

PSCAD/EMTDC를 이용한 계통연계형 태양광 발전시스템 모델링

박재균*, 오용택*

*한국기술교육대학교 전기공학전공

e-mail:sonic85@kut.ac.kr

Modeling of Grid Connected PV Generation System using PSCAD/EMTDC

Jae-Gyun Park*, Yong-Taek Oh*

*Dept of Electrical Engineering , Korea University Of Technology and Education

요 약

본 논문에서는 분산전원 시스템을 등가회로를 이용하여 수학적으로 모델링하고, 이를 결합하여 제어 가능한 시스템을 모델링하였다. 시뮬레이션과 실험 결과로부터, 선로 모의실험을 통한 고조파 해석을 IEEE Std 1547.1-2005의 고조파 연계 기준을 통하여 모델링의 적합유무를 판단할 수 있었다. 제시한 계통연계 태양광발전 시스템은 점차적으로 활성화되고 있는 태양광발전 시스템 계통연계 연구에 유용하게 활용될 것이다.

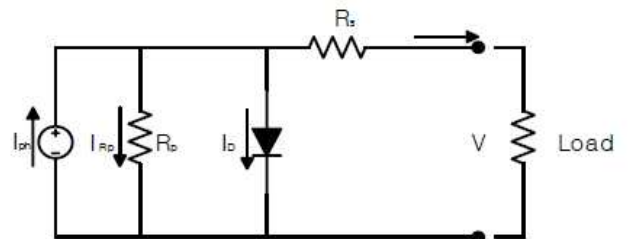
1. 서론

태양광발전은 태양의 복사에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 시스템으로 가동부분이나 열기관이 없어 수명이 길고 다른 발전방식에 비해 운전과 유지보수가 용이하며 모듈로 구성하기 때문에 수요나 지형에 맞게 설계할 수 있다. 계통연계형 태양광발전시스템은 발전전력이 없는 밤에는 계통으로부터 전력을 공급받을 수 있기 때문에 독립형보다는 계통연계형 태양광발전시스템이 안정적이고 상용전력의 부하분단효과에 어느 정도 실효를 거둘 것으로 전망된다. 그러나 이런 계통연계형 발전시스템은 그 원천이 계통에 있으므로 실질적으로 공급되는 전력에 문제가 발생할 경우 부하에 전력을 공급하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 태양광발전의 특징을 파악하고, 과도해석프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 만든 분산전원모델이 연계된 계통을 모의 실험하였다. 이러한 과정을 통하여 분산전원의 계통연계시 전력품질에 관한 문제를 고찰하여 보았다.

2. 태양광발전의 개요

태양광 발전은 무한정의 태양광에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로서 연료비가 들지 않고 대기오염이나 폐기물 발생이 없으며, 발전부위가 반

도체소자이고 제어부가 전자부품으로 이루어져 기계적인 진동과 소음이 적고, 태양전지 소자의 수명도 최소 20년 이상으로 길며, 또한 발전시스템을 자동화시키기에 용이하여 운전 및 유지관리 비용을 최소화 할 수 있다는 장점을 갖는다. 지금까지 해외에서는 많은 실증사업과 보급이 이루어졌으며, 그 결과 최근에는 전체적인 비용과 설치장소를 줄이기 위해 태양전지 모듈을 빌딩 및 주택의 조립부품으로 건물과 일체화 시키는데 관심이 집중되고 있으며 또한 변환 효율을 높이는 연구가 진행 중이다. 이러한 태양전지 특성을 모델링 하기위하여 다양한 등가모델이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 그림 1.에서와 같이 직렬저항, 다이오드 및 전류원(R_s 는 셀의 내부저항)으로 구성되는 등가회로를 이용하였다.



[그림 1] 태양전지의 등가회로

직렬저항, 다이오드 및 전류원은 PSCAD/EMTDC 프로그램에서 제공하지만, 다이오드의 경우 비선형 모델을 제공하고 있지 않기 때문에 등가회로를 위해서 수식관계

식으로 정의하고, 이를 통해서 모델링을 구성하였다. 식 (1)은 태양전지 등가회로의 관계식을 나타낸 것으로 I_{sat} 는 포화전류를 나타낸다.[1]

$$I = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_{sat} \left(e^{\frac{V + IR_s}{nV_s}} - 1 \right) \quad (1)$$

태양전지의 한 개 셀의 경우, 태양광 발전시스템을 분산전원으로 사용하기 위해서는 단자전압 및 출력이 매우 작기 때문에 일반적으로 여러 셀을 직·병렬 연결하여 태양전지 모듈을 구성한다. 이 태양전지 모듈을 기본 단위로 하여 설계하고자 하는 분산전원 시스템의 설치 용량에 맞추어 직·병렬 연결하여 태양전지 시스템을 구성한다.

