



2014 年 2月 工學碩士學位論文

# 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템에 관한 연구

# 朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

李權

1kW급 향축형 추적식 태양광발전시스템에 관한 연구

2014年

2 月

碩士學位論文

權

# 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템에 관한 연구

A Study on the 1kW Daul-Axis Tracking Photovoltaic System

2014年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

李權

# 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템에 관한 연구

## 指導教授 曺 錦 培

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

2013年 10月

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

李權

# 李 權의 碩士學位 論文을 認准함.

委員長 朝鮮大學校 教授 <u>白亨來</u>印 委員 朝鮮大學校 教授 <u>崔然玉</u>印 委員 朝鮮大學校 教授 <u>曺錦培</u>印

2013年 11月

# 朝鮮大學校 大學院

| 목 | 차 |
|---|---|
| 7 |   |

# ABSTRACT

| I. 서 론 ······1                            |
|---|
| II. 이론적 고찰                                |
| A. 태양광발전시스템                               |
| B. 설치방식에 따른 태양광발전시스템6                     |
| C. 추적방식에 따른 태양광발전시스템10                    |
| III. 시뮬레이션12                              |
| A. 태양광발전량12                               |
| B. 결과 검토                                  |
| IV. 실험 및 결과18                             |
| A. 시스템 구성                                 |
| B. 실험결과 및 고찰                              |
| V. 결 론 ·································· |
| 참고문헌                                      |

# List of Tables

| Table 1 | Hourly outputs of PV simulation                      |
|---------|--|
| Table 2 | Hourly outputs of proposed PV system                 |
| Table 3 | Daily average outputs of PV simulation16             |
| Table 4 | Daily average outputs of fixed PV system             |
| Table 5 | Daily average outputs of proposed PV system          |
| Table 6 | Parameter of photovoltaic module                     |
| Table 7 | The specification of dual-axis solar tracking sensor |
| Table 8 | Outputs of fixed 1kW PV system                       |
| Table 9 | Outputs of proposed 1kW dual-axis tracking PV system |

# List of Figures

| Fig. 1 Block diagram of stand alone PV system                       |
|---|
| Fig. 2 Block diagram of grid connected PV system                    |
| Fig. 3 Fixed array6   |
| Fig. 4 Semi fixed array 6   |
| Fig. 5 Tracking array7  |
| Fig. 6 Outputs of PV simulation                                     |
| Fig. 7 Hourly outputs analysis of PV system                         |
| Fig. 8 Daily average outputs of PV simulation                       |
| Fig. 9 Daily average outputs analysis of PV system                  |
| Fig. 10 Block diagram of proposed dual-axis tracking PV system      |
| Fig. 11 Dual-axis solar tracking sensor20                           |
| Fig. 12 PV tracking control box20                                   |
| Fig. 13 Block diagram of tracking control21                         |
| Fig. 14 Experiment board of PV tracking control                     |
| Fig. 15 Module frame support arm structure                          |
| Fig. 16 Triangular support leg plan23                               |
| Fig. 17 Drawing of parking mode23                                   |
| Fig. 18 Drawing of emergency mode24                                 |
| Fig. 19 Installation of proposed 1kW dual-axis tracking PV system24 |
| Fig. 20 Installation of semi-fixed 1kW PV system                    |
| Fig. 21 Outputs of fixed 1kW PV system                              |
| Fig. 22 Outputs of proposed 1kW dual-axis tracking PV system        |
| Fig. 23 Outputs analysis of proposed PV system & fixed PV system    |

## ABSTRACT

# A Study on the 1kW Daul-Axis Tracking Photovoltaic System

Lee, Kwon

Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D. Department of Electrical Engineering, Graduate School of Chosun University

Nowadays, humanity is the development of industry due to improved quality of life required a lot of energy, so the energy consumption is increasing. But most of the energy is relying on coal, oil, natural gas and fossil fuel. As a result, the depletion of fossil energy resources, rising oil prices, increasing amounts of carbon dioxide emitted in the atmosphere due to global warming and the Kyoto Protocol to curb environmental pollution was adopted. So most of advanced countries are involved in a variety of investment in renewable energy research and development for expanding the use of clean energy and reducing a fossil fuels use.

PV system is the energy source of unlimited and it don't need transport of fuel, mechanical operation and the local temperature. Also PV system's advantage is that maintenance of PV equipment, the choice of equipment and installation work are easy.

PV generation method is using solar energy to convert sunlight directly into

electricity. Its initial investment is higher than fuel power generation. We have to require studying about PV generation that decrease the installation cost of PV system and improve the output efficiency. Because of the efficiency is affected by weather conditions.

To increase the efficiency of the cell, PV MPPT control is control of the power conversion system and method to increase the efficiency of the solar cell module so that the normal direction of the sun and always keep track of the sun and a method are employed for improving the efficiency of PV system.

In this paper, the proposed 1kW dual-axis tracking PV system is made using a light sensor and control of a solar tracking device and than it analysed 1kW dual-axis tracking type PV system outputs and 1kW fixed type PV system outputs.

## I. 서 론

최근 화석에너지 자원의 고갈에 따른 유가상승, 대기 중에 배출되는 이산화탄소 양의 증가로 인한 지구 온난화와 환경오염을 억제하기 위한 교토의정서가 채택되면서 우리 나라를 비롯한 많은 선진국들은 화석에너지의 의존성을 줄이고 청정에너지의 사용을 확대하기 위해 다양한 신재생에너지 중 무한한 에너지인 태양광을 이용한 전기에너지 의 발전을 신재생에너지로 사용하려는 움직임이 활발히 진행되고 있다. 태양광발전은 태양전지를 이용하여 태양빛을 직접 전기에너지로 변환시키는 발전방식으로 연료가 필 요 없고, 설비자체가 가동부분이나 열기관이 없어 수명이 길고 다른 발전방식에 비해 운전과 유지보수가 용이하며 모듈로 구성하기 때문에 수요나 지형에 맞게 설계할 수 있어 송전시설이 필요하지 않아 송전손실이 없다는 장점이 있다.<sup>[11-[3]</sup>

그러나, 기존의 화석연료에 비해 초기 투자비와 발전단가가 높고 일사량, 온도 등의 기상조건에 따라 출력효율이 영향을 받기 때문에 태양광시스템의 설치비용을 낮추며 출력효율을 개선하는 연구의 필요성이 요구되어 진다.

현재 정부의 그린홈 100호 사업으로 인해 개인 주택에 보급되고 있는 고정식 태양광 발전시스템의 경우 평균적으로 설치된 용량의 발전량의 평균적으로 3.5~5 시간의 발 전량을 갖는다. 최초 설치시 설정된 방위각, 경사각이 고정되어 있으므로 발전량의 한 계가 있다는 단점이 있는 방식의 시스템이다.<sup>[4]-[6]</sup>

본 논문에서는 위와 같은 단점을 줄이고, 태양광발전시스템의 효율을 높이고자 Dual-axis solar tracking sensor를 사용하여 태양광발전시스템을 제안하고 시뮬레이션 과 실험을 통해 검증하였다. 제안한 태양광발전시스템은 실시간 태양의 위치를 추적하 기 위해 센서를 사용하는 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템으로 실험결과와 동 일한 용량의 고정식 태양광발전시스템의 전압, 전류, 발전량을 비교분석하여 그 타당성 을 입증하고자 한다.

