

마이크로 컴퓨터를 利用한 엔진點火時期 制御回路

Engine Ignition Timing Control Circuit Using Microcomputer

閔 泳 鳳*, 李 基 明**

Y. B. Min*, K. M. Lee**

Summary

In order to improve the thermal efficiency of an internal combustion engine, various ignition timing control systems were examined and the best one was chosen. The parts used for the systems were a microcomputer system with DAS, 8 bit output port (D-FLIP FLOP), three types of isolation circuit, two types of ignition timing pulse generator, three types of switching circuit and two types of high voltage ignition circuit.

Most systems did not operate well due to the effects of electromagnetic waves and surge currents occurring when the ignition began or ended with resulting high voltage.

The best ignition timing control system was found to be the combination of (microcomputer system)-(ignition timing pulse generator using step motor position control pick-up)-(switching circuit using TR logic)-(high voltage ignition circuit using CDI).

I. 緒 論

內燃機關의 點火時期는 機關의 出力에 큰 影響을 미친다. 종래의 농용엔진들은 點火時期를 調整하는 斷續機가 แคม축에 붙어 있어서 엔진회전수 增加에 따른 원심력의 變化를 利用하는 機械式으로 되어있기 때문에, 단속기의 回轉慣性에 의하여 點火進角이 민감하게 감소하지 않을 뿐만 아니라 단속기接點의 汚損 등에 의한 失火, 故障의 우려가 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위하여 電氣의 信號에 의하여 점화불꽃을 발생하게 하는 無接點點火方式을 利用한 電子式點火裝置가 개발되어 1970년대 후 반에 自動車 등에 실용화 되어짐과 동시에 농용엔

진에도 일부 이용되어졌다.^{4,6,7,8} 그러나 이 전자식 점화장치는 크랭크의 상사점부근의 엔진回轉速度에 비례하여 點火時期를 맞추도록 되어있기 때문에 空燃比, 엔진溫度, 負荷의 影響이 고려되지 않고 있으며 많은 部品의 사용, 부정확한 基準信號發生 등의 문제가 있고, 엔진의 수리, 노화 등에 의한 수정의 필요가 있을 때 回路自體의 재설계가 필요하다는 곤란한 점이 있다.

최근 集積回路의 발달과 더불어 마이크로프로세서를 利用하여 엔진回轉速度, 進공매니폴드 부압, 엔진온도, 부하, 스로틀의 위치 등의 입력변수를 받아들여 기억장치에 보관되어 있는 표로부터 공연비, 배기가스 재순환량, 급유량 및 점화진각을 결정하

*慶尙大學校 農科大學 農業機械工學科

**慶北大學校 農科大學 農工學科

여 조절하는 장치가 개발되어 자동차엔진에 사용되고 있다.⁸⁾

본 연구에서는 현재 사용중인 電子式點火方式에 마이크로컴퓨터를 연결시켜 制御할 수 있는 回路 및 출력기구를 여러형태로 조합시켜 이들 조합장치들을 마이크로컴퓨터에 연결하여 가동시험을 실시하므로써 가장 이상적으로 작동되는 點火時期制御裝置를 제시하였다.

II. 점화시기 제어방식

그림 1에서와 같이 엔진의 가장 적당한 최대폭발 압력지점을 b점이라 할때 點火時期는 着火遲延時間 t_1 및 爆發遲延時間 t_2 를 감안하여 C점에서 점화하여야 한다. 점화하여 最大爆發壓力이 될때까지의 지

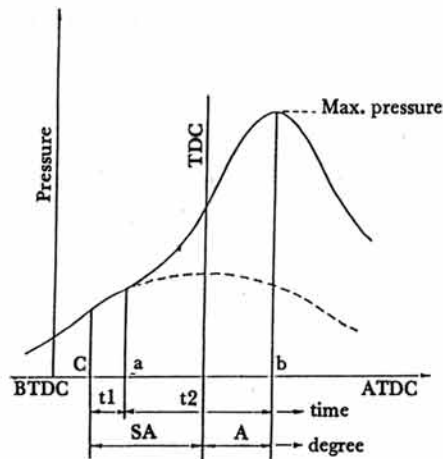


Fig. 1. Schematic drawing for engine spark advance.

