

마이크로인버터를 적용한 태양광 발전시스템 노후예측판단에 관한 연구

박 찬 곤*

Study on the Obsolescence Forecasting Judgment of PV Systems adapted Micro-inverters

Chan Khon Park[†]

ABSTRACT

The purpose of this study is to design the algorithm, Predictive Service Component - PSC, for forecasting and judging obsolescence of solar system that is implemented based on the micro-inverter. PSC proposed in this study is suitable for monitoring of distributed power generation systems. It provides a diagnosis functionality to detect failures and anomaly events. It also can determine the aging of PV systems. The conclusion of this study shows the research and development of this kind of integrated system using PSC will be needed more and varied in the near future.

Key words: Photovoltaic, Micro-inverter, Monitoring System, Obsolescence Forecasting Judgment

1. 서 론

최근 일본 지진의 여파와 함께 신재생에너지에 대하여 국가와 사회적으로 관심이 고조되면서 태양광 발전 산업 또한 매우 빠른 속도로 발전하고 있으며 그 관심은 더욱 더 클 것으로 예상하고 있다[1].

집광형태양광 시스템은 집광으로 인하여 고열이 발생한다. 발생한 고열은 발전효율을 저하시키고 또한 태양전지 및 부품에 조기 균일 및 파손을 야기할 수 있다[2].

소프트웨어와 하드웨어적으로 임베디드 시스템 등에서 시뮬레이터는 시스템의 기능 검증, 성능 측정, 전력 에너지 소비 측정 결과 등을 하드웨어 설계 과정에서 중요하게 활용한다[3].

소프트웨어 하드웨어 등을 다루는 기반 IT 기술은 많은 향상이 있었으나 태양광발전 시스템의 발전 상

태를 실시간으로 확인하는 것은 아직 미흡한 상태이며 발전하는 전기가 최대로 생산되고 있는가를 확인하는 것 또한 쉽지 않다. 따라서 발전 중에 고장이 발생할 경우 고장 자체를 인식하지 못하고 장기간 방치될 수 있다는 문제점이 있다.

따라서 태양광 발전시스템의 이상 유무 및 부품 교체시기 그리고 시스템의 종합효율을 최대화 할 수 있는 대책이 필요하다. 현재 태양광 발전용 인버터의 효율은 95% 이상으로 성능이 우수한 반면 시스템 내에서 발생하는 발전량 손실률은 5~25%로 매우 크다. 이러한 발전량 손실은 구름 및 건물의 그림자, 오염, 셀 열화 등이 그 원인이 될 수 있다.

발전량 손실을 최소화하기 위하여 현재 중앙 집중식 인버터로부터 분산형 인버터로 옮겨가고 있으며 에너지 생산을 최대화하려는 시도들이 계속 연구되고 있다. 최근 마이크로 인버터, AC 모듈 등 분산형

* Corresponding Author: Chan Khon Park, Address: (360-764)298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, Korea, TEL: +82-43-229-8488, FAX: +82-43-229-8486, E-mail: parkck@cju.ac.kr
Receipt date: Apr. 7, 2015, Revision date: May 24, 2015

Approval date: June 10, 2015

[†] Dept. of Computer & Information Engineering, Graduate School, Cheongju University

* This research was supported by the research grant of Cheongju University in 2012-2015

발전시스템을 위한 소형 인버터들의 기술 개발도 꾸준히 진행되고 있다.

마이크로 인버터를 이용한 태양광 발전시스템도 꾸준히 발전하고 있으며, 발전단지를 위한 분산형 발전 시스템은 물론 건물 통합 태양광 발전 시스템을 적용하기 위한 마이크로인버터까지 다양하게 개발되고 있다[4-6].

기존의 마이크로 인버터는 190W~450W 수준이며 국내의 경우 250W 상용화 마이크로 인버터를 개발하였으며 아파트 베란다 태양광 발전 시스템 등에 적용하고 있다.

