

發電所運用的 自動化技術

Automation Technology to Power Plants

朴 翊 洙

韓電 技術研究院 電子應用研究室 責任研究員

1. 概 要

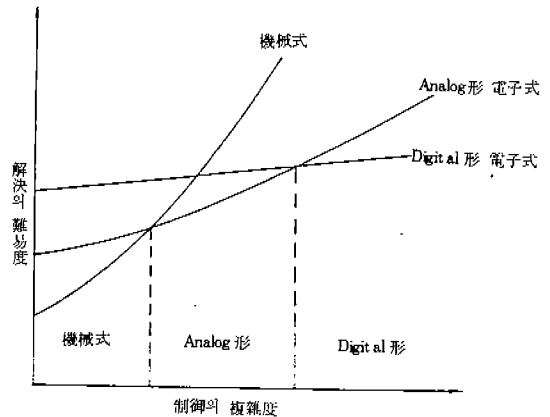
發電所의 制御技術은 制御의 基本理論, System 構成 自体에 커다란 變化는 없었으나 文明의 發達과 Oil波動後 연료의 多樣化, 公害규제에 대한 運轉 관리, 發電容量의 大形化, 高効率運轉등 여러 가지의 要求를 충족시키기 위하여 制御 System은 점점 더 複雜化 되었다. 이렇게 複雜한 制御 System을 信賴度向上, 維持補修의 面에서 볼때 Analog制御方式으로는 限界에 왔다고 생각할 수 있다. 그러나 半 導體分野의 技術發達로 素子の 高集積化가 이루어지고 이에따른 Memory Chip의 기억容量 증대로 制御機器가 Analog方式에서 Digital方式으로 전환되고 있으며 Computer도 大形Computer→mini-Computer →micro Computer로 축소되어 制御分野에 實用化 됨으로써 위에서와 같은 多種多樣한 要求를 滿足하고 그위에 信賴性, 補修性이 우수한 制御System이 使用되어지고 있다.

그림 1-1은 制御의 複雜性에 대한 解決의 難易性을 반영한 制御裝置의 動向을 나타낸 것이다.

2. Boiler 制御

2-1. 概 要

火力發電所 Boiler 制御 System이 Energy 節約과



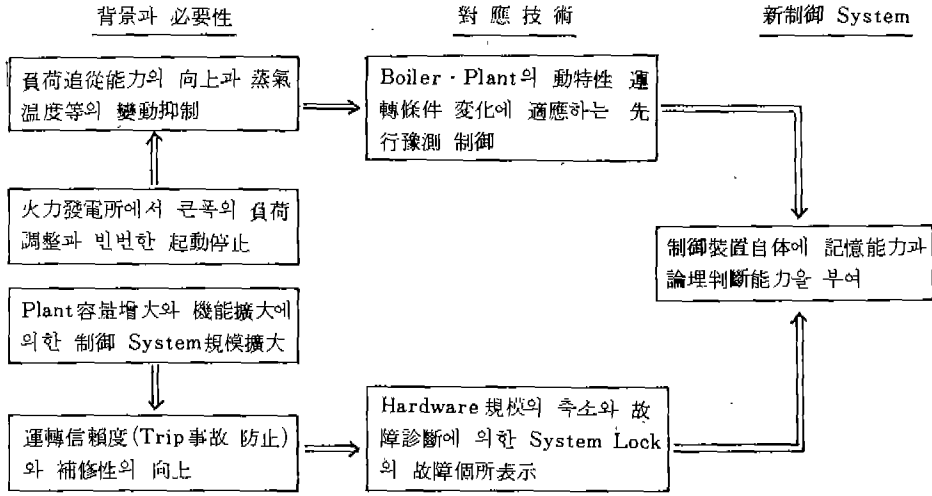
〈그림 1-1〉 制御裝置의 動向

熱効率向上의 必要性에 對應하여 要求되는 內容의 背景과 對應技術은 그림 2-1과 같다.

그림에서 보는바와 같이 새로운 必要性을 만족시키기 위하여는 制御裝置 自体에 記憶能力和 論理判斷能力을 가지게 하는 것이 必要하다. 또한 이러한 能力을 지닐에 따라서 APC(Automatic Plant Control) 機能과 ABC(Automatic Boiler Control) 機能을 포함하게 되어 安定된 制御를 할 수 있다.

