

# 병원내 온도와 습도조절을 위한 태양광 발전 시스템 설계

조문택, 이충식, 백종무

대원대학

## Photovoltaic Generation System Design for Controlling the Temperature and Humidity of Hospital

Moontaek Cho, Chungsik Lee, Jongmu Baek

*Daewon University College*

### 요 약

본 논문에서는 온도와 습도 및 냉·난방을 조절하여 건물 내의 쾌적한 환경을 제공하기 위한 승압초퍼와 PWM 전압형 인버터로 구성된 태양광 발전 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 안정된 변조를 위해 원칩 마이크로프로세서를 사용하여 동기신호와 제어신호로 처리하였다.

PWM 전압형 인버터와 위상의 동기를 위하여 계통전압을 검출하여 계통전압과 인버터 출력을 동상 운전하므로 잉여전력을 연계할 수 있게 하였으며, 건물이나 병원 등 특정 건물의 온도 및 습도센서에 적용하여 양호한 동특성을 얻을 수 있었다.

또한 시스템에 적용한 결과 고역률과 저고조파 출력을 유지함으로써 부하와 계통에 전력이 안정하게 공급될 수 있도록 제어하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

중심단어 : 태양광 발전 시스템, PWM 전압형, 습도센터

### Abstract

In this paper we propose an improved PV generation systems. Improved systems for temperature and humidity controlled heating and air conditioning offers a pleasant environment within the building, set up chopper and consists of a PWM voltage type inverter. The proposed system is stable modulation for a one-chip microprocessor using the synchronous signal and control signals was treated.

The proposed system is a PWM voltage type inverter and phase of the synchronous to the grid voltage to detect the system voltage and inverter output to drive the statue, so surplus power to connection was able to, certain buildings such as buildings or hospitals, temperature and humidity sensor is applied to the good dynamic characteristic could be obtained. In addition, the system was applied to the high power factor and low-frequency harmonics by maintaining the output load and grid to power to be supplied to a stable control could get a good result.

Key Word : PV generation systems, PWM voltage type inverter, humidity sensor

## I. 서론

에너지 수요의 급증과 공급의 불균형에 따른 새로운 에너지 개발의 필요성으로 인해 국내·외 여러 나라에서 국가적 차원의 연구개발이 시작되었다<sup>[1]</sup>.

선진 각국에서는 대체 에너지 개발을 추진하고 있으며, 그 중에서도 신 에너지원으로서 무공해이며 무한한 태양에너지를 이용한 태양광 발전시스템이 새로이 각광받고 있다<sup>[2]</sup>.

태양광 발전시스템에서 태양전지의 출력은 직류이므로 계통과 연계하기 위해서는 인버터를 사용해서 직류를 교류로 변환할 필요가 있으며, 단위역률을 갖는 정현파 전류 및 전압을 공급해 주어야 한다. 그리고 PWM(Pulse Width Modulation) 변조기는 동기신호인 계통 전원전압과형에 왜형 또는 노이즈 등의 외란 성분이 포함되어 있을 때에도 안정된 변조를 하여야 하며, 동기 신호와 제어 신호를 마이크로프로세서로 처리함에 있어서 샘플링 시점과 캐리어파의 사이에는 시간 차이가 존재하게 되어 그에 따른 보상법을 필요로 하게 된다<sup>[3]</sup>.

본 연구에서는 계통연계형 태양광 발전시스템을 전압형 인버터로 구성하여 전력비교에 따른 시간 비율을 변화시켜 일사량과 온도변화에 관계없이 항상 최대 출력점을 추적하도록 승압초퍼를 제어하고자 하였고, 위상동기를 위해서 계통전압을 검출하여 계통전압과 인버터 출력을 동상 운전하므로 고역률 저고조파 출력으로 부하와 계통에 전력이 공급되도록 제어하였다. 또한, 태양광 시스템을 이용한 별도의 PWM 전압형 인버터와 위상동기를 위해서 계통전압을 검출하여 계통전압과 인버터 출력을 동상 운전할 수 있도록 하였다.

태양광 시스템을 이용한 빌딩 내의 온도 및 습도센서 조절을 위한 전력변환기 제어에 의해 잉여전력을 계통과 연계할 수 있게 하여 고역률과 저고조파 출력을 유지함으로써 부하와 계통에 전력이 안정하게 공급될 수 있도록 제어하였다.

