

# 가스터빈 발전기의 제어시스템 검증을 위한 시뮬레이터 구현

우주희, 정창기 (전력연구원)

## The Implementation of Simulator for Control System of Gas Turbine Generator

Woo Joo-Hee, Jeong Chang-Ki (KEPRI)

### 요약문

가스터빈 발전소의 제어시스템을 개조할 때, 설계자가 구성한 디지털 제어시스템의 동작특성을 검증하기 위해서는 시뮬레이터를 구축하여 모의실험을 할 필요가 있다. 본 논문에서는 시뮬레이터를 구성하는데 필요한 구조와 실제 시뮬레이션 한 방법 및 결과에 대해서 언급하고자 한다. 이를 위해 실제 발전소에서 운전데이터를 취득하였고, 시뮬레이션 결과 현장과 유사한 결과를 보여줌으로써 시뮬레이터 구성의 타당성 및 필요성을 확인시켜 주었다.

#### 1. 개요

국내에 오래전에 설치된 발전소의 주제어기는 주로 아날로그 전기회로로 구성되었고, 오랜사용으로 노화되어 유지보수가 힘들게 되었다. 또한 가스터빈 발전소의 신속한 부하적응력의 특성으로 설비투자가 증가되고 있으며, 급속한 기술발전에 힘입어 디지털 제어시스템으로의 개조에 대한 필요성이 제기되고 있다.

가스터빈 발전소의 디지털 제어시스템을 구축할 때, 사용자가 설계한 제어시스템의 타당성을 검증하기 위해서는 시뮬레이터를 구축하여 모의실험을 할 필요가 있다. 본 논문에서는 이를 위해 시뮬레이터를 구성하는데 필요한 구조와 실제 시뮬레이션 한 결과에 대해서 언급하고자 한다. 시뮬레이터의 전체구성은 크게 두 가지로 되어 있다. 하나

는 가스터빈 발전소의 제어기능을 수행할 디지털 제어시스템으로서 설비교체 대상 발전소에 설치할 신뢰성을 검증받은 삼중화 디지털 제어시스템을 사용한다. 다른 하나는 이 제어시스템과 입출력을 위한 모의 시뮬레이터로서 PLC(Programmable Logic Controller)를 사용하고 제어대상 발전소의 동특성이 모델링 되어 있다. 2절에서 시뮬레이터의 구성 및 기능에 대해서 설명하고, 3절에서 가스터빈 발전소에서 취득한 실제 운전데이터를 사용하여 본 시뮬레이터가 현장과 유사하게 동작하는지를 검증하고, 마지막 4절에서 결론을 맺고 있다.

#### 2. 가스터빈제어시스템의 시뮬레이터 구성 및 기능

본 논문에서 구축한 시뮬레이터의 기능은 제어시스템의 현장 적용이전에 구축한 제어시스템의 운전특성을 파악하고 사용자가 설계한 제어로직 및 운전자를 위한 GUI(Graphic User Interface) 동작의 타당성을 등을 확인할 수 있도록 함에 있다. 이를 위해 다음과 같은 구성을 하였다.

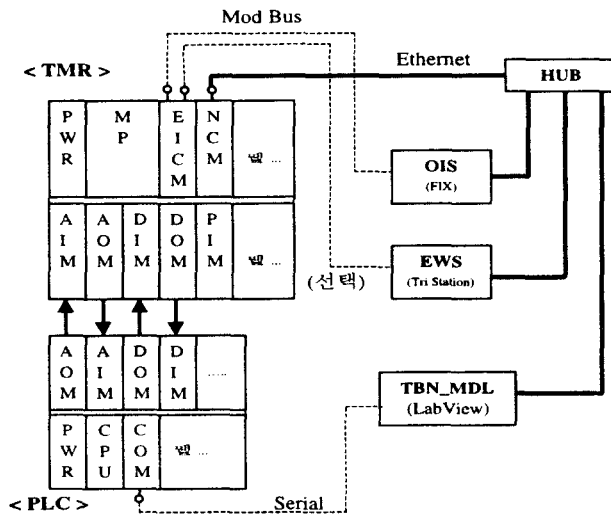


그림 1. 가스터빈 제어시스템의 시뮬레이터 구성도

### 2.1 TMR (Triple Modular Redundant)

미국의 TRICONEX사에서 제작한 삼중화 제어시스템으로서 다음과 같은 모듈로 구성되어 있다[1].

