

## 燃料節約과 排氣가스 減縮을 爲한 電子式 엔진制御

朴 源 深·李 泰 鎬

電氣 및 電子工學科

(1983. 9. 30. 접수)

### 〈要 約〉

小型 내연기관의 燃焼 최적화를 爲한 새로운 형태의 제어장치를 構成하여 試驗하였다. 이 시스템은 미리 수직된 重要 동작절에서의 제어변수를 기억장치에 기억시키고 實時間 상황하에서 制御變數가 그 값을 벗어나지 않는 범위 안에서 適應制御則을 따르도록 한 microprocessor를 주요소로 하는 全電子式 點火時間 제어장치로서 構成이 간단하고 제어측에 융통성이 있어 몇가지 問題點만 해소된다면 實用性 있는 시스템이 될 수 있겠다는 것을 試驗用 엔진에서 行한 實驗을 通하여 確認하였으며 實用化를 爲한 問題點들은 檢討하고 改善方案을 제안하였다.

## Electronic Control of Internal Combustion Engine for Fuel Economy and Emission Gas Reduction

Park, Won-Sim. Lee, Tai-Ho

Dept. of Electrical Engineering

(Received September 30, 1983)

### 〈Abstract〉

A new type of self-tuning electronic engine control system for a small I.C. engine was developed and tested for combustion optimization. The system employs combined algorithm of adaptive and table look-up open loop control strategy implemented on a microprocessor based all electronic ignition timing control unit.

It was found that the implementation was simple, the control strategy flexible, and the system may prove to be practical if some of the pertinent problems are removed.

The usefulness of the system has been tested through the laboratory experiment performed on an engine test bed. Points to be improved for practical application of the system are also discussed.

### I. 序 論

#### 1. 電子式 엔진제어의 必要性

내연기관에서 엔진제어의 目的은 出力증대를 通한 燃料의 節約, 壽命의 延長 등 經濟的 側面에서의 要請과 排氣가스의 減縮, 運轉條件의 向上 등

환경계선을 爲한 要請에 反應하는 것이다. 내연기관이 發明된 이래 이와같은 제어시스템으로서의 機能을 遂行하기 위하여 기관 本體에 附하지 않게 제어 시스템도 發達이 거듭되고 있으나 시스템의 基本 構成要素는 예나 지금이나 檢出要素, 論理要素 및 操作要素 等 세가지로 이루어진 것이라고 생략할 수 있다. 다만 달라지고 있는 것은 그들의 精確도

가 向上되고 있으며 따라서 더욱 良質의 제어機能을 다할 수 있다는 것이다. 이와같은 추세는 근년에 들어 두들어지고 있는데 그것은 電子工學의 發達은 뒤따르는 應用範圍의 廣장과 특히 機械的인 方式으로는 不可能하였던 正確度의 제어가 마이크로 프로세서 등 最新電子裝置에 의하여 값싸게 實現되고 있기 때문에 엔진제어에서 電子方式이 차지하고 있는 位置는 더욱 급속도로 增大되어 갈 것임이 예상된다.

지난 몇년간 外國의 大 自動車메이커들도 實用모델을 生産하고 있는 실정이며 더욱 精巧한 電子式 제어시스템으로의 交替過程을 文獻을 逡하여 찾아 볼 수 있다.<sup>(1,2,3,26)</sup> 특히 그 중에서도 Chrysler 사의 1976년도 모델에 채택되었던 Discrete-Analog Lean Burn System은 약 200개의 개별 部品으로 構成된 電子點火 裝置로서<sup>(1)</sup> 너무 많은 部品の 使用으로 기인되는 높은 오동작 확률문제, 正確한 基準信號의 要求 等의 問題點이 있었을 뿐만 아니라 간단한 수정이 必要할 때마다 회로자체(hardware)의 再設計가 必要하다는 等 큰 問題點을 갖고 있어 最近에는 software의 변경만으로 全體의 性能을 改善시킬 수 있는 마이크로 프로세서에 의한 制御方式을 택하고 있다.

## 2. 研究範圍의 限定

이와같은 自動車用 엔진의 制御 方式으로 提案된 것으로는 7가지 외상의 入力 變數를 감지하여 비가지 以上の 出力變數를 만들어내야하는 電子式 制御 裝置도 있으며<sup>(22,26)</sup> 77年型 Oldsmobile Toronado인 경우에는 크랭크샤프트 回轉速度, 배니볼드 진공부압과 冷却水 溫度를 測定하여 記憶裝置에 내장되어 있는 三次元 함수표에 의거 마이크로 프로세서가 Dwell 시간과 點火時間을 計算하는 비교적 複雑해 보이는 시스템도 實用化되고 있다.<sup>(2)</sup> 그러나 이와같은 制御裝置들은 모두 同류의 엔진 性能에 관한 광범위한 Data를 갖고 있어야 實現이 가능하며 小型 엔진인 경우에는 복잡한 감지裝置를 내포한 制御시스템의 타당성도 고려하여야 할 問題이다.

특히 기존의 機械的인 方式에 의하여 制御되는 엔진을 電子式 制御方式으로 바꾸어도 運轉이 可能한 範圍내에 머물러야 하는 條件때문에 經濟性, 運轉 條件의 일괄성과 排氣가스 排出 等 重要한 동격성

능에 가장 큰 영향을 미치는 點火진자 制御만으로 範圍를 한정하였다. 엔진制御 變數로 點화진자, 공연비 및 排氣가스 재순환(EGR) 등이 重要한 것이고 燃燒의 최적화를 위하여서는 점화진자와 공기대 燃料의 비율을 직접히 制御하여야 하나 排氣가스의 減縮을 위한 制御 條件과 일치하지 않는다.<sup>(7,13,23)</sup> 촉매에 의한 환원 方法을 使用하여 排氣가스를 減縮시키는 경우에는 공연비를 14.5:1 근방의 한정된 범위 안에서 일정하게 유지시켜야 하기 때문에<sup>(13,15,6)</sup> 複雑 制御方式을 택하고 있으므로 catalyst와 더불어 制御 單價가 上昇한다.

EGR인 경우에도 NOx의 排出에만 큰 영향을 미치기 때문에 小型엔진인 경우 연속적인 制御보다는 PRESET된 값에 ON-OFF시키는 것으로 어느 정도 만족스러운 것으로 판단되었을 뿐만 아니라 提案된 電子制御 方式중에도 점화진자 制御에 국한시킨 것이 많이 있으며<sup>(6,6,20)</sup> 생산모델에서도 電子制御 方式에 의한 점화진자 조절만을 택한 경우도 있다.<sup>(2)</sup>

## 3. 制御方式의 提案

엔진 점화진자 조절을 위하여서도 여러가지 方法이 提案되고 있다.

開루우프 方式으로는 GM사의 MISAR,<sup>(2)</sup> FORD사의 EEC<sup>(3)</sup> 등이 있으며 이들은 입력변수로 엔진의 速度, 진공배니볼드 부압, 冷却水 溫度, 스톱톤의 位置 등을 받아들여서 미리 기억장치에 기억되어 있는 표와 비교하여 점화진자각을 計算해 준다.

閉루우프 方式으로는 GM사의 研究室에서 進行되고 있는 시스템 공학적 접근方法에 의한 이상적인 制御 方式<sup>(4)</sup>도 있겠으나 小型엔진에 적합한 좀더 단순한 方式으로는 knock 감지에 의한 페루우프 制御시스템, 엔진出力(power) 감지에 의한 페루우프 制御시스템, DITHER와 CELSIG를 使用하는 적응 制御시스템<sup>(5,6)</sup>이 提案되어 있다. 본 研究에서는 일종의 페루우프 制御方式인 Schweitzer의 적응제어 수단<sup>(5)</sup>에 根據를 두되 논리부문 포함한 電氣機械的 要素들을 마이크로 프로세서를 使用한 全面 電子式 시스템으로 實現하였으며 重要한 점화진자 情報를 미리 記憶裝置에 記憶시켰다가 예기치 못했던 엔진 이상 동작을 事前에 抑制하고 적응제어 速度도 促進시키는 手段도 시도되었다.

