ECU 및 TCU 신호를 이용한 자동차의 공회전 자동정지 제어 시스템 개발

김성수*

Development of Automatic Idle Stop Control System with Signals of ECU and TCU

Seong-soo Kim*

요 약

본 연구에서는 자동차가 정지하면 지정된 수초이내에 자동차의 공회전 상태를 자동적으로 정지시키고, 운전자가 출발하고자 할 때는 약속된 전기신호로 엔진의 시동을 거는 차량용 공회전 자동정지 제어시스템을 개발하였다. 이 장치는 다수의 선별된 엔진제어유닛과 변속기제어유닛의 전기신호를 입력신호로 하는 마이크로프로세서와 기타 주변 전자회로로 구성되어 있으며 자동차의 운전상태를 인식할 뿐 아니라 냉각수 온도에 따라 그 작동을 조정하고 재시동시 연료분사스킵 기법을 적용하여 자동차의 연료절약 및 유해배출가스를 저감하는 효과를 가지고 있다. 국내의 자동차 연비 및 유해배출가스측정 공인기관에서 ECE15+EUDC모드에서 본 제어시스템 장착차량의 주행시험을 실시하여 그 효과를 확인하였고 실차 적용가능성을 확보하였다.

ABSTRACT

In this study, an automatic idle stop control system was developed, which automatically stops the idle state engine as it detects the stop state of the car for several seconds and restarts the stopped engine with the driver's electrical signal. It is composed of microprocessor and the related electronic circuits and communicates with ECU and TCU. With accurate and confirmed operating performance, the control system was equipped in the test car which was proceeded the ECE15+EUDC mode test. It is confirmed that the control system, ASG has much favourable effects on reducing the fuel consumption and harmful exhaust emissions.

키워드

ECU(Engine Control Unit), TCU(Transmission Control Unit), ASG(Automatic Stop and Go), Fuel Consumption

Ⅰ. 서 론

최근에는 자동차 배출가스 규제 이외에 보다 엄격한 연비 (CO_2 배출량) 규제안도 유럽 및 일본 등에서 법제화되고 있다. 이에 대응하기 위하여 유럽 및 일본의 여러 자동차 회사는 경소형 자동차를 기본으로 한 3-Liter Car(연료 3리터로 100km를 주행하는 차)를 선보이고 있는데 이들 차량은 엔진의 고 효율화, 차량의 경량화 및 차량 주행저항 저감 등을 통하여 목표로 하는 연비를 만족하고 있다. 이들 차량에는 연비향상을

* 신라대학교 자동차기계공학과 조교수

접수일자 : 2005. 8. 19

위하여 차량운전 중 신호대기 시 공회전 정지기능을 작동하고 있다. 이 기능이 있는차량은 규정 연비측정 모드에서 약 10% 이상의 연료절감효과를 얻고 있다. 그러나 이들 장치들은 단순히 운전자의 선택에 의해 공회전 정지 및 재시동이 작동된다. 엔진이 일정수준의 웜업이 되지 않은 상태에서 이 기능이 작동될 경우 실화 및 엔진 부품의 냉각에 의하여 다량의 HC가 배출될 우려가 있다[1-3]. 특히 초기 시동 시 HC의 배출은 공기와 연료의 불완전 혼합 및 연소실 벽면 냉각영역의 영향으로 불완전 연소가 발생한다[4]. 이와 관련하여 전기점화 기관의 시동 시 냉각수온도 및 연료분사스킵 등의 시동조건이 가솔린 기관의 HC 배출에 미치는 영향을 분석하였고[5] 이를 기초로 ECU 및 TCU와 통신하면서 공회전 정지 및 재시동시 유해배출가스의 배출을 최대한 억제하기 위한 공회전 자동정지 및 재시동장치를 개발할 필요가 있다.

Ⅱ. 엔진에서의 기본실험 결과

본 연구에 사용한 자동차용 4기통 1.5리터 DOHC 가솔린 기관의 주요사양은 표 1에 표시하였다. 냉각수 온도는 냉각수 온도 조절 장치를 이용하여 30℃, 50℃, 70℃ 및 90℃로 조절하였고, 연료분사 스킵을 적용한 실험은 연료분사스킵신호를 해당 분사기에 적용하여 해당 사이클 동안 연료가 분사되지 않도록 조정하여 수행하였다.

