

# 연료전지 저온냉각수열 회수를 통한 미활용에너지 이용사례

열병합발전소에 설치된 4.8 MW 연료전지의 저온 냉각수열을 활용한 히트펌프시스템을 구축하여 지역난방열원으로 운영한 사례를 소개한다.

미활용에너지란 활용 가능성이 높은 에너지원임에도 불구하고 여러 제약조건에 의해 사용되지 않는 에너지로서, 물리적 공학적인 에너지 변환을 통해 훌륭한 에너지원으로 재활용이 가능하다.

국내 집단에너지 사업은 국가적 에너지 이용 효율 합리화에 크게 기여해 오고 있으며, 소각열과 각종 공정폐열 등의 활용사례에서 보듯이 다양한 에너지원을 기반으로 한 운영이 가능한 기술적 특성을 갖고 있다. GS파워(주)는 국내 최초로 열병합발전소 배기가스의 열에너지를 에너지원으로 활용한 경험을 바탕으로 발전소 내, 외부의 다양한 미활용에너지를 이용하여 운영 중이며, 본고에서는 연료전지 저온냉각수 열원을 활용한 터보히트펌프를 성공적으로 설치 운영한 사례를 소개하고자 한다.

## 연료전지

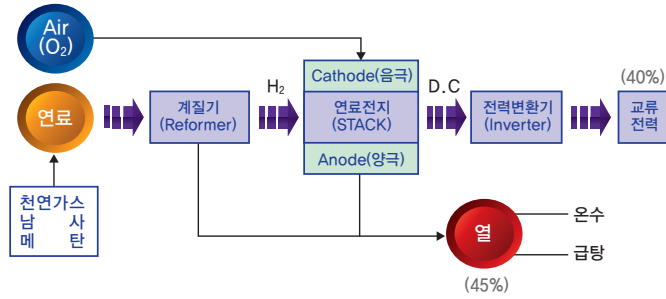
물을 전기 분해하면 전극에서 산소와 수소가 발생하는데 연료전지는 그림 1과 같이 물의 전기분해 역반응을 이용하여 수소와 산소로부터 전기와 물이 만들어지며, 일반 화학전지(예, 건전지, 축전지 등)와 달리 수소와 산소가 공급되는 한 계속 전기를 생산할 수 있다. 연료전지는 그 특

김응환

GS 파워(주) 신사업부문장  
 power@gspower.co.kr

김영일

GS 파워(주) 사업개발팀장  
 onoffkim@gspower.co.kr



[그림 1] 연료전지 개략도

성상 높은 반응열이 발생되며, 이를 냉각하기 위한 냉각시스템이 갖추어져 있다.

GS파워(주) 안양 열병합발전소에 설치된 연료전지는 120℃의 고온열과 60℃의 저온열이 발생되는데 이중 고온열은 직접 회수하여 지역난방에 사용하고 있으나, 저온열의 경우 공기냉각모듈을 통해 대기로 방출하도록 제작되었으며 제원은 아래와 같다.

- 설비 용량 : 4.8 MW(400 kW×12기)
- 제작사 : UTC 파워 (현재 두산중공업)
- 형 식 : 인산염(PAFC)
- 준공일 : 2010년 11월 30일

### 히트펌프

일반적으로 열매체는 고온에서 저온으로 이동하는 성질을 갖고 있지만, 히트 펌프는 이와는 반대로 저온에서 고온으로 열을 끌어 올리는 역할을 한다. 대기, 각종 폐열 등에서 저온열을 얻어 고온

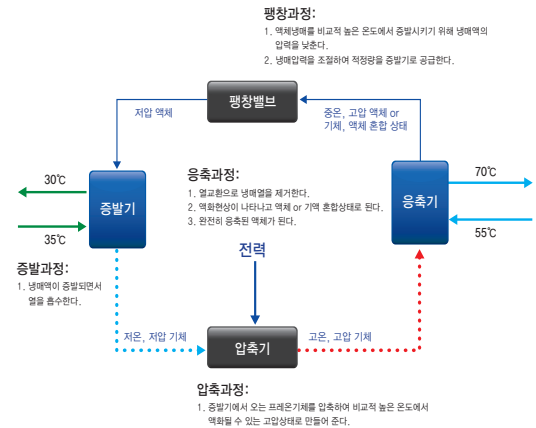


[그림 2] 흡수식 히트펌프와 전기식 히트펌프 개념도

의 열을 생산하며 구동원의 종류(스팀, 전기 등)에 따라 그림 2와 같이 흡수식과 전기식으로 나눌 수 있다.

