

풍력단지 적용을 위한 1MVA STATCOM 개발

정홍주, 신현진, 여상민, 박정수, 이정민, 서인영
(주)효성

Development of 1MVA STATCOM for Wind Farm

HongJu Jung, HyunJin Shin, SangMin Yeo, JungSoo Park, JeongMin Lee, InYoung Suh
Hyosung Corporation

ABSTRACT

다양한 신재생에너지의 발전원 확보를 위해서는 발전원의 출력 안정화가 필수적으로 수반되어야 한다. 본 논문은 다양한 신재생에너지 발전원의 안정화를 위한 핵심기기 중 하나인 STATCOM의 설계 및 제작에 관한 내용이다.

개발 진행 중인 1MVA STATCOM은 제주도 행원 풍력발전의 전력품질을 개선하기 위해 설치될 예정으로 3-Level 인버터로 구성된 Stack과 LC 필터 그리고 변압기와 수배전반으로 구성되어 있다.

1. 서론

산업 고도화로 전력소비가 증가하고 온실가스 배출증가에 따른 환경 문제의 이슈로 세계적으로 풍력과 태양광 등의 신재생에너지의 확대보급에 대한 투자가 많이 이루어지고 있다. 하지만 신재생에너지원의 보급 확대를 증대시키기 위해서는 우선적으로 신재생에너지원들이 증가로 인하여 기존의 전력회로에 전력품질을 저해하는 요소가 없어야 한다.

신재생에너지원 중에서 경제성 확보가 우수한 것으로 고려되는 풍력은 지역 및 기후 특성에 따른 출력 예측이 어렵고 심한 출력변동을 가진 특성으로 연계계통의 안정적 운영에 영향을 미치고 있으며 이에따른 이슈가 많이 제기 되고 있다. 또한 이러한 전력품질 저하문제를 방지하기 위해 세계 각국의 전력회사는 계통운영 여건에 적합한 계통연계 기준(Grid Code)를 제정하여 운영하고 있는 실정이다.

따라서 출력변동이 심한 발전출력의 전력품질 개선을 위한 해결책의 하나로 풍력발전 단지에 STATCOM을 설치하여 발전출력이 일정하지 못한 출력특성을 안정화 하는 방법이 거론되었다. 국내에서는 이러한 움직임에 발맞추어 스마트 그리드 실증사업의 하나로 1MVA급 STATCOM을 제주도 행원풍력발전 단지에 설치하여 그 동작특성을 파악하고 적정 보상용량을 산출하기 위한 기초 연구 과제가 수행되게 되었다. 본 논문에서는 이 STATCOM의 제작을 위한 설계에 대한 내용을 정리한 것이다.

2. 1MVA STATCOM 구성 및 설계

2.1 1MVA급 STATCOM 구성 및 사양

제주 실증단지에 설치되는 1MVA STATCOM은 운전 형태

및 출력사양을 고려하여 그림 1과 같이 크게 제어부, 인버터부, 배전부로 구성된다. 제어부는 STATCOM의 각 부분에서 검출된 전압 및 전류신호와 고장신호를 바탕으로 계통 전원의 보상과 시스템의 보호기능을 수행한다. 또한 제어부에는 운전 중 수집된 정보를 상위기에 전송하고 상위기기의 지령을 받아 제어를 수행하는 통신 부분이 포함되어 있다. 인버터부는 고압운전 특성과 고조파 특성을 고려하여 3-Level 인버터 Stack과 고조파 제거를 위한 L-C 필터로 구성된다. 배전부는 인버터에서 출력되는 전원을 상용 계통인 고압 22.9kV에 연계하기 위한 변압기 및 VCB패널 혹은 CGIS패널로 구성된다.

