

수자원 관리 시스템 독립 전력공급을 위한 평판형 태양열 발전 시스템 기초구현방안 연구

이상훈¹, 서태일^{1*}, 정승권², 권용현³
¹인천대학교 기계공학과, ²주식회사 핵코리아, ³인천대학교 토목공학과

A study about flat mirror type solar thermal generation system to independently supply electricity on water resources management system

Sang-Hun Lee¹, Tae-Il Seo^{1*}, Seung-Kwon Jung², Yong-Hyeon Gwon³

¹Division of Mechanical Engineering, Incheon University

²HECOREA

³Division of Civil Engineering, Incheon University

요약 최근 물 순환의 급격한 변동을 수반하는 기후변화, 지속적인 인구증가, 인구집중화에 따른 문제들로 물관리에 관한 내용들이 연구되고 있다. 인구집중화가 된 곳에는 물관리 시스템에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 극지, 오지 등 사람들의 왕래가 어려운 곳에서는 물관리가 힘든 실정이다. 특히 이러한 곳에서 수자원 관리를 하려면 전기가 필요하지만 이러한 곳에 전력공급 시스템 인프라를 구축하는데에는 많은 비용이 들기 때문에 오지에는 물관리가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이러한 오지에서 신재생에너지를 이용하여 전기를 공급하는 방안을 제안하고자 한다. 신재생에너지 중 최근 가장 이슈가 되고 있는 태양을 이용한 방식을 연구할 예정이며, 태양열을 이용하여 전기를 발전해 오지에서도 전기를 사용하여 물 관리 시스템을 사용할 수 있는 태양열 발전 시스템을 이용하여 ESS의 원료로 사용하는 시스템의 기초 구현 방안을 제시하였다.

Abstract Recently, various researches about water resources management system have been conducted in order to handle many problems, for example, climate change can provoke rapid change of water circulation, continuous population increase, population concentration phenomenon and so on. For population concentration region, many researches about water resources management system have been carried out, but many regions far away from civilization have not been handled as research topics. Especially these regions always need electricity supply infra, but significant costs will be required to construct the infra. Therefore this paper presents a methodology in order to generate the electricity from new renewable energy resources and supply the electricity into these region. For this, solar thermal generation system was experimentally studied. Moreover, this solar power generation system was considered as an important component to establish an ESS (Energy Storage System).

Keywords : Energy storage system, Smart water grid, Solar collecting system, Stirling engine, Task support

1. 서론

최근 물 관리가 국제 사회의 중요한 이슈로 등장하고 있다. 이러한 배경에는 물 순환의 급격한 변동을 수반하

는 기후변화, 지속적인 인구증가, 인구 집중화에 따른 대도시화 등이 자리 잡고 있다. 즉, 기후변화로 인한 큰 홍수와 가뭄은 물의 공급과 관리의 측면에서, 인구의 증가와 대도시의 급격한 확산은 수요측면에서 어려움을 가중

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C01)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Tae-Il Seo(Incheon Univ.)

Tel: +82-10-8769-8734 email: tiseo@incheon.ac.kr

Received June 26, 2015

Revised (1st August 3, 2015 2nd August 5, 2015)

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

시키고 있다. 이러한 환경변화는 물 관리의 관점에서는 큰 위기이지만, 다른 한 편으로 산업적 관점에서는 큰 기회가 되고 있다[1].

이에 따라, 기후변화에 적극 대처하여 지속적이고 안정적인 용수 공급을 위해 기존의 용수 생산·공급망에 정보통신 기술(Information&Communication Technologies)을 접목한 지능형 물 관리를 위해 ‘스마트워터그리드(Smart Water Grid)’를 구축하고자 하는 다양한 노력이 최근 들어 지속되고 있다. 즉, 스마트워터그리드는 기존의 수자원 관리 시스템의 한계를 극복하기 위해 첨단 정보통신기술을 이용하는 고효율의 차세대 인프라시스템으로 다양한 수자원을 활용하고 물을 효율적으로 배분·관리·운송하여 수자원의 불균형을 해소하고, 첨단 센서 네트워크를 이용해 실시간으로 수자원망의 안정성을 모니터링하는 등 용수관리 전 분야에 걸쳐 양방향 실시간으로 용수정보를 감시 대응하여 용수관리와 에너지 효율의 최적화된 배수권역에 적합한 지능형 물관리가 가능할 것으로 예상되는 시스템이다[2].

