

# Active NPC를 적용한 계통연계형 해상 풍력 발전용 전력변환 시스템

홍석진\*, 신수철\*, 이희준\*, 최치환\*, 원충연\*, 김학성\*\*  
 성균관대학교\*, 동양미래대학교\*\*

## Grid-Connected Off-Shore Wind Power System Using 3-Level ANPC VSC (Active Neutral-Point-Clamped Voltage Source Converter)

Seok Jin Hong\*, Soo Cheol Shin, Hee Jun Lee\*, Chi Hwan Choi, Chung Yuen Won\*,  
 Hack Seong Kim\*\*  
 Sungkyunkwan University\*, Dongyang Mirae University\*\*

### ABSTRACT

해상 풍력 발전은 가장 유망한 재생 에너지원의 하나이며, 육상 풍력 발전보다 풍력이 강력하고 일정하여 장시간 고출력 발생이 가능하다. 또한 소음, 공간적 한계, 경관훼손 등 기존 육상 풍력 발전의 단점을 보완하고 초대형 단지조성이 가능한 장점이 있다. 초대형 해상풍력단지에는 일반적으로 MW급의 해상풍력발전기가 사용된다. 본 논문에서는 MW급의 해상 풍력 발전기에 ANPC(Active Neutral Point Clamped) Multi Level VSC(Voltage Source Converter)를 적용하여 Back to Back으로 구성된 시스템을 제안하고 계통연계형 풍력 발전 시스템을 모의한 시뮬레이션을 통하여 제안된 시스템의 성능을 검증한다.

### 1. 서 론

최근 친환경적인 에너지원의 개발이 활발해지면서 풍력발전 에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 해상풍력은 육상 풍력 발전에 비하여 풍력이 더 강력하고 일정해서 장시간 고출력 발생이 가능하나 과도한 설치비용과 설치공간의 제약, 유지보수의 어려움이 있어 높은 신뢰성을 가지는 전력변환장치를 필요로 한다.[1] 해상 풍력 발전에는 장거리의 전력 송전이 이루어지므로 고전압을 사용한다. 그러므로 MW급 대용량 풍력발전에는 소자 정격 등의 한계가 있어 전력변환장치를 Multi Level로 구성하여 사용한다. 본 논문에서는 ANPC를 Back to Back으로 구성하여 계통연계형 해상풍력발전기에 적용한 시스템을 소개한다.[2] 이러한 구성은 NPC, Cascade, NPP VSC등에 비하여 소자에 인가되는 전압스트레스를 낮출 수 있고, Loss Balancing 등이 가능한 장점이 있다.

### 2. 제안하는 풍력발전용 전력변환 시스템

#### 2.1 ANPC를 적용한 풍력발전 시스템

그림 1은 ANPC VSC, VSI를 각각 계통과 PMSG에 적용하여 Back to Back으로 구성된 풍력 발전 시스템의 전체 구성도이다. Back to Back으로 구성된 ANPC는 DC링크를 공유하며 PMSG측의 ANPC는 인버터로서 PMSG의 토크제어를 수행하고 계통측의 ANPC는 AC/DC 컨버터로서 DC링크 전압을 일정하게 제어하면서 PLL을 수행하여 PMSG에서 발전된 에너지를 계통측으로 회생한다. 그림 1의 구성도에서 계통측으로 전달되는 리플을 저감하기 위하여 LCL필터를 적용하였다.[3]

#### 2.2 제어 알고리즘

각각의 ANPC VSC, VSI는 그림 2, 3과 같은 제어알고리즘을 통하여 제어된다.

