

운용상태를 고려한 집단에너지설비의 최적용량 산정 알고리즘의 개발에 관한 연구

김창식[†] · 송명호* · 염지훈 · 신정열

한국에너지공단, *동국대학교 기계로봇에너지공학과 교수

(2019년 10월 10일 접수, 2019년 11월 14일 수정, 2019년 11월 19일 채택)

A Study on the Development of the Optimal Capacity Estimation Algorithm of Intergrated Energy Facilities Based on Operating Conditions

Chang Sik Kim[†] · Myung Ho Song* · Jee hoon Yeom · Jungyull Shin

Korea Energy Agency, *Dongguk University, Professor

(Received 10 October 2019, Revised 14 November 2019, Accepted 19 November 2019)

요 약

본 연구는 집단에너지 사업자들의 최대 열수요가 발생할 때의 열원설비 운영현황을 분석하여, 이를 수익 최대화 관점에서 현재 설치되어 있는 설비의 운영 최적화 방안을 도출하여 제시하고, 도출된 결과를 토대로 해당 열부하에 대한 CHP(Combined Heat and Power), PLB(Peak Load Boiler) 등의 최적 설비용량 구성방안을 제시함으로써 사업자들이 운용상태까지 고려해서 보다 경제적으로 설비투자를 할 수 있는 가이드라인을 제공하고자 하였다.

주요어 : 집단에너지, 지역난방, 열병합발전, 최적용량 산정

Abstract - The purpose of this study is to propose a method for optimizing heat generation facilities to maximize revenue by investigating their operational status during times of maximum heat demand for district heating. Based on the derived result, this study also proposes a method for determining a given power plant's optimal equipment, such as combined heat and power plant(CHP), peak load boilers (PLB), heat accumulators, and so on, depending on heat demand and facility capacities. It also offers a guide for how to operate facilities more economically by considering the operational status of district heating companies.

Key words : Integrated Energy, District heating, Combined Heat and Power, Optimized Capacity Estimation

1. 서론

미활용 에너지원이 점차 감소하는 상황에서 집단에너지설비의 과다투자는 집단에너지 사업자의 적자누적 등 경영악화를 초래한다. 본 연구는 우선 기존설비가 주어진 열부하에서 운영수익을 최

대화하는 설비운영 알고리즘을 개발하고, 이를 확장하여 주어진 열부하에서 수익을 최대화 하는 열병합발전설비(CHP) 및 첨두부하 보일러(PLB) 등의 설비용량을 결정하는 알고리즘을 개발하였다. 향후 지역난방 사업자들이 최적 설비용량을 구성하는데 활용토록 함으로써 설비의 효율적 운영을 통한 수익성 개선에 목적을 두었다. 본 연구에서 제안한 알고리즘을 실제 운영되고 있는 사업장에 적용하여 유용성을 검증하였다.

[†]To whom corresponding should be addressed.
E-mail: sharpdal@naver.com

2. 집단에너지설비 설치기준 및 설치현황

집단에너지사업은 집단에너지사업법에 따라 시행된다. 동법 제9조에 따르면 사업허가 시 사업자의 열원설비 용량 설치기준은 “공급용량이 공급 구역의 수요에 적합할 것”이라고 규정되어 있어, 사업허가 검토시 수용가에 안정적인 열공급이 가능한 용량만큼 설비를 설치하도록 요구하고 있다. 이와 같이 사업자들의 열원설비 설치용량은 규정

하고 있으나, 열원설비별 구성비율 등에 대한 별도 기준은 없고 사업자들이 자율적으로 결정하고 있다.

