

가스 유량 계측 및 제어 시스템 연구

Development of a Gas Flow Measurement and Control System

전학진(대성 중앙 연구소 시스템 개발부) 양종화(대성 중앙 연구소 시스템 개발부)

HakJin Jeon(System Dept, Daesung R&D Center) JongHwa Yang(System Dept, Daesung R&D Center)

ABSTRACT

This paper describes a system for measurement and control of a gas flow. In order to measure the flux of gas and control a valve according to flux, this system was developed. This system is implemented on the personal computer and its environment is developed tool called TMS. This system includes a main program and Tele-Metering Unit for transmitting correcting flow value based on temperature and pressure in flow computer and AD converter for transmitting instantaneous flow rate, temperature and pressure as interface part of personal computer. This system was made by Visual C++ program. Using this system, inspected data for the recognition of transmitting flow value are generated on the screen, file and printer. The activity, reliability of this system was verified on Daegu-Citygas that aids the system for the acquisition of inspected data by realtime application.

KeyWords : TMS(Tele-Metering System), Correcting flow rate(보정 유량값), Flow computer(유량 컴퓨터), Instantaneous flow rate(순시치 유량값), realtime application(실시간 어플리케이션)

1. 서론

최근 산업이 발달함에 따라 에너지 관리의 중요성은 더욱 증대되어지고 있다. 그중 도시가스는 다른 많은 에너지 자원의 역할을 대신해 주는데 이에 따라 도시 가스 사용량의 증가 및 공급 기반 시설의 급증으로 인한 안전 관리 측면에서 감시 및 제어의 필요성으로 인해 이들을 효율적으로 처리해야 할 시스템 환경이 요구되어지고 있다.

그 중에 유량의 감시 및 제어 기술을 위한 자동화와 무인화의 도입이 요구되어져 오는데, 이러한 감시제어 기술에는 반드시 정확한 데이터와 실시간 측정이 요구된다. 상황실의 감시자는 일반적으로 항상 모니터만 들여다보고 있는 것은 아니며, PC의 작동에 익숙하다고 볼 수 없고, 자동제어의 상태가 아니라면 유량 데이터의 획득 및 밸브의 개폐에 시간이 걸리므로 이러한 작동들을 자동으로 해주는 시스템이 요구되어진다.

본 연구소에서 개발된 시스템을 사용중인 대구도시가스의 경우 한국가스공사로부터 공급받게 될 천연가스(LNG)를 Flow computer의 각 process 별 사

용량과 Temperature, Pressure의 각 signal을 받아들이고 보정된 적산량을 통신선로를 이용하여 각종 data를 대구도시가스 본사 상황실 내로 전송하고, 각 밸브별로 다른 통신선로를 이용하여 유량값에 따라 자동으로 밸브가 on/off 되도록 상황실의 Computer를 이용하여 유량의 제어 및 수집된 data를 화면에 출력하는 엄격한 감시 기능을 가진 주계량시스템을 사용하고 있다. 본 시스템은 컴퓨터를 이용하여 가스 유량 계측 제어 시스템을 구축한 것으로 유량 데이터의 자동 출력 및 밸브의 개폐가 상황 감시자의 확인 없이 자동으로 작동 되도록 개발하였다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 먼저, 본 논문에서 사용한 제어 원칙에 따라 계산한, 예러보정값과 보정된 유량값을 구하는 방법에 대해서 살펴보았으며, 이어서 유량 컴퓨터(EL 4082)에서 압력값과 온도에 의하여 보정된 적산 유량값을 내부의 COUNTER BOARD에서 PULSE로 받아들이 PC에게 전달하고 밸브를 on/off 하는 명령을 PC에서 받아들이 처리하는 TMU(Tele-Metering Unit)에 대해서 다룬다. 마지막으로 원격유량 검출 시스

템의 시험방법에 따른 데이터의 수집 저장 및 유량에 따른 관로의 제어, 신뢰성 있는 데이터의 다양한 그래프 및 보고서 형식의 텍스트 출력, 모니터를 통한 실시간 관측 등에 관해서 살펴본다.

