

가스터빈 시송전 발전기 여자시스템에 관한 연구

류호선*, 임익현*
한국전력연구원*

A Study of Generator Excitation System for first Power Supply to grid line

Ho-Seon Ryu*, Ick-Hun Lim*
Korea Electric Power Research Institute*

Abstract - We performed commissioning of redundant digital excitation system for gas turbine generator. One of its issues is first power supply test to grid line when it was compared with the other commissioning. If blackout will be happened, a few of start power plants must supply power to grid line. And then generator must increase voltage and real power slowly for line charge. The trial product was installed and successfully operated at a 100MW power plant after commissioning.

로그 신호는 트렌드 화면에 나타나도록 하여 각종 파형들을 비교분석할 수 있게 하였다.

1. 서 론

국내 중소형 발전소의 발전기 전압제어를 위한 디지털 여자시스템은 신뢰성 때문에 단일 제어기 보다는 이중화 제어기가 주로 채택되어 운전되고 있다. 국내에서 개발된 이중화 제어기는 현재 20여곳 이상의 발전소에서 운전중에 있으며, 확대 적용 추세에 있다. 최근에 적용된 B 발전소도 그중 하나이다. 국내 수도권 지역에 있는 중요 B 발전소는 다른 발전기 여자시스템과 다른 하나의 특성을 요구하였다. 국내 전력계통 상 실시시 시송전 모드로 운전되어야 하는 중요 기능이 제어 블럭 내에 추가 되었다. 통상 시송전 발전소는 수력 또는 양수발전소가 주류를 이루고 있는데 수도권 전력망의 안전성을 위하여 몇 개의 가스터빈 발전소를 선전하여 시송전 발전소로 운영중에 있다. 통상 시송전 발전소는 1년에 1번정도 시송전 시험을 실시하고 있다. 시송전 시의 발전기 여자시스템은 발전기 단자전압을 정상상태와는 다른 운전을 실시하게 된다. 즉 계통의 시송전을 위하여 발전기 전압을 서서히 상승시키고, 발전기 무효전력의 추이를 확인하면서 발전기 전압을 제어하게 된다. 오래된 시스템은 운전원이 수동으로 동작하게 되어 있는데 최근 자동화 추세에 따라서 운전원의 조작이 거의 필요 없게 되었다. B 발전소의 가스터빈 발전기에 적용된 이중화 디지털 여자시스템은 위 조건을 모두 만족하게 시운전이 완료되었으며, 현재 상운전 중에 있다.

