

글 : (주)아텍에너지
atec700@yahoo.co.kr

병원을 대상으로 가스엔진 열병합발전시스템 도입타당성을 검토한 결과 현재의 에너지 요금 체계 하에서 가스엔진 열병합 발전시스템을 도입하면 에너지 절감은 물론 전기요금 저감으로 경제성 확보 측면에서 양호한 것으로 나타난다.

따라서 국가적인 측면에서 분산형 전원산업이 절실히 요구되고 있는 시점에서 볼 때 열병합 발전 설비 도입은 정부시책에 부응할 뿐만 아니라 병원의 운전경비를 절감시킬 수 있을 것이라 판단된다.

제 1 장 사업의 개요

1. 추진배경

국내 건물 및 산업분야에 대한 하절기 첨두전력 경감을 위해 가스 열병합발전 설비의 확대 보급을 통하여 전력생산시설 및 송전설비를 줄이고 가스의 계절별 수요격차를 완화시켜 가스저장시설의 추가건설을 최소화하는 한편, 에너지의 합리적 이용으로 계절별 전기와 가스의 수급 불균형 등을 해소시키고 국가경쟁력을 향상시키고 동시에 아울러 가스 열병합발전 보급촉진을 도모하기 위해 계획업체로부터의 기술적 애로사항을 해결하여 제시함으로써 도입에 따른 기술적 부담감을 해결하고자 수용가에 대한 도입타당성 분석 등 열병합발전에 기술지원을 실시하였다.

2. 기 간 : 2004년 5월

3. 일반현황

- 대상업체 : OO병원
- 소재 지 : 부산광역시
- 검토자 : (주)아텍에너지

4. 건물현황

- 건물 명 : OO병원
- 소재 지 : 부산광역시
- 규 모
 - 준공일자 : 1979년
 - 대지면적 : 12,000m²
 - 병 상 수 : 820병상
 - 연면적 및 냉난방 면적

등 별	연면적 (㎡)	난방면적 (㎡)	냉방면적 (㎡)	비 고
A동	26,685	21,348	18,680	병원
B동	10,63	88,510	7,447	학교
P동	4,119	3,295	2,883	병원
기타	1,061	-	-	개별 냉난방
합 계	42,503	33,153	29,010	

제 2장 가스 열병합발전 도입 타당성 분석기준

1. 도입타당성 검토방법

가. 열병합발전 시스템의 최적계획

열병합발전 시스템 도입 검토도 모든 설비 도입 검토 시와 마찬가지로 “기획→기본계획→기본설계→실시설계→시공”이라는 동일한 절차를 따르고 있다. 또한 각 단계에 필요한 각종 검토의 반복을 통하여 협의, 평가 및 판단 등을 수행하고 수요자와 설계자간의 합의에 도달하면 검토가 완료된다는 것도 동일하다.

그러나, 열병합발전 시스템의 특성이 하나의 에너지원으로부터 전기 및 열에너지를 동시에 생산하는 것이므로 열병합발전 시스템으로부터 얻어지는 전기 및 열에너지를 유용하게 이용하는 것이 도입 경제성 확보의 필수 요건이다. 따라서 기존에는 열병합발전 시스템 도입을 위한 경제성 검토시에 전력 및 난방부하를 동시에 고려하는 것만으로 충분하다고 인식되어 왔으나, 최근에는 전기에너지를 사용하는 터보냉동기, 증기 또는 온수와 같은 온열을 사용하는 흡수식 냉동기, 가스 에너지를 사용하는 가스 직화식 냉온수기의 경우 하나의 에너지 시스템으로 온열 또는 냉열을 제조하여 공급할 수 있는 시스템도 도입되어 운전되고 있다.

이들 에너지 시스템을 네트워크로 연계시켜 수요처의 부하에 따른 실시간 운전모드 해석을 통하여 최적 시스템 조합 및 용량을 산정하고 그 해석 결과를 이용하여 경제성을 검토하고 타당성 분석을 실시하였다.

나. 병합발전 시스템 도입 타당성 분석방법

금번 도입 타당성 분석은 OO병원의 2003년도 에너지사용량을 토대로 부하를 산정하고 최대 또는 최소 에너지 부하량, 전체적인 부하 패턴 등을 고려하여 열병합발전설비 용량을 적절히 결정하고, 연간 부하율, 가동률, 운전시간 등을 전년도 운전행태를 기준으로 에너지절감량 및 절감액을 계산하고 그 결과를 활용하여 도입 타당성분석을 검토하였다.