2-2 Analog ABC와 Digital ABC의 比較

Digital ABC는 Analog式에서 實現 困難한 여러 가지 새로운 機能을 附加하여 制御機能과 信賴性및 補修性을 크게 向上시켰다. 표 2-1에서 이 두 S-



〈그림 2 - 1〉 火力發電Plant制御System의 背景과 對應技術

〈표 2 - 1〉 Analog ABC와 Digital ABC의 比較

項 日	Analog ABC	Digital ABC
1. System 構成	○Module (演算要素)單位分散化 ○Wired Logic	○Micro Controller單位階層化·分散化 ○Stored Logic
2. 信賴性	故障診斷	진단장치 별도 설비要
	故障部自動切離	一部 Card에서 실시
3. 補修性	故障表示	일괄 경보 표시
	制御信號表示	DC Volt로 Check
	MDT	100 %
4. 操作性	Parameter조정	Module단위 Hard조정
	Control Stage	조작 / 감시 組合方式
5. 制御機能	制御方式	Feedback制御, Feedforward
	自動起動	Unit Controller에 의거
6. Cabinet 寸手法	100 %	60 % 以下

system의 機能을 比較하였다.

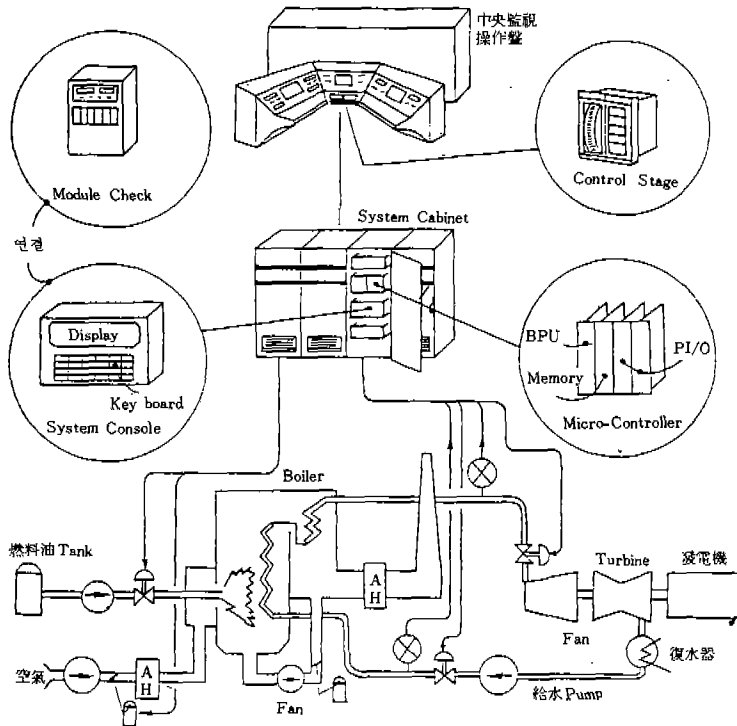
2 - 3 Digital ABC의 構成

Digital ABC는 Analog 방식과 같이 操作用 배전반과 演算用 System Cabinet 및 檢出端과 操作端으로 構成되어 있고 별도로 補修用 System Console과 Module Checker가 裝備되어 있다. 또한 System

Cabinet에는 複數組의 Micro-Controller가 收納되어 있다. 그림 2 - 2는 Digital ABC의 構成 일례를 표 2 - 2는 Digital ABC의 Hardware 基本仕様을 나타낸 것이다.

2 - 4 Digital ABC의 特徵

Digital 制御裝置는 記憶能力과 論理判斷能力을 活



〈그림 2-2〉 Digital ABC 의 System 構成

No.	項 目	內 容	備 考
1	Hardware 構成	制御 Plug 單位 Hardware 分散	
2	Hardware 方式	自動運轉部	Stored Logic
		手動運轉部	Wired Logic
3	Micro Controller 構成	基本素子	LSI, IC
			演算部, Memory部, 入出力部로 1組를 구성 1組의 Unit Controller 1~3組 收納
4	入出力 信號取合	Analog	標準 4-20mA DC
		Digital	標準 100/110V Relay 接點
5	Operator Console	Mode切替	自動/手動 Auto-bumples
		單位構成	操作: Push button形 照光式 表示: Analog式 指示計
6	環 境 條 件	周圍溫度	0~40℃
		周圍濕度	10~90% RH
		기 타	
7	電 源	給電方式	集中給電
		一次側電壓	標準 100/110V 50/60Hz 1φ
8	檢 出 端	4-20mA D. C	
9	操 作 端	標準空氣式(電/空變換器介在)	

〈표 2-2〉 Digital ABC Hardware 의 基本仕様

用하여 다음과 같은 여러가지의 새로운 能力을 가지게 하였다.

