

열병합발전시스템의 운전계획

(*원광대 공대 전기전자공학부 교수)

열병합발전시스템 특집을 내면서

열과 전기에너지를 동시에 공급해 주는 높은 에너지 이용율을 갖고 있는 열병합발전시스템은 특히 '97년 12월 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 선진국들이 선언한 CO₂ 배출 감축계획이 향후 우리나라에도 압력으로 작용될 것이 예상되어 이에 대한 바람직한 대안 중에 하나로 등장되어 더욱 관심이 고조되고 있다. 그러나 열병합발전시스템의 총 용량은 1997년 현재 총 발전용량의 약 10[%]라는 엄청난 비율을 갖고 있지만 더욱 확대되기 위해서는 넘어야 할 높은 장벽들이 곳곳에 산재되어 있다. 이러한 시점에서 열병합발전시스템 분야를 본 학회의 특징으로 선정하여 관련분야에 대해 학계, 산업계 및 연구소 등 다양한 영역에서의 전문가들을 중심으로 다루게 된 것은 그 의의가 매우 크다고 생각된다.

바쁜 일정 가운데에서도라도 귀중한 옥고를 만들어 주신 저자 여러분에게 감사드리며, 아무쪼록 이 기회를 통해서 우리나라 열병합발전시스템의 확대가 이루어지고 관련 기술개발에 박차를 더욱 가하는 계기가 되기를 바라는 바이다.

1. 서론

열병합발전시스템은 기존의 화력발전시스템과는 달리 입력된 연료로부터 전기에너지와 열에너지를 동시에 발생하여 각각의 부하에 공급할 수 있는 종합에너지시스템이다. 따라서 약 40%에 머무르고 있는 기존의 발전소 효율에 비해 열병합발전시스템은 약 70%이상일 수 있는 높은 에너지 이용률을 보이고 있다. 그래서 일찍이 유럽을 비롯한 해외의 선진국들은 물론 국내에서도 열병합발전시스템의 건설이 이루어져 전력회사, 공업단지 및 일반 산업체를 합쳐 용량이 1997년 4,500[MW]로 국내 총 발전용량의 약 10[%]라는 엄청난 비율을 갖고 있다. 특히 최근에 국내에서는 전국적으로 대형 산업공단이 고루 조성되어 이곳에서 사용될 산업체 자가용 열병합발전시스템 및 공업단지 집단에너지공급 열병합발전시스템의 건설과 계획에 많은 관심을 보이고 있다. 또한 분당, 일산 등 한국전력공사의 복합화력과 지역난방공사의

보조설비들이 상호 연계되어 전기 및 열 에너지를 일반 수용가에 공급하는 집단에너지사업도 확대되어 가고 있다. 한편 호텔을 중심으로 한 건물자가용 열병합발전시스템은 물론 도시가스를 연료로 이용한 소형 열병합발전시스템의 개발과 건설이 국내업체를 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 예고 없던 경제적, 산업적 어려움으로 말미암아 열병합발전시스템의 건설계획에 많은 차질을 갖게도 되었지만 이는 경제의 회복으로 쉽게 확대될 것으로 예측되며 더욱 전력회사와의 연계에 따른 열병합발전시스템 사업자들의 이득이 가시적으로 보이는 사업자 관계법령의 개선이 이루어진다면 더욱 활기를 찾을 것으로 기대된다. 아울러 최근 발표된 환경오염물질의 절감을 위한 선진국간의 기후협약으로 불태이의 대안중의 하나가 열병합발전시스템의 확대이므로 국내에서도 열병합발전시스템을 확대시킬 수 밖에 없는 단계로 진입시켰다고 할 수 있다.

열병합발전시스템은 위에서도 언급한 바와 같이 용도에 따라 시스템의 종류가 다르며, 시스템마다 그 구성설비도 매우 다르다. 따라서 본 고에서는 산업체 자가용이나 공업단지용 집단에너지 열병합발전시스템(산업체 열병합발전시스템으로 통칭하겠음)과 가스엔진 열병합발전시스템 및 소유권이 서로 다른 종합 열병합발전시스템을 중심으로 최적운전계획의 개념에 대해 소개하고자 한다.

