

동적거동에서 3 by 3 제어루프를 바탕으로 HYSYS 를 사용한 헥산분리공정 열복합증류탑 운전 최적화

김광일, 남기문, 이성근, 김영한¹, 황규석*
부산대학교 화학공학과
¹동아대학교 화학공학과
(kshwang@pusan.ac.kr*)

Control System Design and Optimization Based on 3 by 3 Control Loop of Hexane Process Using Fully Thermally Coupled Distillation Column in Dynamic State

Kwang Il Kim, Ki Moon Nam, Sung Gun Lee, Young Han Kim¹, Kyu Suk Hwang*
Department of Chemical Engineering, Pusan National University
¹Department of Chemical Engineering, Dong A University
(kshwang@pusan.ac.kr*)

서론

석유화학공장의 분리공정 중 약 95%가 증류공정으로 이루어져 있으며 미국의 경우 약 40,000 개의 증류탑이 가동되고 있고 이는 미국의 전체 에너지 소모량의 3%에 해당된다. 이러한 통계에 비추어 화학공장에서의 에너지절감 특히 증류공정에서의 에너지 절감은 국가 전체의 에너지 소모량에 대한 비중이 크기 때문에 공정의 운전시 소모되는 에너지의 절약은 그 효과가 대단히 크다. 이러한 의미에서 증류공정에 있어서의 에너지 절약을 효과적으로 달성할 수 있는 열복합 증류탑의 연구가 절실하다. 열복합 증류탑(Fully Thermally Coupled Distillation Column:FTCDC)의 실용적인 이용은 설계와 운전이 어려워 최근에서야 구체화되었다. 이 증류탑은 3 성분계 혼합물을 분리하는 공정에서 1 개의 증류탑에 reboiler 와 condenser 를 가지지 않는 보조 증류탑(prefractionator)을 사용함으로써, 이전 방식에 비하여 약 30% 이상의 에너지 절약효과를 가진다[2,3]. Hexane 혼합물을 분리하는 열복합 증류탑의 경우 HYSYS 프로그램을 이용한 simulation case 를 설계한 기존의 연구 논문을 바탕으로 종래의 증류탑과 열복합 증류탑을 simulation 함으로써 두 경우를 비교, 분석한다. 그리고 동적모사를 통해서 기존의 연구논문에서 설계한 Hexane Process 를 안정적으로 제어할 수 있는 제어구조를 찾고, 효율적인 운전설계를 목표로 한다[1].

본론

1. 동적 모사를 통한 Hexane Process의 제어와 운전

동적 모사를 통해서 기존의 연구논문에서 설계한 hexane process를 안정적으로 제어할 수 있는 제어구조를 찾기 위해서 HYSYS의 dynamic mode를 사용하여 대상 공정을 simulation한다. dynamic mode에서의 simulation결과는 Table 3과 같다.

