

論 文
34~12~5

# 加壓輕水型 原子爐의 最適負荷追從 制御에 관한 研究

## A Study of Optimal Load Follow Control in Pressurized Water Reactors

金 洛 教\* · 朴 相 暎\*\*  
(Lark-Kyo Kim · Sang-Hui Park)

### ABSTRACT

An application of the linear optimal control theory to the problem of load follow control in pressurized water reactors (PWR) is investigated.

In order to perform the steady-state and load follow operation in PWR, a nonlinear model for the reactor and steam generator is derived and linearized at 50% rated power.

Simulation tests are performed for 10% demanded load. Comparing the dynamic response of the newly developed optimal load follow controller with those of the integral error feedback controller proposed by Yang, the rise time of dynamic response of the former is about 15 seconds faster than those of the latter, thus the results indicate that the fast response of the optimal load follow controller is verified.

The results of this work are directly applicable to the design of the load follow control systems for commercially operated PWRs.

### 1. 序 論

원자력발전소는 통상 基底負荷用으로 운전하는 것이 합리적이지만 負荷變動이나 突發事故로 인한 系統의 安定度를 회복할 수 있도록 負荷追從能力이 있어야 하며, 원자력발전의 點有率이 전체 系統容量의 40%를 넘게 되면 필연적으로 負荷追從運轉을 하여야 한다.

특히 電源開發을 원자력 위주로 시행하고 있는 우리나라에서는 1990년경이면 원자력의 점유율이 약 40%에 이를 것으로 전망되어 멀지 않은 장래에 원자력발전소의 負荷追從運轉이 시행될 것이다.

Duncombe<sup>1)</sup>은 상사형 전자계산기를 이용하여 負

荷變動에 대응하는 最適制御 系統을 제안하였으나 原子爐 자체만을 고려한 과도하게 간략화한 모델이었으며, 피이드백 루우프가 구성되지 않았다.

Frogner<sup>2)</sup>는 負荷變動에 대한 沸騰水型爐의 응답을 개선하기 위하여 피이드-포워드드 신호를 도입한 制御系統을 제안하였는데 이 시스템은 外亂에 대한 適應能力이 없었으며 새로운 負荷에 대한 定常狀態의 平衡값을 입력시켜야 하는 문제점이 있었다. Sipush<sup>3)</sup>는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 加壓輕水型 原子爐를 試行錯誤法에 의해 일정한 軸方向 出力偏差범위를 준수하는 방법(C-AOC)으로 負荷追從運轉을 시도하였다.

DP법을 이용하여 기지의 時變負荷計劃을 追從하고 전체출력과 노심출력 분포를 制御하기 위한 多段 最適化技法을 Karppinen<sup>4)</sup>이 제안하였는데 이 방법은 많은 계산시간과 컴퓨터 기억용량을 필요로 한다.

Yang<sup>5)</sup>은 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여

\*正 會 員 : 建國大 工大 電氣工學科 助教授 · 工博  
 \*\*正 會 員 : 延世大 工大 電氣工學科 教授 · 工博  
 接受日字 : 1985年 9月 28日

原子炉와 蒸汽發生器를 고려한 加壓輕水型 原子炉의 모델을 제시하였고 적분오차 피드백 制御器와 모델 追從制御器를 설계하였으나 負荷變動時 應答이 늦었다.

지금까지는 加壓輕水型 原子炉에 대한 研究가 대부분 2次系統을 제외하고 原子炉 자체만을 대상으로 하여 실제 시스템에 적용하기 어려운 단점이 있었다.

本 論文에서는 우리 나라에서 主力 炉型인 加壓輕水型 原子炉의 定常狀態 및 負荷追從 運轉을 위하여 原子炉와 蒸汽發生器를 고려한 수학적 모델을 유도하고, 負荷追從制御器를 設計하여 定格出力 2200[MWth]인 加壓輕水型 原子炉에 적용하여, 시뮬레이션으로 얻은 결과를 積分誤差피드백 制御器의 결과와 比較 分析하여 最適負荷追從制御器의 有用性和 速應性을 立証하고, 또 실제 계통에 적용 가능성을 제시하고자 한다.