- Power Supply (PWR) : TMR에 장착된 각종 모듈에 전원을 공급
- Main Processor (MP) : 한 시스템내에 3개의 프로세스가 있으며, 이들 프로세스 각각 3개의 I/O Terminal을 통해 입출력모듈에서의 신호가 동시에 입력되고, 이들 각각의 프로세스는 프로세스간의 내부버스에 의해 각 프로세스의 정보 및 연산결과를 공유하도록 되어 있다.

### - ENHANCED INTELLIGENT

COMMUNICATION MODULE (EICM) : 이 모듈은 19.2 KBaud로 RS-232C 및 RS-422 SERIAL통신을 통해 외부기기와 통신을 한다. 제공된 포터는 MODBUS (3개) 및 EWS와의 인터페이스(1개)를 위해 총 4개의 SERIAL PORT와 프린터 포터를 제공한다.

### - NETWORK COMMUNICATION MODULE

(NCM) : 이 모듈은 TRICONEX 전용 프로토콜 및 APPLICATION을 위해 10 Mbit/sec의 고속의 데이터 링크인 802.3 네트워크를 지원한다. 또 사용자는 TCP-IP/TCP-UDP 프로토콜을 사용하여 원하는 APPLICATIONS를 수행할 수 있다.

- 입출력 모듈 : AIM, AOM, DIM, DOM, PIM
- 현재 시뮬레이터의 구성은 EWS는 NCM과 연결되어 있고 OIS는 MODBUS에 연결되어 있다.

### 2.2 PLC

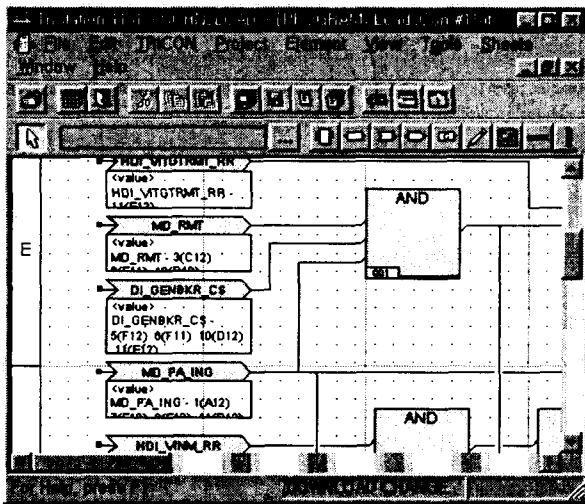
TBN\_MDL에서 발생된 신호를 통신으로 받아서 이 값을 PLC의 지정된 입출력 모듈로 보내어, TMR의 입출력 모듈과 서로 연결되어 있다. 사용한 모델은 "GE Fanuc SERIES90-70" 이다.

- PWR : 전원공급기
- CPU : PLC의 Main Processor
- COM : 외부기기와의 접속을 위해 SERIAL PORT를 제공한다.
- 입출력 모듈 : AIM, AOM, DIM, DOM

### 2.3 EWS (Engineering Work Station)

EWS는 IBM-PC로 구현되어 있으며, Serial (EICM의 Port #4) 및 Ethernet (NCM) 통신을 위

한 인터페이스 카드가 설치되어 있다. 본 시뮬레이터에서는 Ethernet 통신을 사용하고 있으며 기능은 TMR의 하드웨어 환경 설정작업, 제어로직 구현 및 TMR로의 다운로드, 제어로직 수행결과 모니터링 및 제어동작 명령 전송 가능 등이 있다. 그리고 제어로직을 구현하기 위해 사용한 소프트웨어 패키지는 제작사에서 제공하는 "TS1131"이며, 이는 WINDOWS NT에서 운용된다. 이 프로그램은 IEC 1131-3에서 정의된 기본적인 제어블럭을 제공하고 있으며, 이들 블록을 사용하여 사용자가 필요한 블록을 만들어서 사용할 수 있다. 그림 3에 한 예를 보여주고 있다.



