

구조화된 불확실성을 갖는 전력 계통의 적응 관측기 설계

황 정록*, 김 도우*, 김 홍필**, 양 해원*,
 한양대학교 전기공학과*, 경일대학교 전기공학과**

Design of Adaptive Observer for Power System with Structured Uncertainty

Jung-rok Hwang*, Do-woo Kim*, Hong-pil Kim**, Hai-won Yang*
 Dept. of Elec. Eng. Hanyang University*, Dept. of Elec. Eng. Kyungil University**

Abstract - Power system operating conditions vary with system configuration and loading conditions. Coefficients in nominal system model change in a complex manner with different operating point and so does system dynamic behavior. With the aid of unstructured and structured uncertainty descriptions the worst system variations can be estimated and formulated into two different uncertainty models multiplicative unstructured uncertainty in the form of transfer function and structured uncertainty with the parametric uncertainty description. in frequency domain

1. 서 론

전력 계통의 중요한 특징 중의 하나는 시스템의 상태가 비선형이고, 이러한 비선형적 특성은 발전, 전송과 부하 조건의 변화에 따라 달라지는 것이다. 따라서, 비선형적 특성을 갖는 전력 계통 시스템은 일반적으로 동작점 근방에서 자코비안 선형화를 통하여 선형화된 공칭적 모델로 구성한다. 그리고, 선형화된 공칭 시스템은 계통에서의 고주파 다이내믹을 무시하거나 또는 전력 계통 시스템에 연결된 외부임피던스, 단자전압의 변화, 수송가 부하 상태의 변화등의 공칭 동작 환경의 상태변화등에 의하여 시스템의 불확실성 [3]이 발생한다. 따라서, 이러한 불확실성이 내재된 전력 계통 시스템에 대하여 일반적으로는 구조화되지 않은 불확실성의 크기 정보로서 계통상의 동기회전자 가속도에 저주파 진동을 억제하는 전력 계통 안정화 장치를 설계하고 있다. 그러나, 이러한 구조화 되지 않은 불확실성에 대한 크기의 변화 정보는 반복적인 전력 계통 안정화 장치의 계수 동조 과정을 위한 정보만을 제공하고, 불확실성 발생 위치의 정보를 제공할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 선형화된 계통 모델링상의 불확실성에 가장 큰 영향을 미치는 시스템 내부 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 에 의한 구조화된 불확실성 정의 [1], [2], [3]에 의하여 전력 시스템 동요의 물리적 위치정보 및 그 위치에서의 불확실성 크기를 비최소 적응계 [4]에 의하여 추정하는 적응 관측자를 설계한다. 따라서, 제안한 관측기로서 정확한 불확실성 발생 원인을 분석하여 계통상의 동기회전자 가속도에 저주파 진동을 억제하는 강인한 전력 계통 안정화 장치 설계에 이용하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 전력계통 시스템의 1기 무한모선의 모델링과 시스템상에 발생하는 불확실성을 구조화되지 않은 불확실성과 구조화된 불확실성으로 구분하여 분석한다. 3장에서는 2장의 시스템 모델을 비최소 적응계로 변환하여 입출력 상태변수 필터를 구성하고, 이를 통하여 구조화된 불확실성의 적응 관측기를 설계한다. 4장에서는 구성된 불확실성 적응 관측기가 시스템상에 발생하는 각종 상정사고에 대한 불확실성의 위치와 크기를 정확히 추정하는가를 컴퓨터 모의 실험을 통하여 살펴본다.

2. 전력 계통 모델링 및 불확실성 분석

2.1 1기 무한모선 전력 계통의 모델링

본 논문에서는 사용되는 전력계통은 두 개의 병렬 전송선이 일정한 전압 부스에 연결되는 단상 무한 모선의 전력 계통으

로서 그림 1은 이러한 계통을 데브난 등가 모델로 간략화한 블록선도이다.

비선형 전력 계통 시스템을 동작점 ($t=t_0$)으로 부터의 변위 Δ 에 대한 자코비안 선형화에의하여 선형 상태방정식으로 나타내면 다음과 같다 [4].

