

공학석사학위논문

모듈별 발전량비교를 이용한 태양광발전소
고장진단 연구

Solar power plant using comparison of power
generation by module.
Study on failure diagnosis.

지도교수 최 성 곤

산업인공지능학과 산업인공지능전공

원 형 일

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함.

2022 년 12 월

차 례

Abstract	ii
List of tables	iii
List of figures	iv
I. 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 기존 연구의 문제점	1
1.3 제안 방법 및 차별성	1
1.2 논문 구성	2
II. 본 문	1
2.1 날씨가 고장진단에 미치는 영향	2
2.2 고장모델의 특성분석	4
III. 실험결과	1
IV. 결 론	61

I . 서 론

1. 연구 배경

탄소중립등 전세계적으로 환경에너지에 대한 관심이 높아진지 오래이며 특히 태양광발전은 그러한 환경에너지중 대표적인 분야이다. 우리나라도 태양광발전이 도입되고 본격적인 발전이 시작된지 오래되었지만 유지보수 기술에 있어서는 많이 낙후되어 있어 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

2. 기존 방법 및 문제점

기존의 방법은 출장점검형식으로 진행되고 있어 고장신고를 받고 출동했을 때는 이미 많은 경제적손실을 입은 상태이다. 고장신고를 받고 출동후에도 드론을 이용한 열화상카메라 등을 이용하여 문제점을 찾고 선로분제일 경우에는 각 선로를 점검하는등 많은 시간과 노력이 발생한다.

또한 고장이 있음에도 불구하고 고장인줄 인지를 못하고 운영되는 경우도 심각한 문제이다

3. 연구 목표 및 차별성

본 연구에서는 인공지능을 이용한 고장진단을 위한 방법중 각 태양광모듈이 발전한 전력의 전압과 전류의 특성을 파악하여 딥러닝 또는 기계적학습방법을 위한 기초자료 및 방안을 제시하는데 있다. 이러한 목표를 달성하기위하여 1차로 태양광발전의 가장 중요한 외부요소중 하나인 날씨와 고장진단과의 연관관계를 조사하여 날씨를 어떻게 변수로 적용할것인지 적용하게되면 어떤식으로 적용하게 될것인지에 대한 연구를 진행하고 이후 태양광발전의 실험모델을

통한 데이터의 분석을 통하여 고장진단을 위한 기초자료를 제시하게 될 것이다. 이러한 실험은 기존의 드론을 이용한 열화상관독법이나 검침에 의한 방법에 비하여 실시간으로 원격지에서 태양광발전소를 모니터링할 수 있어 많은 시간과 인력, 발전소운영차질로 인한 경제적손실등을 방지할 수 있고 나아가서는 딥러닝을 통하여 고장예측까지 기대할 수 있다.

4. 논문구성 (옵션)

본 논문은 1장 서론에서 연구의 필요성과 기존 연구와의 차별성 및 우수성, 연구방향을 설명하고 2장 본론에서 태양광발전의 고장진단과 날씨와의 연관성을 규명하고 이를 바탕으로 각각의 고장모델에 따른 특성을 분석하고 3장에서 이를 증명하기위한 실험환경과 결과를 설명한다

II. 본 문

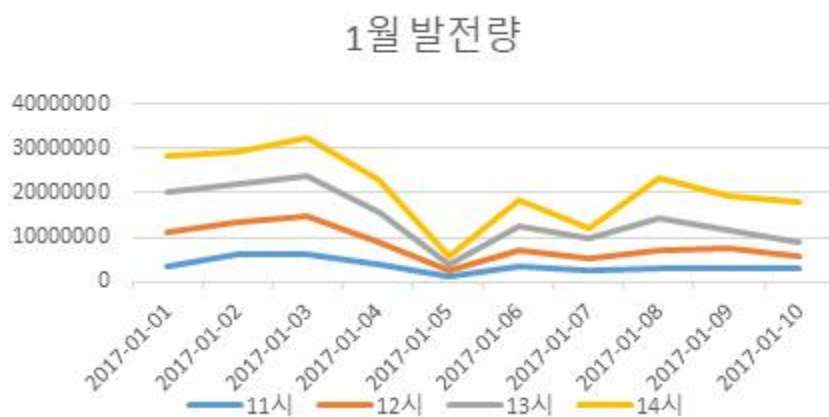
1. 날씨가 고장진단에 미치는 영향

태양광발전소의 발전량을 조사하여 고장유무와 고장원인을 진단하는 본 제 안에 있어서 발전량을 좌우하는 날씨와의 상관관계를 규명할 필요가 있다. 이에 공공데이터포털중 서부발전 영암FC태양광발전소의 자료를 분석하였다. [표 1]은 발전량에대한 조사 개요이다.

