

차량용 전자제어장치와 전압조정기 개선에 관한 연구

A Study on the Improvement of Voltage Regulator and Electronic Control Unit for Vehicle

김 순 호, 김 효 상
(Sun-Ho Kim and Hyo-Sang Kim)

Abstract : In this study, we define the measuring method of crank angle precisely using an event and perform a study on the hardware structure and software algorithms which is applicable for the commercial engine. Also we developed a Computer-ECU(Personal computer based electronic control unit) using a computer and a microprocessor, for performing the ignition at a desire position(angle) and for controlling a duty ratio of pulse for ISC(Idle speed control). We applied these algorithms to the modeling which is induced a concept of event and got a better result than a conventional ECU in the state of transient as a result of performing air fuel ratio control in a commercial engine. This technique can be used for the back to improve ECU performance. If the present type of Hybrid I. C voltage regulator is altered to the new type of regulator, we will be surely able to reduce the production cost as well as simplify the design of alternator's rear bracket and rectifier part because of the removal of trio diode. Experiment is taken by MS-R004.

Keywords : software algorithms, Computer-ECU, Hybrid I. C voltage regulator, trio diode

I. 서론

현재 전세계의 자동차산업은 직면하고 있는 초저배출차량(Ultra Low Emission Vehicle: ULEV) 규제에 적극적으로 대응하기 위하여 유해 배기 물질의 배출이 적은 차량을 개발하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있고 본 연구도 이러한 목적을 충족하기 위함이다.

현재 사용되고 있는 크랭크각 센서는 크랭크축과 일체로 되어 있는 센서 휠 돌기를 감지하여 ECU로 입력시킨다. 엔진의 크랭크축과 일체로 되어있는 센서 휠은 60개의 돌기를 가지고 있으므로 크랭크각을 6° 간격으로 인지한다[1][2]. 하지만 본 연구에서는 크랭크축에 엔코더를 부착시켜 크랭크 각도를 0.5°로 정밀하게 측정하는 방법과 흡입밸브로 들어오는 공기질량에 대하여 공연혼합비를 제어하여 과잉공기유입율을 개선시켰다. 그리고 공연혼합비가 최적으로 제어된 연료를 점화시키기 위하여 상용의 점화방식이 아닌 다연발 점화장치(All volley in order Ignition System: AVOIS)를 개발하여 착화성을 향상시켜 화염면적을 증가시키므로 공해를 최소화했다.

그리고 전자제어장치에 항상 일정한 전압을 공급하는 전압조정기(12V75A용)를 기본으로 하여 근사한 성능은 유지하되 소형 저가로 개선시킨 전압조정기의 성능이 상용의 전압조정기와 근사한가를 확인하기 위하여 ES-37300, EVR-200, MIL-G-46795E, MS-R-003, SSJ- 00266의 규격에 의거, 작성된 MS-R004로 실험을 실시하였다[3][4].

본 논문에서 제안한 장치들을 이용하여 연료 소비율 개선 및 유해 배출물 저감과 점화장치에 관련되는 착화성 향상에 대해 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

II. 전자제어장치와 전압조정기

전자제어장치는 전자장치를 이용하여 엔진의 상태, 즉 엔진에 작용하는 부하, 엔진 회전수, 냉각수 온도, 흡기량, 대기온도, 대기압 등의 변화를 전기적 신호로 모아, 이들을 종합하여 그때의 최적의 연료량을 공급(injection)하는 시스템으로서, 전자제어 연료분사 장치라고도 한다[1].

전자제어장치는 이그니션 스위치로부터의 스타트 신호, 이그니션 코일로부터의 엔진 회전 속도, 드로틀포지션 센서로부터의 드로틀밸브 개도, 에어플로미터로부터의 흡입 공기량에 비례하는 전기신호, 에어플로미터 내 부착되어 있는 흡기온도 센서로부터의 흡기온도, 냉각수 온도 센서로부터의 냉각수 온도 등을 설치된 각 센서로부터 신호를 받아, 미리 설정되어 있는 조건으로 맞추어 인젝터의 작동시간을 계산하여 전기신호를 보내는 장치이다. 또 전자제어장치는 각종 센서들로부터 엔진의 작동상태를 감지하여 기본 분사량 이외에 추가로 연료를 분사하도록 하는 소위 연료 증량보정을 하여 항상 엔진이 최적의 상태로 작동케 한다.

