

熱効率上昇을 위한 火力發電所의 施設改善

金 濤 植
(韓電(株)群山火力發電所長)

〔1〕序 論

熱効率上昇을 위한 火力發電所의 施設改善이라는 것은 한마디로 表現한다면 그리 용이한 일은 아니다.

이미 設置 稼動하고 있는 發電設備를 最初의 新設備의 性能을 持續的으로 維持한다는 것도 設備가 노후화함에 따라 補修를 하더라도 性能이 떨어져 自然 熱效率이 低下되기 쉬운데, 이것을 반대로 上昇시킨다는 것은 누구나가 어렵다는 것은 수긍이 갈 것으로 본다.

따라서 性能維持를 위하여 운영실태를 파악하고져 既施設되어 있는 計測器를 통하여 항시 분석을 하여 檢討시정을 할 것은 하고, 性能試驗을 하는 등 恒常 關心을 가지고 性能 유지를 努力하고 있는 實情이다.

그러나 發電設備를 운영하여 나가는데 있어서 熱效率을 上昇시키는, 다시 말하여 損失을 줄일수 있는 요소는 있을 것이다. 다만 줄인 損失이 얼마 안되는 것과 比較的 무시 못할 것 등 여러가지 있을 수 있는 것이지만 어떻게 크고 작고를 논하지 않고 조금이라도 줄어나가도록 하면 종합적으로 볼 때 무시할 수 없을 것이다.

火力發電所에서 發電을 하는데 있어서의 損失은 復水設備의 損失과 보이라설비의 손실을 들수 있고 그외에 補助設備에서의 손실, 소내 소비전력의 절약 및 發電設備의 事故停止방지로 인한 손실방지도 한몫을 차지한다.

이러한 損失의 問題點을 해결하여 나가는 것이 더 나아가 施設을 改善하든가 혹은 새로운 施設을 裝置하여 熱效率上昇을 가져오게 되는 契機가 되는 것이다.

發電設備의 型式 種類가 다른 것이 있지만 根本的인 原理는 동일하다고 보며 熱效率上昇을 위한 問題點과 改善을 紙面關係上 여기서는 復水設備과 보이라설비에 대하여서만 검토하여 보 고져 한다.

〔2〕復水設備

(1) 復水設備의 問題點

터빈을 돌리고 나오는 증기는 復水器에서 냉각시키는데 이 냉각수의 온도, 水質, 냉각수의 포함된 浮遊物 등에 따라 문제점이 생기고 또한 冷却效果가 달라지고 따라서 復水器의 眞空度가 떨어져 效率이 저하되고 熱損失을 가져오게 된다.

發電所建設時 발전소의 설치 지점을 택할 때 냉각수의 얻는 條件을 살피는 것도 有益한 것이 된다. 그러나 여러가지 制限條件 또는 만족할 地点이 없는 경우도 있고 건설 이후에 漸次的으로 變化가 생기는 경우도 있는 것이다. 즉 공장이 들어서서 廢水가 많이 나오게 된다든지, 臨海工業團地區가 생기든지 하여 오염이 증가되는 것을 의미한다.

冷却效果가 떨어지는 要素는,

① 냉각수의 濁度 및 微生物의 附着 등으로 복수기관의 熱傳導率 저하로 오는 것.

② 복수기관이나 복수기관 입구에 해초류, 조개류, 其他浮遊物(木片, 비니루 등)의 부착 등으로 냉각표면적 감소로 냉각효과가 감소되는 것.

③ 土砂流入으로 복수기관이 마모, 조개 및 기타 異物이 관내에 끼여 Flow Attack를 유발시켜 파공으로 관을 Plug시켜 냉각효과 감소되는 것.

④ 복수기관의 内外側의 부식 및 침식으로 Plug시켜 감소되는 것.

⑤ 공장지대의 증가로 廢水의 오염과 온도 상승으로 인한 냉각효과와 감소도 문제가 된다. 等を 列擧할수 있으며, 管子가 파공되면 이것으로 오염된 보이라給水를 正常化시키는데 많은 열손실을 가져오며, 또 이것을 찾아내어 Plug시키는데까지 많은 시간과 여러가지 손실을 많이 가져오게 되는 것이다.

