

현장 시험에 의한 전력계통 안정화장치의 적정 파라메타 선정에 관한 연구

(A Study on the Optimal Parameter Selection of a Power System Stabilizer by Field Tests)

김경철* · 임익현**

(Kyung-Chul Kim · Ik-Hyun Lim)

요 약

본 논문은 전력계통에 저주파수 동요현상을 제거하기 위한 목적으로 쓰이고 있는 전력계통 안정화 장치의 적정 파라메타 선정에 관한 알고리즘을 다루었다. 실측에 의한 발전기 시스템의 모델로부터 시스템 제 정수를 구하고, 극좌표 이동법으로 적절한 전력계통 안정화 장치의 파라메타를 Matlab으로 작성하여 구했다. 이 기법으로 선정된 전력계통 안정화 장치의 파라메타로 1기 무한대 계통에 적용한 시뮬레이션 결과는 만족한 만큼의 댐핑 효과를 보였다.

Abstract

This paper presents an algorithm for the optimal parameter selection of a power system stabilizer in a single machine-infinite bus system through the external equivalent transmission line. This method is one of the classical techniques by changing the PSS gain to allocate properly pole-zero positions. All the PSS parameters are obtained by solving a set of algebraic equations for the system constants depend on a variety of machine loadings and system external impedances, the natural oscillation modes, and the damping characteristics. And this algorithm was written in a simple software program using MATLAB.

1. 서 론

전력계통 안정화장치(Power System Stabilizer : PSS)는 전력계통에 외란이 발생했을 때 생기는 저주파수 고유 동요 현상을 제거하기 위해서 제동토크를 여자기 시스템에 주어 동태안정도를 향상시키는 역할을

한다.

PSS 모델의 구성은 여러 가지가 있으나 기능에는 동요신호를 검출하고, 댐핑토크를 여자기 시스템을 통해 입력하므로 이로 인한 위상지연을 보상하는 회로와 적당한 이득을 주어 댐핑토크를 효과적으로 제어하고, 여자기 시스템의 주기능을 저해하지 않기 위한 상하한선 회로등이 포함되어야 한다.

PSS 파라메타 선정기법은 극좌표 이동법이 가장 많이 쓰이고 있다. 가장 직접적으로 댐핑토크를 얻기 위한 입력신호는 터빈과 발전기 축의 속도이다. 본 논문에서는 속도를 입력으로 한 PSS 파라메타 선정

* 정회원 : 홍익대학교 전자 전기 컴퓨터 공학부
부교수

** 정회원 : 홍익대학교 대학원 전기공학과 박사과정
접수일자 : 2001년 4월 6일

기법을 소개한다. 1기무한대 시스템, 즉 한 발전기가 용량이 매우 큰 외부시스템에 송전선로를 통해 연결되어 운전하고 있는 경우를 고려한다. 여자기 시스템은 실측에 의한 시험으로 모델과 정수를 구해야 적절한 PSS 파라메타를 선정할 수 있다. 정상운전상태에서 시스템 정수를 구하고, 상태방정식을 세워서 고유동요 모드를 계산하여 설정된 댐핑계수가 되도록 PSS 파라메타를 선정하는 기법을 사용했다. PSS 효과를 검증하기 위해 외란신호로 발전기 단자전압 기준치와 기계적토크를 변화시켜 시스템 응답특성을 파악했다.

2. PSS 파라메타 선정기법

전력계통의 동태안정도 향상을 위한 전력계통 안정화장치를 설계하기 위해서 1기무한대 시스템의 선형화 모델이 이용되고 있다[1,2]. 그림 1은 1기무한대 시스템의 구성이고, 그림 2는 선형화 모델의 전달함수 블록도이다.