엔진은 아이들링과 같은 저속 회전으로부터 최고 회전수까지 대폭으로 변한다. 또한 발전기의 부하도 히터, 배수 펌프, 램프류 등 운용에 따라 출력 전압의 차이가 상당하다. 이러한 상황에서도 출력 전압을 일정한 값으로 유지하는 것이 차량용 전압조정기의 목적이다. 따라서 전압조정기는 회전자에서 발생하는 교류 전원을 정류기를 거쳐 직류 전원으로 바꾼 뒤 부하나 이에 병렬 연결된 축전지에 일정 전압을 공급하게 된다[5].

III. 개선된 전자제어장치의 공연혼합비 제어와 전압조정기

1. 전자제어장치의 공연혼합비제어 및 점화장치 개선

본 논문에서 사용한 장치 구성도는 그림 1과 같으며 A/D (Analog to digital)변환기, 인터페이스(Interface), 신호검출장치(Sensing unit), 연산장치(Calculation unit), 신호처리제어장

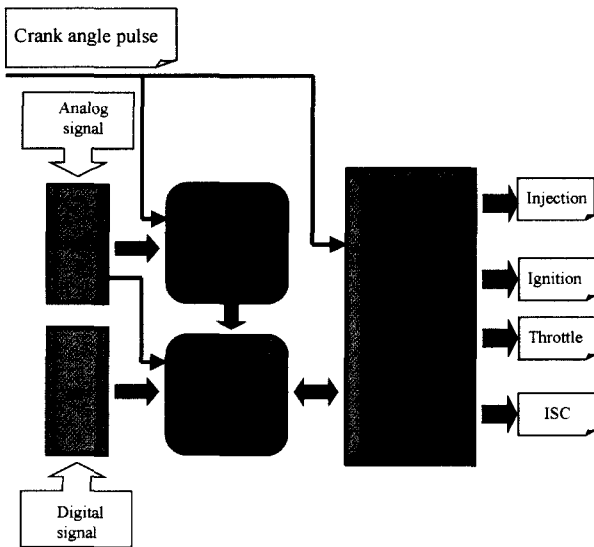


그림 1. 컴퓨터 전자제어장치의 구성도.
Fig. 1. Block diagram of Computer-ECU.

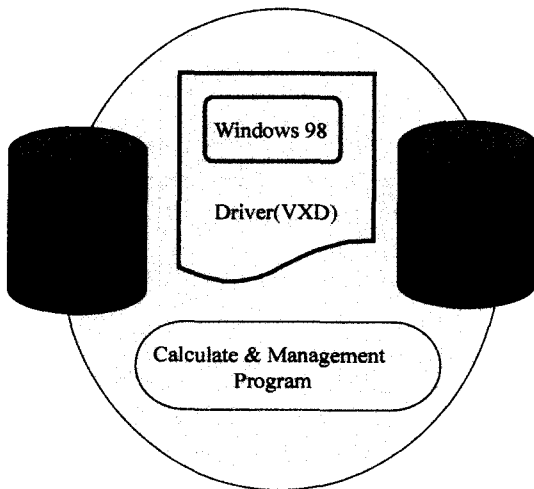


그림 2. 컴퓨터-ECU의 소프트웨어의 구성도
Fig. 2. Software configuration of Computer-ECU.

치(Signal Processing Unit: SPU)로 구성하였다. 그림 2는 프로그램의 구성도이며, 연산 및 관리프로그램, 신호검출 프로그램, 신호처리제어 프로그램으로 구분하며, 프로그램은 C언어를 사용하였다[6][7][9].

크랭크 회전각 0.5°마다 매 행정단위로 평균을 취하여 연산 및 관리프로그램으로 보낸다. 연산 및 관리프로그램에서는 이들 데이터를 분석 및 연산하여 기관의 동작상태에 적합한 최적의 운전조건을 구한 다음 제어 값들을 신호처리제어 프로그램으로 보낸다. 신호처리제어 프로그램은 크랭크 각도를 측정하고 연산 및 관리 프로그램에서 보내온 데이터에 적합하게 각종의 제어신호를 출력한다. 연산 및 관리 프로그램은 윈도우98 환경에서 구축을 하였다. 윈도우98은 펄스 개념을 적용한 오퍼레이팅 시스템으로서 일반적인 제어 프로그램에는 적합하지 않다. 이의 해결을 위하여 본 연구에 필요한 가상드라이버(VXD: Virtual driver) 프로그램을 별도로 설치하였다.

