

열병합 발전의 운영 최적화

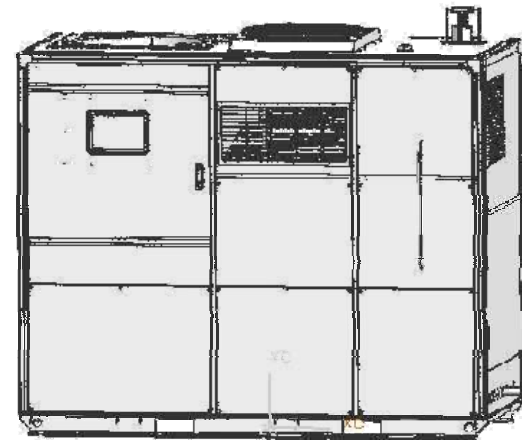
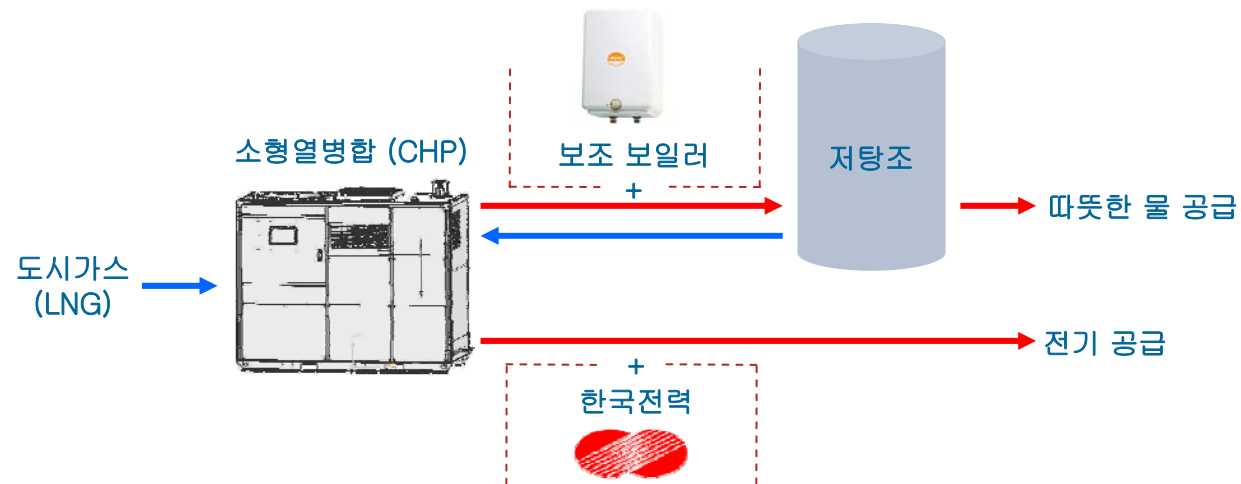
Hot & Cool

