

Simulink에서 계통연계 태양광발전시스템의 전압변동에 대한 시뮬레이션

변형준 *, 노경수*, 유권종**
 *동국대학교, **한국에너지기술연구원

The simulation is the voltage regulation of grid connection PV system from Simulink

Hyoung-June Byun*, Kyoung-Soo Ro*, Gwon-Jong Yu**
 *Dongguk University **Korea Institute of Energy Research

Abstract - 본 논문에서는 에너지원의 확보 및 개발 중요성이 날로 증대하고 있는 최근의 시대적 상황에서, 가장 각광 받고 있는 신재생에너지원인 태양광 발전을 계통연계 되었을 경우에 태양광발전시스템과 배전계통에서의 전압변동에 대해서 Simulink를 사용하여 시뮬레이션으로 구현하여 결과를 알아보고자 합니다.

1. 서 론

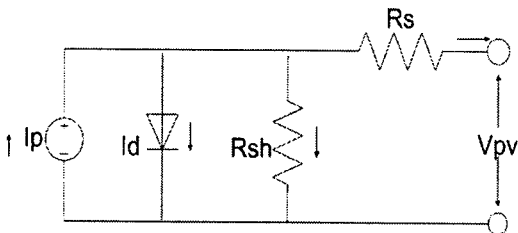
태양전지를 이용한 대체에너지 전력시스템은 최근 친환경부하성, 무한 에너지 생산성, 그리고 깨끗한 에너지원 등의 특징으로 인해 전력에너지 연구자들의 관심을 지속적으로 모으고 있다. 하지만, 연구, 설비 투자에 과도한 부담으로 연구 속도의 발목을 잡고 있는 것 또한 사실이다. 그러기에 MATLAB의 SIMULINK를 사용하여 모델링하여 계통을 원활히 동작할 수 있는 계통연계 태양광발전 시스템을 모델링하며 태양광발전시스템의 전력조류와 전압 변동에 대해서 시뮬레이션으로 증명하고자 합니다.

2. 태양광발전 시스템 구현

2.1 태양광발전시스템의 동작원리

태양광 발전은 반도체 pn 접합으로 구성된 태양전지에 태양광이 조사되면 광에너지에 의해 전자와 양공이 이동하여 n층과 p층을 가로질러 전류가 흐르게 되는 광기전력 효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력이 발생하여 외부에 접속된 부하에 전력을 공급한다. 이러한 태양 전지는 필요한 단위 용량으로 직병렬 연결하여 기 후에 견디고 단단한 재료와 구조의 만들어진 태양전지 모듈(solar cell module)로 된다.

2.1.1 PV Cell 의 동작회로



<그림 1> PV 동작회로

$$I_{pv} = I_p - I_D - I_{sh}$$

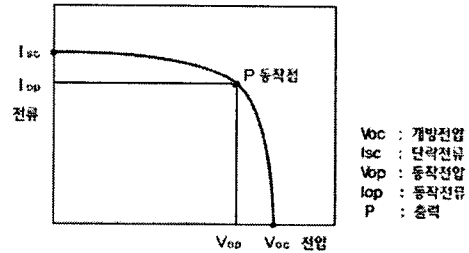
$$= I_p - I_o \left[e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{NkT}} - 1 \right] - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}}$$

여기서 I_p = 광발생 전류 V_{pv} = 태양전지 출력전압
 I_D = 다이오드 전류 I_o = 포화전류
 I_{sh} = 분로 전류 N = 이상적인 열물
 q = 전하 k = 볼츠만 상수
 T = 셀의 온도 R_s = 내부 직렬저항
 R_{sh} = 내부 병렬저항

2.1.2 태양전지의 출력 특성

일반적으로 태양전지의 출력은, 그림2에 나타내는 바와 같이 발생하는 전압과 전류의 상관관계 곡선에 표현해집니다. 즉, 태양전지가 발생하는 전압은, 그 태양전지의 특성에 의해 어느 값에 정해져 버린다는 것입니다.

