

MVR모드에서 AVR모드로의 전환에 의한 여자계 모델정수 결정

김동준* 문영환 최경선
한국전기연구소

류승헌 송석하 이흥택
한전전력연구원

Identification of Excitation System Model Parameters from the Test of Switching from MVR Mode to AVR Mode

Dong-Joon Kim Yung-Hwan Moon Kyung-Sun Choi Seung-Heon Ryu Seok-Ha Song Heung-Tack Lee
KERI KEPRI

Abstract - A simulation procedure was developed for identifying Yungnam unit 2 excitation model parameters to improve the accuracy of stability simulation of KEPCO. First, generator model parameters are derived by using modified load rejection technique from measured load rejection test. For identifying excitation model parameters, switch was changed from MVR mode to AVR mode in Yungnam unit 2 excitation system instead of applying to a small step to the voltage reference(V_{ref}) because of saving time and efforts, assuming the test result would show coincided result with applying to a small step to the V_{ref} . However, it was found that the response of switching from MVR to AVR is greatly different from it of applying small signal to the V_{ref} . A simulation procedure was needed to take into accounts of real AVR component status before and after switching from MVR to AVR. This paper reports the procedure which duplicated the measured response and addresses the merits of this test on conventional AVR step test.

1. 서 론

전력계통 안정도 해석의 정확도를 향상시키기 위하여 현장에서 실측된 데이터들 이용하여 모델정수 데이터 베이스를 만드는 것은 최근 많은 전력회사들이 많은 시간과 노력을 투자하고 있는 중요한 작업중 하나이다. 이러한 측정된 데이터로부터 모델정수를 유도하는 것은 과거 안정도해석에 사용된 제작처에서 제공된 모델정수가 실 계통을 재현하는데는 한계가 있음을 드러냈기 때문이다.

발전소에서 측정된 데이터로부터 모델정수를 결정함에 있어서 가장 중요한 모델은 발전기 모델이라 말할 수 있다. 발전기 모델정수가 정확히 결정되지 않는다면 발전기 모델정수를 기본으로 결정되어야 하는 여자기, AVR 그리고 PSS 모델정수도 그릇된 정수값을 갖게 되어 모델정수로서 실효성을 상실하게 된다. 여기서는 수동모드(MVR)에서 자동모드(AVR)로의 전환에 의한 측정 데이터로부터 여자계 모델정수 결정을 위하여 발전기 모델정수를 수정된 부하차단기법을 이용하여 유용한 정수를 유도하고 검증하여 정확한 여자계 정수를 유도할 수 있도록 하였다. 기존의 부하차단법^{[1][2]}이 가지는 약점^{[6][7]}을 극복하는 제안된 수정된 부하차단기법^[2]은 포화를 고려하여 정상상태 정수 X_d 와 X_q 결정할 수 있고 변화하는 계자전압(E_{fd})을 고려하여 계자시정수(T_{do})를 결정 가능토록 한다.

여자계 모델정수 결정을 위하여 기존의 AVR 시스템

협은 무부하 개회로에서 단자전압을 정격 단자전압에 오도록 조정한 후 AVR의 기준신호에 미소신호를 인가하여 단자전압의 응답과 여자계의 응답을 기록하는 것이다. 이 스텝시험법은 오랜동안 모든 전력회사에서 여자계의 응답을 보기 위해서 사용되는 표준시험법이다. 그러나 발전기/제어계 모델정수 유도를 위한 특성시험을 수행할 때 한정된 인력과 제한된 시간내에 특성시험을 끝내야 하는 조건에서 AVR 회로도면에서 기준전압(V_{ref})점을 찾아 실 회로에서 측정점을 확인하여 미소신호를 인가하는 등의 작업은 많은 시간이 들며, 때때로 실 AVR회로 기판에서 기준전압신호 summing 회로에 접근하는 것이 용이하지 않아 미소신호를 인가하는 것이 어려운 경우가 발생하게 된다.

