

실시간 동적모사기를 이용한 플랜트 제어시스템 성능 검사

정지범, 박준원, 이인구, 유희중, 김원배
고등기술연구원

Test of the Plant Control System Using Real Time Dynamic Simulator

Jibum Chung, Junwon Park, Ingu Lee, Hee-Jong Yoo, Wonbae Kim
Institute for Advanced Engineering

1. 서론

플랜트의 안전하고 효율적인 운전을 위해서는 플랜트 건설시, 대상 플랜트의 제어시스템에 대한 정확한 설계와 제작, 그리고 이에 대한 검증이 필수적이다. 일반적으로 발전 플랜트의 경우에는 수많은 제어기가 복잡한 제어 로직에 의해 구성되어 있고 이를 검증하기 위해서는 많은 노력과 시간이 필요하다.

따라서 효율적인 제어시스템의 성능 검증을 위해서는 실제 대상 플랜트의 공정 시스템과 제어시스템을 연결한 폐회로 테스트(Closed loop test)가 필수적이다. 이렇게 제어시스템과 대상 공정을 연결하여 제어 시스템을 테스트하는 것은 일반적으로 두가지 방법을 생각할 수 있는데, 이는 첫째로 실제 대상 플랜트와 제어시스템을 직접 연결하여 폐회로를 구성하는 것이고, 두 번째 방법은 실험실 수준의 간략화된 대상 플랜트를 직접 제작하여 이를 제어시스템과 연결하는 것이다.

하지만 첫 번째 방법의 경우에는 만일 제어시스템이 잘못되어 있다면 플랜트 자체에도 문제가 발생할 소지가 크며, 발전소의 정지(Shut down) 및 각종 과도상태와 사고상태에 대한 제어시스템의 검증을 실시하기 어렵다는 단점이 있다. 이는 실제 발전 플랜트를 대상으로 한 임의의 정지 조작이나, 과도 및 사고 상태의 구현은 거의 불가능하기 때문이다. 두 번째 방법의 가장 큰 문제는 역시 실험 플랜트 제작에 소요되는 막대한 비용의 문제라 할 것이다. 또한 간략화된 모델의 경우 플랜트의 모사 대상 범위를 정확히 한정하지 않으면 효율적인 검증을 진행하기 어렵다는 것도 문제점으로 지적할 수 있다.

따라서 실제 플랜트의 건설 및 커미셔닝(Commissioning) 현장에서는 대상 플랜트의 물리적 공정을 모사하는 실시간 동적모사기를 플랜트의 제어시스템과 연결하는 방식이 점차 많이 사용되고 있는 추세이다. 이와 같이 동적모사기를 이용하여 실제 플랜트를 대체하는 것은 커미셔닝 단계에서 많은 시간과 비용을 줄일 수 있게 도와주고, 제어기 검증 뿐만 아니라 현장 운전원 훈련 및 발전 플랜트 초기 운전 방법 결정 등 다른 용도에의 적용도 가능하다. 이글에서는 동적모사기

를 이용하여 제어계통을 검증하기 위한 동적모사기 시스템의 일반적 구성과 그 적용사례, 그리고 발전 전망에 대해 살펴보았다.

2. 실시간 동적모사기 시스템의 구성

일반적으로 화공 및 발전 플랜트를 모사하는 동적모사기 시스템은 그 용도에 따라 여러 가지 형태를 가질 수 있지만, 기본적으로 공정 계통 모듈, 제어 모듈, 사용자접속부(Man-Machine Interface) 모듈이 결합되는 형태로 구성된다. 이 모듈들의 구성 형태에 따라 동적모사기 시스템은 다음과 같은 3가지 형태를 가질 수 있다.

1) Emulated System

Emulated system은 플랜트의 공정계통, 제어계통, 사용자접속부가 모두 PC나 Workstation에서 모사되는 시스템이다. 즉 그림 1과 같이 한 대 혹은 여러대의 PC나 Workstation으로 구성된 Instructor Station에서 플랜트의 공정 및 제어계통을 모두 모사하고, 이것을 대상으로 여러대의 PC가 LAN을 이용하여 사용자접속부를 구성하게 된다. 이 시스템은 구성이 간단하고, 모두 PC만을 이용하여 구성할 수도 있기 때문에 가격이 저렴하다는 장점이 있지만, 제어계통을 직접 프로그래밍해야 하고 운전원용을 위한 Operator Panel등을 스크린 상에서 직접 제작해야 한다는 문제가 있다.

