

# 發電用原子爐의 電算化制御

韓 萬 春\* · 金 洛 橋\*\*

■ 目 次

- 1. 序 論
- 2. 發電用原子爐 電算化制御의 機能
- 3. 外國의 實例
- 4. 우리나라의 現況
- 5. 發電用原子爐 電算化制御의 問題點과 展望

## 1. 序 論

原子力發電所의 建設이 그동안 環境論者의 거센 反撥과 安全規制上의 많은 論難을 불러 일으켜 不振한 狀態를 면치 못하였으나, 73년의 2차 oil shock以後 產油 國들의 資源民族主義 및 高油價政策으로 인하여, 특히 開途國을 中心으로 한 資源貧困國들이 에너지 危機에 逢着함으로써 다시금 重要한 에너지源으로 浮刻되었다.

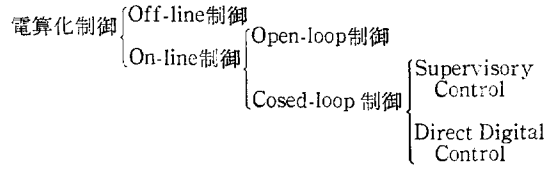
또한 그 單位容量도 62년에 運轉이 開始된 美國의 Big Rock Point原電의 70[MWe]級에서 600[MWe] 및 900[MWe]를 거쳐 最近에는 1200[MWe]級 以上의 巨大한 플랜트로 設計되어 建設되어지고 있다.

특히 資源貧困國들인 開途國을 中心으로 原電 建設이 增加一路에 있어, 潛在的인 危險을 내포하고 있는 原子力發電所의 安全性確保가 매우 深刻한 問題로 擡頭되어 보다 改善된 原電의 制御方法을 찾기 위한 研究가 각 분야에서 활발히 進행되고 있으며, 1963년 Southern California Edison社의 Etiwaada火電에서의 on-line컴퓨터制御의 成功的인 經驗을 土臺로 美, 英, 佛, 加등이 信賴도와 安全도를 重要視하는 原電에 on-line 컴퓨터를 利用하기 始作하였으며, 最近에는 on-line컴퓨터에 의한 自動化運轉을 施行하려는 것은 一般的인 趨勢이다.

原子爐의 電算化制御란 單純히 運轉制御뿐만 아니라 管理, 運營까지 포함하는 넓은 意味로 생각할 수 있

며 그의 形態는 表 1.1과 같이 off-line制御를 포함한 다. 여기에서 off-line制御는 컴퓨터가 플랜트에 直結되지 않고 사람이 중간에 介入하여 情報 및 指示를 取하는 경우로서, 넓게는 각 發電所의 負荷配分調整에서 부터 각 原子爐의 燃料管理 및 制御棒位置의 決定등에도 많이 사용되는 방식이다.

表 1.1. 컴퓨터制御의 形態



이에 대하여 플랜트에 컴퓨터가 直結되는 경우는 on-line制御인데, 一般的으로 電算化制御라 함은 이 範圍를 意味하는 경우가 많으며, 여기에서 주로 이 範圍를 다루고자 한다. 단 直結하는 경우에도 原子爐에서는 一般 플랜트등과는 달리, 從來에는 컴퓨터 出力이 直接 플랜트機器를 操作하는 例가 적었으며 sensor와 컴퓨터만을 連結하는 경우가 많았다. 이를 on-line open-loop制御 또는 컴퓨터側에서 本 受動的制御라고도 하며, 現在 各國의 動力爐의 大部分이 이 방식에 의해서 制御되어지고 있다.

이러한 形態에다 컴퓨터에 의한 機器操作機能을 添加하여 on-line closed-loop制御 또는 能動的制御라고도 하며, 狹義의 電算化制御의 完全한 形態로서 鐵鋼, 石油, 化學등의 플랜트에서 大部分 實用化되어지고 있으나 原子力關係에서만은 아직 그 例가 많지 않다. 이

\* 正會員: 延世大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

\*\* 正會員: 建國大 工大 電氣工學科 專任講師

는 컴퓨터시스템에 대한 憂慮와 異常發生時的 處理가 어려운 점 때문이지만, 現在의 重要한 開發項目中的 하나이다.