항목	내용	비고
조사기관	서부발전 영암FC태양광 발전소	공공데이터포털
총데이터	42064	
조사기간	2017년 1월 - 2020년 6월	42개월
설비용량	13,296MW	
표본추출	2017년 1,2월 /각년도8월	시간별변화조사, 년도별변화량 조사

[표1]발전량 조사 개요

본 조사는 하루중 시간별발전량에대한 조사와 년도별조사등 2회에 걸쳐 진행되었다.

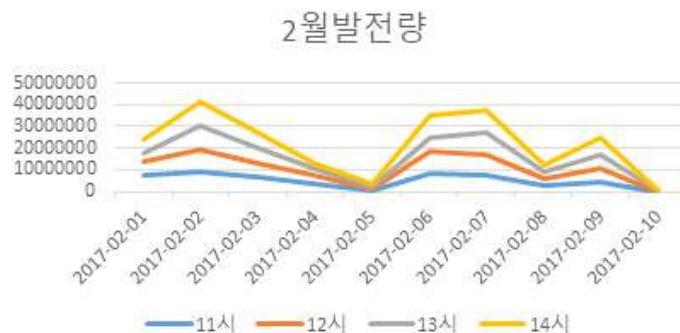


[표2] 2017년 1월 발전량

10시	11시	12시	13시	14시	15시
3484800	3350400	7929600	8697600	8236800	7344000
1948800	6211200	7334400	8332800	7286400	6355200
3465600	6288000	8371200	9148800	8784000	7411200
2438400	3830400	5155200	6854400	7190400	4752000
1017600	1152000	1478400	1507200	1545600	1027200
3177600	3619200	3552000	5347200	5779200	4329600
1478400	2563200	2524800	4483200	2467200	1459200
1900800	2860800	4176000	7344000	8956800	7968000
777600	2976000	4464000	4377600	7689600	8304000
854400	3187200	2323200	3408000	8870400	5232000

