

# 우리社の 電氣使用合理化에 對한 成果

## (熱併合發電設備를 中心으로)

梁 麒 龍

서울味元(株) 原動部長

우리會社の 主製品는 그루타민산소모다로서 年間 약 4 만톤의 調味料를 生産하여 國內市場은 물론 日本, 美國, 유럽 등지에 수출하고 있다. 그루타민산 醗酵시켜, 回收, 結晶하는 工程으로 構成되어 있어서 他産業에 비하여 비교적 燃料나 電力을 많이 쓰는 業種에 속한다.

우리會社에서도 에너지가 차지하는 費用負擔을 줄이기 위하여 약 4 年前에 熱併合發電設備를 導入하여 현재 稼動中인데, 本稿에서는 熱併合發電을 計劃·設置하여 지금까지 運轉해 오는 동안의 經驗談과 現況을 紹介할가 한다.

### 1. 設備概略

主要한 電力設備現況은 다음과 같다.

受 電 設 備 : 18,000kVA

熱併合發電設備 : 11,000kW × 1 基

非常用發電機 : 1800kW 디젤엔진

電動機, 3.3kV : 131台, 26,650HP

低壓 : 1,296台, 19,900HP

進相用캐파시타 : 5,000kVA

### 2. 熱併合發電設備의 導入動機

73年 石油波動이래 에너지費用 負擔이 점점 늘어남에 따라 에너지費用 節減을 위한 部門別, 裝置別로 研究, 檢討하여 長·短期對策을 樹立하였다. 그 중에 하나가 蒸汽發生設備의 熱效率을 높이고 買電

料金を 줄일 수 있는 것이 熱併合發電設備의 導入이라는 點에 意見이 모아졌다. 本發電設備를 計劃할 당시에 보일러 總容量은 167T/H(12基) 이었고 蒸汽使用量은 平均 110T/H이었으며, 電力負擔는 平均 11,500kW정도이었다.

보일러는 12基 全部를 稼動했는데 設置된지 3~10年以上 된 것들이어서 性能이 不良한데다가 燃燒管理가 적절히 이행되지 못하여 熱效率은 80%程度로 낮은使이었고, 특한 老朽한 탓으로 故障이 빈번하여 많은 어려움을 겪어야 했으며 維持補修費가 過重하게 所要되는등, 非經濟的이었다.

이와같은 狀況에서 熱併合發電을 導入키로 決定하고 그 容量은 보일러 130T/H, 터빈發電機 11,000kW로 計劃하였으며, 78年初에 3個 메이커를 경쟁입찰에 참여토록하여, 그중 日本의 三井造船과 設置契約을 체결하였다.

### 3. 熱併合發電設備의 主要仕様

#### 3-1 發電機

種 類 : AC 3相 同期發電機, 全閉 水-空冷式  
정격출력 : 12,941kVA (11,000kW)

電 壓 : 3,300V

周波數 : 60Hz

回轉數 : 1,800rpm

여 자 기 : Brushless Type

제 작 자 : 日本 明電舎

### 3 - 2 터어빈

종 류 : 증격식 排壓터어빈  
출 력 : 11,000kW  
회 전 수 : 7,393rpm  
증기, 入口 : 59kg/cm<sup>2</sup>g 440°C 116,700kg/H  
出口 : 7.5kg/cm<sup>2</sup>g, 225°C  
제 작 자 : 日本 三井造船

### 3 - 3 보일러

형 식 : 水管式, 屋外型  
최대증발량 : 130T/H  
最大壓力 : 70kg/cm<sup>2</sup>g  
증기 압력 : 62kg/cm<sup>2</sup>g  
증기 온도 : 445°C  
燃 料 : 벙커 C 油  
통 풍 방식 : 強制通風  
効 率 : 91% (設計)  
제 작 자 : 日本 三井造船