이 閉루프制御는 컴퓨터가 플랜트와 關係된 程度에 따라 2가지로 나눌 수 있다. 그 하나는 監視制御(supervisory control)로서 可能한 限 從來의 自動制御機器를 活用하여 그들의 動作을 監視統括하는 方式이다. 예를 들면 그림 1.1과 같이 定常 sub-loop를 그대로 두고, analog controller를 採用한 피드백制御系는 원래대로 利用하였으며 그의 目標値만을 컴퓨터에 의해 設定하는 方法이다.

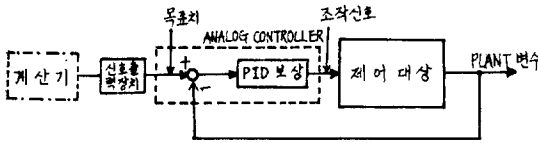


그림 1.1. 監視制御系의 一例

이는 大型爐心の 出力의 領域制御등에 利用되는 方式으로서 既存의 플랜트에 컴퓨터를 導入設置하는 경우에 便利하며, 制御 sub-loop가 各自 獨立의이므로 back-up運轉이 容易하게 되어진다.

이에 대해 그림 1.2에 나타낸 시스템은 直接制御(DDC)라 하는 것으로서 信號入出力裝置를 통하여 入力된 플랜트信號를 演算處理하고 그 結果에 따라 操作機器를 컴퓨터가 直接 操作하는 方式이다. 따라서 높은 信賴度가 要求되며, 高度의 制御演算이 行하여지므로 融通性이 豊富한 運轉制御가 可能하게 되어 本格的인 適應制御 및 最適化制御등은 이 시스템의 導入에 의해 비로소 可能해진다.

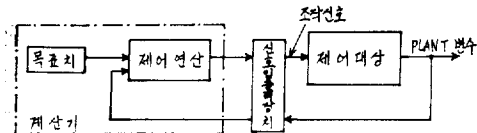


그림 1.2. 直接制御(DDC)의 一例

## 2. 發電用原子爐 電算化制御의 機能

디지털 컴퓨터를 利用하여 原子爐를 制御하려는 試圖는 美國과 캐나다에서 부터 始作되었고, 처음으로 原子

爐制御에 應用한 用途는 運轉中인 原子爐制御에 必要한 繼續의이고 自動的인 data獲得과 記錄이었으며 이러한 機能이 61년 Shipping Port原電에서 부터 수행되었다.

이미 言及된 바와 같이 電算化制御의 範圍를 on-line 制御로 局限하던 그의 役割과 機能은

- a) 플랜트의 各種 data의 獲得 및 記錄(periodic & demand data logging, daily, weekly & monthly report의 作成, 事故前後의 異常 data蒐集)
- b) 蒐集된 data를 分析하여 出力의 空間分布, burn-out ratio등의 爐心特性計算과 監視 및 警報
- c) 플랜트의 出力, 溫度, 水位등의 監視警報 및 制御
- d) 燃料破損 檢出
- e) 制御棒 引出挿入의 監視, 反應度制御, 制御棒 및 安全裝置의 驅動
- f) 起動·停止後의 點檢 및 操作, 過渡運轉制御, 正常運轉制御 및 自動化運轉
- g) 燃料의 燃燒度計算 및 燃料의 最適配置
- h) 시스템과 컴퓨터 自體의 故障에 대한 監視警報
- i) 小規模 및 大規模루우프의 自動制御의 遂行
- j) 從來 運轉員의 限定된 場所에서의 制限된 機器監視에서 監視範圍의 大幅擴大
- k) 警報 또는 trip後의 事故原因究明 容易
- l) 迅速正確한 플랜트性能, 특히 蒸汽條件등의 計算에 의한 高効率運轉
- m) 運轉員의 機械的인 單純勞動을 輕減시키며 人間으로서 遂行할 수 없을 만큼의 高度의 判斷力과 注意力을 活用하여 運轉員의 能力을 向上시키고質的 向上을 圖謀하는 한편 運轉方式의 簡素化에 의해 各發電所間의 人的交流를 容易하게 할 수 있다.

이와 같이 原子力發電所를 電算化하여 自動化運轉을 하게 되면 制御棒 引出順序의 誤操作防止, 出力分布의 平坦化, 燃燒度の 最適化 등 爐心性能을 大幅 改善하게 되어 安全性 및 信賴度の 向上, 高効率運轉, 利用率增大 및 人力節減등의 莫大한 經濟의 利益을 얻을 수 있어 原子發電所에의 on-line컴퓨터의 導入은 必然的인 事라 思料되는 바이다.

