

Battery type 외과수술용 핸드피스 구동 드라이브 시스템

論 文
57P-4-7

Development of Battery Type Powered Handpiece Drive System for Surgical Operation

河正俊* · 尹溶湖†
(Jung-Jun Ha · Yong-Ho Yoon)

Abstract -The purpose of this paper is concerned with a battery type powered handpiece drive system for surgical operation. Battery type powered surgical handpiece is suitable for delicate surgical operating. The conventional air-type handpiece has a mechanical noise, a strong oscillation and a danger of infection. And the conventional contact switching type handpiece has problems that is restricted by surroundings. By reason of this kind, we studied noncontact switching type surgical handpiece to change conventional air type surgical handpiece and contact switching type. Also in this paper we develop the battery type power handpiece drive system for surgical operation using controller IC UC3625 of UNITRODE CO. Finally some experimental and simulation results are provided to demonstrate the validity of the proposed battery type power handpiece drive system.

Key Words : BLDC Motor, BLDC Drive, Battery Type Powered Handpiece, Trigger, Oscillation

1. 서 론

국내 의료산업은 해외기업의 선진 마케팅전략에 손쉽게 잠식이 되어 이 과정에서 국내 의료기기 제조업보다는 유통업이 발달하게 되었고 이로 인해 국내 대학/종합/국공립병원 들은 해외업체 제품들을 고가정책에 별다른 대응 없이 구매를 하고 있다. 또한 국산화가 되지 않은 많은 수술 장비의 고장 발생 시 해외로 반출을 하여 몇 달간의 수리기간을 거치므로 그 기간 내에 사용을 못하는 실정이며 수리금액이 장비가격의 20-30[%]대에 이르는 수리비를 지불해야 하며, 수리기간 또한 2-3개월이 소요되고 있는 상황이다. 따라서 의료장비의 한부분인 외과수술용 핸드피스 역시 자체 기술 개발 및 국산화를 모색하여 해외 업체와의 경쟁할 수 있는 구조가 필요하다.

핸드피스는 동력원의 종류에 따라 공압식, 전동식, 충전식으로 분류할 수 있으며 국내에도 세 종류 모두 보급되고 있다. 공압식은 소음과 진동이 다른 방식에 비해 떨어지는 단점을 가지고 있으며 충전식은 회전력이 일정하지 않고 유통적이라는 단점을 가지고 있다.

그리고 전동식은 다른 핸드피스에 비해 기술적인 요구사항이 다른 방식에 비해 많다. 전동식과 공압식은 동력을 공급하는 데 있어 동력 공급 라인이 있기 때문에 수술시 활동영역에 제한을 줄 수 있어 다소 불편한 점이 있지만 병원에서

가장 선호하는 방식이다.

현재 국내에서는 의료용 로봇, 인체 측정, 보철기기, 수술용 기기 등 의료기기 개발에 공학, 의학 관계자 참여가 지속적으로 늘어나면서 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-3].

현재 병원에서 가장 많이 사용되고 있는 외과 수술용 핸드피스 공압식 (Air Type)은 수술 시 많은 양의 질소 (N₂ Gas)가 소모됨은 물론, 질소 Case의 보관에 필요한 공간 확보와 충전에 의한 잦은 교체로 매우 불편함이 있고, 수술시 스트레스인 기계소음과 공압식 호스가 있어 수술부위의 이동, 시술자와 환자에게 불편함 또는 감염의 위험이 발생이 있어 의사와 환자에게 위생과 안전상의 문제점을 갖고 있었다. 또한 시술 후 소독을 위해 스팀으로 살균을 해야 하며 스팀 살균은 고온에서 이루어지기 때문에 핸드피스 구동 및 제어에 필요한 기존의 접촉식 스위치들은 환경상의 제약을 받기 때문에 최근 배터리형 (Battery type) 외과수술용 핸드피스를 선호하는 추세로 바뀌는 상황이다.

배터리형 외과수술용 핸드피스는 현재 국내의 병원에서 사용되고 있는 수술 장비 (Surgical Equipment)중 필수 보유 장비로서 선진수술 기법인 인공관절대체수술 시 뼈(Bone) 절단, 다듬질, 구멍 등 초정밀 가공을 목적으로 하는 장비이지만 이 외과수술용기기는 모두 미국, 유럽 등 기타 해외제품이며, 국내 시장 또한 100[%] 전량 해외 업체에 의존을 하고 있는 상황이다.

따라서 본 연구는 의료기기의 국산화를 가속하고 경쟁력 있는 배터리형 외과수술용 핸드피스를 설계하기위하여 기계적인 공압식 핸드피스를 대신하여 전기적인 방식의 핸드피스를 연구하였으며 공압식 핸드피스에서 동력공급과 연결장치로 사용되는 질소탱크와 호스를 대신하여 배터리를 전

* 正 會 員 : 삼성탈레스 先任研究員

† 교신저자, 正 會 員 : 삼성탈레스 責任研究員 · 工博

E-mail: yongho.yoon@samsung.com

接受日字 : 2008年 9月 3日

最終完了 : 2008年 11月 18日

원으로 사용하였다. 또한 BLDC 전동기용 제어회로를 설계하고 배터리(12V)를 전원장치로 하는 BLDC 전동기구동용 인버터회로를 해석 및 설계하였다.

