

마이크로프로세서를 이용한 엔진점화시기 제어장치

A Study on Spark Advance Control System using Microprocessor

민 영 봉,* 이 기 명,** 이 승 규,* 김 용 환*
Y. B. Min, K. M. Lee, S. K. Lee, Y. H. Kim

Summary

In order to improve the combustion efficiency of the agricultural engine, an ignition timing control system was developed and tested. The control system was composed of the CDI ignition circuit, the microcomputer and the interfacing devices.

In this study, the simplicity of the control system and the flexibility of the control strategy were emphasized for the precision, the applicability and the economical efficiency. The hardware was consisted in almost the same compositions as those of the automobile engine. The softwares of the control algorithms were developed to three types depending on the combination of the quasi-adaptive control and the open loop control which had the different spark advance equations according to the input variables such as engine speed, exhaust gas temperature and brake torque.

The test results were summarized as follows:

1. By using the computer control system, the fuel consumption efficiency could be improved and the fuel consumption could be reduced by 0 to 57% compared to that of the fixed spark advance system.
2. The fuel consumption of the control mode with the quasi-adaptive algorithm was reduced by average 0.8% compared to that of the control mode without quasi-adaptive algorithm.
3. It was found that the control mode with the quasi-adaptive algorithm adopting single input of engine speed had most applicability and economical efficiency among three types of the control algorithms.

1. 緒 言

엔진의 點火時期는 出力增大에 가장 큰 영향을 미치므로, 정밀한 制御를 위해 엔진의 메카트로닉스는 이 部分에서 발달되기 시작하였다. 點火時期制御는 電子式, IC化 되어져 遠心式 進角裝置의 缺點을 改善시키 왔다. 그러나 開루우프 제어에 의한 몇 가지의 문제점^{1,2)}이 있어서 최근에는 디지털제어化되고, LSI 기술발달과 대량생산에 힘입어 마이크

로컴퓨터를 도입하여 點火時期制御 뿐만 아니라 엔진 綜合制御에도 발전되고 있다.

최근의 點火時期 制御方法은 엔진 回轉速度, 吸氣管負壓, 엔진 溫度, 負荷토크, 드로틀의 위치 등을 入力變數로 取하여 엔진의 상태에 따른 最適 點火時期를 實驗을 통해 결정한다. 이 資料를 ROM 內에 기억시켜 點火時期를 制御하는 開루우프 制御方式이 主流이다.

이 方法은 엔진의 溼時變化, 修理 等에 의하여 엔

* 경상대학교 농과대학 농업기계공학과

** 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

진의 動特性 變化時 點火進角資料의 수정이 불가피하며, 다입력 제어이므로 各種 센서와 出力機器가 충분히 개발되지 못하여 農用엔진과 같이 小型엔진의 경우에는 經濟性에 큰 문제가 된다.

따라서 本 研究에서는 點火進角만을 制御하므로써 연소상태를 改善하는 것을 目標로 하여

1) 현재 사용중인 電子式 點火方式에다 마이크로 컴퓨터를 연결시킬 수 있는 회로를 구성시키고, 컴퓨터部 고장시에도 어느 정도 가동 가능하도록 하며,

2) 點火時期 決定에 가장 큰 영향을 주는 回轉速度, 負荷토크, 排氣溫度에 의한 數式 模型을 개발하고,

3) 數式 模型에 의하여 基準 點火時期를 決定하고 入力變數의 數와 制御論理의 方法에 따라 3 가지의 點火時期 制御모드를 決定하여 實驗을 通해 農用엔진에 가장 適合한 制御모드를 선정하였다.

2. 裝置 및 方法

공시엔진으로 4 사이클 5마력 공냉엔진 (點火進

角 25° 고정식)을 使用하여 CDI 點火裝置에 마이크로 컴퓨터 제어시스템을 인터페이스시켰다. 컴퓨터는 CPU6502인 APPLE II이며, A/D 변환기, 스텝모터의 가동회로는 참고문헌^{4,5)}에 게재된 내용과 동일한 것을 使用하였다. 성능 측정장치는 DAS 시스템⁶⁾을 使用하였다.

