한전 계통의 안정도 해석을 위한 계통 등가화에 관한 연구

論 文
50A - 1 - 2

Dynamic Equivalents of the KEPCO System for the Stability Analysis

李 翰 旼* · 李 炳 峻** · 權 世 爀*** · 盧 奎 旼§ · 張 秉 勳§§
(Hanmin Lee · Byongjun Lee · Saehyuk Kwon · Kyumin Ro · Byunghoon Chang)

Abstract - This paper deals with the development of dynamic equivalents of the Korea Electric Corporation (KEPCO) systems. The weak coupling method is chosen for the most suitable coherency identification to represent the characteristics of the KEPCO system by the dynamic characteristic comparison of several coherency identification methods. Also, this paper shows the detail aggregation of generator groups makes a better representation of the dynamic and static characteristics of the original system than the classical aggregation. The simulation results of the developed KEPCO equivalent system are presented in comparison with the original system to illustrate the validity of the equivalent system.

Key Words : RTDS, Reduced equivalent system, Coherency identification, Aggregation

1. 서 론

오늘날 발전하는 산업사회와 더불어 전력수요가 급증하고 있으며 전력 계통은 대규모화되고 복잡하게되는 추세에 있다. 그리고 한전 계통은 2010년에 65GW의 발전 용량을 가질 것으로 예상되고 있어, 대규모 계통의 복잡한 현상들을 실시간으로 해석하기 위해 RTDS(Real Time Digital Simulator)를 바탕으로 실시간 시뮬레이터를 개발하고 있는 중이다. 현재 실시간 전력 계통 해석에 있어서 해석 대상 계통의 규모는 여전히 실시간 시뮬레이터의 H/W에 의해 제한되고 있는 실정이다. 따라서 원계통의 특성을 반영할 수 있는 등가 계통 구성이 필수적으로 요구된다. 이렇게 축약된 등가 계통은 원계통의 특성을 정확하게 나타낼 필요가 있다. 등가 계통을 구성하는데 있어서 발전기 연관성 결정 방법이 적용되는데, 전력계통 축약은 1970년대부터 연관성(Coherency)을 기초로한 동적축약 방법이 시도되었으며 EPRI지원에 의해 DYNEQU 프로그램이 개발되었고 1993년에는 더욱 향상된 동적축약 프로그램인 DYNRED가 개발되어 현재 상용화 단계에 있다[1]. DYNRED 프로그램에 세 가지 발전기 연관성 결정방법이 적용되고 있는데 이를 살펴보면 다음과 같다. 이 프로그램에 적용되는 연관성 결정방법은 선형 시간응답 해석방법(Linear time simulation method)[2], 약한 결합 이용방법(Weak coupling method)[3], 응답 시간영역 분할방법(Tow-time scale method)[4]이 있다.

본 논문에서는 2010년 한전 계통의 특성을 바탕으로 연관 그룹을 결정하는 적합한 방법을 조사하였다. 세 가지 연관성 결정 방법에 의해 축약된 계통은 원계통과 어느 정도 오차를 가지는 등가계통을 구성하게 된다. 그러므로 가능한 한 축약된 등가 계통과 원계통을 비교하여 최소한의 오차를 가지는 연관성 결정 방법을 찾아야 하겠다. 이러한 필요성에 의해서, 세 가지 연관성 결정 방법을 적용하여 연관그룹을 구성하였으며 발전기 모델을 상세모델과 고전모델을 구별하여 발전기 통합을 수행되었다. PSS/E-26을 이용하여 축약된 등가 계통과 원계통과의 정특성 및 time-domain 시뮬레이션에 의한 동특성을 비교하여 한전계통에 적합한 연관성 결정 방법과 실시간 시뮬레이션을 위한 등가 계통을 제시하였다.

2. 계통 등가화 과정

전체 축약 과정은 4단계로 나눠진다. 첫 단계는 발전기의 연관성을 결정하고 그룹핑한다. 두 번째 단계는 발전기와 제어기들을 통합한다. 세 번째 단계는 네트워크 축약하고 네 번째 단계에서는 축약된 등가 계통을 구성한다. 축약과정의 각 단계는 그림 1과 같다.