각각의 프로그램이 데이터를 전송하고 받는 동작은 제어 모드가 정해져 있으며 이미 약속된 방식의 통신 프로토콜을 이용했다.

신호검출장치에서 아날로그 신호 중 공기유량센서 및 광역산소센서(Lean Mixture Sensor: LMS)의 값을 1번 실린더의 TDC(Top dead center)를 기준으로 크랭크 회전각 0.5°마다 샘플링하여 연산장치로 보낸다. 기관의 회전에 따른 회전각을 검출하기 위하여 캠축의 1회전에 720펄스가 발생하는 엔코더를 부착하였다.

연산장치는 개인용 컴퓨터를 사용하였으며, 검출장치에서 보내온 신호를 연산 및 분석하여 연료분사량 등 엔진의 동작에 필요한 최적의 조건을 계산하여 데이터를 신호처리제어장치로 보낸다.

신호처리제어장치는 엔진의 회전에 따라 캠축에 부착된 엔코더에 발생하는 펄스를 입력받아 펄스의 하강 에지를 검출하여 크랭크축의 회전각을 0.5°의 정밀도로 계측하여 제어하도록 하였다. 크랭크축의 회전에 따라 발생하는 펄스를 검출하기 위한 흐름도를 그림 3에 나타내었다.

또한 컴퓨터로부터 연산장치에서 보내온 데이터를 저장하고 제어신호에 따라 회전수의 검출과 함께 설정 값에 따른 점화신호, 연료분사신호, 공회전제어 신호를 출력한다.

그리고 본 연구에서는 다연발 점화장치(AVOIS)를 처음으로 개발하여 전자제어장치로부터 공연혼합비가 제어된 연소실을 기존의 점화방식이 아닌 다연발 점화장치를 이용하여 점화시켰다. 다연발 점화장치는 점화 능력 향상을 위

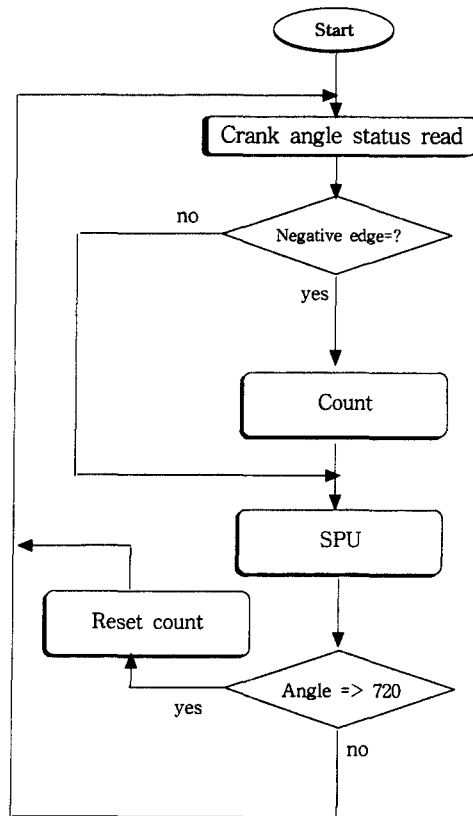


그림 3. 펄스 검출을 위한 흐름도.
Fig. 3. The flow chart of the event detection.

