

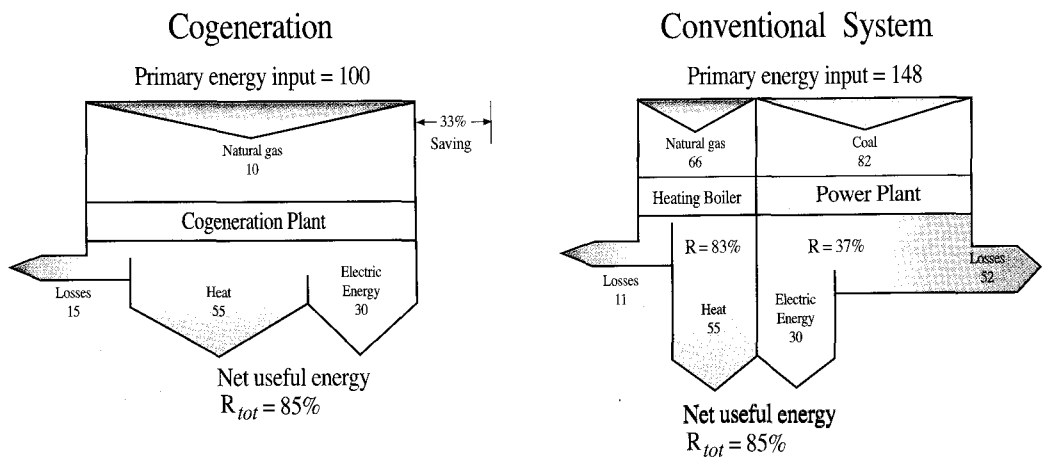
오시덕 이호준
(주)효성중공업연구소

1 서론

최근에 범세계적으로 환경규제의 강화, 에너지 산업의 민영화 등 에너지 산업 환경의 급변과 함께 환경 친화성 및 에너지 절약성이 우수한 열병합 발전 시스템 도입의 필요성이 재인식되고 있다. 열병합 발전시스템(Cogeneration System)은 하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합 에너지 시스템으로 발전에 수반하여 발생하는 배열을 회수하여 이용하므로 에너지의 종합 열이용 효율을 높일 수 있기 때문에 산업체, 민생용 건축물 등의 전력 및 열원으로써 주목받고 있다. 즉 열병합 발전 시스템은 산업체, 건축물 등에서 필요한 열·전기에너지를 보일러의 가동 및 상용 전력에 의존하지 않고, 자체 발전시설을 이용하여 일차적으로 전력을 생산한 후 배출되는 열을 회수하여 이용하므로 기존의 발전방식보다 30~40%의 에너지절약효과를 거둘 수 있다. 특히 최근 지식 집약적 산업의 확대 및 고도정보화 사회로의 진전 등에 따라 에너지원으로써 고품질의 전력이 점유하는 비율이 점차 높아지면서 분산형 전원의 하나로 각광받고 있다. 열병합 발

전 방식은 [그림 1]에서 알 수 있는 바와 같이 기존의 에너지 공급 방식에 비하여 약 33%정도의 이용 효율 향상을 기대할 수 있는 고효율 에너지 이용 기술이다. 그러나 열병합 발전시스템을 도입하면 모든 경우에 에너지절약효과가 있다는 의미는 아니며, 에너지절약효과가 있다는 것이 바로 경제성이 확보된다는 의미는 더욱 아니다. 또한 기존의 엔진 또는 터빈 열병합 발전시스템, 연료전지, 마이크로 가스터빈 및 가스엔진 등 다양한 형태의 열병합 발전시스템이 개발되어 상품화되고 있을 뿐만 아니라, 수요처의 중요한 에너지 수요중의 하나인 냉·온열 에너지의 공급원으로 다양한 형태의 에너지 시스템이 개발 및 보급되고 있다. 특히 최근에는 분산형 전원 도입의 필요성 대두와 함께 다양한 형태의 분산형 에너지 저장 시스템의 실용화가 급진전되면서 에너지 시스템의 부하율, 가동률의 대폭적인 향상을 기대할 수 있어서 열병합 발전시스템을 포함한 분산형 발전시스템 선택의 유연성이 크게 향상되고 있다.

따라서 다양한 특성의 에너지 수요를 가지는 수요처에 에너지 시스템의 운전모드 분석을 통한 최적 도입계획 및 경제성 검토를 위하여 에너지원 및 에



[그림 1] 기존의 발전방식과 열병합 발전시스템의 이용 효율

너지 시스템의 다양성, 다기능성을 충분히 반영할 수 있는 열병합 발전을 포함한 에너지 시스템의 최적화 방안 및 방법에 대한 요구가 증가하게 되었다. 또한 범세계적으로 추진되고 있는 에너지 산업의 구조조정 및 민영화와 함께 에너지 시장의 상황이 시시각각으로 변화하게 되면서 열병합 발전 시스템을 포함한 에너지 시스템의 도입에 있어 용량의 적합성 및 경제성의 확보 유무를 결정하는 데 상당한 어려움이 직면하게 될 전망이다. 이와 같은 전망은 최근까지 열병합 발전시스템이 비교적 성공적으로 보급되고 있었던 독일의 경우 유럽의 발전사업 민영화와 함께 전력 가격의 하락으로 상당수 열병합 발전소가 정상적인 운영에 어려움이 있다는 보고를 접하게 되면서 더욱 설득력을 얻고 있다.

따라서 본 고에서는 수요처의 여건 분석을 통한 열병합 발전시스템 도입 타당성 검토에 있어 중요하게 다루어야 할 사항 등에 대하여 설명하고, 이에 핵심이 되는 에너지 시스템의 운전모드 분석을 통한 최적 계획에 대해서 기술한 후, 검토 사례를 통하여 도입 시에 범하기 쉬운 오류에 대하여 설명하고자 한다.

2. 열병합 발전시스템의 도입 타당성 검토 절차 및 내용

열병합 발전시스템의 경우에도 일반적인 기타의 설비 도입 계획과 마찬가지로 「기획 → 기본 계획 → 기본 설계 → 실시 설계 → 시공」이라는 절차를 따르게 된다. 이들 각 단계에서는 각종 검토의 반복을 통하여 협의, 평가 및 판단 등을 수행하고, 수요자와 설계자간의 합의에 도달하면 검토가 완료된다. [그림 2]는 이러한 열병합 발전시스템 도입계획 시에 일반적으로 활용되어 왔던 전형적인 흐름도를 나타낸 것이다. 본 고에서는 열병합의 도입 결정에 이르는 수요측의 검토 및 시스템의 선정 및 평가까지의 절차에서 대하여 간단하게 기술하고자 한다.

2.1 건물의 용도 · 장소 · 규모의 선정

열병합 발전시스템에서는 시스템의 가동률 및 부하율이 높은 상태에서 운전하여 연간 운전비를 줄이고, 초기투자비

를 가능한 한 신속히 회수하는 것이 절대적이다. 그러므로 전력부하와 열부하가 다음과 같은 경우라면 열병합 발전시스템의 도입이 바람직하다고 할 수 있다.