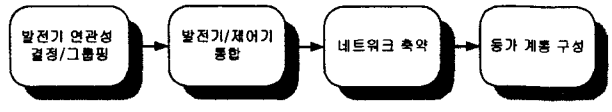

그림 1 계통 축약과정
Fig. 1 The reduction procedure

* 準 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 碩士
** 正 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 副敎授 · 工博
*** 正 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 敎授 · 工博
§ 正 會 員 : 忠淸大 電氣科 助敎授 · 工博
§§ 正 會 員 : 電力硏究院 電力系統硏究室 先任硏究員 · 工博
接受日字 : 2000年 6月 10日
最終完了 : 2000年 12月 11日

2.1 연관성 결정/그룹핑

이 단계에서는 발전기 연관성 결정방법에 의해 연관성 결정 및 연관 발전기들이 그룹핑된다. 세 가지 연관성 결정방법은 다음과 같다.

· 선형 시간응답 해석방법

주어진 외란에 대하여 반응을 보이는 발전기들의 동요곡선을 비교함으로써 연관성 여부를 판별하는 방법이다. 따라서 시뮬레이션을 통하여 얻어진 동요 곡선은 연관 발전기들을 결정하기 위하여 사용되며 이 과정에서 임의의 두 발전기 모선 사이의 각편차가 주어진 시간동안 허용오차 범위내에서 일정할 경우 두 발전기 모선은 연관성을 갖는다는 것을 의미한다. 각 시간 단계에 대해

$$|\Delta\theta_i(t) - \Delta\theta_r(t)| < \varepsilon \qquad (1)$$

여기서 ε는 허용오차, i는 비교대상이 되는 발전기, r은 기준발전기가 된다.

· 약한 결합 이용방법

연관성은 상태행렬 A에 있는 발전기들의 놈(norm)을 비교 해석함으로써 결정된다. 이 방법은 연관 발전기들이 다른 발전기 그룹들과 전기·기계적, 거리면에서 약한 동적 연결을 가지면서 서로는 강하게 동적 연결되도록 그룹핑된다. 발전기들 사이의 결합 팩터 S에 의해 ΔS값이 +,-에 따라 연관 발전기 그룹을 결정한다.

$$\Delta S(m) = S(m) - S(m-1) \qquad (2)$$

· 응답 시간영역 분할방법

이 방법은 계통 상태 행렬의 가장 작은 고유치와 고유벡터의 계산을 필요로 한다. 각 연관 그룹에서 기준 발전기는 가장 독립적인 고유벡터를 갖도록 결정된다. 연관 그룹은 고유벡터 값으로 각 기준 발전기와 나머지 발전기들의 패턴을 비교함으로서 구성되며, 기준 발전기에 가장 근접한 값을 가진 발전기들은 해당 기준 발전기와 그룹화 된다.

· 연관 그룹의 추가 부그룹화

대규모 계통에서는 수많은 동기기와 제어기모델의 특성이 상당히 다르므로 이러한 발전기들을 통합한다는 것은 적당하지 않다. 그리고 DYNRED 프로그램으로 서로 다른 제어기 모델을 등가화하게 되면 전혀 다른 제어기를 만들어내므로 원계통의 특성을 제대로 반영하지 못하게 된다. 따라서 동일 제어기 모델을 갖는 발전기들을 부그룹화하였다.

2.2 발전기/제어기 통합

연관 발전기 그룹의 부그룹이 결정된 후, 하나의 기준 발전기에 대해 나머지 발전기들의 부하와 발전력을 합하여 등가 발전기를 구성하게 된다.

· 발전기 등가화 유도

연관 발전기 그룹의 전력의 합과 등가 발전기 모선 전력이 일치하여야 한다. 따라서 경계모선에서 전력량이 보존되어야한다.

$$S_b = \sum_{k=1}^{m} V_k^* Y_{bk}^* V_b + \sum_{k=m+1}^{n} V_k^* Y_{bk}^* V_b \qquad (3)$$

여기서 b는 경계모선, k는 한 그룹내의 발전기 개수가 된다. 식 (3)의 첫 번째 조건은 경계모선에서 전력의 합이고 두 번째 조건은 연관 그룹의 전력의 합이다. 축약된 계통에서 연관 그룹은 하나의 등가 모선 t로 대치된다.

$$S_b = \sum_{k=1}^{m} V_k^* Y_{bk}^* V_b + V_t^* Y_{bt}^* V_t \qquad (4)$$

여기서 V_t는 등가 모선 전압이 된다.

· 발전기 모델 통합

발전기 모델 통합은 상세 모델과 고전 모델, 두 가지 형태로 통합한다.

발전기 상세모델 통합 : 연관 발전기그룹에서 몇 개의 발전기 또는 모든 발전기가 동일 제어기 모델을 갖는 다면 다음에서 설명될 제어기모델 통합에 의해 등가 제어기들을 가진 발전기 상세모델로 통합된다.