### II. 이론적 고찰

### A. 태양광발전시스템

#### 1. 태양광발전시스템의 구성

태양광 발전은 태양광이 태양전지에 입사되면 광기전력에 의해 기전력이 발생하고 이때 외부와 접속된 부하에 전류가 흘러 전력이 생산되며, 이 전력을 축전지에 저장하 거나 그대로 이용하는 발전기술이다. 태양광 발전은 기계 가동 부분이 없으므로 소음 과 진동이 없는 청정에너지 자원으로서 시스템 유지가 용이하고 수명이 길어 이용가능 분야가 많은 기술이나 초기 투자비용이 많이 들어 경제성이 떨어진다는 단점이 있다. 하지만, 전력 이용이 어려운 등대, 통신, 및 기상용 전원, 태양광 가로등, 인공위성 등 이용범위가 점차 넓어지고 있다. 또한 태양전지를 이용한 유리와 같은 태양전지 건자 재가 개발되는 등 다양한 종류의 태양전지의 개발과 연구가 진행되고 있으므로 태양광 발전 분야의 보급과 산업이 확대될 전망이다.<sup>[1]</sup>

태양광발전시스템은 일사량에 의존하여 직류전력을 바로 발전하는 태양전지 어레이, 발전된 전력을 저장하는 전력 저장 축전기능, 발전된 직류전력을 교류전력으로 변환시 켜주는 인버터 기능과 전력품질 및 보호기능을 갖는 PCS 기능, 전력계통이나 다른 전 원에 의한 백업 기능 그리고 발전된 전력을 공급하기 위한 대상 부하의 기능으로 구성 되어 있다.<sup>[2]</sup>

태양광발전시스템의 구성은 태양전지 어레이, 컨버터 또는 인버터 등의 전력변환기기 구조물과 기타 주변장치 및 보호장치 등으로 구성되어 진다.

#### 2. 독립형 태양광발전시스템

독립형 태양광발전시스템은 도서 및 산간지방, 무인등대, 무인중계소 등의 전력 계통 으로부터 전력을 공급받지 못하는 곳에서 축전지나 인버터를 이용하여 DC부하 또는 AC부하에 전력을 공급하여주는 시스템을 말한다.

독립형 태양광발전시스템의 구성은 그림 1과 같이 시스템으로 구성되어 있다. 독립 형 태양광발전시스템은 태양광 발전이 시간적 제한을 받으므로 낮 시간동안 발전 전력 을 배터리에 충전하였다가 밤 시간대에 사용할 수 있도록 설계하여 태양전지와 축전지 를 직류 부하용 시스템으로서 효율적인 시스템이다. 대체 에너지로서 독립적으로 전원 설비를 구성하면, 경제적 시스템 운영과 안정된 전원의 이용이 가능하다.<sup>[3]-[4]</sup>



Fig. 1 Block diagram of stand alone PV system

#### 3. 계통연계형 태양광발전시스템

계통연계형 시스템은 PV 모듈과 인버터를 직접 연결함으로서 PV 모듈로부터 발생 되는 직류 전원과 계통선의 교류전원을 균형있게 유지하여 AC 부하에 전력을 공급하 는 시스템이다.

독립형 태양광발전시스템과 다르게 에너지 저장용 축전지를 사용하지 않고, 직접 상 용 계통에 연결함으로써, 계통과 전력을 상호 교류 할 수 있도록 구성되어 있다.

단방향 계통선 연결방식은 주택용, 공장용 전원 등으로 많이 이용되는 시스템으로서 단방향 계통선 연계형 인버터를 사용하여 부하측에 전력을 공급하 운전한다. 그리고 계통선에서는 태양전지 어레이에서 공급되는 전력의 부족한 부분만을 부하에 공급하는 시스템으로서 그림 2는 계통연계형 태양광발전시스템의 구성도를 나타내고 있다.



Fig. 2 Block diagram of grid connected PV system

계통연계형 태양광발전시스템은 대용량 발전소의 경우나 주택용 전원 등에 이용하는 시스템으로 계통선 연계형 인버터 출력이 부하가 필요로 하는 전력 보다 클 경우 그 잉여전력은 계통선으로 공급되며, PV 어레이로부터 발생된 인버터 출력이 부하가 필 요로 하는 전력보다 적을 경우 부족한 전력은 계통선에서 공급된다. 현재 주택용으로 보급되는 3kW 고정식 태양광발전시스템의 경우 잉여전력계와 적산전력계를 설치하여 가정에서 사용되는 전력과 상용계통에 공급되는 전력량을 확인할 수 있게 설비된다고 한다.

또한 독립형 시스템에서와 같이 고가의 축적설비가 필요 없기 때문에 축전지의 충방 전 손실이 없어 효율이 개선되는 장점을 가지고 있다. 그러나 계통연계형 시스템에서 PV 모듈의 발생전력은 인버터를 통해 계통선과 직접 연결되어 있기 때문에 인버터에 발생되는 고조파에 의한 유효전력과 무효전력의 동요는 직접 전력 계통선에 영향을 미 치게 된다고 한다.

이러한 기술적인 문제점 해결을 위해 태양전지와 계통선 사이에 전기적인 절연이 필 요하며, 시스템 효율이 높기 때문에 주택용 PV 시스템으로 사용하기 위한 가장 이상 적인 시스템 형태라 할 수 있다.<sup>[5]-[8]</sup>

### B. 설치방식에 따른 태양광발전시스템

다양한 환경적 요건, 건설비용, 효율 등과 같이 다양한 고려사항을 판단한 후 태양전 지 어레이 설치 방식이 결정된다. 어레이를 설치하는 방식은 고정식, 반고정식, 추적식 으로 구분되며 다음과 같다.

#### 1. 고정식, 반고정식 어례이

고정식 어레이 발전형태의 경우, 태양의 회전궤적을 바라보게 배치하여 설치하는 것 을 기본으로 하며, 일출시 에서 일몰시 까지 태양의 위치와 관계없이 같은 지점을 바 라보는 것이 특징이다. 하지만 고정식 태양광 발전의 경우 경사각이 계절과 관계없이 고정되어 있어서 계절의 고도에 상관없이 한 지점만 바라보기 때문에 그 외 다른 추적 시스템과는 달리 발전량이 저조 하다. 고정식의 태양광 발전 시간은 평균 3~5시간의 평균 발전량을 확인할 수 있다. 그림 3는 우리나라의 광주지역의 위치을 고려한 구조 물의 설치방식이고, 그림 4는 조선대학교 공과대학 옥상에 설치되어 있는 반고정식 어 레이로서, 본 논문에서 제안한 양축형 추적식 태양전지 어레이와 비교대상으로 활용하 였다.<sup>[9]</sup>



Fig. 3 Fixed array

Fig. 4 Semi fixed array

반고정식 어레이는 태양전지 어레이의 경사각을 계절 또는 월별에 따라서 상하로 위 치를 변화시켜주는 어레이 지지방식으로 일반적으로 각 계절에 한 번씩 어레이 경사각 을 수동으로 변화시킨다. 이 때 어레이 경사각은 설치 지역의 위도에 따라서 최대 경 사면 일사량을 갖도록 조정한다. 고정식 어레이의 발전량은 고정식과 추적식의 중간정 도로써 고정식에 비교하여 평균 10% 정도 발전량이 증가한다.