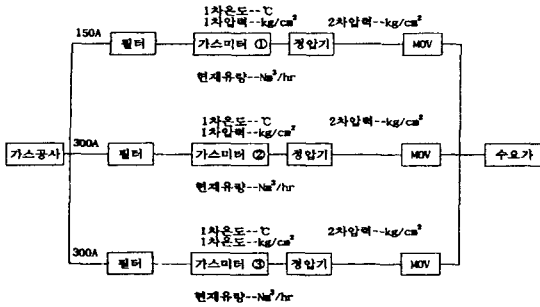


Fig. 1 Flow of Gas

2. 유량 계측 및 에러 보정

컴퓨터는 보정 유량값에 따라 운전모드를 결정하여 그 운전모드에 적합하도록 현장에 있는 전동식 밸브의 개폐신호(on-off신호)를 발생시킨다. 여기에서 보정 후의 적산 유량이 모니터링 되며, 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$A = B \times \frac{P + 1.0332}{1.0332} \times \frac{273.15}{T + 273.15} \quad (1)$$

여기서

A : 보정후 적산유량 B : 보정전 적산유량
P : 1차 압력 T : 1차 온도

유량을 계측하기 위해서 보정된 값의 데이터가 요구되므로 기계의 에러 보정과 온도, 압력에 대한 보정값이 필요하며, 실시간 모니터링을 위해서 순시 유량값이 필요하다. 여기에서는 필요한 각 에러의 보정값과 순시유량값에 대해서 알아본다.

2.1 적산 유량의 보정

$$Q_1 = a \times I_p \times (1 + E/100) \quad (2)$$

Q_1 : 보정한 적산 유량
a : 측정인자 (liters/p)
 I_p : 입력펄스의 수
E : 기계에러 보정인자 (%)

E는 유량계로부터 얻은 펄스 주파수와 주어진 유량계의 미터에러곡선에 따라 키보드로 입력된 기계에러 보정요소와 입력 펄스 주파수 사이의 관계에 의해 그려진 지점간의 곡선에 근접으로 얻어진 값이다.

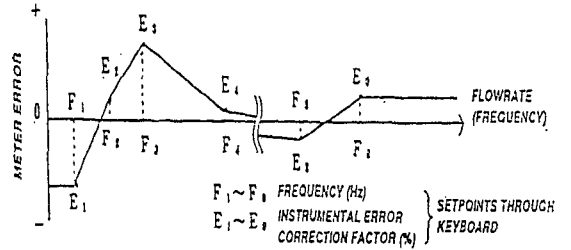


Fig. 2 Point to point curve

2.2 온도와 압력의 보정

$$Q_2 = Q_1 \times (P/P_0) \times (T_0/T) \times X \quad (3)$$

여기서

$$X : (K_a + K_b \cdot P + K_c \cdot P^2) \cdot (K_d + K_e \cdot t + K_f \cdot t^2)$$

$$P : P_1 + 1.0332 \text{ (kgf/cm}^2 \cdot \text{abs)}$$

$$P_0 : P_2 + 1.0332 \text{ (kgf/cm}^2 \cdot \text{abs)}$$

$$T : t + 273.15 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

$$T_0 : t_0 + 273.15 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

Q_2 : 온도, 압력을 보정한 측정된 전체 유량

P_1 : Line Pressure (kgf/cm²)

P_2 : Reference Pressure (kgf/cm²)

t : Line temperature (°C)

t_0 : Reference temperature (°C)

X는 온도와 압력의 이차함수로 구성된 보정인자이다. K_a 에서 K_f 는 임의로 정의 할 수 있는 상수이다. 예를들어, K_b, K_c, K_e, K_f 를 0으로 하고, K_a 와 K_d 를 1로 선택했다면, Boyle-Charles의 법칙에 따라 계산되어져, X는 항상 1로 된다. 그러나, 만약 적당한 값이 이 상수와 압축계수의 오차 등에 대입된다면, 근사치에 의해 보정되어 질 수 있다.

3. 원거리 계측장비(Tele-Metering Unit)