(1) Middle 火力運用을 容易하도록 機能向上: Boiler의 非線形인 動特性을 예측 記憶하여 負荷增減指令에 따라 先行豫測制御를 행한다.

(2) 制御裝置의 耐力強化: 故障診斷 機能을 가지므로 制御裝置 故障에 따른 Plant의 故障를 防止하고 Controller를 Process에 對應하여 分散裝置로 構成.

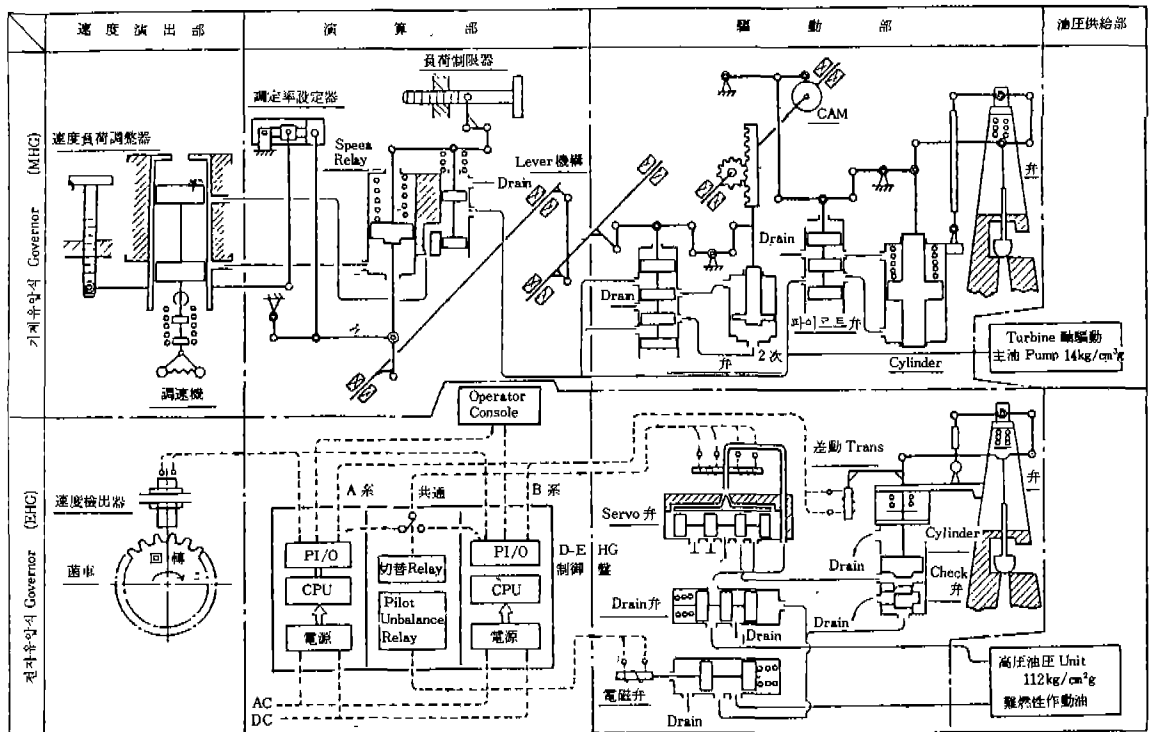
(3) 容易한 補修 및 點檢: 故障 Controller의 自動 진단 表示 및 CARD單位로 異常有無를 識別.