### 2. 加壓輕水型 原子炉의 數學的 모델

加壓輕水型 原子炉는 그림 1 과 같이 1차루우프와 2차루우프로 구성되어있다. 1차루우프의 加壓 冷却水는 炉心에서의 核分裂에 의해 발생된 에너지를 蒸汽發生器로 전달하며, 蒸汽發生器에서는 相互交換에 의해 蒸汽가 발생하고, 이 蒸汽가 터어빈에서 斷熱膨脹하면서 터어빈을 회전시키면 同軸에 연결된 발전기가 회전하게 되어 전력을 발생한다.

原子炉의 出力은 炉内の 中性子 밀도에 비례하고 中性子の 흡수 및 누설량의 합과 核分裂시 생성되는 中性子の 개수가 서로 평형을 이룰때 일정한 出力레벨이 유지된다. 原子炉 내부의 中性子束의 평형과 불평형은 反應度로써 나타난다. 反應度에 영향을 미치는 요소들은 原子炉 구조재, 연료

조성, 制御棒, 감속재의 濃도, 핵분열생성물질, 고유온도 피드백 등이 있다. 原子炉 制御에 있어 중요한 것은 이들 중에서 制御가 용이한 것과 곤란한 것, 불가능한 것의 구분이다. 즉 制御棒制御와 硼酸濃度 調節이 비교적 용이하며 기타의 것들은 상당히 어렵거나 불가능한 것이다. 정상운전 시에는 制御棒을 거의 인출하고 冷却材내의 溶解 負反應度(Soluble poison)로써 대부분의 反應度를 制御하고 있으며 이는 출력의 平均化 및 열전달을 最適化할 수 있으며 비상시 原子炉의 정지안전여유(Shutdown safety margin)를 확보하기 위한 것이다<sup>7)</sup>.

加壓輕水型 原子炉 모델은 11차 非線形 方程式으로 주어지는데, 이를 定格出力의 50% 평형운전 상태에서 Taylor 급수에 의해 線形化한 모델은 다음과 같다<sup>8)~10)</sup>.

$$\begin{aligned} \dot{X}_1 &= 1X_1, \\ \dot{X}_2 &= 200X_1 - 0.4063X_2 - 6.25X_4 - 0.0129U_2, \\ \dot{X}_3 &= 87.43X_1 + 0.03366X_2 - 0.3608X_3 - 2.549X_4, \\ \dot{X}_4 &= 1.42X_1 + 0.00055X_2 + 0.0537X_3 - 2.13X_4 + 2.029X_6, \\ \dot{X}_5 &= 1.42X_1 + 0.00055X_2 + 0.0537X_3 + 1.928X_4 - 2.029X_5, \\ \dot{X}_6 &= -0.315X_1 - 0.665X_6 + 0.98X_7, \\ \dot{X}_7 &= 2.391X_6 + 2.391X_8 - 6.694X_7 + 0.3425X_9, \\ \dot{X}_8 &= 3.353X_7 - 0.5625X_8 - 68.19X_{10}, \\ \dot{X}_9 &= -0.7095X_8 - 1263X_{10} + 1.04U_2, \\ \dot{X}_{10} &= -0.5X_{10} + 0.5U_3, \\ \dot{X}_{11} &= -2X_{11} + 2U_1 \end{aligned}$$

여기서  $X_1$ : 제어봉 주입 반응도,  $X_2$ : 선행 핵농도,  $X_3$ : 핵연료온도,  $X_4$ : 냉각재 평균온도,  $X_5$ : 원자로 출구의 냉각재온도,  $X_6$ : S/G 내에서 1차 냉각재 유효온도,  $X_7$ : S/G내에서 U 튜브온도,  $X_8$ : 증기압력,  $X_9$ : S/G내의 유체 질량,  $X_{10}$ : 드로틀 밸브 열림,  $X_{11}$ : 제어봉 구동속도를 나타낸다.

### 3. 最適負荷追從制御器의 設計

原子炉에 대한 負荷追從制御器를 설계하기 위하여는 먼저 플랜트의 정확한 모델이 필요하게 되는데, 다음과 같은 선형 시불변 시스템으로 주어진다 고 하자.

