

120 kW급 태양광 발전시스템 설치 및 실 계통연계 운전 결과 평가

황정희*, 안교상*[†], 임희천*, 김수창**, 김신섭***

*한전전력연구원 신재생에너지그룹, **한국서부발전(주), ***헥스파워시스템

Test Results Grid Connection of 120 kW Power Generation System

Jung-Hee Hwang*, Kyo-Sang Ahn*[†], Hee-Cheon Lim*, Su-Chang Kim**, Sin-Sub Kim***

*Korea Electric Power Research Institute, 103-16 Murji-Dong,
Yuseong-Gu, Daejeon 305-380, Korea

**Korea Western Power Co.,Ltd, 12F Samsung Bldg., 170-8,
Samseong-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-090, Korea

***HexPower System Co.,Ltd, 1108, Ace Techno Tower 8th, 191-7,
Guro 3-dong,Guro-Gu, Seoul, Korea 152-780

ABSTRACT

In this paper, the test results of medium-size(120 kW class) PV system which was installed in the Taeahn thermal power station of Korea Western Power Co., Ltd., were summarized for developing the practical technology to applicate high voltage grid connection PV system. The 120 kW photovoltaic system which was consisted of 1,300 modules, PCS, and 150 kVA transformer station has been operated since Aug. 05, 2005. For verifying the modeling results of PV system, the operation data was compared with modeling results which was executed commercial PSCAD/EMTD and Psim tools. An equivalent circuit model of a solar cell has been also used for solar array modeling. A series of parameters required for array modeling have been estimated from general specification data of a solar module. A PWM voltage source inverter(VIS) and its current control scheme have been analyzed by using P&O (Perturbation and Observation) MPPT algorithms technique.

KEY WORDS : PCS(전력변환장치), grid-connected PV system(계통연계), BOS(주변장치), MPPT(최대출력제어), solar array modeling(태양전지 모델링)

1. 서 론

수소에너지시대에 대비하기 위한 여러 가지의

수소생산 기술 가운데 태양광 발전을 이용한 전기 분해 방식의 수소생산은 바람직한 기술이다. 이러한 태양광 발전시스템에 관련된 기존의 계통연계 태양광 발전시스템 및 연구개발의 방향은 저압배 전계통에 연계되는 1 kW급부터 50 kW급의 가정

[†]Corresponding author : ksahn@kepri.re.kr

용 혹은 산업용 소규모 시스템에 편중되어 왔다. 이러한 연유로 특 고압 배전선로에 연계될 수 있는 100 kW급 이상의 중규모 태양광 시스템에 대한 연구개발 사례가 전무하다고 볼 수 있다. 현재까지는 정부의 시범사업과 지역에너지사업으로 소형 발전시스템이 주택 또는 건물에 설치하여 운영되어 왔으나, 향후에는 중대규모의 발전시스템이 실 계통에 도입 적용되리라 예측되고 있다.

따라서, 전력계통과 직접 연계 운전되는 태양광발전의 보급 기반기술 확립을 위한 높은 변환효율의 중 용량급 전력변환장치 기술개발과 실 계통 확대 적용을 위한 시스템 설계/제작과 분석 평가와 계통연계 보호 협조 기술 및 중·대형 발전원의 전력 송전을 위한 연계상의 문제점 분석, 주변 장치의 성능개선 및 연계보호기술개발 등 실질적인 실용화 보급적용을 위한 운용기술 개발이 필요성이 증대하고 있다¹⁾.

본 논문에서는 특 고압 22.9 kV 배전선로에 연계운전 할 수 있는 120 kW급 PV시스템을 설계·제작 및 설치하여 연계운전된 태양광발전 시스템을 분석하고 이를 기존의 모델링 작업과 연계결과를 분석한 내용을 소개하고자 한다.

2. 태양광발전 계통연계 기술

전력계통에 있어서 태양광발전은 상대적으로 새로운 기술이다. 지난 수년 동안 태양광발전에 관한 운전경험은 아주 높은 수준에 이르렀고 오늘날 설치된 태양광발전은 우수한 특성을 갖추고 특별한 문제없이 잘 운전되고 있다. 태양전지 모듈 및 BOS(주변장치)의 가격도 상당히 감소함에 따라 전력계통과 병렬 연계된 태양광발전은 매력적인 수단이 되고 있다. 그러나 불특정 다수의 태양광발전시스템을 계통연계 하는 것은 배전선의 전력품질, 안전성, 안정성에 영향을 줄 가능성이 있기 때문에 이들 발전 전원의 본격적인 보급에 앞서서 미리 계통연계운전에 의해 발생할 기술적인 문제점을 해명하고 그 대책기술에 관해서 확립되어야 할 필요가 있다.