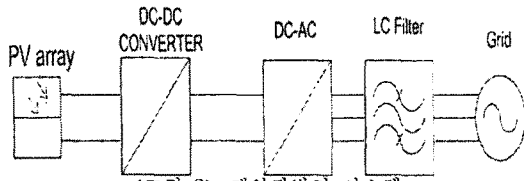
태양전지의 최대 출력점
 태양전지의 출력은 I_{op} 와 V_{op} 와 원점을 잇는 면적(위의 그림2의 그레이 부분)에 나타내집니다. 즉, 태양전지를 효율적으로 사용하기 위하여, 그레이 부분의 면적을 최대로 하는 I_{op} 와 V_{op} 를 설정할 필요가 있습니다. 또 태양전지의 출력이 최고가 되는 동작점을 최적 동작점(이 때의 출력을 최대 출력: P_{max} , 전압을 최적 동작 전압, 전류를 최적 동작 전류)라고 부릅니다.



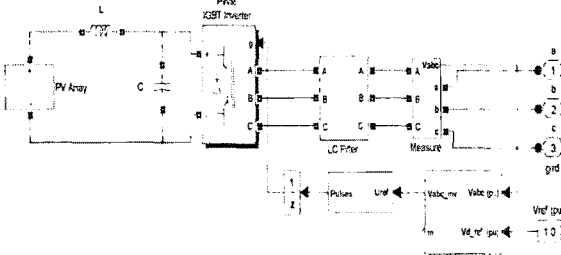
<그림 2> PV CELL 동작특성 곡선

2.1.3 태양광발전시스템 구성

태양전지군 으로 부터 발전된 직류전력을 인버터(Inverter)를 통하여 교류전력으로 변환시켜 계통과 연계하는 시스템으로서 배터리가 필요 없으며, 태양전지군과 계통연계형 인버터(Inverter)로 구성되며 그림 3과같이 기본구성하고 이것을 시뮬레이션을 위해 그림4와 같이 SIMULINK로 모델링하였다.



<그림 3> 태양광발전 시스템

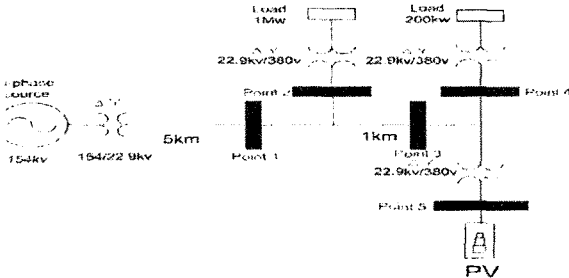


<그림 4> 태양광발전 시스템 SIMULINK 모델링

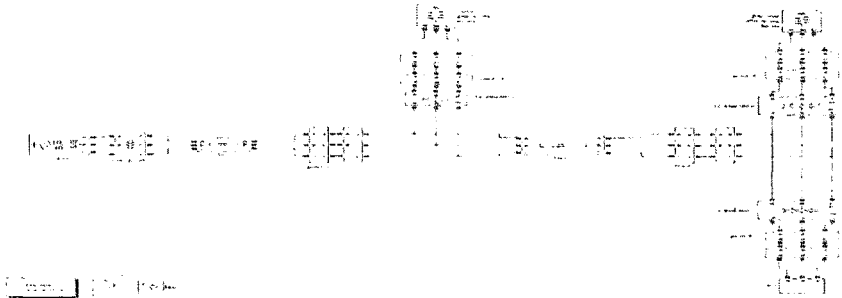
3. 계통연계 태양광 발전시스템의 구성

3.1 계통연계 태양광발전시스템의 시뮬레이션

태양광발전시스템과 전원부와의 계통연계의 시뮬레이션을 그림5처럼 MATLAB의 SIMULINK를 사용하여 표현하였고 여기서 PV용량을 각각 200KW, 400KW, 600KW로 구성하며 이 태양광발전시스템과 수전원부 154KV와 부하 1MW와 200KW로 구성하여 계통 연계하여 PV측과 계통과의 전력조류와 전압변동을 알아보려고 그림6과 같이 SIMULINK로 구현하였습니다.

