

# RCF 해석법을 사용한 스위칭 설비의 ON/OFF 시간간격에 의한 진동모드 해석

論 文
55A-1-3

## Analysis of Oscillation Modes Occurred by ON/OFF Time Intervals of Switching Equipments by the RCf Method

金 德 泳\* · 董 武 煥\* · 李 倫 浩\*  
(Deok Young Kim, Moo hwan Dong, Yun Ho Lee)

**Abstract** - In this paper, the RCF(Resistive Companion Form) analysis method which is used to analyze small signal stability problems of non-continuous systems including switching devices. The RCF analysis method is mathematically rigorous and computes eigenvalue of the system periodic transition matrix based on discrete system analysis method. As an effect of switching operations, the eigenvalues of the systems are changed and newly unstable oscillation modes may be occurred. As an illustrating example, the oscillation modes of the system with different switching time intervals are computed exactly by the RCF analysis method and the results show that ON/OFF time intervals of switching equipments are important factors to make the system stable or unstable. This result shows that the RCF analysis method is very powerful to analyze small signal stability problems of power systems including switching devices such as FACTS equipments.

**Key Words** : Eigenvalue, FACTS Equipment, ON/OFF Time Interval, RCF Method, State Transition Equations, Switching Devices

### 1. 서 론

전력계통의 미소신호 안정도해석은 이전까지의 연구방향이 연속 선형계통을 대상으로 상태방정식을 구성하여 고유치 해석을 하는 방법이 주된 연구방향이었다. 고유치 해석법은 시간영역에서의 해석법인 과도안정도 해석법에서 여러 진동모드들이 섞여진 형태로 나타나는 것과 달리, 각 상태변수별로 진동모드가 분리되어 구해지며, 고유치 각각에 대한 고유벡터로부터 진동의 물리적 의미와 각 상태변수와 진동모드와의 관계를 알 수 있고, 감도계수 등의 많은 정보를 구할 수 있어서 제어기 설계 등의 계통안정화에 사용할 수 있는 장점을 갖는다. 그러나 상태방정식에 의한 고유치 해석법은 불연속 동작 특성을 갖는 계통의 해석에는 적용할 수 없다는 문제점을 갖는다. 전력계통은 스위칭 소자를 포함한 불연속적인 동작 특성을 갖는 다양한 설비를 포함하고 있으며, 그 대표적인 제어 설비로 FACTS 설비를 들 수 있다. 이러한 FACTS 설비뿐만 아니라 일반적인 스위칭 소자를 포함하는 설비는 스위칭 동작에 의한 불연속 동작구간을 갖게 되며, 스위칭 동작에 의해 기존 진동모드의 변화뿐만 아니라 새로운 불안정한 진동모드가 발생하기도 하는 것으로 알려져 있다. 따라서 불연속의 스위칭 설비를 포함하는 전력계통에서 스위칭 동작에 의한 진동모드의 변화를 포함하는 미소신호 안정도 측면의 정확한 해석을 위한 새로운 해석방법에 대한 연구가 필요하다[1, 2,

### 3, 4].

RCF(Resistive Companion Form) 해석법은 이러한 불연속 특성을 갖는 계통의 미소신호 안정도 해석에 적합한 방법으로 수학적으로도 강인한 특성을 갖는 것으로 알려져 있다[5, 6].

본 논문에서는 RCF 해석법을 사용하여 스위칭 소자를 포함하는 전력설비의 ON/OFF 스위칭 시간간격에 의한 진동모드의 변화와 새로이 발생할 수 있는 불안정 진동모드에 대해 미소신호 안정도 측면에서의 정확한 고유치 해석결과를 제시하고, 스위칭 설비의 ON/OFF 스위칭 시간간격에 의해서 계통의 안정도 해석결과에 미치는 영향을 해석하고자 한다.