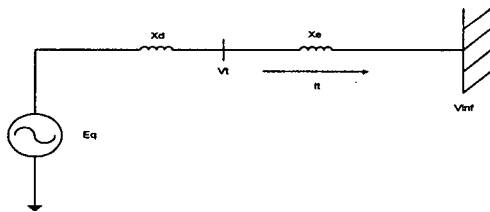


그림 1. 1기무한대 시스템의 구성
Fig. 1. Single machine to infinite bus system

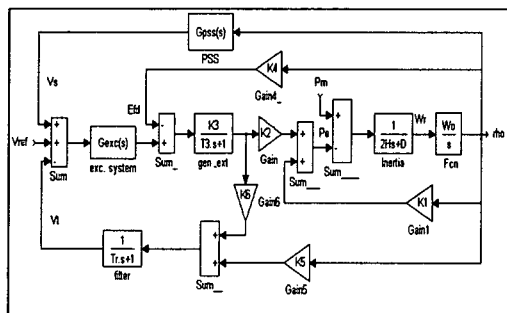


그림 2. 1기무한대 시스템의 전달함수 블록도
Fig. 2. Transfer function diagram of a single machine to infinite bus system

그림 1은 한 발전기가 매우 큰 시스템, 즉 무한대 모선에 송전선로를 통해 전력을 공급하고 있는 등가 회로이다. 일반적으로 무한대 모선의 전압과 위상각은 $1.0 \angle 0^\circ$ PU으로 주어진다. 발전기가 공급하는 피상전력이 주어지면 발전기 단자전압, 전류 및 내부기 전력을 구할 수 있다.

그림 2에서 G_{pss} 는 PSS의 전달함수를 나타내고, G_{exc} 는 여자기 시스템의 전달함수를 나타내며 발전기 제어기법이나 제작처마다 모델이 다양하다.

미소신호의 변화에 대한 응답은 Δ 로 표시하나 편의상 생략하기로 한다. 전기-기계적 토크 변화에 대한 회전자각의 변화는

$$\frac{2H}{\omega_o} \frac{d^2\delta}{dt^2} + \frac{D}{\omega_o} \frac{d\delta}{dt} + K_1\delta = 0 \quad (1)$$

δ = 회전체 위상각 (rad)

H = 관성정수 (sec)

D = 전기적 댐핑계수 (PU)

ω_o = 시스템 동기각 속도 = 377 (rad/s)

$K_1 = \frac{dP_e}{d\delta} \Big|_{E=0}$ = 동기화 계수

P_e = 전기적 출력 (PU)

내부기전력은 계자전압의 크기에 따라 변화하므로 계자의 자속쇄교수는 고정되어 있지않다. 전기적 출력 P_e 는 회전체 위상각 δ 와 내부기전력 E 에 비례한다.

$$P_e = K_1\delta + K_2E \quad (2)$$

여기서, $K_2 = \frac{dP_e}{dE} \Big|_{\delta=0}$ 으로 정의된다.

내부기전력 E 는 계자전압 V_F 와 회전자각 δ 에 비례한다.

$$E = \frac{K_3}{1 + K_3 T'do s} (V_F - K_4\delta) \quad (3)$$

여기서, $T'do$ = d축 무부하 과도 시정수 (sec),

$K_3 = \lim_{t \rightarrow \infty} E \Big|_{\delta=0}$, $K_4 = -\frac{1}{K_3} \lim_{t \rightarrow \infty} E \Big|_{V_F=0}$

감자계수 이다. 여자가 있는 경우는, 발전기 단자전압 V_t 는 회전체 위상각 δ 와 내부기전력 E 에 비례한다.

$$V_t = \frac{1}{1 + T_R s} (K_5 \delta + K_6 E) \quad (4)$$

여기서, TR = 단자전압 필터 지연 시정수 (sec),

$$K_5 = \frac{V_t}{\delta} \Big|_{E=0}, K_6 = \frac{V_t}{E} \Big|_{\delta=0} \text{ 으로 정의된다.}$$

여자기 시스템에 의한 동기화 토크계수 Ks는

$$K_s = \frac{P_e}{\delta} \Big|_E \text{ 이고, 댐핑 토크계수 Kd는 } K_d = \frac{P_e}{\omega_r}$$

으로 나타낸다. 전력 시스템의 운전조건에 따라 상수 K1 부터 K6는 변화하지만, 일반적으로 Ks는 커지고 Kd는 작아져서 전력 시스템에 댐핑토크가 모자라서 계통에 외란이 발생했을 경우 고유진동 주파수가 오래 지속된다.