연시간을 T라하면

$$T = t_1 + t_2, \text{ sec} \dots\dots\dots (1)$$

가 되며, 엔진회전수(n)에 대하여 각도로 바꾸면 지연각도

$$D = 6 \times n \times T, \text{ degree} \dots\dots\dots (2)$$

로 표현된다. TDC 점으로부터 이상적인 최대폭발점까지의 지연각도를 A라하면 點火進角

$$SA = D - A = 6 \times n \times T - A, \text{ degree} \dots\dots\dots (3)$$

로 되며, 空燃比, 壓縮比, 연료종류등이 일정하다

고 하면 T는 溫度에 반비례하고, n는 부하에 비례하여 떨어지게 된다. 그러므로 T와 A가 여러 요인들 때문에 쉽게 수식화 되지 못하므로 (3)식 또한 제어수식모델로 변환하기가 어렵다고 판단되며 가능하다 해도 소형엔진의 경우 각종 入力裝置와 出力機構가 복잡하게 되면 제어효과에 비하여 엔진 가격의 인상이 크게 되기 때문에 여기서는 農用엔진처럼 소형의 경우를 대상으로 몇가지의 主要入力條件만 考慮하기로 한다.

점화진각을 엔진회전수만의 함수로 나타내면

$$SA = f(n) \dots\dots\dots (4)$$

로 되며, 이 식을 이용하여 最適의 點火進角을 제어할 수는 없지만 뒤에 설명하는 適應制御와 병용될 때 효과적일 것으로 생각된다.

또한 點火進角이 엔진회전수, 부하(W), 엔진온도(θ)의 함수라고 가정하면

$$SA = f(n, w, \theta) \dots\dots\dots (5)$$

로 나타낼 수 있다. (4), (5)의 수식은 엔진의 基礎實驗을 통하여 적합한 수식제어모델로 만들고 이용해야 하며 이들 식들을 이용하여 마이크로 컴퓨터로 點火進角制御가 可能하다고 생각되는 제어방식을 그림 2와 같이 나타내었다.

그림 2의 (c)형식은 入力條件을 부하, 회전수, 소음기내의 배기가스溫度로 하고 이들을 컴퓨터에 入力시켜 점화진각 수식제어모델에 의하여 적정점화진각을 산정하여 출력기구에 출력시켜 점화진각이 설정되는 방식이다. 이 방식은 數式制御모델 대신에 基準點火進角度를 컴퓨터메모리에 내장하여 사용하는 수도 있지만 점화진각표가 입력변수의 수와 같은 차원으로 배열되므로 메모리 용량이 增加하게 되고, 제어할 때 점화진각값을 읽어내는데 時間이 많이 걸릴 염려가 있다.

그림 2의 (b)형식에서는 (c)의 경우와 같이 입력조건을 가지고 수식제어모델로부터 基準點火進角을 設定시킨 후에 適應制御로 들어가게 되며 負荷條件이나 스로틀의 위치變化가 없는 한 適應制御에 의하여 설정된 點火進角을 그대로 유지하게 되며 그렇지 않으면 처음상태로 돌아가게 된다. 이 적응제어라는 것은 基準點火進角에다 \oplus 혹은 \ominus 방향으로 어느 일정한 각도만큼 점화진각을 단계적으로 增加 또는 減少시키면서 엔진의 出力增減(또는 회전수변동)을 比較하여 出力이 증가되어지는 方向으로 點

火進角을 수정하여 나가는 制御方式이다. 이 方式은 엔진의 수리나 老化에 의하여 點火進角제어 입력조건이 다소 變하게 되어도 (c)의 方式처럼 수식제어 모델을 수정할 需要가 없기 때문에 편리할 것으로 보인다.