병원의 열병합발전 도입 타당성 검토사례

따라서 본 검토에서는 OO병원에서 사용한 전년도 전력사용량을 기준으로 일별, 월별 부하변동곡선을 작성하여 이를 근거로 에너지절감 및 에너지비용 저감을 극대화시킬 수 있는 발전기 용량, 대수를 산정하여 경제성 분석을 실시하였다.

향후 좀 더 상세한 경제성 분석은 2단계 기술지원시 전문적인 엔지니어링사를 통하여 실시하기로 하고 여기서는 간이적인 경제성 분석을 실시하였다.

2. 적용 에너지단가

가. 전력요금 적용단가(일반용 을 고압A 선택II)

<일반용 을 전력 요금표>

구 분		기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)			
			시간대	여름철 (7~8월)	봄, 가을철 (4~6, 9월)	겨울철 (10~3월)
고압A	선택 I	5,330	경 부 하	41.30	41.30	41.30
			중간부하	86.20	64.20	73.20
			최대부하	148.10	86.20	101.40
	선택 II	6,130	경 부 하	37.20	37.20	37.20
			중간부하	82.10	60.10	69.10
			최대부하	144.10	82.10	97.30
고압B	선택 I	5,330	경 부 하	40.10	40.10	40.10
			중간부하	83.40	62.20	70.80
			최대부하	143.00	83.40	97.90
	선택 II	6,130	경 부 하	36.00	36.00	36.00
			중간부하	79.30	58.00	66.70
			최대부하	138.60	79.30	93.80

나. 연료비 적용단가

대상 수요처에 대한 열병합 시스템 도입 검토시 적용한 가스요금은 다음의 표와 같다.
열병합발전용 요금은 고시되어 있는 가격기준을 그대로 사용하였다.

< 연료요금(한국가스공사 부산지역 2004. 3월 요금단가 적용) >

구 분	열병합발전시스템		보일러
연료단가 (원/Nm ³ , VAT제외)	동질기	416.80	470.82 (영업용, 난방용)
	하절기	345.01	
	기타월	374.02	

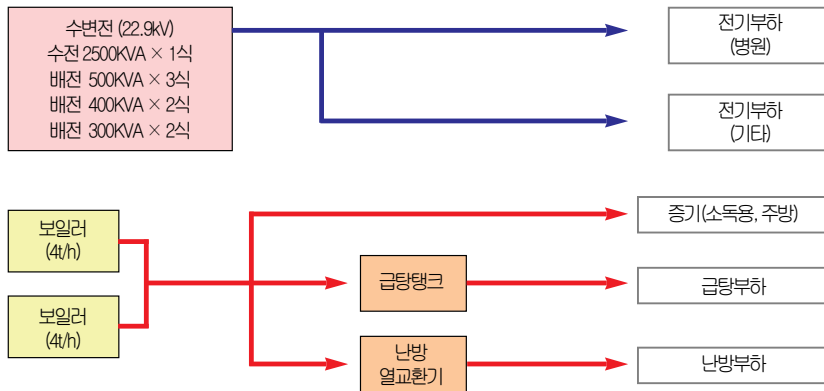
다. 보일러 효율적용

구 분	기존보일러	비 고
연료단가	LNG	
(원/Nm ³ , VAT제외)	85%	

제 3 장 시스템의 부하분석 및 최적화 설계

1. 에너지 시스템의 구성 및 부하분석

병원의 에너지 부하에 대응하여 에너지를 공급하기 위하여 기존 설치되어 있는 에너지 시스템의 구성을 개략적으로 나타내면 아래 그림과 같다.



< 에너지시스템 구성 >

그림에서 알 수 있듯이 대상 수요처에서는 노통연관식 증기보일러를 이용, 증기를 생산하여 주로 열교환기에 의해 약 60℃정도의 온수를 생산하여 급탕 및 난방부하 공급에 이용하고 일부는 주방 및 소독용으로 증기를 직접 공급하고 있다.

2. 에너지 부하 분석

에너지 시스템의 도입 검토에 있어서 매우 중요한 에너지부하를 연간의 운전실적을 분석하여 계절별, 일별, 시간별 부하를 분석하여 발전용량 선정 및 경제성 분석의 기초자료로 활용하였다.

에너지 수요량은 다음과 같이 매일의 전력 및 에너지 총 사용량의 실측값을 기준으로 에너지 부하패턴을 산정하고 산정된 부하기준으로 에너지 비용을 산출하였다.

☐ 전력부하: 2003년 1월~2003년 12월까지의 전기사용량

☐ 난방 및 급탕 부하: 2003년 1월~2003년 12월까지의 열사용량

가. 전기부하 분석

2003년도 전력사용현황은 다음과 같으며, 연간 8,460MWh를 사용하고 최대전력과 평균전력은 각각 2,227kW와 966kW로 나타났다.