PSS의 기본적인 역할은 회전체 위상각의 동요에 의한 댐핑효과를 주는 것이다. 전형적인 PSS의 전달 함수 블록도는 그림 3과 같다.

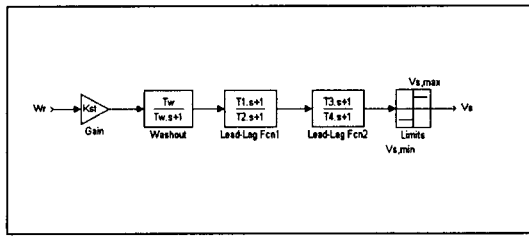


그림 3. PSS 전달함수 블록도
Fig. 3. PSS transfer function diagram

이득 Kst는 댐핑토크가 최대가 되도록 조절한다. PSS는 동요가 없을 때는 출력이 없도록 고주파수 필터인 Washout 회로가 쓰인다. 발전소 내부 동요 주파수는 1 - 2[Hz] 정도이고, 외부 시스템의 동요는 0.2 - 1[Hz] 이므로 시정수 TW는 1 - 10[sec]로 하면 적당하다. PSS의 출력은 발전기 단자전압의 허용 범위내에서 조절되도록 상하한선을 두어야 하는데 보통 단자전압의 ±0.1 PU로 한다. PSS는 여자기 시스템의 빠른 응답특성을 통하여 댐핑토크를 주므로 이에 대한 위상지연을 보상해야 한다.

PSS 설계기법은 다양하지만, 본 논문에서는 목적 함수를 댐핑감쇄계수 ζ로 정하여 설정값에 맞도록 PSS 이득 Kst를 결정하는 고전적인 극좌표 이동법 중의 하나로 선택했다.

그림 4는 PSS 파라메타 선정과정의 흐름도를 나타낸다. 정상 상태의 시스템 조건으로 부터 발전기 단자전압, 전류, 내부기전력 값을 계산한다. 이로부터

시스템 파라메타 K1 부터 K6 값을 구할수 있다.

PSS 설치전의 시스템의 고유치 값을 구한 후, 그 중에서 회전체 위상각의 동요를 주도하는 고유치가 정해지면,

$$\lambda_{osc} = \sigma \pm j \omega_d \quad (5)$$

이로부터 댐핑감쇄계수 ζ, 고유동요 주파수 ωn, 동기화 토크계수 Ks, 댐핑 토크계수 Kd를 계산한다.

$$\zeta = \frac{-\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + \omega_d^2}} \quad (6)$$

$$\omega_n = \frac{\omega_d}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \text{ (rad/s)} \quad (7)$$

$$K_s = \frac{2H \omega_n^2}{\omega_o} \quad (8)$$

$$K_d = 2\zeta \sqrt{K_s 2H \omega_o} \quad (9)$$

설정된 댐핑 토크계수가 구해질 때 까지 이득을 변화시키면서 계산을 반복한다. 고유동요 주파수 ωn

(rad/s) 혹은 $f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$ (Hz) 가 구해지면, PSS의

시정수 TW 는 $\frac{1}{f_n}$ (sec) 보다 조금 더 큰 상수로 하면 된다.

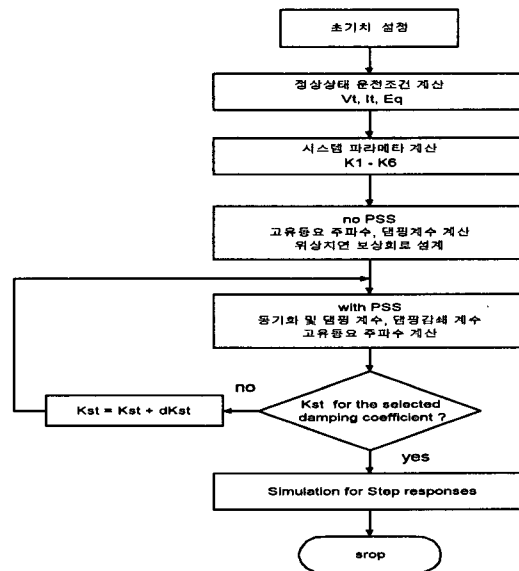


그림 4. PSS 파라메타 선정과정 흐름도
Fig. 4. The flow-chart of PSS parameters selection

현장 시험에 의한 전력계통 안정화장치의 적정 파라메타 선정에 관한 연구

위상지연 보상은 여자기 시스템, 발전기, 외부 전력시스템 상태를 포함한 위상지연을 계산하여 보상한다. 즉, 회전자각에 대한 위상지연 함수를 구한다.