- 연간 안정한 전력부하, 열부하가 필요한 건물
- 전력부하와 열부하의 시간별 수요패턴이 유사한 건물
- 건물의 열전비가 비교적 높은 건물
- 병원이나 컴퓨터 센터 등 전력 · 열 에너지원의 복수화가 필요한 곳
- 초기투자 비용 및 공간의 제약으로 특별고압 수전을 피하고자 할 때

2.2 전력부하 · 열부하의 추정

시스템 도입 계획 시에는 여러 가지 용도의 건물에 대하여 발생전력과 배열 에너지의 이용 상태를 고려하며 시시각각 변동하는 부하에 적절히 대응할 수 있는 고효율 시스템을 적용하는 것이 중요하다. 열병합 발전시스템 도입을 위한 경제성 평가 결과의 신뢰성은 전력부하 및 열부하의 추정 결과가 얼마나 실제의 상황을 잘 나타내고 있느냐와 직결됨에 유의하여야 한다. 그리고 수요처의 시시각각 변하는 에너지 수요 패턴은 수요처의 전력부하(동력, 조명, 제어, 가열 등) 및 열부하(냉난방, 급탕 등)의 분석과 그 결과를 이용한 에너지 소비량 및 에너지 비용의 비교를 통하여 추정할 수 있다.

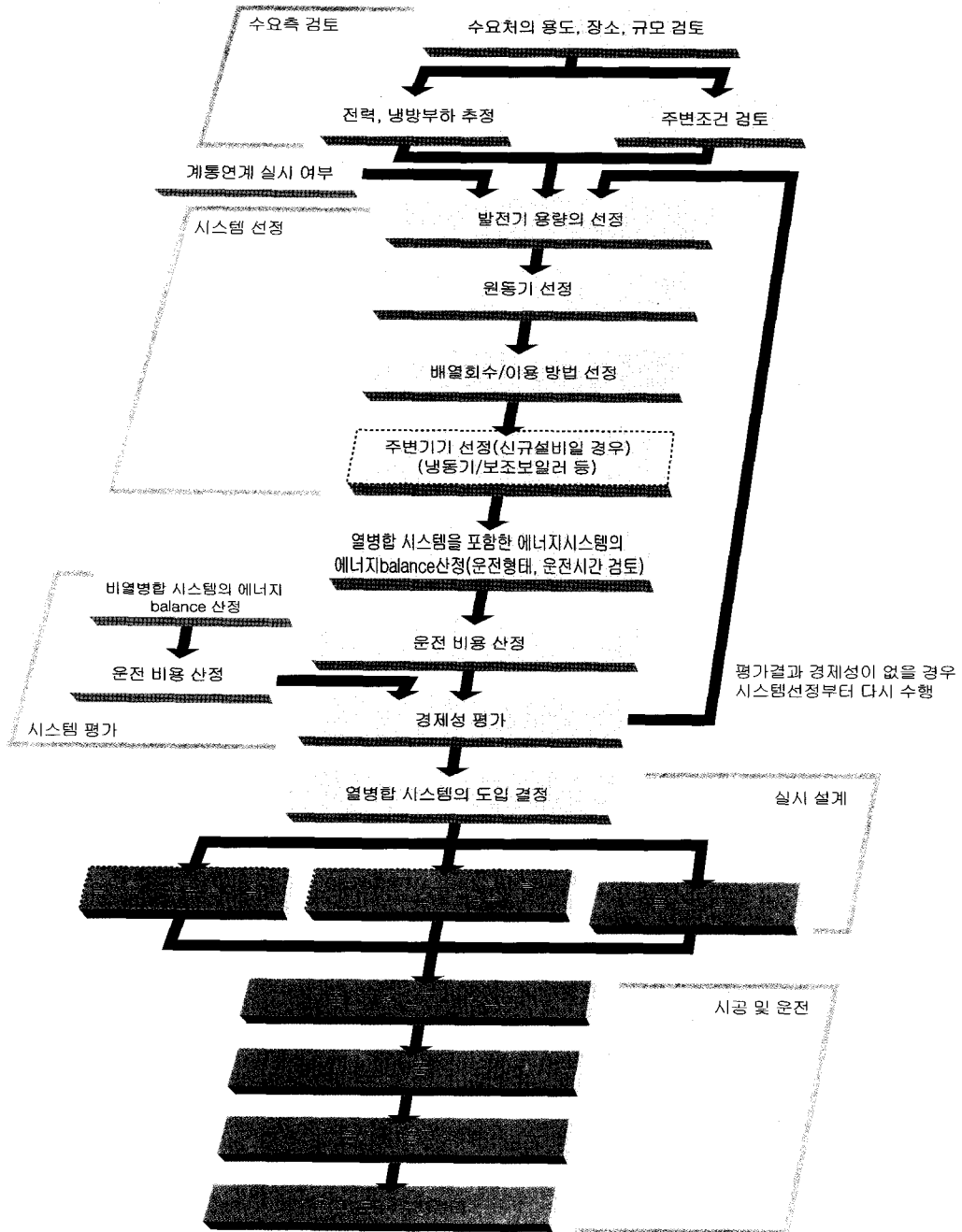
현장에서 에너지 부하의 추정은 다음의 <표 1>에 나타나 있는 바와 같은 월별 에너지 사용량 및 에너지 비용 현황 조사 및 정리에서부터 시작한다. 특히 에너지 사용량 및 에너지 비용은 부하 패턴의 신뢰성 확보를 위하여 최소 1년 이상의 자료를 조사하여야 한다.

다음으로는 에너지 시스템의 연계 운전 특성의 분석, 에너지 시스템의 운전일지의 분석 등을 실시하게 된다. 특히 전력 부하는 수전일지, 난방 및 급탕을 포함한 열부하는 보일러 운전 일지, 냉방 부하는 냉동기의 운전일지 등이 중요한 자료가 된다.

이와 같은 수요처의 에너지사용량, 운전 일지 및 샘플 부하 패턴을 활용하여 부하를 추정하면 [그림 3]과 같이 나타낼 수 있다.

