실리콘(Si)계의 태양전지(solar cell) 발전 시스템 최적 설계 및 전산 모사

김민수, 정재학*, 이행석[1], 박진수, 소원섭, 이선희
영남대학교 응용화학공학과, [1]안양대학교 해양생명공학과
(alstnrla@yumail.ac.kr*)

Simulation and Optimal desing for Silicon Solar Cell power plant system

Min Su Kim, Jea Hak Jung*, Hang Suk Lee[1], Jin Soo Park, Won Shoup So, Sun Hee Lee
School of Chemical Engineering & Technology, Yeungnam University,
[1]Dept. of Aquatic Resource Sciences, Anyang University
(alstnrla@yumail.ac.kr*)

서론

태양광발전은 무한정, 무공해의 햇빛을 직접 전기로 바꿀 수 있는 첨단 기술이다. 따라서 햇빛이 비치는 곳에서는 어디서나 전기를 얻을 수 있으며, 다른 발전방식과는 달리 대기오염, 소음, 발열, 진동 등의 공해가 전혀 없는 깨끗한 에너지원이다. 또한 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, 태양광 발전 기술의 궁극적인 실용화를 위해서는 기존 발전방식과 경쟁 가능한 가격수준의 저가 고효율 기술개발 및 대량보급이 선행되어야 한다.

현재 태양광전지 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.

현재 태양전지발전 기술은 세계적으로 많은 연구 집단이 연구 개발을 하고 있는 단계로 기존의 실리콘을 기반으로 한 태양전지 발전 시스템의 에너지 재생효율 극대화를 꽤하고 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 가 질수 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.

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.

표 1. 대구지역 태양 방위가 및 고도각

< 태양 방위각 및 고도각 (지방시 기준 1시간 단위) >								
분석 기간	365일 (1월 1일 ~ 12월 31일)							
분석 단위	1시간							
분석 기준시간	지방시 기준							
지 역	대구							
위 도	35.8833					35 ° 52 ′60 ″		
경 도	128.6167					128 ° 37 ′00 ″		
지방표준시경도	135.00							
날짜 및 시각					태양 고도각 및 방위각			
Day of Year	월	일	지방시	태양시	고도각 (도)	방위각 (도)	고도각 (도:분:초)	방위각 (도:분:초)
1	1	1	0:00	23:30	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	1:00	0:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	2:00	1:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	3:00	2:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	4:00	3:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	5:00	4:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	6:00	5:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	7:00	6:31	0.0000	0.0000	0	0
1	1	1	8:00	7:31	3.3970	-58.2455	03 ° 23 ′49 ″	-58 ° 14 ′44 ″
1	1	1	9:00	8:31	13.1454	-48.3617	13 ° 08 ′44 ″	-48 ° 21 ′42 ″
1	1	1	10:00	9:31	21.3756	-36.7470	21 ° 22 ′32 ″	-36 ° 44 ′49 ″
1	1	1	11:00	10:31	27.4569	-23.1263	27 ° 27 ′25 ″	-23 ° 07 ′35 ″
1	1	1	12:00	11:31	30.7069	-7.7643	30 ° 42 ′25 ″	-07 ° 45 ′52 ″
1	1	1	13:00	12:31	30.6503	8.2954	30 ° 39 ′01 ″	08 ° 17 ′43 ″
1	1	1	14:00	13:31	27.2962	23.6119	27 ° 17 ′46 ″	23 ° 36 ′43 ″
1	1	1	15:00	14:31	21.1320	37.1660	21 ° 07 ′55 ″	37 ° 09 ′58 ″
1	1	1	16:00	15:31	12.8419	48.7167	12 ° 50 ′31 ″	48 ° 43 ′00 ″
1	1	1	17:00	16:31	3.0520	58.5506	03 ° 03 ′07 ″	58 ° 33 ′02 ″

표 1은 대구 지역의 태양의 방위각과 고도각을 나타낸 데이터로써, 표 1의 두 가지 데이터를 이용하여 최적의 태양전지 발전 시스템을 구축하는 방법을 연구 하였다.

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 β와 태양전지의 설치각 Θ 식(1)에 대입하여 계산하여 하였다.

$$I = d\cos\alpha = d\cos(0.5\pi - \beta - \Theta) = d\sin(\beta + \Theta) \quad (1)$$

$I_{max} = d\cos 0 = d$, 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.

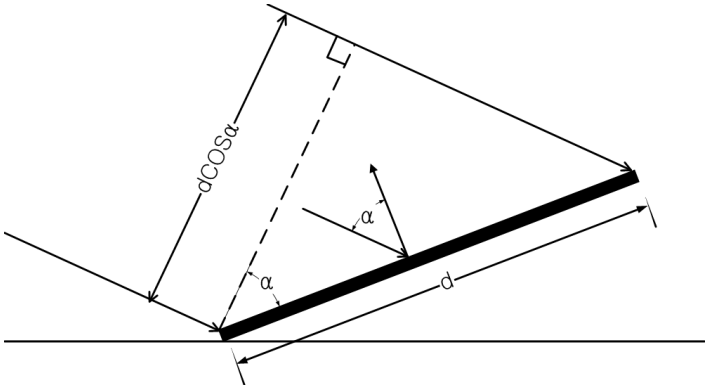

그림 1. 태양전지판과 태양광선간의 관계

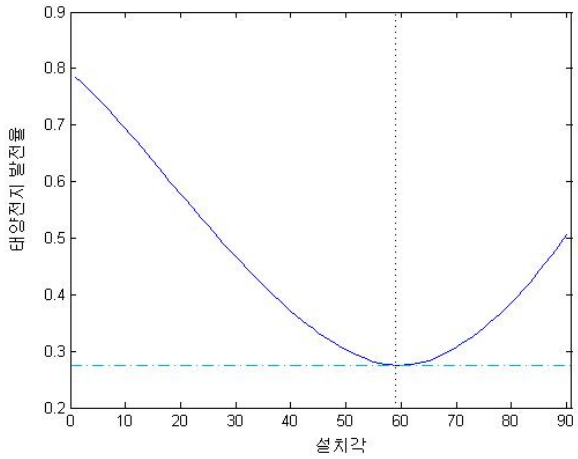

그림2. 태양 고도각 만을 이용한 대구 지역 1년간 설치각

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 찾아 내었다.

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.

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

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^2로 나타난다. 이를 수식화 한것이 식(3) 이다.

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

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

결론

태양의 고도각과 방위각을 통해서 최적의 태양전지 설치각을 계산해 봄으로 인해 각 지역별 최대의 태양전지 발전을 도모 할 수 있는 과학적 근거를 제시 할 수 있다.

연구의 결과는 일차적으로 화석연료를 대체 할 수 있는 청정에너지인 태양에너지의 경제성 향상에 영향을 미침으로써 보다 활발한 대체 에너지의 보급에 기여 할 수 있을 것이다.

또한 본 연 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.

또한 본 기술을 산업화하게 되는 과정에서 IT 및 정밀기계산업 등의 적용이 반드시 수반되므로 최근 화석 연료의 사용에 따른 환경문제로 인한 국가적 도전분야로서 차세대 산업전반에 제시되고 에너지 문제에 있어서 본 연구의 기술파급효과는 상당히 넓다고 할 수 있다

참고문헌

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