

HVDC 연계 시스템의 전력계통 안정화 장치와 전력변환기의 적정 파라미터 선정에 관한 연구

(A Study on the Appropriate Selection of a Power System Stabilizer and
Power Converters for HVDC Linked System)

김경철* · 문병희

(Kyung-Chul Kim · Byung-Hee Moon)

요 약

본 논문은 두 지역 간에 직렬로 연결된 HVDC 연계시스템의 전력계통 안정화장치와 전력변환기의 적정 파라미터 선정기법을 다루었다. PSS파라미터 선정기법은 구하고자 하는 진상이 되도록 극좌표를 이동시키고, 충분한 댐핑을 얻도록 이득을 조절하는 고전적인 기법이다. 전력변환기의 적정 파라미터는 근궤적기법을 근거로 하여 기준 값의 변화와 시스템의 동요에 충분한 속응력과 안정도를 고려하여 선정한다. 이들 기법으로 구한 제정수로 소신호 및 과도안정도 분석결과를 사례연구시스템의 고유동요 주파수에 적절한 댐핑 효과를 보여주었다. 본 논문에서 사용한 프로그램은 MATLAB을 근거로 한 PST이다.

Abstract

This paper presents an algorithm for the appropriate parameter selection of a power system stabilizer and power converters in two-area power systems with a series HVDC links. The method for PSS is one of the classical techniques by allocating properly pole-zero positions to fit as closely as desired the ideal phase lead and by changing the gain to produce a necessary damping torque. Proper parameter of power converters are obtained in order to have sufficient speed and stability margin to cope with changing reference values and disturbances based on the Root-locus technique. The small signal and transient stability studies using the PSS and power converters parameters obtained from these methods show that a natural oscillation frequency of the study case system is adequately damped. The simulation used in the paper was performed by the Power System Toolbox software program based on MATLAB.

Key Words : High Voltage Direct Current Transmission, Power System Stabilizer, Root-locus, Natural oscillation frequency, Damping Torque.

* 주저자 : 홍익대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수
Tel : 041-860-2568, Fax : 041-863-7605
E-mail : yangjier@wow.hongik.ac.kr
접수일자 : 2001년 11월 19일
1차심사 : 2001년 11월 21일
심사완료 : 2001년 12월 19일

1. 서 론

제주-해남 HVDC (High Voltage Direct Current) 시스템은 제주지역에 부족한 전력을 육지로부터 공급

받기 위해서 영국의 GEC Alstom사에서 1997년 완공하여 상업 운전하고 있다. 기본 사양은 최대 용량 300[MW], DC180[kV]이며, 현재 제주 부하의 60[%] 까지 담당할 수 있다.

전력계통 안정화 장치 (Power System Stabilizer : PSS)는 전력계통에 사고로 인한 외란이 발생했을 때 발생하는 저주파수 고유 동요 현상을 제거하기 위해서 제동토크를 응답이 빠른 여자기 시스템에 가하여 시스템 안정도를 향상시키는 역할을 한다.

PSS 모델 구성은 동요신호를 검출하는 기능, 댐핑 토크를 여자기 시스템을 통해 입력하므로 이로 인한 위상지연을 보상하는 회로, 적당한 이득을 주어 댐핑 토크를 효과적으로 제어하는 기능, 여자기 시스템의 주 기능을 저해하지 않기 위한 상하한선 회로 등이 포함되어야 한다. PSS 파라미터 선정방법으로 극좌표 이동법을 본 논문에서 소개하였다.

사례연구 시스템은 육지와 제주를 HVDC로 연결하고, 육지와 제주의 AC 시스템을 송전선로는 등가 임피던스로 처리하고 각각 2대의 발전기로 축소 모의하였다. PSS 효과를 검증하기 위해 외란 신호로 발전기 단자 전압 기준치를 변화시키고, 선로에 1선 지락사고가 발생할 때의 응답특성을 검토하였다.

HVDC 시스템의 전력변환기는 교류를 직류로 바꾸는 컨버터(Converter or Rectifier)와 직류를 교류로 변환시키는 인버터(Inverter)로 구성된다. 전력변환기의 파라미터는 HVDC시스템의 고유동요 모드의 댐핑을 적절하게 유지하면서, 사고로 인한 시스템의 동요에 충분한 속응력과 안정도를 고려하여 선정한다. 전력변환기의 효과를 검증하기 위해 해남지역과 제주지역의 모선에 1선 지락 사고가 발생했을 때의 응답특성을 검토하였다.