2.1 HC의 배출특성

냉각수 온도에 따른 미연탄화수소의 배출농도 저감 특성을 확인하기 위하여 냉각수 온도별로 측정한 5회의 미연탄화수소의 배출농도치로부터 미연탄화수소의 배출 평균농도를 계산하여 그림 1에 표시하였다. 냉각수 온도가 30℃일 때 배출되는 미연탄화수소의 배출농도를 기준으로 할 때, 냉각수 온도가 50℃로 상승할 경우 미연탄화수소의 평균배출농도는 약 65% 저감되고 70℃로 상승할 경우, 80%정도가 저감되며 90℃인 경우에는 70℃인 경우와 유사하게 80%정도 저감됨을 알 수 있다. 시동 초기에 2번과 3번 실린더는 연소가 이루어지고, 1번과 4번 실린더에 연료분사스킵을 1사이클과 3사이클 적용하였다. 시동 시 배출되는 HC의 배출농도는 시동 후 5초 동안 측정하였고, 각 실험조건 별로 3회씩 수행한 결과를 그림 2에 나타내었다. 냉각수 온도별로 시동초기에 1사이클 동안 연료분사를 스킵할 경우 정상 연료분사조건에 비해 HC의 평균 배출

표 1. 시험용 엔진의 사양
Table 1 Specification of test engine

Item	Specification
Engine type	IL 4 DOHC
Bore x Stroke (mm x mm)	76.5 x 81.5
Compression ratio	9.5
Displacement volume (cc)	1,498
Max. Power (kW/rpm)	74/6,000
Max. Torque (N · m/rpm)	137/3,000
Valve timing IVO(BTDC) / IVC(ABDC) EVO(BBDC) / EVC(ATDC)	 8 °CA / 42 °CA 42 °CA / 8 °CA
Starter (kW)	0.8

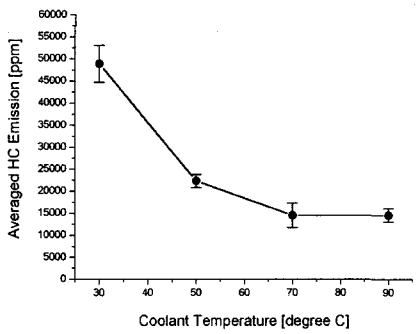

그림 1. 냉각수 온도에 따른 HC의 배출특성
Fig. 1 HC emissions by coolant temperature

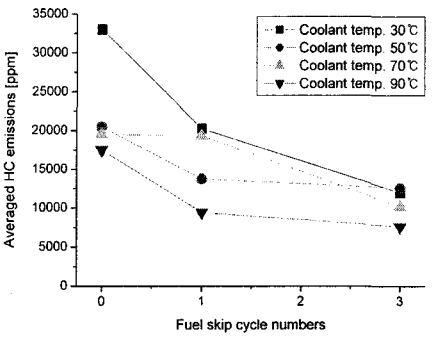

그림 2. 연료분사스킵에 따른 HC의 배출특성
Fig. 2 HC emissions by fuel skips

농도가 32~46% 정도 감소하였으며, 3 사이클 동안 연료분사를 스킵 할 경우에는 정상 연료분사 조건에 비해 약 39~64% 정도의 HC 평균 배출농도가 저감되는 큰 효과를 얻었다. 이는 시동 및 재시동시 연료분사스킵을 적용할 경우 해당 실린더의 HC를 줄이고 기관전체의 배출가스 당량비를 촉매의 정화범위로 형성하여 촉매가 연료분사스킵 기간 동안 배출가스를 정화하여 기관전체의 HC가 감소할 수 있음을 나타내고 있다[6].

따라서 공회전자동정지 및 재시동장치의 적용시 배출가스의 배출을 최대한 억제하기 위해서는 냉각수온도에 따른 연료분사스킵 기술을 적용할 필요가 있음을 확인하였다.