$$\frac{Te}{\delta} \Big|_{\omega_r} \text{ due to } egp = K_{st, \min} \angle \phi_{lag} \quad (10)$$

여기서, e = excitation system, g = generator, p = power system 를 표시한다.

PSS의 Lead-Lag 보상은 ϕ_{lag} 만큼 진상으로 해야한다. 간단한 회로 구성은,

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1+aTs}{1+Ts} \quad (11)$$

으로서, Pole-Zero 와 Bode 선도를 그리면 그림 5와 같다. 일례로 a = 10, T = 0.05 s 이다.

ω_m 은 기하학적 평균 주파수로 이때 최대 진상 위상 ϕ_m 이 된다. 효과적인 보상이 되기 위해서는 $30^\circ < \phi_m < 60^\circ$ 이거나 $5 < a < 20$ 의 범위내에 있게 한다.

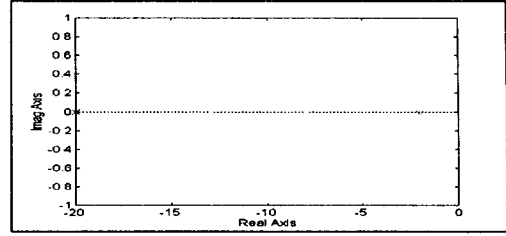
$$\begin{aligned} \log \omega_m &= \frac{1}{2} \left[\log \frac{1}{aT} + \log \frac{1}{T} \right] \\ \phi_m &= \text{ang} \frac{1+j\omega_m aT}{1+j\omega_m T} \\ &= \tan^{-1} \omega_m aT - \tan^{-1} \omega_m T \end{aligned} \quad (12)$$

으로 부터 시정수 aT와 T를 구할 수있다. 일반적으로 $\omega_m = \omega_n$ 으로 하고, 위상지연 ϕ_{lag} 에서 ϕ_m 을 선택하면 단계 n 이 정해진다.

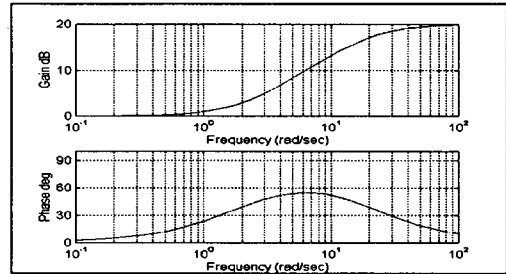
$$a = \frac{1 + \sin \phi_m}{1 - \sin \phi_m} \quad (13)$$

$$T = \frac{1}{\omega_m \sqrt{a}} \quad (14)$$

PSS에 의한 동기화 및 댐핑 토크계수를 구하여 고유동요 주파수, 댐핑감쇄계수 등을 구한다. 먼저 $s = \lambda_{osc} = \sigma + j\omega$ 를 대입하여 전달함수 블록도에 서 전기적 토크 Te를 δ 함수로 구한다.



(a) Pole-Zero



(b) Bode

그림 5. Pole-Zero 및 Bode 선도
Fig. 5. The diagrams of pole-zero and Bode

$$Te = \text{Re}[Te] + \text{Im}[Te] \quad (15)$$

무효분 $\text{Im}[Te]$ 은 다시 속도에 의한 성분 $j\omega_r$ 과 회전자 위상각에 의한 성분 δ 로 나누어 계산하면 동기화 토크계수 K_s 와 댐핑 토크계수 K_d 가 구해진다. 즉,

$$j\delta = j \frac{\omega_o}{s} \omega_r \quad (16)$$

$$(\sigma + j\omega)\delta = j\omega_o \omega_r \quad (17)$$

$$j\delta = j \frac{\omega_o}{\omega} \omega_r - \frac{\sigma}{\omega} \delta \quad (18)$$

$$\begin{aligned} Te \Big|_{PSS} &= \text{Re}[Te] + \text{Im}[Te] \times \left(-\frac{\sigma}{\omega} + j \frac{\omega_o}{\omega} \right) \\ &= K_s + jK_d \end{aligned} \quad (19)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_s \omega_o}{2H}} \text{ (rad/s)}, \quad \zeta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_D}{K_s 2H \omega_o}}$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}, \quad \sigma = -\zeta \omega_n, \quad \lambda = \sigma \pm j\omega_d$$