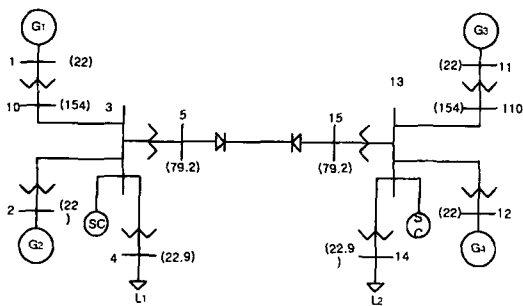


그림 1. HVDC 연계 시스템
Fig. 1. HVDC Linked System

2. 시스템 모델링

그림 1은 HVDC 연계 시스템으로서 전력은 모선 5에서 모선 15로 150 [MW]를 송전하는 것으로 간주한다.

그림 1에서 모선 전압은 'V'로 표시하고 단위는 kV이며 이 외의 숫자는 모선번호를 나타낸다. 모선3과 모선 13에는 무효전력을 공급하는 조상 설비(Synchronous Condenser : SC)가 설치 되어있다. 또한 왼편과 오른편을 2개의 지역으로 구분하기 위하여 모선번호를 1과 11로 표기하였다.

본 논문에서는 Power System Toolbox[1]을 이용하여 조류계산, 소신호 안정도, 과도 안정도, PSS 파라미터 선정, 전력변환기 파라미터 선정 모의하였다.

사례연구에서 사용된 발전기는 모두 상세모델이고 여자기는 간단한 정지형 여자기 모델이다. 또한 터빈 조속기 시스템도 간략화 시킨 모델을 사용했다.[2][3] PSS는 그림 2와 같은 전형적인 모델을 사용했다.

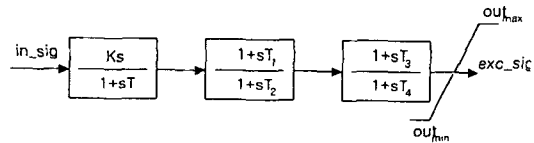


그림 2. 전력계통 안정화 장치 모델
Fig. 2. Power System Stabilizer Block Diagram

표 1. HVDC 선로 데이터
Table 1. HVDC Line Data

column	variable	unit
1	Rectifier Number	
2	Inverter Number	
3	dc line resistance	2.5 ohms
4	dc line inductance	9.6 mH
5	dc line capacitance	0.0 μF
5	Rectifier smoothing inductance	60.0 mH
6	Inverter smoothing inductance	60.0 mH
7	dc line power rating	150 MW
8	current margin for inverter current control	20.0 %

전력계통 안정화 장치의 각 기능과 전달함수에 대

한 설명은 본 논문 "3. 전력계통 안정화 장치와 전력 변환기의 적정 파라미터 선정기법"에 기술하였다.

표 1은 HVDC 선로 데이터이고, 표 2는 HVDC 시스템의 변환기(정류기와 인버터)데이터로 참고문헌 [4], [5]를 근거로 하였다.

표 2. HVDC 변환기 데이터
Table 2. HVDC Converter Data

column	variable	unit
1	HVDC converter Number	
2	LT bus number from bus data	
3	Converter Type 1-rectifier 2-inverter	
4	Rated dc voltage	180.0 kV
5	Commutating Reactance (Xc)	8.5 Ohms per bridge
6	Number of bridges in series	2
7	Rectifier- α_{min} , Inverter- γ_{min}	2 degrees
8	Rectifier- α_{max} , Inverter- γ_{max}	162 degrees

그림 3은 정류기 제어 모델이고, 그림 4는 인버터 제어 모델이다.[2]

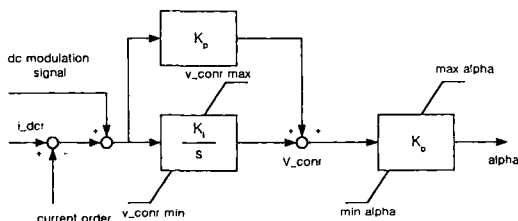


그림 3. 정류기 제어 모델
Fig. 3. Rectifier Pole Control Model

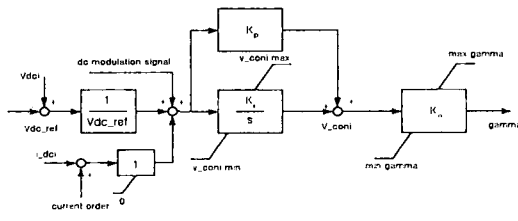


그림 4. 인버터 제어 모델
Fig. 4. Inverter Pole Control Model

3. 전력계통 안정화 장치와 전력 변환기의 적정 파라미터 선정기법

PSS의 기본적인 역할은 회전자각의 동요에 의한 댐핑 효과를 주는 것이다. 그림 2에서 이득 K는 댐핑 토크가 최대가 되도록 조절한다. PSS는 동요가 없을 때는 출력이 없도록 고주파수 필터인 Washout 회로가 쓰인다. 발전소간의 내부 지역 동요 주파수는 1~2[Hz] 정도이고, 외부지역의 동요는 0.1~1[Hz] 정도이므로 시정수 T는 1~20[sec]로 하면 적당하다. PSS의 출력은 발전기 단자 전압의 허용 범위 내에서 조절되도록 상하한선을 두어야 하는데 보통 단자전압의 ± 0.1 [pu]로 한다.