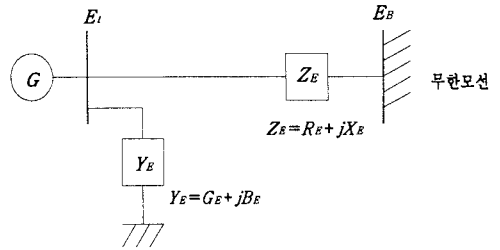


그림 1. 데브난 등가에 의해 간략화된 1기 무한모선 전력계통

그림 1 데브난 등가에 의해 간략화된 1기 무한모선 전력계통

$$\Delta\omega = -\frac{K_1}{M} \Delta\delta - \frac{K_2}{M} \Delta e_a \quad (2.1)$$

$$\Delta\delta = 2\pi f \Delta\omega \quad (2.2)$$

$$\Delta e_a = -\frac{K_4}{T_{do}} \Delta\delta - \frac{1}{T_{do} K_3} \Delta e_a + \frac{1}{T_{do}} \Delta E_{fd} \quad (2.3)$$

$$\Delta E_{fd} = -\frac{K_A K_5}{T_A} \Delta\delta - \frac{K_A K_6}{T_A} \Delta e_a - \frac{1}{T_A} \Delta E_{fd} + \frac{K_A}{T_A} u_{pos} \quad (2.4)$$

각 변수에 대한 정의는 다음과 같다.

- ω : 발전기 회전 각속도 [pu]
- δ : q 축과 무한 모선 사이의 토오크각 [rad]
- e_a : q 축 쇠교자속에 비례하는 발전기 파도전압 [pu]
- E_{fd} : 여자전압 [pu]
- M : 발전기 관성 상수
- ω_0 : 기준 각속도 ($2\pi f$)
- T_{do} : d 축 파도 시상수
- x_d : 동기 리액턴스의 d 축 성분
- x_d' : 파도 리액턴스의 d 축 성분
- T_m : 기계적 토오크 입력 [pu]
- T_e : 전기적 토오크 출력 [pu]
- D : 감쇄 상수
- i_d : 단자 전류의 d 축 성분 [pu]

그러므로 식 (2.1)-(2.4)의 상태식은 다음과 같은 상태-출력 령식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu_{pos}(t) \\ y(t) &= C^T x(t) \end{aligned} \quad (2.5)$$

여기서, 상태변수벡터 x 는 $[\Delta\omega, \Delta\delta, \Delta e_q, \Delta E_{fd}]$ 로 정의되고, 출력변수 y 는 $\Delta\omega$ 로 정의된다. 그리고, 식(2.9)의 상태행렬은 다음과 같다. 따라서, 식(2.5)의 공칭상태를 블록 다이어그램으로 나타내면 그림 3.1과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{K_1}{M} & -\frac{K_2}{M} & 0 \\ 2\pi f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{K_4}{T_{do}} & -\frac{1}{T_{do}K_3} & \frac{1}{T_{do}} \\ 0 & -\frac{K_A K_5}{T_A} & -\frac{K_A K_6}{T_A} & -\frac{1}{T_A} \end{bmatrix}$$

$$B = [0 \ 0 \ 0 \ \frac{K_A}{T_A}]^T, \quad C = [1, 0, 0, 0]^T$$

2.2 불확실성 분석

식(2.5)의 상태-출력 행렬식은 공칭상태에 대한 행렬식으로서 여러가지 불확실성 요소에 의하여 $\Delta A(\delta)$ 로 대표되는 불확실성이 발생된다. 그리고, 이러한 불확실성 요소는 계통 내에 저주파 진동을 발생시키고, 전체 제어 계통의 안정도에 영향을 미친다. 따라서 이러한 저주파 진동 발생 요인의 불확실성은 크게 크기와 위치의 두가지로 나누어 볼수있다. 이러한 두가지 구분에의해 계통상의 불확실성은 구조화 되지 않은 불확실성과 구조화된 불확실성으로 구분된다.

2.2.1 구조화되지 않은 불확실성

실제 시스템의 모델 G 는 불확실성의 공칭계 $I_m(\omega)$ 과 G_0 로 한정된 구조화되지 않은 불확실성으로 구성된다. 이와같이 일반적으로 구조화 되지 않은 불확실성은 시스템 변화의 입력력상태 불확실성 크기정보를 제공한다.