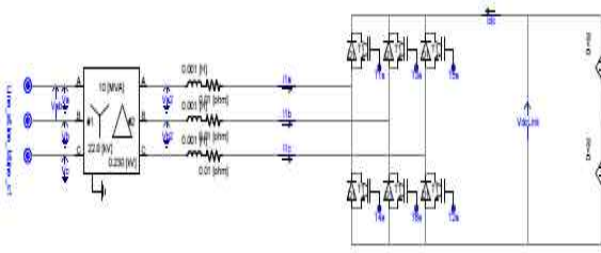
따라서 태양전지 시스템을 구성하기 위해서는 모듈의 직렬 연결개수 N_s 와 병렬연결 개수 N_p 를 설치 용량에 맞게 정의해야 한다. 식 (2)는 직·병렬연결 개수를 고려한 태양전지 시스템 전압이다.

$$N_s V = n N_s V_t \times \ln \left(\frac{N_p I_{ph} - I}{N_p I_{sat}} + 1 \right) - IR_s \quad (2)$$

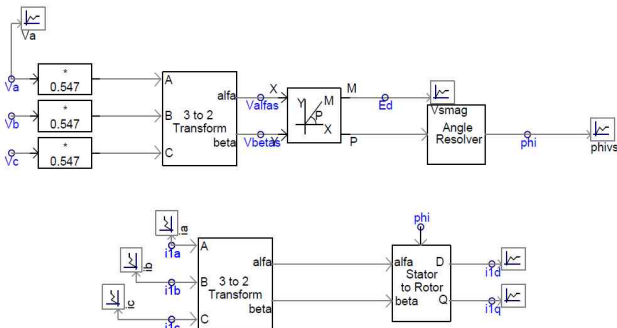
단, V_t 는 전류원에 인가되는 전압

3. PSCAD/EMTDC를 이용한 태양광발전 시스템 모델링

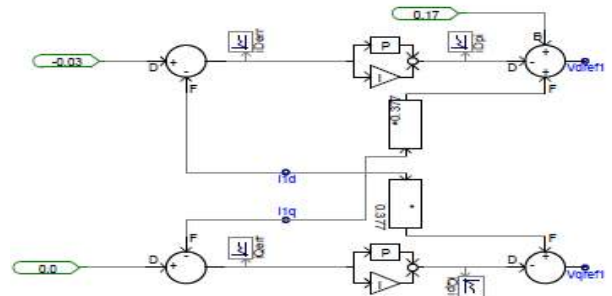
그림 2는 1MW급 단상 태양광 시스템의 구성으로서 이 모델링은 과도해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 사용하여 모델링하였다.