열병합 발전시스템 도입의 경제성 분석

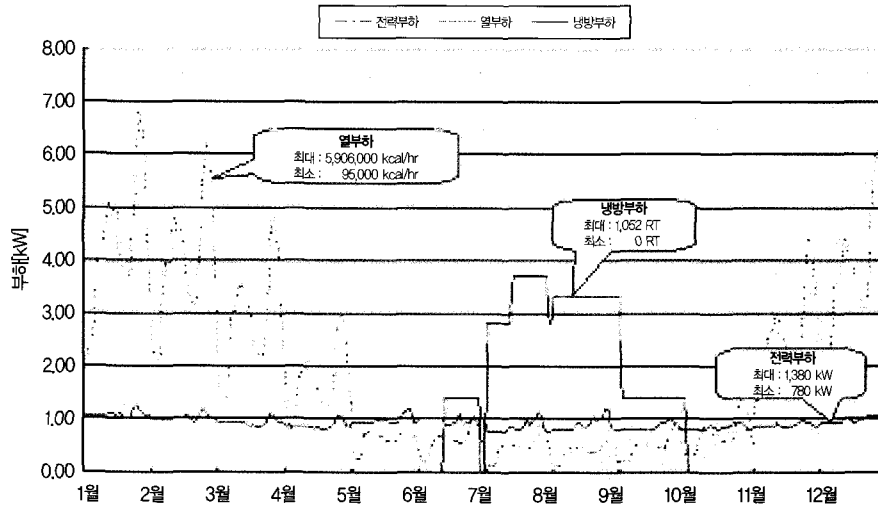
>> 운전모드별 적을 통한 최적계획



[그림 2] 열병합 발전시스템 도입 계획 흐름도

〈표 1〉 연간 에너지 사용량 및 비용의 예

월	전 기				천 연 가 스		유 류	
	사용량 (kWh)	비용 (천원)	최대수요 (kW)	비용 (천원)	사용량 (m ³)	비용 (천원)	사용량 (ℓ)	비용 (천원)
1월	198800	12957	948	8759	8877	5722	499	450
2월	331200	20347	912	8247	7618	4852	3014	3536
3월	245000	13951	710	6560	4232	2689	1120	1264
4월	305600	18902	948	8759	3761	2457	2683	2512
5월	368000	22621	1222	11290	3410	2220	1070	1116
6월	318400	19651	888	8205	3212	2088	469	418
7월	289200	18855	890	8223	3050	1983	0	0
8월	335600	21720	964	8907	3123	2036	0	0
9월	367600	23638	952	8796	3157	2055	141	118
10월	387200	25384	1144	10570	3348	2177	0	0
11월	350000	22583	824	7613	4722	3069	522	444
12월	374400	24701	1105	10210	8277	5245	821	742
총 계	3871000	245310	11507	106139	56787	36593	10339	10600
단위요금	0.0634	(천원/kWh)	9.224	(천원/kW-월)	0.6444	(천원/m ³)	1.03	(원/ℓ)



1) 전력사용량 자료 : 2001년 1월 ~ 2001년 12월
2) 가스사용량 자료 : 2000년 11월 ~ 2001년 10월

[그림 3] 부하 추정 결과의 예

다음은 〈표 2〉와 같이 추정부하패턴의 신뢰성을 확인하기 위하여 추정된 부하패턴을 기준으로 에너지 사용량과 비용을 계산하고, 실제 조사된 사용량과 비용을 비교한다. 오차

가 수용 가능한 범위 밖에 있으면 부하패턴의 수정을 통하여 추정 부하 패턴의 신뢰성을 높이는 작업을 수행한다.

〈표 2〉 추정된 부하 패턴의 신뢰성 검증

월	냉방용 가스요금 (원)		%	전기요금 (원)		%
	실 제	계 산		실 제	계 산	
1				50,058,950	48,846,482	2.4
2				47,896,770	45,413,271	5.2
3				49,896,770	46,581,766	5.0
4				43,284,720	41,919,450	3.2
5	4,719,550	5,080,000	-7.6	50,018,290	47,789,222	4.5
6	15,668,050	16,915,000	-8.0	55,430,580	52,881,813	4.6
7	29,676,830	33,138,000	-11.7	83,927,890	87,496,089	-4.3
8	30,730,140	33,573,000	-9.3	85,969,590	87,515,380	-1.8
9	9,576,510	10,954,000	-14.4	53,945,470	51,276,640	4.9
10				50,407,310	47,851,931	5.1
11				50,844,680	48,349,386	4.9
12						
계	90,371,080	99,660,000	-10.3	620,827,340	605,921,430	2.4

2.3 운전 형태, 운전시각의 설정

추정된 부하 특성에 근거하여 에너지 이용효율이 높게 유지되도록 열병합 발전시스템의 운전방식을 적절하게 설정한다. 운전 방식은 크게 전기 추종방식과 열 추종방식으로 대별할 수 있다. 전기 추종방식은 전력 부하에 맞도록 발전을 하고 배열은 이용 가능한 만큼만 이용하고 만약 남으면 방열하는 방법이고, 열 추종방식은 열 부하에 맞추어 배열을 이용하는 만큼만 발전하는 방법이다.

2.4 계통연계와 계통분리

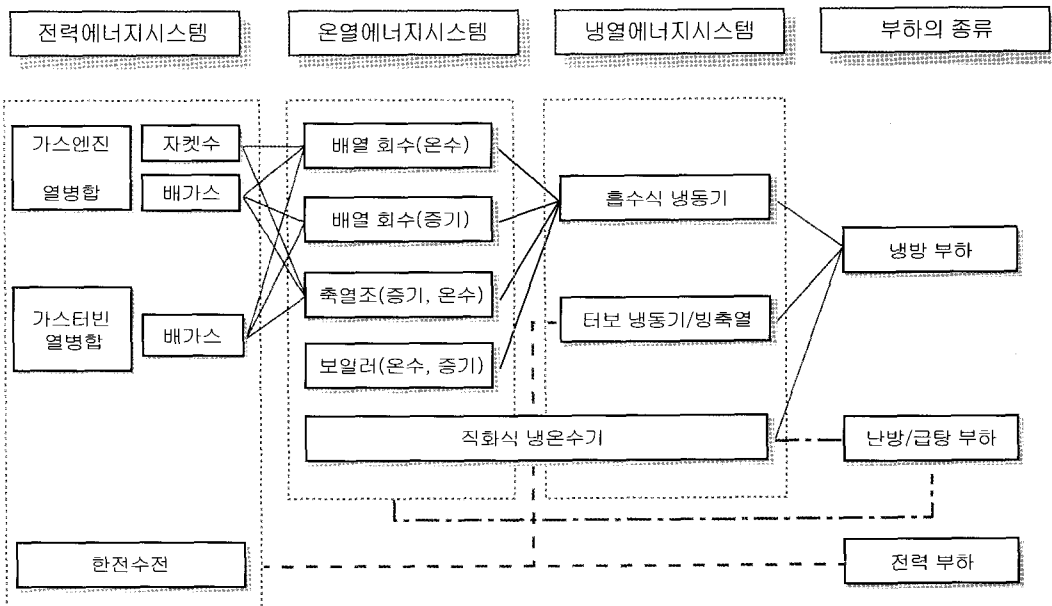
열병합 발전시스템을 설치하는 경우 수요처의 전력원은 열병합 발전 계통과 상용 계통을 사용할 수 있는데, 이들 두 계통의 사용 방법에 따라서 계통연계와 계통분리로 분류된다. 두 계통을 연계시켜서 사용하는 경우를 계통연계, 두 계통을 분리하여 사용하는 경우를 계통분리라고 한다. 열병합의 특징을 살리기 위하여 계통연계 방식이 바람직하나, 수요처 및 제도적인 문제 등에 따라서 계통분리를 채택할 수밖에 없는 경우도 있을 수 있다.