PSS는 여자기 시스템의 빠른 응답 특성을 통하여 댐핑토크를 주므로 이에 대한 위상지연을 보상해야 한다. 댐핑토크(K_D)는 회전자각속도(ω_r)에 대한 전기적 출력(P_e)으로 표시된다.

$$K_D = \frac{\Delta P_e}{\Delta \omega_r} \quad (1)$$

위상지연 보상은 발전기, 터빈-조속기, 여자기, 외부전력 시스템 상태를 포함한 위상지연을 구하여 보상해야 한다. 즉, 회전자 각(δ)에 대한 전기적 토크(T_e)를 고유 동요 주파수 범위 내에서 위상지연 함수를 구한다.

$$\left. \frac{\Delta T_e}{\Delta \delta} \right|_{\omega_n} = K_{ST} \angle \phi_{lag} \quad (2)$$

PSS의 진상-지상 보상은 ϕ_{lag} 만큼 진상으로 해야한다. 참고문헌 [2]에 따르면 회전자각에 대한 전기적 토크는 실측결과 발전기 기준 단자전압(V_r)에 대한 전기적 출력(P_e)과 유사하므로, 위상지연은 다음 식으로 구한다.

$$\left. \frac{\Delta P_e}{\Delta V_r} \right|_{\omega_n} \approx K_{ST} \angle \phi_{lag} \quad (3)$$

위의 (3)식은 각 발전기의 단자전압에 대한 전기

적 출력으로 PSS에서 위상지연 ϕ_{lag} 만큼 진상으로 보상해야한다. 간단한 PSS의 진상-지상 보상기의 회로 구성은

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1+aTs}{1+Ts} \quad (4)$$

으로 할 수 있다. Bode 선도를 그리면, ω_m 은 기하학적 평균 각속도로써 이 때 최대 진상위상 ϕ_m 이 된다. 효과적인 보상이 되기 위해서는 $30^\circ < \phi_m < 60^\circ$ 이거나 $5 < a < 20$ 의 범위 내에 있게 한다.

$$\log \omega_m = \frac{1}{2} \left[\log \frac{1}{aT} + \log \frac{1}{T} \right] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \phi_m &= \text{ang} \frac{1+j\omega_m aT}{1+j\omega_m T} \\ &= \tan^{-1} \omega_m aT - \tan^{-1} \omega_m T \end{aligned} \quad (6)$$

으로부터 시정수 aT 와 T 를 구할 수 있다. 일반적으로 $\omega_m = \omega_n$ 으로 하고 위상지연 ϕ_{lag} 에서 ϕ_m 을 선택하면 단계 n 이 정해진다. 여기서 ω_n 은 시스템의 고유동요 각속도이다.

즉,

$$a = \frac{1 + \sin \phi_m}{1 - \sin \phi_m} \quad (7)$$

$$T = \frac{1}{\omega_n \sqrt{a}} \quad (8)$$

에서 시정수를 구할 수 있다.

극좌표 이동법은 위상지연 ϕ_{lag} 을 계산해서 구하고 Bode 선도로 그린다. PSS의 진상-지상 보상기는 2단계로 하는 것이 일반적이다.

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{1+T_1S}{1+T_2S} \cdot \frac{1+T_3S}{1+T_4S} \quad (9)$$

쉽게 시정수를 정하는 요령은 T_2, T_4 값을 정하고 T_1, T_3 값을 변화시켜서 Bode 선도로 위상지연 ϕ_{lag}

와 보상기의 위상이 겹치도록 하면 된다. 동요 주파수 범위는 0.1~2[Hz] 정도이므로, 이 범위에서 위상지연 함수를 구하고, 진상-지상 보상기로 경험에 의한 시행 착오법으로 시정수를 구한다. 사례연구 시스템을 상태 방정식으로 표현하면 상태변수가 32개인 미분 방정식이 되므로 수작업에 의한 계산은 매우 어렵다.