지능적인 물관리를 위해서는 통합적인 관리가 필요하다. 하지만 인구가 집중화 된 곳에서의 물관리 시스템에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 격오지 등 사람들의 왕래가 어려운 곳에서는 물관리가 힘든 실정이다. 통합 물 관리 시스템 자체를 구성하는 것도 어려우나, 격오지에서 물관리를 하기 어려운 이유 중 가장 큰 요인 하나는 전기공급에 있다. 지리적 및 경제적 측면에서 내륙 전력망 연계가 어려운 낙도나 오지에 전기를 공급하기 위한 방법 중의 하나가 독립형 발전시스템, 즉 독립형 마이크로그리드이다[3].

지능적인 물 관리를 위해서는 기본적으로 전기가 공급되어야 하는데 격오지에는 전기가 쉽게 공급되지 않으며, 전력공급 시스템 인프라를 구축하기 위해서는 많은 비용이 들기 때문에 현실적으로 구축하기 힘든 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 격오지에서 신재생에너지를 이용하여 전기를 생산하여 물 관리 시스템을 사용할 수 있도록 하고자 한다. 최근 신재생에너지에 대한 관심은 화석연료의 고갈과 환경문제로 인해 증가하고 있으며, 태양이나 풍력에너지를 대체 에너지원으로 사용하고자 하는 연구개발이 활발히 진행되고 있다[4].

태양열 집열 시스템의 경우 고온의 열을 이용하기 위해 특정 범위로 초점이 집중되는 것이 가장 중요하며 초점에 태양열을 집열 시키기 위해 대부분의 경우 포물선

형태를 가진 시스템에 관한 연구를 진행하고 있는 실정이다.

하지만 본 논문에서는 풍하중에 보다 견디기 쉽고, 간편한 제작 공정으로 경제적 경쟁력을 갖추기 위해 평판형 반사판을 조합하여 집열 시스템을 제작하고자 한다. 평판형 집열 시스템의 경우 곡률을 가진 포물선 형태의 태양열 집열 시스템에 적합하지 않기 때문에 평면 형상을 가진 프레넬 방식을 이용하여 평판에 층별로 각각의 각도를 설정하여 부착하여 특정 범위에 초점이 모일 수 있게 하고자 한다. 또한 프레넬 방식 사용으로 기존 포물선 형태보다 간단한 구조를 가짐으로써 집열시스템을 보다 경량화하여 소비전력을 낮춰 발전효율을 높이고자 한다.

따라서 본 연구를 통해 ESS와 결합이 가능한 태양열 발전시스템을 개발하여 격오지에서의 독립적인 전기공급을 가능하게 함으로써 효율적인 통합 물관리 시스템 구현 가능 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 통합 물 관리의 업무지원 시스템의 개념과 필요성을 기술하며, 3장에서는 평판형 태양열 집열 시스템에 관한 내용을 기술하며, 4장에서는 ESS시스템에 관한 내용을 기술하고, 마지막 5장에서는 이러한 연구내용을 바탕으로 구현방안을 기술한다.

2. 업무지원 시스템 개념 및 필요성

2.1 수자원 관리 업무지원 시스템 개념

스마트워터그리드에서 운영되는 프로그램은 개별 환경으로 차세대 지능형 수자원 관리를 위한 목적으로 다양한 환경에서 사용자의 선택에 의해 프로그램을 설치하는 형태로 구현된다. 스마트워터그리드 프로그램은 다중수원 가용수량 산정 프로그램, 물 부족 위험평가 프로그램, 다중수원 워터루프 운영프로그램, 수처리 조합공정 의사결정 프로그램, AMI 네트워크 관리프로그램, 통합 운영 프로그램, 업무지원 프로그램, 선택 취수 프로그램으로 구성되어 있으며, 각각의 프로그램은 선진화된 물관리를 위한 특화된 기능을 포함하고 있다[5].