## 4. 系統構成

### 4 - 1 熱併合發電이란 ?

電력을 生産하기 위한 發電方式에는 여러 가지가 있지만 대부분의 경우, 그 裝置의 理論的인 原理나 實際應用上에 불가피하게 많은 熱을 폐기하거나 回收가 不可能하도록 되어 있는데, 熱併合發電에서는 電력을 發生시키고 나오는 廢熱의 全部 또는 一部를 回收하여 再使用하도록 System化 되어 있는 設備라고 말할 수 있다. 예를 들면 일반 商業用 火力發電所의 경우 터어빈을 돌리고 나오는 莫火한 量의 水蒸氣를 同時에 使用할 消費處가 없어 水蒸氣를 復水器내에서 高真空度를 維持하면서, 凝縮水溫度를 可能한限 내리도록하여 터어빈사이클의 効率을 높이고 있지만, 그實은 엄청난量의 冷却水를 순환시켜 莫火한 熱을 江 또는 바다로 흘려 내보내지 않을 수 없도록 되어 있다는 것은 누구나 다 잘 아는 사실이다. 이것이 바로 復水-터어빈發電이지만 그原理나 實際應用上 어쩔 수 없는 일이라 하겠다.

우리 熱併合發電에서는 터어빈을 돌리고 나오는 蒸氣全量을 곧 바로 同時에 各工程에 보내어 熱源으로 쓰도록 하는 排壓터어빈을 採用하였다. 바꾸어 말하면 工程에서 使用하는 蒸氣量의 순시치에 비례하여 發電을 하도록 되어 있어서 廢熱이 發生하지

않기때문에 熱에너지의 利用効率が 아주 높게 운전되고 있다. 일반 復水터어빈發電所의 熱効率が 大容量인 경우 40% 程度이지만 熱併合의 경우는 86% 이상이 된다.

### 4 - 2 電力系統構成

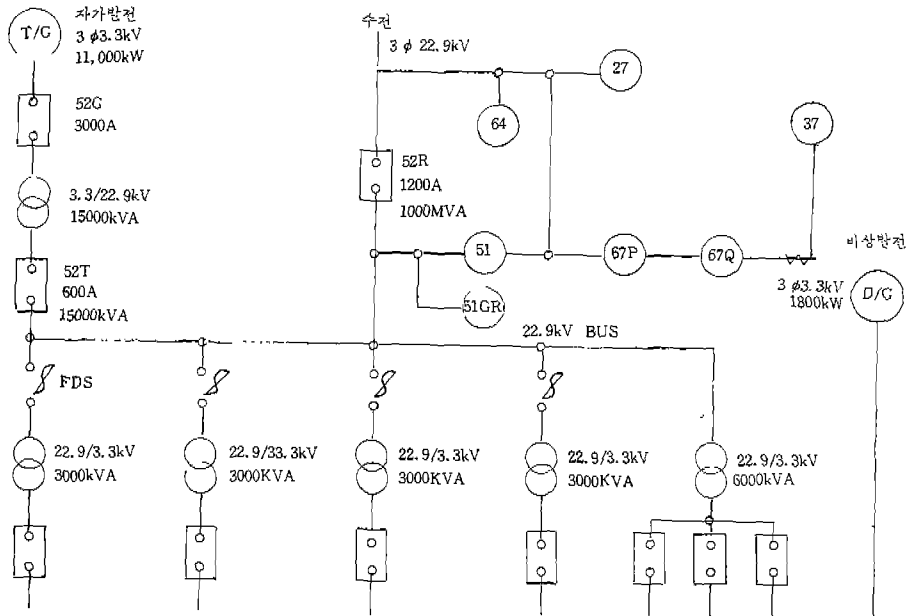
앞에서 紹介한바와 같이 우리 熱併合發電은 工程 蒸氣使用量의 순시치에 비례하여 發電하도록 되어 있기 때문에 當初부터 電力公社의 電力系統과 常時 並列運轉을 하도록 設備되어 있다. 기존의 系統은 도봉s/s로부터 22.9kV 單獨受電하여 구내배전은 3,300V, 220V로 降壓하여 供給하고 있는데 熱併合發電은 3.3kV 電壓을 22.9kV로 昇壓하여 22.9kV BUS에서 系統과 並列토록 되어 있다.