(2) 復水設備의 施設改善

冷却水의 條件에 따라 各各 施設이 다르게 되어 있고 냉각수의 조건이 변화함에 따라 여기에 適合한 施設改善이 필요할 것이다.

① Taprogge 設備

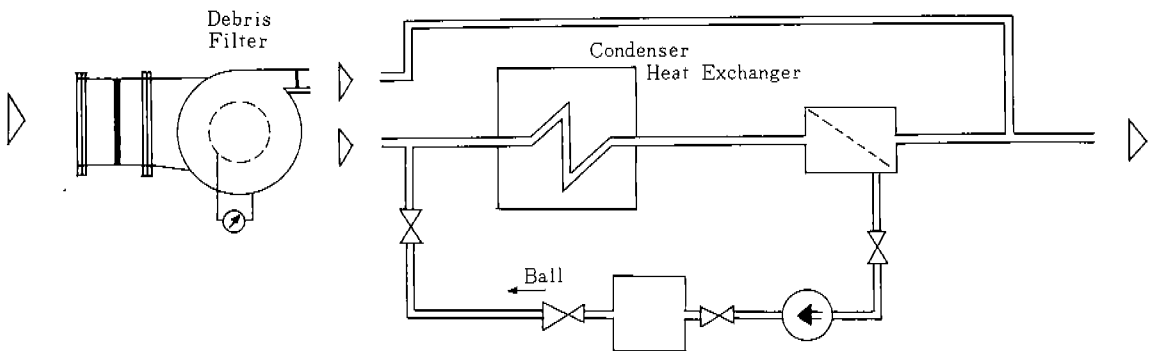
復水器管에 오염이 많이 생기는 것은 복수기에 Taprogge 장치를 시설하여 運用함으로써 效果를 견고 있다. 단 이때 문제되는 것은 Filter를 길이 방향으로 통과하여 복수기관 내에서 옆으로 끼어 이것 때문에 Ball이 들어가 관내에서 막히는 것이 간혹 있으므로 이것은 정기적으로 점점 제거토록 하여 관의 손상을 미연에 방지하는 것이 바람직하다(Fig 1參照)

② 鹽素注入 設備

조개류로 인한 관의 內塞現象을 방지하기 위하여 염소 주입처리를 하여 조개의 번식 및 성장을 억제하는 방법을 쓰고 있으며 운영비가 많이 들게 되는 단점이 있다. 요사히 전기식 방식이 개발되고 있는데 경제성이 고려되어야 할 것이다.

③ Washing 裝置

복수기관의 해초, 조개, 목편 등으로 폐쇄되는 현상을 해결하는 방법으로 Back Washing 장치를 하든가, Debris Filter(Fig 1參照)를 설치하여 效果를 얻고 있으며 이때 대부분 제거되지만 복수기관에 간혹 들어가 끼어있는 것은 제거되지 않는다.



(Fig 1) Taprogge cleaning System

이것은 적기에 점점 제거하여 관 파공이 촉진되는 것을 미연에 방지토록 하여야 한다.

④ 管摩耗防止施設

土砂로 인한 복수기관의 마모현상을 방지하기 위하여 모래가 많은 곳에서는 沈砂池를 설치하여 개선하고 있으며, 흙탕물이나 땀이 많은 곳에서는 침전시키기가 곤란하여 복수기관의材質을 내마모성 재질로 대체하는 방식을 택하여 방지하고 있다. 이때 熱傳導率이 떨어져 眞空度가 다소 저하되는 것이 문제이다.

침사지가 있어도 미립자의 모래가 유입되는 것이고, 또한 내마모성관을 사용하여도 관 유입구에서 마모가 촉진되므로 이를 방지하기 위하여 Vingle Tube를 사입하여 효과를 얻었지만 복수기의 비정상 상태 발생시(眞空度 低下, 復水器管 Leak check 등) 온도상승의 영향을 받아 오므라들어 부작용이 발생하므로 열에 견디는 네프론재를 대체, 이의 부작용을 방지 개선 효과를 얻고 있다.