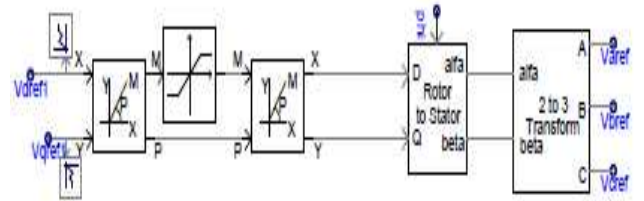
(a) PV 시스템 연계계통 단선도



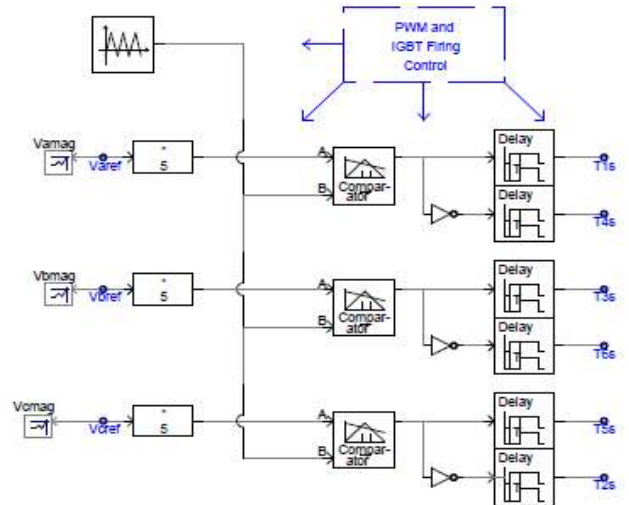
(b) 전압 및 전류의 dq 변환



(c) 전류제어 블록도



(d) 전압신호의 dq - abc 변환

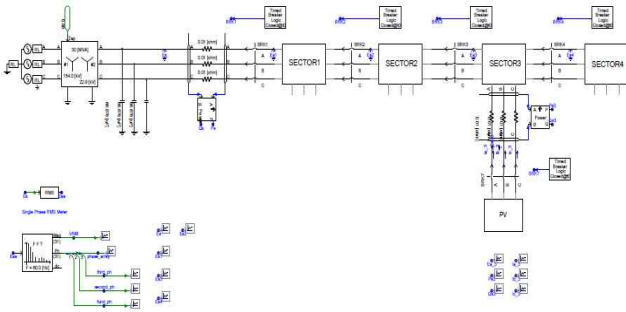


(e) PWM과 IGBT Control

[그림 2] 태양광 발전 시스템

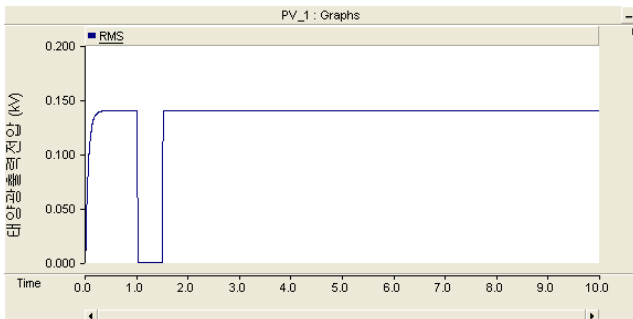
인버터는 위의 그림 2. (a)와 같이 3상 풀-브릿지 인버터로 구성하였고, 인버터 입력 단에는 태양광 발전에 의해 출력전압이 들어가게 되며, 필터를 거쳐 3상 교류 전압이 출력된다. (출력되는 유효전력과 무효전력, 계통전압의 위상을 입력으로 받아서 인버터의 firing pulse를 출력하였다. 인버터는 Sinusoidal PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 사용하였고, PI 제어기를 사용하여 원하는 전압의 크기와 위상을 만들어냈다.

4. 계통연계 모의실험

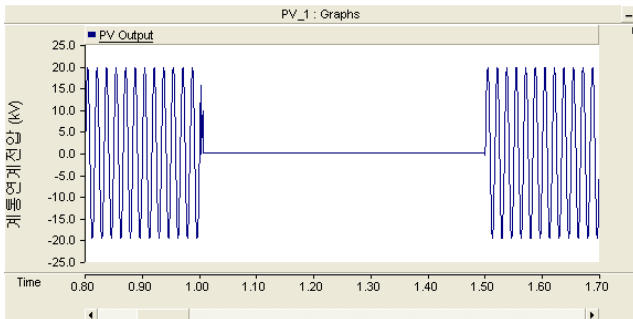


[그림 3] 계통과 연계된 태양광발전 시스템

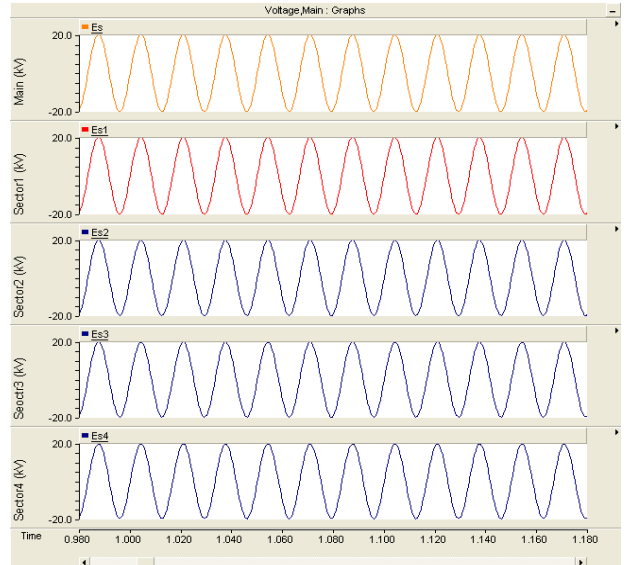
다음 그림 4.에서는 발전기의 용량에 맞는 전력을 확인할 수 있었고, 인버터의 차단성능을 테스트하기 위하여 1초 후 PV 시스템에서 차단, 그리고 1.5초에 차단 해제 했을 때 PV 시스템의 인버터 제어기가 정상적으로 동작되고 있음을 알 수 있었다. 그림 4.에서는 계통연결 시 정상적으로 동작되고 있는 선간 전압을 확인할 수 있었다. 또한, FFT변환을 통한 고조파 측정에서도 2.80328%로 IEEE Std 1547.1-2005의 고조파 연계기준의 판단에서도 정상범위로 측정되었다.[2],[3]



[그림 4] 태양광발전 시스템의 출력전압



[그림 5] 태양광발전 시스템과 계통연계 시 전압



[그림 6] 배전계통에서의 상전압

5. 결론

본 논문에서는 대표적인 분산전원인 태양광발전 설비를 배전계통에 연계시켜 그 특성을 모의, 분석할 수 있도록 전력계통 과도모의해석 프로그램인 PSCAD/EMTD C를 사용하여 현재 사용하고 있는 태양광발전 시스템과 계통연계를 고려하여 구성하였고, 모델링한 분산전원의 유효성을 확인하기 위하여 각각의 출력파형을 측정하였다. 그리고 이 분산전원 모델을 전원용량에 따라 알맞은 배전계통모델에 연계시켜 모의실험을 통한 분산전원에서의 전력품질 분석 하였다.

연계계통내 분산전원 관련된 전반적인 연구 분야에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] L Zhang, A Al-Amoudi, Yunfei Bai, "Real-time maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic systems," Power Electronics and Variable Speed Drives, 2000. Conference Publication N. No. 475, September 2000.
- [2] IEEE Standards Coordinating Committee 21, "IEEE Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems" , June 2005.
- [3] 박재균, "PSCAD를 이용한 분산전원 배전계통 연계시 고조파 영향 분석", 산학기술학회 추계학술대회, 제10권, 제1호, pp. 411-414, 5월, 2009.