2.5 시스템의 선정

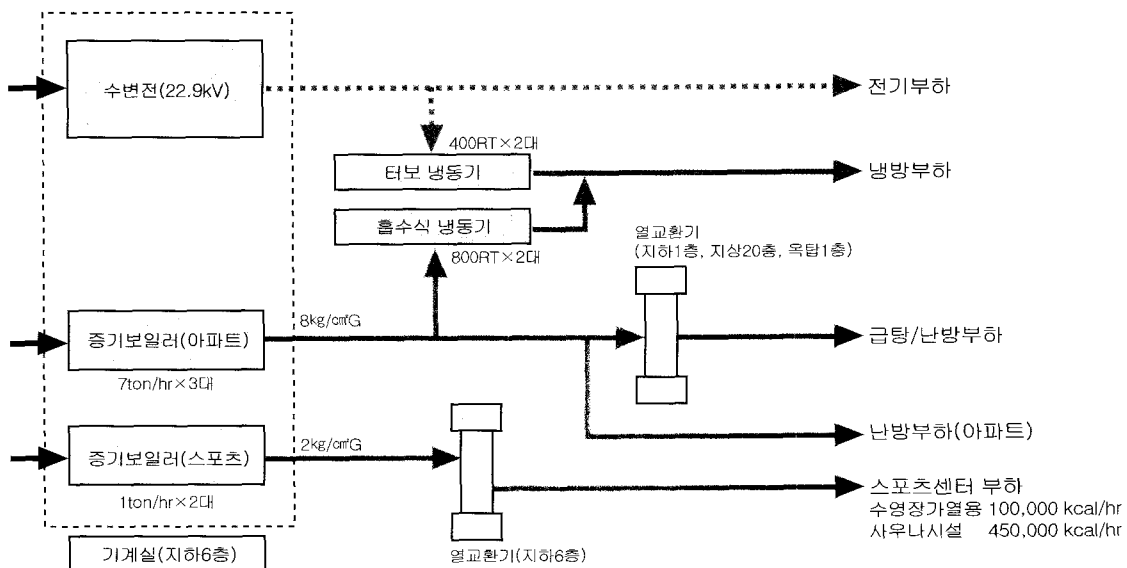
기존에는 열병합 발전시스템 도입을 위한 경제성 검토 시에 전력 및 난방 부하를 동시에 고려하는 것만으로도 충분하

다고 인식되어 왔다. 그러나 최근에 [그림 4]와 같이 에너지 시스템의 특성이 다양화되면서 에너지 시스템간의 연계 조항은 매우 복잡해지고 있다. 즉 전기에너지를 사용하는 터보냉동기, 증기 또는 온수와 같은 온열을 사용하는 흡수식 냉동기, 가스 에너지를 사용하는 가스직화식 냉동기 등의 다양한 에너지 시스템이 냉방 부하를 담당하고 있으며, 특히 가스직화식 냉온수기의 경우 하나의 에너지 시스템으로 온열 또는 냉열을 절체하여 공급할 수 있는 시스템도 도입되어 운전되고 있다.

[그림 4]에 나타나 있는 일반적인 에너지 시스템의 구성 중에서 검토 대상 수요처에 가장 적합한 에너지 시스템의 구성이 어떤 것인가는 수요처의 부하 특성, 현재 에너지 시스템의 연계 특성 및 신규로 도입을 검토하는 열병합 발전시스템의 특성에 따라서 결정되게 된다. 따라서 시스템 선정시에 가장 먼저 검토하여야 할 내용은 현재의 수요처의 에너지 시스템의 연계 특성 및 에너지 이용 특성이 [그림 5]와 같이 주어지고, 부하패턴이 [그림 3]과 같이 주어지는 경우에 대하여 검토해 보자.



[그림 4] 수요처의 일반적인 에너지 시스템의 연계 (예시)



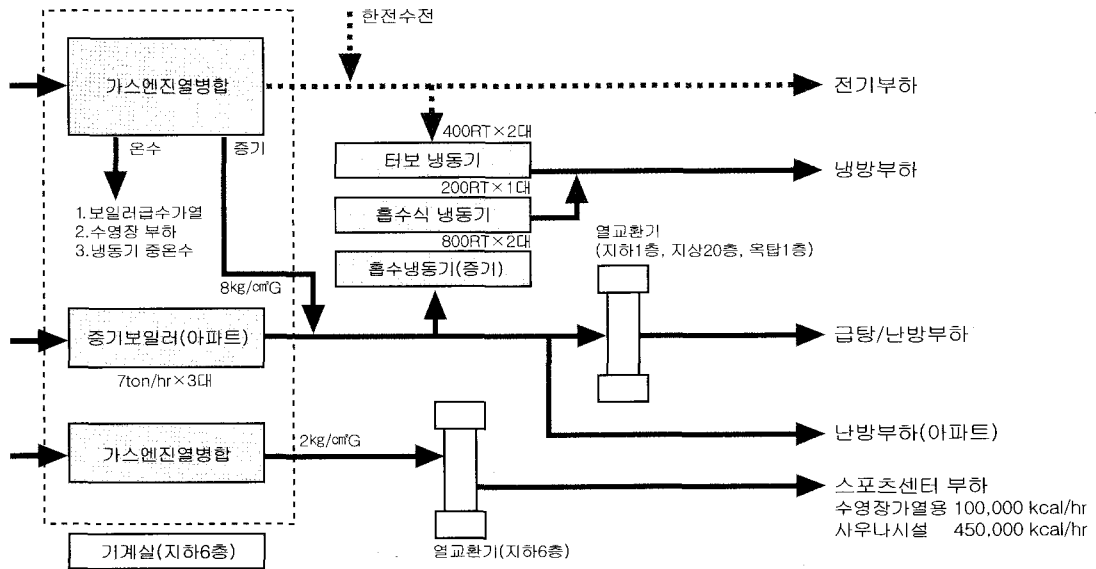
[그림 5] 수요처의 에너지 시스템의 연계 및 에너지 이용 특성 (현재)

[그림 5]에 나타나 있는 바와 같이 증기의 형태로 열에너지를 공급하고 있기 때문에 용량은 기저 부하인 700kW급의 증기의 형태로 열을 회수하기가 유리한 가스터빈을 1차적인 대상이 될 수 있다. 그러나 일반적으로 1000kW 이하에서는

바와 같이 신규 검토 대상 에너지 시스템을 구성한다.

2.6 전력·열에너지 밸런스

전력·열에너지 수지의 계산에 있어서는 전력·열부하 각



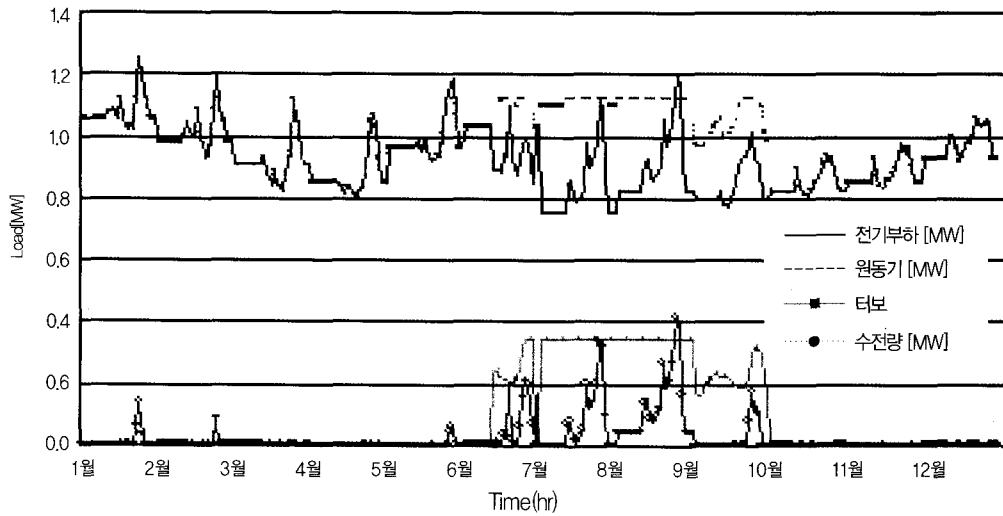
[그림 6] 에너지 시스템 구성 (신규)

가스엔진이 가스터빈에 경쟁 우위에 있으므로 배열 회수된 온수를 증기 보일러의 예열용 또는 별도의 수요처에 유효이용 할 수 있다는 전제가 있으면 가스엔진도 2차적인 대안이 될 가능성이 있다.