### 2. Resistive Companion Form(RCF)을 사용한 미소신호 안정도 해석법

전력계통의 미소신호 안정도 해석을 하기 위해서는 모든 계통구성장치를 다음과 같이 대수방정식과 미·적분 방정식으로 구성하게 되며, 선형요소로 구성된 일반적인 복합계통에서의 선형 미분방정식의 형태는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}(t) \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t) \\ y(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} v(t) \\ y(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)의 선형 미분방정식을 수치적분법인 Trapezoidal Method를 사용하여 적분구간 h에 대해 적분한 후, 계통방정식을 치환한 후의 상태천이 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} v(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t-h) \\ y(t-h) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Q_1(t-h) \\ Q_2(t-h) \end{bmatrix} \quad (2)$$

\* 교신저자, 正會員 : 群山大學 電子情報工學部 副教授 · 工博  
E-mail : dykim@kunsan.ac.kr

\* 學生會員 : 群山大學 電子情報工學部 大學院 碩士課程  
接受日字 : 2005年 8月 24日  
最終完了 : 2005年 11月 6日

식(2)는 시간  $t-h$ 에서  $t$ 동안의 전체계통의 상태천이 방정식을 나타내며, 하나의 적분구간  $h$ 에서의 상태천이 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} Y_{s11} & Y_{s12} \\ Y_{s21} & Y_{s22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_{s11} & P_{s12} \\ P_{s21} & P_{s22} \end{bmatrix} \quad (3)$$

식(3)에서 상태천이 행렬의 고유치 해석으로부터 계통의 미소신호 안정도해석이 가능하게 된다. 일반적으로 스위칭 소자를 포함하는 회로에 대해 고유치 해석을 하는 경우 불연속의 스위칭 구간을 포함하는 다수개의 적분구간에 대한 천이행렬은 각각의 적분구간에 대해 구한 천이행렬의 상태변수를 치환하여 다음과 같은 방법으로 전체구간에 대한 상태천이 행렬을 구하게 된다. 해석하고자 하는 전체 적분구간에서의 상태천이 행렬  $\Phi$  는 다음과 같다.

$$\Phi(t_n, t_0) = \Phi(t_n, t_{n-1})\Phi(t_{n-1}, t_{n-2}) \cdots \Phi(t_2, t_1)\Phi(t_1, t_0) \quad (4)$$

식(4)의 상태천이 행렬로부터 구한 고유치를  $\lambda_d$  라하고, 상태행렬에서 구한 고유치를  $\lambda_c = (-\alpha + j\beta)$ 라 하면 상태천이 행렬로부터 구한 고유치와 상태행렬로부터 구한 고유치는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\lambda_d = e^{\lambda_c t} = e^{-\alpha t} e^{j\beta t} \quad (5)$$

식(5)에서 상태천이 행렬로부터 구한 고유치는 상태행렬로부터 구한 고유치를 크기가 1인 단위원으로 mapping한 것과 같으며, 모든 고유치가 단위원 안에 있는 경우는 해석계통이 안정함을 그리고 단위원 밖에 있는 경우는 해석계통이 불안정함을 나타낸다.

### 3. 스위칭 시간 간격에 의한 진동모드의 영향

#### 3.1 일반적 시스템에서의 영향

스위칭 소자를 포함하는 불연속계통에 대해 스위칭 시간 간격에 의한 진동모드의 변화를 비교하기 위해 다음과 같은 일반적 시스템에 대해 고유치 해석을 하였다.

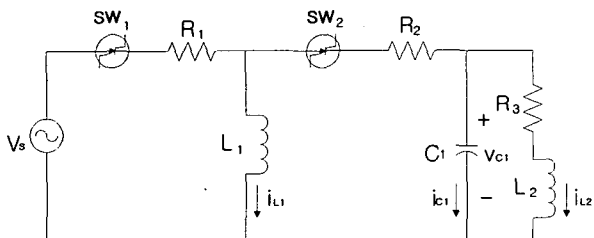


그림 1 두 개의 스위칭 소자를 포함하는 시스템  
Fig. 1 Circuit diagram of complex system with two switching devices

$$R_1 = 20[\Omega], R_2 = 40[\Omega], R_3 = 30[\Omega], L_1 = 0.05[H], \\ L_2 = 0.1[H], C_1 = 0.2[F], V_s = 110[V], h = 0.0001\text{sec}$$

그림 1의 일반계통에서 스위치의 동작은 다음과 같으며, 스위칭 동작의 2주기 동안인 0에서 0.002초 동안에 사례 1과 사례 2가 일정한 시간간격으로 반복되는 것을 모의하였다. 적분구간 값은 0.0001초로 하였다.

