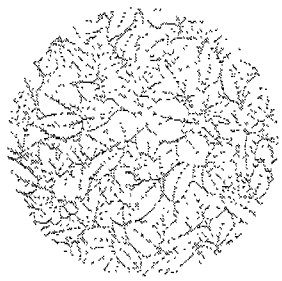
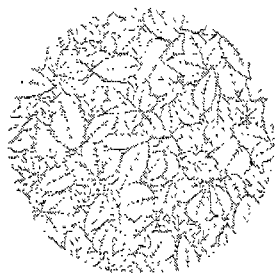
● 技術解說 ●

發電所 訓練用 씨뮤레이타 開發



Development on Power Plant Training Simulator



朴 寅 用

韓國에너지研究所 計測制御研究室長

1. 머리말

한국에너지연구소는 韓電으로 부터 三千浦火力發電所 運轉訓練用 "씨뮤레이타"의 開發 製作 設置에 관한 技術用役을 받아 美國의 SINGER LINK社와 기술제휴 하여 共同으로 同 "씨뮤레이타"를 開發製作하여 三千浦發電所 現場에 設置 完了하였으며 現在 引受試驗中에 있는데 83年 5月 부터는 可用性 實證을 겸하여 三千浦火力發電所의 運轉要員 訓練에 實用하게 되었다.

이 報告書는 上述한 技術用役으로 開發 製作된 三千浦火力發電所 訓練用 "씨뮤레이타"의 性能 및 機能을 紹介하고 開發過程에서 얻은 經驗을 알리고져 한다.

"씨뮤레이타"(Simulator)란 말은 系統의 動作特性을 究明하기 위하여 그 動作特性을 數學的모델로 表現하여 解析하는 것을 Simulation이라고 불러 온데서 由來된 말이다. 따라서 "씨뮤레이타" (모의장치)는 그 單語에 內包된 "가짜"라는 概念과는 正反對로 實物로서는 究明하기 어려운 自然現像의 "진실"을 알고져 系統機能上의 動作特性을 數學的 論理로 表現하는 裝置이다.

機能 및 性能이 優秀한 電算計統(Computor System)이 開發 實用化됨에 따라 多種多數의 系統들로 構成된 複雜한 大系統들도 實時間上에 Simulation 할 수 있게되어 各種兵器 및 作戰戰略系統 들의 "씨뮤레이타"가 開發되어 仮想事態下의 訓練에 活用되어 왔으며 近來에 와서는 民間 航空機 및 船舶과 發電所같은 大單位設備의 操縱 運轉 訓練에 널리 活用 되게 되었다.

Ⅱ. 發電所 "씨뮤레이타"의 必要性

近來에 와서 發電所의 單基容量은 發電經濟上 系統條件이 許容하는 限度까지 大容量化 되고 있다. 우리나라도 原子力發電의 單基容量이 100萬kWe로서 그 設備資金이 15億$에 달하며 火力發電의 單基容量은 50萬kWe을 넘게 되었으며 그 設備資金은 5億$程度이다. 이와 같이 莫大한 資本設備는 實質的으로 數名의 運轉要員에 의하여 3～4交代로 運營되고 있으며 이들 運轉要員의 誤判 誤運轉은 TMI原子力發電所 事故와 같이 數10億$의 損失

을 가져올 수 있다. 어떤 大企業体의 重役들 中에도 이와같이 莫大한 資産을 專擔한 責任下에 運營管理하는 사람은 드물 것이다.

發電所 運營上 各種事故의 發生確率과 事故로 因한 損害額에서 年間 危險負擔額을 算出해 보면 發電設備資金의 0.1%이며, 運轉要員의 非常事態에 對應한 運轉能力을 向上 시키면 約 0.01%로 줄일 수 있다. 따라서 運轉要員의 非常運轉能力을 向上킴으로써 原子力發電에 있어서는 年間 1,300萬$ 火力發電의 경우는 年間 400萬$程度의 單基當 事故危險負擔費를 節減 할 수 있다. 또한 運轉要員의 運轉能力을 向上 시킴으로써 發電所 稼動率을 5% 程度 向上 시킬 수 있으며 이로因한 年間 利得은 100萬kWe 原子力發電所에 있어서는 1,000萬$ 이고 50萬kWe 火力發電所는 400萬$ 程度가 된다. 即 運轉要員의 各種 正常 및 非常 事態에 對應한 運轉能力을 向上 시킴으로써 100萬kWe 原子力發電所는 2,300萬$ 50萬kWe火力發電所는 800萬$ 程度의 年間 利益을 얻을 수 있다.