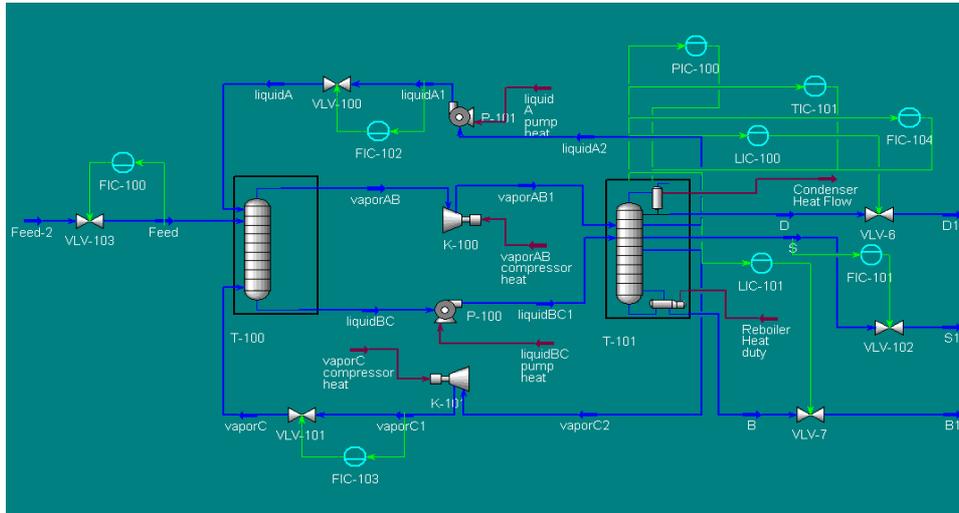


Fig. 1 FTCD in Dynamic Mode

Fig.1 의 공정도는 3 by 3 제어구조에 따라 설계되었다. Table 1.에서 각각의 제어변수인 각각의 생산물의 조성은 각각의 조절변수에 따라 변화한다. 하지만 이 중 side 의 n-hexane 의 조성은 실제로 공정이 결정되면 거의 변화하지 않으며, 탑의 단수에 의해서 결정된다.

Table 1. 3 by 3 제어구조.

제어변수	중간의 n-hexane 조성	하부의 n-heptane 조성	상부의 n-pentane 조성
조절변수	탑 중간 제품유량	Reboiler steam유량	탑 상부 제품 유량

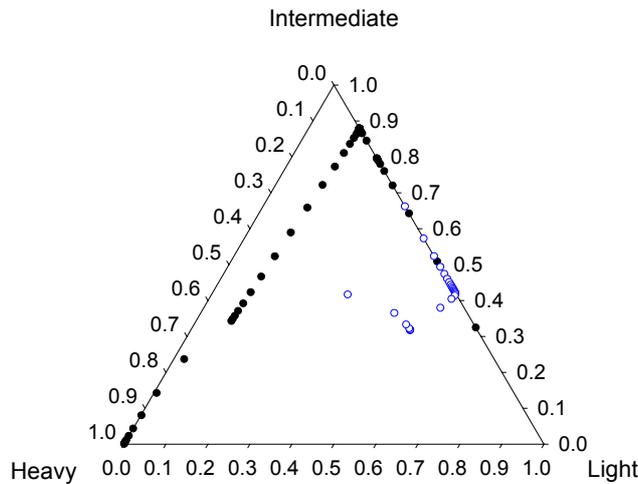


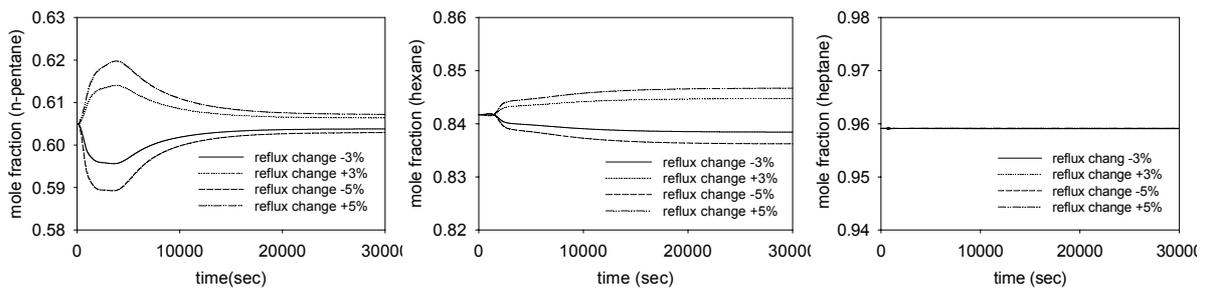
Fig. 2 Liquid Composition of Prefractionater and Main column

Table. 2 동적 거동상태와 정적 거동상태에서의 결과비교.