이러한 이유로 AVR 기준전압신호에 미소신호를 인가하는 대신 배전반에서 오퍼레이터가 간단히 여자계의 수동모드(MVR, $E_{fd}=\text{constant}$)와 자동모드(AVR)의 출력값이 다르게 한 후, MVR모드에서 AVR모드로 전환하여 미소신호를 스텝인입하는 효과를 인도록 하는 방법을 사용하게 되었다. MVR에서 AVR로 여자기(excitor)쪽에서 전환에 의하여 스텝 미소신호가 인가될 때의 응답은 AVR 회로의 기준전압신호(V_{ref})점에 미소신호를 인가될 때의 응답과 다소의 차이는 보일지언정 동일한 응답을 보일것이라 예측되었다. 그러나 기존의 V_{ref} 에 미소전압값을 주어 시뮬레이션된 결과로는 MVR에서 AVR로 전환에 의한 응답을 재현할 수 없음을 보였다. 이것은 두 응답이 동일하지 않음을 의미하며, MVR에서 AVR모드로의 전환에 의해서 측정된 데이터로부터 여자계 모델정수를 결정하고 실측된 응답을 재현하기 위해서는 새로운 시뮬레이션 절차가 필요함을 나타낸다.

본 논문에서는 영남화력 2호기를 대상으로 측정된 발전기/제어계 특성시험결과를 이용하여 발전기 모델정수 유도과정을 기술하고, MVR 제어모드에서 AVR 제어모드로의 전환에 의해서 측정된 응답을 재현할 수 있는 시뮬레이션 절차를 제시하였다. 제시된 MVR 제어모드에서 AVR 제어모드로의 전환에 대한 시뮬레이션 절차는 영남화력 2호기의 여자계 모델정수를 결정할 수 있도록 하였으며 측정된 결과를 계산에 의해서 재현도록 하였다. 제시된 시뮬레이션 절차의 유용성을 검증하기 위하여 측정된 결과와 계산된 결과를 비교 검증하였고 또한 기존의 AVR 시스템시험법에 비해서 본 전환방법이 가지는 장점을 기술하였다.

2. 발전기 정수결정

가. 무부하 포화계수

무부하 시험에서 측정된 데이터는 표 1과 같다. 측정된 데이터를 지수함수에 적합(fitting)하여 포화영역을 나타내는 함수를 유도하여 그림 1과 같은 포화곡선을 유도하였다. 그림에서 보는 바와 같이 실측된 측정치에 잘 적합되었음을 알 수 있다.

표 1. 무부하 포화시험 데이터
Table 1. No Load Saturation Data

V _t (kV)	E _{fd} (V-dc)	I _{fd} (A-dc)
10.827	47.443	481.741
14.062	62.032	652.685
16.714	74.975	802.026
20.035	95.275	1028.861
20.507	99.375	1069.791
20.134	103.989	1125.485
21.555	107.652	1164.193
22.024	112.377	1213.776
22.494	117.332	1271.221

무부하 포화곡선으로부터 계자전류의 기준값을 정하면 I_{fdbase} = 968.4024(A-dc)이다. 계자전압도 앞에서와 같은 방법으로 계자전압 기준값을 유도하면 E_{fdbase} = 92.0678(Vdc)이 된다. 상용프로그램인 PSS/E에 입력될 발전기 포화계수는 포화곡선으로부터 계산할 수 있고 이것은 아래와 같다.

$$S(1.0) = \frac{B-A}{A} = \frac{1191.1-968.4024}{968.4024} = 0.1556$$

$$S(1.2) = \frac{B'-A'}{A'} = \frac{1553-1162.1}{1162.1} = 0.3364$$

No Load Saturation Curve for 10066AB Unit 2

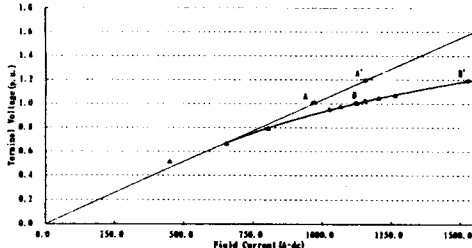


그림 1 영남화력 2호기 무부하 포화곡선
Fig. 1 Yungnam Unit 2 No Load Saturation Curve

나. 기존 부하차단법에 의한 d,q 축 정수유도

1회의 부하차단에 의한 측정값을 이용하여 d,q 축 정수를 유도하였다. 이것은 부하각 측정이 가능하였기 때문이다. 측정된 부하각에 의해서 단자자속(ψ_t = E_t/ω)을 d,q 축 전압으로 변환할 수 있으며 단자전류도 분해

가능 하였다. 부하차단전의 초기값은 아래와 같다.

