

## 자동차 연료 질감을 위한 연료펌프 다단 제어기 설계

양재원, 양승현, 이석원  
호서대학교 정보제어공학

### Design of Multi Step Fuel Pump Controller for Vehicle's Fuel Retrenchment

Jae-won Yang, Seung-hyun Yang, Suk-won LEE  
Department of Information & Control Engineering Hoseo University

**Abstract** - At present, there are unnecessary electrical consumes and a lot of fuel-losses by the vaporized gas due to the rising of fuel temperature because the fuel pump of the fuel supply system rotates regularly regardless to the driving condition.

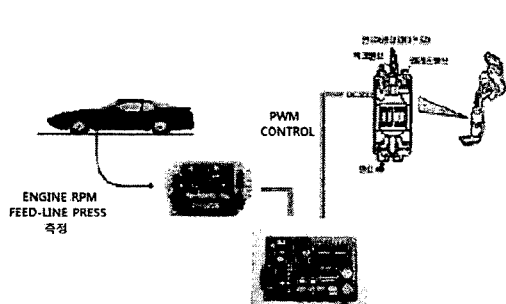
In this paper, we designed the multi-step controller for controlling fuel pump to supply fuel according to RPM of each moment by measuring the real time RPM of the engine at ECU of the vehicle. Also, it can judge the existence or nonexistence of disorder by measuring the pressure of the fuel supply line, in case of abnormal state, it can supply the fuel intelligently by changing the mode to self-compensation mode.

#### 1. 서 론

현재 사용되는 자동차의 연료공급 장치는 딜리버리 파이프(Deliberly Pipe)에 연료 압력 조절밸브가 장착되어 연료펌프에서 일정하게 연료를 공급하고 필요 이상으로 공급될 경우에는 다시 연료탱크로 돌아오는 리턴(Return) 방식과 연료 압력조절 밸브가 연료 탱크 내에 장착되어 연료가 부족한 경우 연료를 공급하는 리턴레스(Returnless) 방식이 있다. 하지만 이 두 시스템은 자동차의 운전 상태와 관계없이 연료펌프에서 정속 회전이 이루어지기 때문에 자동차에서 요구되어지는 연료량을 초과하여 공급하게 되는 경우가 대부분이다. 연료 공급 시스템의 모터회전에 의한 전류가 소모되고, 연료 라인에서는 피드백(Feedback) 되는 연료가 엔진 열에 의하여 가열되기 때문에 연료 탱크의 연료온도가 상승하게 되어 증발가스를 발생시키게 된다. 이러한 증발 가스는 캐니스터(Canister)에 포집되어 다시 엔진에서 사용되지만 캐니스터의 용량을 초과하는 경우 밖으로 배출하기 때문에 불필요한 모터의 전류 손실에 의한 연료소모와 더불어 자동차의 연료 손실이 일어나는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 자동차의 실시간 엔진 회전수인 RPM(Revolution Per Minute)신호를 측정하여 연료펌프의 속도를 제어 할 수 있는 입력용 PWM(Pulse Width Modulation) 파형을 제작하고 입력신호에 따른 PWM 출력 파형을 모니터링하여 자동차 운행에 요구되는 연료량을 자동차의 엔진 RPM에 따라 비례적으로 공급시켜 주기위한 다단 제어기를 설계하였다. 또한 연료라인의 입력신호가 비정상일 경우에는 자기 보상 모드로 전환하여 연료공급이 안정적으로 이루어지도록 하였다.

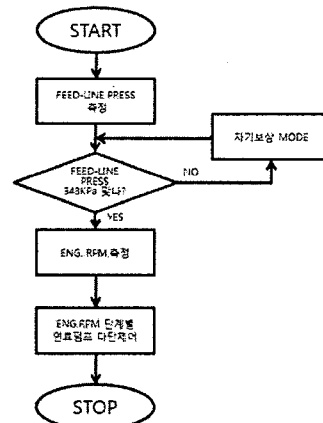
#### 2. 본 론

##### 2.1 시스템 구성



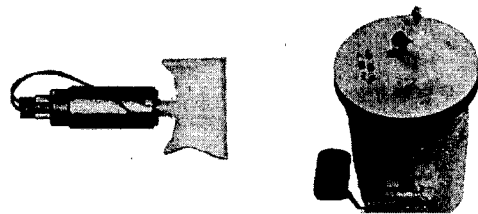
〈그림 1〉 시스템 구성

지능형 연료펌프 제어기는 그림 1와 같은 구성을 가진다. 자동차 내부의 ECU에서 실시간 RPM신호와 압력센서에 의한 연료라인의 압력을 측정하여, 구현한 연료펌프 제어기에 입력된다. 제어기에서는 연료라인의 압력의 이상유무를 판단하여 압력이 정상일 경우 엔진 RPM에 따라 연료펌프를 다단제어하고, 비정상일 경우 자기보상 모드로 전환한다. 그림 2는 시스템 동작 과정을 보여주고 있다.



