

시뮬레이터 탑재형 디지털 여자시스템 기능검증 시험에 관한 연구

류호선*, 신만수*, 이주현*, 임익현*
한국전력연구원*

A Study of Function Verification of Digital Excitation System with Real Time Simulator

Ho-Seon Ryu*, Man-Su Shin*, Joo-Hyun Lee*, Ick-Hun Lim*
Korea Electric Power Research Institute*

Abstract - We released new triple redundant digital excitation system with real time generator-turbine simulator. One of its great merits is the real time generator-turbine simulator when it was compared with the other products. If excitation system is tripped by unexpected faults, Maintenance man can do easily performance test of digital excitation control board, sequence relay and thyristor switching device of phase controlled rectifier without manufacturer's support. For the verification of this system, It was tested with an actual excitation system implemented on 5kVA M-G Set. After finishing the tests, the trial product will be installed and operated at a 500MW thermal power plant.

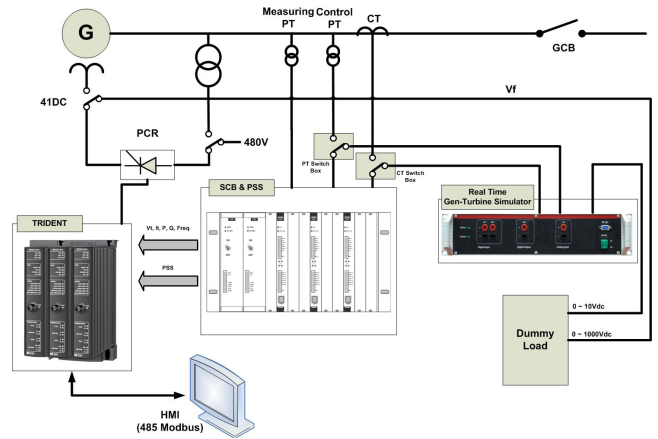
1. 서 론

대형 발전기용 여자시스템은 기능의 다양화와 신뢰성 때문에 삼중화 제어가 주로 사용되고 있다. 특히 삼중화 제어기는 DCS와 PLC의 중간 형태를 가진 것이 많이 사용되고 있는데 C 프로그램 형태가 아닌 기능블럭형의 프로그램이 코딩되어 있다. 이런 형태의 제어기는 고속제어를 필요로 하는 곳에 사용될 수 없고, 10ms이상의 제어시간을 갖는 시스템에 주로 적용되고 있다. 여자시스템은 통상적으로 제어특성을 확실하게 유지하기 위해서는 555us 주기를 갖는 제어를 적용하면 되는데, 현실적으로 너무 고속이기 때문에 신호처리 보드와 주제어기를 따로 설치하여 시스템 속도를 향상 시키고 있다. 여자시스템 구성상 여러 제어기와 신호처리 보드 그리고 위상제어 정류기를 한번에 시험하기 곤란하여 최근에 시뮬레이터 탑재형 여자시스템을 개발하였다. 시스템은 고속의 신호처리 보드와 저속의 삼중화 제어기 그리고 싸이리스터 점화신호까지 측정이 가능하도록 설계되었다. 시스템은 현재 제작이 완료되어 시험중에 있고 500MW 표준 석탄화력 발전소에 적용될 예정이다. 본 논문에서는 현장 적용전에 시뮬레이터 시험과 5kVA M-G set에서의 시험 실시 결과를 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이터 탑재형 여자시스템 구성

<그림 1>은 제작 완료된 시뮬레이터 탑재형 디지털 여자시스템의 구성도를 나타내고 있다. 주제어기는 인벤시사의 삼중화 제어기를 사용하였으며, 삼중화 신호처리 보드가 추가로 제작 되었다. 삼중화 신호처리 보드에는 고속의 신호처리 연산과 전력계통안정화 장치의 프로그램이 내장되어 있다. 시스템 구성상 4개의 스위치 동작으로 정상운전과 시뮬레이터 운전으로 전환될 수 있게 설계 되었다. 시뮬레이터 동작시에는 위상제어 정류기의 건전성도 시험하기 위하여 정류기 입력단에 480V를 연결하여야 하며, 정류기 출력단에 가부하 장치가 연결되어 싸이리스터가 도통되어 운전되는데 이상이 없게 하였다. 시뮬레이터는 가부하 장치의 전압을 마치 계자 전압인 것처럼 인식하게 되어 있으며, 시뮬레이터 출력 PT, CT 삼상전원은 다시 삼중화 신호 처리보드로 입력되게 스위치를 설치 하였다. 시스템 특성상 정상 운전시에는 4개의 스위치를 사전 조작하는 번거로움은 있지만, 여자시스템 고장시 누구나 쉽게 시스템에 접근하여 고장부위를 찾을 수 있는 장점을 갖고 있다. 모든 시뮬레이터 조작은 개인용 PC에서 가능하도록 하였다. 시뮬레이터에는 크게 발전기, 터빈 그리고 전력계통이 모델링이 되어 있다. 각 발전기, 터빈 그리고 전력계통의 상수값은 전력계통에 대한 지식을 갖고 있는 사람이면, 누구나 수정 가능하도록 설계 되었다. 특히 대형 발전소의 각종 발전기, 터빈, 전력계통 상수값은 제작사에서 제공하고 있으므로 사전 지식이 없더라도 입력 데이터를 발전소와 동일하게 할 수 있다. 가부하 장치는 발전기 계자 권선과 흡사하게 하기 위하여 저항과 리액터로 구성하였으며, 사전 셋팅이 가능하도록 하였다.



