

Gas Heat Pump 구동을 위한 가스 엔진 제어기의 개발

이중현*(신문대), 고국원(신문대 제어계측학과), 고경철(신문대 기계공학과),
김중형(서울산업대학교 기계설계 자동화공학과)

A Study on the development of Gas Engine Controller for Gas Heat Pump

J. H. Lee, K. W. Ko, K. C. Koh(Control & Measurement. Eng., Sunmoon Univ.), J.H.Kim(School of mechanical design and automation, Seoul National University of Technology)

ABSTRACT

Compressors in Large Multi-room air conditioning system are often driven by gas heat pumps. The advantages of GHP are their high level of heating performance and low cost because they use the LNG fuel to drive engine. We developed engine control system. The developed system controls engine speed based on proportional, integral and derivative (PID) method. This controller is designed to eliminate the need for continuous operator attention on engine revolution control. The control system includes 4 spark coil drivers, fuel drivers and relay drivers to make engine's operating more stable. The experiments of control engine revolution of this system are based on the various load conditions.

Key Words : GHP(가스엔진구동히트펌프), ECU(전자제어장치), LCS

1. 서론

1.1 GHP 개발 배경

최근 산업의 발전과 에너지 사용량 증가에 따른 환경오염과 운영상에 있어서 비용을 절감 시키기 위해 대체에너지의 개발이나 에너지 절약에 관심이 집중되고 있다. 먼저, 세계적으로 강화되고 있는 자동차 배기가스 규제로 인해 대체연료의 개발에 관심이 집중되고 있으며 이와 더불어 석유자원에 의존하고 있는 각종 관련 기관에서도 대체 연료 및 구동방식의 변화에 대한 연구에 관심이 집중되고 있다.

이를 비롯해서, 대형 냉난방 시스템 분야 또한 전기모터 구동방식에서 가스엔진으로 압축기를 구동하는 GHP 방식으로 전환함으로써 운전비용을 감소시키고 있다.

가스는 하절기에 상대적으로 수요가 적으므로 전력수요의 부담을 줄일 수 있으며, 구동시 $dspwls$ 배기가스에 의한 고열 이용과 엔진 회전수 제어에 의한 높은 부분 부하 효율과 전력사용에 비해 약 60%의 운영비가 절감 되는 장점이 있다. 또한 국내에서도 2000년과 2002년 사이에 약 1500대 이상의 GHP

시스템이 보급된 것으로 보아 앞으로 증가추세는 계속 될 것으로 예상된다.

GHP용 가스 엔진은 보통 4행정 기관으로 수냉식 엔진을 이용하고 있으며, 저속에서의 고출력을 요하는 특성이 있으며 40%에서 많게는 60%이상의 열효율과 압축기 구동을 위한 정속속도만이 요구된다.

또한 GHP를 위한 엔진은 구동은 차량과 같은 잦은 급감가속의 구동이 필요치 않으며 정적 속도에서의 안정성이 요구된다.

현재 국내에서는 대기업을 중심으로 개발되어 있고 대부분 일본 등에서 수입된 제품을 이용하고 있으나 GHP의 국산화 및 국내 기술의 개발을 위해 가스엔진 및 제어기와 이와 관련된 열펌프와 압축기에 대한 체계적 연구 또한 필요하다.

2. 제어기의 구현

2.1 GHP 제어기의 요건 및 구성

현재 개발되어 있는 GHP 제어기는 대부분 자동차용 가스엔진과 ECU를 수정하여 사용하고 있다. 이로 인해 GHP의 구동특성을 완벽히 만족할 수 없

으며 또한 ECU내에 GHP구동을 위한 설정 부분이 포함 되어 있지 않으며, 이와 관련된 주변 장치의 제어요소 또한 구성되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 GHP의 구동 특성이 요하는 저속 속도범위에서의 안정적인 구동을 위한 연료분사시기와 점화시기 등의 조정 및 구동 설정치의 변경을 위한 프로그램과 엔진 구동 시 주변장치의 제어를 위한 릴레이와 엔진의 RPM측정을 위한 부분, 크랭크 각을 측정하기 위한 부분, 상태 모니터링을 위한 부분, tm로틀 밸브제어를 위한 부분, 자기 진단기능 및 상태 저장을 위한 부분 등과 흡입공기 온도센서, 냉각수 온도센서, 산소센서 등의 신호 수집부와 Rs232통신부로 구성되어 있다. 그림 1은 구현된 제어기를 보여준다.