#### 2. 추적식 어레이

태양광발전시스템의 핵심인 태양전지의 출력특성은 태양빛이 태양전지 평면에 조사될 때에 일사강도에 따라 태양전지의 출력전압과 출력전류는 변화하며 일사량이 많을수록 태양전지의 출력이 커지고, 작을수록 출력이 작아진다. 이러한 태양전지의 일사량에 따 른 출력변화특성을 고려할 때 태양광발전시스템의 발전량을 증가시키기 위해서는 최대 로 많은 일사량이 태양전지 표면에 조사되도록 한다. 그림 5와 태양전지 표면이 태양 과 항상 수직을 유지하도록 추적하는 방식의 PV 어레이를 설치하여야 한다.<sup>[10]</sup>



Fig. 5 Tracking array

추적식 태양광 발전시스템의 경우 단축형 추적식과 양축형 추적 방식으로 나눌 수 있다.

#### a. 단축형 추적식

태양전지 어레이가 태양의 한축만 추적하도록 설계된 방식으로 추적방식에 따라 상· 하 추적식과 좌·우 추적식으로 나눌 수 있다. 양방향 추적방식에 비해 발전량은 낮지 만 고정식과 비교하면 발전량이 높아진다. 단방향 추적방식의 장점은 태양전지를 동서 방향으로 30~150° 회전이 가능하고 발전장치의 방위각을 지면과 수평에 가깝게 자동 변경하여 태풍피해를 예방할 수 있다. 또한 발전효율이 고정식 대비 약 20~30% 증가 하고 다수의 추적장치를 병렬제어를 통해 운전효율이 향상된다. 개별 발전장치의 간격 은 고정식에 비해 약 20~30% 증가한다. 단점으로는 풍속 측정장치의 고장이나 바람 에 의한 파손 사고 가능성이 있고 태풍 상황에서 구조물의 안정성을 높이는 강선을 사 용한 추가 고정장치가 필요하다.<sup>[11]</sup>

#### b. 양축형 추적식

태양전지판이 항상 태양의 직사 일사량이 최대가 되도록 상하, 좌우를 동시에 추적하 도록 설계된 방식이다. 설치단가가 높은 반면에 발전량이 고정식에 비하여 연평균 약 40~60% 정도 증가하고 설치목적은 제약된 설치면적에 최적의 발전량을 얻는데 있다. 양방향 추적식 특징 중 장점은 태양전지의 방위각(60~210°) 및 경사각(0~80°) 변경이 가능하고 발전장치의 제어를 통해 태풍피해를 예방할 수 있으며 경사지 및 설치조건이 불리한 곳에 설치 가능하다. 발전효율은 고정식과 대비해서 약 30~50% 증가하고 고 정식에 비해 개별 발전장치 간격 5배까지 증가하며 다수의 추적장치를 동시 제어로 발 전효율 및 운전효율이 향상된다. 단점은 풍속 측정장치 고장이나 바람에 의한 파손 사 고가능성이 있고 태풍상황에서 구조물의 안정성을 높이는 장치가 필요하며 작업의 전 문성으로 설치교육 및 운영교육이 필요하다.<sup>[11]</sup>

따라서 대형 발전사업이나, 바람 및 눈, 태풍이 잦은 지역이라면 초기설치비용이 높다

는 점과, 유지관리 및 보수비용을 생각한다면 피하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그 러나 개인주택 및 설치면적이 작거나 같은 용량에 대비하여 높은 효율을 필요로 하는 곳이라면 최대 발전효율을 갖는 양축형 추적식이 적합하다고 판단된다.

#### C. 추적방식에 따른 태양광발전시스템

#### 1. 프로그램방식의 추적식 태양광발전시스템

어레이 설치 위치에서 태양의 연중 이동궤도를 추적하는 프로그램을 내장한 컴퓨터 또는 마이크로프로세서를 이용하여 프로그램이 지시하는 년 월, 일에 따라서 태양의 위치를 추적하는 방식이다. 비교적 안정되게 태양의 위치를 추적할 수 있으나, 설치지 역 위치에 따라서 약간의 프로그램 수정이 필수적이다. 이에 따른 프로그래밍에 따라 초기설치 비용의 단가가 상승한다는 단점이 있다.

태양위치 계산은 현재 태양전지가 설치되어 있는 지점을 중심으로 태양까지의 고도와 방위각을 어느 정도 시간 간격을 두고 계산해 내는 방법이다. 추적 시스템의 입력신호 로 사용되는 태양의 위치는 천문학에서의 정의도라서 지구의 운동 관계식을 사용하여 계산해 낼 수 있다. 하지만 태양 위치 계산을 위한 관계식은 소수점 7번째 자리까지 가는 복잡한 계산이므로 충분한 정확성을 검증해야 할 필요성이 있고, 설치 시 위치 정보를 정확히 세팅하지 않으면 오히려 발전량이 저해되는 현상이 발생될 수 있으며, 유지보수를 위한 관리자가 필요한 상당한 기술력이 요구되어진다.<sup>[12]</sup>

#### 2. 센서방식의 추적식 태양광발전시스템

센서에 의한 방법은 4개의 광센서를 이용하여 입사되는 광량을 비교하여 태양의 위 치를 추적하는 방식이다. 센서의 구조는 4개의 광센서로 구성되어, 센서와 태양빛이 법 선에서 벗어난 경우, 음영을 만들어 광센서 일부의 센서에 출력을 다르게 하여 출력을 같게 하기위해 추적기의 모터제어를 통하여 위치조정을 하여 다시 태양광 광센서가 법 선 방향에 위치하게 하는 방법이다. 태양의 추적방식이 센서부를 이용하여 최대 일사 량을 추적하는 방식으로 센서부의 종류와 형태에 따라서 다소 오차가 발생하기도 한 다. 특히 태양이 구름에 가리거나 부분 음영이 발생하는 경우, 감지부의 정확한 태양궤 도 추적은 기대할 수 없게 된다는 단점이 있다. 하지만, 구성이 간단하고 특별한 연산 이 필요없어 사용이 용이하다는 장점을 가지고 있다. [13]-[14]

#### 3. 혼합방식의 추적식 태양광발전시스템

센서방식과 프로그램 방식의 추적방식을 동시에 만족시킬 수 있도록 보완을 한 방식 으로 프로그램 추적방식으로 중심으로 운영하도록 하되, 태양전지 설치 위치에 따라 생기는 편차를 센서가 주기적으로 보완 및 수정하여 태양의 입사각이 태양전지 어레이 에 법선을 이루게 하는 방식으로 가장 이상적이라고 할 수 있다. 센서방식, 프로그램방 식의 장점을 가질 수 있는 방식이지만, 프로그램 방식과 마찬가지로 프로그래밍에 따 라 초기설치 비용이 발생하게 되고, 센서을 추가 설치함으로 인해 마이크로프로세서를 이용하여 프로그래밍이 복잡해 질 수 있다는 단점과 유지보수의 어려움이 있다는 단점 을 갖는다.<sup>[15]</sup>