발전기 고전모델 통합 : 고전모델로 등가 발전기를 나타낼 때, 사용자 입력인 제동비 값을 선택한다[1, 8, 9]. 본 논문에서는 DYNRED 상용 프로그램에서 제공되는 제동비 초기 입력 값인 관성 정수의 1.0배값으로 선택하였다. 이 제동비 값은 사용자 입력으로 주어지는 PSS/E의 발전기 고전 모델에 적용하였다. 발전기 고전모델 통합은 제어기가 달려 있지 않은 동기기 고전모델로 통합하였다.

· 제어기 모델 통합

한전 계통에서 실제 적용되고 있는 제어기 모델은 다양한 종류가 있지만 동일 타입인 경우에는 그 파라미터 값들이 거의 같은 값을 가지고 있다. 그러므로 등가 제어기의 전달함수가 여러 제어기들을 합성한 합성 전달함수의 영점, 극점과 같은 값을 가진다면 그 특성을 제대로 반영할 수 있게 된다. 따라서 연관 발전기 부그룹에 있는 동일 제어기들에 대한 제어기 정수의 평균값을 사용하여 하나의 등가 제어기 모델을 나타내었다.

고차의 합성 전달함수는 다음 식 (5)과 같다.

$$\widehat{G_E}(S)=\frac{a_0+a_1S+\cdots+a_mS^m}{b_0+b_1S+\cdots+b_nS^n} \quad (5)$$

여기서 n≥m

저차의 등가 전달함수는 다음 식 (6)과 같다.

$$G_E^*(S)=\frac{c_0+c_1S+\cdots+c_qS^q}{d_0+d_1S+\cdots+d_pS^p} \quad (6)$$

여기서 n≥p≥q

식 (5)는 고차의 합성 전달함수지만 저차의 등가 전달함수로 대치하기 위해서는 식 (6)과 같아야 할 것이다.

$$\widehat{G_E}(S) = G_E^*(S) \quad (7)$$

제어기모델 통합의 예로서 연관 발전기 부그룹의 제어기들 중 여자기모델은 IEEET1, 조속기-터빈모델은 IEEEG1로 가정하였다. 가정에 의해서 여자기와 조속기-터빈모델들의 합성 전달함수와 하나의 등가 전달함수를 보오드선도로 그림 2, 3에 나타내었다.

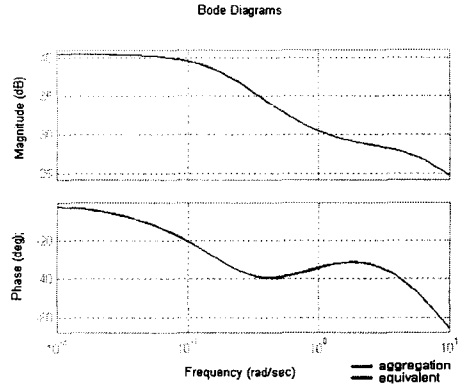

그림 2 여자기모델의 보드선도 비교

Fig. 2 Bode Plot of the Aggregated Exciter model

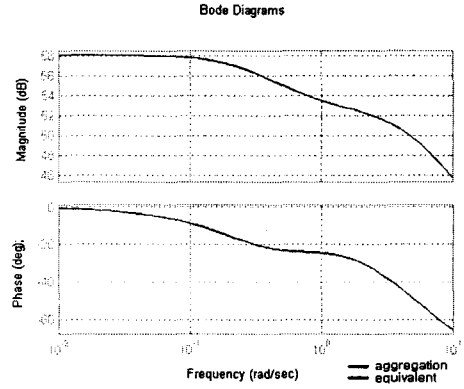

그림 3 조속기-터빈모델의 보드선도 비교

Fig. 3 Bode Plot of the Aggregated Governor-turbine model

2.3 네트워크 축약

네트워크 축약은 조류계산이나 과도 안정도연구에서 더 작고 좀더 편리한 계통을 얻기 위해 광범위하게 사용되고 있다. 그리고 2010년 한전 계통에 대한 네트워크 축약은 154[kV]선로 이하를 축약하는 것으로 수행되었다[6,9].

