

발전 설비 시험에 대한 규정 검토 및 방안 제시

최 흥 관* 김 등 준* 문 영 환*
한 국 전 기 연 구 원*

Study and Scheme Presentation for Generator testing Rules

H.K. Choi*, D.J. Kim*, Y.H. Moon*
K E R I *

Abstract - In abroad, thousands of generator testing were accomplished because of importance about generator stability parameters. But it was introduced TWBP and processing in Korea. In addition to, related rules of generator testing had been weaken. Without guidelines, practical uses are much limited. So, it studied compliance life cycle about generator facility parameters for stability analysis. This paper presents security scheme and working rules using generator testing and disturbance recordings, considering domestic circumstance.

1. 서 론

발전기 특성시험을 통하여 제어정수들을 추출하는 궁극적인 목적은 외란에 의한 실계통의 응답을 모델링 및 시뮬레이션을 통해 재현하는 것이다. 즉 안정도 모의 프로그램으로 실측된 데이터와 비교하여 거의 동일하게 모의할 수 있다면 모의 프로그램에서 사용한 데이터는 검증된 값으로 확인된다. 그러나 이러한 데이터를 확보하기 위해서는 발전설비에 대한 특성시험이 이루어져야 하고 아울러 특성시험에 의해 확보된 데이터를 이용하여 모델링을 위한 파라미터를 유도하여 해석프로그램으로 검증하는 절차가 필수적이다.

국내의 실정을 돌아보면 특성시험을 실시할 수 있는 능력이나 장비가 대단히 제한적이다. 즉 고가의 시험장비와 숙달된 시험엔지니어 및 전문엔지니어의 모델링이 필요하다. 실제 외국의 사례에서도 이러한 문제점으로 인해 특성시험이 적기에 이루어지지 않고 비용이 올라가는 문제가 있다. 이러한 이유로 국내여건에 합당한 저비용 및 고효율의 발전설비 안정도 데이터를 확보하는 방안을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 발전설비 안정도 데이터 제출 주기

미국의 경우 신뢰도위원회(NERC)와 서부계통운영회(WSCC)는 1996년 대정전 이후 해당 지역에 속한 10 MW 이상의 발전기에 대하여 시험을 실시하고 매 5.3년마다 검증된 데이터를 제출하도록 하였다.

캐나다 온타리오 IMO의 경우 요청에 따라 7년마다 시장규칙에 합당한 자료를 제출할 수 있도록 특성시험을 실시하도록 하고 있다.

그러나 국내의 경우 발전설비 신·중설시, 산자부 고시 "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준" 제24조(발전설비 특성자료) 및 시장운영규칙 제5.3.5조, 제 5.3.6조에 따라 제한적으로 발전기 모델 및 제어시스템 특성을 제시하도록 하고 있다.

이러한 국내외의 규정 및 처한 상황을 자세히 분석해

보면, 외국의 경우 너무 잦은 주기의 특성시험이 문제가 되고 있다. 반면 국내의 경우 인식부족으로 특성시험에 부정적이며 이로 인해 특성시험이 활성화 되지 못하고 있다.

2.1.1 수정된 데이터 확보 방안

상기한 단점들을 보완하기 위해 다음과 같은 확보방안을 제안하고자 한다.

- 발전회사는 최초 필히 특성시험을 통하여 검증된 데이터를 제공한다.
- 설비나 제어 형태가 바뀐 경우 일정기간내에 발전기 특성시험 시행하거나 또는 검증된 모델 및 데이터를 제공한다.
- 최초 특성시험 이후 발전회사는 매 5년 주기로 갱신된 데이터를 제공한다.
- 단, 갱신된 데이터는 특성시험 또는 계통 외란에 의한 실측 결과를 모의하는 방법을 통해 검증한다.

위와 같은 방안의 주요 핵심은 고장기록장치를 활용하여 취득된 데이터를 모의 프로그램으로 검증하여 발전기 특성시험을 대체하는 것이다. 대부분의 발전소는 고장기록장치를 가지고 있으므로 측정점을 계통 연계점(병입점)으로하여 원하는 데이터를 기록할 수 있도록 접속하여 활용하는 것이다. 고장기록장치가 없다하더라도 적절한 샘플링 주기를 가진 SCADA 설비도 이용이 가능하며 주파수나 진압에 대해 외란이 발생한 경우 취득한 데이터를 활용하는 것이다.

2.1.2 Compliance Life Cycle

위에서 제시한 수정된 확보방안에서 계통운전중 계통의 외란에 의한 실측결과를 활용하는 방안을 적용하여 제출 주기를 순서도로 나타내면 그림1 과 같다.