이와같이 重要한 運轉要員의 運轉能力向上은 運轉要員의 선발 및 敎育에 의한 資質向上과 各種事態에 對應한 最適運轉을 숙달 시키는 訓練에 달려있으며 運轉要員의 敎育 및 訓練은 그 目的에 適合한 "씨뮤레이타"로서 가장 效率的으로 遂行 할 수 있다.

發電所 "씨뮤레이타"는 그 活用 目的에 따라 敎育用과 訓練用으로 分類 되며 그 機能要件도 달라진다.

1. 敎育用 씨뮤레이타

運轉要員의 敎育用"씨뮤레이타"는 一般的인 發電所 諸系統들의 機能 및 動作原理와 各種條件에 따른 系統 相互關係와 綜合的인 反應을 理解 시키기 위한 것이다. 따라서 一般的 類型發電所 諸系統의 機能 및 動作原理를 理解하기 쉬운 모양으로 나타내며 簡便한 操作으로 多樣 多種의 運轉條件에 대한 發電所 動作狀態를 나타낼 수 있게 設計 되어야 한다.

2. 訓練用씨뮤레이타

實質的인 運轉能力은 各種事態에 對應한 運轉經驗을 蓄積 함으로써 向上 된다. 그러나 現代發電所에 있어서는 長期間 勤務하여도 各種事態에 對應한 運轉을 할 機會가 아주 적어서 運轉經驗을 蓄積할 수 없다. 따라서 母發電所와 꼭 같은 制御室에 꼭 같은 運轉反應을 나타 내는 訓練用 "씨뮤레이타"로서 各種事態에 對應한 最適運轉을 숙달 시켜야 한다.

Ⅲ. 씨뮤레이타 開發事業의 內容

1. 開發用役의 仕樣

本 訓練用 씨뮤레이타는 三千浦發電所1號機를 母發電所로 하며 다음과 같은 要件을 滿足하여야 한다.

(1) 母發電所와 꼭같은 制御室을 가지며

(2) 制御室에서 運轉 되는 發電所의 諸系統들은 正確하게 實時間上에 Simulate하여

(3) 制御室에 表示 記錄 되는 諸事項은 母發電所와 꼭 같아서 運轉員이 그 差異를 感知 할 수 없을 程度라야 하며

(4) 制御室의 諸運轉素子(Control Switch 및 Push Botton, Controller 등)들은 母發電所와 꼭같은 機能과 操作感觸을 가질 것

(5) 發電所 運轉과 關連된 制御室外의 運轉事項에 대한 遠隔機能(Remote Function)을 가질것

(6) 訓練上에 必要한 各種 初期狀態設定 (Initial Setting)機能을 가질 것

(7) 仮想 할 수 있는 各種 故障相態機能 (mulfunction)을 가질 것

(8) 訓練上의 必要에 따라 任意의 狀態에 있어서의 凍結機能(Freeze)을 가질 것

(9) 訓練上의 必要에 따라 實時間 보다 10倍 빠르게 또는 느리게 動作 할 수 있게 할 것

(10) 其他 訓練 및 運營保守上 便宜한 機能과 設備를 갖출 것

2. 開發事業 推進內容

가. 事業管理

本事業의 總括的管理 및 對韓電業務는 當硏究所가 遂行 하였고 美國 SINGER LINK 社內에서의 業務管理는 SINGER社가 遂行 하였다.

나. 設計資料의 수집 : (硏究所役務)

母發電所인 三千浦發電所1號基의 設計資料로 부터 "씨뮤레이타" 設計에 必要한 資料를 수집하여 SINGER社에 供給 함으로서 "씨뮤레이타" 設計基準으로 삼게 하는 것이다. 이와 같은 設計資料는 實質的으로 "씨뮤레이타"開發 製作 供給 契約上의 技術仕樣書가 되는 것으로 契約上의 期日까지 수집 供給하여 凍結하여야 하며 資料凍結日 以後의 設計變更 要求는 追加事業費에 의한 追加事業이 된다. 本事業에 있어서는 10·26事態로 인하여 母發電所의 設計가 約1年半 遲延됨에 따라 資料凍結日을 1年 延期하여 81年4月末까지 수집 된 資料에 基準하여 設計 製作 하였고 資料未備로 인하여 생긴 母發電所와의 差異는 追加工事로서 是正하게 하였다.