$$V_t = 21.1663 \text{ kV}, P = 13.960 \text{ MW}, Q = -23.813 \text{ MVAR}$$

$$\text{AVR/OFF}, \delta = 6.37 \text{ degree}$$

부하각은 6.37deg였다. 이 측정된 부하각을 이용하여 d,q 축 전류를 계산하면 아래와 같다.

$$I_t = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{V_t} = 0.11055$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{P}{I_t V_t}\right) = 59.62 \text{ deg. leading}$$

$$I_d = I_t \sin(\delta + \phi) = -0.08858$$

$$I_q = I_t \cos(\delta + \phi) = 0.06614$$

그림 2 단자자속을 그림.3의 부하각으로 q 축 자속을 구하면 그림 4와 같다. 기존의 부하차단기법의로 q 축 정수를 유도하면 아래와 같다.

$$T'_{d0} = 0.923 \text{ (sec)}, T''_{d0} = 0.0224 \text{ (sec)}$$

$$X_d(\text{sat}) = 1.613, X'_d = 0.7226$$

차과도 리액턴스는 X''_d = X''_d이라는 가정하여 그림 2의 단자자속으로부터 계산할 수 있으며 누설리액턴스는 측정할 수 없으므로 아래와 같이 가정하였다.

$$X''_d = X''_d = \psi''_d / I_t = 0.250$$

$$X_1 = 0.15 \text{ (assumed)}$$

아래와 같은 식에 의해서 그림 5와 같은 ψ_d 단자자속을 계산한다.

$$\psi_d = \psi_t \cos \delta$$

그림 5의 단자자속에 대한 과도 시정수 T'_{d0}는 그림 6과 같이 발전기 계자전압(E_{fd})가 크게 변하고 있으므로 E_{fd}가 일정해야 하는 기존의 부하차단 해석법으로 계산할 수 없다. 여기서의 T'_{d0} 결정방법은 아래 절에서 결정한다.

부하차단후 차과도 현상은 매우 빠르기 때문에, 변화하는 E_{fd}가 차과도 시정수 T''_{d0}와 X''_d에 큰 영향을 미치지 않는다고 가정하면, 그림 5에서(10초까지의 단자자속으로부터) 긴 시정수 τ'_{d0}와 짧은 시정수 τ''_{d0} 그리고 X''_d는 아래와 같다.

$$\tau'_{d0} = 30.71 \text{ (sec)}, T''_{d0} \approx \tau''_{d0} = 0.0568 \text{ (sec)}$$

$$X''_d = 0.344$$

X_d는 그림 7로부터 간단히 계산할 수 있다. 발전기 모델 "GENROU"에서 부하차단시 차과도상태가 사라진후 발전기 여자전류의 응답은 다음과 같은 고정자전류 I_d의 변화량에 직접 비례적인 관계가 있음을 유도할 수 있다.

$$\Delta X_{ad} I_{fd} \text{ (p.u.)} = (X_d - X'_d) \Delta I_d$$

따라서 그림 7로부터 계자전류변화량 ΔX_{ad}I_{fd}를 취하여 계산하면

$$\Delta X_{ad} I_{fd} \text{ (p.u.)} = \frac{\Delta X_{ad} I_{fd}}{I_{fdbase}} = \frac{(953.0 - 833.68)}{968.40} = 0.1232$$

$$X_d - X'_d = \frac{0.1232}{0.08858} = 1.39, X_d(\text{sat}) = 1.72$$

정확한 정상상태 정수 X_d(unsat)와 X_d(unsat)는 부하 시험(Vcurve test)시 측정된 정상상태 데이터로부터 최적화기법을 사용하여 결정하였다. 여기서 유도된 X_d(sat)와 X_d(sat)는 아래 절에서 정확한 정수를 결정하기 위한 최적화 기법의 초기값으로 사용된다.