이를 간략히 설명하면 다음과 같다. 먼저 기존 데이터와 시험절차 등에 대한 검토를 수행하고 시험절차와 일정 초안을 마련한다. 이어 설비 담당자에게 충분한 사전 교육을 실시하고 최종 시험을 실시한다. 취득된 결과를 바탕으로 simulation과 비교분석하여 안정도 데이터를 검증한다. 안정도 데이터가 바뀌거나 의무제출 기간이 경우에 제출한다. 거래소에서 검토하여 재검증할 필요성이 있는 경우 시험을 다시 수행한다. 이러한 일련의 과정들이 반복되며 예고없이 외란에 의해 취득된 데이터가 있는 경우 이러한 실측 데이터를 simulation 결과와 비교하여 안정도 데이터의 타당성을 검토한다. 제출의무기간내에 이러한 외란 데이터를 활용하여 검증한 경우 발전기 특성시험을 재수행할 필요가 없다는 점이 중요하다.

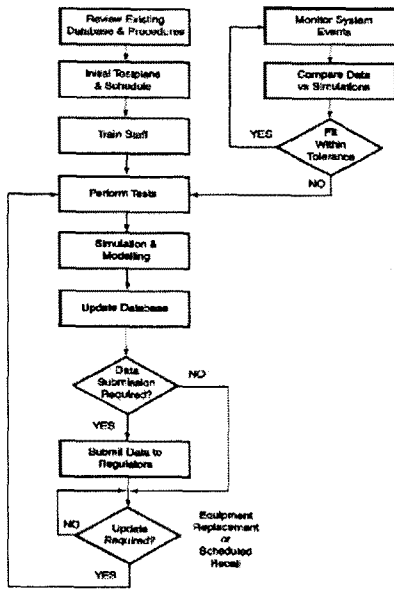


그림 2.1 안정도 데이터 작성 및 제출 주기 예시

2.2 실측 외란 데이터의 활용방안

2.2.1 계통병입점의 외란 데이터 활용 방안

과거 하나의 발전기당 특성시험을 실시하는 경우는 많은 정보와 자료가 축적되어 있다. 그러나 계통에 병입되어 운전하고 있는 도중 외란이 발생하여 기록된 실측 데이터를 이용하는 경우는 장비의 접속점, 그리고 외란의 조건, 모델 입력자료와 검증방법 등이 다르다. 다음 그림은 실제적인 접속점을 그림으로 예시한 것이다.

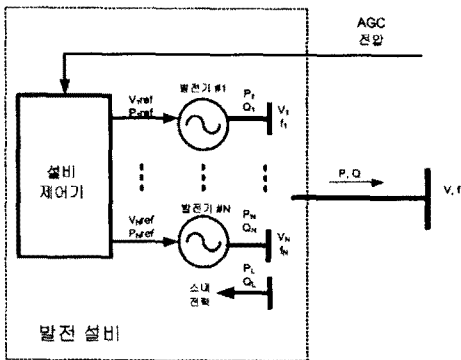


그림 2.2 계통병입점에서의 외란 기록 활용

그림에서 보는 바와 같이 계통병입점에서 유효전력, 무효전력, 전압, 주파수를 기록하고 발전기들의 기준신호와 유효전력, 무효전력, 그리고 제어신호가 필요하다.

다음표는 계통에서 외란이 발생한 경우의 외란조건과 모델입력신호, 그리고 모델검증신호에 대해 정리한 것이다. 표에서 보는바와 같이 계통운전중 외란은 전압에 대해 2%이상, 무효전력에 대해 10% 이상인 경우에 취득된 데이터를 활용하는 것이 가능하다. 이러한 조건하에서 기준에 작성된 모델에 전압, 주파수, 제어신호들을 입력하여 simulation을 수행하고 이 결과를 취득된 유효전력, 무효전력과 비교하여 모델 및 파라미터를 검증한다. 단 최소 샘플링은 초당 20회이며 외란기록시간은 30초 이

상이어야 한다.

