



Publication	Plant Technology Korea
Frequency	Monthly
Date	July 1, 2013
Headline	Adopting Plant Simulation to Achieve Safe Operations
Sub-header	The Latest Trends in Dynamic Simulation

Synopsis:

To tackle an increasingly competitive marketplace, companies need to achieve efficient plant operations while maintaining safe operations with reduced labor costs. Companies need to improve onsite capabilities; this can be achieved by utilizing conventional plant simulator in light of a challenging industry outlook. Dynamic simulation software usage is being increasingly utilized to ensure a series of safe, controlled processes and quality performance. This methodology is widely referenced in academic research as well.

AspenTech provides two kinds of dynamic simulation software with similar functionalities. The solutions include Aspen Plus Dynamics (an extension from Aspen Plus steady state models) and Aspen HYSYS. Dynamic simulation enables companies to run the safest processes very efficiently. However, adoption of this technology takes time and investment in labor, compared to steady state models. Thus, some users still choose solutions with high cost versus efficiency output.

To further the concept of dynamic simulation, customers need to make software evaluation a priority.

This ensures that technology is an integral part of the evaluation criteria establishment to examine safety and operations related issues.



플랜트 안정성을 위한 Simulator의 적용

- Dynamic Simulation의 최근 동향 -

플랜트를 안전하게 가동하기 위해서는 기계와 배관 등 다양한 장치들에 대한 시뮬레이션이 필요하다. 본 내용은 동적 시뮬레이션 소프트웨어의 트렌드를 소개한 것으로 세계적인 플랜트 시뮬레이션 솔루션 업체인 아스펜테크의 자료다. <편집자주>

자료제공 : 이원석 이사 · 진태환 차장 / 아스펜테크

1. 머리말

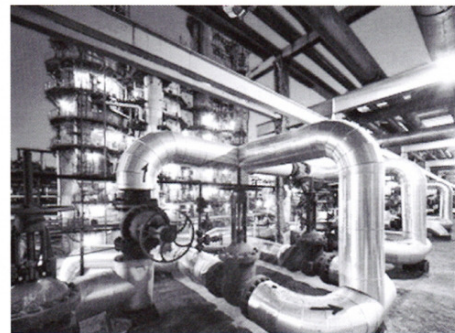
프로세스의 안정성, 제어가능성, 성능 개선 등의 검토를 위해 동적 시뮬레이션 소프트웨어(Dynamic Simulation Software)를 사용하는 것이 일반화되고 있으며, 학술 연구에도 광범위하게 이용되고 있기 때문에 많은 저널이나 논문에서 활용 사례들을 볼 수 있다.

다양한 소프트웨어가 시중에 나와 있지만, 2002년 아스펜테크(AspenTech)가 하이프로테크(HydroTech)사를 인수 한 후, 아스펜테크는 기능이 비슷한 두 종류의 동적 시뮬레이션 소프트웨어를 제공하고 있다. 하나는 아스펜테크가 기존에 제공하고 있던 정상상태(Steady state) 시뮬레이터 아스펜 플러스(Aspen Plus)의 동적 시뮬레이션 버전인 아스펜 플러스 다이내믹(Aspen Plus Dynamics)이고 다른 하나는 예전 하이프로테크사의 아스펜 하이시스 다이내믹(Aspen HYSYS Dynamics)이다.

아스펜 플러스는 폴리머(polymer), 전해질 등의 특수한 물성을 다룰 수 있다는 장점이 있기 때문에, 그와 같은 물질을 포함한 동적 시뮬레이션(Dynamics Simulation)에서는 아스펜 플러스 다이내믹을 선정하여 사용하는 경우가 많다. 또한, 아스펜 플러스

다이내믹은 방정식 기술에 의한 라이브러리 구축이 가능한 아스펜 커스텀 모델러(Aspen Custom Modeler)를 기반으로 만들어져 있어 사용자 모델(Customized Model)이 필요한 경우에는 보다 편리하다.

아스펜 하이시스는 정상상태 시뮬레이션(Steady State)과 동일한 플랫폼에서 동적 시뮬레이션을 실행할 수 있어 편리한 사용자 인터페이스와 간결한



조작성으로 잘 알려져 있다. 또한, 압력 유동해석(Pressure-Flow Solver)을 채용하고 있어, 대규모 프로세스의 동적 시뮬레이션을 비교적 쉽게 수행시킬 수 있다.

