

# WH社の 新型 PWR AP-600爐型

**WH社/Burns & Roe社가 共同開發한 新型 600MWe級 PWR인 AP-600 爐型은 低出力分布爐心, 密閉型 모터/冷却材펌프셋트, 受動型 安全시스템 등을 그 特徵으로 하고 있다**

웨스팅하우스社は 美國에너지省(DOE) 및 電力研究所(EPRI)와 共同으로 AP-600이라는 新型 受動型 600MWe PWR을 現在 開發중이다.

웨스팅하우스社와 Burns & Roe社의 合同設計팀에 의하여 開發中인 이 AP-600爐는 原來 600MWe級の 單純化한 經濟的인 LWR 플랜트의 設計를 目的으로 EPRI計劃의 一環으로 1985~1986年 사이에 始作된 것이다. 그 以後의 웨스팅하우스社의 設計는 1989年 中盤까지 모든 플랜트의 概念設計 檢討를 完了하도록 돼 있는 DOE計劃下에 現在 進行되고 있다.

다음 段階는 AP-600爐의 細部設計와 免許取得節次가 될 것으로 보이며 AP-600爐의 開發過程에서 웨스팅하우스社は 過去 20年間 이러한 크기의 PWR의 設計, 建設, 運轉을 통해 얻은 經驗을 活用할 計劃이다. 最近의 600MWe級 PWR는 大部分 韓國, 尤고, 필리핀에서 建設되었으며 이러한 設計原則에 따라 安全性과 運轉여유의 增大, 플랜트 設備 및 發電原價의 節減, 플랜트 시스템과 設備의 單純化, 建設工事日程과 建設原價의 確實性등 電力會社의 要求에 呼應할 수 있도록 設計上의 改善努力이 이루어질 것이다.

## 低出力分布 爐心

新型 600MWe PWR의 概念設計는 低出力分布爐心을 適用함으로써 linear 熱消費率의 減小과 熱出力마진의 增加를 가져오도록 하기 위한

것으로 이것은 爐心の 直徑을 크게 하므로써 可能해진다.

燃料集合體의 個數를 現在の 標準型 600MWe PWR에서 適用하고 있는 121個에서 145個로 增加시킴으로써 linear 熱消費率을  $17 \times 17$  燃料를 使用하는 경우의  $4\text{kW/ft}$  以下로 줄일 수 있게 된다. 이것은 標準型 600MWe PWR에서 原來 使用했던  $16 \times 16$  燃料에 比해 全體的으로 約 40% 減小한 것이 된다.

低出力分布爐心은 linear 熱消費率 減小과 熱出力마진 增加를 가져오는 外에 몇가지 또다른 長點이 있다. 첫째로 낮은 出力分布는 原子爐容器에 대한 中性子の 影響을 減小시킨다.

둘째로는 燃料週期 原價低減과 우라늄活用 改善을 들 수 있다. 이러한 개선은 Doppler 吸收 減小, 크세논毒作用의 低下, 爐心中性子 漏出의 減小등이다.

세번째로는 低出力分布 設計는 全體的인 플랜트의 稼動率을 向上시키고 作業者의 被爆을 減小시키는데 크게 도움이 된다는 것이다.

이 原子爐 概念設計의 또 한가지 特徵은 放射形의 中性子 反射體를 使用한다는 것이다. 이 反射體는 90%의 스테인레스鋼과 10%의 물로 되어 있으며 爐心을 둘러싸서 放射方向의 漏出을 減小시킴으로써 中性子 効率을 높여준다. 따라서 이 反射體는 燃料週期 原價를 改善할 뿐 아니라 原子爐容器에 대한 中性子の 影響을 減小시킨다.

## 原子爐冷却材系統 改良

이 冷却材系統의 設計概念은 蒸氣發生器의 Channel Head 속에 密閉型모터 - 冷却材 펌프셋트를 거꾸로 設置하는 것이다.

