

熱併合發電에 의한 에너지의節約*

盧承卓**

數十年동안 産業體에서는 熱併合發電시스템에 의하여 많은 動力을 發生하여 使用하여 왔다. 그러나 아직도 많은 産業體에서는 熱併合發電시스템을 使用하는 경우와 工程用보일러, 購買電力을 使用하는 시스템間的 追加投資費가 運轉費用을 節減하고 投資回收의 條件을 만족시킬 수 있는지에 대한 確信을 하지 못하고 있다. 이러한 의문점을 해소하기 위하여 여러가지의 例를 들어 熱併合發電의 에너지節約可能性을 설명하고자 한다.

편집자 주 : 본 解説의 內容 中 經濟性部分에 있어서는 우리의 現實과는 거리가 먼 部分이 있다. 特히 電力 및 燃料의 價格은 이 解説에 인용된 價格의 數 倍로서 通用되고 있다. 그러나 現在의 價格을 고려한 經濟性 判斷은 유사한 方法으로 구할 수 있을 것이다.

1977년 4월 20일 미국의 대통령 카터는 에너지메시지에서 熱併合發電(cogeneration) 이란 새 單語를 使用하였다. 이 말은 大規模産業體에서는 工場內 發電(in-plant generation) 또는 副産動力(by-product power) 이란 用語로서 數十年間 使用되어 왔으며 가스産業界에서는 1950年代에 토털에너지(total energy)란 이름을 使用하였다. 카터大統領은 “熱併合發電”을 “電力이나 熱, 工程用蒸氣와 같은 다른 形態의 有用한 에너지를 同一한 設備로부터 生産하는것”으로 定義하였다. 에너지節約技術과 가장 直接적으로 연관한다면 이 定義는 “必要한 熱과 電氣 또는 機械的 動力의 同時生産” 또는 “動力生産에 있어서의 低級熱에너지의 回收”로서 규정되어야 할 것이다. 여기서는 後者의 基本定義를 使用하기로 한다.

여기서 使用된 廣義의 定義에 의하면 폐기되어질 可能性이 높은 工程에서의 熱을 回收하여 動力生産이 가능할 수도 있다.

熱併合發電에 의한 에너지節約의 可能性은 大

* Conserving Energy via Cogeneration, W. B. Wilson, Mechanical Engineering August 1979의 번역임.

** 正會員 서울大學校 工科大學

型設備나 小型設備, 設備가 産業體의 所有이든 電力會社, 혹은 第3者의 所有이든간에 관계없이 항상 存在한다. 다만 同一한 位置에 있는 여러개의 産業體가 大型熱併合發電設備를 共同으로 設立하여 여러개의 工場에 에너지를 공급할 때 大型에 따른 經濟性으로 이윤 또는 效率이 증가될 수 있다.

에너지節約을 위한 熱併合發電이 지금까지 항상 可能한 것만은 아니었다. 그 이유는 熱併合發電으로 인한 追加投資費에 대한 回收가 제한된 資金을 가지고 運轉費用을 줄이고자 하는 使用者의 이윤에 대한 基準에 적합하지 않기 때문이었다. 現在 成案中인 聯邦法案의 目的은 使用者의 投資基準에 만족되도록하여 熱併合發電 시스템의 數의 증가를 도모하는데 있다.

産業體 에너지 供給시스템

信賴性 있는 購買電力이 있을 때 産業體에 있어 資本投資를 最小로 하는 方法은 그림 1에서와 같이 電力會社로부터 電力을 購買하고 低壓보일러를 設置하여 必要한 工程用 熱을 供給하는 것이었다. 지금도 産業體에서는 工程에 所要되는 蒸氣를 供給하기위한 低壓보일러에 많은 資本的 經費를 使用하고 있다.

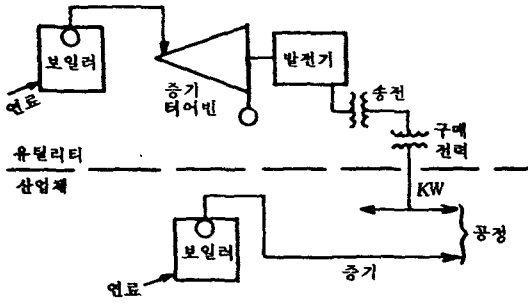


그림 1. 産業用 에너지의 供給—購買電力과 低壓보일러

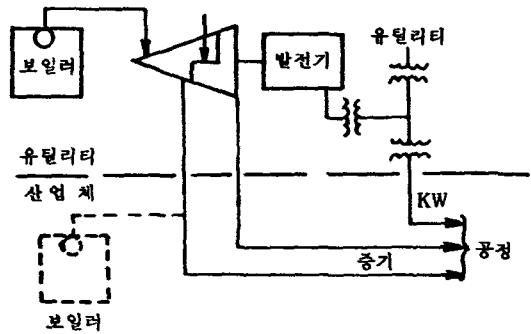


그림 4. 産業用 에너지의 供給—同一地域內의 熱併合發電

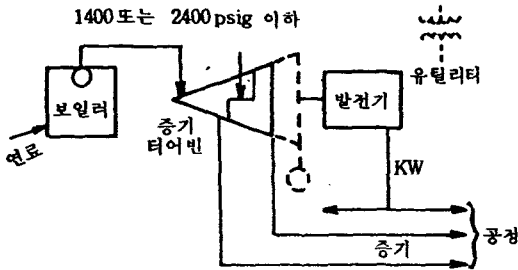


그림 2. 産業用 에너지의 供給—蒸氣터어빈에 의한 熱併合發電

그림 2 에는 自動抽氣蒸氣터어빈을 使用한 熱併合發電시스템의 개략도로써 2개의 相異한 壓力에서 工程用蒸氣를 必要量에 따라 調節供給할 수 있는 경우를 나타낸다.