태양광발전의 배전계통연계는 기존의 전력계통 개념에서는 새로운 변화를 의미한다. 예를 들면 태양광발전은 계통에 연계되기 전에 태양전지 모듈의 직류전력이 교류전원으로 변환되는데 태양광발전과 전력계통 사이에는 상호간에 피해를 주지 않도록 보호 장치가 필요하다. 태양광발전의 계통연계기술을 확립하기 위해서는 시스템 자체성능확인 이외에 그 연계할 부분, 즉 배전선계통으로의 영향, 또는 그 주변부분에 존재하는 전기제품을 중심으로 한 부하에로의 영향확인도 필요하다. 이들의 확인, 즉 기술적 평가는 전력품질, 안정성, 안전성의 면에서 행하는 것이지만 구체적으로는 태양광발전에서 본 평가, 전기제품에서 본 평가, 전력계통에서 본 평가의 종합평가가 필요하다¹⁾.

향후 신·재생에너지 보급이 일반화 되어 다수의 분산형 태양광발전이 계통에 도입될 경우 전압변동, 고조파, 단독운전 등 보호협조 문제 등이 이러한 관점에서 주로 고려되어 할 것으로 보인다.

2.1 국내 계통연계 태양광발전 연계기준 검토

국내의 경우, 태양광발전을 비롯한 분산전원의

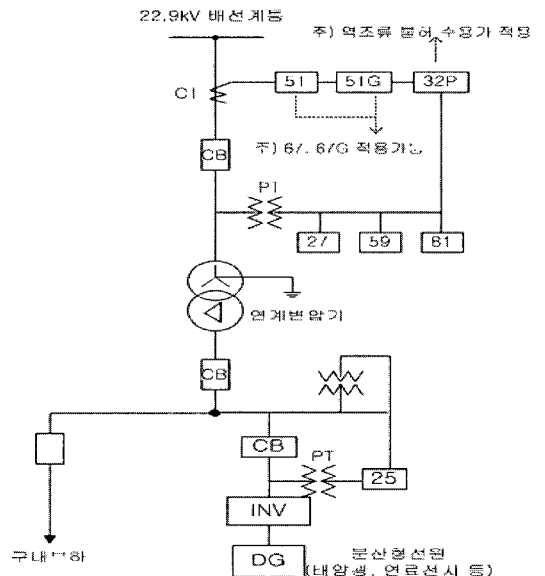


Fig. 1 22.9 kV high-voltage Grid-Connected Protection diagram

계통연계와 관련된 기술기준으로는 한국전력공사의 “타사발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침 (1996)”과 “분산형전원 저압배전계통 업무절차서”를 들 수 있다. 타사발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침은 22.9 kV 및 154 kV의 특별고압선에 연계하는 경우에 대한 전력회사의 보호협조 관련 업무가 주 내용으로 되어 있다. 그러나 이러한 업무지침은 외국의 기술기준에 비교하여 볼 때 태양광발전을 비롯한 신·재생에너지발전설비의 연계기술기준이라 하기엔 미흡한 점이 많은 실정이다. 따라서 최근에 신·재생에너지 발전설비의 보급이 활성화됨에 따라 관련업계, 정부기관, 전력회사 등의 요구에 부합하는 연계기술 기준의 필요성이 제시되고 있어 정부 및 한전이 주축이 된 신·재생에너지 이용 분산형전원 배전계통 연계 기술기준이 제정되었다.

2.2 태양광발전 특고압 계통 연계기준

Fig. 1은 특 고압 22.9 kV 배전선로에 연계되는 경우 타사발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침에 따른 태양광발전을 비롯한 분산형전원의 연계선로 보호방식의 예를 보여준다.