2. 종래의 운전방식

열병합발전시스템의 설계계획문제에 있어서 가장 중요한 것 중의 하나는 전기 및 열에너지 수요량에 기초하여 장기적 경제성 측면에서 우수한 시스템의 방식과 기기의 구성을 결정하는 것이다. 즉 각종 구성기기의 종류와 기기용량 및 설치 대수를 적절히 결정하여 에너지의 이용효과를 극대화시키도록 하는 시스템을 구축하는 것이다.

종래 전기 및 열에너지를 각각 독립적으로 공급하는 시스템의 설계계획에 있어서는 각 에너지의 최대 수요량에 기초하여 각각의 구성기기 용량과 설치대수를 적절히 결정하면

되었다. 그러나 열병합발전시스템에서는 열과 전기에너지가 복잡하게 관련되어 있어 이들의 최대 수요량에만 기초하여 단순히 결정될 수 없는 어려움이 있으며, 더욱이 설계계획단계에서도 시스템의 운용방법에 대한 검토를 추가해서 경제성 평가를 해야 할 필요가 있다.

특히 시스템의 구성이 복잡하면 할수록 지수함수적으로 운용방법이 증대된다는 것이 문제해결을 보다 복잡하게 한다. 예를 들어 구성기기의 운전 정지는 물론 각 기기의 운용시 부하수준을 동시에 결정할 필요가 있다. 따라서 기기운용방법을 결정하는 것은 매우 복잡하여 시행오차적 방법으로는 결정하기가 어렵다. 이러한 운용문제에 대해서는 전력수요 추종방식과 열수요 추종방식이라는 시스템 운용에 관한 어떤 규칙을 정하고 시뮬레이션 방법으로 경제성 평가와 실제 시스템 운용을 하는 것이 종래의 일반적 방법이었다.

예를 들어 규모가 서로 다른 호텔, 병원, 빌딩 등 개별 건물에 대한 대표적 에너지 수요량을 상정하고 가스엔진을 중심으로 열병합발전시스템 도입가능성의 경제성 평가를 하었는데 여기서는 시스템 운용에 관해서는 단순한 규칙을 가정하고 간단한 시뮬레이션 분석을 하였다. 또한 가스엔진 열병합발전시스템에 대해서도 마찬가지로 방법으로 몇 개의 시스템 대안을 설정하여 비교검토하는가 하면 복잡한 가스엔진으로부터 구성되는 열병합발전시스템에 대해 몇 개의 운용패턴을 가정해서 경제성 검토를 하기도 한다. 따라서 이들의 운용패턴은 전기에너지에 대해서만 고찰하고 있어 시스템 전체로서의 종합 에너지 이용효율향상이라는 목적을 합리적으로 반영한 것이 아니다. 뿐만 아니라 어떤 경우는 가스터빈 및 가스엔진 등 비교적 간단한 구조로 된 열병합발전시스템에 대해서 열수요추종 또는 전력수요추종 그리고 그들의 혼합형으로 된 운용규칙을 미리 설정하고 시뮬레이션 방법에 의해 경제성의 비교검토를 행하고 있다. 그런데 이러한 시뮬레이션 방법의 결점은 미리 설정한 시스템의 운용 규칙이 열과 전기에너지의 수요를 유연하게 충족시켜 준다는 열병합발전시스템의 본래의 목적을 달성하지 못하여 오히려 경제적 이득을 주지 못하게 된다.

따라서 요금과 부하 그리고 외부온도의 영향, 시간대와 계절 등 여러 요소에 따라 변화하는 조건하에서 열수요 추종방식과 전력수요 추종방식을 채용하면 그림 1과 같이 각각 열과 전기에너지 수요에 대한 공급의 과부족 현상이 나타날 위험이 있어 열병합발전시스템의 본래 목적인 에너지 절감 차원에서도 불합리하다고 할 수 있다. 열에너지 공급은 새로운 전기 에너지의 수요를 발생시키는 등 열 에너지와 전기 에너지의 수요와 공급은 복잡하고도 밀접한 관련성이 있어 이런 경우 위의 시뮬레이션 수법으로는 합리적 운용을 기대할 수가 없게 된다.

최적화란 여러 가지 제약에 따르는 조건하에서 주어진 목적을 가장 합리적이고 최적으로 달성하는 것으로 정의를 내릴 수 있다. 따라서 최적화기법을 도입하면 합리성이 풍부한 열병합발전시스템의 운용계획이 수립될 수 있다.