가. 點火裝置

참고문헌⁵⁾에 게재된 내용대로 點火裝置 선정시형을 통하여 가장 適合한 點火裝置로 선택된 것은 그림 1과 같다. 회로의 주요 구성은 발진기를 통한 110V 65Hz의 入力電源部, 點火電壓充電回路(CDI) 및 마그네틱 픽업에 의한 點火信號 트리거회로이다. 點火時期의 制御는 플라이휠 원주상에 鍍부한 純鐵돌기가 마그네틱 픽업을 통과하는 위치를 변경시킴으로서 制御할 수 있도록 하였다. 마그네틱 픽업을 스텝모터에 의해 移動시키고 1회 點火進角 制御量을 平均 1.97°가 되게 하였는데, 이는 마이크로 컴퓨터로부터 出力포트를 거쳐 스텝모터 가동회로에 펄스列을 가함으로서 조절하였다.

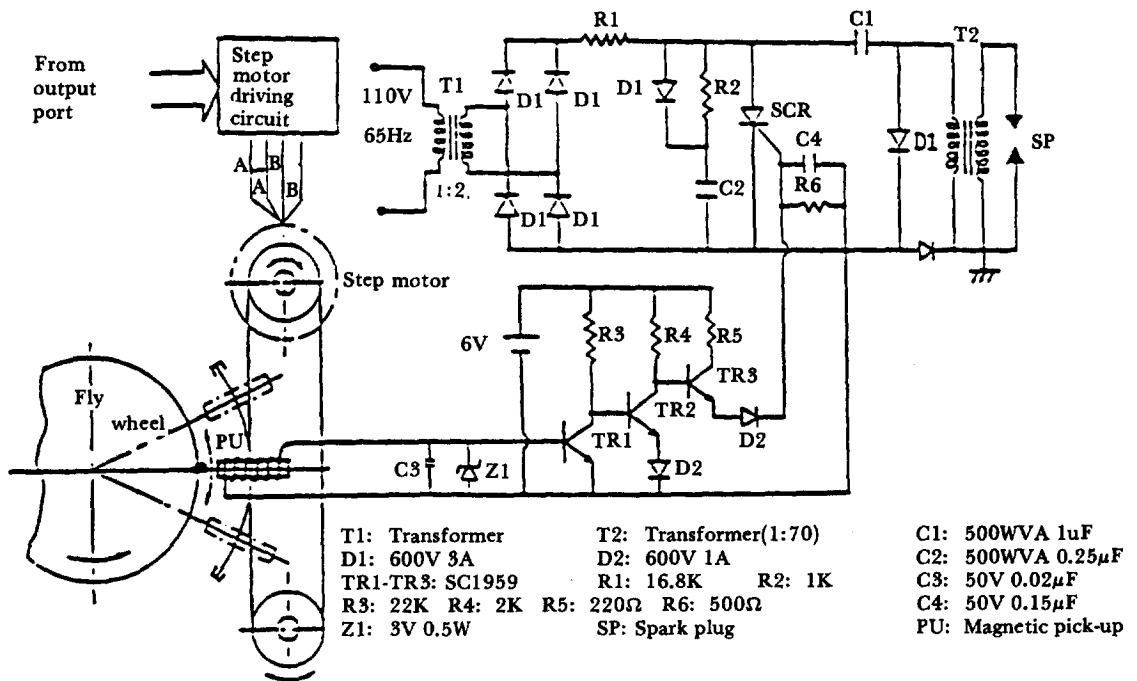


Fig. 1. A design of engine ignition control system using Apple II microcomputer.

나. 最適 點火進角 數式모형

點火時期에 영향을 미치는 3 가지 주요 入力變數인 엔진 回轉速度, 負荷토크 및 배기가스 온도가 點火時期에 미치는 영향을 조사하여 數式模型을 決定하였다. 調査方法은 各 入力變數의 條件一定時 點火進角만을 변화시켜서 燃料消費量이 가장 적게 되는 점을 各 入力條件에 對한 最適 點火時期로 채택하였다. 조사결과 최적 點火시기는 그림 2, 3 과 같이 나타났다. 그림에서 最適 點火進角은 배기가스 온도 및 부하상승에 따라 지수함수적으로 감소되어지며, 회전수에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 발

