

## 계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석

(The Operating Characteristics Analysis of Utility Interactive PV Power Generation System)

고강훈 · 이현우\*

(Kang - Hoon Koh · Hyun - Woo Lee)

### 요 약

본 논문에서는 계통과 원활히 동작할 수 있는 계통 연계형 태양광 발전시스템에 대한 특성을 해석하고 이론을 바탕으로 제작된 실 시스템을 적용·운용시 시스템의 운전특성 및 발전량을 비교 분석하였다. 그 결과로서 구조적인 문제점과 관리적인 문제점을 도출하고, 이러한 문제점에 대한 대책으로서 설치될 장소의 장기적인 일사량 측정 데이터수집을 통하여 최적의 일사량을 얻을 수 있는 지역설정과 최적의 설치형태를 설계함으로써 발전효율을 높일 수 있다. 또한, 운영시스템 및 모니터링 관리가 현행의 OS시스템으로서는 해결이 불가능한것을 전용의 OS개발과 데이터 백업 시스템을 구축함으로써 실 시스템 운용상의 문제점을 해결할 수 있었다.

### Abstract

This paper analyzes the characteristic of utility connection type solar power generation system which it is available to connect the utility. And the operation characteristic of this system is compared and analyzed when it is operated in the real system. The constructional and operational problem were obtained by that result. Overcoming that defect is that finding the proper place to be well operated and to find the best place for getting the sunshine data. This method could increase the efficiency of the generation system. And more, current OS in operating system and monitoring management couldn't solve the problem so that improving OS and constructing data backup system should be implemented. This paper proposes the plan to solve that defect in the real system.

Key Words : Photovoltaic system, Utility interactive system, Three-phase PWM inverter

### 1. 서 론

현재 전세계는 유가폭등으로 인하여 고유가시대

를 맞이하고 있다. 서구 선진국이나 이웃일본은 오랜 기간동안 대체 에너지 개발에 많은 연구와 시설 설비에 대한 투자를 지원하고 있다. 대체에너지는 화석에너지 의존도와 환경오염, 공해문제의 영향을 줄이기 위한 Clean Energy원인 태양광, 풍력을 이용하며, 시스템의 형태는 태양광과 풍력을 함께 사용하는 복합형을 선호하고 있으며, 80년대 독립형에서 90년대 연계형으로 보급되고 있다. 국내발전현황은

\* 주저자 : 경남대학교 전기전자공학부  
Tel : 055-249-2834, Fax : 055-248-2228  
E-mail : lhwoo@kyungnam.ac.kr  
접수일자 : 2002년 1월 2일  
1차심사 : 2003년 1월 15일  
심사완료 : 2003년 6월 19일

## 계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석

80년대 후반부터 독립형으로 도서지역이나, 산간벽지, 가로등 전원으로 시범 설치 시공 운영되고 있으며, 최근에 연계형시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2].

태양광발전 시스템은 상용전력 계통과의 접속방법에 따라 두 가지 시스템으로 분류하며, 양자가 전기적으로 항상 접속되어 있는 시스템을 병렬연계 시스템이라 하고, 전기적으로 항상 분리되어 있다가 광발전전력이 부족할 경우에만 접속되는 시스템을 계통절환 시스템이라 한다. 전자는 태양광발전 잉여전력을 계통에 역송전이 가능한 시스템이고, 후자는 역송전이 불가능하며 단순히 부하에만 전력을 공급할 수 있는 시스템이다[3][4].

본 논문에서는 계통과 원활히 동작할 수 있는 계통 연계형 태양광 발전 시스템에 대한 특성을 해석하고, 실제 시스템에 적용하여 운용되고 있는 시스템의 운전특성 및 효율성을 비교분석, 시스템 운용상의 문제점을 검토하고자 한다[5~7].

## 2. 제어알고리즘

### 2.1 3상 시스템 모델링

계통연계형 인버터는 태양전지 어레이 쪽에서 보면 인버터로 동작하나 계통 측에서 바라보면 컨버터로서 해석이 가능하다. 연계형 시스템은 계통과 위상, 역울을 동기화 시켜 제어해야한다. 그러므로, 계통측면에서 해석을 하고, 인버터를 제어하게 된다면 동일한 위상과 역울을 가진 연계형 인버터를 설계할 수 있게 된다.