3. Turbine 制御

3-1 概要

最近 火力發電設備가 大形化됨에 따라서 大容量 Turbine에서는 Rotor의 眞性 Moment가 出力增加에 對하여 相對的으로 작아지는 傾向이 있어 負荷

遮斷時의 最大速度上昇率을 규정치 以下로 하기 위하여는 빠른 應答으로 作動하는 Governor가 요청되며, 또한 大形 Unit는 그것을 構成하는 機器의 增大와 複雜化를 수반하므로 Turbine自動制御裝置에 Computer의 採用이 一般化되고 있다. 이러한 要請에 對應하여 새로운 Turbine制御裝置로 電子油壓式 Governor (EHG : Electro-Hydraulic Governor)가 있다. EHG式은 從來의 機械油壓式 Governor (MHP : Mechanical-Hydraulic Governor)와 比較하면 制御油壓의 高壓化에 따라서 Valve의 구동부가 小形化되고 應答速度도 빨라진다. 또한 이러한 EHG System도 Analog形으로부터 Micro-Computer를 應用하여 여러가지 複雜多樣화된 制御에 對處하고 높은 信賴性 및 補修의 便宜를 위한 Digital形 EHC (D-EHC : Digital-Electro-Hydraulic Control)가 開發되어 良好하게 運轉中에 있다. 特히 制御裝置에 Computer가 도입됨으로써 Turbine의 Auto Start up 및 Shut Down System과 Turbine Rotor의 熱應力



〈그림 3-1〉 EHG와 MHG의 比較

에 의한 自動負荷調整 System이 開發되어 運轉中에 있다.

3 - 2 機械油壓式 (MHC)과 電子油壓式 (EHC) 比較

EHC의 基本的인 制御方式은 從來의 機械油壓式 Governor (MHG)와 같다. 그림 3 - 1에 있는 바와 같이 檢出部, 設定器, 演算部 등의 機械的인 機構의 電子回路化, 應答性 改善을 위한 制御油壓의 高壓化와 安全性的 側面에서 難燃性 作動油를 採用하여 制御油와 潤滑油를 完全히 獨立하였다.

EHG는 종래의 MHG에 對하여 새로운 System으로 아래와 같은 利點이 있다.

(1) 機械部分의 電子回路化와 高壓 制御油를 使用하므로 應答速度가 빠르고, 精度 등의 制御性能을 向上시킨다.

(2) 起動과 停止 등의 運轉操作과 各部分의 補修點檢이 簡單하고 容易하다.

(3) 加減弁 驅動部와 高壓油Unit 등이 小形化된다.

(4) 自動起動裝置와 自動負荷制御裝置 등의 高度의 制御System과 容易하게 結合시킬 수 있으며, Plant의 要求에 따른 다른 制御機能을 부담할 수 있다.

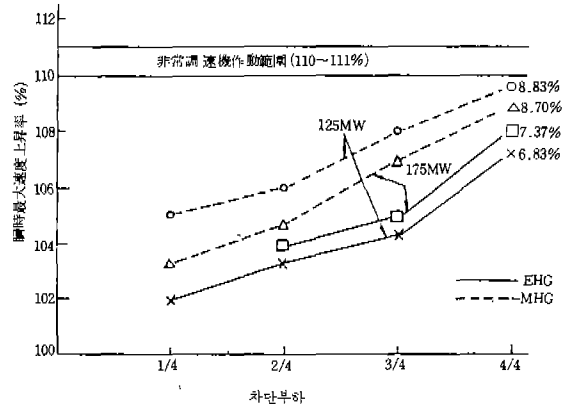
(5) 從來의 油壓系統이 潤滑油系統만인 것으로 되어 있음에 반하여 制御油로 高壓難燃性油를 採用 함으로써 火災의 危險성을 적게 한다.

그림 3 - 2는 이와같은 EHG와 MHG의 實例에 따른 性能面에서 比較하여 나타낸 것이다.

4. Sequence 制御

시퀀스制御의 明確한 定義는 조금씩 意見을 달리 하고 있으나 共通的인 機能은 어떤 現狀을 미리 定해진 順序 또는 一定한 論理에 의해 정해진 順序에 따라 各 단계를 順次的으로 進行시켜가는 制御를 말하며 順序라는 意味는 原因과 結果가 確實하게 되어 있어 命令이나 指令이 주어지면 充實하게 實行될 뿐으로 命令이나 指令에 대한 Feedback이 없는

瞬時最大速度上昇率比較



制御性能比較 (175MW의 例)

項 目	D-EHG	MHG	
應 答 性	Servo系應答時定數	0.19 sec	0.21 sec
	Servo系浪費時間	0.10 sec	0.22 sec
	瞬時速度變動率 (定格負荷차단시)	7.37. %	8.7 %
調 速 範 圍	低速으로부터	定格± 6 %	
調 速 精 度	定格±0.05%	定格±0.2%	
速度調整率範圍	1 ~ 10% (運轉中調整可)	2 ~ 6 % (運轉中調整不可)	

制御를 뜻한다.