Table 1 Specification of 120kW PV System

항 목	단위	사 양	
태양 전지 (80 W)	직/병렬수	S/P	34 S/45 P
	총수량	EA	1,530
	용량	W	122,400
	개방전압	V	731
	최대전압	V	578
	최대전류	A	207
	단락전류	A	238.5
	최저동작전압	V	476
변압기 (1차 전류)	변압비	V	260/380
	1차전류	A	267 A
	2차전류	A	183 A
IGBT	IGBT 전류	A	533 A
	IGBT 선정	급	300 A/1200 V 2병렬
리액터	-		300 uH, 120 kvA, 272 A

특 고압 연계선로 보호 방식은 태양광 발전시스템의 전원을 기존의 전력계통에 연계해주는 선로 또는 설비에 고장이 발생되었을 경우, 기존의 전력계통 측에 유입되는 고장전류를 차단함은 물론, 태양광 발전시스템으로 유입되는 고장전류도 차단할 수 있는 보호 기능을 시설하여야 하며, 단락사고, 부족전압 검출, 방향 과전류 검출, 순시전압 저하 시 등의 보호 기능 계전기를 설치되어야 한다²⁾.

3. 120 kW급 태양광 발전시스템설계/제작

국내 발전사업을 위한 고압연계 태양광발전의 실 계통 연계운전을 위하여 120 kW이 설계제작 설치되었다. 운전 적용을 위하여 서부발전 태안화력본부 내의 설치된 120 kW급 태양광 발전 설치 위치는 정남방향이며 주변의 수목과 건물의 영향이 없고, 인근에 특 고압선로가 위치하여 지상 전주의 도입 공사 구간이 짧은 곳을 설치대상지로 선정하였다. 설치조건 검토에서는 설치 공간을 충분히 확보할 수 있고, 인근계통과 연계되는 인근 원복 선로로부터 400 M의 거리에 위치하며 운동장 법면을 충분히 활용할 수 있는 지점을 고려하였다.

태안발전본부에 설치된 120 kW급 태양광 발전시스템의 상업운전을 위하여 22.9 kV 선로에 연계

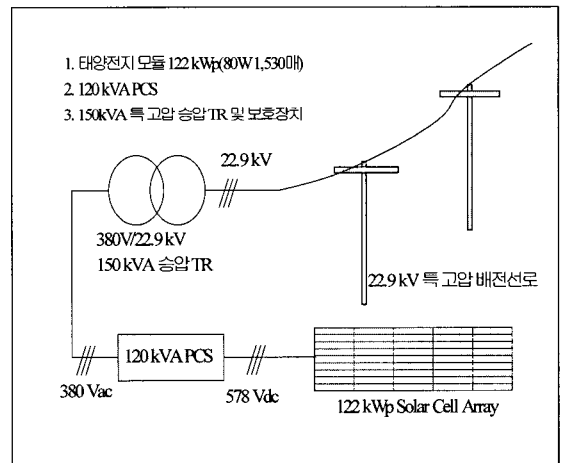


Fig. 2 Grid-connected 120 kW photovoltaic generation system



Fig. 3 120 kW PV system

되도록 120 kVA PCS를 개발 하였고 설계/제작, 송수전 설비도 별도로 제작하였다¹⁾.

Table 1은 120 kW급 태양광발전 시스템의 주요구성 요소의 제작규격을 보여주고 있다. 이외 120 kW급 태양광 발전설비에는 Data수집 및 설비 보호를 위한 모니터링 시스템도 갖추고 있다. 그 기능으로 MMI LCD Graphic 패널에서는 시스템의 Set-up, 시스템 운전 상태, 자기진단 기능, 자동 운전, 시스템 운전 값 설정 등의 제반 현황을 감시 조작을 할 수 있도록 제작하였다. Fig. 2는 120 kW급 태양광발전 시스템의 계통연계 구성도 그리고 Fig. 3은 설치된 태양광발전 설비 모습을 보여 주고 있다.