制御系統 構成을 위한 基準角도 給출 方式과 裝

을 提案하고 엔진 回轉角 도 直接測定方式<sup>(27)</sup>의 단점을 보완하기 위한 Engine Crank 각도 펄스 발생 방법을 제안하였다. 그러므로 여기에 제안하는 制御系統은 小型엔진 제어의 目的으로 단 하나의 入力變數인 엔진速度를 엔진동작 기간동안 계속 받아 들여 그 性能을 時時刻刻으로 평가한 후 性能을 向上시키는 方向으로 點火진각을 조절하여 주는 自己調節式 點火진각 制御 시스템이다.

## II. 本 論

먼저 제안하는 制御시스템의 全體의인 動作을 개관하고 制御 알고리즘의 基本이 되는 Schweitzer의 Optimizer 系統을 일별한 다음 制御의 흐름을 자세히 살핀다.

系統 構成을 爲한 hardware인  $\mu$ -computer의 기능을 살피고 入力信號의 검출方法과 信號의 整形 과정을 기술한다.

點火진각 수정시에 必要한 crank 각도 펄스 發生裝置와 點火시각 決定 펄스 發生裝置를 說明하고 點火 스퀘어를 일으키기 위한 高壓發生回路部를 說明한다.

### 1. 制御시스템의 動作 概要

入力變數로 crank shaft 2회전당 각 cylinder의 TDC에서 4개의 pulse를 검출하여 엔진始動과 低速度 回轉時에는 그 pulse를 基準으로 點火진각없이 CRANKING을 유지시킨다. 엔진始動과 低速度 回轉時에 點火진각을 0°로 잡은 根據는 그림 1-1에서 보는바와 같이 Chrysler의 CAP (Clean Air

Package)<sup>(24)</sup>에서도 600rpm 이하에서 點火진각을 TDC보다 5°정도 지연시켜 총태의 10° 전진시키던 방법을 改善하고 있는 점으로 비추어 무리없는 값인 뿐더러 hardware만으로 固定시키기가 용이하여 0°를 택하였다.

따라서 위에서 說明하게 된 改造된 配電器로부터 얻어지는 4개의 pulse는 각 cylinder의 TDC에서 發生하도록 機械적으로 調整이 되어 있으므로 始動과 低速度 回轉時에는 그대로 點火 펄스發生 信號로 使用할 수 있다.

엔진의 速度가 基準값에 이르면 적응制御가 시작되어 高電壓回路에 供給되는 pulse信號는 點火時期 調整 펄스 發生回路로부터 供給되도록 電子스위치가 Select되어 작동된다. 적응제어 期間중안에는 기존각도 信號中 2개만  $\mu$ -processor에서 받아들여 그것을 基準으로 crank 각도 펄스를 發生시키고 crank shaft의 처음 2회전과 다음 2회전에 소요된 時間을 計測 比較하여 點火 進각의 方向을 決定하고 그 方向으로 약  $\pm 2.8^\circ$  수정하여 Ignition Timing Pulse Generator를 reset시킴과 同時에  $\mu$ -processor에서 오는 crank 각도를 計數한다. 따라서 이때에는 點火시각 펄스 發生裝置에서부터 高壓 發生時期를 決定하여 각 cylinder에 配分하게 된다.

이 제어시스템의 적응제어주기를 圖表로 제시하면 그림 1-2와 같다.

다시 速度가 600rpm 이하로 떨어지면 computer는 電子스위치를 DESELECT하여 點火時期를 基準信號 검출기로부터의 基準信號가 제어하도록 연결한다.

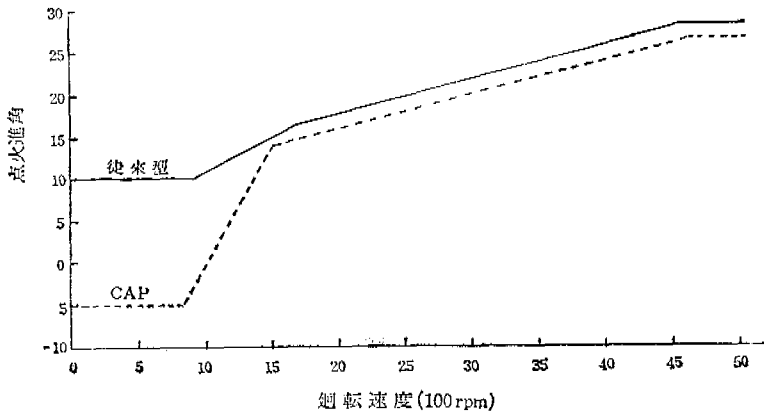


그림 1-1 CAP 방식에서 點火진각 特性의 예

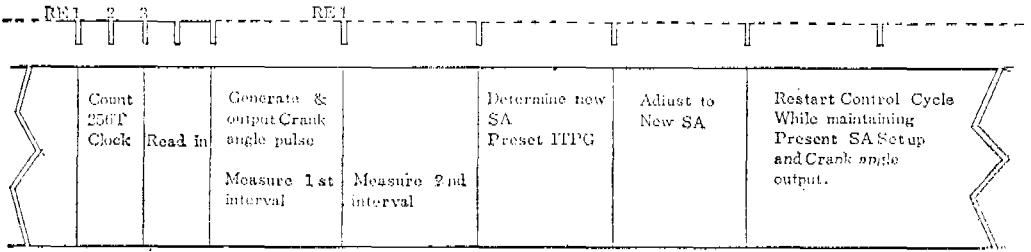


그림 1-2 시스템의 적용 제어주기

2. 제어 알고리즘

엔진속도가 600rpm 이하인 경우에는 CRANKING 상태인 점화각을 0°로 運轉하고 600rpm 이상이 되면 직용制御(直用)을 따르도록 하였다. 직용制御 期間에는 점화각을 약  $\pm 2.8^\circ$  變化시킨 다음 engine의 가속속 여부를 판단하고 가속의 方向으로 전환하는 로직하는 기법으로 Schweitzer의 Optimizer의 경우와 같다.

가) 선정의 배경

연소에 영향을 주는 가장 큰 인자는 點火時期이므로 소형 엔진의 경우 유량과 공기비를 제어하기 위하여 복잡하고 고가인 구동장치 使用의 타당성이 희박하며 排氣 가스 自體는 제어되지 않지만 EGR의 유무에 關係없이 적응제어 알고리즘은 유용하므로 排氣가스制御 系統을 構成할 때 손쉽게 利用할 수가 있다.

또 이 方法은 엔진의 개차나 노화에 잘 적응하여 점화각의 物理的 한계값을 내장시켜 運轉의 원활을 도모하고 점화각 算出部와 점화점 發生部를 分離하여 設計함으로써  $\mu$ -computer의 고장시에도

制限된 運轉은 可能하다는 長點도 있다. 한편 이 기법은 參考文獻(4)에서 제시하는 것과 같은 원천한 制御는 못되나 단순하고 適用範圍가 넓으므로 소형 엔진에는 적합한 것으로 판단되어 이 알고리즘을 선정 하였다.

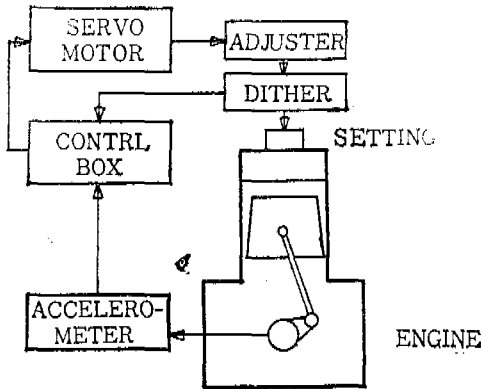
나) Schweitzer의 Optimizer 系統

제어부의 동작 알고리즘은 Schweitzer에 의하여 제안된 Optimizer에 基礎를 두고 있으므로 그의 구성과 동작을 살펴본다.

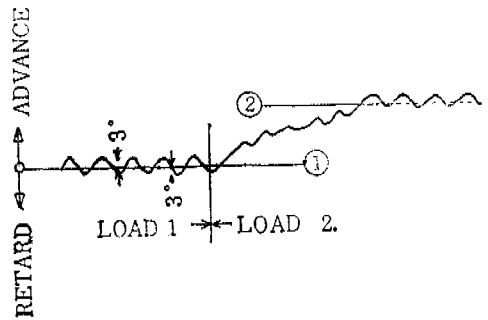
이것은 MBT(Minimum spark advance for Best Torque)가 最適 狀態라는 前提하에 出發하는 것으로 近間에는 Schweitzer의 Optimizer 이외에서도 점화각을 MBT에 接近시키고 있음을 文獻에서 볼 수 있다(20).

