

發電用보일러 制御 自動化 傾向

李 七 煥

〈韓國電力(株) 建設部長〉

概 要

이미 周知하고 있는 모든 産業分野에서 自動 制御를 채택하고 있는 根本 理由는 品質向上, 制品의 均一性向上, Energy 節約 (効率向上), 原料節約, 設備利用向上, 人間の 단조로운 賤業 減少, (運轉員의 効率性 增大) 때문 이라고 要約 할 수 있다.

1910年頃 Draft 및 給水制御 分野에서 부터 經濟性 技術性 및 利用 要請에 따라 Boiler Control이 使用되어 왔으며 他 技術은 놀라울 정도로 發達한 반면, 이 分野는 變化가 거의 서서히 일어났다. 과거 50年前 부터 Boiler 自動制御 技術은 관련 分野의 技術的 開發과 經濟的 理由로 아래와 같이 여섯단계의 發展過程을 거쳐 이제부터는 Digital 특히 Distributed Digital(機能分散形 System) 開發 및 産業適用에의 움직임이 活發할 것이다.

여기에 火力發電 Boiler 自動化的 어제와 오늘 그리고 내일에 對하여 紹介하고자 한다.

○1905~1920 Hand control with regulator assistance.

○1920~1940 Analog boiler control system acceptance.

○1940~1950 Pneumatic direct connected analog systems.

○1950~1960 Pneumatic transmitted analog systems.

○1960~1970 Discrete component solid state electric analog system, burner control, and digital computers systems.

○1970~1980 Integrated circuit digital and

analog systems.

○1980's 展望—Digital controls 轉換

1. 1905~1920 Hand Control with Regulator Assistance

1905年 最初로 通風調節器 및 給水調節器가 出現했으며 1910年代에는 잘 알려진 Kiets Hydraulic Damper Regulator 및 Mc Lean 平衡通風方式이 있었다

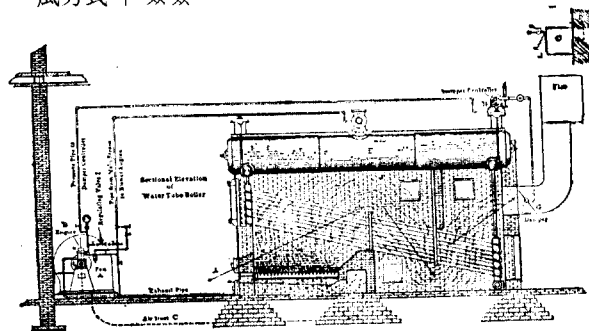


Fig. 1.

Mc Lean System에 대한 것이 Fig.1에 나타나 있다. 이 時期에 Pulverized Coal(所謂 粉炭)을 燃燒하기 시작했다. 給水制御는 大型 Boiler에서 信賴性缺乏으로 주로 手動으로 調節되었다.

2. 1920~1940 Analog Control Systems Acceptance

Boiler 技術進展, Stoker 및 粉炭 使用 增大로 F.D. (Forced Draft) 및 I.D. (Induced Draft)의 必要性이 認定되었다.

燃料 및 燃燒空氣의 보다 速應의 變化 要求에

發電用보일러 制御 自動化 傾向 □

따라 制御技術은 燃料와 通風制御를 燃燒制御로 묶어 裝置 開發에 着手하였으며, Fig.2에 나타난 것이 1920年頃 Hagan Pneumatic System이다. 1920年代에 3要素 給水制御가 System에 追加되었으며 Pneumatic Electric 및 Hydraulic System 이 많이 팔렸다. 1920年代의 Electric System이 Fig.3에 나타나 있다. 1920年代 完全한 電氣式 燃燒制御 및 3要素 給水制御

inating Co. Southern California Edison 및 Pacific Gas & Electric at Station A (現 Portrero Station)에 使用되고 있다. Boiler Control System은 Process에 直接 連結되었고, Fig.6과 같은 Boiler Control Center는 Boiler

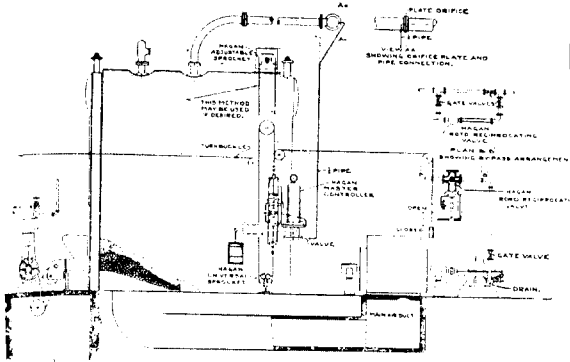


Fig. 2.