2) Stimulated System

Stimulated system은 Instructor station에 플랜트의 공정계통만이 모델링되어 있고, 제어계통과 사용자접속부는 실제 플랜트의 제어계통 및 사용자접속부를 지원하는 하드웨어, 소프트웨어와 똑같은 장비를 직접 사용하는 방식으로 구성된다. 이 경우에는 사용자접속부 화면이나 제어시스템을 실제 장비에서 그대로 다운로드 받으면 되기 때문에 이후 실 플랜트의 제어 및 사용자접속부의 변경이나 개선 사항을 쉽게 적용할 수 있고, 운전원 교육시 실제 장비를 사용하기 때문에 교육 효과가 매우 뛰어나다는 장점이 있다. 하지만 실제 플랜트와 동일한 장비 구입에서 오는 고비용과 장비의 이동성 및 다른 환경에서의 응용성이 떨어진다는 것은 단점으로 지적될 수 있다.

3) Hybrid System

Hybrid 시스템은 Emulated 시스템과 마찬가지로 Instructor station에서 공정 및 제어계통을 모두 모사하지만 사용자접속부는 실제 플랜트와 동일한 장비를

사용한다. 즉 공정 및 제어계통의 정보가 실제 사용자접속부와 동일한 장비를 통하여 운전원에게 제공되므로, Stimulated 시스템과 마찬가지로 운전원 교육에 사용된다면 좋은 효과를 얻을 수 있을뿐 아니라 Stimulated 시스템에 비교하여 가격도 저렴하다는 장점이 있지만, Emulated 시스템과 마찬가지로 제어계통을 직접 프로그램해야 한다는 문제가 있다.

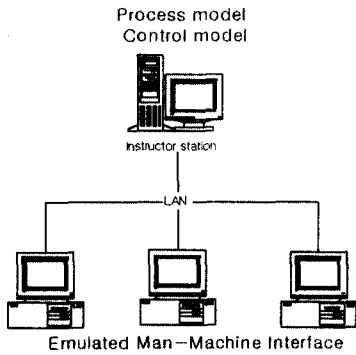


그림 1. Emulated system

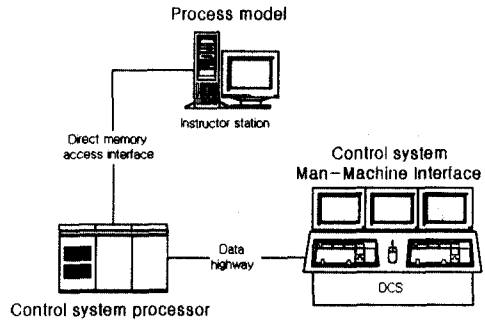


그림 2. Stimulated system

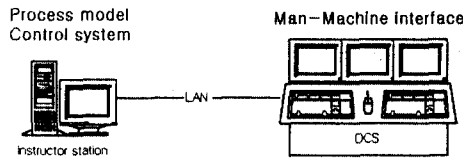


그림 3. Hybrid system

3. 적용 사례 - LNGC GMS System

LNGC(LNG Carrier)는 일반 선박과는 달리 초저온(-163°C)의 액화천연가스를 운송하는 LNG 수송 시스템의 한 부분이다. LNGC는 운항시 선박안전 및 Cargo tank의 압력을 제어하기 위해 외부로부터 유입되는 열로 인해 기화되는 가스(Boil off gas)를 기관실에 있는 보일러에서 연소시켜 동력으로 사용하는 것을 가장 큰 특징으로 한다. LNGC의 GMS(Gas Management System)는 Cargo Tank로부터 적절한 압력을 유지하면서 발생한 기화가스를 압축, 가열, 운송하여 기관실의 보일러에서 연료 오일(fuel oil)과 함께 연소시켜 선박의 추진력과 선박 내에서 필요한 전기의 발전 등에 필요한 증기를 생산하는 일련의 총체적이고 유기적인 계통이다.