適應制御 시작 速度에 도달하면 점화각에 미소한 變動을 주어서 이에 대한 Engine의 速度 反應을 평가한 다음 새로운 點火角을 設定하여 再評價하고 性能이 向上되는 方向으로 계속 조정해 나가는 기법이다.

그림 2-1(a)에 Schweitzer가 당초에 제안한 자기 최적화 적응 제어시스템의 기능블럭도(b)에 Spark



(a) 기능 블럭도



(b) 자기조정 과정

그림 2-1 자기최적화 적응 제어시스템

點火時期가 조절되는 課程을 제시하였다.

초기에는 모든 것을 電氣機械式 hardware로 수행하였으나<sup>(5)</sup> 그 뒤 같은 저자에 의하여 논리부분만을 電子回路化한 制御시스템을 提案하였는데<sup>(6)</sup> 그 系統圖를 그림 2-2에 제시한다.

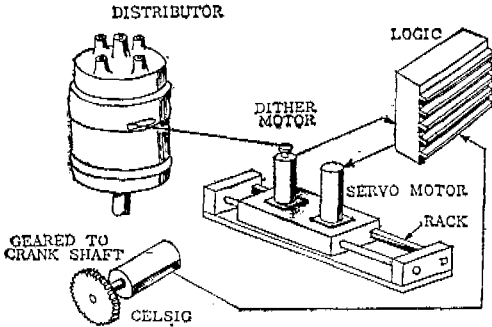


그림 2-2 논리부분을 電子回路化한 點火時期 制御시스템

그림 2-2에서는 일정각적으로 반복되는 Dither Motor의 반복運動으로 분배기에 연결된 써어보기구를 작동시켜서  $\pm 4^\circ$ 의 점화진각 變化를 반복시킨다. 이 變化의 結果로 나타나는 crank속 回轉速度 變化를 감지하는 것이 CELSIG이며 出力의 加速과 減速을 판단하게 된다. 이 結果는 논리回路를 거쳐서 가속의 方向으로 점화진각을 조절하도록 써어보기구를 작동 시킨다.

그 후 이 방식의 hardware는 다시 發展되어 1976년에는 CELSIG가 發電機 축에 연결된 톱니바퀴형 펄스검출기로, Dither作用은 發振器에 의하여 配電機 코일의 點火트리거 信號를 前後進시키는 裝置로 바뀌었고 논리회로로 트리거펄스의 時間을 調節하였다. 이 原理는 디지털 회로화도 되었고  $\mu$ -processor에 의한 實現도 제안되어 있으나 수집된 文獻에만 의한다면 生産 모델에의 適用은 發表되어 있지 않다.

다) 제어플로우

그림 2-3에 제어프로그램의 플로우 차트를 제시하였다. 이것은 Dither와 Celsig 및 논리회로부분을 포함하고 있다. 그 동작을 상술하면 아래와 같다.

系統의 초기화가 끝나면 크랭크 1회轉 즉 改造된 配電機 180° 回轉에서 얻어지는 두개의 基準信號 사이에 들어갈 수 있는 256T Clock Pulse를 별도로 연결된 Counter에서 計數하여 그 回轉주기동안의 crank angle pulse를 發生시키기 위한 VIA #2T1

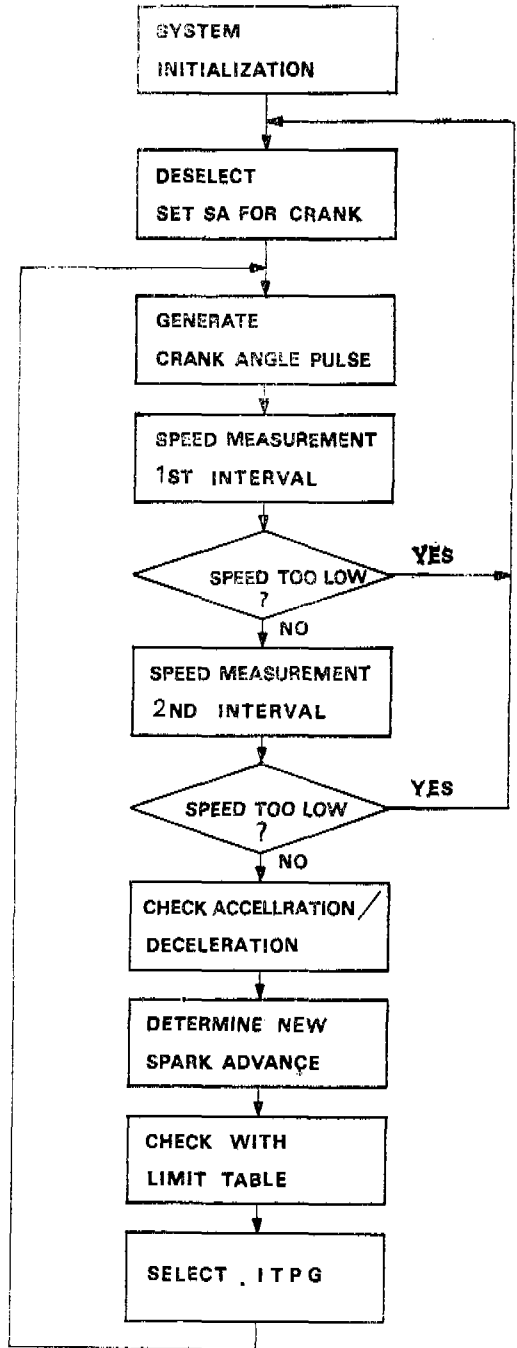


그림 2-3 제어 플로우

의 clock interval로 使用한다.

spark 점화진각은 공전 狀態인  $0^\circ$ 에 두고 速度를 測定하여 速度가 充分히 빠르지 않은 狀態에서는 공전 條件이 계속된다. 速度의 測定은 計數한 Pulse

數를 환산하여 使用한 수도 있겠으나 먼저 實驗에 使用하였던 Program 을 그대로 使用할 수 있도록 다음 2回轉 사이의 時間 간격을 測定하였다.

速度가 600rpm 을 넘어서면 適應制御를 始作한다. 즉 點화진각이 決定된후 最初의 2回轉과 다음 의 2回轉의 速度를 비교하여 減速과 加速을 判斷한다. 이 判斷을 그대로 하여 減速되지 않는 方向으로 點화진각을 約  $\pm 2.8^\circ$  수정한다. 이때 測定된 回轉速度와 내장된 限界 진각을 비교하여 적절한 範圍에 들어오느냐를 評價하고 그 範圍를 벗어나면 수정한다.

이상의 節次가 반복되는데 Optimizer 와 특히 다른점은 限界값의 체크이다. 이것은 點화각도가 恒常 허용된 範圍에서 調節되도록 하여 급격한 系統 故障 등으로 인한 點화진각 變動 복구를 억제하여 加減速時 適應을 빠르게 하기 위한 것이다. 만일 이 記憶된 限界 진각포를 더욱 세밀하게 하고 範圍를

좁히면 EEC 와 비슷한 것이 되겠으나 EEC 와 根本적으로 다른것은 EEC 의 경우 표를 基準으로 內삽 법에 의해 點화진각을 計算하고 있는 것이며 이의 같이 표에 內定되어 있는것은 대상 엔진 이외에는 適用이 안된다는 단점이 있다.

3. 制御 系統의 構成

制御系統을 構成하고 있는 hardware 는 電源 裝置를 포함하여 다섯개의 module 로 이루어지며 系統의 블럭 다이어그램을 그림 3-1에 제시하였다.

이들 각 構成部分의 동작은 說明하면 다음과 같다.