그림 2의 (a)형식은 小型엔진의 경우 入力裝置의

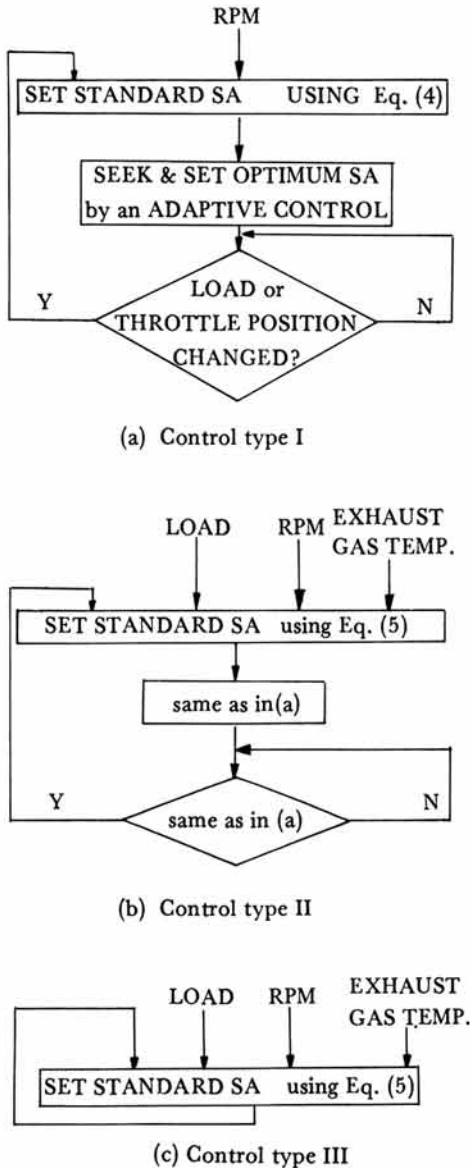


Fig. 2. Schematic flow chart for three types of spark advance (SA) control using micro-computer.

비용을 줄이기 위하여 入力條件으로 回轉數 하나만을 入力시키고 適應制御수단으로 點火進角을 補完해 나가는 方式으로 考案해본 것으로 農用엔진인 경우 有用한 方式으로 생각된다.

III. 制御裝置의 製作

공시엔진으로 4 사이클 5마력 공병엔진(대동NA 50B)을 使用하고 現在 開發되어 있는 콘덴서 방전식(Condenser Discharge Ignition System)과 트랜지스터-마그네토 점화방식(Transistor-Magneto Ignition System)의 전자식 점화방식에 마이크로 컴퓨터를 인터페이스 시킨 것으로 점화시기를 제어하기 위한 기본회로의 構成은 그림 3과 같이 하였다.

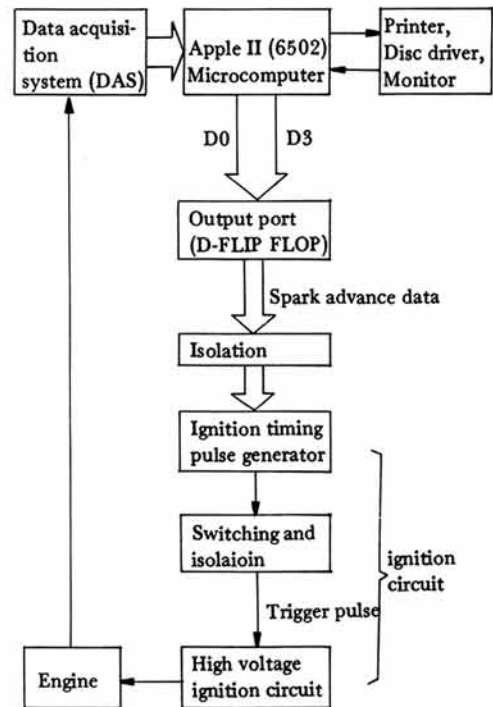


Fig. 3. Ignition timing control system using micro-computer.

마이크로컴퓨터 시스템과 엔진性能試驗裝置(DAS)는 閔등^{2*)}이 개발한 것을 그대로 利用하였고, 點火

信號發生器와 高壓回路 및 마이크로컴퓨터 사이에는 絶緣回路를 삽입하여 電源分離 및 잡음을 제거하도록 하였다. 特히 엔진점화시에는 20,000V 전후의 高壓이 放電되므로 이때 발생하는 서어지전압 및 電磁波가 대부분의 디지털회로를 교란시키는 바 이들 영향을 제거할 수 있는 制御回路의 개발이 본 연구의 주안점이다.

그림 3의 각 블록별로 實驗에 利用된 回路 및 裝置들은 다음과 같이 設計製作하였고, 각 회로의 部品容量은 設計者에 따라서 部品을 호환성있게 꾸미는 데 도움을 주고자 表示하지 않았다.