마이크로 인버터는 태양전지 모듈과 1대 1로 적용된다. 태양전지 모듈의 경우 수명을 20년~25년이며 1대 1로 적용되는 마이크로 인버터의 수명 또한 이에 동일해야하는 것으로 되어 있다.

오랜 시간 태양광에 노출되어 있는 태양광 발전시스템은 자외선에 의한 태양광 모듈의 열화 현상과 인버터를 비롯한 시스템의 성능저하로 인해 지속적으로 발전량이 감소하게 된다.

마이크로 인버터가 적용된 태양광 발전시스템의 발전량 감소를 미리예측하고 시스템의 유지보수에 활용할 수 있는 시스템을 제공하기 위하여 본 연구에서는 “마이크로인버터를 적용한 태양광 발전시스템 노후예측판단”을 위한 알고리즘을 실험을 통해 검증하였다.

2. 태양광 발전 시스템

2.1 태양광 발전 시스템의 구조[7]

태양광 발전시스템은 태양전지어레이, 접속반, 인버터, 모니터링 시스템으로 구성되고 독립형의 경우

축전지를 포함하여 구성되며 태양광 발전시스템의 구조는 Fig. 1과 같다.

- 태양전지어레이 : 태양에너지가 입사되어 전류를 생성
- 접속반 : 모듈에서 발생된 직류(DC)전력을 모아 인버터로 전달
- 인버터(inverter) : 태양전지에서 생산된 직류전기(DC)를 교류전기(AC)로 바꾸는 장치
- 축전지(battery) : 낮에 생산된 전기를 밤에 사용할 수 있도록 전기를 저장하는 장치
- 모니터링 시스템 : 시스템의 상태를 파악하고 고장 및 이상을 진단

2.2 태양광 발전 시스템의 분류

태양광 발전시스템은 전력 계통과 연결되는 계통연계형 시스템과 전력 계통과 연결되어 있지 않고 독립적으로 운영되는 독립형 시스템으로 구성되며 Fig. 2와 같다[8]. 태양광 발전시스템을 전력 계통과의 연결 관계에 따라 분류하면 계통연계형 시스템, 독립형시스템, 하이브리드 시스템으로 구분된다.

태양광 발전시스템을 전력 계통과의 연결 관계에 따라 분류하면 다음과 같다.

- 계통연계형 시스템 : 계통연계형 시스템은 한전계통선이 들어오는 지역의 주택, 빌딩, 대규모 발전 시스템에 사용한다.
- 독립형 시스템 : 독립형 시스템은 축전지를 포함하거나 포함하지 않을 수 있으며 전기가 들어오지 않는 등대, 중계소, 인공위성, 도서, 산간, 벽지 등에 사용한다.

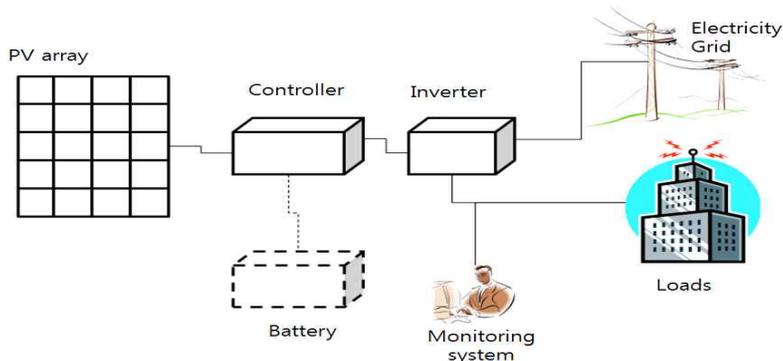


Fig. 1. Structure of the PV generation system.