## III. 시뮬레이션

#### A. 태양광 발전량

본 논문에서는 Dual-axis solar tracking sensor를 이용한 1kW급 양축형 추적식 태양 광발전시스템에 대하여 연구하였다. 제안한 태양광발전시스템은 센서의 출력량에 의해 모터드라이브를 통하여 태양의 방위각에 따라 움직이는 DC모터와 태양의 경사각에 따 라 움직이는 실린더모터를 사용하였다. 이에 따라 태양과 PV모듈이 항상 법선이 이룰 수 있도록 양축형 추적식 태양광발전시스템을 적용하여 시뮬레이션을 통하여 검증하였 다.

최초 시제품 제작 전 검증과정에 사용된 시뮬레이션 툴은 Solar Pro 프로그램을 이용 하였다. 이 시뮬레이션 툴은 태양광발전과 관련된 모든 항목을 포함하는 고급 시뮬레 이션 프로그램으로서, 건물의 경도, 위도, 모듈의 방위각, 경사각 그리고 주위 건물에 대한 그림자의 영향 등을 기초로 생산된 전기를 정확히 계산하며, 인버터 특성과 감소 율을 기초로 생산된 전력을 계산하고 그래프와 데이터로 보고서를 작성할 수 있는 프 로그램이다. 이 과정에서 시제품 제작 시 사용될 모듈의 파라미터값과 설치될 장소의 경도, 위도, 건물 옥상에 설치될 시 높이까지 초기 기준값으로 입력하여 이상적인 데이 터를 얻을 수 있었다.

그림 6 는 광주지역의 2013년 1월 중 날씨가 가장 맑았던 1월 10일에 제안된 시스템 과 동일한 용량의 추적방식으로 시뮬레이션 툴을 사용하여 이상적인 출력파형을 나타 내고 있다. 표 1은 시뮬레이션 출력량, 표 2는 제안된 추적식의 출력량을 나타내었다. 그림 7은 시뮬레이션 결과와 제안된 추적식의 출력량을 비교하기 위한 그래프로 두 방 식 모두 거의 차이가 없음을 확인하였다.

| No. | 시간    | 전압[V] | 전류[A] | 발전량[Wh]  |
|-----|-------|-------|-------|----------|
| 1   | 8:00  | 30.62 | 2.52  | 77.1624  |
| 2   | 9:00  | 31.18 | 11.52 | 359.1936 |
| 3   | 10:00 | 31.25 | 19.96 | 623.75   |
| 4   | 11:00 | 31.32 | 25.6  | 801.792  |
| 5   | 12:00 | 31.34 | 30.2  | 946.468  |
| 6   | 13:00 | 31.37 | 29.92 | 938.5904 |
| 7   | 14:00 | 31.26 | 28.48 | 890.2848 |
| 8   | 15:00 | 31.38 | 24.96 | 783.2448 |
| 9   | 16:00 | 31.27 | 13.04 | 407.7608 |
| 10  | 17:00 | 10.25 | 1.08  | 11.07    |

Table 1 Hourly outputs of PV simulation



Fig. 6 Outputs of PV simulation

| No. | 시간 전압[V] |       | 전류[A] | 발전량[Wh]  |
|-----|----------|-------|-------|----------|
| 1   | 8:00     | 30.64 | 2.36  | 72.3104  |
| 2   | 9:00     | 31.19 | 10.68 | 333.1092 |
| 3   | 10:00    | 31.23 | 19    | 593.37   |
| 4   | 11:00    | 31.3  | 24.88 | 778.744  |
| 5   | 12:00    | 31.33 | 29.4  | 921.102  |
| 6   | 13:00    | 31.33 | 28.72 | 899.7976 |
| 7   | 14:00    | 31.29 | 28.12 | 879.8748 |
| 8   | 15:00    | 31.33 | 24.68 | 773.2244 |
| 9   | 16:00    | 31.07 | 12.32 | 382.7824 |
| 10  | 17:00    | 10.21 | 0.96  | 9.8016   |

Table 2 Hourly outputs of proposed PV system



Fig. 7 Hourly outputs analysis of PV system

그림 8는 광주지역의 일사량과 온도가 고려되어 이상적인 1월 평균 태양광 출력 파형 을 나타내고 있다. 표 3는 그래프로 나타낸 1월 시간별 평균 전압 및 전류값을 나타내 었고, 표 4는 고정식으로 설계된 방식의 태양광 출력량을 나타내고 있으며, 표 5는 설 계된 양축형 태양광발전 시스템의 전류, 전압값을 나타낸 것이며, 이 출력량을 이상적 인 시뮬레이션 출력량과 비교했을 때 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그림 9는 시 뮬레이션의 시간별 평균전력 값, 고정식의 평균전력 값, 시제품의 평균전력 값을 그래 프로 나타낸 것이다.

다음 표 3, 4, 5은 각각 시뮬레이션의 출력량, 기존 고정식 태양광발전시스템 출력량, 제안된 추적식 태양광발전시스템의 2013년 1월 평균 출력량을 나타낸 값이다. 제안된 추적식 태양광발전시스템을 이상적인 출력량을 나타내는 시뮬레이션 출력량과 비교해 보았을 때, 약간의 오차는 발생되었지만 고정식태양광발전시스템보다 높은 출력량을 갖는 결과를 얻었다.



Fig. 8 Daily average outputs of PV simulation

| No. | 시간    | 전압[V] 전류[A] |       | 발전량[Wh]  |
|-----|-------|-------------|-------|----------|
| 1   | 8:00  | 30.64       | 6     | 183.84   |
| 2   | 9:00  | 31.19       | 11.76 | 366.7944 |
| 3   | 10:00 | 31.23       | 22.64 | 707.0472 |
| 4   | 11:00 | 31.3        | 27.76 | 868.888  |
| 5   | 12:00 | 31.33       | 31.44 | 985.0152 |
| 6   | 13:00 | 31.33       | 31.68 | 992.5344 |
| 7   | 14:00 | 31.29       | 27.16 | 849.8364 |
| 8   | 15:00 | 31.33       | 24.88 | 779.4904 |
| 9   | 16:00 | 31.07       | 16.04 | 498.3628 |
| 10  | 17:00 | 10.21       | 4.56  | 46.5576  |

