

# 태양광발전소 손실 분석 시스템 설계

## A Design of The Solar Power Plant Loss Analysis System

이민\*, 최한석\*  
 목포대학교 멀티미디어공학과\*

Lee min\*, Choi Han Suk\*  
 Department of Multimedia Engineering Mokpo  
 National University\*

### 요약

태양광발전소의 설계도, 운영데이터, 현장조사 데이터를 기반으로 태양광발전소의 손실을 분석하여 설비 및 환경 개선을 통한 발전 성능 향상 방안으로 활용하기 위해 태양광발전소 손실 분석 방법에 대해 연구한다.

### I. 서론

태양광발전소는 기상조건에 따라 발전량이 심하게 변동되어 발전량 손실의 원인을 파악하기 힘들다. 현재 운영되고 있는 태양광발전소 모니터링 시스템은 전력생산량 정보만 제공하고 있어서 정상적으로 운영되고 있는지 확인하기 어렵다. 태양광발전소의 어느 부분에서 손실이 발생하는지 확인할 수 있다면 설비 및 환경의 개선을 통해서 발전 성능을 향상할 수 있다.

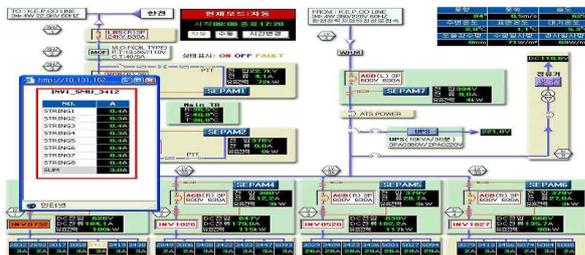
본 논문에서는 태양광발전소의 손실을 정의하고, 발전 손실 분석을 통해 성능을 평가할 수 있는 태양광발전소 손실 분석 방법을 연구한다.

### II. 관련연구

#### 1. 태양광발전소 모니터링 시스템

그림1은 현재 운영 중인 태양광발전소 모니터링 시스템이다. 태양광발전소의 각 설비의 상태와 발전량에 대한 정보가 제공되고 있다.

하지만 발전 성능에 대한 정보가 없어서 발전소가 최적의 성능으로 발전을 하고 있는지, 아니면 손실이 발생하고 있는지 알 수가 없다.



▶▶ 그림 1. 태양광발전소 모니터링 시스템

#### 2. 태양광발전소 손실 정의

태양광발전소의 손실을 표1과 같이 정의한다.

표 1. 태양광발전소 손실 정의

| 구분       | 내용                                     | 허용 손실 |
|----------|----------------------------------------|-------|
| 노화,오염 손실 | 설비노화 및 태양전지 오염정도에 따른 발전 손실             | 8%    |
| 직류선로 손실  | 발전설비 간에 직류선로를 거치며 발생하는 손실              | 2%    |
| 미스매치 손실  | 발전설비 간의 부적절한 매칭으로 발생하는 손실              | 4%    |
| 온도상승 손실  | 태양전지모듈의 온도가 상승함에 따라 발전성능이 감소하며 발생하는 손실 | 12%   |
| 인버터 손실   | 인버터가 직류를 교류로 변환하며 발생하는 손실              | 4%    |

### III. 태양광발전소 손실 분석 시스템 설계

#### 1. 시스템 구성

본 논문에서는 태양광발전소의 성능을 평가하고 설비 및 환경 개선을 통한 발전 성능 향상을 위해서 손실 분석 시스템을 제안한다. 태양광발전소 손실 분석 시스템의 구성은 그림2와 같다.