## II. 온도 및 습도센서의 작용

### 1. 온도센서의 적용 특성

그림 1은 온도를 검출하는 온도센서로서 의학, 우주공학, 자원탐사, 해양개발, 방재, 공해감시 등 산업용에서부터 가정용까지 그 응용범위가 매우 넓고 갈수록 확대되고 있다. 온도센서는 측정범위가 넓고 정확하며 소형이어야 한다. 그러나 이러한 센서는 현실적으로 존재하지 않기 때문에 사용자는 용도에 맞는 것을 선택하여 사용하여야 한다.

온도센서를 포함한 센서기술의 개발을 위해서는 핵심기술개발하고, 센서소재 국산화를 비롯한 센서기반 기술을 개발하여 냉난방 시설에 적용하여 빌딩 내에서의 온도 및 습도를 조절해야 하므로 사용처에 따라 온도센서의 개발이 시급하다.



그림 1. 태양광 계통연계형의 병실 냉·난방 시스템 (온도센서)

## 2. 습도센서의 적용 특성

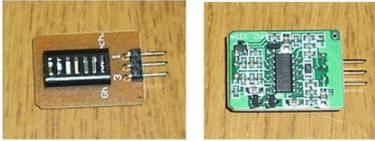
습도의 조절은 쾌적한 환경 분위기 조성으로 건강 상태, 반도체, 정밀기기의 생산, 식품 가공 산업 등에서 매우 중요한 역할을 한다.

병실, 의료기기, 전자, 정밀기기, 식품, 섬유공업에서 습도조절은 생산관리 및 품질의 향상을 위해서 조절해야 할 수분의 양이 극히 미량이고 수분이 감지소자에 미치는 영향이 물리·화학적으로 매우 복잡하기 때문에 습도는 다른 분야보다 측정이 어렵다.

수분은 공기나 다른 물질과 공존하며, 그 물질들의 특성에 영향을 미치기 때문에 습도센서의 용도는 현재 산업용에서 부터 가정용까지 온도센서와 함께 응용된다.



HMZ-333



HMZ-433

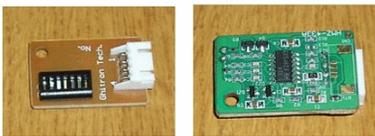


그림 2. 태양광 계통연계형의 병실 냉·난방 시스템(습도센서)

## III. 시스템 제어기 구성

### 1. 계통연계형 냉·난방 시스템의 구성

그림 3은 빌딩 내에 적용한 계통 연계형의 냉·난방 시스템을 나타내고 있다.

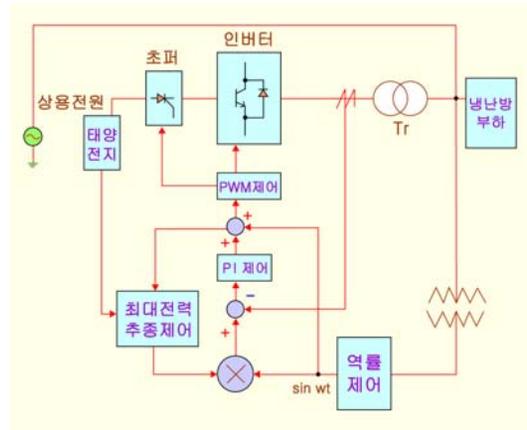


그림 3. 태양광 계통연계형의 병실 냉·난방 시스템

태양광 발전 시스템에 적합한 계통 연계형의 인버터 회로로서 태양전지가 최대 출력점에서 동작할 때 승압초퍼의 출력전압인 직류전압은 인버터에 의해 교류전압으로 변환되며 부하 및 계통 측으로 전류를 공급한다. 이 때 계통 측으로 흐르는 전류는 리액터 양단의 전압에 의해서 결정된다.

인버터가 계통선의 유효전력만을 공급하기 위해서는 리액터에 흐르는 전류가 계통전압과 동상이면 되고 그 크기는 인버터 출력 단 전압의 위상을 제어함으로써 가능하게 된다.

### 2 태양광발전 시스템의 제어 블록도

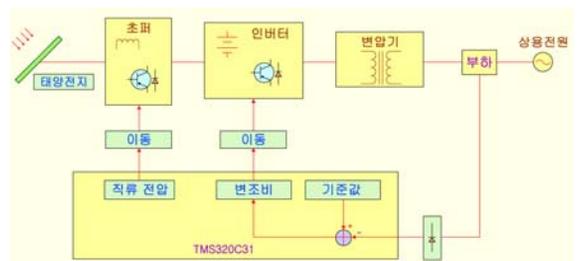


그림 4. 태양광 발전시스템 제어 블록도

그림 4는 태양전지를 이용한 독립형 전원시스템의 제어기 구성을 나타낸다. 최대 출력점 추적제어를 하기 위해서 태양전지 전압과 전류를 검출하여 항상 최대전력이 되도록 스텝핑 모터를 제어하여 태양전지 어레이를 회전시켜 태양의 위치를 찾아가도록 제어하였다.