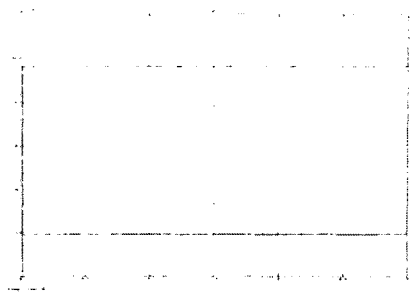


<그림 5> 계통연계 태양광발전시스템 계통도



<그림 6> 계통연계 태양광발전시스템의 모델링

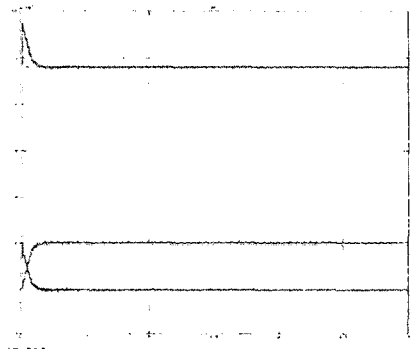
3.1.1 태양광발전 출력에 따른 배전계통 조류해석



<그림 7> PV없는 경우

단위[w]

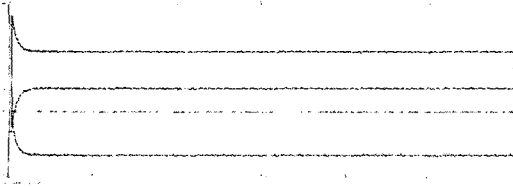
Point1(분홍색: 1.159×10^5) point2(하늘색: 9.60×10^5)
Point3(빨간색: 1.93×10^5) Point4(연두색: 1.92×10^5)



<그림 8> 계통연계 PV200KW용량

단위[w]

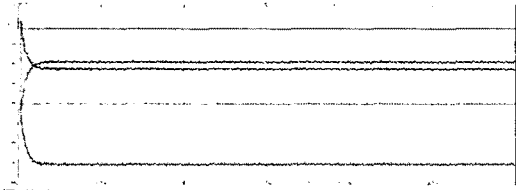
Point1(분홍색: 5.59×10^5) point2(하늘색: 9.59×10^5)
Point3(빨간색: -0.05×10^5) Point4(연두색: 1.97×10^5)
Point5(파란색: 2.02×10^5)



<그림9> 계통연계 PV400KW용량

단위[w]

Point1(분홍색:7.46*10⁵) point2(하늘색:9.59*10⁵)
 Point3(빨간색:-2.13*10⁵) Point4(연두색:1.97*10⁵)
 Point5(파란색:4.1*10⁵)



<그림 10>계통연계 PV600KW용량

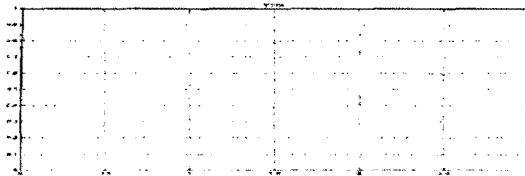
단위[w]

Point1(분홍색:5.41*10⁵) point2(하늘색:9.59*10⁵)
 Point3(빨간색:-4.18*10⁵) Point4(연두색:1.97*10⁵)
 Point5(파란색:6.15*10⁵)

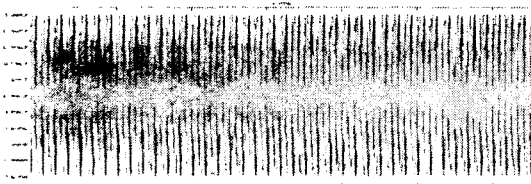
배전계통 설계 및 운전은 전력조류가 배전용 변전소에서 수용가 쪽으로 일정하며, 그 배전계통은 수용가의 전압 수준은 적정하게 유지되도록 제어된다고 가정하면 그림(7~10)은 태양광발전의 출력에 따른 배전계통에 흐르는 조류변동에 대하여 보여주었다. PV발전량의 변화에 따라 각 포인트에서 전력 흐름을 보여주고 있다. 시뮬레이션의 주목적으로 변화되는 발전량에 대하여 계통에서 역조류 없이 잘 작동되는 것을 볼 수 있다.