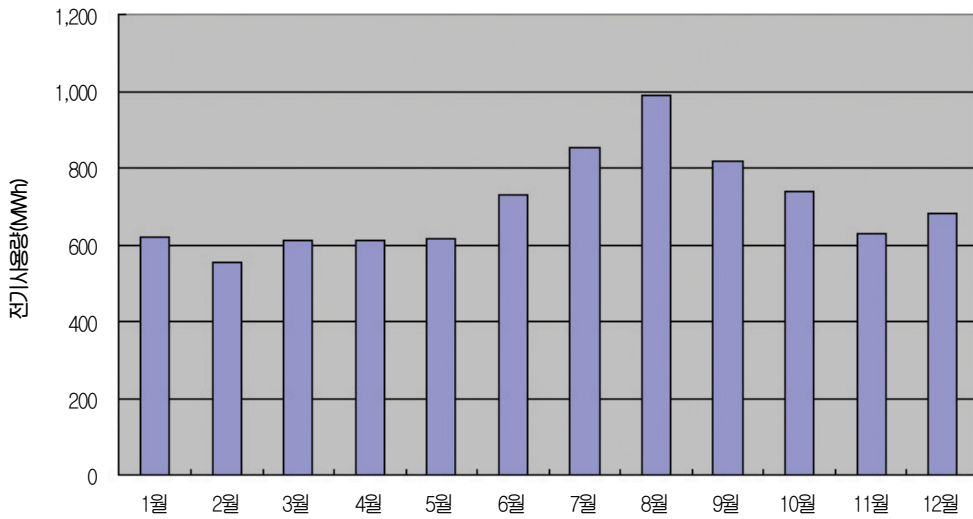
< 월별 전력사용현황(2003년도) >

월별	사용량 (kWh)	금액 (천원)	Peak (kW)	평균부하 (kW)
1월	619,164	53,186	1,233	832
2월	556,008	48,539	1,140	827
3월	610,992	52,095	1,1281	821
4월	612,336	49,642	1,166	850
5월	616,440	49,649	1,601829	
6월	730,464	57,665	1,889	1,015
7월	852,888	88,783	2,042	1,146
8월	992,808	98,691	2,220	1,334
9월	819,312	63,573	2,227	1,138
10월	740,088	54,357	1,721	995
11월	629,136	54,58	11,262	874
12월	680,568	58,034	1,310	915
합계	8,460,204	728,795	최대 2,227	평균 966

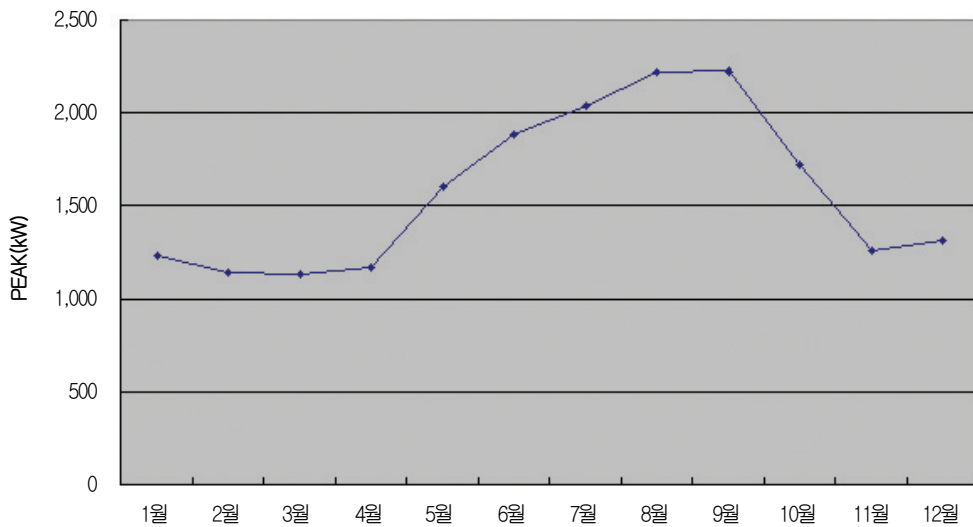
월별 전력사용량과 Peak전력은 하절기인 7,8월에 크게 증가하여 나타나고 있으며, 동절기 및 춘추절기에는 큰 변화 없이 동일하게 나타나고 있다. 이는 하절기 터보냉동기의 가동 때문이다.