그 중 업무지원 프로그램은 각각의 프로그램에서 표출되는 데이터를 스마트워터그리드 운영자가 평상시 배수권역 내 운영 중 상황을 모니터링하고, 상수공급차단, 오염물질 유입, 가뭄발생 등 비상시 발생하는 업무에 대

해 배수권역 내, 배수권역간의 물 분배·공급 및 차단이 이루어지도록 상황별 시나리오를 제시하여 업무를 지원할 수 있는 시스템이다.

2.2 수자원 관리 업무지원 시스템의 필요성

최근 수자원 분야 역시 종래의 수량 공급 위주의 수자원 관리를 벗어나 하천의 수량과 수질, 환경생태를 동시에 고려한 유역 단위의 통합관리를 추구함에 따라 다양한 목적과 제약조건들을 고려할 수 있는 의사결정지원시스템의 필요성이 급속히 확산되고 있다. 지표수, 지하수, 대체수자원 등의 한 수자원을 통합 관리·운영하고, 이해당사자들의 자발적인 참여를 통한 유기적인 협조체제의 구성과 유역 내 필요한 수자원 정보를 공유 및 유통하기 위해서 의사결정지원시스템의 구축은 더욱 절실하다.

또한, 수자원의 통합관리를 보다 효율적으로 구현하기 위해서는 이를 뒷받침할 수 있는 기반기술이 필수적으로 구축되어야 한다.

즉, 물 관리 기능별로 각 기관에서 분산·관리하고 있는 물관련 정보를 효율적으로 연계, 공유할 수 있는 통합물정보 관리체계를 구축하고, 유역의 수량과 수질상황을 실시간으로 분석·예측할 수 있는 통합 물정보 관리체계를 구축해야 한다[6, 7].

이에, 스마트워터그리드 업무지원 시스템에서는 스마트워터그리드에서 구축되는 각각의 프로그램에서 운영자가 현장에서 파악하고 관리해야 되는 정보를 모니터링 화면으로 제공하여 각 프로그램에서 분산·관리되어지는 물관련 정보를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

3. 태양에너지를 이용한 발전방안

3.1 평판형 태양열 집열 시스템의 필요성

최근 신재생에너지에 대한 관심은 화석연료의 고갈과 환경문제로 인해 증가하고 있으며, 태양이나 풍력에너지를 대체 에너지원으로 사용하고자 하는 연구개발이 활발히 진행되고 있다[8].

이 중 태양에너지를 이용하는 발전 방식은 크게 태양열과 태양광을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 태양열은 주로 적도지방이나 고도가 높은 지역에 유리하기에 스페인이나 미국 캘리포니아, 또는 뉴멕시코 지역에서 많이 사용하고 있다[9].

우리나라와 같이 고도가 낮고 적도에서 비교적 먼 거리에 있는 곳은 태양광 발전 방식이 좀 더 유리한 것으로 평가되고 태양광에 관한 연구가 많이 이루어지고 있는 실정이다. 하지만 Solar Cell의 높은 가격과 낮은 효율 때문에 태양광발전이 다른 기존의 발전 방식을 완전히 대체하기에는 아직 무리가 있으며, 최근에는 태양열을 이용한 방식에 연구가 떠오르는 화두가 되고 있는 실정이다. 또한 기존 태양열을 이용한 집열 시스템의 경우 집열 효율을 증대시키기 위해 포물선 형태를 띄고 있다.

