

SPI 통신을 이용한 MMC 시스템의 Power Module DC 센싱 방법

이종학, 신예슬, 김준구, 권병기
(주)포스코 ICT

The Power Module DC Measurement Method of Modular Multilevel Converter System using SPI Communication

Jong Hak Lee, Yesl Shin, Jun Gu Kim, Byung Ki Kwon
POSCO ICT

ABSTRACT

MMC(Modular Multilevel Converter)는 여러 개의 Power Module을 직렬로 연결하여 정현파에 가까운 고전압의 파형을 얻을 수 있는 토폴로지로 대용량 전력변환 분야의 요구를 만족하면서 전력 품질을 향상시킬 수 있어 근래에 상당히 주목받고 있다. 당사에서는 5Mvar급 STATCOM(STATIC synchronization COMPensator)을 MMC 형태로 제작하였다. 1개의 Cell 제어기는 6대의 Power Module의 제어와 보호를 담당하여 DC 전압을 센싱하여야 한다. 본 논문에서는 제안한 SPI(Serial Peripheral Interface) 통신을 이용하여 Power Module을 제어하기 위해 DC 센싱 방법에 대해 설명한다.

1. 서 론

MMC의 제어시스템은 하나의 Main 제어기와 다수의 Cell 제어기, FPGA 보드 등으로 구성되어 있다. Controller 간의 상호 정보를 교환하기 위해 eCAN 통신을 이용하였고, Power Module의 스위칭을 위한 보드는 Power Module 각각에 연결되어 있으며, Cell 제어기와는 절연을 위해 광신호로 연결하였다. Power Module의 제어와 보호를 위해 제어신호를 광신호로 전송하였으며^[1], DC 전압 및 Stack온도를 측정하기 위해 본 논문에서는 개발한 SPI 통신 방법에 대해 설명하고 적용 방법에 대해 설명한다.

2. 본 론

2.1 SPI의 개요 및 동작

SPI 통신은 Motorola에 의해 개발된 전이중(Full Duplex)통신이 가능한 동기 통신이며, 다른 통신보다 단순하고 우수한 성능으로 선호도가 높은 편이다.

SPI 통신의 동작 방법은 다음과 같다. 처음 SS(Slave Select)를 Low신호로 출력하여 Slave를 선택하여 활성화한다. 다음으로 SCLK(Serial Clock)를 제공하여 동기화하고 이 클럭에 MOSI(Master Out Slave In)나 MISO(Master In Slave Out)핀으로 데이터를 송수신하여 통신을 할 수 있는 프로토콜이다.

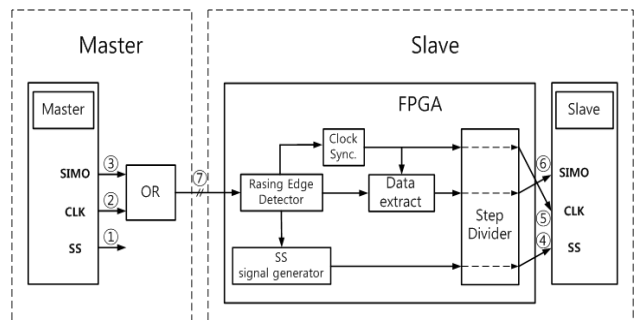


그림 1 제안한 방식의 SPI 통신 블록도

2.2 제안한 방식의 SPI의 동작

본 논문의 SPI 통신의 블록도는 그림 1과 같으며, 통신 방법은 다음과 같다. Master에서 출력한 SIMO와 CLK을 OR회로로 거쳐 데이터를 전송한다. OR로 신호를 압축함으로써 Clock신호 0/1 교번 신호에 Data를 삽입하기 위함이다. Clock신호는 1bps마다 0/1로 교번하지만 실제 SPI 통신 Data는 2bps동안 하나의 값을 유지 하므로 OR을 이용하여 Clock과 Data를 반복적으로 전송할 수 있다.

Slave측에서는 데이터를 입력받아 Rasing Edge Detector로 첫 번째 신호를 감지한다. 신호를 감지 한 후 SS 신호를 생성하고(Low) 첫 번째 신호와 Clock과의 동기를 맞춘다. 동기화된 Clock신호는 입력된 직렬 데이터에서 Clock 신호를 무시하고 데이터 신호만 추출할 수 있도록 데이터 추출회로를 거쳐 데이터를 추출한다. 이렇게 추출된 SS, Clock, Data 신호는 Slave 칩에 입력하여 SPI 통신을 할 수 있도록 한다. 채널이 나눠져 있다면 Step Divider를 통해 각 신호를 채널 별로 구분되도록 16bit마다 구분되도록 지연하여 출력한다.

그림 2는 제안한 SPI 통신방식의 시뮬레이션 파형이며, 그림 1에서 표기된 숫자와 동일하게 Master 측의 SS(1), SCLK(2), MOSI(3) 출력 신호와 Slave 측의 SS(5), SCLK(6), MOSI(7) 출력 신호, Master와 Slave간의 전송 신호(4)를 나타낸 파형이다. Master 측의 SCLK(2)와 MOSI(3) 신호를 압축하여 출력한 신호는 (4)와 같다. 출력된 (4) 신호는 Slave측으로 입력되고 입력된 신호를 감지하고 분해하여 Slave 측의 SS(5), SCLK(6), MOSI(7) 신호를 출력하여 SPI Slave Chip에 입력하여 사용할 수 있다.