표 2.1 발전기-여자 모델들에 대한 검증 방법

Event	모델 입력 신호	모델 검증 신호
외란으로 인해 계통 병입점에서 급격한 전압 변동(2% 이상) 발생	계통병입점의 전압 계통병입점의 주파수 제어 신호들	계통병입점의 전력 계통병입점의 무효 전력
외란으로 인해 발전기 무효전력의 급격한 변동(정격 MVA의 10% 이상) 발생	계통병입점의 전압 계통병입점의 주파수 제어 신호들	계통병입점의 전력 계통병입점의 무효 전력

표 2.2 조속기-터빈 모델들에 대한 검증 방법

Event	모델 입력 신호	모델 검증 신호
외란으로 인해 급격한 주파수 변동(0.05Hz 이상) 발생	계통병입점의 주파수 제어 신호들	계통병입점의 전 력

2.2.2 발전기의 외란 데이터 활용 방안

다음은 한대의 발전기에서 외란에 대해 취득된 데이터를 활용하는 방안을 설명한다. 데이터를 취득하는 측정점은 그림과 같이 조속기, 여자에 대한 신호와 발전기 신호들을 얻을 수 있는 지점이다.

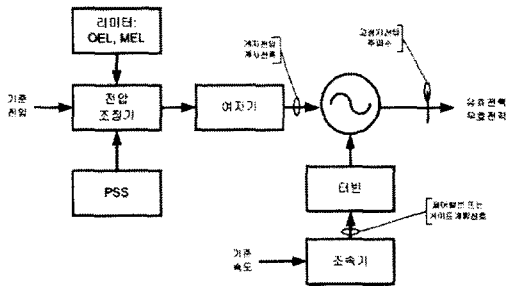


그림 2.3 발전기에서의 외란 기록 데이터 활용

다음 표들은 발전기의 외란 기록데이터를 활용하여 발전기-여자 모델들과 조속기-터빈 모델들을 검증하는 방법을 나타내고 있다. 데이터 기록을 위한 최소 샘플링은 초당 20샘플이다.

표 2.3 발전기-여자 모델들에 대한 검증 방법

Event	모델 입력 신호	모델 검증 신호
발전기 계통 운전중 스텝 기준전압 변동 (약 2% 정도)	기준전압 스텝 신호	고정자 전압 계자전압 또는 여자기 계자전류(회전형 여자기)
발전기 계통 병해상태에서 스텝 기준전압 변동(약 2% 정도)	기준전압 스텝 신호	고정자 전압 계자전압 또는 여자기 계자전류(회전형 여자기)
발전기 계통운전중 외란으로 인해 발전기 무효전력의 급격한 변동(정격 MVA의 10% 이상) 발생	발전기 유효전력 발전기 무효전력	고정자 전압 계자전압 또는 여자기 계자전류(회전형 여자기)
무효부하 절체	발전기 무효전력	고정자 전압 계자전압 또는 여자기 계자전류(회전형 여자기)
Vt/Vref 주파수 응답	기준전압 사인파	고정자 전압

단, 조속기-터빈 모델의 경우 최대 샘플링 주기는 4초이며 SCADA 또는 발전소 DCS(Display Control System)에서 데이터 확보가 가능하다.

표 2.4 조속기-터빈 모델들에 대한 검증 방법

Event	모델 입력 신호	모델 검증 신호
발전기 계통 운전중 속도 기준 신호	속도 기준 신호 주파수	발전기 유효전력
발전기 계통 운전중 외란으로 인해 급격한 주파수 변동(0.05Hz 이상) 발생	주파수	발전기 유효전력

2.2.3 사례 소개

다음 그림들은 실제로 외란이 발생하여 계통병입점에서 기록된 주파수와 유효전력을 simulation을 통해 모의한 것을 나타낸 것이다. 이러한 과정을 통해 모델링의 타당성과 사용된 파라미터들에 대한 검증이 가능함을 보여주고 있다.

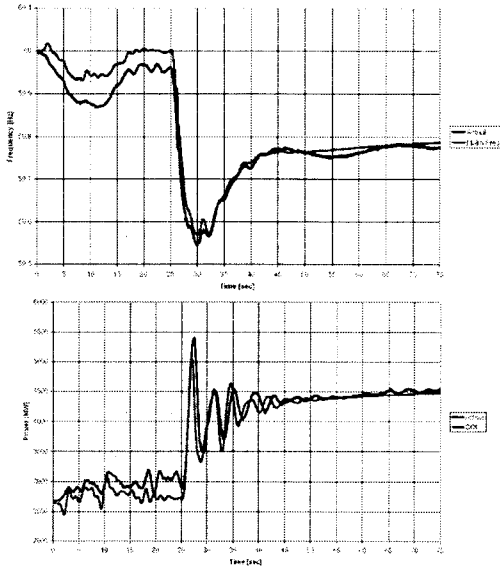


그림 2.4 외란 실측결과의 재현 사례

2.2.3 국내실정에 맞는 실행방안 제시

국내의 경우 외국처럼 전력산업구조개편이 마무리되지 않아 국내 실정에 맞도록 역할분담을 포함한 실행방안을 제시하였다. 발전소나 발전회사에 발전설비에 대한 안정도 데이터를 담당하는 실무자가 없기 때문이다. 즉 안정도에 대한 전문적인 지식과 특성시험 제반에 대한 이해, 모델링 및 유도기법 등을 모두 이해하고 있는 전문 인력이 부족한 점을 고려한 것이다.