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) \tag{1}$$

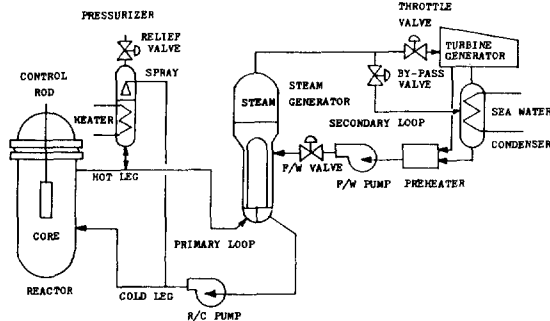


그림 1. 加壓輕水型 原子炉 시스템  
Fig.1. Simplified PWR systems.

$$Y(t) = CX(t) \quad (2)$$

여기서 出力方程式  $Y(t)$ 를 制御變數의 조합으로 놓고,  $Y_0$ 를 이들의 설정치로 놓으면 다음 식이 된다.

$$Y_0 = CX_0 \quad (3)$$

이때의 制御變數는 1次 冷却材 炉心平均溫度  $T_w$ , 蒸汽發生器의 流體質量  $M_f$  및 드로틀 밸브의 열림 정도  $C_v$ 로 선정한다. 이에 따라  $X_0$ 와  $U_0$ 는 다음의 관계를 갖는다<sup>1)</sup>.

$$O = AX_0 + BU_0 \quad (4)$$

$$U'(t) = U(t) - U_0 \quad (5)$$

$$X'(t) = X(t) - X_0 \quad (6)$$

$$Y'(t) = Y(t) - Y_0 \quad (7)$$

여기서  $U'(t)$ 는 전이입력,  $X'(t)$ 는 전이상태이고  $Y'(t)$ 는 전이 제어변수이다. 따라서 전이 변수는 다음식을 만족해야 한다.

$$\dot{X}'(t) = AX'(t) + BU'(t) \quad (8)$$

$$Y'(t) = CX'(t) \quad (9)$$

주어진 시간에 原子爐 出力의 設定値가 현재의 평형운전 상태에서 다른 값으로 변한다면 식(8), (9)로 나타내어지는 시스템은 갑자기 0이 아닌 초기상태를 가지게 된다. 이에 따라 시스템이 새로운 출력의 설정점에 도달하기 위하여는 다음의 評價 函數가 最小化 되어야 한다.

$$J = \int_{t_0}^{t_1} [Y'^T(t)QY'(t) + U'^T(t)RU'(t)] dt + X'^T(t_1)PX'(t_1) \quad (10)$$

(단  $Q \geq 0, P \geq 0, R > 0$ )

위와 같은 전이조절기 문제는 시불변 점근안정의 형태로 정상해를 갖는다고 하면 定常狀態 制御則은

$$U'(t) = -FX'(t) \quad (11)$$

으로 주어진다. 이때의 最適利得  $F$ 와 Riccati 微分 方程式의 定常狀態 解  $P$ 는 다음으로부터 주어진다.

$$F = R^{-1}B^T P \quad (12)$$

$$O = A^T P + PA - PBR^{-1}B^T + Q \quad (13)$$

시스템에 過渡狀態가 주어지면 식(11)의 적용으로 진동없이 신속하게 새로운 설정점에 도달하게 된다. 원래의 시스템 變數의 형태로 制御則을 나타내기 위하여 식(5), (6) 및 (11)을 결합하여 정리하면 다음과 같다.

$$U(t) = -FX(t) + U_0 + FX_0 \quad (14)$$

$$U'(t) = -FX'(t) + U'_0 \quad (15)$$

여기서 벡터  $U'_0$ 는 制御變數  $Y(t)$ 가  $Y_0$ 가 되도록 결정된다.  $U'_0$  값이 구하여지면 식(15)를 식(1)에 대입하여

$$\dot{X}(t) = (A - BF)X(t) + BU'_0 \quad (16)$$

으로 된다. 이에 따라 페루우프 시스템이 漸近安定이 되기 위하여는  $t \rightarrow \infty$  일때 定常狀態 값  $X_0$ 는 다음과 같아야 한다.

$$O = \bar{A}X_0 + BU'_0 \quad (17)$$

$$\bar{A} = A - BF \quad (18)$$

이때의  $\bar{A}$ 의 모든 固有値가 복소평면의 左半面에 위치하므로  $\bar{A}$ 는 nonsingular하다. 이에 따라 식(17)을 정리하면

$$X_0 = (-\bar{A})^{-1}BU'_0 \quad (19)$$

으로 되고 制御變數가 設定値  $Y_0$ 에 도달하게 되면 다음 식으로 나타낸다.