만일 ζ 가 설정치 ζ_{opt} 와 같으면 반복계산을 중단하고, 그렇지 않으면 이득 K_{st} 을 가감시켜 계산과

정을 반복한다. PSS의 모든 파라메타 $K_{st}, T_w, T_1, T_2, n, V_{s,max}, V_{s,min}$ 이 정해지면 PSS 응답특성을 확인하기 위한 수단으로 계단 응답을 시뮬레이션한다. 단자전압 기준치와 기계적 토크 기준치를 10% 증감시켜 회전자 속도의 변화를 관찰한다. 또한 PSS 설치 전후의 고유치, 고유동요 주파수, 동기화 및 댐핑 토크 등을 비교 검토한다.

3. 사례연구

어느 발전기의 여자기 시스템을 시험, 분석한 결과[4]를 그림 6에 전달함수 블록도로 나타내었다. 이 발전소에 PSS를 설치하여 저주파수 고유동요를 줄여서 동태안정도 향상을 도모하고자 한다.

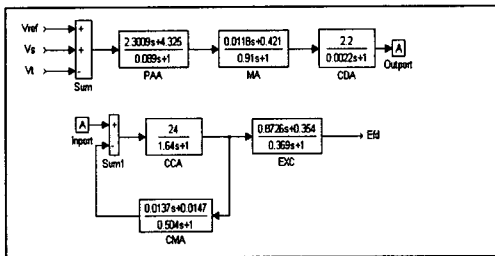


그림 6. 여자기 시스템의 전달함수 블록도
Fig. 6. The transfer function of a ECS.

앞서 설명한 PSS 파라메타 선정기법에 따라 PSS 파라메타 값을 구해보자.

표 1. 1기 무한대 시스템의 입력 데이터 (단위:PU)

V_{∞}	$1.0 \angle 0^{\circ}$	X_e	0.3	X_d	1.7
$X'd$	0.245	X_q	0.63	$T'do$	5.9
S	1.0	$\cos \phi$	0.95 lag	D	2.0
H	3.25s	ω_0	377 rad/s	T_R	0.01s

1기 무한대 시스템 구성과 시스템 데이터로부터 위상각도를 그리면 그림 7과 같다.

단자전압과 전류사이의 위상각은 역율에서 구한다.

$$\phi = \cos^{-1} 0.95 = 18.19^{\circ}$$

발전기 출력은

$$S = |S| \cos \phi + j|S| \sin \phi = 0.95 + j0.3122 [PU] \quad (20)$$

이고 유효전류 $I_r = 0.95 [PU]$ 가 되므로,

$$\tan \phi = \frac{\tan \beta + \tan \theta}{1 - \tan \beta \tan \theta} \quad (21)$$

$$\tan \phi = 0.3287, \tan \theta = \frac{I_x}{0.95}, \tan \beta = \frac{0.3 \times 0.95}{1 - 0.3 I_x}$$

이므로, I_x 을 계산하면, $I_x = 0.0353 [PU]$ 가 된다.