승압초과는 태양전지의 전압을 승압하도록 제어하였고, PWM 전압형 인버터의 출력전압을 일정전압제어를 하도록 출력전압을 검출하여 입력전압과 부하변화에 관계없이 일정전압을 유지하도록 제어를 구성하였다.

### 3. 태양 위치 추적 제어기 구성

한정된 면적의 태양전지로부터 최대의 전력을 발전하기 위해 사용하는 기술이 MPPT(Maximum Power Point Tracking)이다.

그림 5는 최대출력추적제어를 위한 프로그램 흐름도를 나타낸다.

변조율이  $+\Delta MI_c$  로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는  $+\Delta MI_c$  를 보정하고, 현재전력이 작은 경우에는  $-\Delta MI_c$  로 보정을 한다.

그러나 변조율이  $-\Delta MI_c$  로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는  $-\Delta MI_c$  로 보정하고, 현재전력이 작은 경우에는  $+\Delta MI_c$  로 변조율을 보정함으로써 항상 태양전지의 최대 출력점에서 동작할 수 있도록 추적제어를 한다.



그림 5. 최대 출력점 추적제어 흐름도

태양광 발전에서 중요한 요소 중의 하나는 보다 많은 태양광을 집광하는 것으로서 그림 6의 태양광 위치추적 장치를 통한 정확한 태양 위치 추적은 태양광 발전의 효율향상을 위하여 요구되는 중요한 장치이다.

집광을 하기 위한 태양광 위치추적 장치는 추적신

호의 생성방식에 따라 태양위치계산에 의해 방위각 및 고도각으로 표시되는 프로그램방식, 태양센서로부터의 입력을 I/O 인터페이스를 통하여 들어오는 센서값을 마이크로프로세서를 사용하여 추적 가능각도를 계산하는 센서방식, 프로그램과 센서를 조합한 혼합방식으로 분류된다.

본 논문에서는 센서와 마이크로프로세서를 사용하여 환경 변화에 대해서도 위치추적이 가능하도록 설계하였다.



그림 6. 태양광 위치추적기 장치 모형사진

그림 6은 태양광 위치추적 장치에서 마이크로프로세서에서의 흐름을 나타낸 것으로 LCD와 ADC를 초기화 시키고, 5개의 센서로부터 검출된 값을 A/D로 변환하여 각각의 값을 표시하고, 그 값 중 센서에 따른 최대 또는 최소값을 계산하며 검출된 계산 값에 따라서 스텝모터가 좌우방향으로 회전 및 정지하는 프로그램이다.

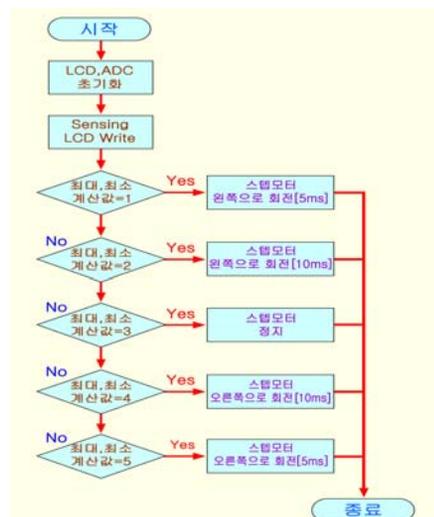
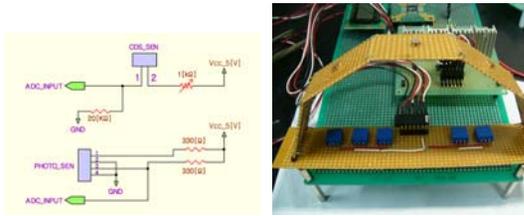