$$Y_0 = C(-\bar{A})^{-1}BU'_0 \quad (20)$$

윗식으로부터

$$U'_0 = [C(-\bar{A})^{-1}B]^{-1}Y_0 \quad (21)$$

으로 되고 追從制御器에 대한 最適入力は 다음과 같다.

$$U(t) = -FX(t) + [C(-\bar{A})^{-1}B]^{-1}Y_0 \quad (22)$$

$U'(t)$ 와  $Y(t)$ 를 대입하여 시스템을 정리하면 다

음과 같다.

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t) \quad (23)$$

$$Y(t) = CX(t) \quad (24)$$

$$U(t) = -FX(t) + U'(t) \quad (25)$$

위의 制御則은 設定點  $Y_0$ 에 階段狀의 負荷 變化

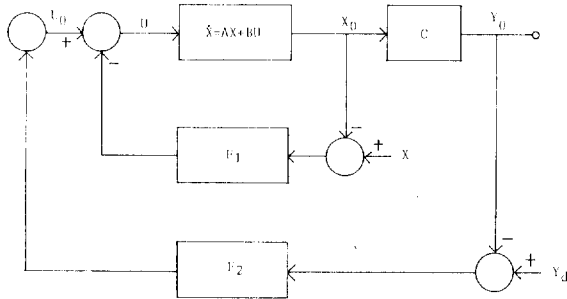


그림 2. 最適負荷追從制御器

Fig. 2. Optimal load follow controller.

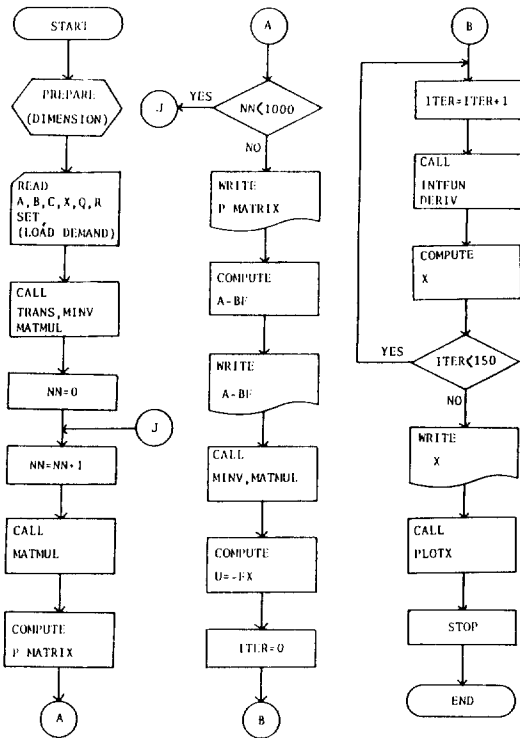


그림 3. 最適負荷追從制御器를 적용한 加壓輕水型 原子炉의 시뮬레이션을 위한 흐름도

Fig. 3. Flow chart for the system simulation of a PWR with the optimal load follow controller.

가 주어질때 과도한 진동없이 신속하게 系統의 要求 負荷를 追從하는 特性을 가지게 된다.

그림 2는 最適負荷追從制御器의 구성을 나타내며, 여기서  $F_1$ 은 狀態피드 백 利得,  $F_2$ 는 閉루프 傳達函數,  $Y_d$ 는 系統의 要求出力을 나타낸다. 그림 3은 이의 實現을 위한 흐름도이다.

#### 4. 시뮬레이션 및 結果考察

2장에 나타낸 선형 모델을 시뮬레이션 실험에 적용하였으며, 定格出力 2200[MWth]인 加壓輕水型 原子炉의 定格出力 50%의 운전상태에서 階段狀의 10% 負荷增加시 負荷追從制御器의 동특성을 조사한다.

本 論文에서는 VAX11/780 및 HP9845B를 이용하여 Riccati 微分方程式과 플랜트 應答을 구하였으며, Euler 積分法과 Runge-kutta 積分法을 사용하였다.

