

다단병렬 왕복식 압축기 시스템의 서지 방지와 운전성 향상을 위한 제어 방법†

김석준 · 이문용* · 박선원**

SK주식회사

*영남대학교 화학공학부

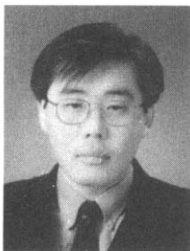
**한국과학기술원 화학공학과

1. 서 론

왕복식 압축기는 일반적으로 고압축비(압축비 2~12)를 요구하는 고압공정에 널리 사용되는 압축기 형식으로서 요구되는 압축비를 만족시키기 위해 종종 여러 개의 압축기를 직렬로 연결하여 사용하며 아울러 토출량의 한계 때문에 대용량의 처리를 위해서는 병렬 형태로 설치하여 사용하게 된다. 이러한 다단병렬 왕복식 압축기 시스템은 중질유 분해공정이나 탈황공정 등과 같이 대량의 기체를 고압으로 압축공급해야 하는 정유 및 석유화학 공정에 널리 사용되고 있는 산업적으로 매우 중요한 장치이다^{1,2)}.

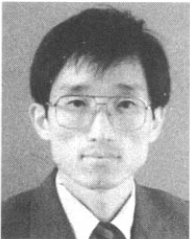
이와 같이 압축기 시스템이 다단병렬로 구성된 경우 단(stage) 간 및 흐름(stream) 간의 상호간섭작용에 의해 시스템의 동 특성이 매우 복잡해지고 이에 따라 시스템의 제어와 운전이 어려워진다. 특히 흐름 간의 압축 효율이 설계

시에는 대칭적으로 설계되었다라든가 현장 설치 후에는 대부분 비대칭적인 양상을 보이게 되어 운전을 더욱 어렵게 하게 된다. 이러한 압축기 시스템에 대한 제어는 기본적으로 다음과 같은 기능이 효율적으로 수행되어야 한다: 첫째, 정상운전 시 하부공정에서의 기체 수유량 변동에 대해 안정적인 기체공급을 수행하여 하부공정의 압력을 가능한 일정하게 유지하는 수요제어 기능; 둘째, 비정상 상황 발생 시 특히 상부공정에서의 기체공급에 문제가 발생했을 때 신속하고 안정되게 각 단과 각 흐름에서의 압축기에 대한 서지(surge) 발생을 방지하는 서지방지 제어 기능; 그리고 이들 모드 간의 유연한 자동 전환이 이루어져야 한다. 특히 서지방지 기능은 제대로 이루어지지 못하는 경우에는 전체 공정의 불안정화는 물론이고 압축기 시스템 자체의 기계적 손상을 유발하게 되며 이에 따른 장기적인 공정 가동중지를 초래할 수 있기 때문에 무엇보다도 우선되어야 하는 기능이라 할 수 있다. 왕복식 압축기의 토출량을 제어하는 방법에는 측로를 통한 가스의 흡입부로의 환원 즉, spill-back에 의한 방법이 가장 일반적이다. 현재까지 산업체에서 다단병렬 압축기 시스템의 spill-back 제어를 위해 적용되어 온 제어 구조로는 선택제어와 구간분할제어가 있다. 그러나 이들 제어구조는 정상운전에서는 별 문제가 없으나 상부공정에서 공급되는 기체의 급작스런 감소 시 서지방지 제어 모드로의 전환에 역응답이 발생할 수 있다는 문제점을 가질



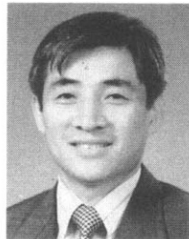
김석준

- 1996 한국과학기술원 화공과(박사)
- 1996-현재 SK(주) 생산기술센터 화학기술팀 선임연구원



이문용

- 1982 서울대 화공과(학사)
- 1984.91 한국과학기술원 화공과(석박사)
- 1984-94 (주)유공 울산연구소 공정연구실
- 1994-현재 영남대 화공과 교수



박선원

- 1970 서울대 화공과(학사)
- 1974 Oklahoma주립대 화공과(석사)
- 1979 Texas, Austin 화공과(박사)
- 1987 Houston-Clear Lake 경영학(석사)
- 1979-88 Hoechst Celanese, Inc. 연구원
- 1988-현재 한국과학기술원 화공과 교수

†장근수 교수 은퇴기념

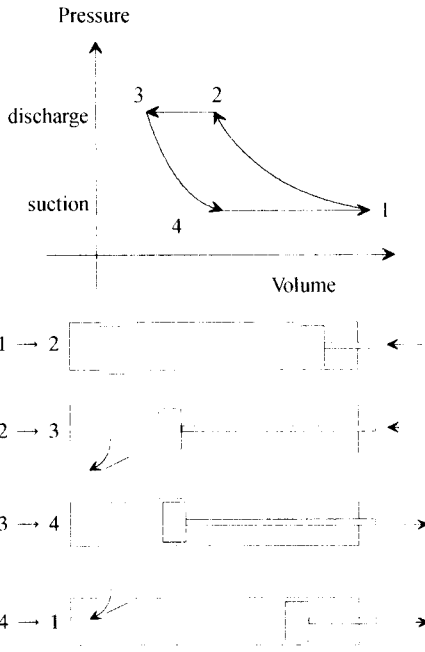


Fig. 1. Working mechanism of a reciprocating compressor.