가) microcomputer

GM 의 MISAR<sup>(2)</sup>와 같이 몇개의 入力 파라미터에 대하여 최적 點화진각을 記憶裝置에 내장시켰다가 실시간 (real-time) 狀況에서 이 표를 使用하는 개부우부 方式에서는 記憶용량이 커야힘은 물론이고 記憶되어 있는 이외의 實 狀況에 相當한 制御

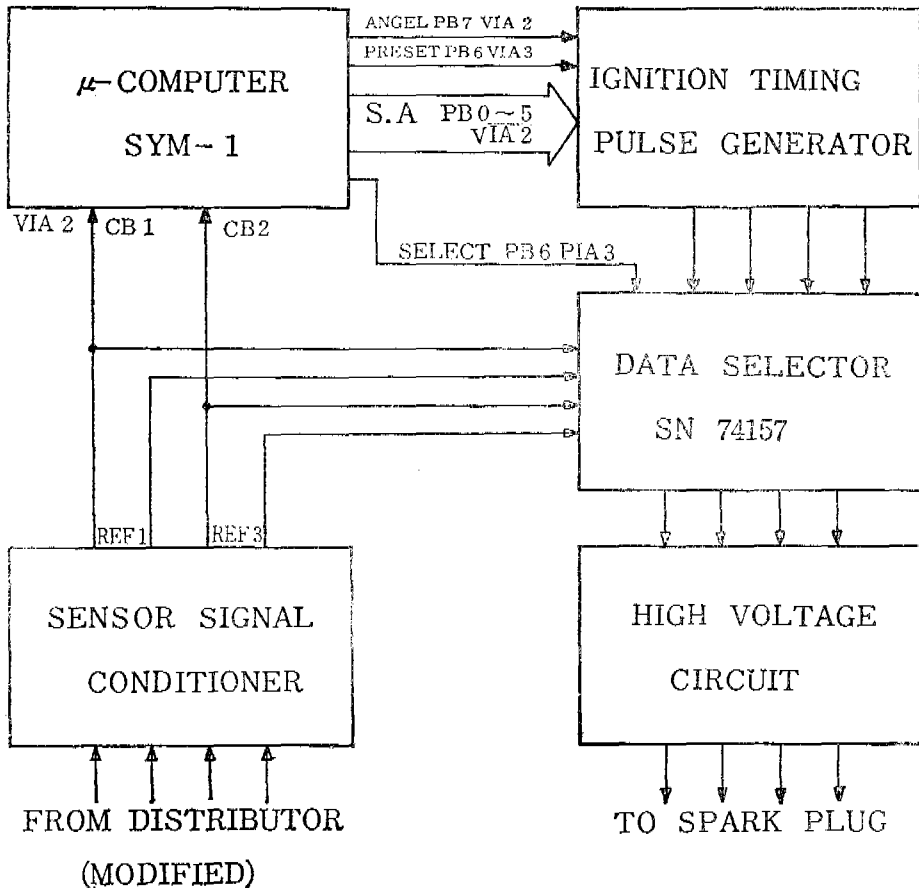


그림 3-1 系統 블럭다이어그램

을 구하기 위하여 2次元의 내삽법을 使用하여야 하기 때문에 상당량의 計算상 부하가 걸리게 되므로<sup>(6,14)</sup>  $\mu$ -computer에 대한 充分한 評價가 이루어져야 한다. 그러나 본 研究에서 택하고 있는 適應制御方式에서는 計數, 加減算, 비교등의 단순한 命令으로 充分하여 記憶用量도 큰 것이 要求되지 않고 計算速度도 범용  $\mu$ -Computer로 充分하기 때문에 市中에서 용이하게 入手할 수 있는 Sym-1을 購入하여 使用하였다. 이것은 SY6502 microprocessor를 中心으로 3個의 SY6522 VIA, 1개의 SY6532, 4KB 容량의 SY2114 RAM과 MONITOR, ASSEMBLER ROM이 들어있는 단일기판 microcomputer board인데 실제 制御에 使用되는 것은 Microprocessor와 RAM, ROM 및 VIA를 利用하고 있다.

現段階에서는 制御 프로그램을 tape recorder로 cassette에 녹음하였다가 使用時에 다시 RAM에 기록한 다음 使用하고 있으나 실제 轉條件에서 수정을 거친 다음에는 ROM에 記憶시켜 使用할 수 있게 될 것이다. microcomputer 자체도 必要한 積단으로 새로 構成하면 現在보다 훨씬 간단한 system이 될 것이다.

나) 입력 신호선들 및 성형

本 制御系統의 動作에 必要한 入力信號는 4개의

cylinder 폭발 행정 TDC信號인데 이것들은 기존의 배전기를 改造하여 쉽게 얻을 수 있다. 동작개요에서 說明한 바와 같이 CRANKING條件 하에서는 이틀 배 TDC신호에단 의존하여 點火信號를 보내고 적응제어가 시작되면 點火時間 펄스 發生部에서 點火時期를 調節하게 되므로 중래의 배전기는 無用之物이 된다.

이것을 入力信號檢出器로 改造하려면 우선 흡입 매니폴드 부압에 의한 회전각 裝置와 원심력전각 裝置를 제거하여야 한다. 입력신호(기준신호)를 검출하는 裝置는 그림 3-2에서 보는 바와 같이 배전기 내부에 들어갈 수 있는 固定板 두개의 배전기 회전축에 부착되어 회전하는 중간 회전판으로 構成되어 있다.

제 1 고정판에는 4개의 光源(Light Source)이 90°간격으로 設置되어 있고 그것들과 일치하는 제 2 고정판에는 回轉板이 회전할 때 감지공을 通하여 들어오는 빛을 감지할 수 있도록 광 센서를 設置하였다. 回轉板에는 한개의 구멍을 뚫어 그것이 제 1 cylinder의 폭발행정 TDC와 일치하도록 크랭크 각도를 調整한 다음 그림 제 1 고정판의 光源과 제 2 고정판의 감지 소자가 회전판 구멍을 통하여 位置의 일치를 確認할 수 있도록 位置 調整은 한 다음

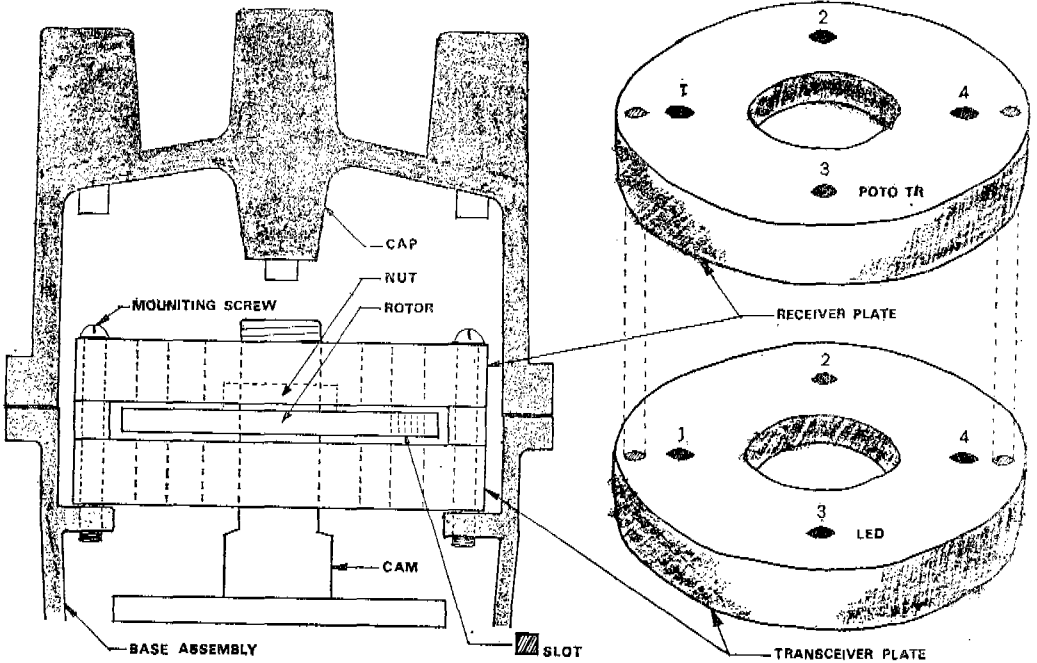


그림 3-2 基準信號 檢출장치(개조된 배전기)