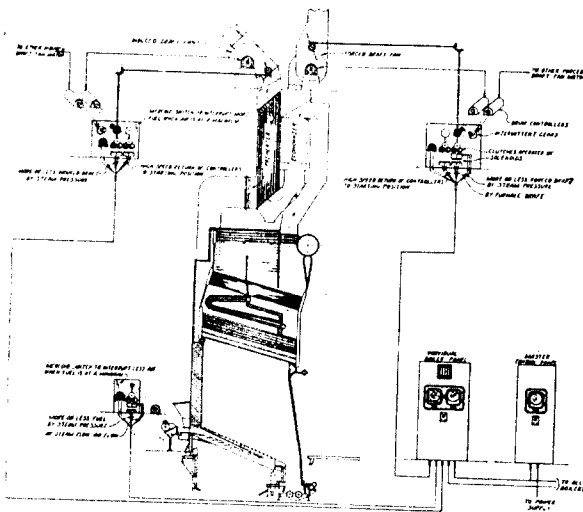


Fig. 3.

設備가 Bailey Meter Company에 의하여 設置 되었으며, Fig.4에 나타난 Electric Damper 와 Fig.5에 나타난 Electro Hydraulic Feed Water Valve는 47年後 (1976年 基準)인 오늘날에도 美國 Boston Edison Cleveland Electric Illum-

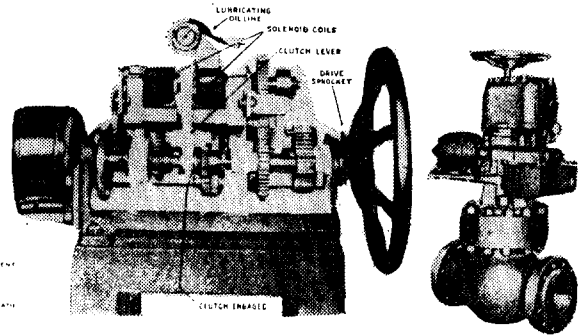


Fig. 4.

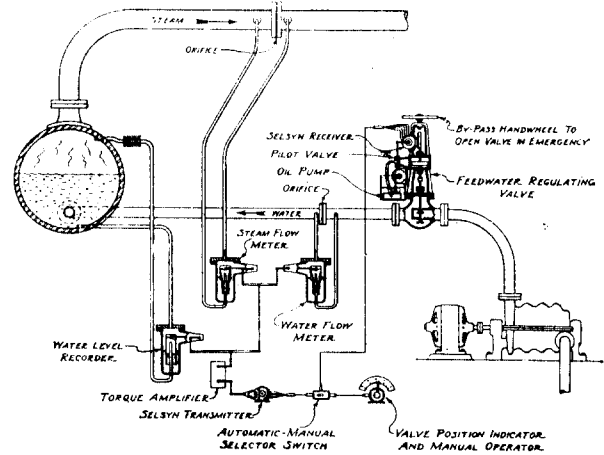


Fig. 5.

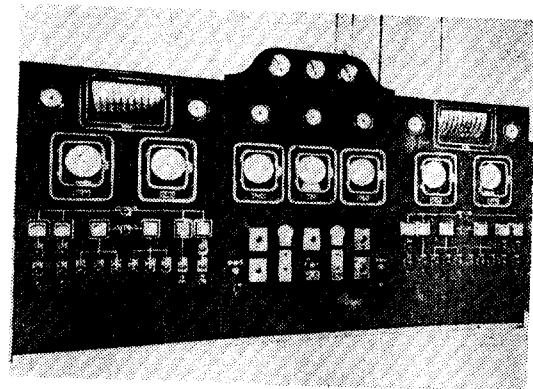


Fig. 6.

