

브러시리스 직류모터 방식 EMDP의 구동을 위한 제어시스템 설계

이희중*, 박문수**, 민병주***, 최형돈****

Design of Control System to Drive EMDP(Electric Motor Driven Pump) using Brushless DC Motor

Hee-Joong Lee*, Moon-Su Park**, Byeong-Joo Min***, Hyung-Don Choi****

Abstract

In KSLV-I, actuation system for thrust vector control of kick motor was configured as electro-hydraulic servo actuation system and consisted of actuators, hydraulic power supply system, hydraulic power distribution system and control system. In case of hydraulic power supply system, we use EMDP(Electric Motor Driven Pump) to supply hydraulic power. Generally, we use brushed DC motor for EMDP but it is not easy to operate EMDP using brushed DC motor at a high altitude. Hence, we are developing EMDP using brushless DC motor to use at a high altitude. In this study, we will explain control system for BLDC motor to drive hydraulic pump.

초 록

KSLV-I의 킥모터의 추력벡터제어용 구동장치 시스템은 전기-유압식 서보 구동장치 형상으로 설계되었으며 가동노즐을 구동하는 구동장치, 유압동력을 생성하는 유압동력 생성장치, 유압동력을 구동장치에 전달해 주는 유압동력분배장치와 관성항법장치에서 입력되는 제어신호에 따라 구동장치를 제어하는 제어장치 등으로 구성되어 있다. 그중에서 유압동력을 생성하는 장치는 전기모터를 이용하여 유압펌프를 구동하는 EMDP(Electric Motor Driven Pump) 방식을 채택하고 있다. 일반적으로 전기모터는 구동이 편리한 브러시 방식의 직류모터(BDC 모터)를 사용하는데 일정 고도이상에서는 사용이 용이하지 않다. 그래서 고고도에서 사용하기 위해 브러시없는 직류모터(BLDC 모터)를 이용하여 유압펌프를 구동하는 시스템을 개발하고 있다. 본 논문에서는 브러시없는 직류모터를 구동하기 위한 제어기 설계에 대하여 자세히 설명하고자 한다.

키워드 : KSLV-I, 추력벡터제어(TVC), 전기유압식(electro-hydraulic), 작동기(actuator), 브러시없는 직류모터(brushless DC motor), EMDP, 고진공(high-degree Vacuum)

* 제어그룹/heejee@kari.re.kr

** 제어그룹/mspark@kari.re.kr

*** 제어그룹/bjmin@kari.re.kr

**** 제어그룹/hdchoi@kari.re.kr

1. 서 론

KSLV-I의 키크모터의 추력벡터제어는 키크모터에 연결된 movable 노즐을 움직여 추력의 방향을 변화시키는 방식으로 구현되며 movable 노즐의 운동은 구동장치와 flexseal joint에 의해 이루어진다. 추력벡터제어용 구동장치 시스템은 전기-유압식 서보 구동장치 형상으로 설계되었으며 movable 노즐을 구동하는 구동장치, 유압동력을 생성하는 유압동력 생성장치, 유압동력을 구동장치에 전달해 주는 유압동력분배장치와 관성항법장치에서 입력되는 제어신호에 따라 구동장치를 제어하는 제어장치 등으로 구성되어 있다.

그중에서 유압동력을 생성하는 장치는 전기모터를 이용하여 유압펌프를 구동하는 EMDP (Electric Motor Driven Pump) 방식을 채택하고 있다. 일반적으로 전기모터는 구동이 편리한 브러시 방식의 직류모터(BDC 모터)를 사용하는데 일정 고도이상에서는 사용이 용이하지 않다. 그래서 고고도에서 사용하기 위해 브러시 없는 직류모터(BLDC 모터)를 이용하여 유압펌프를 구동하는 시스템을 개발하고 있다.

따라서 본 논문에서는 브러시 없는 직류모터를 구동하기 위한 제어기 설계에 대하여 자세히 설명하고자 한다.