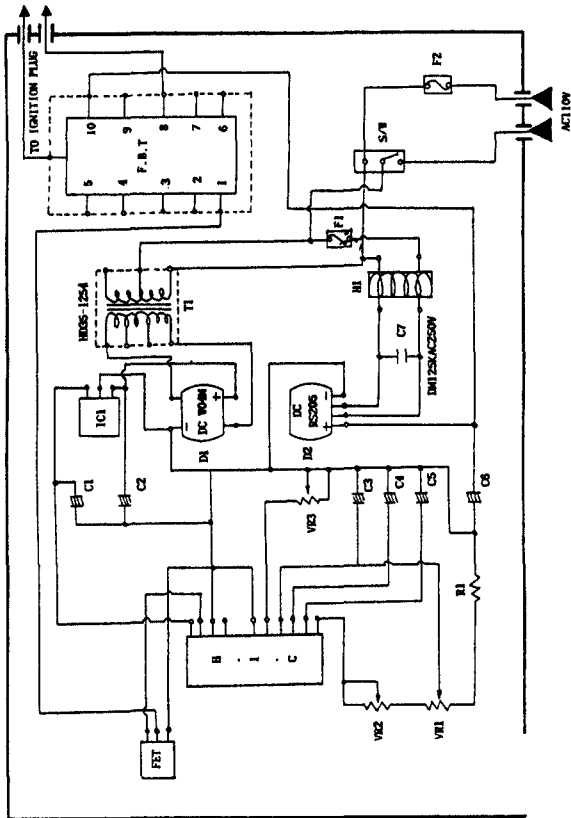


그림 4. 고전압 AVOIS의 회로도.
Fig. 4. Circuit of high voltage AVOIS.

하여 점화에너지 방출패턴을 자유롭게 변화시킬 수 있는 장치이다. 설정된 점화 횟수가 펄스발생기에 입력되면 설정 주파수를 갖는 횟수의 펄스가 생성된다. 설정횟수만큼 생성된 펄스는 전력발전부에 인가되는데, 이때 150V까지 변화가 가능한 직류전원이 FBT 점화 코일의 1차 코일에 펄스 횟수만큼 인가된다. 1차전류의 단속이 펄스 횟수만큼 이루어지면 2차 코일에 2차 전압이 유기(최고 30kV까지 가능)되고, 점화프러그에서 설정 횟수만큼 방전된다. 다연발 점화장치(AVOIS) 회로도에는 그림 4에 나타내었다.

2. 전압조정기 개선

전압조정기에서 제자코일에 전류를 흘리는 Trio diode를 Main diode로 대체시킴으로서, 근사한 성능은 유지하되 전압조정기는 소형 저가가 되도록 설계하였다.

제안된 전압조정기는 Trio diode 조립체를 제거하고, 그 역할을 대신할 수 있도록 하이브리드 I.C 전압조정기 Chip 내에 부품 첨가 및 회로를 재구성하므로 소형 저가가 되었다. 기존의 회로도 와 제안된 회로도를 그림 5에 나타내었다.

IV. 실험 및 고찰

1. 전자제어장치의 공연혼합비 실험

상용의 기관에 냉각수 온도 93°, 무부하 상태일 때의 조건에서 공기질량을 25[kg/h]에서 40[kg/h]로 급속히 변화 또는 그 반대로 하였을 때 상용의 전자제어장치와 컴퓨터-전자제어장치의 공연혼합비 제어를 비교 실험하였다.

그림 6은 공기질량을 25[kg/h]에서 40[kg/h]로 급속히 변

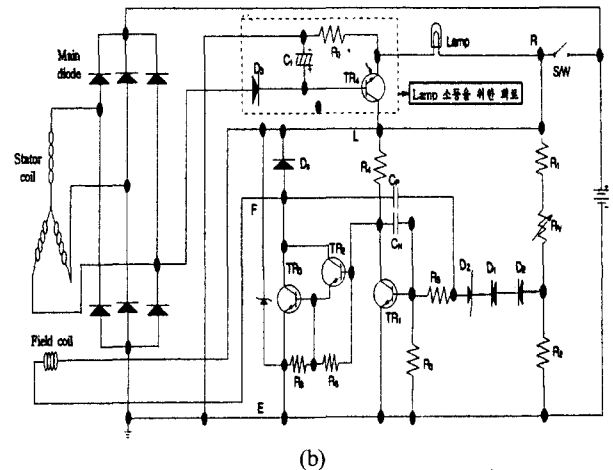
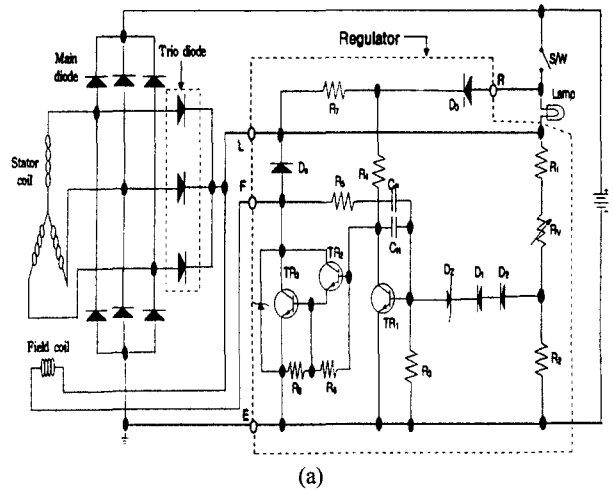


그림 5. (a) 전압조정기를 포함한 발전기의 회로도, (b) 전압조정기를 포함한 새로운 발전기의 회로도.
Fig. 5. (a) The circuit of alternator with regulator assembly, (b) The circuit of new type alternator with regulator assembly.