蒸氣터어빈 熱併合發電方式에 가스터어빈을 추가하여 함께 使用하므로서 工程用蒸氣의 特定必要量에 부합이 되는 경우에는 效果적으로 熱併合發電에 의한 動力發生量을 증가시킬 수 있다. (그림 3 참조)

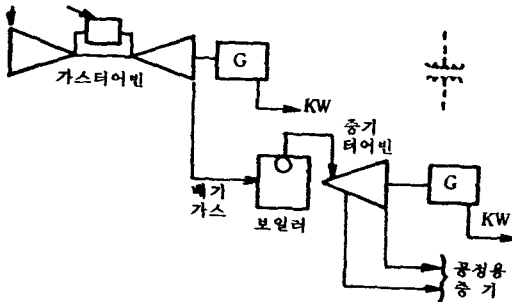


그림 3. 産業用 에너지의 供給—蒸氣터어빈과 가스터어빈의 複合使用에 의한 熱併合發電

따라서 熱併合發電에 使用되는 燃料가 蒸氣터어빈과 가스터어빈의 複合方式에 적절하다면 이는 에너지를 節約할 수 있는 方案의 하나가 될 것이다.

熱併合發電에서 에너지를 節約할 수 있는 可能性은 所有主에 관계없이 모두 同一하다. 경우에 따라서는 熱併合發電方式으로 蒸氣와 電力을 그림 4 에서와 같이 供給할 수 있을 것이다. 더우기 同一地域內에 工場의 密度가 높게 位置된 경우에는 1개의 大型 熱併合發電所를 두어 많은 産業體에 電力과 蒸氣를 供給하므로서 經濟性을 높일 수 있다. 이러한 大型 熱併合發電所는 專用會社, 産業體 또는 第3者가 所有하거나 이들의 複合所有가 될 수도 있다.

그림 1에서 4까지의 시스템은 모두 燃料의 燃燒에 의하여 工程用蒸氣와 動力을 産業體에 供給하는 것이다. 이의 燃料로는 火石燃料, 石炭, 産業폐기물 또는 副產物 등이 될 수 있다. 一部の 플랜트에서는 發熱工程의 發生에너지로 高壓蒸氣를 生産하거나 發熱을 利用하여 低壓蒸氣를 生産할 수도 있다. 여기서 어느 경우나 에너지의 節約量은 技術的인 問題點보다는 經濟性에 의하여 制限을 받게 된다.

이 글에서의 主要點은 蒸氣와 가스터어빈을 熱併合發電에 應用하는데 있다. 경우에 따라서는 다른 方法에 의한 原動機의 選擇이 經濟的일 수도 있다.

低級熱에너지의 回收

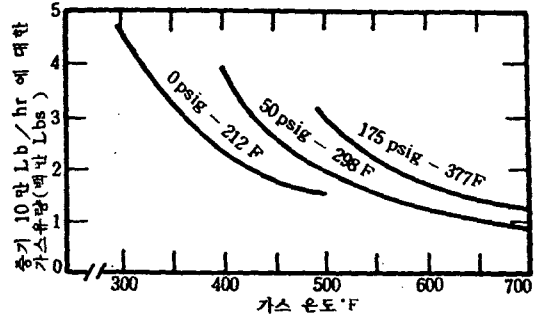
燃料과 動力費가 上昇됨에 따라 工程設計者나 기존工場의 運轉者 모두가 에너지의 損失의 費用이 높다는 것을 인식하게 되었다. 이러한 損失의 一部는 大氣로 放出되는 蒸氣이거나 各種 工程裝置의 배기에서의 回收可能한 熱이 될 것이다. 오늘날과 같은 高에너지 價格에서는 이러한 에너지 損失의 一部라도 回收하여 工場에너지 供給시스템에 使用하는 것이 經濟的인 일 것이다.

工程熱回收 또는 工程의 運轉條件으로 인하여 蒸氣가 低壓力에서만 있는 경우에는 副産物로서 複水發電에 의한 動力을 얻을 수 있다.

연도가스를 使用하여 低壓蒸氣를 發生시켜 復水蒸氣터어빈에 쓸때에는 이로 인한 節減額을 터어빈-發電機, 復水器 및 冷却裝置는 물론 廢熱 보일러에 대한 投資費를 고려하여야 한다. 경우에 따라서는 低級의 연도가스를 動力生産보다는 工程用液體加熱이나 보일러의 給水予熱에 使用하는 것이 經濟的인 수도 있다. 그러나 應用方法에 不問하고 장차 에너지 價格이 上昇됨에 따라 熱回收利用은 더욱 經濟性을 갖게 될 것이다.