노정훈 2005057670

김장현 2005057658



Main Concept



대상 부하에 맞는 적절한 소형 열병합 발전기의 선정

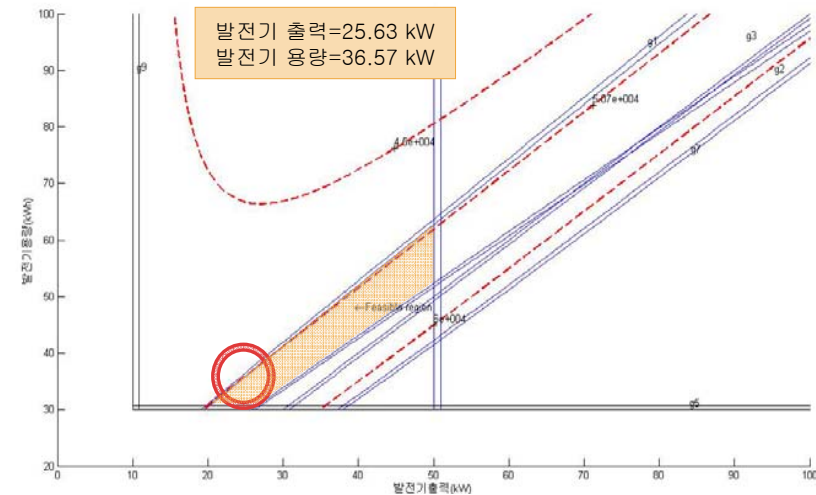




Updated Scenarios



- 총 열부하 500 kWh/day, 총 전력부하 400 kWh/day → HIT club H
- 하루 평균 가동시간은 8시간 (항상 Full load로 가동 → 발전효율=상수) (X)
- 열병합 도입으로 인한 이산화탄소 저감은 탄소 마일리지로 보상 (강남구청)
- 하루 발전전력이 총 전력부하보다 많아지면 운전 정지 (매전 금지)
- 부족한 열부하는 보조 보일러를 통해 공급 (X)
- 비교 기준설비 → 전력부하-상용전력, 열부하-가스 보일러



수정

	Project 1	Project 2
용량	Variable	Variable
출력	Variable	Variable
가동시간	8 시간	Variable

설계변수 → 출력, 용량, 가동시간

기존 2변수 방식에 하루 동안 발전기의 가동시간을 추가하여 좀더 실제적 문제로 접근

열추종 방식 → 회수열량 ≥ 총 열부하

필요 열량이 있을 때 마다 발전기가 작동하는 방식으로, 부족 열부하량이 없다고 가정



Modified Objective Function



$$\begin{aligned} & (\text{총 전력부하} - \text{발전전력}) \times \text{전력단가} \\ & + \\ & (\text{총 열부하} - \text{회수열량}) \times \text{난방단가} \\ \text{Total maintenance cost} = & + \\ & \text{CHP 가스 사용량} \times \text{가스단가} \\ & - \\ & \text{CO}_2 \text{ 저감량} \times \text{적립마일리지} \end{aligned}$$

