

태양광발전시스템 특성해석을 위한 시뮬레이션 구현

박정민, 정병호, 박정국, 최연옥, 조금배, 백형래
조선대학교

Simulator implementation for characteristics analysis of PV System

J M Park, B H Jeong, Z G Piao, Y O Choi, G B Cho, H L Baek
chosun university

Abstract - This paper summarizes the results of these efforts by offering a photovoltaic system structure in 50kW large scale applications installed in Chosun University dormitory roof and simulation tool. This describes configuration of utility interactive photovoltaic system which generated power supply for dormitory. In this paper represent 50kW utility PV system examination result.

레이발전량, 태양전지효율, 인버터 발전량, 인버터 효율 등을 알 수 있다.

시뮬레이션의 시스템 구성은 실제 비교하기위한 50kW 태양광발전시스템과 같은 파라미터를 사용하였다.

시뮬레이션에 사용된 파라미터의 태양전지 모듈은 20 직렬×25병렬 형태의 1000개의 모듈로 구성되어 최대 50kW를 출력할 수 있는 직병렬형태로 구성하였고 시스템 파라미터는 표1에서와 같다.

1. 서 론

한국의 전력상황은 2004~2017년의 13여년의 기간동안 전력이 평균 2.5% 증가할 것으로 전망되며 최대전력은 평균 2.7% 증가할 것으로 예상된다. 따라서 전력발전설비 확충에 있어 다양한 대체에너지 기술 중에서 태양광발전시스템은 발전소를 보완할 수 있는 중요한 에너지산업의 한 부분으로 분산전원의 역할을 분담해야만 한다.

태양광발전시스템은 외부 환경조건, 태양전지 어레이, 계통 연계형 인버터 시스템의 설계 및 설치 조건 등 파라미터에 따라 발전량이 차이가 있어 최적 설계에 어려움을 가지고 있다. 그 결과 시스템의 설계에 앞서 출력특성을 시뮬레이션 할 수 있는 시스템이 필요하게 된다. 본 논문의 태양광발전 시스템 시뮬레이션 툴은 일사량에 따라 계통 연계형 태양광발전시스템의 태양전지 어레이의 발전량, 인버터 발전량, 시스템 효율, 시스템 성능을 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램이다. 이 프로그램은 비주얼 베이직 기반의 Excel로 시뮬레이션을 수행할 수 있게 짜여져 있다.

본 논문에서는 조선대학교 기숙사에 설치된 중·대규모의 50 kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 2004년 일년 동안의 발전과 이용에 따른 운전특성과 운용효율에 대해 분석, 검토하고 또한 계통연계형 태양광발전용 시뮬레이터를 구현하여 실증데이터와 비교 분석함으로써 태양광 발전시스템의 효율성과 사업성을 시뮬레이션을 통해 검토할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

시뮬레이션 툴은 경사면 일사량과 수평면 일사량의 데이터를 입력하고 태양전지 모듈의 파라미터와 인버터 파라미터를 선택하면 비주얼베이직 기반으로 Excel을 이용하여 시뮬레이션이 된다.

시뮬레이션의 결과는 태양전지의 발전량, 태양전지 어

표 1 시스템 파라미터

품 명	구 분	성 능
태양전지모듈 (단결정 실리콘)	개방전압	21.0V
	단락전류	3.35A
	정격전압	17.4V
	정격전류	3.04A
	정격용량	53Wp
	외형크기	1291*328*35mm
인버터 (3상 PWM)	중 량	6.2Kg
	정격용량	50KVA (계통연계형)
	선간전압	380V
	상전압	220V
	입력전압	DC280~430V
	출력주파수	60Hz ± 2%

2.2 태양광발전시스템 발전특성 분석

표 2는 시뮬레이션의 데이터와 2년 동안의 연간출력량을 데이터화 한 것이고 그림 1 ~ 그림4는 PV시스템의 월별 출력특성을 나타내고 있다.

그림1과 그림2는 시뮬레이션한 하루 동안의 시간별 월 평균 어레이전력량을 나타낸 것이다.

표2. 출력데이터

	PV어레이 출력량(kWh)	인버터 출력량(kWh)	발전효율 (%)	어레이 변환효율 (%)
simul	72582	66474	9.17	10.02
2003년	62146	55929	8.28	9.20
2004년	70453	64066	8.99	9.89
	PCS효율 (%)	시스템 이용율(%)	성능비 (%)	
simul	91.58	15.17	84.27	
2003년	90.00	12.77	74.59	
2004년	90.93	14.63	81.02	