하지만 이는 반사경에 곡률이 있어야하며, 이러한 반사경을 제작하기 위해서는 복잡한 제작공정으로 인하여 가격이 비싸다는 단점을 가진다. 이렇게 가격이 비싸면 전기 인프라 구축 시 가격 경쟁력에서 뒤쳐질 수 있으므로 격오지에서의 가격경쟁력을 확보하기 위해 곡률이 있는 반사경을 이용하는 것이 아니라, 평판형의 반사경을 이용하여 태양열을 집열하는 시스템이 필요하다.

3.2 태양열 집열 시스템의 온도 분포

태양열 집열 시스템을 ESS와 결합하여 구축하기 위해서는 우선 태양열을 이용하여 전기에너지를 발전시켜야 한다. 전기에너지를 발전시키기 위해서는 다양한 방법이 있지만, 본 연구에서는 외연기관인 스텔링 엔진(Stirling Engine)을 이용하여 전기에너지를 발생시키고자 하며 평판형 반사판 및 이를 조합한 프레넬 방식 집열 시스템의 집열 성능을 확인해 보고자 한다.

스텔링 엔진의 간단한 작동 방법은 아래 Fig. 1과 같다.

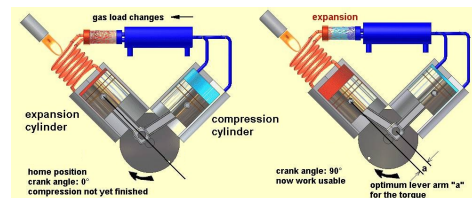


Fig. 1. Stirling Engine basic principle of motion[10]

스텔링 엔진은 외연기관으로서 외부에 열을 가하면 실린더 내부에서 압축, 폭발이 발생하고 이를 발전기와 연결하여 전기에너지를 발전할 수 있는 시스템이다. 이러한 스텔링엔진을 구동하기 위해서는 발전량에 따라 필요온도가 다르다.

본 연구에서는 방향을 제시하고자 평판형 반사판을 조합한 프레넬 방식의 집열 시스템을 설계 및 제작하여

초점부에 온도센서를 장착한 후 소형 스텔링엔진을 구동할 수 있는 200℃ 이상의 온도로 태양열을 집열 시키고자 한다.

Fig. 2는 설계 프로그램을 사용하여 초점거리가 각각 다른 8개의 포물선을 한 점을 기준으로 일렬로 나열한 후 그 일부분을 평판으로 가정하여 프레넬 방식의 집열 시스템을 설계한 것이다.

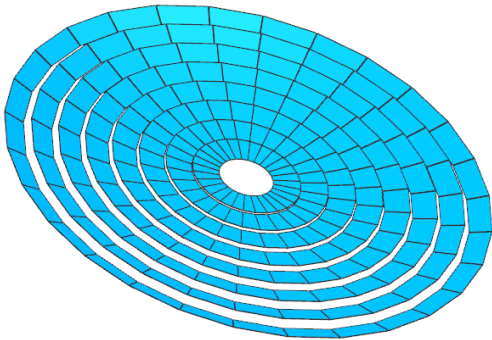


Fig. 2. Design of fresnel solar collector dish

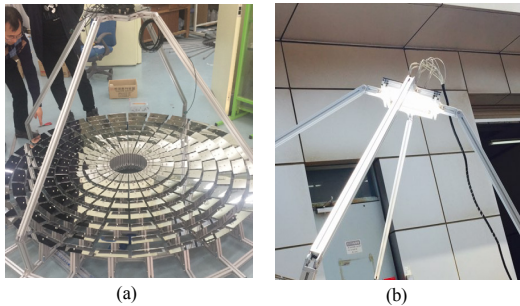


Fig. 3. Measured of Temperature measurement sensor (a)experimental equipment (b)measure of sensor

Fig. 3은 열화상 카메라 및 온도측정센서를 이용하여 평판형 태양열 시스템의 집열 온도를 확인한 것이다. Dish의 직경은 약 1.8m였으며, 평판형 반사경은 사다리꼴 모양으로 가장 큰 반사경의 넓이는 0.016m²로 하였다. 또한 무게와 가격을 고려하여 아크릴거울로 하였으며, 반사경의 반사율은 반사율측정기를 통해 측정하였으며, 약 82~84%였다.