열추종 방식

필요 열량이 있을 때마다 발전기가 작동하는 방식으로 부족 열부하량이 없다고 가정





Constraints



• Inequality constraints

$0.8 \leq \text{총효율} \leq 0.87 \rightarrow g1, g2$

$\text{출력} \leq \text{용량} \rightarrow g3$

$\text{발전전력} \leq \text{총전력부하} \rightarrow g4$

$30 \text{ kW} \leq \text{용량} \leq 3000 \text{ kW} \rightarrow g5, 6$

$\text{열병합 운영비} \leq \text{기존 설비 운영비} \rightarrow g7$

$\text{이산화탄소저감량} \geq 0 \rightarrow g8$

❗ 초기투자비용

설비의 도입 시 들어가는 비용,
CHP 경우 기존 설비에 비해 250~300만원/kW의 추가비용

❗ 회수비용

설비의 운영 시작 후 기존 설비 운영에 비해 생기는 이득

수정

• Inequality constraints

$0.8 \leq \text{총효율} \leq 0.87 \rightarrow g1, g2$

$\text{출력} \leq \text{용량} \rightarrow g3$

$\text{발전전력} \leq \text{총 전력부하} \rightarrow g4$

$\text{회수열량} \geq \text{총 열부하} \rightarrow g5$

$\text{이산화탄소저감량} \geq 0 \rightarrow g6$

$\text{열병합운영비} \leq \text{기존설비운영비} \rightarrow g7$

$\text{초기투자비용} \leq \text{회수비용} \rightarrow g8$

• Boundary constraints

$10 \text{ kW} \leq \text{출력} \leq 3000 \text{ kW}$