그림 7. 태양광 위치추적기 장치의 흐름도

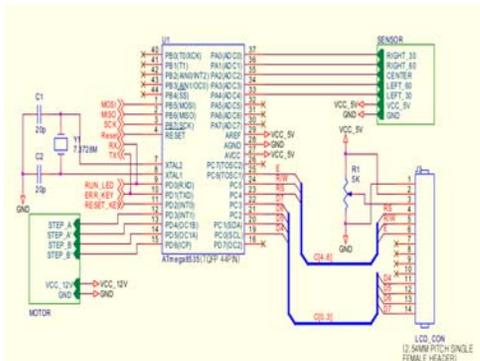
그림 7은 태양광 위치추적 장치에서 마이크로프로세서의 흐름을 나타낸 것으로 LCD와 ADC를 초기화시키고, 5개의 센서로부터 검출된 값을 A/D변환으로 LCD에 각각의 값을 표시하고, 센서에 따른 최대 및 최소값을 계산하며, 그 값에 따라서 스텝모터가 좌우 방향으로 회전 및 정지하는 프로그램이다.



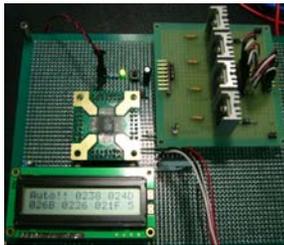
(a) 센서부 회로도 (b) 센서부 모형사진

그림 8. 태양광 위치추적기 장치의 센서부

그림 8은 센서부로서 CDS 또는 Photo Sensor로 구성되며, 5개의 센서가 각을 이루어 각각의 검출값을 생성함으로써 현재 태양광의 위치를 파악한다.



(a) 회로도



(b) 마이크로프로세서부와 모터제어부

그림 9. 태양광 위치추적기 장치의 마이크로프로세서부

그림 9의 마이크로프로세서는 ATMega 8535를 사용하였으며 5개의 A/D 컨버터를 사용하여 센서부에서 값을 읽어 들여 LCD화면에 0000~03FF 사이의 수로 표시하고 여기서 가장 큰 값 또는 작은 값을 계산하고 이를 다시 LCD화면에 표시하면서 계산된 값에 따라서 좌우로 이동하여 태양광이 집광면에 수직이 되도록 모터를 제어하게 하였다.

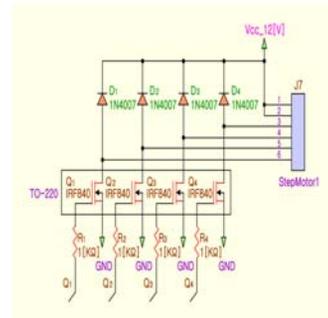


그림 10. 모터 및 모터제어부

그림 10은 모터 및 모터제어부로서 제어가 쉽고 적은 용량으로 큰 토크를 낼 수 있는 스텝핑 모터를 사용하였으며, 체인 기어를 사용하여 최대 동력 전달을 할 수 있게 하였다.

여기에서 사용된 기어는 기어비가 4:1인 기어를 사용하였으며, 스러스트 베어링을 이용하여 정지 토크에 대한 모터의 부담을 줄였다.

#### IV. 실험결과

본 논문에서는 표 1의 회로정수를 이용하여 다음과 같은 실험 결과를 얻었다.

표 1. 회로정수

계통전압		220 [V] / 380 [V]
직류 리액터		50 [mH]
병렬공진	리액터	8 [mH]
	콘덴서	220 [μF]
필터	리액터	5 [mH]
	콘덴서	2 [μF]
변조비		0.85
주파수	반송파	4 [KHz]
	변조파	60 [Hz]
태양전지	개방전압	160 [V]
	단락전류	2 [A]

시스템 구성은 태양전지 어레이 20개를 직·병렬 4×5으로 구성하였고, 1개의 모듈은 최대 50[W], 개방전압 160[V], 단락전류 2[A] 정도를 사용하였다. 태양전지 어레이로부터 출력되는 직류전압은 승압초퍼에서 승압된 후에 단상 PWM 인버터에서 교류전력으로 변환되게 구성하였다.

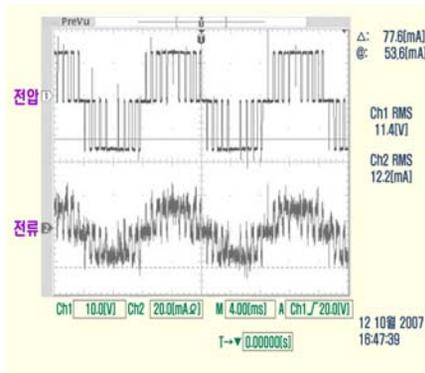


그림 11. 인버터 출력 전압, 전류 파형

그림 11은 Boost 컨버터에서 출력되는 전력을 인버터의 입력으로 하여 부하 1[kΩ]를 연결하였을 때 출력되는 파형을 나타낸다. 인버터에서 전력변환 과정에서의 손실 등으로 인하여 그림 11에서 보는바와 같이 전압과 전류에 잡음성분이 많은 것을 볼 수 있다. 하지만 단위역률에 대하여 동상으로 나타남을 알 수 있다.