2. 본 론

2.1 개요

3상 BLDC 모터는 구조가 교류 동기 전동기의 구조와 유사하다. 회전자는 영구자석으로 이루어져 있고 고정자 철심에는 권선이 감겨져 있으며 이 권선을 통하여 3상 전류가 공급된다. 영구자석으로 이루어진 회전자가 ω 의 속도로 회전하면서 자속을 발생시키고 이 자속이 고정자 권선에 흐르는 전류를 끊어줌으로써 암페어의 법칙에 의해 고정자와 회전자 사이에 회전력이 발생된다. 전류의 스위칭은 DC 전압을 회전자의 속도에 해당하는 주파수로 3상 전압으로 스위칭하는

인버터에 의해서 이루어지며 인버터를 스위칭하는 논리회로는 홀센서에 의해 결정된다.

BLDC 모터의 동적 방정식을 유도하기 위해 다음과 같은 가정을 한다.

- (1) 전동기가 선형영역에서 동작하고 히스테리시스 손실은 무시된다.
- (2) 회전자와 고정자 사이의 공극은 회전자의 반경에 비해 일정하다.
- (3) 각 상간의 상호인덕턴스는 회전자의 위치에 관계없이 일정하다.

BLDC 모터를 수학적을 모델링하면 다음과 같다. 먼저 Faraday 의 법칙에 의하면 상 전압 방정식은 다음과 같다.

$$v_k = r_k i_k + \frac{d\lambda_k}{dt}, \quad k=1, 2, 3 \quad (1)$$

여기서 v_k 는 각 상에 입력되는 전압을, i_k, r_k, λ_k 는 각각 상전류, 상저항, 자속 쇄교수를 나타낸다. 한상에 쇄교되는 자속은 그 상에 흐르는 전류에 의해서 발생하는 자속, 다른 상 전류에 의해 쇄교되는 자속, 그리고 영구자석으로 된 회전자에 의해 쇄교되는 자속으로 구분할 수 있고 전동기가 선형 영역에서 동작한다는 가정 (1)에 의하면 자속 쇄교수 λ_k 다음 식과 같이 쓸 수 있다.

$$\lambda_k = \sum_{j=1}^3 L_{jk} i_j + \lambda_{mk}, \quad k=1, 2, 3 \quad (2)$$

여기서 L_{jk} : 상 j 와 k 사이의 상호 인덕턴스

L_{kk} : 자기 인덕턴스

λ_{mk} : 회전자와 상 k 사이의 자속쇄교수

식 (2)를 식 (1)에 대입하면

$$v_k = r_k i_k + \sum_{j=1}^3 L_{jk} \frac{di_j}{dt} + \frac{d\lambda_{mk}}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}, \quad k=1, 2, 3 \quad (3)$$

식 (3)에서 우변의 마지막 항은 전동기의 역기 전압에 해당하고 회전자에 의해서 고정자 상에

쇄교되는 자속의 회전자 위치에 대한 미분값과 회전자 속도와의 곱으로 나타난다. 따라서 고속 상태인 경우 값이 큰 역기전압이 전동기에 인가 되는 전압 대부분을 상쇄시키므로 일정크기의 전류를 흘려주기가 어렵게 되고 그에 따라 원하는 토크를 발생시키지 못한다.

가정 (3)에 의하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} r_k &= R, & k &= 1, 2, 3 \\ L_{jk} &= M, & j &\neq k \\ L_{kk} &= L_s, & k &= 1, 2, 3 \\ \frac{d\theta}{dt} &= w, & L_s - M &= L \end{aligned} \quad (4)$$

회전자에 의해서 고정자 상에 쇄교되는 자속의 θ 에 대한 미분값은 전동기 고유의 함수가 되고 각 상은 서로 $\frac{2\pi}{3}$ 만큼의 위상차가 있으므로 식 (5)와 같이 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda_{m1}(\theta)}{d\theta} &\equiv K_e g(\theta) \\ \frac{d\lambda_{m2}(\theta)}{d\theta} &\equiv K_e g(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{d\lambda_{m3}(\theta)}{d\theta} &\equiv K_e g(\theta + \frac{2\pi}{3}) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 K_e 는 역기전력 상수를 표시하며 함수 g 는 역기전력 형태를 나타내는 진폭이 1인 함수로서

$$g(\theta + 2\pi) = g(\theta), \quad \forall \theta \in R \quad (6)$$

을 만족하며 전동기 구조 및 자속분포에 의해 결정되는데 정현파 형태, 사다리꼴 형태, 그리고 정현파와 유사한 형태(Qusai-sinusoidal form) 등 여러 가지 형태를 가질 수 있다. 그리고 3상이 Y 결선 형태로 연결되므로 3상 전류합은 제로가 된다.

