

CAN 통신을 이용한 MMC 시스템의 Power Module 동기화 방법

이종학, 김윤현, 김태형, 권병기
(주)포스코 ICT

Power Module Synchronization Method of the Modular Multilevel Converter System using CAN communication

Jong Hak Lee, Yun Hyun Kim, Tae Hyeong 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 만족 하면서 전력 품질을 향상시킬 수 있어 근래에 상당히 주목받고 있다. 당사에서는 5Mvar급 STATCOM(STATIC synchronous COMPensator)을 MMC 형태로 제작하였다. 제작된 5Mvar급 STATCOM은 한 상당 12대의 Power Module로 구성하여 25 Level로 제작되었다. 제어시스템은 DSP(Digital Signal Processor)를 이용하였으며, 하나의 Main Controller와 다수의 Cell Controller, FPGA 보드 등으로 구성되어 있다. Controller 간의 상호 정보를 교환하기 위해 CAN 통신을 이용하였고, Power Module의 스위칭을 위한 보드는 각각에 연결되어 있으며, Cell Controller보드와는 절연을 위해 광신호로 연결하였다. 본 논문에서는 MMC 시스템의 제어기간 CAN 통신인터페이스와 Power Module의 PWM 동기화에 대해 설명을 하였다.

1. 서 론

당사에서 개발된 STATCOM의 구조는 MMC(Modular Multilevel Converter)이며, 각 상은 독립적인 직류전원을 가지며 H Bridge Inverter(HBI) 구조의 Power Module들이 직렬로 구성되어 있다. 여러 개의 Power Module을 직렬로 연결한 MMC는 고압화과 대용량화가 용이하고 출력전압의 고조파 특성이 우수한 장점이 있는 반면, 제어시스템이 복잡하고 제어가 어려운 단점을 지니고 있다.^[1] 본 논문에서는 복잡한 제어시스템을 CAN 통신을 이용하여 대용량화가 용이하게 설계하였으며, MMC 시스템의 제어기간 CAN 통신인터페이스에 대한 설명과 Power Module의 PWM 동기화 및 위상제어 방법에 대한 설명을 하였다.

2. 본 론

2.1 제어 시스템 구성

제어 시스템은 기능별로 크게 Main / Cell Controller으로 나눌 수 있다. Main Controller는 1대로 구성되어 있으며 전력 계통에 대한 무효전력보상, 계통 전압제어, 불평형보상 등과 같이 STATCOM의 전체 제어를 담당한다. Cell Controller 1대는 최대 6개의 Power Module로 그룹화가 가능하며, Cell

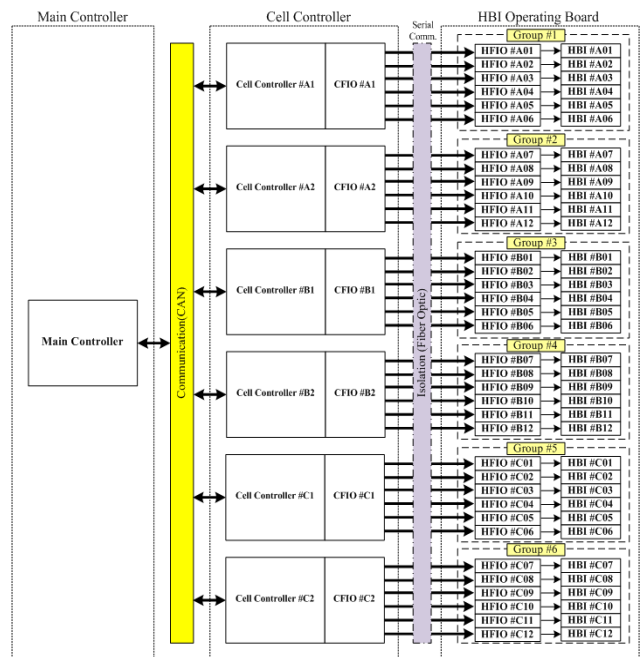


그림 1 MMC 제어시스템 구성

Controller와 연결되어 있는 Power Module의 제어와 보호를 담당한다. Main / Cell Controller 간의 상호 정보를 교환하기 위해 CAN 통신을 이용하였다. 전체 제어시스템의 구성은 그림 1과 같다.