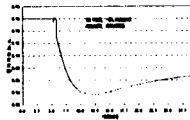


그림 2 ψ_t 변화
Fig. 2 terminal flux

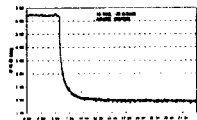


그림 3 부하각 δ
Fig. 3 rotor angle

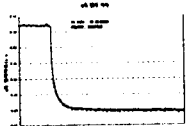


그림 4 ψ_d = ψ_t sin δ
Fig. 4 q-axis flux

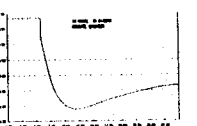


그림 5 ψ_d = ψ_t cos δ
Fig. 5 d-axis flux

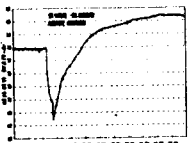


그림 6 계자전류 E_{fd}
Fig. 6 Field Voltage E_{fd}

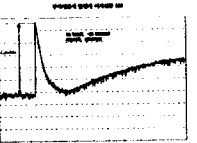


그림 7 여자전류 I_{fd}
Fig. 7 Field Current I_{fd}

다. 수정된 방법에 의한 X_d, X_d 정수결정

기존의 부하차단법에 의한 정수유도에서는 부하곡선(Vcurve test)시험에서 측정된 데이터를 새롭게 정상상태 정수를 결정하는데 사용하는 대신, 유도된 정상상태 정수를 검증하는데 사용되었다. 그러나 저출력(부하차단)에서 유도된 X_d 와 X_q 는 출력이 증가하면 갈수록 오차가 커지게 된다. 이러한 점을 고려하여 여기서는 측정된 부하곡선 데이터로부터 전 영역에서의 출력변화와 무효전력변화에 대한 정상상태 오차가 최소로 되는 값으로 X_d 와 X_q 가 수립되도록 하였다. 즉 앞에서 유도된 X_d 와 X_q 를 초기값으로 하여, 부하곡선시험에서 측정된 계자전류와 부하각과 그리고 모의된 계자전류와 부하각 값들과의 오차가 최소로 되게 하는 정수로 결정토록 하는 것이다⁴⁾. 여기서 사용된 발전기 모델은 PSS/E의 GENROU 모델이며 이 모델의 코드를 사용하여 포화를 고려하여 최적화 하였다. 이와같이 해서 결정된 정수는 아래와 같다.

$$X_d = 1.995 \quad X_q = 1.41$$

표 2는 결정된 정상상태 정수에 의해서 계산된 부하각과 계자전류 그리고 측정치와의 오차를 보여주고 있다. 계자전류의 오차는 부하차단전의 저출력에서 가장 크고 그외에는 일정함을 보여준다. 또 과거자시보다 큰 오차를 보여주고 있어 정상상태 리액턴스변화가 큼을 나타내고 있다. 오차제곱합(2-norm)에 의한 평균 %오차는 0.716%로 오차가 아주 작음을 알 수 있고 부하각 오차는 오차제곱합에 의한 평균값은 1.479°(degree)이다. % 오차 계산식은 아래와 같다. 계자전류 기준값은 무부하 포화곡선에서 계산된 $I_{fbase}=968.4024(A-dc)$ 이다.

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Measured Value} - \text{Calculated Value}}{\text{Measured Value}} \times 100$$

표 2 영남 2 호기 발전기 정상상태 정수검증, 21kV_{base}, 260MVA_{base}

Table 2 Yungnam Unit 2 Steady-State Parameter Verification									
Vt(kV)	P (MW)	Q (MVAR)	측정된 $I_{fd}(A-dc)$	계산된 $I_{fd}(A-dc)$	% error	측정된 부하각	계산된 부하각	error (degree)	
20.166	13.960	-23.813	837.72	850.059	-1.472	6.403	5.112	1.291	
21.654	99.725	99.661	2160.052	2136.736	1.079	15.846	17.120	-1.364	
21.496	99.220	80.209	1974.225	1973.320	0.045	17.788	18.376	-0.588	
21.304	99.510	62.084	1813.024	1822.127	-0.502	19.937	19.935	0.002	
21.068	99.380	38.859	1614.530	1630.322	-0.978	22.926	22.189	0.737	
20.873	98.971	20.945	1472.771	1483.558	-0.732	25.602	24.238	1.364	
20.661	99.397	-0.293	1316.725	1319.354	-0.199	29.407	27.342	2.065	
20.438	99.686	-19.352	1186.773	1177.217	0.805	33.603	30.844	2.759	
21.644	150.034	101.250	2335.413	2306.907	1.220	22.589	24.732	-2.143	
21.440	149.977	80.417	2150.760	2145.348	0.251	25.257	26.713	-1.456	
21.233	150.484	60.031	1986.324	1993.324	-0.352	28.313	29.049	-0.736	
20.963	149.876	36.436	1805.283	1817.711	-0.688	32.109	32.083	0.026	
20.751	149.797	18.340	1682.557	1690.927	-0.497	35.477	34.900	0.577	
20.506	149.216	-3.993	1539.955	1542.389	-0.158	39.957	38.844	1.113	
20.392	150.390	-11.136	1505.053	1505.113	-0.004	41.964	40.645	1.319	
21.343	199.703	96.611	2497.123	2473.703	-0.937	29.390	32.462	-3.072	
21.000	199.664	65.490	2254.123	2260.538	-0.277	34.266	36.281	-2.015	
20.670	199.763	35.266	2055.576	2070.146	-0.708	39.609	40.757	-1.148	
20.460	199.464	13.826	1934.313	1945.394	-0.572	43.778	44.349	-0.571	
20.360	199.958	1.088	1871.343	1881.288	-0.531	46.382	46.734	-0.352	