극좌표 이동법을 이용한 진상-지상 보상회로의 시정수가 정해지면 PST 프로그램을 사용하여 시스템의 고유치, 동요 주파수, 댐핑계수를 구한다. 일반적으로 댐핑 감쇄 계수는 0.5 이상이면 안정된 시스템이다.

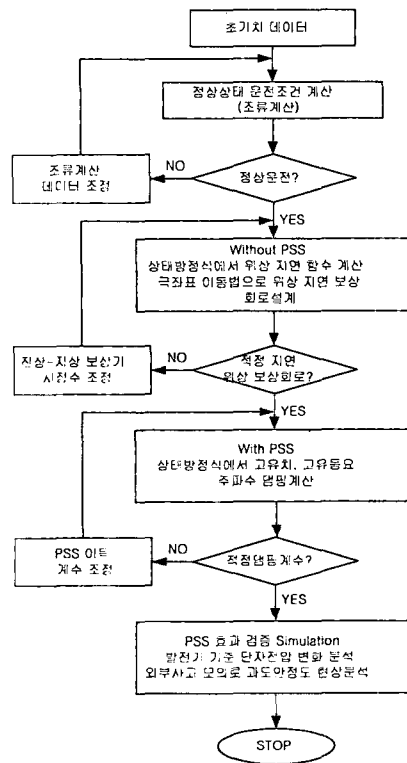


그림 5. PSS 파라미터 선정과정 흐름도
Fig. 5. Flow Chart For Optimal PSS Parameter Selection

본 논문에서는 모든 고유동요 주파수의 댐핑계수가 0.5 이상이 되도록 PSS 이득을 조절하였다. 그림 5의 순서도는 PSS 적정 파라미터 선정 과정을 나타낸다. PSS의 모든 파라미터 K, T, T_1, T_2, T_3, T_4 ,

V_{smax} , V_{smin} 이 정해지면 PSS 응답 특성을 확인하기 위한 수단으로 소신호 안정도, 과도 안정도 현상을 모의한다.

전력변환장치는 컨버터와 인버터로 구성된다. 사례연구에서 컨버터 제어는 그림 3과 같이 전류제어기로 하였다. 기준전류(Current order)와 직류송전전류(I_{dcr})의 오차는 PI(Proportional and Integral)제어로 기준치변화와 사고로 인한 시스템의 동요에 대처할 수 있도록 충분한 속응력과 안정도를 유지하도록 비례계수 K_p 와 적분계수 K_i 를 결정해야 한다. 소신호 분석으로 사례시스템의 고유벡터s를 구하여 적정 댐핑계수를 갖고, 육지지역의 모선에 지락사고를 일으켜 시스템의 동요를 적절히 대처하도록 컨버터의 PI제어 계수를 정하기로 한다.

그림 4와 같이 인버터제어는 전압과 전류제어기로 되어있다. 인버터는 기준치변화와 사고로 인한 시스템의 동요현상에 매우 민감한 반응을 나타내므로 인버터 모션전압과 선로전류가 속응성 있게 제어되어야 한다. 인버터의 비례계수 K_p 와 적분계수 K_i 는 소신호 분석으로 사례시스템의 고유벡터s를 구하여 적정 댐핑계수가 되게 하고, 제주지역의 모선에 지락사고를 일으켜 시스템의 동요에 적절히 대처하도록 구하면 된다.

표 3. 선로데이터
Table 3. Solved Line Flows Data

Line	From bus	To bus	Power	
			Real [pu]	Reactive [pu]
1	1	10	6.8189	0.6564
2	2	3	5.0000	2.0819
3	3	4	10.0000	1.5114
4	3	5	1.5267	0.9203
5	3	10	-6.5267	1.2534
6	11	110	2.7653	0.1444
7	12	13	2.0000	0.5446
8	13	14	6.0000	0.7831
9	13	15	-1.5094	0.7773
10	13	110	-2.4906	1.0120
1	10	1	-6.8189	-0.4352
2	3	2	-5.0000	-1.9381
3	4	3	-10.0000	-1.0000
4	5	3	-1.5267	-0.9171
5	10	3	6.8189	0.4352
6	110	11	-2.7653	0.0002
7	13	12	2.0000	0.4601
8	14	13	-6.0000	0.6000
9	15	13	1.5094	0.7741
10	110	13	2.7653	-0.0002

4. 사례연구

그림 1의 사례연구 시스템의 HVDC 시스템 데이터는 참고문헌 [2],[4],[6]을 근거로 한 것이다. AC계통의 데이터는 참고문헌 [7]을 근거로 한 것이다. AC계통의 발전기, 여자기, 터빈-조속기 시스템의 데이터는 전형적인 값을 채택하였다. 시스템의 기준은 100[MVA], 154[kV]이다. 조류계산 결과는 표 3, 4, 5에 간추려 놓았다.

