

# 전력 IT 시스템에서 복합방식의 태양광 발전량 예측 방법 제안

주우선\* · 장민석\* · 이연식\* · 배석찬\* · 김원구\*\*

\*군산대학교 공과대학 컴퓨터정보공학과, \*\*전기공학과

## Suggestion of a Hybrid Method for Estimating Photovoltaic Power Generation

MinSeok Jang\* · WooSun Ju\* · Yonsik Lee\* · SeokChan Bae\* · Weon-Goo Kim\*\*

\*Dept. of Computer Information Science, \*\*Dept. of Electrical Eng., Kunsan National University

E-mail : msjang@kunsan.ac.kr

### 요 약

최근 세계적으로 에너지원의 고갈, 전력 수요 증가, 기후 환경 변화에 대처하기 위해 신재생에너지를 활용한 마이크로그리드 개발의 필요성이 점점증하고 있다. 특히 태양광 발전은 댁내에 설치하기 용이한 가장 일반적인 신재생에너지원의 하나로써 각광받고 있다. 하지만 태양광은 기후 변화(일사량 및 일조량의 변화)에 따라 출력이 불안정하다는 단점으로 인해, 균일한 전력품질을 제공하기 위해 해결해야 할 기술적인 과제를 가지고 있다. 이 문제의 해결책으로써 에너지저장장치(ESS)이 고려되고 있지만, 이것도 용량이란 한계점을 가지고 있다.

이 문제를 해결하는 방법으로써 본 논문에서는 2가지 기후 요소인 일조량과 일사량에 따른 태양광 발전량을 추정하는 복합적인 방법을 제안한다. 이 연구 결과는 ESS의 정적 용량을 설계하는데 도움을 줄 수 있으며, 댁내 전력 IT 시스템에서 DC/AC 전력 스위칭의 적절한 타이밍을 제공하는데 도움을 줌으로써 전력품질의 균일성을 유지할 수 있도록 해줄 것으로 기대된다.

### ABSTRACT

Needs for MG(Microgrid) development are increasing all over the world as a solution to the problems including the depletion problem of energy resources, the growing demand for electric power and the climatic and environmental change. Especially Photovoltaic power is one of the most general renewable energy resources. However there is a problem of the uniformity of power quality because the power generated from solar light is very sensitive to climate fluctuation (variation of insolation and duration of sunshine, etc). As a solution to the above problem, ESS(Energy Storage System) is considered generally, but it has some limitations. To solve this problem this paper suggests a hybrid estimation method of photovoltaic power generation according to two climatic factors, i.e. insolation and sunshine. This result seems to help design the appropriate capacity of ESS and estimate the proper switching time between DC and AC power in the premises power system and thus maintain the uniformity of power quality.

### 키워드

Photovoltaic power generation, Power prediction, Microgrid, Insolation, Sunshine, DER(Decentralized Energy Resources), Renewable energy

### 1. 서 론

본 논문은 신재생에너지원 중 태양광 발전에 관한 내용이며, 이 발전량은 기후변화에 민감하다는 단점을 가지고 있기 때문에 안정적인 전력 품질 공급을 위해서는 기후 변화에 따른 정확한 예측이 중요하다.

기존 방식들에서는 일조량(sunshine) 요소를 기

반으로 태양광 발전량을 예측하며, 일사량(insolation) 요소를 기반으로 태양열 발전량을 예측한다. 하지만 태양광 발전량 예측을 위해 일조량 요소만을 고려하는 경우 예측량과 실제 발전량과의 오차가 많이 발생한다는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 태양광 발전량을 예측하기 위해 일사량뿐만 아니라, 태양열 발전량 예측을 위해

활용하는 일조량까지 고려하여 발전량을 예측하는 복합 방법을 제안하고 검증함으로써 그 타당성을 보여주고자 한다.

정부는 일찍부터 신재생에너지의 중요성을 인식하여 태양광주택 보급 사업을 펼쳐왔으며, 최근에는 에너지원을 다각화하여 2020년까지 다양한 신재생에너지원을 적용한 '그린홈 100만호 보급사업'에 착수하였다. 궁극적으로 화석연료를 전혀 사용하지 않는 '제로에너지 빌딩'을 목표로 하고 있다[1][2].

본 논문에서는 제안 방법을 전력 IT 시스템에 적용하게 함으로써 '그린 제로하우스(Green zeroHouse)'를 구현하기 위한 기본 요소 기술을 제공하는 것이 궁극적인 목표이다.