흡수식과 전기식으로 병행 검토하였으나, 안양 열병합발전소와 연료전지의 이용률이 상이하여, 안양 열병합발전소에서 추가된 열을 사용하는 흡수식 히트펌프가 적합하지 않아 그림 3과 같은 원리로 작동되는 전기식을 채택하였으며, 제원은 아래와 같다.

- 설비 용량 : 1,110 RT(난방기준 3.37 Gcal/h)
- 성적계수(COP) : 5.9
- 압축기 소비동력 : 664 kW
- 제작사 : LG전자(구 LS엠트론)



[그림 3] 전기식 히트펌프 원리

## 연료전지 저온냉각수 히트펌프 설치 및 운영

GS파워(주) 안양 열병합발전소의 4.8 MW 연료전지에서 발생하는 60℃의 미활용 에너지를 이용한 히트펌프를 지역난방 열원으로 사용하고자 설치(공사기간 : 2011년 8월 1일~2012년 1월 18일)하여, 현재까지 운영 중이다.

### 설계 조건

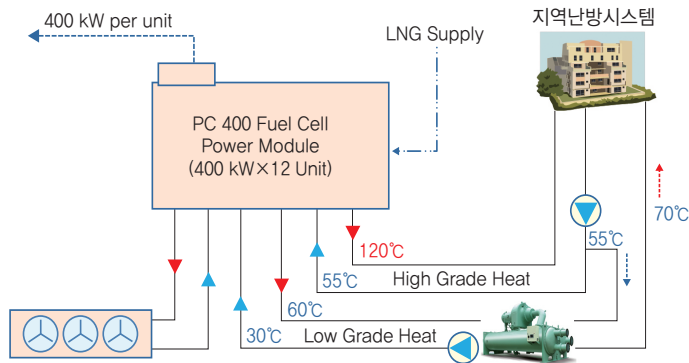
연료전지의 저온열 열교환기 입구 최저 온도를 기준으로 히트펌프 증발기의 입, 출구 조건을 설정하고, 최종 용량선정에 적용하였으며 이에 따른 설계 조건 및 설비 준공 시 운전 실적치는 표 1과 같다.

〈표 1〉 연료전지 저온냉각수 히트펌프 설계조건

구분	단위	설계치	실적치
증발기 입구 기기냉각수 온도	℃	60	51.7
증발기 출구 기기냉각수 온도	℃	32	29.3
응축기 입구 지역난방수 온도	℃	55	51.3
응축기 출구 지역난방수 온도	℃	70	64.8
저온열 냉각수 유량	m <sup>3</sup> /h	230	250
지역난방수 유량	m <sup>3</sup> /h	100	112.6
압축기 Motor Power	kW	770	664
COP		5.23	5.9
Heat Capacity	RT	1,145	1,110

### 시스템 구성

연료전지의 미활용 저온 냉각수(60℃)를 히트펌프의 1차 열원으로 사용하고, 55℃의 지역난방



[그림 4] 연료전지 저온냉각수 히트펌프 시스템 계통도



[그림 5] 연료전지 저온냉각수 히트펌프 설치 사진

〈표 2〉 연료전지 저온냉각수 히트펌프 열생산량 및 전력사용량

구분	열생산량(Gcal)	전력사용량(MWh)	비고
2012년	17,723	3,570	
2013년	19,081	3,937	
2014년	11,785	2,280	
2015년	8,995	1,739	6월말 기준

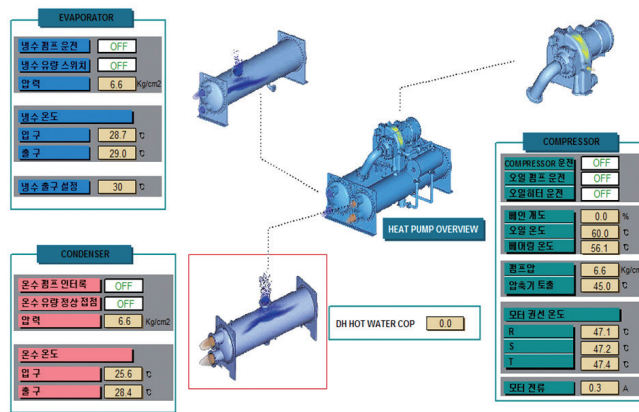
※ 2014년 연료전지 원제작사 파산에 따른 설비 정비 지연으로 연료전지과 히트펌프 이용률 감소.