이러한 PWM 컨버터 모델을 그림 1에 나타내었으며 수식적인 모델링은 식(1),(2),(3)과 같다.

$$E_r = L \frac{di_r}{dt} + i_r R + V_r \quad (1)$$

$$E_s = L \frac{di_s}{dt} + i_s R + V_s \quad (2)$$

$$E_t = L \frac{di_t}{dt} + i_t R + V_t \quad (3)$$

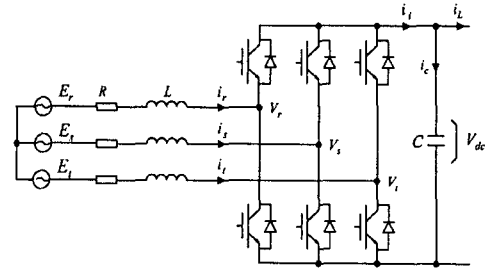


그림 1. 3상 PWM 컨버터 모델  
Fig. 1. Model of 3-phase PWM converter

3상으로 표현된 식(1), (2), (3)을 전원 각주파수  $\omega$ 로 회전하는 2상 좌표계로 표현하면 각 상태 변수들이 DC량으로 표현되기 때문에 다루기 편리하다. 회전좌표계 시스템 모델링을 유도하기 위한 정지좌표계 식은 다음과 같다.

$$E_{dq}^s = L \frac{di_{dq}^s}{dt} + R i_{dq}^s + V_{dq}^s \quad (4)$$

정지좌표계의  $dq$  변수를 회전좌표계의  $dq$  변수로 변환시키는 행렬  $T$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{bmatrix} f_d^e \\ f_q^e \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} f_d^s \\ f_q^s \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서,  $T = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$ 이다.

$T$ 의 특성은

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dT}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = -\omega \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} T \quad (6)$$

$$\begin{aligned} T \frac{df_{dq}^s}{dt} &= \frac{d}{dt} (T \cdot f_{dq}^s) - \frac{dT}{dt} f_{dq}^s \\ &= \frac{df_{dq}^e}{dt} + \omega \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} f_{dq}^e \end{aligned} \quad (7)$$

식(4) 양변에  $T$ 를 곱하여 회전좌표계식을 유도하면

$$TE_{dq}^s = LT \frac{di_{dq}^s}{dt} + RT i_{dq}^s + TV_{dq}^s \quad (8)$$

$$E_{dq}^s = L \frac{di_{dq}^e}{dt} + \omega L \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} i_{dq}^e + R i_{dq}^e + V_{dq}^e \quad (9)$$

3상의 정지좌표계로 표현된 수식을 2상의 정지좌표계로 변환하고, 다시  $\omega$ 로 회전하는 2상 회전좌표계로 표현하면 다음과 같다. 이때  $\omega L$ 이 포함된 항은 좌표축이 회전하므로써 생기는 속도전압으로 정의된다.

그림 2는 식(10)에 대한 컨버터 회로의 등가회로이고 그림 3은 전압과 전류의 페이서도로서 (a)는 역률이 1인 경우이고 (b)는 역률이 1이 아닌 경우를 각각 보여주고 있다.

$$\begin{bmatrix} E_q \\ E_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ls + R & \omega L \\ -\omega L & Ls + R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_q \\ i_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_q \\ V_d \end{bmatrix} \quad (10)$$

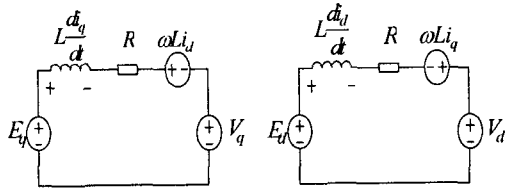


그림 2. 컨버터 시스템의 d, q축 등가 회로  
Fig. 2. d,qaxis equivalent circuit of converter system

DC link 콘덴서의 전압 변동에 관한 수식과 컨버터 입력 전력과 출력 전력과의 관계는 다음과 같이 표현될 수 있다.