2.2.2 구조화된 불확실성

구조화되지 않은 불확실성은 물리적으로 불확실성 발생의 위치를 구조화된 정보로 나타내지는 못한다. 따라서, 이러한 구조화되지 않은 불확실성의 동작위치에 대한 정보를 구조화하기 위하여 계통 시스템의 동작상태 계수인 $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ 에 의해 구조화된 불확실성 계수로 나타낸다[1],[3].

$$K_m(1 - \delta_m) < K_i < K_m(1 + \delta_m) \quad (2.6)$$

$$|\delta_m(j\omega)| < I_m(\omega), \quad \omega > 0 \quad (2.7)$$

K_m : 시스템 계수의 공칭값, δ_m : 계수 변화의 경계값
위의 식(2.6),(2.7)의 구조화된 불확실성 표현은 시스템 내부에서 발생하는 동작상태 계수 변화를 불확실성 발생요소로 정함으로서 불확실성 크기를 구조화 할 수 있다.

2.3 전력 계통에서 시스템 동작계수 K_i 의 의미

표 1은 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 가 시스템 상에서의 의미를 나타낸 것이다.

표 1 동작계수 K_i 의 시스템상의 의미.

K_1	일정한 d축 유기 자속에서 회전자 각도의 변화에 의한 전기적 토크의 변화
K_2	일정한 회전자 각도에서 d축의 유기 자속 변화에 의한 전기적 토크의 변화
K_3	외부 임피던스의 장하 효과를 고려한 임피던스 요소
K_4	회전자 각도에서 감자 효과의 변화
K_5	일정한 d축 유기 자속에서 회전자 각도 변화에 의한 단자 전압 V_t 의 변화
K_6	일정한 회전자 각도에서 d축 유기 자속의 변화에 의한 단자 전압 V_t 의 변화

위의 표와 같이 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 값의 변화는 전력 계통에서의 사고의 위치와 크기 정보를 나타낸다. 따라서, 본 논문에서는 이와같은 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 에 대한 구조화된 불확실성의 추정을 통하여 시스템상에 발생하는 각종 상정 사고에 대한 정보를 추정하고자 한다.

3. 구조화된 불확실성의 적용 관측기 설계

3.1 전력계통 시스템의 nonminimal 변환

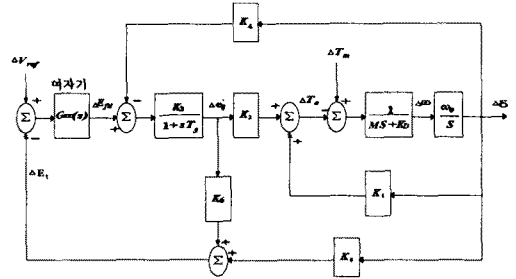


그림 2. 1기 무한모선 전력계통의 공칭상태 블록 다이어그램

식(2.5)를 구조화된 불확실성이 고려된 상태 방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\dot{x} = (A + \Delta A)x + Bu_{ps} \quad (3.1)$$

$$y = C^T x$$

그리고, 식(3.1)을 시스템 계수 공칭값 K_{in} 에 구조화된 불확실성 계수 $K_{in}\delta_{in}$ 를 포함시킨 미지 매개변수 (α, β) 의 형태로 비최소 적응계 변환을 하기위해 제어입력 u_{ps} 에 대한 $\Delta\omega$ 출력의 상태 전달함수 $G(s)$ 로 나타내면 다음과 같다[5].

$$\frac{y(s)}{u_{ps}(s)} = G(s) = \frac{\beta_1 s^3 + \beta_2 s^2 + \beta_3 s + \beta_4}{s^4 + \alpha_1 s^3 + \alpha_2 s^2 + \alpha_3 s + \alpha_4} \quad (3.2)$$

