

디지털 방식의 MOV를 이용한 천연가스 유량 제어에 관한 연구

전동욱*, 홍상욱*, 윤석호*, 이문식*, 손영득*

*한국기술교육대학교 기계설비제어공학과

e-mail: to700zo, hongsu5813, sukhoyun, chaos740, ydson@koreatech.ac.kr

A study on natural gas flow control using digital MOV

Dong-Wook Jun*, Sang-Uk Hong*, Seok-Ho Yoon*, Moon-Sik Lee*, Yung-Deug Son*

*Dept. of Mechanical Facility Control Engineering, KOREATECH

요약

선형성이 보장되고 빠른 제어가 요구되지 않는 천연가스 유량 제어에 있어 제어밸브의 개도 제어는 PID 제어의 아나로그 출력 값으로 제어된다. 그러나 시스템의 복잡성과 경제성을 고려하여 디지털 On/Off신호를 이용하여 디지털 출력값(DO)으로 개도제어가 가능하다. 기존 아날로그 출력이 필요한 공기압 제어밸브를 대신하여 디지털 출력으로 제어되는 MOV로 천연가스 유량 제어 시스템에 적용하여 시스템을 단순화와 비용을 절감하고자 한다.

1. 서론

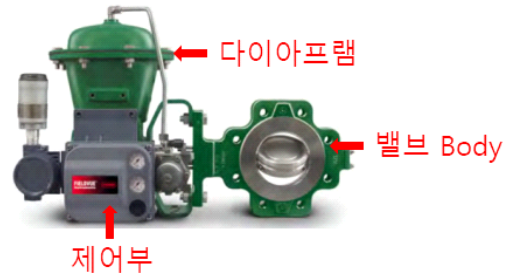
통상적으로 배관에 흐르는 천연가스 유량을 제어하기 위해서 공기압 컨트롤 밸브를 사용한다. 하지만 컨트롤 밸브는 가격이 높고 이를 제어하기 위해서는 아날로그 출력이 필요하다. 천연가스 계량 플랜트의 제어에 대한 입출력 신호들은 대부분 디지털 입·출력이 주를 이루고 있다. PLC (Programmable Logic Controller) 제어관점에서는 아날로그 출력에 들어가는 특수 모듈 등 하드웨어 가격을 고려하면 경제적 비용이 많이 소용된다. 이러한 경제적 비용을 최소화하기 위해 아날로그 출력 들을 모두 디지털 출력으로 대체할 수 있다는 것과 천연가스 유량 제어를 위한 기존 고가의 공기압 제어밸브를 중·저가 MOV(Motor Operated Valve)로 변경하고자 한다. 본 연구는 기존 아나로그 방식의 공기압 밸브 제어를 디지털 방식의 MOV 제어로 변경하여 경제적 비용 절감과 기존 제어방식의 성능저하가 없음을 확인하고자 한다.

2. 본론

2.1 공기압 제어밸브와 MOV

일반적으로 천연가스 유량 제어밸브라고 함은 유량을 제어할 수 있는 밸브 중 공기압 제어밸브로 일컫는다. 유량을 제어할 수 있는 제어 밸브는 공기압 제어밸브와 모터에 의해 제어되는 MOV(Motor Operated Valve)가 있다.

그림 1과 같이 다이어프램과 공기압을 이용하여 제어부를 거쳐서 밸브를 구동하여 유량을 제어하는 밸브를 공기압 제어 밸브이다. 공기압 제어밸브의 개도값은 아날로그 입·출력값 4~20 mA이다



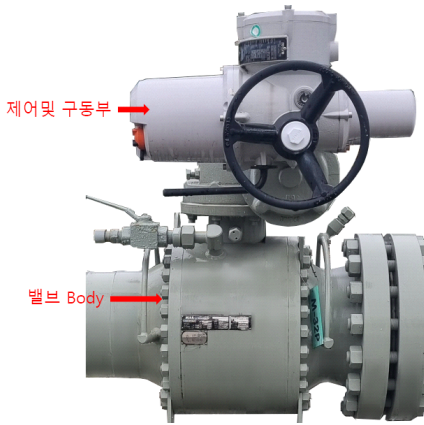
[그림 1] 공기압 제어 밸브의 구조

현장에 설치한 MOV의 구조는 그림 2와 같으며 제어 명령을 받은 후 구동 시에 모터로 구동하여 밸브를 열고 닫는 구조이다. 별도의 공기압 또는 유압 시스템이 없어 깨끗하고 단순하다. 제어는 열림 명령, 닫힘 명령, 정지를 점점 명령으로 제어하고, 열림 상태, 닫힘 상태, 열리는 중 상태, Fault 상태를 점점 신호로 받는다. 필요에 따라서 밸브 개도를 아날로그 입력(4~20mA)을 사용하기도 한다.