수 있다. 특히 이로 인해 압축비가 허용치 이상이 될 경우 토출부의 온도 과다 상승, 압축기 기계부분 손상과 motor 과부하 등이 유발되어 압축기에 치명적 손상을 가져올 수 있다. 따라서 비상시에는 운전원이 상황을 판단하여 현장에서 압축기의 수동으로 가동중지시키기도 하고 혹은 자동 가동중지 로직이 발효되기도 한다. 이러한 경우 운전원의 실수

나 신속치 못한 대응 시 압축기 손상이나 전 공정 불안정화 등을 야기할 수 있고 상부공정의 안정 시에 하부공정이 정상상태로 자동 복귀하는 것도 어려워지게 된다.

본 연구에서는 이와 같은 다단병렬 왕복식 압축기 시스템에 대하여 기존의 제어방법이 가질 수 있는 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 새로운 제어구조를 제시하고자 함을 그 목적으로 한다. 이를 위하여 다단병렬 압축기 시스템에 대한 정밀한 동적 모델을 구성하고 이를 이용하여 제안된 방법과 기존의 제어구조들의 제어성능을 비교 분석하였다.

2. 다단병렬 왕복식 압축기 시스템과 조업조건

왕복식 압축기의 동작원리는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 압축기의 피스톤이 왕복식 운동을 하며 흡입구의 기체를 압축하여 토출구로 배출한다. 이때 기체는 PV 도표에서 보는 바와 같이 단열 압축된다. 이와 같은 왕복식 압축기로 구성된 다단병렬 압축기 시스템의 예를 Fig. 2에 나타내었다. 상부공정은 개질공정 등과 같이 비교적 저압에서 기체를 생산하는 공정으로서 용량이 따라서는 몇 개의 공정이 병렬로 가동되기도 한다. 한편 생산된 기체 중 일부는 정상 운전 시 압축시스템 흡입부의 total balance drum의 압력제어를 위해 flare system이나 연료가스 공정으로 배출되며 이때 배출량은 balance drum의 압력제어가 가능한 범위내에서 최소화시켜 운전함으로써 기체 손실을 최소화하게 된다. 하부공정은 고압에서 기체를 소모하는 공정이며 서로 다른 몇 개의 독립적인 공정이 병렬로 압축기 시스템과

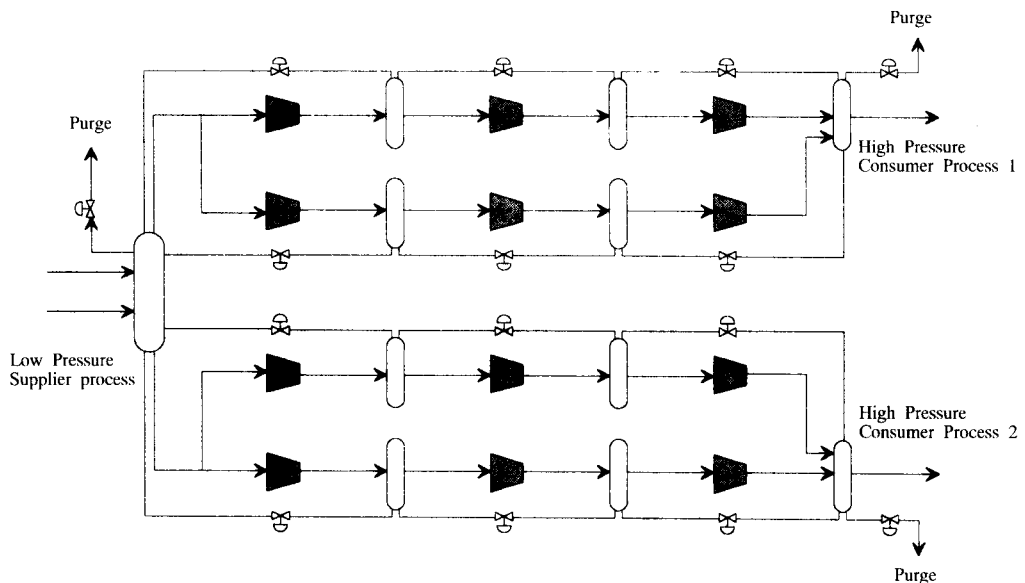


Fig. 2. Schematic diagram of a multistage-multistream compressor system.