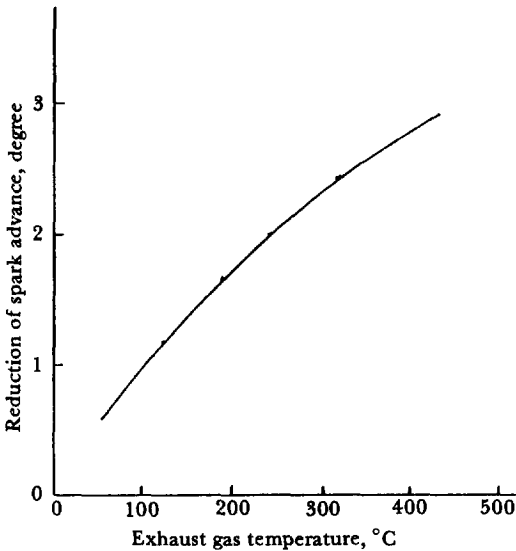


Fig. 2. Effect of exhaust gas temperature on the reduction of spark advance.

진전원이 65Hz 인 탓으로 엔진 回轉速度 1,500rpm 이상에서는 실험을 수행할 수 없었기 때문에 그림 3의 점선부는 추정된 값이다. 點火回路 實驗結果에 의하면 발전전원 주파수는 엔진 최대 크랭크 회전수의 1/5 이상으로 하여야 안전한 것으로 판단되었다.

각 測定된 데이터를 회귀분석한 결과 最適 點火進角 數式模型은 다음 식과 같이 나타났다.

$$SA = 7.27 + 0.0154NE - 3.583W^{1.4} - 0.025T^{0.78} \dots\dots\dots (1)$$

(R² = 0.932)

SA : 點火進角(°)

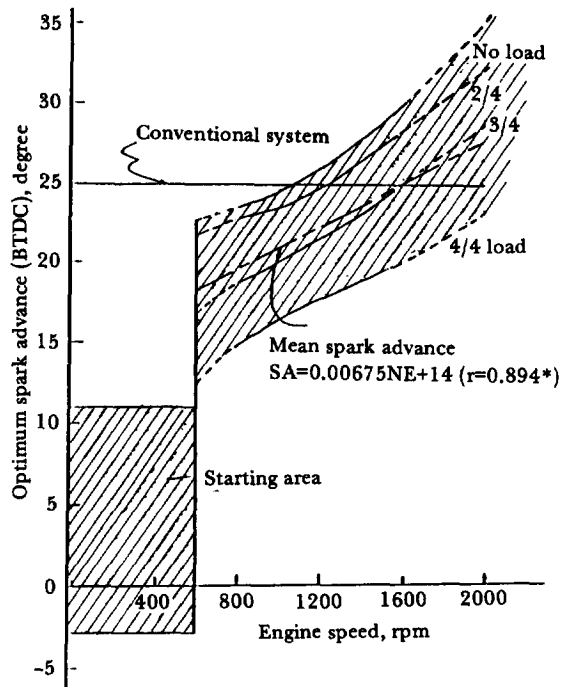


Fig. 3. Optimum spark advance tested by the engine ignition control system.

- NE : 엔진 回轉數 (RPM)
- W : 負荷토크 (kg·m)
- T : 排氣가스 溫度 (°C)

부하와 온도를 무시하고 엔진 回轉數만을 入力變數로 할 때

$$SA = 0.00675NE + 14 \dots\dots\dots (2)$$

로 나타났다.

다. 制御모드의 決定

지금까지 마이크로프로세서에 의한 點火時期 制御方法은 開루우프 制御로서 緒言에 제시한 問題點이 대두되었다. 본 연구에서는 이 문제점 및 경제성을 고려하여 그림 4와 같은 3 가지 方法으로 制御모드를 구성시키고 적응실험을 통해 適한 制御모드를 찾고자 하였다. I, II의 制御모드는 數式 制御模型에 의해 基準 點火進角을 算出하여 制御기구에 出力시키고 나서, 基準 點火進角에다 +1.97° 혹은 -1.97° 씩을 가감했을 때 엔진의 回轉速度가 가속되는 方向으로 點火進角을 調整해 가는 의사적응

제어모드이며, III의 경우는 數式制御 模型만의 制御 모드이다.

3. 結果 및 考察

가. 엔진의 가동상태

마이크로컴퓨터에 의한 點火進角 制御모드는 I, II, III과 엔진 본래의 점화진각 +25° 고정식에 對하여 엔진의 운전상태를 외형적으로 조사한 결과는 다음과 같다.