LNGC는 폭발성 물질인 LNG를 매우 복잡한 계통을 통하여 관리하고 있으므로 일반 선박에 적용되는 감시, 제어 시스템을 사용하는 것은 거의 불가능한 일

이다. 따라서 LNGC의 전 시스템을 총체적으로 분산제어 및 중앙감시할 수 있는 능력을 가진 IAS(Integrated Automation System)을 채용하고 있다. 또한 보일러 및 버너의 안정적인 운전을 위한 감시, 제어 시스템인 ABC(Automatic Boiler Control System)와 BMS(Burner Management System)를 설치, 운영하고 있다.

이러한 복잡한 제어계통을 효과적으로 테스트하기 위해서 그림 2와 같이 선박의 공정계통을 모델링한 PC에 실선의 제어계통과 같은 하드웨어(DCS)를 연결하고, 여기에 실선의 제어계통을 그대로 다운로드하여 Stimulated 실시간 동적모사기 시스템을 구성하였다. 이 시스템을 이용하여 선박 GMS 시스템의 각종 정상상태 및 과도상태에 대한 테스트를 수행하였다.

4. 결과 및 향후 연구 방향

현재까지 성공적으로 수행한 정상상태 및 과도상태 테스트 항목은 다음과 같다.

- 0 % - 100 % Turbine Load
- Boiler Load Increase/Decrease
- Fuel Mode Change (Fuel Oil - Dual - Fuel Gas mode)
- Air Ratio Change
- Boiler Trip
- Excess BOG Dump Control
- Crash Astern

그림 4는 이중에서 Fuel mode change 테스트의 결과를 도표로 나타낸 것이다. LNGC는 기본적으로 Cargo tank에서 자연적으로 발생하는 Boil off gas를 주연료로 하기 때문에 처음에는 Oil을 이용하여 보일러를 점화하고 이후 연료를 Gas로 바꾸는 과정이 필요하며, 이는 선박의 제어계통이 공정의 각종 계통을 안정적으로 유지하면서 수행하게 된다. 그림에서 보듯이 처음에는 FO(Fuel Oil) mode로 진행하고 있다가, FG(Fuel Gas)의 유량 제어 밸브를 개방함으로써 FG 유량을 발생시켜 Dual mode로 전환하고 있다. 이때 선박의 제어계통은 보일러의 온도 및 압력을 설정치로 유지시키기 위하여 FG의 증가에 따라 FO를 감소시키고 있다. 이를 통해 선박의 Fuel mode 변화가 성공적으로 수행되었음을 알 수 있다. 그림 5는 이 과정 동안 실제 DCS의 스크린 상에 표시되는 각종 제어 변수의 추이이다.

본 동적모사기 시스템은 향후 실선으로 옮겨져 직접 현장 Commissioning에 이용되는 On board test 개념으로 발전될 것이다. 그림 6은 On board test시 동적모사기 시스템의 구성에 대한 것이다. 여기서 On line mode(simulator)라 함은 실선의 제어계통과 실제 각종 공정(각종 센서, 밸브 등)과의 연결을 끊어버리고, 이를 공정을 모사하는 동적모사기 시스템과 연결하는 방식을 일컫는다. 이때 실

공정은 정지상태에 있고, 대신 동적모사기를 이용하여 각종 운전상태를 수행하며 제어계통을 테스트하게 된다. Off line mode의 경우에는 제어계통을 실선과 연결하여 전체 플랜트를 정상상태로 돌려놓고, 동적모사기 시스템의 자체의 제어 모듈 및 MMI를 이용하여 독립 상태(Stand alone condition)를 유지하게 된다. 이때 동적모사기 시스템은 Emulated 시스템을 구축한 상태가 되며, 이것을 운전원 훈련 및 교육 등에 이용할 수 있게 된다.