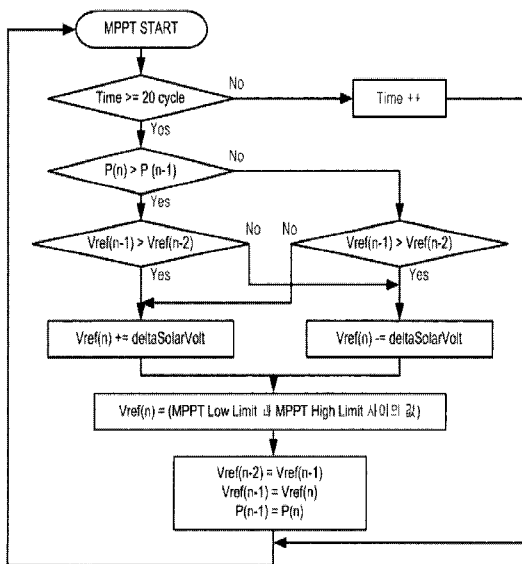


Fig. 4 Algorithm of P&O method for MPPT

4. 120 kW급 계통연계형 PCS의 제어방법 및 운전 결과

P&O 기법은 넓게 MPPT 접근을 위해 사용되고 있다. 입력 값으로는 태양전지의 출력전압과 전류, 출력 값으로 요구되는 동작전압 V_{ref} 를 CPU에 입력하여 처리한다. 이것은 전압 궤환 제어기에서 요구되는 동작전압 V_{ref} 로 사용할 수 있다. 또 다른 구성은 PCS의 PWM 입력변수를 CPU로 직접 제어하는 것이다. 이것은 보조 전압 제어 궤환 루프가 없이 만들어진다. P&O 기법 형태의 이름과 같이 이 처리는 어레이 동작 전압의 증가 또는 감소, 어레이 출력전력의 영향을 관측하는 작업으로 진행된다.

Fig. 4에 DSP로 P&O 기법 알고리즘을 실행하는 순서도를 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이 전압과 전류로서는 현재 어레이 출력 전력 $P(k)$ 를 계산한다. $P(k)$ 에 대한 이 값은 최근 측정 $P(k-1)$ 로부터 얻어진 값과 비교한다. 만약 출력 전력이 마지막 측정값보다 증가되었다면 출력전압의 섭동

Table 2 Specification of 120 kW grid-connected PV PCS

구분	항 목	내 용	비 고
시스템구성	출력 상수	삼상 4선식	
	입력 제어방식	MPPT P&O 기법	
	인버터제어방식	전압형 전류제어 PWM	
	스위칭 소자	IGBT	300[A], 200[V] 2병렬
입력	정격전압	595 [VDC]	
	전압변동범위	476-741 [VDC]	
출력사양	정격 출력용량	120[kVA]	
	정격 출력전압	계통선 전압 (380[Vac])	
	정격 출력주파수	계통선 주파수(60[Hz])	±2[Hz]
	출력전류총왜율 (THD)	총합 왜율 5[%]이하 각차 왜율 3[%]이하	정격부하시
시스템사양	효율	90[%] 이상	정격부하시
	역률	98.8[%]이상	
	과부하량	110[%] /10분	
	냉각방식	강제공냉식	

Table 3 Islanding detection time

동작 모드	출력조건	동작시간	기준
연계→대기	100%	380 ms	500 ms이내

Table 4 Static characteristics of maximum power

출력 (%)	입력	출력		효율 (%)	역률	THD (%)
	전력 (kW)	전압 (V)	전력 (kW)			
50	64.1	380	59.7	93.1	0.99	1.97
100	126.5	380	119.2	94.2	0.99	0.87

은 최근 주기에서처럼 동일한 방향으로 진행된다. 만약 출력이 최근 측정 이후에 감소되었다면 출력 전압의 섭동은 최근주기와 반대 방향으로 전환 될 것이다. 이 알고리즘을 가진 동작 전압은 매 MPPT 주기에 대해 섭동된다. 본 연구에서는 디지털로 구현이 용이하고 안정성이 뛰어난 P&O MPPT 기법을 사용하여 구현하였다.

Table 2에 설계 및 제작 규격을 나타내었다. 설계 규격에서 태양전지의 직병렬 수는 PCS 설계와 전류제어의 용이 점을 반영하였다. 즉, 태양전지의 직병렬 수에 있어 병렬 개수가 증가하면 PCS 입력전류가 증가하는 상관관계가 있어 PCS 입력전압과 전류를 결정하여 IGBT 스택(stack)의 용량을 결정하므로 상용으로 제작될 수 있는 300[A] 1,200[V]급 IGBT를 2병렬로 사용할 수 있도록 태양전지를 34직렬 45병렬로 하였다. 이에 따른 입력 전압의 변동범위는 476~741[VDC]이다. 그리고 인버터 출력 주파수는 상용 60[Hz] 계통전압 주파수의 $\pm 2\%$ 이내에서 추종하도록 하며 출력전압은 삼상 380[Vac]의 계통전압 변동률 $\pm 10\%$ 이내에서 추종한다. 이때, 출력전류의 경우 총 고조파 왜율(THD)이 총합 5[%]이내, 각차 3[%] 이내에서 제어되며 효율 90[%] 이상에서 역률이 98.8[%] 이상이 되도록 제어된다. 그리고 보호기능에 있어 입력과 출력에 대하여 과전압(OV), 저전압(UV), 계