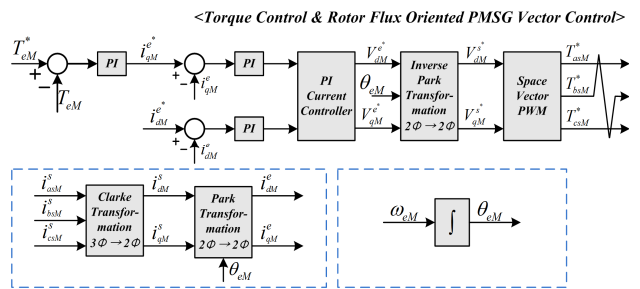


그림 2. PMSG측 ANPC 인버터의 제어블록도  
 Fig 2. Control Block of PMSG Side ANPC Inverter

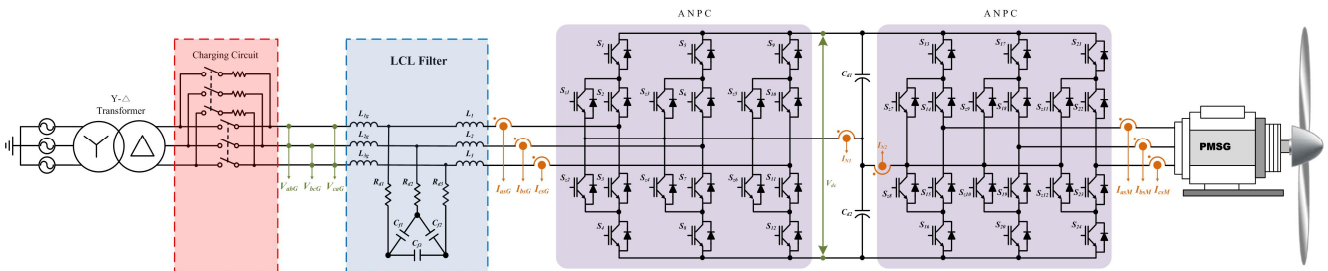


그림 1. Back-to-Back으로 구성된 ANPC 풍력발전 시스템  
 Fig 1. Wind Power System Using ANPC Consist of Back-to-Back

PMSG측 ANPC는 그림 2의 제어알고리즘을 통하여 PMSG로부터 발전된 에너지를 DC링크로 전달한다. 발전기에서 에너지 회생을 위하여 토크 지령은 역토크로 인가되고, 일정한 속도로 회전하는 회전자(바람)에서 역토크의 지령을 인가하였을 때 발전된 에너지가 DC링크측 전압을 상승시킨다.

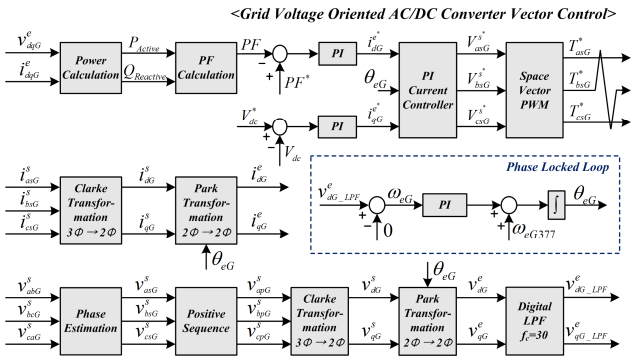


그림 3. 계통측 ANPC AC/DC 컨버터의 제어블록도  
Fig 3. Control Block of Grid Side ANPC AC/DC Converter

계통측 ANPC는 그림 3의 제어알고리즘을 통하여 DC링크의 전압을 유지한다. PMSG에서 발전된 에너지는 본래 DC링크의 전압을 상승시키지만, DC링크 전압을 일정하게 유지하는 계통측 ANPC로 인하여 계통으로 회생된다.

## 2.4 ANPC Back-to-Back 구성 시뮬레이션

표 1은 전체시스템의 파라미터이다. 표 1의 파라미터를 시뮬레이션 회로에 적용하여 전체 시스템의 동작을 확인하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation Parameter

Parameter	값	Parameter	값		
입력전압 ( $V_{LL}$ )	380 [V]	속도부하	190 [rpm]		
입력주파수	60 [Hz]	P M S G	$R_s$	0.466 [ $\Omega$ ]	
DC링크 전압	650 [V]		$L_d$	0.012975 [H]	
LCL 필터	$L_g$		500 [ $\mu$ H]	$L_q$	0.012975 [H]
	$C_f$		10 [ $\mu$ F]	극수	24 [pole]
	$L$	1100 [ $\mu$ F]	$T_{MAX}$	670 [N · m]	