$30 \text{ kW} \leq \text{용량} \leq 3000 \text{ kW}$

$0 \text{ 시간} \leq \text{가동시간} \leq 8 \text{ 시간}$



Equations



$$\text{발전 전력} = \text{출력} \times \text{가동시간}$$

$$\text{가스사용량} = (2.55 + 0.2567 \times \text{출력}) \times \text{가동시간}$$

$$\text{열효율} = 0.9061 - 0.4125 \times \frac{\text{출력}}{\text{용량}}$$

$$\text{회수열량} = \text{열효율} \times \text{가스사용량} \times \text{발열량}$$

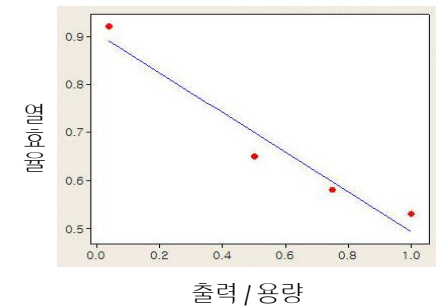
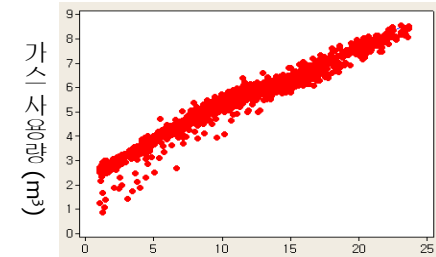
$$\text{총효율} = \frac{\text{발전전력} \times \text{회수열량}}{\text{가스사용량} \times \text{발열량}}$$

$$\text{CO}_2\text{저감량} = \text{출력} \times \text{가동시간} \times \left(\text{상용전력배출계수} + \frac{\frac{\text{가스사용량}}{\text{가동시간}} \times \text{발열량} \times \text{열효율}}{\text{출력}} \times \text{보일러배출계수} - \text{CHP배출계수} \right)$$

$$\text{기존설비 운영비용} = \text{총전력부하} \times \text{전력단가} + \frac{\text{총열부하} \times \text{가스요금}}{0.9 \times \text{발열량}}$$

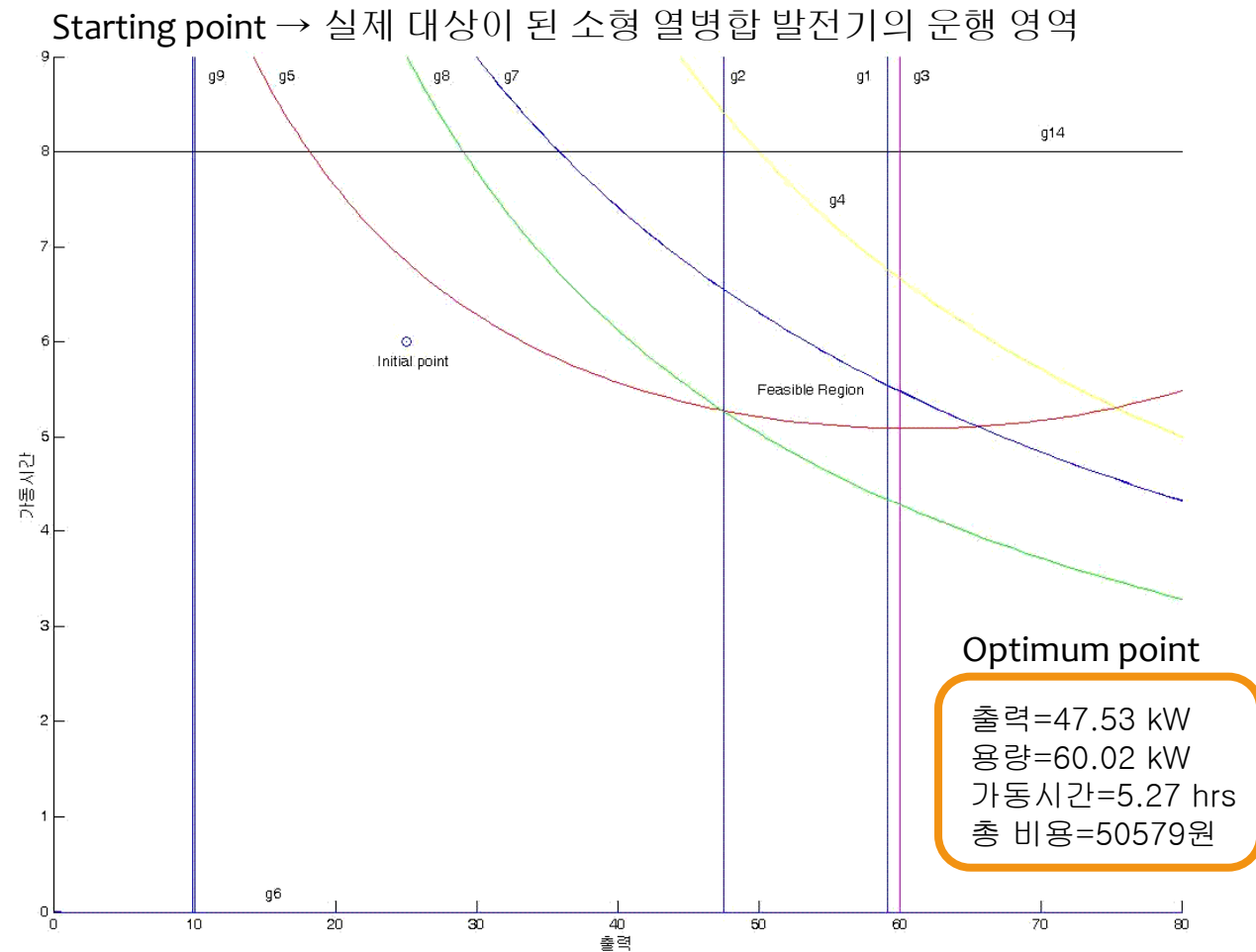
$$\text{초기투자비용} = \text{용량} \times 250\text{만}$$

