

PSCAD/EMTDC를 이용한 PV 연계계통의 정상상태 해석

전진택*, 손준호*, 박현석*, 노대석*, 김동화**
 한국기술교육대학교*, 한국폴리텍6대학**

Analysis for Steady State voltage characteristic of PV Systems by Using the PSCAD/EMTDC

JinTaek Jeon*, Joonho Son*, Hyenseok Park*, Daeseok Rho*, Donghwa Kim**
 Korea University of technology and Education*, Korea Polytechnic VI**

Abstract - 최근 태양광 및 풍력과 같은 신재생에너지원을 기반으로 한 국가정책에 따라 대규모의 분산전원이 도입 운용되고 있다. 그러나 대용량 분산전원의 계통연계에 대한 기술기준 및 체계적인 선로운영 기술기준이 미흡한 상태이며 정상상태 운용에서 태양광이 배전계통에 연계시 수용가 말단에 전력품질과 고조파 문제가 발생하여 분산전원의 배전계통 전압변동 특성 해석이 필요하다. 이에 본 논문에서는 태양광 전원이 배전계통에 연계 운전시 발생하는 문제를 분석하기 위해 배전계통의 대표적인 상용소프트웨어인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링을 수행하였다. 그리고 Simulation결과와 이론적인 수식과 비교, 분석을 통해 PV의 계통연계 전압특성을 제시하였다.

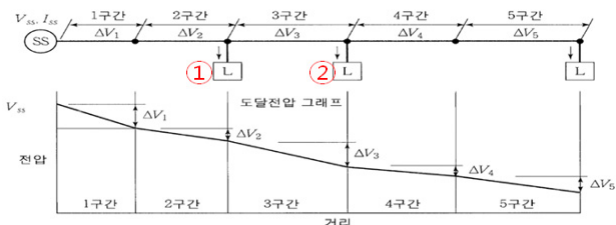
1. 서 론

유가등급과 일본 원전사태가 맞물리면서 유럽각국의 원전 추가 계획의 보류 및 수명연장 유보 움직임이 나타나 향후 전 세계적으로 청정에너지인 태양광과 풍력 등의 도입이 크게 늘어날 것으로 예상된다. 그러나 아직 국내에는 분산전원의 도입 시 배전계통에 끼치는 영향과 문제점에 대한 구체적인 분석과 평가가 없이 분산 전원의 도입과 운용이 이루어지고 있어서 배전계통에 전압관리나 전력품질 등의 계통 운용상 문제점이 야기 될 가능성이 높아지고 있다. 따라서 본 논문에서는 정상상태에서의 수용가 말단에 태양광(1MVA)연계시 전압문제를 이론적인 수식을 계산하고 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용하여 배전용 변전소, 선로, 태양광 발전을 모델링, Simulation결과와 이론적인 수식의 비교, 분석을 통해 정상상태의 전압특성을 분석한다.

2. 일반적인 전압강하 계산

2.1 전압강하 개념도

그림 1은 전압강하 식에 따라 배전용변전소에서 말단고객까지의 고압 배전선의 전압강하를 구하여 거리에 따른 고압배전선의 도달전압 그래프이다. 이를 바탕으로 1,2구간의 해석은 각각 말단집중부하는 ① 부하를 기준으로 유효전력에 대한 부하전류를 산출하며 평등분포부하는 ①,②부하의 유/무효전류에 따른 유/출입전류를 산출한다.



<그림 1> 고압배전선의 전압강하 개념도

2.2 전압강하 계산

그림 2는 모의 배전계통 모델로 한 피터당 총 6[MW]의 정임피던스 부하와 역률 0.9를 기준으로 모의 배전계통에 연계하여 말단집중부하로 전압강하를 계산하기 위해 각 ①,②,③지점에 연계된 태양광 발전(1MVA)를 이용하여 식 (1)과 같이 유효전력을 계산한다. 그리고 부하전류는 식 (2)와 선로 임피던스는 식 (3)으로 표현된다.

$$P_{ns} = P_{ns} - P_{PV} [MVA], \tag{1}$$

$$P_n = P_{ns} \times \cos\theta [MW], Q_n = P_{ns} \times \sin\theta [MVAR]$$

$$i_{np} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta}, i_{nq} = \frac{Q_n}{\sqrt{3} \times V \times \sin\theta} \tag{2}$$

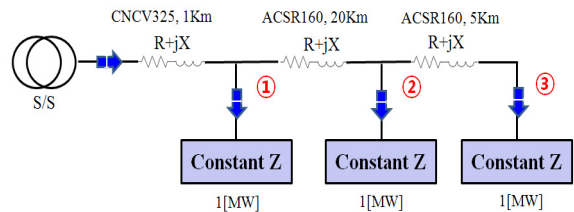
$$Z_n = (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta) \times l \tag{3}$$

여기서, P_{ns} : n지점의 전력, P_{PV} : 연계된 태양광발전전력, P_n : n지점의 유효전력, Q_n : n지점의 무효전력, Z_n : n지점의 선로 임피던스, l : 선로의 길이 [Km]