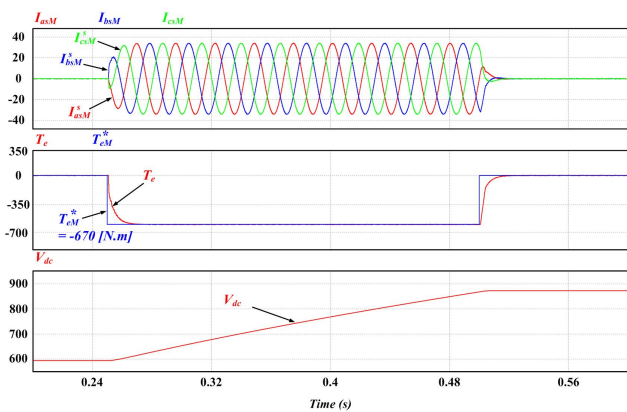


그림 4. ANPC를 이용한 PMSG 제어 시뮬레이션 결과  
Fig 4. Simulation Result of PMSG Control Using ANPC

그림 4는 PMSG측의 ANPC만 구동한 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 역토크의 지령을 주었을 때 일정한 속도로 회전하고 있는 PMSG에서 발전된 에너지에 의하여 DC링크의 전압이 상승하는 것을 확인할 수 있다.

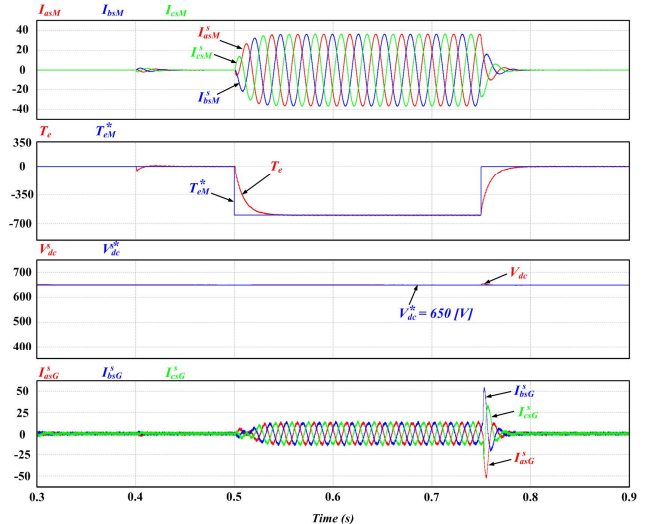


그림 5. Back-to-Back 시스템 시뮬레이션 결과  
Fig 5. Simulation Result of Back-to-Back System

그림 5는 Back to Back으로 구성된 ANPC의 시뮬레이션 결과이다. 그림 4와는 달리 PMSG로부터 발전된 에너지는 DC 링크 전압을 일정하게 제어하는 계통측 ANPC에 의하여 계통으로 회생된다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 ANPC를 계통연계형 해상풍력발전기에 적용한 시스템을 제안하였다. PMSG로부터 발전된 에너지를 계통측에 회생하는 시스템을 모의한 시뮬레이션을 통하여 시스템의 성능을 검증하였다. 이와 같이 구성된 시스템을 통하여 대용량의 해상 풍력 발전기에 ANPC VSC 시스템을 적용할 수 있는 가능성을 검증하였다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 삼성중공업(2012T00100064)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 나도백, 신호순, 나덕주, “해상풍력(Offshore Wind Power) 기술동향”, Journal of Energy Engineering, Vol. 20, No. 2., pp. 143-153. 2011, June.
- [2] Osman S. Senturk, Lars Helle, Stig Munk Nielsen, Pedro Rodriguez, Remus Teodorescu, “Power Capability Investigation Based on Electrothermal Models of Press Pack IGBT Three Level NPC and ANPC VSCs for Multimegawatt Wind Turbines”, IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 27, NO. 7, 2012, July
- [3] Marco Liserre, Frede Blaabjerg, Steffan Hansen. “Design and Control of LCL Filter Based Three Phase Active Rectifier”. IEEE Transaction On Industry Applications, Vol. 41, NO. 5, 2005, September/October.