## 3. 外國의 實例

앞에서 記述한 機能과 役割에 대하여 各國에서는 各各의 事情에 따라 發電爐의 電算化制御가 實施 또는 計劃되고 있다. 이들 가운데서 그 機能마다 代表的인 例를 들면 다음과 같다.

### 3.1 On-line特性計算의 例-SENNGarigliano Plant

沸騰水型爐(BWR)의 高出力密度運轉의 可能性을 調査하기 위하여 最初로 미시간州의 Big Rock Point原電에 設置, 開發된 GE社의 本格的인 on-line性能計算 시스템은 이태리의 Garigliano 및 Latina에 位置한 商用플랜트에 設置되어 테스트 데이터의 蒐集을 2중으로 시행하였다. 따라서 이 컴퓨터 利用의 重點은 爐心特性의 on-line計算에 있었으나, 플랜트 特性의 監視 및 商用爐에서의 龐대한 運轉日誌의 作成등 1960년대의 시스템으로서는 受動的인 利用面에서는 가장 優秀한 機能을 發揮한 例이다.

이 플랜트는 出力 150[MWe]의 強制循環, 二重사이클의 BWR로서 爐心은 燃料要素 208本, 制御棒 89本으로 構成되어, 특히 垂直方向에 4個적의 incore chamber 가 20組 配置되어 있다.

이 컴퓨터(GE 312A; 40Kwd, 20bit, 6250 $\mu$ S)의 計算機能은 各各 時間, 日, 月의 週期로 나누어져 있으나 그중의 大部分을 詰하는 時間週期の 計算內容은 다음과 같다.

- i) 每分當 30個 入力の scanning(總 348個入力) 및 每 2分마다 alarm scanning
- ii) 檢出器 및 入力信號레벨의 異常 alarm
- iii) 플랜트 特性
- iv) 爐心熱水力特性
- v) 爐心核의 特性
- vi) 上記의 性能計算 結果에 의한 alarm
- vii) periodic logging

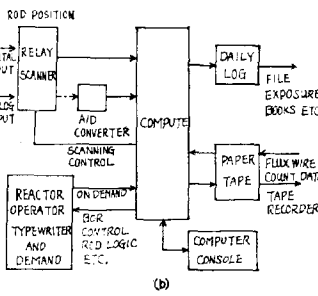
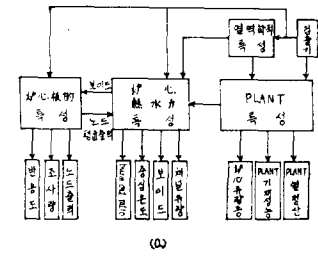


그림 3.1. SENN플랜트의 on-line 특성 계산 (a) 및 컴퓨터 (b)

또한 日週期로 행하여지는 것은 復水器, 2次系の 蒸氣發生器, 給水加熱器등의 計劃과 日報의 作成이며, 1個月마다 행하여지는 것은 月報作成뿐이다. 그림 3.1은 上記 諸項目 중의 性能計算部分과 컴퓨터 시스템을 나타낸 것이다.

3.2 爐心異常監視의 例—Enrico Fermi Plant

Enrico Fermi爐에서는 1966년 燃料채널의 閉塞事故를 契機로 그때까지의 data處理裝置(DATEX)와 別途로 異常監視시스템(DDP516; 8Kwd, 16bit, 0.96 $\mu$ S)을 設置하게 되었다. 이 컴퓨터는 異常의 範圍를 明確히 하기 위해 i) 爐플랜트의 異常에 關된 모든 項目에 대한 리스트를 作成하고, ii) 異常評價의 基準을 確立하며, iii) 그 基準에 該當하는 異常項目에 對하는 必要한 計算方法을 定한다. 그 結果 選擇되어진 監視項目은 어느 것이나 重大事故로 連結되는 다음의 3가지이다.

- a) 反應度異常—燃料의 燃燒度까지를 포함한 計算으로써,  $\pm 1\%$ 의 反應度變化의 檢出이 可能하고 2% 以上の 變化를 原子爐異常으로 한다.
- b) 燃料채널의 出入口溫度差—熱의 事故에 對하여는 가장 迅速하게 應答하는 情報로서 채널마다 出入口溫度差의 測定値와 推定値를 比較한다. 精密度는 出力레벨에 따라 변하나 그 範圍는 約 4~20%이다.
- c) 核分裂生成物레벨—이들은 燃料被覆材의 破損과 燃料棒의 部分的인 溶融이며 前者에서는 10本の pin에 상당한 異常이, 後者에서는 燃料 pin의 約 1/10의 溶融이 識別될 수 있다.