Table 1. Experiment results

Spec.		thermo graphic camera	temperature measurement sensor
Conditions	emissivity	0.95	0.95
	Temperature	5	23
measured temperature change	Max	371.5	400
	Min	326.6	320
	Center	370	390

Table. 1은 열화상카메라와 온도측정센서를 통해 측정된 결과 값을 나타낸다. 우선 열화상카메라를 통해 측정 결과 중심점의 온도가 370℃가 나왔으며 온도측정기로 측정하였을 경우 390℃가 측정되었다.

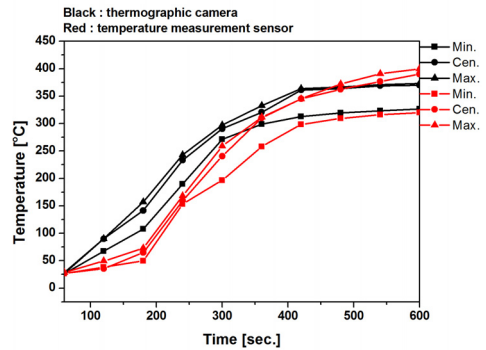


Fig. 4. experiment results of solar collector system

Fig. 4는 열화상카메라와 온도측정센서를 통해 얻은 결과 값을 그래프로 비교하여 보여준다. 실험하였을 때의 초점정밀도 등 외부조건이 달라서 두 측정 장비 간에 결과 값 차이가 났으나, 결과 값을 보면 계절에 상관없이 스텔링엔진을 구동시킬 수 있는 온도가 집열되는 것을 확인 할 수 있다.

이를 통해 태양열을 이용하여 집열된 열을 이용하여 스텔링 엔진을 구동시켜 ESS와 결합하여 격오지에서 물 관리 시스템을 구동시키는 것은 발전량에 맞는 Dish와 스텔링을 이용하면 격오지에서도 이용가능 할 것이라 판단된다.

4. 태양열 집열시스템의 ESS 적용 방안

4.1 ESS의 개념 및 필요성

최근 분산전원 형태의 신재생에너지 공급이 가능해지

고 전기 에너지를 저장 할 수 있는 에너지저장장치(ESS)에 대한 관심이 높아지고 있다. ESS는 에너지를 배터리처럼 저장해서 언제든지 꺼내 쓸 수 있는 저장장치를 의미한다. 이는 에너지를 보다 효과적으로 저장해서 사용하는 것으로 에너지 생산에 대한 여유를 가질 수 있으며, 용도, 상황별 에너지 사용에 대한 유연한 대처를 할 수 있는 장점을 가진다. Fig. 5는 ESS의 도식도를 보여준다. 이러한 ESS는 격오지에서 물 관리 시스템을 구동하는데 중요한 시스템이다. 이러한 ESS에 에너지 저장을 신재생에너지로 할 수 있다면 엄청난 시너지 효과를 불러일으킬 것이며, 안정적인 전력 공급이 가능할 것이다.

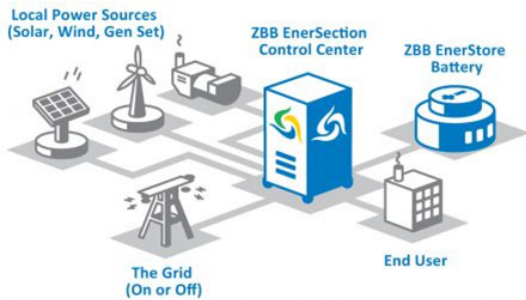


Fig. 5. Energy storage system[11]

4.2 태양열 집열시스템의 ESS 적용 방안

ESS는 작은 리튬이온 배터리 한 개를 셀(Cell)이라고 하며, 이러한 셀들이 모여 모듈(Module)을 이루고, 이 모듈들이 모여 트레이(Tray)를 이룬다. 그리고 이 트레이들이 모여 랙(Rack)을 구성하고 이 랙들이 모여 ESS를 완성하게 된다.

