

## 内在性 適応 제어기의 새로운 構成

高明三(서울대) · 許旭烈(仁荷大)

MRAS형의 적응제어는 원하는 다이내믹스를 갖는 기준모델을 선정하고 제어기 및 미지의 플랜트를 조정가능한 시스템으로 정하여 기준모델의 출력을 미지의 플랜트의 출력이 따라 가도록 제어기의 계수를 적절히 조정하여 제어입력을 조정하는 형태이다.

이제까지 제시된 MRAS형 적응제어기의 구성은 전체 시스템의 안정도를 보장할 수 있도록 Augmented Error 신호를 이용하였기 때문에 플랜트의 출력과 기준모델의 출력의 차의 수렴속도가 느리고 상당히 복잡한 구조를 갖게 되었다. 이러한 점을 개선하기 위하여 다음과 같은 새로운 적응제어기 설계방법을 제시한다.

저자의 논문 [ 1 ]에서 본 바와 같이 플랜트의 상태변수의 추정치는 상태변수 필터의 상태변수의 선형결합으로 이루어 진다. 그래서 본 논문에서는 관측자를 사용하여 추정치를 궤환시키는 대신 상태변수 필터의 상태변수를 궤환시켜서 각각의 궤환이득을 최적제어 법칙에 따라 적절히 조정함으로써 상태변수의 추정치를 궤환시킨 것과 같은 효과를 거둘 뿐만 아니라 구조를 간단히 할 수 있다.

본 논문의 적응제어기 설계에 사용된 제어법칙은 STR에서 많이 이용하고 있는 Minimum Variance Control을 이용하였다.

이러한 과정에서 다음과 같은 평가함수를 취함으로써 Nonminimum Phase System에도 적용 가능하도록 하였다.

$$I_1 = [ (y_p(k+d+1) - y_M(k+d+1)) + \lambda (U(k) - \frac{1}{g_p} y_M(k+d+1))]^2$$

$$\text{단, } g_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_{pi}}{1 + \sum_{i=1}^n a_i}$$

이와같은 평가함수를 최소화 시키는 제어입력 (U(K))를 구하면 다음과 같다.

$$U(K) = \frac{1}{\hat{b}_{pd+1}(k) + \lambda} \left\{ \left(1 + \frac{\lambda}{g_p}\right) y_M a(k) + \lambda d_1 U(k-1) - \hat{p}_c^T(k) r_2(k) - \hat{P}_{11}^c y_p(k) - \hat{P}_1^T(k) r_1(k) \right\}$$

이러한 관계에서 제어입력의 미지의 계수인  $2n$ 개의  $\hat{P}_1^c$  과  $\hat{P}_2^c$  및  $b_{pd+1}, P_{11}^c$  만을 구하면 된다. 그런데 이러한 미지의 계수들은 플랜트의 출력식을 적절히 변형하여 이의 추정치를 다음과 같이 들으로써 직접 구할 수 있도록 하였다.

$$\hat{y}_p(k+d+1) = \alpha_1 y_p(k+d) + \hat{P}_c^T I(k)$$

이러한 추정치와 참값과의 차이는 미지의 계수에 대한 추정치와 참값의 차에 기인 한것으로 생각된다.

이를 바탕으로하여 과거의 데이터보다 현재의 데이터에 더 큰 가

중치를 줌으로써 미지의 플랜트의 계수가 시간에 따라 서서히 변하는 경우에도 적용 가능한 Emponentially Weighted Least Square (EWLS) 방법을 이용하여 다음과 같은 반복식 형태의 알고리즘을 구하였다.

$$\begin{aligned} \hat{P}(K+1) &= \hat{P}(k) + L(k+1) [y_p(k+d+1) - \hat{y}_{PK}(k+d+1)] \\ \Gamma(K+1) &= \frac{1}{\beta} [I - L(k+1) I^T(k)] \Gamma(k) \\ L(K+1) &\triangleq \frac{\Gamma(k)}{\beta} I(k) \left[ \frac{1}{\delta} + I^T(k) \left[ \frac{\Gamma^k}{\beta} + r(k) \right]^{-1} \right] \end{aligned}$$

단,  $0 < \beta < 1$ ,  $\delta = 1 - \beta$

그런데 이러한 알고리즘을 이용하여 적응 제어시스템을 구성한 경우 여러가지 원인에 의하여 입력과 출력에 잡음이 부가되게 된다. 이러한 잡음이 플랜트의 입력과 출력에 있는 경우에도 EWLS 방법에 의한 계수추정치가 확률적으로 참값에 접근함을 보여준다. 그리고 이러한 적응 알고리즘이 계산상의 이유 때문에  $\Gamma(k)$ 가 Positive Definite 하지 않게 되는 것을 막아 주기 위하여 이 적응 알고리즘의 Square Root Algorithm을 개발한다. 이러한 Square Root Algorithm은 계산상 제곱근을 취하는 과정이 필요없는 UDU Factorization 방법을 택하였다.

이러한 알고리즘과 구성이 효과적임을 보여 주기 위하여 3차 플랜트에 대한 계산기 시뮬레이션을 행하였다.

또 이러한 알고리즘과 구성이 소형계산기에 의한 적응제어기 구성에 적합한 형태임을 직접 실험을 통하여 보여준다.

이상과 같은 과정을 통하여 볼때 본 논문에서 제시한 적응제어기 구성방법이 구조가 간단하고 수렴속도가 빨라서 특히 소형계산기에 의한 구성에 효과적인 형태임을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. 고 명삼, 허 육열, "이 산형 적응 관측자 및 제어기의 새로운 구성", 대한전기학회지, Vol. 30, No. 12, 12月 1981년.