월별 전력사용량



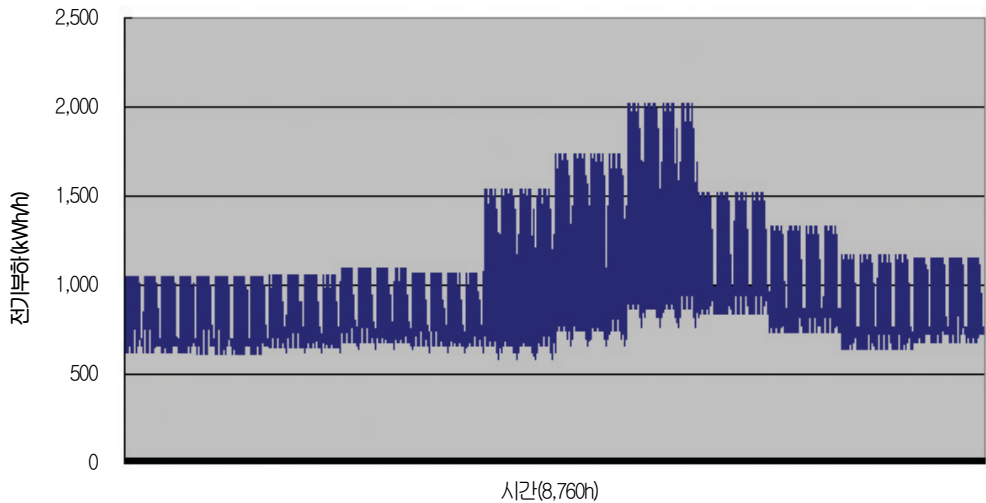
월별 PEAK 전력 현황



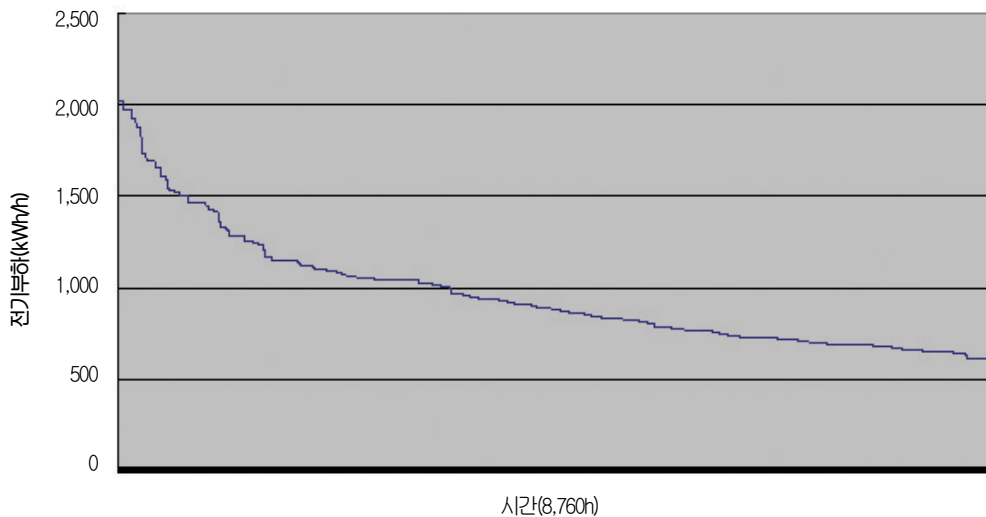
병원의 열병합발전 도입 타당성 검토사례

시간대별 전기 부하 변동을 분석한 결과 1월 기준 전기부하가 630~1,050kW로 420kW의 편차를 보이고 있으며, 8~18시에 전기부하가 높고 그 외 시간대에는 낮게 나타나고 있다.

연간 전기부하 변동곡선



연간 전기부하 누적곡선



나. 열부하 분석

증기보일러로 증기를 발생하여 열교환기로 온수를 생산하여 난방 및 급탕을 공급하고 있다. 2003년도 연료사용현황은 아래와 같이 LNG를 연간 829,600Nm³를 사용하고 평균 95Nm³/h를 사용하고 있다.

