

주거용 복합변전소의 대체에너지설비 적용

*남궁 도 *안정식 *김종구 **한상욱
*한국전력공사 **충남대학교

The Application of Alternative Energy Arrangements to Residential Complex Substation

*D.Nam-Kung *J.S.An *J.G.Kim **S.O.Han,
*KEPCO, **Chung-Nam.Uvi

Abstract - 현재 우리가 사용하는 에너지의 대부분은 화석 에너지로서 멀지 않아 고갈될 것으로 예상되며, 이의 사용으로 환경오염을 발생시키고 있는 현실에서 이에 대한 대안으로 대체에너지 개발과 적용의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본고에서는 변전소에서 변압기 운전 시 발생하는 폐열을 냉, 난방에너지에 적용한 사례에 대하여 설명하고 이에 대한 경제적인 효과와 적용 가능성에 대하여 논하고자 한다.

1. 서 론

최근 국가경제발전이 따른 국민생활수준의 향상으로 국내의 에너지 소비는 최근 10년간 매년 약 10%라는 세계 최고 증가율을 기록하고 있으며, 이런 증가 추세는 앞으로 계속되어 2010년에는 1990년에 비해서 50% 가까이 에너지 소비량이 증가될 것으로 전망하고 있다. 이러한 국내 연간 에너지 소비량은 경제성장과 산업화에 따른 에너지 소비보다는 국민생활 수준향상에 따른 건물, 상업, 서비스 부문에서 소비되는 에너지가 절반을 차지하고 있다. 그러나, 우리가 얻는 에너지의 대부분은 석유, 천연가스, 석탄 등의 화석에너지와 원자력으로 화석에너지는 몇 십 년을 사용하면 고갈될 것으로 예상되며, 사용 후 공해물질의 배출로 환경오염에 심각한 문제를 발생시키고 있는 시점에서 이에 대한 대안으로 태양열, 풍력, 지열 등을 이용할 수 있는 대체에너지에 대한 관심이 높아지면서 이에 대한 개발과 적용의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본고에서는 한국전력공사에서 대전광역시 도심지에 154kV 둔지 주거용 복합변전소를 건설하면서 태양에너지와 풍소 변압기를 운전하면서 발생하는 폐열에너지를 이용하여 가로등, 온습수 및 사택의 냉, 난방 시스템에 적용한 사례 중 변압기 폐열을 이용한 냉, 난방시스템에 대하여 설명하고 이에 대한 사회 환경에 미치는 영향 및 경제효과와 확대 적용 가능성 및 방향에 대하여 논하고자 한다.

2. 변압기 폐열에너지 냉, 난방 시스템

변전소에서 사용하는 변압기는 부하 증가에 비례하여 손실이 발생되고 이러한 손실은 열로 변환되어 변압기 내부에 있는 절연유 온도를 상승시켜 변압기 온도가 상승된다. 이를 억제하기 위하여 냉각 팬을 이용하거나 냉각탑을 이용하여 물로 변압기를 냉각시킨다. 그러나 이러한 변압기 폐열을 냉각시키지 않고 회수하여 축열식 히트펌프 냉난방 시스템을 이용하여 인근 건물의 냉, 난방에 사용하면 냉각에 필요한 동력을 감소시킬 수 있고 냉, 난방비용이 절약되는 효과를 가져 올 수 있다.

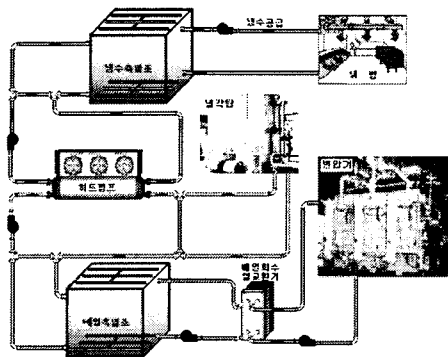
2.1 축열식 히트펌프 냉, 난방 시스템

본 시스템은 심야전력을 이용한 수열원 수축열식 히트펌프 시스템으로 변압기를 비롯하여 폐열회수 열교환기, 폐열 축열조, 냉, 온수 축열조, 히트펌프, 냉각탑 등으로 구성되며, 하계 냉방 시에는 냉각탑을 가동하여 수축열