廢가스 - 蒸氣生産에 대한 流量

그림 5에는 各種 壓力에서 飽和蒸氣를 發生시키는 데 所要되는 廢가스의 流量을 나타내었다. 水平軸에 가스의 溫度를 나타내고 수직축에 蒸氣發生量 100,000 lb/hr에 必要한 가스의 流量을 100萬 파운드單位로 나타내었다. 例를 들면 50 psig 298°F의 蒸氣 100,000 lb/hr를 發生시키려면 400°F의 가스로는 380萬lb/hr, 500°F의 가스로는 190萬lb/hr, 700°F의 가스를 使用할 때는 약 970,000 lb/hr가 所要된다. 이 가스流量을 보통 보일러에서 蒸氣 100,000 lb/hr를 發生시키는데 必要한 가스량 100,000 lb/hr와 비교하면 廢熱보일러에서의 가스流量이 보통의 化石燃料을 使用할 때의 가스량의 數十倍에 달함을 알 수 있다.



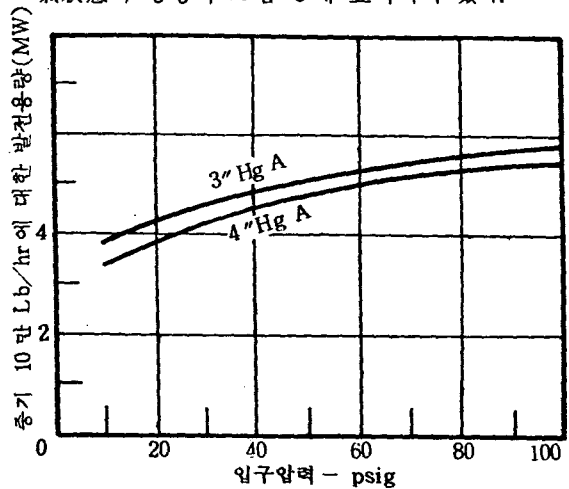
參考資料

- 蒸發器效率: 90%
- 보일러排出가스로 脫氣器 加熱과 給水溫度를 보일러 節和溫度로 加熱
- 가스의 定圧比熱: 0.26 Btu/lb °F.

그림 5. 蒸氣生産에 所要되는 廢가스에 대한 가스 溫度와 蒸氣壓力의 영향

入口蒸氣壓力의 영향

電力을 生産하는데 所要되는 蒸氣量의 入口蒸氣狀態의 영향이 그림 6에 표시되어 있다.



參考資料

- 터어빈 - 發電機 效率: 70%
- 터어빈 入口 蒸氣: 飽和溫度

그림 6. 低壓飽和蒸氣에 의한 電力生産

蒸氣流量 100,000 lb/hr에 對하여 蒸氣터어빈의 出口側을 3 in HgA로 할 때 0psig의 入口蒸氣로는 3,000 kw의 電力生産이 可能하며 50 psig 蒸氣로는 5,000 kw, 100 psig 蒸氣로는 5,800 kw를 生産할 수 있다. 이를 400 psig -

650 °F 의 蒸氣 100,000 lb / hr 로서 8500kw 를 生産할 수 있는 것과 비교한다면 0 psig 의 入口蒸氣를 使用하므로서 單位出力에 대한 蒸氣 所要量이 3 배에 이음을 알 수 있다. 또한 0 psig 의 入口條件으로서 3,000 kw 터어빈에서의 蒸氣 의 入口에서의 體積은 約 900 ft³ / kw 400 psig - 650 °F 의 蒸氣로 8,500 kw 터어빈의 體積은 18 ft³ / kw 로서 그 差가 극히 크다. 0psig 入口條件에서의 出力 1 kw 에 所要되는 復水器의 크기와 冷却水量은 400 psig 에서의 約 3 배가 된다. 따라서 0 psig 의 蒸氣 200,000 b / hr 를 使用할 수 있는 터어빈을 선택하는데는 實際 制限條件이 많이 따르게 된다. 또한 入口의 體積流量이 커지고 復水器의 크기 冷却水量이 증가하므로서 投資費를 고려한 經濟性이 감안되어야 한다.

에너지利用効率

電力만을 生産하는 發電所의 效率과 熱과 動力間의 均衡이 잘 이루어진 경우의 熱併合發電所의 效率를 比較한 것이 그림 7 이다.

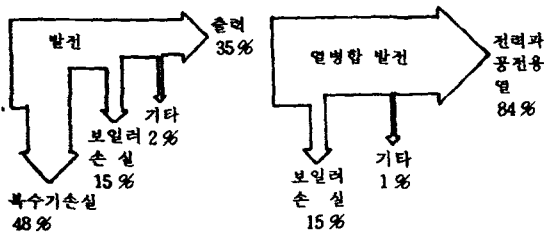
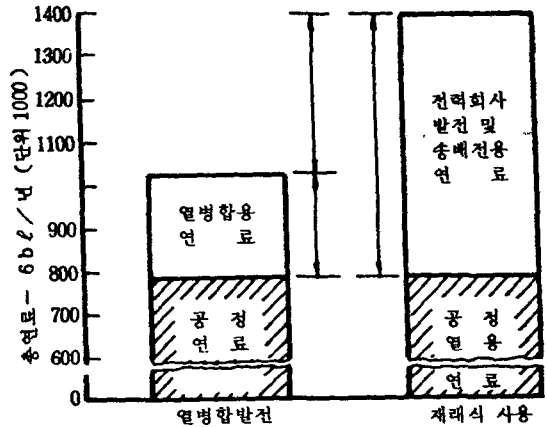


그림 7. 單純發電과 熱併合發電의 比較

그림의 왼쪽에 표시한 것이 大型石炭火力發電所로서 效率이 約 35%의 發電所效率은 1kwh 의 電力에 9,800 Btu (10,340 kJ)의 高發熱量이 必要함을 나타내며 送配電損失을 고려하면 10,000 Btu (10,550 kJ)의 熱量에 해당하는 燃料이 必要하여 全體效率은 34%가 된다. 이와 같이 全體效率이 낮아지는 것은 100 °F (38.°C) 程度의 復水器에서 冷却이 불가피하므로서 사이 熱效率이 48%이상일 수 없기 때문이다.