본 기고에서는 두 소프트웨어를 사용한 안전성, 조작성과 관련한 동적 시뮬레이션 사례들을 중심으로 최근 동향에 대해 소개하도록 하겠다.

2. 안전성을 위한 동적 시뮬레이션 (Dynamics Simulation)

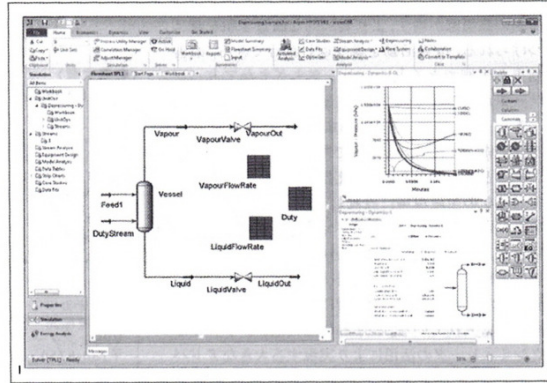
공장의 안전은 최고로 중요한 테마로서, 어떠한 상황에서도 공장의 안전을 보호할 수 있게 설계해야 한다. 플랜트의 안전설계를 위한 동적 시뮬레이션 (Dynamics Simulation)이 사용된 예로는 대표적으로 긴급상황에서 압력 릴리프의 검토가 있다.

화학 프로세스에서 진행되는 반응의 대부분은 발열반응이고, 회분식 반응기, 연속식 반응기의 형태와 상관없이 폭발의 가능성을 갖고 있다. 온도폭등의 원인으로는 냉매의 정지, 교반기의 정지로 인한 고온 스팟(spot)의 발생 및 과열 등을 고려할 수 있다.

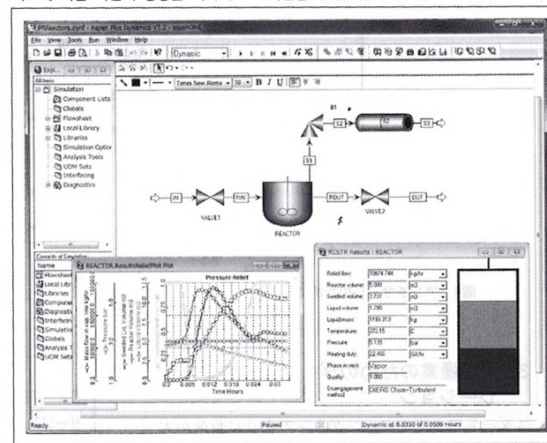
일반적으로 반응기의 조작온도가 정상 범위를 초과한 시점에서는 우회라인(Bypass)의 개방, 반응기 내용물의 방출 등 긴급조작이 진행되도록 설계되어 있다. 이러한 대응조작이 늦어지는 경우에는 반응이 제어력을 잃게 되고 최종적으로는 반응기의 기계적 파손을 일으키는 큰 재해가 발생하게 된다. 재해를 미연에 방지하기 위해서는, 각양각색의 시나리오로 긴급 시의 릴리프 시스템을 평가해 두는 것이 중요하다.

릴리프 시스템의 범위로 어디까지 고려해야 하는지에 대한 논의는 여러 형태가 있지만, 제일 간단한 시스템은 단일

〈그림 1〉 Aspen HYSYS의 Depressurizing Analysis의 예: Aspen HYSYS V8.0에서 Microsoft의 Ribbon Interface를 채용하였다.



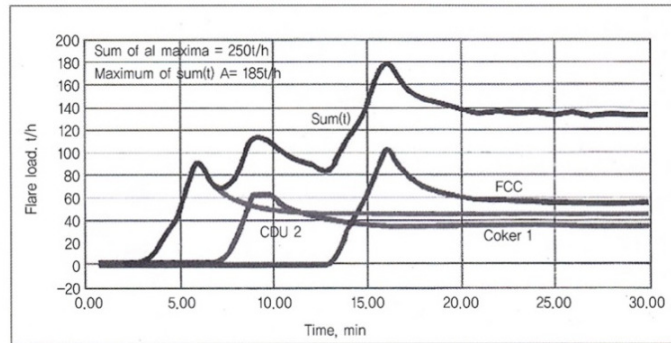
〈그림 2〉 Aspen Plus Dynamics를 이용한 반응기의 Pressure-Relief의 예: 기포에 의한 액면의 팽창을 시각적으로 확인할 수 있다.