따라서 우선 열병합 시스템 자체의 특성은 물론 주변의 여건을 포함하여 종합적으로 검토 가능하도록 적합한 용량에 대하여 원동기별로 시스템 선정 시에 검토되어야 할 사항을 정리한다. 정리된 자료를 활용하여 수요처 및 대상 에너지 시스템의 특성, 수요자와의 면담 등 보다 구체적인 자료를 근거로 최종 대상 기기를 선정하고, [그림 6]에 나타나 있는

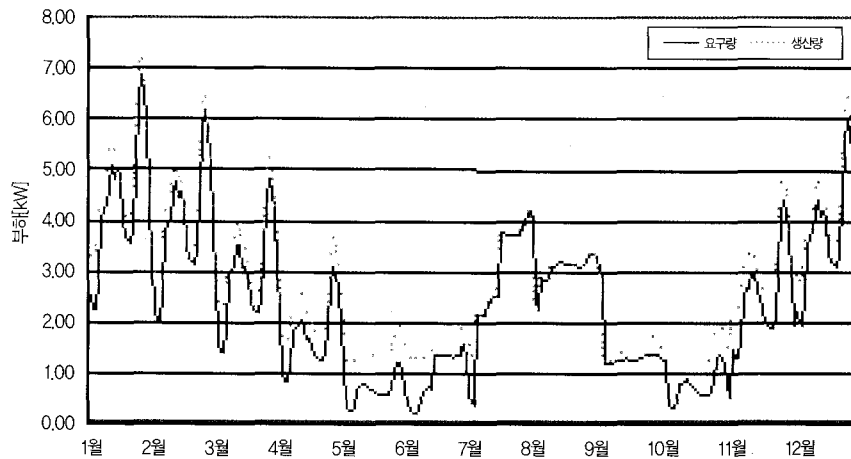
각에 대하여 열병합 발전시스템에 의한 발전 전력과 배열 이용량을 산출하고, 하계·동계·중간기를 포함하는 일년간의 에너지 소비량을 계산하여 에너지의 수요 및 공급 간의 시계열적 밸런스를 검토한다. 특히 전력 추종형으로 운전방식을 선택하는 경우 열병합 발전시스템의 운전으로 부수적으로 얻어지는 회수열이 수요처의 열부하보다 많은 경우에는 열병합 발전시스템의 정상적인 운전을 위하여 저장 또는 냉각탑을 이용하여 폐기하여야 하므로 추가적인 비용 부담이 발생함에 유의하여야 한다.

월별 전기부하 비교 (560kW×2)



[그림 7] 전기에너지 밸런스

560kW Gas Engine×2대



[그림 8] 열에너지 월 요구량과 생산량

[그림 3]에 주어진 에너지 부하에 대하여 [그림 6]과 같이 연계되는 에너지 시스템의 에너지 수지를 시계열적으로 검

토하고 그 결과를 정리하면 전기부하는 [그림 7], 열 부하는 [그림 8]과 같이 나타낼 수 있다.

최고만을 추구하는 중앙전자식 안정기

중앙전자식 안정기
HILABA® PUCHON JOINT-BRAND
DAYTIME



JA2321-KG

JA2322-TKG

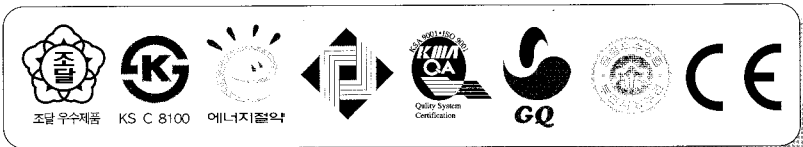
JA2322-SKG

- ▶ 업계 최초 정부 조달청 우수제품 선정
- ▶ 업계 최초 ESCO협회 가입
- ▶ 업계 최초 연구개발 전담부서 설립
- ▶ 업계 최초 벤처기업 인증 획득
- ▶ 업계 최초로 고효율에너지 기자재 인증 획득
- ▶ 업계 최다 KS 모델 보유
- ▶ 업계 최다 고마크 모델 보유
- ▶ 업계 최초 ISO 9001 인증 획득
- ▶ 업계 최초로 한 모델에 KS 규격+고마크 규격+고효율 에너지 기자재 규격 동시만족

전자식 안정기의 특징

- 구 재래식 안정기 대비 35% 이상 절전(고효율)
- 전동, 부하의 역율을 97% 이상 유지함으로 역율을 항상
- 램프의 수명을 좌우하는 파고율(규정치, 1.850 이하) 이 규정치보다 낮음으로 램프 수명을 최대연장
- 써지 보호회로를 채택 내구성 강화
- 저고조파 함유율로 주변기에 장애영향을 주지않음
- 소음과 열발생이 전혀 없음