$$\sum (\% |I_{fd} \text{ error}|) = 10.2646, \text{ 평균 계자전류 \% error} = 0.7164\%$$

$$\sum (\delta_{\text{measured}} - \delta_{\text{calculated}})^2 = 43.749, \text{ 평균 부하각 편차} = 1.479^\circ$$

라. 수정된 방법에 의한 T'_{do} 결정 및 발전기정수 검증

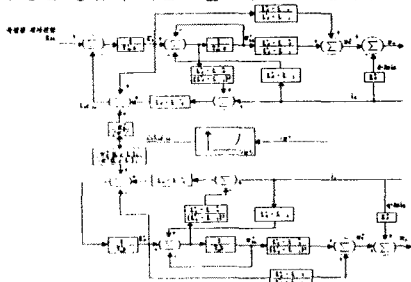


그림 8 발전기 모델 GENROU
Fig. 8 Generator Model GENROU

발전기 모델 GENROU의 모델의 입력 E_{fd} 에 그림 7의 측정된 계자전압값을 시간에 따라 강제입력하여 T'_{do} 를 시행착오에 의해서 결정하였다. T'_{do} 와 규준화하기 위한 계자전압, 계자전류 기준값은 아래와 같다.

$$T'_{do} = 5.7 \text{ sec}, E_{fbase} = 90.5 \text{ (V-dc)}, I_{fbase} = 968.4024 \text{ (A-dc)}$$

결정된 정수의 유용성을 확인하기 위하여 측정값과 계산된 값을 비교하였다. 그림 9은 측정된 단자전압과 계산된 단자전압을 비교한 것이고 그림 10은 측정된 계자전류와 계산된 계자전류를 비교한 것이다. 입력값으로 사용된 측정된 E_{fd} 는 E_{fbase} 값으로 나누어 단위값으로 입력되나 E_{fbase} 값은 발전기계자저항의 변화에 따라 영향을 받으므로 부하시와 무부하시의 E_{fbase} 값은 다소 변화한다. 그림 9의 측정된 계자전류와 계산된 계자전류의 초기치 차이는 앞에서 결정한 X_d 와 X_q 에 의한 것이며 이 오차는 앞에서 검증한 표 2의 결과와 동일하다.

그림 12는 측정된 d 축 단자전압과 계산된 값을 비교한 것이고 그림 11은 q 축 전압을 비교한 것이다. 초기값이 다소 틀린 이유는 X_q 가 비교적 부하가 많이 걸린 측정된 정상상태 값에 맞도록 튜닝되었기 때문이고, 부하차단후 측정된 차라도 전압과 계산된 값과의 차이는 $X''_q = X'_q$ 가 같다는 가정하에서 정수를 유도하였기 때문이다. 보통 차과도 리액턴스는 $X''_q > X'_q$ 인 관계가 있으며 실제 X''_q 는 결정된 0.25보다 크다.