3. 산업체 열병합발전시스템의 운전계획

국내 산업체의 열병합발전시스템은 열저장설비에 기준은 도 범위 이내의 열에너지를 저장하거나 열수요에 따라 공정열을 공급하는 동시에 전기출력 및 전력회사로부터 구매전력을 적절히 조정하여 운전하고 있다. 따라서 저렴한 비용으로 공정열 및 전력을 얻기 위해서는 일정기간(일간, 주간) 동안의 열출력 및 전기출력을 시간대별로 적절하게 배분시킬 수 있는 열병합발전시스템의 운전기법이 절실하게 필요하며 공정열의 첨두부하와 전력의 첨두부하가 동시에 요구되는 시점에서는 열출력 및 전기출력 뿐만 아니라 전력회사의 구매전력까지도 고려하여 적절하게 배분할 수 있는 열병합발전시스템의 최적운전기법이 필요하다고 하겠다.

이러한 열병합발전시스템의 운전계획은 자국의 환경과 특성에 맞게 연구되어 발표된바 있으나 운전계획 개발기법 및 수리모형은 해외 공급자에 의존하거나 또는 경험을 중심으로 이루어지는 경우가 대부분이고 산업공학에 근거한 최적이론을 도입하여 운전계획을 수립하는 경우는 적은 실정에 있다. 그뿐만 아니라 국내의 관련 기술계나 학계에서도 이에 대해 관심이 미흡한 실정에 있다.

일반적으로 산업체의 열병합발전시스템은 여러대의 주 보일러로부터 발생된 증기를 이용하여 터빈을 가동시켜 발전을 하며 때로는 터빈 중간에서 추가하거나 발전후 나온 배기증기를 이용하여 적절한 압력에 맞는 열부하에 열을 공급하는 시스템으로 구성되어 있다. 그리고 열공급을 보면 보조 보일러나 축열조와 같은 보조설비를 이용하여 열부하에 보다 효율적으로 열을 공급하기도 하며 폐열보일러를 이용하여 저렴하게 열을 생산하기도 한다. 또한 전기에너지는 열병합발전시스템으로부터 생산된 전력뿐만 아니라 때로는 자체 독립발전기를 운전하거나 전력회사로부터 전력을 구매 및 판매하는 전력의 유연한 매매전략을 통해 운전해 임하고 있다.

열병합발전시스템의 구성은 시스템의 목적에 따라 여러 종류가 있지만 그 중에서 한 예를 보면 그림 2와 같은 전형적인 공업단지용 열병합발전시스템의 예를 들 수 있다.