조에 냉수를 저장한 후 주간엔 건물의 냉방에 사용하며 (그림 1 참조), 동계 난방 시에는 변압기 폐열을 폐열회수조에 저장한 후 히트펌프를 가동시켜 수축열조에 온수를 저장하고 주간엔 이 온열을 난방에 사용한다(그림 2 참조)시스템으로 구성된다.

2.1.1 하절기 냉방부하 운전

그림 1은 본 시스템의 냉방운전모드 구성도이다. 본 시스템에서 심야시간에 수열원 히트펌프는 증발기에서 5℃의 냉열을 생산하여 냉수 축열조에 냉수를 저장하고, 응축기 폐열을 35℃ ~ 40℃ 온수로 냉각탑을 이용하여 대기 중으로 방출한다. 주간시간엔 냉수 축열조에 저장된 5℃의 냉수는 건물의 FCU(Fan Coil Unit)로 공급하여 냉방운전을 수행하며, 부하펌프에 부착된 인버터가 부하 측 회수온도에 따라 유량을 조절하면서 변동되는 냉방부하에 대응한다. 또한, 주간시간엔 냉수축열조의 냉열이 부족한 경우에는 주간에도 수열원 히트펌프를 가동시켜 냉수를 보충한다. 수열원 히트펌프 가동 시 냉수축열조에 일정량 이상 축열이 완료되어 증발기로 부터 더 이상 열저장이 불가능한 경우에는 수열원 히트펌프의 가동은 중단된다.

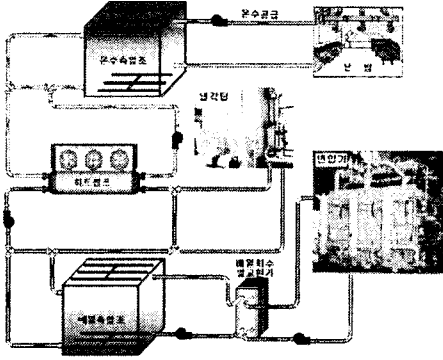


[그림 1] 냉각탑 운전 / 냉방운전 구성도

2.1.2 동절기 난방부하 운전

본 시스템의 난방운전 모드 구성도는 그림 2에 나타내었다. 그림에서처럼 심야시간 동안엔 수열원 히트펌프는 변압기 폐열교환기로 회수하여 저장해 놓은 폐열을 열원으로 사용하면서, 난방을 위하여 응축기에서 50℃ 온수를 생산하여 온수축열조에 저장한다. 주간시간엔 온수축열조에 저장된 50℃의 온수를 부하측 공급펌프를 구동하여 건물의 객실바닥 및

FCU로 보내서 난방운전을 수행하며, 부하측 공급펌프에 부착된 인버터는 부하 측 환수온도에 따라 유량을 조절하면서 변동되는 난방부하에 대응한다. 주간시간에 온수축열조의 온열이 부족한 경우에는 주간에도 히트펌프를 가동하여 온열을 보충하며, 이때, 변압기 폐열은 히트펌프의 열원으로 사용하기 위하여 배열회수 열교환기를 통하여 폐열회수조에 저장된다.



[그림 2] 폐열회수 운전 / 난방운전 구성도

2.2 시스템 설계

본 시스템은 154kV 둔지변전소에 지하 3층은 변전설비로 지상 5층은 주거용 아파트인 복합변전소로 건설하면서 냉,난방을 대체에너지인 변압기 폐열을 이용 히트펌프 냉,난방 시스템으로 구성하여 설계하였다.

