

PSCAD를 활용한 Multi-MW ESS의 모의시험

박아련, 이윤민, 진호상, 김희중, 조주현, 김영민
LS산전

The simulation of Multi-MW ESS using PSCAD

Ah Ryeon Park, Yoon min Lee, Ho Sang Jin, Hee Jung Kim, Joohyun Cho, Young Min Kim
LSIS

ABSTRACT

수 MW 이상의 인버터 시스템을 구성하기 위해서는 다수의 인버터가 LC필터 또는 LCL필터를 통해 PCC에 연결되어 계통과 연계된다. 이처럼 시스템의 대규모화가 진행되면서, 인버터간의 특성, 다양한 구성품들의 파라미터들로 인한 순환전류, THD 및 공진주파수에 따른 제어 오류 등 문제점을 점검해 볼 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 PSCAD를 통해 향후 대용량화 되는 계통을 모델링 하여 고려해야 할 사항의 확인이 필요하다.

1. 서론

최근 분산발전 시스템은 시스템의 단가와 효율을 고려하여 수 MW에서 수십MW급으로 점점 대규모화 되는 추세이다. 수MW이상으로 인버터 시스템을 구성하기 위해서는 다수의 인버터가 다권선 변압기를 통해 병렬 연결되어 계통과 연계된다. 인버터의 병렬운전은 인버터간의 특성 및 선로임피던스의 차이로 인해 공진 등의 문제를 야기 할 수 있다.

본 논문에서는 수 MW급 분산전원이 포함된 가상의 계통을 PSCAD로 모델링 하여 예상되는 문제점과 안정성에 대해 점검해 본다.

2. 모델링 파라미터 구성

2.1 가상의 계통 모델 구성

아래의 그림 1은 가상으로 모델링 하기 위한 전력계통도 등가 모델이다. 그림에서 보는 것과 같이 하나의 컨테이너 안에 3대의 ESS가 4권선 변압기를 통해 계통과 연계되어 있는 상황을 모의 하였다. 사실성을 더하기 위해, 선로 거리를 각각의 컨테이너 마다 다르게 설정하였으며, 최종 계통과는 154kV/22.9kV의 변압기와 연계된다.

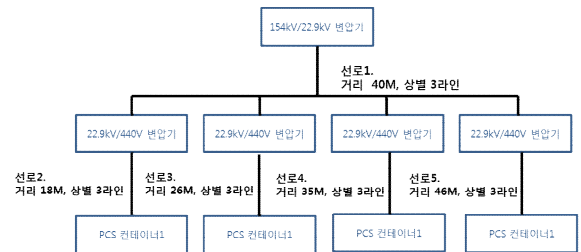


그림 1. 가상의 전력계통도 등가모델

2.2 변압기 및 선로 임피던스 설계

본 논문에서 모델링된 변압기는 154kV/22.9kV 변압기와 22.9kV/440V인 4권선 변압기로 선정하였고, 표1과 같이 실제 변압기 사양을 활용하였다.

표 1. 변압기 사양

정격 용량(MVA)	정격전압(V)	정격전류(A)	임피던스
20	154000	22900	7%
5.2	22900	131	6%

선로임피던스 또한 표 2에 나타난 것처럼 유전을 및 도선의 지름, 거리 등 실제 케이블 값으로 모의 하였다. 그림 1에서 보여지는 선로 1번부터 5번까지의 선로임피던스를 식(1), 식(2)를 통해 구할 수 있었다.

$$C = \frac{55.556\epsilon_r}{\ln(b/a)} \quad [pF / m] \quad (1)$$

$$L = 200 \ln \frac{b}{a} \quad [nH / m] \quad (2)$$

표 2. 케이블 사양

종류	외경	절연두께	최소절연저항	유전을
선로1	34[mm]	6.6[mm]	0.305[Ω/km]	3.0
선로2~5	20.5[mm]	6.6[mm]	0.0601[Ω/km]	3.0

3. PSCAD 시뮬레이션

3.1 가상의 계통 모델 구성

앞서 구한 임피던스 값과 자사 PCS 사양 정보를 이용하여

PSCAD로 가상의 전력계통도를 모델링 하였고, 그림 3에 모의 실험 결과를 나타내었다. 최종 계통으로 흘러가는 유효전력을 살펴보면 임피던스에 따른 손실이 존재하지만, 이상현상이 발견되지 않았으며 문제없이 동작 되는 것을 확인 할 수 있다.