가. 1次 絶緣回路

컴퓨터시스템의 出力포트로부터 點火信號發生器에 點火信號를 出力시킬 때 서어지, 잡음 등에 의한 출력신호의 교란을 방지하기 위하여 使用된 絶緣回路의 種類는 그림 4와 같다. 그림 4의 (a)는 절연 없이 컴퓨터의 출력포트와 점화신호 발생회로를 연결시킨 것이고 (b)는 포토커플을 이용하여 電氣的 絶緣을 시키도록 한 것이며 (c)는 릴레이를 절연회로로 使用한 것이다.

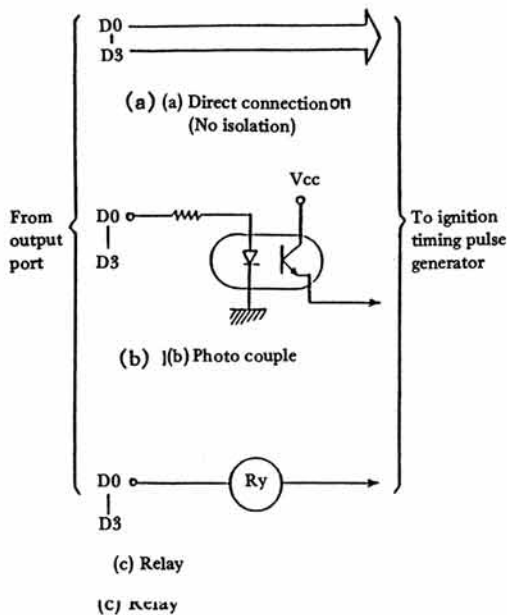
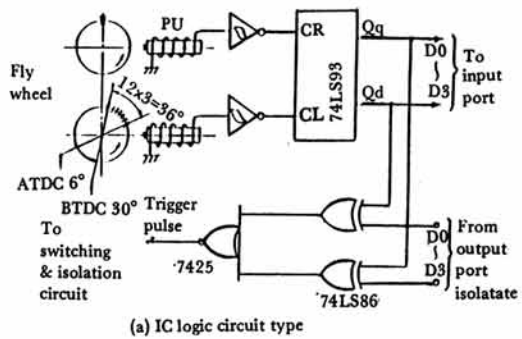


Fig. 4. Isolation circuits between output port and ignition timing pulse generator.

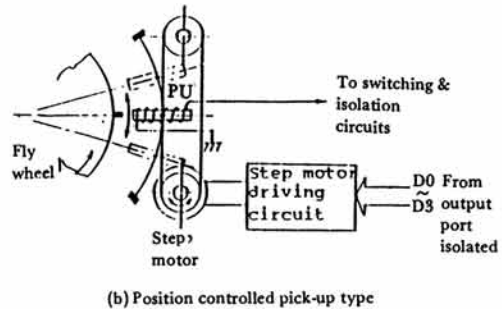
나. 點火信號發生器

컴퓨터가 엔진의 온도, 부하 및 회전속도 등을 읽어들이어서 조건에 맞는 적당한 점화진각을 출력시킬 때 이 출력된 데이터에 부합하여 점화진각에 맞는 점화신호를 발생시키는 점화신호발생기는 그림 5와 같이 IC 논리회로와 마그네틱 픽업을 구동시키는 써어보 기구에 의한 두종류의 발생기를 고안하여 실험하였다.

그림 5의 (a)는 IC 논리회로 방식으로 점화진각의



(a) IC logic circuit type



(b) Position controlled pick-up type

Fig. 5. Ignition timing pulse generators.

계측은 플라이휠에 순철돌기를 3° 간격으로 TDC 전 9개, 후 2개, TDC 점에 1개를 부착하고 돌기부에 인접하여 마그네틱 픽업을 장치하여 돌기부가 픽업을 지날 때 발생하는 전압을 슈미트트리거 하여 IC7493으로 계수토록 하였다.

다른 픽업 1개는 매 사이클 계수시 리셋신호로 사용하였다. 실제의 계수에 대한 오차 검정을 위하여 IC 7493의 출력측에 입력포트를 연결하여 컴퓨터

터로 읽어들이도록 하였다. 점화신호의 발생은 점화진각에 해당하는 데이터를 컴퓨터가 출력포트를 통해 IC 7486의 배타논리합 회로로 출력시키고, IC 7493의 계수값 또한 IC 7486에 입력되어져서 점화진각 데이터와 계수값이 일치할 때 IC 7486의 모든 출력값이 0이 되므로 IC 7425의 NOR 회로를 거쳐 점화신호 5V가 발생토록 하였다.