3. 사례연구

본 논문에서는 대규모 계통인 한전 2010년 계통을 적용하였다. 2010년 대규모 한전 계통의 구성을 살펴보면 발전기는 272기, 모선은 1199모선, 선로는 2572개, 여자기는 10종류, 조속기-터빈 종류는 6가지가된다. 이러한 한전 계통에 세 가지 발전기 연관성 결정방법을 적용하였다. 결정된 연관 발전기그룹을 부그룹화하여 축약된 계통을 구성하였으며 또한 통합해야할 발전기수가 대규모이므로 이로 인해 발생될 복잡한 계산과 시뮬레이션 시간을 줄이기 위해 발전력이 작은 발전기를 추가적으로 축약하여 축약된 계통의 전력조류, 모선 전압과 위상각 및 발전기의 위상각을 비교하였다.

발전기 연관성 결정방법중 선형 시간응답 해석방법은 "L", 약한 결합 이용방법은 "W", 응답 시간영역 분할방법은 "T", 발전기 고전모델 통합은 "C", 상세모델 통합은 "D"로 표시하여 표와 그림에 나타내었다.

다음 표 1은 DYNRED 프로그램을 이용한 세 가지 연관 발전기 그룹핑 결과를 보여준다.

표 1 세 가지 연관 발전기 그룹핑 결과

Table 1 Grouping results

구분	그룹 수	한 그룹 내	
		최대 발전기수	평균 발전기수
L	17	54	14
T	41	18	7
W	55	9	4

표 2는 축약전 · 후 계통의 계통 규모를 나타낸다.

표 2 축약 계통 규모

Table 2 Size of the Reduced Systems

구 분		발전기	축약비율(%)	모선	축약비율(%)
원계통		272	-	1199	-
축약계통	L	60	77.9%	286	76.1%
	W	86	68.8%	312	73.9%
	T	65	76.1%	291	75.7%

세 가지 발전기 연관성 결정방법에 따라 각각 축약 된 계통은 표 2와 같이 발전기와 모선의 축약 비율이 약 70%이상 상당한 비율로 축약되었다. 축약 비율은 축약전 계통의 발전기수 272기, 모선수 1199개를 기준으로 할 때 줄어든 비율

을 나타낸다.

다음은 축약 계통과 원계통과의 발전력과 부하, 손실을 비교하였다.

표 3 축약전 · 후 계통의 발전력, 부하 비교
Table 3 Performance of three method

구분		원계통		축약계통		⊿MW (%)	⊿MVAR (%)
		MW	MVAR	MW	MVAR		
L	발전력	64922	19630	64124	18133	1.2	8.3
	부하	63970	25528	63376	27527	0.9	7.3
W	발전력	64922	19630	64150	19052	1.2	3.0
	부하	63970	25528	63379	27530	0.9	7.3
T	발전력	64922	19630	64133	18802	1.2	4.4
	부하	63970	25528	63377	27528	0.9	7.3

세 가지 연관성 결정방법에 의한 축약계통의 발전력과 부하, 손실을 비교한 결과 거의 모두 원계통을 반영한다고 볼 수 있다. 그 중에서도 약한 결합 이용방법(W)이 무효전력 편차면에서 다른 두 가지 방법보다 원계통의 특성을 좀더 반영하고 있음을 알 수 있다.

3.1 축약계통의 정 특성 비교

한전은 수 백개의 발전기들이 있는데 이 발전기들이 해안을 따라 위치하고 있다. 이들 발전기들은 그 지역의 부하에 전력을 공급하고 있으며 대부분의 부하가 밀집되어 있는 서울 경인 지역에도 전력을 공급하고 있다. 이렇게 부하 밀집 지역인 경인지역으로 원거리에 있는 발전지역에서 고압 송전망을 통해 전력조류가 전달되는 특성이 있는데 이런 고압 송전망을 북상선로라 한다. 이 북상선로는 크게 4개의 선로로 이루어져 있다. 만약 이 중 하나의 선로에 사고가 발생한다면 서울 경인지역에 큰 영향을 미칠 것이므로 동서울 3(2500) 모선과 신원주12(5800)모선을 잇는 선로에 삼상사고를 상정하여 원계통과 축약된 계통의 모선 전압과 위상각, 전력조류값을 비교해 보았다.

표 6은 연관성 결정방법에 따른 축약계통에 대해 동일 모선에 대한 전압, 위상각을 비교하였다.