ESS는 배터리가 중심이긴 하지만, 각각의 배터리 셀마다 특성이 다르기 때문에 이를 조절해 줄 수 있는 장치가 필요한데 그것이 바로 BMB(Battery Management System)이다. BMS는 셀용량 보호 및 수명예측, 충·방전제어 등을 통해 ESS가 최대의 성능을 발휘하면서 안전하게 사용될 수 있도록 제어하며, 이 외에도 PCS(Power Conversion System) 전력 변환 장치도 태양열 에너지와 같은 신재생 에너지에서 생산된 전력을 부하 특성에 맞추어 변환하고 관리하는 역할을 하는 중요한 구성 장치이다.

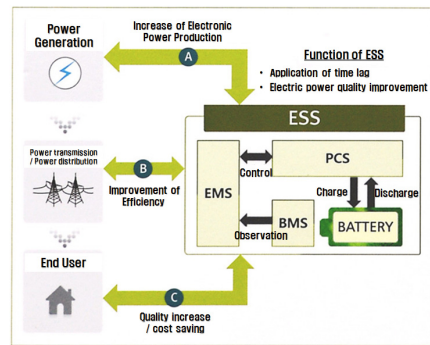


Fig. 6. ESS basic structure[12]

또한, ESS를 제어하기 위한 에너지 관리 시스템(EMS, Energy Management System) 혹은 전력관리 시스템(PMS, Power Management System)으로 구성되어 있으며 Fig. 6의 경우 ESS의 기본적인 구조를 나타낸다.

ESS는 하나의 큰 배터리라고 볼 수 있으며, 여기에 에너지를 공급해 주어야 하는데 격오지에서는 에너지를 전기에너지로 공급하기가 힘들다. 따라서 태양에너지, 풍력, 수력 등 다양한 신재생에너지들을 이용하여 ESS와 결합하여 이용하고 있는 추세이다. 이러한 신재생에너지 중 가장 효율이 높은 에너지를 가지고 전기에너지를 생산하고 ESS를 구축해야한다. 따라서 본 논문에서는 기존 태양열 집열 시스템 대비 제작공정을 간소화하여 경제적 경쟁력을 갖추고 경량화를 통해 소비전력을 줄여 효율을 증대시킴으로써 ESS 시스템과 결합이 가능한 태양열 발전시스템을 개발하고자한다.

5. 결론

본 연구는 격오지에서의 스마트위더그리드 업무지원 시스템을 이용하기 위해 신재생에너지를 ESS의 원료 에너지로 자유롭게 사용하여 최종적으로는 격오지의 물 관리를 가능하도록 독립 전력을 생산하는 기초 방안을 제시하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 태양에너지를 집열하여 독립전력 시스템을 구축하기 위한 스텔링 엔진을 구동시키기 위해서는 흡수기에 스텔링엔진이 구동 가능한 온도가 집열되어야 하므로 실험을 통해 집열 온도를 확인하였다.
- 2) 기존 포물선 형태의 제작비용 및 효율 증대를 위하

여 평판형 반사판을 조합하여 프레넬 방식의 집열 시스템을 구축하였으며 실험을 통해 스텔링엔진을 구동 시킬 수 있는 온도를 얻을 수 있었다.

- 3) 이를 활용하여 태양열 집열시스템을 통해 발생한 에너지를 ESS에 결합하여 물 관리를 하는데 있어 서뿐만 아니라 필요한 전기에너지를 언제든지 사용할 수 있는 시스템을 구현 할 수 있는 방안을 마련하였다.

향후 연구 과제로 태양열 집열 에너지 시스템뿐만 아니라 풍력 및 다른 신재생에너지를 자원으로 하고 이러한 원료를 이용하여 ESS의 에너지로 이용하고 물 관리 통합 시스템을 구축할 필요가 있으며, 물 관리를 정확하게 가능할 수 있게 하는 시스템을 구축할 수 있는 연구가 필요하다.