熱併合發電에서는 工程에 必要한 비교적 高温에서 熱을 배출시킬 수 있으므로 復水器損失이

最少化되거나 거의 없어지게 된다. 工程用熱과 電力負荷間에 적절한 均衡이 이루어지면 燃料使用의 全體效率은 84%까지 되며 工程用熱이 所要되는 燃料를 제외하고 動力部分만 생각하면 4,100 Btu / kwh (4,325 kJ / kwh)가 된다.



參考資料

- 工程에서 必要한 量 : 44,000 kw 電力과 50 psig 蒸氣 500 × 10⁶ Btu / hr
 - 入口 1450 psig - 950 °F 出口 50 psig 의 蒸氣는 使用한 熱併合發電, 熱消費率 4100 Btu / kwh
 - 電力會社 熱消費率(發電 및 送配電): 10,000 Btu / kwh
- 그림 8. 熱併合發電에 의한 에너지 節減

그림 8에서 熱併合發電시스템을 使用하지 않은 경우에 所要되는 燃料의 量을 비교하여 설명하고 있다. 50 psig (345 kpa) 의 蒸氣로 5 × 10⁶ Btu (527 GJ) / h 의 熱과 44 MW 의 電力을 供給할 때 熱併合發電方式을 채택하므로서 年間 35萬 bbl (55,650 m³)을 節約할 수 있고 1bbl 당 價格을 \$ 15로 하더라도 530 만 달러의 金額을 節約할 수 있다. 위의 說明에서 알 수 있듯이 專用發電所에서의 電力生産에 必要한 燃料는 熱併合發電에서의 2.5 배가 된다.

性能例

熱併合發電에서의 에너지 節約의 例를 들기 위

하여 産業工程에서 150 psig (1034 kpa) 에서 250×10^6 Btu (264 GJ)/h 의 熱이 必要하고 50 MW 의 工程用 電力이 同時에 所要된다고 가정한다. 그림 1 에서와 같이 低圧工程用 보일러가 사용된다면 油類보일러의 경우 51 MW, 石炭보일러의 경우 53 MW 의 電力을 購入하여야 한다.

1450 psig - 950 °F 의 單一自動抽氣非復水式 蒸氣터어빈을 使用한 熱併合發電方式으로 是 定常 工程用 蒸氣負荷에서 34 MW 의 電力 購入을 감소할 수 있다. 工程用 蒸氣가 定常負荷 50 / 50 으로부터 50 psig 에서 80 %, 150 psig 에서 80 %까지 變化한다면 油類使用 熱併合發電의 경우 購買電力은 定常負荷에서 16.4 MW 이고 13.7 MW 로 부터 19.2 MW 까지 變化하게 된다. 熱併合發電으로 34 MW 를 發電하는 경우의 燃料의 추가량은 高發熱量基準으로 4000 ~ 4200 Btu (4220 ~ 4430 kJ) / kwh 정도이다.

復水器를 추가설치하여 二重自動抽氣復水터어빈을 使用하면 購買動力 需要를 調節할 수 있다. 즉 追加動力을 生産하여 購買動力을 감소시키거나 電力의 피크時間에 必要하다면 電力會社에 販賣가 가능하다.

psig 蒸氣 各各 250×10^6 Btu / hr

• 보일러效率: 石油用은 86 %, 石炭用은 85 %

A : 低圧工程用 보일러

B : 蒸氣터어빈으로 工程用 蒸氣만을 供給, 單一自動抽氣非復水式 터어빈

C : 蒸氣터어빈에 의한 購買電力의 5 MW 減少, 二重自動抽氣復水터어빈

C - 1 : 蒸氣터어빈에 의하여 20 MW 의 電力을 外部로 販賣

그림 9. 各種의 産業用 에너지 供給 시스템

그림 9에서 各種 發電方式에 대하여 定常 工程用 蒸氣負荷에서의 燃料과 動力의 必要量, 購買 혹은 販賣電力量을 說明한다. 二重自動抽氣復水터어빈으로 發電하는데 所要되는 追加燃料量은 高發熱量基準으로 12,000 ~ 13,500 Btu (12,660 ~ 14,240 kJ) / kwh 로서 여러가지의 피크發電方式과 比較될 수 있다.

蒸氣와 가스터어빈 複合시스템

蒸氣터어빈方式대신 蒸氣와 가스터어빈의 複合方式이 使用될 때 追加의인 燃料의 節約이 가능하다. 이를 그림 10에서 說明하고 있다.

방 안	총발전	구매전력 MW	보일러 증기유량 1000 LB / HR	산업체연료 MBTU / HR
(A) All Purch Power	0/0	50.7 / 53.1	535 / 535	587 / 594
(B) SAENC Turbine	36/36	16.4 / 19.4	581 / 581	726 / 735
(C) DAEC Tubine	42/42	11.1 / 14.3	635 / 635	795 / 804
(C-1) DAE C Tubine	74 / 79	(-20) / (-20)	938 / 990	1176 / 1255

* 資料의 표시는 石油 / 石炭을 의미한다.