압력용기만 고려할 때일 것이다. 아스펜 하이시스에는 정상상태 시뮬레이션의 선택 항목으로, 단일용기에서부터의 압력 릴리프의 검토를 간단히 실행할 수 있는 기능이 있으며, 광범위하게 이용되고 있다. 〈그림 1〉

〈그림 2〉는 릴리프 시스템의 범위를 넓혀, 릴리프 밸브에 연결된 배관계의 압력손실도 고려한 아스펜 플러스 다이나믹의 사례이다. 최근 릴리프 시스템의 범위로 압력용기 주변의 열교환기(Heat Exchanger)와 컬럼(Column) 등 장치 설비를 될수록 많이 포함하여 검토하는 경향이 있으며, 동

〈그림 3〉 여러 Process Unit으로부터 방출된 때의 플레어 부하 시뮬레이션 예.



적 시뮬레이션의 규모가 예전보다 많이 커지고 있다.

최근에는 비상밸브부터 플레어 팁(flare tip)까지의 플레어 배관 설계에도 동적 시뮬레이션을 사용하여 검토하는 경우가 있다. 일반적으로 플레어 배관의 설계에는 아스펜 플레어 시스템 애널리라이저(Aspen Flare System Analyzer)라고 하는 정상 상태 시뮬레이터를 사용하지만, 모든 프로세스 유닛으로부터 일시에 플레어 물량이 방출된다고 가정하는 최악의 시나리오는 과잉설계(over design)가 되고 만다.

〈그림 3〉은 각 시나리오 별로 복수의 프로세스 유닛으로부터 방출했을 때 플레어의 부하를 동적 시뮬레이션으로 계산한 예제이며, 플레어에 걸린 최대부하는 각 유닛 최대 부하의 단순한 합이 아닌 것을 알 수 있다. 이처럼 최근에는 동적 시뮬레이션을 이용하여 각각각색의 시나리오를 검토하고, 보다 현실적인 최대 부하량으로 플레어 시스템 설계가 진행되고 있다.

3. 조업성을 위한 동적 시뮬레이션

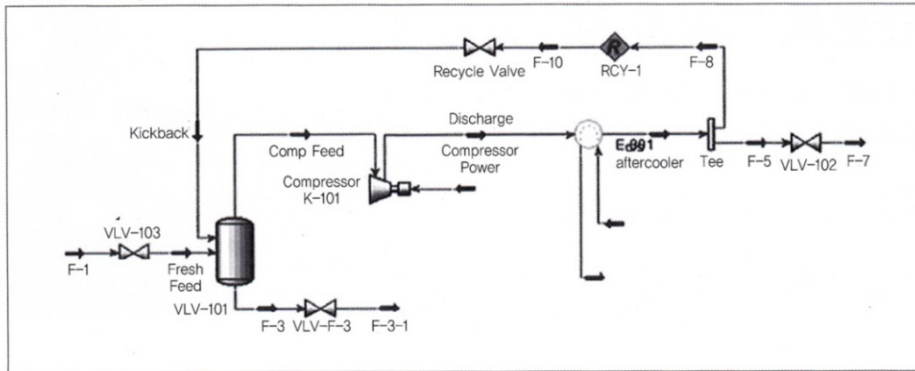
최근에는 운전개시와 부하조정처럼 부하가 크게 변동하는 경우에도 안정성과 운전효율을 유지할 것을 요구하고 있으며, 그러한 검토에 동적 시뮬레이션이 사용되는 경우가 많다.

특히, 원심 압축기는 안정하게 운전할 수 있는 조작범위가 제한되어 있어 써지(Surge)가 일어나지 않게 동적 시뮬레이션으로 검토하는 경우가 많다. 써지는 압축기 흡입 유량이 급격히 감소하여 압축기의 블레이드 및 샤프트(Shaft) 축방향 추력 균형 (Thrust balance)이 무너져 잡음을 동반한 갑작스런 진동이 생기는 현상으로, 최악의 상황으로는 압축기의 기계적 파손을 야기시키는 것을 말한다. 압축기가 써지 영역에 진입하지 않게 하기 위해서는 일반적으로 〈그림 4〉와 같이 배출라인으로부터 흡입라인으로 재순환하는 라인을 설계하여, 운전포인트가 써지 라인에 근접할 경우에 재순환 밸브를 열어 유량을 확보해야 한다.