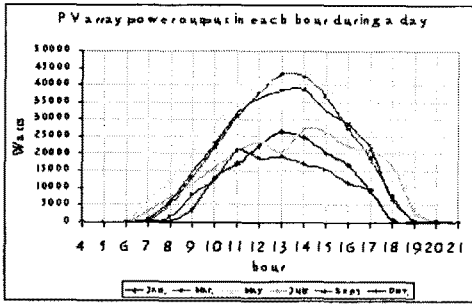


그림 1. 시뮬레이션의 PV어레이 출력특성

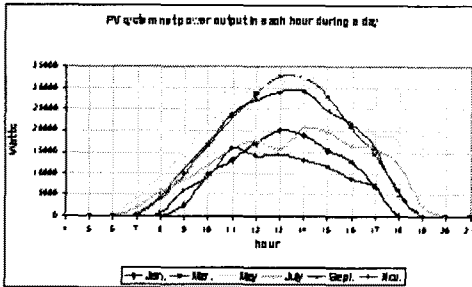


그림 2. 시뮬레이션의 인버터 출력특성

그림 3에서는 분석기간 동안의 시뮬레이션을 통한 월별 발전특성을 보여주고 있다. 월별 시간에 따른 발전량은 시뮬레이션의 결과에서 보듯이 5월과 9월에서 가장 크게 나타났고, 12월에서 가장 작은 양이 발전되었다. 이는 일사량에 대한 실제 데이터와 비교했을 때 거의 유사한 형태로 출력됨을 확인할 수 있다. 일사량에 따른 태양전지 어레이 출력특성은 일사량이 좋은 봄, 가을에 출력이 많고 여름에는 장마에 의한 일사량 저하 및 외기온도 상승에 의해 출력이 저하되고 겨울철에는 적설과 온도변화와 같은 외기환경 등에 의해 일사량이 낮아져 태양광시스템의 출력이 저하됨을 확인할 수 있다.

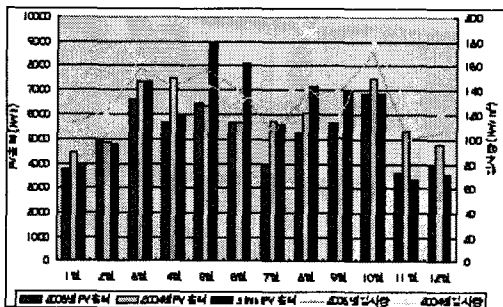


그림 3. 월별 일사량 및 PV어레이 출력특성

표 3은 시뮬레이션 한 월별 시간에 따른 인버터 성능을 나타내고 있고 표 4는 실제 월별 시간에 따른 인버터 성능을 나타내고 있다.

태양전지의 출력량이 많을수록 인버터의 효율이 높다는 것을 알 수 있다. 태양전지의 출력이 정격출력의 30%이하일 경우 인버터의 효율은 현저히 저하한다.

표3. 시뮬레이션 한 시간별 인버터 효율

hour	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
8	0.2	1.0	11.1	52.2	26.6	25.1	16.2	17.2	13.6	9.9	1.7	0.2
9	6.9	14.9	27.9	66.7	43.3	39.6	24.3	32.8	32.1	31.6	17.2	9.2
10	28.4	31.0	47.8	79.6	63.2	55.6	34.8	50.2	50.2	55.4	27.1	23.5
11	37.4	52.4	67.6	79.0	77.6	70.2	45.5	62.9	69.6	73.7	45.6	40.2
12	49.0	65.5	82.6	65.1	87.9	83.1	51.2	65.4	79.4	84.9	40.8	45.2
13	57.8	73.1	94.8	54.3	90.3	86.2	45.2	73.0	84.5	83.1	41.7	45.4
14	54.1	67.5	93.5	30.0	96.2	82.9	60.1	77.5	85.0	86.8	37.2	46.1
15	44.5	60.1	80.7	1.0	84.9	74.1	57.5	70.9	71.7	71.4	33.8	39.8
16	36.9	46.0	59.6	0.1	75.2	66.6	48.0	52.6	62.9	52.9	25.1	31.9
17	20.2	30.0	41.0	0.2	55.8	60.1	46.2	47.2	47.1	30.6	19.9	17.2
18	0.5	8.8	16.3	51.2	55.5	55.1	36.2	56.2	14.7	6.4	0.1	0.1
19	0.1	0.1	0.2	14.6	5.9	10.4	6.5	7.5	0.6	0.1	0.1	0.1