〈그림 2〉 시스템 동작

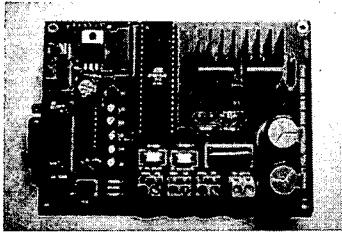
##### 2.2 연료펌프



〈그림 3〉 연료펌프

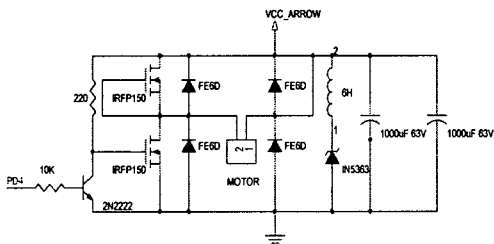
연료펌프는 연료탱크에서 기화기 또는 인젝션 노즐(injection nozzle)까지 연료를 공급해주는 장치이며 기화기식 기관에서는 주로 기계식 다이어프램 펌프(diaphragm pump)를 가솔린분사식 기관에서는 전기식 모터 펌프(electrical motor pump)를 사용한다. 전기식 모터 연료펌프는 기계식 연료펌프에 비하여 항상 기관이 요구하는 이상의 충분한 연료를 공급할 수 있고 회로내에 전압을 유지시키므로 점화스위치가 작동되는 순간 연료를 공급할 수 있으며 베이퍼록(vapor lock)에 강한 이점이 있다. 이 펌프는 기관 시동시, 점화스위치 시동(start)에 있을 때는 시동스위치에 의하여 작동되며 기관이 작동된 후부터는 ECU에 의하여 ON/OFF 제어 된다. ECU에서는 점화신호나 회전수 신호가 입력되지 않으면 연료 펌프를 정지시킨다. 모터가 회전하면 측면에 장착되어 있는 로터가 회전하며 이 로터는 펌프하우징에 편심되어 있어 회전시 체적차만큼 하우징 내벽을 따라 회전하면서 펌프작용을 한다. 그림 3은 Efu2\_XD 모델로 12V 입력시 배관압력 343Kpa에서 80L 이상의 유량을 공급하고 5.5[A]이하의 전류를 소모하도록 설계된 전기식 연료펌프이다.

## 2.3 연료펌프 제어기



〈그림 4〉 연료펌프 제어기

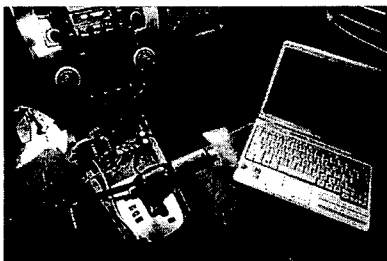
그림 4는 연료펌프내의 DC모터를 제어하기 위해 설계한 보드로 엔진 RPM과 연료라인 압력 입력을 위한 입력부, 연료펌프 다단제어를 위한 연료펌프 출력부, 데이터 모니터링을 위한 통신부로 구성되어 있다. CPU는 고성능 저전력 RISC 구조를 사용하고, 8CH 10Bit A/D 변환기, PWM 기능을 내장하고 있는 AVR칩을 사용하였다. 자동차의 엔진 RPM은 ECU(Electronic Control Unit)에서 PWM형태로 측정할 수 있는데 측정된 데이터는 전위레벨이 12V이기 때문에 TTL 레벨인 제어기에서 바로 입력 받을 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 포토커플러를 이용하여 5V로 변환되어 CPU에 입력되도록 하였다.



〈그림 5〉 연료펌프 출력부

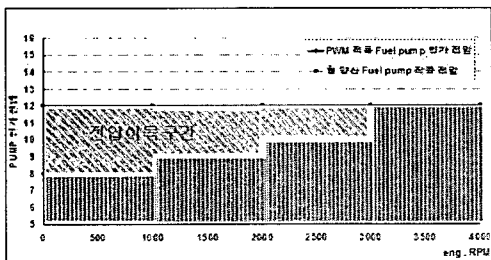
연료펌프는 12V 동작특성을 가진다. 이를 위해 자동차 동작전압(12V)을 인가하여 동작하도록 하였고 CPU의 PWM 출력 단자에서 모터 제어용 PWM 신호를 인가하였때, FET가 ON이 되면 모터가 동작하도록 그림 5과 같이 설계하였다. 또한 전력손실을 최소화하기 위하여 FET의  $R_{ds(on)}$ 이 0.032[Ω]인 IRFP150를 사용하였다.