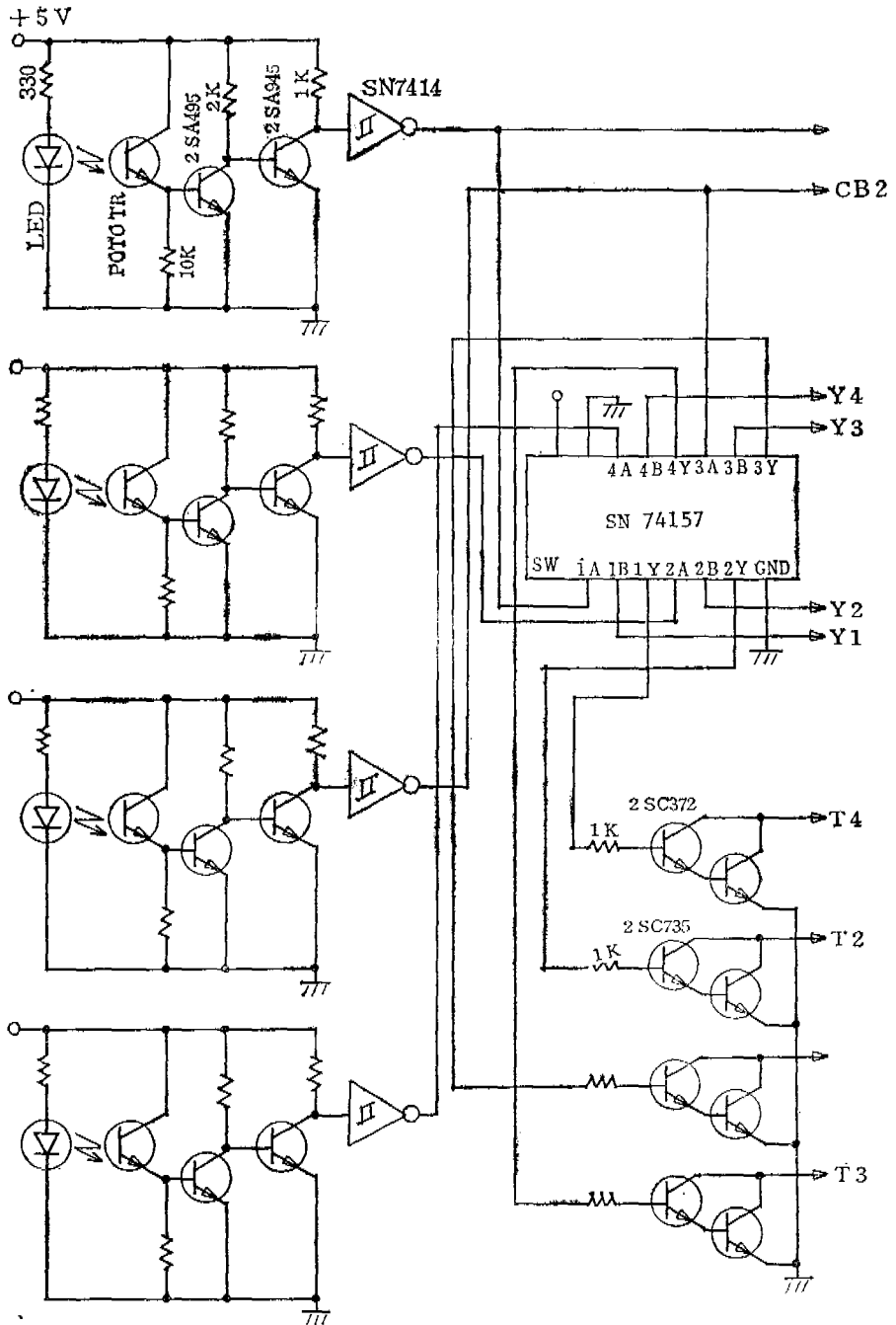


그림 3-3 기준신호 검출기 회로 및 전자스위치



고정판을 永久 固定시킨다.

그림 3-3에는 基準信號 검출기 회로와 電子스윗치 裝置를 보였다.

電子스윗치 SN 74157은 microcomputer로부터의 SELECT信號를 받지 않는 동안은 高壓回로를 sensor信號에 直接 연결시켜주고 適應制御가 開始되면 SELECT信號를 받아 高壓回로를 ITPG에 연결시켜 주는 역할을 遂行한다.

다) 크랭크 각도펄스 發生

crank shaft의 角位置를 測定하기 위하여 광단속형 sensor를 제작하여 試驗運轉하여 본 結果 速度가 變라짐에 따라 正確性이 떨어져서 運轉에 영향을 미치게 되는 것을 발견하였다.<sup>(27)</sup> 특히 광단속에 의한 각도 測定이나 기타 機械的인 方法에 의한 engine 廻轉각도의 直接 測定은 실제 運轉狀況에서도 매우 부적합한 方法이므로 本 研究에서는 engine 廻轉 각도를 VIA에 내장된 interval timer로 구형파를 發生시켜 ITPG의 engine crank 각도 입력으로 供給한다. 1廻轉當 pulse 수를 256으로 하여 먼저<sup>(27)</sup> 실험에 使用하였던 프로그램을 그대로 쓰고 ITPG의 2진 계수기에 便利하도록 하였다. Interval timer는 VIA #2를 PB7 Pulse MODE로 하여 使用했는데 microcomputer의 system 초기화가 끝나면 먼저 VIA #3의 PB7에 時間間定을 위하여 256T 주기의 pulse信號를 出力시킨다. system clock의 주기가  $T=1\mu\text{sec}$  이므로 engine이 500 rpm인 경우 256T clock로 937 count가 되고 4,000 rpm에서는 117 count가 되어 16bit counter를 使用하면 充分하다. 그러나 앞으로 각도測定에 대한

정도를 높일 수 있도록 128T 또는 64T 주기의 pulse信號使用을 兪부에 두고 32bit binary up counter인 LS7060을 使用하였다. 이 counter칩은 32bit latch, multiplexer 및 Three State Driver가 내장되어 있어 연결사용이 便利하며 microcomputer와의 연결을 그림 3-4에 제시하였다. VIA #3 PB7에서 오는 256T clock pulse는 crank 1廻轉하는 동안에 Programmable Counter에 計數되고 그 값이 VIA #2 T1에 記錄되어 그 速度에 해당하는 256개의 CRANK ANGLE PULSE가 Ignition Timing Pulse Generator에 보내진다.

라) 점화시작제어 펄스發生 裝置

Ignition Timing Pulse Generator (ITPG)는 Microcomputer와 分離하여 독립된 回路로 構成하였다. 이와 같이 하드로서 Computer部分이 고정시에 Engine의 完全 바리판 外할 수 있고 점화작을 手動조작으로 固定시키던 점화信號는 外部의 指針없이 일정한 각도에서 發生되므로 滿足스럽지는 못하지만 運轉은 可能하게 된다. 그 構造는 단순한 계수기이며 Microprocessor에서부터 供給되어 오는 Crank Angle Pulse를 計數하게 된다. 點火 Pulse는 Crank Shaft 각도 0°, 180°, 360° 및 540°에서 發生하여 各 Cylinder에 分配되는데 Preset시에 점화진각을 記錄하여 줌으로써 그 각도만큼 빠르게 점화信號가 供給되도록 되어 있다.

그림 3-5에 점화시작 제어 펄스 發生回로를 보였다.