⑤ Titanium Tube

복수기관의 부식을 방지하기 위해 Titanium Tube가 개발되어 있고 전부 혹은 부식이 예상되는 부분에 국부적으로 사용하는 경우도 있다.

⑥ 深層取水設備

공업단지 부근의 발전소에서 공장에서 폐수와 동시에 폐열로 냉각 수온이 상승 경향이 있고, 또 해안지방에서 조개 번식이 심한 곳에서는 조개로 인한 복수기관의 폐쇄 및 손상상태의 해결방안으로 表層水와 深層水 사이의 水温分離現象이 水深 약 3~4 m에서 이루어지고 있어서 水温差가 3~7℃(여건에 따라 변함) 생기고 있고 또한 4 m 이하의 수심에서 조개 성장이 거의 볼수 없는 등의 현상을 착안하여 냉각수를 수심 4~5 m 이하에서 深層取水함으로써 복수기의 장애도 없애고 복수기의 진공도도 높여 열효율을 향상시키는 2重效果를 얻고 있는 改善된 設備도 있다.

공업단지가 아니더라도 경제성 등을 고려하여 실층취수를 할수 있는 곳이면 시설하는 것

이 열효율 향상을 위하여 바람직하고 진공도710~680mmHg 범위에서 수온 1℃ 변화에 따라 평균 약 2mmHg의 진공도가 변한다.

⑦ 空氣洩入點檢

眞空度 低下要因의 하나로 무시 못하는 것은 眞空이 걸리는 系統設備에서의 空氣洩入問題이고 放置되면 效率低下는 물론 Unit Trip 까지 확대된다

이것은 운전중에 洩入되기 때문에 발견하기가 쉽지 않으나 운전이 지장이 없는 범위 및 시간내에서 系列로 기능을 일시 정지시킬수 있는 곳은 정지시켜 찾아서 補修를 하지만 그렇지 못한 경우는 정지하여 점점 보수하여야 하기 때문에 정지시는 이 系統設備를 반드시 Leak Check 하는 것이 중요한 것이다.

이상의 여러가지 設備施設들은 발전설비의 설치 지점에 따라서 實情이 다르므로 경제성 등을 고려하여 適合한 設備를 改善 및 補完하는 것이 좋겠고 또 지점에 따라서는 설치가 어려운 것도 있는 것이다.

實情에 따라 施設改善을 하였다 하더라도 이것을 운영하는 관리자들이 현상 파악을 하여 시기적절한 조치를 취하는 것이 매우 중요한 것은 말할것도 없으며 끊임없이 노력을 경주하여야 할 것이다.

[3] 보이라設備

(1) 보이라 설비의 문제점

보이라 설비에서의 熱效率 上昇을 기하려면 무엇보다도 燃燒를 잘 시켜야 한다는 것과 燃燒用 過剩空氣를 적게 사용하여 排氣熱損失을 억제하여야 한다.

火力發電所에서 主로 重油專燒와 石炭重油混燒設備를 施設하고 있으며 이에 대하여 考察하여 보기로 한다.

보이라에서 연료를 연소시킬 때 될수 있는대로 低過剩空氣率 即 理論空氣量에 近似值로 연

소시키는 것을 일반적으로 低過剩空氣燃燒, 低空氣比燃燒, 또는 便宜上 低O₂燃燒라고 부르고 있으며 중유전소 보일러에서는 O₂ 1%(과잉 공기율 5%) 이하가 보통이고 O₂ 0.2%라는 낮은 기록치도 전해지고 있다.

저과잉 공기연소를 하면 보일러의 배기손실은 감소되면서 또한 通風機의 所要動力도 감소되고 어느 정도 이하로 O₂를 줄이면 未燃燒損失의 증가와 既設보일러에서는 있을 수 있는 증기 온도의 저하와 때에 따라서는 이를 보완하기 위하여 Gas再循環通風機의 動力增加가 예상되어 이들의 감소와 증가를 고려하여 效率上昇의 適正한 限界值까지 O₂를 줄이는 것이 바람직하다.