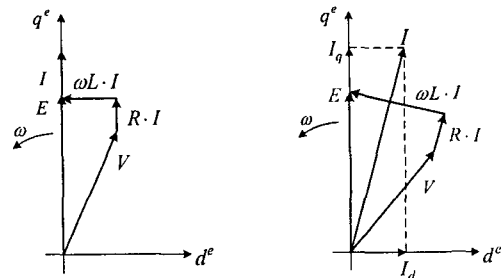
$$C \frac{dV_{dc}}{dt} = i_i - i_L \quad (11)$$

$$V_{dc} i_i = \frac{3}{2} (V_d i_d + V_q i_q) \quad (12)$$

PWM 컨버터의 사용 목적은 DC link 전압제어와 역률 1제어를 하기 위한 것이다. 역률 1이 되도록 하기 위해서는 그림 3(a)에서처럼 회전좌표계의 회전

각  $\theta (= \omega t)$  을  $E_d = 0$  이 되도록 설정하고  $i_d = 0$  으로 제어함으로써 가능하다.

즉,  $E_d = 0, E_q = E_m$  ( $E_m$ 은 상전압의 Peak 값)이 되도록 좌표축을 설정하고  $i_d = 0$  이 되도록 함으로써 전력은 q 축에만 편중되어 존재하게 된다. 또한, 컨버터 입력전류  $i_q$  를 제어함으로써 DC link 전압을 제어하는 것이 가능하다.



(a) 역률이 1인 경우 (b) 역률이 1이 아닌 경우  
(a) The case of P.F.=1 (b) The case of P.F.≠1

그림 3. 전압, 전류의 페이서도  
Fig. 3. Phase diagram of voltage, current

## 2.2 제어기 구성

PWM 컨버터 및 제어기의 구성은 그림 4와 같다. 리액터, DC link 콘덴서, 그리고 전력용 소자인 IGBT로 구성되어 있는 전력 회로부, 전원 전압과의 위상을 동기 시키기 위한 전원위상 검출기기, DC link 전압 일정 제어를 위한 전압 제어기, 전류 제어기, 2상-3상 및 정지-회전 좌표 변환기, 그리고 전력 소자를 PWM형태로 구동하는 게이트 구동회로로 구성되어 있다.

3상 변압기를 통해 r, s, t상의 전원 전압의 영점을 검출한다. 이 3상의 영점으로부터 정상순인지 또는 역상순인지의 상회전 방향을 검출하고, t상의 영점으로부터 전원의 전압 벡터가 회전좌표축상의 q축에 일치하도록 회전좌표계의 회전각속도 및 회전각을 설정한다. 전류는 r상과 s상만의 Hall CT 출력을 A/D변환하고 t상은 3상 평형을 가정하여 계산한다. 이 3상의 전류를 3상-2상 변환 및 정지좌표-회전좌

계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석

표 변환을 통해서 회전좌표계의  $d$ ,  $q$ 로 표현한다.  $d$ 축 전류를 0으로 제어하기 위해  $PI$ 전류제어를 행하고  $PI$ 전류제어기 출력에  $q$ 축의 간섭분을 보상하여  $d$ 축 전압지령을 만든다. 이때 전류를 증가시키고자 할 때는 컨버터의 스위칭 전압이 작아져야 하기 때문에  $PI$ 전류제어기 출력의 부호가 음(-)으로 된다. 다음은 전압지령과 A/D변환한 DC link의 전압차로부터  $PI$ 전압 제어를 행하여  $q$ 축 전류지령을 만들고  $q$ 축 전류를 제어하기 위한  $PI$ 전류제어를 행하고  $PI$ 전류제어기 출력에  $d$ 축의 간섭분을 보상하여  $q$ 축 전압 지령을 만든다. 이때  $q$ 축  $PI$ 전류제어기 출력은  $d$ 축에서의 마찬가지로 마이너스(-)가 곱해진다.  $d$ ,  $q$ 축의 전압지령을 이번에는 역으로 회전좌표-정지좌표 변환 및 2상-3상 변환을 한 다음 삼각파 비교 방식의 PWM 신호를 발생시켜 게이트 구동회로를 통해 전력 소자인 IGBT를 스위칭 한다.