Table 3 Daily average outputs of PV simulation

Table 4 Daily average outputs of fixed PV system

| No. | 시간    | 전압[V] | 전류[A] | 발전량[Wh]  |
|-----|-------|-------|-------|----------|
| 1   | 8:00  | 29.6  | 2.52  | 74.592   |
| 2   | 9:00  | 30.93 | 7.6   | 235.068  |
| 3   | 10:00 | 31.18 | 19.6  | 611.128  |
| 4   | 11:00 | 31.2  | 26    | 811.2    |
| 5   | 12:00 | 31.27 | 30.88 | 965.6176 |
| 6   | 13:00 | 31.25 | 30.48 | 952.5    |
| 7   | 14:00 | 31.31 | 24.6  | 770.226  |
| 8   | 15:00 | 31.27 | 21.88 | 684.1876 |
| 9   | 16:00 | 30.56 | 12.16 | 371.6096 |
| 10  | 17:00 | 4.2   | 4.24  | 17.808   |

Table 5 Daily average outputs of proposed PV system

| No. | 시간    | 전압[V] | 전류[A] | 발전량[Wh]  |
|-----|-------|-------|-------|----------|
| 1   | 8:00  | 29.65 | 4.4   | 130.46   |
| 2   | 9:00  | 30.92 | 11.48 | 354.9616 |
| 3   | 10:00 | 31.27 | 22.36 | 699.1972 |
| 4   | 11:00 | 31.28 | 27.2  | 850.816  |
| 5   | 12:00 | 31.19 | 31.44 | 980.6136 |
| 6   | 13:00 | 31.39 | 31.68 | 994.4352 |
| 7   | 14:00 | 31.2  | 26.36 | 822.432  |
| 8   | 15:00 | 31.25 | 24.4  | 762.5    |
| 9   | 16:00 | 30.72 | 15.56 | 478.0032 |
| 10  | 17:00 | 10.13 | 4.44  | 44.9772  |

#### B. 결과 검토

제안한 방법으로 제작된 시제품, 기존의 동일한 용량의 고정식 태양광발전시스템과 이상적인 출력량을 갖는 시뮬레이션의 출력량을 그림 9와 같이 비교하였다. 이를 바탕 으로 제안한 양축형 추적기가 적용된 어레이를 통한 출력량과 고정식 어레이를 통한 출력량이 통합형 인버터에 인가되는 DC 전압, 전류값을 함께 비교하여 얻은 데이터값 을 저장하고 비교하기 위한 모니터링 시스템을 구축하여 실시간 확인하였고, 얻은 실 증데이터를 가지고 비교할 수 있었다.

각각의 누적발전량을 비교해 보았을 시, 시뮬레이션은 6.278 [kWh], 고정식 태양광발 전시스템은 5.493[kWh], 제안된 태양광발전시스템은 6.118[kWh]를 기록하였다. 제안된 시스템과 시뮬레이션의 출력량과 비교하였을시 오차율이 2.54 [%] 되는 것을 확인할 수 있었다.



Fig. 9 Daily average outputs analysis of PV system

# IV. 실험 및 결과

### A. 시스템 구성

#### 1. 태양전지 및 시스템 구성

본 논문에서는 표 6과 같은 파라미터값을 갖는 250W 태양전지 모듈으로 구성된 고 정식 태양광발전시스템과 센서타입 양축형 추적식 태양광발전시스템을 직접 제작하여 제안한 시스템의 발전량을 비교하고자 한다. 그림 10과 같이 직렬로 연결된 250W 모 듈 4개와 태양광 추적 센서에 연결된 모터드라이브의 제어를 통하여 방위각 DC모터와 고도각 실린더모터를 컨트롤 하며, 이를 통해 얻은 출력량을 PCS를 통해 전력계통라 인에 연결하고, 이 출력량을 모니터링 시스템을 통해 실시간 확인하고, 데이터를 저장 시킬 수 있도록 설계된 1kW 양축형 추적식 태양광발전시스템의 전체 구성도를 나타 내고 있다.



Fig. 10 Block diagram of proposed dual-axis tracking
PV system

| Photovoltaic Module                                       | SS-BM250C |            |  |
|---|-----------|------------|--|
| Nominal_Peak Power(Pmax)                                  | 250       | W          |  |
| Maximum Power Voltage(Vmp)                                | 30.46     | V          |  |
| Maximum Power Current(Imp)                                | 8.21      | А          |  |
| Open-Circuit Voltage(Voc)                                 | 36.78     | V          |  |
| Short-Circuit Current(Isc)                                | 8.93      | А          |  |
| Maximum System Voltage                                    | 1000      | VDC        |  |
| Structural Load   | 5400      | Pa         |  |
| Application Load  | CLASS     | А          |  |
| STC: 1000W/m <sup>2</sup> , AM 1.5, 25°C Cell Temperature |           |            |  |
| Dimension(W*L*T):1628mm*982mm*                            | 40mm,Weig | ht 19.0 kg |  |

Table 6 Parameter of photovoltaic module

#### 2. 센서 및 제어부

본 논문에서 제안한 추적기의 센서는 그림 11과 같은 Dual-axis solar tracking sensor를 사용하였고, 이 센서를 통해 전류량에 따라 그림 12와 같은 모터드라이브의 제어를 통해 가장 밝은 위치의 태양빛을 추적하며, 구름에 햇빛이 가리면 대기후 햇빛 이 나타나면 즉시 추적하는 기능을 가지고 있으며, 야간에는 원위치로 북귀하며, 집광 판 보호를 위한 후속조치를 취할 수 있도록 설계되어있다. 정전압 공급 장치로 안정된 회로작동하며 태양광 인식을 위한 태양의 특수파장만 선별감지하고, 상하좌우 측 그림 자 추적하는데 특수파장의 광량을 비교분석 처리하여 태양광을 추적하는 센서이다. 본 2축 태양추적장치의 특징은 3개의 전압비교회로를 응용한 입력회로와 2개의 반도체 H-Bridge형 출력 드라이브로 간단히 구성되어 있다.

다음 표 7는 Dual-axis solar tracking sensor의 규격 및 사양을 나타낸다.



Fig. 11 Dual-axis solar tracking sensor



Fig. 12 Tracking control box

| Specification               | Value                    | Units    |
|-----------------------------|--------------------------|----------|
| Power supply                | 12 ~ 36                  | Volts DC |
| Idle current drain          | .008                     | Amps     |
| Sensor Inputs               | 0~6                      | Volts DC |
| Output voltage              | Equal to power supply    | Volts DC |
| Continuous output current   | 2.5 Amps@100% duty cycle | Amps     |
| Pulsed output current(.1hz) | Amps@100% duty cycle     | Amps     |
| Pulsed output current(.1hz) | Amps@100% duty cycle     | Amps     |
| Duty cycle(variable)        | 0 ~ 100                  | Percent  |
| Duty frequency(variable)    | .1 ~ 60                  | Hz       |
| Duty cycle control voltage  | 2.2 ~4.5                 | Volts DC |

Table 7 The Specification of Dual Axis Solar Tracking Sensor

태양위치 추적 회로도는 그림 13과 같으며 센서의 출력 전류량에 따라 그림 14와 같 은 드라이브를 통해 방위각 조절 모터와 고도각 실린더 모터의 스위칭을 조절을 하여 제어할 수 있게 설계되었다. 최초 설계된 프로그래밍에 +, - 스위치의 조절로 인해 Limited 라인 설정, 추적 감도 시간을 조절할 수 있다.