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (7)$$

식 (3) ~ (7)에 의해 BLDC 모터의 동적 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L \dot{i}_1 &= -R i_1 - K_e g(\theta) w + v_1 \\ L \dot{i}_2 &= -R i_2 - K_e g(\theta - \frac{2\pi}{3}) w + v_2 \\ L \dot{i}_3 &= -R i_3 - K_e g(\theta + \frac{2\pi}{3}) w + v_3 \end{aligned} \quad (8)$$

한 상에 의해 발생되는 토크를 계산하기 위하여 Coenergy 개념을 도입하여 계산하면 다음과 같다.

$$T_k = i_k \frac{d\lambda_{mk}}{d\theta} \quad (9)$$

따라서 전체 발생 토크 T_e 는 T_1, T_2, T_3 의 합이므로 식 (5)와 식 (9)에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} T_e &= T_1 + T_2 + T_3 \\ &= K_t g(\theta) i_1 + K_t g(\theta - \frac{2\pi}{3}) i_2 + K_t g(\theta + \frac{2\pi}{3}) i_3 \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 K_t 는 토크상수를 나타내며 $K_t = K_e$ 로 설정하였다.

따라서 원하는 토크를 발생시키기 위해서는 $g(\theta)$ 의 형태에 따라 적당한 전류명령을 구하고 실제 전류는 식 (8)에 나타난 동적 방정식에 의하여 지배받기 때문에 상 전압을 조절하여 실제 전류가 전류 명령을 추종하게 만들어야 한다. 그리고 식 (10)에서 보면 발생 토크가 θ 에 대한 함수로 나타나는데 θ 에 무관한 발생토크를 얻으려면 전류 명령 또한 θ 에 대한 함수가 되어야 한다.

기계적인 부분의 동적방정식은 식 (11)과 같고 J, B 는 각각 전동기의 관성 모멘트, 마찰계수에 해당한다. 또한 T_L 은 부하토크를 표시한다.

$$J \frac{dw}{dt} + B w + T_L = T_e \quad (11)$$

식 (8), (10), (11)을 토대로 BLDC 모터의 수학적 모델을 그려보면 그림 1과 같다.

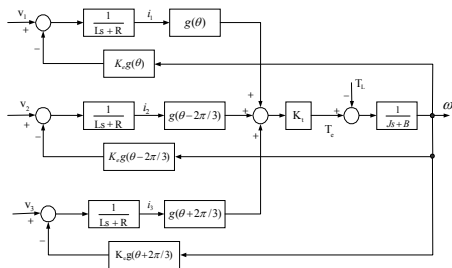


그림 1. BLDC 모터의 수학적 모델

지금까지 BLDC 모터의 특성과 수학적 모델에 대해 살펴보았다. 유압펌프를 부하의 변화에 관계없이 정속으로 구동하기 위해서는 BLDC 모터가 정속으로 구동하도록 속도제어를 해야 한다. 따라서 BLDC 모터의 정속 구동을 위한 제어시스템을 구성하면 그림 2와 같은 속도제어 시스템의 형태를 가지게 된다. 속도제어 시스템에는 그림에 설명된 것처럼 속도제어기, 토크제어기, 전류제어기를 포함하게 된다. 이 중에서 모터 구동시 성능에 중요한 영향을 미치는 것은 토크 제어기와 전류제어기로 BLDC 모터의 역기전력이 사다리꼴 형태를 가지기 때문에 발생하는 토크리플을 최소화할 수 있도록 제어기를 구성하는 것이 BLDC 모터의 속도제어 성능을 향상하는 방법이 될 것이다.