다. 基本設計(SINGER責任下 共同遂行)
1) 設計基準 作成(設計資料에 立脚한)
2) 綜合的인 系統 構成 設計
3) 構成系統에 대한 開發仕樣 作成
4) 故障事態機能의 選定 및 効果分析

라. Hardware設計(SINGER 責任下 共同遂行)
1) BTG運轉盤
2) 配電盤
3) 發電所 電算系統의 運轉員콘솔(Operator Console)
4) 訓練指導콘솔(Instructor's Console)
5) 씨뮤레이타 發電系統 構成設計

마. Hardware의 購入 製作 組立(SINGER 役務)
1) 電算系統의 購入 및 組立
2) 運轉員콘솔의 購入 및 組立
3) 其他 部品 購入
4) BTG運轉盤 및 配電盤의 製作 組立
5) 訓練指導콘솔의 購入 製作 組立

바. Software開發(SINGER)責任下 共同遂行)
1) 發電所 諸系統들의 數學的모델 및 電算 "코드" 開發
2) 發電所 電算系統에 대한 Software開發
3) 訓練指導콘솔에 대한 Software開發
4) "씨뮤레이타"運營保守上의 Software開發

사. 綜合作業(SINGER責任下 共同遂行)
1) 全盤系統들의 綜合的 組立
2) 中保事項의 組立 및 點檢
3) 綜合的 點檢 및 補完

아. 工場 引受試驗 (研究所 및 韓電 遂行 SINGER 受驗)

자. 輸送 및 現場設置 (研究所遂行 共同責任)

차. 現場 引受試驗(韓電遂行 研究所 SINGER 共同受驗)

Ⅳ. 三千浦發電所 "씨뮤레이타"

前章에서 記述한 開發事業의 推進 結果 開發 製作된 三千浦火力發電所 運轉訓練用 "씨뮤레이타"의 機能과 性能을 要約하면 다음과 같다.

1. 制御室

制御室에 設置된 BTG運轉盤 配電盤 發電所電算系統의 運轉員 콘솔들은 母發電所인 三千浦火力發電所1號機와 꼭 같은 모양과 크기이며 이들에 設置된 各種 計器 記錄計 表示器 制御運轉素子 들은 모두 母發電所의 것과 같은 製品을 使用하여 꼭 같게 配列 함으로써 運轉 操作上의 視覺 触感 까지도 母發電所와 꼭 같게 하였고 이들의 動作特性도 母發電所와 꼭 같게 하였다.

따라서 이 "씨뮤레이타"에서 訓練 받는 運轉要員들은 母發電所 制御室에서 實發電所를 運轉하는 것과 꼭 같은 條件下에서 運轉練習을 하게 된다.

2. 發電所 諸系統

制御室에서 運轉制御되는 發電所 諸系統들은 母發電所 設計上의 工程 및 制御上의 動作特性과 꼭 같게 數式化 하여 電算系統으로서 實時間上에 解析한 것을 制御室內의 該當된 表示器 計器記錄計등에 母發電所와 꼭 같게 나타 낸다. 이와 같은 發電所 諸系統들의 "씨뮤레이션"에는 制御室에서 運轉員이 設定하는 約 2,000種의 디지탈 및 아나로그 入力信號와 訓練指導콘솔에서 初期條件 事障機能 遠隔運轉條件 等의 設定에 따른 約300種의 아나로그및 디지탈 入力信號와 이에 對應한 發電所 諸系統들의 動作狀態를 나타내는 約3,000種의 아나로그 및 디지탈 出力信號를 制御室의 該當 表示器 計器 記錄計 등에 보내 주어 母發電所와 꼭 같은 現像을 나타 내게 한다.