- 사례 1 (스위치 1 : ON, 스위치 2 : OFF)
- 사례 2 (스위치 1 : OFF, 스위치 2 : ON)

#### 3.1.1 상태방정식에 의한 진동모드 해석

사례1과 사례2의 각각의 스위칭 구간에서의 고유치 해석 결과는 표 1과 같으며, 스위칭 동작에 의한 진동모드의 변화는 해석이 불가능함을 알 수 있다.

표 1 상태방정식에 의한 고유치 해석결과  
Table 1 Eigenvalues from state space equations

진동모드	사례 1	사례 2
1	-0.16675	-0.29187
2	-299.83323	-299.83312
3	-400.0	-799.87498

#### 3.1.2 RCF 해석법에 의한 진동모드 해석

##### (1) 스위칭 시간 간격의 비율이 5:5인 경우

스위칭 동작의 전체 해석구간인 0.002초 동안에 사례1과 사례2의 동작이 5:5의 비율로 2회 반복되는 경우에 대한 해석결과는 표 2와 같다.

표 2 스위칭 시간 간격의 비율이 5:5인 경우의 고유치 해석결과  
Table 2 Eigenvalues with 5:5 switching time intervals

진동모드	사례 1 T=0.0005 sec	사례 2 T=0.001 sec	사례 1 T=0.0015 sec	사례 2 T=0.002 sec
1	-0.1667	-0.2085	-0.1878	-0.2085
2	-299.8554	-299.8555	-299.8555	-299.8555
3	-400.0531	-600.1980	-533.4898	-600.1980

표 2는 전체 해석구간 중에서 스위칭 동작이 일어나기 직전인 시간구간에서의 해석결과를 나타낸 것이며, 표 1의 해석결과와 비교할 때 진동모드 1과 3이 스위칭의 영향으로 다른 해석결과가 나온 것을 알 수 있다.

##### (2) 스위칭 시간 간격의 비율이 8:2인 경우

스위칭 동작이 8:2의 비율로 2회 반복되는 경우에 대한 해석결과는 표 3과 같다.

표 3 스위칭 시간 간격의 비율이 8:2인 경우의 고유치 해석결과  
Table 3 Eigenvalues with 8:2 switching time intervals

진동모드	사례 1 T=0.0008 sec	사례 2 T=0.001 sec	사례 1 T=0.0018 sec	사례 2 T=0.002 sec
1	-0.16667	-0.1751	-0.1696	-0.1751
2	-299.8555	-299.8555	-299.8555	-299.8555
3	-400.0531	-480.1194	-444.5362	-480.1194

표 3의 해석결과는 사례 2의 지속시간이 더 짧은 경우이며, 표 2의 해석결과와 비교하여 진동모드 1과 3의 변화폭이 더 좁은 것을 알 수 있다.

### 3.1.3 스위칭 시간간격에 의한 진동모드의 영향

표 2와 3에서 스위칭 시간간격에 의한 진동모드 1과 3의 해석구간 전체에서의 고유치 궤적은 그림 2, 3과 같다.