▶▶ 그림 2. 태양광발전소 손실 분석 시스템 구성도

태양광발전소 설계도에서 태양광발전소의 이상발전량을 구하기 위한 설계 데이터를 얻고, 태양광발전소 모니터링 시스템에서 이상발전량을 구하기 위한 기상조건 데이터와 실제 생산된 발전량을 얻는다. 그리고 태양광발전소 현장 조사를 통해 계측 장비로 확인할 수 없는 발

전소 상태에 대한 현장 조사 데이터를 얻는다. 이 3가지 데이터를 조합해서 태양광발전소 손실 분석을 평가 할 수 있다. 손실 분석을 위해 수집하는 정보와 수집 방법은 표2~표5와 같다.

표 2. 태양전지 모듈 및 어레이 구성 정보 수집

| 구분                                                          | 수집 방법             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|
| Pmp[W], Vmp[V], Imp[A], Voc[V], Isc[A], 직렬수, 병렬수, 접속반, 설치매수 | 발전소 설계도 확인        |
| 설치용량 [kW]                                                   | Pmp X 설치매수 / 1000 |

표 3. 태양광 인버터 구성 정보 수집

| 구분       | 수집 방법                     |
|----------|---------------------------|
| 최대전압[V]  | 최대전압 > (Vmp X 직렬수)        |
| 동작전압[V]  | 동작전압최저값 < (VmpX직렬수) < 최대값 |
| 정격용량[kW] | 정격 용량 > 설치용량              |
| 변환효율 [%] | 발전소 설계도 확인                |

표 4. 기상환경 정보 수집

| 구분                                            | 수집 방법         |
|-----------------------------------------------|---------------|
| 일사강도 [kW/m2], 일사량 [kWh], 외기온도 [°C], 모듈온도 [°C] | 모니터링 시스템에서 수집 |

표 5. 현장조사 데이터 수집

| 구분         | 수집 방법         |
|------------|---------------|
| 노화계수       | 1년에 0.01씩 떨어짐 |
| 오염계수       | 현장 조사         |
| 미스매치 계수    | 현장 조사         |
| 온도계수(Pmax) | 발전소 설계도 확인    |

2. 구현 및 평가

태양광발전소 손실 분석 시스템에서는 태양광발전소 설계도의 설계 데이터를 입력 받기 위해서 그림3과 같이 인버터 그룹 설정을 하도록 하였다.



▶▶ 그림 3. 인버터 그룹 설정 입력

모니터링 시스템의 운영 데이터를 얻어오기 위해서 그림4와 같이 특정 기간의 기상관측정보와 발전 정보를 불러올 수 있도록 하였다. 또한 현장 조사 결과에 따른 평가 계수를 입력할 수 있도록 하였다.

| 기상관측정보 |    | 발전 정보        |           | 태양전지 모듈 평가 계수 입력 |           |           |              |              |      |      |         |      |
|--------|----|--------------|-----------|------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|------|------|---------|------|
| 구분     | 타입 | 일사강도 [kW/m2] | 일사량 [kWh] | 외기온도 [°C]        | 모듈온도 [°C] | 설치용량 [kW] | 어레이발전량 [kWh] | 인버터발전량 [kWh] | 노화계수 | 오염계수 | 미스매치 계수 | 온도계수 |
| 인버터 1  | 양축 | 748.63       | 4497.78   | 23.48            | 30.88     | 11        | 54.07        | 53.5         | 0.99 | 0.04 | 0.02    | 0.5  |
| 인버터 2  | 양축 | 748.63       | 4497.78   | 23.48            | 30.88     | 16.5      | 76.05        | 74.9         | 0.99 | 0.04 | 0.02    | 0.5  |

▶▶ 그림 4. 발전소 운영데이터 및 평가 계수 입력

손실 분석 평가 결과를 그림5와 같이 확인할 수 있도록 하였다.