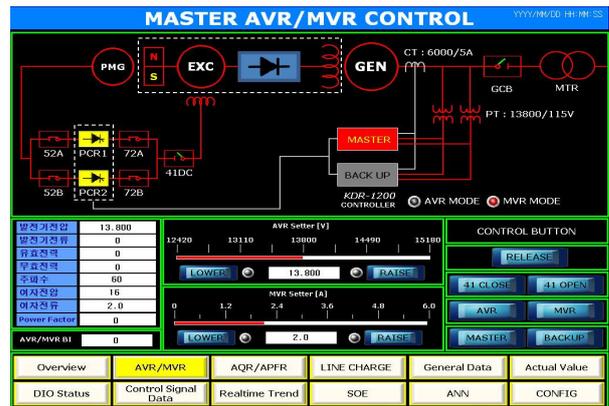
2. 본 론

2.1 가스터빈 이중화 디지털 여자시스템의 구성

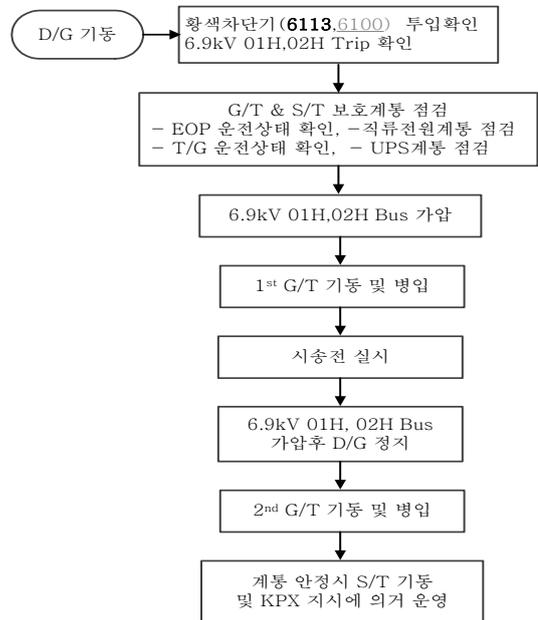
<그림 1>은 제작 완료된 이중화 디지털 여자시스템의 구성도를 나타내고 있다. 마스터와 백업으로 이루어진 제어기는 정상 운전시에는 마스터 제어기로 운전하고 있으며, 모든 제어 데이터는 백업 제어기가 통신을 통하여 전송받고, 제어 변수들은 시차들 두고 추종하고 있다. 초기 시송전 발전소의 특성상 가스터빈이 승속하여 정격속도에 도달하면, 영구자석형 발전기(PMG)는 전압이 발생하게 되는데 B 발전소 가스터빈 발전기의 경우 480Hz, 290V 단상전압이 발생하였다. 발전기 여자시스템의 신뢰도를 향상하기 위하여 단상 위상제어 정류기는 이중화로 설계되어 병렬로 연결되었으며, 각각의 정류기 이상발생시 제어기가 판단하여 차단기를 오픈할 수 있게 설계 되었다. 최종 계자 전원은 계자 차단기를 통하여 공급하게 되는데, 공급된 전원은 다시 AC 여자를 통하여 증폭되고 AC 여자기 측내에 회전형 삼상 다이오드가 설치되어 있어서 브리시레스 방식으로 전원을 최종 발전기 계자에 공급하게 된다. 290V 전압이 정격 41V의 전압을 공급하므로 7배의 높은 정상전압(Ceiling Voltage)를 가지므로 응답 특성성 좋지 않아서 여자변압기를 따로 설치하여 2-3배의 전압비가 되도록 하였다.

2.2 B 발전소 가스터빈 발전기 여자시스템 MMI

개발된 이중화 디지털 여자시스템은 MMI를 크게 12화면으로 구성하였다. 각각의 화면은 사용자가 접근하기 쉽게 하였으며, 내부 파라미터 튜닝을 위해서는 12번째 CONFIG 화면에 접근하여 비밀번호를 입력한 후에 정정이 가능하도록 하였다. 또한 각종 그래픽 정보를 위하여 아날



<그림 1> 여자시스템 구성을 나타내는 Master 제어기 MMI 화면



<그림 2> 시송전 가스터빈 발전기 투입 절차

2.3 B 발전소 가스터빈 발전기 시송전 모드 절차

B 발전소의 가스터빈 발전기의 초기 시송전 절차는 <그림 2>에 나타나 있다. 계통 무압시 초기에 디젤 발전기가 기동하게 되며, 이때 6.9kV 전력선이 가압되게 된다. 가압된 전원을 바탕으로 1호기 가스터빈 발전기가 기동하여 수동모드로 자동전압 확립이 되며, 이때의 초기 상승속도는 보통때의 1/2 이하의 속도를 유지한다. 시송전 실시 후 한전 KPX의 급전 지시에 따라서 순차적으로 가스터빈 발전기들이 계통에 병입되어 전력을 공급하게 된다.

2.4 시운전 결과

<표 1>은 B 발전소 가스터빈 발전기의 데이터를 나타내고 있다. 정격 용량은 142MVA로 같은 용량의 발전기 중 4대가 운전되고 있다. 시험은 가스터빈을 승속시켜 3600rpm 도달후 정격속도를 유지한 상태에서 실시 되었다. <표 2>는 시험시 레코더로 측정된 채널의 리스트로 각 색깔로 구별될 수 있게 하였다.

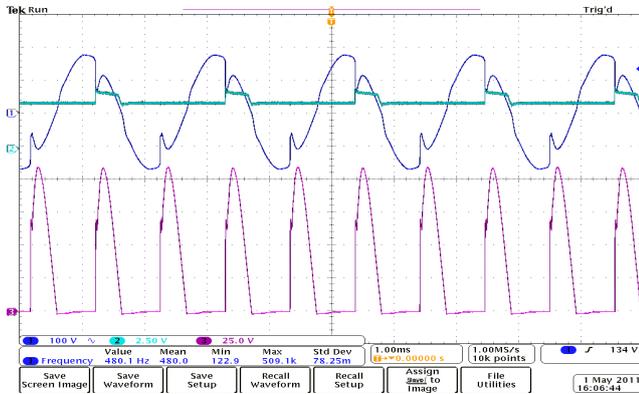
<표 1> 가스터빈 발전기 데이터

NO	Description	Value
1	Rated Power	142MVA
2	Rated Terminal Voltage	13.8kV
3	Rated Frequency	60Hz / 3600rpm
4	PMG Freq, Volt	480Hz, 290V
5	Rated VFNL, IFNL	41V, 5A