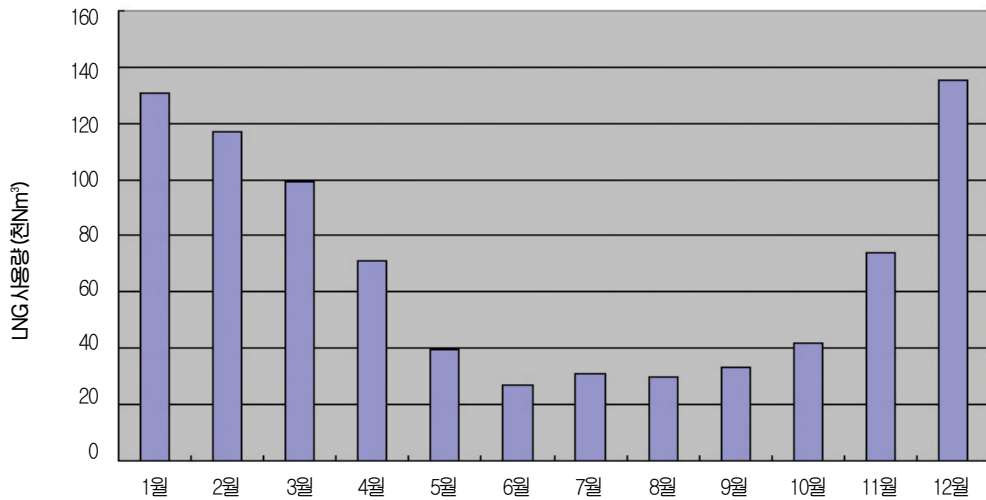
< 월별 연료사용현황(2003년도) >

월별	사용량 (kWh)	금액 (천원)	평균부하 (kW)	비 고
1월	130,830	62,131	176	
2월	116,903	55,528	174	
3월	99,445	49,638	134	
4월	71,050	34,151	99	
5월	39,716	19,125	53	
6월	26,852	12,955	37	
7월	30,896	14,546	42	
8월	29,845	13,454	40	
9월	32,916	14,071	46	
10월	42,003	19,110	56	
11월	73,704	34,735	102	
12월	135,440	63,799	182	
합계	829,600	393,243	평균 95	

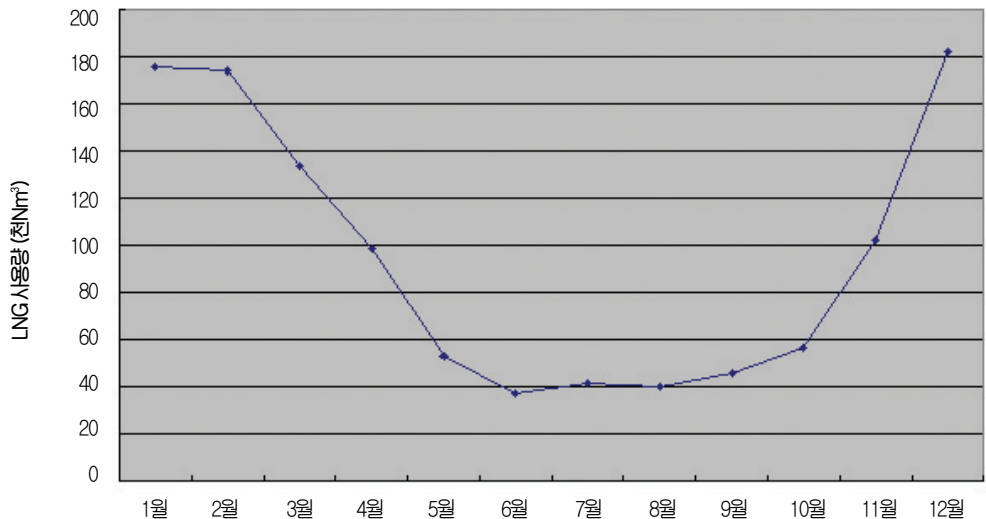
병원의 열병합발전 도입 타당성 검토사례

난방부하가 없는 하절기에는 연료사용량이 크게 줄어 동절기의 약 23%로 동절기와 큰 편차를 보이고 있으며, 열병합발전의 도입시 하절기 운전부하율 상승을 위해 흡수식 냉동기의 적용 등을 고려해야 한다.