이 회로에서 점화진각 SA에 대하여 출력포트의出力디지탈값

$$D = 11 - \frac{SA}{3} \dots\dots\dots(6)$$

로 되며, SA는 3의 배수값으로 그 범위는 $-6^\circ \leq SA \leq 30^\circ$ 이다.

그림 5의 (b)는 스텝모터를 이용한 써어보기구에 의하여 점화신호를 발생하는 마그네틱 픽업을 점화진각에 맞추어 제어시키는 써어보기구 제어방식으로 컴퓨터의 점화진각 출력데이터에 맞추어 스텝모터를 정역 회전시켜 고무벨트에 부착된 픽업을 적당한 위치로 옮겨주므로써 플라이휠에 순철 돌기부가 픽업을 지날 때 점화신호를 발생하게 하였다.

실제로 마그네틱 픽업이 장치된 사양은 그림 6과 같고 이 마그네틱 픽업의 이동거리

$$X = 10.5 \times \frac{\pi}{180} \times P \times S, \text{ mm} \dots\dots\dots(7)$$

이며, 스텝각(P)은 7.5° , 회전시킨 스텝수(S)의 범위는 ± 40 스텝으로 하였다. 또 수직이동거리에 대

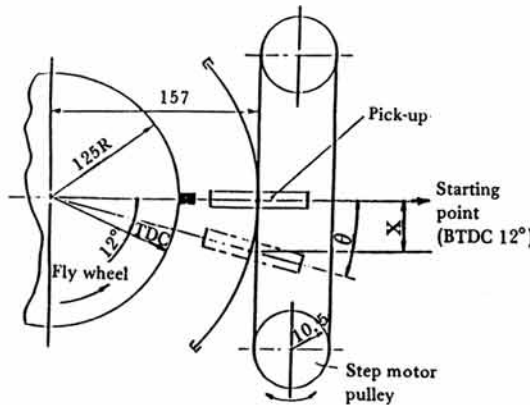


Fig. 6. Ignition timing adjustment.

한 픽업의 이동각

$$\theta = \tan^{-1}(X/157), \text{ degree} \dots\dots\dots(8)$$

이므로, 초기에 픽업의 위치를 엔진의 BTDC 12° 로 설정하였으므로 점화진각 SA에 대한 회전시켜야 할 스텝수

$$S = \tan(SA - 12) / 0.00875 \dots\dots\dots(9)$$

로 되고, 스텝모우터 구동방법은 2상여자방식을 이용하였다.

다. 스위칭 회로

점화신호발생기로부터 출력된 점화신호를 받아서

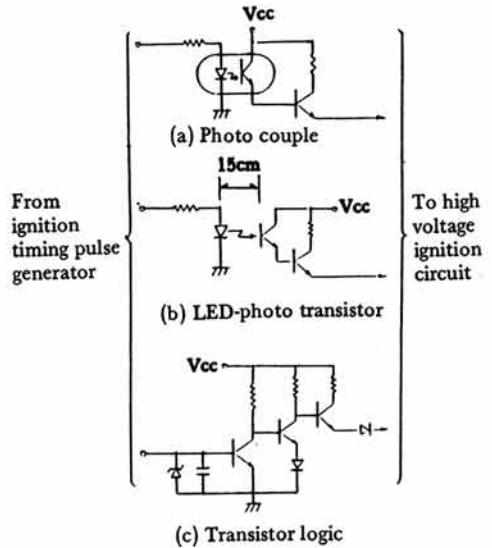


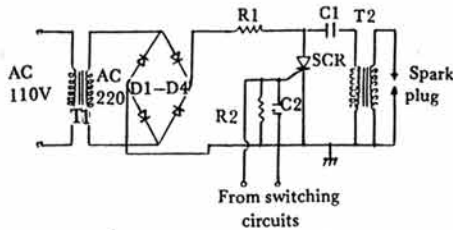
Fig. 7. Switching and isolation circuits between ignition timing pulse generator and high voltage ignition circuit.