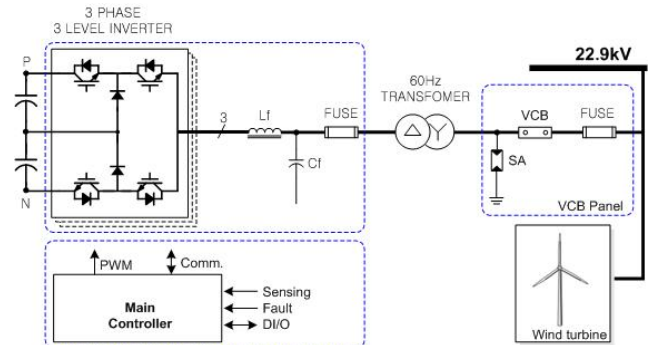


그림 1 1MVA STATCOM 구성

1MVA급 STATCOM의 개발 sepc.은 표 1에 나타내었다.

표 1 1MVA STATCOM 사양
Table 1 Specification of the STATCOM

항목	상세사양	
정격 용량	± 1MVA	
인버터	전압	900V
	전류	640A
주변압기	결선	Δ-Y
	전압	900V-22.9kV

2.2 1MVA급 STATCOM 설계

본 절에서는 1MVA STATCOM의 설계 내용에 대해서 기술한다.

2.2.1 전력용 반도체 소자 설계

1MVA STATCOM의 DC-Link전압은 향후 용량 증대의 편

이성을 고려하여 $\pm 1,000V$ 로 결정하였다. 그리고 결정된 DC-Link 전압과 정격 운전에서의 소자 손실을 고려하여 전력용 반도체 소자를 선정하였다. 소자 손실을 예측하기 위해 시뮬레이션 모델을 구성하고 그 시뮬레이션 결과와 전력용 반도체 업체에서 제공하는 data와 비교하여 검증하였다. 그림 2.1은 소자 손실을 검토하기 위해 실시한 시뮬레이션 블록도를 나타낸 것이다.

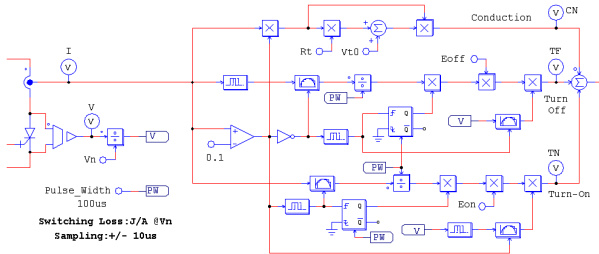


그림 2.1 전력용 반도체 소자손실 검토 시뮬레이션 블록도 위의 소자 손실 검증용 시뮬레이션을 통하여 본 시스템에서는 1700V, 1200A급 IGBT 소자가 적정하다고 판단하였다.

2.2.2 변압기 설계

본 시스템에 적용하기 위한 변압기의 변압비를 선정하기 위해 먼저 DC-Link 전압으로부터 변압기로의 전압 감소 항목을 검토하였다. 또한 PWM을 어떻게 적용하는지에 대해서도 검토하였다. STATCOM은 3상 대칭의 무효전력을 공급하는 것이 기본 기능이나 향후 계통의 unbalance 제어 가능성을 고려하여 SPWM을 적용하도록 하였으며 STATCOM의 동작특성을 고려하여 필터 리액터에서의 전압 drop은 임피던스에 비례하여 발생한다고 고려하였다. 또한 스위칭 손실로 인한 전압 drop을 고려하였다. 이러한 세 가지를 고려하여 변압기의 2차측 전압을 900V로 선정하였다. 따라서 변압기의 변압비는 계통(고압)측은 22.9kV, 인버터(저압)측은 900V로 선정하였으며, Y(고압)-Del(저압)으로 설계하였다. 또한 누설 임피던스를 어느 정도(정격 임피던스의 5~6%) 허용하여 필터링 효과를 얻을 수 있게 설계하였다.

2.2.3 필터 및 DC-Link 커패시터 설계

일반적으로 대용량 STATCOM은 필터 리액터나 변압의 phase shift 방식으로 필터의 크기를 최소화 한다. 하지만 본 시스템에서는 L-C-L(변압기)필터를 적용하여 스위칭 노이즈를 최소화 하려고 하였다.

변압기의 2차측(저압)의 선간 전압은 900V이므로 상전압은 520V가 된다. 1MVA 기준으로 전류가 642A미르로 Per Unit 임피던스는 0.81 Ω 이다.