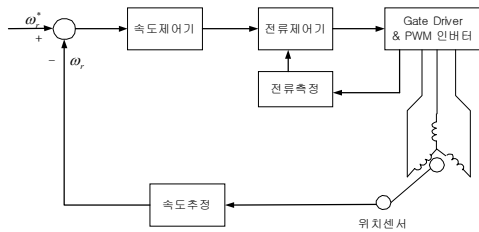


그림 2. BLDC 모터 속도제어 시스템의 블록선도

2.2 BLDC 모터 구동제어기

현재 개발하는 BLDC 모터 구동 제어기는 BLDC 모터가 가변용량형 유압펌프를 부하의 변화에 관계없이 정속으로 구동하는 구동회로 개발 및 장기간의 지상시험에 사용할 목적으로 개발되

고 있다. 제어기의 구조를 보면 아날로그 방식의 제어기로 크게 전원부, 제어회로부, 모터 구동부로 나뉜다. 전원공급부는 직류전원 공급장치에서 전원을 공급받으며 제어기와 모터에 전원을 공급하는 역할을 한다. 제어회로부는 센서신호입력을 처리하고 제어연산을 수행하여 인버터의 각 상에 연결된 스위칭 소자들을 각각 ON/OFF 시키기 위한 스위칭 신호를 발생하는 회로 등으로 구성되어 있으며 모터 구동부는 제어회로부의 스위칭 신호에 따라 Gate를 구동하고 deadtime을 발생시키기 위한 스위칭지연회로, 모터의 각 상에 전류를 공급하는 스위칭 소자와 상전류를 검출하는 회로 등으로 구성되어 있으며 인버터는 각 상에 전류를 충분히 흘려줄 수 있도록 하이브리드 소자를 이용하여 구성하였다.

표 1. 모터 구동 제어기의 부분별 구성

항 목	구 성
전원공급부	- DC/DC Converter - Voltage Regulator
제어회로부	- 제어연산회로 - 센서신호 처리회로 - 스위칭소자의 ON/OFF 제어 신호 생성회로
모터구동부	- Gate 구동 및 스위칭 지연 회로 - 인버터회로 - 전류검출회로

표 2. 모터 구동 제어기의 부분별 기능

항 목	기 능
전원공급부	- 제어회로부와 모터구동부에 전원공급
제어회로부	- 제어 알고리즘 수행 - 센서 입력신호 처리 - 스위칭소자의 ON/OFF 제어 신호 생성
모터구동부	- Gate 구동 및 스위칭 지연시간 생성 - 모터의 각 상에 전류공급 - 전류 검출

표 1에 모터 구동 제어기의 부분별 구성을 정리하였고 표 2에 각각의 기능을 정리하였다.

2.2.1 BLDC 모터 사양

유압펌프를 구동하기 위한 BLDC 모터의 사양은 다음의 표와 같다.

표 3. BLDC 모터 사양

항 목	사 양
Rated Voltage	260VDC
Rated Current	16.3A
Rated Velocity	6700RPM
Torque Constant	0.342Nm/A
Back EMF Constant	0.342V/rd/s
Stator Resistance	0.45Ω at 20℃
Stator Inductance	1mH
Rotor Inertia	5000gcm ²
Torque	0.15Nm

2.2.2 전원공급부

제어기는 외부에서 전원을 공급받아 제어기 운용과 모터 구동에 필요한 전원을 생성하여 공급한다. 외부에서 공급받는 전원은 260VDC와 28VDC인데 260VDC는 모터구동을 위한 전원공급에 사용되며 28VDC는 제어기 운용에 사용된다. 260VDC는 모터구동용 하이브리드 소자에 전원을 공급하고 이 소자를 통해 모터의 각 상에 전류를 공급하게 된다. 그리고 260VDC 전원의 양단에는 필터링을 위한 capacitor 외에도 모터 구동시 PWM 스위칭으로 인해 발생하는 과도한 전류 리플 등으로부터 회로를 보호하고 안정적으로 전원을 공급할 수 있도록 ESR(Equivalent Series Resistance)이 작고 높은 전류 리플에도 견딜 수 있으며 내전압이 높은 대용량의 평활용 capacitor를 사용한다. 하이브리드 소자의 datasheet에서 추천하는 capacitor는 2200uF/450VDC 이지만 부품수급의 문제와 장착공간의

여유 등을 고려하여 용량이 100uF/400VDC 인 알루미늄 전해 콘덴서 10개를 병렬로 연결하도록 설계했으며 추후 실험을 통해서 용량을 줄일 예정이다.