□ 解 說

前面에 設置되었다. Bailey Electric Systems, Hagan Pneumatic Systems 및 Smoot (그後 Republic Flow Meters) Pneumatic Hydraulic Systems을 갖추고 있는 Control Vendor에 의하여 應用如何 및 Hardware 技術이 決定되었다. 1930年初에는 單純한 機械的 連結이었으나 電氣的 接點보다는 요즘 잘 알려진 比例, 積分, 合, 平均, 選擇 制限要素와 같은 機能이 必要하게 되었으며, 이들 機能은 空氣式 制御方式이 電機式 制御方式보다도 應用하기가 容易하고, 價格도 低廉하였다.

Hydraulic System은 요즘 經濟的 要因과 可燃性 液體의 누설로 위험이 따르게 되어 점차 빛을 잃어가게 되었다.

1934년까지 Pneumatic Power Drive는 Electric Hydraulic에 比하여 價格低廉, 安全度 때문에 80% 以上の 市場 占有率을 차지하였으며 Hay Electric Control과 Leeds and Northrup Pneumatic Electric System 만이 Electric Control Drive를 使用하였다. 비록 1940년에야 대다수 火力發電 Plant에서 自動給水, 通風, 蒸氣壓, 燃料, 燃料-空氣比率 制御를 받아들였다 할지라도 이 時期에 Boiler Control이 一般적으로 받아들여졌다.

3. 1940~1950 Pneumatic Direct Connected Analog

1940年初 第二次 世界 大戰으로 Boiler 및 Control System의 開發은 中斷되었다.

根本적으로 1940年の 制御系統 配置가 다음 10年間에도 그대로 使用되어 왔으며 Fig.7에 나타난 바와 같이 Boiler Control Panel은 대개 Boiler에 隣接해 있고, 指示 및 調節裝置는 壓力感知管을 통하여 直接 連結되었다. 1930年末 開發된 排氣 Gas 酸素分析器가 1940年代에 一般적으로 使用되었고, 처음으로 燃燒制御 系統에 結合되었다. 1940年 末頃 中央制御室 概念이 完全히 確立되었으나, 1940年代末 및 1950年代初에 있어서 Boiler Control System에의 革命이 일어나기 전까지 主要燃燒 制御設備 製作者는 調節裝置를 Panel에 設置할 것인가 現場에 設置할 것인가 決定되지 않았다. 中央制御室의 出現은 設置後 Control System에서 缺點이 露出되었다. Control Center와 Boiler Control Device와의 高壓力 感知管의 長距離 所要 및 그에 따른 費用도 많이 들었다.

屋外 Boiler 設置추세에 따라 屋外感知管의 凍結이 問題가 되었고, 그와같은 Piping Bundle

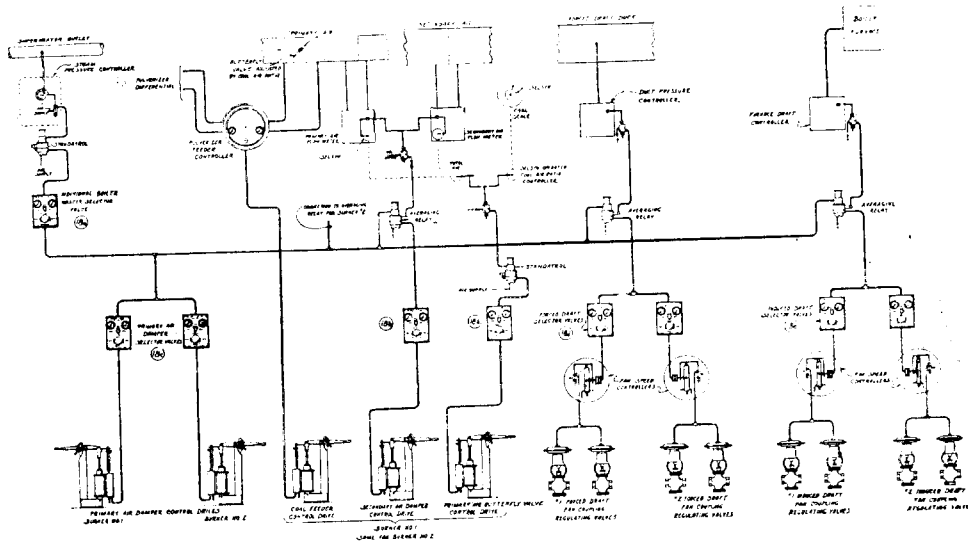


Fig. 7. Diagrammatic layout of special Bailey combustion control system for city of Lansing, Michigan

에凍結防止를 위하여蒸氣 및 電氣保溫方式이出現되었다.