$$\text{회수비용} = (\text{기존설비 운영비용} - \text{열병합 운영비용}) \times \text{식당운영 일수}(280\text{일}) \times \text{회수기간}(6\text{년})$$





OPT. Point Searching With Different Initial Points



– 용량=30 kW

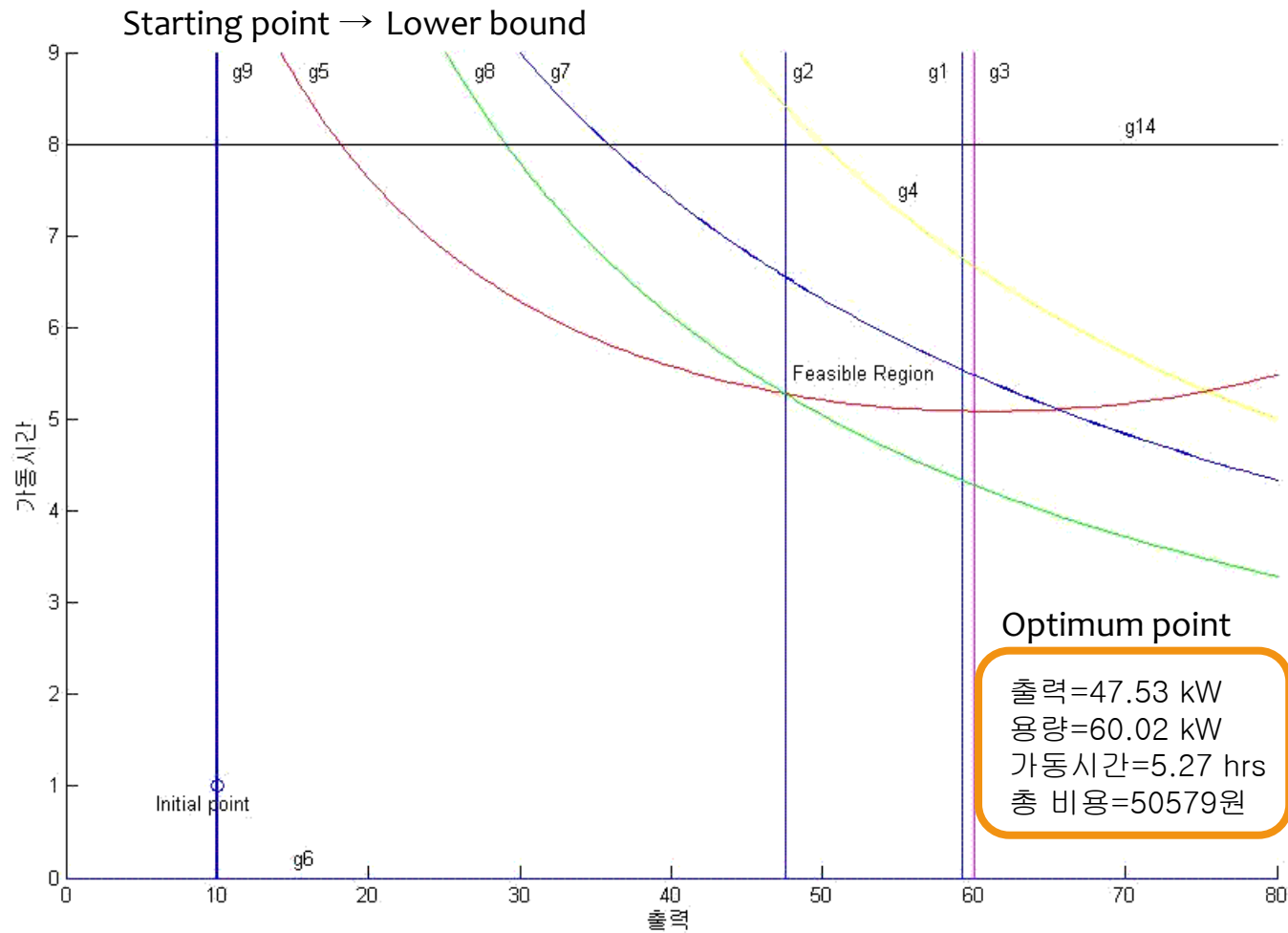
– 운영출력=25 kW

– 가동시간=6시간

(Matlab fmincon & Excel Solver에서 같은 값 도출)