28VDC 전원은 제어기 운용에 필요한 +15V, -15V, +5V를 만들기 위한 DC/DC 컨버터의 입력전원으로 사용된다. 그 회로는 그림 3에 나타나 있다.

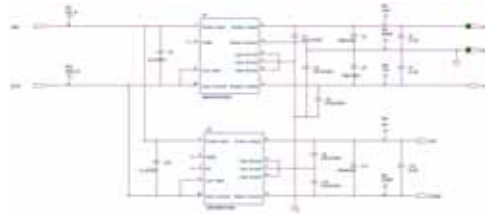


그림 3. 제어기 전원회로

2.2.3 제어회로부

제어회로부의 구성을 세부적으로 살펴보면 BLDC 모터 제어용 소자를 사용한 제어회로, 모터의 정속구동을 위한 속도제어회로, 모터의 각 상에 흐르는 전류를 제어하기 위한 전류제어회로, 인버터 구동을 위한 PWM 제어회로, 모터의 속도를 추정하는 속도검출회로, 제어기의 상태를 점검할 수 있도록 모니터 신호회로 등으로 구성 되어있다.

2.2.3.1 BLDC 모터 제어용 소자

BLDC 모터의 정속구동을 위해서 BLDC 모터 제어용 소자인 UC2625를 기본으로 하여 제어회로를 구성하였다. UC2625는 PWM 신호를 발생하고 모터 회전자의 위치신호를 이용하여 인버터 내의 스위칭 소자를 ON/OFF하는 제어신호를 생성하는 등의 역할을 한다. UC2625의 특징을 간략히 살펴보면 다음과 같다. 그림 4는 UC2625의 주변회로도이다.

- Drives Power MOSFETs or Power Darlingtons Directly

- 50V Open Collector High-Side Drivers
- Latched Soft Start
- High-speed Current-Sense Amplifier with Ideal Diode
- Pulse-by-Pulse and Average Current Sensing
- Over-Voltage and Under-Voltage Protection
- Direction Latch for Safe Direction Reversal
- Tachometer
- Trimmed Reference Source 30mA
- Programmable Cross-Conduction Protection
- Two-Quadrant and Four-Quadrant Operation
- Fixed-frequency PWM motor control in either voltage or current mode

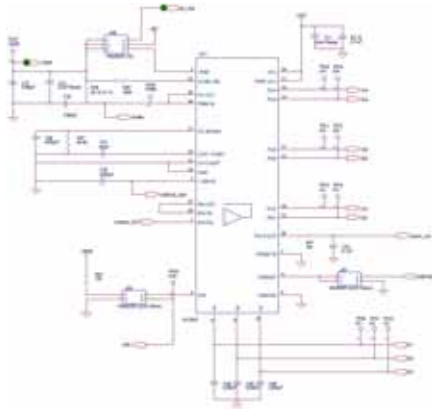


그림 4. BLDC 모터 제어용 소자 및 주변회로

2.2.3.2 속도 및 전류제어회로

BLDC 모터를 일정한 속도로 구동하기 위해 속도제어를 수행하는데 제어기법은 일반적인 시스템에 많이 사용하는 고전적인 제어기법인 PI 제어를 사용하며 그림 5와 같은 회로로 구현된다. 속도 궤환은 UC2625의 tachometer에서 출력되는 신호를 필터링하여 사용한다. 전류제어회로는 P 제어만을 사용한다. 전류 제어회로는 그림 6과 같은 형태로 구현된다. 전류궤환은 일반적으로 peak current control 방식을 많이 사용하는데

이 방법은 노이즈에 취약하고 듀티비가 50%가 넘는 경우 스위칭 주파수에서 subharmonic oscillation 이 발생하기 쉽다. 따라서 이러한 문제들을 방지하기 위해 본 제어기에서는 UC2625의 절대치 회로를 이용하여 average current feedback 방식을 사용한다.