수를 70℃로 가온하여 지역난방열원으로 활용하여, 그림 4와 같이 시스템을 구성하였으며, 그림 5

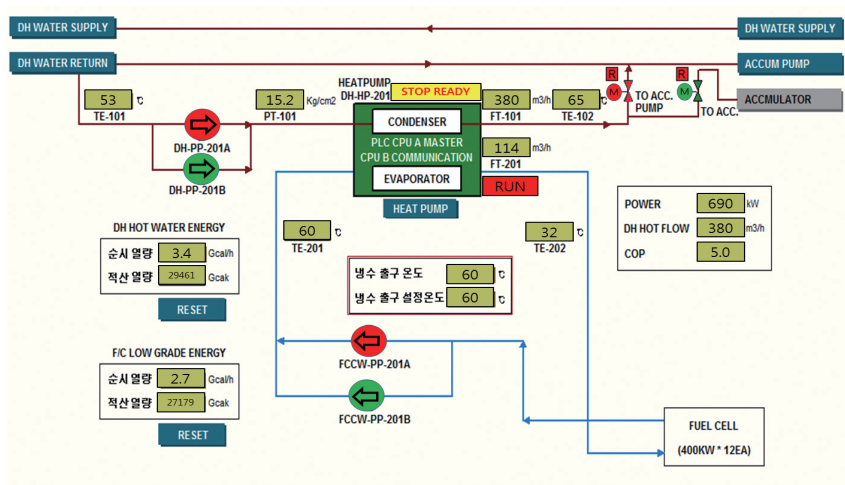
와 같이 현장에 설치되었다.

## 운영 실적

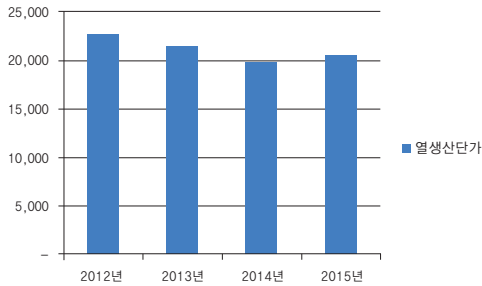
준공 후 약 3년 5개월(2015년 6월 기준) 동안 표 2와 같이 총 57,584 Gcal를 안정적으로 생산하고 있으며, 냉각팬 정지로 인해 연료전지의 연료 소비량이 감소하여 시스템 효율향상에도 기여하고 있다. 그림 6과 그림 7은 현재 운영 중인 히트펌프 시스템의 운전화면으로 이를 통해 모니터링 및 운전을 수행하고 있다.



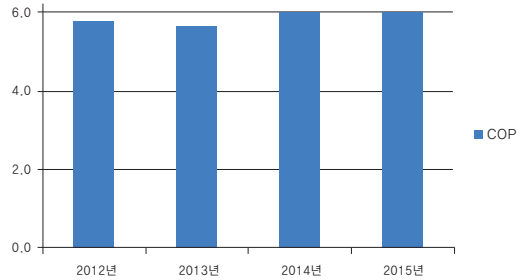
〈그림 6〉 연료전지 저온냉각수 히트펌프 정상 운전 화면



〈그림 7〉 연료전지 저온냉각수 히트펌프 열공급 정상 운전 화면



[그림 8] 열생산단가(원/Gcal)



[그림 9] 성적계수(COP)

연료전지 저온냉각수 히트펌프의 실제 운영 자료를 바탕으로 한 열생산량, 전력비용, 전력량에 따른 열생산단가 및 성적계수는 그림 8, 그림 9와 같다.

## 맺음말

연료전지 저온냉각수 열회수를 통한 전기식 히트펌프의 활용은 대량의 열수요가 기반이 되는 기존 안양 열병합발전소의 공급 열원에 연계하여, 연료전지의 고온과 저온 냉각수열을 최대한 이용함으로써, 미활용에너지의 이용률을 극대화한 사례이다. 그 외에도 당사에서는 기기냉각 수열원과 재이용 수열원의 미활용에너지를 이용하여 지역난방열을 생산함으로써 열생산단가를 절감하는데 기여하였다.

에너지 대부분을 수입에 의존하는 우리나라의

경우 미활용에너지의 효과적인 사용은 국가적으로도 적극 권장할 방안이다. 다만, 투자 규모가 크고, 대부분의 미활용에너지를 지방자치단체가 소유하고 있어서 활성화에 필요한 적절한 지원책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 제작사에는 지속적으로 응축기 출구온도를 높이는 기술개발이 요구되며, 높은 출구온도는 국내시장 활성화와 국제경쟁력 제고에도 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 김웅환, 김영일, 2014, 열병합발전소 미활용에너지 이용 사례, 설비/공조냉동위생 8월호 pp. 69-74, 한국설비기술협회.
2. 김영일, 김웅환, 조재민, 2011, 지역난방 열병합발전소의 터보열펌프를 활용한 녹색열원개발, 한국에너지공학회 춘계학술대회. 