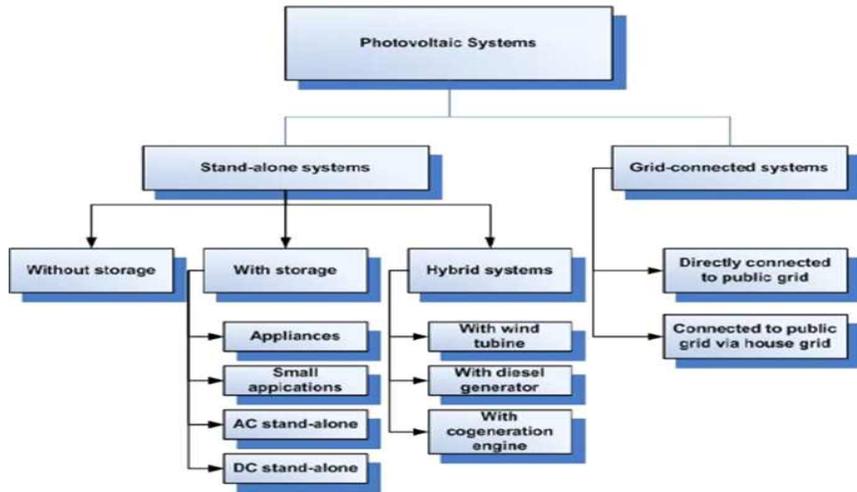


Fig. 2. Classification of the PV appliances systems.

- 하이브리드 (Hybrid) 시스템 : 하이브리드 시스템은 태양광 발전과 풍력발전, 디젤발전 등 타 에너지원에 의한 발전방식과 결합된 방식이다.

2.3 태양광 인버터

태양광 모듈로부터 발전된 DC를 AC로 변환하는 것이 태양광 인버터이다. 태양광 모듈로부터 발전된 전원은 DC인 반면 현재 전원계통은 60Hz의 AC 전원이기 때문에 파워 변환에서는 DC-AC 계통 연계형 인버터가 반드시 필요하게 된다[9].

2.3.1 태양광 인버터의 기능

- 태양광 인버터의 기능은 다음과 같다.
- 직류전압 범위 : 태양광 모듈의 직렬 연결조합을 다양하게 구성하여 직류 입력 전압 범위가 매우 넓다.
- 계통연계 보호 동작 : 인버터의 고장 또는 계통에 사고가 발생할 경우 사고의 제거, 사고범위의 극소화를 위하여 인버터를 정지시키고 계통과 분리할 필요가 있으며 과전압, 저전압, 과주파수, 저주파수 등 4가지 요소를 검출한다.
- 고효율 제어 : 스위칭 동작 주파수의 증가로 인하여 스위칭 손실이 증가하기 때문에 손실을 최소화하기 위한 회로 및 제어가 필요하다.
- 최대전력점 추종(MPPT) 제어 기능 : 태양전지는 일사량 및 온도에 의해 출력특성이 시시각각으로

변화하여 최대전력을 얻을 수 있는 최대전력점도 그에 따라 변화하게 된다. 태양전지는 일사량이 증가하면 전류가 증가하여 출력 전력이 증가하게 되고 온도가 상승하면 전압이 감소하여 출력전력이 저하되는 특성을 가지고 있다. 따라서 최대 전력점에서 인버터가 운전될 수 있도록 최대 전력점을 항상 감시하여 추종하도록 설계하여야 한다.

- 단독운전방지(Anti-Islanding) 기능 : 상용전원 정전과 같은 계통 사고 시에 인버터가 부하용량과 평형을 유지하여 이상 현상을 검출하지 못하고 운전을 계속하는 상태인 단독운전이 발생하면 계통 이상위에서 차단되어 있어도 저압 측으로 부터 전압이 유기되기 때문에 감전사고의 위험이 있다. 그리고 단독운전 시간이 길어지면 인버터의 출력이 불안정하게 되고 이 때 복전이 되면 계통과 인버터의 출력이 동기가 되지 않을 경우 사고를 유발시킬 수 있다. 따라서 사용전원이 정전이 되면 신속히 이를 검출하여 인버터가 정지하여야 한다.
- 고조파 억제 : 인버터로부터 발전되는 전류의 왜형율이 클 경우 계통 및 부하설비에 악영향을 주기 때문에 고조파 허용율은 각 3%이내이며, 총 왜형률 5%이내로 제한하고 있다.