<그림 1> 시뮬레이터 탑재형 발전기 여자시스템 구성도

2.2 시뮬레이터 시험 결과

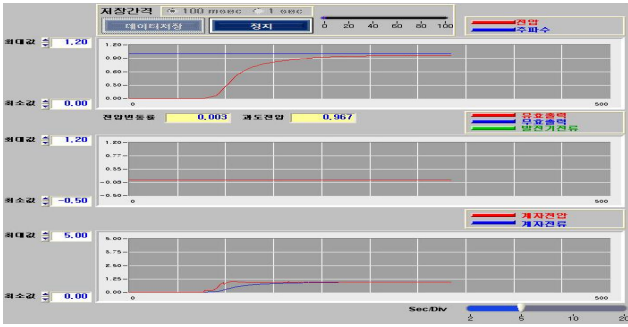
개발된 시뮬레이터 탑재형 여자시스템은 시험실에서 철저한 기능시험을 실시하였다. <표 1>과 <표 2>는 향후 현장에 적용 예정인 대상발전소의 발전기 정수들이다. 이 정수들은 시뮬레이터 시험을 위하여 시뮬레이터에 입력되었으며, 터빈과 계통정수는 별도로 입력 되었다. <그림 2>~<그림 4>는 시뮬레이터를 이용한 삼중화 여자시스템 시험 결과이다. 현장 시험과 동일하게 발전기 초기 확립 및 정지시험이 실시되었다. 또한 모의 계통연계 운전이 되어서 계통 운전시 응답특성을 알기 위하여 스텝시험이 실시 되었으며, 튜닝 결과 값은 실제 시스템 적용시 초기 값으로 설정되어 시운전할 계획이다.

<표 1> 시뮬레이터에 사용된 500MW급 발전기 스펙 1

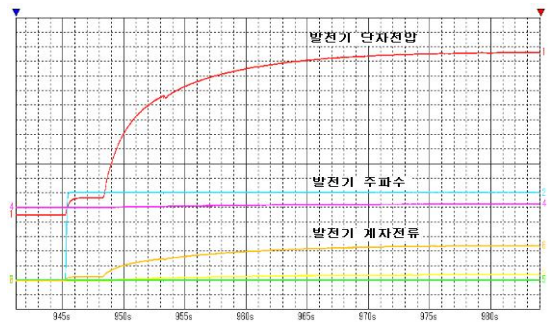
NO	Description	Value
1	Rated Power	612 MVA
2	Rated Terminal Voltage	22 kV
3	Rated Frequency	60Hz / 3600rpm
4	Rated IFFL	5,224 A
5	Rated IFNL	2,248 A

<표 2> 시뮬레이터에 사용된 500MW급 발전기 정수 스펙 2

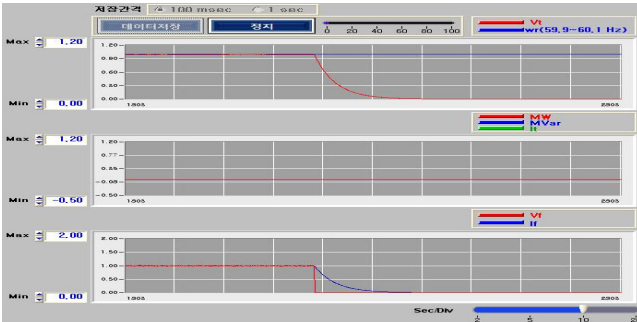
NO	Description	Value(P.U.)
1	T'do	7.500
2	T''do	0.048
3	T'qo	0.915
4	T''qo	0.050
5	H	5.620
6	Xd	2.199
7	Xq	1.597
8	X'd	0.257
9	X'q	0.393
10	X''d = X''q	0.228
11	Xl	0.142