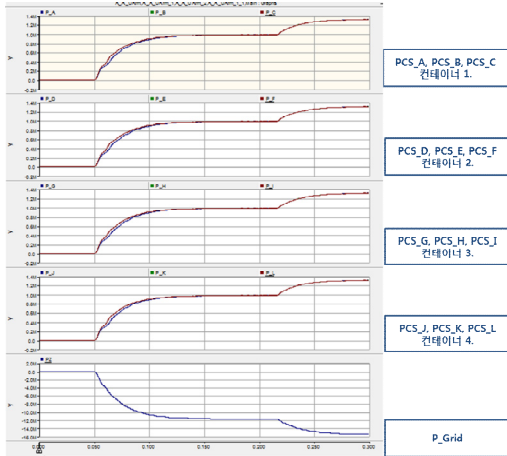


그림 2. PCS유효전력 및 계통 유효전력

3.2 대응량화 시스템 모의

인버터의 대수, 계통 임피던스가 증가함에 따라 공진주파수가 변동되기 때문에 본 논문에서는 임피던스 값을 높여 공진주파수가 계통주파수와 가깝도록 모의해 보았다. 이에 그림 3과 같이 공진의 영향으로 모든 ESS의 제어가 무너지는 현상이 발생하였고, 이는 임피던스 성분이 증가함에 따라 설계된 공진점이 제어가능 영역을 벗어남으로써 발생하는 현상으로 이에 대한 보상기법이 필요하다.

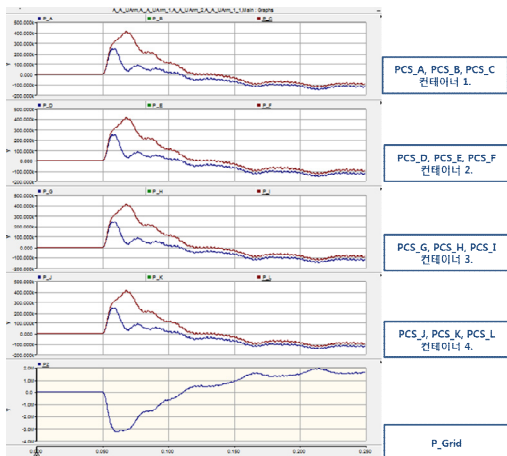


그림 3. 임피던스 추가 후 ESS 유효전력 및 계통 유효전력

따라서 본 논문에서는 여러 액티브 댐핑 방법 중 가상저항 제어기를 사용하여 문제를 해결하였다. 그림 4에 댐핑 기법을 추가한 후의 파형을 나타냈으며, 임피던스 값에 따른 공진전류를 보상 함으로써, 문제가 해결되어짐을 확인 할 수 있었다. 또한, 그림 5에서 댐핑 기법을 추가하기 전, 후의 출력전류를 나타내었으며, 두 파형의 비교를 통해 알 수 있듯이 공진 성분이 상당수 저감한 것을 알 수 있었다.

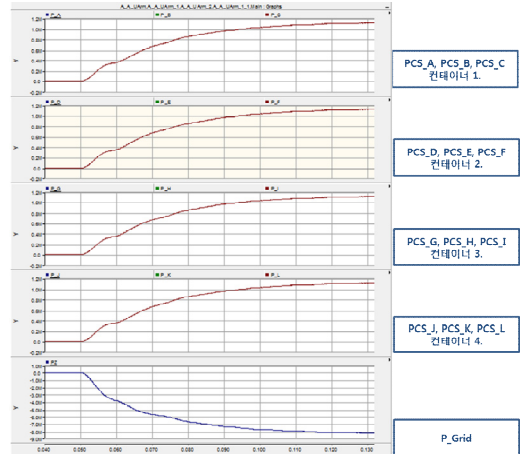
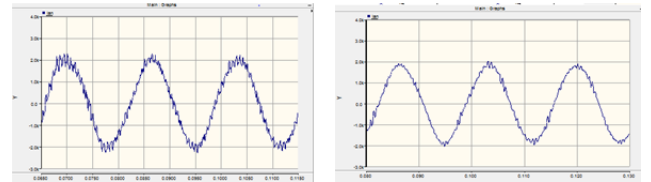


그림 4. 댐핑 기법 추가 후 PCS유효전력 및 계통 유효전력



(a) 댐핑 추가 전 출력 전류 (b) 댐핑 추가 후 출력 전류

그림 5. 댐핑 기법 추가 전, 후 출력 전류 파형

4. 결론

본 논문에서는 ESS 병렬운전에 따른 문제 발생 여부를 분석하기 위해 PSCAD로 실제 파라미터 값들을 적용한 시뮬레이션을 진행 하였다. 본 검토를 통해서 수MW급 시스템 확대를 통해 발생하는 문제점을 확인 해보았고, 그에 따른 해결책으로 댐핑 기법을 추가 함으로써 신뢰성이 증가 되는 것을 확인 할 수 있었다.

이 논문은 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (NO. 20142010103010)

참고 문헌

- [1] 김민국, 정상혁, 정세형, 최세완, & 김광섭 “ 병렬 연결된 계통연계형 인버터의 LCL 필터 공진현상 분석 및 액티브 댐핑”, 전력전자 학술대회 논문집, 2013, pp. 423-424
- [2] Y. Lei, Z. Zhao, H. He, S. Liu and L. Yin, "An improved virtual resistance damping method for grid-connected inverters with LCL filters," in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Phoenix, US, 2011, pp. 3846-3822.