다음 식 (4)는 앞의 식들을 바탕으로 선로 전압강하 전압을 계산한다.

$$\Delta V = k \times I \times z \tag{4}$$

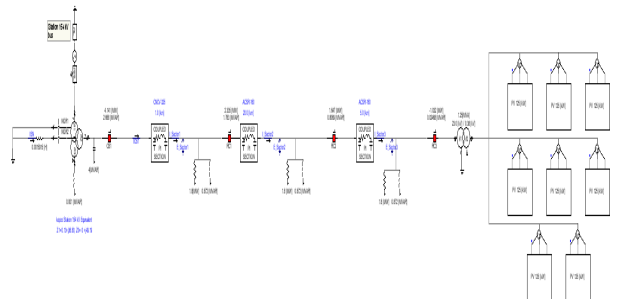
여기서, k: 전압공급방식에 따른 계수, I: 선 전류, z: 선로임피던스



<그림 2> 모의 배전계통 모델링

3. PSCAD/EMTDC 모델링

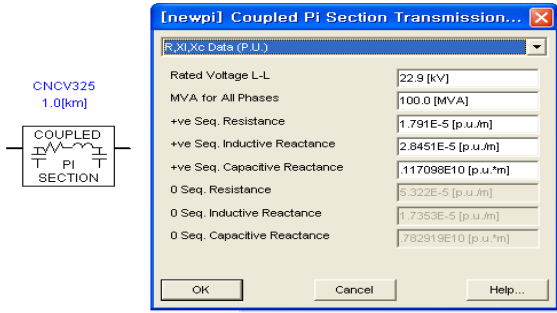
그림 3과 같이 PSCAD/EMTDC를 이용하여 말단 집중부하를 상정하여, 배전용변전소, 모의 선로, 태양광 발전을 모델링하였다.



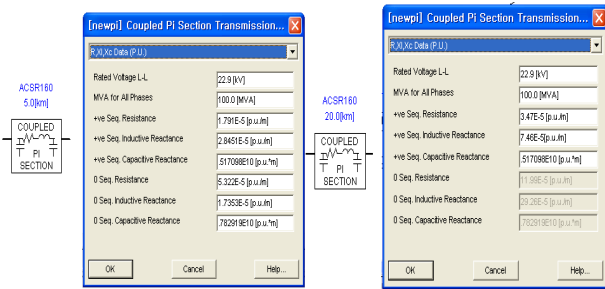
<그림 3> 배전계통 및 PV시스템 모델링

3.1 모의선로

일반적으로 사용되는 CNCV 325mm² 지중선로의 요소는 그림 4와 같고, ACSR 160mm² 가공선로는 그림 5와 같다.



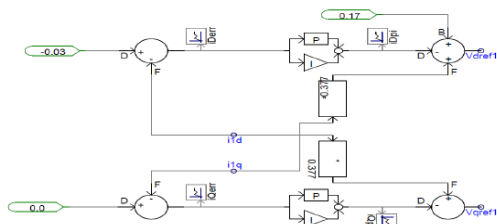
〈그림 4〉 배전선로 CNCV325 모델과 내부변수값



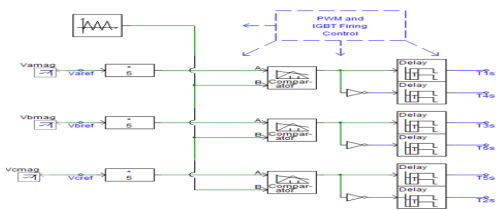
〈그림 5〉 배전선로 ACSR160 모델과 내부변수값

3.2 태양광 발전

그림 6은 dq좌표변환에 의한 출력전류 제어를 위한 비례적분제어기, 2상 3상 및 구동하기 위한 인버터의 Sinusoidal PWM방식(그림 7)을 구성하여 125KW를 병렬 조합하여 1MW의 태양광 발전을 모델링하였다. 그리고 태양광발전과 계통에는 Ygrounded- Δ 연계용 변압기를 모델링하였다.



〈그림 6〉 전류제어 블록도



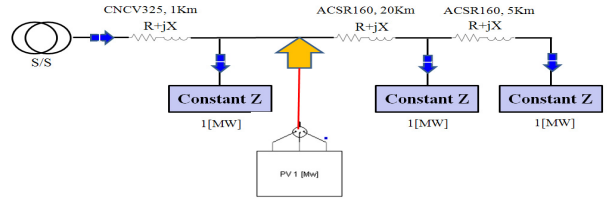
〈그림 7〉 PWM과 IGBT Control

4. 시뮬레이션 및 분석

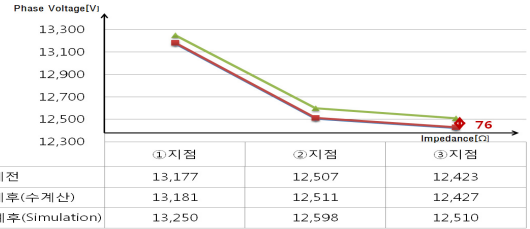
태양광발전의 계통연계 유·무에 따라 배전용변전소를 기준으로 CNCV325mm 지중선로의 1[Km]되는 지점, ACSR160mm 가공선로의 20[Km]되는 지점, 5[Km] 지점의 계통 전압 데이터를 수집하여 Case 1(변전소 직하부분 PV 연계), Case 2(선로중간 부분 PV 연계), Case 3(선로 말단부분 PV 연계) 각각 수 계산과 PSCAD/EMTDC의 데이터를 수집/분석하였다.