Table 1은 현재 집단에너지사업자 중 지역난방을 공급중인 주요 사업자의 사업장별 열원설비 구성을 나타낸 것이다. 열원설비는 주로 CHP, PLB, ACC(축열조 : Accumulator), 폐열수열 등으로 구성되어 있으며, 인근 타사업자와 열을 거래하는 열연계가 큰 비중을 차지하는 사업자도 있다. 특히 2000년 이전에 설비를 설치한 사업장들

Table 1. Heat sources contributions for major district heating companies in Korea

Companies	Region	Permitted Facility Capacity (Gcal/h)	Heat Sources(Gcal/h)					
			CHP	PLB	Others	Receiving* Waste Heat	Pipeline Network [†]	Accumulator (Gcal)
SH Corporation	Mok-dong	595.6	112	385	-	28.6	70	75.8*1EA 10.6*2EA
	Magok-dong	428.0	190	136	-	42	60	100*1EA
	Suwon	688.0	71	496	-	27	94	63*1EA
Korea District Heating Corporation	Paju Gyoha Unjeong	503.0	396	206	11	-	-110	80*2EA
	Hwaseong Dongtan 1,2	1,246.5	920	754	22.5	-	-450	119*2EA
GS Power	Anyang	852.5	537	242	11.4	62.1	-	68.5*2EA
SK E&S(Wiryae)	Wiryae new town	391.9	232.5	206.4	6.7	2.9	-56.7	151*1EA

* 소각열, 하수열, 산업폐열, 발전배열을 포함(사업자간 연계수열은 제외)

† 지역난방 사업자간 배관망을 연결하여 주고받는 열

Table 2. Estimated contributions of facilities to total capacities of domestic district heating (end of 2018)

	CHP	PLB	Heat pump etc	Receiving Waste Heat	Total
Capacity (Gcal/h)	6,720	12,968	163	5,993	25,844
(ratio, %)	(26.0)	(50.2)	(0.6)	(23.2)	(100.0)

Table 3. Estimated contributions of facilities to heat production of domestic district heating (2018)

	Production				Receiving Waste Heat*	Total
	CHP	PLB	Others [†]	Sub total		
Heat Production (Thousand Gcal)	14,355	2,565	185	17,105	8,843	25,948
ratio(%)	55.3	9.9	0.7	65.9	34.1	100.0

* 소각열, 하수열, 산업폐열, 발전배열을 포함(사업자간 연계수열은 제외)

† 연료전지, 히트펌프, 빙축열조, 흡수식냉동기, 태양열 등의 발생열

은 CHP용량보다 PLB용량이 훨씬 크게 설치되어 있지만, 2000년 이후 전력시장의 SMP(System Marginal Price)가 높을 때 설비를 설치한 사업자들은 대용량 CHP를 설치한 경우가 많았다. 대용량 CHP를 설치한 사업자들은 CHP의 활용성을 높이기 위하여 가동시 생산된 열을 사업자간 열연계를 통하여 타사업자에 공급하고, PLB의 비중이 큰 사업자는 열을 받는 형태의 열연계로 열원설비를 경제적으로 이용하기 위해 노력하고 있다.

Table 2는 현재 허가받아 운영 중인 32개 지역 난방사업자의 설비허가용량을 종합한 것으로, 전체 열원설비 중 CHP가 26%, PLB가 50.2%, 외부폐열 수열활용이 23.2%의 비중을 가지고 있다. 또한 Table 3은 이들 지역난방 사업자들의 2018년 열원설비별 열생산 실적인데, 총생산량 중 CHP가 55.3%, 외부수열이 34.1%를 담당하고 있다. Table 2와 Table 3에 의하면 허가받은 열원설비 용량은 PLB가 50.2%로 가장 큰 비중을 차지하고 있지만 열생산 실적은 CHP가 55.3%를 차지하고 있어 열원설비의 구성 비중과 열생산 비중이 큰 차이를 보이는데, 이는 사업자들이 기저 열수요에는 경제성을 위하여 CHP를 주설비로 가동하고, 부하변동 등의 추가적인 열수요에 PLB 설비를 운영하기 때문으로 판단된다.

3. 집단에너지 열원 최적규모 산정의 이론적 배경

본 연구는 경제 열부하 배분(EHLD: Economic Heat Load Dispatch)과 동적 계획법(DP: Dynamic Programming)의 이론을 병용하여 열수요에 대응하는 최적 설비운영 방안을 도출한 후 최적 설비용량을 산정하는 알고리즘을 제시하였다.

