

# BLDC 모터를 이용한 고기동 추력기용 밸브 구동장치 제어기 개발

이정운\* · 장희진\* · 박치형\* · 박상준\*† · 장기원\*

## Development of BLDC Motor Valve Actuator Controller for Rapid Maneuvering Thruster

Jungun Lee\* · Heejin Jang\* · Chihyoung Park\* · Sangjoon Park\*† · Kiwon Jang\*

### ABSTRACT

We developed a valve actuator controller for thruster system. This thruster system has four actuators and the actuator use a BLDC motor. Controller was made based on system and control requirement. The controller is consist of power, control and Amp. The control module use a micro-controller which is TMS320F28335 of Texas Instruments. It works for digital PID control and CAN communication and system control. The amp module for three phase BLDC motor use IGBT.

### 초 록

추력기 시스템에 적용되는 밸브 구동장치용 제어기를 개발하였다. 추력기 시스템은 총 4개의 구동장치로 구성되어 있으며, 구동장치는 BLDC 모터를 적용하였다. 제어기는 구동장치 운용 조건과 제어 요건을 고려하여 설계 및 제작 되었다. 제어기 구성은 전원부, 제어부, 증폭부의 3부분으로 구성된다. 제어부의 Micro-controller는 TI社의 TMS320F28335를 사용하여 Digital PID 제어 및 CAN 통신을 구현 하였다. 증폭부는 IGBT를 사용하여 3상 BLDC 모터의 구동을 수행 하였다.

Key Words: Controller(제어기), BLDC Motor, Thruster(추력기), Actuator(구동장치), TMS320F28335, Valve, CAN

### 1. 서 론

유도탄과 같은 비행체의 자세제어를 위하여 가장 많이 이용되는 방법은 공력을 이용한 날개

를 이용한 방법이다. 그러나 유도탄의 초기 발사 시와 같이 비행체의 속도가 낮은 경우 공력을 이용한 자세제어는 초기 선회에 필요한 시간이 길어지게 되는 결과를 가져온다. 따라서 초기 선회에 소요되는 시간을 단축하기 위하여 측추력장치와 같은 방법이 적용되고 있다.

본 논문에서는 초기 선회를 위해 비행체의 전

\* (주)한화 항공우주/기계연구소

† 교신저자, E-mail: sjparksj@hanwha.co.kr

반부에 가스를 발생시키는 가스발생기와 가스발생기의 가스를 이용하여 비행체의 자세를 제어하는 추력기를 배치하고, 추력기에서 생성/제어하는 추력으로 비행체의 자세를 제어하는 방법을 적용하고 있다. 따라서 가스를 원하는 방향으로 배출하기 위한 밸브 구동장치 및 제어기를 개발할 필요가 있다.

본 논문은 위와 같은 추력 시스템을 위하여 BLDC 모터를 적용한 구동장치 제어기 개발 논문으로서 제어기는 4개의 구동장치를 이용하여 각각의 밸브에 대한 독립 제어를 수행한다. 각각의 밸브는 추력을 발생시키기 위한 가스가 이동되는 유로에 배치되며 유로와 연결되는 밸브의 위치를 각도로 제어하여 유로의 면적을 제어하며 추력 가스를 노즐로 전달한다. 전달된 추력 가스는 밸브의 각도에 따라 유량이 변동되어 추력을 발생시킨다.

이러한 밸브 시스템의 개념도는 Fig. 1과 같다.

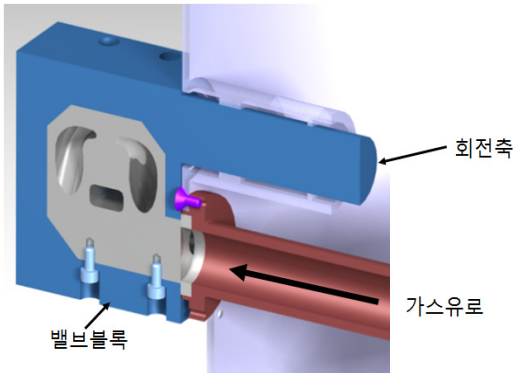


Fig. 1 Valve System

시스템의 개발을 위하여 주요 구동원으로서 BLDC 모터를 선정하였으며 BLDC 모터를 구동하는 4축 구동장치 제어기를 개발 하였다.