OPT. Point Searching With Different Initial Points



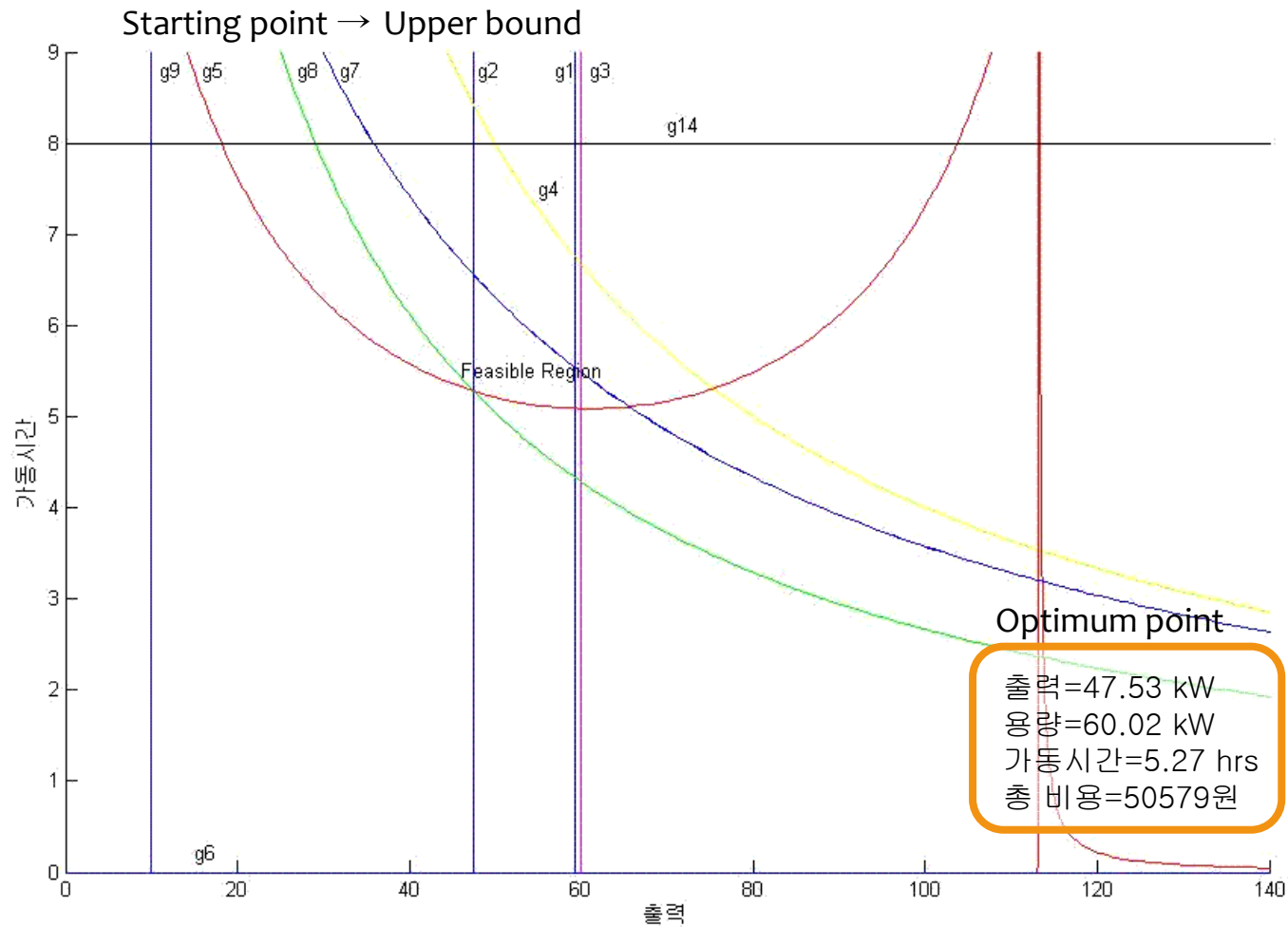
– 용량=30 kW

– 운행출력=10 kW

– 가동시간=1 시간

(Matlab fmincon & Excel Solver에서 같은 값 도출)

○ ○ ○ OPT. Point Searching With Different Initial Points ○ ○ ○



– 용량=3000 kW

– 운행출력=3000 kW

– 가동시간=8시간

(Matlab fmincon & Excel Solver에서 같은 값 도출)

Comparing With Different Algorithm & Conclusion

Method	출력 (kW)	용량 (kW)	가동시간 (hr)	반복회수	총 비용 (원)	
초기값	25	30	6	-	-	
fmincon	47.53	60.02	5.27	5	50579	→ ①
pattern search	26.54	37.53	7.84	6	50767	→ ②
Excel Solver	47.53	60.02	5.27	22	50579	

계산된 여러 값들에 대한 결론

1.비슷한 총 비용 → 수식상으로는 **multiple solution**

2.실제 발전기가 설치될 수 있는 대상 장소를 고려하여 위 값들 중 적절한 값 선정

ex)

대상 장소가 소음에 민감한 업종이면 가동 시간이 적은 1번 Model

대상 장소가 안정적인 전력과 열의 안정적인 발전을 원하는 업종이면 가동시간이 긴 2번 Model



Comparing With Other Actual Example

비교 모델 (자료 참조 '에너지 총설' - 병원)		
부하	연간수요량	일일수요량
총 전력부하	4671 MWh	16682 kWh
총 급탕부하	822 Gcal	3413 kWh
설치된 발전기 용량	400 kW	

Method	출력 (kW)	용량 (kW)	가동시간 (hr)	총 비용 (원)
fmincon	413.57	449.97	5.37	1192658
pattern search	500	500	8	1332355
추천 용량	450 ~ 500 kW			

- 해당 부하에 맞는 적절한 설비의 선택이 중요한 열병합의 **용량 선정 지표**로 활용
- 계산된 **용량, 출력, 가동시간**을 토대로 근사적 설계