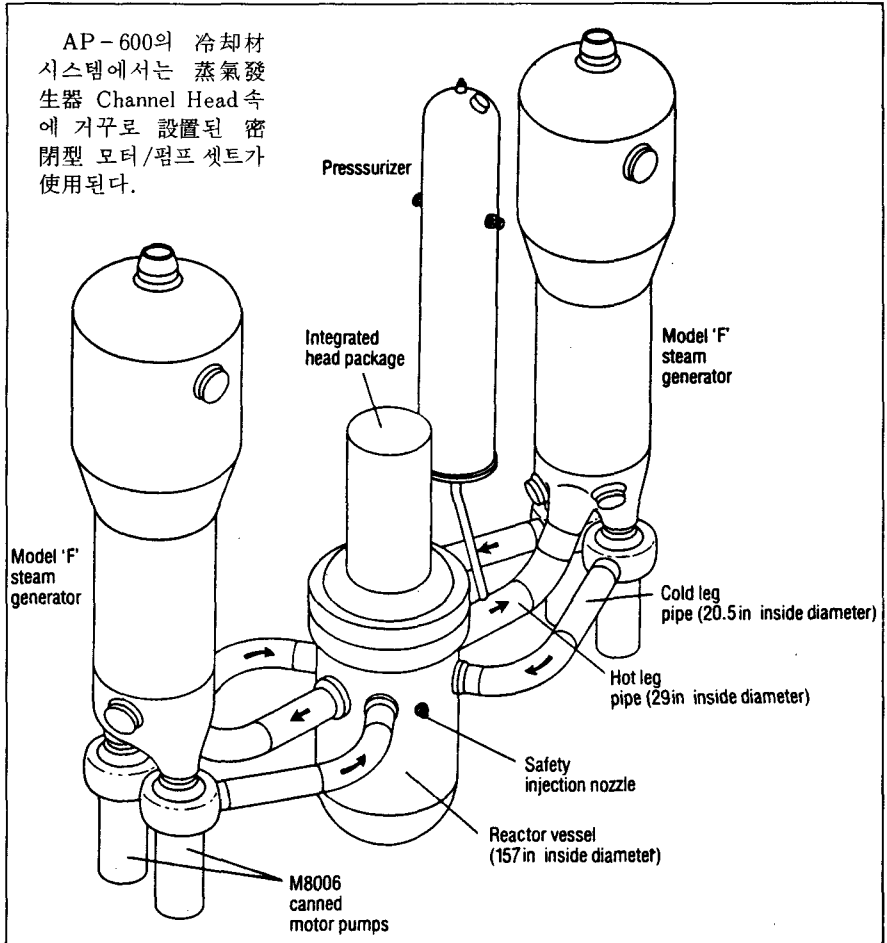
이러한 構造가 갖는 長點은 대단한 것으로 密閉型모터/펌프셋트를 維持하는데 必要한 補助流體系統은 軸密封型 펌프를 使用하는 경우보다 훨씬 複雑하다. 이 密閉型 모터 펌프셋트는 實驗結果 높은 信賴度가 立證되었고 軸密封型보다 設計條件을 벗어난 狀況에 대한 適應度도 더 높으며 特性上 작은 冷却材喪失事故의 發生可能性이 줄어든다.

이 펌프의 取水를 蒸氣發生器 Channel Head 밑에 둠으로써 冷却材루우프 配管의 Cross-over Leg을 없앨 수 있고, 루우프壓力降下가 減少되며, 蒸氣發生器, 펌프, 配管의 基礎와 支持物이 簡單해지고, 작은 冷却材喪失事故中的 爐心 冷却材不在의 可能性이 줄어든다.

現在 進行中인 이 冷却材系統의 開發事項은 다음과 같다.

- 部品の 豫備設計 및 容量 決定
- 點檢補修를 위한 出入口와 操作設備를 갖춘 펌프와 蒸氣發生器와의 結合 設計, 이러한 設計는 이 두 設備가 단단히 結合되고 密閉型 모터/冷却材펌프 셋트의 거꾸로 된 狀態로 일어나는 馳緩을 防止하기 위해 必要하다.
- 密閉型 모터 / 펌프 셋트는 아주 甚한 減速

AP-600의 冷却材 시스템에서는 蒸氣發生器 Channel Head 속에 거꾸로 設置된 密閉型 모터/펌프 셋트가 使用된다.



特性을 갖고 있기 때문에 펌프 動力이 喪失됐을 때 爐心 冷却이 不足하여 爐心 損傷을 가져올 憂慮가 있다. 따라서 爐心 損傷을 가져올 流量의 減少速度를 알아내고 必要時 回轉慣性을 補充할 수 있는 電氣 또는 機械的인 에너지蓄積시스템을 設計할 必要가 있다. 이 에너지蓄積시스템은 信賴度가 매우 높아야 하며, 이것의 原價와 消費電力도 全 펌프系統에 適切한 設備原價·利得比率을 維持할 수 있도록 充分히 낮아야 한다.

● 이 方法의 安全度, 信賴度, 性能 및 原價의 評價.