표 4. 모션데이터
Table 4. Solved Bus Data

B U S	Volts [pu]	Angle [deg]	Generator		Load	
			Real [pu]	Reactive [pu]	Real [pu]	Reactive [pu]
1	1.0300	20.0000	6.8189	0.6564	0	0
2	1.0100	4.3577	5.0000	2.0819	0	0
3	1.0000	2.9394	-0.0000	1.7470	0	0
4	0.9937	0.0552	0	0	10.0000	1.0000
5	0.9991	2.8518	0	0	1.5267	0.9171
10	1.0273	18.1536	0	0	-0.0000	-0.0000
11	1.0300	20.0000	2.7653	0.1444	0	0
12	1.0100	-2.8324	2.0000	0.5446	0	0
13	1.0000	-5.1022	0.0000	2.1120	0	0
14	0.9965	-6.8273	0	0	6.0000	0.6000
15	0.9516	-5.0067	0	0	-1.5094	0.7741
110	1.0285	17.0077	0	0	-0.0000	-0.0000

표 5. 변환기 데이터
Table 5. Solved Rectifier Data

컨버터	인버터
alpha [degrees]	gamma [degrees]
30.1282	25
직류전압 [kV]	직류전압 [kV]
183.6807	181.5973
전력 [MW]	전력 [MW]
153.0672	151.3311
선로전류 [kA] 0.83333	

조류계산 결과와 사례연구 시스템의 모델을 소신호 변화에 의한 상태방정식을 만들고 상태 방정식으로부터 고유치, 고유 동요주파수, 댐핑계수를 구한다.

표 6. 고유 동요 모드
Table 6. Natural Oscillation Modes

Eigenvalues	Frequency [Hz]	Damping ratio
-0.44 ± 0.52 i	0.0835	0.6441
-0.33 ± 0.91 i	0.1434	0.3420
-0.48 ± 5.98 i	0.9521	0.2399
-0.94 ± 9.02 i	1.4350	0.1033
-17.68 ± 17.44 i	2.7755	0.7120
-19.16 ± 16.03 i	2.5506	0.7671

표 6은 그 결과를 나타내고 있으며, 6개의 동요 모드가 있는데, 그 중에 댐핑계수가 0.5 이하인 것은 PSS를 설치하여 댐핑계수가 0.5보다 크도록 하여 시스템이 안정화 되도록 하고자 한다. PSS의 파라미터 T를 정한다. Washout 회로의 시정수는 동요주파수가 가장 낮은 0.0835[Hz]의 역수보다 조금 더 큰 수로 한다.

즉,

$$T \geq \frac{1}{f_{min}} = \frac{1}{0.0835} \approx 12 \quad (10)$$

T는 20.0[sec]로 하면 적당하다.

PSS의 위상지연 보상회로의 시정수 T1, T2, T3, T4는 각 발전기의 기준 단자 전압(Vr)을 입력으로 하여 발전기 출력(Pe)에 대한 위상지연 함수를 구한다.

$$\left. \frac{\Delta P_e}{\Delta V_r} \right|_{f_n} \quad (11)$$

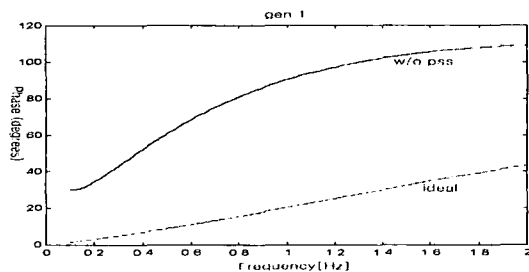


그림 6. 발전기1의 이론치와 보상해야할 위상치
Fig. 6. Ideal and w/o PSS Phase at Generator1

고유 동요 주파수 (fn)의 범위는 0~2[Hz]으로 하면 사례연구 시스템은 적절히 보상회로를 구할 수 있다. 발전기 1에서의 위상지연 함수를 구해서 진상으로 보상해야 할 위상은 그림 6과 같다.

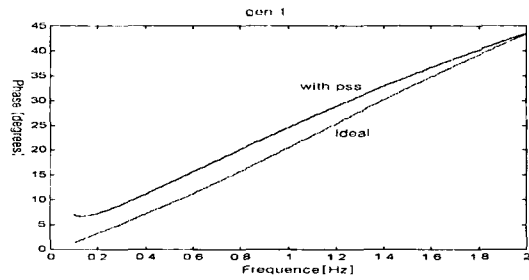


그림 7. 발전기 1의 이론치와 PSS 진상회로의 설계치
Fig. 7. Ideal and PSS phase at generator 1

T2 = T4 = 0.01로 정한다음 T1과 T3를 변화시켜 적절히 보상되도록 하면 그림 7과 같다. 이와 같은 극좌표 이동법으로 발전기 2, 3, 4의 진상-지상 보상회로의 시정수를 구한 결과를 표 7에 간추려 놓았다.