Table 1. Specification and operation condition for dynamic simulation

용기 크기	balance drum	2.0 m ²	
	중간용기 1	0.2 m ²	
	중간용기 2	0.2 m ²	
	고압공정	200.0 m ²	
압력	balance drum	8 atm	
	중간용기 1	20 atm	
	중간용기 2	40 atm	
	고압공정	80 atm	
유량	저압공급	210 mole/s	
	고압 1 공정	120 mole/s	
	고압 2 공정	80 mole/s	
Spill-back valve의 C _v	SP1	0.014980 s/mole	
	SP2	0.003710 s/mole	
	SP3	0.000929 s/mole	
압축기 rpm		3000	
압축기 부피	첫 번째 압축기	V ₁	0.0050 m ³
		V ₀	0.0005 m ³
	두 번째 압축기	V ₁	0.0020 m ³
		V ₀	0.0002 m ³
	세 번째 압축기	V ₁	0.0010 m ³
		V ₀	0.0001 m ³

연결되어 있다. 본 연구에서 대상으로 삼은 다단병렬 왕복식 압축기 시스템은 두 개의 서로 다른 하부공정에 수소를 공급하는 두 개의 압축 라인(line)을 갖고, 각 라인은 각각 두 개의 흐름으로 구성되어 있으며, 각 압축 흐름에서는 세 개의 압축기를 이용하여 단계별로 수소를 압축하고 있다. 각각의 압축기에서 압축된 수소기체는 뒤따르는 냉각기를 통하여 냉각된 후 buffering과 액체 제거를 위한 중간용기를 거쳐 다음 단으로 넘어가게 된다. 각 압축기에는 압축기 전후의 압력을 조절하기 위한 fail-open 방식의 spill-back 밸브가 설치되어 있다. Table 1에 본 연구에서 대상으로 한

다단병렬 왕복식 압축기 시스템의 사양 및 정상상태 조업 조건들을 정리하였다.

3. 다단병렬 시스템의 제어구조

압축기 시스템의 제어문제는 크게 정상운전과 서지방지이다. 정상운전은 공정에 큰 이상이 생기지 않은 상태에서 상부공정과 하부공정에서의 수요, 공급의 일반적 변동에 대하여 공정의 압력을 설정치로 유지하는 것이고, 서지방지는 상부공정에서의 이상에 의해 기체공급의 급격한 감소가 발생할 때 압축기가 서지에 걸리는 것을 방지하는 것이다. 따라서 서지방지에서의 일차적 제어목표는 공정의 이상 발생시 압력 강하 폭을 최소화하는데 있다. 이 절에서는 이러한 다단병렬 시스템을 위해 기존에 적용되어 온 선택제어(selective control)와 구간분할제어(split-range control)에 대하여 가능한 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 앞먹임구조변환제어(feedforward variable-mode control) 방법을 제안하고 그 특성을 살펴보도록 한다.

3-1. 선택제어

Fig. 3은 선택제어 구조의 예를 보이고 있다. 그림에서는 설명의 편의상 한 개 흐름에 대해서만 제어구조를 표시하였다. 각 단의 흡입부에는 정상운전 제어기와 서지방지 제어기가 설치되어 있으며, 각각 전단으로 spill-back 되어 가는 밸브와 후단에서 spill-back 되어 오는 밸브를 제어하는 제어루프를 구성하고 있다. 이때 두 제어기는 다른 설정치를 갖게 되는데 정상운전 제어기의 설정점에는 정상 운전치를 설정하고 서지방지 제어기에는 서지방지를 위한 하한 값으로서 정상운전 제어기 설정점보다 약간 낮은 값으로 설정해 주되 정상운전 시의 압력제어 변동폭보다는 크지만 서지방지가 신속히 일어날 수 있도록 적절히 정해 주게 된다.

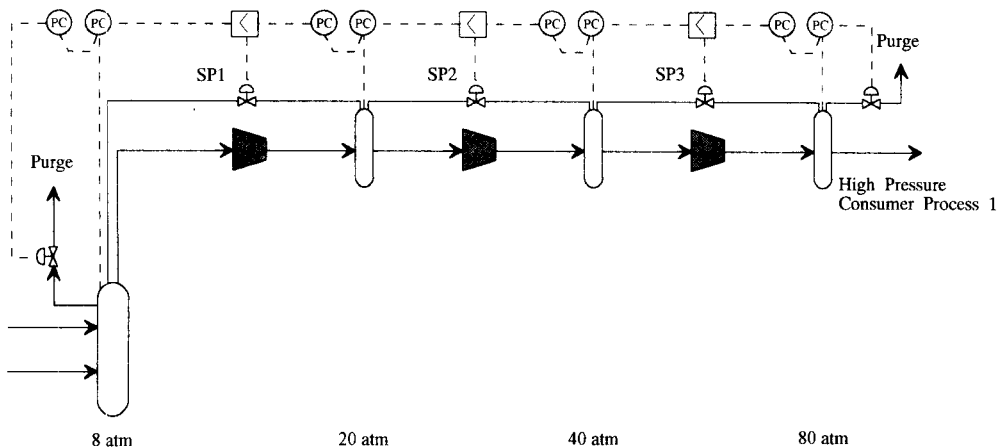


Fig. 3. Selective control scheme.