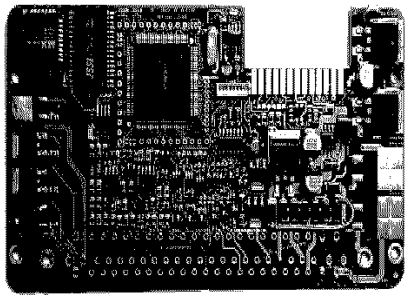


Fig 1. Developed Engine Control Unit

2.2 엔진제어 구성

GHP용 엔진은 흡기 서지 탱크에서 역화가 일어날 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 독립점화 방식이 요구된다. 또한 이를 위해서는 엔진 크랭크의 회전각과 저모하와 독립 분사를 위한 캠 샤프트의 회전각 검출이 필요하다.

또한 회전각 검출 센서는 디지털 검출 방법과 아날로그 검출 방법이 있고, 센서로는 Hall Type 과 Inductive타입이 있다. 본 제어기는 이와 같은 두 가지 방식 모두 지원 가능하도록 설계되었다.

엔진의 회전각 검출 방식은 가솔린 엔진에서 보편적으로 이용되고 있는 60-2, 30-2, 4-1방식을 지원 가능토록 설계 되어 있고 이로 제어된다.

크랭크 앵글 및 1번 실린더의 상사점을 검출하기 위한 캠 센서의 신호는 Input Capture 핀에 연결되어 신호의 Falling Edge간의 시간과 신호의 개수를 검출하여 엔진의 회전수 및 회전각을 검출 및 제어한다.

공연비의 측정은 NTK 사의 L1H1의 Lamda Sensor를 사용하였다. 상기 센서는 아날로그 형태에서 AD변환을 이용하고 검출된 값을 이용하여 배기가스의 감소와 연료 소비율을 높이도록 제어 알고리즘을 구성하였다.

압축기의 제어를 위해서는 엔진의 회전수가 적절

한 속도로 제어되어야 하므로 이를 위해 서보모터를 이용하여 스로틀 바디 내의 버터플라이 밸브의 각도를 조절하였다. 스로틀 바디의 밸브의 개도를 조절할 경우 엔진에 공급되는 공기 유량을 제어하여 원하는 엔진 회전수를 조절할 수 있다. 또한 감속기를 사용하여 엔진에서 요구되는 응답성을 만족하도록 구성하였다. 그림2와 그림 3은 사용된 람다센서와 그 특성을 나타낸다.

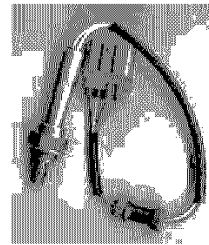


Fig. 2 NTK lamda sensor

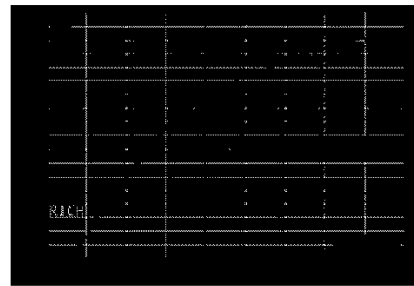


Fig. 3 NTK lamda sensor sensor output

2.2 통신 프로토콜 및 경보알람

본 연구에서 구현된 GHP 시스템은 PC 및 연결된 상위 제어기와 통신으로 엔진 회전수의 설정 및 엔진의 현재 상태 및 자기 진단을 통하여 이상 유무를 상위 제어기에 전송 및 PC로의 전송을 통해 오작동에 대비한다. 이때 사용되는 통신 프로토콜의 구성은 총 9바이트로 구성되어 있으며 제어기를 알려주는 헤더 및 각종 상태 즉 엔진오일 온도 및 오일 압력과 엔진 회전수, 냉각수 온도, 엔진의 회전수, 설정 회전수 등과 에러코드로 구성되어 있어 이상 부위 및 원인을 확인할 수 있다.