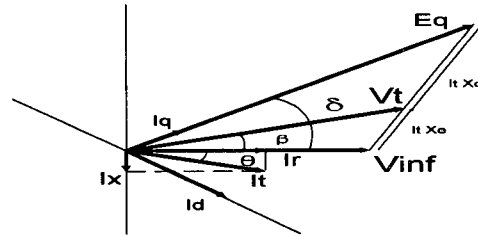


그림 7. 1기 무한대 시스템의 위상각도
Fig. 7. The phase angles of a single machine to infinite bus system

I_x 가 구해지면 위상각들도 계산된다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_x}{I_r} = 2.13^{\circ} \quad (22)$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{X_e I_r}{V_{\infty} - X_e I_x} = 16.07^{\circ} \quad (23)$$

정상상태의 발전기 단자전압, 전류, 내부기전력을 구한다.

$$I_t = I_r - j I_x = 0.9507 \angle -2.13^{\circ} \quad PU \quad (24)$$

$$V_t = V_{\infty} + I_t (j X_e) = 1.05 \angle 15.75^{\circ} \quad PU \quad (25)$$

$$E_q = V_t + (j X_d) = 2.1808 \angle 60.6^{\circ} \quad PU \quad (26)$$

$$\delta = 60.6^{\circ} \quad (27)$$

$$I_d = I_t \sin(\delta + \phi - \beta) = 0.8450 \quad PU \quad (28)$$

$$I_q = I_t \cos(\delta + \phi - \beta) = 0.4356 \quad PU \quad (29)$$

$$V_d = V_t \sin(\delta - \beta) = 0.7364 \quad PU \quad (30)$$

$$V_q = V_t \cos(\delta - \beta) = 0.7485 \quad PU \quad (31)$$

상수 K1 부터 K6는 정의된 공식[1],[3]으로 계산하면 된다.

표 2. 상수 K1 ~ K6 공식 및 값

K ₁	$\frac{X_q + X'd}{X_e + X'd} I_q V_\infty \sin \delta + \frac{E_q V_\infty \cos \delta}{X_e + X_q} = 1.5232$	
K ₂	$\frac{V_\infty \sin \delta}{X_e + X'd} = 1.5986$	K ₃ $\frac{X'd + X_e}{X_d + X_e} = 0.2725$
K ₄	$\frac{X_d - X'd}{X_e + X'd} V_\infty \sin \delta = 2.3259$	
K ₅	$\frac{X_q}{X_e + X_q} \frac{V_d}{V_t} V_\infty \cos \delta =$ $-\frac{X'd}{X_e + X'd} \frac{V_q}{V_t} V_\infty \sin \delta = 0.0118$	
K ₆	$\frac{X_e}{X_e + X'd} \frac{V_q}{V_t} = 0.3924$	

PSS를 투입하지 않을때 회전체 위상각의 동요특성을 파악하여 PSS 파라메타 정수를 구한다. 상태변수로 $\omega_r, \delta, \varphi_{fd}, V_t, E_{paa}, E_{cd}, E_{th}, E_{cm}, E_{fd}$ 를 택하여 상태방정식을 세운다.

$$\frac{d\omega_r}{dt} = -\frac{D}{2H} \omega_r - \frac{K_1}{2H} \delta - \frac{K_2}{2H} \varphi_{fd} \quad (32)$$

$$= -0.3037 \omega_r - 0.2343 \delta - 0.2459 \varphi_{fd}$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_o \omega_r = 377 \omega_r \quad (34)$$

$$\frac{d\varphi_{fd}}{dt} = -\frac{K_3 K_4}{T_3} \delta - \frac{1}{T_3} \varphi_{fd} + \frac{K_3}{T_3} E_{fd} \quad (35)$$

$$= -0.3942 \delta - 0.622 \varphi_{fd} + 0.1695 E_{fd}$$

$$\frac{dV_t}{dt} = \frac{K_5}{T_R} \delta + \frac{K_6}{T_R} \varphi_{fd} - \frac{1}{T_R} V_t \quad (36)$$

$$= 1.18 \delta + 39.24 \varphi_{fd} - 100 V_t$$

$$\frac{dE_{paa}}{dt} = -30.5 \delta - 1014.5 \varphi_{fd} + 2563.7 V_t - 11.236 E_{paa} \quad (37)$$

$$\frac{dE_{ma}}{dt} = -0.3951 \delta - 13.1 \varphi_{fd} + 32.85 V_t + 0.3171 E_{paa} - 1.0989 E_{ma} \quad (38)$$

$$\frac{dE_{cd}}{dt} = 1000 E_{ma} - 454.6 E_{cd} \quad (39)$$

$$\frac{dE_{th}}{dt} = 14.63 E_{cd} - 0.6098 E_{th} - 14.63 E_{cm} \quad (40)$$

$$\frac{dE_{cm}}{dt} = +0.3973 E_{cd} + 0.01261 E_{th} - 2.3814 E_{cm} \quad (41)$$

$$\frac{dE_{fd}}{dt} = +34.61 E_{cd} - 0.4828 E_{th} - 34.61 E_{cm} - 2.71 E_{fd} \quad (42)$$

