

Multi-Array 태양광발전시스템 Optimization

박미정, 정재학*, 김민수, 소원섭, 서민교, 박진수
 영남대학교 디스플레이화학공학과
 (jhjung@yumail.ac.kr*)

Optimization for Multi array photovoltaic system

Mi Jung Park, Jae Hak Jung*, Min Su Kim, Won Shoup So, Min Kyo Seo, Jin Soo Park,
 School of Chemical Engineering & Technology, Yeungnam University
 (jhjung@yumail.ac.kr*)

서론

태양광발전은 최근의 급격한 유가의 상승으로 상대적 경제성이 증가함에 따라 석유를 대체할 수 있는 미래에너지로 인식 되고 있다. 이는 무한정, 무공해의 햇빛을 직접 전기 에너지로 바꾸어 우리 생활에 유용한 에너지원으로 사용할 수 있게 만들어 주는 첨단 기술이다. 태양광은 햇빛이 비치는 곳에서는 어디서나 얻을 수 있고, 기존의 다른 발전방식과는 달리 대기오염, 소음, 발열, 진동 등의 공해가 전혀 없는 깨끗한 에너지원으로 연료의 수송과 발전설비의 유지관리가 거의 불필요하며, 수명이 길고, 설비규모의 선택과 설치공사가 쉬운 장점이 있다.

그러나 현재의 태양광 발전은 태양에너지의 밀도와 태양광 발전시스템의 변환효율이 낮아 넓은 설치면적이 필요하고, 발전단가가 상대적으로 높은 단점이 있기 때문에, 태양광발전 기술의 궁극적인 실용화를 위해서는 기존 발전방식과 경쟁 가능한 가격수준의 저가 고효율 기술개발 및 대량보급이 선행되어야 한다.

태양광발전지 세계 시장의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 것은 실리콘 단결정 타입의 태양전지인데 아직 그 경제성 및 효율성 측면에서 부족하여 많은 태양광 수집 면적을 요구할 뿐 아니라 설치상의 설치위치 등의 공간적 문제를 안고 있다. 이러한 단점을 보완하고 제품으로서의 경제성을 확보하기 위한 많은 연구 개발들이 진행되고 있다.

태양전지발전 기술은 세계적으로 많은 연구 집단이 연구 개발을 하고 있는 단계로 기존의 실리콘을 기반으로 한 태양전지 발전 시스템의 에너지 재생효율 극대화를 꾀하고 있으나 타 상업적 에너지 플랜트의 효율을 따라잡지 못하고 있다. 아직 연구개발 초기단계라는 것을 감안 한다면 곧 타 상업적 에너지 플랜트에 근접한 효율의 경제성을 얻을 수 있을 것으로 추측된다.

태양전지 발전 시스템 공정을 각 지역적 특성이 고려된 태양전지 전산 모사를 통하여 단위 면적당 최고의 발전 효율을 가질 수 있는 태양전지의 angle과 position을 전산 모사로 예측할 수 있는 방법을 연구함으로써 보다 저렴한 비용으로 차세대 청정 에너지원인 태양광 발전의 경제성 향상에 있다.

또한 GUI(Graphic User Interface)환경의 전산모사를 통하여 지구의 다양한 위치에서도 쉽게 최적의 발전 형태를 찾아 보다 태양광 발전의 확산에 있다.

본 연구에서는 보다 효율적인 토지의 이용과 보다 작은 면적에서의 최적 발전량을 나타낼 수 있는 방법을 모색하기 위해 하나의 태양전지 판이 아닌 여러 개의 태양전지 판이 나열되어 있을 경우에 발생하는 그림자에 의한 shadow effect를 고려한 모델링을 통해 더욱 실제적인 태양발전의 simulation을 하였다.

본론

태양전지의 발전 효율은 다양한 영향들에 의해 발전 효율이 영향을 받는다. 그 중 지구의 자전과 공전에 따른 영향으로 태양에너지의 흡수에 많은 영향들을 받게 되며, 이런 영향들을 고려해 줌으로써 보다 높은 효율의 발전 시스템을 구축 할 수 있다.