參考資料

• 工程用 所要量 : 50 MW 電力과 150 psig 및 50

증기 터어빈	열 병합		연간연료절감		
	MW	kW / MBTU 공정용	유류환산 %	유류환산 1000 BBL	₩ 100 만 @ \$ 15 / BBL
850 PSIG Iniet	35	70	22	275	4.1
1450 PSIG	45	90	25	350	5.3
증기 및 가스 복합터어빈					
MS -5001					
1 Pres HR - SG	132	268	21	535	8.0
2 Pres	100	200	28	568	8.5

LM - 2500					
1 Pres	157	315	27	778	11.7
1 Pres	128	256	31	784	11.8

參考資料

- 工程用 蒸氣 所要量 : 50 psig 에서 500×10^6 Btu / hr
- 蒸氣가 가스터어빈의 複合사이클에서 가스터어빈의 數를 조절하여 50 psig 의 蒸氣需要에 맞췄다.
- 燃料節減은 電力會社의 發電 및 送配電에 10,000 But / kwh 를 가정한다.

그림 10. 蒸氣터어빈과 蒸氣 - 가스터어빈의 複合에 의한 熱併合發電

低圧工程用氣用所要量이 $500,000 \text{ b} / \text{hr}$ 이하인 경우에 대한 效率인 熱併合發電에서 電力生産은 850 - psig 의 蒸氣터어빈方式에서 35 MW 로부터 複合蒸氣터어빈 - 가스터어빈方式에서 157 MW 까지 이른다. 發電量에 있어서 4 대 1 이상 차이가 나므로 熱料節約量이 單純한 蒸氣터어빈方式의 年間 300,000 bbl 으로부터 複合사이클方式에서는 年間 780,000 bbl 에까지도 증가한다.

熱併合發電의 投資費와 運轉費用

○ 一般

國家的 觀點에서 모두 購買電力을 使用할 때나 熱併合發電을 使用할때의 總相對的인 投資費나 運轉費를 조사해 볼 가치가 있다.

熱併合發電方式을 使用하는 것이 產業界에 經濟的이라고 할 때 이것은 產業體에 追加的인 投資가 必要함을 뜻한다. 그러나 產業體用 低圧工程用蒸氣보일러 投資費와 產業體에 電力을 供給하기 위한 發電 및 送電設備에 所要되는 投資費에 比하면 總投資費는 낮아짐을 의미한다. 熱併合發電에 있어서 보일러價格은 高圧蒸氣使用으로 극히 一部 증가될 뿐이며 流量, 燃燒裝置, 및 기타 처리장치의 증가에 따른 추가부담이 있다.

에너지節約의 가능성은 높음에도 불구하고 小

型熱併合發電設備의 經費(投資費, 運轉勞務費, 維持費 等)가 비싸므로 追加投資費에 對한 回收率이 낮아진다. 또한 稅費에 對한 回收率이 낮아진다. 또한 稅制上的 혜택이나 補助金制度가 적용될 때에도 總節約에너지는 小型으로서 地業적인 것만 고려하기보다는 大型産業熱併合發電이 적용될 때 더욱 커지게 될 것이다.

○ 投資費

그림 11에서 購買電力과 工程用 보일러를 使用할 때의 投資費와 蒸氣터어빈 方式의 熱併合發電을 使用할 때의 投資費를 比較한다. 여기서의 容量은 150 psig(1034 kpa)의 蒸氣로서 250×10^6 Btu (264 GJ) / h 의 熱, 50 psig (345 kpa)에서 250×10^6 Btu (264 GJ) / h 의 熱과 50 MW의 工程用 電力이다. 購買電力을 使用할 때 發電과 送配電에 \$ 800 / kw 의 投資費가 所要되는 것으로 생각할 때 4,200 만 달러의 投資費가 必要하다. 여기에 工程用 蒸氣보일러價格을 合하면 石炭燃燒用의 경우 總投資費는 8,100 만달러, 石油用의 경우 5,700萬달러가 必要하게 된다. 單一自動抽氣非復水式蒸氣터어빈을 使用하는 熱併合發電에서는 34 MW의 購買電力을 줄일 수 있고 이 때의 投資費는 石炭用이 5300 만 달러, 石油用이 2800 만달러이다. 그러나 아직도 約 20 MW의 電力은 購買하여 使用하여야 하며 이 때에 投資되는 費用이 그림의 上部에 나타나 있다.

같은 그림에 二重自動抽氣復水터어빈을 使用하므로써 생기는 追加投資費를 나타내고 있다. 이 터어빈을 使用하면 發電設備에서 피크負荷가 必要한 경우 어느때라도 追加動力의 供給이 可能하게 된다. 그림의 자료는 80 MW의 容量을 기준으로 한 것으로 工程에서 必要한 全量의 蒸氣와 工程用으로 50 MW의 電力과 外部로 20MW의 電力을 送電할 수 있다. 이로 인한 실제 効果는 單一抽氣터어빈의 경우 20MW를 供給받아야하고 二重抽氣의 경우 20 MW를 外部로 供給할수 있으므로 40 MW에 해당한다. 이 方式의 熱併合發電投資費는 石炭燃燒用의 경우 15

9%가 더 必要한 6100 만달라이며 油類用에서는 20%가 증가한 3300 만달라가 된다. 즉 40MW 電力의 追加生産에 대한 追加投資費는 油類用的 경우 \$ 150 / kw, 石炭用的 경우 \$ 190 /kw 가 된다.