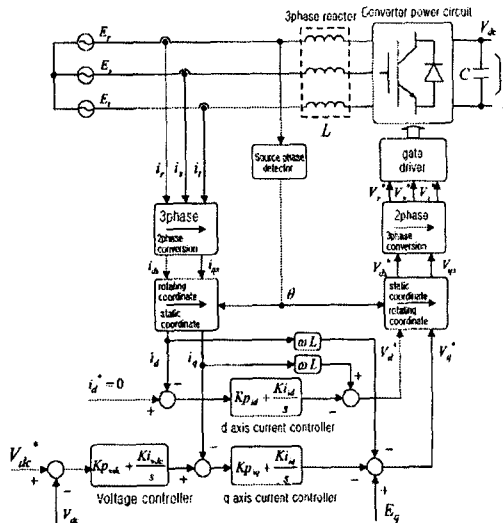


그림 4. PWM 컨버터의 구성  
Fig. 4. PWM converter configuration

3. 현장실증 운전 결과

태양전지의 연결은 직렬 20개×3개 병렬을 1조로

표 1. 12(kW) 태양광발전시스템 설계규격  
Table 1. Design specification of a 12(kW) PV system

항 목	규 격	
태양 전지 모듈	종 류	단결정 실리콘 태양전지
	태양전지 용량	53W
	태양전지 정격전압	DC 313V
태양전지 어레이	결선방법	직렬20×3병렬×4개 어레이
	경 사 각	34 °
	용 량	12 kW(53W모듈 240개)
인버터	연계 운전 방식	전압형 전류제어방식(PWM)
	정격출력	12.72kW
	직류입력 전압	DC252~370V
	전류제어 방식	MPPT제어
	정격출력	AC220V 60Hz
	전력변환 효율	90%이상(정격출력시)
연계계통 보호기능	보호 계전기	과전압/과전류, 정전, 결상, 역상, 출력단락시 시스템 보호, 동기이상, 온도이상 등
연계계통 보호기능	보호 계전기	UVR, OVR, UFR, OFR

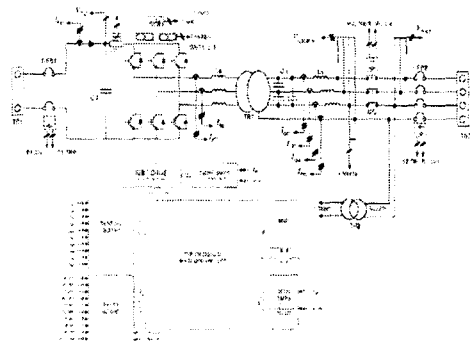
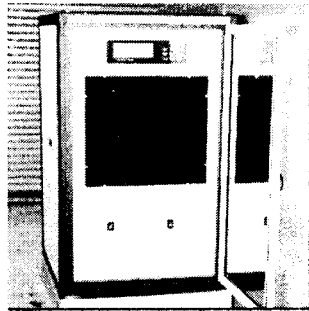


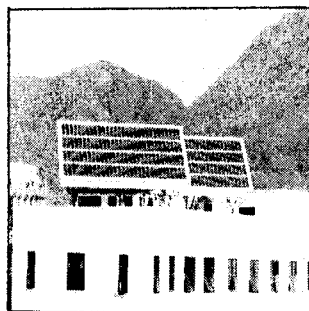
그림 5. 시스템의 배선도  
Fig. 5. The wiring diagram of system

총 4개군(총 240매)으로 이루어져 있으며, 인버터는 IGBT를 이용한 PWM 인버터이다. 효율은 90%이상이며 역률은 0.95이상이다. 연계보호장치로서는 인