그림 4는 위와 같은 負荷變動 條件下에서 最適負荷追從制御器(Optimal load follow controller : OLF)를 앞에서 구한 선형 모델에 적용하였을때 制御棒의 등가위치를 나타낸다. 시뮬레이션 시간은 150초이며 最適負荷追從制御器와 Yang이 提案한 積分誤差 피드백 制御器(Integral error feedback controller : IEFC - 이하 積分制御器라 略함)의 應答이 要求應答의 90%에 도달하는 시간을 上昇時間이라 하고 이를 比較·檢討하면 本 研究에서 새로이 提案한 最適負荷追從制御器가 後者에 비해 17초 정도 應答이 빨라 速應性이 개선되었으며, 80여초 경과후 안정된 동특성을 보여주고 있다.

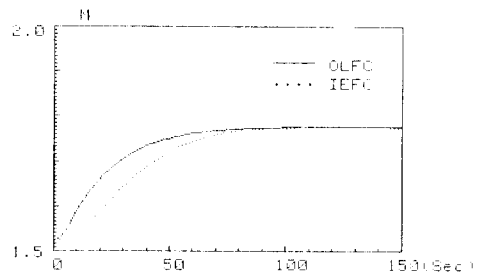


그림 4. 制御棒 位置

Fig. 4. Control rod position.

그림 5는 위와 같은 負荷變動 條件下에서 原子炉의 出力 動特性을 나타내며 단위는 定格出力에 대한 발생출력의 백분율이다. 上昇時間은 最適負

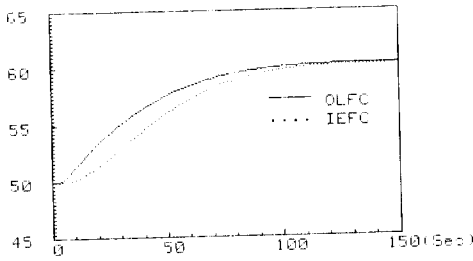


그림 5. 原子爐 出力레벨  
Fig. 5. Reactor power level.

荷追從制御器가 積分制御器에 비해 9초 정도 應答이 빠름을 알 수 있으며 120여초 경과후 안정된 應答을 보여 주고 있다.

그림 6은 原子爐 爐心에서의 核燃料의 平均溫度를 나타낸다. 上昇時間은 最適負荷追從制御器가 積分制御器에 비해 7초 정도 빠름을 알 수 있으며 110여초 경과후 두가지 경우 안정된 動特性을 나타내고 있다.

그림 7은 위와 같은 負荷變動 條件下에서 原子爐 爐心에서의 1次 冷却材의 平均溫度를 나타낸

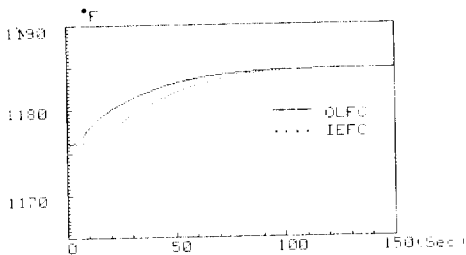


그림 6. 核燃料 平均溫度  
Fig. 6. Average fuel temperature.

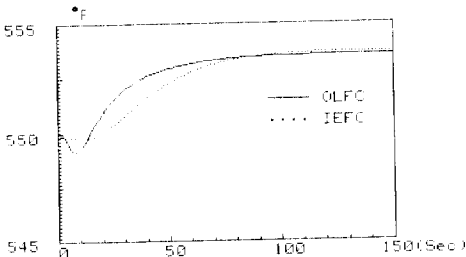


그림 7. 爐心の 1次冷却材 平均溫度  
Fig. 7. Average coolant temperature of the reactor core.

다. 上昇時間을 조사해보면 最適負荷追從制御器가 積分制御器에 비해 12.5초 應答이 빠름을 알 수 있으며 약 110여초 경과후 안정된 動特性을 보여 주고 있다.

그림 8은 위와 같은 負荷變動 條件下에서 蒸汽發生器내의 1次冷却材 有効溫度를 나타낸다. U- 튜브를 통하여 2次冷却材에 熱을 傳達한 후의 溫度를 나타내며 爐心 入口 溫度와 거의 같은 값이다. 最適負荷追從制御器는 50여초 경과후 要求值에 도달하였으나 積分制御器는 應答이 늦어 0.5 [°F]의 追從誤差가 발생되었다.

