〈표 8〉 멀티히트펌프에 의한 소비 전력 분석

구 분	초중고	대학교	기 타	합 계
2004-2009년 누적보급대수	128,109	19,143	220,877	368,129
부하전력(만 kW)	3.3	1.6	190.1	195
최대전력 기여도(%)	0.0	0.0	2.8	2.8

해당한다.

이와 유사하게 한전수요관리팀에 의한 전년도 대비 동계 전력피크의 원인 분석 결과를 보면(그림 6 참조), 멀티히트펌프에 의한 소비전력 증가는 36.7만 kW이며, 최대전력 증가량의 5.8%를 차지하는 것으로 나타났다. 난방전력은 전기히터와 전기난방에 의해 212.3만 kW 증가하여, 난방전력이 249만kW 증가하는 것으로 추산하였으며, 본고의 분석 결과와 유사함을 알 수 있다.

최근 한국전자정보통신산업진흥회에서 실태조사를 통해 그림 7과 같은 동계 전력피크 분석을 하였으며, 현재 보급된 멀티히트펌프가 전체 난방 전력에서 차지하고 있는 비중이 6.9%이며, 대부분의 난방전력의 소비는 전기히터류의 난방기기에 의해 이루어지고 있음을 보고한 바 있다.

멀티히트펌프의 2004년 ~ 2009년 전체 보급량에 대하여 동계 피크시점에서 난방전력을 앞서의 방

법과 동일하게 추산하여 표 8에 나타내었으며, 약 195만 kW 전력 증가효과가 있다. 이는 최대전력의 2.8%에 해당한다. 또한 난방전력 1,685만 kW의 11.6%에 해당한다.

맺음말

멀티히트펌프의 보급량분석과 소비전력 분석을 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 2009년 멀티히트펌프의 신규 보급에 의한 동계피크전력 증가는 42.8만 kW이며, 이는 전년도 대비 피크전력 증가량의 6.7%를 차지한다.
2. 멀티히트펌프의 전체 보급량에 대하여 동계 전력피크에서 난방전력은 195만 kW이며, 이는 최대전력의 2.8%에 해당한다. 또한 난방전력 1,685만 kW의 11.6%에 해당한다. (※)