2.2 밸브 개도에 대한 선형성과 밸브 속도

천연가스 계량 플랜트에서 사용되는 배관들은 주로 작은 것

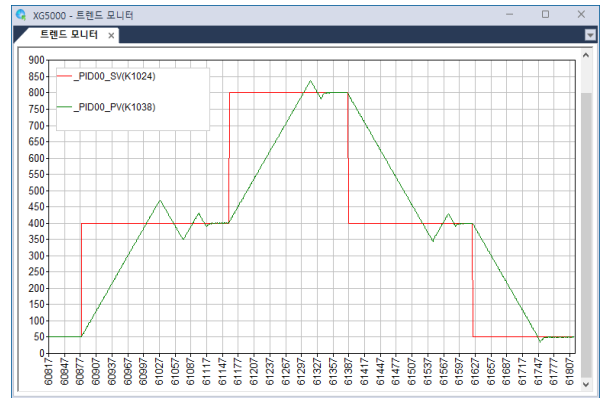
은 10 cm에서 큰 것은 60 cm까지 있고, 그 이상의 큰 배관도 있다. 이 배관에 설치된 밸브들은 동작 속도가 비교적 빠르지는 않으며 밸브의 개도에 따라서 상당한 선형성을 가지고 있다. 밸브들을 열고 닫는 시간이 일반적으로 60초 이상 정도 걸리는 것으로 파악되고 있다. 공기압 제어밸브는 아날로그 신호 출력으로 원하는 개도를 형성할 수 있지만, MOV는 열림, 닫힘 신호(On/Off)로 원하는 개도를 형성할 수는 없다. 하지만 밸브 동작신호의 인가 시간에 따라 밸브 개도를 추정하고 제어 할 수 있다.



[그림 2] 천연가스 배관에 설치된 MOV



[그림 3] 공기압 제어밸브 시뮬레이션 로직



[그림 4] 공기압 제어밸브의 아날로그 입·출력

2.3 유량제어 시뮬레이션

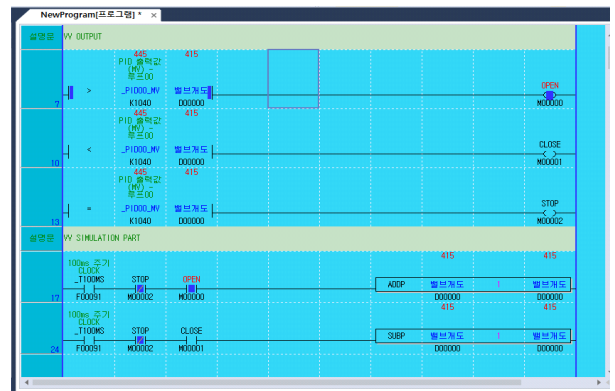
그림 3, 4는 PLC로 PID 제어 출력 값으로 공기압 밸브를 제어하는 시뮬레이션을 단순화하여 로직을 구성하고 그 결과를 나타내었다. 밸브 개도와 선형성이 있는 유량 값을 수식으로 구현하고 로직을 단순화 하였다. 실제 현장의 밸브 동작 속도도 느리고, 밸브 개도에 대한 유량 변화도 적은 것을 고려하여 P는 0.7, I는 0.5, D는 0.01의 값으로 설정하였다. 목표 설정 값을 변경하면서 현재 출력 값의 변화를 추종하였다. 시뮬레이션을 위해 아날로그 출력값(Position Value)으로 가상의 밸브 개도값으로 하고 설정값(Setting Value)은 유량의 목표값으로 하였다.