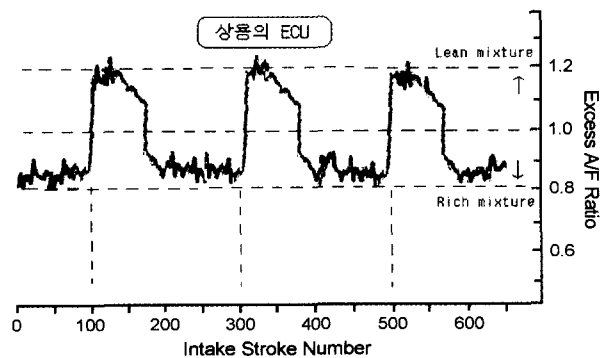


그림 6. 상용 ECU의 AFR 제어 결과.
Fig. 6. Result of AFR control in Common use ECU.

화 또는 그 반대로 하였을 때, 상용 전자제어장치의 공연혼합비 결과를 나타낸 것이고, 그림 7은 컴퓨터-전자제어장치의 공연혼합비 결과를 나타낸 것이다. 과잉공기유입률(Excess A/F ratio)이 1일 때 이상적인 공연혼합비가 된다. Lean mixture 쪽으로 가면 연료가 적게 유입되는 희박연소가 되며,

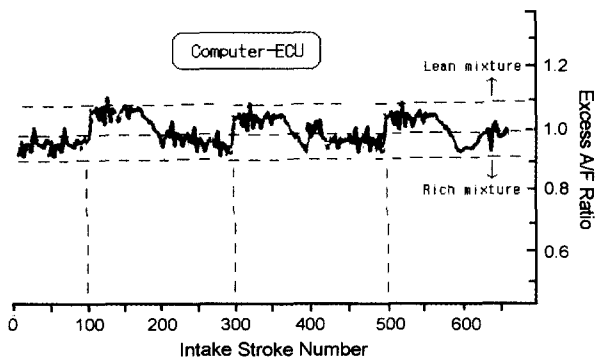


그림 7. 컴퓨터-ECU의 AFR 제어 결과.
Fig. 7. Result of AFR control in Computer-ECU.

Rich mixture 쪽으로 가면 연료가 많이 함유되는 질은 혼합 가스가 된다. 상용 전자제어장치는 과잉공기유입률이 1.0에서 약 ± 0.2 의 폭을 가지지만, 컴퓨터-전자제어장치는 약 ± 0.1 의 폭을 가진다. 즉, 컴퓨터-전자제어장치가 상용 전자제어장치보다 편차가 50% 향상됨을 알 수 있다. 이것은 크랭크축에 엔코더를 부착시켜 크랭크 각도를 0.5°로 정밀하게 측정하여 컴퓨터-전자제어장치가 흡입밸브로 들어오는 공기질량에 대하여 공연혼합비를 제어하였기 때문이다.

공연혼합비가 제어된 연소실을 점화시키기 위하여 기존의 점화방식이 아닌 다연발 점화장치(AVOIS)를 개발하였다. 그림 8은 실험장치의 사진이고, 그림 9는 다연발 점화장치의 실물사진이다.

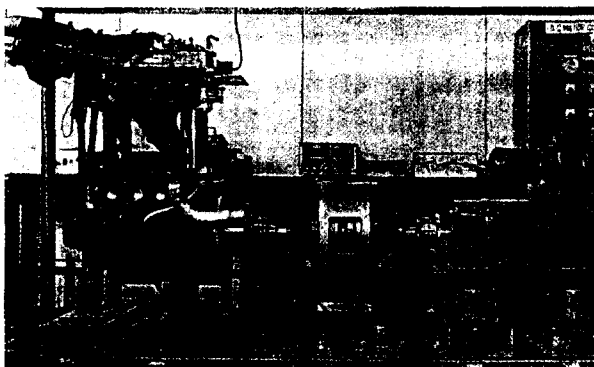


그림 8. 실험장치의 실물사진.
Fig. 8. Photograph of experimental apparatus.