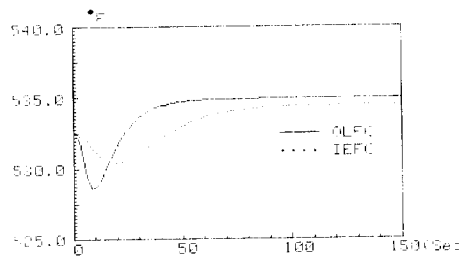


그림 8. 蒸汽發生器의 1次冷却材 有効溫度  
Fig. 8. Effective coolant temperature in the S/G.

그림 9는 蒸汽發生器에서 1次冷却材로부터 2次冷却材에 熱傳達하는 매체인 U- 튜브 금속내부의 平均溫度를 나타낸다. 平衡運轉을 하다가 定格의 10% 負荷가 階段狀으로 增加하면 이에 應答하는 양의 蒸汽가 터빈으로 유출되어 U- 튜브의 平均溫度는 일시적으로 떨어 졌다가 爐心에서의 出力 上昇으로 서서히 회복하여 平衡狀態에 도달하게 된다. 이때 最適負荷追從制御器는 積分制御器에 비해 20초 정도 上昇時間이 빠름을 確認할 수 있으며 100여초 경과 후 안정된 應答을 보여주고 있다.

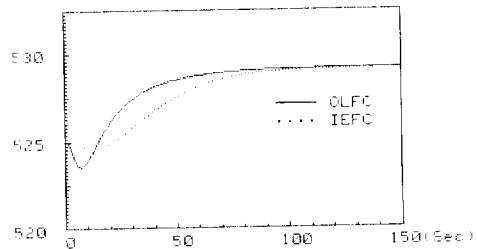


그림 9. U- 튜브 금속의 平均溫度  
Fig. 9. Average temperature of the U-tube metal.

그림 10은 앞에서의 負荷條件일때 蒸汽發生器 出口의 蒸汽壓力를 나타낸다. 最適負荷追從制御器는 13~16(Psi)정도 壓力이 降下하였다가 30여초 경과후 定常値를 회복하였으나 積分制御器는 應答의 遲延으로 약간의 追從誤差가 발생되었으며 100여 초 경과후 원래의 平衡狀態 壓力에서 2(Psi) 정도 감소된 壓力으로 안정되었다.

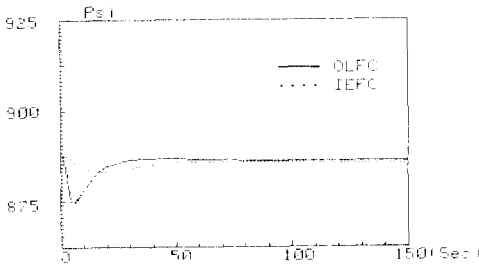


그림 10. 蒸汽壓力  
Fig. 10. Steam pressure in the S/G.

그림 11은 蒸汽(發生器내의 水量 즉 水位를 나타내며 蒸汽(發生器내의 2次冷却材 전체 체적에 대한 給水の 點有體積의 비율로써 나타낸다. 蒸汽發生器 내의 水位는 너무 많거나 적으면 1次冷却材를 과도하게 冷却시키거나 加熱시키 核心에 熱水力學的 영향을 주게 되므로 항상 일정 레벨을 유지하는 것이 바람직하다. 最適負荷追從制御器가 積分制御 器에 비해 20초 정도 上昇時間이 빠름을 확인하였 다. 여기서 積分制御器가 比較的 완만하게 設定 水位를 追從하는 것은 積分誤差의 연속적인 피이 드백에 기인된다. 또 초기에 오버슈우트가 발생 하였는데 이는 負荷 增加時 蒸汽壓力의 저하에 의 한 보이드(void)의 증가로 인한 水位上昇으로 推 定된다.

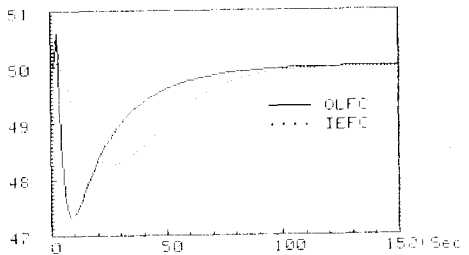


그림 11. 蒸汽發生器의 水位  
Fig. 11. Water level in the S/G.