3-1. 경제 열부하 배분 (EHLD)

본 연구에서 최적화의 목적함수는 열원설비가 열부하를 만족시키면서 사업자의 수익(P:Profit)을 최대화하는 것으로 식 (1)과 같다.

$$Max P = \sum_{j=1}^N HP_{t-heat}^j + \sum_{j=1}^N EP_{t-elec}^j - \sum_{j=1}^N \left(\sum_{i=1}^{N_c} F_{t-chp}^i \right)^j - \sum_{j=1}^N \left(\sum_{i=1}^{N_p} F_{t-plb}^i \right)^j \quad (1)$$

- 단, HP_{t-heat}^j : t시간일 때 열 판매비용(원)
- EP_{t-elec}^j : t시간일 때 전력역송비용(원)
- F_{t-chp}^i : t시간일 때 i CHP의 연료비(원)
- F_{t-plb}^i : t시간일 때 PLB의 연료비(원)
- N_c : CHP 열원설비 수(대)

- N_p : PLB 열원설비 수(대)
- N : 고려대상 기간동안의 시간대의 갯수(j=1...N)(시간)

목적함수인 식 (1)은 등호 제약조건과 부등호 제약조건을 가지고 있는데, 등호 제약조건은 집단 에너지 시스템의 열출력량이 수용가에서 요구하는 열부하량과 같아야 한다는 것으로 식 (2)로 표현되고, 부등호 제약조건은 각 열원시설의 열출력량은 해당 열원시설의 최소출력 이상이고 최대출력 이하여야 한다는 출력제약으로, 식 (3) 및 식 (4)로 표현된다.

$$H_{load} = \sum_{i=1}^{N_c} H_{chp,i} + \sum_{i=1}^{N_p} H_{plb,i} + \sum_{i=1}^{N_a} H_{acc,i} \quad (2)$$

- 단, H_{load} : t시간일 때 열부하(Gcal/h)
- $H_{chp,i}$: i CHP의 열출력(Gcal/h)
- $H_{plb,i}$: i PLB의 열출력(Gcal/h)
- $H_{acc,i}$: i ACC의 열출력(Gcal/h)

$$H_{chp,i}^{min} \leq H_{chp,i} \leq H_{chp,i}^{max} \quad (3)$$

- 단, $H_{chp,i}^{min}$: i CHP의 최소 열출력(Gcal/h)
- $H_{chp,i}^{max}$: i CHP의 최대 열출력(Gcal/h)

$$H_{plb,i}^{min} \leq H_{plb,i} \leq H_{plb,i}^{max} \quad (4)$$

- 단, $H_{plb,i}^{min}$: i PLB의 최소 열출력(Gcal/h)
- $H_{plb,i}^{max}$: i의 PLB의 최대 열출력(Gcal/h)

ACC 또한 단위시간당 일정한 열출력 한도 내에서만 축열과 방열을 할 수 있으며 단위시간당 축열과 방열 한도는 식 (5)와 같다.

$$H_{i,acc} - \Delta H_{i,acc} \leq H_{i,acc} \leq H_{i,acc} + \Delta H_{i,acc} \quad (5)$$

- 단, $\Delta H_{i,acc}$: i ACC의 단위시간당 축·방열량 (Gcal/h)

본 연구의 경제 열부하 배분 문제는 목적함수와 제약조건을 Lagrange 승수법으로 확대목적함수를 구성하여 등중분연료비 방법으로 각 열원설비의 최적 열출력을 구하였으며, 각 열원설비의 중분연료비가 동일한 점을 찾아 최적 열부하 배분을 함으로써 경제성을 극대화하도록 하였다.

3-2. 동적계획법 (DP)

동적계획법은 시간적인 흐름을 고려하여야 하는 문제일 경우, 그 문제를 여러 단계로 나누어 최적의 결과를 얻는 방법으로 문제를 해결하는

각 단계(Stage)마다 수많은 상태(State)가 존재하며, 각 단계에서의 상태를 다음 단계와 관련된 상태로 천이시킴으로써 기간 전체의 최적해를 구하는 방법이다.