경보 알람은 엔진에 이상이 발생했을 때에 상위 제어기와 PC 에 전송되고 또한 제어기에 내장된 EEPROM 및 FLASH에 에러 발생 시간 및 에러 원인이 저장되게 되어 후에 이를 다운로드하여 원인에 대처하게 된다.

경보 알람은 냉각수 온도과열 및 수위저하, 윤활유 압력 감소와 고온, 엔진 회전수의 과다 및 엔진

정지 등의 상황이 발생했을 시에 적용되고 이와 같은 상황 발생 시에 제어기는 엔진을 강제 정지 시키게 된다. 표 1은 알람 테이블을 보여준다.

Table 1 Alarm table

구분	상황	알람 발생	엔진정지	MSR 동작	Stopover/제한기	PGMFI 점화
1. 변속기 제어	High, Limit	○	○	○	○	○
	Low, Limit	○	○	○	○	○
	Level 초과	○	○	○	○	○
	2. 변속기 수위 비	○	○	○	○	○
	과시	○	○	○	○	○
3. 공회전 입력	High/Low 제한	○	○	○	○	○
	4. 공회전 공회	Low/초과	○	○	○	○
	5. 공회전 속도	High, Limit	○	○	○	○
6. 변속기	입력시 110% 이상	○	○	○	○	○
	7. 비정상정지	비정상정지	○	○	○	○
	8. 후차입력 중단	비정상정지	○	○	○	○

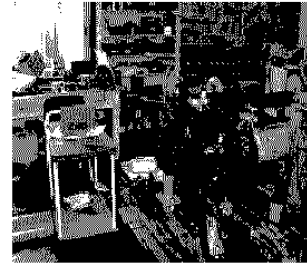


Fig. 5 Experimental Setup for rpm control

본 실험 장소엔 정확한 RPM의 비교를 위해 기타 장비가 설치되어 있다. 사용된 엔진은 20마력 급의 엔진이며, 2200rpm에서 부하를 40Nm~80Nm까지 변동 실험 하였다. 그림 6과 그림 7은 토크에 따른 제어되는 RPM의 결과를 보여준다.

2.3 초기 엔진구동 제어구조

상위 시스템으로부터 엔진 기동명령을 전달 받으면 ECU는 그림3과 같은 제어 순서에 의해 초기 기동을 하게 된다.

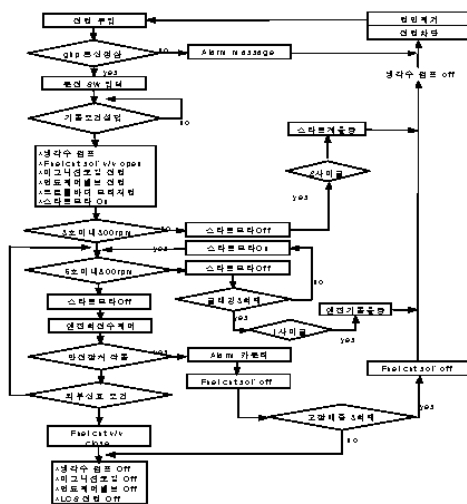


Fig. 4 Flow chart of engine start

2.4 RPM 제어 실험

설계된 ECU는 상위 제어기에서 입력 받은 회전수로 엔진을 구동하기 위해 PID 제어방식을 이용하여 구성하였고, 이득 값의 설정치는 사용엔진에 적합하게 수정 가능하도록 PC 및 제어기 상에 구성되어 있다. 설계된 PID 제어기는 RPM의 에러 값을 이용하여 스톱을 바다 내의 밸브를 조정하여 엔진의 연료 혼합비율의 조정으로 RPM의 제어를 하게 된다. 그림 5는 RPM 제어 실험을 위해 엔진 다이노에 장착한 실험 장면을 보여준다.