<그림 3> TS1131에서 구현된 제어로직 예

#### 2.4 OIS (Operator Interface Station)

OIS도 IBM-PC로 구현되어 있으며, Serial (EICM의 Port 1 - 3) 및 Ethernet (NCM) 통신을 위한 인터페이스 카드가 설치되어 있다. 본 시뮬레이터에서는 Serial 통신을 사용하고 있으며, 운전자를 위한 그래픽 기능이 제공되어 운전감시 및 조작을 할 수 있도록 되어 있다. 그래픽 인터페이스 소프트웨어 패키지는 Intellution사의 FIX를 사

용하여 구현하였다[2].

#### 2.5 TBN\_MDL

시뮬레이션을 구현하는데 필요한 가스터빈 시스템의 모델을 IBM-PC로 구현하였으며, Serial Port를 통해 터빈의 중요 운전값들을 PLC로 전송하도록 하였다. 구현한 가스터빈 시스템의 모델은 배기가스 온도이고 그 외 터빈속도, CDP(Compressor Discharge Pr.) 등은 실제 현장에서 취득한 운전데이터를 그대로 PLC로 전송하도록 되어 있다. 배기가스 온도모델은 1차 시간지연함수로 만들었고 이의 구현은 "LabView"라는 소프트웨어 패키지를 사용하여 그림 3과 같이 구현하였다[3]. 그외 CDP, 터빈속도 등은 수학적 모델식을 사용하지 않고 취득한 운전데이터를 그대로 입력되게 프로그램 하였다.

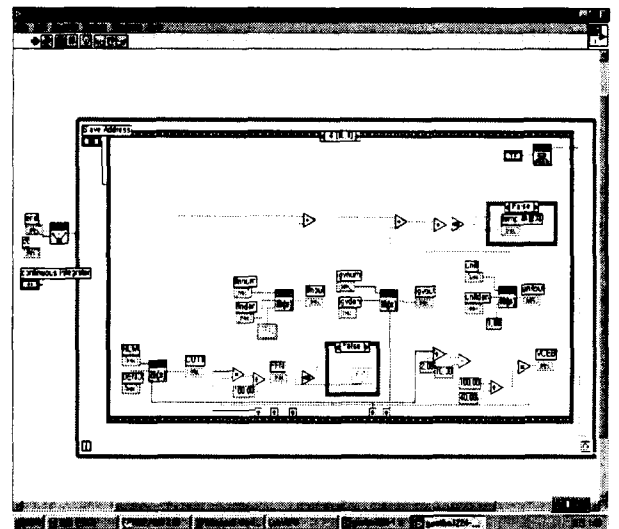


그림 3. 터빈의 배기가스 온도 모델의 구현 예

### 3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 구현한 시뮬레이터는 기동에서부터 계통병입이전까지의 구간만의 운전데이터가 입력

되었으며, 구현된 제어로직의 정상동작 여부의 근거는 4가지 제어모드(기동제어, 가속제어, 속도제어, 온도제어)의 변화가 실제 취득한 운전데이터와 유사하게 변하는지 확인하고, 연료요구량신호의 크기가 유사한지 확인함으로써 가능하다. 취득한 운전데이터는 그림 4와 같다. 그림 4는 기동에서부터 계통병입 이전까지의 현황을 그래프로 나타내었으며, "Startup"은 기동제어모드를, "Acc"는 가속제어모드를, "Temp"는 온도제어모드를, "Speed"는 속도제어모드를 각각 나타낸다[4].