TMU(Tele-Metering Unit)는 CPU Board와 Counter Board, Display&Key부분으로 나뉜다. 받아

들인 보정된 적산 유량값을 내부의 Counter Board에서 Pulse값으로 받아들여 PC로 전송하고,PC에서 내린 밸브를 on/off하는 명령을 처리하는 두 가지 기능을 수행한다. 주요기능으로는 G6A-234Relay와 Photo-Coupler를 사용하여 밸브개폐의 명령을 전달하고 Check, Alarm기능을 수행한다.Real-Time Clock을 내장하여 시간을 나타내며,Watch Dog Timer IC를 부착하여 자기진단 기능을 수행하는데,1.2 set 동안 펄스가 발생하지 않는 경우 CPU가 Reset된다.TMU의 통신은 PC와 Counter Board로의 두 가지 기능이 있는데, 적산 유량값을 펄스로 처리하여 전달하는 Counter Board와의 통신은 RS-232C 통신을 하며 보드레이트는 9600이며, 밸브의 개폐명령을 전달하는 PC와의 통신은 RS-422통신을 하며 보드레이트는 9600이다. Counter Board내의 Pulse 입력처리하는 1khz까지 처리 가능하며,노이즈 영향을 방지 하기 위해 입력부를 절연했으며, 입력된 Pulse값의 저장 및 보존을 위해서,Power off시점에 작동하도록 8K RAM을 포함시켰다.Keypad를 부착하여, 수행되는 모든 조작은 Key입력으로 수행되게 했으며,7-SEG사용하여 내용을 표시했다.

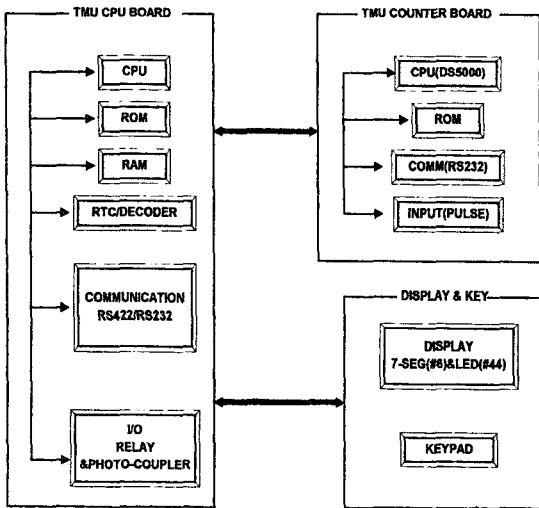


Fig. 3 TMU Block Diagram

4. 가스 유량 계측 제어 시스템

가스 유량 계측 제어 시스템이란 유량 및 검침 데이터의 정상상태 동작시나 기준치 이상의 데이터가

들어올 때 시스템의 상태감시를 통한 오류를 진단하여 자동으로 상태에 맞는 관로의 형태로 바꿔주는 실시간 감시제어 시스템이다. 이 시스템은 하절기 최소 유량시를 대비하여 150A용 와류유량계를 이용하고 동절기의 침두부하시를 대비하여 300A 두 대를 설치하여 유량계로 계측한다. 현장에서는 미보정유량을 관측할 수가 있다.보정유량값은 원방감시실에 설치된 Flow Computer에서 보정하여 통신선로를 통해 컴퓨터에 전달된다. 현장에서는 세 개의 전동식 밸브가 설치되는데, 이 전동식 밸브는 자동으로 운전되나 현장에서는 필요시 또는 비상시에는 전원으로나 전원 없이도 개폐작업은 가능하다.

4.1 시스템의 구성

Fig. 4는 Visual C++ 윈도우 버전 1.5로 프로그래밍된 가스 유량 계측 제어 시스템의 기동시 화면을 보여준다. 사용환경은 IBM-PC 486 급 이상,VGA그래픽 카드,A/D Converter DAS-1402,통신카드로는 RS-422을 지원하는 MOXA를 사용했으며, 하드메모리는 10MB 및 RAM 메모리는 8MB이상이고, 주 메뉴는 모드전환 및 상황해제를 위한 TMS 메뉴,과라미터 입력 및 밸브의 수동제어를 하는 설정메뉴 그리고 데이터 출력을 위한 현황보기 메뉴로 크게 나눌 수 있다.

TMS메뉴는 자동 및 수동으로 변환하는 기능과 Error상황해제 및 복귀를 해주는 기능이 있다. 설정메뉴에는 월별 유량값의 입력 및 TMU별 포트를 선택하는 계획 입력 기능이 있고, 상황의 초기화 및 밸브의 제어 그리고 온도,압력,유량값의 변수를 입력하는 Sensor입력 기능이 있다. 기타 날짜별로 압력 현황과 유량값을 그래프 및 텍스트로 출력해 주는 현황보기 메뉴와 프린터로 출력하는 보고서 메뉴가 있다.

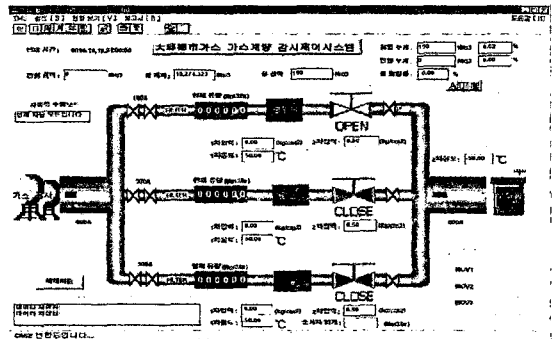


Fig. 4 Initial screen of the developed software

4.2 운전모드

제어값의 입력은 파라미터를 따로 분리해서 설정할 수 있도록 하였고, 이 파라미터에 기준해서 Case가 자동으로 변환된다. 아래의 운전모드표는 보정유량에 따라 Case가 변환되는 것을 나타내는데, 3개의 밸브 중에 먼저 150A 한 개의 밸브가 개방된다 (Case1).보정유량과 처음 설정해준 파라미터와 비교해서 설정치이상이라면 Case2가 작동한다. Case2는 300A 한 개의 밸브가 개방되며, 파라미터와 보정유량값을 비교한다. Case3는 150A 밸브와 300A 밸브 한 개가 개방된다. 여기서, 300A 밸브를 두 개 중 하나만 사용할 경우에 두 개가 번갈아 사용되도록 하는데, 열고 닫는 경우 운전모드 2나 3에서 한 번 사용하면 다음에는 사용하지 않는 밸브인 300A 밸브가 사용되어야 한다. Case4 인 경우는 3가지 밸브 모두를 개방시킨다.

Table 1은 각 보정유량에 따라 자동으로 선택되는 유량계와 그때의 운전모드를 나타낸다.

Table 1. Control mode

운전모드	유량계 선택	보정유량(6kg/sq.m)
CASE 1	150A	21580 미만
CASE 2	300A	21580 - 77400
CASE 3	150A+300A	77400 - 98980
CASE 4	150A+300A+300A	98980 이상

계량기 후단에 설치된 정압기의 오동작(과압)에 대비하여 설정치보다 높은 압력이 발생하면 1차로 경보를 발하고 2차로는 높은 압력이 발생한 밸브를 정지시킨다. 이 경우에 현재 운전모드에 따라 적합하게 대기 상태의 밸브를 먼저 개방하고 정지되어야 할 밸브를 나중에 폐쇄시킨다. 정압기의 오동작으로 변환된 운전형태는 오동작 원인이 해소되면 자동으로 원상태로 복귀된다.

Table 2. Instantaneous flow rate data

종류	순시유량(150A)	순시유량(300A)	순시유량(300A)
입력 범위	4-20 mA	4-20 mA	4-20mA
최저 비례값	0 Nm ³ /hr	0 Nm ³ /hr	0 Nm ³ /hr
최고 비례값	30000 Nm ³ /hr	120000 Nm ³ /hr	120000 Nm ³ /hr

Table 3. Accumulated total flow data

종류	보정전 적산유량	보정후 적산유량
입력범위	1 m ³ /pulse	1 Nm ³ /pulse
최저비례값	0 m ³	0 m ³
최고 비례값	99999999 m ³	99999999 Nm ³

5.상태 감시의 예

메인 메뉴에서 데이터는 항상 통신선로를 통해 전송되는데 유량 값의 변환에 따른 밸브의 개폐여부에 영향을 미친다. 식(1)에 따라서 계산된 데이터가 메인 메뉴의 감시 부분에 영향을 미쳐 Table .1에 따라 모드가 변환된다. Fig 5.는 센서 파라미터를 설정하여 상태 감시에 사용되는 비례값을 입력하는 상태를 보여주고 있다

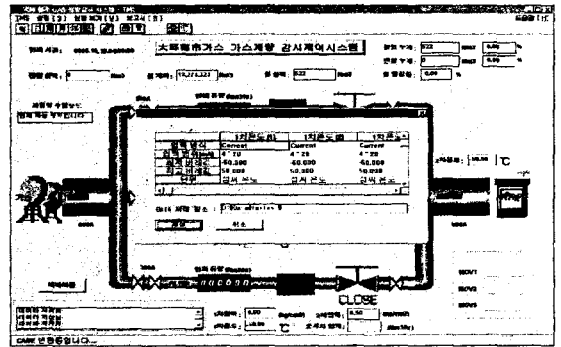


Fig. 5 Input parameter in dialog box

Fig. 6은 시스템에서 입력된 변수에 영향을 받아 밸브가 개폐되는 상태를 보여준다. 수동으로 밸브를 개폐하는 방식도 있지만, 이 시스템에 적용된 자동 제어의 개념을 도입하여 모드가 바뀌는 상태를 보여주고 있다.