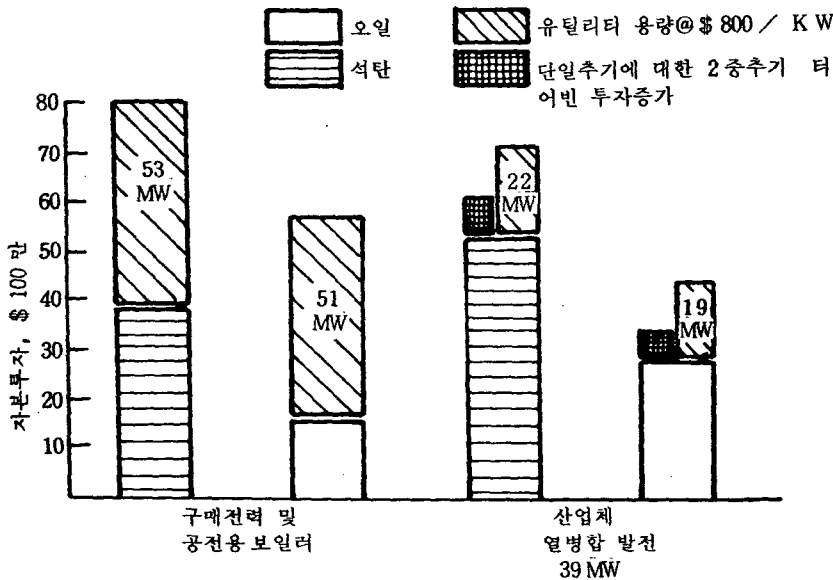
위의 모든 경우에 대하여 基本容量的 50%負荷用 보일러 3 臺를 설치하여 보일러 중 1 臺가 검사나 수리를 하는 경우 定常的인 工程用蒸氣를 供給할 수 있는것으로 가정하였다. 二重抽氣 터어빈方式에서는 2 臺의 보일러容量으로 工程用定常抽氣가 이루어지고 復水器로의 最小流量이 흐를 수 있는 터어빈蒸氣量을 供給할 수 있도록 하였다. 보일러의 檢査와 補修는 時間計劃에 의하여 이루어질 수 있으므로 工場內에서 必要한 電力이나 電力시스템에서 負荷가 높아 20

MW를 販賣하여야 하는 경우 여분의 보일러를 항상 使用할 수 있는 것으로 생각하였다. 發電所의 電力供給시스템이나 單一抽氣터어빈方式에서는 여분의 設備를 고려에 넣지 않았다.

○ 運轉費用

熱併合發電에서의 運轉費用이 石炭燃燒用在來의 方式과 비교하여 그림 12 에 나타나 있다. 여기서 熱併合方式의 年間 運轉費用이 훨씬 낮음을 알 수 있다.

在來의 方式에 있어서 産業用에너지 供給시스템에 所要되는 總運轉費用은 石炭價格 \$ 2.50 / 100 만 Btu, 購買電力 5 센트 / kwh 를 기준으로 할 때 年間 3770 만달라가 된다. 單一自動抽氣非復水式터어빈을 使用할 熱併合發電方式에서는 年間 運轉費用이 1000 만달라 감소된다.



參考資料

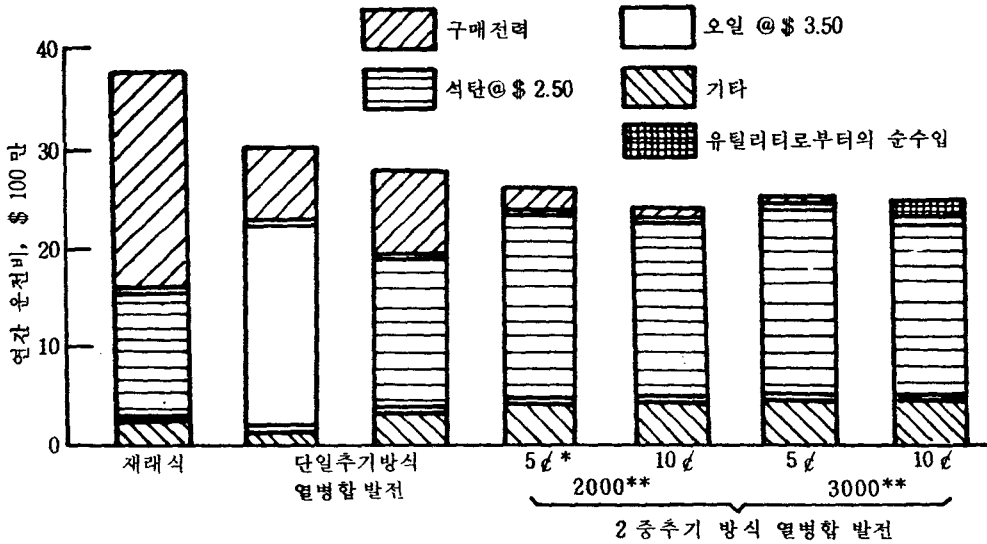
- 工程用 所要量: 50 MW의 電力과 150 psig 및 50 psig 蒸氣 各各 250×10^6 Btu/hr
- 定常運轉條件: 150 psig 및 50 psig 蒸氣를 各各 250×10^6 Btu/hr 供給, 터어빈容量은 한 쪽의 壓力에서 400×10^6 Btu/hr 를 供給할 때 다른 壓力에서 100×10^6 Btu/hr 供給
- 點으로 표시된 部分은 1450 psig, 950 °F 의 蒸氣터어빈에서 二重抽氣터어빈을 使用함으로써 單一抽氣터어빈보다 追加되는 投資費를 뜻한다. 二重抽氣터어빈의 容量은 모든 보일러를 使用하여 20 MW의 電力을 外部로 供給할 수 있도록 한다.
- 容量 半의 보일러 3 臺로서 1 臺는 대기용이며 1 臺의 터어빈- 발전기로 구성

