

소형 비행체용 2행정 왕복엔진의 BTDC 기반 실시간 점화 시기 제어 알고리즘에 관한 연구

장 준 규¹⁾ · 유 재 언¹⁾ · 박 기 영²⁾ · 이 성 욱³⁾

국민대학교 자동차모빌리티대학원¹⁾, 아주자동차대학교 미래자동차공학부²⁾, 국민대학교 자동차모빌리티전공³⁾

A Study on BTDC-based Real-Time Ignition Timing Control Algorithm for Small Aircraft Two-Stroke Reciprocating Engine

Junkyu Chang¹⁾ · Jeoun Yoo¹⁾ · Giyoung Park²⁾ · Seangwock Lee³⁾

Graduate School of Automobile and Mobility, Kookmin University¹⁾, Division of Automotive Engineering, Ajou Motor College²⁾, Department of Automotive Engineering, Kookmin University³⁾

Key words : Small Aircraft(소형 비행체), Reciprocating Engine(왕복 엔진), Two-Stroke Engine(2행정 엔진), Ignition Timing(점화 시기), Real-Time Control(실시간 제어), Algorithm(알고리즘)

* 교신저자, E-mail: energy@kookmin.ac.kr

소형 비행체용 2행정 왕복엔진은 높은 출력밀도와 경량성으로 인해 무인기 및 소형 동력원으로 주목받고 있다. 선행 연구를 통해, 70cc 2기통 2행정 수냉식 엔진 기반 왕복 엔진-발전기 구성 파워팩을 활용하여 기존 배터리 대비 높은 에너지 밀도와 운용 시간 연장 효과를 검증하였다. 그러나 파워팩 성능의 안정적 유지를 위해서는 CDI(Capacitor Discharge Ignition) 방식을 통해 엔진의 점화 시기를 RPM 변동에 따라 실시간으로 제어하는 것이 필수적이다. 특히 2행정 엔진은 흡·배기 행정이 동시에 이루어지는 구조적 특성으로 인해 점화 시기(BTDC, Before Top Dead Center) 편차에 따른 출력 및 연소 안정성의 영향이 크게 나타나므로, 엔진 회전수(RPM)에 따른 최적 점화 각도의 정밀 제어 알고리즘 개발이 요구된다.

본 연구에서는 70cc 2기통 2행정 수냉식 엔진을 대상으로 Hall Sensor 트리거 신호와 점화 코일 전류를 NI DAQ 장비로 동시 계측하여 4,000~9,000 RPM 구간에서의 점화 시기를 측정하였다. 측정 결과, 4,000 RPM에서 Hall Sensor 인식 후 0.47ms, 7,000 RPM에서 0.34ms, 8,000 RPM 이상에서는 0.2ms로 수렴하는 경향이 확인되었으며, 계측 데이터를 CA(Crank Angle)°로 변환하여 RPM-BTDC 관계를 분석해 3차 다항식 회귀 모델($y = -0.054x^3 + 0.6451x^2 + 4.0021x - 4.7576$)을 도출하였다. 이를 기반으로 LabVIEW 환경에서 Hall Sensor 신호 필터링, RPM 산출, BTDC 각도 계산, 점화 지연 시간 출력의 순차적 처리 구조를 갖춘 실시간 점화 시기 제어 알고리즘을 구현하였다.

본 연구에서 개발된 점화 시기 제어 알고리즘은 기존 독립형 마이크로컨트롤러 기반 엔진 제어 유닛을 소형 비행체 동체 제어 유닛(FCU)으로 통합하는 것을 가능하게 한다. 이로써 카메라·레이다 등 다양한 센서 데이터와의 병렬 처리를 통해 엔진 제어와 동체 제어를 단일 유닛에서 실시간으로 수행할 수 있는 통합 제어 아키텍처 구현에 기여할 것으로 기대된다.

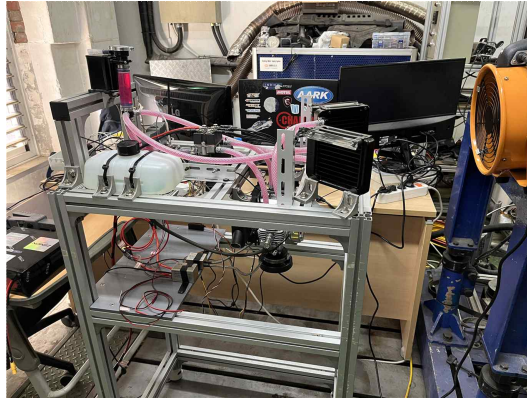


Fig1. Engine Test Bench 사진

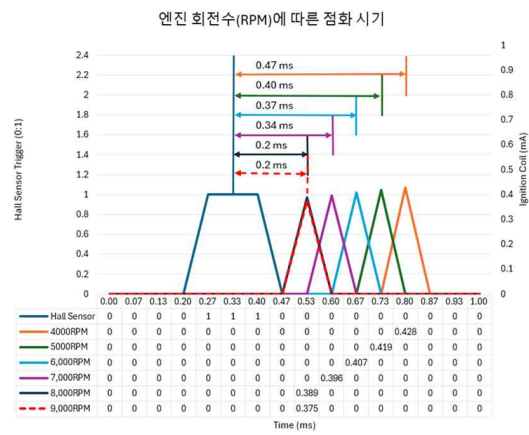


Fig2. 엔진 회전수(RPM)에 따른 점화 시기(ms)

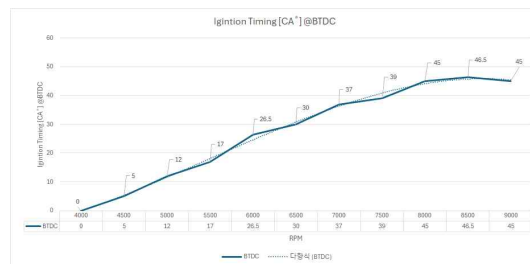


Fig3. 엔진 회전수(RPM)에 따른 점화 시기(BTDC, CA°)

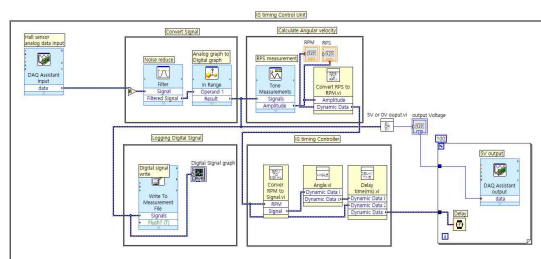


Fig4. 점화 시기 제어 알고리즘(Labview)