그림 9. 다연발 점화장치의 실물사진.
Fig. 9. The photograph of the experimental apparatus.

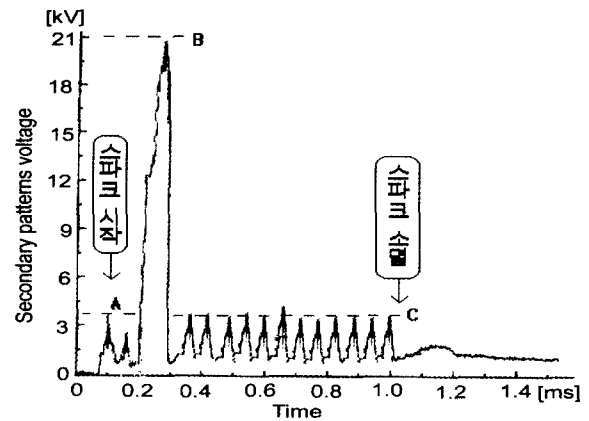


그림 10. 1차전압 150V에서 AVOIS의 전압파형(2차전압).
Fig. 10. Typical wave-forms of AVOIS at primary voltage of 150V.

그림 10은 주어진 초기조건에서 1차 전압의 값에 따라 계측한 2차 전압파형이다. 상용의 점화장치는 연소실에서 1ms동안 1회의 큰 절연파괴가 일어나면서 점화를 시켜준다. 하지만 다연발 점화장치는 연소실에서 1ms동안 다연발로 점화가 일어남을 알 수 있다.

2차 전압 파형을 3단계로 세분화하면 A에서 최초의 점화가 일어나고, B에서 가장 큰 절연파괴가 일어나면서 점화를 시켜주고, 이후 C와 같은 절연파괴가 여러번 일어나면서 점화시켜준다.

그림 11의 왼쪽은 컴퓨터-전자제어장치를 사용하여 공연

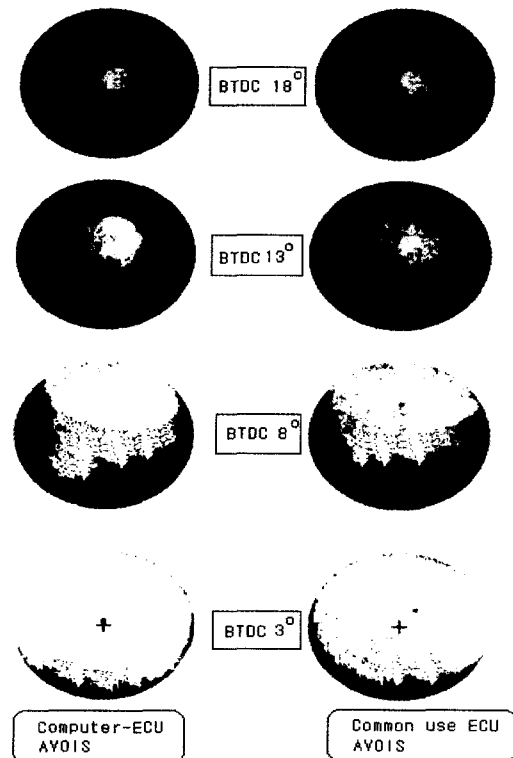


그림 11. AVOIS를 사용한 컴퓨터-ECU와 상용 ECU의 비교.
Fig. 11. Compare common use ECU with Computer-ECU used AVOIS.

혼합비를 향상시킨 상태에서 다연발 점화장치를 사용하여 점화시킨 화염핵의 진행상태이며, 오른쪽은 상용의 전자제어장치에서 다연발 점화장치를 사용하여 점화시킨 화염핵의 진행상태이다.

이때의 화염 영상을 비교해 보면, 초기화염이 착화되는 BTDC 18°에서부터 BTDC 8°까지는 화염전파속도가 대체적으로 비슷하게 진행되지만 연소화염이 전체 영역에 도달한 BTDC 3° 부근에서는 컴퓨터-전자제어장치와 다연발 점화장치를 사용하여 공연비를 향상시킨 연소실내의 화염면적이 상용의 전자제어장치에다 다연발 점화장치를 사용한 것보다 화염전파속도가 더 빨라서 화염면적이 더 많이 증가된 것을 알 수 있다.