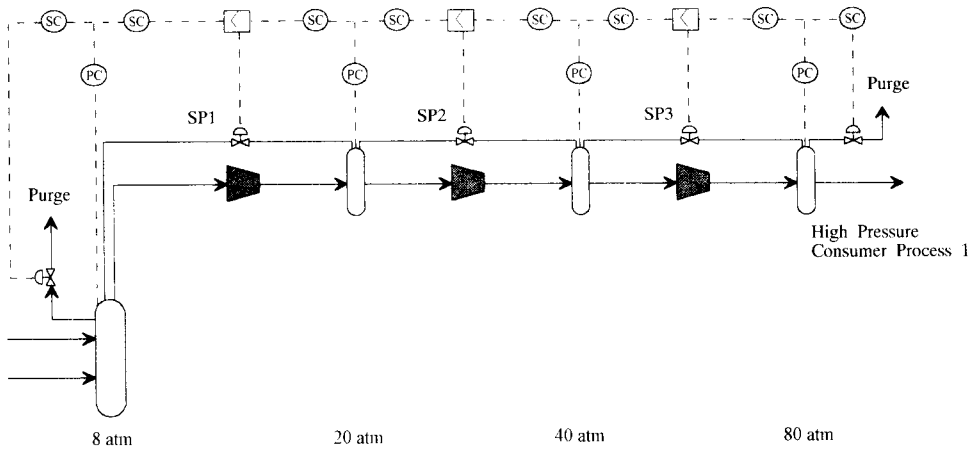


Fig. 4. Split range control scheme.

각 단의 spill-back 밸브는 전단의 서지방지 제어기와 후단의 정상운전 제어기에서 오는 제어기 신호를 low selector를 통해 선택하여 조작된다. 따라서 정상운전의 경우에는 각 단의 spill-back 밸브는 정상운전 제어기에 의해서 압축기 토출부의 압력을 제어하는데 할당되며 서지방지 제어기들은 reset-windup 현상에 의하여 100%로 포화되어 있게 된다. 만약 상부공정이나 단간에서 급작스런 압력 저하가 발생하면 서지방지 제어기들의 제어신호가 줄어들

게 되어 제어 선택권이 서지방지 제어기들로 넘어가게 되며 따라서 spill-back 밸브는 압축기 보호를 위한 서지방지 제어기에 의해 작동되게 된다. 그러나 서지방지 제어기의 제어신호 포화로 인하여 제어 선택권이 바뀌기까지는 어느 정도 시간이 걸리게 되며 그 과정에서 제어신호의 역작용이 발생하게 되고 따라서 서지가 발생할 소지가 크다.

3-2. 구간분할제어

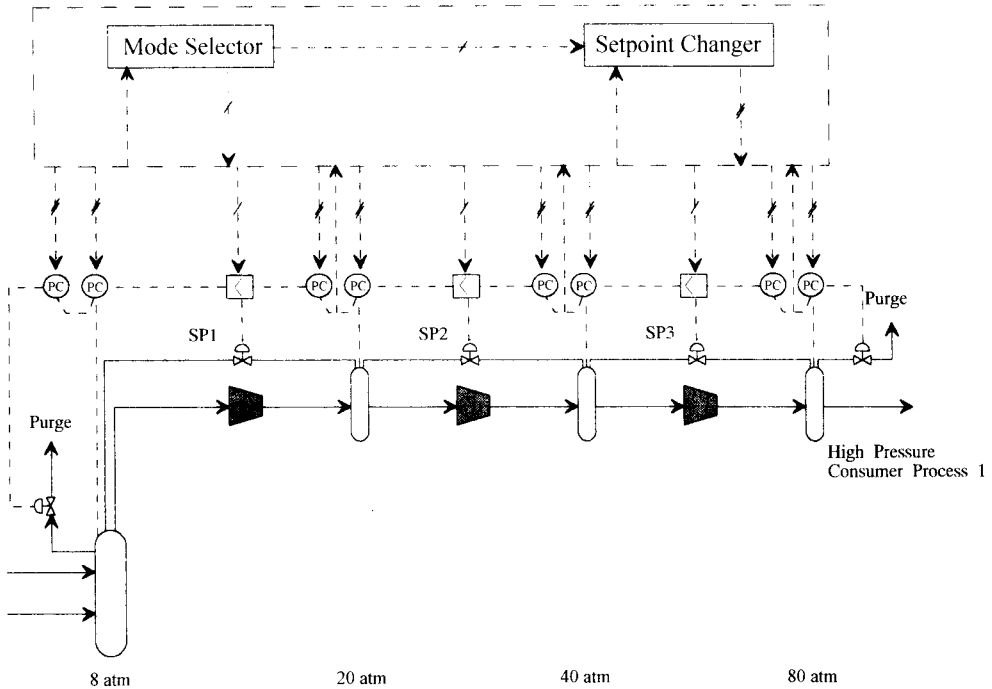


Fig. 5. Feedforward variable mode control scheme.