## II. 태양광 발전량 예측 방법

태양 에너지를 통한 발전량을 예측하기 위해 사용하는 2가지 큰 요소는 일사량과 일조량을 들 수 있다. 일사량(insolation)은 태양의 복사 세기를 의미하며 태양광선에 직각으로 놓은 1cm<sup>2</sup> 넓이에 1분 동안의 복사량(태양의 세기)으로 측정한다. 하루 중 태양이 남중할 때, 1년 중 하지 경에 일사량이 최대가 된다. 이는 구름, 수증기 등의 자연적인 장애물, 위도, 시간대 등에 따라 다르게 나타난다. 이를 측정하는 데는 일사계가 쓰인다. 원리는 일정 넓이에서 일사를 받아 이것을 완전히 흡수시켜 올라가는 온도를 측정하여 단위 시간에 단위 면적에 있어서의 열량을 계산하는 일종의 열량계이다.

반면에 일조량(sunshine)은 지표면에 비치는 햇빛의 양을 의미하며, 태양빛이 구름이나 안개, 대기오염 물질 등에 의해 가리지 않고 지상에 비치는 시간을 의미하기 때문에 지상에 도달하는 태양 에너지를 나타내는 일사량과는 다른 요인이다. 결론적으로 일사량은 에너지양의 측면이고, 일조량은 시간의 단위로 나타낸다.

기존에는 태양광 발전량을 예측하기 위해서 일사량을 사용하고 있으며, 태양열 발전량을 예측하기 위해서는 일조량을 사용하고 있다.

본 절에서는 각각의 발전량 추정 방법을 제시하고 2가지 요소를 모두 고려한 새로운 방식의 태양광 발전량 예측 방법을 제안한다.

### 2.1 기존의 태양광 발전량 예측 방법

일사량의 단위는 MJ/m<sup>2</sup>, Watt/m<sup>2</sup>, Kcal/m<sup>2</sup>, BTU/ft<sup>2</sup> 등 다양하지만 본 논문에서는 MJ/m<sup>2</sup>을 사용하며 서로 환산이 가능하다. 한국기상청(KMA)[4]에서도 관측치를 이 단위로 제공하고 있다. 이는 발전량 계산의 기초자료로 사용된다. 전력량을 계산하는 기존의 계산 방식은 크게 2가지 방식으로 구별할 수 있다. "발전량=일사량\*통합계수" 혹은 "발전량=발전기용량\*가동율\*시간"과 같

이 계산할 수 있다. 여기서, 계수는 설비 가동시간, 태양광모듈 효율, 인버터 변환 효율, 환경 변수, 선로손실, 계량기 효율 등에 따라 변할 수 있다.

본 논문에서는 관련 연구자료[3]의 자료를 근거로 발전계수를 계산한다. 이는 이론적인 발전계수를 적용하는 것이 아니고, 기후 평균치에 따른 예상 발전량에 근거하여 발전계수를 적용한 것이다. 표 1에서는 어느 한 해의 월평균 일사량과 실제 발전량 계산치를 보여주고 있다. 따라서 발전 계수는 "(연간 총 실발전량)/(연간 총일사량) = 3,701,843.2/4,698.5365"에 의해 787.872를 얻을 수 있다. 따라서 다음과 같이 월별 평균일사량에 따른 월별 발전량은 다음과 같은 수식으로 표시할 수 있다. 여기서 발전 계수는 실제 상황에 따라 변화될 수 있기 때문에 최근 혹은 실시간 데이터를 기반으로 산출할수록 실 발전량에 근접 가능하다.

표 1. 일사량 당 월발전량 계수

항목 월	월평균 일사량 (MJ/m <sup>2</sup> )	실제 발전량 (W)	일사량 당 발전 계수
1월	245.1075	203,421.8	829.929
2월	294.4520	312,048.0	1,059.758
3월	405.3855	403,033.3	994.198
4월	496.1015	399,538.2	805.356
5월	563.8815	407,559.7	722.775
6월	486.9230	281,782.7	578.701
7월	456.8320	202,328.8	442.895
8월	473.2060	303,390.2	641.138
9월	411.9685	331,118.8	803.748
10월	378.9550	398,670.4	1,052.026
11월	259.2845	222,034.8	856.337
12월	226.4395	236,916.5	1,046.268
합	4,698.5365	3,701,843.2	10,257,818
평균값	391.5447	334,703.9	787.872

$$\begin{aligned}
 & \text{'월별 발전량}_{[W/월]}^{ins} = \\
 & \text{'월별 평균 일사량'} * \text{'연간 총 발전량}_{ins}' / \text{'연간 총 일사량'} = \\
 & \text{'월별 평균 일사량}_{[MJ/m^2/월]} * 787.872_{[Wm^2/MJ]}
 \end{aligned}
 \tag{식1}$$

여기서, ins는 일사량(insolation)에 따른 발전량을 의미한다.