| 구분    | 타입 | 이상발전량 P <sub>i</sub> [kWh] | 어레이발전량 P <sub>a</sub> [kWh] | 인버터발전량 P <sub>p</sub> [kWh] | 노화오염기손실 I <sub>yo</sub> [kWh] | 직류선로손실 I <sub>ya</sub> [kWh] | 미스매치손실 I <sub>ym</sub> [kWh] | 온도상승손실 I <sub>yt</sub> [kWh] | 인버터손실 I <sub>yp</sub> [kWh] | 성능감소율 [%] |
|-------|----|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 인버터 1 | 양축 | 56.90                      | 54.07                       | 53.50                       | 2.84(5.02%)                   | 0.00(0.00%)                  | 1.14(2.00%)                  | 1.68(2.91%)                  | 0.57(1.00%)                 | 0.00      |
| 인버터 2 | 양축 | 85.85                      | 76.05                       | 74.90                       | 4.27(5.00%)                   | 0.84(0.98%)                  | 1.71(2.00%)                  | 2.48(2.91%)                  | 1.15(1.35%)                 | 0.00      |

▶▶ 그림 5. 태양광발전소 손실 분석 평가 결과

태양광발전소 손실 분석 평가 공식은 표6과 같다.

표 6. 태양발전소 손실 분석 평가 공식

| 구분[kWh]                                                                                                                                                                                          | 수집 방법                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Ps,이상발전량                                                                                                                                                                                         | 설치용량X일사량, IF(단축) 이상발전량 X 1.1 ELSE IF(양축) 이상발전량 X 1.15 |
| Pa,어레이발전량                                                                                                                                                                                        | 발전소 설계도 확인                                            |
| Pp,인버터발전량                                                                                                                                                                                        | 발전소 설계도 확인                                            |
| Iyo,노화,오염손실                                                                                                                                                                                      | 이상발전량 X (1- 노화계수) + 이상발전량 X 오염계수                      |
| Iya,직류선로손실                                                                                                                                                                                       | 이상발전량 - 어레이발전량 - 노화손실 - 미스매치 손실 - 온도 상승 손실            |
| Iym,미스매치손실                                                                                                                                                                                       | 이상발전량 X 미스매치 계수                                       |
| Iyt,온도상승손실                                                                                                                                                                                       | 이상발전량 X 노화계수X (모듈온도 -25) X 온도계수%                      |
| Iyp,인버터손실                                                                                                                                                                                        | 어레이발전량 - 인버터 발전량                                      |
| IF(노화오염손실>8%)= 성능감소율 + 노화오염 손실 - 8%<br>IF(직류선로손실>2%)= 성능감소율 + 직류선로 손실 - 2%<br>IF(미스매치손실>4%)= 성능감소율 + 미스매치 손실 - 4%<br>IF(온도상승손실>12%)= 성능감소율 + 온도상승 손실 - 12%<br>IF(인버터손실>4%) = 성능감소율 + 인버터 손실 - 4% |                                                       |

VI. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 태양광발전소의 손실 분석 결과를 확인함으로써 발전소의 문제가 있는 부분을 알 수 있다. 신규 발전소의 경우 발전 손실이 0~1% 범위에 있었지만 3년 이상 지난 발전소의 경우 발전 손실이 7% 이상인 곳도 있었다. 허용손실은 제외한 손실임을 감안하면 적지 않은 발전 손실임을 알 수 있다.

본 연구의 향후 계획은 발전 손실을 일으키는 요소를 더욱 자세히 특정하고 설비의 제어를 통해서 손실 요소를 제거함으로써 태양광발전소의 효율을 향상 할 수 있는 방안을 연구하고자 한다. 본 연구를 통해 국내의 태양광 발전소들이 최고의 발전 효율을 얻을 수 있기를 기대한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 에스엠소프트웨어(주), “지역SW융합사업결과보고서”, 에스엠소프트웨어(주), 2012.
- [2] 에너지관리공단 신·재생에너지센터, “2009년 신·재생 에너지 보급통계”, 에너지관리공단, 2010.
- [3] 에너지관리공단 신·재생에너지센터, “신·재생에너지 백서 2008”, 에너지관리공단, 2008.