計劃當時에는 構内配電電壓이 3.3kV이므로 發電 端電壓도 그에 맞추어 3.3kV BUS에 連結할 것으로 構想하였으나 기존 3.3kV BUS 改造作業이 長時間이 所要될 것으로 豫想되어 計劃을 變更하여 22.9kV로 昇壓하여 並列토록 하니 昇壓用 15MVA 變壓器의 電力損失負擔이 문제점으로 남게 되었다. 並列投入은 계통도에서 보는 바와 같이 수전용차단기 52R, 승압용차단기 52T와 發電기용 차단기 52G로 하고 있으며 投入操作은 自動同期指令裝置가 電壓, 周波數와 位相등을 檢出, 比較調節하여 自動으로 投入토록 하고 있다.

發電機는 常時 電力會社系統과 並列運轉하게 됨으로서 受電端에는 51, 64, 51GR, 27계전기외에도 67P, 67Q와 37등의 계전기를 追加設備하였다.

67P는 發電機로부터 有効電力이 受電端밖으로 흘러나갈 경우에 동작하는 逆送電防止계전기이고, 67Q는 電力系統의 地絡事故時에 無効電力이 흘러나감을 感知하여 電力系統事故가 發電機에 과급되는 것을 防止하기 위한 것이다. 37계전기는 電力會社의 無警告停電時나 逆送電直前에 즉, 受電端에 흐르는 電流의 最少值에 動作하여 수전용차단기를 차단시켜 발전기를 單獨 運轉하도록 하기위한 것이다. 並列運轉을 하다가 어떤 事由로 인하여 수전용차단기가 끊기고 電力系統과 分離되어 單獨運轉으로 突入하게 되면 發電機의 過負荷保護를 위하여 미리 선택된 負荷의 回路를 차단하도록 되어 있는데, 이때 工程에서 消費하는 蒸氣量과 發電量과의 平衡維持가 가장 重要한 문제로 된다.

電力負荷에 比하여 蒸氣使用量이 많으면 餘分の



전력계통도

증기는 터빈을 바이패스하도록 하여 안정된 운전을 계속할 수 있지만, 만일 증기사용량이 적을 경우에는 증기를 일부 대기放出하여電力과 증기의 밸런스를 맞추어 주는데, 그래도 밸런스維持가 안 될 때는 低周波數계전기가 動作하여 發電機마저 트립되는 경우도 있다.

### 4-3 蒸氣系統構成

기존 보일러 12기를稼動할때는 보일러가 제 1기관실과 제 2기관실로 분리설치되어 있어서 운전이不利함은 물론 蒸氣配管도 복잡하게 엉키어 있어서 배관관리도 어렵고 熱損失도 막대하였으므로, 熱併合發電設備을 計劃함과 동시에 당시의 韓國 熱管理協會에 의뢰하여 蒸氣配管合理化診斷을 얻어 그 진단案에 따라서 증기배관을 대폭으로 정리정돈하였다.

## 5. 設備補完

### 5-1 電氣的인 트립事故防止

冬節期에 試驗運轉을 着手하여 80年2월에 性能試驗을 完了하고 일단 營業運轉을 開始하였으나 豫期치 못했던 어려움이 많았다. 그중에서도 가장 큰

問題가 電氣的인 트립事故이었다. 80年2月부터 12月末까지 11個月동안 트립事故件數가 무려 55件에 달했다. 트립事故內容은 주로 計器誤動作, 계전기의 協調不良등, 단시간에 복구가 가능한 것들이었으나 55件中에 터빈發電機나 보일러가 트립된 것이 44件이나 되었으며 55件을 發生要因別로 추적하여 本結果, 外部 系統事故 波及에 의한 것이 32件이고, 發電所자체의 誤動作事故가 16件, 構內動力設備의 不良에 의한 것이 7件 등으로 나타났다. 우리는 당혹했다. 熱併合發電機를 설치했는데 어째서 停電이 되느냐고 따져 묻는다면 변명하기 어렵게 된다. 유틸리티도 다른 商品이나 마찬가지로 좋은 品質, 充分한 量, 저렴한 價格등 세가지 條件을 滿足시켜 주어야 하나 品質面에서 問題點이 있었던 것이다.

原因分析을 한 결과,

① 系統事故과급에 의한 것은, 불과 數사이클동안의 低電壓現象으로 因하여 보일러의 計裝電源이 喪失되는데에 原因이 있다.

② 發電所자체의 誤動作事故는 可能限한 防止할 수 있다.