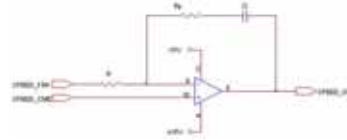


그림 5. 속도제어용 PI controller 회로

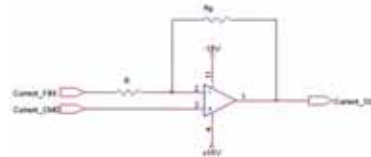


그림 6. 전류제어용 P controller 회로

2.2.3.3 속도검출회로

BLDC 모터의 속도제어를 위해서는 회전자의 위상을 검출하여야 한다. 위상 검출기로는 리졸버, 홀센서, 절대치 엔코더 등이 있는데 리졸버는 내 환경성이 우수하고 구조가 간단한 장점이 있으나 고정자 권선에 여자신호를 인가하여야 하므로 하드웨어가 조금 복잡해지는 단점이 있다. 홀센서는 120도 위상차를 가진 3상 구형파 신호를 출력하여 고 정밀도 제어에는 부적당하다. 절대치 엔코더는 위상정보를 디지털 신호로 직접 출력하며 회전속도에 비례하여 디지털 출력신호의 주파수가 변하므로 디지털 제어기를 설계할 때 사용이 용이하다. 현재 설계하고 있는 제어기의 경우 제어정밀성이 그다지 크게 요구되지 않기 때문에 사용이 간단한 홀센서를 이용한다. 홀센서는 모터가 회전시에 120도의 위상차를 가지는 3상 구형파를 출력하는데 이것을 UC2625에 있는 tachometer를 이용하면 모터의 회전속도에 비례하는 아날로그 신호를 얻게 된다. 그러나 홀센서

의 경우 온도조건이 취약하기 때문에 본 제어기에서는 리졸버도 사용가능하도록 회로를 설계하였다. 추후에 제어기의 성능시험과 환경시험을 통하여 홀센서와 리졸버 중에서 적합한 센서를 선택할 예정이다.

2.2.3.4 PWM 제어회로

UC2625는 고정주파수 방식의 PWM 제어를 사용하여 모터의 전류를 제어할 수 있다. PWM 제어는 펄스폭 변조(Pulse Width Modulation)를 통해 모터에 인가되는 전압을 변화시키는 방식으로 일정주기 동안 펄스폭을 변화시켜 모터에 걸리는 평균전압을 변화시킨다. 모터 구동전원을 펄스의 듀티비에 따라 ON/OFF 하기 때문에 듀티비를 달리하면 모터에 인가되는 평균전압이 변하게 되는 것이다. PWM 신호의 주파수는 UC2625의 외부에 연결되는 저항과 capacitor의 값을 달리함으로써 변경할 수 있는데 최대 주파수는 500kHz를 넘어서는 안된다. 현재 설계중인 회로에서는 PWM 주파수를 8kHz로 선정하였다.

2.2.3.5 모니터 신호 회로

제어기를 이용하여 BLDC 모터를 구동할 때 시스템의 현재상태, 정상작동 여부 등을 알아볼 수 있도록 제어기와 모터의 운용과 관련된 중요 신호들을 버퍼와 필터를 거쳐서 제어콘솔로 전송한다. 버퍼 회로는 그림 7과 같다. 모니터에 사용되는 신호들은 제어기 운용에 필요한 각종 전원 신호와 모터 구동과 관련된 신호인 모터 회전속도, 상전류, 상전압 등이다.

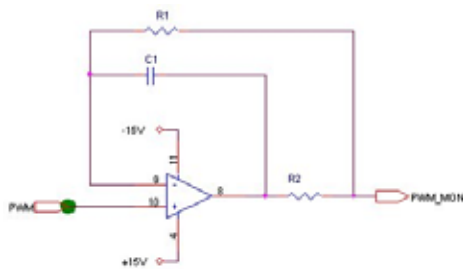


그림 7. 모니터 신호용 버퍼회로

2.2.4 모터구동부

모터구동부는 제어회로부의 스위칭 신호에 따라 Gate를 구동하는 게이트 구동회로, deadtime을 발생시키기 위한 스위칭 지연회로, 모터의 각 상에 전류를 공급하는 인버터회로와 상전류를 검출하는 회로 등으로 구성되어 있으며 인버터는 각 상에 전류를 충분히 흘려줄 수 있도록 하이브리드 소자를 이용하여 구성하였다.