그림 11. 工程用 보일러와 蒸氣터어빈 熱併合 發電시스템의 投資費

石炭 이외의 燃料나 購買電力의 價格이 달라지는 경우의 運轉費用도 추산이 가능할 것이다.

二重抽氣터어빈을 使用하면 運轉費用은 더욱 節減될 수 있다. 특히 電力供給시스템이 피크負荷에 있을 때 電力을 적절한 값으로 販賣할 수 있으면 그 절감액은 電力價格으로 터어빈을 最小復水器流量근방에서 運轉하여 購買電力을 거의 一定하게 유지하면 그 節約額은 單一抽氣터어빈方式에 比하여 적게 될 것이다. 그러나 電力生産량이 증가함에 따라 節約額은 커지게 된다.

예를 들면 二重抽氣터어빈을 年間 6400 時間을 最小復水器流量근방에서 運轉하여 追加電力을 生産으로 20MW를 年間 2000 時間 販賣할 때 販賣價格을 購買電力價格과 같이 5센트/kwh 로 하면 年間 運轉費用은 2630만달러로 줄어든다. 만약 電力을 10센트/kwh 로 販賣한다면 年間 200만달러가 追加로 節約된다. 또한 電力을 10센트/kwh 의 價格으로 販賣할 수 있을 때 産業體는 年間 3000 時間 20MW를 販賣하고 5400 時間 5센트/kwh 의 價格으로 14



** 石炭價格 : \$ 2.50 / 백만 Btu
 * 販賣價格 센트 / kwh
 ** 電力會社로의 20 MW 電力年間 供給時間

參考資料

- 資本投資는 포함되지 않았다.
- 50 MW 의 工程用電力을 年間 8400 時間供給
- 工程用 熱供給, 10⁶ Btu/hr

150 psig	50 psig	hr / yr
250	250	4200
400	100	2100
100	400	2100

- 購買電力 : 5센트 / kwh
- 20 MW 電力販賣 : 5센트 / kwh 와 10센트 / kwh

그림 12. 工程用 보일러와 蒸氣터어빈 熱併合發電에서의 年間 運轉費用

MW를 購買하여 電力會社로부터 200 만달라의 純收入을 얻을 수 있다. 이를 그림 12의 右側에 표시하였다.

현재에 와서의 추세는 電力을 外部로 供給販賣하지 않는 경우에도 二重抽氣터어빈을 設置함으로써 이윤을 낼 수 있을 것으로 판단하고 있다. 이 경우 熱併合發電設備로는 追加의인 動力을 生産하여 電力會社로부터의 價格이 높은 主간에 購買動力을 줄일 수 있다.

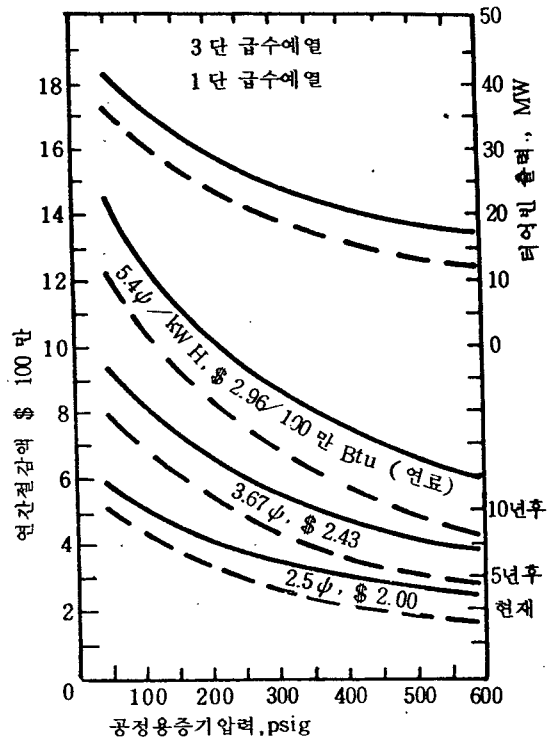
經濟성과 稅制의 혜택

自由經濟體制에서는 個人이나 會社は 各種 方案을 追加投資에 대한 予想回收에 기반을 두고 評價한다. 또한 投資가 工場의 에너지使用量을 줄이고 限定된 에너지源을 節約할 수 있는 때 經營上에 副加的인 利點을 가져온다.