PWM 인버터에 적용되는 필터 리액터의 임피던스는 일반적으로 5~25%정도로 선정하며 STATCOM과 같이 전압 drop이 심한 경우는 약 5~10%의 임피던스를 선정한다. 본 시스템에서는 리액터에서의 임피던스를 10%로 선정하였으며 이 경우 리액터 값은 0.21mH가 된다.

본 시스템의 스위칭 주파수는 기본과 주파수의 3배수이면서 흡수인 39차를 선정하였으며 이 경우 스위칭 주파수는 2,340Hz가 된다. 이를 바탕으로 cut-off frequency를 고려하여 적용 가능한 필터 커패시터 범위를 선정하고 필터 특성을 고려하여 본 시스템에 적합한 커패시터 값을 선정하게 된다.

상위에서 서술한 내용과 시뮬레이션검토 결과 본 시스템에 적용 가능한 필터 커패시터는 100uF(단상 등가회로로 해석)로 결정하였다.

DC-Link 커패시터는 STATCOM의 동작특성상 유효전력을 공급하지 않으므로 용량이 클 필요가 없다. 하지만 IGBT 및 시스템의 손실로 인하여 커패시터가 충분히 크지 않으면 DC-Link 전압이 불안정해 질 수 있으므로 이를 고려하여 커패시터 용량을 선정하였다. 본 시스템에서는 시스템 손실을 최대 5%로 가정하여 반주기 동안 DC-Link 전압 drop이 10% 이내로 유지할 수 있는 조건으로 설계하였다.

2.2.4 제어기 설계 및 제작

제어기는 STATCOM의 각 부분에서 검출된 신호를 이용하여 시스템 보호 및 보상기능을 수행하며 크게 DSP 메인 보드와 PWM출력을 위한 OPTIC보드 그리고 전압 및 전류의 센싱을 위한 아날로그 보드와 디지털 입/출력 보드로 구성되어 있다. DSP 메인보드에 탑재된 DSP 칩으로는 TI사의 TMS320F28335를 적용하여 3-Level 인버터의 IGBT구동에 적합한 12개의 PWM신호를 DSP내부에서 생성할 수 있게 구현하였다. 그림 2.2는 DSP 보드 구성을 나타낸 블록도를 나타낸 것이다.

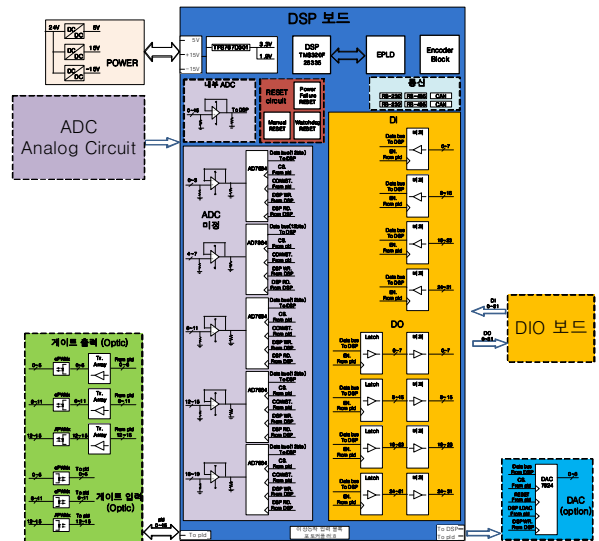


그림 2.2 DSP 보드 구성 블록도

3. 결론

본 논문에서는 제주도 풍력단지에 연결하여 풍력발전기의 불안정한 발전출력을 안정 시키기 위한 1MVA급 STATCOM의 개발을 위한 설계내용을 설명한 것이다. 향후 이러한 설계를 바탕으로 단위기기를 제작하고 실증을 통하여 STATCOM의 운전 성능을 확인해 볼 예정이다.

참고 문헌

- [1] N. G. Hingorani, L. Gyugyi, Understanding FACTS, IEEE PRESS, 2000.
- [2] C Hochgraf, Robert & H. Lasseter. "STATCOM Controls for Operation with Unbalanced Voltage" IEEE Trans. Power Del., vol. 13, no. 2, pp. 538 - 544, Apr. 1998.