References

- [1] Dong-Hwan Kim, Kyung-Hye Park, and Kyung-Jin Min. "A study on Smart Water Grid through IT Convergence", The Journal of Digital Policy & Management, Vol. 11, Issue 7, pp.27-40, 2013.
- [2] Kyung-Taek Yum, Ho-Seon Lee, Ah-Reum Kim, and Rachel Hong. "The new paradigm of water management, Smart Water Grid", The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 31, Issue 6, pp.64-68, 2014.
- [3] Jae-Eon Kim, "Modeling & Operating Algorithm of Islanding Microgrid with Wind Turbine, Diesel Generator and BESS", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 9, pp. 5893-5898, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.9.5893>
- [4] Ki-Bum Kim, Solar Power Generation System Using A Small-Sized Stirling Engine, "Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society", Vol. 13, No. 8, pp.3339-3344, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3339>
- [5] Incheon University Academic Cooperation and Smart Water Grid Research Group. "SWG Integrated Program Linkages Derived and Correlated Report", pp.35-37, 2014.
- [6] Eu-Gene Kim, Nami-Il Kim, Dae-Heon Ham, and Ick-Hwan Ko. "A Study on the Development Scheme and Design of General-purposed Integrated Water Management System in the Watershed", Korea Water Resources Association Conference 2008, pp.1403-1408, 2008.
- [7] Ick-Hwan Ko and Seo-Wong Jung. "Establishment of integrated water resources management based technology(I) - Developed countries river basin integrated water management of technology development trend", Magazine of Korea Water Resources Association Vol. 35, Issue 6, pp.61-70, 2002.
- [8] R. Christopher, et al., "Concentrationing Solar Power Global Outlook 09:Why Renewable Energy Is Hot, Greenpeace, SolarPACES, and ESTELA, 2009.
- [9] H. Y. Cengel, "Study on the Characteristics of Stirling Engine Receiver for Parabolic Dish Concentrator", KSES, pp. 165-170, 2010
- [10] Peter Fette, How does a Stirling engine work?, Stirling Engine Research and Computer Program Development, 2005, Available From: <http://www.stirling-fette.de/howdoes.htm>, (accessed August 2007)
- [11] Jeff Elliott, Integrated Energy Management Platform, ZBB energy corporation, 2015, Available From: <http://www.zbbenergy.com/products/power-conversion/>, (accessed January 2000)
- [12] S. H. Jeon, SK C&C Blog writers, SK C&C stand on green IT center, Innovation in energy management ESS, 2013, <http://blog.skcc.com/1474>, (accessed May 2012)

이 상 훈(Sang-Hun Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 인천대학교 기계시스템공학부 (공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 기계공학과 석사과정

<관심분야>
태양열 발전, 구조설계

서 태 일(Tae-II Seo)

[정회원]



- 1999년 12월 : 인하대학교 기계기술공동연구소 전임연구원
- 2001년 2월 : 한국생산기술연구원 정밀금형팀 선임연구원
- 2003년 7월 : 인천대학교 기계공학과 부교수
- 2012년 10월 : 인천대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

정밀금형가공, CAD/CAM/CAI 통합시스템, 태양열 발전

정 승 권(Seung-Kwon Jung)

[정회원]



- 1998년 2월 : 충북대학교 토목공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 토목공학과(공학석사)
- 2014년 11월 ~ 현재 : 주식회사 핵코리아 연구개발사업부 이사

<관심분야>

정보통신, 데이터베이스

권 용 현(Yong-Hyeon Gwon)

[정회원]



- 2007년 2월 : 인천대학교 토목환경시스템공학과(공학사)
- 2009년 2월 : 인천대학교 토목환경시스템공학과(공학석사)
- 2015년 1월 ~ 현재 : 인천대학교 건설환경공학과 박사과정, (주)수로텍 과장

<관심분야>

데이터베이스, ICT, 소프트웨어