고압회로를 충분히 동작시킬 수 있는 스위칭 회로로 이용한 것은 그림 7과 같다. 그림 7의 (a)는 포토 커플을, (b)는 LED와 광 트랜지스터를, (c)는 트랜지스터 논리를 이용한 것이다. (a)와 (b)는 전기적 절연을 하였으며 (c)는 역류방지 다이오드를 부착하였고 (b)의 경우 LED와 수광 다이오드 사이에 외부의 빛을 차단할 수 있도록 8ϕ 의 흑색 플라스틱 관으로 연결하였는데 서어지전압의 차단을 위한 최소거리는 실험적으로 15cm 이상으로 나타나

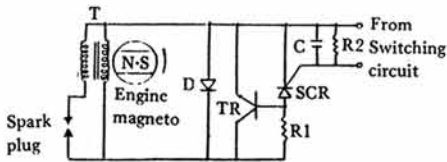
이 거리 이상을 유지시켰다.

라. 고압점화 회로

스위칭 회로로부터 정형된 점화신호에 의해서 순간적으로 점화플러그에 고압을 걸어주므로써 점화 불꽃을 발생시키는 점화회로는 그림 8 과 같이 일반적으로 많이 사용되는 2 가지 방식의 전자식 점화 회로를 사용하였다. 그림 8 의 (a) 는 콘덴서 방전식 점화회로로서 주파수가 높은 외부전원이나 발전장치에 의하여 발전된 전류를 양파 또는 반파 정류하여 콘덴서 C1 에 충전시키고, 점화신호 전압이 SCR 의 게이트와 캐소드간에 걸리면 SCR 이 도통하여 C1 의 충전전압이 순식간에 방전하여 승압트랜스 T2 의 1 차코일로 흘러 T2 의 2 차코일에 고압을 유도(15000V 이상)하게 되는 방식이다. 그림 8 의 (b) 는 트랜지스터-마그네토 점화회로로서 엔진의 고압마그네토를 이용하여 기존 엔진의 단속기대



(a) CDI (condenser discharged ignition) system



(b) TMI (transistor-magneto ignition) system

Fig. 8. High voltage ignition circuits.

신에 트랜지스터 차단방식을 이용하였는데, 점화신호전압이 SCR 에 걸리지 않을 때는 저항 R1 에 의하여 TR 이 도통 상태가 되기 때문에 고압트랜스의 1 차측 코일의 기전력이 단락에 가까운 상태가 되고, 엔진의 점화시기가 되면 점화신호전압이 SCR 에 걸리게 되어 SCR 이 도통되므로 트랜지스터 TR 이 차단상태로 되면서 1 차코일에 흐르던 전류가 급격히 차단되고, 상호유도작용에 의해 2 차측에 고전압이 발생하여 점화플러그에 불꽃을 튀게하는 방

식이다. (a) 의 경우 전원의 주파수가 엔진의 최대 회전시의 사이클 수보다 3 배이상 커야만 완전한 충전방전이 이루어지게 되며, 실제에는 콘덴서 C1 과 회로저항의 시정수를 고려하여 10 배 이상의 전원주파수가 필요할 것으로 생각된다. 본 실험에서는 회로의 가동상태만을 점검하므로 220V 65Hz 의 기존 발전장치를 이용하였는데 실제 가동가능한 엔진회전수는 1500rpm 이하로 나타났다.

(b) 의 경우는 공시엔진 자체의 마그네토를 그대로 이용하여 회로를 제작하였다.

IV. 제어장치의 동작시험

앞서 설명한 1 차 절연회로 3 종류, 점화 신호발생기 2 종류, 스위칭회로 3 종류 및 고압회로 2 종류를 서로 조합시켜 총 36 가지의 점화시기 제어장치의 가동시험을 실시한 결과는 표 1 과 같다. 이 시험에서는 엔진의 점화플러그를 엔진에서 분리하여 엔진 외부에 설치하고 엔진의 공회전시 각 회로의 이상유무, 고압트랜스의 1 차측의 유기전압, 써어지 전압에 의한 회로의 마비 및 마이크로컴퓨터 기능 마비, 점화불꽃 이상유무 등을 점검하였는데, 써어지 전압에 의한 디지털회로의 마비가 가끔 문제가 되고 제일 큰 문제는 점화불꽃이 될 때마다 전자파 발생 및 써어지 전압에 의한 마이크로컴퓨터의 기능이 교란되는 것이었고 그 외의 문제점은 부품의 용량을 바꿈으로써 해결되어졌다. 점화시기 제어장치로서 디지털시스템을 이용할 경우 고압회로와의 전원분리 및 전자파의 영향을 차폐할 수 있는 장치가 필요할 것으로 생각되며, 이 장치로서 LED-광 트랜지스터 방식이 좋을 것으로 생각되지만 수광거리가 적어도 15cm 이상 떨어져야 하였기 때문에 실용상의 문제가 있을 것으로 생각된다. 가장 잘 작동되는 회로의 구성은 표 1 에 나타낸 바와 같이 <컴퓨터 시스템>-<써어보 기구에 의한 점화시기 조절 및 신호발생기>-<트랜지스터 로직의 스위칭회로>-<전자식 점화장치(고압회로)>로 구성될 때였다.