압축기의 동적 시뮬레이션에서는 운전 개시와 부하변경, 트립(Trip) 과 같은 여러 가지 시나리오에서 운전 포인트가 항상 안정한 운전 조작범위에 있는지 검증할 수 있다.

압축기 외에도 분리벽(Divided Wall) 증류탑 등도 안정적인 운전이 가능한지의 여부를 동적 시뮬레이션으로 검토하는 사례가 늘고 있으며, 지속적으로 동적 시뮬레이션의 필요성이 높아질 것이라 생각한다.

(그림 4) Anti-Surge를 위해 Recycle line을 추가한 예.



4. 동적 시뮬레이션의 흥미로운 활용사례

최근의 동적 시뮬레이션을 활용한 흥미로운 시도로서, 아스펜 프로세스 컨트롤러(Aspen Process Controller) 아스펜 DMC플러스같은 다변수 예측제어 모델링에 사용한 사례가 있다. 다변수 예측제어 모델은 다변수에 대한 step 응답모델로 표현된다. 일반적으로 이런 다변수 예측제어의 모델은 실제 플랜트 데이터를 사용해 개발된다. 그 결과, 정상시 운전에서는 거의 움직이지 않는 운전변수에 대한 단계적 응답을 얻기 위해 실제 플랜트에서 단계테스트를 실행할 필요가 있다.

동적 시뮬레이션으로 플랜트 시뮬레이션을 구축할 수 있는 경우, 이론적으로 시뮬레이션만으로 다변수 예측제어 모델을 작성하는 것이 가능하다. 현실적으로 실제 플랜트에 대한 다변수 예측제어에 사용할 수 있는 모델을 시뮬레이션만으로 구축하는 것은 어렵지만, 동적 시뮬레이션은 비선형 동적 모델로 표현되어 있기 때문에, 다변수 예측제어 모델의 비선형성의 분석과 정확한 이해를 위해서 유용하다고 생각한다.

동적 시뮬레이션이 다변수 예측제어의 모델구축에 유용하다면, 역으로 실제 플랜트 데이터로부터 분류된 다변수 예측제어모델을 동적 시뮬레이션에 활용하는 것도 생각해 볼 수 있다. 동적 시뮬레이션을 운전자 훈련시스템(Operator Training System)으로 사용하는 것은 예전부터 진행되어 왔지만, 실제 플랜트의 동적 거동과 비슷하게 하

기 위해 동적 모델을 조율하는 것이 의외로 어려운 것이 사실이다.

만약, 실제 플랜트 데이터에서 얻은 다변수 예측제어모델과 이득(Gain), 지연(delay)이 동일하게 되도록 동적 모델의 증류탑 효율, 보유량(holdup), 계측장치의 지연(delay) 등을 조율(tuning) 할 수 있다면, 보다 현실에 근접한 플랜트의 거동을 동적 시뮬레이션으로 표현할 수 있게 될 것이다. 이런 방법으로 동적 시뮬레이션의 조율(tuning)을 신속하게 진행할 수 있게 되면, 운전자 훈련시스템의 보급 및 활성화에 크게 기여할 것으로 생각한다.

5. 금후의 과제

동적 시뮬레이션은, 프로세스 안전성, 조업성의 검토를 위한 유효한 방법이며 앞으로도 계속하여 활용될 것이다. 그러나, 정상상태 시뮬레이션에 비해 많은 시간과 인력이 요구되기 때문에 비용 대비 적용 효과가 큰 영역을 찾아야 할 것이다.

앞으로도 동적 시뮬레이션의 효율적인 운용기술이 요구되는 동시에, 시뮬레이션에서 얻어진 결과에 대한 평가를 어떻게 적용/실행할 것인가도 부각될 것이다. 특히 안전성 검토 결과에 대한 평가기준의 확립이 중요해 질 것이라고 생각한다. ☞