표 4 축약전 · 후 계통의 모선 전압, 위상각 비교
Table 4 Comparison of Voltages and angles

모선번호			1200	5500	7100
원계통		전압 ∠위상각	1.02 ∠-24.7	1.01 ∠-11.2	0.98 ∠-2.59
축약계통	L	전압 ∠위상각	1.03 ∠-21.8	1.01 ∠-10.0	0.99 ∠-1.81
	W	전압 ∠위상각	1.02 ∠-24.2	1.01 ∠-10.7	0.99 ∠-2.20
	T	전압 ∠위상각	1.02 ∠-24.8	1.01 ∠-11.0	0.99 ∠-3.33

표 4에서 전압의 단위는 pu, 위상각은 degree이다.

표 5는 동일 선로에 대한 전력조류값을 비교하였다.

표 5 축약전 · 후 계통의 전력조류값 비교
Table 5 Comparison of power flows

선로 모선 번호			2400 -2600	4400 -6950	4800 -4900
원계통		MW	375.4	-1337.9	-328.5
		MVAR	-118.7	70.9	35.0
축약계통	L	MW	329.7	-1322.1	-311.0
		MVAR	-129.5	61.8	27.2
	W	MW	373.9	-1335.4	-327.8
		MVAR	-119.4	69.4	34.7
	T	MW	376.5	-1328.1	-323.9
		MVAR	-120.0	67.3	29.0

표 4와 5에서 연관성 결정방법을 이용한 축약계통과 원계통을 비교한 결과 세 가지 방법 모두 원계통과 비슷한 결과를 나타내고 있지만 약한 결합 이용방법이 좀더 원계통과 근접한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 이런 결과만으로 약한 결합 이용방법이 원계통 특성에 가장 근접하다는 것을 나타내지 못한다. 따라서 축약 계통에 대한 과도안정도 해석의 적정성을 검증하기 위해 축약된 등가 계통과 원계통과의 time-domain 시뮬레이션 결과를 비교하였다.

3.2 축약계통의 동 특성 비교

전력 계통에 있어서 발전 설비는 수력, 화력, 원자력 발전소가 그 대부분을 차지하고 있다. 현재는 화력 발전소가 큰 비중을 차지하고 있는데 공해, 환경 오염 등의 문제가 있어 전력 생산을 화력 발전소에만 의존하는 데에는 한계가 있을 것이다. 이를 극복하기 위하여 원자력 발전소가 다음 대의 주역을 이어받기 위해 현재 그 건설이 활발하게 진행되고 있다. 그리고 2015년까지는 계통 전체의 35.1[%]에 달하는 28,950[MW]의 원자력 발전 시설을 확보한다는 장기 계획을 추진 중이다[10]. 따라서 원자력 발전소에 근접한 모선이나