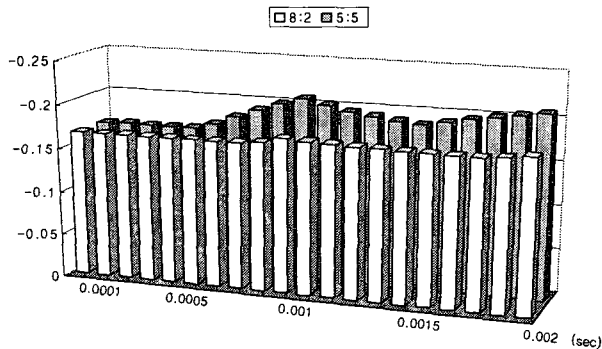


그림 2 진동모드 1의 스위칭 시간간격에 의한 고유치 궤적  
Fig. 2 Eigenvalue locus of oscillation mode 1 with 5:5 switching intervals

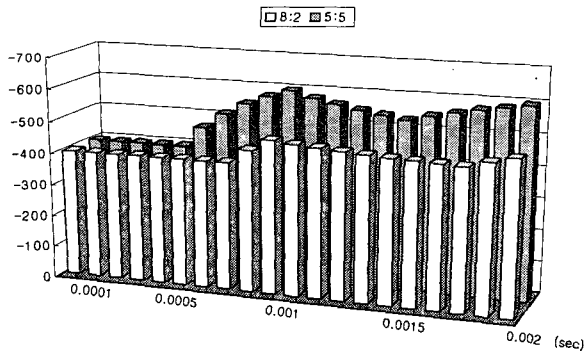


그림 3 진동모드 3의 스위칭 시간간격에 의한 고유치 궤적  
Fig. 3 Eigenvalue locus of oscillation mode 1 with 8:2 switching intervals

그림2와 3에서 스위칭 시간간격이 5:5인 경우에 스위칭 동작에 의한 진동모드 1과 3의 변화가 비교적 크게 나타나고, 8:2인 경우는 스위칭 동작에 의한 진동모드의 변화가 상대적으로 작은 것을 알 수 있다.

### 3.2 SVC를 포함하는 일기무한모선 계통에서의 영향

일기-무한모선 계통의 발전기 단자에 스위칭 소자를 포함하는 SVC가 설치된 그림 4의 계통에 대하여 미소신호 안정도 해석을 하였다.

발전기와 송전선 정수 그리고 무효전력보상기의 정수는 다음과 같다[1, 7].

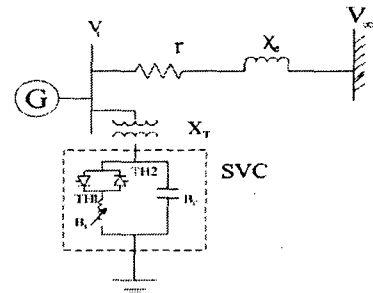


그림 4 SVC가 설치된 일기-무한모선 계통도

Fig. 4 Circuit diagram of one machine infinite bus system with SVC

$$\begin{aligned} X_T &= 0.08 pu & K_r &= 50 & T_r &= 0.15 \text{ sec} \\ P &= 1.0 pu, & pf &= 0.85 \text{ lag} \\ B_C &= 10.0 pu, & B_{Lo} &= -10.5 pu \end{aligned}$$

### 3.2.1 상태방정식에 의한 진동모드 해석

상태방정식에 의한 고유치 해석결과를 표 4에 나타내었다.

표 4 상태방정식에 의한 고유치 해석결과  
Table 4 Eigenvalues from state space equations

	스위치 ON	스위치 OFF
고유치	$-4.61439 \pm j 376.0897$	$-4.95752 \pm j 376.665$
	$-12.2397 \pm j 376.9332$	$-20.1658 \pm j 378.1461$
	$-43.3053 \pm j 39.60776$	185.0869
	$-0.30875 \pm j 9.061536$	-124.497
	-0.50121	-45.6973
	-38.6879	2.84617
	-3.66215	-0.49933
	안정	불안정

표 4에서 스위치가 OFF인 경우 불안정한 결과를 보이며, 스위칭에 의한 영향은 해석되지 않는다.

### 3.2.2 RCF 해석법에 의한 진동모드 해석

#### (1) 스위칭 시간 간격의 비율이 7:3인 경우

스위칭 동작의 전체 해석구간인 0.02초 동안에 ON/OFF 동작이 7:3의 비율로 2회 반복되는 경우에 대한 해석결과는 표 5와 같다.