### 2.2 기존의 태양열 발전량 예측 방법

기존의 태양열 발전량 예측 방법은 일조시간(일조량)을 바탕으로 계산하며 관련 수식은 다음과 같다.

$$'월별 발전량^{sun}_{[W/월]}' = \quad (식2)$$

$$'월 평균 일조시간_{[h/월]}' * '발전용량(3,000W/h)'$$

여기서, sun은 일조량(sunshine)에 따른 발전량임을 의미한다.

일조량은 일사량과는 달리 시간의 단위이므로, 한국기상청에서도 월별 일조 시간(h/월)으로 제공하고 있다. 수식에서 '발전용량(3,000W/h)' 항목은 댁내에 일반적으로 설치하는 태양 발전기의 용량이 시간당 3KW이기 때문에 이를 기준으로 수식에 적용한 것이다. 따라서 월 발전량은 월 일조시간에 시간당 발전용량을 곱한 수치로 간단하게 표시할 수 있다.

### 2.3 복합 방식의 태양광 발전량 예측 방법

상기와 같이 한 가지 요소만을 고려하여 예측치를 산출할 경우 데이터의 신뢰도에 따라 실제 환경과 오차가 있는 결과를 가져올 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 이 2가지 방법을 조합한 태양광 발전량 계산 방법을 제안하고자 한다.

표 2. 일사량 일조량 조합 발전량 비교

항목 월	월평균 일사량 (M/m <sup>2</sup> )	일사량	월평균 일조량 (h/월)	일조량	일사량·일조량	실제 발전량 (W)	
		근거 계산 발전량 (W)		근거 계산 발전량 (W)	근거 조합 보장량 (W)		
1월	245.1075	193,113.3	149.7	449,100	262,763	227,938	203,421.8
2월	294.4520	231,990.5	168.2	504,600	295,235	263,613	312,048.0
3월	405.3855	319,391.9	192.4	577,200	337,712	328,552	403,033.3
4월	496.1015	390,864.5	212.7	638,100	373,344	382,104	399,538.2
5월	563.8815	444,266.4	215.4	646,200	378,083	411,175	407,559.7
6월	486.9230	383,633.0	161.8	485,400	284,001	333,817	281,782.7
7월	456.8320	359,925.1	145.8	437,400	255,917	307,921	202,328.8
8월	473.2060	372,825.8	167.5	502,500	294,006	333,416	303,390.2
9월	411.9685	324,578.4	169.2	507,600	296,990	310,784	331,118.8
10월	378.9550	298,568.0	207.6	622,800	364,392	331,480	398,670.4
11월	259.2845	204,283.0	165.6	496,800	290,671	247,477	222,034.8
12월	226.4395	178,405.3	153.1	459,300	268,730	223,568	236,916.5
합	4,698,5365	3,701,8453	2,109.0	6,327,000	3,701,845	3,701,845	3,701,843.2
평균	391.5447	308,487.1	175.8	527,250	308,487	308,487	334,703.9

표에서 '월평균 일사량'과 '일조량'은 기상청

이 제공하는 25년 평균 데이터를 표시하며, '일사량 근거 계산 발전량'은 식1에 의해 계산되었으며, '일조량 근거 계산 발전량'은 식2에 의해 계산되었다. 하지만 이 2가지 수치는 연간 총 발전량을 따져 볼 때 많은 차이를 보이고 있다. 따라서 '일조량 근거 발전량 보정량'은 (일조량에 의한 연간 총발전계산량)/(연간 실제 총발전량) = 6,327,000/3,701,843=0.5851을 '일조량 근거 계산 발전량'에 곱함으로써 얻어질 수 있으며, 그 결과 총 발전량을 총 실발전량과 동일하게 만들 수 있음을 표에서 확인할 수 있다.

결과적으로 '일사량 일조량 조합 보정량' 즉, 2개의 요인을 반영한 값은 '(일사량 근거 계산 발전량) + [일조량 근거 발전량 보정량]/2'에 의해 구할 수 있다. 이 값은 한 가지만 고려한 경우와 비교할 때 실제 발전량과의 오차가 적음을 다음 그림 1과 표 3을 통해 확인할 수 있다.

$$'월별 발전량^{ins+sun}_{[W/월]}' =$$

$$('월별 발전량^{ins}' + '월별 발전량^{sun}' * \frac{\text{일조량 근거 연간 총발전계산량}}{\text{연간 실제 총발전량}}) / 2 =$$

$$('월평균 일사량' * 787.872 +$$

$$'월평균 일조시간' * 3,000 * (\frac{\text{일조량 근거 연간 총발전계산량}}{\text{연간 실제 총발전량}})) / 2$$

(식3)

여기서, ins+sun는 일사량, 일조량을 고려한 발전량임을 의미한다.