추가적으로 기계적 접촉방식의 핸드피스를 대체하기 위해 자기식 센서와 영구자석을 이용하여 비접촉식 회전형 모드 선택 스위치와 트리거 스위치를 구현하였다. 모드 선택 스위치는 외과수술시 핸드피스의 구동에 필요한 동작모드를 선택하는 것으로 정/역회전 (CW/CCW), 급제동 (Brake), 초기 시술시 시술부위 정확한 초점을 잡기위한 주기적 정/역회전 모드 (Oscillation) 가 선택될 수 있게 구성하였다. 또한 핸드피스의 속도를 가변하기 위한 것으로 기준속도에 대응하는 전압이 출력되는 정/역회전 속도가변모드 (Trigger)를 구성하였다.

이와 같이 설계된 배터리형 외과수술용 핸드피스의 타당성을 검증하기 위하여 PowerSim사의 PSIM 6.0을 이용하여 시뮬레이션 및 제작된 핸드피스 및 구동 드라이브 시스템을 이용하여 실험을 수행하였다.

2. 배터리형 외과수술용 핸드피스 구동드라이브 시스템 구성

2.1 BLDC의 전류와 역기전력, 홀센서의 파형

그림 1은 BLDC 전동기가 회전하고 있을 때 전동기의 역기전력과 전기자 전류의 파형, 홀 센서의 신호 그리고 모드별 스위칭 패턴을 나타내고 있다.

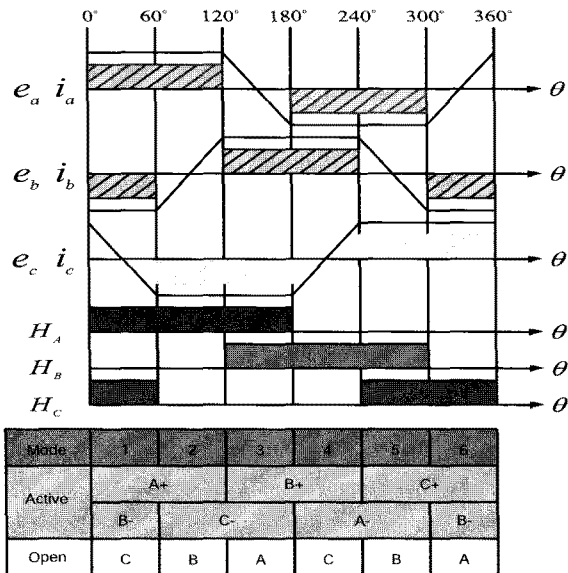


그림 1 3상 BLDC 전동기의 전류, 역기전력, 홀센서 파형 및 스위칭 패턴

Fig. 1 Back EMF, current and Hall-sensor waveform of 3-phase BLDC motor.

BLDC 전동기는 내부에 있는 위치 검출용 홀센서를 이용하여 제자 자극의 위치를 검출하여, 그 신호에 의해 전기자 권선에 순차적으로 전류를 흐르게 한다. 홀센서의 배치에 따라 신호가 120도의 위상차가 있는 것과 60도의 위상차가 있는 타입이 있으나 제어기에서 로직을 변환하여 역기전력을 기준으로 하면 동일한 구동방식을 취하게 된다.

그림 1에서 나타낸 바와 같이, 역기전력이 전기적으로 1/2주기에 120도 기간이상 일정치 역기전력을 갖도록 설계되어 있고, 3상전류를 공급하기 위해 전동기는 성형결선 (Star-connection)으로 연결되어 있어 각 상의 스위치는 일정한 순서대로 스위칭 동작을 행하고 DC 입력전원으로부터 3상 AC 전류를 발생하게 된다. 따라서 역기전력의 평탄한 부분에 일정치 전류가 흐르고 BLDC 전동기가 회전하는 구조로 이루어진다[4-6].

그림 2는 BLDC 전동기의 전체 구성 시스템으로서 앞서 그림 1에서 설명한 위치 검출용 홀센서의 회전자 위치 정보와 속도 정보를 추정하여 속도 제어기의 실제 속도(ω_r)가 입력이 되고, 속도 제어기는 전류 지령값(I_{ref})을 실제 측정된 전류(I_r)와 비교하여 전류제어를 수행하게 된다.

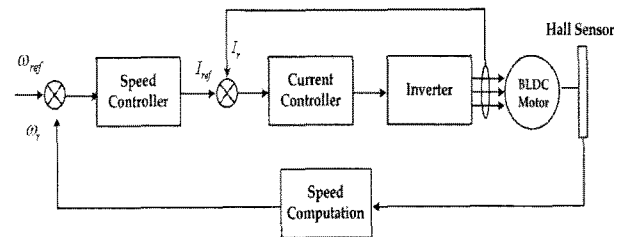


그림 2 BLDC 전동기의 제어 구성 시스템

Fig. 2 Control System Block Diagram of BLDC Motor Drive.

2.2 배터리형 외과수술용 핸드피스의 구조

그림 3은 배터리형 외과수술용 핸드피스의 외관 구조로서 기존의 공압식 (Air Type)과는 다르게 핸드피스 바디 (Body)와 배터리가 일체형으로 구성되어 있어 공간적 제한이 없다. 또한 기존의 타입은 질소 탱크와 노즐의 구성으로 시술 공간의 부담과 시술자의 불편이 야기되었으나 제한한 핸드피스는 이러한 제한 조건들을 극복할 수 있는 구조로 설계되어 있다.

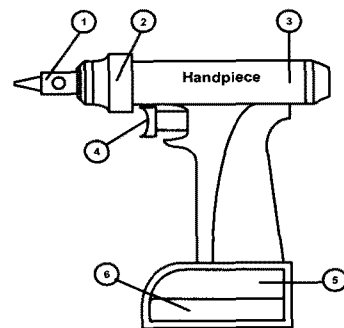


그림 3 배터리형 외과수술용 핸드피스의 구조.

Fig. 3 Structure of battery-type surgical handpiece.

그림 3의 각 부분의 명칭과 기능에 대한 설명은 다음과 같다.

1. Attach Instrument Part : 시술에 따른 부속 장비를 교체하기 위한 부분이다.
2. Gear Box : 헤더에 보다 큰 토크를 내기 위한 기어 박스이다.
3. Body (BLDC Motor) : 핸드피스의 몸체로서 내부에

BLDC 전동기가 내장되어 있다.

4. Trigger and Direction : 속도가변을 하는 트리거 기능과 정/역 회전을 위한 방향전환 스위치가 구성되어 있다.
5. PCB : 각 스위치 입력에 따른 전동기 동작을 위한 제어기 및 BLDC 전동기를 구동하기 위한 인버터가 구성되어 있는 보드가 들어있는 부분이다.
6. Battery Pack : 핸드피스의 전원 공급원으로서 12[V]의 메탈-수소 배터리를 사용한다.

2.3 핸드피스의 전체 구성도

그림 4는 본 논문에서 구성한 배터리형 외과수술용 핸드피스의 구동 시스템 블록도로서 3상 BLDC 전동기와 인버터부, 제어를 위한 컨트롤부, 동작 모드 선택부, 정/역회전 속도가변부 (Trigger mode), 배터리 잔량을 표시하기 위한 디스플레이부로 구성되어 있다.

컨트롤부에는 제어기로 UNITRODE사의 UC3625를 사용하였으며 2상한 및 4상한 운전이 가능하며 BLDC 전동기 내부의 홀센서를 입력받아 파워부(Power Stage)의 게이트 신호를 만들어 낸다[7]. UNITRODE사의 UC3625는 홀센서 신호를 받아 인버터 6-스위치에 순차적으로 게이트 신호를 인가해 주기위해 내부에 회전자 위치를 판별하는 로직인 Decoder가 구성되어 있고 속도제어 그리고 전동기 제동 및 정/역 구동을 위한 로직이 내부적으로 구성되어 있다.

또한 핸드피스 구현 시 필요한 주기적 정/역회전 모드 (Oscillation) 및 정/역회전 속도가변모드 (Trigger) 제어가 가능하여 Break Port를 이용한 안정적인 전동기 제동을 구현할 수 있다. 그리고 동작 모드 선택과 트리거 동작을 위해 스위칭 타입 홀센서와 리니어 타입 홀센서를 각각 사용하였다.

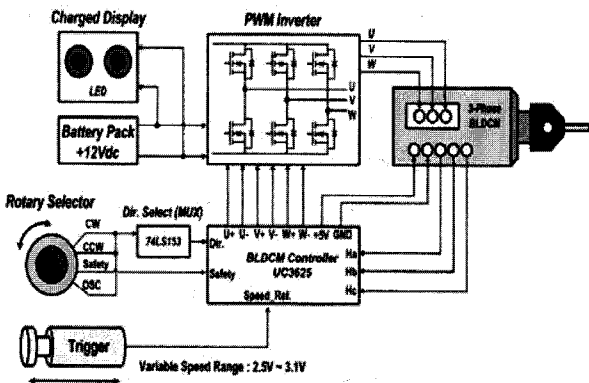


그림 4 배터리형 외과수술용 핸드피스의 전체 블록도
Fig. 4 Driving system of battery type surgical handpiece

2.4 비접촉식 모드선택 스위치 신호 처리

핸드피스 동작모드 선택회로를 나타낸 그림 5와 회전형 스위치의 출력신호가 74LS153 (1 of 4 Select/MUX)의 A, B 입력신호로 사용되고, 이에 따라 출력신호가 표 1과 같이 결정된다.

74LS153의 출력 신호는 BLDC 제어기인 UC3625의 Dir. Pin의 입력으로 사용되어 High(CCW), Low(CW) 신호 및 주기적인 High와 Low 신호(OSC)를 발생한다[8]. 따라서

UC3625의 Dir. Pin의 입력으로 Low 신호가 입력되면 BLDC 전동기는 정회전을 하게 되고, High 신호가 입력되면 역회전을 하게 된다. 또한, 반복적인 High, Low신호가 입력되면 주기적 정/역회전 모드 (Oscillation) 동작을 하게 된다. 하지만 전동기의 시정수에 따라 오실레이션 동작 제한 주파수를 고려하여 원하는 오실레이션 동작을 수행할 수 있도록 회로를 설계하여야 한다.

표 1 Dir_Sel과 OSC_Sel 신호에 따른 동작모드
Table 1 The operation mode of Dir_Sel and OSC_Sel

Dir_Sel	OSC_Sel	Dir_Pin	Operation
0	0	1C0	GND : CCW
1	0	1C1	+5V : CW
0	1	1C2	OSC : Period CW/CCW

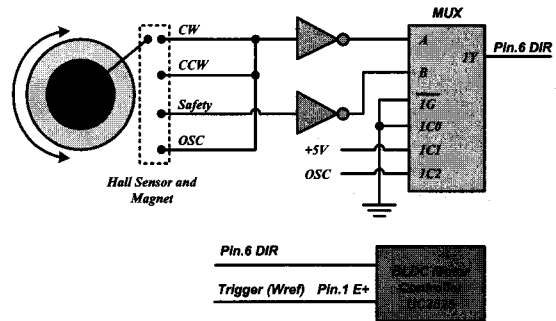


그림 5 핸드피스 동작모드 선택회로.
Fig. 5 Operation mode-selection circuit for handpiece.

2.5 속도가변을 위한 트리거 스위치

트리거 스위치는 배터리형 외과수술용 핸드피스에 사용되는 BLDC 전동기의 속도제어를 위해 2.5[V]에서 3.1[V] 사이의 전압신호를 출력으로 내보내는 스위치로서 출력전압신호는 마그네트가 부착된 레버를 조정함에 따라 자속의 세기에 비례하는 전압신호를 출력한다.

속도가변을 위한 트리거 스위치는 수평방향으로 조정되어 레버를 밀거나 당겼을 때 자속 세기에 따라서 변화하는 전압 신호를 출력한다. 출력된 전압신호를 입력으로 그림 6과 같은 전압분배기를 거쳐 출력전압이 2.5[V]에서 3.1[V]로 출력되게 하는 회로를 설계 하였고 최종적으로 가변 전압에 따른 속도변화를 가능하게 하였다.

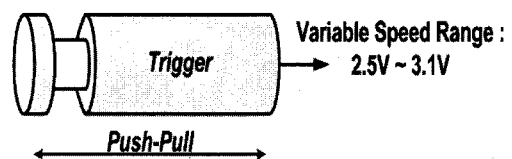


그림 6 정/역회전 속도가변을 위한 트리거 스위치
Fig. 6 Trigger switch for variable speed

2.6 동작 모드 선택과 트리거 동작을 위한 홀센서 선정
그림 7은 스위칭 타입과 리니어 타입 홀센서의 출력신호

를 나타낸 파형이다. (a)번은 스위칭 타입 홀센서의 출력 신호를 나타낸 그림으로, 핸드피스에서 회전형 스위치의 모드 선택을 하기 위한 자기식 스위치로 해당하는 기능을 회전시켜 선택하면 Low(0.5[V])에서 High(4.5[V])로 신호가 출력된다. 즉, 회전형 스위치에서 기능을 선택하기 위한 스위치로 사용하기 위해 출력이 구형파로 나오는 홀센서를 사용한다.

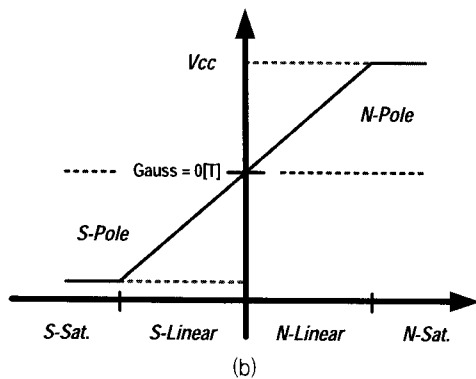
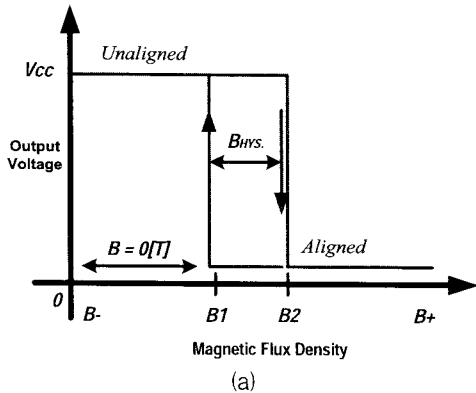


그림 7 스위칭 타입, 리니어 타입 홀 센서의 출력 신호
(a) 스위칭 타입 홀 센서의 출력 신호
(b) 리니어 타입 홀 센서의 출력 신호

Fig. 7 Out signal of switching type and liner type of Hall-sensor

(b)번은 리니어 타입 홀센서의 출력신호를 나타낸 그림으로, 핸드피스에서 속도 기준값을 만들기 위한 트리거 신호로 사용된다. 이 홀센서는 자속의 세기가 0이면 출력전압이 2.5[V]가 출력되고, N극이 근접하여 홀센서와 수직으로 일정한 거리에 위치하면 최대전압 4.5[V]가 출력된다. 즉, 이 홀센서가 자속의 영향을 받지 않는 거리로부터 서서히 근접하여 일정거리 안으로 들어오면 출력전압이 2.5[V]~4.5[V]로 출력전압이 서서히 증가하고 반대로 S극이 이 홀센서에 근접하면 2.5[V]~0.5[V]로 출력전압이 서서히 감소한다[9].

본 논문에서는 속도가변을 위한 트리거 스위치에 리니어 타입 홀센서를 사용하였으며 핸드피스용 BLDC 전동기 제어를 위해 사용한 UC3625의 기준속도에 대한 입력을 만들어 주는 역할을 한다. UC3625의 기준속도는 전압을 2.5[V]~3.1[V]를 가변 하여 인가하면 0[rpm]~최대속도로 가변이 된다. 따라서 자석의 N극에 반응하여 홀센서 신호의 출력전압이 2.5[V]~4.5[V]가 출력되면 이 신호를 분압 하여 2.5[V]~3.1[V]의 전압을 만들어 UC3625의 속도가변용 제어전압으로 사용된다.

3. 시뮬레이션 및 결과고찰

본 논문에서는 시뮬레이션을 구현하기 위하여 PowerSim 사의 PSIM 6.0 프로그램을 사용하여 BLDC 전동기의 동작을 확인하였으며 전체 구성은 BLDC 전동기, 인버터, 게이트 드라이버, 스위칭 로직, 속도 및 전류 제어 블록으로 구성되어 있다.

표 2는 시뮬레이션과 실험에 사용된 배터리형 핸드피스 구동용 BLDC 전동기의 사양을 나타낸다.

표 2 배터리용 핸드피스용 BLDC 전동기 사양

Table 2 Parameters of BLDC motor for battery type handpiece

Parameters	Value	Unit
1. Input Voltage	12	V
2. Power	80	W
3. Rated rpm	12,000	rpm
4. Resistance	0.1550	Ω
5. Self Inductance	0.0147	mH
6. Mutual Inductance	0.0050	mH
7. No. Poles	2	Poles

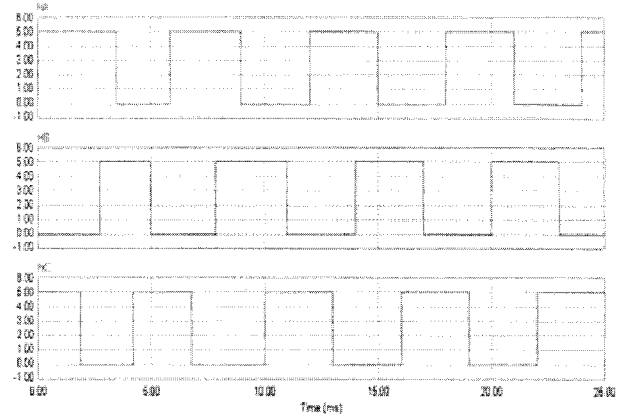


그림 8 3상 BLDCM의 홀센서 신호파형 @10000[rpm]

Fig. 8 Each phase Hall-sensor signal at 10000[rpm]

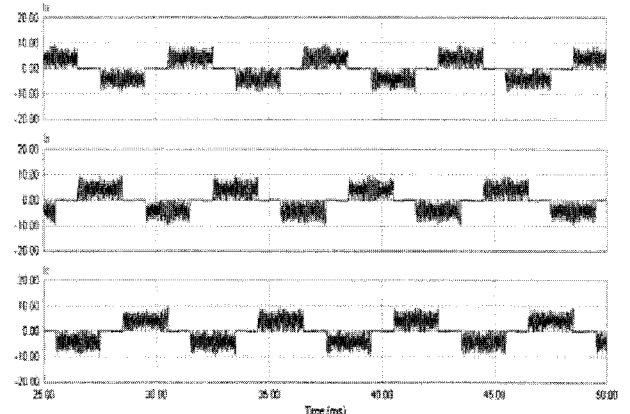


그림 9 BLDC 전동기의 각 상전류 파형 @10000[rpm]

Fig. 9 Each phase current at 10000[rpm]

그림 8은 핸드피스에 사용된 3상 BLDC 전동기의 내부에 부착된 홀센서신호의 결과파형으로 홀센서 신호는 120도의 위상차를 가지고 각 상에 대한 회전자의 위치를 나타내며 그림 9는 핸드피스용 BLDC 전동기가 10,000[rpm]으로 구동되고 있을 때 각 상의 전류파형을 보여주고 있다.

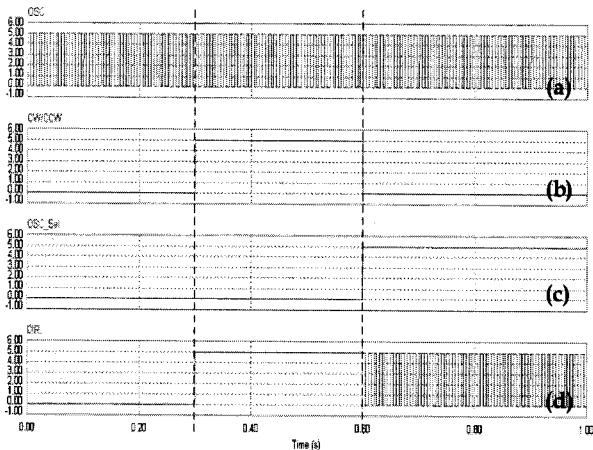


그림 10 모드선택에 따른 DIR, 출력파형
Fig. 10 Dir. output waveform according to mode collection

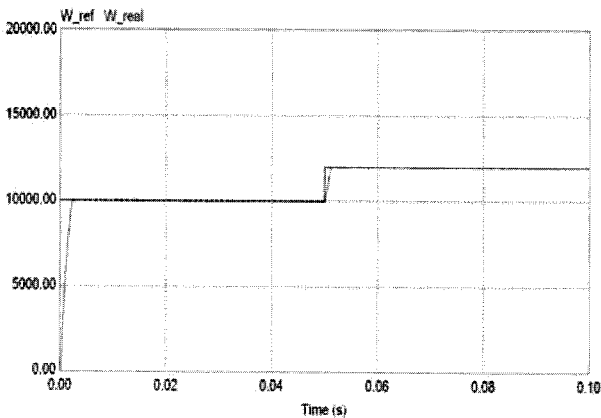


그림 11 속도지령 및 실제 속도응답 파형
Fig. 11 Characteristics of step response of speed.
(10,000 → 12,000[rpm])

회전형 모드선택 스위치를 변경하였을 때 DIR 출력에 대한 시뮬레이션 결과 파형으로 주기적인 정회전과 역회전을 반복하는 기능을 그림 10에서 보여주고 있다.

Dir_Sel과 OSC_Sel 신호에 따른 동작모드와 74LS153을 이용한 동작모드 선택회로에 따라 위의 파형이 UC3625의 Dir(Pin.2)핀의 입력으로 사용되어 핸드피스용 BLDC 전동기가 정역회전을 하게 된다. 그림 10의 (a) 파형은 회로에서 555 타이머에 의해 일정 주기를 갖는 (BLDC 전동기가 정역회전을 반복적으로 하도록 하기 위한 신호) 출력파형이다. 다음으로 (b) 파형은 모드선택 스위치에서 정회전 또는 역회전을 선택하였을 시의 파형으로 정역회전 모드를 임의로 선택한 출력파형이다. (c) 파형은 모드선택 스위치에서 OSC를 선택하였을 시의 파형을 나타낸다.

마지막으로 (d) 파형은 (b)와 (c) 파형처럼 임의로 모드가

선택되었을 시 74LS153를 통해 모드선택 신호가 UC3625의 Dir(Pin.2)핀으로 입력되는 제어신호이다. UC3625의 Dir(Pin.2) 핀은 Low 신호가 입력되면 CW로 회전하고, High 신호가 입력되면 CCW로 회전한다. 따라서 74LS153의 Mux에 의해 핸드피스용 BLDC 전동기의 회전방향이 결정되는데 OSC선택 신호가 Low인 상태에서 CW/CCW 선택에 따라 회전방향(d)인 UC3625의 방향 결정 신호가 정방향 또는 역방향으로 결정된다.

또한 OSC 신호가 High가 되면 CW/CCW 신호와는 상관없이 555 타이머에서 출력되는 반복적인 일정 주기의 신호(OSC)가 UC3625의 Dir(Pin.2)핀으로 입력되어 BLDC 전동기가 반복적으로 정역회전을 하게 된다. 이 반복적인 정역회전 신호는 앞서 서론에서 설명한 주기적인 정/역회전 모드로서 핸드피스를 이용한 초기 시술 시 시술부위의 정확한 위치를 잡을 때 사용되는 기능이다.

그림 11은 3상 BLDC 전동기의 속도를 10,000[rpm]에서 12,000[rpm]으로 구동하기 위한 속도지령과 지령에 따른 실제 속도응답 파형을 보여주고 있다.

4. 실험결과

그림 12는 배터리형 핸드피스의 구동을 위한 구성품으로서 상단 PCB 보드는 컨트롤보드로서 BLDC 전동기 제어를 위한 UC3625 IC, 배터리 잔량을 표시해줄 수 있는 회로 그리고 주기적인 정·역회전(Oscillation) 작동을 할 수 있는 회로 등이 구성되어 있다. 하단 PCB 보드는 BLDC 전동기를 구동하기 위한 인버터 회로 부분이며 본 논문에서 사용된 BLDC 전동기를 보여주고 있다. 실험에 사용된 PM BLDC 전동기는 2극, Y결선으로 구성되어 있으며 사양은 표2와 같다.

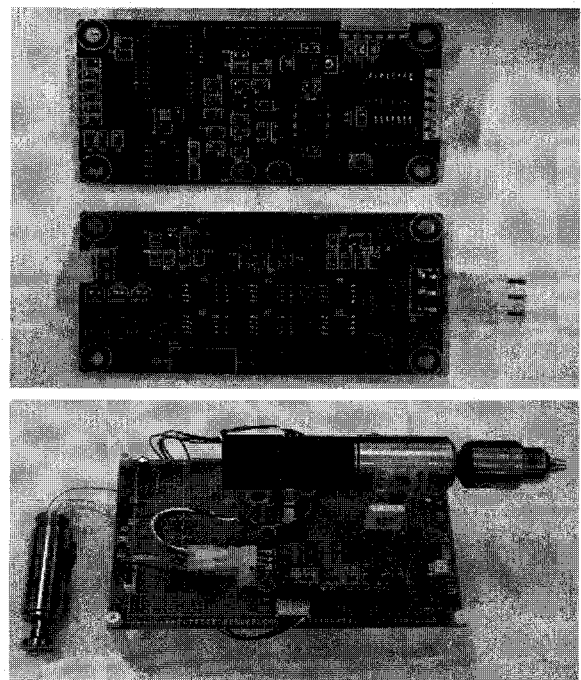


그림 12 배터리형 외과수술용 핸드피스 실험세트
Fig. 12 Experimental test setup

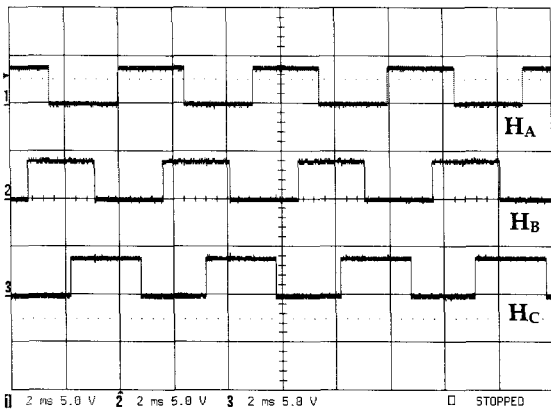


그림 13 실제 홀센서 신호파형 (HA, HB, HC)
Fig. 13 Each phase Hall-sensor signal (2ms/Div., 5V/Div.)

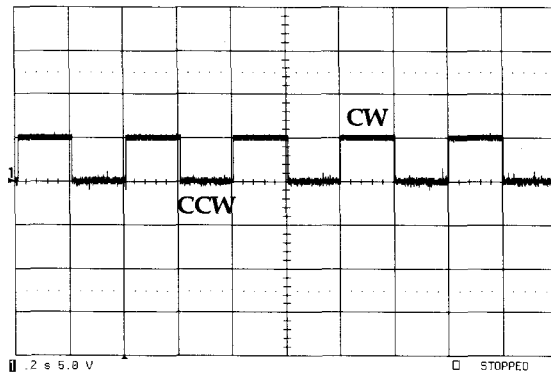


그림 14 Oscillation 동작에 따른 정/역회전 출력신호
Fig. 14 waveforms in case of current control using analog hysteresis (0.2s/Div., 5V/Div.)

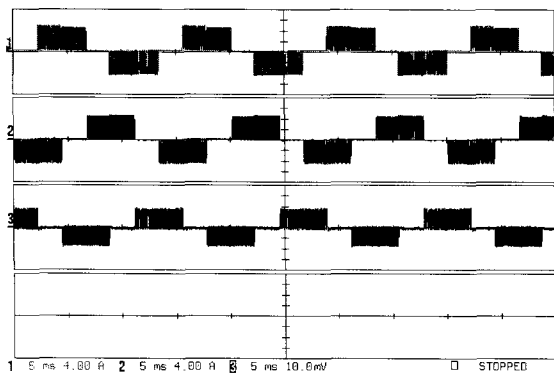


그림 15 3상 BLDC 전동기의 각 상전류 파형 (Ia, Ib, Ic)
Fig. 15 Each phase current of 3-ph BLDC motor (5ms/Div., 4A/Div.)

그림 13은 핸드피스의 BLDC 전동기가 12,000[rpm] 구동시 홀센서 신호를 나타내고 있다.

외과 수술용으로 핸드피스를 사용 시 처음에 시술 부위의 정확한 위치를 잡기 위해서는 큰 토크를 가지면서도 일정한 주기를 갖는 정/역회전의 반복이 필요한데 이 기능을 구현한 것이 오실레이션 기능으로 그림 14는 핸드피스에서 오실레이션 모드 선택 시 주기적인 정회전과 역회전을 반복하는

기능을 보여주는 실험 파형이다. 정·역 회전의 비율이 1:1로 오실레이션 기능을 유지하는 동안에는 Duty=0.5로 반복 동작하게 된다.

그림 15는 BLDC 전동기의 구동시에 각 상의 상전류 파형을 측정된 결과파형으로 각각 120도의 위상차를 갖고 매 구간마다 2상씩 여자(勵磁)되는 것을 실험파형을 통해 알 수 있다. 그림 16은 속도 가변을 위한 트리거를 사용하여 속도 지령을 서서히 증가시켰을 때 정지 상태에서 지령 속도에 응답하는 속도응답에 대한 실험파형이다.

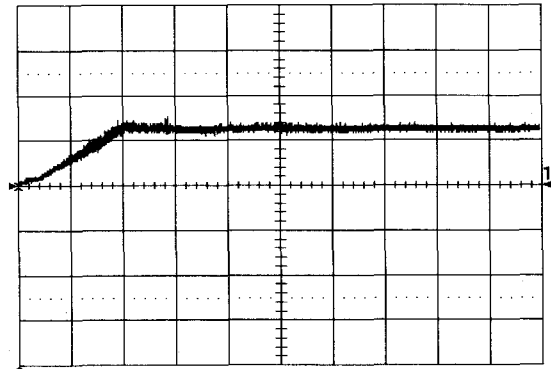


그림 16 BLDC 전동기의 속도응답파형
(10,000rpm/Div., 0.5s/Div.)
Fig. 16 Characteristics of step response of speed.

5. 결 론

현재 병원에서 가장 많이 사용되고 있는 외과 수술용 핸드피스 공압식 (Air Type)의 문제점을 개선하고 외과수술용 핸드피스의 자체 기술 개발 및 국산화를 모색하기 위해 본 논문에서는 배터리형 외과수술용 핸드피스 구동드라이브 시스템 개발에 대해 연구를 하였다.

또한 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사용 환경의 제약(소독 시 뜨거운 스팀을 사용)으로 인해 적용하기 어려웠던 접촉식 스위치 방식의 핸드피스를 홀센서를 사용하여 비접촉식 스위치 방식이 가능하도록 구현하였다.
2. 회전형 모드선택 스위치는 마그네틱과 스위치 타입 홀센서를 사용해서 정회전과 역회전, 급제동, 주기적 정/역회전 (Oscillation) 4가지 모드의 선택이 가능하도록 설계하였고 리니어 타입 홀센서를 사용한 비접촉식 트리거 스위치를 이용하여 속도 조절이 가능하도록 하였다.
3. 해외제품을 개발된 배터리형 외과수술용 핸드피스로 대체할 수 있는 대체효과 및 국산화 자체기술을 확보할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 윤길상, 이영훈, 허영무, 서태일, 최길운, "외과 수술용 Air-Powered Handpiece 개발", 한국정밀공학회지, vol.21, no.3, pp.188-193, 2004

- [2] Joo, J. W, Lee. B. S, "Design and evaluation of the tension sensor for surgical steel wires", KSME, vol.2, no.21 pp.261-271,1997
- [3] Kwon. D. S, Kim. S. Y, "The present of medial service robot system", korea society of precision engineering, vol.9, no.17, pp.21-31, 2000
- [4] TJE Miller, "Design of Brushless Permanent-Magnet Motors", Clarendon Press. Oxford, 1994.
- [5] Takashi Kenjop, D. Eng, "Permanent Magnet and Brushless DC Motor", Sogo Electronics Publishing Company, 1984
- [6] Duane Hanselman, "Brushless Permanent Magnet Motor Design", The Writers' Collective, 2003
- [7] Ting-yu Chang, Ching-Tsai Pan, Jenn-Horng Liaw and Shinn-Ming Sue, "A Hall Sensor based IPM Traction Motor Drive", IEEE Trans. on Ind. Application, pp.840-843. 2002
- [8] M. Morris Mano, "Digital Logic and Computer Design", Prentice-Hall, 1998. 02
- [9] Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll, "Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits", Prentice Hall, 2001

저 자 소 개



하 정 준 (河正俊)

2003년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2003년~2006년 LG전자 연구원. 2007년 7월~현재 삼성탈레스 기술연구소 선임연구원
Tel : 031-8250-7586
Fax : 031-8020-7350
E-mail : jungjun.ha@samsung.com



윤 용 호 (尹溶湖)

2002년 성균관대학교 메카트로닉스공학과 졸업(석사). 2002년~2003년 LG전자 연구원. 2007년 2월 동 대학원 졸업(공학박). 2007년 2월~현재 삼성탈레스 기술연구소 전문연구원.
Tel : 031-8020-7567
Fax : 031-8020-7350
E-mail : yongho.yoon@samsung.com