## 安全防護措置와 補助시스템

이 新型 600MWe PWR의 概念的인 安全시스

템은 冷却水, HVAC, AC電源등과 같은 補助設備 大部分의 安全度를 考慮하지 않아도 됨으로 매우 簡單한 受動的인 시스템이 된다.

이 安全注入시스템은 Accumulator 2臺, 全壓力 爐心補充水 탱크 2臺, 全壓力 受動型 殘留熱除去(RHR) 熱交換器 1臺, 原子爐冷却材 시스템의 減壓밸브, 格納容器內 燃料再裝填用水 貯藏탱크(IRWST) 1臺로 構成되어 있다. 어떠한 펌프도 必要하지 않으며 밸브操作裝置도 蓄電池 電源을 使用하므로 安全防護를 要하는 디젤發電機를 使用하지 않아도 된다.

이 受動型 RHR熱交換器는 正常運轉時나 起動時에 給水系統이 故障났을 때의 高溫, 全壓力 狀態에서 崩壞熱을 除去할 수 있게 돼있다. 爐心補充水탱크는 注入時 重力을 利用하며 따라서 正常補充水펌프를 使用할 수 없을 때 어떠한 壓力에서도 冷却材시스템 補充水を 供給할 수 있게 돼있다. 冷却材喪失事故時에는 Accumulator가 急速히 原子爐容器를 再充水하며 爐心が 再充滿될 때까지 長時間에 걸쳐 注入하게 된다. 冷却材系統의 減壓밸브들은 IRWST 탱크의 물을 重力에 의해 原子爐에 드레인 시키며 이로써 長期的인 冷却方式이 形成되는 것이다.

長期冷却은 原子爐冷却材시스템에서 오는 蒸氣가 鋼鐵製 格納容器壁體에서 凝結되고 이 凝結水가 IRWST탱크에 드레인되어 原子爐冷却材시스템으로 되돌아감으로써 이루어진다. 熱은 格納容器shell로부터 自然對流에 의해 格納容器로부터 大氣로 放出된다.

現在의 進行中인 作業으로 이러한 시스템設計의 技術的 및 經濟的인 妥當性이 證明될 것이다. 이 作業의 內容은 다음과 같다.

- 技術 및 原價面에서 妥當性있는 主要流體시스템의 設計.

- 在來式 시스템과는 다르게 動作하는 새로운 受動型 安全시스템의 性能을 評價하기 위한 安全性 分析. 이 分析에서는 冷却材 喪失의 경우와 그렇지 않은 경우를 檢討하고 NSSS시스템

과 格納容器의 影響을 勘案한다. 또한 危險分析 作業이 主要시스템의 信賴도와 爐心溶解의 頻도와 影響을 豫測하기 위해 이루어진다.

- 安全度, 信賴度, 性能, 原價計算과 關聯된 事項의 檢討.

## 建設工事費 節減

AP-600플랜트 開發 目的의 하나는 建設工事 工期와 原價를 最小化 시키는데 있다.

建設工事 期間과 原價를 줄이는데 가장 直接的인 方法은 建物 容積을 줄이는 것이다. 이를 위해서 受動型 安全防護시스템이 採擇되었다. 이 시스템을 使用하면 在來式의 機械 및 電氣의 安全防護시스템들 中の 많은 것을 省略할 수 있어 結果적으로 建物容積을 줄일 수 있기 때문이다.

또한 이 AP-600플랜트 設計에 있어서는 웨스팅하우스社의 新型 制御室, 綜合保護시스템, 綜合制御시스템의 長點을 많이 살릴 수 있게 된다. 合理的으로 配列된 캐비닛, 複合的인 使用, 유리纖維質 光學器械를 包含한 改良된 設計方式을 適用하는 것도 建物容積을 줄이는데 큰 效果가 있다.

建物容積을 줄이고 이에 따라 建設工期를 短縮시킬 수 있는 또한가지 方法으로 이 플랜트의 시스템과 建物構造物의 大部分을 Module化하는 方法이 있다.

原電플랜트의 主要部分을 現場밖의 施設에서 事前 組立하여 이 事前 組立되고 事前試驗을 거친 Module를 船舶, 鐵道, 트럭便으로 現場으로 運搬하는 方法이 建設原價, 設計, 建設工程 등의 側面에서 檢討되고 있다.

現在 進行中인 作業으로는 細部設計圖面の 作成, 組立·建設技術 開發, 建設工程의 作成, 工事費 見積등이 있으며 이 作業은 모두 AP-600 플랜트 建設에 있어서의 이러한 Module方式의 妥當성과 이 방식이 가져오는 建設原價·工程上의 利得을 뒷받침하게 될 것이다.