

# DC 전력선 통신을 이용한 Plug-in형 BLDC 구동 시스템

우도\*, 송두영\*, 최준호\*, 문채주\*\*, 조수억\*\*\*, 박성준\*

전남대학교\*, 목포대학교\*\*, 서일대학\*\*\*

광주광역시 북구 용봉동 300 500-757, 한국\*

## Plug-in BLDC Control System using DC-link Communication

Yu Tao\*, Song Dooyoung\*, Choi Joonho\*, Moon Chaejoo\*\*, Cho Sueog\*\*\*, Park Sungjun\*

Chonnam National University\*, Mokpo National University\*\*, Seoil College\*\*\*

300 Yongbong-dong, Buk-gu Gwangju 500-757, KOREA\*

### ABSTRACT

The powers used in the robot drive motor system are mostly DC sources such as batteries. Even AC powers in some systems are generated from DC sources by the inverter. It is can be forecasted that the DC-link communications will be widely used invarious industrial application. In this paper a novel BLDC motor drive system by using DC-link communications is proposed. The characteristic of this system is the communication only needs 2 DC lines. There are not additional lines to translate the reference signals and the reliability of the system is enhanced especially in some badly circumstance. The number of lines can be least when applied in the multi motor control system and the slip ring design can be simplified when applied as rotation machine. The reasonableness of proposed motor system is clarified by the PSIM simulation and the hardware prototype.

Keyword: DC-link communication, BLDC control

### 1. 서론

기존의 전력선 통신은 전기가 공급되는 교류 전력선에 데이터 신호를 전송하는 방식으로 원격검침, 홈오토메이션, 공장자동화를 구현하기 위하여 주로 사용되었다<sup>[1]</sup>. 현재까지 전력선 통신의 대부분은 교류전원에 대하여 개발되었다. 그 이유는 가정이나 산업계에서 사용되는 전력의 대부분이 교류전원 체제로 구성되어 있기 때문이다. 그러나 현 산업에 사용되는 기기 및 가전기기의 전원들 중 대부분이 직류전원을 요구하고 있으며, 각 기기마다 교류전원에서 직류전원으로 변환하는 정류기를 내장하고 있다. 이러한 정류기의 내장으로 기기의 단가 경쟁력이 떨어지고 있는 실정이다<sup>[2]</sup>. 이를 극복하기 위해 차후에 전력선은 직류전력선 체제로 변환할 것이다. 따라서 전력선 통신도 교류전력선 통신방식에서 직류전력선통신 방식으로의 전환이 필요하다. 또한 현재 이동용 기기인 자동차에서 구동되는 기기의 전원은 배터리 전원을 사용하며, 산업체에 사용되는 인버터를 사용하는 기기에서도 직류전원을 사용하고 있으며, 이 방식에서 전력선을 통신하기 위해서는 직류전력선통신에 대한 수용이 급증할 것으로 사료된다. 본 논문에서 직류전원에서의 직류 전력선 통신을 이용하여 BLDC 전동기 구동시스템을 제안

한다. 본 방식은 직류전원에서의 직류 전력선 통신을 이용한 전동기 제어구성 장치에 관한 것으로, 본 장치의 특징은 인출되는 선의 수는 직류전원인 2가닥만으로 구성이 가능한 장점이 있다. 또한 본 방식의 전력선통신방식은 기존의 트랜스 리스전력선 통신이 가능한 저가형 방식이 그 특징이다.

제안된 방식을 PSIM을 이용한 시뮬레이션과 실험실 차원의 실물 제작을 통하여 그 타당성을 검증 하였다.

### 2. 시스템의 구성

#### 2.1 전원단 제어부의 구성

그림 1은 본 논문에서 제안한 DC-link통신의 전원단 통신부의 구성도 주된 전력회로도 개념도를 나타내고 있다. 전원단 주 통신부는 외부 제어지령신호 설정치와 모터단 피드백 신호(속도, 전류)를 DC-link, 필터, 비교기를 통하여 디지털화 된 RS232신호를 AVR의 RX단자를 통한 통신신호를 받아서 Microcontroller에 의한 비례적분제어기를 통해서 모터구동 필요한 스위치 PWM 지령신호를 RS232신호로 만들어서 AVR의 TX단자 및 포토커플러를 이용하여 이 신호를 DC-link에 중첩한다. 이 신호는 DC-link를 통해서 모터단 통신부로 전송된다. 통신신호가 DC전원 측으로의 누출을 방지하기 위해 DC 전원측으로 LPH인 L-C필터를 삽입하였다. 따라서 DC 전원측의 임피던스가 매우 커서 대부분 제어 고조파신호가 모터단 통신부로 전달된다.

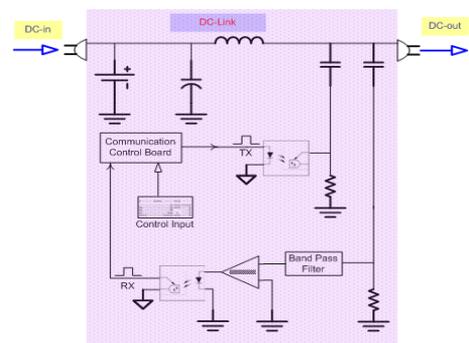


그림. 1 전원단 통신부의 구성도

Fig. 1 Configuration of controller in DC power part

#### 2.2 모터단의 구성

모터단은 BLDC 모터, 모터구동용 DC-AC 인버터, Microcontroller, 수신부, 발신부로 구성된다. 수신부는 DC-link에서 전원단 통신부와 같이 RS232신호를 검출하고, 발신부는 모터의 실시간 피드백 값들을 포토커플러를 통해

DC-link에 중첩해서 전원단의 통신부로 전송한다. 통신신호가 BLDC DC전원 측으로의 누출을 방지하기 위해 스위칭 주파수 성분을 제거할 수 있도록 DC 전원측으로 LPH인 L-C필터를 삽입하였다.

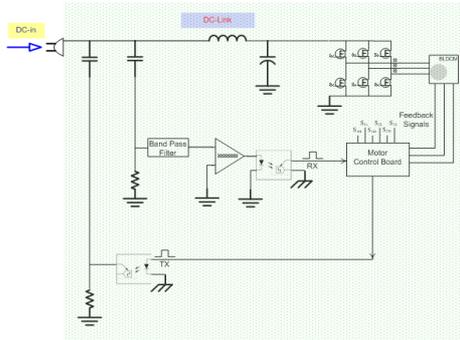


그림. 2 모터단 제어부의 구성도

Fig. 2 Configuration of controller in motor part

전원부 모터구동전원과 제어부전원으로 구성된다. 모터구동전원은 DC-Link선에 취득하여 제어부전원은 절연하게 변압기를 통해 DC-Link선에 취득한다.

### 2.3 필터의 구성

DC-link 통신을 위해서는 두 종류의 필터가 필요하다. 전원부 출력단과 인버터 입력단의 고주파 통신신호의 통과를 저지하기 위한 저역통과필터 있고, 전원단 통신부와 모터단 통신부의 발, 수신 신호를 검출하기 위한 신호 검출용 대역통과필터이다. 이 두 필터의 선정이 통신의 성능을 좌우하는 중요한 파라메터이나, 본 논문에서는 제안된 방식의 타당성 검증을 위한 것으로 필터의 상세 설계는 차후로 미루었다. 저역통과필터는 L-C형로 선정하고 대역통과필터가 능동 BPF로 설계된다. BPF는 버터워스형 3차 고역통과 필터와 1차 저역통과필터로 구성하였다.

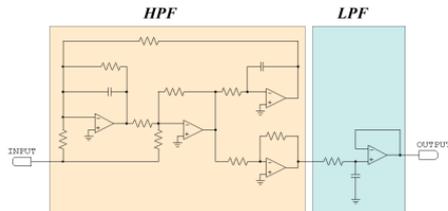


그림. 3 대역통과필터의 구성도

Fig. 3 Configuration of BPF

## 3. 소프트웨어

### 3.1 전원단 제어부 USART 통신 소프트웨어

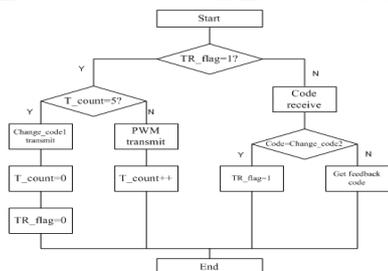


그림. 4 전원단 제어부통신 프로그램의 블록도

Fig. 4 Block of communication program in power part

BAUD는 115200bps를 선정해서 USART 통신 주파수 최소값과 최대값이 다음 식에서 표시한다.

$$f_{BAUDmax} = BAUD/2 = 57600Hz \quad (1)$$

$$f_{BAUDmin} = BAUD/8 = 14400Hz \quad (2)$$

Time Interrupt에서 USART 수신과 송신한다.

TR\_flag 변수의 값에 따라서 송신/수신 상태를 결정한다. RS232 통신신호 5 번을 보내고 그 다음에 TR\_flag 변수를 0로 설치하고 수신 상태에 간다. RX 핀에 통해 데이터를 받아서 Change\_code2가 올때 까지 수신 광정 유지한다. Change\_code2가 오면TR\_flag 변수를 1로 설치하고 다시 송신상태로 들어간다.

### 3.2 모터단 제어부 USART 통신 소프트웨어

앞에 언급한 과정 비슷하게 TR\_flag값에 따라서 송신/수신 상태 결정한다. 피드백 신호 5 번을 보내고 그 다음에 Change\_code2를 전원제어부에 보내고 TR\_flag 변수를 0로 설치하고 수신 상태에 간다. RX 핀에 통해 PWM 데이터를 받아서 Change\_code1이 올 때 까지 수신 광정 유지한다. Change\_code1가 오면 TR\_flag 변수를 1로 설치하고 다시 송신상태로 들어간다.

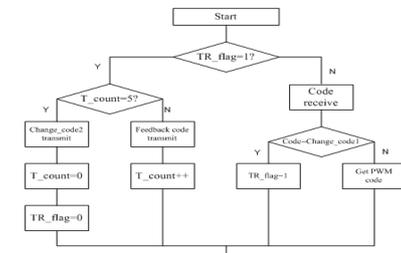


그림. 5 모터단 제어부통신 프로그램의 블록도

Fig. 5 Block of communication program in motor part

## 4. 시뮬레이션

### 4.1 송수신 시뮬레이션

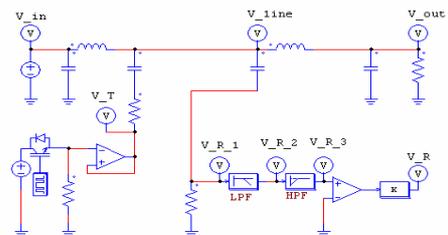


그림. 6 송수신 시뮬레이션 회로도

Fig. 6 Circuit of Transmit-Receive simulation in PSIM

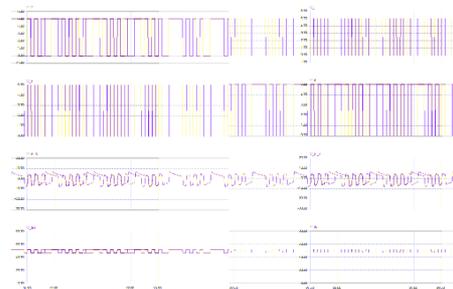


그림. 7 Psim 송수신 시뮬레이션 각단 파형

Fig. 7 Waveforms in Transmit-receive simulation in Psim

제안된 DC-link방식의 통신 가능성을 검증하기 위해 그림 6과 같이 PSIM을 이용한 송수신 시뮬레이션을 위한 회로도를

구성하였다. 그림 7에서 보는바와 같이 송신신호 V\_T DC-link 통해 수신단 V\_R 그대로 양호하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

#### 4.2 필터효과 시뮬레이션

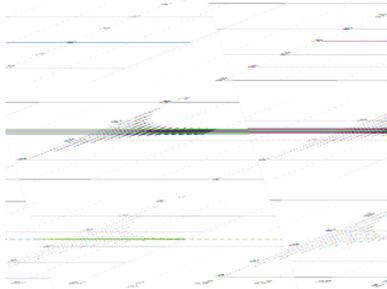


그림. 8 DC 입력, 통신구간 및 출력 시뮬레이션  
Fig. 8 Simulation results of input, communication part and output on DC line

그림 8은 송신부, 인버터부 및 DC-link의 전압파형을 나타낸 것으로, 그림에서 보는 바와 같이 송신부와 인버터에는 통신신호가 나타나지 않고, DC-link에서 만 통신신호가 나타남으로 DC-link단을 이용한 전력선 통신이 가능함을 알 수 있었다.

### 5. 실험결과

송수신단 및 bldc 제어용으로 각 부에 마이컴 Atmel사 ATmega128칩을 사용한다. 송신단 마이크는 마스터로써 여러대의 bldc를 제어하기 위해 사용되고, 수신단 마이크는 통신 및 bldc제어용 마이컴으로 사용된다.

#### 5.1 송수신 실험

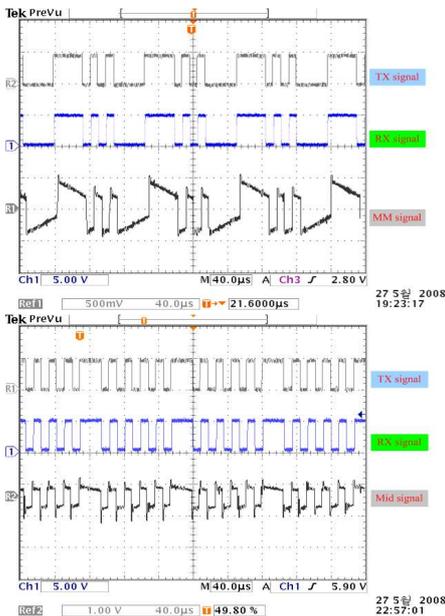


그림. 9 송수신 실험 파형  
Fig. 9 Waveforms in transmit-receive test

그림 9에서 송신신호, 수신신호와 수신단 C 통해 R에서 인가되는 신호이다. 시뮬레이션 결과와 유사하게 수신단 RX 신호는 송신단 TX 신호와 위상차는 다소나타나나 신호의 형태는 동일하게 나타남으로 RS232 통신으로 사용이 가능하다. 또한 송신 데이터를 바꿔도 신호는 DC-link에 통한 수신측 검출이 양호하게 나타났다.

#### 5.2 필터효과실험

그림 10에서 입력 DC 전압, 통신구간의 DC 전압과 출력 DC 전압 파형들은 나타낸다. 통신신호는 저역통과 필터 있기 때문에 DC 전원단과 모터의 DC전원 입력단에 영향이 거의 없는 것으로 알 수가 있다. 따라서 통신신호는 DC-link단에 한정되어 나타나며, 이로 인하여 DC-link 전력선 통신이 가능하다는 결론을 내릴 수 있다.

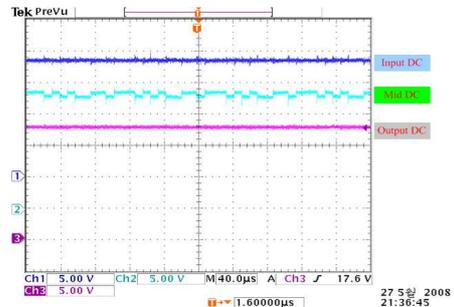


그림. 10 DC 입력, 통신구간 및 출력 파형  
Fig. 10 Input, communication part and output on DC line

### 6. 결론

본 논문은 BLDC 구동에 필요한 다양한 신호선들을 제거하여 사용의 편리성을 도모하기 위해 DC-link 전력선 통신을 이용한 Plug-in 형 BLDC 구동 시스템을 제안하였다. 또한 포트커플러를 이용한 절연형 통신방식을 사용함으로써 통신 보레이트의 가변이 용의하다는 장점이 있다. 또한 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 및 실험을 행하였으며, RS232의 모든 보레이트에서 통신이 가능함을 확인하였다. 따라서 현장의 노이즈 정도에 따라 적당한 보레이트의 사용을 한다면, 강한 통신 시스템이 될 것으로 사료된다.

이 연구의 참여한 연구자는 "2단계 BK21 사업"의 지원비를 받았음. 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술 재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결관임.

### 참고 문헌

- [1] Joon-Myung Kang, Chang-Keun Park, "Design and Implementation of Network Management System for Power Line Communication Network", ISPLC 2007, pp. 23-28, 2007, March.
- [2] Ferreira, H.C.; Grove, H.M.; Hooijen, O.; Han Vinck, A.J., " Power line communications: an overview", IEEE AFRICON 4th, Volume 2, 24-27, pp. 558-563, 1996.
- [3] Jong-Sun Ko, Young-Il Kim, " The Signal Anti-reduction System in PLC Using Ferrite Core and Switching Amplifier", KIPE 2001, pp. 471-474, 2001, July.
- [4] Tatro, P.J.; Adamson, K.A.; Eitzmann, M.A.; Smead, M., " Power line carrier interference from HVDC converter terminals", Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 8, Issue 3, pp. 827-840, 1993, July.
- [5] Ioannides, M.G., "Design and implementation of PLC-based monitoring control system for induction motor", Energy Conversion, IEEE Transaction on Volume 19, Issue 3, pp. 469-476, 2004, Sept.