③ 構內動力設備에 의한 것은 계전기협조가 잘 안 되는 것이 원인이다.

그 對策으로서 다음과 같이 補完한 결과 트립사 고는 대폭 감소되었다.

① 순간적인 低電壓에 의한 것은 발전소 내의 DC電源을 利用하여 定電壓定周波裝置(CVCF)을 도입한다.

② 主要機器의 停止回路에는 시간지연계전기를 설치한다(2秒 이내 停止防止).

③ 20個의 構內配電線路에 短絡保護用 순시동작용소가 붙은 계전기로 교체하고 계전기의 정정치를 再 調整한다.

## 5-2 터어빈排壓低下

設計上의 터어빈排壓은 7.5kg/cm<sup>2</sup>로 되어 있으나 실제 운전을 실시해본 結果, 工程에서 실제로 必要한 蒸氣壓力은 6.2kg/cm<sup>2</sup>이면 분하다는 결론을 얻었으며 터어빈排壓을 6.2kg/cm<sup>2</sup>로 낮추어 운전할 경우 發電機出力은 主蒸氣 100T/H를 基準할때 9,450kW에서 700kW만큼 增加한 10,150kW를 發電할 수 있다는 것을 알게되어 減壓운전을 하기로 하였다.

이 경우 터어빈메이커의 建議에 따라 터어빈過負荷 防止口의으로 發電量 制御調節裝置를 追加하였으며, 結果서 受電量制限調節裝置도 設置하였다. 또한 蒸氣를 大氣中에 放出시키는 장치도 自動化하여 發電機單獨운전시의 蒸氣量과 發電量의 밸런스문제도 解決하였다.

## 6. 經濟性

熱併合發電設備의 施設投資費는 計劃當時보다 많이 增加되어 內資25억원, 外資18억원등 合計43억이 소요되었으며 建設단가는 kW當 약 390,000원씩 소요된 셈이다. 계획 당시의 投資費 回收期間은 약4年으로 推算하였으나, 現時點에서 추측할때 回收기간은 시운전완료로부터 약5년정도 소요될 것으로 推산된다. 82年度의 운전실적을 참고하면 年間總發電量은 63,424MWH로서 全体電力사용량에 대한 發電

比率은 69.9%이었으며 이 電力量을 電力會社로 부터 受電하였을경우 電氣料金は 약29億원을 추가 支拂하였을 것이다.

## 7. 問題點

### 7-1 蒸氣使用量減少로 인한 發電量 減少

工程은 증기사용량은 에너지節減方針에 따라 老朽機器의 代替, 高効率機器의 導入과 合理的인 運用등으로 대폭 감소되는 추세에 있으나, 電力사용량은 좀처럼 감소되지 않고 있어서 發電比率이 점점 低下되고 있는 實情이다. 蒸氣使用量이 절감되면 全体的인 에너지費用도 절감되는 것은 當然한 사실이지만, 熱並合發電機의 本來의 口의인 發電比率을 提高시키는 문제가 當면한 課題로 되어 있다.

① 劃期的인 工程改善으로 電力使用量을 現水準에서 10~20%절감시킬 수 있는 方法은 없는지?

② 小量의 電力量을 使用하면서 蒸氣를 많이 使用하는 新製品을 개발할 수는 없는지? 여러 方面으로 研究하고 있지만 쉽게 풀리지 않는 것이 에너지절감사업인 것 같다.

## 8. 結言

하나의 새로운 設備를 導入함에 있어서 計劃으로부터 實際運用に 이르기까지 克服해야할 많은 逆境이 있고, 빈틈없이 세워진 計劃이 시행단계에서 많은 오류를 범하게 됨으로써 계획자체를 탓하기 일수이지만 특히 에너지절감사업은 과감하게 持續적으로 추진되어야 할 것으로 생각한다.

熱併合發電設備를 導入함에 있어서 技術的인 어려움도 많지만, 그보다는 거액의 投資가 뒤 따라야 하는 점에서 決心하는데에는 대담한 勇氣가 있어야 하겠고 에너지절감이라는 次元에서 볼때는 에너지多量消費企業에서는 꼭 한번 檢討해봄직한 設備라고 하겠다.