본 연구에서는 경제 열부하 배분에 따라 열원설비간의 최적부하배분을 한 후 축열조와의 최적 운영조합을 찾아가는 과정에 동적계획법을 사용하였으며, 1주 168시간에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. CHP와 PLB의 열출력을 산정하고 축열조의 초기 열수위와 최종시점의 열수위가 같도록 하여 수익이 최대화되는 경로를 탐색하였으며, 초기 열수위에서 t=1의 시간대로 천이하는데 변동하는 열부하는 식 (6)과 같이 계산하였다.

$$H_{load}(1, s) = H_{acc}^{Initial\ state} + \Delta H_{acc} \quad (6)$$

단, $H_{load}(1, s)$: State(1,s)의 열부하(Gcal)

$H_{acc}^{Initial\ state}$: ACC 초기 열수위(Gcal)

ΔH_{acc} : ACC 시간당 축·방열량(Gcal/h)

s : DP의 상태 수(개)

위와 같은 축열조 부하의 증감에 따라 CHP 및 PLB의 부하 및 연료비에 변동이 생기며 각 열부하에서 천이된 열부하가 축열조 열출력이다.

본 연구에서는 각 상태의 초기 수익을 계산하고 천이되는 경로 중에서 총수익이 가장 큰 상태값만을 기억하여 식 (7)과 같이 최종시점까지 축열조 열수위에 의한 각 수익을 산정하였으며, 최종 단계인 168시간에 식 (7)에 의해 산정된 결과가 최대화되는 경로로 CHP 및 PLB, 축열조의 운영방안을 도출하였다.

$$T_i(t, s) = DC(t, s) + DPC(t-1, s) \quad (7)$$

단, T_i : 누적수익(원)

$DC(t, s)$: t시간대 States에서의 수익(원)

DPC : (t-1)시간까지 계산된 누적 최대 수익(원)

4. 최적 용량 산정방법

본 연구에서 제안한 집단에너지 열원설비의 최적용량을 도출하기 위한 흐름도는 Fig. 1과 같다.

1단계. 입력데이터 구성

입력데이터는 크게 부하, 열원설비 및 경제적인 변수 관련 자료로 구성되며 주요 내용은 Table 4와 같다.

2단계. 축열조 미고려 상태로 EHLDP 수행

시스템이 열부하를 만족시키도록 구성되어 있는지 판단하고 추후 이루어질 모든 계산과정에서 가능해(feasible solution)가 존재하는지 미리 검증하여 설계 적정성을 판단한다. 축열조 미고려 상태에서 모든 부하에 대해 EHLDP를 수행한다. 이때 EHLDP는 CHP의 운전모드별로 수행하였다.

3단계. 축열조 운영을 고려하기 위해 축열조와 운전조합 생성

투입되는 축열조의 수 및 시간당 축·방열할 수 있는 최대용량(RR; Ramp-Rate)에 따라 투입되는 축열조 조합을 생성하고, 생성된 축열조 조합으로 최적운전을 위한 DP의 상태를 결정한다.