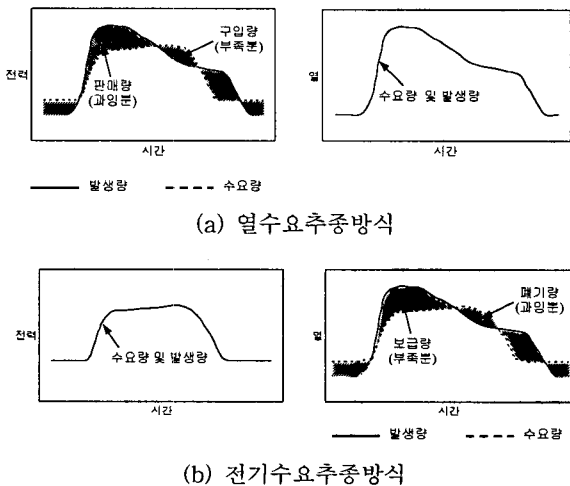


그림 1. 열병합발전시스템의 종래운용방식

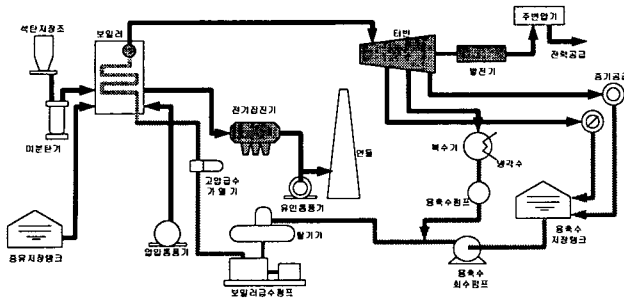


그림 2. 공업단지용 열병합발전시스템의 구성도

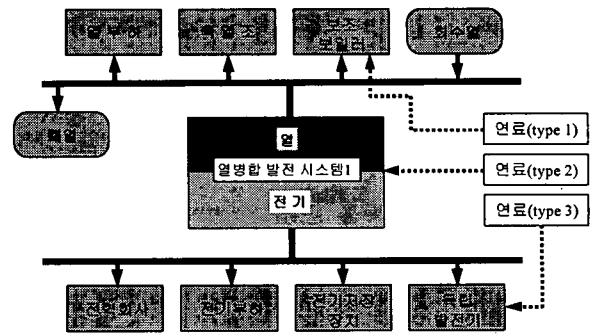


그림 3. 열병합발전시스템의 에너지 흐름도

3.1 기기 성능특성 모델링

3.1.1 목적함수 수립

열병합발전시스템을 가동시키기 위해 사용되는 연료비와 전력회사로부터의 구매전력 및 판매전력 그리고 보조보일러의 연료비 등을 가감하여 총 운전비용을 수식화 한 후 이를 8최소화시키는 것이 목적함수가 된다.

3.1.2 제약조건 수립

열병합발전시스템의 운전계획을 최적으로 수립하기 위해서는 우선적으로 열부하와 전기부하의 모든 수요를 사전에 예측하여야 하며, 열병합발전시스템 자체의 열과 전기에너지 최대 및 최소 출력 그리고 열전비들을 입력데이터로 확보하여야만 한다. 또한 연계되어 있는 보조보일러나 축열조 등 보조설비들의 특성을 알고 이들의 최대 및 최소 용량한계를 입력데이터로 확보하여야만 한다. 아울러 모든 열 배관망의 열 손실 및 시간대에 대한 전력의 판매단가 및 구매단가를 확보하여야만 하며, 각종 제약을 수리적으로 나타내는 제약조건을 수립하여야 한다. 그리고 이러한 수리적 모델링이 이루어졌으면 각종 최적화 기법을 이용하여 해를 구하게 되는데 이 때의 해가 바로 수요를 충족시키는 입장에서 열병합발전시스템과 각종 부하설비들의 운전계획을 나타내는 것이다. 따라서 운전계획의 관건은 얼마나 열병합발전시스템과 보조설비들을 정확하게 수리적으로 모델링하였고 입력데이터들이 정확한 특성치로 반영이 되었는가에 달려 있다. 그림 3은 운전계획수립을 위해 보조 운전설비로 축열조와 보조보일러 등의 보조설비들이 연계된 열병합발전시스템의 에너지 흐름도를 예로 보이고 있으며 그림 4는 이 경우에서 열병합발전시스템의 열생산 및 축열조의 운전계획수립결과를 나타낸 것이다. 하루를 3시간씩 8시간대의 구간으로 구분한 후 각 시간대마다의 운전계획수립결과이며 [cal]를 [MW]의 단위로 변경한 것이다.

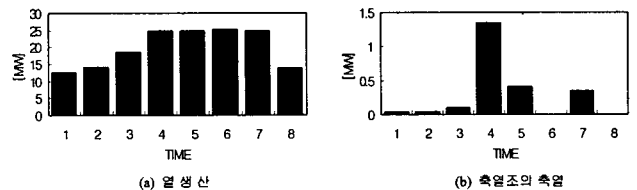


그림 4. 열병합발전시스템의 운전계획 수립결과

4. 가스엔진 열병합발전시스템의 운전계획

그림 5는 가스엔진 열병합발전시스템의 기본구성을 나타낸 것이다. 실선은 고온수 또는 증기이며 중간점선은 냉수 그리고 점선은 전기에너지의 흐름을 나타낸 것이다. 이 시스템은 전력(시스템의 고유전력, 연계전력 및 독립전력), 냉난방, 급탕(저온급탕, 고온급탕)의 수요에 대한 에너지를 공급하며 전력은 가스엔진 발전기와 구매전력으로 공급된다. 냉방은 가스엔진 구동시의 배기가스 등을 열원으로 하는 온수 흡수냉동기, 가스냉온수기, 가스엔진 히트펌프 및 전기구동 히트펌프에 의해 공급된다. 그리고 난방은 온수흡수냉동기를 제외한 위의 기기에 가스보일러를 추가한 기기 들로부터 공급된다. 급탕용 기기는 기본적으로 난방용과 같지만 가스 냉온수기에 의해서는 공급할 수 없다. 여기서 각종 기기의 대수결정은 운영자의 자유이다. 또한 밸브는 개폐에 따라 시스템의 배관 구성을 유연하게 변경시킬 수 있으며 실제 시스템에 반드시 도입할 필요는 없다.