2 - 1 Sequence 制御에 관한 基本回路

Sequence制御에 관한 基本回路 Sequence 制御回路는 論理制御 (Logical Control)의 基本인 AND · OR · NOT機能과 記憶, 時限의 3要素로 構成되어 있으며 이를 實現 시키는 데에는 Relay를 使用한有接點式과 TTL回路 또는 Computer를 利用한 無接點式이 있다. 어느 方式으로 꾸며졌느냐에 따라 그 記述方法이 다르므로 各各 그 Case마다 基本回路와 比較하여 理解하는 것이 重要하다.

2 - 2 Sequence의 記述方法

(1) Relay Symbol 方式 : 오래전부터 使用 하여온 Relay와 그것의 보조接點을 使用하여 回路를 記述하는 方式

(2) 論理Symbol 方式: 電氣回路에서 사용되는 論理기호 (AND · OR · NOT 등)에 의하여 回路를 記述하는 方式

(3) FLDW Chart 方式: Computer Program 作成전 에그리는 FLDW Chart와 같은 方式에 의하여 回路를 記述하는 方式.

(4) 命令CODE 方式: Flow Chart를 Program 한 것 과 같은 形式으로 하여 回路를 記述하는 方式.

(5) Time Chart 方式: 시간의 흐름에 對한 各 回路의 動作狀態를 記述하는 方式.

(6) Decision Table 方式: 回路의 動作狀態를 Table 로 作成하여 記述하는 方式으로 文書性이 좋다.

2 - 3 Sequece 制御의 適用

新設 發電所의 Burner 制御는 μ -Controller를 利用한 Sequence 制御가 大部分이며 各種 Pump의 起動, 停止 및 重要設備의 Protection을 위한 Inter-Lock는 아직 Relay를 使用하고 있는 것이 보통이다.

5. 기타의 制御

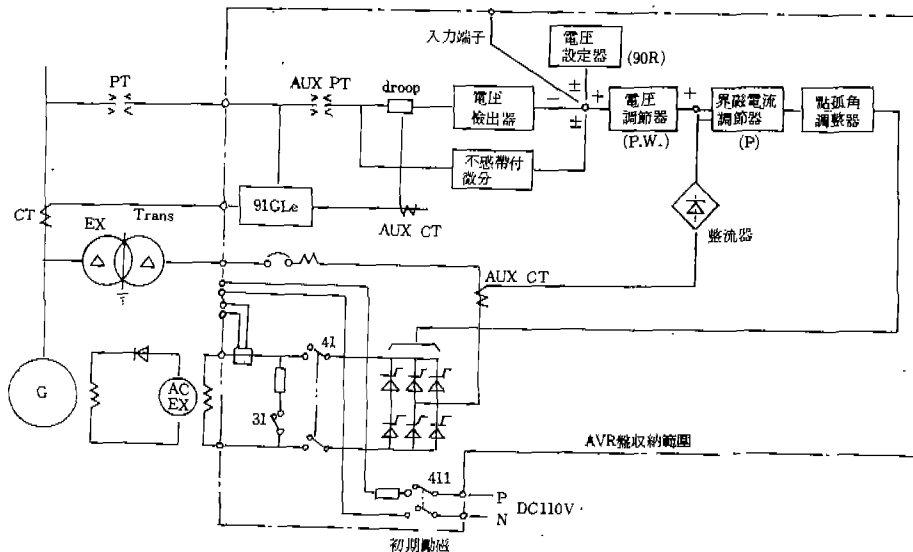
5 - 1 電壓 및 無効電力 制御

發電機는 有効電力의 공급만이 아니고 電壓調整 및 無効電力의 供給과 消費도 可能하다. 定格力率 (一般적으로 85~90%)에 相當하는 無効電力 供給, 力率 95%에 相當하는 無効電力 消費 能力을 갖고 있다. 電壓 및 無効電力의 調整을 위하여 勵磁電流를 올리면 發電機 單자 電壓上昇 및 無効電力 供給이 되고, 勵磁電流를 줄이면 單자 電壓 低下 및 無効電力의 發生減少가 된다. 이러한 勵磁制御方式의 概要를 그림 5 - 1에 나타내었다. 이들의 制御를 위하여 電壓制御用으로 쓰이는 自動電壓調整裝置 (AVR; Automatic Voltage Regulator)가 設置되어 있으며, 無効電力을 無効電力調整裝置 위한 制御하기 (AQR; Automatic Var Regulator)가 設置되어 있다.