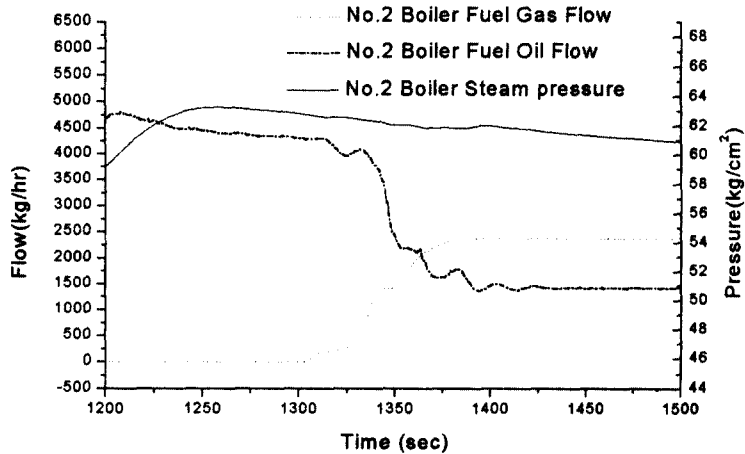


그림 4. FO - Dual 연료 모드 변화

20191030 11:45:48 1

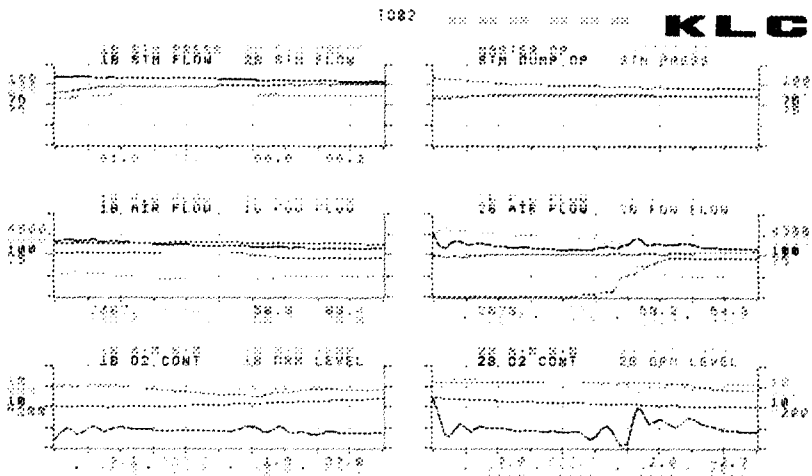


그림 5. DCS의 각종 제어 변수 추이

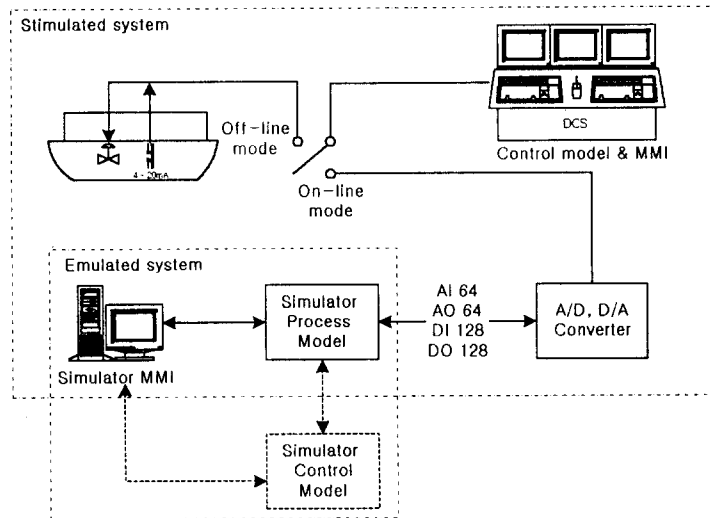


그림 6. On board test 시 동적모사기 시스템의 구성

5. 결론

현재까지 실험용 DCS와 동적모사기 시스템을 이용한 On line test 결과 제어 계통의 여러 가지 오류를 수정할 수 있었으며, 여러 단계의 운전원 훈련에서도 좋은 성과를 얻을 수 있었다. 이를 실선에 적용할 경우 제어계통에 대한 커미셔닝의 시간과 노력을 대폭 단축하는 것은 물론, 운전절차 개발 등에 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 또한 Off line mode를 이용하여 현장에서의 운전원 훈련 및 교육도 가능하게 될 것이다.

참고문헌

1. Yuming Zeng, O.P. Malik: "A Dynamic Emulator for Power System Control Applications", CCECE'96, IEEE, 458 (1996)
2. P. Groppelli, M. Maini, G. Pedrini, and A. Radice: "On Plant Testing of Control Systems by a Real-Time Simulator", Instrumentation in the Power Industry, Proceedings v 35, 169 (1992)
3. Roy Fray: "Compact Simulators for Fossil Fueled Power Plants", IEEE Spectrum Feb, 46 (1995)
4. Michael Otto Sullivan: "Dynamic Simulation Implements System Validation and Training", Chemical Processing July 1995, 49 (1995)