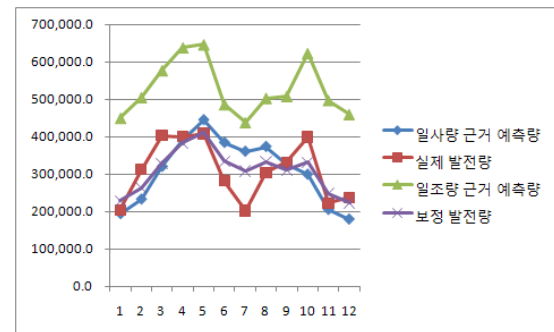


그림 1. 각 발전량 추정치와 실 발전량과의 비교

표 3. 각 발전량 추정치와 실 발전량과의 오차

항목 월	일사량 근거 계산 발전량(W)		일조량 근거 계산 발전량(W)		일사량·일조량 조합 보장량(W)		실제 발전량 (W)
	발전량	오차 (%)	발전량	오차 (%)	발전량	오차 (%)	
1월	193,113.3	-10.2	449,100	15.1	262,763	-10.2	227,938
2월	231,990.5	-21.1	504,600	41.1	295,235	-10.2	263,613
3월	319,391.9	-21.4	577,200	41.1	337,712	-10.2	328,552
4월	390,864.5	-21.2	638,100	41.1	373,344	-10.2	382,104
5월	444,266.4	-21.5	646,200	41.1	378,083	-10.2	411,175
6월	383,633.0	-16.2	485,400	28.4	333,817	-10.2	281,782.7
7월	359,925.1	-14.6	437,400	25.6	307,921	-10.2	202,328.8
8월	372,825.8	-16.8	502,500	29.4	333,416	-10.2	303,390.2
9월	324,578.4	-16.9	507,600	29.7	310,784	-10.2	331,118.8
10월	298,568.0	-20.8	622,800	36.4	331,480	-10.2	398,670.4
11월	204,283.0	-16.6	496,800	29.1	247,477	-10.2	222,034.8
12월	178,405.3	-15.3	459,300	26.9	223,568	-10.2	236,916.5
합	3,701,845.3	-2.1	6,327,000	3.7	3,701,845	-10.2	3,701,843.2
평균	308,487.1	-17.6	527,250	3.1	308,487	-10.2	334,703.9

1월	193,113.3	5.07	449,100	-120.77	227,988	-12.05	203,421.8
2월	231,990.5	25.66	504,600	-61.71	263,613	15.52	312,048.0
3월	319,391.9	20.75	577,200	-43.21	328,552	18.48	403,033.3
4월	390,864.5	2.17	638,100	-59.71	382,104	4.36	399,538.2
5월	444,266.4	-9.01	646,200	-58.55	411,175	-0.89	407,559.7
6월	383,633.0	-36.14	485,400	-72.26	333,817	-18.47	281,782.7
7월	359,925.1	-77.89	437,400	-116.18	307,921	-52.19	202,328.8
8월	372,825.8	-22.89	502,500	-65.63	333,416	-9.90	303,390.2
9월	324,578.4	1.98	507,600	-53.30	310,784	6.14	331,118.8
10월	298,568.0	25.11	622,800	-56.22	331,480	16.85	398,670.4
11월	204,283.0	8.00	496,800	-123.75	247,477	-11.46	222,034.8
12월	178,405.3	24.70	459,300	-93.87	223,568	5.63	236,916.5
합	3,701,845.3	0.00	6,327,000	-70.91	3,701,845	0.00	3,701,843.2
평균	308,487.1	21.61	527,250	83.01	308,487	14.33	334,703.9

### III. 결론

본 논문에서는 스마트그리드 시스템의 필요성을 공감하는 현 상황에서 맥내에 적용가능한 분산형 전월 시스템의 신재생에너지원으로 활용 가능한 태양열 발전 시스템의 발전량 예측 방법으로 일조량과 일사량을 모두 고려한 방법을 제안하였다. 이 방법을 활용하면 맥내 소비 패턴에 맞는 태양열 발전 설비의 최적 용량을 설계할 수 있다.

이는 결국 본 논문의 궁극적인 목표인 제로에너지 빌딩 구축에 기여할 것으로 판단된다.

본 연구 결과를 바탕으로 추후에는 다양한 신재생에너지원을 복합적으로 도입한 유사 연구를 진행할 계획이다.

### 감사의 글

본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구결과임(No. 2009-0074891).

### 참고문헌

- [1] 에너지관리공단(<http://www.kemco.or.kr>), "그린홈 100만호 보급사업 안내"
- [2] 신재생에너지센터, <http://www.energy.or.kr>
- [3] 김현태, "월별일사량과 태양광발전량 예측 및 경제성 검토 연구", 연세대 공학대학원 석사학위 논문, 2006
- [4] 한국기상청, <http://kma.go.kr>