MATLAB[5]를 사용하여 구한 고유치는,

$$\lambda = -454.54, -100, -0.37 \pm j9.4, \\ -11.69, -1.06 \pm j2.06, \\ -0.39, -2.01 \pm j0.22$$

에서 회전체 위상각의 동요를 일으키는 고유치는,

$$\lambda_{1,2} = -0.37 \pm j9.4 = \sigma \pm j\omega_d \quad (43)$$

이며 이로부터,

$$\text{감쇄정수 } \zeta = \frac{-\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + \omega_d^2}} = 0.0391$$

$$\text{고유동요 주파수 } \omega_n = \frac{\omega_d}{\sqrt{1 - \zeta^2}} = 9.41 \text{ rad/s}$$

$$\text{동기화토크계수 } K_s = \frac{2H \omega_n^2}{\omega_o} = 1.53$$

$$\text{댐핑토크계수 } K_d = 2\sqrt{K_s 2H \omega_o} = 4.78$$

고유동요 주파수가 9.41[rad/s] 혹은 1.5[Hz] 이고, 감쇄정수 $\zeta=0.0391$ 이므로 외란에 의한 동요가 오래 지속되므로 감쇄정수를 높여, 즉 $\zeta_{opt}=0.5$ 으로 선정하여 회전자각의 동요를 빠르게 줄이고 댐핑토크를 크게하여 동태안정도를 높이기로 한다.

여자기 시스템, 발전기 및 외부 전력시스템에 의한 위상각 지연을 계산한다.

$$\frac{T_e}{\delta} |_{exp} = 0.1981 \angle -172^\circ \quad (44)$$

PSS의 Lead-Lag 보상기는 $\phi_{lag} = 172^\circ$ 만큼 조정해야 하므로,

$$\frac{E_o}{E_i} = \left(\frac{1 + aT_s}{1 + T_s} \right)^n \quad (45)$$

이 보상회로를 3단계 (n=3)로 하면,

$$\phi_m = \frac{\phi_{lag}}{3} = 57.26^\circ \quad (46)$$

$$a = \frac{1 + \sin \phi_m}{1 - \sin \phi_m} = 11.59 \quad (47)$$

$$T = \frac{1}{\omega_n \sqrt{a}} = 0.0312 \quad (48)$$

가 된다. 회전체 위상각의 동요를 효과적으로 검출하

고, 정상상태에서는 PSS의 출력이 없도록 하는 Washout회로의 시정수는 $T_w = \frac{1}{f_n} = 0.67 \text{ s}$ 보다 조금 더 큰 1.5 sec 이면 적당하다.

Kst 를 증가 시키면서 PSS에 의한 동기화 및 댐핑토크 계수를 구하고, 이로부터 설정된 댐핑계수 $\zeta_{opt} = 0.5$ 가 될 때까지 계산을 반복한다.

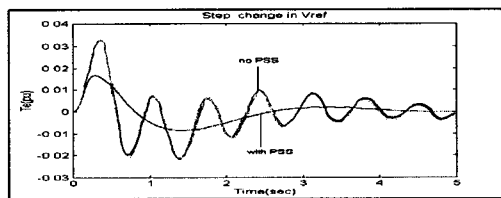
$$K_{st} = 9.0 \quad (49)$$

PSS 설치 전후의 변화를 간추려 보면 다음과 같다.