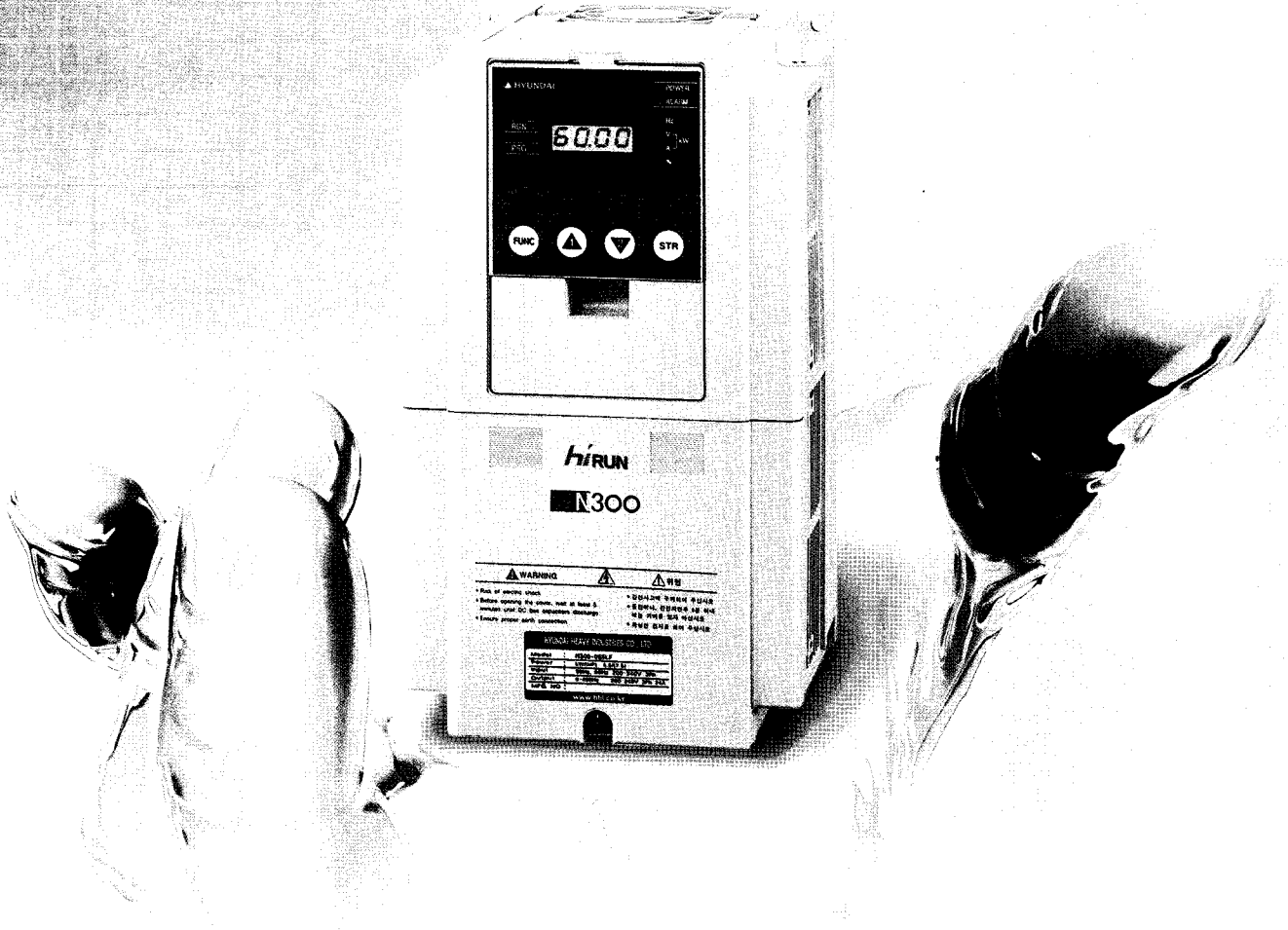
ISO 9001 인증 및 벤처기업인증 획득으로
품질과 신뢰성을 향상시켰습니다.



中央電子通信株式會社

본사 · 공장 경기도 부천시 원미구 도당동 96-12
TEL: (032)676-7000(대) FAX: (032)677-5544
Home-page: www.joongang21c.co.kr
E-mail: joongang21@netsgo.com

작은 것이 기술이다



국내 동급 최소형, 다양한 성능, 고투오크 벡터제어 실현

현대 인버터 **HIRUN N300 Series**

- N300 — 0Hz에서 150%, 0.5Hz에서 200% 이상의 고시동 토크 — RS-485통신 기본탑재 및 다양한 통신 가능 (Device Net, Profibus, Lon Works)
- 센서레스 벡터제어로 강력한 운전 실현 (2대 동시운전)
- 냉각팬, 콘덴서, 제어단자대 착탈식으로 유지보수 편리 — 인텔리전트 입출력 단자 채용 (싱크소스 타입도 출력 가능)
- N300P — Fan, Pump 등 유체이송 장치 전용 저가형 인버터로 에너지 절감효과의 극대화
- N300K — 고효율 에너지 인증마크 e-mark 획득 제품으로 한전 특별지원금 최고 5천만원까지 무상 지원

[그림 8]에 나타나 있는 바와 같이 열에너지 수요에 비하여 열에너지 생산량이 많은 부분이 상당히 존재한다. 따라서 이미 설명한 바와 같이 부하보다 많이 회수되는 회수열은 열병합 발전시스템의 정상적인 운전을 위하여 저장 또는 냉각탑을 이용하여 폐기를 하여야 한다. 이와 같이 에너지 수요 및 공급 간의 밸런스에 문제가 있는 경우에는 각 에너지 시스템의 가동률, 부하율 및 에너지 이용률을 검토할 필요가 있다.

위에서 검토한 사례에 대하여 열병합 설치 전·후의 에너지 시스템의 가동률, 부하율을 정리하여 보면 다음의 <표 6>과 같다. <표 6>에 나타나 있는 바와 같이 열병합 발전시스템의 설치로 기존의 보일러의 가동률, 부하율이 떨어졌고, 냉방을 위하여 터보냉동기의 가동률, 부하율은 떨어지고, 흡수식 냉동기의 가동률, 부하율이 상승되었음을 알 수 있다.

<표 3> 열병합 설치 전후의 에너지 시스템 가동률 및 부하율 비교

	열병합 설치전		열병합 설치후	
	가동률[%]	부하율[%]	가동률[%]	부하율[%]
열병합(560kW)	-	-	100	100
열병합(560kW)	-	-	100	77.2
보일러(7ton/hr)	100	32.9	93.6	32.7
보일러(7ton/hr)	3.4	0.5	2.4	1.1
보일러(1ton/hr)	7.5	33.4	-	-
터보냉동기	29.7	29.7	29.7	25.7
터보냉동기	17	17	-	-
흡수식냉동기(중계)	13.1	3	17.0	14.3
흡수식냉동기(중온수)	-	-	29.7	19.9

2.7 경제성의 평가

열병합 발전시스템을 상용 발전설비로 적용하면 계약전력이 작아져서 기본요금을 줄일 수 있음은 물론 발전량에 해당하는 사용량 요금도 줄일 수 있다. 가스연료를 발전에 사용하므로 가스 요금은 증가하지만, 배열을 회수하여 이용하기 때문에 다른 열원 설비의 사용을 줄일 수 있어 전체적으로는 에너지 비용을 상당히 줄일 수 있게 된다. 그리고 종래 시스템에 비하여 열병합 설비비가 증가하지만, 특별고압 수전을 피하는 등으로 수전 설비비의 저감, 배열이용에 의한 다른 열원설비비의 저감, 비상용 발전설비의 겸용 등으로 설비비

의 저감을 피할 수 있다. 이들을 제외한 설비비의 증액분을 연간 운전비용의 연간 절감액으로 나눈 것을 단순투자회수 기간이라 하며 일반적으로 5년 내외에 회수가 가능하면 경제성이 있다고 간주하여도 무방하다.

이상의 내용에서 열병합 발전시스템의 도입 검토에 있어 부하 추정 및 신뢰성 검증, 수요처의 에너지 시스템의 연계 특성을 고려한 열병합 발전시스템의 선정, 열병합 발전시스템을 포함한 에너지 시스템의 시계열적 에너지 밸런스의 계산, 각 에너지 시스템의 부하율, 가동률을 포함한 운전 모드의 파악 등이 중요함을 강조하였다. 다음 절에서는 사례를 통해서 기존 검토 방안의 문제점과 시장의 불확실성에 유연하게 대응하기 위하여 필자 등이 새롭게 제안한 연간 부하패턴 및 에너지 시스템의 부분 부하 특성을 반영한 에너지 시스템의 최적설계 방안의 유효성에 대하여 간단히 설명해보고자 한다.

