

상용열병합발전시스템의 운전행태 모형화에 관한 연구 (The Study on Modeling of operational behavior in normal cogeneration systems)

권 혁민* 정 찬교** 정 근모 최 기련 박 문희

아주대 대학원 에너지학과 ** 수원대 환경공학과

요 약

국내 총 71개 상용열병합발전업체를 대상으로 운전행태를 분석하고 이를 모형화 하기 위한 설문조사 결과 이에 응답한 46개 업체의 운전행태를 분석해 보았으며 이 들을 다시 10개 업종으로 구분하여 해당 업종의 전력수요량, 발전량, 수전량의 계절 별, 시간대별 형태를 분석하였다. 그리고 분석기준치를 이용하여 향후 전력예측의 자료를 제공하였다. 업종별 발전행태에 의한 5개의 모형과 용량에 따른 5개의 모형을 도출하여 전원개발계획시 분산형전원을 고려할 수 있는 토대를 마련하였다.

1. 서론

국내 운전중인 71개 업체의 상용 자가발전설비는 열병합발전 형태로 운전되고 있다. 산업체의 경우 각 업체별 공정상의 이유로 전기외에도 증기 또는 온수형태의 열을 자체적으로 필요로 하며 공업단지내에 위치한 민간전기사업자의 경우 해당 단지 내 입주한 업체에게 전기와 열을 동시에 공급하고 있으며 지역난방 공급을 목적으로 설치된 지역난방용 설비도 열병합발전설비로 가동하고 있다

그러나 전력수급 차원이나 열병합발전시스템의 경제적 효율성 측면에서 여러형태의 문제가 나타나고 있으며, 이의 해결을 위한 이론적, 분석적 접근이 미진한 실정이다. 열병합발전방식은 전력생산이 필연적인 결과이기 때문에 생산되는 전력을 적절히 사용할 수 있는 방법이 강구되어야 할 것이며 산발적인 열병합발전 사업의 도입은 전력사업의 다원화 내지는 복잡성을 초래하여 국가적인 측면의 전원개발정책수립에 적으나마 혼란을 야기시킬 수 있다.

열병합발전소의 운전특성은 각 업체의 공정특성상 열부하에 의하여 그 발전출력이 변동될 것이기 때문에 자체 소비전력의 과부족을 일반전기사업자와 송·수전으로 해결한다. 따라서 일반전기사업자는 열병합발전업체를 위하여 예비전력을 확보하여야 하는 부담을 안으면서 열병합발전업체로 부터 잉여전력을 사들여야 하기 때문에 전력계통의 경부하시에는 발전원가가 저렴한 기저부하용 발전소의 출력을 감발하여야 하는 사례도 예측하여야 되며 안정적인 기저부하의 잠식으로 일반전기사업자의 판매 수입에도 어느 정도 영향을 주게 될 것이다. 그러나 현재 국내 상용열병합발전업체의 운전형태와 수전형태, 역송전형태가 연간의 총량적인 집계로만 그치고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현재 가동중인 총 71개 업체에 대한 설문조사를 실시하였다. 이 중 46개 업체가 설문조사에 응하였으며, 나머지 업체는 설문지 작성업무량의 과다 등의 이유로 설문조사에 불응하였다. 응답업체의 수는 총 자가발전업체수의 65%에 불과하지만 응답업체의 설비용량이 89.6%에 달하며, 자가발전량 또한 17,077,511 MWh로 '92년도 총자가발전량 16,857,505 MWh를 넘어서고 있으므로 설문자료를 근거로 한 분석결과를 전체 상용 자가발전업체 운전형태의 분석에 적용시킬 수 있다. <표1>에 업종별 상용자가발전현황을 나타내었다.

시간대별 운전실적은 각 일별 24시간 평균자료이며, 계절별 특성을 고려하기 위하여 춘계는 4월, 하계는 6, 7, 8월, 추계는 10월, 동계는 1, 12월의 운전실적자료를 활용하였다. 분석기준치를 이용하여 분석결과를 일반화시킴으로서 국내에서 가동중인 71개 전업체에 적용할 수 있게 하였고 향후 분산형전원계획시 평가기준치로도 활용가능하다. 그리고 각 업종의 발전형태곡선을 이용하여 5개의 모형을 도출하여 71개 상용열병합발전업체를 5개 발전기로 단순화시켰으며 설비용량과 발전원가 사이의 상관관계에 따른 5개 모형을 도출하여 전원개발계획시 분산형전원을 고려할 수 있게 하였다.