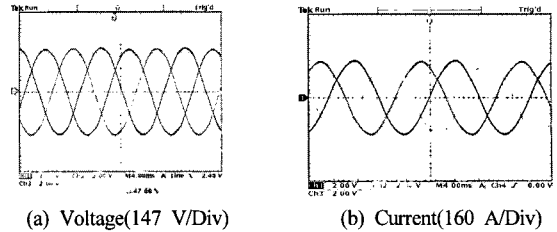


Fig. 5 Output of Inverter(at 100% output)

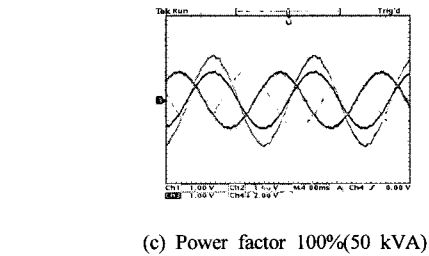
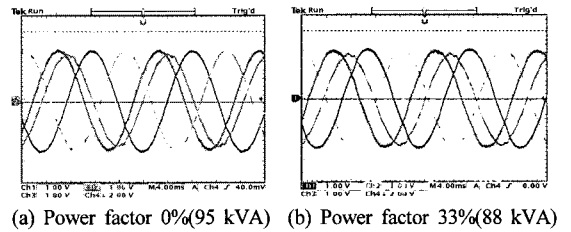


Fig. 6 Active-Reactive current control

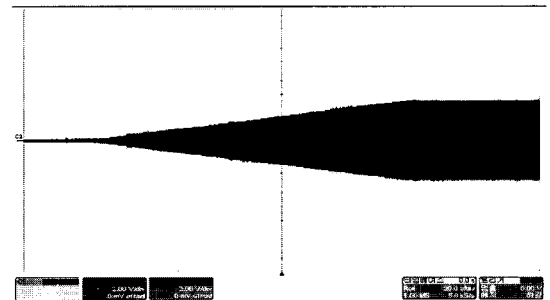


Fig. 7. Soft-Start characteristics of PCS

통 주파수와 동기 이상에 있어 규격내의 보호기능을 갖추었다.

120 kW급 계통연계 태양광발전용 PCS 정출력 특성시험 결과를 살펴보면, 50%의 출력에서도 효율은 93%이상, THD는 2%이하로 우수한 성능을

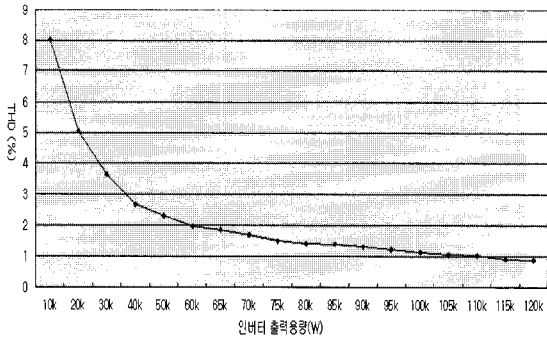


Fig. 8 THD change to inverter output

나타내고 있다. Table 3 및 Table 4에서는 태양광 발전의 단독운전 검출 시험에서도 계통전원이 정전이 발생한 경우 이를 검출하고 대기상태까지 걸리는 시간은 약 380 msec 정도를 보여주었다. 단독운전 검출에 사용된 알고리즘은 수동적인 방법으로 전압·주파수검출법(Voltage and Frequency Detection Method)과 능동적인 방법으로 개선된 샌디아 주파수 변동(Sandia Frequency Shift) 기법을 적용하였다. Fig. 5는 120 kW급 계통연계형 인버터의 출력전압 전류특성을 보여주고 있다.

Fig. 6은 120 kW급 계통연계 인버터의 유무효 전력제어 파형을 나타내고 있고, Fig. 7은 PCS의 소프트 스타트(soft-start) 특성을 나타내는 파형이다. 그림에서 보이듯이 약 2분에 걸쳐 100% 까지 상승시키고 있다.