Fig. 4는 현재 다단병렬 압축기 시스템 제어에 널리 사용되고 있는 또 다른 제어구조인 구간분할 제어를 보여주고 있다. 이 경우 각 단에서의 제어기는 한 개로 줄어드는 장점이 있다. 각 단에서의 제어신호는 설정된 구간에 따라 전단으로 가는 spill-back 밸브와 후단에서 오는 spill-back 밸브로 나뉘어 가게 되며 각 단의 spill-back 밸브는 low selector에 의해서 선택된 제어신호에 의해 조작되게 된다. 이 제어구조의 경우에도 정상 운전시에는 토출부의 압력은 전단으로 가는 spill-back 밸브에 의해 제어되게 되며 압력강하 발생 시에 후단에서 넘어오는 spill-back 밸브로 제어선택권이 바뀌게 된다. 이러한 구간분할제어구조도 선택 제어와 비슷한 현상이 발생하게 되는데 즉 압력 강하 시에 제어기 선택 지연과 제어신호의 역응답을 가지게 된다.

3-3. 앞먹임 구조변환제어

본 연구에서 제안하고자 하는 이 제어구조는 구조면에서 선택제어와 동일하나 low selector 대신 구조 선택기(mode selector)를 사용하고 있으며, 설정치 변환기(setpoint changer)가 추가되어 있다. Fig. 5는 제안된 앞먹임 구조변환제어의 제어구조를 보여주는데, SS는 지역 선택기(local selector)이다. 그림에서 점선 사선은 각 블락들 간의 신호선을 나타내는데, 빗금이 한 개 있는 선은 제어방식을 전달하는 신호선이고, 두 개 있는 선은 설정치 변화를 전달하는 신호선이고, 빗금이 없는 선은 공정압력을 전달하는 신호선이며, 복잡성을 피하기 위하여 점선 사각형 안에서는 대표적인 신호선만을 표시하였다. 즉 구조 변환기는 각 용기의 압력을 입력받고 제어방식을 각 지역 선택기와 설정치 변환기에 전달하고, 설정치 변환기는 각 용기의 압력과 제어방식을 입력받고 각 제어기들에게 변화된 설정치를 전달한다.

구조 선택기는 정상운전 제어모드와 서지방지 제어모드 간의 변환이 같은 흐름에서는 동시에 일어나도록 제어방식을 결정하고, 설정치 변환기는 서지방지 구조 선택기에 의하여 서지 제어방식이 결정되었을 때 설정치 변화를 통하여 전단의 정보를 후단에 전달하도록 되어 있다.

정상 제어모드에서는 토출부 압력의 제어가 전단으로 가는 spill-back 밸브에 의해 수행되며 이때 전단의 서지방지 제어기는 후단의 정상운전 제어기의 신호로 초기화(initialization)하고 있게 된다. 한 흐름에서 어느 단의 압력이 서지 설정점보다 떨어지게 되는 순간 그 흐름의 제어구조는 구조 선택기에 의하여 서지방지 구조로 전환되어 모든 제어선택권이 각 단의 서지방지 제어기로 넘어가게 된다. 또한 설정치 변환기가 서지가 일어난 단의 후단 제어기들의 설정치를 변화시켜 준다. 각 단에서 설정치 변화량은 이전 단들의 제어변수 오차($e=r-y$) 중에서 가장 큰 값이며, 이 값을 정상운전 제어기의 설정치에서 빼주고 서지방지 제어기의 설정치에 더해준다. 이때 정상운전 제어기들은 서지방지 제어기의 제어신호로 초기화하고 있게 된다.

구조변환제어는 기존의 제어방식들과 비교하여 크게 두 가지 면을 개선하였다. 첫째, 구조 선택기를 사용함으로써 제어기 동작의 역응답과 제어모드 전환의 시간지연을 방지한다. 공정 이상 발생 시 서지를 방지하려면 고압부에서 저압부분으로 압축기체를 빠르게 역송시키는 것이 필요한데 기존 방식에서는 공정에 발생한 이상이 고압부분으로 전달되는 시간이 필요하게 되고 이 시간 동안 제어기는 서지가 발생하는 쪽으로 역 작용을 하게 된다. 반면 구조변환 제어는 공정에 이상이 발생하면 한 흐름의 모든 제어기가 동시에 서지방지 제어방식으로 변환되기 때문에 보다 빨리 고압기체를 이상이 있는 저압부분으로 이동시킬 수 있다. 둘째, 이 제어방법은 설정치 변환기에 의하여 서지가 일어난 단의 후단 제어기들의 설정치를 변화시켜 줌으로써, 더 많은 양의 후단의 고압기체를 공정이상 발생된 저압부분으로 강제적으로 이동시켜주는 역할을 하게 된다. 설정치 변화를 제어오차에 비례적으로 설정하기 때문에 효과적이며 유동적으로 앞먹임 기능을 수행할 수 있다.