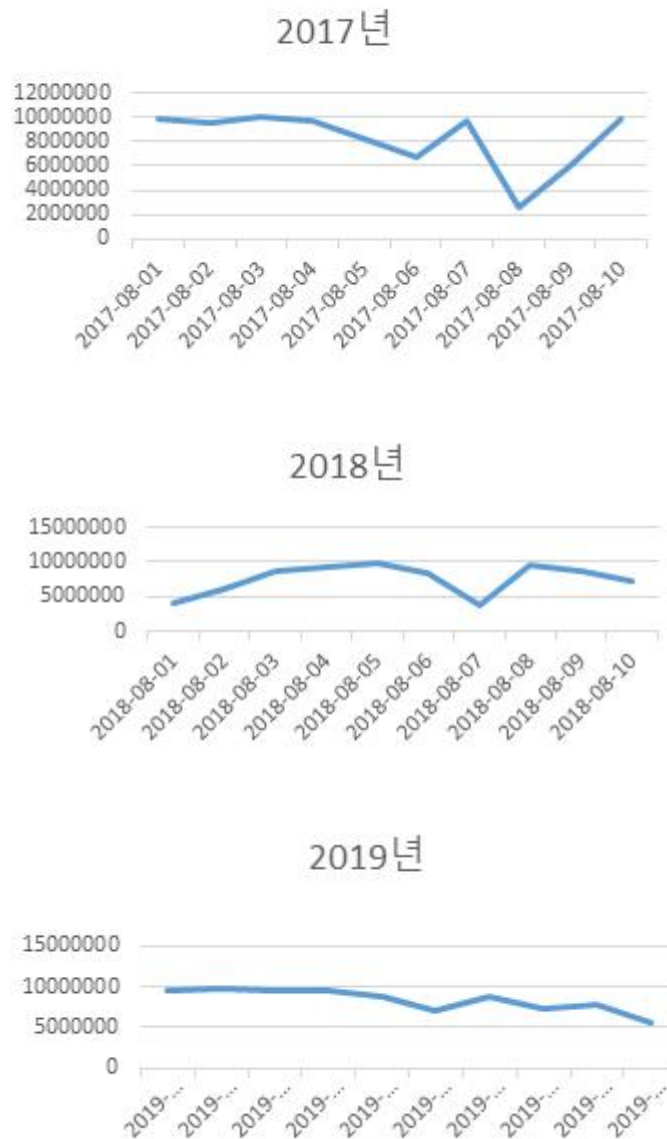
[표3] 2017년 1월1일부터 10일까지 발전량

시간별발전량에 대한 조사는 2017년도 1월과 2월중 각각 11시부터 14시까지 발전량에 대한 조사를 하고 분석하였으며 고장탐구에 있어서 어떠한 영향을 미치는가에 대한 조사를 진행하였다 [표2]는 2017년도 1월중 10일간 발전량이 가장 많은 4시간의 구간의 발전량을 그래프로 나타낸 모습이며 [표3]은 실제 보고된 발전량이다. [표2]에서 나타난 것처럼 구름이 있고 없고에 따라 발전량의 변화는 각 시간대별로 있으나 발전량이 가장 많은 13시간대와 14시간대의 변화가 가장 뚜렷이 나타난다.



[표4] 2017년 2월 발전량

[표4]는 동년 2월의 발전량에 대한 그래프이다. 일조량이 많아짐에 따라 전체발전량은 많아졌으나 1월과 같은 시간대인 13시에서 14시가 가장많은 변동을 보여준다.



[표5] 3년간 년도별 발전량 추이

[표5]는 3년간 8월 1일에서 10일간의 발전량에 대한 그래프이다. 10일간 총 발전량에 대한 변화는 2019년도에 가장 많은 발전량(83,472,000W)을 보여주고 있으나 최고 발전량은 가장 작은 2018년(75,513,600W)년 보다 일별최고 발전량보다도 떨어지는 것을 알 수 있다.

날씨와 고장진단의 연관성을 조사하기위하여 실시된 2가지 분석의 결론은

- 가장 발전량이 많은 시간대에 비중을 주어야한다.
- 흐린날보다 맑은 날에 비중을 주어야한다
- 지속적인 평균이하발전시외에는 발전량으로 고장유무를 판단하기에는 제한이 많다.

이다.

2. 고장모델의 특성분석

고장모델을 설정하기위하여 태양광발전소의 실제사례를 바탕으로 태양광발전소운영자들의 의견을 반영하여 3가지 모델을 설정하였다. 조사모델이된 사례는 고장신고로 출장점검을 통하여 발견된 사례들로 출처는 다음과 같다

- 1MW 태양광발전소
- 모듈구성 : 200W, 220W. 인버터 250KW x 4개
- 자료출처 :(주)에스테코



[표6] 고장신고된 인버터

[표6]은 고장신고된 태양광발전소의 인버터의 출력 모습으로 2018년에 비하여 10%이상의 출력저하를 보이고 있다. 열화상드론으로 진단후 육안검사, 핸디형 열화상카메라로 조사결과 다음과 같은 조사결과가 나왔다.

Failure mode	모듈 수량 (%)	비고
Hot spot (핫스팟)	339 (7.2%)	심각한 경우 40 Snail trail, back-sheet bubble, scratch
Bypass diode failure (바이패스다이오드 고장)	89 (1.9%)	동일 모듈 BPD 2개 불량 3개
Disconnection (결선)	48 (1.0%)	
Fire (화재)	2	결선 커넥터 소손 부분음영 케이블 소손
Discoloration (황변)		모든 A모듈
합계* (황변 제외)	468 (10.0%)	중복결함 8개

[표7] 진단결과

[표7]은 점검결과로 핫스팟과 다이오드, 결선의 순서로 고장집계가 되었다.



[그림1] 결선으로인한 화재모습

[그림1]은 결선모습과 결선으로 인한 화재모습으로 통계와 이를 바탕으로 고장모델을 선정하였다.

고장모델은 핫스팟을 대체한 부분오염, 결선, 누전의 모델로 구성하였다. 각 모델은 3개의 판넬을 한 개의 모듈을 구성하고 각각의 판넬은 별렬로 연결후 각각의 전압과 전류를 13시와 14시에 측정하였다

Ⅲ. 실험 결과

1. 실험 환경

실험에 사용한 패널은 정격전압 18V, 정격전류 560mA의 태양광패널로 3개의 패널을 패널을 한 개의 모듈로 하여 모두 12개의 패널이 사용되었다. 각 패널은 병렬로 연결하여 실제 태양광발전소의 모듈과 같은 환경을 조성하였다. 측정방법은 휴대용테스터기를 사용하여 총 5회의 실험을 진행하였다



모델1 - 정상, 테스트기준



모델2 - 1개판넬 단선



모델3 - 부분오염



모델4 - 1개 판넬 결선에의한 누전

[그림2] 실험모습

[그림2]는 3가지고장모델과 정상가동하는 모듈을 테스트하는 모습으로 모델2는 한 개의 선의 단선하여 하였으며 부분오염은 2개의 패널을 비닐등으로 가려 핫스팟으로 인한 비정상가동상태를 대신하였다. 누전을 모델로 실험을 진행하였다.