Ⅲ. ASG(Automatic Stop and Go) 장치의 작동개념

공회전 자동정지 및 재시동장치(ASG)의 작동은 차량 정지 시 자동으로 기관의 공회전을 정지시키는 기능과 운전자가 출발하고자 할 때 운전자의 변속기레버 이동 신호에 따라 기관의 시동을 걸어주는 기능으로 이루어진다. 각 기능의 설계는 다음과 같다.

3.1 ASG 장치의 공회전 정지 기능 설계

기본 ASG 컨트롤러는 ECU 및 TCU로부터 입력신호를 감지하고 컨트롤러에서 연산에 의해 결정되는 값에 의해 엔진 정지 및 재시동을 수행하게 된다. ASG 장치가 작동 시 운행 중이던 차량이 신호등에 의해 정지된 상태이거나 교통 혼잡 구역에서 정지한 상태에서 운전자가 변속기 레버를 D 위치에서 N 위치로 바꾸면 3초 후에 엔진이 자동으로 꺼지게 된다. 단, 에어컨 컴프레서가 작동 중일 때는 엔진은 정지하지 않는다. 그림 3의 순서대로 ASG 장치가 ECU와 TCU로부터 해당입력신호를 순서대로 인식하여 엔진의 공회전을 정지시킨다.

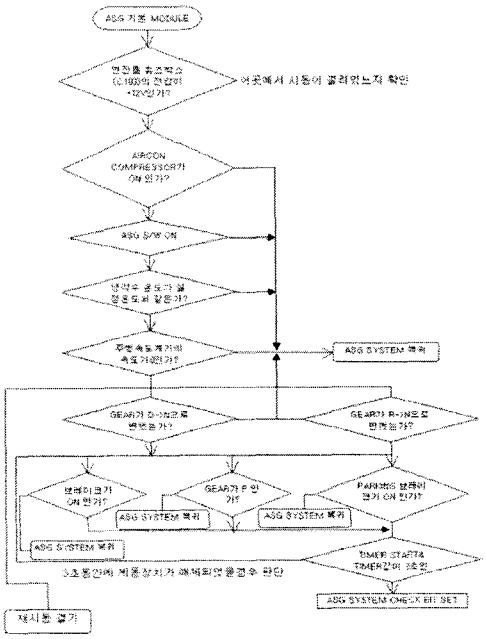

그림 3. 공회전정지 흐름도
Fig. 3 Flow chart for idle stop

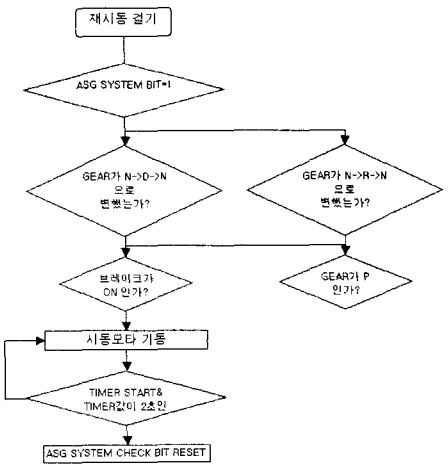

그림 4. 재시동 흐름도
Fig. 4 Flow chart for restart

3.2 ASG 장치의 기관 재시동 기능 설계

ASG 장치에 의해 정지 중인 차량을 운전자가변속기레버를 N 위치에서 D-N 위치로 바꾸게 되면 정지되었던 엔진이 즉시 시동이 걸린다. 이 때 엔진의 시동은 급발진을 막기 위해 브레이크를 밟은 상태에서, 변속기 레버가 N 상태일 때 시동이 걸리게 되어있다. ASG 장치는 ECU와 TCU로부터 해당신호를 그림 4에 표시한 논리도의 순서대로 인식하여 정지된 엔진을 재시동

한다.

3.3 차량용 ASG 장치의 설계

차량용 ASG 장치는 위의 3.1절과 3.2절의 설계개념에 의해 제작되었으며 충분한 엔진시험을 통해 작동의 안정성을 확인한 후 차량용 ASG 장치를 개발하였다. 이 회로는 전원부, 입력부와 출력부로 구성되어 있으며 메인프로세서로는 PIC16F 874를 사용하였다.