다) 高壓 發生 및 電源回로

그림 3-6에 高壓 發生回로를 그리고 그림 3-7에 System 電源回로를 보였다. 高壓은 시판되고 있는 電子式 點火裝置의 高壓 發生回로를 그대로 使用하던 舊지만 機械的인 高壓 배전기구가 完全히 제거되었으므로 各 Cylinder에는 獨立된 高壓 回로가 必要하며 따라서 本 研究에서는 우선 점화진각 제어 實驗을 위하여 CDI 回로 4개를 使用하였는데 이것은 매우 미경제적이며 부피가 커지므로 現在로서는 改善하여야 할 問題點의 하나로 남아 있다. FORD사에서 開發中에 있는 새로운 형식의 점화코일<sup>(10)</sup> DIS(Distributorless Ignition System)가 하나의 해결책이 될 수 있을 것이고 또는 小型엔진에 적합한 HEI 배전기구가 開發되어 본 제어 裝置와 연결되면 現實에서 使用하였던 것과 같은 부피가 크고 高價인 高壓部分을 제거시킬 수 있을 것이

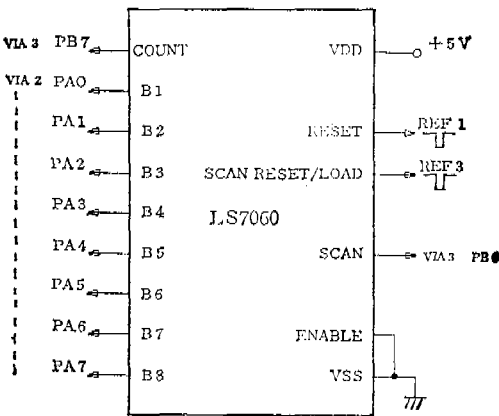


그림 3-4 Programmable Counter 연결도

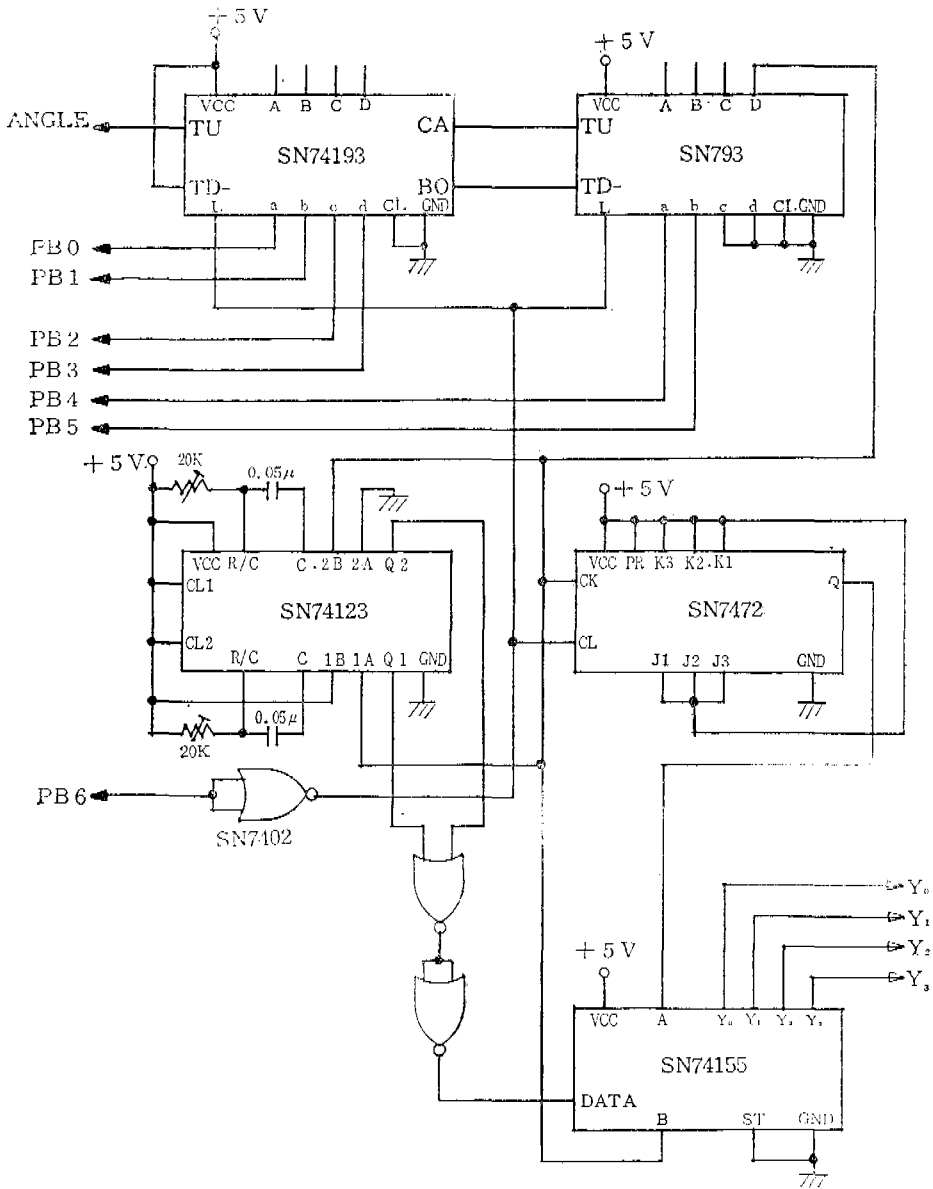


그림 3-5 점화시간 제어 펄스 발생회로(ITPG)

다. 특히 HEI 시스템을 사용하게 되면 點火時期 뿐만 아니라 이미 얻은 速度情報로부터 DWELL 時間 제어 기능까지 손쉽게 추가시킬 수가 있게 되어 더욱 良質의 點火制御가 可能하게 되리라고 生覺한다.

시스템 電源은 차재용 12V DC 축전지에서 얻어 Microcomputer, 基準信號 檢출 및 싱형회로, ITPG 回路에 5V DC 가 供給되고 高壓回路에는 12V DC 를 供給 發振昇壓시키 使用하였다.



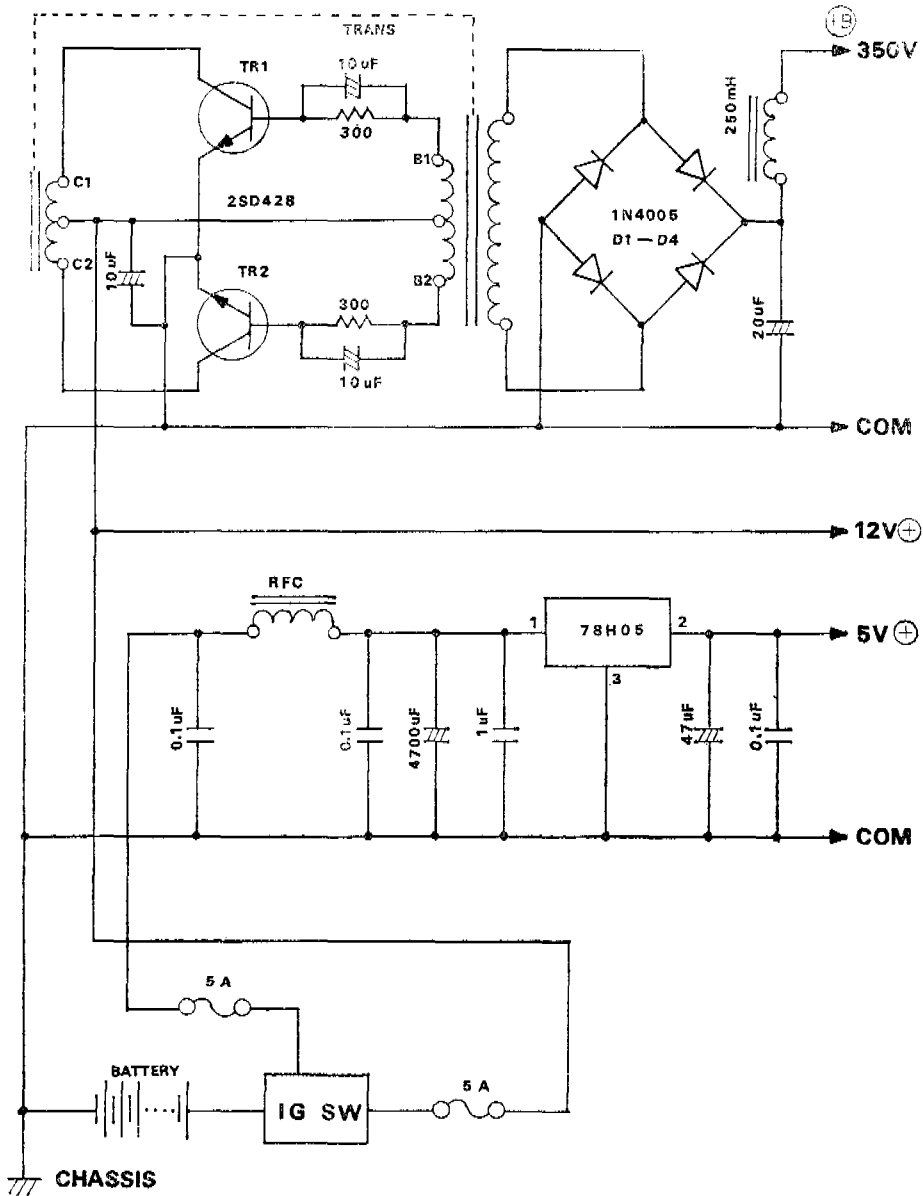


그림 3-7 시스템 電源回路

4. 實驗結果 및 討議

本 研究에서는 같은 저자들에 의하여 進行되었던 實驗結果(27)에서 指摘된 問題點들을 中點的으로 改善하고 時間이 許容하는 範圍에서 양적인 評價도 進行한 計劃이었으나 1次 實驗의 問題點을 해소시키는데서 그치고 양적評價는 별도로 계속 實施할

예정이다. 實驗에 사용한 Engine은 英國 Lucas 會社제들의 小型 4 Cylinder gasoline 기관이며 1次 實驗에서 運轉上의 問題點으로 제기되었던 것들과 그 改善內容을 보면 다음과 같다.