制御室의 特定地域에 여러種類의 高壓感知管의 設置 때문에 危險이 항상 염려가 되었다.

4. 1950~1960 Pneumatic Transmitted Analog Systems

中央制御室 直接連結制御式의 缺點解決 이 Boiler Control System에서 큰 變化를 가져왔고, 2~3年內에 達成한 Boiler Control System 革命은 直接連結式에서 Transmitting Type System으로 바뀌어진 것이다.

Transmitter에서 測定은 일정한 範圍의 空氣壓 信號로 變換되어, 指定 Center에 傳達되었다. Fig.8은 이에 대한 간략한 그림을 나타내고 있다.

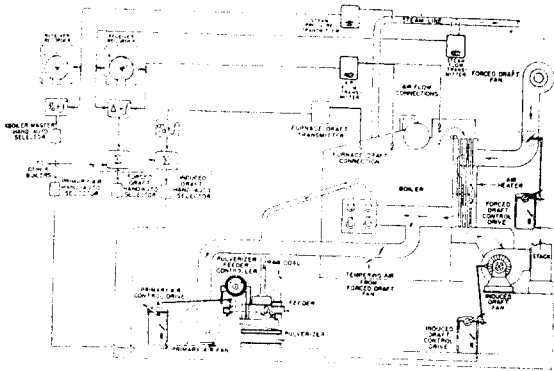


Fig. 8.

Transmitter System으로 바뀌면서 Control System 製作者도 制御裝置類를 Fig.9에 나타낸 것과 같이 Cubicle 안쪽이나 별도의 Rack 等한 곳에 集中시키게 되었다. 모든 情報가 한 곳에 集中되고 모든 測定信號가 同一信號 範圍內에서 檢出, 傳達되므로써 Control System을 단순히 Regulator가 아닌 Computing System으로써 開發하였다.

1960年代 Boiler Control에 충격적인 影響을 미친 開發들이 이 期間에 展開되었는데, 1950年代 中半에 最初 超臨界壓 貴流 Boiler가 運轉하게 되었다.

그리고 ID, FD의 平衡通風에서 FD의 強制通

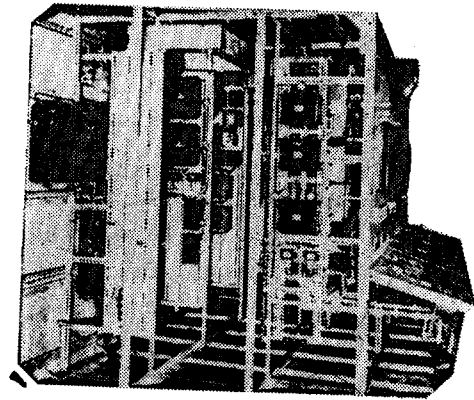


Fig. 9.

風으로 變遷되었다. 이러한 變遷은 Control System의 가장 힘든 部分이 除去되었으며, 制御의 安定度가 增加되었다. 이 時代의 後半期에 Gas 또는 Oil의 強制通風 Boiler에서, Relay Logic을 사용한 自動 Burner 制御方式이 始作되었다. 1950年代 中半 火力發電 Plant에 直空管 增幅器와 Stepping Switch를 사용한 Digital Data Logging이 開發되었다. 1958年 美國 Louisiana Power & Light의 Sterlington Station에서 最初의 火力發電 Plant用 Core Memory Digital Computer를 設置하게 되었다.

直空管을 利用한 Electronic Analog Boiler Control이 1955~1960年 期間에 始作하였고, 보다 많은 Boiler Control System이 經濟給電에도 參與하였다. 50年代 出發한 增幅器, Balancing Motor 및 Potentiometer를 사용한 Servo Electronic Analog System은 Static Solid State Analog System 出現으로 脚光을 받지 못하고 사라졌다.