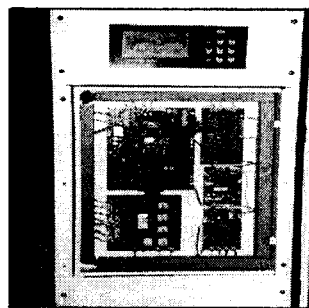
버터 과전압/과전류, 출력단락시 시스템 보호, 시스템 과열보호, 정전보호, 결상보호, 역상보호기능을 갖추고 있다. 외부 인터페이스로는 원격 알람 점점 출력, 리모트 응급 파워 오프 기능등과 같은 MMI기능을 갖춘 시스템이다. 표 1은 시스템의 설계규격, 그림 5는 시스템의 배선도를 나타낸 것이다. 그림 6은 계통연계형 인버터와 태양전지 어레이 사진이다.



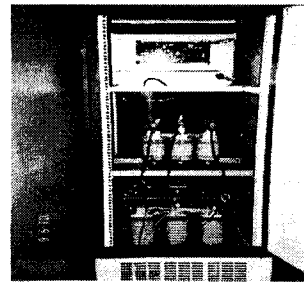
(a) 계통연계형 인버터  
(a) PV Inverter



(b) 태양전지 어레이  
(b) Solar cell array



(c) 인버터의 전면  
(c) Front of Inverter



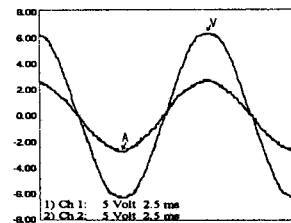
(d) 인버터의 뒷면  
(d) Rear of Inverter

그림 6. 계통연계형 인버터와 태양전지 어레이 사진  
Fig. 6. The picture of PV inverter and solar cell array

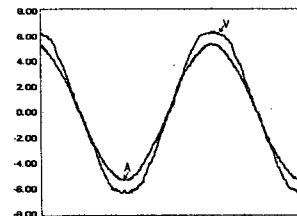
#### 4. 실증실험 운전특성 및 문제점 분석

##### 4.1 실증실험 운전특성

시스템 스위칭 주파수 10[kHz], 3상 리액터 및 커패시터는 1mH, 25uF, DC 커패시터는 2200uF을 사용하였다. 그림 7(a)는 50% 부하시 (b)는 100% 부하시 출력상 전압·전류파형을 각각 보여 주고 있다. 그림에서 보듯이 전압 전류의 위상은 동위상으로 제어되며, 역률이 1임을 알 수 있다.



(a) 50%부하  
(a) 50% load



(b) 100%부하  
(b) 100% load

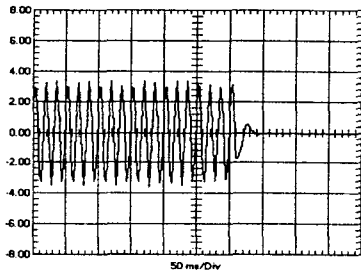
그림 7. 인버터 출력전압, 전류  
Fig. 7. Output voltage and current of inverter.

계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석

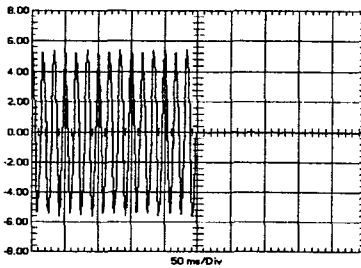
그림 8은 계통정전시 인버터 응답특성을 나타낸 것으로 그림 (a)는 출력 상전압, (b)은 출력 선간전압 특성을 나타내고 있다. 그림 9는 50% 부하시의 출력전류 및 THD를 그림 10은 100% 부하시의 출력전류 및 THD를 각각 나타내고 있다. 50% 부하시 THD는 2.52%로 나타났으며, 100% 부하시 THD는 2.03%를 나타내었다.

그림 11은 모니터링 시스템을 통해 기록된 태양전지 전력과 인버터 전력의 파형을 나타낸 것이다. 인버터의 동작이 태양전지 입력에 따라 원활하게 동작하고 있음을 알 수 있다.