표 7. PSS 진상-지상 시정수
Table 7. PSS Lead-Lag Time Constants

Generator No	T1	T2	T3	T4
1	0.03	0.01	0.06	0.01
2	0.04	0.01	0.07	0.01
3	0.03	0.01	0.065	0.01
4	0.03	0.01	0.065	0.01

PSS의 이득 K는 작은 수, 예를 들면 K=20부터 증가시켜 설정된 댐핑계수 $\zeta_{opt} \geq 0.5$ 가 되도록 계산을 반복한다. 결과는 K=300으로 하여 PSS 설치 전후의 주요 동요모드를 비교하면 표 8과 같다.

표 8. 고유 동요 모드
Table 8. Natural oscillation mode

without PSS			with PSS		
Eigen-value	Freq. [Hz]	Damping ratio	Eigen-value	Freq. [Hz]	Damping ratio
-0.33 + 0.90i	0.1431	0.3420	-2.24 + 0.89i	0.1419	0.9292
-1.48 + 5.98i	0.9521	0.2399	-3.95 + 6.12i	0.9748	0.5421
-0.94 + 9.02i	1.4350	0.1033	-5.89 + 9.43i	1.5001	0.5296

PSS 효과를 파악하기 위하여, 그림 8과 그림 9는 발전기 단자전압 기준치를 0.1[pu] 만큼 변화시켜 발전기 전력 변화를 PSS 설치 전후와 비교했다.

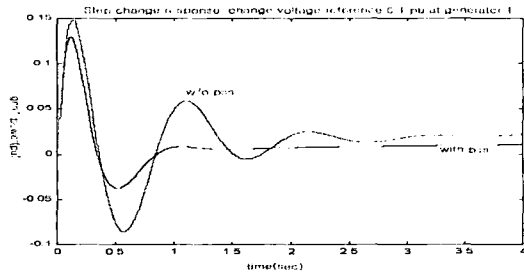


그림 8. Vr1 = 0.1 pu 인가시 응답특성
Fig. 8. Response Characteristics at Vr1=0.1 pu

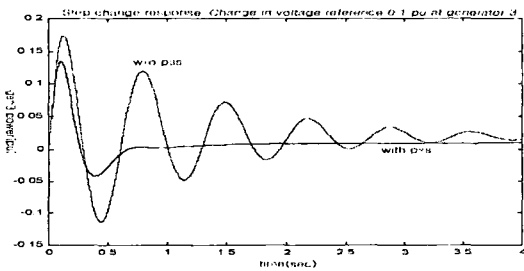


그림 9. Vr3 = 0.1 pu 인가시 응답특성
Fig. 9. Response characteristics at Vr3=0.1 pu

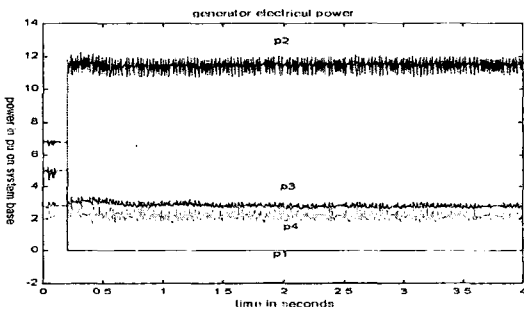


그림 10. PSS 설치전 모선 10에 1선지락 사고시 응답특성
Fig. 10. System Response For Single Line Groundfault Bus 10 Without PSS

또한 모선 10과 모선 3사이의 선로에 1선 지락사고를 일으켜 각 발전기의 응답특성을 관찰하였다. 그림 10은 PSS 설치전의 각 발전기의 전력 변화를 나

타내고, 그림 11은 PSS 설치후의 결과이다. PSS 설치 전후의 결과를 비교해 보면 상당히 개선된 시스템임을 알 수 있다.