석탄혼소 보일러에서는 微粉炭의 微粉度の 수시 변화, 탄질의 변화, 混燒率의 변화, 出力變化 등 複合的 變動要因이 많기 때문에 持續的으로 不完全燃燒를 일으키지 않으면서 O₂를 감소시키는 것이 용이한 것이 아니고 따라서 중유전소에 비해 O₂는 1.5~2.5선이고 높게 된다.

저과잉 공기연소를 하는데 있어서 문제점은,

① 각 Burner의 容量의 Unbalance로 불완전 연소를 일으켜 과잉공기를 많이 주게 되는 것.

② 供給되는 과잉공기의 Unbalance로 필요 이상 공기를 더 공급되는 것.

③ 따라서 空氣豫熱器의 閉塞障害가 자주 발생하고 부식이 촉진되어 空氣豫熱效果도 감소되고 通風機動力損도 증가되며 Unit 정지하여 공기에열기를 Washing하는데 따르는 動力損, 起動損失도 附隨된다.

④ 微粉炭混燒보일러에서는 上記①, ②項以外에 微粉炭Burner에서 容量의 Unbalance, 微粉度の Unbalance 및 탄연소용 과잉공기의 Unbalance 등으로 과잉공기를 더 주게 되는 것

⑤ 그러나 微粉炭연소에서는 탄질 및 ④항의 조건을 조정하더라도 Ash의 未燃分이 발생케 되고 이 열량손실이 또한 큰 比重을 차지한다. 그렇지만 중유전소 때와 달리 공기에열기의 閉

塞障害는 없고 부식도 안 생기지만 Fly Ash의 마모가 있으나 큰 문제는 되지 않고 있다.

(2) 보일러設備의 施設改善

중유전소와 석탄혼소에 따라 각각 시설이 다르게 되어 있는 것은 물론이고 또한 같은 중유전소 혹은 같은 석탄 혼소에서 시설이 다른 것이 있으므로 각 시설의 문제점을 검토, 적합한 시설 개선이 필요하게 될 것이다.

① Oil Burner

Oil Burner容量의 Unbalance는 각 Burner의 配置에 따라 높이 방향의 Head差는 물론 같은 Level이라도 配管 길이에 따라 Burner 入口에서 Oil Pressure의 不均一이 생기기 쉽기 때문이다.

따라서 각 Burner에 壓力計를 붙여서 壓力을 均一하게 될 수 있도록 조정하는 것이 필요하고 또한 각 Burner에 Flow Meter를 붙여서 Flow가 均一하게 되는가 확인, 강구책을 세워 均一하게 개선하여야 한다.

이와같은 개선은 각 Burner Tip의 精度가 精密하게 같도록 조치하고 이루어져야 하고, 매우 중요한 것이며 연소의 Unbalance를 방지하게 되고 완전연소와 저과잉 공기연소를 도모할 수 있게 되는 것이다.

그리고 Burner Tip의 精度가 높은 것이라도 사용중 Deposit가 자주 부착되기 쉽고 또 마모가 되므로 주의깊게 관리하여야 한다.

② Burner Throat Register

Burner Throat부의 연소용 공기의 흐름은 연소부분에서 기름과 연소용 공기의 良好한 混摻을 얻는데 대단히 중요한 문제이다. Burner에서 기름과 공기와의 혼합이 잘되면 Flame은 짧아진다.

Flame의 良好한 着火를 유지하기 위하여서는 Throat에서 円筒狀態로 直線部를 갖게 하여 공기의 흐름이 직선으로 하는것이 연소하는데 效果的이라고 하고 있으며 Register도 從來는 공기가 旋回흐름을 하는 Vane Type Re-