표 5 스위칭 시간간격이 7:3인 경우의 고유치 해석결과  
Table 5 Eigenvalues with 7:3 switching intervals

	스위치 ON (T=0.07 sec)	스위치 OFF (T=0.01 sec)	스위치 ON (T=0.017 sec)	스위치 OFF (T=0.02 sec)
고유치	$-4.6483 \pm j376.0855$	$0.7999 \pm j378.1449$	$-0.4782 \pm j377.8492$	$0.8011 \pm j378.1449$
	$-12.1808 \pm j376.9440$	$-15.7389 \pm j375.7853$	$-14.7448 \pm j375.8895$	$-15.7379 \pm j375.7852$
	$-43.2808 \pm j39.6155$	-83.8539	-67.1732	-83.8549
	$-0.3106 \pm j9.0608$	-41.0263	-39.6945	-41.0250
	-0.5168	33.0485	$-0.5526 \pm j7.5127$	33.0475
	-38.7369	$-0.3971 \pm j6.6124$	1.4909	$-0.3966 \pm j6.6124$
	-0.6112	-1.4077	-0.6112	
	안정	불안정	불안정	불안정

표 5는 전체 해석구간 중에서 스위칭 동작이 일어나기 직전인 시간구간에서의 해석결과를 나타낸 것이며, 상태방정식에 의한 해석결과인 표 4와는 달리 두 번째 스위칭 구간에서 ON 시에도 스위칭의 영향으로 계통이 불안정한 상태로 지속되는 것을 알 수 있다. 표 5에서 진동모드 1의 스위칭 동작 전체 해석 구간에서의 궤적은 그림 5와 같다.

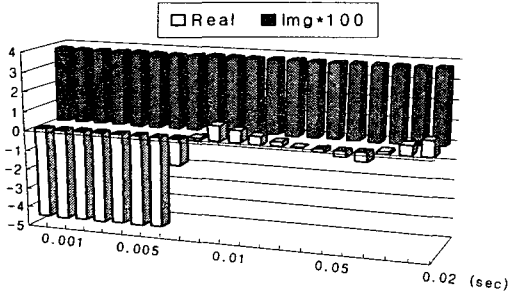


그림 5 스위칭 간격 7:3인 경우의 진동모드 1의 궤적  
Fig. 5 Eigenvalue locus of oscillation mode 1 with 7:3 switching intervals

그림 5는 스위칭의 비율이 7:3인 경우의 진동모드 1의 스위칭 2주기 전체 해석구간에서의 값의 변화를 나타낸 것으로 스위칭 동작이전에는 일정한 값을 갖다가 첫 번째 주기에서의 스위칭 동작이 발생한 0.007초 이후에는 불안정한 모드로 바뀌는 것을 알 수 있으며, 다시 스위치가 ON 상태가 되는 0.01초 이후에는 안정영역으로 약간 이동하다가 스위치가 OFF가 되는 0.017초 이후에 다시 불안정한 모드로 되는 것을 알 수 있다.

(2) 스위칭 시간 간격의 비율이 8:2인 경우

스위칭 동작이 8:2의 비율로 2회 반복되는 경우에 대한 해석결과는 표 6과 같다.

표 6 스위칭 시간간격이 8:2인 경우의 고유치 해석결과  
Table 6 Eigenvalues with 8:2 switching intervals

	스위치 ON (T=0.008 sec)	스위치 OFF (T=0.01 sec)	스위치 ON (T=0.018 sec)	스위치 OFF (T=0.02 sec)
고유치	-4.6453+j376.0854	-0.1549+j377.9380	-1.6132+j377.4889	-0.1537+j377.9380
	-12.1789+j376.9439	-14.9605+j375.8529	-14.0405+j376.0669	-14.9617+j375.8530
	-43.2813+j39.6155	-71.2491	-0.3330+j8.0661	-71.2500
	-0.3109+j9.0608	-40.0118	-0.4681	-40.0117
	-0.5168	-0.5003+j7.4419	-47.9043	-0.5007+j7.4419
	-38.7353	7.8054 -0.7505	-33.0248+j3.5034	7.8046 -0.7505
	안정	불안정	안정	불안정