또한 유한한 토지 자원의 경제적 이용을 위한 단위 면적당 최적의 효율을 나타낼 수 있는 태양전지 배치 방법에 대한 기하학적 수치 계산을 위한 알고리즘을 채택하여 적용 한다.

첫 번째 태양전지의 최대발전효율을 구현하기 위하여 고정형 태양전지발전에서의 중요한 factor는 태양 고도각으로써 매일 태양이 수평면에서 최고고도까지 상승 후 다시 수평면으로 지는 고도각과 태양전지모듈간의 각도가 변화함에 따라 태양전지의 발전효율이 변화한다.

이 변화하는 고도각에 따른 설치각이 어떤 값이 되었을 때 가장 최대의 발전을 하는지 알기 위하여 매시간의 고도각 데이터 β 와 태양전지의 설치각 θ 식(1)에 대입하여 계산 하여 하였다.

$$I = d \cos \alpha = d \cos(0.5 \pi - \beta - \theta) = d \sin(\beta + \theta) \tag{1}$$

$I_{\max} = d \cos 0 = d$, 즉 최대의 발전을 하기 위해서는 태양전지와 태양광선이 수직으로 만날 때가 최대의 발전 효율을 나타낸다.

이를 이용하여 최대로 태양광선이 입사할 때를 1로 잡고 각 시간마다의 데이터를 식(1)을 통해 계산한다.

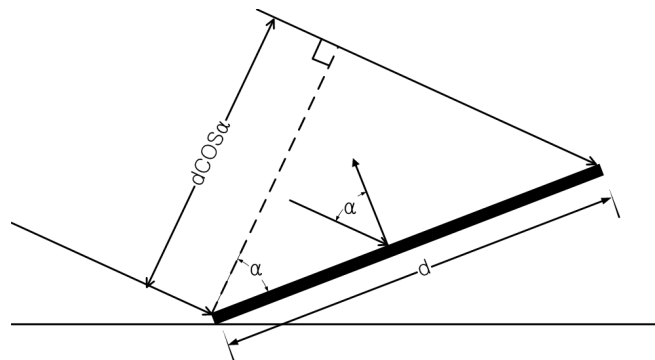


그림 1. 태양전지판과 태양광선간의 관계

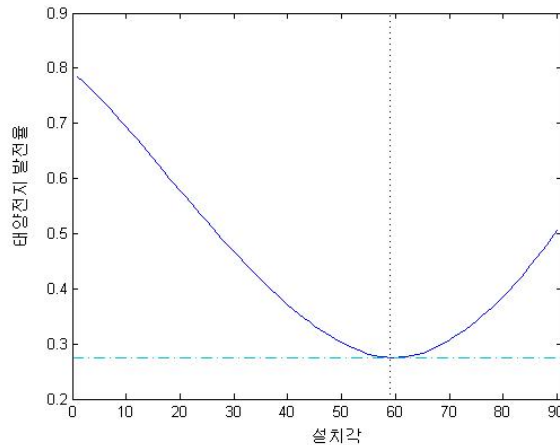


그림2. 태양 고도각 만을 이용한 대구 지역 1년간 설치각

태양의 고도각 만으로 설치각을 계산 하였을 경우 기존의 관습적 태양전지 설치각과 많은 오차가 생겼다. 이를 보정 하여 주기 위하여, 태양의 방위각 데이터를 이용하여 태양전지 설치각 최적화를 도모 하였다.

방위각 데이터를 이용한 보정 방법으로는 AM(Air Mass)값을 계산하여, 그 값을 환산 하여 줌으로써 최적의 태양전지 설치각을 찾아내었다.

대기가 태양광선을 받아 지구 표면에 미치는 정도를 AM(air mass)이라 정의 한다. 태양과 천정각 분할선으로 식(2)로 정의하며, 태양광이 직사광선으로 가해질 때, 최소 경로 길이(h)에 상대적인 대기 경로길이(s)를 측정한다.

$$AM = (1+(s/h)^2)^{1/2} \quad (2)$$

대기 외부에 대한 태양 스펙트럼을 나타내는 조건을 AMO 조건이라 한다. AMO에서의 단위면적당 에너지는 $1367W/m^2$ 이며, 지구 수평면에서는 대기에 의한 태양광선의 흡수로 인해 $1000W/m^2$ 로 나타난다. 이를 수식화 한 것이 식(3) 이다.

$$I = 1367(0.7)^{AM} \quad (3)$$

식(2)를 통해 방위각과 태양광선의 상대적 길이를 이용하여 AM를 계산하고 계산한 AM 를 이용하여 각각의 방위각에 따라 고도각을 계산한 값에 가중치를 주어 정체적인 시스템의 최적화를 도모 하였다.