2.3.2 마이크로 인버터

최근 태양광 인버터의 프론트엔드(Frontend)를 모듈로 이전하는 방식이 증가하고 있으며, 이러한 방식은 마이크로 인버터(Micro-Inverter)를 적용한 발

전 방식이다. 이러한 마이크로 인버터는 매우 안정적인 출력전압을 제공해 설치범위를 확실히 좁힐 수 있어 결과적으로는 더 높은 효율을 가능케 한다. 각 모듈의 최대 전력점(MPP)의 지속적인 유지도 가능하게 된다. 태양광 발전시스템에서 부분 음영에 의해 발생하는 효율 저하를 줄이기 위해 각 PV 모듈마다 마이크로 인버터를 설치하는 AC 모듈의 형태로 기술 개발이 진행되고 있다.

2.4 태양광 발전 모니터링 시스템

국내에서는 보급된 신재생에너지 발전 설비의 유지보수를 위해서 태양광발전시스템을 포함한 신재생에너지 통계정보시스템(KONESIS)을 도입하고 있다.[9].

2.4.1 태양광 발전 모니터링 시스템의 구조

태양광 발전설비의 설치비용이 타 발전설비에 비해 매우 높으므로 태양전지와 축전지의 용량을 부하량에 따라 최적화 시키는 과정이 필수적이다.

태양광 발전 시스템의 동작특성을 모니터링 하기 위하여 태양광 발전 설비가 설치될 장소의 온도 및 일사량 등의 환경데이터와 데이터를 분석, 취득하기 위한 수많은 데이터를 취득하는 시스템이 개발되어 왔다. 태양광 발전 시스템의 동작특성을 모니터링 하기 위하여 Fig. 3과 같이 데이터취득시스템을 구성한다[10].

태양광 모니터링 시스템은 다양한 정보의 수집이 필요하며 수집된 데이터를 사용자 편의에 맞춰 서비스하기 위해 웹을 이용하거나 스마트폰을 사용한 사용자 UI 중심의 모니터링 시스템들에 대한 연구와

통신방식들에 대해 연구되고 있다[11-13].

태양광 모니터링 시스템의 다양한 정보를 수집하기 위한 센서들을 살펴보면 다음과 같다.

- 광입사각 센서 : 태양광 패널에 입사되는 태양광의 각도를 측정하는 센서
- 온도/습도 센서 : 주변 환경 요소이자 태양광 패널 소자의 영향력이 큰 온도/습도 데이터를 수집하기 위한 센서
- 풍향/풍속 센서 : 풍향/풍속 등의 데이터를 수집하기 위한 센서
- 전력제어 센서 : 태양광 패널은 전압 또는 전류 생산이 아닌 전력 생산 장치로서 최적 전력제어지점을 찾아 제어
- 진동센서 : 전체적인 태양광 전력 생산시설의 충격 여부를 판단하기 위한 센서
- 열계/가속도계 : 태양광 모듈의 균열 또는 허용 충격량 초과 여부를 판단하기 위한 센서
- 다측정 액체 침하 시스템 : 시설의 노후화에 의한 액체 침하로 손상된 모듈을 신속히 모니터링 하고, 정비 및 교체하기 위한 센서

2.4.2 태양광 발전 시스템의 성능평가

태양광 발전시스템의 성능평가를 위한 연구로 웨이블렛 변환을 이용한 태양광 발전시스템의 고장진단에 관한 연구는 웨이블렛(Wavelet) 변환을 이용한 고장진단 연구이다. 추가적인 하드웨어와 센서를 사용하여 인버터의 고장을 진단하는 방법으로 단가가 상승하고 사양이 바뀔 경우 재설계를 해야 하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 인버터 전류나 전압과 같은 상태변수들을 다단계 변환을 통해 얻어낸 웨이블렛 계수들의 변화를 감지하여 고장의 종류와 부위를 인식하는 방법을 채택하고 있다. 정규화 표준 편차를 이용하여 웨이블렛 계수의 변화로부터 고장 진단을 평가 한다.