4. 압축기 시스템 동적 모델링

본 연구에서는 복잡한 다단병렬 왕복식 압축기 시스템의 동적 거동을 정밀하게 파악하고 각각의 제어구조에 대한 제어성능을 정량적으로 알아보기 위하여 동적 모델링을 수행하였다. 한 압축기에 대한 모델은 Fig. 6에서 보듯이 압축기, 중간용기와 spill-back 밸브로 구성되었다. 중간용기는 물질수지식을 이용하여 동적모사를 수행하였으며, 압축기와 spill-back 밸브는 준 정상상태를 가정하여 수학적 모델로부터 모사기의 적분 시간 동안에 이동되는 물질의 양을 계산하였다. 공정에 설치된 여러 개의 냉각기가 전체공정을 항상 항온으로 유지하고 있다고 가정하여 대상공정의 에너지수지식은 고려하지 않았다. 또한 모사에 필요한 사양 및 조업조건은 실제 공정의 값⁴⁾을 이용하였으며 구체적인 값은 Table 1에 도시된 바와 같다. 모사에 사용된 주요 식은 다음과 같으며 이들을 각 단과 흐름에 대해 세우고 각 제어구조에 따른 식을 포함한 연립 미

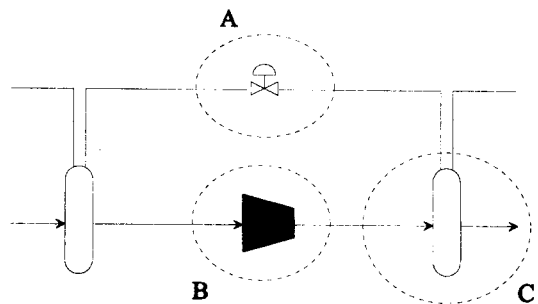


Fig. 6. Main component of a compressor dynamic simulator.

분대수 방정식을 풀음으로써 전체 시스템에서의 동적 거동을 구하였다.

$$\text{중간용기} \quad \frac{dm}{dt} = \sum_i m_i \quad (1)$$

$$\text{spill-back 밸브} \quad q = C_v f(l) \sqrt{\frac{\Delta P_v}{g_s}} \quad (2)$$

$$\text{압축기} \quad m_i = \frac{P_s V_i - P_d V_0}{RT} \times \text{RPM} \quad (3)$$

여기서, m 은 mole, t 는 시간, q 는 유량, C_v 는 밸브용량계수, l 은 valve opening, ΔP_v 는 용기의 압력, g_s 는 기체밀도를 나타낸다. 또한, P_s 는 흡입구 압력, P_d 는 토출구 압력, V_i 는 압축기 실린더 최대 부피, V_0 는 압축기 실린더 최소 부피, R 은 기체상수, T 은 온도이고, RPM은 피스톤의 왕복속도이다.

5. 동적모사 결과

구성된 다단병렬 압축기 시스템 동적모사기를 이용하여 앞서 소개된 제어구조의 성능 및 특성을 분석하였다. 한편 동적모사에서 각 중간용기의 압력은 압력에 비례하여 표준편차가 1%인 Gaussian noise 형태의 측정 및 공정 잡음을 가정하였으며 압력측정에 exponential filter를 사용하였다. 정상운전(즉 수요제어 모드)에서는 기존의 제어구조나 제안된 제어구조가 동일한 제어성능을 보이게 된다. 그러나 상부공정에서의 입력강하 이상이 발생할 시에는 각 제어구조가 구조 특성상 매우 다른 양상을 보이게 된다. 이때의 각 제어구조의 동적 거동을 모사하기 위해 압축기 시스템에 공급되는 수소의 양이 정상상태에서 갑자기 170 mole/s로 줄어드는 경우에 대하여 공정응답을 비교하였다. 상부공정에서의 공급량이 줄어들게 되면 압축기 전후의 중간용기의 압력이 떨어지게 되고 심한 경우 압축기에 서지가 발생하게 된다. 만약 기체 공급량의 강하가 장시간 계속되는 경우에는 궁극적으로는 압축기의 부하를 줄여 하부공정으로의 이송량을 줄여주어야 하는데 이는 일반적으로 운전원에 의하여 현장에서 수동으로 동작된다. 그러므로 이 경우 spill-back 밸브를 이용한 서지 방지의 범위는 압축기의 부하를 줄이기 전에 발생할 수 있는 서지를 방지하기 위하여 각 단에서의 압력강하 폭을 최소로 하는 것이다. 한편 공급량 강하가 일시적인 경우에는 서지 발생 소지를 최소로 하다가 공급량의 증가 시 다시 자동적으로 유연하게 수요제어모드로 복귀하도록 제어계가 설계되어야 한다.

Fig. 7은 선택제어를 사용하였을 때 spill-back 밸브 3개의 거동을 보여준다. Fig. 8은 이에 상응하는 공정응답을 보여주는데 이 그림은 각각 설정치인 8기압, 20기압, 40기압, 80기압으로부터의 차이를 보여주고 있다. 그림에서 볼

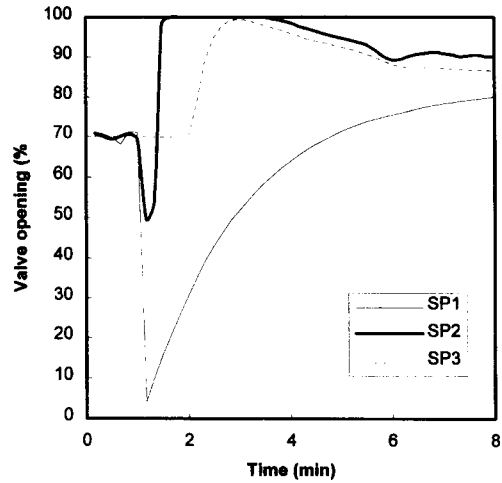


Fig. 7. Spill-back valve responses in selective control scheme.