Fig. 8은 인버터 출력에 따른 출력전류 총고조파 왜율(THD)에서 출력 20 kW 이상에서 THD 5%이하의 출력전류를 흘리고 있음을 알 수 있

Table 5 Parameters for the solar cell model

파라미터 값		파라미터 값	
V _{oc} (개방전압)	21.8[V]	N _p (병렬연결수)	35
I _{sc} (단락전류)	4.85[A]	m(모듈내cell수)	36
P _{max} (최대출력)	80[Wp]	S _{ref} 내(기준온도)	25[°C]
N _s (직렬연결수)	34	T _{ref} 내(기준일사량)	1000 [W/m ²]

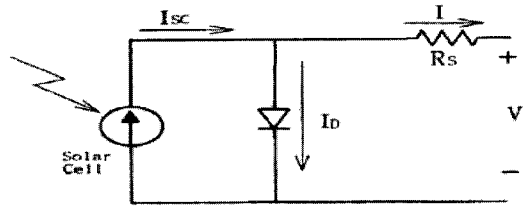


Fig. 9 Simplified equivalent circuit model of a solar cell

며, 110 kW 이상에서 1%이하의 THD를 보이고 있다.

5. PSCAD/EMTDC를 이용한 120 kW급 계통연계형 PV시스템 모델링 및 해석

상용툴 PSCAD/EMTDC의 모델을 바탕으로 태양전지 어레이의 특성을 모의하고, 계통연계형 태양광발전시스템의 전체 출력성능 특성을 모의한다. 용량은 현재 한국서부발전소의 태안 화력발전본부 내에 설치되어 있는 PV 어레이의 규격 데이터를 활용하였으며 용량은 122.4 kWp이다.

태양전지 모델링을 위하여 본 연구에서는 Fig. 13과 같은 전류원, 다이오드로 구성되어 있는 등가회로 모형을 이용하였다³⁾.

등가회로 모형에서

$$I = I_{sc} - I_0 \left(\exp \left[\frac{V + IR_s}{nT_T} \right] - 1 \right) \tag{1}$$

단, I_{sc}=태양전지 단락전류[A], I₀=다이오드 포화전류[A], n=다이오드 이상정수(1~2), I_B=다이오드 전류[A], V=부하전압[V], R_s=직렬저항[Ω], V_T=열 전위차[V]. 단, V_T=m·(kT/q), k=볼츠만 상수(1.38e-23 [J/K]), T=절대온도[K], q=쿨롱상수(1.6e-10[c]), m=태양전지 모듈내의셀(cell) 수

과 같은 수리식을 얻을 수 있다.

이러한 관계식을 통해 단락전류의 일사량 및 온도에 관한 특성을 구할 수 있다. 식(1)로부터 기준 온도에서의 다이오드 포화전류식을 구하고 밴드 에너지 갭의 온도에 대한 특성식도 구할 수 있다.

120 kW급 태양광 발전시스템 설치 및 실 계통연계 운전 결과 평가

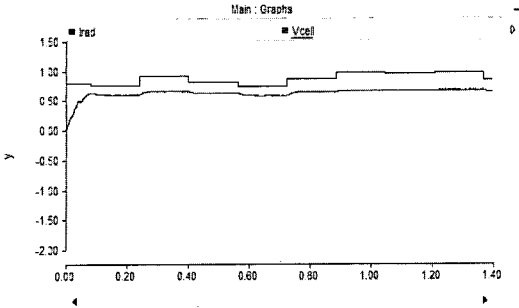


Fig. 10 Solar irradiance variation and PV array output current

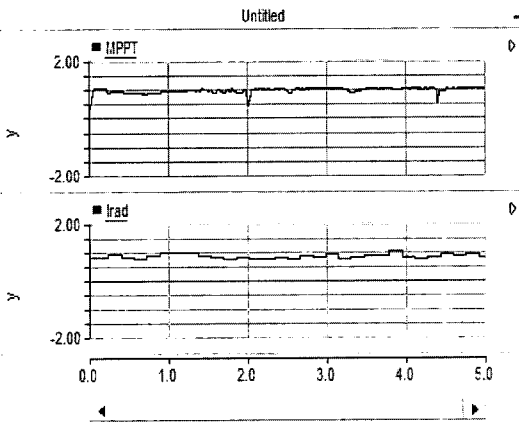


Fig. 11 Solar irradiance variation and MPPT output

본 연구에서는 등가회로에서 얻을 수 있는 수리 관계식과 기본 데이터를 바탕으로 모델링을 하고 Fig. 10은 어레이의 출력전압으로서 일사량 변동에 따른 시뮬레이션을 통한 응답 특성을 보인다. 어레이 출력과 인버터의 출력은 일사량 변동을 직접적으로 반영한다. 일사량 변동 시 인버터 출력이 어레이 출력에 비하여 미소한 시간지연을 보이는 것은 인버터 제어에 따른 것으로 볼 수 있다.