주된 역할을 설명하면 다음과 같다. 발전소 또는 사업자의 경우 특성시험과 데이터 확보, 결과 및 보고서 관리를 주로 담당하고, 발전회사 차원에서 전문인력을 확보하여 적은 인원으로 발전소별로 모델링 및 초기 데이터 검증을 수행하는 것이 합리적이다. 전력거래소는 발전회사에서 공식적으로 제공된 데이터에 대한 관리, 인증서 발급과 계통운영에 반영하는 등의 역할을 담당하는 것이 주 역할이다. 단 고장기록장치를 활용하여 데이터를 수집하는 경우 발전소와 발전회사 모두 담당하며 이에 대한 파라미터 검증은 발전회사 전문인력의 몫이다. 전력거래소는 지속적으로 고장기록장치를 활용하는 방안

을 권고하는 것이 바람직하다.

표 2.5 안정도 데이터 확보를 위한 실행방안

	발전소	발전회사	전력거래소
책임	발전기 시험 수행 모델 데이터 제공 발전회사에서 개발한 일정에 따라 주기적인 모델 검증 수행 시험결과 및 보고서 관리	시험과 재검증할 발전기들 목록 관리 발전기 검증 일정 개발 시험, 재시험, 모델 성능 검증에 대해 발전소에 고지 모델 데이터, 시험, 검증 보고서 관리 시험 보고서와 모델 데이터 초기 검토	공식적인 모델 데이터, 시험, 검증 보고서 관리 시험보고서와 모델 데이터에 대한 검토 발전기 시험 및 모델링 절차서에 따른 인증서 발급
의무	발전회사에 보고	전력거래소에 보고	
기타	고장기록장치를 이용하여 데이터 수집	고장기록장치를 이용하거나 제공된 데이터를 이용하여 모델 검증 수행	고장기록장치 사용 권고

3. 결론

본 논문에서는 안정도 해석에 필수적인 발전기 파라미터에 대해 특성시험을 통해 얻는 방법 외에 계통에 병입되어 운전되고 있는 상태에서 계통외란으로 인해 기록된 데이터들을 이용하여 파라미터들을 검증하는 방안을 제시하였다. 발전기가 운전되고 있는 경우, 계통병입 지점과 발전기 한 대당 내부의 측정점에 대해 외란조건과 simulation 입력신호, 검증에 사용되는 신호들을 연관성을 지어 설명하였다. 그리고, 실제 기록된 외란데이터와 simulation 결과를 비교한 사례를 제시하였다. 결국 이러한 방법은 많은 비용이 소요되는 특성시험을 재수행할 필요가 없고 지속적으로 설비에 대한 감시와 진단이 가능한 장점이 있다. 또한 이러한 방법을 활용하기 위해 국내 실정에 맞는 실행방안을 제시하였다. 발전소 또는 사업소는 측정시험자재와 측정 데이터 확보, 자료 및 보고서 관리를 담당하고 발전회사는 전문인력이 측정된 데이터를 활용하여 모델링 및 파라미터 검증을 수행하여 전력거래소에 제출하는 역할을 담당한다. 또한 특성시험 재수행 일정을 개발하고 고지하는 기능도 포함한다. 거래소는 공식 데이터에 대한 검증과 인증, 계통운영에 활용하는 것이 주된 역할이다.

[참고 문헌]

- [1] Les Pereira, "Introduction and Background to Synchronous Unit Testing and Model Validation in the WSCC" 1999
- [2] WSCC, "Test Guidelines for Synchronous Unit Dynamic Testing and Model Validation" 1997. 2
- [3] G.R. Berube, "Testing and Modeling of Generator Controls"
- [4] 한국전력공사, "전력계통 안정도 해석용 발전기 제어계 모델 결정에 관한 연구" 최종보고서, pp434-439, 1996. 10
- [5] F.P.de Mello, J.R.Rebeiro, "Determination of Synchronous Machine Parameters from Tests," IEEE Trans. PAS Vol. PAS-96, July/Aug. 1977, pp.1211-1218
- [6] M.Namba, J.hosoda, S. Doi, and M.Udo, "Development for Measurement of Operation Parameters of Synchronous Generator and Control Systems"
- [7] IEEE Std 421.5-1992, "IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies"