

16-bit 마이크로프로세서로 구현한 LPG 충전 제어 시스템

A LPG Dispensing Control System based on a 16-bit Microprocessor

이상훈, 홍남관

Sang-Hoon Lee, Nam-Kwan Hong

요 약

본 논문에서는 온도보상과 POS 접속이 가능한 LPG 충전제어시스템을 구현하였다. 이 시스템은 16-bit 80C196 마이크로프로세서와, RAM, ROM, 비디오 driver, 프로그램주변소자 등으로 구성된다. 가스 유량계로부터의 부호화 유량 신호와 장치교정 값, 온도센서로부터의 변환된 전압 값을 근거로 정확한 가스 충전량을 계산하고 솔레노이드 밸브를 on/off 함으로 충전량을 제어한다. 온도보상은 LP 가스 온도의 10-bit 아날로그-디지털변환에 의하여 0.5°C의 분해능으로 이루어지며 온도보상의 범위는 영하 30도에서 영상 70도까지 가능하다.

Abstract

In this paper, a POS interfacing and temperature compensable LPG dispensing control system(LDCS) has been developed. A LDCS includes a 16-bit 80C196 microprocessor, RAM, ROM, video driver, and programmable peripheral devices. Based on gas flow encoding pulse, temperature-voltage conversion values and apparatus calibration values, the LDCS controls the LPG dispensing quantity with switching on or off the solenoid valves. The temperature compensation is performed with a 10-bit A/D conversion and its range is from +70°C to -30°C with a 0.5°C resolution.

Key words : LPG dispenser, Microprocessor, Temperature sensor, Analog-Digital conversion

I 서 론

LPG 및 석유류는 온도에 따라서 그 용적의 변화가 LPG의 경우는 $\pm 0.23\%/^{\circ}\text{C}$, 무연은 $\pm 0.11\%/^{\circ}\text{C}$, 등유는 $\pm 0.10\%/^{\circ}\text{C}$, 경유의 경우는 $\pm 0.09\%/^{\circ}\text{C}$ 의 수치를 보인다. 그러므로 LPG는 석유류와는 달리 온도변화에 따른 용적의 변화가 비교적 크므로 이를 보상하여 정확한 충전량을 계량하는 것이 중요하다. 예를 들면 우리나라의 경우 겨울철(영하 20°C)과 여름철(영상 30°C)의 온도 차이는 약 50°C 정도까지 나므로 이는 LP 가스의 최대 11.5%의 유량변화를 야기한다. 이는 금액으로 75원/ℓ (650원/ℓ 기준)의 차이를 보인다. 따라서 LPG dispenser는 가솔린 주유기와는 달리 공정거래 확립의 차원에서 주입되는 가스의 온도보상을 통한 정확한 계량의 필요성이 요구된다. 기존의 LPG dispenser는 8-bit 마이크로프로세서와 외부에 별도의 8-bit A/D converter의 채택으로 온도보상의

정확도가 떨어진다. 또한 브리지 회로형 온도보상은 정확도는 좋으나 회로구성이 다소 복잡하다[1]. 본 논문에서는 LPG의 온도변화에 따른 보다 정확한 충전량을 결정하기 위하여 새로운 온도 보상의 알고리즘을 개발하고 10-bit A/D converter가 내장된 16-bit 마이크로프로세서를 채택하여 정확한 충전제어가 가능한 LPG 충전제어시스템을 설계 및 제작하였다[2]. 아울러 본 논문에서 설계한 LPG 충전제어시스템은 디스플레이 구동부를 하드웨어 방식으로 설계하여 기존의 소프트웨어 구동방식보다 마이크로프로세서의 부담을 줄여 실시간으로 정확한 충전량의 계산이 가능하고 표시소자의 contrast도 개선하여 강한 직사 광이 비추는 경우에도 표시정보를 쉽게 읽을 수 있도록 하였다.

II. 본 론

1. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 구현한 LPG dispenser의 구성도이다. 16-bit 80C196 마이크로프로세서 등으로 구성되는 LPG 충전제어시스템(LDCS)과 이에 I/O의 형태로 접속되는 VFD(vacuum fluorescent display) 표시소자, gas 유량계 인코더, 충전펌프와 솔레노이드 밸브, 온도센서, LPG dispenser 교정 값, 키패드, 노즐스위치, POS(point on sales) 및 PC 인터페이스로 구성된다. LPG dispenser는 충전과 동시에 노즐 스위치가 on 되면 LPG 유량계의 encoder로부터의 유량(유속)신호와 장치 교정 값 및 15°C를 기준으로 한 온도 센서부의 온도 보정 값을 입력받아 솔레노이드 밸브를 제어하여 충전을 제어하게 된다. 솔레노이드 밸브의 제어는 펌프구동과 소류 및 대류밸브의 제어로 각각 구분된다.

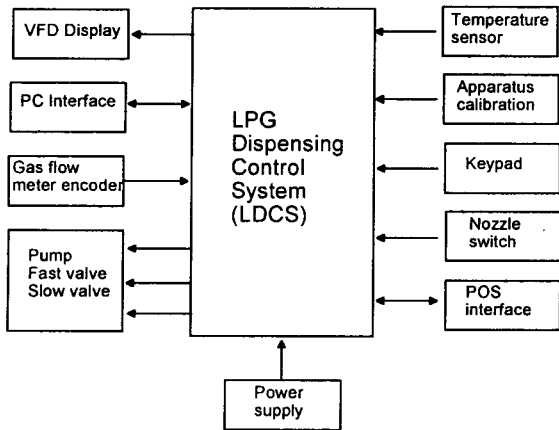


그림 1. LPG 충전기 구성도
Fig. 1 Block diagram of the LPG dispenser

LPG 충전제어시스템(LDCS)은 그림 2에 나타난 세부 구성도에 따라 인텔사의 16-bit 80C196 마이크로프로세서를 [3] 사용하여 LP 가스의 충전을 제어한다. 마이크로프로세서는 20 MHz의 clock rate로 동작하며, LP 가스 유량계 encoder로부터의 보상되지 않은 유량(유속)신호에 대해 온도센서로부터 입력되는 온도를 전압으로 변환시킨 후 마이크로프로세서의 내부 built-in 10-bit A/D 변환기를 사용하여 0.5°C 분해능으로 온도보상을 수행한다. 이러한 LP 가스의 온도보상을 통한 정확한 충전량의 산출과 충전제어 동작은 어셈블리 언어로 작성된 주 프로그램에 의해 실행되며 이를 위해서 27C256 EPROM과 6264 SRAM을 사용하였다. 또한 LDCS의 원격제어를 위해서 PC의 RS232 직렬통신포트를 통하여 마이크로프로세서와 접속된다. PAL 디코더는 마이크로프로세서의 어드레스 신호를 입력받아 디코딩한 후 EPROM, SRAM, PPI(Programmable Peripheral Interface)중 하나를 선택하는 제어신호를 발생한다. 표 1은 PAL 디코더에 의해 해당 디바이스를 선택하는 마이크로프로세서의 어드레스 맵을 보여준다. 그 외에 마이크로프로세서와 접속되는 입·출력은 82C55 PPI를[4] 사용하여 구성하였다. 장치

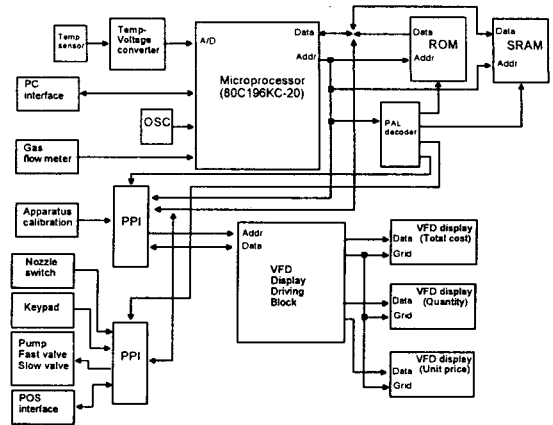


그림 2. LDCS의 세부 구성도
Fig. 2 Functional diagram of the LPG dispensing control system

표 1. 마이크로프로세서 어드레스 맵
Table 1. Microprocessor address map

SRAM	FFFFh F000h
EPROM	EFFFh 1F00h
PPI #1	1EFFh 1E00h
PPI #2	1DFFh 1D00h
80C196 Internal	1CFFh 0000h

교정 값은 LPG dispenser 마다의 기기 오차를 교정해 주는 봉인된 값으로 8-bit 데이터 형태로 PPI에 접속된다. 이는 LPG dispenser 제작 시 시험과정을 거쳐서 교정 값을 세팅한 후 봉인된다. 노즐스위치는 LP 가스의 충전 유·무를 나타내는 스위치로 PPI를 통하여 마이크로프로세서에 그 정보를 제공한다. 키패드는 충전금액, 충전량 그리고 단가의 설정 및 변경, 비밀번호 변경과 그 외의 시스템 진단기능 등을 확인하기 위해 PPI에 연결된다. 펌프 및 대·소류 솔레노이드 밸브는 PPI에 접속되어 LP 가스의 충전시작과 종료 및 충전량을 제어한다. 아울러 LP 가스 충전량, 충전금액, 충전단가의 충전정보는 실시간으로 PPI를 통해 디스플레이 구동부에 제공된다. POS(point of sale) 통신포트는 원활한 판매 및 재고관리와 고객관리를 위해서 POS 시스템과의 인터페이스가 되도록 PPI에 연결하였다. POS 통신포트는 그림 3과 같이 POS 터미널과 최대 24대의 LPG dispenser간의 RS485 인터페이스에 의해 구현된다[5]. RS485 인터페이스는 RS422과 더불어 balanced differential line

drivers/receivers 방식이므로 전송 노이즈에 대하여 그 특성이 우수하여 높은 데이터 전송율(약 10Mbps)과 장거리(최대 1200m정도)까지 통신이 가능하다. RS422 방식은 RS485 방식과 그 전기적 인터페이스가 유사하지만 1:N 통신과 같은 multiple-port의 POS 통신에는 사용되지 않고 1:1 장거리 통신에 주로 사용된다. 따라서 본 논문에서는 다중의 LPG dispenser와 하나의 POS 터미널간의 통신을 위해서 RS485 인터페이스를 통해 POS 통신이 되도록 하였다.

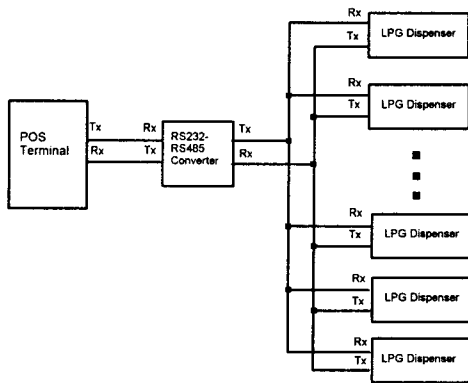


그림 3. POS 인터페이스 구성도
Fig. 3 POS interface

2. 디스플레이 구동회로

그림 4는 디스플레이 구동회로의 세부 구성을 보여준다. LP 가스의 충전금액, 충전량, 단가와 같은 충전정보를 표시하는 디스플레이는 6-자리 VFD 표시소자 3개를 사용하여 각각 금액, 충전량, 단가를 표시하였다. 금액은 0.001~999,999원, 충전량은 0.001~99,999 l, 단가는 100.00~5,999.9원의 범위까지 표시되도록 하였다. 디스플레이 데이터는 별도의 video RAM을 사용하여 프로세서에 의해 해당 데이터가 write 된 후 카운터 회로에서 발생하는 어드레스 신호에 의해 read 되어 VFD에 표시하는 하드웨어 구동방식을 채택하였다. 이 때 디스플레이 데이터는 문자도 표시하여야 하므로 상용 7-segment 변환소자를 사용하는 대신 PAL 소자를 사용하여 디스플레이 데이터를 7-segment 데이터로 변환하였다.

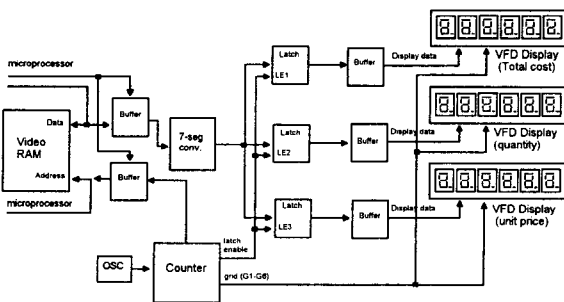


그림 4. 디스플레이 구동부의 세부 구성도
Fig. 4 Functional diagram of the display driving block

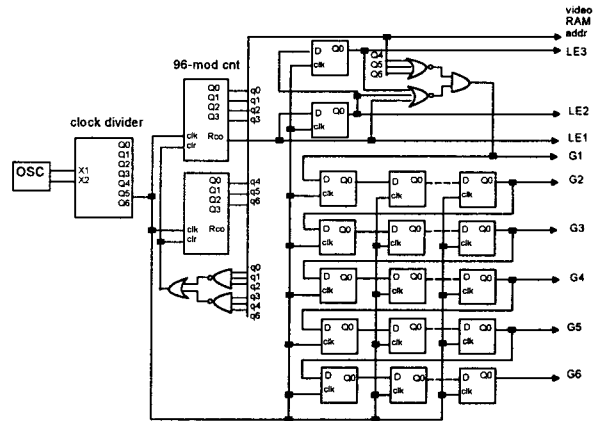


그림 5. 카운터 회로도
Fig. 5 Counter circuit diagram

아울러 VFD 디스플레이는 카운터 회로에서 발생하는 어드레스 신호를 디코딩한 grid 제어신호들에 의해 on-off가 제어된다. 그림에서와 같이 VFD 디스플레이에 표시되는 충전정보 데이터는 마이크로프로세서의 어드레스 버스와 데이터 버스를 통하여 비디오 RAM에 0에서 95번지까지 순차적으로 쓰여진다. 이 때 데이터 버퍼와 어드레스 버퍼는 그 출력이 high impedance 상태로 유지되게 하여 마이크로프로세서로부터 비디오 RAM에 충전정보 데이터가 쓰여지는 동안에는 VFD 디스플레이에 비디오 데이터가 표시되지 않게 하였다. 이상과 같이 비디오 RAM에 비디오 데이터가 쓰여진 후에는 데이터 버퍼와 어드레스 버퍼가 enable 되고, 카운터의 0에서 95번지까지의 출력 어드레스 신호들이 어드레스 버퍼를 통하여 비디오 RAM에 인가되고 이 후 비디오 RAM으로부터 비디오 데이터가 데이터 버퍼와 7-segment PAL 변환소자를 통해 래치에 순차적으로 저장된다. 래치로의 순차적인 비디오 데이터의 저장은 카운터로부터 출력되는 데이터 래치제어신호에 의해 제어된다. 래치에 저장된 데이터들은 전압레벨 변환용 버퍼를 통해 VFD 디스플레이에 각각 충전금액, 충전량, 충전단가로 표시된다. 이 때 비디오 데이터들은 카운터로부터 출력되는 G1~G6인 6개의 순차적인 grid 제어신호에 의해 6-자리의 VFD 디스플레이의 각 자리수마다 공통으로 공급되어 비디오 데이터를 표시한다. 이상과 같은 비디오 구동회로는 비디오 RAM에 저장된 비디오 데이터를 순차적인 직렬 데이터 형태로 읽은 후 카운터의 제어 신호들에 의해 3개씩의 병렬 데이터의 형태로 변환하여 VFD 디스플레이에 표시된다. 그림 5는 비디오 RAM 어드레스 신호와 디스플레이 grid 제어신호 발생을 위한 96-진 카운터 회로의 구성도 이고 그림 6은 이에 대한 타이밍도 이다. 크리스탈 오실레이터로부터 공급되는 클럭에 의해 분주된 클럭 신호는 96-진 카운터와 디스플레이 제어신호들을 발생시키는 플립플롭들에 공급된다. 따라서 카운터 회로로부터 데이터 래치 제어신호 LE1~LE3와 이로부터 분주클럭의 총 13 주기

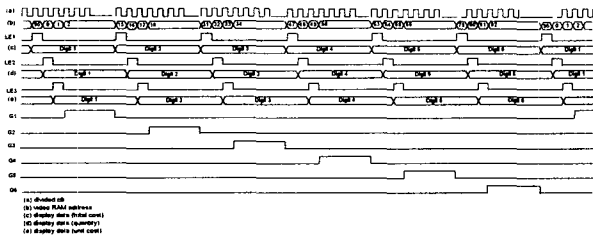


그림 6. 디스플레이 타이밍도
Fig. 6 Display timing chart

동안 high-level을 갖는 grid 제어신호 G1~G6들을 차례로 발생시킨다. 이 때 각 데이터 래치 제어신호(LE1~LE3)는 매 17 클럭 주기마다 한번 씩 enable되며 grid 제어신호들은(G1~G6) LE3 신호가 enable된 후 다음 LE1 신호가 enable되기 전까지 활성화되는 형태로서 순차적으로 3 클럭 주기만큼 시간 차이가 나는 형태이다. 이러한 타이밍은 디스플레이에 표시되는 정보가 겹쳐지거나 overlap 되는 것을 피할 수 있다.

3. 온도보상

LP 가스의 유량은 온도의 변화에 따라서 $\pm 0.23\%/^{\circ}\text{C}$ 로 비교적 크므로 정확한 양을 충전하기 위해서는 온도 변화에 따른 가스 유량변화를 보상을 해야한다. 본 논문에서는 정확한 LP 가스 충전량을 다음의 식에 의해서 결정하였다.

$$\text{충전량} = \text{펄스수} \times \text{유속} \times \text{장치교정값} \times \text{온도보상값} \quad (1)$$

여기서 펄스 수는 가스 유량계의 encoder로부터 출력되는 펄스의 수로 충전기의 토출량이 약 1~60 l/min이므로 이에 해당되는 펄스가 입력된다. 유속은 입력되는 펄스수를 0.5초당의 회수로 평가하여 유량의 속도를 결정하였다. 장치 교정 값은 충전기를 제작한 후 기기마다의 오차를 보정하는 값으로 초기 가동 시 보정 한 후 밀봉한다. 온도 보상 값은 온도 변화에 따른 가스 용적의 변화량을 보상하는 값으로 가스의 온도가 15°C일 때 100000을 기준으로 하여 0.5°C의 단계마다 98씩 증·감시킨 온도 보상 값을 적용하였다. 이와 같은 온도 보상은 0.39Ω/°C의 감도를 지닌 Gordina사의 DIN43760 온도센서를 가스 공급부에 접촉시켜 온도변화에 따른 저항변화를 전압으로 변환시켜 마이크로프로세서의 고속 A/D 변환채널에 입력시켜 보상하였다. 일반적으로 LPG dispenser의 사용 규격 온도가 -30°C~+70°C이므로 0.5°C의 분해능으로 제어하기 위해서는 총 201 단계를 요구한다. 따라서 A/D 변환기가 10-bit이므로 1024의 단계가 가능하고 기준전압으로 5.0V를 공급하면 4.88 mV/step 분해능을 갖게된다. 그러나 사용 온도 범위에서의 온도센서의 최대 저항변화가 88.22Ω(-30°C)~127.07Ω(+70°C)이므로 단순 전압 분압 회로를 이용해서는 0.5°C의 분해능으로 제어할 수가 없어 약간의

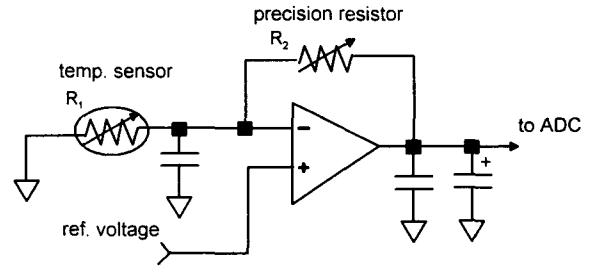


그림 7. 온도-전압 변환회로
Fig. 7 Temperature-voltage conversion circuit

이득을 갖는 증폭회로를 통해 증폭시켜 입력시켰다. 그림 7은 온도센서의 저항 값을 전압 값으로 변환시키는 증폭회로를 보여준다. 이 회로에 의한 온도 값의 전압 값으로의 변환은 다음의 식을 따른다.

$$V_{out} = V_{ref} \times (1 + R_2/R_1) \quad (2)$$

여기서 R1은 온도센서의 저항이고 R2는 연산증폭기의 부채환 저항이다. 게환저항 R2를 250Ω에 맞추고, 기준전압 Vref를 1.279V로 놓으면 위의 (2)식에 의해 온도-전압 변환 회로의 출력전압은 4903.46mV~3795.33mV의 범위를 갖게되어 출력전압의 변화 범위는 1108.13mV가 된다. 따라서 출력전압의 변화범위를 A/D 변환기의 분해능으로 나누게 되면 약 227 단계의 범위를 가지게 되어 사용 온도 범위 -30°C~70°C의 총 100°C의 절대변화를 최소한 0.5°C의 분해능으로 제어 할 수 있게 된다. 그림 8은 사용된 온도센서의 온도-저항 값 변화의 특성을 보여준다. 사용된 온도센서는 LPG dispenser의 사용온도 범위에서의 좋은 선형성을 보여준다. 이와 같은 온도와 저항 값의 선형성은 온도 값의 변화에 따라 선형적으로 비례하는 전압 값으로의 변환을 용이하게 해 준다.

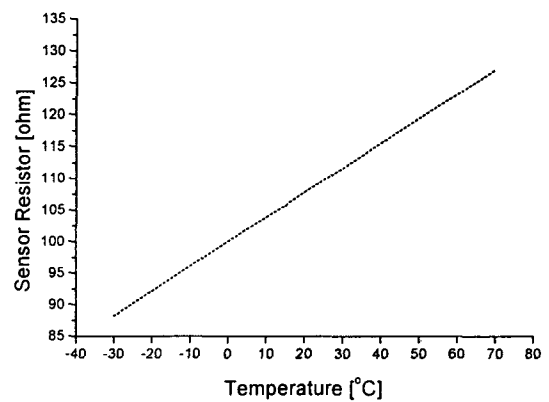


그림 8. 온도변화에 따른 온도센서의 저항 값 변화
Fig. 8 Characteristic curve of the temperature sensor

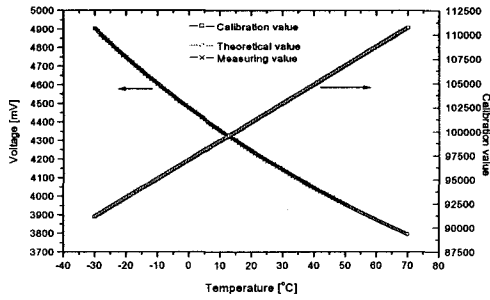


그림 9. 온도-전압 변환회로의 계산 및 실측값과 온도보상값
 Fig. 9 Theoretical and measuring results of the temperature to voltage conversion circuit, and temperature calibration values

그림 9는 그림 7의 온도-전압 변환회로에서 0.5°C 단계로 계산된 출력전압과 측정된 출력전압과 이에 대한 온도보상 값을 동시에 나타냈다. 계산 값과 측정값은 거의 차이가 없을 정도로 잘 일치하고 있다.

4. 충전제어 알고리즘

그림 10은 LP 가스의 시간에 따른 충전 flow map을 보여준다. LPG dispenser는 원활한 가스 충전을 위하여 노즐 스위치가 on된 후 소류 밸브를 먼저 on 시키고 약 250 ms 경과 후 대류 밸브를 on 시킨다. 이 후 충전금액 (혹은 충전량)에 LP 가스 주입량이 도달하거나 혹은 자유충전 모드 시의 충전이 완료되어 노즐 스위치가 off 되면 먼저 대류 밸브를 off 시키고 난 후 소류 밸브를 off 시킨다. 그림 11은 본 논문에서 제안한 충전제어와 온도 보상을 위한 LP 가스의 충전 제어 흐름도 이다. LP 가스의 충전제어는 먼저 시스템을 초기화하는 과정과 충전시작과정, 충전종료과정으로 구분된다. 시스템 초기화 과정은 먼저 장치 교정 값과 온도-전압 변환부로부터 현재의 온도-전압 변환 값을 읽고, VFD 디스플레이의 램프 동작을 시험한 후 장치 교정 값과 온도-전압 변환 값 및 누적된 LP 가스 충전량을 VFD 디스플레이에 표시하는

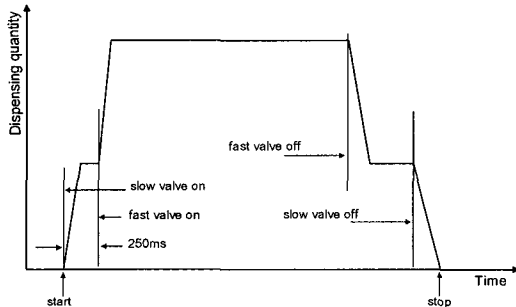


그림 10. LP 가스 충전 흐름도
 Fig. 10 LPG dispensing flow-map

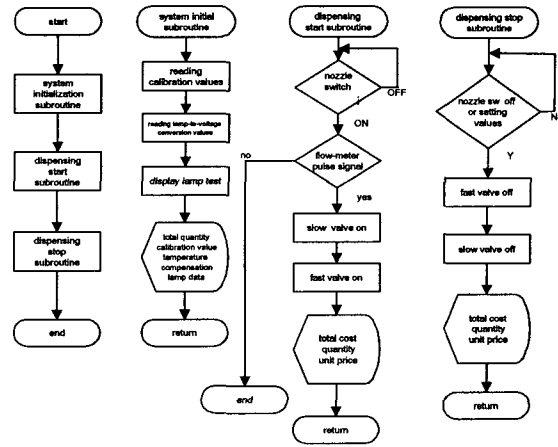


그림 11. LP 가스 충전제어 흐름도
 Fig. 11 Flow chart for LPG dispensing control

단계로 구성된다. 충전시작과정은 먼저 노즐 스위치가 on 혹은 off 되었는지를 판단하고 LP 가스유량계로부터 유량신호인 encoder 펄스신호가 입력되는 지 판단하여 소류 밸브와 대류 밸브를 on 시킨 후 충전되고있는 LP 가스를 실시간으로 충전금액, 충전량, 충전단가를 산출하여 VFD 디스플레이에 표시하는 단계로 구성된다. 이 후 충전종료 과정은 노즐스위치가 off 되었는지 혹은 설정된 충전량 (혹은 충전금액)에 가스 주입량이 도달했는지를 판단하여 대류 밸브와 소류 밸브를 off 시킨 후 주입된 LP 가스의 충전량, 금액, 단가를 표시하는 단계로 구성된다. 따라서 LP 가스의 충전제어는 앞의 식(1)에 의해서 가스 유량계로부터의 encoder 펄스 수에 따른 보상되지 않은 유량 값과, 유속 값에 장치 교정 값을 적용하고 마지막으로 온도 보상 값을 적용하여 최종 유량 값을 결정한 후 충전펌프, 대류 밸브 및 소류 밸브의 개·폐를 제어함으로 이루어진다. 그림 12와 그림13은 제작된 LPG 충전제어시스템 (LDCS)의 시제품과 LDCS가 적용된 LPG dispenser를 보여준다.

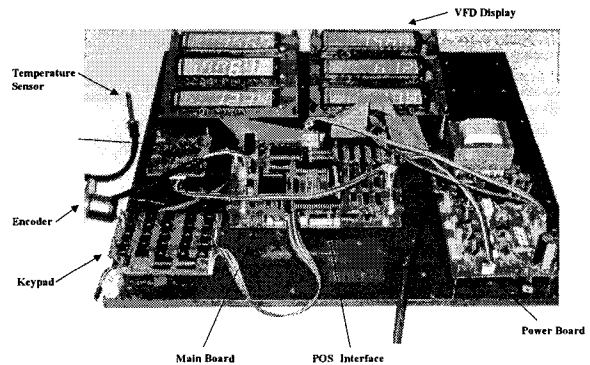


그림 12. LDCS 시제품
 Fig. 12 The prototype of the LPG dispensing control system

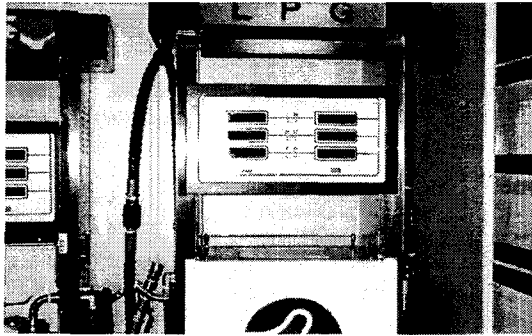


그림 13. LDCS가 적용된 LPG dispenser
Fig. 13 LPG dispenser with the LDCS

III 결 론

본 논문에서는 LPG dispenser 충전제어 및 자동 온도 보상의 알고리즘을 개발하고 이를 프로그램 한 후 온도 센서와 16-bit 마이크로프로세서로 온도 보상이 가능한 LPG dispenser 충전제어시스템을 설계 및 제작하였다. 설계 제작된 시스템은 마이크로프로세서, I/O 부, VFD 디스플레이 구동부로 구성된다. 충전 제어 동작은 LPG 유량계의 encoder로부터의 유량(유속)신호와 장치 교정 값 및 15℃를 기준으로 한 온도-전압 변환부의 온도 보상 값을 근거로 정확한 충전량을 산출한 후 솔레노이드 밸브를 제어하여 충전을 제어하게 된다. 온도 보상은 마이크로프로세서의 내부 10-bit A/D 변환기를 사용하여 0.5℃ 분해능으로 이루어진다. VFD 디스플레이는 유량, 금액, 단가가 표시되며 그 값을 누적시켜 일계, 월계를 알 수 있게 하였다. 그 외에 시스템 진단기능 및 컴퓨터통신, POS 통신이 가능하도록 하였다.

접수일자 : 2002. 4 .19

수정완료 : 2002. 5 .3

참고 문헌

- [1] Matsuno M., Adachi S., Nakyama M., and Watanabe K., "A Temperature-Compensated Bridge Circuit", *Instrumentation and Measurement Technology Conference*, pp. 737-740, 1993.
- [2] 이상훈, 김성진, "LPG 충전 제어 시스템", 한국신호처리·시스템학회 추계학술대회논문집, 제2권 2호, pp. 77-80, 2001.
- [3] "8XC196KC User's manual", Intel, 1992.
- [4] "82C55A data sheet", Intel, 1999.
- [5] "Comparing EIA-485 and EIA-422-A Line drivers and receivers in multipoint applications", National

Semiconductor Application Note AN-759, 1991.



이상훈(Sang-Hoon Lee)

正會員

1984년 고려대학교 전기공학과
(공학사)

1987년 고려대학교 전기공학과
(공학석사)

1998년 고려대학교 전기공학과
(공학박사)

1987년-1991년 삼성전자(주) 컴퓨터부문 주임연구원

1991년-1995년 한국전자통신연구원 선임연구원

1995년-2001년 한서대학교 전자공학과 조교수

2001년-현재 경남대학교 전기전자공학부 조교수

관심분야 : 고속디지털전송시스템, FPGA, ASIC설계



홍남관(Nam-Kwan Hong)

正會員

1975년 공주사범대학 물리교육과
(이학사)

1982년 숭전대학교 물리학과
(이학석사)

1989년 한남대학교 물리학과
(이학박사)

1982년-1993년 공주사대부고, 공주고, 결성고 교사

1993년-현재 한서대학교 컴퓨터응용물리학과 부교수

관심분야 : MMIC, MBE, 반도체소자