에너지 관리공단에서는 환경변화에 따른 PV 시스템의 성능 특성을 평가분석하기 위하여 감시 계측 시스템을 설치하고, 수집된 계측 데이터를 이용하여 PV 시스템의 성능 및 발생손실에 대하여 정량적인 값으로 Fig. 4와 같이 평가 분석하였다[14].

2.4.3 태양광 발전시스템 노후예측판단의 필요성

태양광 발전시스템의 수명은 약 20년~25년이며

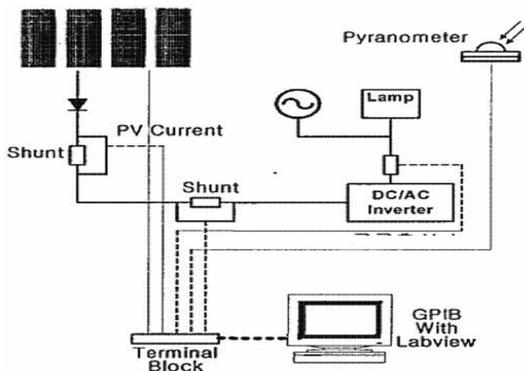


Fig. 3. PV data acquisition system.

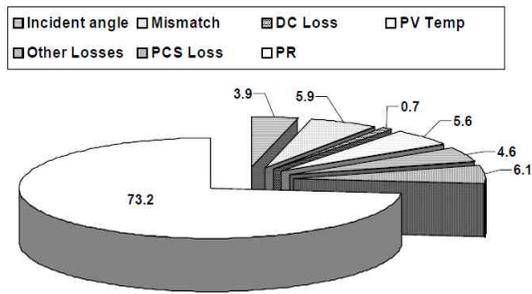


Fig. 4. PV system evaluation results.

1대 1로 적용되는 마이크로 인버터의 수명 또한 이에 대응하여야 한다. 오랜 시간 태양광에 노출되어 있는 태양광 발전시스템은 태양광 모듈의 열화 현상과 인버터를 비롯한 시스템의 성능저하로 인해 지속적으로 발전량이 감소한다.

태양광 발전시스템의 발전량을 모니터링하기 위해 시스템 설비업자와 인버터 제조사들을 중심으로 모니터링 시스템을 제공하고 있지만 현재 까지 개발된 모니터링 시스템은 단순히 발전현황을 보여주는 기능만을 제공하고 있어서 고장진단과 유지보수에 활용할 수 있는 더 많은 정보를 제공하는 고장진단 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

3. 마이크로 인버터를 적용한 태양광 발전시스템 노후예측판단(PSC)시스템의 구조

본 연구에서는 태양광 발전시스템의 노후예측판단을 위하여 일사량과 발전량을 기준으로 성능저하 지점을 판단하고 추론 엔진에 의해 수리 시까지 필요한 시간을 예측하는 서비스를 제공하는 노후예측판단 시스템(PSC: Prediction Service Component)을 설계하였다.

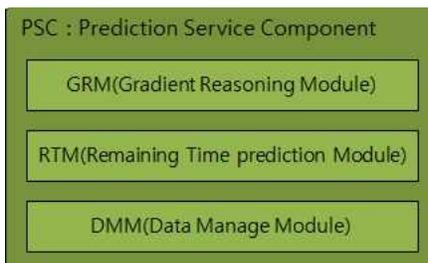


Fig. 5. Structure of the PSC.

3.1 PSC의 구조와 기능

PSC의 구조는 Fig. 5와 같다. PSC는 GRM (Gradient Reasoning Module), RTM(Remaining Time prediction Module)과 DMM(Data Manage Module)으로 구성된다.