2. 실험 결과

상태	전압	전류	전압낮음	전류낮음	전압불규 칙	전류불규 칙	날씨
결선	24.65	4.8	0	1	1	0	맑음
(단선)	21.97	5.23	0	1	1	0	맑음
(모델2)	20.73	0.94	0	1	1	0	흐림
	21.98	5.28	1	1	0	0	맑음
	22.29	4.34	0	1	1	0	맑음
오염	21.12	3.52	1	1	0	0	맑음
(모델3)	21.57	3.78	1	1	0	0	맑음
	20.16	0.52	1	1	0	0	흐림
	21.79	3.5	1	1	0	0	맑음
	21.65	2.36	1	1	0	0	맑음
누전	21.68	5.8	0	0	0	1	맑음
(모델4)	22.03	5.62	0	1	0	1	맑음
	21.06	0.92	0	1	0	1	흐림
	22.08	6.86	0	0	0	1	맑음
	22.09	4.28	0	1	0	1	맑음
기준	21.53	5.52					맑음
(모델1)	21.96	5.9					맑음
	20.73	1.4					흐림
	22.08	5.28					맑음
	22.04	5.43					맑음

[표8] 실험결과

실험결과 단순결선(단선)의 경우 전압은1번의 실험외에는 전체적으로 전압기준(모델1)과 차이가 없었으며 오히려 전압이 미세하게 높게나오는 현상이 나타났다. 전압의 변화가 큰 변화가 없는 반면 전류는 전체적으로 낮게 나타나는 특성을 보였다. 오염의 경우 전체적으로 전압, 전류 모두 낮게

나타났으며 누전모델(모델4)은 전체적인 전압이 높고 전류의 값은 불규칙하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 각 고장상태에서의 발전특성을 이용하여 고장진단방법을 제안하였다. 각 모델을 별로 3가지의 고장모델과 1개의 기준모델을 이용하여 기준 모델에 비하여 각 발전특성이 어떻게 나타나는가를 각각의 실험의 데이터를 통하여 고장진단이 가능함을 증명하였다

병렬연결이라는 특성 때문에 단선과 누전, 발전량저하(오염)의 특성은 분명하게 다른 값을 나타냈다. 단선에서는 전압이 되려 약간이나마 높게 나타나지만 전류값이 떨어지고 오염에서는 전압, 전류모두 떨어지는 현상이 나타났다. 누전의 경우 전체적으로 전압은 떨어지지않으나 전류값이 불규칙하게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

전압과 전류의 높고 낮음으로 큰 카테고리로 고장의 진단이 가능하다는 것을 알 수 있었으나 미세한 값의 차이가 있다는 것을 알 수 있으나 이에 대한 상관관계를 증명하지 못한 한계를 갖는다. 이는 수작업으로 이루어진 테스트 인한 샘플부족과 각 계절과 날씨를 거쳐서 얻어야할 다양한 샘플모델의 부족으로 여러분석법과 딥러닝등 인공지능을 이용하지 못한 한계를 갖는다. 좀 더 다양한 샘플의 수집과 프로그래밍능력을 갖춘다면 좀 더 완벽한 고장진단 모델을 제시할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <https://www.data.go.kr/data/15059660/fileData.do> - 공공 데이터 포털
- [2] Jaejin Lee, Kihun Kim, Soovin Park, Hyounjune Byun, Kyusung Shim, and Beongku An2017-54-8-7 IoT based Mobile Smart Monitoring System for Solar Power Generation
- [3] 한국태양광발전학회분야별기술현황과동향리뷰[태양광발전시스템 고장과 민원발생 유형] - 강기환, 고석환, 정영석
<https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO201511758626670&oCn=JAKO201511758626670&dbt=JAKO&journal=NJOU00568343>
- [4] 오원욱(Wonwook Oh),안호성(Hosung Ahn),and 최훈주(Hoonjoo Choi). "태양광 발전소 고장진단 사례 분석." 한국태양에너지학회 학술대회논문집 2019.4 (2019): 69-69.