5. 1960~1970 Discrete Component Solid State Analog Systems, Burner Control and Digital Computers

1950年代末 “Solid State(固體素子)”란 用語가 마술로 통했다. 1960年代初 Solid State Computing 및 Data Logging System이 채택되었으며, Pneumatic에서 Electronic Style로

□ 解 說

Boiler Control 이 바뀌어야 한다는 論議가 활발했다. 거기에서 과거에 Electronic Control 에 굵은 Cable 을 Conduit 로 통하여 끌므로써 設置費用이 많이 들었으나, 電氣信號用 多導體 Cable 을 Plant 주위의 Open Cable Tray 에 포설하므로써 費用이 줄어졌다. 1960年代 初에는 Electronic System 이 無條件 Pneumatic System 보다 유리한 것만은 아니었다. Boiler 가 보다 크게, 복잡하게 設置됨에 따라 中央制御室과 現場과의 距離가 멀게 되어 Pneumatic 에서는 “時間遲延”이 發生되어 制御動作에서 불리하게 되었다. Electronic Control 로 轉換이 分明해지자, 使用者들은 新技術을 되도록 빨리 배우기를 원했고, 따라서 1960年代初 불과 2~3年間 Pneumatic Analog에서 Electronic Analog 로 재빠른 轉換이 일어났다. Transistor 및 磁氣增幅器가 Control Action Unit 로써 使用되었고, Fig.10에 나타난 바와 같이 電子裝置들은 Cabinet에 設置되어 요즘 設備처럼 調整 및 試驗은 前面에서, 結線들은 後面에 되어 있었다. Solid State Logic 및 Relay Output 로 構成된 Burner Control은 1960年代初에 紹介되었으며, 1960年中半에 Gas 및 Oil Boiler에 設置되었고, 다음으로 P.C Boiler에도 적용되었다. Flame-Scanning Equipment 도 여러 會社에서 開發되어 利用되었다.

Computer System은 Plant 變化狀態를 Mo-

nitor 하였으며, 1970년까지 Hard Copy 用 Typewriter 및 Message Data Display 用 Black & White Alphanumeric CRT를 많이 使用하였다. 1960年代 前半에 完全 自動起動 및 運轉을 向한 努力이 集中되었다, 初期에 設置費가 高價고 利得은 半信半疑한 狀態였다. 그 後 確因된 여러가지 問題들로 인하여 自動起動 停止 System은 자취를 감추었다.

6. 1970~1980 Integrated Circuit Digital and Analog

眞流形 Boiler Control, 改善된 Load Following System 計數形 電子計算器의 폭넓은 利用 및 Solid State Analog System들이 開發되었던 1960年代에 比較해서 1970年代는 약간 잠잠하였다. 이 時代는 增幅器 素子の IC(Integrated Circuit)化에 따라 價格面에서 저렴해졌고, Cabinet Space 및 熱發散減少의 부수 效果를 가져 왔다. 1970年代의 Control System 에 영향을 미치는 큰 변화는 強制通風形 Boiler에서 長期間 補修要求 때문에 Boiler가 強制通風形(Pressurized Furnace)에서 平衡通風形(Balanced Draft Furnace)으로 되돌아간 것이다.

IDF(Induced Draft Fan) 추가로 과거에 별로 관심을 가지지 못했던 “Implosion”에 대한 위험을 통감하게 되었고, ID Control Subsystem

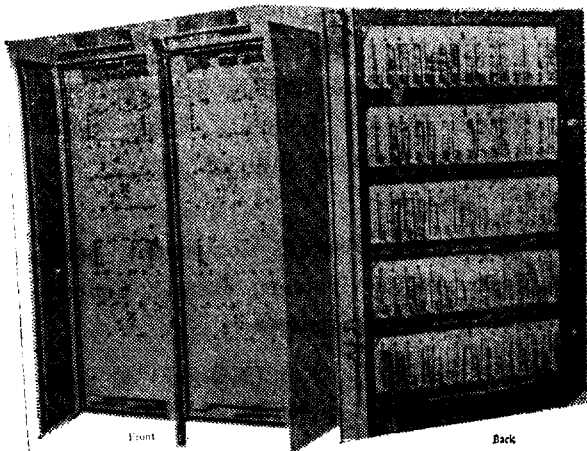


Fig. 10.