여기에서 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 를 각각 구하면,

$$\alpha_1 = \frac{1}{T_{do}K_{3n}(1 + \delta_3)} + \frac{1}{T_A}$$

$$\alpha_2 = \frac{2\pi f K_{1n}(1 + \delta_1)}{M} + \frac{1}{T_{do}T_A K_{3n}(1 + \delta_3)} + \frac{K_A K_{6n}(1 + \delta_6)}{T_{do}T_A}$$

$$\alpha_3 = \frac{2\pi f K_{1n}(1 + \delta_1)}{T_A M} + \frac{2\pi f K_{1n}(1 + \delta_1)}{T_{do} M} - \frac{2\pi f K_{2n} K_{4n}(1 + \delta_2)(1 + \delta_4)}{T_{do} M}$$

$$\alpha_4 = \frac{2\pi f K_{1n}(1 + \delta_1)}{T_{do} T_A M K_{3n}(1 + \delta_3)} + \frac{2\pi f K_A K_{1n} K_{6n}(1 + \delta_1)(1 + \delta_6)}{T_{do} T_A M} - \frac{2\pi f K_{2n} K_{4n}(1 + \delta_2)(1 + \delta_4)}{T_{do} T_A M} - \frac{2\pi f K_A K_{2n} K_{5n}(1 + \delta_2)(1 + \delta_5)}{T_{do} T_A M}$$

$$\beta_1 = 0, \quad \beta_2 = 0, \quad \beta_3 = -K_{2n} K_{3n} K_A(1 + \delta_2)(1 + \delta_3), \quad \beta_4 = 0$$

이 된다. 그리고, (3.2)식의 분모, 분자를 s^3 로 나누면,

$$sY(s) = -\alpha_1 Y(s) - \frac{\alpha_2}{s} Y(s) - \frac{\alpha_3}{s^2} Y(s) - \frac{\alpha_4}{s^3} Y(s) + \frac{\beta_3}{s^2} u_{ps}(s)$$

이 되고, 위 식을 출력 $y(s)$ 에 대하여 좌표변환 하기위해 다음과 같이 정한다.

$$z_1(s) = y(s)$$

$$z_2(s) = -\frac{\alpha_2}{s} y(s) - \frac{\alpha_3}{s^2} y(s) - \frac{\alpha_4}{s^3} y(s) + \frac{\beta_3}{s^2} u_{ps}(s)$$

$$z_3(s) = -\frac{\alpha_3}{s} y(s) - \frac{\alpha_4}{s^2} y(s) + \frac{\beta_3}{s} u_{ps}(s)$$

$$z_4(s) = -\frac{\alpha_4}{s} y(s)$$

$$(3.3)$$

따라서, 시스템 계수 공칭값 K_{in} 에 구조화된 불확실성 계수 $K_{in}\delta_{in}$ 를 포함한 미지 매개변수 (α, β) 에 대한 출력상태 $y(s)$

의 변환식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{z}(t) &= A_z z(t) + \beta u_{\text{pass}}(t) \\ y(t) &= C^T z(t) \end{aligned} \quad (3.4)$$

여기서,

$$A_z = \begin{bmatrix} -\alpha_1 & 1 & 0 & 0 \\ -\alpha_2 & 0 & 1 & 0 \\ -\alpha_3 & 0 & 0 & 1 \\ -\alpha_4 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad a = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4]^T$$

$$\beta = [0 \ 0 \ \beta_3 \ 0]^T$$

이다. 그리고, 식(3.4)을 아래와 같은 안정한 4×4의 K행렬을 이용하여 등가식으로 나타낸다.

$$K = \begin{bmatrix} -k_1 & 1 & 0 & 0 \\ -k_2 & 0 & 1 & 0 \\ -k_3 & 0 & 0 & 1 \\ -k_4 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad k = [k_1 \ k_2 \ k_3 \ k_4]^T$$

$$\dot{z}(t) = Kz(t) + (k-a)y(t) + \beta u_{\text{pass}}(t) \quad (3.5)$$

$$z(0) = x_0$$

식(3.5)을 라플라스 변환해서 정리하면,

$$z(s) = R_y(s)(k-a) + R_{u_m}(s)\beta + (sI-K)^{-1}z(0) \quad (3.6)$$

$$R_y(s) = (sI-K)^{-1}y(s) \quad (3.7)$$

$$R_{u_m}(s) = (sI-K)^{-1}u_{\text{pass}}(s) \quad (3.8)$$

그러므로, 식(3.6)을 시간 t로 나타내어 식(3.4)에 대입하면

$$y(t) = C^T z(t) = C^T R_y(t)(k-a) + C^T R_{u_m}(t)\beta + C^T \exp(Kt)z(0) \quad (3.9)$$