엔진회전수 1,200rpm 이하에서 컴퓨터 제어방식이 고정식에 비해 월등히 진동 및 소음이 적었는데,

이는 고정식의 경우 點火進角이 適合하지 않았던 것으로 사료된다.

室内溫度 +14℃에서 3사람에 의해 30회 이상 실시한 시동시험에서 컴퓨터 제어방식이 90~96% 시동이 되는 반면, 고정식은 평균 23% 시동이 되었다. 이는 고정식의 경우 점화진각이 맞지 않고 저회전시 점화전압이 낮은 것이 원인으로 생각된다. 컴퓨터 제어방식의 경우 가장 문제가 되었던 점은 고압점화시 및 주위전자파에 의한 컴퓨터 프로그램이 간혹 교란되는 것이었다. 이점은 실기제작시 충분히 절연되어진다면 本 研究에 使用된 回路로도 문제가 없을 것으로 사료된다.

나. 制御性能

컴퓨터제어에 의한 點火進角의 制御效果를 알아보기 위하여 엔진 回轉數 變化에 대한 單位時間당 燃料消費量 變化를 負荷別로 分析한 결과 그림 5와 같이 나타났다. 고정식 및 컴퓨터 제어방식에 의한 엔진의 燃料消費量은 低回轉時에는 負荷토크가 클수록 차이가 크게 나타났으며, 高回轉時에는 負荷

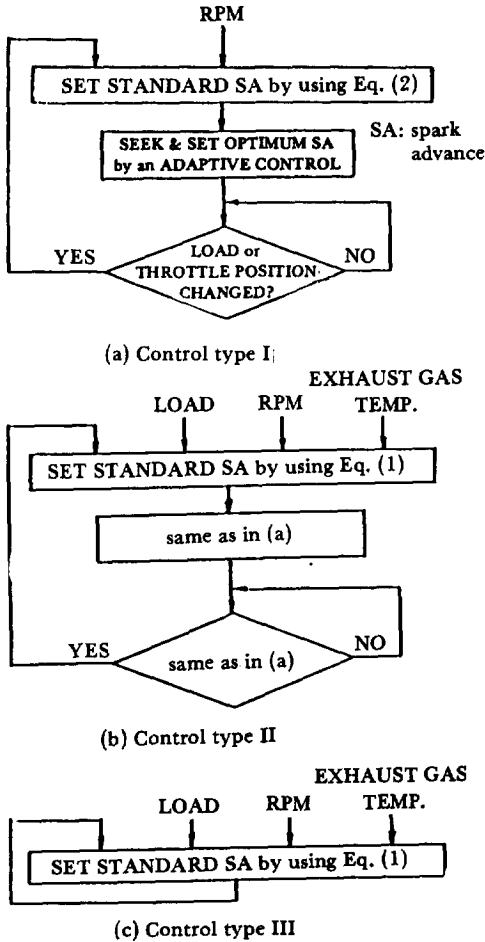


Fig. 4. Flow chart for three types of spark advance control.

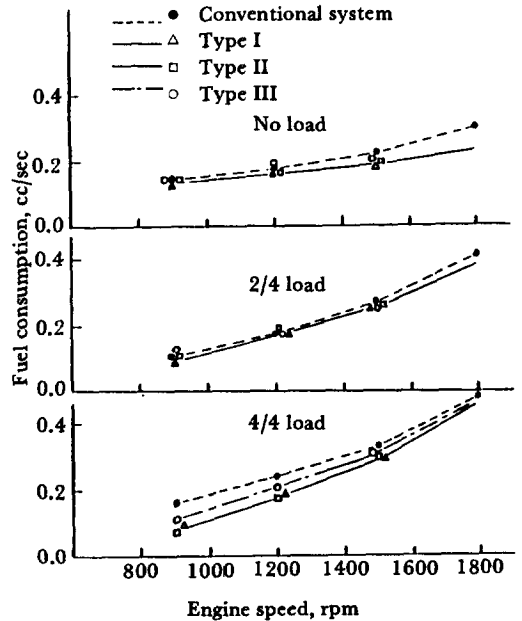


Fig. 5. Fuel consumption of three modes of ignition timing control by microcomputer and fixed spark advance system.