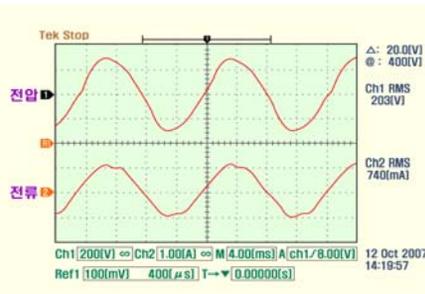


그림 12. 인버터의 출력전압, 전류(R-L부하시)

R-L 부하를 걸고 동작시킨 경우 직류전압 100[V]일 때 변환된 교류 전력의 출력 상태를 그림 12에 나타내었다.

PWM 인버터를 사용하여 최대한의 고조파를 줄일 수 있었고 양호한 정현파 파형이 나타나고 있음을 확인할 수 있었다.

그림 13은 위와 같은 조건에 의해 리액턴스 부하(병렬 내 온도 및 습도센서와 냉난방 기구의 15[W]선풍기, 53[W] 선풍기, 전등부하 180[W], 냉난방 기구(라디에이터) 1[kW]에 적용)만을 사용한 경우, 출력전압과 전류를 측정된 결과를 나타내었다. 출력전압과 전류를 측정된 결과를 나타내었다. 출력전압에 비교적 낮은 고조파 함유를 가지고 양호한 파형을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

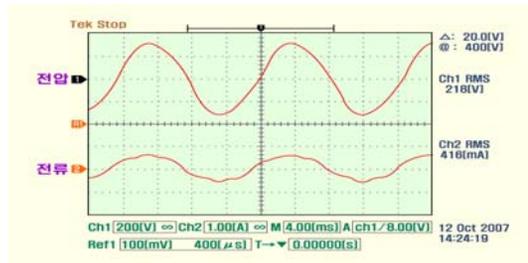


그림 13. 인버터 출력 전압, 전류 파형(L 부하시)

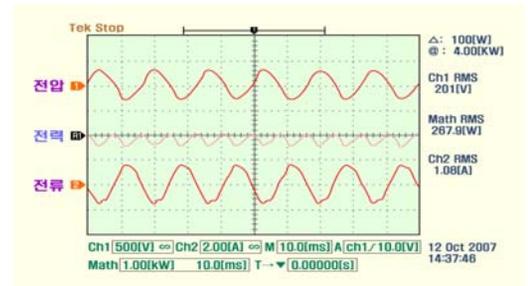


그림 14. 인버터 출력 전압, 전류 및 전력 파형

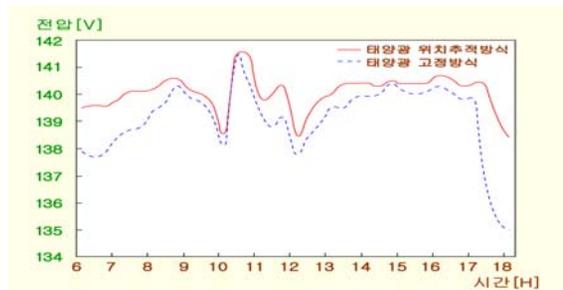


그림 15. 시간에 따른 태양광 어레이의 전압측정

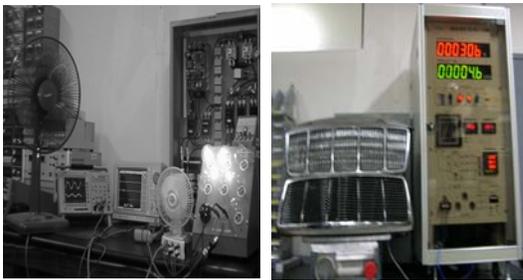
그림 15는 고정 방식과 위치추적 방식의 태양광 발전으로 각각 나누어 설치한 다음 시간에 따른 태양광 어레이의 출력을 6시부터 18시까지 15분 간격으로 측정을 하여 그래프로 나타낸 것이다.