표 3 최종 결정된 발전기 정수값

Table 3 Determined Generator Parameters

정수	계산치 값	결정된 값	비고
T'_{do}	5.2	5.7	
T''_{do}	-	0.0568	
T'''_{do}	0.15	0.923	
T''_{do}	-	0.0224	
H	4.05	3.98	
D	0	0	
X_d	0.724	1.995	
X_q	0.688	1.410	
X'_d	0.262	0.344	
X'_q	0.124	0.722	
$X''_d = X''_q$	0.0972	0.250	
X_1	0.119	0.150	
S(1.0)	0.136	0.1556	
S(1.2)	0.470	0.3364	

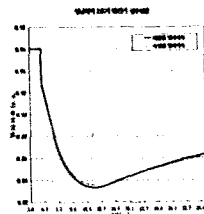


그림 9 단자전압의 비교

Fig. 9 Comparison of Vt

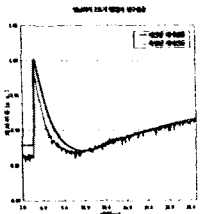


그림 10 계자전류의 비교

Fig. 10 Comparison of Ifd

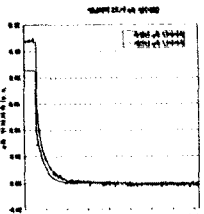


그림 11 q 축 단자자속의 비교
Fig. 11 Comparison of q-axis Flux

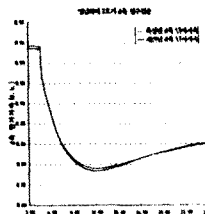


그림 12 d 축 단자자속의 비교
Fig. 12 Comparison of d-axis Flux

3. 강제절환에 의한 여자기 정수 결정

MVR 제어모드에서 AVR 제어모드로의 절환은 미소 신호입력을 AVR의 기준전압 (V_{ref})이 아닌 그림 13의 Vr 단자에서 입력신호가 인가된다고 생각할 수 있다.

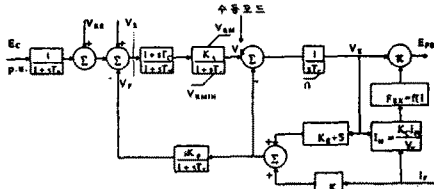


그림 13 AVR/여자기 모델 EXAC1
Fig. 13 AVR/Excitor Model EXAC1

이 절환방법에 대한 실 여자시스템의 응답을 고려하여 정수를 튜닝 결정하는 방법은 아래와 같다.

단계 1. 무부하인 개회로 정상상태에서 단자전압을 자동모드(AVR mode)에서 수동모드(MVR mode)로 절환하는 것을 모의한다. 시뮬레이션에서는 튜닝될 정수들의 초기값을 설정한다. 그리고 튜닝할 수 없는 값들은 대표값으로 설정하거나 가정한 후, 두개의 여자전압 변수값을 만들어 $E_{f(avr)} = E_{f(mvr)}$ 로 설정한다.

단계 2. 수동모드에서 원하는 값으로 단자전압을 낮추는 과정을 모의하고 이때의 AVR 회로내의 소자값들에 맞게 상태변수를 초기화 한다 AVR 회로내에 입력되는 단자전압(V_t)과 기준전압신호(V_{ref})가 이때는 서로 다른 값을 갖게 되어 AVR 회로의 출력 신호 V_R 은 최대 제한값(V_{RMAX})으로 설정된다고 가정할 수 있다.

단계 3. 수동모드(MVR)에서 자동모드(AVR)로의 절환을 시뮬레이션한다. 절환시를 모의할때는 AVR 회로를 폐회로로 구성하여 수동모드의 여자전압(E_{fd})을 자동모드값으로 대체하여 계산한다.

단계 4. 측정된 결과와 모의된 결과와 양호하면 튜닝 작업을 끝낸다. 그렇지 않은 경우 측정된 결과와 모의된 결과를 비교하여 적절한 정수들을 조정하여 튜닝한다. 그리고 다시 단계 1로 올라가 재 계산하여 만족한 결과가 나올때까지 반복한다.

측정된 결과를 재현하는데 중요한 역할을 하는 정수는 V_{RMAX} 이다. 초기 응답은 정수 V_{RMAX} 의 값에 따라 계산된 값이 크게 영향을 받는다. 튜닝된 정수와 대표값으로 설정된 정수들은 문헌[1]의 튜닝법에 따라 결정되었으며 표 4는 결정된 정수를 보여주고 있다. 그림 14는 결정된 정수를 이용하여, 측정된 단자자속과 계산된 단자자속을 보여주며 잘 일치함을 알 수 있고, 그림 15는 이때의 여자전압을 비교 검증한 것이다.