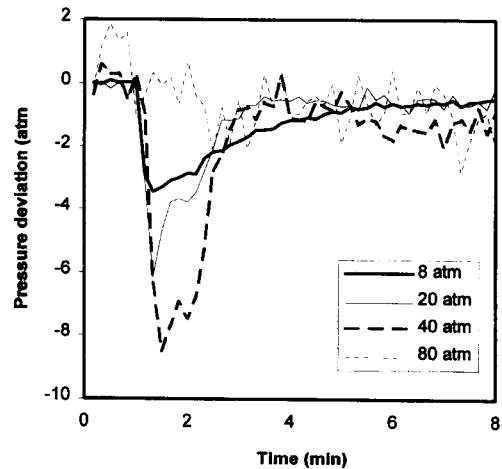


Fig. 8. Pressure responses in selective control scheme.

수 있듯이 spill-back 밸브들은 초기에는 수요제어 모드로 선택되어 있기 때문에 중간용기의 압력이 떨어지게 되면 이를 방지하기 위해서 밸브를 닫는 방향으로 작동하게 되며 따라서 흡입부의 압력이 더욱 떨어지는 쪽으로 진행되게 된다. 어느 정도 시간이 흐른 후에야 low selector에 의해서 서지방지 제어기들이 선택되게 되고 따라서 밸브는 열리는 방향으로 작동되게 되며 압력도 복구되게 된다. 그러나 만약 이 시간 동안 흡입부 압력 강하가 서지 한계치 이하로 내려갈 경우 압축기에 서지가 발생하게 된다. 결국 앞서 언급한 바와 같이 선택제어 구조는 심각한 역응답과 시간지연을 보임을 알 수 있으며 이로 인한 서지 발생 소지가 큼을 동적모사를 통해서 확인할 수 있다. 한편 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 시간이 지나도 공정응답이 설정치로 복귀하지 못하는 이유는 서지방지 제어기가 정상운전 제어기의

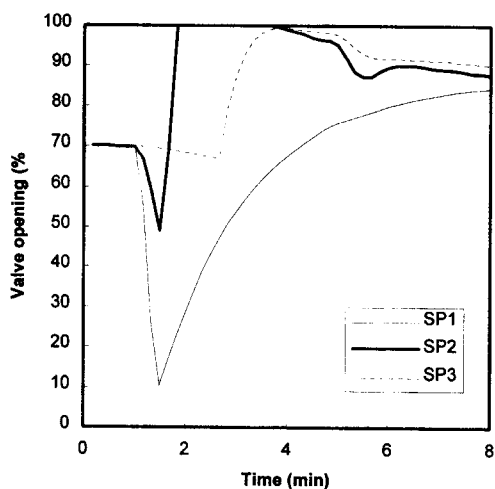


Fig. 9. Spill-back valve responses in split range control scheme.

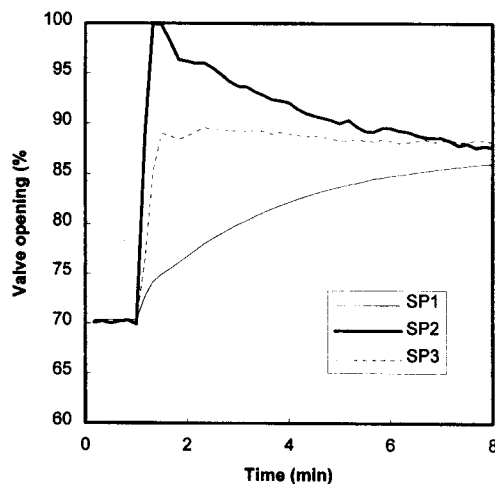


Fig. 11. Spill-back valve responses in feedforward variable mode control scheme.

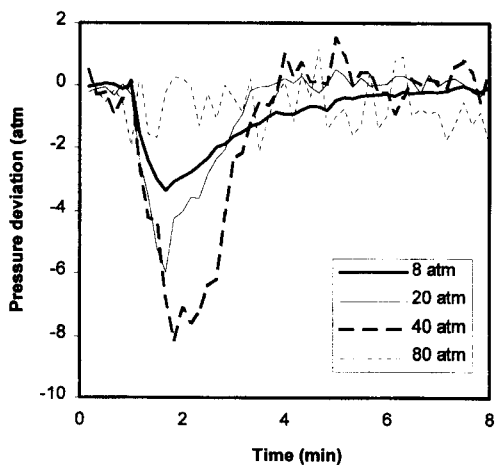


Fig. 10. Pressure responses in split range control scheme.