6시~10시, 17시 이후에 태양광 위치추적 방식이 고정 방식에 비해 더 많은 전압을 출력하고 있음을 알 수 있으며 11시부터 12시반 사이에 환경적인 요인에 의해 출력이 변화가 있음을 알 수 있다.

위와 같은 실험을 통하여 본 실험에 사용한 태양광 위치추적 장치가 양호한 위치추적을 보이고 있으며, 고정 방식에 비해 위치추적 방식이 더욱 많은 집광을 하여 전체 발전량에서 5%의 차이가 있음을 알 수 있었다. 이를 통하여 태양광 위치추적 장치가 태양광 발전에 보다 높은 효율 향상에 기여했음을 알 수 있다.



그림 17. 태양 전지 어레이 (20셀)



(a) 선풍기 전동부하

(b) 냉·난방 부하

그림 16. 실험 장치도

그림 16은 본 시스템에 사용된 전력변환장치의 실물도를 나타내고 있으며, 전력 변환장치의 주요구성은 초퍼와 인버터 제어를 위한 마이크로프로세서 TMS320C31 시리즈 DSP(Digital Signal Processor)와 초퍼측의 단락방지와 승압을 위한 리액터로 구성되어 있으며, 동시에 직류 및 교류 부하를 동시에 이용할 수 있는 6개의 단자로 구성되어 있다. 그림 17은 태양전지 20셀을 4×5개 직·병렬 2단으로 운전하고 있는 태양전지 어레이를 나타내었다.

## V. 결론

빌딩 내의 냉난방을 위해 태양광 위치추적 장치를 구성하고 직류전압원인 태양전지의 출력이 비교적 낮으므로 승압초퍼와 PWM 전압형 인버터로 구성하여 빌딩 내 온도 및 습도센서와 모든 부하에 적용하여 운전하였다.

본 논문에서 구성된 시스템은 직류전압을 승압초퍼를 사용하여 PWM 전압형 인버터를 구성하고 마이크로프로세서에 의해 태양전지의 출력을 검출하여 샘플링된 과거전력과 현재전력을 비교하므로써 항상 최대 출력점을 추적하고, 제어연산에 소요되는 시간을 줄이기 위해 고속연산능력이 뛰어난 DSP의 사용으로 정밀한 제어가 요구된다.

또한, 태양전지에 최대 출력제어에 관한 보다 정밀한 제어기법과 최대출력이 항상 유지될 수 있는 MPPT 제어방식을 적용하며, 태양광 발전시스템의 전력변환과정에서 효율을 높일 수 있는 새로운 변조기법이 개발되어야 함과 동시에 빌딩 내 온도 및 습도센서와 모든 부하에 적용하여 소형 발전으로 가정용이나 일반건물, 병원 등, 산간벽지 정전으로 인한 환자의 응급상황시, 소규모 전력을 필요로 한 장소에 규격화하여 사용할 수 있도록 설계하고 적용시키는 것이 향후 과제로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 根葉 保彦, 東 眞喜夫, 作太郎, “系統連系太陽光發電システムの最大出力点追従制御”,

平成7年日本電氣學會全國大會 講演論文集, No. 753, p.124, 1995. 3.

- [2] S. J. Ching, K. T. Chang, C. Y. Yen, "Residential Poto-voltaic Energy System", IEEE Trans. Electronics, Vol. 45, No. 3, pp.385 ~394, 1998
- [3] W. T. Miles and J Patmore, " System Reliability Implications of Distributed Power Sources in the Electric Grid," New Eney Conservation Technologies and Their Commercialization, Vol. 3, pp.2773-2783, 1981.
- [4] H. Kobayashi, K. Takigawa, " A New Protective Method for Grid Connected Dispersed PV systems to Detect Short Circuit Fault in Distribution Line", PVSEC-9 Technical digest, pp.59-60, 1996.
- [5] S. Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki, et al, "Interconnec tion System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line," IPEC-Tokyo, pp.144-151, 1990.
- [6] S. Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki & M. Nishi, "Inter connection System with Single Phase IGBT PWM CSI between Photo-voltaic Arrays and The Utility Line", Conf. Rec. of IEEE/IAS Annual Meeting(Seatl Washington), p.1302, 1990
- [7] T. Kojima, K.Matsui, M. Hasegawa, I. Yamamoto, H. Mori, "A simple Maximum Power Tracking circuit in Utility-interactive Photovoltaic Power Conditioner" ICEE, pp.531-536, 2004.