이 절환시험법은 기존 전압기준신호에 미소신호를 인가하는 방법에 비해 간단하고 시간과 노력이 훨씬 절약되며 전체적인 발전기/제어계 특성시험 시간을 줄일 수 있다. 또한 기존시험법에서 측정할 수 없는 AVR의 최대전압값을 튜닝 유도할 수 있는 장점이 있고 이 AVR 최대전압값은 여자가가 정지형인 경우 바로 ceiling 전압으로 나타나므로 매우 유용한 여자기 정수를 결정할 수 있다.

표 4 EXAC1 모델 정수
Table 4 Determined EXAC1 Model Parameters

정수	결정된 값	비고
T_R	0	*대표값
T_B	2.7	
T_C	0.4	
K_A	*400	**가정값
T_A	*0.01	
V_{RMAX}	5.7	
V_{RMIN}	-5.7	
T_E	0.5	

K_F	0.029	
T_F	0.3	
K_C	*0.2	
K_D	*0.38	
K_E	1	
E_1	**3.0	
$S_E(E_1)$	**0.03	
E_2	**4.5	
$S_E(E_2)$	**0.8	

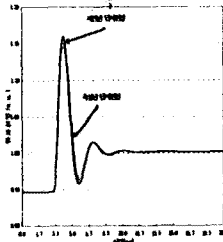


그림 14 V_t 비교
Fig. 14 Comparison of V_t

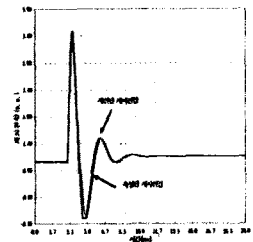


그림 15 E_{fd} 의 비교
Fig. 15 Comparison of E_{fd}

4. 결론

본 논문에서는 영남화력 2호기를 대상으로 측정된 발전기/제어계 특성시험결과를 이용하여 발전기 모델 정수 유도과정을 기술하고, MVR 제어모드에서 AVR 제어모드로의 절환에 의해서 측정된 응답을 재현할 수 있는 시뮬레이션 절차를 제시하였다. MVR 제어모드에서 AVR 제어모드로의 절환에 대한 제시된 시뮬레이션 절차는 영남화력 2호기의 여자계 모델정수를 결정하도록 하였으며 계산된 결과와 측정된 결과를 비교 검증하여 그 유용성을 확인하였다.

마지막으로, 앞에서 기술된 절환방법에 의해서 측정된 결과는 비선형 특성을 가지므로 계동 엔진니어가 시뮬레이션으로 측정된 결과를 재현하는데 많은 시간이 들고 모델정수를 정확히 결정할 수 없는 개인성이 다분히 가지고 있으므로 여자계 정수결정을 위한 시험은 전체적인 특성시험의 소비시간, 인력, 시스템 보호 측면의 경제조건하에서 허용된다면 제시된 절환방법에 의한 AVR 시험뿐만 아니라 기존의 AVR 스텝시험도 병행하도록 하는 것이 좋을 것 같다.

5. 참고문헌

- [1] F.P. de Mello, J.R. Ribeiro, "Derivation of Synchronous Machine Parameters from Tests", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-96, No.4, July/August 1977
- [2] 김동준, 문영환, 추진부, 류승현, "정형 양수 발전기/여자계 정수결정 및 계동안정화장치의 영향", 1996년 춘계전력계통연구회
- [3] 문영환, 정기철, 추진부, 류승현, "동기발전기 및 제어계 모델링을 위한 특성시험방법고찰", '94 춘계 전력계통연구회
- [4] F.P. de Mello, L.N. Hannett, "Representation of Saturation in Synchronous Machines", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWR5-1, No-4, November 1986, pp. 8-18
- [5] HATHAWAY CORPORATION, "Operation Manual for Dynamic System Monitor"
- [6] P. Kundur, "Power System Stability and Control", 1994, McGraw-Hill, Inc.
- [7] IEEE Std 421.5-1992, "IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies".
- [8] R. Koessler, "Techniques for Tuning Excitation System Parameters", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol EC-3, No. 4, December 1988.
- [9] "전력계통 안정도 해석용 발전기 제어계 모델 결정에 관한 연구", 최종보고서 1996.10, 한국전력공사, 한국전기연구소
- [10] "안정도 해석을 위한 동기계 모델링 지침", 1991 IEEE 규격
- [11] "PSS/E Power System Simulator Program - Application Manual", Power Technologies Inc., 1987