월별 연료사용량

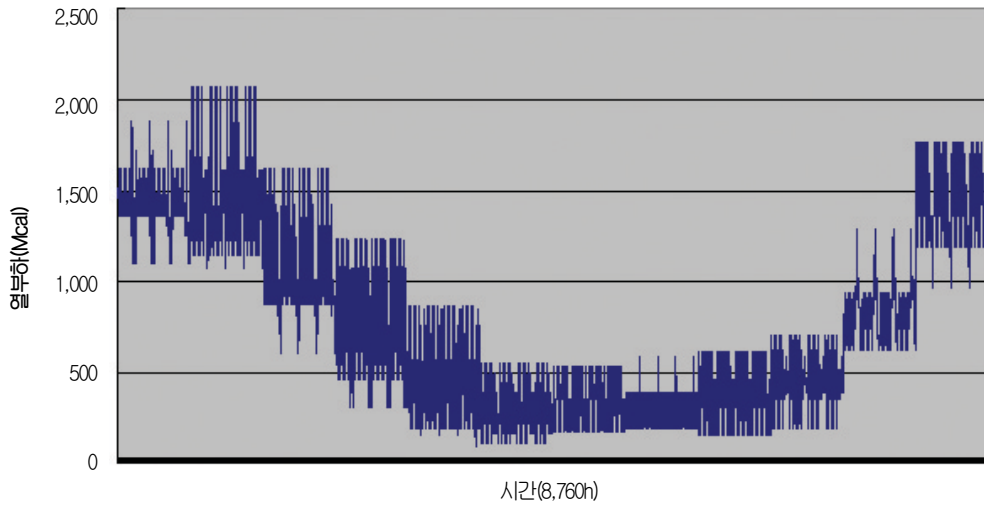


월별 평균 연료사용량

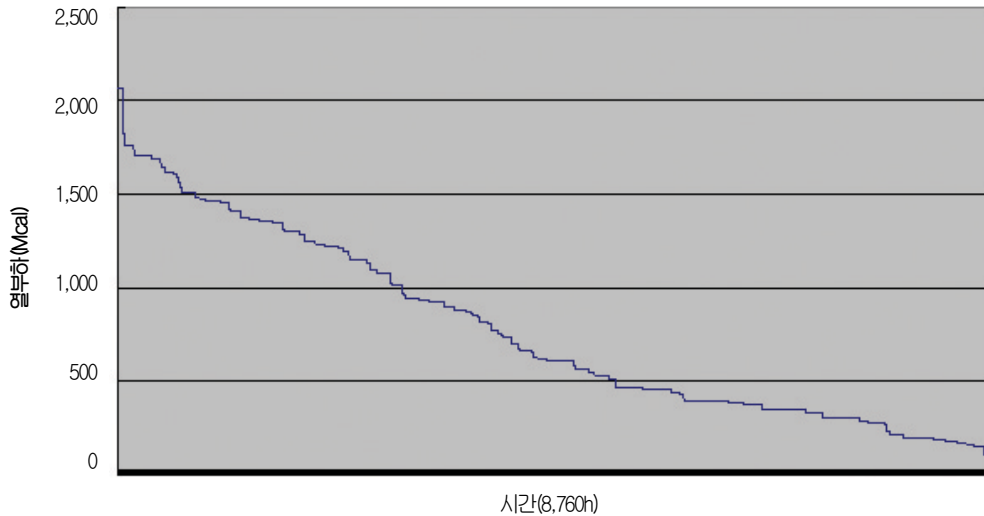


시간대별 열부하 변동을 분석한 결과 동절기에는 외기온도에 따라 난방부하가 크게 변화하여 1월 기준 열부하가 930~2,110Mcal/h로 큰 편차를 보이고 있으며, 하절기에는 난방부하가 없어 부하가 매우 낮고 편차가 크지 않게 나타나고 있다.

연간 열부하 변동곡선



연간 열부하 누적곡선



병원의 열병합발전 도입 타당성 검토사례

3. 에너지 시스템의 특성 검토 및 최적화

가. 검토 대상 열병합발전시스템의 특성 검토

도입 대상 열병합발전시스템은 수요처의 부하형태와 기준에 사용되고 있는 에너지 공급 및 이용기기의 특성, 도입 대상 에너지 시스템의 다양성, 유지 보수성 등에 따라서 달라질 수 있으며, 이들 여러 요소를 검토하고 요약하여 정리하면 아래 표와 같다.

< 열병합발전 시스템의 특징 >

구분	Gas Engine	Gas Turbine
에너지 밸런스		
열회수	<ul style="list-style-type: none"> • 온수회수 • 온수 및 증기회수 	<ul style="list-style-type: none"> • 온수회수 • 증기회수
공급가능	<ul style="list-style-type: none"> • 생산범위 : 30~6,000kW • 경쟁력범위 : ~1,500kW 	<ul style="list-style-type: none"> • 생산범위 : 500kW~ • 경쟁력범위 : 5,000kW
효율	<ul style="list-style-type: none"> • 발전단효율 : 30~38% • 종합열효율 : 75~85% 	<ul style="list-style-type: none"> • 발전단효율 : 20~35% • 종합열효율 : 75~85%
설비비 및 유지보수비	<ul style="list-style-type: none"> • 설비비 : 가스터빈보다 싸다 • 유지보수비 : 가스터빈보다 비싸다 	<ul style="list-style-type: none"> • 설비비 : 가스엔진보다 비싸다 • 유지보수비 : 가스엔진보다 싸다
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 도심의 소규모 열병합에 적합 • 배출규제에 대응 : △ 	<ul style="list-style-type: none"> • 도심의 대규모 및 산업용 열병합에 적합 • 배출규제에 대응 : ○