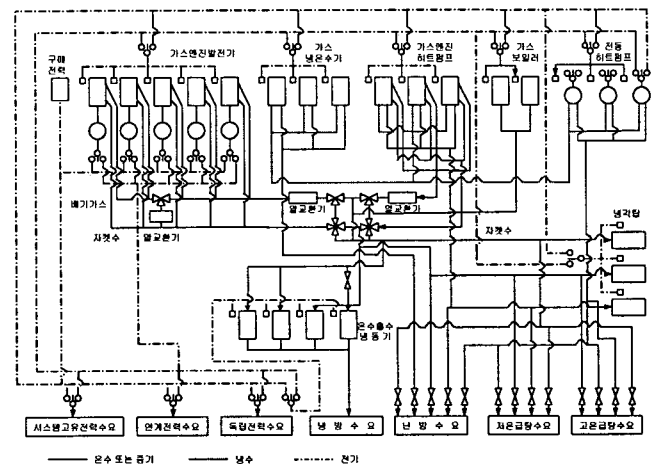


그림 5. 가스엔진 열병합발전시스템의 기본구성

4.1 기기 성능특성 모델링

가스엔진발전기의 연료는 도시가스이며, 출력은 전력과 배기가스열량 및 차켓수 열량이다. 이들의 출력은 입력인 도시가스 소비량의 일차식으로 근사화된다. 또한 가스엔진 발전기를 구동하기 위해 필요한 보조기기의 소비전력도 일차식으로 표현된다. 가스 냉온수기는 냉방전용모드, 난방전용모드, 냉방주 냉난방 겸용운전모드 및 난방주 냉난방겸용모드 등 각종 운전모드가 가능하며, 이러한 운전모드에 대해서 기기의 입출력 관계를 일차식으로 근사화시킬 수 있다. 즉 각종 운전모드에서 냉온수 출력 및 보조기기의 소비전력은 도시가스 소비량의 일차식 표현이 가능하다. 가스엔진 히트펌프는 기종에 따라 냉방전용모드, 난방전용모드, 냉방주 냉난방 겸용 모드, 난방주 냉난방 겸용모드, 급탕주 냉난방 겸용모드 등 다양한 종류의 운전모드가 가능하다. 따라서 각종 운전모드에서 냉온수 출력, 차켓수열량, 배기가스열량 및 보조기기의 소비전력은 도시가스 소비량의 일차식으로 근사화된다. 가스보일러의 온수출력과 보조기기의 소비전력은 도시가스 소비량의 일차식으로 근사화된다. 전기구동 히트펌프에 대해서도 냉방전용모드, 난방전용모드, 냉방주 냉난방 겸용모드, 난방주 냉난방 급탕 겸용모드, 급탕주 냉난방 급탕 겸용모드 등 각종 운전모드에서 운전할 수 있다. 여기서도 어떤 운전 모드에서 전력소비량과 냉난방 출력 및 보조기기의 소비전력은 전력소비량의 일차식으로 근사화된다. 온수흡수 냉동기에서 냉수출력 그리고 보조기기 소비전력은 온수흡수냉동기 입력열량의 일차식으로 근사화된다. 열 교환기의 출력열량은 열 교환기 입력열량의 일차식으로 표현되며 냉각탑의 소비전력은 입력열량의 일차식으로 표현된다.

4.2 에너지 배런스에 따른 수급계약조건

밸브의 개폐에 의해 달라질 수 있지만 기본적으로는 에너지 배런스에 입각하여 볼 때 전력생산의 합과 구매 및 판매전력을 가감하여 수식화 할 수 있다. 또한 온수 및 증기 등에 대한 에너지 배런스에 입각한 수식화도 가능하다. 연계 전력수요량, 독립전력수요량, 시스템고유전력수요량, 구매전력, 판매전력, 냉방수요량, 난방수요량, 저온급탕수요량 및 고온급탕수요량에 대해 에너지 배런스에 입각하여 수식화가 가능하다. 그리고 가스엔진발전기로부터 냉각탑에 이르기까지 각각의 기기들에 대한 도시가스 소비량과 입력열량의 상하한 치가 제약조건으로 된다.

4.3 목적함수 수립

이상의 수식화가 어떤 수요량이 주어진 상태에서 이루어졌어도 목적함수가 수립되어야만 한다. 목적함수는 가장 적은 비용하에서 한 시간당 또는 하루의 입력에너지비용을 채우하게 되는데 여기서는 도시가스 및 구매전력비용 그리고 각종 기기의 운전정지시 손실에너지를 반영한 비용 판매전력비용을 가감하여 목적함수를 수립한다.