歷史적으로 볼 때 産業體에서는 連續工程을 갖는 工場에서 最小需要 5000 kw의 電力과 100,000 lb(45,360 hg) / h 있을 때 經濟的인 것으로 알려져왔다. 그러나 熱併合發電의 經濟性에는 많은 파라미터들이 관련되어 위의 例보다 더 작은 規模에서 經濟性이 있을 수도 있고 더 큰 規模에서도 非經濟的인 경우도 있다. 어느 時點에 있어서 制限된 資本으로서 新製品의 開發, 生産확장 등 때문에 熱併合發電에 시도되지 못할 수도 있다. 또한 制限된 資本으로서 會社에 따라서는 會社の 市場規模를 확장시키는데 投資하기보다는 熱併合發電에 所要되는 것과 같은 運轉費用을 감소시켜 投資回收率을 높여라하기 때문이다.

미래의 産業에너지價格에는 不確實性이 많이 있다. 여러가지 제안을 볼 때 産業體에서 購買하는 電力價格은 燃料價格보다는 빠르게 上昇될 것으로 보인다. 이러한 상황에서는 經濟性에 重要한 영향을 끼치게 되어 産業體 熱併合發電의 量的 팽창이 가능하게 된다.

에너지價格이 上昇됨에 따른 年間 節約額이 그림 13에 나타나 있다. 여기서 熱併合發電시스템은 1450 psig - 950 °F의 熱氣터어빈으로



參考資料

- 터어빈의 入口蒸氣 : 1450 psig, 950 °F
- 工程用 蒸氣 : 600 psig 까지의 壓力에서 500 × 10⁶ Btu / hr
- 購買에너지價格의 予想上昇率 : 燃料에 대하여 4%, 電力에 대하여는 8%

그림 13. 蒸氣터어빈熱併合發電에서 年間節約額에 대한 燃料費와 電力費의 영향

500 × 10⁶ Btu (527GJ) / h의 蒸氣를 各種 壓力에서 供給하는 경우이다.

그림의 아래쪽은 燃料價格 \$ 2 / 백만 Btu (\$ 1.90 / GJ), 電力價格 2.5 센트 / kwh 톤 기준 으로한 것이다. 쇠선은 1 段의 給水豫熱을 使用하는 경우를, 實線은 3 段의 給水豫熱裝置가 쓰일 때 副産電力生産이 증가 되어 節約額이 증가됨을 나타낸다. 여기서 燃料價格이 年間 4% 上昇하고 電力價格이 8%씩 上昇한다고 가정하면 5 年後에 電力價格은 3.7 센트 / kwh, 燃料價格은 \$ 2.43 / 백만 Btu 가 되어 그림의 2 번째

에 표시한 것과 같이 된다. 또한 10年後에는 電力은 5.4 센트, 燃料은 3 달라가 될 것이다. 이러한 에너지價格上昇을 예상할 때 熱併合發電에 의한 에너지費用節減額은 50 psig 蒸氣를 500×10^6 Btu / hr 必要로 하는 경우 現存에는 年間 550 만달라가 되고 5年後에는 年間 850 만달라, 10年後에는 1400 만달라가 된다.

42000 kw 容量의 熱併合發電設備에 대한 追加投資費가 kw 당 300 달라라고 하면 이 投資費는 購買에너지價格에 있어서 初年度 節減額을 2 倍를 약간 넘는 액수이다.

副產電力量的 터어빈배기압력에 따른 영향이 그림의 왼쪽 두 曲線에 표시되어 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 50 psig 배기압력에서는 4000 Btu (4220 GJ) / kwh 의 熱消費率로 42,000 kw 를 發電할 수 있으나 600 psig 의 배기에서는 17,000kw 로 감소된다.

熱併合發電에 대한 利點이 높아짐에 따라 이전까지는 고려하지 않았던 分野까지 관심을 가지게 될 전망이다. 그리고 現在 제안된 法案이 시행되어 熱併合發電에 追加의인 經濟的 (稅制面)인 利點을 부여하게 되면 熱併合發電시스템의 數的 증가가 크게 있을 것이다.

投資에 대한 稅制혜택과 減價償却이 에너지節減과 運轉費用節減을 위한 投資의 이윤에 끼치는 영향을 그림 14 에 표시하였다.

參考資料

- 所得稅率: 國稅 46 %와 地方稅 7 %
- 財産稅와 保險率: 5 %
- 利子は 고려하지 않는다.
- 裝置수명: 25 年

그림 14. 減價回收率에 대한 投資金の 稅金감면과 減價償却期間의 영향

이 그림에는 稅金減免率 0~40 %, 減價償却 5~25 年에 對한 資料가 나타나 있다. 여기서 償還期間(GPO)은 熱併合發電에 所要되는 追加投資費를 年間節約運轉費로 나눈 값이다.

實際에 있어 償還期間이 2年인 경우는 드물다. 그러나 5年의 償還期間과 5年의 減價償却 年限인 計劃에서 稅金補償의 比率을 20 % 에서 30 %로 높일때 減價回收率은 16 %에서 20.4 %로 증가한다. 따라서 產業體의 投資에 대한 回收기대율이 20 %라면 稅金補償率을 30 % 하고 減價償却期間은 5年으로 함으로서 熱併合發電計劃을 可能하게 할 수 있다.

稅金補償率을 30 %로 하고 減價償却期間을 25年에서 5年으로 줄임으로서 減價回收率은 14 %에서 20.4 %로 늘어나게 된다.

그러므로 보통 投資回收期間이 4~5年인 熱併合發電 시스템에 있어서 稅制의 혜택은 이 計劃의 實行에 重要한 역할을 하게된다.