2. 분석기준치를 이용한 분석

2.1 분석기준치의 개념

분석대상업체는 국내 운전중인 상용 자가발전업체의 일부이므로 조사된 해당업종의 설비용량 및 발전량의 총량기준을 각 업종을 대표하는 분석기준치로 사용하기에는 부적합하다. 분석기준치는 업체규모에 무관하게 현재 상황하에서 적용시킬 수 있는

크기이어야 하며, 향후 특정업체의 신설 또는 증설로 인하여 해당 업체 및 업종규모의 변화가 발생할 시에도 적용시킬수 있어야 한다. 따라서 각 업체 및 업종별로 총량적인 운전실적에 무관하게 사용할 수 있는 분석기준치로는 자가발전설비용량을 기준으로 한 단위 크기를 설정하였으며 자가발전량, 수전량, 전력수요량등의 운전실적은 양적 개념이므로 도출된 시간의 단위를 가진다.

분석기준치로 활용되는 각 단위의 크기는 다음과 같다.

$$\text{설비용량 대비 발전량} = \frac{\text{자가발전량 [kWh]}}{\text{자가발전설비용량 [KW]}}$$

$$\text{설비용량 대비 수전량} = \frac{\text{수전량 [kWh]}}{\text{자가발전설비용량 [KW]}}$$

$$\text{설비용량 대비 수요량} = \frac{\text{전력수요량 [kWh]}}{\text{자가발전설비용량 [KW]}}$$

도출된 분석기준치는 분산형 전원계획시 일정 업체의 자가발전설비용량이 결정되면 이 업체 및 해당업종의 시간대별 발전량, 수전량, 전력수요량의 전형적인 운전실적을 예측할 수 있는 예측평가기준치로도 활용할 수 있다.

2.2 분석기준치를 이용한 분석결과

발전량분석기준치를 적용한 결과 일부 업종의 발전형태에서 나타나듯이 자가발전량을 대부분 기저부하로 활용함에도 불구하고 월별, 시간대별 발전형태가 일정치 않은데 이는 각 공정상의 열수요에 따라 열부하 추종운전으로 하기 때문에 기 설치된 자가발전설비를 최대로 활용하지 않고 있다. 그리고 수전량 분석기준치를 적용한 결과 목재업과 서비스업종의 경우 타 시간대에 비하여 피크 시간대에 오히려 수전량이 증가하고 있으므로 이와 같은 자가발전운전형태도 적절한 유도정책이 있어야 할 것이다. 전력수요량 분석기준치를 적용한 결과 대부분의 업종이 설비용량의 정격부하 이상으로 전력을 사용하고 있으므로 각 업체의 최대 수전량을 기준으로 확보되는 한전의 예비전력확보률을 증대시키는 결과를 초래하고 있다.

3. 발전형태 모형화

3.1 업종별 모형화

10개 업종에 대한 발전형태의 분석결과로서 언급한 바와 같이 5개의 운전형태로 축약될 수 있으며, 이와 같은 운전형태는 계절별, 일일시간대별 운전형태를 나타내므로 각 운전형태는 일정 용량의 단독 발전소로 간주할 수 있다. 따라서 총 71개 상용자가발전업체들을 5기의 발전기로 단순화시켜 전력계통운용이나 전원개발계획시 활용할 수 있다. 이들 5개의 운전형태를 하나의 발전소로 간주하여 각 형태별로 그 특징을 나타내면 <표2>와 같고 각 형태의 월별 시간대별 발전량의 형태를 보면[그림 1]과 같다.

3.2 용량별 모형화

조사분석된 각 업체간의 공통점을 찾아내어 모형화하기 위하여 각 업체를 설비용량별로 분류하여 모형화하여 본 결과 동일 모형내에서 발전단가가 유사하게 나타났다. 각 모형별 설비용량 및 발전단가는 <표3>와 같으며 월별 시간대별 평균발전량은 [그림 2]과 같다.

4. 결론

상용열병합의 운전형태를 분석해 본 결과 자가발전설비를 최대로 활용하지 않고 있었고 수전의 형태도 피크 시간대에 오히려 수전이 더 많아지는 문제점이 나타났다. 그리고 수전량의 증대로 인한 한전의 예비전력확보율이 증대하는 바람직하지 못한 현상이 분석되었는데 이를 위한 대책이 필요하다. 모형도출은 10개 모든 업종의 발전형태곡선을 분석한 결과 발전곡선의 유형이 서로 차별되게 나타날 수 있었다. 또한 용량과 발전원가사이의 상관관계에 의한 5개의 모형도출이 가능하였으나 각 업체 자체적으로 산정된 발전원가의 신뢰성이 부족하므로 통일된 발전원가의 산정방법의 보급이 요구된다.