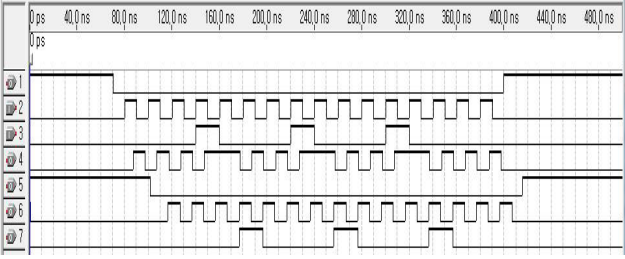


그림 2 제안한 방식의 SPI 통신 시뮬레이션 파형

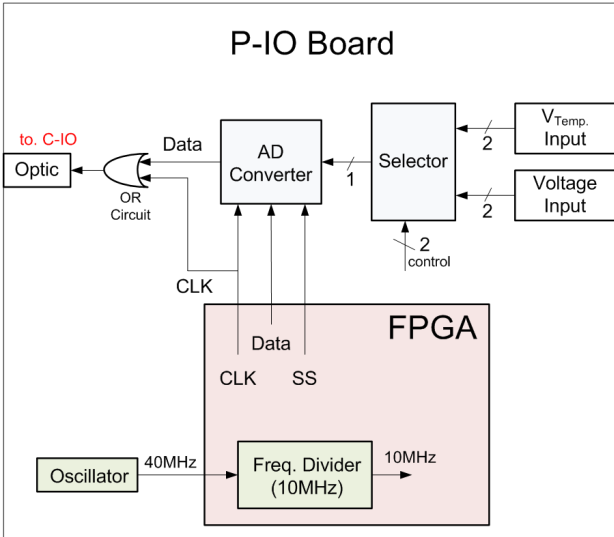


그림 3 Power Module 측 I/O 보드 블록도

2.3 개발한 SPI 방식을 이용한 MMC 시스템의 Power Module DC 센싱 방법

그림 3은 DC 센싱부만 표현한 Power Module 측 I/O 보드(P IO)의 블록도이다. 한 그룹인 6대의 Power Module이 각각 P IO 보드와 연결되고 6대의 P IO 보드는 1대의 Controller 측 I/O 보드(C IO)와 연결된다. P IO 보드에서는 DC 전압과 온도 전압을 입력받아 Selector를 통과하여 한가지 전압만 출력한다. 출력된 전압은 ADC 칩(SPI 통신용)으로 입력되어 SPI 통신 데이터로 출력된다. ADC 칩에서 SPI 통신 데이터를 출력하기 위한 기본 신호는 FPGA에서 생성하여 입력한다. 출력된 데이터 신호와 Clock 신호는 OR회로를 거쳐 광신호로 변환되어 C IO 보드로 출력한다. 그림 4는 본 논문에서 제안한 방식의 C IO 보드 블록도이다. C IO 보드는 P IO 보드로부터 입력받은 데이터를 FPGA에 입력하여 제안한 SPI 통신 방법을 이용해 SPI 통신 신호를 생성한다. 출력된 신호는 Cell 제어기의 DSP로 입력되어 Power Module의 전압 및 Stack 온도를 입력하여 제어 및 보호에 사용한다. 1대의 C IO 보드는 6대의 P IO 보드와 연결되어 있으므로 각 채널별로 데이터를 순차적으로 전송한다.

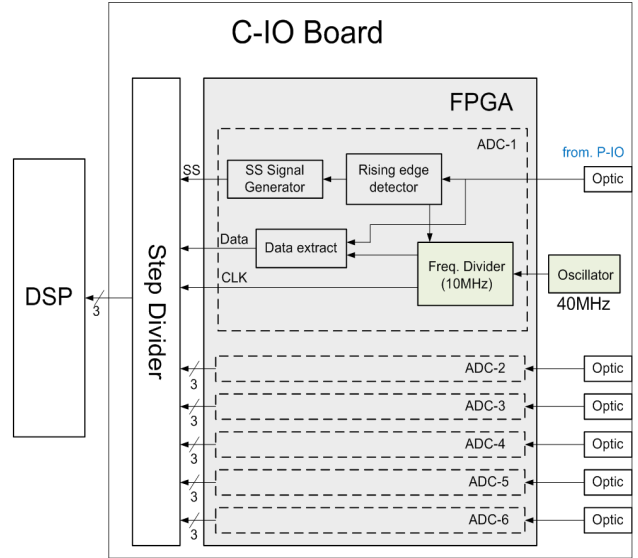


그림 4 Controller 측 I/O 보드 블록도

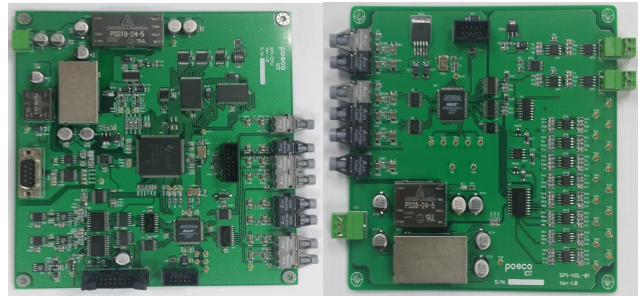


그림 5 설계 제작된 C IO(좌), P IO(우) 보드

그림 5는 본 논문에서 제안한 방식의 SPI 통신을 검증하기 위해 제작된 C IO, P IO 보드이다.

3. 결론

본 논문은 당사에서 개발한 5MW급 MMC의 제어 시스템에서 1선의 SPI 통신을 이용한 방법으로 Power Module의 전압 센싱방법에 대해 기술하였다. 본 논문의 방법을 SPI 통신을 사용하는 분야에 적용할 경우 정확도 높은 계측을 할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] Jong Hak Lee, Yun Hyun Kim, Tae Hyeong Kim, Byung Ki Kwon, "Power Module Synchronization Method of the Modular Multilevel Converter System using CAN communication", KIPE, 2013, July.