그림 5, 6는 MOV를 제어하는 로직을 구성과 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 앞에서 나온 PID 설정값은 앞의 실험과 동일하게 설정했다. 제어 출력 값을 목표치로 만들고 이 값을 가상의 개도로 설정하고, 열림 닫힘의 명령에 따라서 이 개도가 바뀌게 하여 유량을 제어하는 시뮬레이션을 실시하였다.

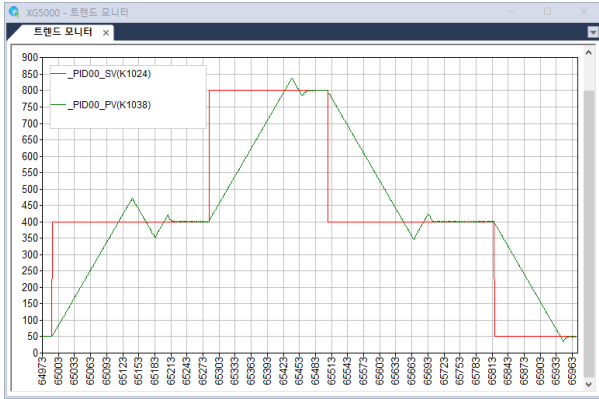
$$MV = MV' + \Delta t * \Delta MV \quad (1)$$

여기서 MV' 은 목표개도, MV 은 이전개도, Δt 는 열림닫힘 명령 시간, ΔMV 명령시간 동안 열린 개도이다.

식 (1)은 PLC에서 열고자 하는 목표 개도가 있고, 이 목표 개도에 도달하기 위해서 단위시간 당 열릴 개도를 설정하여, 단위시간 마다 현재 개도에 도달 했는지를 나타낸다. 그림 5에서는 기존 PLC로직에 위 수식을 추가하여 제어가 잘 되는지 시험 하였다. 컨트롤 밸브 시스템과 마찬가지로 목표 설정 값을 바꿔가면서 현재 출력값의 추이를 감시했다. 그 결과 그림 6은 디지털 On/Off방식을 적용한 제어밸브의 개도값으로 그림 4와 비교 시 제어에 차이점 없음을 알 수 있다.



[그림 5] MOV 시스템 제어 시뮬레이션 로직



[그림 6] MOV 시스템 제어 트렌드

3. 결론

천연가스 유량 제어 시스템에서는 압력 변화가 적어서 밸브 개도에 따른 유량이 선형적으로 형성되어서 밸브 개도에 의한 유량 제어가 비교적 쉽기 때문에 디지털 On/Off 접점만으로 안정적인 제어가 가능한 것을 시뮬레이션으로 알 수 있었다. 시스템적으로도 안정적인 출력을 내보내기 위해서 PID 컨트롤러를 사용하여 출력 값을 계산하고, 이 출력 값에 도달할 수 있게 접점신호로 준 출력의 시간과 시간당 밸브 움직임을 계산하여 내 보내지는 출력 값을 계산하였다. 추후 현장 설치 장소에서 시험장비 등을 이용한 실험을 수행하여 수식과 로직을 향상고 정밀한 제어가 가능하도록 할 계획이다.

참고문헌

[1] 배지원, 최지아, 장지성. (2018). 유량제어밸브 선형성 향상에 대한 연구. 수산해양교육연구, 30(4), 1463-1470, 10.13000/JFMSE.2018.08.30.4.1463

[2] 최정주. (2020). 산업용 밸브의 유량제어 시스템 설계. 한국산학기술학회 논문지, 21(1), 387-392.

[3] Lee, S. R.(2016) PID Controller and Derivative-feedback Gain Design of the Direct-drive Servo Valve Using the Root Locus and Manual Tuning, Journal of Drive and Control, 13(3), 15~23

[4] Oh, J. S. · Kim, Y. I. · Jeong N. S. and Kim, S. M.(2016) Strength Assessment of High-Pressure Ball Valve for Topside Process Unit, Journal of Ocean Engineering and Technology, 30(2), 100~108

[5] Park, S. T. · Cho W, K. and Seol W. S.(2011). Evaluation of the Inherent Flow Coefficient of the Control Valve in the Liquid Propellant Rocket Engine, Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, 15(4), 73~78