가. 전원부

자동차 알터네이터를 통해서 나온 전압은 약 12~14V이다. 본 회로에 필요한 5V의 정전압은 알터네이터 출력전압을 LF1(Line Filter)와 C1(전해 콘덴서 470uF)을 통과시키고 U1(MC7805-정전압IC)를 거쳐 얻었다.

나. 입력부

(1) 메인전원

12V 전압은 자동차 시거 잭과 연결하여 공급받았으며, 시동키를 OFF하게 되면 ASG 장치의 메인 전원이 꺼지게 된다.

(2) 냉각수온도 센서 신호

냉각수 온도는 ECU로 들어가는 온도센서 값을 통해 입력된다. 이때 신호는 아알로그 값으로 나오며 메인 프로세서에 내장된 ADC(Analog-Digital Convertor)를 통하여 온도 값을 읽는다.

(3) 충전경고등 신호

점화스위치를 ON(Ⅱ단) 했을 때 충전경고등 신호인 알터네이터 L단자의 전압은 1~3V가 된다. 엔진이 시동되면 L단자 전압은 B+ 전압과 같은 12~14V의 전압이 나오게 된다. ASG장치 회로에서는 L단자 전압을 확인하여 시동 ON, OFF를 판단하며, 시동모터를 구동할 때 L단자 전압을 체크하여 시동모터 릴레이를 OFF 해준다.

(4) 차속센서 신호

차량속도 센서는 차량 주행속도를 감지하여 ECU에 그 값을 넘겨준다. ASG 장치는 차량속도 센서에서 나오는 펄스 값을 200ms동안 측정하여 그 속도 값을 읽어낸다.

(5) 브레이크 신호

브레이크 신호는 1kΩ 저항과, 포토 인터럽터(PC817)를 통하여 메인 프로세서에 전달된다.

(6) 에어콘디셔너 신호

(7) 시동키 신호

시동키를 Ⅱ까지 ON했을 때 12V~14V전압이 나오게 된다. 1kΩ저항과 포토 인터럽터(PC817)를 통하여 메인 프로세서에 전달된다.

(8) 변속기레버 위치 신호

ECU에서 TCU와의 통신 라인에 현재 변속기 상태를 출력해주는 신호가 있다. 이 신호는 변속기가 P, N 상태일 때 1(5V)을 출력하고, R, D, 1, 2, 3 등의 상태일 때 0(0V)를 출력한다.

다. 출력부

(1) 시동 릴레이

ASG 장치에 의해 엔진이 정지될 때 시동 스위치를 강제로 2초간 OFF해 주어 시동을 정지하게 된다.

(2) 스타터 릴레이

ASG 장치에 의해 엔진이 시동될 때 스타터 릴레이를 작동하여 엔진 시동을 하게 된다. 이때 ALT_L단자의 전압이 12~14V가 되면 즉시 스타터 릴레이의 작동을 해제한다.

(3) 인젝터 릴레이 1

사용자에 의해 설정된 연료분사스킵 시간에 따라 시동 시 인젝터 신호를 강제로 끊어주어 인젝터로 연료가 분사되는 것을 막아준다.

라. 통신부

ASG장치 회로에서는 PC와 통신할 수 있는 RS-232 포트가 구성되어 있다. 이 포트로 현재 ASG에 입력되는 신호값, 출력되는 신호값 등이 출력된다.

마. 디스플레이부

ASG 장치의 디스플레이는 16*2 Line LCD화면에 연료분사스킵 시간과, ASG 장치가 작동되는 시간 등을 표시하여 사용자가 연료를 얼마만큼 절약하였는지 볼 수 있도록 하였다.

프로그램은 CCS-C 컴파일러를 사용하여 코딩하였다. 시동정지 함수는 브레이크가 ON 이고, ALT_L 전압이 H, 차가 움직였고, 기어가 N 또는 P 위치일 때 점화릴레이를 Off하여 엔진을 정지한다. 엔진이 정지됨과 동시에 LCD에 정지된 시간이 카운터 되며, 기어 신호 입력을 대기한다. 시동 함수는 ASG 장치에 의해 엔진이 정지되었고, 브레이크가 ON이고, ALT_L 전압이 L, 차속이 0km/h, 기어가 N->D-N 상태로 변경되었을 때 스타터 릴레이를 On 한다. 이때 설정된 연료분사스킵 시간만큼 인젝터 릴레이를 Off한 다음 On하여

설정된 시간만큼 연료가 분사되는 것을 막아준다. 차속 측정 함수는 200ms동안 차속 센서에서 나오는 인트럽트 값을 측정한다. 이때 측정을 3번하여 평균값을 내어 정확한 차속 값을 얻어 낼 수 있었다. 설정된 최저 속도는 5km/h 이상이 되었을 경우 차가 움직인 것으로 판단, Move_C 변수에 1을 기억한다.