3.2 태양광발전 출력에 따른 선로 전압변동

3.2.1 Point3에서 PV연계 전의 전압

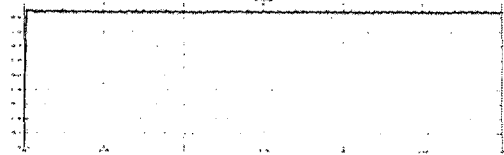


<그림 11>PV연계하기 전의 Point3전압(0.9967PU)

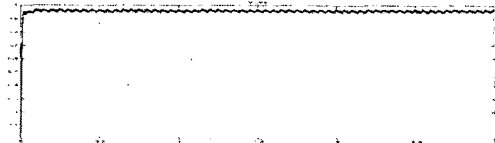


<그림 12> Point3을 확대

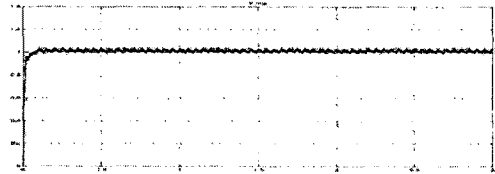
3.2.2 Point5에서 PV출력량의 따른 전압변압



<그림 13>PV200kw(0.94pu)



<그림 14>PV400kw(0.96pu)



<그림 15>PV600kw(1.005pu)

본 모의시험에서는 태양광발전이 없는 경우와 태양광발전량이 200kw,400kw,600kw로 각각 연계되는 경우에 대하여 각각 태양광발전 투입지점의 전압 변동에 검토하게 된다. 여기에서 모든 전압은 PU법으로 확인할 수 있으며 먼저 일반적으로 소비자에게 전송되는 공급전압은 정격전압의 ±10%이내에 있어야 한다. 허용되는 전압은 보통 정격전압의 90%~106% 사이의 값이다. 그러면 태양광 발전을 투입 전에 계통에서 전압을 그림12로 확인하면 [0.9967pu]로 전압기준치라고 볼 수 있으며 PV투입 전압변동은 200kw투입 [0.94pu] 400kw투입 [0.96pu] 600kw투입 [1.005pu]를 확인할 수 있다. 위에 언급한 것과 같이 태양광발전 계통 연계시 정격전압 범위 내에서 운전되어 진다는 것을 확인할 수 있었습니다.

4. 결 론

본 논문에서는 태양광발전시스템의 보급이 증가할 것이며 이 태양광발전시스템과 관련된 시장에서 선진국과의 기술적 격차를 해소하고 기술경쟁력을 확보할 필요성이 있다. 그러기에 태양광발전시스템을 계통연계시의 주 전원과 계통과의 전력조류를 확인하며 태양광발전의 태양광발전출력과 배전계통의 전압이 전체적으로 상승되는 것을 보이며 연계하였을 경우 배전계통에 모든 태양광발전의 출력을 고려하여 전체전압 변동을 해석 연구하여야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gyu Bun Joung and Jae-Dong Choi " Design of Solar Array Simulator for Spacecraft" KIEE International Transactions on EMECS 12B-2, 52-56(2002)
- [2] Gilbert M. Master, Renewable and Efficient Electric Power System Handbook: Photovoltaic Systems
- [3] 박정욱, 이수원, 이성룡 "계통연계 분산전원시스템" 전력전자학회지
- [4] H S. Rauschenbach, Solar Cell Array Design Handbook: The Principle and Technology of Photovoltaic Energy Conversion. New York:VanNostrand, 1980