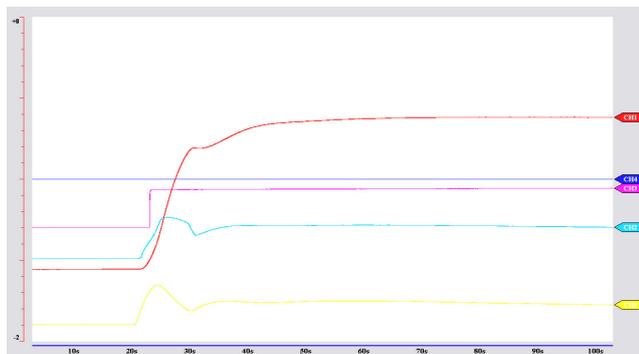
<표 2> 레코더 채널 List

NO	Description	Color
1	Vt : 발전기 전압	빨강
2	If : 계자 전류	하늘색
3	Hz : 주파수	분홍색
4	Q : 무효전력	파랑색
5	Control Sig : 제어 신호	노랑색

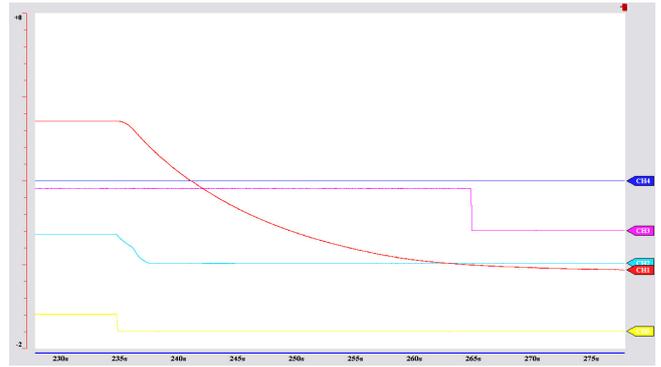
<그림 3>은 PMG 출력전압과 점호신호에 따른 단상 위상제어 정류기 출력파형을 나타내고 있다. <그림 4>는 가스터빈 속도 95% 이상에서 자동모드로 디지털 여자시스템이 투입되어 발전기 전압을 확립한 파형을 나타내고 있다. 초기여자 전원이 필요 없는 타입이므로 승속과정에 주파수 신호(3번)가 스텝형태로 인식되는 것을 알 수 있다. <그림 5>는 발전기 여자시스템 정지시의 파형으로 부드럽게 전압강하를 시키기 위하여 제어신호를 천천히 감소시켰다. <그림 6>은 시운전 모드에서의 발전기 전압 확립 과정을 보이고 있다. <그림 4>보다는 좀더 천천히 전압이 확립되어 가는 파형을 볼 수 있다. <그림 7>은 발전기 및 여자시스템 응답특성을 알아보기 위한 스텝시험 파형이다. 통상적으로 무부하 스텝시험은 발전기 전압의 5% - 10% 가량을 하는데 이번에는 5% 시험을 실시하였다.



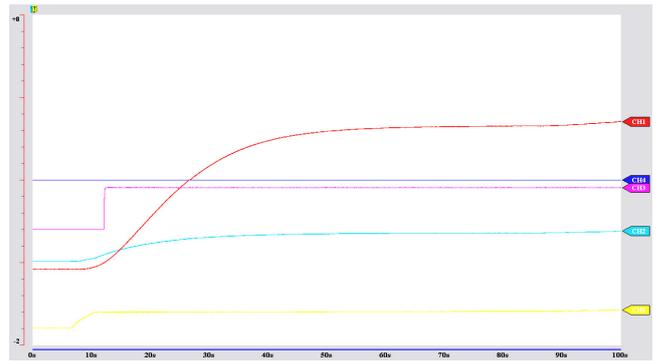
<그림 3> 480Hz PMG 전압과 위상제어 정류기 출력파형



<그림 4> 발전기 초기전압 확립 파형



<그림 5> 발전기 여자시스템 정지시의 파형



<그림 6> 시운전 모드에서의 발전기 전압 확립 파형



<그림 7> 시스템 응답 특성 시험 파형 (5% 스텝시험)

3. 결 론

개발된 가스터빈 이중화 디지털 여자시스템은 현장 설치 후 시운전이 실시되었다. 초기 무부하 특성시험을 비롯하여 부하 특성시험, 각종 제한 및 정지시험 등이 이루어 졌으며, 정밀 튜닝이 되었다. 여자시스템 주요 기능인 계통 연계 후 발전기 전압제어, 무효전력 제어 등의 시험 실시 후 B 발전소의 주요 기능인 시운전 시험이 있었다. 시운전은 규정화된 절차에 따라서 진행되었으며, 자동전압 확립시험이 아닌 수동전압 확립시험으로 실시되어 만족스러운 결과를 얻을 수 있다. 실험 결과는 향후 국내외의 초기 시운전 발전소의 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

[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] P.M. Anderson and A.A. Fouad, "Power System Control and Stability", The Iowa State University Press, U.S.A.,1977.