가) 始動時 동작은 아주 원만하며 加減速度 圓滑 하나 반응이 느리다. 이것은 제어주기를 단축하므로서 改善될 수 있으리라고 生覺된다.

나) 첫번 試驗時에는 2,000rpm 이상에서 주기적 速度變化가 觀察되었으나 Crank 각도 發生裝置에 의하여 각도 검출의 오동작을 제거할 수 있어 實驗施設 test 制限 速度인 3,500rpm 에에서도 원활히 동작하였다.

다) 부하가 增加됨에 따라 性能이 떨어지며 느낀 흔적이 發見되었으나 이것도 현저하게 向上되었다.

또한 일차 實驗에서 system 構成上 問題點으로 지적되었던 것들을 제시하고 이번에 개선시킨 것, 앞으로 改善되어야 할 것과 그 가능한 方法 等を 제안한다.

가) 각도 검출의 正確性이 점화진각 제어에서 가장 重要한 것인데 이번 研究에서는 1次實驗에서 채택하였던 직접 測定 方法을 지양하고 4개의 正確한 基準入力 信號로부터 必要한 크기의 각도 pulse 분 發生시키는 方法을 채택하여 각도검출의 正確性 問題는 해결되었다. 그러나 아직도 각도 發生을 위하여 Engine 2回轉을 必要하고 있으므로 다음 改善 方案은 multiprocessor 方式으로 同時 處理 수단을 택하면 더욱 양질의 제어를 얻을 수 있을 것이다.

나) 基準 信號의 發生을 전절에서 說明한 것과 같이 배전기를 適宜히 改造하여 正確히 調整한 다음 使用하였으므로 좋은 結果를 얻을 수 있었으며 배전기 1개안에 감지기구를 넣어서 동작시키므로 외부 조건에 影響을 안 받는다는 장김도 살릴 수 있었다.

다) 高壓回路的 비용과 크기를 줄이기 위해서는 좀더 研究되어야 하겠으며 문헌<sup>(10)</sup>의 제안을 참고로 별도 研究 進行시킬 가치가 있다고 생각한다.

라) 각음제어의 입력변수는 engine 성능을 잘 評價해 줄 수 있는 양이어야 하는데 가속도보다도 cylinder 가 수행한 일의 量을 基準으로 하는 것이 더욱 타당하다고 생각되나 이때에는 computer 의 기능이 매우 강화되어야 한다.<sup>(11)</sup> 만일 cylinder 폭발 행정시 압력을 감지할 수 있는 裝置가 있으면 그것도 評價基準이 될 수 있을 것이고 spark plug 를 sensor 로 使用하는 燃燒 狀態 測定方法도 利用할 수 있으리라고 生覺한다.

바) 감음의 影響을 제거하기 위하여서는 세심한 設計上의 注意가 要求되며 充分한 차폐, 高壓回路的 分離, 高壓回路的 기생발진 抑制, 양질의 點화 용 도선 使用 等은 重要한 問題들이다. 또한 포토 커플러의 使用도 한가지 고려할 수 있는 方法이다.

바) 신뢰도는 실용화를 위하여 절대 불가결한 것이지만 현재까지는 確認되지 않는다. 여기 제안된 방법은 부품수가 지고 입력 변량도 1종에 지나지 않으므로 여타 계동 보다는 신뢰도가 매우 높을 것으로 믿는다.

### III. 結 論

電氣系統에 의하여 점화 펄스를 發生, 실행하며 의 압축된 공연혼합 가스를 폭발시키는 내연기관에서 점화 각도 조절만은 기계적인 매카니즘에 의존하는 것이 通例로 되어 왔기 때문에 現在 國內에서 運行되고 있거나 生産되는 自動車用 엔진은 거의 모두가 이 方法에 의존하고 있다. 그러나 近年에 들어와서는 이와같은 機械的인 작업이 전자 電子裝置에 의하여 대체되어 가고 있음을 文獻을 통하여 알 수 있다.

이와같은 新진추세에 따라 本 研究에서는 各응제어 기법과  $\mu$ -computer 의 能力을 結合하여 完全 電子式 點火裝置를 構成하고 實驗하였다.

現 段階에서는 여러가지 實地적인 運轉狀況 하에서의 양적인 평가를 못하였으나 기본적인 운전상황 하에서는 매우 滿足스러운 結果를 얻을 수가 있었고, 시스템의 構成 및 實驗課程에서 축적된 知識을 活用하여 長期間에 걸친 양적평가를 거듭하고 몇가지 問題點을 改善한다면 實用性있는 시스템으로 發展할 수 있으리라고 믿는다.

### 謝 辭

이 研究는 峨山社會福祉事業財團의 學術研究費로 수행된 것입니다. 財團의 연구지원에 感謝드립니다.

### 參 考 文 獻

1. Webster, J.L. "Chrysler Digital Spark Timing Control", SAE paper 780844 Automotive Engineering, Vol.86, No.8 pp.33.
2. Dimantis, D.J. "MISAR: An Electronic Advance", Automotive Engineering, vol.85, No.1, Jan 1977, pp.24-29.
3. "EEC-I+3-WAY=EEC-II", Automotive Engineering, Vol.86, No.8, Aug. 1978, pp.49

- 54.
4. Chenea, P.E. "Applying Systems Engineering Method to the Electronic Control Problem", SAE paper 780851.
  5. P.H. Schweitzer, Volz, c. and Deluca, F. "Control System to Optimize Engine Power", SAE paper 660022
  6. P.H. Schweitzer and T.W. Collins. "Electronic Spark Timing Control for motor Vehicles", SAE paper 780655
  7. J.J. Gumbleton, R.A. Bolton and H.W. Lang, "Optimizing Engine Parameters With Exhaust Gas Recirculation", SAE paper 740104
  8. "Fast Burn-Heavy EGR Improves Economy, Reduces Nox", Automotive Engineering Vol. 86, Aug. 1978, pp.56-62.
  9. E.F. Kvamme and J.R. Crowley, "Microprocessors in the Automobile", SAE paper 770004
  10. "New Ignition System Eliminates Distributor", Automotive Engineering, Vol.86, No. 3, Mar 1978, pp.69-72.
  11. M.J. Werson and M.J. Trotter, "Real Time Computer Control of a petrol Engine", Doctoral Thesis, University of Southampton, U.K. 1977.
  12. Laurence, Neal, "The Development of an Automobile Engine Control System", Mechanical Engineering, Feb. 1979.
  13. G.W.Niepoth and s.p. Stonestreet, "Closed-loop Engine Control", IEEE Spectrum Nov. 1977.
  14. M. David Freedman, "Microprocessor Systems for On-Board Automotive Applications", SAE paper 770002
  15. R.E. Seiter and R.J. Clark, "Ford Three-Way Catalyst and Feedback Fuel Control System", SAE paper 780203
  16. LAMBDA-SOND: COMPLETE EMISSION CONTROL?", Automotive Engineering, Feb. 1977, Vol. 85, No. 2 pp. 45-51.
  17. W.F. Deeter, H.D. Daigh and O.W. Wallin, Jr. "An Approach for Controlling Vehicle Emissions", SAE paper 600400, pp.1304-1326.
  18. J.C. Cook II, "Application of a Crankshaft Position Sensor to Control Engine Timing", SAE paper 780213
  19. William G. Wolber "Prime Sensors for Electronic Automotive-Engine Control", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol. VT-26, No. 2 May 1977. pp.144-150.
  20. Helmut Schwarz und Heiner Guberiet. Elektronische Zündanlagen für Otto-Motoren", ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 81(1979) 4 pp.145-148.
  21. G. Cilibrasise "A Practical Application of Microprocessors in the Automotive Environment", SAE paper 780119.
  22. Kurt Binder Uwe Kiencke. and Martin Zechall "Car control by a Central Electronic System", SAE paper 770001
  23. Ramachandra Prabhakar, "Optimal and Suboptimal Control of Automotive Engine Efficiency and Emissions", Phd Thesis, Aug. 1975.
  24. 柳源茂著, "自動車公害とその対策技術", ナツメ社, pp.156-161, pp.199-205.
  25. Robert E. Abbot "Performance and economy place engineering emphasis on engines", Production Engineering, September, 1975. pp.27-30.
  26. Todd L. Rachel "Automotive Electronic Fuel Injection-Essential Design Considerations", IEEE Transactions on vehicular Technology, Vol. VT-23, No.2, May 1974. pp.25-33.
  27. 이태호·박원심, "내연기관의 연소 최적 제어용 디지털 제어장치 구성", 울산공대연구논문집 제11권 제2호, pp.187-193, 1980.