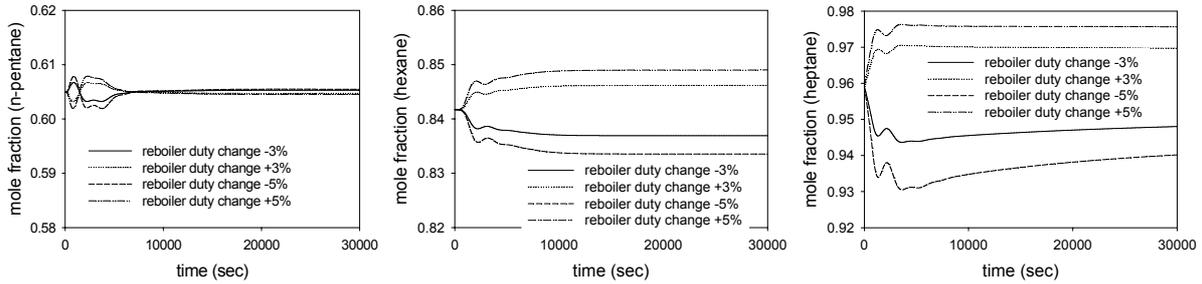
Name	Dynamic state Molar Flow [kg-mole/h]	Dynamic state 제품의 몰농도	Steady state Molar Flow [kg-mole/h]	Steady state 제품의 몰농도
Feed	98.75		98.75	
D	55.68	n-pentane 0.6054	57.53	n-pentane 0.6148
S	25.01	n-hexane 0.8335	23.32	n-hexane 0.8998
B	17.98	n-heptane 0.9591	17.90	n-heptane 0.9559
Liquid A	18.29		25.00	
Vapor C	28.31		94.00	
Vapor AB	42.29		95.21	
Liquid BC	97.49		122.54	
Reflux	132.48		132.32	

Table 2 에서 동적 거동에서 제품 조성은 위 제어구조에 따라 설계된 hexane process를 충분한 시간 동안 시뮬레이션하여 steady state 상태가 되었을 때의 조성이다.

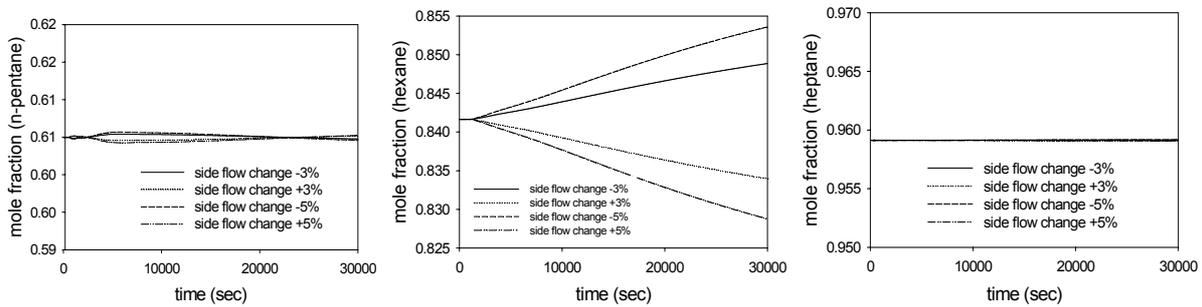
Reflux step change에 따른 조성변화응답



Reboiler heat duty step change에 따른 조성변화응답



Side flow step change에 따른 조성변화응답



결론

본 연구는 hysys 프로그램을 사용하여 열복합 증류탑의 에너지 절약효과를 알아보고 열복합 증류탑을 안정적으로 제어하기 위한 제어구조를 찾아 실제공정에 적용 가능하게 만드는 것에 목적이 있다. 동적거동 상태에서 각각의 제어기를 설치하여 설계된 제어루프를 공정에 적용시켜서 simulation 시킨 결과 제품 조성에 약간의 변화가 발생한 것 외에는 기존의 논문과 비교하여 비슷한 결과를 얻었다. 이로써 본 연구에서 제안된 제어루프는 타당하다고 할 수 있다. 3 by 3 제어구조를 설계하기 위해서 Reflux, Side Flow, Reboiler heat duty의 양을 일정한 간격으로 변화시켰다. 그 결과 상부의 조성변화에 가장 많은 영향을 주는 변수는 Reflux rate, 중간의 조성변화에 많은 영향을 주는 변수는 Side Flow, 탑 하부의 조성변화에 가장 많은 영향을 주는 변수는 Reboiler heat duty라는 것을 확실하게 알 수 있다. 하지만, Reflux와 Reboiler heat duty의 변화가 탑 중간의 hexane 조성에 영향을 어느 정도 주는 것이 효율적 제어의 문제점이다.

참고문헌

- [1] <Design of a Fully Thermally Coupled Distillation Column for Hexane Process Using a Semi-Rigorous Model> 2004 Young Han Kim, Kyu Suk Hwang and Masaru Nakaiwa
- [2] <동적모사에 기초를 둔 열복합증류탑의 운전과 제어> 2004,2 옥대석
- [3] <BTX 분리용 열복합증류탑의 운전특성 및 동적모사에 관한 연구> 2003 이성훈