토크가 작을수록 차이가 크게 나타났는데, 이것은 고정식의 點火進角이 高回轉 定格負荷에 맞추어져 있기 때문으로 당연한 결과로 보여진다. 컴퓨터 制御方式에서는 모드 I과 II는 燃料消費量의 차이가 거의 없으나 모드 III의 경우가 모드 I, II보다 測定區間內에서 0~29% (平均 0.8%) 정도 燃料消費량이 높게 나타났다. 이것은 數式模型만으로는 점화시기를 엔진의 상태변화에 대응하여 미세 조절할 수 없음을 나타낸 것으로 의사적용 제어방법이 보다 효과적임을 알 수 있다. 고정식과 컴퓨터 제어모드 I, II와의 연료소비량을 비교해 보면 1/4 負荷 일때 거의 차이가 나타나지 않았으며, 900 rpm 4/4 부하에서 0.092 cc/sec 차이, 1,800 rpm 4/4 및 무부하로 추산해보면 각각 0.02, 0.061 cc/sec의 차이가 나타나 엔진의 운전상태에 따라서 I, II의 제어모드가 고정식보다 0~57%까지 연료가 절약되는 것으로 나타났다.

엔진의 運轉狀態, 經濟性, 엔진效率 및 프로그램의 용이성, 엔진 상태변화 대응성 등을 고려해 볼때 가장 바람직한 점화진각 제어모드는 人力變數를 回轉速度 하나로 하고 의사적용 제어수단을 병용한 모드 I인 것으로 판단되었다.

本 裝置에 使用된 스텝모우터의 가동속도가 100 pps로 느리고, 엔진出力가 가속 판정이 느리기 때문에, 급변하는 목표 회전수 및 부하변동에 대해서는 적응제어 반응을 나타내지 못한 것으로 시료된다. 이 장치로는 연속 안정부하 및 回轉數를 가지는 農作業機에서는 適合한 것으로 생각된다. 가동속도가 빠른 스텝모우터와 컴퓨터를 사용한다면 더욱 제어 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 보인다.

4. 結 論

엔진의 燃料消費量을 줄이고 엔진에 狀態變動이 일어나도 最適의 點火進角을 유지할 수 있는 장치를 개발하였다.

本 裝置는 電子式 點火回路(CDI)에 마이크로컴퓨터 制御시스템을 결합시켜 구성하였다. 點火時期決定에 크게 영향을 주는 回轉速度, 負荷토크 및 排氣가스 溫度를 入力變數로 한 數式模型을 수립하고,

이 모형과 의사적용 제어에 의하여 3가지 점화진각 제어 모드를 결정하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 컴퓨터에 의한 점화시기 제어방식은 엔진효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였으며, 點火進角 고정식에 비해 0~57% 정도 연료가 절감되었다.
2. 수식모형과 의사적용 제어수단을 병용한 제어모드가 수식모형만에 의한 제어보다 연료소비가 평균 0.8% 절감되었다.
3. 의사적용 제어수단 이용시 입력변수를 3개 취한 것과 회전수 하나만 취한 것과는 연료소비량의 차이가 거의 없었으므로 가장 적합한 제어모드는 回轉數를 入力變數로한 의사적용 제어모드인 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. I ンジンメカトロニクス編集委員會, 1987. I ンジンメカトロニクス, 內燃機關 Vol. 26, No. 333 臨時増刊號, 山海堂, 東京.
2. 儀滿入郎, 1979~1981. 內燃機關電氣點火 裝置 (1)~(2), 內燃機關 18(7)~21(3).
3. 御法川齊, 1981. 點火裝置의 IC化의 現狀と動向, 內燃機關 20(2): 57-64.
4. 민영봉, 1987. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진 성능시험 및 제어 경북대학교 박사학위논문.
5. 민영봉, 이기명, 1987. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진 점화시기 제어회로, 한국농업기계학회지 12(1): 45-52.
6. 민영봉, 김용환, 이기명, 허승도, 1986. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진성능 측정장치(1), 한국농업기계학회지 11(1): 24-30.
7. 민영봉, 이승규, 1984. 내연기관 전자식 점화 장치에 관한 연구(I), 경성대학교 논문집 23(1): 137-144.
8. 土井淳多, 1977. 農業機關의 計算機制御, 日本農業機械學會誌 39(4): 570-573.