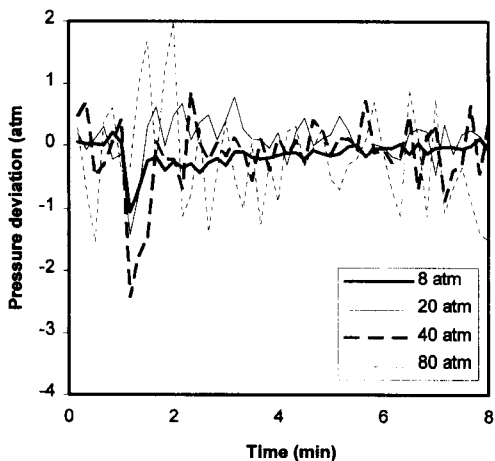


Fig. 12. Pressure responses in feedforward variable mode control scheme.

설정치보다 작은 값으로 설정되어야 하기 때문이다.

Fig. 9와 10은 구간분할제어를 사용하였을 때의 spill-back 밸브의 거동과 이에 상응하는 공정응답을 보여준다. 이 방법 역시 중간용기의 압력이 떨어지는 경우 spill-back 밸브들이 초기에는 토출부 쪽의 제어기에 의해 조작되고 있기 때문에 밸브가 닫히는 방향으로 작동하다가 흡입부 쪽 제어기로 조작권이 넘어가게 되며 이때부터 spill-back 밸브가 열리는 방향으로 작동되게 된다. 선택제어와 비교할 때 약간의 차이는 있으나 제어기 구간 전환에 소요되는 시간으로 여전히 심각한 역응답과 시간지연을 보이며 공정압력 강하 폭도 크게 줄어들지 못함을 알 수 있다. 다만 이 경우에 있어서는 선택제어와 같은 설정치 변화가 없으므로 공정응답이 설정치 값으로 복귀하게 된다.

Fig. 11과 12는 제안된 앞먹임 구조변환제어를 사용하였

을 때 spill-back 밸브의 거동과 이에 따른 공정응답을 보여준다. 압력강하 발생 시 구조 선택기에 의해 각 단의 모든 압축기가 수요제어 모드에서 서지방지 모드로 동시에 전환되므로 즉각적으로 많은 양의 고압기체를 공정이상이 발생한 저압부분으로 이동시켜 주게 되므로 그림에 나타난 바와 같이 모드전환 시의 역응답이 생기지 않고 신속한 서지방지가 이루어짐을 알 수 있다. 또한 상부공정에서의 공급량이 복귀되면 다시 수요제어모드로 동시에 전환되므로 보다 유연한 모드전환이 가능하다. Table 2에 각 제어 구조에서의 압력강하 최대치를 정리하였다. Table 2에서 보듯이 기존방법들에 비교하여 앞먹임 구조변환제어가 공정이상 발생 시의 압력 강하 폭을 최소화 해줌을 알 수 있다.

Table 2. Peak values of pressure drop in each balance drum for various control schemes

제어구조	중간용기의 압력강하		
	8 기압	20 기압	40 기압
선택제어	-3.46	-6.147	-8.494
구간분할제어	-3.356	-5.977	-8.136
앞먹임 구조변환제어	-1.054	-1.422	-2.420

6. 결 론

정유 및 석유화학공정에서 널리 사용되고 있는 다단병렬 왕복식 압축기 시스템은 단간 및 흐름 간의 동적 상호 간섭 작용에 의해 시스템의 동특성이 매우 복잡하며 시스템의 제어와 운전이 매우 어렵다. 특히 상부공정에서의 공급량 강하 시의 신속한 서지 방지와 유연한 모드전환은 매우 어려운 문제가 된다.

현재 산업체에서 적용되고 있는 선택제어 및 구간분할 제어 구조는 서지방지 모드 시에 제어기의 역응답과 시간 지연의 문제를 갖게 되며 이를 개선하기 위한 새로운 제어

구조를 제안하였다. 이러한 다단병렬 왕복식 압축기 시스템의 동적 거동을 정밀하게 분석하고 제안된 제어구조와 기존의 제어구조들의 성능을 정량적으로 비교하기 위하여 엄밀한 동적모사기를 구성하였다. 모사연구 결과, 기존 제어구조의 문제점을 정량적으로 확인할 수 있었으며 제안된 제어구조가 서지방지에 대하여 우수한 제어성능을 보여줌을 알 수 있었다.

감 사

본 연구는 한국과학재단지정 우수연구센터인 공정산업의 지능자동화연구센터의 연구비 지원에 의해 수행된 결과임.

참고문헌

1. Nisenfield, A. E. and Cho, C. H.: "Parallel Compressor Control: What Should Be Considered", *Process Control & Optimization Handbook*, 216(1980).
2. Rammner, R.: *ISA Transactions*, **33**, 153(1994).
3. Rudwig, E.: *Gulf Publishing Co.*, **3**, 202(1977).