이 된다. 그리고, 입출력 상태변수 필터 $f_y(t)$, $f_{u_m}(t)$ 를 다음과 같이 정하고

$$f_y(t) = R_y^T(t)C \quad (3.10)$$

$$f_{u_m}(t) = R_{u_m}^T(t)C \quad (3.11)$$

그리고, 여기서, 입출력 상태변수 필터 $f_y(t)$, $f_{u_m}(t)$ 를 시간 t에 대해 미분하여, 식(3.7), (3.8)을 대입하면, 입출력 상태변수 필터 $f_y(t)$, $f_{u_m}(t)$ 는 계관 출력신호 $y(t)$ 와 입력신호 $u_{\text{pass}}(t)$ 로 나타낼수 있다.

$$\dot{f}_y(t) = K^T f_y(t) + C^T y(t), \quad f_y(0) = 0 \quad (3.12)$$

$$\dot{f}_{u_m}(t) = K^T f_{u_m}(t) + C^T u_{\text{pass}}(t), \quad f_{u_m}(0) = 0 \quad (3.13)$$

따라서, 이상과 같은 비최소 적응계를 블록선도로 나타내면 그림 3.2와 같다.

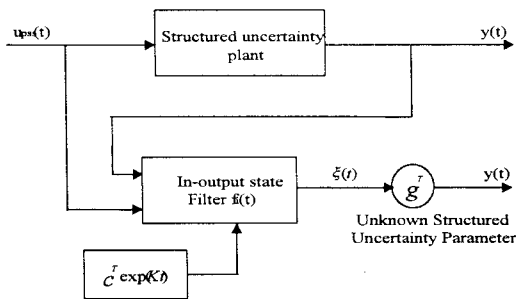


그림 3. 비최소 적응계 블록도

3.2 불확실성 적응 관측기 설계

시스템 계수의 공칭값 K_{in} 의 구조화된 불확실성 계수 $K_{in}\delta_{in}$ 를 포함한 미지 매개변수 (α, β) 에 대한 출력상태변환식 (3.9)에 대하여 불확실성 적응 관측기를 구성하면 다음과 같다.

$$\hat{y}(t) = f_y^T(t)(k-\hat{a}) + f_{u_m}^T(t)\hat{\beta} + C^T \exp(Kt)\hat{z}(0) \quad (3.14)$$

그리고, 식(3.9)과 (3.14)의 오차를 아래와 같이 정하면

$$e(t) = \hat{y}(t) - y(t)$$

오차 방정식은 다음과 같다.

$$\dot{e}(t) = -f_y^T(t)\Phi(t) + f_{u_m}^T(t)\Psi(t) + f_e(t) \quad (3.15)$$

여기서, $\Phi(t) = \hat{\alpha}(t) - \alpha$, $\Psi(t) = \hat{\beta}(t) - \beta$

$$f_e(t) = C^T \exp(Kt)(\hat{z}(0) - z(0))$$

위 식에서 $f_e(t)$ 는 초기 오차와는 직접적 관계없이 안정하므로 $t \rightarrow \infty$ 이면 $f_e(t) \rightarrow 0$ 로 된다.

그리고, 미지 매개변수 (α, β) 에 대한 적응식을 구하기위해 아래와 같이 평가함수를 정한다.

$$J(t) = \frac{1}{2} e^2(t) \quad (3.16)$$

따라서, 매개변수 $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ 에 대한 적응식은

$$\dot{\hat{\alpha}}(t) = \Phi(t) = \Gamma_y f_y(t) e(t)$$

$$\dot{\hat{\beta}}(t) = \Psi(t) = -\Gamma_{u_m} f_{u_m}(t) e(t)$$

가 된다. 여기서 Γ_y, Γ_{u_m} 는 가중 이득값이다.