(1) "터빈" 및 發電機 系統
(2) 復水 및 給水 系統
(3) "보이라" 및 Sootblower系統

(4) 蒸汽供給 系統
(5) 燃料供給 및 FSSS 系統
(6) 空氣 및 "후루 깨스"系統
(7) 綜合的 制御系統
(8) 配電 및 其他系統

다. 發電所 電算系統

發電所 電算系統의 運轉員 콘솔(Operator Console)은 母發電所와 같은 製品으로서 制御室에 設置되어 있으며 電算機能은 씨뮤레이타 電算系統이 수행한다. 씨뮤레이타 電算系統은 上述한 發電所 諸系統들이 狀態에 關한 모든 信號를 받아서 處理하여 運轉員콘솔의 Key Board操作에 따라 BTG 運轉盤上의 2개의 24″Color CRT 및 運轉員콘솔 上의 1個의 19″ Color CRT와 2台의 Printer 그리고 1台의 Tele Typer上에 運轉上에 必要한 各種 圖式表示 (Graphical Display)와 字數表示 (Alpha Numerical Display)및 記錄을 할 수 있다. 그러나 本 "씨뮤레이타"가 製作完了된 82年末까지 母發電所 電算系統의 表示 및 記錄 樣式(formats)과 內容이 決定 되지 않아서 Software開發을 完成 할 수 없었으나 앞으로 그資料가 주어지면 追加事業으로서 遂行 될 豫定이다. 現在로서는 다음과 같은 機能을 할 수 있는 能力을 가지고 있다.

(1) 약 50페지의 PdID 表示
(2) 약 40페지의 Holizontal Bar Chart
(3) 약 40페지의 Vertical Bar Chart
(4) 약 40페지의 Trend Graph
(5) 時間順으로 表示되고 重要度別 및 系統別로 色別된 警報表示(Alarm Display)
(6) 各種 Alpha Numerical Display
(7) 各種 Logging

라. 訓練指導콘솔(Instructor Console)

訓練指導콘솔에서 다음과 같은 機能을 수행할 수 있다.

(1) 初期條件 設定
(2) 約150種의 故障事態設定
(3) 遠隔機能(Remote function)設定
(4) 狀態凍結
(5) 實時間보다 빠르게 또는 느리게 作動
(6) 訓練事項의 自動設定
(7) 訓練者 運轉事項監視 및 評價

마. 其他 씨뮤레이타 運營保守上의 機能

V. 結 論

三千浦火力發電所 運轉訓練用 "씨뮤레이타"는 한국에너지연구소가 美國의 SINGER LINK社와 共同으로 開發 製作한 것이며 母發電所와 꼭 같은 制御室과 運轉 및 動作特性을 가지고 있다. 따라서 三千浦火力發電所 運轉要員들은 實發電所를 運轉 하는 것과 꼭 같은 狀況下에서 各種事態에 對應한 最適運轉을 숙달 시킬 수 있을뿐만 아니라 實發電所에서는 一平生 勤務하여도 經驗하기 어려운 仮想할 수 있는 約150種의 모든 故障事態에 대한 非常運轉도 練習 할 수 있게 하였다.

이와 같은 "씨뮤레이타"의 開發製作事業에 當研究所는 12名의 專門技術人力을 投入 하였으며 그中 7名(System Engineer : 3名, Computor Engineer : 2名, Hardware Engineer : 2名)은 美國의 SINGER LINK社에 派遣하여 約 半年間의 訓練實習을 마친後 約2年間 同 "씨뮤레이타"의 開發에 參與시켜 總役務量의 約 40%를 當研究所가 擔當하였다. 그結果 開發製作費를 美國內價보다 約200 萬$ 節減 하였을 뿐만 아니라 電算應用技術分野의 尖端技術인 "씨뮤레이타"技術을 無料로 導入하여 國內에 土着化하였다.

本事業으로 導入 土着化된 發電所 "씨뮤레이타" 技術은 原子力發電의 安全性 確保上 强調되고 있는

(1) 原子力發電所 訓練用 "씨뮤레이타"의 開發 活用
(2) 制御室 設計의 評價 및 補完
(3) 發電所 電算系統(Plant Process Computor System)의 補完
(4) SPDS 및 ERF 電算系統의 開發 活用

등과 같은 TMI措置事項과 發電所 建設上의

(1) 制御室 標準設計의 開發
(2) 發電所 電算系統의 開發

에 直接的으로 應用 活用되어 原子力發電의 安全性 確保와 發電所의 經濟的이고도 自立的인 建設 運營에 奇與하게 된다.

그리고 導入 土着化된 "씨뮤레이타" 基本技術은 航空機 船舶 大單位 生產設備와 國防上의 各種 兵器系統 作戰 및 戰略 系統들의 操縱 運轉 運營 訓練用 "씨뮤레이타"開發에 活用되어 產業育成과 國防力 增强에 貢獻 하는바 클 것으로 期待 된다. *