표 6은 스위칭 OFF 지속시간이 더 짧은 경우이며, 2주기 동안의 해석결과 OFF시에는 불안정한 상태가 유지되지만, ON 시에는 계통이 안정으로 되돌아가는 것을 알 수 있다. 표 6에서 진동모드 1의 스위칭 동작 전체 해석 구간에서의 궤적은 그림 6과 같다.

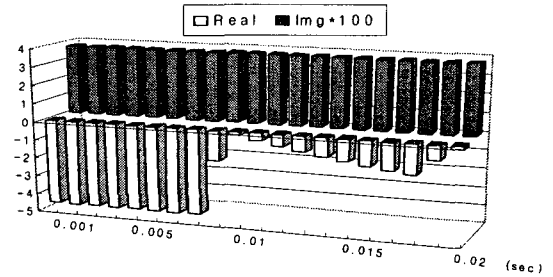


그림 6 스위칭 간격 8:2인 경우의 진동모드 1의 궤적  
Fig. 6 Eigenvalue locus of oscillation mode 1 with 8:2 switching intervals

그림 6은 스위칭의 비율이 8:2인 경우로서 스위칭 동작이 전에는 일정한 값을 갖다가 첫 번째 주기에서의 스위칭 동작이 발생한 0.008초 이후에는 진동모드가 안정영역에 있지만 허수축에 매우 가까운 중요모드(dominant mode)인 것을 알 수 있으며, 다시 스위치가 ON 상태가 되는 0.01초 이후에는 안정영역으로 이동하다가 스위치가 OFF가 되는 0.018초 이후에 다시 중요모드로 되는 것을 알 수 있다.

(3) 스위칭 시간 간격의 비율이 9:1인 경우

스위칭 동작이 9:1의 비율로 2회 반복되는 경우에 대한 해석결과는 표 7과 같다.

표 7 스위칭 시간간격이 9:1인 경우의 고유치 해석결과  
Table 7 Eigenvalues with 9:1 switching intervals

	스위치 ON (T=0.009 sec)	스위치 OFF (T=0.01 sec)	스위치 ON (T=0.019 sec)	스위치 OFF (T=0.02 sec)
고유치	-4.6463+j376.085	-13.9015+j376.099	-13.2088+j376.355	-13.9008+j376.099
	-12.1805+j376.944	-1.8456+j377.4064	-2.9934+j376.9517	-1.8456+j377.406
	-43.2817+j39.615	-42.7404	-40.2658+j28.7359	-42.7411
	-0.3111+j9.0608	-36.1953+j11.269	-0.3210+j8.596	-36.1953+j11.269
	-0.5168	-0.3294+j8.1704	-39.5187	-0.3297+j8.1705
	-38.7353	-0.4809	-0.5062	-0.4797
	안정	안정	안정	안정

표 7은 스위칭 OFF 지속시간이 가장 짧은 경우이며, 2주기 동안의 해석결과 OFF시에도 계통이 안정한 상태를 유지하는 것을 알 수 있다. 표 7에서 진동모드 1의 스위칭 동작 전체 해석 구간에서의 궤적은 그림 7과 같다.