4. 컴퓨터 모의실험

본 논문에서는 그림 [2.1]의 테브난 등가에 의한 선로 상수들과 공칭상태의 초기 유효 전력량 P_{d0} , 단자 전압 E_0 , 무효 전력량 Q_{d0} 은 표 2 과 표3와 같이 주어져 있다고 가정하고,

표 2. 테브난 등가의 선로 계정수

파라미터의 종류	기호	값
임피던스(Z_E)	R_E	0.034
	X_E	0.997
어드미턴스(Y_E)	G_E	0.249
	B_E	0.262

표 3. 공칭상태의 초기 유효 전력량 P_{d0} , 단자 전압 E_0 , 무효 전력량 Q_{d0}

파라미터의 종류	기호	값
유효 전력량	P_{d0}	0.75
단자 전압	E_0	1.05
무효 전력량	Q_{d0}	0.015

컴퓨터 모의 실험에 사용된 각종 매개변수들과 제어시스템 매개변수는 표 4 과 표 5에 나타낸다.

표 4. 발전기 매개변수

파라미터의 종류	기호	값
발전기 관성계수	M	9.26
감쇄 상수	D	0
개회로 시상수의 d축 성분	T'_{do}	7.76
동기 리액턴스의 d축 성분	x_d	0.973
동기 리액턴스의 q축 성분	x_q	0.55
과도 리액턴스의 d축 성분	x'_d	0.19

표 5. 제어시스템 매개변수

파라미터의 종류	기호	값
여자기 시정수	T_A	0.05
여자기 이득상수	K_A	50

관측기의 이득 값은 다음과 같다.

$$k = [2600 \ 5600 \ 5000 \ 5000]^T$$

$$\Gamma = [-14300000 \ -39700000 \ 10000 \ 10000]^T$$

그리고, 본 논문에서의 모의실험을 위한 전력계통 안정화 장치는 기존의 진지상 보상 PSS를 사용하고 이는 블록 선도로 나타내면 다음과 같다.

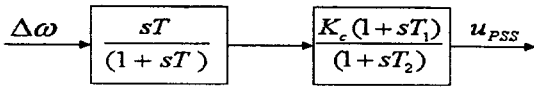


그림 4. 기존의 전지상 보상 PSS

그림의 기존 전지상 보상 PSS의 상수 값은 다음과 같다.

$$K_c = 7.0910, T = 3.0, T_1 = 0.6850, T_2 = 0.1$$

불확실성 적응 관측기의 성능을 검증하기 위하여 전력계통 내에 저주파 동요가 발생할 수 있는 상황을 설정하여야 하는데, 본 논문에서는 다음과 같은 두가지 상황을 설정하였다.

사례1.

사례1의 경우는 동기발전기 처음 5초간은 공칭상태에서 계통이 운전되고 있다가 모의실험 시작후 5초가 지난 상황에서 수용가 전압의 상승으로 유효 전력량 P_{d0} 가 1[pu]로 상승하고 저주파 진동이 0.02로 변위된 상황을 나타내며 이때의 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 의 변위를 나타낸 표이다.

표 6. 사례 1일 경우 $K_1 \sim K_6$ 의 변화

K 의 값	공칭상태	사고 후	오차
K_1	0.584591	0.554181	0.03041
K_2	0.978120	1.212017	0.233897
K_3	0.658445	0.658445	0
K_4	0.531507	0.531507	0
K_5	-0.048413	-0.094549	-0.046136
K_6	0.844434	0.814984	-0.02945

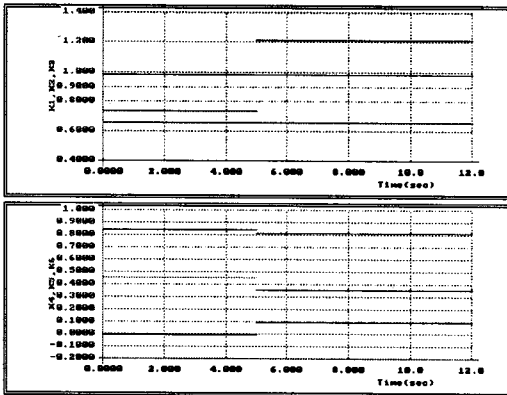


그림 5. 불확실성 적응 관측자에 의한 사례1의 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 추정 결과

위 결과로 사례 1에서는 K_1, K_2 가 K_5, K_6 보다 크게 변화하여 동기기와 단자 전압의 변화로 수용가 측에 문제가 발생했다고 추정할 수 있다.