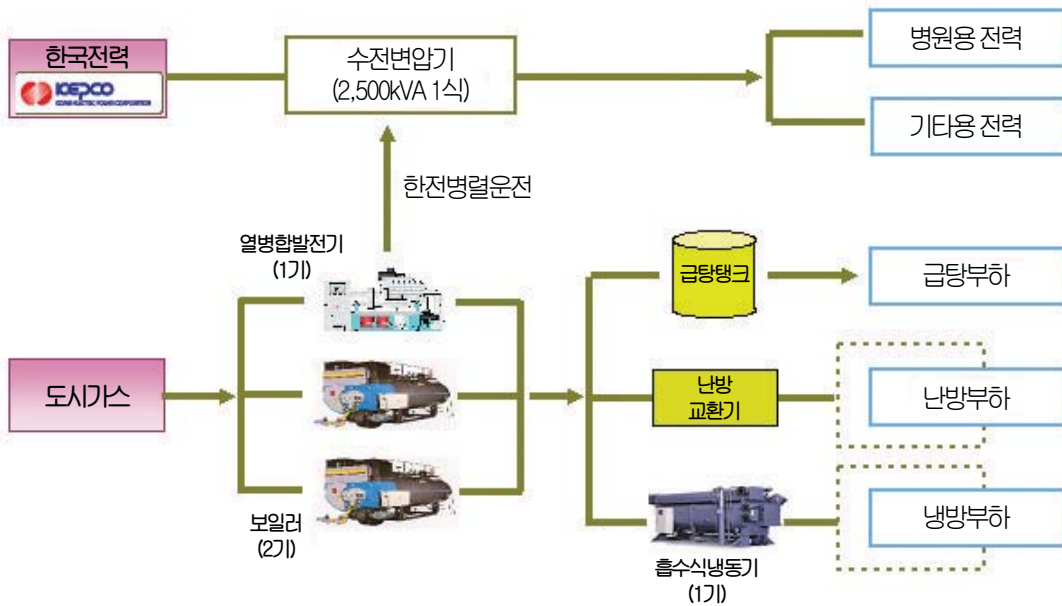
위 그림에서 알 수 있는 바와 같이 대상 열병합발전시스템의 열회수 특성 및 수요처의 열부하 특성을 기준으로 하는 경우에는 가스터빈 열병합발전시스템, 열병합발전시스템의 공급 가능 범위 및 특징을 기준으로 하는 경우 건물 부분에 시설비가 적고 발전효율이 높은 가스 엔진 열병합발전시스템에 대하여 검토대상으로 하였다.

그리고, 수요분석에서 최대 전력부하가 2,227kW임을 감안하고 설비의 유지보수, 부하 대응의 유연성 등을 고려하여 기종이 다양한 가스엔진 발전기를 대상으로 열병합발전시스템에 대한 최적 계획을 수행하였다.

나. 에너지시스템의 최적화

앞에서 기술한 OO병원의 연중 에너지 부하패턴, 경제변수와 기 설치된 에너지 시스템 및 다양한 열병합발전 시스템을 대상으로 에너지 시스템의 최적시스템 검토한 결과 최적시스템은 가스엔진 열병합으로서 시스템의 용량은 700kW×1 대로 선정하였으며, 발전기와 한전간의 동기 병렬운전을 하여 기저부하는 발전기에 공급하고 나머지 변동부하는 한전 공급전력으로 흡수하도록 하는 것이 플랜트효율을 높이는 동시에 경제적인 운전을 할 수 있을 것이다.

가스엔진 열병합발전시스템 도입시의 에너지공급 시스템구성은 아래 그림과 같다.



< 에너지 시스템 구성도 >

위 그림에서 알 수 있는 바와 같이 가스엔진 열병합발전 시스템에서 냉각수 및 배기가스 폐열을 이용한 약 95℃온수를 생산하여 병원의 급탕 또는 난방부하를 분담하는 것으로 구성하였다.

또한, 병원은 산업체와 달리 하절기에 열부하가 거의 없고 냉방부하가 크므로 기존에 터보냉동기(400RT×1대, 80, 60, 30RT×1대, 40RT×2대)에 의해 냉수를 생산하여 냉방실시 하였으나, 열병합발전 시스템 도입시에는 흡수식냉동기 200RT×1대를 도입하여 일부의 냉방부하를 담당하도록 하였다.

제 4 장 경제성 평가 결과 및 분석

1. 투자비 내역

열병합발전기 및 기타 투자비용은 단순견적에 의해 산출한 것으로 아래와 같다.

구 분	투자비(백만원)	비 고
열병합발전설비	900	폐열회수 장치 포함
흡수식냉동기	100	관련 부대장치 포함
기타 부대비용	400	
합 계	1,400	

2. 경제성 평가 결과 및 분석

에너지 부하분석을 통하여 최적 용량으로 선정된 열병합 발전 시스템의 용량은 가스엔진 열병합발전 시스템 700kW급이며, 이에 대한 경제성 검토 결과를 정리하면 아래의 표와 같다.