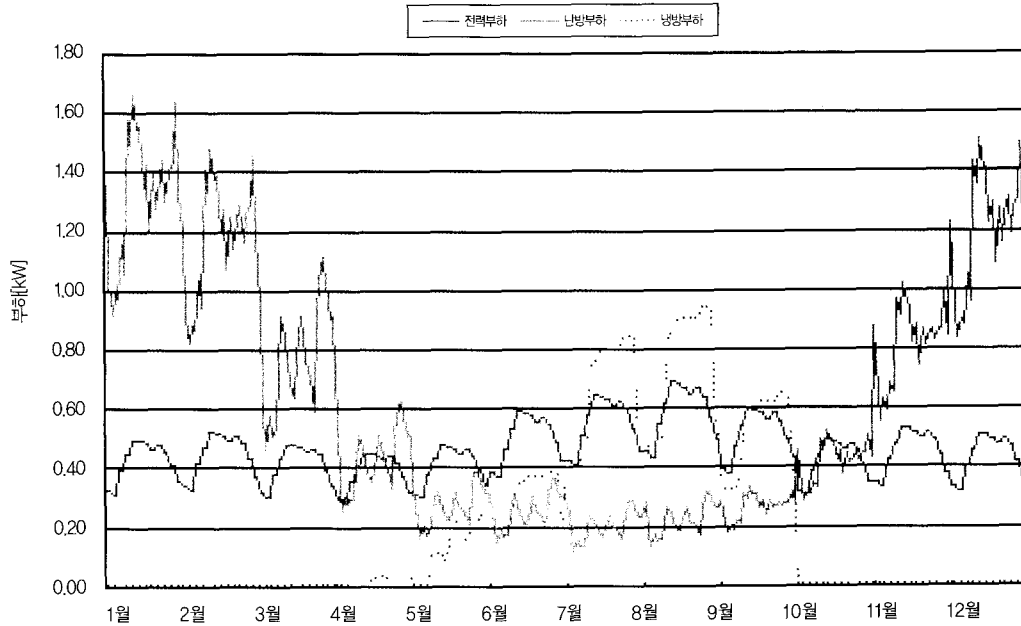
3. 에너지 시스템 운전모드 분석을 통한 최적계획의 필요성 - 사례검토

[그림 9]는 서울시내에 위치한 모 호텔의 연중 에너지 부하 패턴의 실제 예이다. 본 수요처의 전력 부하는 최대 0.69MW, 최소 0.28MW, 난방부하는 최대 1.66MW, 최소 0.12MW, 냉방부하는 최대 0.94MW, 최소 0MW이며, 각 부하의 시간대별, 월별의 상당한 변화를 보이고 있다. [그림 6]과 같은 부하 패턴을 가지는 수요처를 대상으로 하여 열병합 시스템의 도입 검토를 하는 경우 기존에는 열병합 설비용량에 대해서 최대 전력 수요를 기준으로 결정하고, 결정된 열병합 발전시스템의 부하율, 가동률은 검토자가 적절하게 가정을 하게 되므로 수요처의 특성 및 검토자의 경험에 따라서 차이가 있을 수밖에 없고, 이런 경우 시간대별, 일별 및 월별 부하 패턴의 변화에 대응하여 변화하는 열병합 발전시스템을 포함한 각종 에너지 시스템의 부하율, 가동률을 실제 상황과 유사하게 모사한다는 것은 거의 불가능에 가깝다. 따라서 검토자의 경험이나 수준에 따라서 도입 타당성 검토 결과와 실제 운전 상황 사이에는 상당한 차이가 있을 수밖에 없었다. 그러나 최적화 설계방안을 활용하는 경우 시간대별,

일별, 월별의 부하 패턴의 변화에 따라서 실시간으로 각 에너지 시스템의 부하별 특성을 반영하여 운전 모드를 해석하게 되므로 부하 패턴의 신뢰성만 확보된다면 해석 결과는 각 에너지 시스템의 실제 운전 상황을 설명하는 현실성 있는 자료라 할 수 있다.

[그림 9]와 같은 연간 에너지 부하 패턴을 가지는 호텔에 대하여 기존의 검토 방법과 필자 등이 제안한 최적 설계 방

법을 이용하여 계산한 결과를 정리하면 <표 4>와 같다. <표 4>에 나타나 있는 바와 같이 동일 수요처에 대하여 기존의 방법의 경우 설비 용량이 404kW(최대부하의 약 59%), 최적 설계를 한 경우의 설비용량은 280kW(약 41%)로 제안되어 차이가 있음을 알 수 있다. 또 표에서 알 수 있는 바와 같이, 기존방법을 이용하여 경제성 검토를 수행하였을 경우 투자회수기간이 5년 정도였지만, 타당성의 검증은 위하여



[그림 9] 서울시내 모 호텔의 연중 에너지 부하 패턴

<표 4> 검토방법에 따른 도입경제성 검토결과와의 비교

항 목	설비 용량 (kW)	투자회수기간 (년)		내 부 수익률 (%)	가동률 (%)		열이용률 (%)	
		자본이자율을 고려하지 않음	자본이자율을 고려함		가정	실제	가정	실제
기 존 방법	부하패턴 비고려	7.7년 (5년)		-	90	88.6	90	67.5
		5.9		10.9	15	72.7	-	62.1
	부하패턴 고려	4.7		7.3	20	79.6	-	71.3
	최적 계획시	280						

부하패턴을 고려하지 않고 운전 모드 분석을 실시하면 7.7년, 부하패턴을 고려하여 실시간 운전모드 분석을 한 결과는 5.9년으로 투자회수 기간이 기존의 방식으로 추정된 기간보다 길어짐을 알 수 있었다. 이는 실제 대상수요처의 에너지 부하패턴을 고려할 경우 실제의 가동률(88.6%) 및 열 이용률(67.5%)과 타당성 검토시에 검토자가 가정한 가동률(90%), 열 이용률(90%)과의 차이 때문이라고 할 수 있다. 이는 검토자가 가정한 가동률과 열 이용률과 실제의 차이는 수요처의 특성이나 검토자의 능력에 따라서 상당한 차이가 있을 수밖에 없으므로 경제성 검토의 신뢰성 확보를 위하여 이에 대한 대비가 대단히 중요함을 알 수 있다. 특히 이와 같은 상황을 현장에서 직면하게 되는 경우 수요자 및 설비 공급자 모두가 규모의 경제라는 일반적인 논리에 의하여 최적인 280kW보다는 404kW에 계획안을 채택하는 오류에 빠지기 쉽다. 이와 같은 오류는 시장의 불확실성이 적은 경우에는 문제가 되지 않으나 현재와 같이 불확실성이 유동적인 경우 치명적인 손실을 초래할 수 있으므로 대안의 선택에 신중할 필요가 있다.