4단계. 축열조와 열원설비 조합에 대해 EHLDP 수행

구성된 열원설비 조합에 대해 EHLDP를 수행한다. 열원설비 조합은 열원설비가 투입될 수 있는

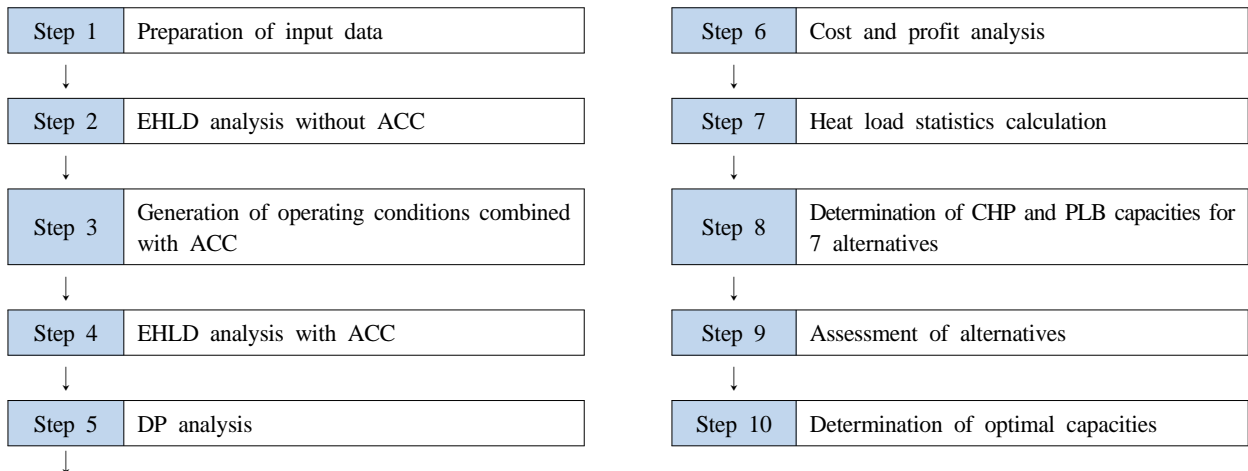


Fig. 1. Procedures for estimating optimal capacities

Table 4. Contents of input data

Data	
Load data	· Heat load of households, Receiving waste heat
Heat Production facilities data	· Equipment present (such as CHP, PLB, and ACC) · Number of CHP operating mode · Power-to-heat ratio by CHPi MODEi function based index, fuel cost coefficient of a function · Upper and lower limits of heat and power production by CHPi MODEi · Power-to-heat ratio by CHPi MODEi coefficient of a function · PLB's fuel cost coefficient of a function · Upper and lower limits heat output of PLB · Accumulator Maximum Capacity, Maximum heat accumulation and release capacity per hour, First and final water level
Economic value data	· Cost of receiving waste heat, Selling price of heat, Selling price of electricity back to the grid

Table 5. Criteria for calculating alternatives

	CHP Capacity	PLB Capacity
alternative 1	$m+3\sigma$	Total Capa'-($m+3\sigma$)
alternative 2	$m+2\sigma$	Total Capa'-($m+2\sigma$)
alternative 3	$m+1\sigma$	Total Capa'-($m+1\sigma$)
alternative 4	m	Total Capa'-(m)
alternative 5	$m-1\sigma$	Total Capa'-($m-1\sigma$)
alternative 6	$m-2\sigma$	Total Capa'-($m-2\sigma$)
alternative 7	$m-3\sigma$	Total Capa'-($m-3\sigma$)

단, 총용량 : 기준 System의 CHP용량 + PLB용량

모든 조합이며 열원설비 투입댓수에 따라 2^{(열원설비 대수)-1} 개의 조합이 만들어진다. EHLD 최적화는 열원설비가 반드시 운전되어야 한다는 제약조건을 가지고 있다. 열원설비를 최적으로 운전하려면 어떤 열원설비를 투입하고, 투입된 설비가 각 얼마씩 열생산해야 목적을 달성할 수 있는지 결정해야 한다. 따라서 본 연구에서는 이를 반영하기 위하여 가능한 모든 열원설비 조합을 구성하고 각 조합에 대하여 EHLD를 수행한다.

5단계. 시뮬레이션 결과로 최적경로 및 축열조 운전상태 결정

DP를 적용하기 위해 축열조의 초기수위로 시단을 고정한다. 본 연구의 DP에서 단계는 시간, 상태는 축열조의 수위이므로 시작단계의 축열조 수위에 해당하는 상태를 고정한다. DP 각 단계에서 상태는 축열조 조합에 따라 구성되므로 최적 운전은 축열조의 운전상태에 따라 결정된다. 그러므로 시단으로부터 가능한 모든 축열조 운전상태

를 고려하여 DP를 수행하고 후방(backward)으로 축열조 운전에 의해 목적함수 값이 최소가 되는 최적경로를 탐색하였다.

6단계. 결과의 해석

DP 수행결과에 따라 선정된 최적경로의 연료비를 산정하고, 시스템의 열 및 전기생산량, 각종 비용과 열 및 전기 판매수익 등 시스템 특성을 파악한다.

7단계. 열부하의 평균(m) 및 표준편차(σ) 계산
168시간 열부하의 평균값 및 표준편차를 계산한다.

8단계. 최적용량 산정을 위한 대안용량 생성
최적용량 산정을 위해 7단계에서 계산된 평균과 표준편차를 사용하여 CHP와 PLB 용량에 대해 Table 5와 같이 7개의 대안을 생성한다. 생성된 대안은 부하상태를 모두 반영하여 설비구성을 한

것이다.