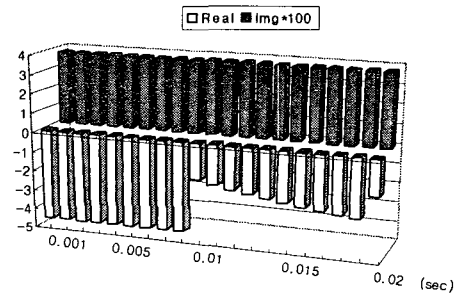


그림 7 스위칭 간격 9:1인 경우의 진동모드 1의 궤적  
Fig. 7 Eigenvalue locus of oscillation mode 1 with 9:1 switching intervals

그림 7은 스위칭의 비율이 9:1인 경우로서 첫 번째 주기에서의 스위칭 동작이 발생한 0.009초 이후에도 진동모드의 실수부가 S평면상의 안정영역 내에서 오른쪽으로 이동하다가, 다시 스위치가 ON 상태가 되는 0.01초 이후에는 안정영역으로 이동을 하게 되고, 스위치가 OFF가 되는 0.019초 이후에 다시 진동모드의 실수부가 S평면상의 오른쪽으로 이동하지만, 전체적으로 진동모드가 안정영역에 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 불연속 스위칭 동작특성을 갖는 설비와 이를 포함하는 전력계통에 대한 미소신호 안정도 해석을 위해, 불연속 계통의 미소신호 안정도 해석에 적합한 RCF해석법을 사용하여 고유치 해석을 하였다. 상대방정식에 의한 해석결과와 달리 RCF해석법을 사용한 해석결과는 스위칭 동작에 의한 진동모드의 변화와 새로이 발생하는 불안정 진동모드에 대해서 정확한 해석결과를 구할 수 있음을 보였다. 사례연구에서는 일반적인 시스템과 SVC를 포함하는 일기무한모선 계통에 대해 스위칭 설비의 스위칭 시간 간격이 다른 경우에 대한 RCF 해석법을 사용한 수치해석결과를 통해서 스위칭 동작의 ON/OFF 시간간격에 의해서도 계통의 안정도 해석결과가 다르게 나타날 수 있음을 예시하였으며, 이는 스위칭 설비를 포함하는 전력계통의 정확한 미소신호 안정도 해석을 위해서는 본 논문에서 사용한 RCF 해석법이 매우 적절한 방법임을 입증하는 결과라고 할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 에너지·자원기술개발사업(과제관리번호 : 2004-E-EL03-P-04-U-000)의 지원에 의하여 수행된 과제의 일부입니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] P. M. Anderson, A. A. Fouad, Power system control and stability, Iowa state press, 1994
- [2] "FACTS overview", IEEE power engineering society, 95TP 108, 1995.
- [3] Naring G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, Understanding FACTS, IEEE Press, 1999
- [4] R. Mohan Mathur, Rajiv K. Varma, Thyristor-based FACTS controllers for electrical transmission systems, Wiley Inter-science, 2002
- [5] Yousin Tang, A. P. Sakis Meliopoulos, "Power system small signal stability analysis with FACTS elements", IEEE Trans. of power delivery, Vol. 12, No. 3, pp.1352-1361, July 1997.
- [6] Eugene V. Solodovnik, George J. Cokkinides, A.P. Sakis Meliopoulos, "On stability of implicit numerical methods in nonlinear dynamical systems simulation", IEEE winter meeting 1998.
- [7] Chin-Hsing Cheng, Yuan-Yih Hsu, "Damping of generator oscillations using an adaptive static var

compensator", Trans. on Power Systems, Vol. 7, No. 2, May 1992.

### 저 자 소 개



#### 김 덕 영(金 德 泳)

1964년 11월 22일 생. 1988년 고려대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001년 - 2002년 미국 Georgia Tech. Post-doc. Fellow, 1996년~현재 군산대학교 전자정보공학부 부교수  
Tel : (063) 469-4746  
Fax : (063) 469-4699  
E-mail : dykim@kunsan.ac.kr



#### 동 무 환(董 武 煥)

1979년 1월 7일 생. 2005년 군산대학교 전자정보공학부 졸업. 현재 군산대학교 대학원 전기전자제어학부 석사과정.  
E-Mail : crazydong@kunsan.ac.kr



#### 이 윤 호(李 倫 浩)

1980년 2월 5일 생. 2005년 군산대학교 전자정보공학부 졸업. 현재 군산대학교 대학원 전기전자제어학부 석사과정  
E-mail : myth-yunho@hanmail.net