

# 초저온 액화 공정 플랜트 정상 운전 제어 로직 테스트 플랫폼 개발

김형진\*

\*고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

e-mail : hyoung@iae.re.kr

## Development of Normal Operation Control Logic Test Platform for Cryogenic Liquefaction Process Plant

Hyoung Jean Kim\*

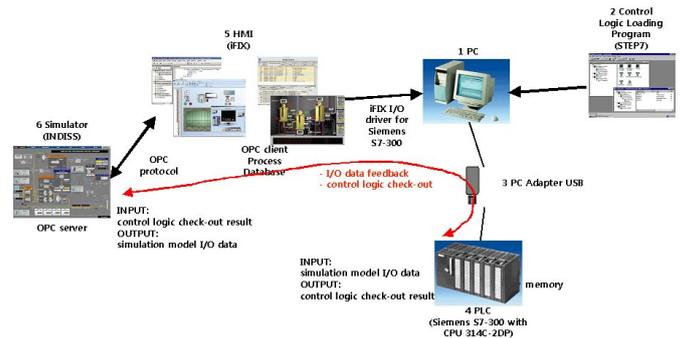
\*Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

### 요 약

초저온 액화 공정 플랜트의 정상 운전시 제어 로직을 사전에 점검할 수 있는 테스트 플랫폼을 개발하였다. 초저온 액화 공정 플랜트상의 주요 제어 대상 포인트 17 개를 선정하여 PID 및 cascade 제어 알고리즘을 구현하였으며 이를 시뮬레이터에 연결하여 제어 로직 계산 결과를 테스트하였다. 시뮬레이터에서는 제어시스템의 제어 로직에 대한 동적 반응 특성을 계산하여 제시함으로써 제어시스템의 제어 로직을 사전에 분석, 점검할 수 있도록 역할을 수행한다.

### 1. 서론

다른 모든 대형 플랜트와 마찬가지로 초저온 액화 공정 플랜트의 제어 로직을 사전에 점검하는 것은 위험과 비용의 절감이라는 목적을 위해 반드시 필요하다. 하드웨어 기반의 실제 제어시스템을 구축하는 것은 큰 위험과 비용이 따르기 때문에, 소프트웨어 기반의 가상 제어시스템을 구축하여 이를 사전에 점검하는 것이 근래의 추세이다. 본 연구에서는 초저온 액화 공정의 정상 운전 상태를 대상으로 제어 로직을 구현하고 동적 시뮬레이터와 연결하여 그 적절성을 점검할 수 있는 테스트 플랫폼을 구축하였다.



(그림 1) 초저온 액화 공정 플랜트 정상 운전 제어 로직 테스트 플랫폼 설계 및 구성

### 2. 테스트 플랫폼 설계 및 구성

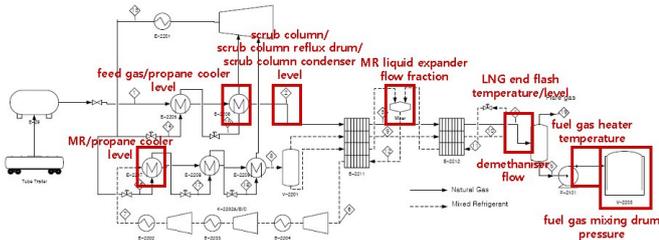
테스트 플랫폼 설계 및 구성은 동적 시뮬레이터와 제어시스템을 두 주축으로 하여, 두 시스템간의 연계를 통해 제어 로직 테스트 데이터를 교환할 수 있도록 하였다. 시스템간 데이터 통신은 ethernet 기반의 Object Linking and Embedding for Process Control (OPC) client-server 프로토콜을 사용하였고, Human Machine Interface (HMI)와 제어시스템간의 통신은 제어시스템 하드웨어에 맞는 Input/Output driver 를 사용하였다. HMI 의 기능은 단순히 화면상에 데이터를 가시화하는 것 이외에도 시스템을 연계하는 중계자 역할을 수행한다. 제어 로직 구현 소프트웨어는 제어시스템 하드웨어와 맞물려서 사용하기 때문에 하드웨어 벤더에서 제공하는 소프트웨어 개발툴인 STEP7 을 사용하여 개발하였다.

### 3. 테스트 플랫폼 구축 결과

그림 2 와 같이 Propane Pre-cooled Mixed Refrigerant (C3MR) 표준 초저온 액화 공정의 17 개의 주요 제어 포인트를 대상으로 제어 로직을 구현하였다. 공정상 주요 제어 포인트라고 판단되는 곳을 선정하였다. 실험 연료인 천연 가스 주입부인 scrub column 제어, 혼합 냉매 (MR) 비율 제어, 최종 생산물인 액화 천연 가스 (Liquefied Natural Gas) 생산량 제어, 연료 가스 제어, propane cooler 제어, 수분 제거 공정의 냉각기 제어 등을 주요 공정 제어 대상으로 꼽을 수 있다.