## 2. 본 론

본 논문에서 개발한 구동장치 제어기의 H/

W 설계 요구 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Design Requirements

구분	조건
적용 모터형식	BLDC
제어 전원	28 VDC
구동 전원	48 VDC
제어 대상 구동장치 수	4 EA
부하조건	9.3 Nm
최대각속도	500 °/sec

제어기 H/W 구성도는 Fig. 2와 같다.

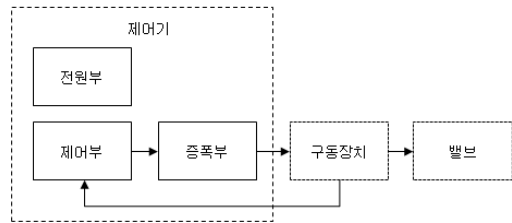


Fig. 2 Controller Block Diagram

구성도에 따른 제어기 H/W는 총 3가지 모듈 전원부, 제어부, 증폭부로 나눌 수 있으며, 각 모듈은 효율적인 디버깅과 조립성을 고려하여 카드식 형태로 설계, 제작 하였다. 또한 진동에 대한 안정성을 확보하기 위해 각 모듈들마다 PCB 용 리테이너를 장착하여 진동에 강인할 수 있도록 하였다. 제작된 각 모듈별 주요 기능을 살펴보면 다음과 같다.

전원부 : 제어부, 증폭부의 전원 생성 및 공급

제어부 : 제어 알고리즘 연산, BLDC 모터 위치 지령, 피드백 및 명령 신호 계측

증폭부 : BLDC 모터 전원 및 상신호 공급

### 2.1. 전원부

제어기가 BLDC 모터를 구동하여 추력 밸브를 안정적으로 제어하기 위해서는 제어기 주요 모듈에 안정적인 전원을 생성/공급해야 한다. 만약 제어기 내부에 공급되는 전원이 불규칙하고 불안정하다면 안정적인 제어를 하지 못할뿐 아니라 제어기에 큰 손상을 입힐 수도 있다. 본 논문

에서는 제어기 전원부를 크게 제어부 전원부와 증폭부 전원부로 구성하여 설계하였다. 전원부를 2가지로 나눈 목적은 각 주요 모듈에 안정적인 전원을 공급하여 제어의 안정성을 돕기 위해서이다. 또한 발열이 많이 일어나는 소자들은 방열판을 적용해 열 손실을 최소화 하도록 설계하였다. 뿐만 아니라 각 모듈별 그라운드를 분리 구성하여, 모듈별 전원 간섭 및 Noise를 최소화 하도록 설계, 제작하였다. 제작된 전원보드 형상은 Fig. 3과 같다.



Fig. 3 Power Board

## 2.2 제어부

제어부는 제어알고리즘 연산, 피드백 신호 측정/분석, BLDC 모터 위치지령 생성/공급, 시험/점검장비와의 양방향 데이터 통신 역할을 하고 있다. 따라서, 고속 제어알고리즘 연산과 BLDC Motor 제어에 우수한 Micro-controller를 선정/적용하는 것이 우선시 되어야 한다. 본 개발에서는 고속 연산이 우수하고, BLDC Motor 제어에 적합한 TI社의 TMS320F28335를 적용하였다. 적용된 Micro-controller는 명령처리 속도가 150MIPS(Million Instruction Per Second)까지 가능하며, 향상된 FPU(Floating-Point Unit)을 내장하고 있어 부동소수점 연산 처리도 가능하게 한다. 또한 12Bit ADC, CAN, EPWM등의 기능들을 내장하고 있어, 본 개발품에 가장 적합한 Micro-controller라 할 수 있다. Micro-controller에는 속도, 전류, 위치 제어 알고리즘이 탑재되고, 알고리즘 연산을 통해 Motor에 위치 지령을 전달하게 된다. 또한 외부 시험/점검장비와의 통신을