또한 發電所의 電壓調整方式은 發電機單자 電壓 또는 高壓側 母線電壓을 制御하는 “電壓지정” 方式과 發電機 力率를 制御하는 “역률지정 方式”이 있는데 發電機 用量, 계통상의 위치 등을 고려하여 어느 方式으로 採用되고 있다.

5 - 2 周波數 制御

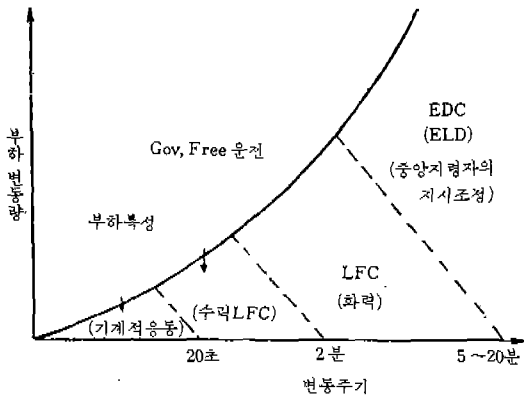
수용가의 입장에서 보면 “電力使用條件의 安定化” “電動機 回轉速度의 一定” “計算器 등의 精度維持”



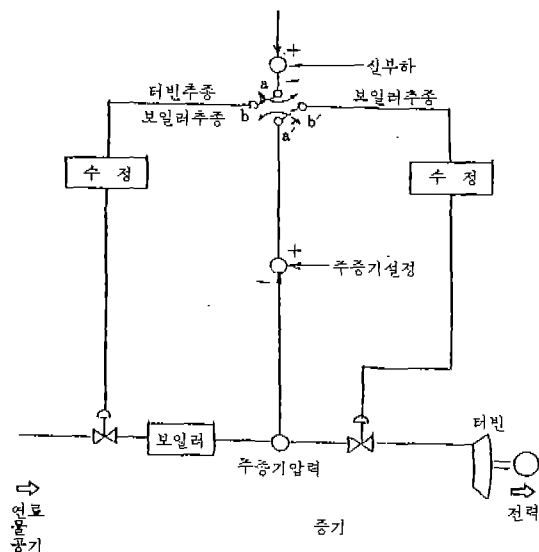
(그림 5 - 1) 勵磁方式 Block圖

등의 면에서 一定 周波數가 要求되고 電氣事業者의 입장에서 계통운용상으로 보면 “계통維持의 容易化” “보조기기의 安定 運轉으로부터 火力Plant의 安定化” “Turbine governor free 運轉의 容易化” “蒸氣 Turbine 최종단 동익의 安全確保”로 周波數 變動의 抑制가 要求되며 周波數를 기준치로 갖기에는 시시각각 變化하는 負荷에 對하여 發電機의 出力을 추종시킬 需要가 있다.

그림 5 - 2에서 보는 바와 같이 負荷變動 및 制御裝置에 應하여 制御분담이 나누어져 있다.



〈그림 5 - 2〉 제어분담 개략도



〈그림 5 - 3〉 Plant 制御方式

5 - 3 Plant 制御 (APC; Automatic Plant Control)

중앙급전指令所를 中心으로 全体 發電所의 各 Unit에 最適한 變化率로 發電機 出力을 增減시키는 方式으로 Boiler의 形式에 따라 要求負荷指令이 Turbine에 주어지고 Boiler가 Turbine에 추종하는 Boiler 추종方式과 要求負荷 指令이 Boiler에 주어지고 Turbine이 Boiler에 추종하는 Turbine 추종方式과 이 두가지 方式의 장점을 組合한 Energy Balance의 협조를 넣은 方式인 Boiler · Turbine 협조 制御方式이 있으며 그림 5 - 3은 이러한 方式의 相互관계를 說明한 것이다.

6. 結 論

發電Plant에서의 制御는 그 機能의 多樣化에 못지않게 그 信賴性이 重要한 問題이다. 이러한 高信賴化設計技術은 制御裝置의 Digital化로 많이 추진되었으나 앞으로는 있을 수 있는 여러가지의 상황을 Computer에 부여하는 適應制御와 確率로부터 結果를 推論하는 論理形 制御를 하게 하는 일이 추진되어야 할 目標인 것이다.

*