6. 120 kW급 태양광 발전 시스템 계통 연계 운전특성 분석

태양광발전 출력 변화에 따른 실계통 연계 운전 시의 고조파 발생량을 PZ 4000 Power Analyzer로 측정하였다. 다음 표는 태양광발전 출력별 측정

Table 6 Characteristics for output current of THD

태양광출력	17 kW	42 kW	75 kW
출력전류 THD(%)	5.42	2.67	1.48

결과를 요약 정리한 것이다. 기준에 제시되는 TDD 5%는 발전설비를 제외한 국부 연계계통의 1년 중 15분 최대 부하전류, 또는 (발전설비와 계통 연계점 사이에 변압기가 있을 경우 이 변압기를 통과하는)발전설비 정격 전류용량 중 큰 값에 대한 고조파 전류의 비율을 의미하므로 측정결과가 기준을 만족함을 알 수 있다.

120 kW 태양광발전설비를 구성하고 있는 계통 연계형 인버터는 자여식 전류제어방식으로 기동시에 돌입전류를 억제하기 위해 소프트 스타트 기능을 갖추고 있다. 120 kW 태양광발전시스템의 계통연계시 연계점의 순시전압변동을 확인하기 위하여 발전출력별로 기동·정지에 따른 전압파형을 분석하였다. 실험 파형으로부터 발전시스템의 갑작스런 기동·정지에도 계통 전압에는 별다른 영

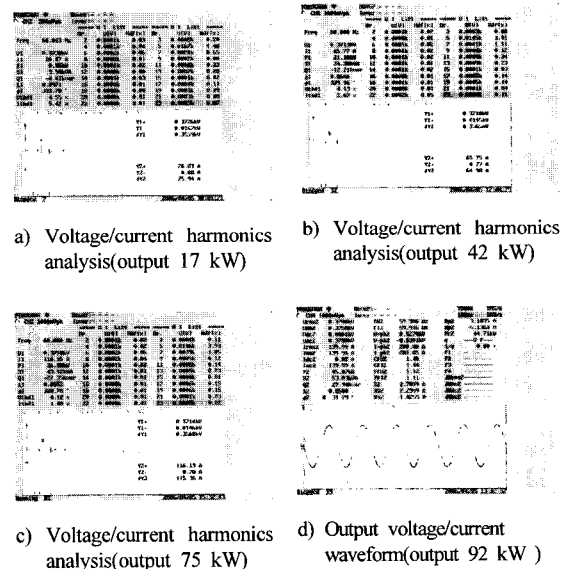
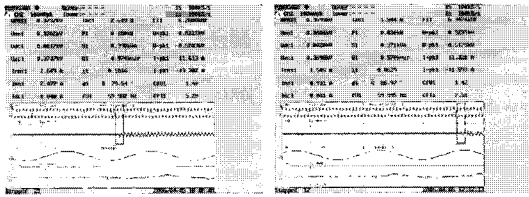
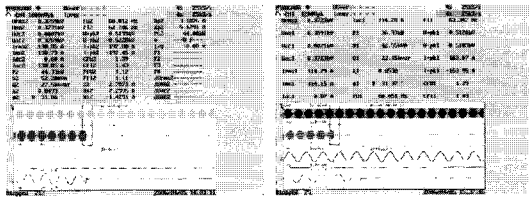


Fig. 12 Analysis of harmonics effect



a) connected point voltage and output current waveform (start 0→3 kW) b) connected point voltage and output current waveform (start 0→약 50 kW)



c) connected point voltage and output current waveform (stop at 91 kW) d) connected point voltage and output current waveform (stop at 73 kW)

Fig. 13 Analysis of harmonics effect

향이 없음을 Fig. 13에서 보여준다.