2.2.4.1 Deadtime 생성 회로

모터 구동을 위해 인버터내의 각각의 트랜지스터들이 BLDC 모터 제어기의 스위칭 신호에 따라 ON 또는 OFF 될 때 현재 ON 상태인 트랜지스터들이 작동을 멈추기 전에 다음 단계의 트랜지스터들이 ON 상태로 될 경우 전원 공급단이 단락돼서 순간적으로 상당히 많은 양의 전류가 흘러 제어기에 손상을 줄 수 있다. 이러한 현상을 막기 위해서 트랜지스터를 스위칭 하는 입력신호에 propagation delay를 주는 Deadtime 생성회로를 추가하였다. 스위칭 지연 시간은 모터 구동용 하이브리드 소자의 외부에 연결된 저항과 capacitor의 값을 변경하여 원하는 시간을 설정할 수 있다.

2.2.4.2 전류검출 회로

전류 검출회로는 모터의 구동전류를 측정하여 전류제어를 위한 궤환 신호를 생성하기 위한 것으로 모터 구동용 하이브리드 소자에 내장된 0.01Ω의 저항을 이용하여 측정한다. 따라서 측정된 전류는 10mV/1A의 레벨을 가지는 전압신호로 바뀌게 된다.

2.2.4.3 인버터 회로

현재 제어기에서는 모터의 각 상에 전원을 공급하기 위한 인버터 회로에 M.S.Kennedy사의 MSK 4358이라는 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistors), Free Wheeling Fast Recovery

Diode, Gate 구동회로가 내장된 3상 모터 구동용 하이브리드 소자를 사용한다. MSK 4358의 특징은 다음과 같다.

- 500V, 25Amp Capability at 110°C
- Fully Isolated Bridge
- Ultra Low Thermal Resistance
- Integral Free Wheeling Fast Recovery Diode
- Self-Contained, Smart Lowside/Highside Drive Circuitry and Isolated Supply
- Adjustable Deadtime
- Capable of Switching Frequencies to 20kHz

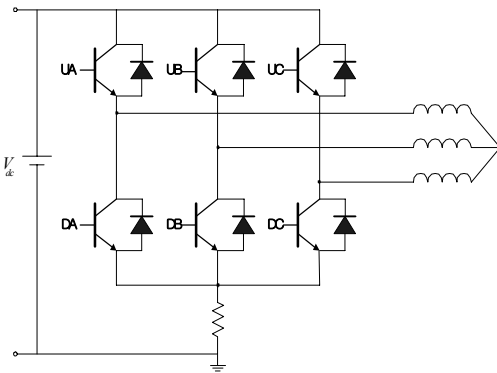


그림 8. 인버터 회로

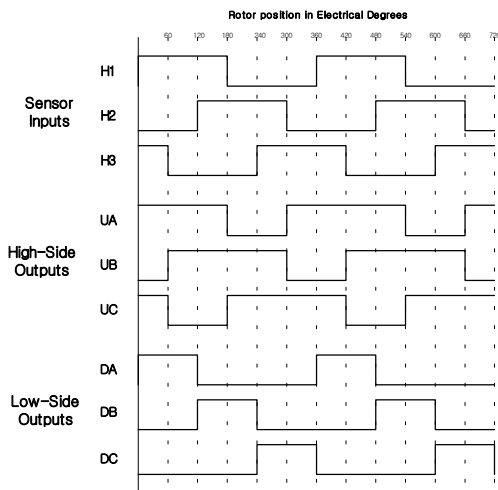


그림 9. 위치센서 신호 및 인버터 스위칭 신호

모터의 구동을 위한 인버터는 그림 8과 같은 형태로 구성되어 있다. 위, 아래에 있는 3개씩의 스위칭 소자중에서 각각 1개씩이 동시에 동작을 하여 모터에 전류를 공급하고 하단에 있는 저항을 통해 전류를 측정하게 된다. 인버터 내의 스위칭 소자인 6개의 IGBT의 ON/OFF를 제어하기 위한 신호는 모터제어용 소자인 UC2625에서 출력되는데 회전자의 위치센서와 연계하여 인버터를 스위칭하는 순서가 그림 9에 잘 나타나있다.