실험용 프로그램

```

0C00    D8                CLD
0C01    78                SEI
0C02    A9 7F            LDA    #$7F
0C04    8D 0E AB        STA    UIER
0C07    AD 00 AB        LDA    UDRB
0C0A    A9 00            LDA    #$00
0C0C    8D 0B AB        STA    UACR
0C0F    8D 0C AB        STA    UPCR
0C12    A9 FF            LDA    #$FF
0C14    8D 02 AB        STA    UDDRБ
0C17    A9 40            LDA    #$40
0C19    80 00 AB        STA    UDRB
0C1C    80 02 AC    CRANK STA    DDRB3
0C1F    A9 00            LDA    #$00
0C21    8D 00 AC        STA    DRB3
0C24    8D 85 0D        STA    SA
0C27    A9 FF            LDA    #$FF
0C29    8D B0 0D        STA    ARFLB
0C2C    8D 83 0D        STA    INT2H
0C2F    2C 00 A0        BIT    UDRB
0C32    70 0D            BVS   WAITDC
0C34    20 20 0B    ADAPT JSR   ANGEN.
0C37    AD 00 AB        LDA    UDRB
0C3A    E6 00            INC   00
0C3C    A5 00            LDA    00
0C3E    8D 01 AB        STA    UDRA
0C41    AD 0D AB    WAITDC LDA    UIFR
0C44    29 18            AND   #IFMSK
0C46    C9 10            CMP   #$10
0C48    D0 06            BNE   TEST1
0C4A    8D 0D A0        STA    UIFR
0C4D    4C 41 0C        JMP   WAITDC
0C50    C9 18            CMP   #IFMSK
0C52    D0 ED            BNE   WAITDC
0C54    AD 00 AB        LDA    UDRB
0C57    AD 85 0D    OUT   LDA    SA
0C5A    09 40            ORA   #$40
0C5C    8D 00 AB        STA    UDRB
0C5F    29 3F            AND   %00111111
0C61    A9 40            LDA    #$40
0C63    8D 00 AC        STA    DRB3
0C66    8D 00 AB        STA    UDRB
0C69    20 94 0C        JSR   INTCNT
0C6C    2C 83 0D        BIT   INT2H
0C6F    10 0E            BPL  CONTO
0C71    8E 83 0D        STX  INT2H
0C74    8C 84 0D        STY  INT2L
0C77    A9 02            LDA    #DELTA
0C79    8D 85 0D        STA    SA
    
```

0C7C	4C 57 0C		JMP	DUT
0C7F	8E 81 0D	CONTO	STX	INT1H
0C82	8C 82 0D		STY	INT1L
0C85	20 94 0C	CONTO	JSR	INTCNT
0C88	8E 83 0D		STX	INT2H
0C8B	8C 84 0D		STY	INT2L
0C8E	20 C6 0C		JSR	NEWSA
0C91	4C 34 0C		JMP	ADAFT
0C94	A9 00	INCNT	LDA	#\$00
0C96	AA		TAX	
0C97	AB		TAY	
0C98	A9 16	COUNT	LDA	#DETIME
0C9A	8D 8A 0D		STA	DCOUNT
0C9D	CE 8A 0D	DELAY	DEC	DCOUNT
0CA0	D0 FB		BNE	DELAY
0CA2	C8		INY	
0CA3	D0 0A		BNE	SYNC
0CA5	EB		INX	
0CA6	E0 04		CPX	#LIMIT
0CA8	90 05		BCC	SYNC
0CAA	68		PLA	
0CAB	68		PLA	
0CAC	4C 1C 0C		JMP	CRANK
0CAF	AD 0D AB	SYNC	LDA	UIFR
0CB2	29 18		AND	#IFMSK
0CB4	C9 10		CMF	##10
0CB6	D0 06		BNE	TEST2
0CB8	8D 0D AB		STA	UIFR
0CBB	4C 98 0C		JMP	COUNT
0CBE	C9 18	TEST2	CMF	#IFMSK
0CC0	D0 D6		BNE	COUNT
0CC2	AD 00 AB		LDA	UDRS
0CC5	60		RTS	
0CC6	AD 83 0D	NEWSA	LDA	INT2H
0CC9	CD 81 0D		CMF	INT1H
0CCC	90 12		BCC	SETSA
0CCE	D0 08		BNE	DECEL
0CD0	AD 82 0D		LDA	INT1L
0CD3	CD 84 0D		CMF	INT2L
0CD6	B0 08		BNE	SETSA
0CD8	AD 80 0D	DECEL	LDA	ARFLG
0CDB	49 FF		EOR	#\$FF
0CDD	8D 80 0D		STA	ARFLG
0CE0	2C 80 0D	SETSA	BIT	ARFLG
0CE3	30 12		BMI	ADVAN
0CE5	A9 00		LDA	#\$00
0CE7	8D 80 0D		STA	ARFLG
0CEA	AD 85 0D		LDA	SA
0CED	38		SEC	



0CEE	E9 02		SBC	#DELTA
0CF0	10 11		BFL	RET
0CF2	A9 00		LDA	##00
0CF4	4C 03 0D		JMP	RET
0CF7	AD 85 0D	ADVAN	LDA	SA
0CFA	18		CLC	
0CFB	69 02		ADC	#DELTA
0CFD	C9 24		CMP	#SALIMT
0CFF	90 02		BCC	RET
0D01	A9 24		LDA	#SALIMT
0D03	8D 85 0D	RET	STA	SA
0D06	60		RTS	
0B00	A9 FF	ANGEN	LDA	##FF
0B02	8D 02 AC		STA	DDR3
0B05	A9 C0		LDA	##11000000
0B07	8D 0B AC		STA	ACR3
0B0A	A9 7F		LDA	##7F
0B0C	8D 0E AC		STA	IER3
0B0F	A9 0E AB		STA	UIER
0B12	A9 FE		LDA	##FE
0B14	8D 04 AC		STA	T1LL3
0B17	A9 00		LDA	##00
0B19	8D 0C AB		STA	UPCR
0B1C	AD 0D AB	WAITIFR	LDA	UIFR
0B1F	29 08 *		AND	##MSK
0B21	C9 0B		CMP	##0B
0B23	D0 F7		BNE	WAITIFR
0B25	AD 0D AB		LDA	UIFR
0B28	A9 00		LDA	##00
0B2A	8D 03 AB		STA	UDDRA
0B2D	A9 40		LDA	##40
0B2F	8D 03 AC		STA	DDRA3
0B32	8D 00 AC		STA	ORB3
0B35	AD 01 AB		LDA	UDRA
0B38	8D 04 AC		STA	T1LL3
0B3B	A9 00		LDA	##00
0B3D	8D 00 AC		STA	ORB3
0B40	A9 40		LDA	##40
0B42	8D 00 AC		STA	ORB3
0B45	AD 01 AB		LDA	UDRA
0B48	8D 05 AC		STA	T1CH3
0B4B	A9 00		LDA	##00
0B4D	8D 00 AC		STA	ORB3
0B50	60		RTS	