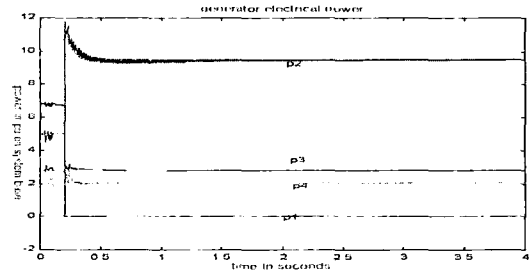


그림 11. PSS설치후 모선 10에 1선지락 사고시 응답특성
Fig. 11. System Response For Single Line Groundfault Bus10 With PSS

HVDC 시스템의 컨버터와 인버터 제어기의 제정수는 근래적 기법을 근거로 한 소신호 분석으로 사례시스템의 고유벡터를 구하여 적정 댐핑이 되도록 하고, 제주와 해남지역에 지락사고를 일으켜 시스템의 동요에 충분한 속응력과 안정도를 유지하도록 구하였다. 구한 결과로 표 9에 전력변환기의 제정수를 간추려 놓았다. 표 10은 전력변환기를 포함한 사례시스템의 주요 동요모드이다.

표 9. 전력변환기의 제정수
Table 9. Parameter of Power Converter controllers

type	K_p	K_i	K_o	Integrator Limit	max a/γ	min a/γ
rectifier	0.4	0.5	1.0	± 1.5	162°	2°
inverter	0.4	0.5	1.0	± 1.5	162°	2°

표 10. 전력변환기의 고유동요 모드
Table 10. Natural Oscillation Mode for Power Converter

Eigenvalue	Frequency[Hz]	Damping ratio
$-19.77 \pm 10.79i$	1.7165	0.8779
$-20.30 \pm 11.47i$	1.8261	0.8706
$-19.13 \pm 19.72i$	3.1392	0.6963
$-19.88 \pm 19.68i$	3.1327	0.7106

그림 12부터 그림 15는 해남지역의 모선 10에서 1선 지락사고가 발생했을 때 사고모선전압, 직류전압, 직류전류와 각 발전기의 응답특성을 보여주고 있다. 충분한 댐핑과 사고로 인한 시스템의 동요에 컨버터 제어기가 잘 적응하고 있음을 보여준다.

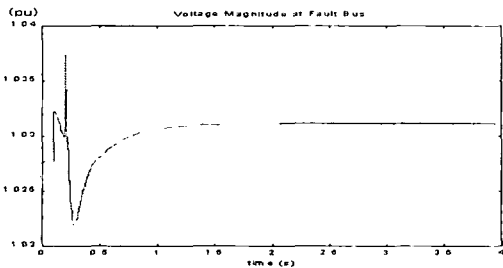


그림 12. 모선 10사고시의 모선 3전압
Fig. 12. Bus 3 Voltage Magnitude at Fault Bus 10

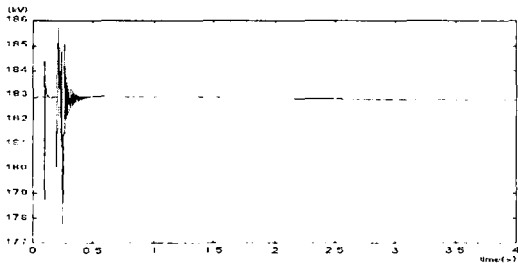


그림 13. 모선 10사고시의 모선 5전압
Fig. 13. Bus 5 Voltage Magnitude at Fault Bus 10

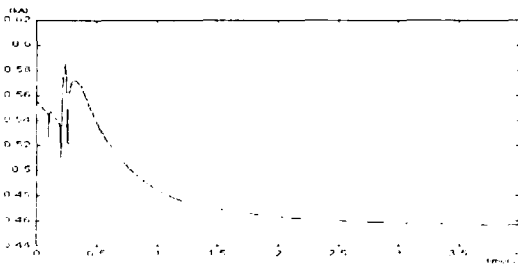


그림 14. 모선 10사고시의 정류기측 직류전류
Fig. 14. Rectifier HVDC Current at Fault Bus 10

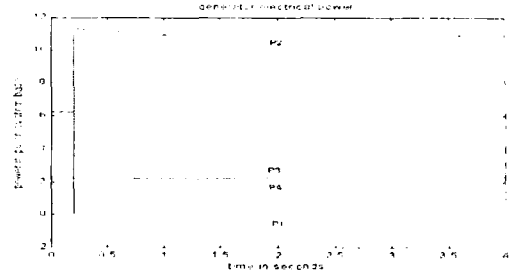


그림 15. 모선 10사고시의 발전기 출력
Fig. 15. Generator Electrical Power Response at Fault Bus 10

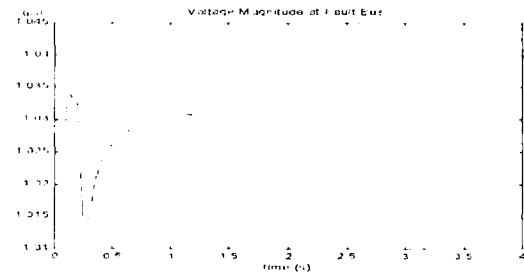


그림 16. 모선 110사고시의 모선 13 전압
Fig. 16. Bus 13 Voltage Magnitude at Fault Bus 110

그림 16부터 그림 19는 제주지역의 모선 110에서 1선 지락사고가 발생했을 때 사고모선전압, 직류전압, 직류전류가 각 발전기의 응답특성을 보여주고 있다. 충분한 댐핑과 사고로 인한 시스템의 동요에 인버터 제어기가 잘 적응하고 있음을 보여준다.