그림 5에서 설계한 제어시스템을 동작시켰을 때의 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 여기서 ①은 기동제어모드, ②는 가속제어모드, ③은 온도제어모드, ④는 속도제어모드를 각각 나타내고 있다. 실제 현장에서 취득한 운전데이터(그림 4) 파형과 비교하여 유사한 결과를 보여주고 있지만, Warmup 기간중에 온도제어모드와 기동제어모드가 번갈아 가면서 선택되는 모습을 보여주고 있다. 이는 배기가스온도를 구현한 모델이 실제와 다소의 차이가 있어서 발생한 것으로 보인다. 또한 터빈속도가 50%이후에서는 가속제어가 선택된 결과를 보여주고 있으며, 정격속도에서는 속도제어가 선택되어 연료요구신호가 FSNL(Full Speed No Load)이 선택되도록 되어있다. 트립시험은 트립과 관련된 임의 신호를 발생시켜 연료요구신호가 0%로 떨어지도록 하였다. 시뮬레이션 결과도 같은 결과를 보여주었다. 단, 본 시뮬레이터에서는 터빈속도, CDP에 대한 정지할 때의 모델이 구축되어 있지 않아서 그림 5에서는 계속 그 값을 유지되는 것처럼 되어있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 가스터빈 제어시스템의 현장 적용

이전에 사용자가 만든 제어알고리즘 및 상위시스템의 동작이 올바르게 동작하는지 확인하기 위해 시뮬레이터를 구축하였고, 이 시뮬레이터의 전체 동작을 확인하기 위해 실제 발전소에서 운전데이터를 취득하여 검증하였다. 시뮬레이션 결과 현장과 유사한 결과를 보여주고 있다. 현장에 설비교체 하기 전에 이러한 모의실험을 수행함으로써 현장 설치시 발생될 문제를 최소화하여 공사기간의 단축 및 비용의 절감을 초래할 수 있다. 그러나 시뮬레이터의 다양한 기능을 위해 가스터빈 시스템의 모델링 보완이 필요하고, 계통병입이후 및 정지 구간에 대한 시뮬레이션 및 정격부하 운전중 부하 상실시 속도상승 추정 등의 보완이 필요하다.

#### [ 참고문헌 ]

- [1] Triconex, "TRICON Planning & Installation Guide", 1997
- [2] 인텔루션코리아, "FIX 한글판 매뉴얼", 1996
- [3] National Instruments, "LabView 5.0 Guide", 1997
- [4] 우주희, 최인규, "가스터빈 발전소의 기동제어 루프 모의실험", 전기학회 하계학술대회 논문집 (B), pp. 746~748, 1999