以上的 方法에서 檢出된 異常程度에 따라서 安全動作(alarm, set-back, scram)이 行하여 진다. 初期에는 運轉員의 操作에 의하지만 最終적으로는 直接 컴퓨터가 行하도록 되어 있다.

3.3 運轉自動化的 例—Dungeness B Plant

英國에서는 일찍부터 gas爐의 集中的인 data處理를 적극적으로 推進하여 그 성과가 Dungeness B 및 Hartle Pool의 改良型가스冷却爐(AGR)에서 實證되었다. 플랜트는 600[MWe]級의 2基의 AGR로서 그림 3.2에 나타낸 바와 같이 3臺의 컴퓨터(ARGUS 500; 16Kwd, 24bit, 2 $\mu$ S)와 많은 CRT display裝置를 포함한 시스템으로 構成되어 1971年頃 稼動된 後 繼續적으로 運轉의 自動화가 進行되었다.

그의 主要項目은 다음과 같다.

- a) 原子爐의 起動: 原子爐 起動時 各種 點檢 및 操作을 從來의 運轉員으로부터 컴퓨터에 맡겨 遂行하고, 點檢終了後 period와 出力을 監視하고 制御

統制御 및 原子爐·터빈의 起動停止를 포함한 閉루우프 制御系를 갖춘 플랜트로서, 大型動力爐에 있어서 가장 本格的인 電算化制御의 一例이며 1974년에 移動되었다

3.4 燃料交換의 例-EL-4

EL-4爐는 出力 73[MWe]의 重水減速 炭酸가스冷却 爐로서 橫型爐心은 216本の 燃料채널로 構成되어 있다. 燃料交換은 通常 1日 3~4 本の 比率로 出力時에 行해 진다(16本/日까지 可能). 플랜트制御를 포함한 全般的인 컴퓨터(RW530; 24Kwd, 18bit)制御가 行하여지며 燃料交換裝置의 運轉을 위해 小型컴퓨터(PSP-100; 4 Kwd, 15bit)가 設置되어 있다.

여기에서 시이퀀스制御의 프로그램은 그 機能레벨에 따라 4단계로 나누면

- a) 基本操作
- b) 基本 function
- c) 시이퀀스
- d) 運轉으로 된다.

특히 燃料交換裝置의 操作은 대단히 複雜하므로 온라인컴퓨터에 의해 수행하고 있으며, 이 計算機는 操作프로그램의 실행에 앞서 우선 諸機器의 動作點檢을 행하고 계속하여 주프로그램에 따라 基本 function program을 遂行하며, 監視프로그램에 따라 實行上의 矛盾의 有無를 點檢하는 操作을 實行하고 다시 그 結果를 確認한다. 또한 主프로그램은 각 시이퀀스動作의 時間的인 監視도 行한다.

표 3.1은 各國의 原子爐 計算機制御現況을 나타낸다.

4. 우리나라의 現況

먼저 國內의 在來式 火力發電所의 電算化制御現況을 살펴 보기로 한다.

仁川火電(#3,4)의 Westinghouse에서 設置한 IBM社의 MTS-30(32Kwd, 18bit) 컴퓨터를 例로 들 수 있는데, 이는 컴퓨터應用的 初步的인 段階인 data logging, alarming機能 등을 갖춘 程度이며 DDC機能을 遂行할 수 없는 것으로 調査되었으며, 嶺南火電도 上記의 仁川火電과 비슷한 機能을 가진 컴퓨터가 設置되었다.

한편 70年代末에 着工하여 現在 商業運轉中인 發電所는 蔚山火電(#4,5,6)과 平澤火電을 들 수 있는데 이중 蔚山火電은 上記의 경우보다 훨씬 改善된 機能을 保有한 PRAUT-2(Honeywell 716, 64K, 16bit, 775nS) 컴퓨터에 의해 data logging performance calculation, alarming등의 機能과 digital 出力(8個)에 의한 DDC도 可能하며,  $\mu$ -processor를 內藏한 TT-4에 의해 ABC

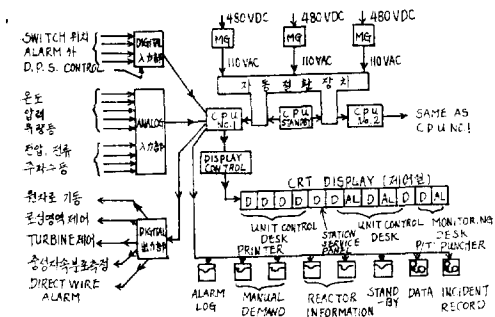


그림 3.2. Dungeness B의 컴퓨터 시스템

棒의引出을 始作하며 出口溫度에 의한 制御가 가능하게 될때까지 出力上昇을 繼續한다.

- b) 原子爐의 領域制御: 出口溫度에 의한 領域制御가 可能하게 되면 爐心의 領域制御系를 作動시켜 出口가스溫度가 設定値에 達하도록 한다. 爐心을 5 領域으로 나누어 各 領域의 平均出口溫度를 各各一定하게 하는 制御方式이지만 出口가스溫度와 蒸氣溫度의 制御에는 digital controller를, 나머지 部分에는 analog controller를 사용하였다.
- c) Turbine起動: 우선 補助器의 點檢이 行하여지고, 繼續하여 터빈의 起動과 加速이 始作되어 所定の 速度에 達하면 電子式 governor制御로 切換되어진다.
- d) 爐心出力分布의 測定: 中性子束 分布의 온라인測定을 위해 Irradiated ball scanning loop를 9本 爐心내에 設置하여 照射球를 注入, 採取, 測定機器의 校正, 照射데이터解析등이 컴퓨터의 指令에 의하여 行하여진다.

한편 Dungeness B보다 더욱 自動化的인 範圍를 擴大한 Hartle Pool Plant는 그림 3.3에 나타낸 시스템으로 給水流量, 蒸氣壓, 入口가스溫度, 出口가스溫度의 4系

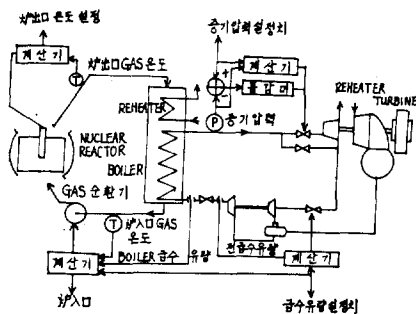


그림 3.3. Hartle Pool Plant의 電算化制御 시스템概念圖

표 3.1. 各國의 原子爐計算機制御現況

\* DL : data logging, AL: alarm, OPG : 運轉指示, PC : 性能計算, AA : alarm analysis

原子爐 플랜트				計算機의 利用目的		計算機	計算機시스템	
名 稱(國)	爐 型	出 力 [MWe]	運 轉 始	受動的인것	能動的인것	入 力 信號數	機 種	容量, 語長 [Kwd, bit]
Big Rock Pt(美)	BWR	70	'62	DL, PC, AL		428	GE312A	40, 20
Nine Mile Pt. (〃)	BWR	500	'68	DL, PC, AL			GE4050	16,
Enrico Fermi (〃)	FBR	63	'61	DL, PC, AL, AA	安全動作		DDP 516	8, 16
Conn. YanKee(〃)	PWR	462	'67	DL, PC, AL		2200	IBM -1800	24, 16
Dresden-2, 3(〃)	BWR	715	'69/70	DL, PC, AL, AA				32, 24
N-Reactor (〃)		800		DL, PC, AL			Elliot803	8, 39
Douglas Pt.(加)	PHWR	200	67	DL, PC, AL	出力分布制御, 安全動作	453		
Pickering(〃)	PHWR	540	'72/73	DL, PC, AL, AA	出力分布制御 燃料交換, 起動停止			16, 16
Gentilly (〃)	BLWR	250	71	DL, PC, AL, AA	上 同			16, 16
Windscale(英)	AGR	28	'62	DL, PC, OPG		1676		32, 64
Wylfa (〃)	GCR	280	'67	DL, PC, AL, OPG, AA		5390		4, 20
Dungeness B(〃)	AGR	600	'70/71	DL, PC, AL, OPG, AA	出力分布制御 全系的 起同	4158	ARGUS 500	16, 24
Hinkley B(〃)	AGR	623	'71/72	DL, PC, AL, OPG, AA	上 同	5158	上同	36, 16
Hartle Pool (〃)	AGR	625	'74	DL, PC, AL, OPG, AA	플랜트制御 全系的 起動			
PFR (〃)	FBR	250	'71	DL, PC, AL, OPG	出力制御 冷却系制御	6400	ARGUS 500	16, 24
EL-4 (佛)	GCR	73	'66	DL, PL, AL, OPG	冷却系制御 燃料交換		RW-530 PSP-100	24, 18 4, 15
EDF-4 (〃)	GCR	487	'69	DL, PC, AL, AA, FFD,	全系的 起動停止	4000	C11 C9D-40	20, 14
Bugey-1 (〃)	GCR	488	'71	DL, PC, AL, AA	上 同	4800	C-9040	20, 24
KBWP(獨)	PWR	283	'68	DL, PC, AL, OPG	計裝 test	3612	Siemens 300	16, 24
KWW (〃)	BWR	600	'71	DL, PC, AL, AA	上 同			24, 24
Garigliano(伊)	BWR	150	'63	DL, PC, AL			GE 412B	8, 20
Latina (〃)	GCR	210	'63	DL, PC, AL, AA, OPG		2075	GE/PAC GE/PAC 4050	32, 24
敦賀爐(日)	BWR	322	'70	DL, PC, AL, AA				

(Automatic Boiler Control) 기능을 遂行하고 있다. 또한 平澤火電은 Hitachi社의 HIDIC-80(48k, 16bit)을 設置하여 上記 蔚山火電의 경우와 비슷한 機能으로 運轉中이며,  $\mu$ -processor를 內藏한 HIDIC-68에 의해 turbine run-up을 自動化하고 있다.

한편 建設中인 最新銳火電인 高亭火方은 Westinghouse社의 W-2500컴퓨터 (32Kwd×2)시스템을 設置하여 DDC기능을 保有한 起動에서 停止까지 自動化運轉을 圖謀할 計劃이라고 한다.

다음에 우리나라의 既存 또는 建設計劃中인 原電의 計算機制御現況에 대하여 살펴보자.

우리나라 原電의 嚆矢인 古里 1號機에는 컴퓨터 應用的 극히 初步的인 段階만이 應用될 뿐이다. 그러나

古里 2號機은 1號機보다 훨씬 改善된 Westinghouse社의 PRODAC 2500(48Kwd, 16bit, 850ns)컴퓨터로서 다음과 같은 機能을 가지고 있다. 또한

- a) General Analog and Contact Input Supervision;
  - i) Analog scanning and conversion
  - ii) Contact input scanning
  - iii) Alarming
  - iv) Analog and digital trend
  - v) Visual display
  - vi) Post trip review and sequence of events recording
  - vii) Sensor calibration
  - viii) Operator-computer communications

- ix) Periodic, demand and summary log
- b) Reactor Coolant and Protection System Supervision;
  - i) Reactor coolant average loop temperature setpoint
  - ii) Pressurizer level controller setpoint
  - iii) Rod cluster control
  - iv) Reactor protection system
  - v) Deviation in redundant measurements
- c) NSSS Process Supervision;
  - i) Overpower and overtemperature trip setpoint
  - ii) Calibration check of power range channel signals
  - iii) Reactor dynamic thermal output
  - iv) Steam generator total thermal output
  - v) Reactor thermal output
  - vi) Unit net efficiency
  - vii) Tilting factors
  - viii) Onsite in-core data collection and reduction

- a) Interactive CRT communication for the unit operator, the results engineer
- b) Dynamic process variables data base generation and modification
- c) Online transformation of process variables
- d) Online log generation and modification
- e) 4-level data quality coding of process variables
- f) Data storage and retrieval for historical records
- g) Process-oriented, high-level language to produce online performance calculations and control functions
- h) Monitoring of computer performance through online diagnostics and system measurements capabilities
- i) Back-up capabilities

또한 古里 5,6號機는 Westinghouse社의 PROTEUS W-2500(32k, 16bit, 750nS)컴퓨터시스템을 設置할 計劃인데 그 主要機能은 다음과 같다. (그림 4.1 參照)

한편 建設中인 CANDU type의 月城 1號機에는 原子爐制御, 보일러壓力制御, 터빈運轉制御, 出力調節, 中性子束推定, 集合警報, data logging 및 CRT display機能등을 遂行할 수 있는, 國內에서는 가장 進歩된 컴퓨터시스템인, VARIAN 73 DCC(2臺)를 設置하여 보다 廣範圍한 原子爐플래트의 電算化制御가 遂行될 豫定이다.