Fig. 13 Block diagram of tracking control



Fig. 14 Experiment board of PV tracking control

#### 3. 제안한 태양광발전시스템의 하부지지대

본 논문에서 제안한 양축형 추적식 1kW 태양광발전시스템 하부지지대의 설계도면은 그림 15~18과 같으며, 다음과 같은 사항을 고려하여 설계하였다.

구조적 안전성을 확보하기 위해 상부 구조체 하중과 수평 풍하중을 그림 15 평면도에 서 나타낸 상부지지암이 분산지지하여 그림 16의 평면도의 하부 삼각 지지대에 분산 전달하도록 하였고, 중심부 회전체 내구성을 강화하기 위해 상부의 하중과 풍하중이 중심부 회전체에 전달될 시 중심부 회전축의 넓은 회전체에 전달되어 중심 회전축의 변형을 방지하는 구조로 구성하였다. 그리고 유지관리 용이성 및 내마모성을 강하게 하려고 각 회전부 베어링에 오일 주입구가 설치되어 내마모성이 보장되며 조립 해체가 용이한 구조로 이루어져 있다. 마지막으로 해가 저물고, 동쪽 방향으로 향하게 리셋되 어 그림 17의 평면도과 같이 Parking 모드로 들어가고, 강풍시 분전반에 설치된 스위 치의 온-오프를 통하여 그림 18의 강풍모드 평면도와 같이 수평위치에 있을 수 있도 록 설계되었다.



Fig. 15 Module frame support arm structure



Fig. 16 Triangular support leg plan



Fig. 17 Drawing of parking mode



Fig. 18 Drawing of emergency mode

위와 설계과정을 거쳐 제작된 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템은 다음 그림 19과 같다.



Fig. 19 Installation of proposed 1kW dual-axis tracking PV system

### B. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 그림 19과 같이 직접 제작하여 제안한 1kW급 양축형 추적식 태양광 발전시스템이다. 이와 비교하기 위해 똑같은 사양으로 그림 20과 같이 40도의 경 사각으로 고정된 반고정식 태양광발전시스템의 출력량을 다음과 같이 비교 분석해 보았다.

표 8과 표 9에서는 각 시스템의 출력량을 10분마다 측정하여 저장할 수 있게 설 계되어 얻은 데이터를 바탕으로 시시각각 변화하는 발전량은 그림 21, 22와 같이 나타냈다.



Fig. 20 Installation of semi-fixed 1kW PV system

# 1. 고정식 태양광발전시스템의 출력량

| 시간    | 전압[V]  | 전류[A] | 출력전력   | 시간    | 전압[V]  | 전류[A] | 출력전력   |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 6:10  | 85.59  | 0     | 0      | 12:40 | 244.31 | 2.65  | 647.42 |
| 6:20  | 330.68 | 0     | 0      | 12:50 | 273.68 | 2.67  | 730.72 |
| 6:30  | 355.38 | 0     | 0      | 13:00 | 275.34 | 2.53  | 696.61 |
| 6:40  | 236.08 | 0.07  | 16.2   | 13:10 | 274.31 | 2.77  | 759.83 |
| 6:50  | 151.44 | 0.16  | 24.23  | 13:20 | 275.36 | 2.72  | 748.97 |
| 7:00  | 152.81 | 0.24  | 36.67  | 13:30 | 276.71 | 2.69  | 744.34 |
| 7:10  | 237.59 | 0.34  | 80.78  | 13:40 | 279.99 | 2.64  | 739.17 |
| 7:20  | 337.24 | 0.42  | 141.64 | 13:50 | 281.41 | 2.57  | 723.22 |
| 7:30  | 335.37 | 0.5   | 167.68 | 14:00 | 281.52 | 2.47  | 695.35 |
| 7:40  | 334.08 | 0.62  | 207.12 | 14:10 | 281.72 | 2.45  | 690.21 |
| 7:50  | 334.07 | 0.74  | 247.21 | 14:20 | 280.96 | 2.38  | 668.68 |
| 8:00  | 334.12 | 0.86  | 287.34 | 14:30 | 280.17 | 2.34  | 655.59 |
| 8:10  | 333.48 | 0.98  | 326.81 | 14:40 | 280.13 | 2.26  | 633.09 |
| 8:20  | 331.05 | 1.08  | 357.53 | 14:50 | 282.1  | 2.19  | 617.79 |
| 8:30  | 328.19 | 1.2   | 393.82 | 15:00 | 285.66 | 2.14  | 611.31 |
| 8:40  | 326.12 | 1.32  | 430.47 | 15:10 | 287.69 | 2.03  | 584.01 |
| 8:50  | 324.71 | 1.43  | 464.33 | 15:20 | 288.38 | 1.9   | 547.92 |
| 9:00  | 257.38 | 1.53  | 393.79 | 15:30 | 290.43 | 1.79  | 519.86 |
| 9:10  | 289.55 | 1.63  | 471.96 | 15:40 | 290.12 | 1.72  | 499    |
| 9:20  | 317.8  | 1.74  | 552.92 | 15:50 | 293.37 | 1.63  | 478.19 |
| 9:30  | 314.91 | 1.63  | 513.30 | 16:00 | 296.72 | 1.52  | 451.01 |
| 9:40  | 311.26 | 1.92  | 597.61 | 16:10 | 294.17 | 1.39  | 408.89 |
| 9:50  | 309.66 | 1.99  | 616.22 | 16:20 | 296.96 | 1.25  | 371.2  |
| 10:00 | 310.04 | 2.1   | 651.0  | 16:30 | 289.91 | 1.13  | 327.59 |
| 10:10 | 307.41 | 2.15  | 660.93 | 16:40 | 293.37 | 1     | 293.37 |
| 10:20 | 302.73 | 2.22  | 672.06 | 16:50 | 320.6  | 0.87  | 278.92 |
| 10:30 | 302.88 | 2.29  | 693.59 | 16:00 | 342.33 | 0.73  | 249.90 |
| 10:40 | 302.78 | 2.35  | 711.53 | 17:10 | 333.24 | 0.53  | 176.61 |
| 10:50 | 301.46 | 2.39  | 720.48 | 17:20 | 278.65 | 0.35  | 97.52  |
| 11:00 | 300.47 | 2.42  | 727.13 | 17:30 | 150.38 | 0.23  | 34.58  |
| 11:10 | 299.13 | 2.46  | 735.85 | 17:40 | 150.42 | 0.18  | 27.07  |
| 11:20 | 238.59 | 2.5   | 596.47 | 17:50 | 189.71 | 0.16  | 30.35  |
| 11:30 | 297.75 | 2.52  | 750.33 | 18:00 | 169.68 | 0.11  | 18.66  |
| 11:40 | 299.12 | 2.52  | 753.78 | 18:10 | 203.66 | 0.06  | 12.21  |
| 11:50 | 300.08 | 2.56  | 768.20 | 18:20 | 96.99  | 0.03  | 2.90   |
| 12:00 | 267.02 | 2.57  | 686.24 | 18:30 | 0      | 0     | 0      |
| 12:10 | 297.05 | 2.6   | 772.33 | 18:40 | 0      | 0     | 0      |
| 12:20 | 295.16 | 2.64  | 779.22 | 18:50 | 0      | 0     | 0      |
| 12:30 | 289.12 | 2.61  | 754.60 |       |        |       |        |