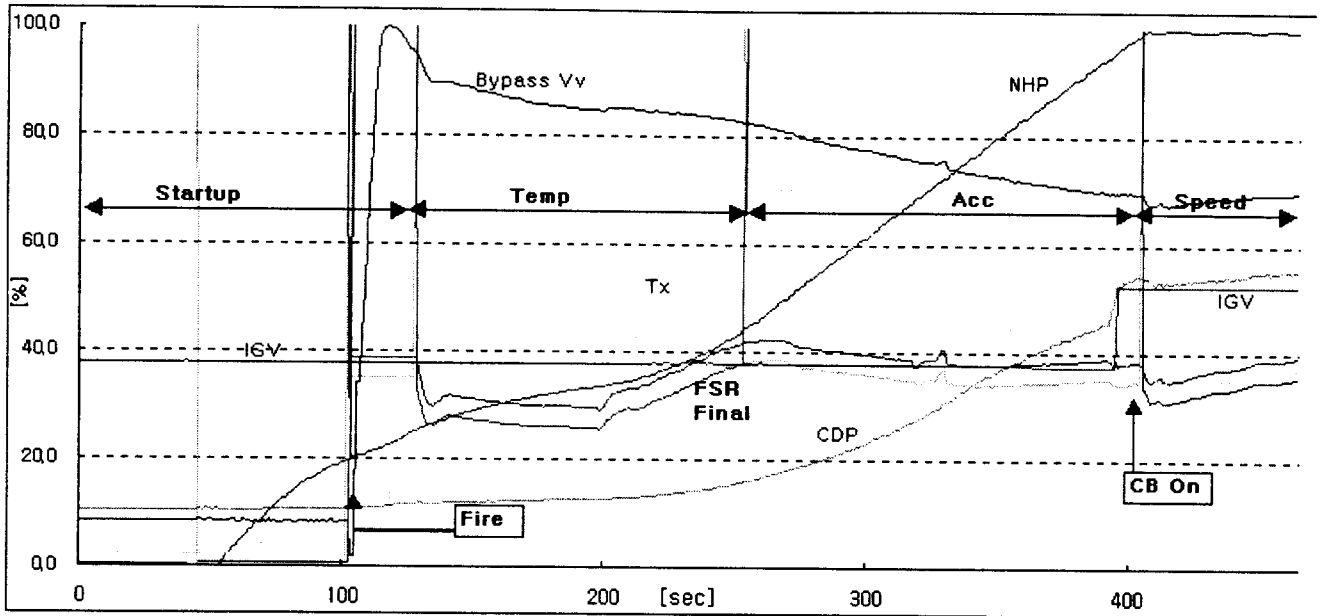


그림 4. 취득한 실제 운전데이터

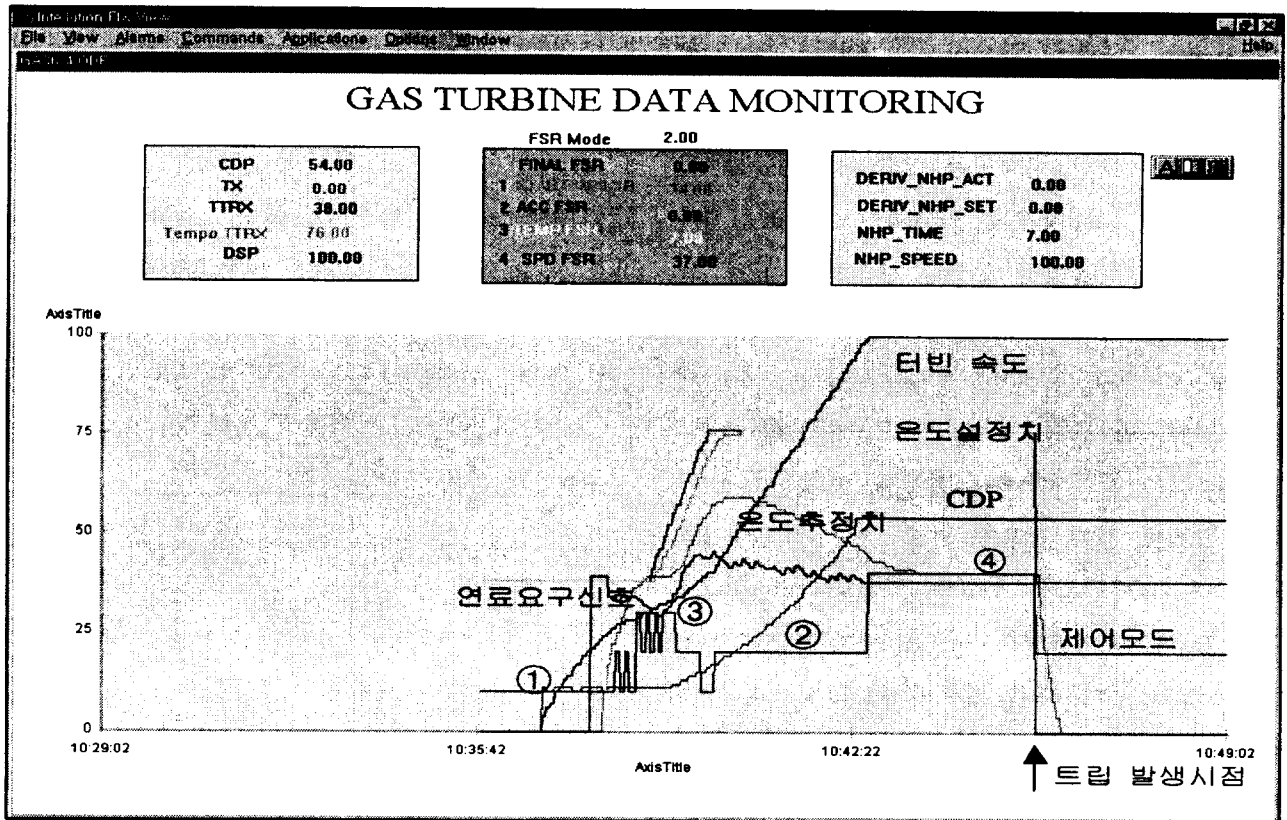


그림 5. OIS에서 본 시뮬레이션 결과