9단계. 7개 대안에 대해 1~5단계 반복

각 대안에 대하여 1~5단계를 반복하여 최적인 총수익을 계산하고 기준시스템 대비 수익 증감액과 건설비 증감액을 산출한다.

10단계. 최적용량 산정

9단계에서 산출된 데이터를 활용하여 단위 수익변화에 따른 증분건설비를 산출하여 설비별 최적용량 대안을 선정한다

5. 사례연구

5.1 설비개요

본 연구의 알고리즘을 약 17만 세대에 지역난방열을 공급하는 사업장에 적용하였다. 해당 집단에너지사업자는 CHP 1대, PLB 2대, ACC 2대를 보유하고 있으며, 열원설비 특성은 Table 6 및

Table 7과 같다.

5.2 열부하 현황

해당 사업장의 2018년 기간 중 최대열부하가 발생한 시기는 1월 4주차이며, 총 168시간(월요일 오전 0시부터 일요일 자정까지)의 운전데이터를 분석하였다. 이 기간의 열부하는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 500~800Gcal/h 범위에 있으며, 이 중 약 200Gcal/h는 외부에서 수열받아 사용하고 나머지는 자체 열원설비로 생산하고 있다. 최대열부하가 발생한 기간의 계통한계가격(SMP)은 Fig. 3과 같다.

5.3 열원설비 최적운영 모델링 결과

열부하에 대응해서 수익을 극대화하기 위한 열원설비 최적운영 방안을 4장에서 제시한 절차에 따라 시뮬레이션한 결과는 Fig. 4와 같다.

수열량을 기저부하로 하고 저부하시에는 CHP만 가동하고 부하가 증가할 경우 PLB로 추가열을 생

Table 6. CHP and PLB characteristics of pertinent district heating company

	Lower Limit of Heat Production(Gcal/h)	Upper Limit of Heat Production(Gcal/h)
CHP	10.1	435
PLB 1	0	102
PLB 2	0	140