Ⅳ. 자동차시험 결과

ASG 장치를 장착한 시험차량으로 자동차부품연구의 차량시험실에서 우리나라 승용차량의 배출가스인증 시험모드인 ECE15+EUDC를 수행하여 각 조건별 연비 및 배출가스를 측정하였다. 또한 동일한 시험모드에서 시간당 배출가스의 정도를 분석할 수 있는 모달시험을 실시하였다. 이 모달시험은 시험구간에서 모든 배출가스를 1초당 측정하여 그 결과를 출력할 수 있어 주행모드의 각 운전구간에서 발생하는 배출가스의 특성을 분석할 수 있는 이점이 있어 이를 통하여 ASG의 최적조건을 확인할 수 있었다.

4.1 ECE15+EUDC 시험결과

ECE15+EUDC 모드는 그림 5에서 보는 바와 같이 총 31%의 공회전비율을 가진다. 실시한 시험은 동일시험을 2회 연속 실시하여 각 횟수별 측정치들이 서로 3% 이내의 범위에 존재할 경우 연비 및 유해배출가스 측정치를 인증하는 시험이다.

그림 6은 ASG가 장착된 시험용 차량을 나타낸다. 인증시험은 기준조건의 차량(Base cond.), HC adsorber 장착차량, 단순한 ASG장치를 장착한 Control-0 차량과 연료분사 스킵기능의 ASG장착 Control-1 차량으로 실