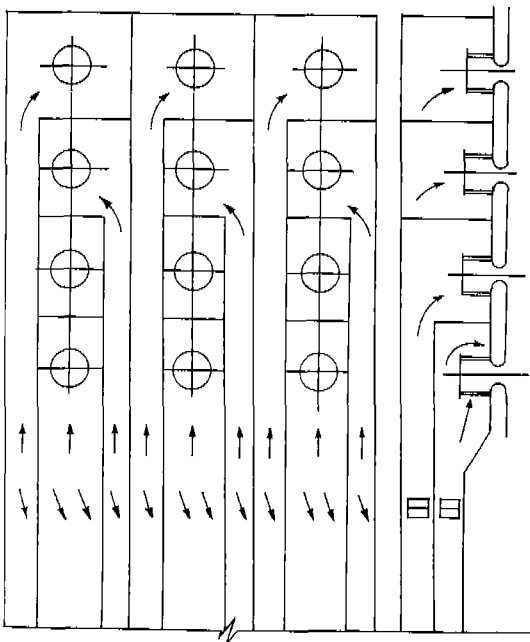
gister를 사용하였으나 Sliding Sleeve로 되어 있는 Parallel Register도 개발되어 있고 공기가 Burner軸에 平行으로 流入되도록 하고 있으며, 이것은 Air Flow조정 가능한 것과 운전 휴지 중에 있는 Burner의 空氣洩入이 적은 것이 特徵이다.

③ Windbox

공급되는 과잉공기의 Unbalance도 低過剩空氣燃焼를 실시하는데 더욱 문제가 되고 각 Register에 공급되는 공기량이 될 수 있는 한 均等하게 分配되는 것이 중요한 것이다.

따라서 각 Burner의 공기 통로를 分割하여 각기 Damper를 설치하여 공기량을 조정하도록 하는 것이 바람직하며 最近의 大型 Boiler는 이 Seperate Windbox를 採択하고 있으며 운전 실력은 良好하고 개개의 Burner의 燃焼狀況을 관찰하면서 연료에 적합한 공기량을 공급하여 O_2 가 0.2~0.3%까지 낮게한 最大의 原因이라고까지 하고 있다. Fig2는 Seperate Windbox의 一例이다.

既設보일러에서 構造上 어려운 점이 있겠지



[Fig 2] Seperate Windbox의 一例

만 각 Burner에서의 Air Flow를 측정하면서 各급적 Seperate시킬수 있는 것은 시키도록 하고 각기 Damper를 설치하여 調整토록 설비개선을 시도하여 불만한 것이고 효과를 거둘수 있는 것이다.

④ 空氣洩出入抑制

平衡通風方式보일러에서는 공기의 洩入個所를 점검하여 막는 것이 필요없는 공기에 의한 손실증가를 방지하는 것이 되며, 이것은 무시할 수 없는 것이다. 평상시 공기의 洩入개소가 잘 나타나지 않아 용이한 것은 아니지만 잘 점검하면 가능한 것이고 공기洩出개소도 適期에 보수토록 하여 손실방지에 힘을 써야 한다.

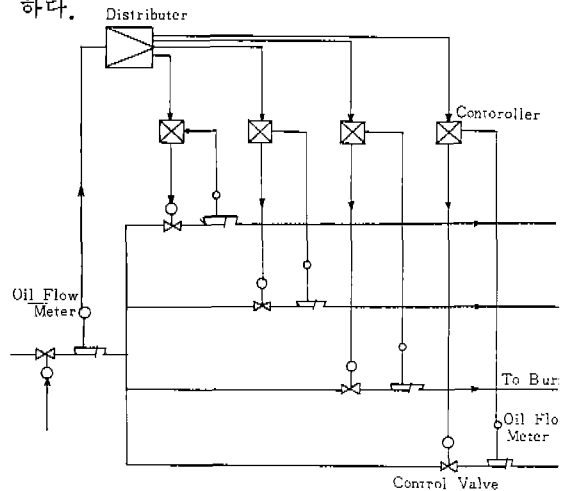
⑤ 煤煙檢出裝置

매연濃度計와 警報裝置를 시설하면 불완전연소발생시 즉각 검출, 경보되므로 신속히 해소시키는데 도움이 되고 효율적인 운전에 크게 이바지하게 된다.

⑥ 制御裝置

연소를 잘하게 하기 위하여 각 Burner에 대하여 정해진 연료, 공기비율을 精確하게 制御할 制御裝置가 필요하게 된다.

연료와 공기의 양을 精確하게 調整하기 위하여서는 각 Burner마다 유량측정장치를 시설하고 공기측에도 공기량을 측정하는 장치를 시설하여 개개의 Burner를 制御하는 것이 바람직하다.