표 2와 3은 월별 운전실적과 이용률을 나타낸 것이다. 그림 12는 월별 일평균 발전량을 그래프로 나타낸 것이다. 표와 그림을 통해 살펴보면 1월달은 시스템 고장으로 인하여 자료를 수집하지 못하였다.

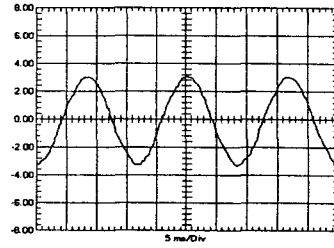


(a) 상전압  
(a) Phase voltage

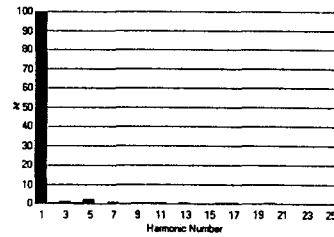


(b) 선간전압  
(b) Line voltage

그림 8. 계통정전시 인버터 응답특성  
Fig. 8. The response characteristics of inverter at shut down

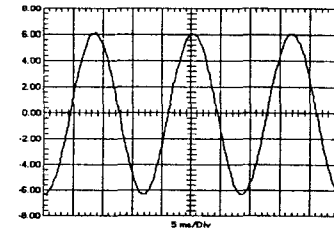


(a) 전류파형  
(a) Current waveform

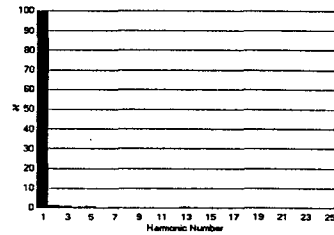


(b) 고조파 스펙트럼  
(b) Harmonic spectrum

그림 9. 50%부하시 인버터 출력전류와 고조파 스펙트럼 파형  
Fig. 9. The waveform of output current and harmonic spectrum at 50% load.



(a) 전류파형  
(a) Current waveform



(b) 고조파 스펙트럼  
(b) Harmonic spectrum

그림 10. 100% 부하시 인버터 출력 전류와 고조파 스펙트럼 파형  
Fig. 10. The waveform of output current and harmonic spectrum at 100% load.

이처럼 시스템의 발전량이 일정하지 못한 것은 기 후와 일사량과도 관계가 있지만 시스템의 빈번한 고장 도 한 원인이다. 이용률의 값은 소비전력(한전발전전 력량과 태양광 발전전력량의 총합)에서 태양광 발전전 력량이 차지하는 비율을 이용률로 정의한 것이다.

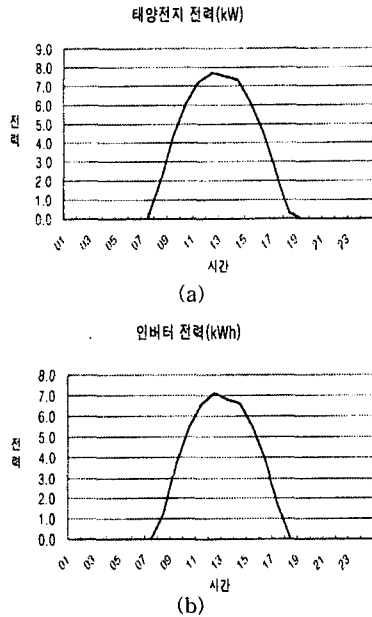


그림 11. 실제 운전 파형 (2001.4.7)  
Fig. 11. The waveform of real operating

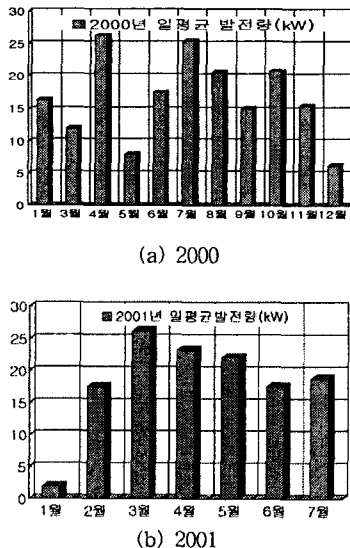


그림 12. 월별 일평균 발전량 그래프  
Fig. 12. Graph of day average generating capacity at a part of month

## 4.2 실증 운전에 따른 문제점과 대책

### 4.2.1 구조적인 문제점과 대책

용시에 초기에 예상치 못한 구조적인 문제점을 발 견 할 수가 있었다. 그 문제점은 다음과 같다.