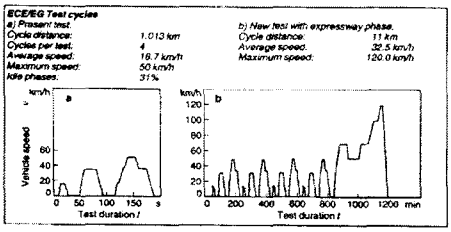

그림 5 ECE15+EUDC 모드
Fig. 5 ECE15+EUDC mode

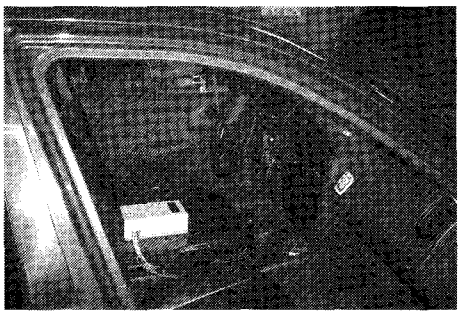

그림 6. ASG가 장착된 시험차량
Fig. 6 Test car equipped with ASG

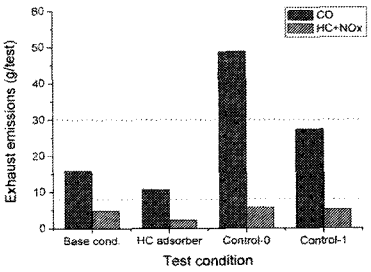

그림 7 ASG 장착차량의 인증시험결과
Fig. 7 Certified test result of the ASG equipped car

시하였고 모달시험은 기준조건의 Base 차량, 연료분사스킵 기능과 냉각수온도에 따른 ASG 작동 조정기능을 조합한 최적 ASG 장치를 적용한 Control-2차량과 연료분사스킵 기능만을 가진 ASG 장치를 장착한 Control-3 차량으로실시하였다. 그림7은 인증시험결과를 나타낸다. Control-0 차량은 규제치보다 많은 양의 CO를 배출하여 규제치를 통과하지 못하였으나 연료분사스킵 기능의 ASG장치를 장착한 Control-1 차량은 해당 규제치를 모두 통과하였다. 그림8과 그림 9는 모달시험 결과를 나타낸다. 그림 8을 보면 Control -2 차량과 Control-3 차량은 기준차량에 비해 연비는 각각 2.5%, 2.9% 향상되었고 CO_2는 4.2%, 5.2% 감소하는 효과가 있었다. 그림9의 결과에서는 Control-2차량이 Control-3 차량보다 유해 배출가스 인 CO와 HC+NOx가 약 34%, 27% 감소하는 효과가 있었다. Control-2차량은 Base 차량보다 HC+NOx가 10.6% 적게 배출되며 CO는 규제치의 50.6%만 배출하여 연비향상 및 유해배출가스 저감에 효과가 있음을 알 수 있다. 따라서 ECU 및 TCU 신호를 이용

하며 냉각수 온도에 따라 조정되는 자동차의 공회전 자동정지 제어 시스템인 ASG는 기준차량에 비해 연료 절약 및 유해배출가스 저감에 큰 효과가 있음을 확인하였다.

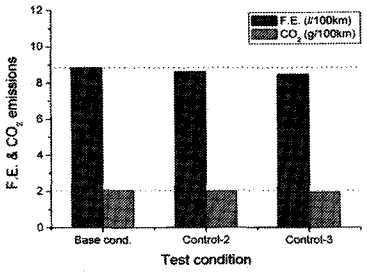

그림 8 모달시험에 의한 연비 및 CO_2 측정결과
Fig. 8 Measured F.E. & CO_2 emissions by the modal test

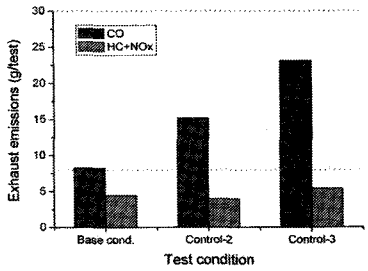

그림 9 모달시험에 의한 최적 ASG 장치의 배출가스
Fig. 9 Exhaust emissions of optimized ASG by the modal test

V. 결 론

ECU 및 TCU 신호를 이용하여 냉각수 온도에 따른 연료분사스킵 기능의 자동차의 공회전 자동정지 제어 시스템인 ASG를 개발하였다. 냉각수 온도에 따른 연료분사스킵은 기관의 시동 및 재시동시 과다하게 배출되는 HC를 감소시키는데 효과가 있음을 확인하였다. 또한 이를 장착한 차량으로 ECE15+EUDC 모드의 연비 및 유해배출가스 시험을 실시한 결과 기준차량에 비해 연비향상 및 유해배출가스저감에 큰 효과가 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] Y. Luan, and N. A. Henein, "Contribution of Cold and Hot Start Transients in Engine-Out Emissions", SAE Paper 982645, 1998.

[2] K. D. Isherwood, J. R. Linna and P. J. Loftus, "Using On-board Fuel Reforming by Partial Oxidation to Improve SI Engine Cold-Start Performance and Emissions", SAE Paper 980939, 1998.

[3] M. C. Drak, R. M. Sinkevitch, A. A. Quader, K. L. Olson and T. J. Chapaton, "Effect of Fuel/Air Ratio Variations on Catalyst Performance and Hydrocarbon Emissions during Cold-Start and Warm-UP", SAE Paper 962075, 1996.

[4] C. E. Roberts and R. H. Stanglmaier, "Investigation of Intake Timing Effects on the Cold Start Behavior of a Spark Ignition Engine", SAE Paper 1999-01-3622, 1999.

[5] Seong Soo Kim, "A Study on Engine-Out HC Emissions during SI Engine Starting", Transactions of the KSAE, Vol. 11, No. 2, 2003.

[6] Seong Soo Kim, "Characteristics of HC Emissions by Starting Conditions in an SI Engine", Transactions of the KSAE, Vol. 12, No. 3, 2004.

저자소개

김성수(Seong-Soo Kim)

한국항공대학교 항공기계공학과
서울대학교 대학원 기계공학과
공학석사
한국과학기술원 기계공학과
공학박사

※관심분야 : 내연기관 연소, 엔진유체유동 및 배출가스저감기술, 엔진제어