2. 전압조정기 실험

실험은 12V75A용 Alternator와 개선된 전압조정기 Chip sample를 사용하였다[8]. 제안된 전압조정기는 Trio diode 조립체를 제거하고, 그 역할을 대신할 수 있도록 하이브리드 I.C 전압조정기 Chip내에 부품 첨가 및 회로를 재구성하여 성능이 상용의 전압조정기와 근사한가를 확인하기 위하여 ES-37300, EVR-200, MIL-G-46795E, MS-R-003, SSJ-00266의 규격에 의거, 작성된 MS-R004로 실험을 실시하였다. 그림 12는 Chip sample 실물 사진을 촬영한 것이고, 그림 13은 본 연구에 사용한 실험장치의 구성도이다.



그림 12. 하이브리드 I.C 전압조정기 칩의 견본.
Fig. 12. The sample of hybrid I.C voltage regulator chip.

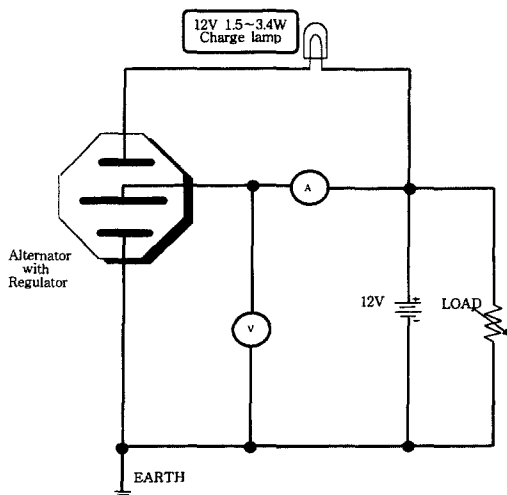


그림 13. 실험장치의 구성도.
Fig. 13. Constructed diagram of experimental apparatus.

MS-R004의 규격에 의하면 Rotor speed를 5000RPM으로 일정하게 하고, 부하를 10A 인가하였을 때 전압조정기는 $14.6 \pm 0.3V$ 이내가 되도록 규정하고 있다.

상기 규격에 의해 동일한 Sample를 가지고 3회 반복 실험을 실시하였다. 1회에는 조정전압이 14.58V이고, 2회에는 14.59V이며, 3회에는 14.58V가 나왔다.

1회 실시 후 바로 2회를 실시하였기 때문에 실험장치의 열화관계로 0.01V의 상승 전압이 발생하였지만, 3회에는 약간의 시간을 두고 실시하였더니 1회 때의 전압값과 동일한 결과치가 나왔다.

최고전압과 최저전압의 편차가 0.01V가 되었지만 규격 $14.6 \pm 0.3V$ 이내에 모두 들어왔음을 확인하였다. 나머지 실험도 모두 규격내에 들어왔음을 확인했다.

3. 고찰

가. 공기량이 급격히 변화하는 과도기적인 부분에서 상용 전자제어장치는 과잉공기유입률(Excess A/F ratio)이 1.0에서 약 ± 0.2 의 폭을 가지지만, 컴퓨터-전자제어장치는 약 ± 0.1 의 폭을 가진다. 즉, 컴퓨터-전자제어장치가 상용 전자제어장치보다 약 50%의 과잉공기유입률이 좋게 나타남을 알 수 있다.

나. 상용의 점화장치는 중간 점화지점의 절연과피전압 정도의 점화만 일어나지만, 다연발 점화장치는 중간 점화지점의 앞, 뒤에서 생기는 약 3.8~5.1kV 정도의 절연과피전압들에 의하여 기존의 연소보다는 더욱 완전 연소에 가깝게 됨을 화염영상을 통해 알 수 있다.

다. 전압조정기(12V75A용)에서 계자코일에 전류를 흘리는 Trio diode를 Main diode로 대체시켜서 근사한 성능을 유지하는가를 MS-R004의 규격에 의하여 실험하였다. 동일한 Sample를 가지고 전압조정 실험을 3회 실시한 결과 변동율이 실험장치의 열화관계로 최고전압과 최저전압의 편차가 0.01V가 되었지만 규격 $14.6 \pm 0.3V$ 이내에 들어왔음을 확인하였다.