2.2 Power Module PWM 동기화 및 위상제어 방법 및 구현 방법

Main Controller는 CAN 통신을 이용하여 각 상별로 동기를 맞춰 3상의 전압 기준값을 Cell Controller로 데이터를 전송한다. Cell Controller에서는 센싱된 Power Module의 전압과 CAN 통신으로 전송받은 각 상의 전압 기준값을 이용하여 PWM 신호를 만든다.

표 1에서는 Main / Cell Controller 간의 송수신 데이터의 정보를 나타낸다. Main Controller에서 Cell Controller로 데이터가 송수신 되는 CAN 통신 주기는 2ms이며 전압 지령치는 동시에 CAN 통신을 이용해 전송된다. Main Controller에서 전송한 CAN 통신 데이터는 Cell Controller CAN 통신 수신 인터럽트 신호를 발생시키고 Cell Controller 인터럽트가 발생하면 PWM 발생을 위한 동기화를 진행한다.

표 1 Main / Cell 간 CAN 통신 송수신 데이터

Main => Cell	Cell => Main
1. Sequence Command (Run/Stop)	1. DC Voltage
2. Voltage Reference	2. Sequence Status
3. Current Reference	3. Fault Status
4. DC Average Voltage	
5. Fault Status	

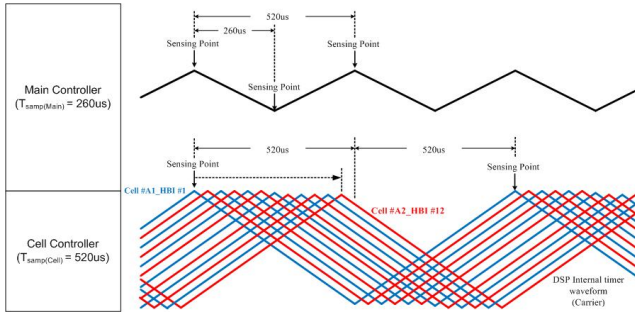


그림 2 CAN 통신을 이용한 12Layer Power Module PWM 위상 지연

그림 2는 CAN 통신 인터럽트를 이용한 12Layer Power Module의 PWM 동기화 및 위상전이 방법에 관한 것이다. Main / Cell Controller의 각 Carrier의 Bottom과 Top에서 Sensing을 한다. 이 Sensing Point를 Main / Cell Controller에서 동일하게 맞추지 않으면 스위칭 시점의 오차로 출력전압의 THD가 증가하게 된다. 따라서 Main / Cell Controller의 Sensing Point를 맞추기 위해 Cell Controller에서 CAN 통신 수신 인터럽트 발생시 CAN 통신의 전송 속도 및 데이터를 고려한 Carrier 설정 값에 맞도록 PWM 발생을 위해 내부 타이머와 설정 타이머값과 비교하여 오차만큼 일정 값씩 변경시켜 맞춘다.

각 Layer의 Cell Controller는 CAN 통신 수신 인터럽트 발생시점을 기준으로 정하고 첫 번째 Layer에서는 위상 전이 없이 PWM을 만들고, 두 번째 Layer부터 제어기 내부 타이머를 이용하여 위상전이를 제어한다. Power module의 위상제어는 전체 시스템의 Power Module의 개수, Cell Controller 위치 정보를 이용하여 각 Power Module을 N Layer라 할 때 (N 1)/12 만큼의 PWM 위상을 지연시킨 후 출력한다.

그림 3은 Power Module 구동을 위한 CF IO / HF IO Board 간의 데이터 송수신 블록도이다. Cell Controller측의 전송 데이터는 PWM을 위한 각 스위칭 소자의 Top에 해당하는 PWM 파형, PWM On/Off 제어 신호, DC 전압 및 IGBT Stack 온도 전압 측정을 위한 ADC(Analog to Digital Converter) 선택 제어 신호이다. Power Module측의 전송 데이터는 DC 전압 및 IGBT Stack 온도 전압이다.