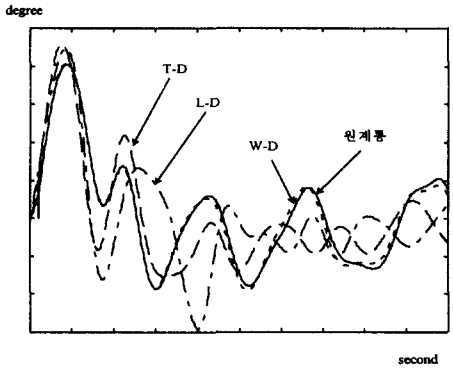

그림 4 상세모델 통합 후 발전기 위상비교
Fig. 4 Comparison of D model

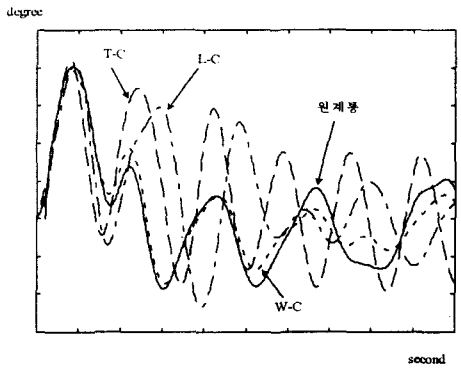

그림 5 고전모델 통합 후 발전기 위상비교
Fig. 5 Comparison of C model

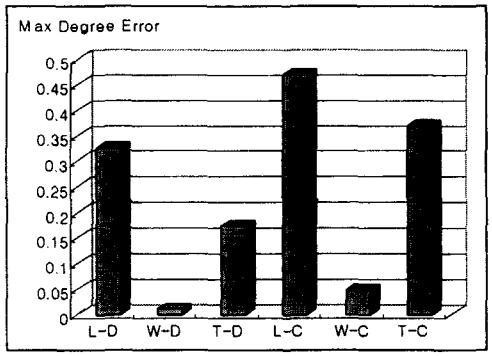

그림 6 발전기 위상각 최대오차 비교
Fig. 6 Comparison of maximum degree error

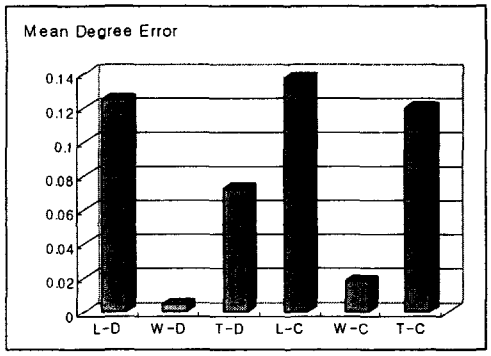

그림 7 발전기 위상각 평균오차 비교
Fig. 7 Comparison of mean degree error

선로에 사고가 날 경우 계통에 큰 피해를 주기 때문에 영광 원자력 발전소에 연결된 영광NP#1(7150)모선과 광산3(7300)모선사이 선로에 0.0초에서 사고를 주고 0.1초에서 사고를 제거하는 삼상사고를 상정하여, 세 가지 연관성 결정 방법에 의해 축약된 계통의 서천-#1G(26821)발전기 동 특성 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 4와 5에서는 원계통에 대해서 발전기 연관성 결정방법과 모델통합에 따른 발전기 모선(26821)의 위상각 비교를 나타내었고 그림 6과 7에서는 원계통에 대한 축약계통 전체 발전기들의 위상각 최대오차와 평균오차를 비교하였다. 여기서 위상각은 상대각(relative degree)으로 하였다. 그림 4~7을 살펴보면 발전기 모델 통합에 상관없이 약한 결합 이용 방법에 의한 축약된 등가 계통이 원계통의 특성을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

2010년 한전 계통 특성은 근접 지역에 대체로 동일한 특성을 나타내는 네 개 정도의 발전기들로 구성되어 있다. 그리고 약한 결합 이용방법은 결합 팩터에 의해 연관 발전기 그룹 수가 결정된다. 식 (2)를 살펴보면 발전기들 상태행렬 A의 놈값을 비교하여 얻은 결합팩터(S)의 변화분에 의해 그 값이 +,-에 따라 발전기의 연관성을 결정하기 때문에 발전기 연관성 결정 민감도가 높다. 따라서 이 방법으로 구성된 연관 발전기 그룹은 표 1에서 볼 수 있듯이 대체로 지역적으로 가까운 작은 수의 발전기들로 그룹핑되는 특징을 가지고 있다. 이것이 근접 지역에 있는 발전기들이 대체로 동일한 특성을 나타내는 2010년 한전 계통의 특성을 적절하게 나타내고 있는 것이 된다.

다음은 동일 상정사고 시 23476 모선 전압에 대한 동 특성 시뮬레이션을 수행하였다.