통해 구동 명령 및 제어기의 상태를 양방향 데이터로 주고 받게 된다. Micro-controller 하나당 2개의 구동장치를 각각 제어하도록 설계 하였으며 4개의 구동장치를 제어하기 위하여 동일한 형상의 제어 보드를 2개 제작하여 제어부를 구성 하였다. BLDC모터를 구동하기위한 센서로는 Hall Sensor가 적용 되었으며 외부 위치 신호는 별도의 Analog-to-Digital Converter를 이용하였다. 구동 제어에 많이 사용되는 제어기는 P, PI, PID, 지진상 제어기 등이 있다[1]. 본 개발에서는 PID제어기를 적용 하였다. 상위 제어기와와의 통신은 Analog 및 Digital의 두가지 방법으로 설계 하였으며 Digital 통신의 경우 CAN2.0A를 적용 하였다. 제작된 제어보드 형상은 Fig. 4와 같다.



Fig. 4 Control Board

## 2.3 증폭부

본 개발에 적용된 BLDC 모터는 요구되는 구동토크를 발생시키기 위하여 20Amp의 전류를 필요로 한다. 따라서 증폭부는 필요한 전류를 공급하는데 충분한 IGBT소자를 선정하여 설계 하였으며 3상 구동을 위하여 6개의 IGBT를 Boot strap 방식으로 제어 하였다. 각각의 IGBT는 동작시 발생하는 열을 배출하기 위하여 방열판을 적용 하였으며 하나의 구동 보드에 2개의 IGBT를 배치하여 2개의 구동장치를 구동하도록 하였고 제어부와 마찬가지로 동일한 2개의 보드를 이용하여 증폭부를 구성 하였다. 부하상태에서 정밀한 위치제어를 실현하기 위해서는 높은 정적/동적 강성이 요구된다[1]. 따라서 본 개발에서는 전류제어를 위한 전류센서를 적용하였고,

전류센서는 전류제어 뿐만 아니라 과도한 전류에 의한 제어기의 파손을 막기 위한 보호 기능도 수행하도록 설계 하였다. 제작된 구동 보드 형상은 Fig. 5와 같다.

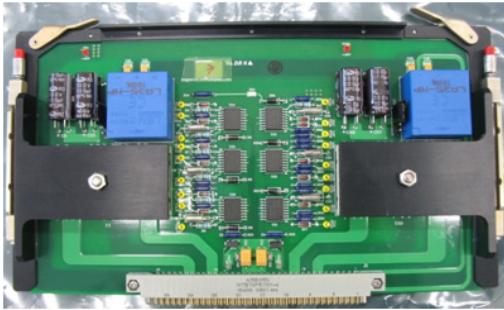


Fig. 5 Driver Board

각 보드 및 하우징을 통합하여 조립된 제어기 형상은 Fig. 6과 같다.



Fig. 6 Controller

### 3. 결 론

본 논문에서는 추력 가스를 이용한 추력기 시스템에 적용하기 위한 밸브 제어기를 설계/개발 하였다. 시스템 요구조건에 따라 제어 조건을 도출하고 이 결과에 따라 제어기의 회로 설계를 수행하고 형상을 설계하였다. 현재 제작된 제어기는 별도로 개발된 점검장비를 이용하여 동작 시험 및 무부하 시험 중에 있다.

향후에는 부하시험 실시 및 실제 시험 결과에 따른 제어 파라미터를 도출하여 전산 해석결과와 비교하고 성능 평가를 하고자 한다.

### 참 고 문 헌

1. 박치형, 서민호, 이상문, 이종철, 김치봉, “유도형 로켓 구동제어기 개발” 지상무기체계 발전 세미나, 제14회