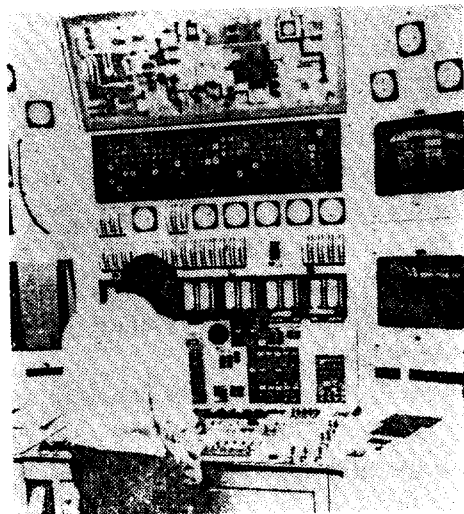


Fig. 11.

의 運轉速度 및 配置等 Protection에 重點을 두게 되었다.

IDF의 再使用으로, 複雜하고 不安한 Furnace Draft Control 이 System에 추가되었다.

原子力發電 Plant 처럼 基底 負荷담당이 아닌 出力變動을 자주 要하는 火力發電 Plant에는 燃料節減을 改善하기 위한 可變壓力 運轉方式이 채택되고 있다.

1970年 以後로 大容量 火力發電 Plant에 DDC (Direct Digital Control) System 이 設置되었고, Fig.11 은 DDC System을 갖춘 Control Center를 나타내고 있다.

요즈음 Computer System에 Color Alphanumeric 및 Graphic Display 가 많이 使用되고 있다. Burner/Pulverizer Control 에도 Programmable Controller 및 Micro Processor 가 開發, 應用되었다. Analog System에서 축소된 Control Station은 Control Board Size 를 줄였고, System 利用度를 높이기 위하여, 專用 Battery 供給設備가 必要하게 되었다.

7. 1980's Digital Control 로 轉換

經濟的 技術的 및 應用要求의 側面에서 보더라도 오늘날 Boiler Control은 "Digital Control" 쪽으로 強力推進되고 있다. Digital Control 은 再來式的 Analog Control 方式에서 不可能한 여러가지 長點을 가지고 있다.

1) Control Signal이 利用되기 前에 여러가지 方法으로 入力信號를 試驗, 點檢될 수 있다. Analog Control에서 入力信號에 故障이 發生되면, 一般的으로 곧 System에 誤動作을 일으킨다.

2) Digital Control System은 自己檢診機能을 가지고 있어, 誤動作을 일으키기 前에 手動 또는 後備動作으로 Control Loop 를 바꾼다. 이 機能은 Analog System Hardware에서는 不可能하며 部品 故障時 System 誤動作을 誘發한다.

3) System 構造가 Hardware 的 基準이 아니므로 比例, 積分, 函數發生裝置等 制御 機能變更, 追加時 所要費用 및 時間의 罣려가 없다.

4) Analog Control에서는 應用할 수 있는 Hardware Module 使用에 制限을 받아 왔으나, 特殊한 Software Module 開發로 最善의 制御를 할 수 있다.

5) Digital Control에서는 System Control에 必要한 "Pure Delay" 제공 및 기타 여러가지 機能을 가지고 있다. Fig.12~17은 Burner Control의 여러가지 形態를 나타내고 있다.

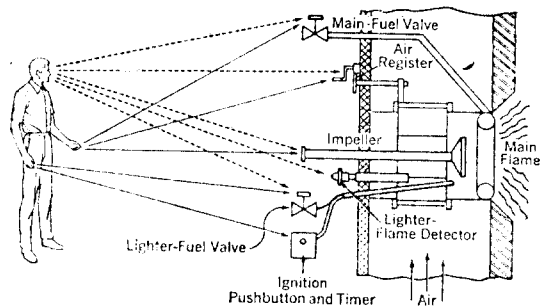


Fig. 12. Fuel-burner manual control.