트랜지스터-마그네토 방식의 전자식 점화장치는 이 회로의 특성에 맞도록 마그네토가 설계되어야 하기 때문에 본 실험에서 점화진각을 크게 변화시킬 때 실화가 일어나는 문제점이 있었다.

마이크로컴퓨터에 의한 고압회로의 작동은 작동신호 발생 제어부를 써어보 기구에 의하여 제어하므로써 써어지 전압 및 전자파에 의한 제어회로의 교란을 피할 수 있을 것으로 보이며, 컴퓨터시스템의 고장시에도 마그네틱 픽업을 적당한 위치에 고정시

켜두므로써 기존방식과 같은 운전이 가능할 것으로 생각된다.

이상의 실험결과를 기초로 하여 마이크로컴퓨터를 이용할 수 있는 엔진點火進角制御裝置를設計한一例는 그림9와 같다.

Table 1. Classification of ignition timing control system and test results of their combination

Computer interface	Isolation	ignition timing pulse generator	Switching & isolation	High voltage ignition circuit
Output port	(a) Direct connection	(a) IC logic	(a) Photo couple	(a) CDI system
	(b) Photo couple	(b) Step motor position control pick-up	(b) LED-TR	(b) TMI system
	(c) Relay		(c) TR logic	

Remark; 1. Most combination system did not operate well due to effects of electromagnetic waves and surge currents occurring when the ignition began or ended with resulting high voltage.

2. The combinations of $\begin{Bmatrix} a \\ b \\ c \end{Bmatrix}$ - (a) - (b) - $\begin{Bmatrix} a \\ b \end{Bmatrix}$ operated, but there sometimes occurred computer or IC operating error due to effects of electromagnetic waves.

3. The combination of (a) - (b) - (c) - (a) operated well.

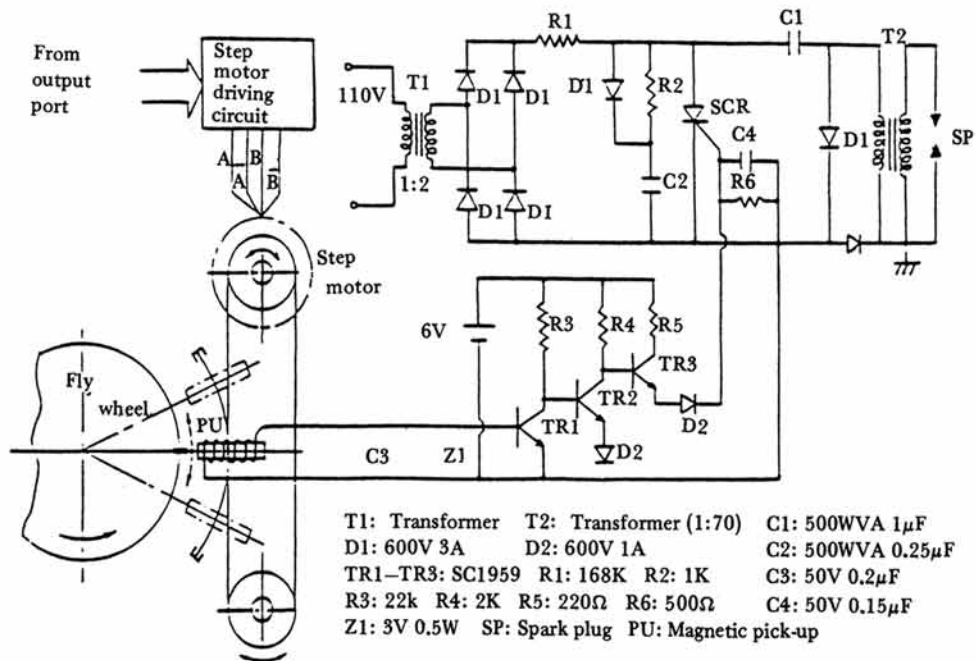


Fig. 9. A design of engine ignition control system using microcomputer.