Table 7. ACC characteristics of pertinent district heating company

구 분	ACC Capacity[Gcal]	Ramp-rate[Gcal/h]
ACC #1	68.5	10
ACC #2	68.5	10

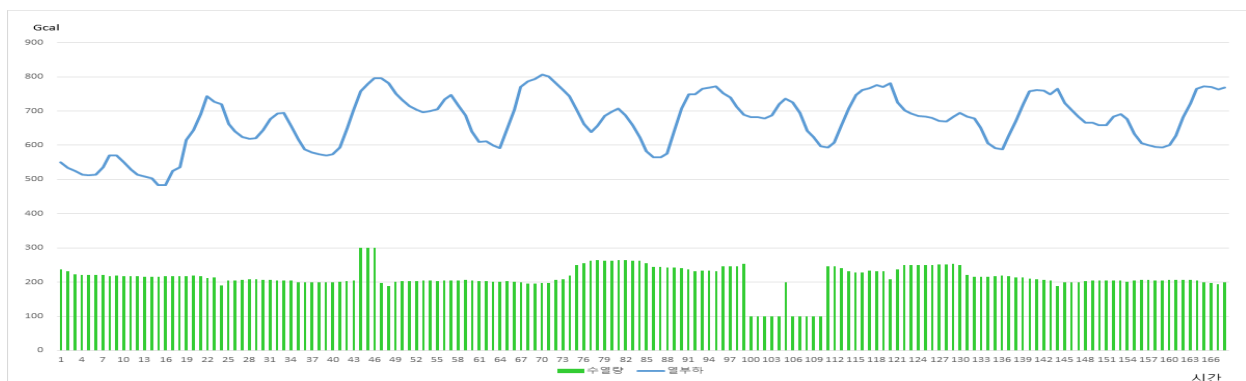


Fig. 2. Heat load and external supply of waste heat during test period

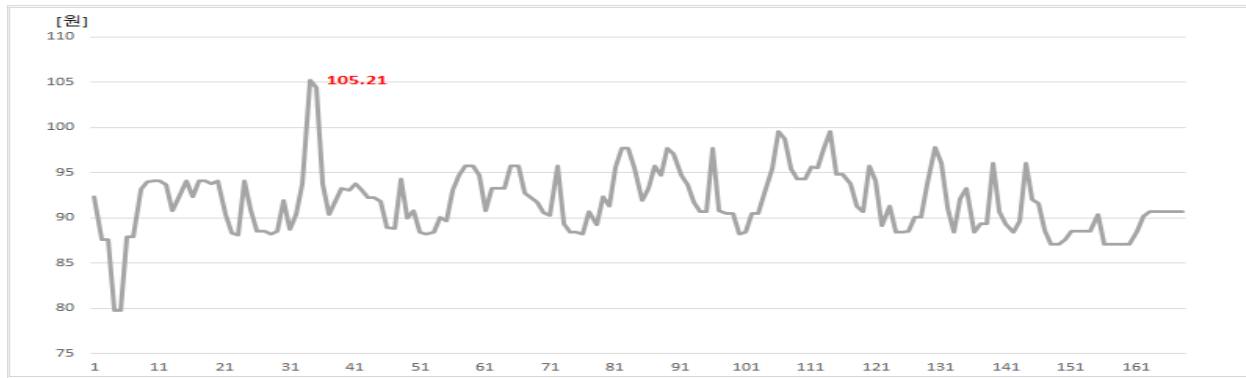


Fig. 3. Transient change in System Marginal Price during test period

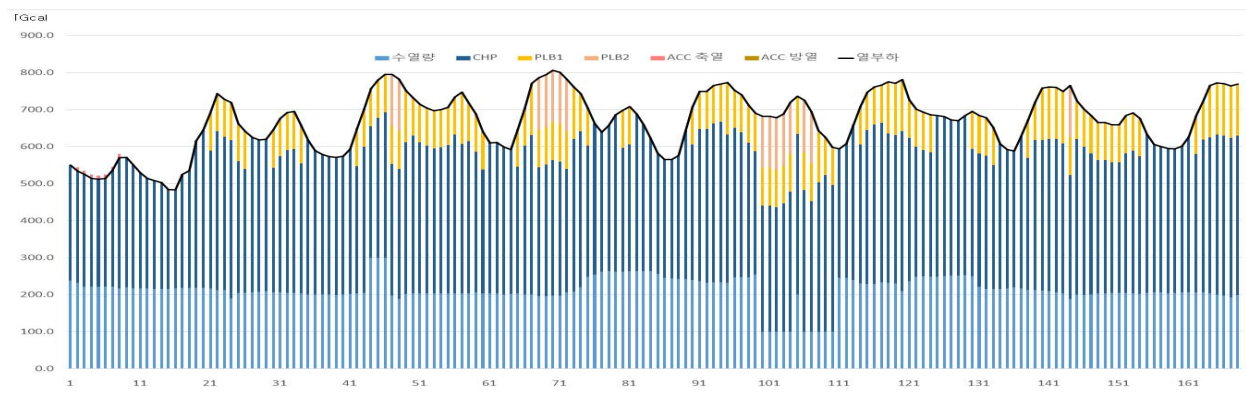


Fig. 4. Simulation result for optimal operation

Table 8. Mean value and standard deviation of heat load

Mean of heat load (Gcal/h)	standard deviation of heat load (Gcal/h)
457	86

산하는 방식으로 열부하에 대응하는 것이 연료비 최소화 및 수익극대화에 최적인 것으로 나타나며, 전력 SMP 변동에 따라 CHP와 PLB의 부하가 변동되고 그 과정에서 축열조 축·방열이 발생한다.

5.4 열원설비의 최적용량 산정

열원설비의 최적운영 시뮬레이션 결과를 근거로 현재 열부하 상태에서 열원설비별 최적용량 산정은 4장에서 제시한 절차에 따라 진행한다. 이를 위해 수열량을 제외한 열부하 평균과 표준편차를 추정하면 Table 8과 같다. 열부하 평균과 표준편차의 추정치를 이용하여 최적용량 산정을 위한 7개의 대안을 Table 9와 같이 구성하였다.

구성된 대안 7개 중 대안 7은 CHP의 용량이 설비 총용량보다 크므로 부적절하여 대안에서 제외

하였다. Table 9의 각 대안에 대하여 기존설비 대비 수익 및 건설비 변화 등을 산출하고 이를 활용하여 단위 수익변화에 따른 증분건설비 등을 예측한 결과는 Table 10과 같다.