사례2.

사례 2의 경우는 동기발전기 처음 5초간은 공칭상태에서 계통이 운전되고 있다가 모의실험 시작후 5초가 지난 상황에서 3상 단락사고가 발생하여 선로정수 임피던스 Z_E 2배증가, 어드미턴스 Y_E 가 0.5배 감소된 상황을 나타내며 이때의 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 의 변위를 나타낸 표이다.

표 7. 사례 2일 경우 $K_1 \sim K_6$ 의 변화

K 의 값	공칭상태	사고 후	오차
K_1	0.584591	0.288742	0.295849
K_2	0.978120	0.846683	0.131437
K_3	0.658445	0.784788	-0.126343
K_4	0.531507	0.516664	0.014843
K_5	-0.048413	-0.095106	0.046693
K_6	0.844434	0.890335	-0.045901

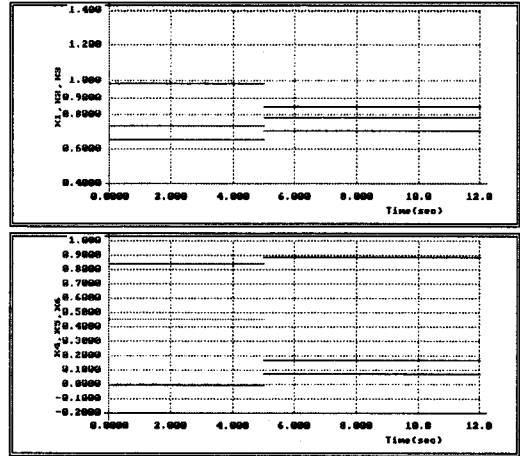


그림 6. 불확실성 적응 관측자에 의한 사례2의 시스템 동작계수 $K_1 \sim K_6$ 추정 결과

위 결과로 사례 2에서는 K_3 이 K_4, K_5, K_6 보다 크게 변화하므로 선로정수의 변화를 추정할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 선형화된 계통 모델링상의 불확실성에 가장 큰 영향을 미치는 시스템 내부 동작 계수 $K_1 \sim K_6$ 에 의한 구조화된 불확실성 정의에 의하여 전력 시스템 동요의 물리적 위치 정보 및 불확실성 크기를 추정하였다. 불확실성 값을 추정하기 위하여 K 의 구조화 되지 않은 불확실성과 구조화된 불확실성의 표현을 제시하였고, K 의 값은 시스템의 nominal 값과 사고 후의 값을 비교하였다. 이러한 적응 관측자는 K 의 값의 변화에 의하여 사고에 대한 고장 부위와 크기에 대한 정보를 알 수 있게 했다. 앞으로는 이러한 결과를 토대로 하여 사고가 일어났을 때의 적절한 U_{PSS} 값을 찾는 것을 목표로 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] S.Chen and O.P.Malik "Comparision of Power System Stabilizer Design Using H_∞ Optimization and μ -Synthesis Approach", *Stockholm Power Tech-Power system RIT and IEEE PES*, pp.233-237, 1995.
- [2] S.Chen and O.P.Malik, " An H_∞ Optimization Power System Stabilizer Design", *IEE Proc.-G Transm.Distrib.*, Vol.142, No 2, pp.1470-1477, 1995.
- [3] A. K. Sedigh and G.Alizadeh "Design Of Robust System Stabilizer(PSS) Using Quantitative Fe Theory" *IEE for Control*, No.389, pp.204-209, 1994.
- [4] Anderson and Fouad "Power System Control and St *Jowa State University Press*, U.S.A., 1977.
- [5] 金井喜美雄, "適應制御", 昭晃堂, 1984.