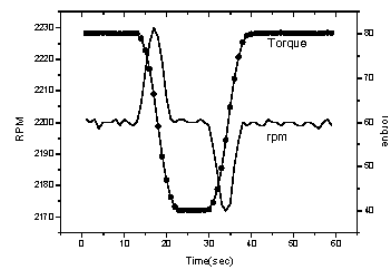


Fig. 6 RPM control under torque change

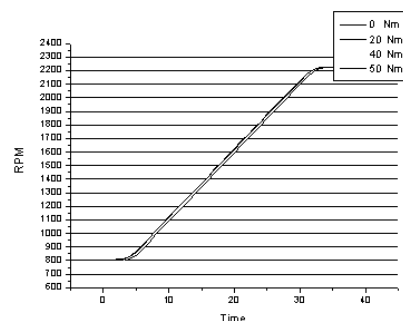


Fig. 7 RPM control under variable constant torque

2.5 공연비 설정 및 관련 프로그램

앞서 제시한 공연비의 제어는 제어되는 엔진의 회전수에 따른 특성을 분석한 후 각 RPM의 특성 범위에 따른 제어 이득 값들을 설정하였다. 그림 8은 설정된 lamda 값의 그래프를 나타낸다.

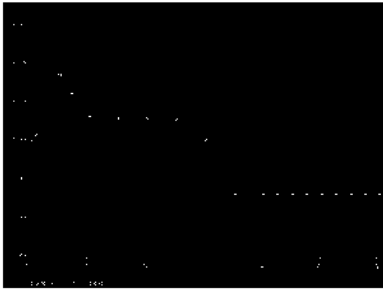


Fig. 8 Setting actuator of target lamda

4. 결론

본 연구에서 개발된 제어기는 상위 제어 시스템 및 PC와의 통신기능이 구현되어 있고, 엔진의 자가 진단 및 알람을 통한 정보와 알람 발생시의 엔진의 상태 및 에러 원인의 저장, 그리고 GHP를 위한 엔진 제어에 요구되는 공연비 특성에 따른 제어와 이에 관련된 주변기기의 제어가 가능하도록 구현되었다.

또한 각종 제어 이득 값들은 제어되는 엔진에 맞게 쉽게 설정 가능하도록 인터페이스 프로그램을 구성하여 사용자로 하여금 쉽게 조정할 수 있도록 설계 하였다.

대부분의 GHP용 엔진제어에서는 기존의 LPG 자동차용 ECU를 사용하는 경우가 많으나 본 연구에서는 자동차용 ECU를 사용하지 않고 GHP 엔진의 특성에 맞게 ECU를 구성하여 GHP용 엔진제어에 따른 제어 특성을 만족 시킬 수 있었다.

RPM 및 토크 실험에서 엔진의 RPM 제어 오차 +10에서 -10의 범위 안에서 제어되는 것을 확인 할 수 있었으며, 추후 실용화 하기위해서는 극한 환경에서의 동작 테스트와 내구성 테스트를 더 진행해야 한다.

후 기

이 연구는 선문대학교 RRC의 연구 지원으로 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 대한선비공학회, 2003.Vol 33, No.3 “선비저널 ”
2. Renesas SH2 7046F CPU manual
3. 정태관, 공문맹, “ ECU를 내손으로 만드자”
4. 김대열,오토테크,“자동차 전자 제어 엔진튜닝”

5. YANMAR Diesel Engine Co. Ltd. website.
6. 불꽃 점화 기관에서의 최적 점화 시기 피드백 제어 방식 (1): 최적 점화 시기와 최대 연소압 크랭크각과의 관계 / Kawai,M.; Kono,M.; Ishii,K.; Fujii,I
7. 불꽃 점화 기관에서의 최적 점화 시기 피드백 제어 방식 (2): 최적 점화 시기와 최대 연소압 크랭크각과의 관계 / Kawai,M.; Kono,M.; Ishii,K.; Fujii,I
8. 점화 시기 보정 제어에 의한 자동차 가속 응답 특성의 가변화 / Shioya, M.; Sekozawa, T.;
9. 최적 점화 시기의 열역학적 해석 (4): 출력 과정의 냉각 손실 및 배기 손실과 점화 시간의 관계 / Yoshida,M.; ;
10. 실험 데이터와 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 스파크 점화 엔진의 바이오 가스 연소의 분석 / Ladommatos, N.; Gould, J.; Stone, C.R.; ;