< 열병합발전 시스템의 특징 >

구 분	기존설비(백만원)	열병합발전(백만원)	손이익액(백만원)
투자비용		1,400	▲ 1,400
운전비	수전비	729	▼ 391
	연료비	391	▼ 168
	계	1,120	897
절감금액		▼ 223	
단순투자회수기간		6.3년	

위의 표에서 알 수 있는 바와 같이 700kW급×1대의 가스엔진 열병합발전 시스템을 도입하는 경우에 단순투자 회수기간은 6.3년으로 투자 경제성이 약간 미흡한 것으로 분석된다. 그러나 상기 경제성 분석은 전기사용요금이 매우저렴한 경우를 가정하여도 열병합발전기를 운전한 것이며 경부하 시간대를 제외시 경제성은 5년이내로 단축될 것으로 판단된다.

발전용량 산정은 OO병원의 전기부하의 변동이 크지 않고 발전용량이 클수록 발전효율이 높아지므로 효율적으로 운전토록 하기 위해 발전기 용량을 700kW급×1대로 선정하였으며, 시간별 평균부하(≒966kW), 월별 일별 전기부하 및 열부하 변동곡선에 따라 전력을 최대한으로 생산토록 하였을 때 발전 평균부하는 약 524kW정도로 분석되었다.

결과적으로 한전계통과 병렬운전을 기하여 병원에 소요되는 전체 전력(약 8,460MWh/년)의 약 57.1%(4,834MWh)를 발전전력과 발전배열을 이용한 흡수식냉동기에 의해 공급하고 나머지 42.9%(약 3,626MWh)를 한전수전 전력으로 대처토록 하였다.

제 5 장 검토 결과 종합

OO병원을 대상으로 가스엔진 열병합발전시스템 도입타당성을 검토한 결과 현재의 에너지 요금 체계 하에서 가스엔진 열병합 발전시스템을 도입하면 에너지 절감은 물론 전기요금 저감으로 경제성 확보 측면에서 양호한 것으로 나타난다.

- 열병합발전설비 설치에 따른 공간확보 및 기존설비와 시스템 연계 등으로 인하여 기존 열원 공급설비의 일부 변경이 수반되어야 할 것이므로 차체에 열효율을 제고시킬 수 있는 방안을 검토하여 설계에 반영시키는 것이 바람직할 것이다.

- 투자비는 열병합발전 방식에 따라 다소 차이는 있겠지만 기존 설비의 일부변경을 고려하여 포함하면 약 14억원 정도가 소요될 것으로 예상되며, 연간 에너지비용 절감액은 2억 2300만원, 단순 투자회수기간은 약 6.3년으로 경제성이 약간 미흡한 것으로 분석되었으나, 전기사용요금에 저렴한 경우하 시간대에 열병합발전기의 운영을 지양할 경우 경제성은 5년 이내에 단축될 것으로 판단된다. 또한 향후 연차적인 에너지가격 인상을 고려할 때 본 사업의 경제성은 보다 좋아질 것으로 예상된다.

- 따라서 국가적인 측면에서 분산형 전원산업이 절실히 요구되고 있는 시점에서 볼 때 열병합발전설비 도입은 정부시책에 부응할 뿐만 아니라 OO병원의 운전경비를 절감시킬 수 있을 것이라 판단된다.

※ 본 보고서는 간이 경제성분석으로 투자비 회수기간, 발전량, 폐열회수량, 절감액 등은 제시된 기준에 따라 산출된 것이며, 실적이 없는 기준 데이터는 타 병원에서 운전되고 있는 실적치를 기준으로 산출한 것이므로, 당 병원에 대한 세부적 데이터를 근거로 산정시 본 보고서 내용과 다를 수 있으므로 정밀 경제성 분석 검토가 필요함.

이 전 안 내

- ▶저희 아텍에너지는 사무실을 아래와 같이 이전하여 업무를 시작하게 되었습니다.
- ▶저희 아텍에너지는 사무실 이전을 계기로 하여 관련기술과 경험을 겸비한 전문 인력의 확보와 최신 진단장비를 완비하고 보다 알찬 에너지진단업무를 통하여 산업체 현장의 에너지절약에 기여할 수 있도록 최선을 다하고자 합니다.
- ▶아무췌록 앞으로도 귀하의 변함없는 성원과 지도편달 있으시기 바라면서 아울러 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.

◎이전일자 : 2006년 4월 1일

◎ 서울특별시 구로구 구로3동 222-12 마리오타워 1303호

◎ TEL : (02)890-6411~5 / FAX : (02)890-6416

◎ 홈페이지 : www.atecenergy.com