V. 결론

과잉공기유입률을 개선시킨 컴퓨터-전자제어장치와 착화성을 향상시켜 화염면적이 증가되도록 개발한 다연발 점화장치, 그리고 소형 저가로 개선시킨 전압조정기를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 공기량이 급격히 변화하는 과도기적인 부분에서 컴퓨터-전자제어장치가 상용 전자제어장치보다 약 50%의 과잉공기유입률이 좋게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 크랭크축에 엔코더를 부착시켜 크랭크 각도를 0.5°로 정밀하게 측정하여 컴퓨터-전자제어장치가 흡입밸브로 들어오는 공기 질량에 대하여 공연혼합비를 제어하였기 때문이다.

2. 다연발 점화장치를 개발하여 컴퓨터-ECU와 상용 ECU에 화염면적을 비교한 결과 컴퓨터-ECU가 상용-ECU의 연소보다 더욱 가연 한계를 확장시킴을 알 수 있었다.

3. 전압조정기(12V75A용)에서 계자코일에 전류를 흘리는 Trio diode를 Main diode로 대체시켜서 근사한 성능을 유지하는가를 MS-R004의 규격에 의하여 전압조정 실험, 전압변동 실험, Surge 전압 실험, 누설전류 실험, 온도상승 실험,

진동 실험, 부하내구 실험을 실시한 결과 전 항목이 규격 내에 들어왔음을 확인하였다.

4. 전압조정기(12V75A용)에서 계자코일에 전류를 흘리는 Trio diode를 Main diode로 대체시키므로 Trio diode 조립체 부분 전체가 없어지고, 이로 인하여 Alternator의 Rear bracket 및 정류기 부위의 설계가 용이하게 되었고, 소형 저가의 효과가 있었다.

끝으로 본 논문에서 제안한 장치들을 이용하여 연료 소비율 개선 및 유해 배출물 저감과 점화장치에 관련된되는 착화성 향상에 대해 실제차량에 적용하여 상용화되도록 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[1] 藏田和彦, 大塚新太郎, “容量放電方式點火裝置の研究(その2, いろいろな着想と1次電流しゃ斷の効果),” 日本内燃機關學會誌, 33卷, 414號, pp. 9-13, 1999.

[2] 河野通方, 石井一洋, 青木敦, 野村浩司, 氏家康成, “混合氣の點火特性に吸ぼす點火プラグ電極形狀の影響,” 第10回内燃機關合同シンポジウム講演論文集, 東京, pp. 73-78, 1997.
 [3] 萬都機械 技術 研究所, “ALTERNATOR 理論 및 實際,” 新進印刷所, pp. 61-73, 1996.
 [4] 三菱 電裝品 技術 研究所, “充電系統,” 三菱 電氣 株式會社 臣路製作所, 日本, P2-15, 1998.
 [5] 許康仁, 金孝相, “Hybrid I. C Voltage Regulator에 對한 研究,” 東亞大論文集, 1989.
 [6] 정태영, 강천수, “볼랜드 C++ Builder 정복,” 가남사, 1997.
 [7] John Miano, Thomas Cabanski, Harold Howe, “BORLAND C++ BUILDER HOW-TO,” Waite Group Press, 1997.
 [8] 現代電子研究所, “Hybrid circuit design and manufacture,” pp. 140-154, 1997.
 [9] M. Morris Mano著, 김종상譯, “電子計算機構造,” 탐출판사, pp. 105-350, 1993.



김 순 호

1957년 2월 5일생. 1984년 동아대 금속공학과 졸업. 부산대 대학원 석사(1991년). 동대학원 공학박사(1996년). 1989년~현재 신라대학교 자동차공학과 교수. 관심분야는 기계재료역학, 자동차 경량화 소재·부품.



김 효 상

1960년 8월 31일생. 1984년 동아대 전자공학과 졸업. 동대학원 석사(1992년). 동대학원 공학박사(2000년). 1987~1989년 만도기계 연구소. 1990~1996년 광명고등학교. 1996~1997년 구미기능대학 전자기술학과 전임강사. 1997~현재 대광공고 실업교육부장. 관심분야는 ECU, 자동차 전기전자장치, 컴퓨터 응용제어.