2.2.1 공동주택 냉, 난방 부하계산

건물은 변전소 및 직원숙소를 포함 전체 연면적 9,616㎡의 지하 3층, 지상 5층의 건물로서 지상 연면적은 4,132㎡을 갖는다. 부대시설로서 직원숙소를 포함하여 관리실, 체력 단련실, 기계실 및 MDF실을 갖추고 있으며, 직원숙소는 35평형 A형과 B형구조의 복도식 아파트로 되어 있다.

표 1은 35-A형형 숙소에 대한 냉,난방 부하계산표를 나타낸 것이며, 냉방부하 16,360kcal/h, 난방부하 13,851kcal/h 로서 전형적으로 냉방부하가 큰 건물로 나타났다.

표 1 35 A형 냉,난방 부하계산표

구분	외기온도(°CDB)	실내온도(°CDB)	비고
여름	31.2	24	74%RH
겨울	-8.5	22	50%RH

또한, 표 2는 35-B형형 숙소의 냉,난방 부하계산표로서 냉방부하 16,546kcal/h, 난방부하 13,764kcal/h로 계산되어 전체 직원숙소(공동주택)의 냉방부하는 264,736kcal/h, 난방부하는 221,616kcal/h로 선정하고, 히트펌프 용량을 설계할 하였으며, 또한, 설계온도 조건은 표 3과 같다

표 2 35-B형 냉,난방 부하계산표

구분	외기온도(°CDB)	실내온도(°CDB)	비고
여름	31.2	24	74%RH
겨울	-8.5	22	50%RH

표 3 설계 온도조건

구분	외기온도(°CDB)	실내온도(°CDB)	비고
여름	31.2	24	74%RH
겨울	-8.5	22	50%RH

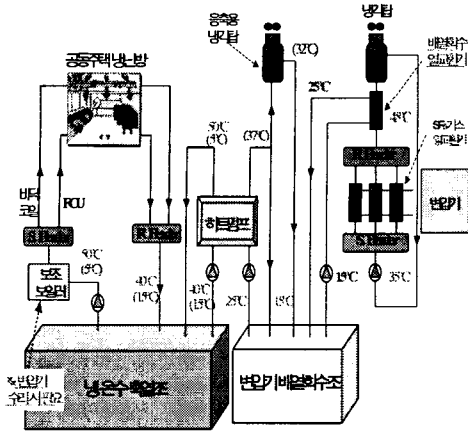
2.2.2 히트펌프 용량 계산

세대별 냉, 난방부하를 히트펌프 용량설계서를 통해서 히트펌프 용량을 60RT급 1대로 선정하였고, 냉,온수 축열조는 한선의 심야전력기기 규정 축열율(40%이상)을 상회하여 140ton 용량으로 설계하였다.

2.3 둔지S/S 냉, 난방시스템 구성

그림 3은 주거용 둔지 복합변전소 건물에 적용할 변압기 폐열이용 히트펌프 냉, 난방시스템 구성도이다. 본 시스템은 변압기 냉각시스템과 히트펌프 시스템이 분리되어 있고, 변압기 폐열을 열교환기를 통해 취득함으로써 변압기 냉각 시스템에 영향을 주지 않는다는 특징이 있다.

변전소에 설치되는 변압기의 열교환기는 2중관식 송유 수냉식 냉각기로서 절연유 쪽의 압력을 냉각수 쪽보다 높게 유지해야하는 불편함을 해소한 것으로 냉각수가 절연유 쪽으로 혼입이 되는 것을 방지하고 소형 경량화 시킨 것을 사용할 예정이며, 냉각기의 냉각용량은 최대 129,000~139,000kcal/h의 제품이 생산되고 있어 이 용량을 히트펌프 열원으로 사용할 경우, 변압기의 일부하 특성에 따라 주간과 야간에 회수되는 열량이 차이가 있어 폐열 회수조를 중간에 설치하여 열을 저장하는 것으로 구성하였다.



[그림 3] 변압기 폐열이용 히트펌프 냉·난방시스템

2.4 설비적용 효과 및 제한

변압기 폐열에너지 이용 냉·난방시스템을 적용함에 있어 설치비와 냉난방 운영비의 비교는 표 4, 5와 같으며 예상되는 경제적인 효과는 표 6과 같다.