1) 집광판 배열을 2단배열 설치하였기 때문에 동 절기에는 뒷면의 집광판 하단부에 그림자가 생기기 때문에 발전효율이 떨어진다.(집광판 간격 3.5[m], 집광판 높이3[m]) 태양광 발전 시스템의 발전효율 은 태양전지 어레이에 조사되는 일사량과 밀접한 관 련이 있으므로 설계시 가장 우선적으로 고려되어야 함에도 불구하고 최적화하지 못하였다. 미국이나 일 본과 같은 경우는 일사량 데이터를 항상 기록하고 배포함으로서 효율 높은 태양광 발전 시스템을 구축 할 수 있도록 하고 있음에 반해 우리나라에 현실에 맞는 일사량 데이터가 없다. 따라서 우리나라에서도 태양광 발전 시스템 설치시 설치 지역의 일사량 등 을 면밀히 조사하여 최적의 집광판 각도와 방향을 지역 특성에 맞도록 시설하여야 할 것이다.

2) 태양전지 어레이, 인버터, 제어회로와의 인터 페이스관계에 있어서 불안정한 요소로 인한 고장으 로 발전 효율이 떨어지는 점이 있다. 이에 대한 대책 으로서 태양광 발전 시스템 운용시 시스템 고장원인, 고장 부분 빈발도, 인터페이스 관련 불안정요소 등 을 도출, 개선하여 발전 효율을 높여야 할 것이다.

3) 태양광 발전 시스템과 관련된 전문적인 관리자 가 없으므로 고장시 장시간 발전이 안되므로 발전 효율이 저하되는 문제점을 갖고 있다.

4) 시스템이 설치된 지역(창원)은 지형적으로 분 지이므로 먼지 등이 많이 쌓이므로 발전효율이 저하 된다. 따라서 일사량이 좋을 경우 태양전지 어레이 를 청소할 수 있는 시스템을 보조적으로 부착해야 할 것이다. (비온뒤에 발전량이 최대)

5) 현재 설치되고 있는 태양광 발전 시스템의 대 부분이 기존 건물 옥상에 시설하므로써 주변환경, 구조물에 대한 영향, 설치각도, 높이, 방향 등에 제한 이 있으므로 최적 설계가 불가함으로 효율 저하원인 이 된다. 따라서 앞으로는 건축물 설계시부터 집광 판 설치를 고려하여 기초 시설의 보완, 건축물의 방 향, 옥상 사용에 대한 구획 정리 등을 설계에 반영하 여야 하고, 특히 건축물 남향 부분의 외벽은 태양광 집광판으로 마감 처리 함으로서 대지 효율도 높이고

## 계통연계형 태양광 발전시스템의 운전특성 분석

주위 환경 미관도 조화 시킬 수 있는 방안도 고려해 불만한 시도일 것이다.

표 2. 월별 운전실적(2001.1~7)  
Table 2. Monthly Operation Results(2001.1~7)

구분	월	1	2	3	4	5	6	7
발전량 (kwh)	합 계	62.1	489.1	813.5	699.6	685.3	529.4	582.4
	일평균	2	17.5	26.2	23.3	22.1	17.6	18.8
수평면일사량 (H/mm)		15.5	124.9	166.4	156	141.5	116.9	127.8
계측일수		5	23	29	26	29	30	31

표 3. 월별 시스템 이용률 (2001.1~7)  
Table 3. Monthly system utilization ration(2001.1~7)

구분	월	1	2	3	4	5	6	7
사용량 (kwh)	한시용량	10,423	10,060	7,545	3,742	2,391	2,444	3,822
	태양광 발전량	62.1	489.1	813.5	699.6	685.3	529.4	582.4
	계	10,485.1	10,549.1	8,358.5	4,441.6	3,076.3	2,973.4	4,404.4
이용률		0.59	4.86	10.78	18.69	28.66	21.66	15.23

### 4.2.2 관리적인 문제점

관리적인 측면은 시스템 데이터 처리 및 모니터링 관리에 관한 문제점을 들 수가 있다. 문제점을 요약해 보면 다음과 같이 2가지로 요약 할 수 있다.