그리고 마지막으로 태양전지판이 나열되었을 경우 각 태양전지판과 전지판사이에 그림자에 의해 가려지는 현상을 그림3에 나타내었다. 식(4)에서 d는 태양전지 판의 길이, α 는 고도각, γ 는 설치각, c는 판과 판 사이의 거리를 의미한다.

$$\text{Shadow factor, } f_s = \frac{d \sin \gamma - c \tan \alpha}{\sin \gamma + \cos \gamma \tan \alpha} \quad (4)$$

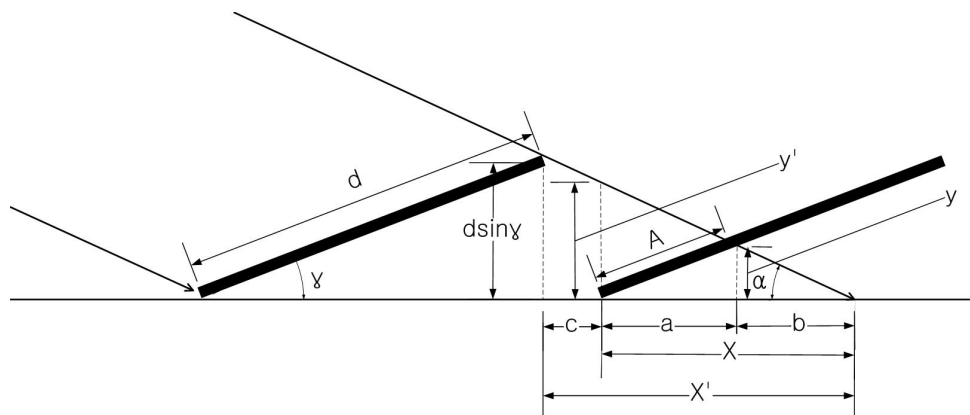


그림 3. PV array의 shadow factor

본 연구에서는 이 모든 factor를 이용하여 경제적인 최적의 고도각과 태양전지판사이의 거리를 계산 할 수 있도록 하였다.

결론

태양의 고도각과 방위각으로 수식화 된 태양전지 발전시스템 최적화 프로그램을 통해 최적의 태양전지 설치각을 계산해봄으로써 어느 지역에서든지 쉽게 태양발전 시스템의 최적화를 구축할 수 있다. 또한 경험적 법칙을 통해 설치, 시공되고 있는 태양광 발전 시스템의 문제점을 수정하여 보다 최적화 된 시스템의 설계를 수행 할 수 있다.

본 연구진행 과정 중 축적되는 태양전지 발전 극대화 방법을 SATS(Solar Auto Tracking System)에 적용 하여 향후 다양한 태양에너지 연구가 이루어질 수 있는 적절한 플랫폼을 제공하게 된다는 점에서 그 기초연구로서의 의의를 가지므로 본 연구의 결과들은 직, 간접적으로 태양에너지를 이용한 발전 시스템의 구축에 있어서 다양한 분야에서 활용될 수 있는 가능성이 상당히 넓다.

현재 태양전지판이 설치되는 지형과 전지판의 분포형태에 따른 여러 가지 simulation 과 각 지역의 태양이 이동하는 simulation작업도 이루어지고 있다. 이 모든 연구들이 하나가 된다면 실제 태양광발전에 많은 도움이 될 것이다.

참고문헌

1. R. Messenger and J. Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering", CRC Press, 2004
2. 이재형 임동건 이준신, "태양전지 원론", 흥릉과학출판사, 2005.
3. Antonio Luque, "Solar cell and Optics for Photovoltaic Concentration", Adam Hilger, 1989