〈표 5〉는 7개의 표본 수요처에 대하여 최적 설계 안(계획1)과 단순투자회수기간(PBP)을 6년 내외로 하여 결정된 도입 안(계획2)에 대하여 용량, 투자회수기간, 내부 수익률(IRR), 부하율 및 가동률 등 검토 결과를 비교하여 정리한 것이다. 〈표 5〉에 의하면 계획2의 경우가 계획1의 경우보다 열병합

발전 용량이 크고, 부하율은 계획1에 비하여 현저히 줄었음을 알 수 있다. 〈표 5〉와 같은 상황에서는 대부분의 검토자 또는 투자자들은 용량이 큰 계획2의 도입 안을 투자 안으로 선택할 가능성이 상당히 높다. 이미 설명한 바와 같이 에너지 시장의 여러 조건이 변함없이 있다는 확신이 있다면 계획2 또는 계획1의 선택안 간의 위험 요인의 차이는 없을 것으로 예상된다. 그러나 계획2의 결과는 에너지 시장의 자율화, 제품의 다양성 등으로 에너지 시장의 불확실성이 증가할 것으로 예상되는 미래에 대비한 선택안이라고 하기에는 부담하여야 할 위험이 클 수도 있음에 유의할 필요가 있다. 이와 같은 위험을 정량적으로 모사하기 위하여 연료요금이 15% 인상되는 경우와 전기요금이 15% 인하되는 경우를 상정하여 검토하고 투자회수기간과 에너지 수익금을 정리하면 다음의 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉에서 확인할 수 있는 것처럼, 최적 설계를 적용한 계획1의 경우에는 에너지 요금의 변화에도 불구하고 단순투자 회수기간에 있어서 변화량이 거의 없거나 모든 경우에 있어서 6년 이내에 있음을 알 수 있다. 반면, 계획2의 경우에는 에너지 요금의 변화에 따라서 단순투자 회수기간의 변화량이 클 뿐만 아니라 모든 수요처에 대해서 경제성이 없는 수준으로 변화됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과에서 최적 설계가 시장의 불확실성에서 비롯되는 위험을 최소화 할 수 있는 바람직한 방안임을 확인할 수 있었다.

〈표 5〉 최적설계와 투자회수기간 6년 내외를 적용한 경우의 결과 비교

No	수요처 조건			최적 설계 적용 (계획 1)						PBP 6년 적용 (계획 2)					
	수전량 (MWh)	난방부하량 (Mcal)	피크 (kW)	용량 (kW)	부하 부담 (%)	PBP (년)	IRR (%)	부하율 (%)	가동률 (%)	용량 (kW)	부하 부담 (%)	PBP (년)	IRR (%)	부하율 (%)	가동률 (%)
1	738,300	7,363,794	130	26	20.0%	2.9	36	91.5	91.5	119	91.5%	6.0	15	65.3	91.5
2	802,200	7,418,906	140	26	18.6%	2.7	37	91.5	91.5	119	85.0%	5.4	17	70.5	91.5
3	1,063,000	11,034,354	180	26	14.4%	2.5	39	91.5	91.5	176	97.8%	6.1	15	63.6	91.5
4	1,237,000	8,931,861	210	119	56.7%	3.1	32	90.0	91.5	176	83.8%	5.2	18	73.1	91.5
5	2,169,300	1,251,464	370	26	7.0%	3.1	32	91.5	91.5	176	47.6%	4.8	20	91.4	91.5
6	2,581,079	23,631,972	450	119	28.4%	2.0	50	91.5	91.5	280	62.2%	5.8	15	86.9	91.5
7	3,060,800	8,611,019	530	119	22.5%	2.1	49	91.5	91.5	395	74.5%	6.1	14	78.9	91.5
평균	1,664,526	9,749,053	287	66	23.7%	2.6	39	91.3	91.5	206	77.5%	5.6	16	75.7	91.5

〈표 6〉 연료 및 전기 요금 변화에 따른 변화

		연료요금 15% 인상시		전기요금 15% 인하시	
		PBP [년]	이익금 [원]	PBP [년]	이익금 [원]
1	계획 1	3.4 (2.9)	14,628,804	3.7 (2.9)	13,490,718
	계획 2	10.0 (6.0)	15,825,112	15.00이상 (6.0)	5,543,416
2	계획 1	3.3 (2.7)	15,142,206	3.6 (2.7)	13,919,830
	계획 2	8.8 (5.4)	18,271,611	8.5 (5.4)	18,822,371
3	계획 1	3.0 (2.5)	16,426,506	3.3 (2.5)	14,994,794
	계획 2	10.0 (6.1)	22,064,629	10.2 (6.1)	21,565,342
4	계획 1	4.2 (3.1)	37,935,290	4.5 (3.1)	35,594,884
	계획 2	8.2 (5.2)	26,783,544	8.6 (5.2)	25,638,812
5	계획 1	3.9 (3.1)	12,743,063	4.4 (3.1)	11,289,789
	계획 2	8.1 (4.8)	27,019,533	10.7 (4.8)	20,512,605
6	계획 1	2.4 (2.0)	66,209,814	2.6 (2.0)	61,113,154
	계획 2	10.3 (6.1)	38,870,269	11.4 (6.1)	34,995,743
7	계획 1	2.5 (2.6)	63,773,148	2.8 (2.6)	57,887,708
	계획 2	12.9 (5.6)	36,447,738	- (5.6)	-

주) ()안의 수치는 요금변화 전의 값을 나타냄

4. 결론

본 고에서는 최근에 온실가스 대책 기술로서 가장 각광을 받고 있는 열병합 발전시스템의 도입 검토 시에 중요하다고 판단되는 열병합 발전시스템의 도입 계획, 경제성 평가 방법 및 그 필요성 등에 대하여 간단히 기술해 보았다. 특히 임의의 수요처에 열병합 발전시스템을 도입하고자 할 때 생산되어 공급되는 전기 및 열에너지를 모두 유효하게 이용할 수 있다는 전제 하에 경제성 검토를 수행하는 경우 대상 수요처의 연중 에너지 부하 패턴 등에 따라서 실제 운전시의 경제성에는 상당한 차이가 있을 수 있음을 알았다.

또한 기존의 방법을 이용하여 열병합 발전시스템 도입 계획을 검토하는 경우 검토자의 경험, 수요처의 부하 패턴, 열병합 발전시스템 외의 연계 에너지 시스템의 사양 및 연계 운전 특성 등에 따라서 실제 운전시의 경제성에는 상당한 차

이가 있을 수 있으며, 이들 문제점을 보완하기 위해서 열병합 발전시스템을 도입하고자 하는 수요처에 설치되었거나 설치하고자 하는 모든 에너지 시스템을 연계시켜 전력, 난방, 냉방 에너지 등 수요처의 모든 에너지 부하에 대한 실시간 운전모드 해석을 수행하여 수요처의 에너지 부하에 최저의 비용으로 만족시키는 에너지 시스템의 최적 조합 및 용량을 찾아내는 방법으로 경제성 검토를 수행하는 것이 검토 결과의 신뢰성 및 현실성 제고를 위한 합리적인 방안이 될 수 있다. 또한 운전모드 분석을 통한 최적설계를 통하여 열병합 발전시스템의 도입 타당성 및 경제성을 평가한다면, 그 위험적인 요소를 상당히 줄일 수 있다고 판단된다. 다시 말하면, 앞으로 다가올 미래에 있을 여러 가지 환경 변화에 따른 위험적인 요소를 최소화하기 위해서라도, 열병합 발전시스템의 도입 타당성 검토에 운전모드 분석을 통한 최적계획을 수행하는 것은 반드시 선행되어야 한다고 할 수 있다.