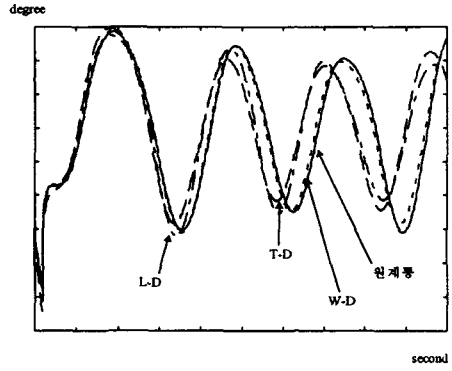

그림 8 상세모델 통합 후 모선 전압비교
Fig. 8 Comparison of D model

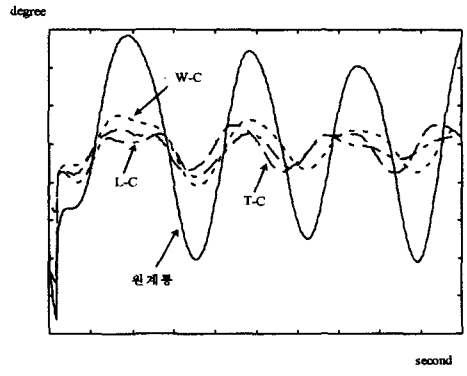

그림 9 고전모델 통합 후 모선 전압비교
Fig. 9 Comparison of C model

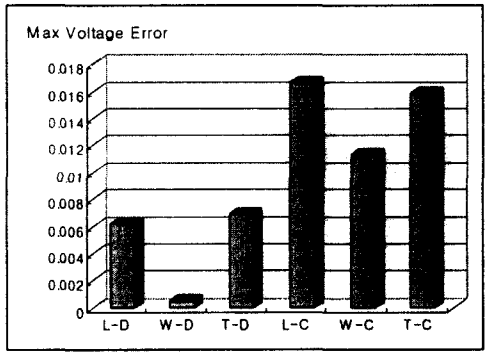

그림 10 모선 전압 최대오차 비교
Fig. 10 Comparison of maximum voltage error

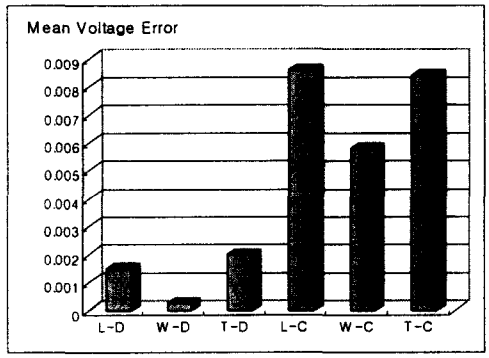

그림 11 모선 전압 평균오차 비교
Fig. 11 Comparison of mean voltage error

그림 8, 9을 비교해 보면 상세모델 통합이 고전모델 통합보다 원계통의 모선전압 변화에 거의 같은 추이로 나타남을 알 수 있다. 그러나 이 결과만으로 상세모델 통합이 더 낳다는 것을 판단 할 수 없으므로 그림 10, 11에 나타난 것처럼 전체 발전기모선에 대한 모선 전압 최대오차 및 평균오차를 비교하였다. 비교 결과 상세모델 통합이 고전모델 통합 보다 원계통의 특성을 잘 반영함을 증명할 수 있었다.

발전기 상세모델 통합이 고전모델 통합보다 원계통에 대해서 오차가 적고 그 특성을 잘 반영하고 있음을 보였다. 그리고 다른 발전기 연관성 결정방법 보다 약한 결합 이용방법에 의한 축약 계통이 원계통과 구분하기 힘들 정도로 거의 똑같은 형태로 변화하고 있음을 살펴보았다. 여기에 좀 더 많은 사례연구를 위해 세 가지 연관성 결정방법에 의해 축약된 계통에 대해서 7가지 상정사고를 고려하여 시뮬레이션 하였고, 거기서 나온 모든 발전기의 위상각과 모선전압의 평균오차를 그림 12, 13에 나타내었다. 이에 대한 결과로써 약한 결합 이용방법과 상세모델 통합이 2010년 한전 계통 축약에 가장 적합한 방법임을 알 수 있었다.

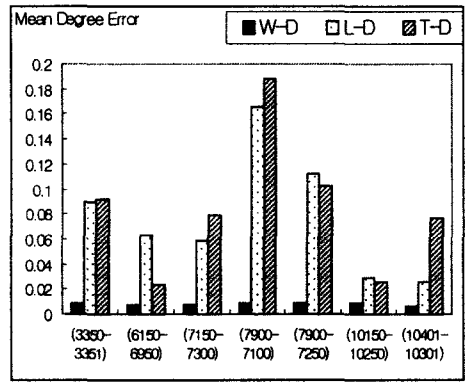

그림 12 발전기 위상각 평균오차 비교
Fig. 12 Comparison of mean degree error

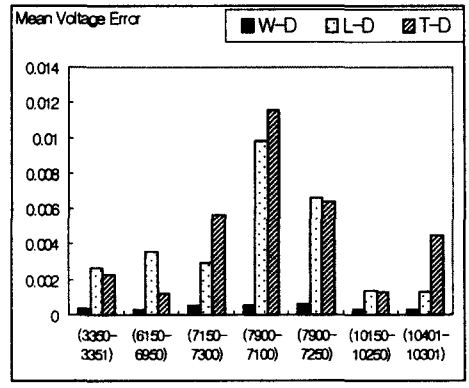

그림 13 모선 전압 평균오차 비교
Fig. 13 Comparison of mean voltage error

4. 결 론

본 논문에서는 연관 발전기 그룹을 바탕으로 동일 타입의 제어기 모델을 가진 발전기들을 부그룹화 하였다. 그리고 하나의 발전기로 등가화될 발전기 모델도 상세모델과 고전모델로 분류하여 서로 조합함으로써 6가지의 축약된 등가계통을 구성하였다. 6가지 축약된 계통과 원계통에 대해 사례연구로서 정특성 및 동특성 비교가 수행되었다. 그 결과 다른 방법들에 비해 발전기 모델은 상세모델, 발전기 연관성 결정방법은 약한 결합 이용방법이 원계통의 특성을 보다 정확하게 반영할 수 있었다.