4.4 입력 데이터

그림 6은 어떤 호텔의 각종 에너지 수요량을 보이고 있으며 표 1은 주요 기기의 성능특성을 나타낸 입력 데이터이다. 여기서 GG는 가스엔진발전기, GH는 가스엔진 히트펌프, GB는 가스 보일러, GR는 가스냉온수기, WR은 온수흡수냉동기를 뜻한다.

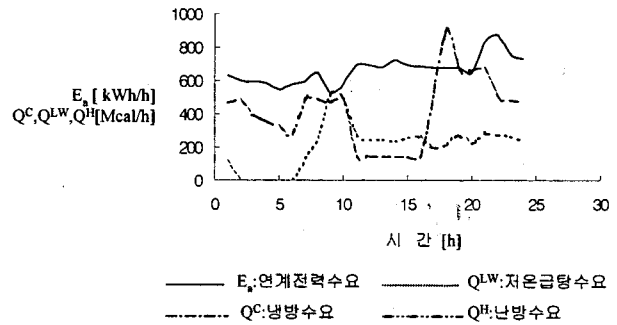


그림 6. 에너지 수요량

표 1. 주요 기기의 성능특성 입력데이터

기기 종류	단위	6/5/12		6/7/12	
		상한	하한	상한	하한
가스소비량	(kg/h)	47	13	23	2
발전출력	(kW)	200	10	-	-
차켓수열량	(Mcal/h)	173	86	144	11
배기가스열량	(Mcal/h)	173	49	-	-
냉방출력	(Mcal/h)	-	-	313	15
난방출력	(Mcal/h)	-	-	376	18

기기 종류	단위	6/5/12		WR			
		상한	하한	상한	하한		
가스소비량	(kg/h)	24	1	36	2	-	-
열입력	(Mcal/h)	-	-	-	-	626	31
냉방출력	(Mcal/h)	306	15	-	-	434	21
난방출력	(Mcal/h)	254	13	301	15	-	-

4.5 운전계획수립결과

여기서는 하루 24시간 냉방과 난방 및 급탕의 수요를 갖고 있는 가스엔진 열병합발전시스템을 소유한 호텔의 경우를 사례로 들기로 한다. 그림 7 과 그림 8은 분기한정법을 이용하여 각각 전력공급량의 운전계획결과 및 냉방공급량의 운전계획을 수립한 결과를 나타낸 것이다. 특별히 그림 8을 보면 하루 거의 온수흡수냉동기가 동작하여 가스엔진으로부터의 배열을 유용하게 이용하고 있음을 알 수 있다. 또한 가스엔진 히트펌프는 주로 급탕 수요량이 비교적 크고 가스엔진의 배열을 유용하게 이용할 수 있는 시간대에 가동하고 있다. 따라서 급탕 수요량이 매우 작은 시간대와 제 2의 히트펌프의 배열을 이용할 정도로 수요량이 큰 경우에는 가스냉온수기가 가동하고 있다. 이상으로부터 알 수 있는 바와 같이 최적운전계획수립의 기법을 이용하여 운전계획을 수립하면 시스템의 모든 기기의 운용을 최저의 운전비로 합리적으로 결정할 수 있게 된다.