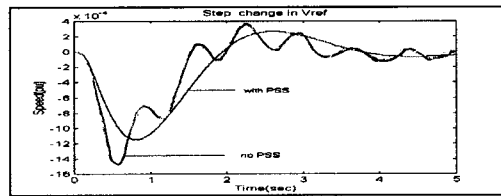
표3. PSS 설치전후 파라미터 변화

	without PSS	with PSS
λ_{osc}	$-0.37 \pm j 9.4$	$-5.56 \pm j 9.18$
ω_n	9.41	10.97
ζ	0.0391	0.5
KS	1.53	1.88
KD	4.78	64.54

PSS 효과를 파악하기 위하여, 그림 8은 0.1[PU] 만큼 발전기 단자전압 기준치를 변화시킨 결과이고, 그림 9는 0.1[PU] 만큼 기계적 토크를 변화시켜 PSS 설치 전후의 결과를 비교했다. 고유진동이 PSS 설치 시 빠르게 감쇄됨을 알 수 있다.

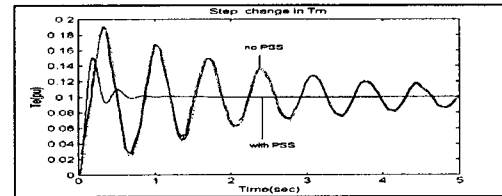


(a) 전기적 토크 변화

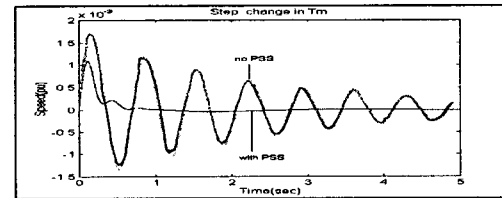


(b) 속도 변화

그림 8. Vref = 0.1 PU 변화시 시스템 응답 특성
Fig. 8. The system responses at Vref = 0.1 PU input



(a) 전기적 토크 변화



(b) 속도 변화

그림 9. Tm = 0.1 PU 인가시 시스템 응답 특성
Fig. 9. The system responses at Tm = 0.1 PU input

4. 결 론

전력계통에 저주파수 동요현상을 제거하기 위한 목적으로 전력계통 안정화장치가 쓰이고 있다. PSS 파라메타 선정기법은 다양하지만 본 논문에서는 고전적인 방법 중의 하나로서 설정된 댐핑계수를 목적함수로 한 극좌표 이동법을 사용했다. 여자기 제어시스템의 실측에 의한 상세 모델과 발전기 운전상태로부터 시스템 제정수를 구하고 적절한 PSS 파라메타를 선정하는 일련의 과정을 MATLAB으로 작성하여 사용하기 쉽게 했다.

전력계통의 동태 안정도에 대한 개념과 PSS 파라메타 선정기법을 이해하고 PSS 효과를 확인했다. 발전소의 운전원과 유지 보수하는 기술인에게 많은 도움이 될 것이다. 실측에 의한 PSS 효과를 검증하는 과정이 아직 남아 있다.

참 고 문 헌

- [1] P.M. Anderson and A.A. Fouad, "Power System Control and Stability," The Iowa State University Press, U.S.A., 1977.
- [2] P. Kundur, "Power System Stability and Control,"

현장 시험에 의한 전력계통 안정화장치의 적정 파라메타 선정에 관한 연구

- McGraw-Hill Inc., 1994.
- (3) F.P. DeMello and C. Concordia, "Concepts of Synchronous Machine Stability as Affected by Excitation Control," IEEE Trans. on PAS, April 1969.
 - (4) 임익헌, 김경철, "현장시험에 의한 발전기 자동전압 제어장치의 정수 추정기법에 관한 연구", 1995년 주계학술대회 논문집, 전기학회, 1995.11.
 - (5) "MATLAB User's Guide", The Math Works Inc., 1997.

◇ 저자소개 ◇

김 경 철 (金慶哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977-1982 국방과학연구소 연구원. 1982-1984 NMSU 전기공학과 석사. 1984-1988 UTA 전기공학과 박사. 1988-1991 한국전기연구소 선임연구원. 1991-현재 홍익대학교 전자전기컴퓨터 공학부 부교수.

임 익 헌 (林翼憲)

1958년 7월 25일생. 1980년 건국대학교 전기공학과 졸업. 1979-1988년 한전서천화력근무. 1994-1996 홍익대학교 전기공학과 석사. 1996-현재 동 대학원 박사과정. 1988-현재 한전 전력연구원 발전연구실 계전그룹 책임연구원.