그림 12는 앞에서의 負荷變動 條件下에서 터어 빈 앞단의 드로틀 밸브의 열림위치를 나타내고 이 應答는 負荷에 따라 線形的으로 비례하게 되며 단 위는 全出力 運轉時의 밸브의 열림에 대한 백분율 로써 나타낸다. 負荷追從能力을 결정하는데 있어 가장 중요한 영향을 미치는 變數로써 가장 먼저 負荷變動에 대응하는 設定値에 도달한다. 上昇時 間을 조사해보면 最適負荷追從制御器가 積分制御 器에 비해 應答이 10여초 빠른 것을 알 수 있 으 며 70여초 경과후 두 制御器는 安定된 動特性을 보 여주고 있다.

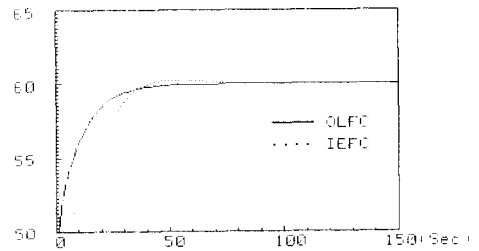


그림 12. 드로틀 밸브 위치  
Fig. 12. Position of the throttle valve.

그림 13은 앞에서와 같은 負荷條件下에서 制御 棒 驅動速度를 나타내며, 이는 制御棒 位置에 대 한 變化率과 등가이다. 最適負荷追從制御器의 上昇時間이 積分制御器에 비해 29초 정도 빨라 速應 性が 대폭 개선되었으며 두 制御器는 100여초 경 과후 安定된 動特性을 나타내고 있다. 두 制御器 의 경우 모두 變化率이 작은 것은 制御棒 引出速 度에는 엄격한 제한이 따르기 때문이며, 만일 너 무 급격하게 引出하게 되면 核心에 局部加熱을 일 으 켜 우려가 있으며 심한 경우 核燃料의 熔融까 지 이르게 되므로 일반적으로 最大 引出速度를 분 당 72스텝(114.3cm)으로 제한하고 있다.

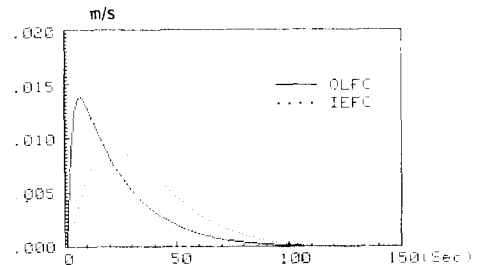


그림 13. 制御棒 驅動速度  
Fig. 13. Driving speed of control rod.

## 5. 結 論

本 論文에서는 加壓輕水型 原子爐의 一定常狀態 및 負荷追從運轉을 위한 새로운 最適負荷追從制御를 線形最適制御理論에 의하여 設計하였다. 이를 定格出力 2200[MWth]인 加壓輕水型 原子爐의 50% 平衡運轉 狀態에 적용하여 시뮬레이션 하였다. 이때 階段狀으로 10%의 負荷를 增加시켰을 때의 動特性을 Yang이 提案한 積分誤差피이드백 制御器와 比較·分析한 結果 本 論文에서 새로히 提案한 最適負荷追從制御器의 應答의 上昇時間이 積分誤差피이드백 制御器보다 平均 15초정도 빠름을 알 수 있었다. 또한 20%의 負荷變動에 대하여도 本 論文에서 提案한 最適負荷追從制御器가 10% 變動時와 類似한 動特性을 나타내어 그 이상의 負荷變動에도 신속한 追從이 可能함을 알 수 있었다. 그러므로 原子爐의 負荷追從 運轉時 가장 중요한 觀點인 速應性이 最適負荷追從制御器를 적용함으로써 改善됨을 確認하였다.