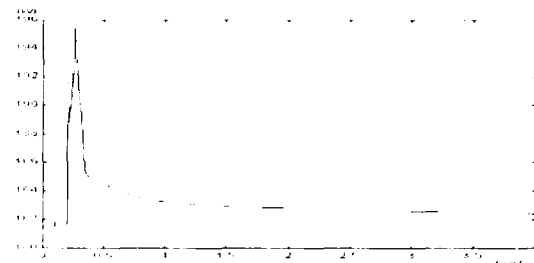


그림 17. 모선 110사고시의 모선 15 전압
Fig. 17. Bus 15 Voltage Magnitude at Fault Bus 110

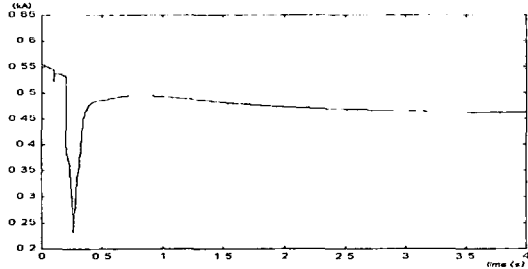


그림 18. 모선 110사고시 인버터 측의 직류전류
Fig. 18. Inverter HVDC Current at Fault Bus 110

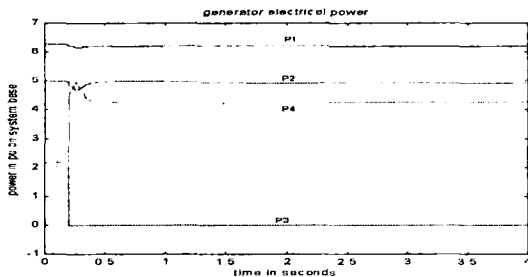


그림 19. 모선 110사고시의 발전기 출력
Fig. 19. Generator Electrical Power Response at Fault Bus 110

5. 결 론

HVDC 시스템은 제주-해남과 같은 직렬로 연결된 전력계통으로 여러 가지 고려할 문제가 많이 발생한다. 본 논문에서는 HVDC와 연계된 전력시스템에 발생하는 저주파수 중요현상을 분석하고, 개선하여 아래의 결과를 얻었다.

1. 전력계통의 저주파수 중요현상을 개선하기 위한 기법으로 설정된 댐핑계수를 목적함수로 한 극좌표 이동법과 근계적 기법을 사용하였다.

2. MATLAB을 이용한 PST프로그램을 활용하여 PSS 파라미터 선정기법과 전력변환기 파라미터 선정기법을 적용시켰으며

3. HVDC 연계된 전력계통의 소신호 및 과도 안정도를 분석하여 전력계통 안정화 장치와 전력변환기의 제정수가 적절하게 선정되었음을 확인하였다.

References

- (1) Program manual, "Power System Toolbox", Cherry Tree Scientific Software, 1999.
- (2) Graham Rogers, "Power System Oscillations", Kluwer Academic Publishers, 2000.
- (3) P. Kundur, "Power System Stability and Control", Mc Graw-Hill Inc, 1994.
- (4) Jos Arrillaja, "High Voltage Direct Current Transmission", IEE, 1998.
- (5) 김찬기, "제주-해남 HVDC 과도특성 분석", 대한전기학회지, Vol.49B 9호, 2000.9
- (6) "제주 해남 HVDC manual", GEC Alsthorn, 1993.
- (7) "전력계통 종합 데이터 베이스(전력계통 해석용)", 한국전력 발전처, 1998.
- (8) "MATLAB User's Guide", The math works Inc, 1999.

◇ 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 전자전기컴퓨터공학부 부교수.

문 병 희 (文炳熙)

1956년 12월 17일생. 1978년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1977~1988년 한전고리원자력근무. 1994~1996년 홍익대학교 전기공학과 석사. 1997년 현재 동 대학원 박사과정. 1988~2000년 한전전력연구원 원자력연구실 계전그룹 프로젝트리더. 2000년~현재 인벤시스코리아(주) 연구소장.