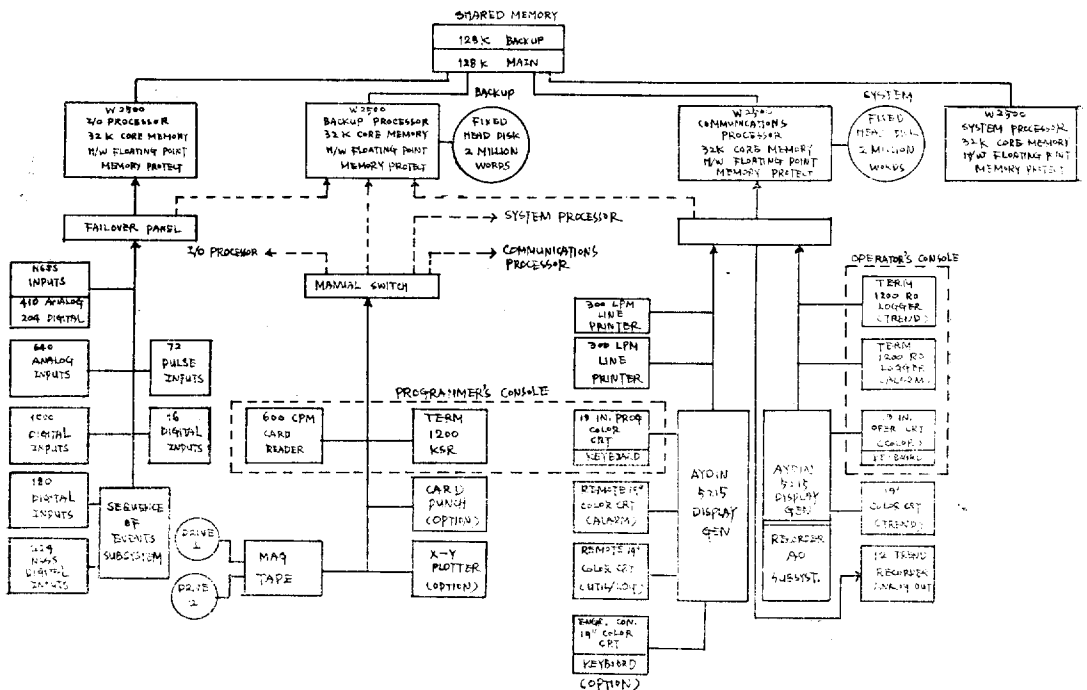


그림 4.1. KNU #5,6 Base computer system configuration

또한 앞으로 建設하게 될 7,8號機(靈光)는 主機器供給者인 Westinghouse에 의해 古里 5,6號機와 거의 類似한 機能을 가진 컴퓨터시스템을 設置하여 電算化運轉을 施行할 豫定이며, FRAMATOM이 主機器供給者인 9,10號機와 繼續하여 建設될 後續機들도 信賴性, 安全性, 經濟性 및 效率性이 立證된 컴퓨터에 의한 自動화運轉(電算化制御)을 圖謀해야 할 것으로 思料된다.

## 5. 發電用原子爐 電算化制御의 問題點과 展望

### 5.1 信賴度改善을 위한 問題點

今後的 制御用컴퓨터에 要求되는 性能은 여러가지가 있으나 그중 가장 중요한 것은 信賴度の 向上이라 말할 수 있겠다. 물론 演算速度 및 記憶容량의 向上, 시스템 소프트웨어의 開發도 重要하지만 플랜트制御用으로서는 信賴度の 保證이 없다면 其他의 優秀한 性能은 無意味하게 된다. 하드웨어單體의 信賴度を 높이기에는 經濟的인 限界가 있다고 생각되어지며 데이터傳送系統을 포함한 컴퓨터 制御系의 各자의 構成要素를 高信賴度化하는 以外에도 컴퓨터制御系 全體의 稼動率을 높이고 또한 컴퓨터의 異常에 따라 發生하는 플랜트停止 및 故障등을 避하기 위하여 시스템 構成面에서 檢討되어야 할 몇가지 事項이 있다.

#### a) Redundant System의 採用

프로세스 信號檢出系는 2-out-of-3, 2-out-of-5系 등으로 設置되어야 하고, 한개의 檢出信號의 妥當性은 다른 檢出系의 값과 相關關係로 부터 點檢한다.