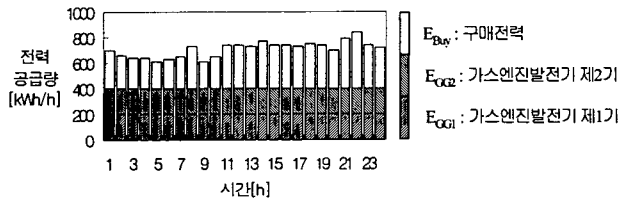


그림 7. 전력공급량의 운전계획수립결과

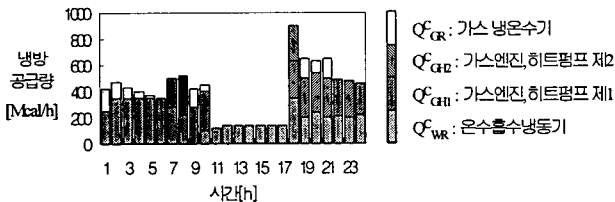


그림 8. 냉방공급량의 운전계획수립결과

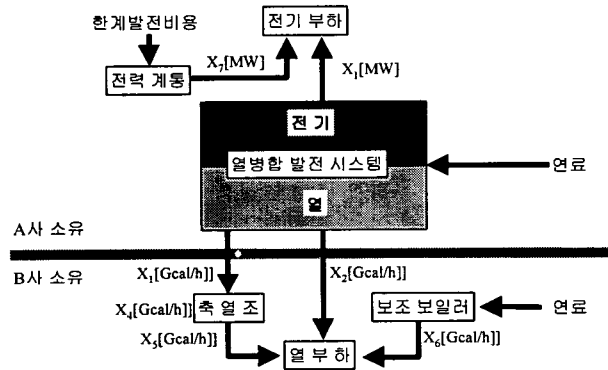


그림 9. 종합 열병합발전시스템의 구성 및 에너지 흐름도

5. 소유권이 다른

종합 열병합발전시스템의 운전계획

지역난방공사와 협력하여 수요자에게 열과 전기를 공급하는 종합 열병합발전시스템의 운전계획수립에 대해 설명하고자 한다. 이 경우에는 단일 소유자에 의해 운전하는 경우가 아니고 지역난방공사의 이익과 전력회사의 이익이 상충되므로 모두의 이익과 손해가 아닌 국가적 에너지 절약 측면에서 가장 최적인 운전계획을 수립할 필요가 있다. 이러한 종합 열병합발전시스템의 구성 및 에너지 흐름도를 나타내면 그림 9와 같으며 이로부터 목적함수와 각종 설비특성에 입각한 제약조건들이 수식화 되어야만 한다. 한편 전력회사에서의 전력생산비용인 한계발전비용을 계절과 요일 및 시간대별로 계산할 필요가 있다.

5.1 목적함수 수립

목적함수는 전력회사 열병합발전시스템의 연료비와 난방공사의 보조보일러 연료비 및 전력계통으로부터의 한계발전비용을 고려한 전기에너지비용을 합한 것을 최소화하는 수식을 말한다.

5.2 제약조건 수립

또한 제약조건으로는 열병합발전시스템의 전기 및 열출력 상하한, 축열조에 저장되는 열에너지 및 축열 가능량과 방출 가능량, 보조보일러 출력의 상하한치, 열 및 전기부하 등이 있다.

5.3 운전계획 수립결과

그림 10은 겨울철 주중의 운전계획을 수립한 결과를 나타내고 있다. 이 경우에는 열병합발전시스템의 연료단가가 보조보일러의 연료단가보다 훨씬 높고 전력계통으로부터의 한계발전비용도 전체 시간대에 걸쳐 상대적으로 높아 전력계통으로부터는 전력을 공급받지 않으면 열병합발전시스템으로부터 전량 전기부하로 전력을 공급한다. 또한 보조보일러는 전 시간대에 걸쳐 최대로 출력을 내며 나머지 공급해야 할 열 에너지는 열병합발전시스템으로부터 공급됨을 알 수 있다. 따라서 이 보조보일러를 전 시간대에 걸쳐 가동하는 방안이 이 경우 에너지 절약방안이라고 할 수 있다.

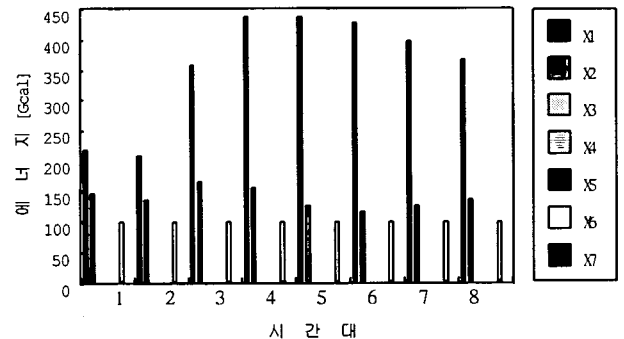


그림 10. 운전계획수립결과

6. 운전계획 수립용 최적화 기법

이 외에도 가스터빈 열병합발전시스템을 비롯하여 각종 시스템의 최적운전계획을 동일한 방법에 근거하여 수립할 수 있다. 그러나 중요한 것 중의 하나는 최적해를 찾는 기법을 어느 방법으로 택하였느냐에도 달려 있다. 보통 열병합발전시스템은 동적계획법(DP:Dynamic Program)을 이용하거나 선형계획법(LP:Linear Programming)을 이용하는 경우가 많으나 분기한정법, 정수계획법 등도 있고 최근에는 유전알고

리즘(GA:Genetic Algorithm)과 퍼지선형계획법으로 퍼지이론을 도입한 방법도 제시되고 있다.