표 4. 실제 시간별 인버터 효율

hour	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
8	0.0	0.0	33.7	57.5	68.3	71.3	60.1	59.0	51.8	29.4	4.3	0.0
9	24.4	46.3	74.2	81.1	85.8	84.7	77.1	80.2	80.8	79.9	58.8	26.0
10	78.8	84.1	88.5	89.9	91.4	90.3	84.9	89.2	90.1	91.1	86.5	78.4
11	89.4	91.1	92.7	93.0	92.9	92.4	88.2	91.7	92.4	93.7	91.4	89.5
12	91.4	93.2	93.9	93.2	93.3	93.0	89.9	92.2	92.8	94.0	92.3	92.1
13	92.4	93.4	93.9	93.1	93.4	93.0	89.9	92.0	92.9	93.9	93.0	92.8
14	92.7	93.4	93.9	93.0	93.3	92.8	90.6	92.4	93.3	93.7	92.7	93.1
15	92.2	93.2	93.6	92.8	93.2	92.5	90.1	91.9	92.7	93.5	91.9	92.6
16	90.3	92.9	93.1	92.5	92.7	91.9	89.8	91.5	92.0	93.3	90.9	91.5
17	87.1	91.7	91.6	91.3	91.4	90.9	87.8	89.9	91.1	91.8	87.2	86.6
18	69.0	83.3	86.2	86.9	86.6	87.8	84.7	86.0	85.2	83.8	66.1	58.1
19	29.5	33.9	60.3	71.9	71.8	79.5	68.1	71.7	60.7	28.8	0.0	0.0

그림 4에서는 시스템 이용률 특성을 보여주고 있다.

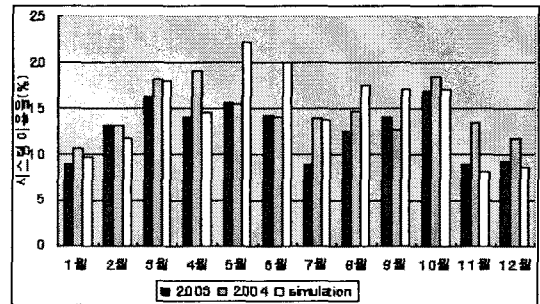


그림 4. 월별 시스템 이용률 특성

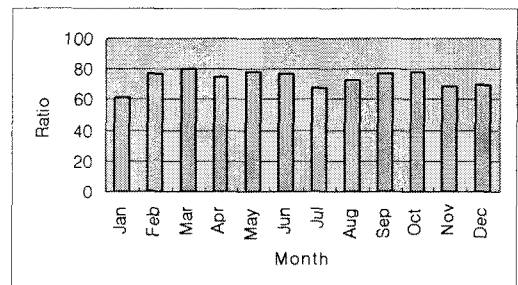


그림 5. 2004년 월별 성능비

기속사 전원용으로 사용하는 태양광발전시스템은 전체 부하 중 약 10%에 해당되는 부하사용량을 담당하였고, 획득된 데이터를 검토해본 결과, 일사량이 저하되면 태양전지 어레이의 변환효율도 저하되고 정격출력의 30% 이하로 감소하게 되면 인버터효율 또한 현저히 저하되므로 시스템의 각종 효율이 모두 저하됨을 확인하였다.

시뮬레이션의 결과와 측정된 데이터를 비교 분석한 결과 전반적으로 시뮬레이션의 결과에서 더욱 우수한 특성이 보여졌는데, 이는 시뮬레이션 상에서 고려되지 않은 외기환경과 시스템의 손실이 결과에 영향을 주었음을 확인하였고 외기환경의 급격한 변동에 의해 측정데이터와의 차이가 발생했음이 검토되었다. 또한 오목한 형태의 상단 및 하단 모듈의 구조상의 설치면에 대한 효율의 감소가 시뮬레이션에서는 고려되지 않아 실증데이터값과 시뮬레이션의 결과가 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 조선대학교 기속사에 설치되어 있는 50kW급 태양광발전시스템을 계통과 연계하여 기속사 전원용으로 사용한 운전 중인 시스템의 2004년 한 해 동안을 분석기간으로 설정하여 시스템과 발전특성 및 성능의 평가에 대해 기술하였고 또한 동일한 용량의 시뮬레이터를 개발하여 수치적 분석을 통해서 결과를 비교 검토하였다.

시뮬레이션 틀을 이용한 연간 발전량은 72562kW이고, 실증실험한 50kW 시스템의 발전량은 2003년 62146kW 2004년에는 70455kW로 발전되었다.

태양광발전시스템의 모니터링을 통한 통계해석을 통해서 향후 중·대용량의 태양광발전설비의 설치시의 전력 발생량의 계산을 위한 사전조사과정의 중대한 기초 자료로 사용될 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Dong, H. Sugimoto, "A New Utility Interactive Photovoltaic Power Conditioning System And Its Maximum Power Tracking Control", IP EMC97, PP238-243, 1997
- [2] C. Hua, C. Shen, J. Lin, "Implementation of a DSP-Controlled photovoltaic System with peak PowerTracking", Proceeding of the 23rd International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Vol 2, 1997
- [3] S.Nonaka,K.Kesamaru,K.Yamasaki,etal,"Interconnection System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line", IPEC-Tokyo, pp. 144~151, 1990