Cell Controller에서 각 Power Module을 스위칭하기 위한 신호와 PWM On/Off 제어 신호, ADC 제어 신호가 출력되어 CF IO B/D의 FPGA에 입력된다. FPGA에서는 각 신호들을 직렬로 변환하여 출력한다. 이 직렬신호는 CF IO B/D의 FPGA에서 출력하여 광신호로 변환되고 광케이블을 통해 HF IO B/D로 전송된다. HF IO B/D의 FPGA에서는 입력된 직렬신호의 동기 신호를 검출하여 동기를 맞춘 후 직렬 신호를 병렬신호로 변환하고 Power Module 각 Leg Top 신호를 반전하여 Bottom의 신호를 생성한다. 생성된 PWM 신호는 스위칭

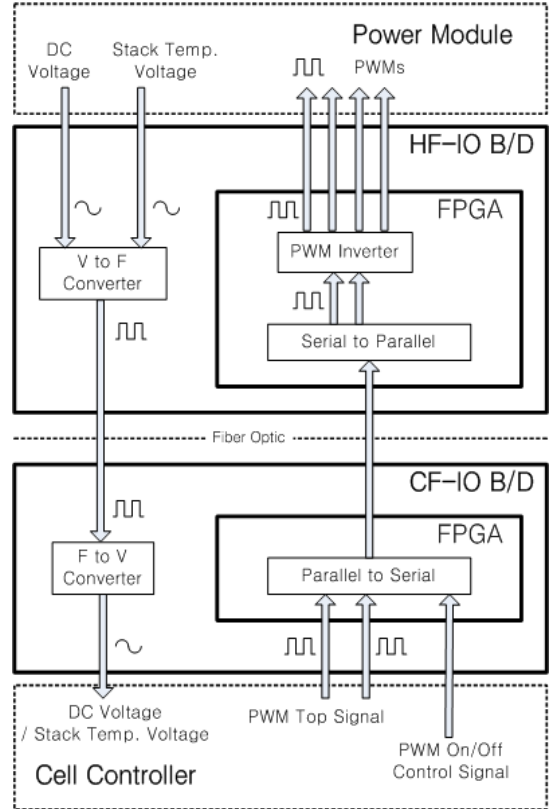


그림 3 CF IO / HF IO B/D 간의 데이터 송수신 블록도

On/Off 제어 신호에 의해 출력이 가능하며, 출력된 신호는 Power Module 측의 Gating B/D로 전송되어 스위칭 할 수 있도록 전송된다.

Power Module 측에서는 제어를 위한 DC 전압과 Power Module 보호를 위한 IGBT Stack 온도 전압을 Cell Controller로 전송한다. 이는 ADC 제어 신호를 이용하여 두 전압을 교번으로 Cell Controller에 입력할 수 있도록 설계하였다. 두 전압은 ADC 제어 신호에 의해 해당 전압이 출력된다. 출력전압은 V to F Converter를 거쳐 주파수형태 변환되고 CF IO B/D로 전송된다. CF IO B/D는 다시 F to V Converter를 거쳐 원신호로(Analog) 복구하여 Cell Controller로 전송한다.

3. 결론

본 논문은 당사에서 개발한 5Mvar급 MMC 시스템의 제어 시스템에 대한 설명과 CAN 통신을 이용한 Power Module PWM 동기화 및 위상제어 방법 및 구현 방법에 대해 기술하였다. 본 논문을 통해 고압, 고용량의 MMC 시스템 개발에 적용할 경우 그룹화된 제어 시스템을 적용하여 시스템을 Compact화할 수 있으며 그룹단위의 보호 및 동작이 용이하여 확장성 향상에 도움이 된다.

참고 문헌

[1] Li Gong, Yong Kang, Jingjing Chen, Shuang He, "Phase Shifted Space Vector PWM and On time Correction DC Voltage Balancing Scheme for Cascaded H Bridge STATCOM", 8th International Conference on Power Electronics ECCE, pp. 2741 2748, 2011, May.