DP법은 열병합발전시스템의 보조설비가 다양하거나 시간대를 세분화시킬 경우 계산시간이 늘어나는 단점을 갖고 있지만 비선형 특성을 쉽게 소화시킬 수 있는 장점을 지니고 있다. 또한 선형계획법 등은 쉽고 빨리 해를 얻는 장점은 있으나 수많은 선형방정식이 세워져 계산의 어려움이 따르거나 비선형 특성을 전혀 고려할 수 없다는 단점을 지니고 있다. 그러나 각종 설비의 운전 한계를 유연하게 고려한다는 측면에서 퍼지 이론을 도입하는 경우도 의미가 있다고 할 수 있다. 한편 최근에 최적화의 이론에서 각광을 받고 있는 GA는 시간이 다소 걸리지만 모든 비선형 요소를 쉽게 처리하고 국부적인 최적점보다 전체적인 최적점을 찾는 매우 유용한 최적화 이론으로 대두되어 이에 대한 관심이 고조되고 있어 산업의 많은 분야에서 최적화를 수행할 경우에 많이 이용되고 있다.

7. 환경을 고려한 운전계획수립

열병합발전시스템에 대해서는 단위용량이 화력발전소에 비해 작아서 환경이나 오염배출물질을 고려한 최적운전계획에 대해 보고되지는 않고 있으나 선진국끼리 협약한 기후협약과 기타의 이유 때문에도 환경오염 배출물질의 억제를 고려한 운전계획이 이루어져야만 한다. 일반적으로 전력시스템에서 화력기의 경제급진문제에서 환경을 고려하여 해결할 경우 목적함수나 제약조건에 환경오염물질의 배출을 억제하는 방향에서 수리적으로 모델링하여 추가하는 경우가 있다. 열병합발전시스템에서도 환경항목을 목적함수에 추가하는 다목적함수를 수립하든 제약조건으로 첨가시키든 이를 만족시키는 조건에서 운전해야 하므로 운전비의 상승은 불가피하게 된다. 특별히 소형 및 건물용 열병합발전시스템은 전기와 열 수요가 기본적으로 동시에 많이 존재하는 도심지 빌딩이나 호텔 및 병원 등에서 도입하는 경우가 많고 시스템의 운전에 따라 발생하는 NOx, SOx 및 소음 등이 많으므로 이에 대한 환경적 대책이 이루어져야 한다.

8. 결 론

열병합발전시스템은 투자모형에 근거하여 적정규모의 용량 및 보조설비의 용량을 결정하여 운전에 들어가야만 한다. 그러나 산업과 경제의 규모에 따라 전기 및 열수요는 다양하게 변화하므로 이를 최소의 운전비용으로 충족시키는 운전계획을 수립하기 위해서는 단순히 경험이나 일부의 항목만을 최적화하는 기법으로는 접근할 수가 없다. 따라서 여러대가 상호 다른 용량을 가진 열병합발전시스템과 각종 보조설비들이 상호 다른 용량을 가지고 연계하여 운전하는 경우들이 많으므로 이러한 경우에서의 운전계획수립은 반드시 최적화 이론을 도입하여야만 한다. 열병합발전시스템은 용도에 따라 종류와 규모가 다양하고 특성도 다양하나 어느 경우에도 적용할 수 있는 것이 최적화 이론이다. 기존에 운전되고 있는 국내의 많은 종류의 열병합발전시스템에서도 이런 이론을 도입하여 다시 운전계획을 수립한다면 상당한 양의 연간 운전비 절감효과를 가져올 것이며 국가적인 이익은 물론 최적운전에 따른 운전효율 향상효과로 인하여 환경물질의 상당한 절감효과를 가져올 것으로 기대된다.

저 자 소 개



이종범(李鍾範)

1955년 7월 12일생. 1981년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1987-1990년 한국전기연구소 지중송전연구실 실장. 1993년 독일 Berlin 공대 연구교수. 1995년 영국 City University 연구교수. 1997-1998년 미국 Texas A&M University 객원교수. 현재 원광대 공대 전기.전자공학부 교수