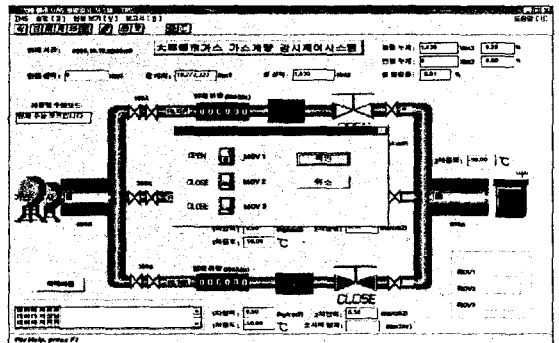


Fig 6. Valve on/off in initial screen

Fig. 7은 시스템에서 데이터를 그래프 형식으로 출력하는 모드이다. 프로그램 상에서는 일별, 주별, 월별, 년별, 그리고 입력 현황을 text형식 및 다양한 그

러프 형식으로 볼수 있는데, 여기서는 일별 데이터의 출력을 그래프 형식으로 보여준다.

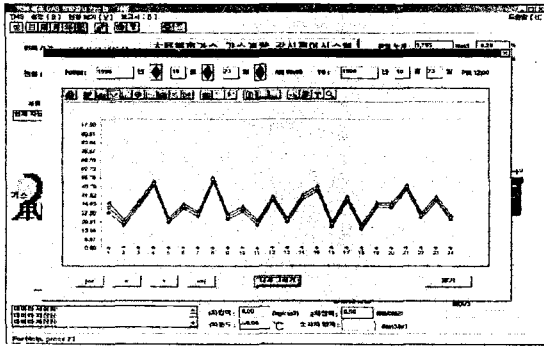


Fig. 7 Output data in graph screen

5. 결론

본 가스 유량 계측 제어 시스템은 기존에 대구도 시가스에서 진행되어온 유량 검침 작업을 컴퓨터를 이용한 자동 시스템으로 유량을 제어하는 목적으로 개발되었다. 이 시스템을 개발함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) RS-232C와 RS-422통신을 이용해서 유량, 온도 및 압력치를 입력받아 감시 및 제어를 수행할수 있는 원격 감시 시스템을 개발하였다.
- 2) 입력된 파라미터를 기준으로 원래의 데이터값과 비교하여 밸브를 제어할수 있는 방법으로 상태감시에 적용하였다.
- 3)Pulse를 진단하여 CPU를 초기화해주며 밸브상태를 감시해주는 기능이 있어 실지로 Pulse를 전달해 주는 역할을 수행하는 TMU를 개발하였다.
- 4) 사용자 편의도 향상을 위한 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)형태의 프로그램을 개발하여 적용하였다.

또한, 본 가스 유량 계측 제어 시스템을 이용하면 효율적인 수동 시스템의 전산화에 유용하게 활용될 것으로 기대되며, 본 개발 경험을 토대로 타 도시가스에도 적용하게 된다면 시스템의 활용면에서 매우 효율적일 것이다.

참고문헌

1. Kim Jin Kuk, "Analysis of Flow and Mixing in an Internal Mixer with Different Roter

Designs", Univ of Akron, Ohio, 1989.

2. Lee Kang Kun, "Application of Boundry Fitted Coordinate (BFC) Transformations to groundwater flow and Transport Modeling", Univ of Purdue, 1992.
3. Carlos E. Pereira, "Real Time Programming", UFRGS, Electrical Eng, Brazil, 1996.
4. MicroSoft Press, "Microsoft Visual C++ Development System for Windows", Reference volume 1, 1993.
5. David J. Kruglinski, "Inside Visual C++", Microsoft Press, 1994.
6. 강성선, "원관내 비정상 유량 계측에 관한 연구", 조선대 산업 대학원, 1995.
7. 石川隆章, "퍼스널 컴퓨터를 사용한 감시 제어 시스템의 개발과 그 응용", 자동화 기술, pp. 37-40, 1996.
8. 이봉진, "FA 시스템 工學", 문운당, 1990.