- scrub column 의 레벨
- scrub column reflux drum 의 레벨
- heavy MR 및 light MR 간의 유량 비율
- LNG end flash 의 온도

- LNG end flash drum 의 레벨
- demethanizer overhead 의 유량
- fuel gas heater 의 입력 및 출력 온도차
- fuel gas mixing drum 의 출력 압력
- feed gas/저압 propane cooler 의 레벨
- feed gas/중압 propane cooler 의 레벨
- feed gas/고압 propane cooler 의 레벨
- MR/저압 propane cooler 의 레벨
- MR/중압 propane cooler 의 레벨
- MR/고압 propane cooler 의 레벨
- MR/초고압 propane cooler 의 레벨
- dehydrator feed pre-chiller 의 레벨
- dehydrator feed pre-chiller 의 압력



(그림 2) 초저온 액화 공정 플랜트 정상 운전 제어 대상 포인트

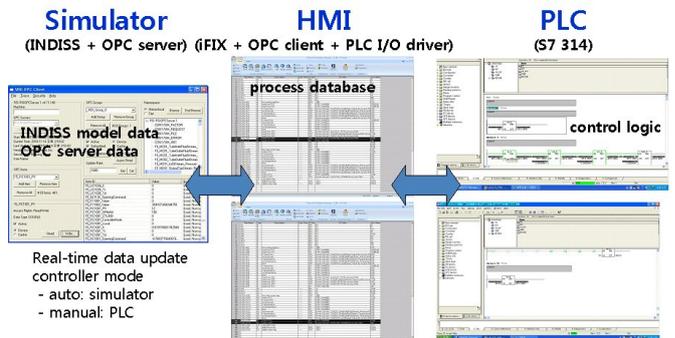
그림 3 과 같이 구현된 제어 로직은 테스트 플랫폼을 통하여 그 건전성을 사전에 점검할 수 있도록 하였다. 동적 시뮬레이터는 상용 제품인 INDISS 와 OPC server 의 조합으로 구성되었고 제어시스템은 Siemens 사의 S7-314 시리즈 PLC 제품으로 구축하였다. HMI 및 동적 시뮬레이터와 제어시스템간 연계 플랫폼은 HMI 상용품인 iFIX 와 OPC client, PLC I/O driver 로 구축하였다. 3 개의 시스템간에 양방향 실시간 데이터 통신이 이루어졌으며 이를 통해 제어 로직 테스트 플랫폼을 구현하였다.

제어시스템에서 설계 및 구현된 제어 로직을 HMI 를 통해서 동적 시뮬레이터와 연계하여 제어 로직 계산 결과 데이터를 제공하면 동적 시뮬레이터는 그 값을 입력값으로 받아들여 동적 특성 계산을 수행한다. 그 결과값을 다시 제어시스템으로 넘겨주면 제어시스템은 제어 로직에 의거하여 다시 계산을 수행해서 동적 시뮬레이터로 넘겨준다. 이런 식으로 계산 결과물 서로 피드백하여 주고 받는 가운데 일정 시간이 흐르면 시스템은 안정화된다. 안정화될 때까지의 데이터 트렌드를 분석하여 이 제어시스템의 제어 로직이 잘 설계 및 구현되었는지 여부를 판단한다. 판단 방법으로는 동적 시뮬레이터 단독으로 제어 로직을 구축하여 계산한 결과와 제어시스템과 연계하여 계산한 결과를 비교해볼 수 있다.

만일, 제어 로직이 제대로 설계되지 않았다고 판단 되면, 제어 로직을 수정, 보완하여 다시 이 테스트 플랫폼을 통해 수정된 제어 로직의 건전성을 테스트해 볼 수 있다. 이런 식으로 제어 로직을 여러 번에 걸쳐서 수정, 보완하여 궁극적으로는 최적화된 제어 로

직을 추출할 수 있다. 여러 번에 걸쳐 추가 비용없이 테스트 수행이 가능하기 때문에, 하드웨어 기반 실제 플랜트로 제어 로직을 검증하는 것보다 훨씬 위험과 비용을 줄일 수 있다.

제어 로직 테스트 시나리오에는 여러가지가 있을 수 있으나, 예를 들면, 자동에서 수동으로 제어 모드를 변경시켰을 때의 동적 시뮬레이터의 Process Variable (PV)값의 trend 와 수동 제어 모드에서 동적 시뮬레이터의 Set Point (SP)를 변경시켰을 때의 PV 값의 trend 를 살펴볼 수 있다. 그밖에도 다양한 테스트 시나리오를 수행할 수 있다. 본 논문은 이러한 다양한 제어 로직 테스트를 수행할 수 있는 플랫폼을 구축하였다는데 초점을 맞추었기 때문에 상세한 테스트 방법 및 결과는 본 논문의 범위를 벗어나므로 생략하겠다.



(그림 3) 초저온 액화 공정 플랜트 정상 운전 제어 로직 테스트 플랫폼 구축 결과

#### 4. 결론

초저온 액화 공정 플랜트의 정상 운전시 제어 로직을 사전에 점검할 수 있는 테스트 플랫폼을 개발하였다. 초저온 액화 공정 플랜트상의 주요 제어 대상 포인트 17 개를 선정하여 PID 및 cascade 제어 알고리즘을 구현하였으며 이를 시뮬레이터에 연결하여 제어 로직 계산 결과를 테스트하였다. 시뮬레이터에서는 제어시스템의 제어 로직에 대한 동적 반응 특성을 계산하여 제시함으로써 제어시스템의 제어 로직을 사전에 분석, 점검할 수 있도록 역할을 수행한다.

본 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원 플랜트고도화사업 LNG 플랜트사업단의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] 국토해양부 한국건설교통기술평가원, 가스플랜트 사업단 상세기획보고서, 2008
- [2] Herbert Krause, Virtual Commissioning of a Large LNG Plant with the DCS '800XA' by ABB
- [3] Invensys 사, Benefits of Using Dynamic Simulation and Training Systems for Expanding Operator Knowledge and Understanding