Table 10에서 보는 바와 같이 CHP용량이 가장 작고 PLB용량이 가장 큰 대안 1이 건설비가 가장 적게 들고, CHP 용량이 가장 크고 PLB 용량이 가장 작은 대안 6이 건설비가 가장 많이 소요되지만, 수익은 대안 3이 가장 많이 감소하고 대안 6이 가장 적게 감소하는 것으로 나타났다.

따라서 설비별 최적용량 구성을 위한 투자 경제성을 판단하기 위해 수익변화에 따른 증분건설비를 구하면 대안 1이 단위 수익 변화당 건설비가 가장 많이 감소하고 대안 6이 가장 많이 증가하는 것으로 나타나 수익성 개선을 위해서는 대안 1과

Table 9. Result of calculating alternatives for estimating optimal capacity

	CHP capacity (Gcal/h)	PLB capacity (Gcal/h)	Total capacity (Gcal/h)
present	435	242	677
alternative 1	199	478	677
alternative 2	285	392	677
alternative 3	371	306	677
alternative 4	457	220	677
alternative 5	543	134	677
alternative 6	629	48	677
alternative 7	715	-38	677

Table 10. Predicted changes of construction cost and profit for different alternatives

	Construction cost increase (A) (million won)	Profit increase(B) (thousand won)	A/B (won)
alternative 1	-61,360	-3,604	-17,027
alternative 2	-39,000	-4,022	-9,697
alternative 3	-16,640	-4,214	-3,949
alternative 4	5,720	-4,155	1,376
alternative 5	28,080	-4,002	7,017
alternative 6	50,440	-2,626	19,208

같이 현재보다 CHP용량은 줄이고 PLB용량을 더 키우는 것이 필요한 것으로 나타났다.

6. 결론

본 연구에서는 공급지역증가와 열수요 증가 및 전력생산량 증대에 대비하여 설비용량을 과대설치하고 이로 인해 가동률 저하 및 경영에 많은 어려움을 겪고 있는 집단에너지 사업자가 CHP, PLB 등 각 설비별 최적 용량을 결정할 수 있는 알고리즘을 개발하여 제시하였다.

이를 위해 첫째, 경제 열부하 배분(EHLD) 및 동적계획법(DP)을 활용하여 입력데이터 구성부터 최적용량 산정까지 10단계에 걸친 프로세스를 정립하였으며,

둘째, 정립된 프로세스를 실제 운영중인 사업장에 사례분석을 실시함으로써 유용성을 검증하였다. 사업자의 연중 최대열부하가 발생하는 일주일 간의 168시간 동안 열부하에 대한 연료비용과 열 및 전력판매비용 등을 시뮬레이션하여 수익이 최대화되는 최적의 CHP, PLB, 축열조 운영조합을 도출하였으며,

셋째, 도출된 최적 운영조합의 CHP 및 PLB 설치용량 변경을 통한 건설비 증감 및 수익성과의 관계를 분석하여 집단에너지설비의 최적용량 구성방안을 제안하였다.

본 연구에서 제시한 방법론이 향후 집단에너지 사업자들이 CHP 및 PLB 등에 대한 최적의 설비용량을 구성하는데 활용될 것으로 기대된다.

References

1. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2019, 제3차 국가에너지기본계획
2. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2017, 제8차 전력수급기본계획
3. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2014, 제4차 집단에너지공급기본계획
4. Korea Energy Agency, 2019, 집단에너지사업편람
5. Ministry of Trade, Industry and Energy, Integrated Energy Act(집단에너지사업법)
6. Jae Seung Lee, Shin Young Im, Jun Soo Oh, Bong Jin Youm, 2015, A Study on the Deduction of Additional Key Factor for Heat Supply Forecast Using the Analysis of Heat Demand Characteristics, Proceedings of the SAREK 2015 Summer Annual Conference pp 659~662
7. Sang Hwa Song, Jae Seung Lee, Hyun Chul Kim, Chang Koo Ahn, 2017, A Study on the Analysis of Heat Transfer and Trade Characteristics in District Heating Networks, The SAREK 2017 Summer Annual Conference pp 418~422