[Fig 3] 自動油量 均分系統

특히 저과잉공기연소를 할 때는 연료와 공기 비율이 정확한 제어가 더욱 요구되고 또한 응답이 빠른 敏感한 制御裝置가 필요하게 되는 것이다. Fig 3은 自動油量均分系統의一例이다.

應答가 빠르고 敏感한 制御裝置라도 보이라 부하변동시에는 그 부하변화율을 檢出하여 부하상승시는 공기를 연료Signal에 先行시키고 부하감소시는 공기를 늦게 追隨시키는 Air Lead-Lag System이 연소시 효과적이다(Fig 4 參照)

⑦ 微粉炭 燃燒設備

지금까지는 중유專燒에 대한 것이지만 미분탄 혼소시에는 이외에 미분탄 연소설비가 추가 되고 따라서 Oil Burner와 미분탄Burner, 便宜上 P.C. Burner의 配置부터 相異한데가 있다.

①~⑥항까지 記述한 것은 석탄 혼소설비에서도 동일하게 적용되며 더 複雜하여지게 되는 것이다. P.C. Burner만 하더라도 직접 P.C를

연소용 과잉공기로 불어서 공급하고 있으며 연소를 돕기 위하여 2차, 3차 공기도 별도로 공급하고 있기 때문에 이들 과잉공기의 Unbalance 및 P.C. Burner에서 P.C량의 Unbalance를 均等하게 하는 것이 용이하지 않으나 조정하도록 끊임없이 노력하여야 하고 필요하다면 설비를 개선하여야 효율적인 운전이 되는 것이다.

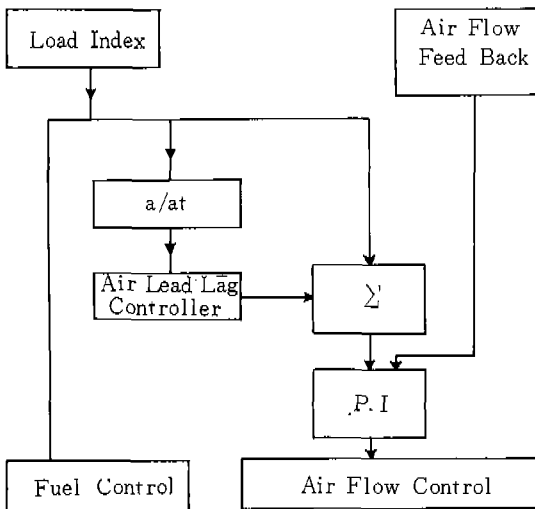
⑧ 微粉度

미분탄의 미분도(P.C. Fineness)가 좋을수록 즉 微細한 粉末일수록 연소가 잘될 것은 말할 餘地가 없는 것이다.

P.C. Fineness는 200Mesh에 80~85% 통과하도록 通常 권장, 조정 연소시키고 있고 이 이상의 P.C. Fineness를 항상 유지한다는 것은 供給炭質의 變化, 其他 條件上 곤란한 것이며 P.C. Fineness는 수시로 變化할 수 있는 것이다.

하여간 P.C. Fineness는 연소에 있어서 未燃分發生을 좌우하기 때문에 이것에 대한 관리 는 잘하여야 하며 또한 연소 속도가 느린 탄질에서는 未燃分이 더 많이 發生하게 되는 것이며 중유혼소량의 증감 및 중유Burner의 調整配置 등 細心한 措置가 뒤따라야 하는 것이다.

[Fig 4] Air Lead - Lag System



[4] 結 論

지금까지 熱效率 상승을 위한 問題點과 施設改善 및 補完에 대하여 記述하였으며 施設改善, 應答가 좋은 制御裝置, 精密도가 높은 計測機器와 熟練된 운전원과 管理技術者의 總合된 技術이 結實이 이루어져야 發電設備의 熱效率 향상이 하나하나 改善이 되고 進歩가 있을 것이며, 또한 各分野의 技術이 發展되어야 더욱 熱效率上昇을 기할 것이다.