Table 8 Outputs of fixed 1kW PV system

# 2. 제안한 태양광발전시스템의 출력량

| Table 9 Ou | utputs of | proposed | 1kW | dual-Axis | tracking | $\mathbf{PV}$ | system |
|------------|-----------|----------|-----|-----------|----------|---------------|--------|
|------------|-----------|----------|-----|-----------|----------|---------------|--------|

| 시간    | 전압[V] | 전류[A] | 출력전력    | 시간    | 전압[V] | 전류[A] | 출력전력    |
|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|
| 6:10  | 29.6  | 0     | 0       | 12:40 | 141.1 | 4.32  | 609.552 |
| 6:20  | 105.7 | 0     | 0       | 12:50 | 142.7 | 4.05  | 577.935 |
| 6:30  | 117.2 | 0     | 0       | 13:00 | 142.1 | 3.87  | 549.927 |
| 6:40  | 132.2 | 1.59  | 210.198 | 13:10 | 142.6 | 3.86  | 550.436 |
| 6:50  | 136.7 | 3.1   | 423.77  | 13:20 | 142.6 | 4.33  | 617.458 |
| 7:00  | 137.1 | 3.1   | 425.01  | 13:30 | 142.1 | 4.31  | 612.451 |
| 7:10  | 137.8 | 3.1   | 427.18  | 13:40 | 127.4 | 4.3   | 547.82  |
| 7:20  | 137.5 | 3.95  | 543.125 | 13:50 | 142.2 | 4.33  | 615.726 |
| 7:30  | 136.6 | 4.35  | 594.21  | 14:00 | 142   | 4.38  | 621.96  |
| 7:40  | 140.4 | 3.53  | 495.612 | 14:10 | 141   | 4.38  | 617.58  |
| 7:50  | 143.3 | 2.74  | 392.642 | 14:20 | 140   | 4.38  | 613.2   |
| 8:00  | 143.2 | 4.64  | 664.448 | 14:30 | 142   | 4.36  | 619.12  |
| 8:10  | 143.1 | 4.76  | 681.156 | 14:40 | 142   | 4.4   | 624.8   |
| 8:20  | 143.1 | 4.91  | 702.621 | 14:50 | 141   | 4.46  | 628.86  |
| 8:30  | 143   | 4.95  | 707.85  | 15:00 | 141   | 4.46  | 628.86  |
| 8:40  | 128   | 5.02  | 642.56  | 15:10 | 142   | 4.51  | 640.42  |
| 8:50  | 128.5 | 5.11  | 656.635 | 15:20 | 139   | 4.58  | 636.62  |
| 9:00  | 142.6 | 5.21  | 742.946 | 15:30 | 139   | 4.56  | 633.84  |
| 9:10  | 142.4 | 5.27  | 750.448 | 15:40 | 140   | 4.58  | 641.2   |
| 9:20  | 99.7  | 3.69  | 367.893 | 15:50 | 141   | 4.64  | 654.24  |
| 9:30  | 142.3 | 4.34  | 617.582 | 16:00 | 142   | 4.12  | 585.04  |
| 9:40  | 142.7 | 5.4   | 770.58  | 16:10 | 142   | 4.66  | 661.72  |
| 9:50  | 141.9 | 5.48  | 777.612 | 16:20 | 142   | 4.67  | 663.14  |
| 10:00 | 142.2 | 5.48  | 779.256 | 16:30 | 144   | 4.63  | 666.72  |
| 10:10 | 142.8 | 5.62  | 802.536 | 16:40 | 144   | 4.85  | 698.4   |
| 10:20 | 141.1 | 5.62  | 792.982 | 16:50 | 147   | 5.2   | 764.4   |
| 10:30 | 141   | 5.64  | 795.24  | 16:00 | 146   | 5.21  | 760.66  |
| 10:40 | 149.2 | 5.66  | 844.472 | 17:10 | 144   | 5.6   | 806.4   |
| 10:50 | 117.5 | 5.72  | 672.1   | 17:20 | 128   | 7.04  | 901.12  |
| 11:00 | 58    | 5.75  | 333.5   | 17:30 | 138   | 6.96  | 960.40  |
| 11:10 | 129.7 | 5.76  | 747.072 | 17:40 | 120   | 6.48  | 777.6   |
| 11:20 | 143.6 | 5.77  | 828.572 | 17:50 | 150   | 5.38  | 807     |
| 11:30 | 143.2 | 5.88  | 842.016 | 18:00 | 151   | 4.39  | 662.89  |
| 11:40 | 143.7 | 3.52  | 505.824 | 18:10 | 123   | 1.99  | 300.49  |
| 11:50 | 143.3 | 5.32  | 762.356 | 18:20 | 78    | 0     | 0       |
| 12:00 | 143.8 | 5.85  | 841.23  | 18:30 | 80    | 0     | 0       |
| 12:10 | 142.6 | 5.81  | 828.506 | 18:40 | 60    | 0     | 0       |
| 12:20 | 142.2 | 4.22  | 600.084 | 18:50 | 0     | 0     | 0       |
| 12:30 | 141.8 | 4.85  | 687.73  |       |       |       |         |



Fig. 21 Outputs of Fixed 1kW PV System



Fig. 22 Outputs of proposed 1kW dual-axis tracking PV system

#### 3. 결과고찰

본 논문에서는 제안한 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시스템과 동급의 고정식 1kW급 고정식 태양광발전시스템의 출력량을 비교해보았다. 고정식은 그림 21와 같이 나타낸 그래프와 같은 출력량, 본 논문에서 제안한 시스템의 출력량을 그림 22과 같이 나타내었다. 같은 조건에서 그림 23과 같이 확연히 차이가 나는 출력량을 얻는 것을 확인할 수 있었다.

이를 통해 1kW급 고정식 태양광발전시스템의 일일 총 생산전력량은 5.281 [kWh]이 고, 1kW 양축형 추적식 태양광발전시스템의 총생산전력량은 7.178[kWh]의 발전량을 나타내었다. 따라서 양축형 추적식 태양광발전시스템의 경우 고정식 태양광발전시스템 보다 26.42[%]이상 높은 누적생산 전력량을 생산하였음을 확인할 수 있었다.



Fig. 23 Outputs analysis of proposed PV system & fixed PV system

### V. 결 론

태양광발전시스템의 발전량을 높이기 위해 태양전지 모듈을 태양광 항상 법선을 이루 게 하는 방법으로 추적식 태양광발전시스템이 있다. 고정식에 비해 하루 최대 발전시 간이 증가하여 발전량을 높일 수 있는 방법이긴 하지만, 고정식에 비해 초기설치 비용 과 유지보수 및 관리 비용이 증가되는 단점이 있어 대용량의 PV발전소를 구축하기 어 렵다고 사료된 바, 본 논문에서는 주택에 보급되고 있는 소용량의 태양광발전시스템에 초점을 맞추고자 하였다.