약한 결합 이용방법이 발전기의 연관성을 결정하는데 그 민감도가 높기 때문에, 근접한 위치에 있는 적은 발전기 수를 포함한 많은 발전기 그룹들을 형성하였다. 또한 2010년 한전 계통도 근접 지역에 있는 발전기들이 대체로 동일한 특성을 나타내므로 이 방법을 적용함으로서 보다 정확한 등가 축약 계통을 구성 할 수 있었다.

따라서 약한 결합 이용방법을 적용한 발전기 상세 모델통합이 2010년 한전 계통축약에 대해 가장 적합한 방법이라고 할 수 있다. 그리고 축약된 등가 계통은 대규모 원계통에 대해 과도안정도, 미소신호안정도, 전압안정도 등의 계통 해석을 보다 신속하면서도 정확하게 수행하는데 있어서 광범

위하게 활용 될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학 공동연구소 지정 경쟁 과제로 수행되었습니다. (과제관리 번호 : 98-010)

참 고 문 헌

[1] W.W. Price, A.W. Hargrave, B.J. Hurysz, J.H. Chow, P.M. Hirsch, "Large-scale System Testing of a Power System Dynamic Equivalencing Program", IEEE Trans., Vol. 13, No. 3, pp. 768-774, August 1998.

[2] Robin Podmore, "Identification of Coherent Generators for Dynamic Equivalents", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-97, No.4, pp. 1344~1354, July/Aug 1978

[3] Ram Nath, S.S Lamba, K.S. Prakasa Rao, "Coherency Based System Decomposition Into Study And External Areas", IEEE Trans., Vol. PAS-104, No.6, pp.1443-1449, June 1985

[4] J.R. Winkelman, J.h. Chow, B.C. Bowler, B.Avramovic, P.V. Kokotovic "An Analysis of Interarea Dynamics of Multi-Machine Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No.2, pp. 754~763, February 1981

[5] 장병훈, "안정도 해석을 위한 대규모 전력계통의 등가 축약모형에 관한 연구", 고려대학교 대학원 박사학위 논문, 1999년 6월.

[6] J.Machowski, A. Cichy, F. Gubina, P. Omahen, "External Subsystem Equivalent Model for Steady-State and Dynamic Security Assessment", IEEE Trans., Vol.3, No.4, pp 1456-1463, Nov 1988

[7] A.J. Germond and R. Podmore, "Dynamic Aggregation of Generating Unit Models", IEEE Trans.Vol.PAS-97,pp.1060-1069,July/August, 1978.

[8] Dynamic Reduction: User's Manual, EPRI, May,1994

[9] PSS/E^{TM}26 Program Application Guide: Volume I

[10] 송길영,"신편 전력계통공학", 동일출판사, 1998년.

저 자 소 개

이 한 민 (李 翰 旼)

1973년 3월 27일 생. 1997년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국철도기술연구원 철도전력연구팀 연구원.

Tel : 031-461-8531, Fax : 031-461-8374

E-mail : hanmin@krri.re.kr

이 병 준 (李 炳 峻)

1961년 7월 16일 생. 1987년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 미국 Iowa State Univ. 전기공학과 졸업(석사), 1994년 동 대학원 졸업(공박). 1994년~1995년 Iowa State Univ. Post Doc. 1995년~1996년 일본 미쯔비시 전기 근무. 현재 고려대학교 전기·전자·전파공학부 부교수.

Tel : 02-3290-3242, Fax : 02-921-1325/0544

E-mail : leeb@elec.korea.ac.kr

권 세 혁 (權 世 爀)

1949년 5월 14일 생. 1974년 서울대 공대 공업교육과(전기전공) 졸업. 1976년 서울대 교육대학원 공업교육과 졸업(석사). 1980년 미국 Iowa State Univ. 졸업(석사), 1984년 미국 Iowa State Univ. 졸업(공박). 현재 고려대학교 전기·전자·전파공학부 교수.

Tel : 02-3290-3220, Fax : 02-921-1325/0544

E-mail : SHKWON@elec.korea.ac.kr

노 규 민 (盧 奎 旼)

1965년 1월 18일 생. 1990년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 충청대학 전기과 조교수

E-mail : kmrho@chch.ac.kr

장 병 훈 (張 秉 勳)

1964년 3월 21일 생. 1989년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.

E-mail : jang7@kepri.re.kr