## 參考文獻

- 1) Mueller, N.P., "Response of pressurized water reactors to network power generation demand", IEEE T-PAS, vol. PAS-101, No. 10, pp. 3943-3950, Oct. 1982.
- 2) Duncombe, E. and Rathbone, D.E., "Optimization of the response of a nuclear reactor plant to changes in demand", IEEE T-AC, vol. AC-14, pp. 272-282, 1969.
- 3) Frogner, B. and Grossman, L.M., "Estimation and optimal feedback control theory applied to a nuclear boiling water reactors", NS & E, vol. 58, pp. 265-277, 1975.
- 4) Sipush, P.J., Kerr, R.A., Ginsberg, A.P., Morita, J. and Scherpereel, L.R., "Load-follow demonstrations employing constant-axial-offset power distribution control procedures", Nuclear Technology, vol. 31, pp. 12-31, 1976.
- 5) Karppinen, J., Versluis, R.M. and Blomsnes, B., "Core control optimization for scheduled load change in large pressurized water reactors", NS & E, vol. 71, pp. 1-17, 1979.
- 6) Yang, T., "A study of load change control in PWRs using the methods of linear optimal control", Ph. D. Dissertation, The Pennsylvania State Univ., Mar. 1983.
- 7) Fundamental course-Pressurized Water Reactors, US NRC, Inspection and Enforcement Training Section, vol. 1, 1975.
- 8) 朴貴泰, "原子爐의 最適制御 系統의 設計", 高麗大學校, 博士學位 論文, 1980
- 9) Glasstone, S. and Sesonske, A., "Nuclear reactor engineering", 3/e, VNR Co., New York, pp. 299-302, 1980.
- 10) Schultz, M.A., "Control of nuclear reactors and power plants", McGraw-Hill Book Co., Inc., 1955.
- 11) Kerlin, T.W., "Dynamic analysis and control of pressurized water reactors," Control and Dynamic Systems-Advances in Theory and Applications-, vol. 14, pp. 104-212, Academic Press, 1978.
- 12) Ali, M.R., "Lumped parameter, state variable dynamic models for U-tube recirculation type nuclear steam generators", Ph. D. Dissertation, Univ. of Tennessee, 1976.
- 13) Kwakernaak, H. and Sivan, R., "Linear optimal control systems", John Wiley & Sons, Inc., pp. 270-281, 1972.
- 14) Tepper, L. and Winokur, M., "Optimal control of a PWR reactor to extend load follow capability", IFAC Control Science and Technology, Kyoto, Japan, pp. 3173-3181, 1981.
- 15) 金洛教, 朴相暻, "加壓輕水型 原子爐의 最適負荷追從制御", 1985년도 大韓電氣學會 計測制御 研究會 春季學術會議 論文集, pp. 35-37
- 16) Anderson, B.D.O. and Moore, J.B., "Linear optimal control", Prentice-Hall, Inc., pp. 247-271, 1971.
- 17) Cho, N.Z. and Grossman, L.M., "Optimal control for xenon spatial oscillations in load follow of a nuclear reactors", NS&E vol. 83, pp. 136-148, 1983.
- 18) Lipinski, W.C. and Vacroux, A.G., "Optimal digital computer control of nuclear reactors", ANL-7530, Jan. 1969.

著 者 紹 介



崔元銀

1923年 3月 15日生  
1956年 中央大 工大 電氣工學科 講師  
1976年 中央大 大學院(理博)  
現 在 中央大 工大 電氣工學科 教授



李廣植

1948年 10月 20日生  
1971年 嶺南大 工大 電氣工學科 卒  
1973年 嶺南大 大學院 電氣工學科 卒  
現 在 嶺南大 工大 電氣工學科 助教授



趙基善

1950年 12月 14日生  
1973年 仁荷大 工大 電氣工學科 卒  
1977年 仁荷大 大學院 電氣工學科 卒  
1985年 中央大 大學院 博士課程 修了  
現 在 柳韓工專大 副教授



任漢錫

1935年 12月 21日生  
1962年 서울大 工大 電氣工學科 卒  
1972年 서울大 大學院 電氣工學科 卒  
1980年 弘益大 大學院 博士課程 修了  
1962~77年 韓國電力 勤務  
1983~84年 서독 Dortmund大學 客員教授  
現 在 建國大 工大 電氣工學科 副教授



李承于

1943年 2月 7日生  
1966年 서울大 師大 物理學科 卒  
1984年 崇田大 大學院 電氣工學科 卒  
1973~84年 영훈고등학교  
現 在 柳韓工專大 講師



金龍赫

1952年 10月 24日生  
1979年 仁荷大 工大 電氣工學科 卒  
1983年 仁荷大 大學院 電氣工學科 卒  
現 在 韓國科學技術院 材料工學科 研究員