참고문헌

S.David Hu, Cogeneration, Reston, 1985.

Joseph A. Orlando, Cogeneration planner's handbook, The Fairmont Press, 1991

상공자원부, 열병합발전 및 지역난방 장기개발계획, 1979.

한국열병합발전연구회, 열병합발전 기술입문, 1992.

한국전력공사 전력경제연구실, 자가발전 현황분석, 1991.

한국산업경제연구원, 자가발전의 전망과 대응방안에 관한 연구, 1989.

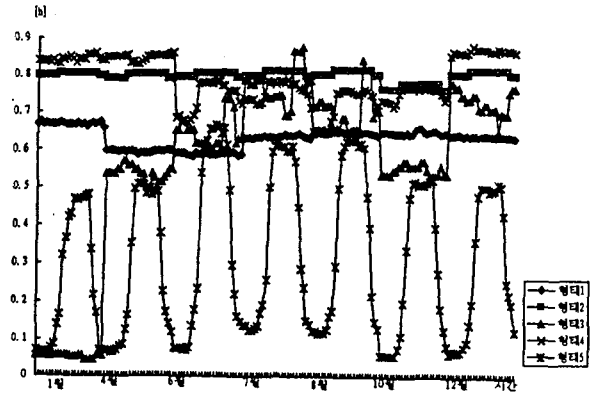
과학기술처, 산업체 열병합발전 최적운용모형 연구, 1993.

<표 1> 업종별 상용자가발전 현황

구 분	'92상용자가발전					'93 조사대상업체				
	설비용량 (MW)	구성비	발전량 (MWh)	구성비	업체수	설비용량 (MW)	구성비	발전량 (MWh)	구성비	업체수
음식료	43.9	1.6	221,958	1.3	8	33.9	1.3	187,880	1.1	5
섬 유	197.75	7.0	1,075,894	6.4	10	135.53	5.4	790,356	4.6	8
저 지	127.4	4.5	495,279	2.9	4	127.4	5.1	623,712	3.7	4
목 재	12.4	0.5	72,486	0.4	3	9.2	0.4	62,619	0.4	2
화 학	441.5	15.6	2,034,689	12.0	16	290.0	11.5	1,769,973	10.4	10
석유-정제	176.5	6.3	1,037,833	6.2	5	103.1	4.1	592,453	3.5	3
1차철강	1,426.2	50.5	10,132,501	60.1	3	1,426.2	56.6	10,617,171	62.21	3
비철금속	20.8	0.7	49,934	0.3	4	54.6	2.2	186,179	1.1	2
전기업	318.2	11.3	1,132,501	9.4	7	297.1	11.8	2,122,577	12.4	6
서비스 기타	56.9	2.0	157,180	0.9	11	48.7	1.9	124,589	0.7	3
계	2,821.7	100.0	16,857,505	100.0	71	2,525.7	100.0	17,077,511	100.0	46

<표 2> 업종별 기준모형 구분

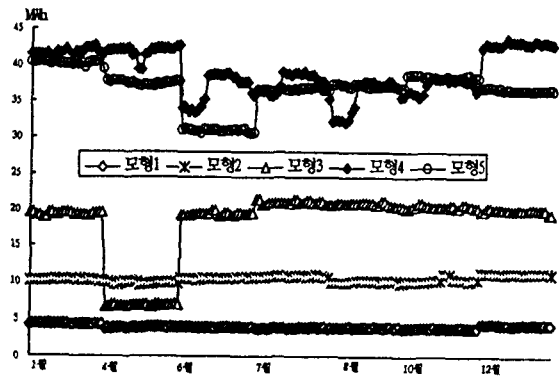
형 태	춘계 (4월)	하계 (6, 7, 8월)	추계 (10월)	동계 (11, 12월)
형태1 (농작물·광우·계·돼지·돼·외국·사육·정제)	산탄형	산탄형	산탄형	산탄형
형태2 (1차질감)	정형	정형	정형	정형
형태3 (비철금속)	산탄형	정형	산탄형	산탄형
형태4 (전기업)	산탄형	정형	산탄형	산탄형
형태5 (서비스업)	정형	정형	정형	정형



[그림 1] 업종별 기준모형 발전형태

<표 3> 용량기준 모형별 현황

구 분	용 량 (MW)	발전단가	업 체 수
모형1	5.92	22.03	13
모형2	15.71	28.75	10
모형3	27.25	33.5	2
모형4	55.62	23.81	6
모형5	56.94	31.61	7



[그림 2] 용량기준 모형 발전형태