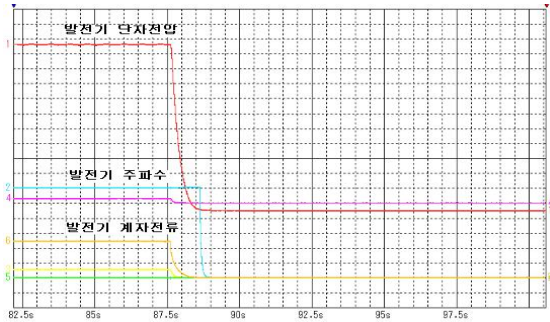
〈그림 2〉 시뮬레이터를 이용한 발전기 초기 전압 확립 파형



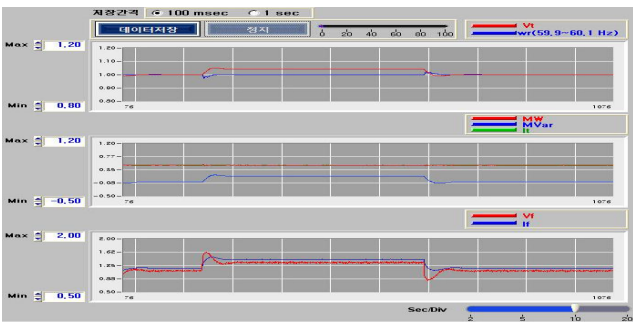
〈그림 5〉 5KVA M-G Set를 이용한 발전기 전압확립 파형



〈그림 3〉 시뮬레이터를 이용한 발전기 여자시스템 정지시 전압 파형



〈그림 6〉 5KVA M-G Set를 이용한 발전기 여자시스템 정지시 전압 파형



〈그림 4〉 시뮬레이터를 이용한 계통연계 운전시 발전기 스텝시험 파형



〈그림 7〉 시뮬레이터 탑재형 여자시스템 판넬 사진

2.3 5KVA M-G Set 시험 결과

시뮬레이터 시험 후 5kVA 발전-전동기 세트에서 시험이 실시 되었다. 회전형 발전-전동기 세트에서 시험이 실시 되었으며, 배전 상용 계통에 연결하기 위하여 220V 동기 발전기가 사용 되었다. 상세한 발전기 정수는 <표 3>에 나타나 있다. 220V 상용계통과 연결되므로 전압 변동이 심하였으나, 튜닝후 안정적인 시험 운전이 완료 되었다. <그림 5>는 발전기 초기 전압 확립 파형을 보이고 있으며, <그림 6>은 여자시스템 정지시의 파형을 나타내고 있다.

〈표 3〉 M-G Set 사용된 발전기 스펙

NO	Description	Value
1	Rated Power	5kVA
2	Rated Terminal Voltage	220V
3	Rated Frequency	60Hz / 3600rpm
4	Rated VFFL, IFFL	24.3V, 8.1A
5	Rated VFNL, IFNL	12.6V, 4.9A
6	T'do	466ms

<그림 7>은 제작된 시뮬레이터 탑재형 여자시스템 사진이다. 판넬의 맨 위쪽에는 시뮬레이터 위치하고 있으며, 그 밑에 삼중화 신호처리 보드가 장착되어 있다. 아래쪽에는 삼중화 주제어기 및 각종 IO 보드들과 현장신호 선들이 연결되어 있다. 시뮬레이터, 신호처리보드, 삼중화 주제어기의 모든 상수값은 전면 판넬의 TOP 및 개인용 PC를 통하여 수정이 가능하도록 설계 되어 있다.

3. 결 론

개발된 시뮬레이터 탑재형 여자시스템은 현장 설치된 시험실에서 기능시험을 실시하였다. 시뮬레이터 및 발전 전동기에서 시험을 실시하였으며, 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 특히 시뮬레이터의 각종 파라미터는 현장의 발전소와 매우 흡사하므로 향후 현장 설치후 시운시의 초기 파라미터 튜닝값으로 사용되므로 시운시의 실수를 상당량 줄일 수 있으며, 시운전 시간도 감소 시킬 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Guide for Identification, Testing and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control System, IEEE Standard 421-1990
- [2] P. Kundur, "Power System Stability and Control", McGraw-Hill Inc., 1994.
- [3] Seung-Il Moon etc, "Development of a new on-line Synchronous Generator using Personal Computer for Excitation System Studies" IEEE Trans on PAS, Aug 1998.