컴퓨터 시스템은 ① 恒常 2臺 또는 2重回路로서 同時並列構成되어야 하며, ② 機種이 같은 2臺의 컴퓨터를 設置하여 이중 한臺는 항상 豫備機로서 待期狀態에 있어야 하며, ③ 經濟的으로 사용할 경우 複數臺의 컴퓨터로서 各자 다른 作業을 分擔하다가 重要度(安全面)에 따라 故障機의 機能을 代行하도록 하여야 한다. 컴퓨터의 使用效率面에서만 考慮한다면 ③의 構成이 좋겠지만 異常發生時 프로그램傳送등에 問題가 있어 現在에는 ②의 構成을 採用하는 경우가 많다. 英國, 캐나다 등에서는 2基의 原子爐에 대해 3臺의 컴퓨터 시스템을 採用하는 傾向이 많다.

#### b) Back-up 시스템

이것은 컴퓨터가 故障난 경우로서 原則的으로는 主要프로세스變數를 컴퓨터 故障前의 값으로 잠시 維持하는 機能을 가지나 플랜트의 安全保護面에서는 故障前의 運轉狀態와 關係가 없는 一定狀態로 되돌아 가는 것이 바람직하다.

#### c) 獨立된 安全系

이들은 back-up計裝의 一種이라고 할 수 있으며 冗

長系 또는 back-up 시스템을 充分히 採用할 수 없는 경우에 플랜트의 最終的인 保全機構는 컴퓨터 시스템이다. 한 例로서 原子爐 scram系에는 完全히 獨立된 安全系가 많이 設置되어 있다.

#### d) Software

上記의 3가지 시스템은 컴퓨터計裝自體의 信賴度の 問題이지만, 其他 software의 trouble防止에 대하여도 充分히 考慮하여야 한다. 이는 이미 言及한 信賴도와는 意味가 다르지만 data蒐集, 解析, 制御動作등의 機能을 가지며, 더구나 그들이 同時에 動作을 要求하는 甚大한 프로그램에서는 무엇보다도 試運轉段階에서 생각할 수 있는 모든 運轉條件에 대한 debugging을 상세히 遂行하여야 한다.

#### e) Operator

信賴性向上의 最後의 問題는 플랜트의 operator이다. 특히 大幅的으로 自動화된 플랜트에 있어서는 컴퓨터 異常의 發生時 back-up mode로 切換된 後의 back-up 運轉操作方法, 컴퓨터故障修理後의 컴퓨터制御모드로의 復歸操作등 恒常 經驗하지않은 稀貴한 事故의 發生時 일어나기 쉬운 operator의 誤操作에 대한 컴퓨터의 check機能이 喪失된 狀況下에서 operator는 正確한 處置를 沈著하게 遂行하여야 한다. 따라서 컴퓨터制御化된 原子力플랜트를 運轉하는 少數의 operator는 高度의 能力(信賴性)이 要求된다.

### 5.2 電算化制御의 展望

온라인計算機 利用의 目的은 오래전부터 data處理등의 受動的인 作業을 中心으로 한 自動화이었으나, 近年에는 能動的인 作業 即 運轉操作面에의 自動화이다. 一般的으로 自動화는 單純反復作業에 適用하여 經濟的인 最大의 效果를 發揮하고자 하는 것이라고 할 수 있겠으나, 內容의 高低를 不問하고 自動화는 앞으로도 컴퓨터 利用의 主要目的의 하나임에는 變함없을 것이다.

컴퓨터의 最終目標은 넓은 意味에 있어서 制御의 最適化라고 말할 수 있는데 이 경우에는 그 對象과 全體 시스템의 範圍와 모델은 目的에 따라 定하여야하고 各자의 機能의테렐로서 考慮되어야 한다.

一般的으로 最適化의 餘地는 대단히 複雜한 시스템 이라든가, 다루어야 할 parameter가 많기 때문에 經驗만으로서 最適條件을 구하는 것이 困難한 시스템에 아직도 많이 남아 있으며, 이러한 경우 最適化의 效果가 크다. 따라서 發電爐의 경우, 한 플랜트의 最適制御를 遂行함에 있어 全體 電力系統과의 關係를 考慮하여 最適化할 必要가 있다.

한편, 最適化를 위해 使用하는 컴퓨터가 만드시 플랜트에 常設될 必要가 없으며, 現場에서 밀리 떨어진

(p. 15에 계속)