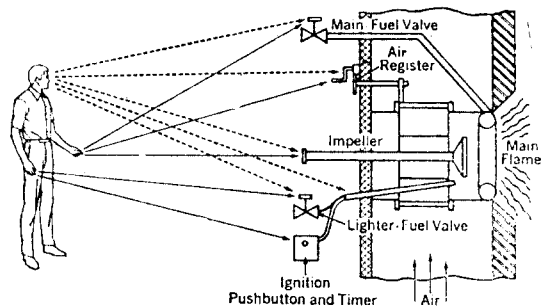


Fig. 13. Manual control with lighter-flame-proving system.

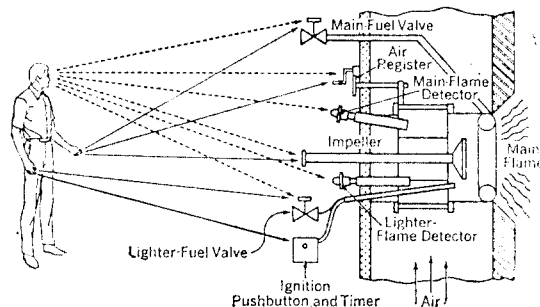


Fig. 14. Manual control with lighter-and main-flame-proving systems.

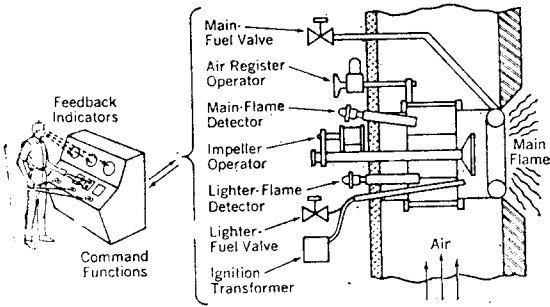


Fig. 15. Remote manual sequence control.

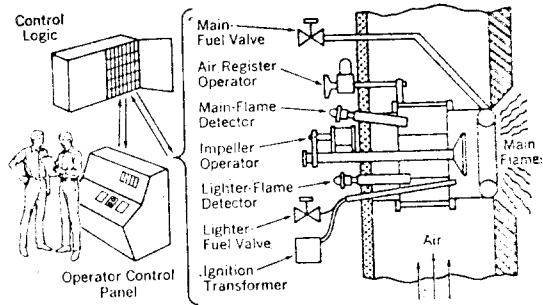


Fig. 17. Fuel management.

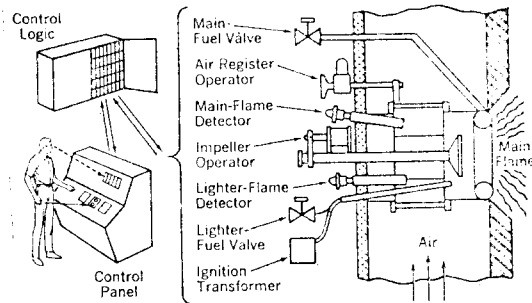


Fig. 16. Automatic sequence control

8. 火力運轉 訓練用 Simulator

近年의 火力發電 Plant는 電力需要와 發電技術의 進歩에 따라 單機容量이 增大하고, 供給信賴度도 絶실히 要請되고 있는 바 運轉에도 더욱 高度의 知識과 技能이 要請되고 있다.

그러나, 運轉員의 教育訓練은 實務를 通하여 行하였고, 그러한 成果로 미루어 본다면 大容量 Plant는 起動, 停止回數도 적고 事故訓練도 實感이 따르지 않는等 電力供給의 使命을 充實히 行하지 못하는 여러가지 制約을 받고 있다.

따라서, 電力會社는 訓練用 Simulator를 導入하여 通常의 操作, 緊急時의 操作等を 計劃的, 組織的으로 또 短時間에 訓練시켜 熟練된 運轉員을 養成하고 있다.

參 考 資 料

1. S.G. Dukelow: Boiler Controls-yesterday, today and Tomorrow (Bailey Meter's Technical Paper)
2. Babcock & Wilcox: Steam/its generation and use

마 음 마 다 勞 使 協 調

손 길 모 아 企 業 發 展