7. 120 kVA 태양광 발전시스템 출력특성

120 kW급 계통연계형 태양광 발전시스템을 시스템 구동에 따른 운전특성의 데이터를 수집하여 태양광의 수평면과 경사면 일사량, 그리고 어레이 표면온도 등이 함께 측정되어 태양광 발전특성에 미치는 영향 등을 관찰하였다. 120 kW급 계통연계형 태양광 발전 시스템의 특성을 파악하기 위하여 발전시스템의 이용률 및 시스템 발전효율을 살펴보았다. 계통연계 태양광 발전시스템의 시스템 이용률 및 발전효율은 다음 식들에 의하여 계산되었다.

$$\text{시스템이용률} = \frac{\text{시스템발전전력량}(kwh)}{\text{시스템정격출력} \times 24(h) \times \text{일수}} \times 100\%$$

$$\text{시스템발전효율} = \frac{\text{시스템총발전전력량}(kwh)}{\text{경사면일사량} \times \text{어레이면적}(m^2)} \times 100\%$$

Table 7 Characteristics of system

월별	발전 전력량 (MWh)	경사면 일사량	시스템 발전효율 (%)	시스템 이용률 (%)	어레이 효율 (%)	계측 일수
2005.08	3.161	1,322	15.37	15.37	9.88	7
9월	10.87	4,478	9.36	12.33	10.08	30
10월	12.8	5,099	9.68	14.05	10.41	31
11월	10.38	4,095	9.78	11.77	10.53	30
2006.02	7.4	2,992	9.54	13.25	10.30	19
3월	14.49	5,570	10.036	15.91	10.83	31
4월	5.01	2,148	9	14.21	9.74	12

$$\text{어레이 효율} = \frac{\text{태양전지어레이발전전력량}(kwh)}{\text{경사면일사량}(kwh/m^2) \times \text{어레이면적}(m^2)} \times 100\%$$

운전결과에서 시스템 효율은 2005년 시운전중인 8월을 제외하면 2006년 3월이 가장 높았고, 이용률도 가장 높은 15.9%를 보여주었다.

8. 결 론

태양광 발전시스템은 분산배치 형태 및 향후 분산 전원으로 활용이 예상된다. 또한, 태양광 발전 시스템은 앞으로도 계속적으로 이용할 수 있으며, 청정에너지의 대규모 사용 발전 시스템으로서 보급될 가능성이 크다고 예상된다. 이에따라 사업용 시스템으로 발전사업 가능성 검토를 위해 분산형 120 kW급 태양광발전 시스템을 대안화력발전본부에 설치 제작하여 운전하였다. 120 kW 태양광 시스템을 적용하기 위한 계통연계형 150 kVA PCS 시스템을 운전 시험하여 정격에서 1% 내 고조파를 보여주었다. 단독운전 시험에서도 출력조건 100%에서 동작시간 300 ms를 보여주어 설계값에 맞는 값을 보여주었다. 한편, 120 kW급 시스템 출력 특성에서는 고조파 및 PCS 순시전압변동에서도 안정된 모습을 보여주었고 시스템 운전 이용률도 11%에서 15%, 그리고 시스템 효율은 9%

에서 15%로 나타나고 있어 계절별 격차가 크게 나타나고 있음을 보여주었다.

이외에도, 본 연구에서는 신뢰성 있는 상용틀을 이용해 120 kW급 계통연계형 태양광발전시스템의 모델링 및 모의 해석을 실시하였다. 이 해석에서는 사용자 정의 기능을 이용하여 태양전지 어레이, 저압원인버터 및 MPPT 기법을 적용 구현하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행된 “120 kW급 태양광 발전시스템의 실 계통 연계운전 적용 및 평가”의

연구결과입니다.

참 고 문 헌

- 1) 산업자원부, “120 kW급 태양광 발전시스템의 실 계통 연계운전 적용 및 평가”, 최종보고서, 2006.
- 2) 안교상, 김수창, 김신섭, 황인호, 박성연, 김영섭, 임희천, 오제명, “120 kW 태양광 발전시스템의 설계/제작”, 대한전기학회 하계학술대회, July, 2005.
- 3) 김슬기, 김진홍, 김응상, “PSCAD/EMTDC를 이용한 계통연계형 태양광발전시스템의 모델링 및 모의 해석” 대한전기학회, Vol. 54A, No. 3, Mar. 2005.