그리고 모터의 상전류가 스위칭함으로써 생기는 노이즈에 의한 영향을 최소화하기 위해 인버터와 나머지 회로는 전기적으로 전원이 분리되어 있다.

2.3 제어콘솔

제어콘솔은 BLDC 모터를 구동하기 위해 제어기를 운용할 때 제어기에 28V의 전원을 공급하고 제어기와 모터의 현재상태, 정상작동 여부를 알아볼 수 있도록 하기 위한 장비이다. 그림 10은 제어콘솔의 회로도로서 모터 구동시험시에 모니터링 신호들이 자세히 나와있다.

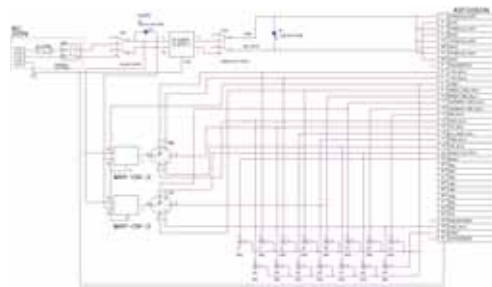


그림 10. 제어콘솔 회로도

3. 결 론

지금까지 고체모터의 추력벡터제어를 위한 전 기유압식 구동장치 시스템에 유압을 공급하는 EMDP에 사용되는 BLDC 모터를 정속제어하기 위해 설계된 제어시스템에 대하여 설명하였다. 현재 BLDC 모터용 제어기는 설계가 완료되어

제작이 진행되고 있다. 따라서 제어기 제작이 완료된 후 실제로 모터와의 많은 연계시험을 통하여 모터가 안정적으로 잘 구동할 수 있도록 제어기를 최적화해야 할 것이다.

DC Motor Controller", Nov. 1999.
 11. John A. O'Connor, "Dedicated ICs Simplify Brushless DC Servo Amplifier Design", Application Note # U-130, Unitrode.

참 고 문 헌

1. 조광래 외, "소형위성발사체(KSLV-I) 개발사업 (I)" 과학기술부 연구보고서, 2003.
2. 조광래 외, "소형위성발사체(KSLV-I) 개발사업 (II)" 과학기술부 연구보고서, 2004.
3. Pragasen Pillay and Ramu krishnan, "Modeling, Simulation and Anaysis of Permanent-Magnet Motor Drives, Part II : The Brushless DC Motor Drive," IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 25, No2, 1989, pp.274-279.
4. In-Joong Ha and Chang-Ik Kang, "Explicit Characterization of All Feedback-Linearizing Controllers for A General Type Brushless DC Motor," IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 39, No3, 1994, pp.673-677.
5. 이희중, 박문수, 민병주, 노웅래, 최형돈, "액체 엔진 추력벡터제어 구동장치 시스템", 한국항공우주학회지 제32권 제5호 p.129~136, June 1, 2004.
6. 민병주, 박문수, 이희중, 선병찬, 최형돈, "고체 모터 가동노즐 구동장치 시스템", 한국항공우주학회지 제32권 제5호 p.122~128, June 1, 2004.
7. 민병주, 박문수, 최형돈, "KSR-III 김발엔진 구동장치 개발", 한국항공우주학회 추계학술발표회 논문집, p928~933, Nov. 2001.
8. 민병주, 박문수, 이희중, 최형돈, "3단형 과학 로켓 김발엔진 구동장치 개발," 한국항공우주학회지, 제30권 제6호 p.116-123 Sep. 2002.
9. Paul C. Krause, "Analysis of Electric Machinery," MacGraw-Hill, 1986.
10. Unitrode Datasheet, "UC2625 : Brushless