표 4 시스템별 설치금액 비교 단위 : 천원

구분	변압기 폐열 히트펌프 설비	개별 냉난방 설비
구	◆ 실외기 ◆ 냉방탑	◆ 010현실설비
	◆ 배관(냉수열교환기)	◆ 1,650 x 16대 = 26,400
	◆ 히트펌프	◆ 18,000 x 2대 = 36,000
	◆ 팬코일	◆ 750 x 2대 = 1,500
내	◆ 보조부유물리	◆ 가스보일러(난방)
	◆ 팬코일	◆ 650 x 16대 = 10,400
	◆ 배관(열)	◆ 800 x 16대 = 12,800
기	◆ 냉난방배관	◆ 배관설비
	◆ 실외전력설비	◆ 3,680 x 16대 = 58,880
	◆ 배관(열)	◆ 정외전력설비
합계	193,300	99,420

표 5 시스템별 운영비(년간)의 비교 단위 : 천원

구분	변압기 폐열 히트펌프 설비	개별 냉난방 설비
기	◆ 실외전력(열)	◆ 주유량(주유전력)
	◆ 994W x 590원 x 12월 = 600	◆ 1,300원 x 16대 x 12월 = 257
	◆ 80W x 900h x 28.4원 = 2,045	◆ 2.4W x 900h x 162.9원 x 16대 = 5,692
내	◆ 994W x 1,600h x 32.6원 = 5,038	◆ 가스요금(난방)
	◆ 1,814W/h x 1,600h x 16대 x 414원 = 19,880	◆ 420 x 1대 = 420
합계	7,733	25,849

* 냉방운전시간 900시간, 난방운전 1,600시간, 급탕운전 250시간 적용

또한, 변압기 폐열을 대체에너지로 활용함으로써 예상되

는 효과는 냉·난방 에너지 절약뿐만 아니라, 그림 4와 같이 친환경 전력설비 건설로 전기설비에 대한 주민들의 이해와 인식이 전환될 것으로 예상된다.

표 6 시스템별 경제성분석

구분	방식	변압기 폐열 히트펌프 설비	개별 냉난방 설비
설비투자비		193,300	99,420
자원금		20,160	-
실질투자비		173,140	99,420
투자회색		73,720	기존
다순운전비용		7,733	25,849
운전비 차액		-18,116	기존
투자회색기간		4.1	기존
세대당 월 평균투자비용		9,403,000	

* 자원금: 2016년 기준 2016년 4분기 기준 480원/kWh 적용



[그림 4] 준공 후 둔지/S/S 전경

3. 결 론

본고는 현재 밀집도가 높아 화석에너지의 고갈이 예상되고 화석에너지 사용으로 환경오염 문제를 발생시키고 있는 현실에서 에너지 선도기업인 한전이 대전 도심지인 둔산동에 둔지 154kV 주거용 복합변전소를 건설하면서 평소 변압기 운전시 발생하는 폐열에너지를 냉·난방 시스템에 적용한 사례로써 이는 에너지 절약의 경제적 효과 뿐만 아니라, 한전에서 대체에너지 설비를 적용 친환경 전력설비를 건설함으로써 일반 국민들이 전기설비에 대한 이해 증진과 전력사업에 공감대를 형성할 수 있는 계기를 마련했으며, 또한 한전은 공기업으로서 중·장기적으로 향후 도심지에 건설 예정인 변전소는 대체에너지 설비를 적용한 친환경 전력설비인 주거용 복합변전소 건설을 확대 적용하여야만 할 것으로 사료된다. 끝

[참 고 문 헌]

- 김기홍 외, 전공관측 태양열 집열튜브의 국내 보급을 위한 실용화 기술 연구, RIST보고서, 2000.
- 에너지관리공단 대체에너지개발센터, 2003년도 대체에너지 통계자료, 2004.
- 김기홍, 태양열 집열기술의 현재와 미래, RIST 보고서, 2001.
- 효성, 변압기 기술, 2005.