본 논문에서는 발전량을 높이고자 교내 옥상에 1kW급 양축형 추적식 태양광발전시 스템을 설계하였다. 초기 프로그래밍이 필요하여 설치비용 상승을 막기 위함으로써, Dual-axis solar tracking sensor를 이용하여 태양의 위치를 모터드라이브를 통해 모터 제어를 함으로써 시스템을 단순화하여 유지보수에도 용이하게 설계하여 시뮬레이션과 비교 검증을 통하여 제안된 시스템의 발전량를 통해 장시간 비교적 안정적으로 전력생 산이 되고 있음을 확인하였다. 제안한 1kW 양축형 추적식 태양광발전시스템은 일일발 전량은 7.168[kWh]을 기록했고, 같은 용량의 고정식은 5.281[kWh]의 발전량을 서로 비 교하면 제안된 양축형 추적식 태양광발전시스템이 고정식보다 26.42[%] 향상되었음을 실측된 데이터를 통해 확인할 수 있었다.

고정식 태양광발전시스템보다 다소 설치비용 및 유지보수 비용이 발생하지만, 한달 평균 하루 발전량을 비교 시 태양광발전시스템의 수명이 10년 이상 된다는 점을 고려 하였을 때 3kW 경우 비교해 본다면, 일반적으로 10만원을 사용하는 가정집에서 현재 보급되고 있는 고정식 태양광발전시스템을 설치하여 월 8만원 절약할 수 있다면, 제안 된 시스템의 경우 26%증가된 월10만원을 절약할 수 있으며, 10년 기준 240만원을 더 절약할 수 있으므로 대용량의 태양광발전소 뿐만 아니라 개인주택용 추적식 태양광발 전시스템으로 사용하기 위하여 가격 경쟁면에서 경쟁할 수 있는 저가격화를 위한 구조 물과 최적설계방안에 대해서 연구하고 장기간 신뢰성확보를 위해 연구가 진행되어야 한다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 데이코 산업 연구소, "태양광 사업 기술 시장의 실태와 전망", 산업교육연구소, pp.34-45. 2009
- [2] Roger Messenger Jerry Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering", CRC, pp.283, 2004
- [3] Kotsopoulos A., Duarte J.L., Hendrix M.A.M., Heskes P.J.M., "Islanding behaviour of grid-connected PV inverters operating under different control schemes", Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual IEEE Poster electronics Specialists Conference, Vol.3(2002), pp.1506–1511
- [4] Po-wa Lee, Yim-Shu Lee, David K.W. Cheng, Xiu-Cheng Liu, "Steady-State Analysis of an Interleaved Boost Converter with Coupled Inductors", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol.47, No.4, August 2000
- [5] 유권종, 정영석, 최주엽, "새로운 고효율 MPPT 제어 알고리즘 고찰", 한국 태양에너지학회, Vol.22, No.3, pp.11-20, 2002
- [6] 유권종 외, "전력 Peak 절감을 위한 실규모 배전 계통형 태양광 발전 시스
   템의 실증실험 연구", 통상산업부 연차보고서, 1997
- [7] Seo, H.C. Kim, C.H. Yoon, Y.M. Jung, C.S. "Dynamics of grid- connected photovoltaic system at fault conditions", Transmission & Distribution

Conference & Exposition: Asia and Pacific, 2009, pp.1-4, Oct.2009

- [8] 임지혜, "MPPT에 의한 독립형 태양광발전시스템의 배터리 제어기 설계",
   조선대학교 석사학위 논문, pp 3~8, 2012
- [9] 김기범, "태양전지 어레이의 입사각에 따른 발전효율에 관한 연구", 한양대 학교 석사학위 논문, pp 17~22, 2002
- [10] 김용진, "최적 발전성능 도출을 위한 태양광모듈 추적방법에 관한 연구", 경 희대학교 건축공학과 박사학위논문, pp14~18, 2012
- [11] Alexandru, C., " The design and optimization of a photovoltaic tracking mechanism", Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2009. POWERENG '09. International Conference, pp 436~441, 2009
- [12] 유석주, 이성수, 박왈서, " 태양광 센서에 의한 태양광 전지의 최대전력추적 과 신경회로망 제어알고리즘 적용", 조명전기설비학회 논문지, Vol.24 No.2, pp 33~38, 2010
- [13] Z. G. Piao, J.M. Park, J. H. Kim, G. B. Cho, H. L. Baek, "A Study on the Tracking Photovoltaic System by Program Type", Electrical Machines and Systems, ICEMS, Vol.2, pp.971–973, 2005
- [14] Salas.V, Grases.M, Debora.P, Espadas.C, Olias. E, "Conmparison between two 1 kW PV grid-connect system (one with a new tracker and one fixed)", PVSC, 2010 35th IEEE

[15] Jun-ming Xiao, Ling-yun Jiao, Hai-ming Zhu, Rui Zhang, "Design of Track control system in PV", Software Engineering and Service Sciences(ICSESS), 2010 IEEE, pp.547~550

#### 감사의 글

많은 추억을 가져다준 지난 3년간 대학원 생활이 마무리 되어가고 있습니다. 그동 안 감사했던 모든 여러분들에게 감사의 인사를 드리고자 합니다. 우선 학위과정 동 안 많은 가르침과 용기로 자신감을 주신 조금배 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 올립니다. 그리고 논문심사와 논문에 관한 많은 조언을 해주신 백형래 교수님과 최 연옥 교수님께도 감사의 말씀 올립니다. 또한 항상 지켜봐 주시고 격려해 주신 전기 공학과 모든 교수님들께도 감사의 말씀드립니다.

학위과정 동안 옆에서 항상 격려해주시고 도움을 주신 태양광발전실험실의 이강연, 김남오, 문은아, 오만석 선배님, 그리고 Cupel 선배님들께도 감사의 말씀 드립니다. 그리고 실험실에서 함께 공부하며 의지하였던 김기현, 전법준, 나현준, 김청담, 김형 지, 이미경에게 고맙다라는 말을 전하고 싶습니다. 그리고 다 같이 수고한 전기공학 과의 대학원 성진이형, 성하형, 전지은, 최혜원, 정인성, 임인규 선후배들에게도 수고 했다와 고맙다라는말 전하고 싶습니다.

15년 가까이 함께 우정을 쌓아오며 학위 과정 동안 힘이 되어준 김병종, 김철훈, 김 장준, 임형석, 윤종록, 김희욱, 오상민, 박종희 친구들에게 정말 고맙다라는 말을 새삼 전하고 싶습니다. 마지막으로 항상 뒤에서 묵묵히 바라보며 응원해 주시고 하나님께 기도해주신 아버지, 어머니에게 감사하다는 마음을 전합니다

많은 분들의 격려와 응원, 가르침으로 무사히 졸업할 수 있게 되었습니다. 많은 분 들의 마음을 소중히 간직하며 실망시켜드리지 않을 열심히 사는 모습을 보여 드리겠 다는 다짐을 논문에 담아 올립니다.

> 2013년 10월 이 권