4.1 Case 1(변전소 직하부분 PV 연계)

태양광발전(PV 1MVA)을 변전소 직하에 연계했을 때, 그림 9와 같은 이 결과를 얻었다. 즉 PV 연계 전의 전압보다 76[V]가 상승함을 확인하였다.



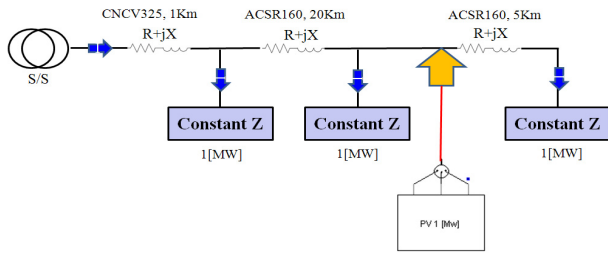
〈그림 8〉 Case 1. 모델계통



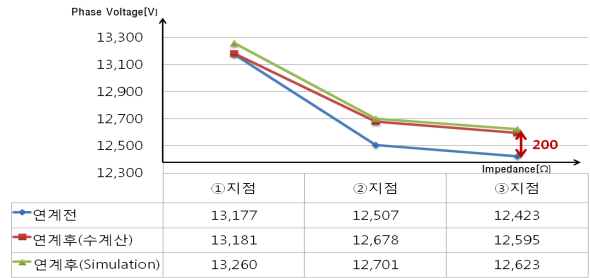
〈그림 9〉 Case 1결과 그래프

4.2 Case 1(선로 중간부분 PV 연계)

그림 10과 같이 태양광발전(PV 1MVA)을 선로 중간부분에 연계한 경우에는 그림 11과 같이 연계전의 전압보다 200[V]가 상승함을 확인하였다.



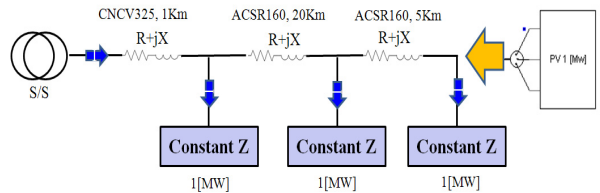
〈그림 10〉 Case 2 모델계통



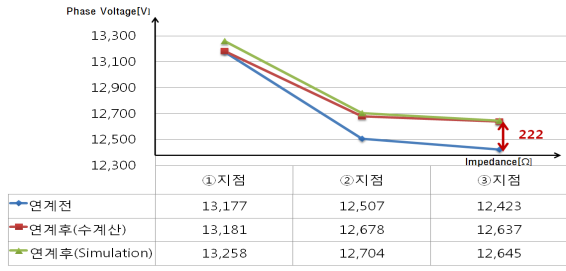
〈그림 11〉 Case 2 결과 그래프

4.3 Case 3(선로 말단부분 PV 연계)

그림 12와 같이 태양광발전(PV 1MVA)을 선로 말단부분에 연계한 경우에는 그림 13과 같이 연계전의 전압보다 222[V]가 상승함을 확인하였다.



〈그림 12〉 Case 3 모델계통



〈그림 13〉 Case 3 결과 그래프

4.4 분석

PSCAD/EMTDC를 이용하여 태양광발전과 배전용변전소, 배전선로를 모델링하였다. 선로를 3지점으로 나눠 각 지점에 태양광 발전 연계시/미연계시로 계통전압 변동데이터를 수집·분석하였다. 전류제어방식인 인버터는 수용가 즉 선로 말단으로 갈수록 선로임피던스의 전압강하분을 보상하여 전력을 송출하고 과전압 현상을 발생시킨다. 그리고 선로 말단 지점보다 중간지점이 전압차이가 작아 효율적인 태양광발전의 설치 위치를 예측 가능하게 된다. 즉 1[MW]의 태양광 발전이 선로의 직하에 연계된 경우, 연계전과 전압변동이 없었지만, 선로 말단에 연계된 경우, 전압이 가장 심하게 변동함으로 대규모의 태양광이 선로의 말단에 도입시 반드시 연계조건 검토가 필요함을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 상용소프트웨어인 PSCAD/EMTDC를 이용하여, 태양광전원이 배전계통에 연계 운전시 발생하는 전압특성을 분석하였다. 선로 말단으로 갈수록 계통전압의 상승폭이 증가하여 수용가전압에 악영향을 야기함을 알 수 있었으며 수계산과 PSCAD/EMTDC 결과의 비교, 분석을 통해 전압해석법의 유효성을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 노대석 외 5, "PSCAD/EMTDC를 이용한 태양광발전의 정상상태 운용 특성", 대한전기학회 전력기술부분회 추계학술 대회 논문집, page (s): 62-64, 2010.11,