## 2.4 실험



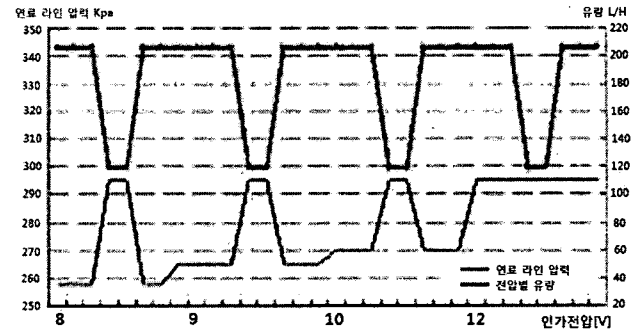
〈그림 6〉 RPM에 따른 연료펌프 다단제어

그림 6은 실험용 자동차에 설계한 제어기를 연결하고 노트북과 연동하여 실시간 엔진 RPM을 모니터링 하였다. 엔진 RPM은 주파수 형태로 얻어지는데 CPU에 내장된 타이머 카운터를 사용하여 데이터를 측정하였다. 각각의 엔진 RPM에서 요구하는 연료량을 공급하도록 연료펌프를 구동하도록 하였다. 실험용 자동차는 운행 중 연료라인의 압력이 343Kpa로 일정하게 유지되어야 한다. 연료 라인의 압력 센서에서 343Kpa의 고유전압을 추출하여 A/D변환을 통해 압력의 이상유무를 판단할 수 있도록 설계하였다.



〈그림 7〉 PWM Controller Duty 곡선

연료펌프의 다단제어를 위해 엔진 RPM을 각각 0~1000, 1001~2000, 2001~3000, 3001이상으로 구간을 나누어 PWM 연료펌프 제어 입력 신호를 주었다. 그림 7은 기존의 입력전압과 각각의 엔진 RPM에 따라 연료펌프에 8[V], 9[V], 10[V], 12[V] PWM 제어 입력 전압을 비교 하였다.



〈그림 8〉 자기 보상 모드

연료 라인의 압력에 문제가 생길 경우 자기 보상 모드 성능을 그림 8에서 보여주고 있다. 연료 펌프의 다단제어 동작 도중에도 압력이 343kpa 이하로 떨어지게 되면 연료펌프에 12V를 인가하여 유량을 최대로 공급하고 압력이 정상으로 돌아오면 다시 다단제어에 따라 유량을 공급하는 동작 특성을 보여주고 있다.

〈표 1〉 지능형 연료펌프 제어기 적용

RPM	제어기 적용 전			제어기 적용 후		
	전압 [V]	전류 [A]	유량 [L/H]	전압 [V]	전류 [A]	유량 [L/H]
1000(32Hz)	13.5	5.28	120.5	8	2.47	35.1
2000(96Hz)				9	2.82	49.8
3000(128Hz)				10	3.02	58.9
4000 이상 (160Hz 이상)				12	4.51	108.2

표 1은 지능형 제어기를 적용하기 전과 적용한 후 전류와 유량을 비교하였다. 제어기 적용 전에는 엔진 RPM과 상관없이 전압을 13.5V로 인가함으로써 5.28의 전류가 일정하게 소모되고 시간당 120.5리터의 유량이 공급되었다. 하지만 제어기를 적용하여 1000rpm에서는 2.81[A], 2000rpm은 2.46[A], 3000rpm은 2.26[A], 4000rpm 이상에서는 0.77[A]의 전류소모를 줄일 수 있었다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 자동차의 실시간 자동차 엔진 RPM신호를 측정하여 연료펌프 제어 입력용 PWM 파형을 제작하고 입력신호에 따른 PWM 출력 파형을 모니터링 하여 자동차 운행에 요구되는 연료량을 엔진 RPM에 따라 비례적으로 공급시켜 주기위한 다단 제어기를 설계하였다. 또한 연료라인의 압력신호가 비정상일 경우에는 자기 보상 모드로 전환하여 지능적인 연료공급이 이루어지도록 하였다. 지능형 제어기를 적용함으로써 기존의 연료공급 시스템보다 전류소모의 감소와 연료온도 상승에 따른 증발가스에 의해 일어나는 연료손실을 줄일 수 있었다.

## 〔참 고 문 헌〕

- [1] Ronald K. Jurgen, "Automotive Electronics Handbook", McGraw-Hill, 12.1-12.36, 1994
- [2] Horst Bauer, "Automotive Handbook", Robert Bosch GmbH, 455-457, 2000
- [3] William H. Crouse, "Automotive Mechanics", McGraw-Hill, 131-136, 2004
- [4] Thomas Kailath, "Digital Control Using Digital Signal Processing", Prentice Hall,
- [5] Kumayama, Jiro, "Advanced Cruise-Assist Highway System", Technology, 2002
- [6] Tom Denton, "Advanced Automotive Fault Diagnosis", Anold, 2000
- [7] Crouse, Anglin, "Automotive Mechanics(Tenth edition)", McGraw-Hill, 1933