V. 적 요

엔진의 點火時期를 制御하는 데에 마이크로컴퓨터를 利用하고자 여러 種類의 制御裝置를 設計·製作하여 가동시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 制御裝置의 製作時 高壓放電에 의한 雜音, 서어지, 電磁波로부터 디지털회로와 컴퓨터의 技能이 교란되는 것을 방지하기 위하여는 高壓回路와 여타 회로와의 분리 및 고압회로의 기생발진 억제와 차폐가 완전하여야 할 것이며, 또한 양질의 點火用 導線을 사용하여야 할 것으로 생각된다.

나. 본 실험의 범위내에서는 (컴퓨터시스템) (싸어보 기구에 의한 點火信號發生 및 制御) - (트랜지스터 스위칭) - (고압회로)로 構成시킨 點화시기 제어장치가 컴퓨터 등의 기능교란을 일으키지 않고 가장 잘 作動되었다.

다. 본 실험의 結果를 基礎로 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진의 最適點火進角制御에의 應用이 可能할 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. 김용환, 이기명, 민영봉. 1985. 마이크로 컴퓨터에 의한 제측·제어용 인터페이스회로 연구. 경상대학교 전산연구(2): 19-28.
2. 민영봉, 김용환, 이기명, 허승도. 1986. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진성능 측정장치(I). 한국농업기계학회지 11(1): 24-30.
3. 민영봉, 이기명. 1986. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진회전속도 제어에 관한 연구. 한국농업기계학회지 11(1): 17-23.
4. 민영봉, 이승규. 1984. 내연기관 전자식점화장치에 관한 연구(I). 경상대학교논문집 23(1): 137-144.
5. 이태호, 박원심. 1980. 내연기관의 연소 최적 제어용 디지털제어장치 구성. 울산공대 연구논문집 11(1): 1-7.
6. 近藤徹也. 1975. 自動車 內燃機關用 點火裝置の進角制御裝置. 特許公報 昭52-4685, 日本国特許廳.
7. 大塚新太郎, 佐佐木敏幸. 1979. 點火栓の汚損とコイルの特性. 內燃機關 18(9): 9-12.
8. 儀滿入郎. 1979~1982. 內燃機關用電氣點火裝置(1)~(11). 內燃機關 18(7): 49-59, 18(8): 47-56, 18(9): 41-53, 18(10): 45-56, 18(11): 73-83, 18(12): 45-56, 18(13): 41-51, 19(1): 57-68, 19(2): 73-84, 19(3): 63-71, 19(4): 89-98.
9. インタフェース便覧編集委員會. 1984. インタフェース便覧. 新技術開發センター, 東京. pp.107-408.
10. 猪飼国鉄. 1980. インタフェース回路の設計. CQ 出版社, 東京. インターフェース回路の
11. 才田敏和. 1973. 機關點火時期調整裝置. 特許公報 昭48-4491, 日本国特許庁.
12. 志水英二. 1982. マイコンインターフェースの作り方·使い方. 日刊工業新聞社, 東京.
13. 平尾 収. 1972. 自動車用 機關計劃原論. 山海堂. 東京. pp. 17-68.
14. 八田桂三, 浅沼 強, 松木正勝. 1979. 內燃機關計測ハンドブック, 朝倉書店, 東京.
15. 海老原 大樹, 百巨鬼 英雄. 1981. ステップモーターの制御方法. 自動化技術 13(12): 25-29.
16. Baldwin, J.D.G. 1982. A microcomputer-based engine performance analysis system. ASAE Paper No. SWR-82-101.
17. Benson, R.S. and N.D. Whitehouse. 1979. Internal combustion engines. The Pergamon Textbook, NY, pp. 97-137.
18. Holland, J.M. 1984. Advanced 6502 interfacing. Howard W. Sams & Co., Inc., Indiana, U.S.A.