1) 초기산정한 모니터링 시스템의 자료저장 용량 및 백업 시스템의 용량 부족으로 인하여 시스템 고장이 유발된다. 이러한 점을 해결하기 위하여 전용 모니터링 시스템의 구축 및 초기산정 시 충분한 용량선정, 데이터 백업 시스템과의 연계가 요구된다.

2) 전용 운영시스템을 사용하지 않으므로 다양한 예러에 대한 대책이 없으므로 복구시간이 길어진다. 또한 모니터링 시스템의 독립적 환경의 구축이 안되어 있으므로 오랜 기간 사용시 냉각문제로 인한 오동작 현상이 발생한다. 따라서 모니터링 시스템 전용 냉각장치의 구축 및 독립된 운영시스템을 개발함으로써 빠른 유지, 보수가 요망된다.

## 5. 결 론

이론을 바탕으로 제작된 실 시스템에서 발생하는 구조적인 문제점과 관리적인 문제점을 검토하여 다음과 같이 해결 대책을 강구하였다.

첫째, 구조적인 문제점은 짧은 시간내에 해결 될 수 있는 사안이 아니지만, 설치지역에 대한 장기적인 일사량 측정과 설치장소의 최적설계 등의 대안을 적용함으로써 발전 효율을 높여야 한다.

둘째, 관리적인 문제점은 현행의 OS시스템으로서 해결이 불가함으로 고가의 산업용 PC를 사용하게 된다면 전체적인 시스템 가격의 증대를 초래할 것이다. 따라서 전용의 OS개발과 데이터 백업 시스템의 구축이 필요하다고 판단된다.

이상과 같이 도출한 문제점과 대책 사안을 각 메이커에 전달함으로써 발전효율과 신뢰성이 높은 차기 시스템 설계 및 환경특성 고려시에 유용하게 활용 될 것이라 사료된다.

이 논문은 2002년도 경남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 씌여진 것임

## References

- (1) 김재연, "분산형전원이 도입된 배전계통의 운용에 관한 연구", ETIS, 1995.12.
- (2) C. Hua, J. Lin, C. Shen, "Implementation of a DSP-Controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking", IEEE Trans. Indus. Electronics, vol.45, No.1, pp.99~107, 1998
- (3) 黒川浩助, 菅松清司, 共編, "太陽光發電システム設計ガイドフェブック", 太陽光發電技術研究組合 監修, pp.29~40, 1994 pp.885~892, 1994
- (4) 황인호 외 3명, "3kW계통연계형 태양광 발전시스템의 설계 및 실증운전특성 분석", 태양에너지 Vol 18, No.1, pp. 19~34, 1998
- (5) 電氣技術基準調査委員會, "分散形 電源系統連系技術 指針", 日本電氣協會, pp. 185~196, 1993
- (6) 太陽光發電懇話會, "太陽光發電システムの設計と施工", Chm社, pp.24~27,170~177, 1996
- (7) 이현우 외 6명, "계통연계형 태양광 발전시스템의 구축과 운전특성 분석", 한국조명 설비학회 부경지부 추계 발표논문집, pp.96~100, 2000. 12. 1.

## ◇ 저자소개 ◇

### 고강훈 (高康薰)

1970년 8월 14일생. 1997년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 경남대학교 대학원 박사과정.

### 이현우 (李鉉雨)

1953년 4월 28일생. 1979년 동아대학교 전기공학과 졸업. 1984년 영남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 오사카공대 객원연구원, 현 경남대학교 전기전자공학부 교수 및 생산자동화 기술혁신 센터장.