3.1.1 GRM(Gradient Reasoning Module)

GRM은 일일 단위로 발전량의 차이 값을 구하고, 이 값을 기준으로 태양광 모듈의 발전 상태를 판단하며, 발전량간의 성능저하 패턴에 대한 기울기를 구한다.

추적된 변화 추이를 기준으로 시간 간격 별 누적 태양광 발전량의 변화와 연관된 예상 평균 기울기를 연산하고, 연산된 예상 평균 기울기를 기준으로 시간 간격 별 누적 태양광 발전량이 노후화 기준 임계 발전량까지 도달하는데 걸리는 시간을 예측한다.

3.1.2 RTM(Remaining Time prediction Module)

RTM은 GRM으로부터 산출된 성능저하 패턴과 기울기로부터 태양광 모듈의 사용기간을 판단한다. GRM에서 연산된 예상 평균 기울기를 기준으로 노후화 기준 임계 발전량까지 도달하는데 걸리는 시간을 예측한다.

3.1.3 DMM(Data Manage Module)

DMM은 DB와 연결하여 정보를 GRM에게 제공한다.

3.2 PSC의 알고리즘

PSC는 누적 발전량을 비교분석하여 태양광 발전시스템의 노후화 상태를 추론한다. 발전량 감소치에 대한 기울기 값과 노후화의 기준선을 설정하고 노후화 기준선까지의 임계시간을 추론한다.

PSC의 알고리즘은 Fig. 6과 같다.

따라서 알고리즘의 진행과정은 다음과 같다.

- 1단계 : 현재 시간을 입력받는다.
- 2단계 : DB 로부터 시간과 발전량을 읽는다.
- 3단계 : 노후화 기준 값을 설정한다.
- 4단계 : 이전 발전량으로부터 Δt 와 Δg 를 구한다.
- 5단계 : 평균 기울기 값을 산정한다.
- 6단계 : 평균 기울기 대표 값으로 산정가능한지 판단한다.

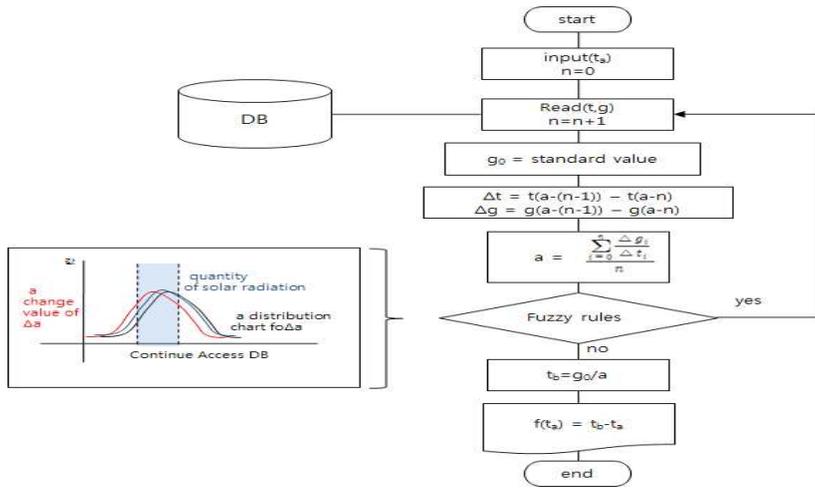


Fig. 6. Algorithm of the PSC.

이때, Δa 의 변화 값이 집중되고 Δa 의 분포도가 높을수록 평균 기울기 대표 값으로 선정한다. 노후화로 판단되지 않으면 2단계부터 다시 시작한다.

Fig. 7은 성능 저하 예측 방법을 제시하고 있다. 수리예측에 필요한 예상 평균 기울기를 판단하고 그 값을 구하면 예상 평균 기울기를 기준으로 수리 필요 시까지 예측시간을 제공한다.

성능저하를 예측에 필요한 Δa 를 구하기 위한 수식은 식 (1)과 같다.

$$a = \frac{\sum_{i=k}^{n-1+k} \Delta g_i}{\Delta t_i} \quad (1)$$

식 (1)의 증명은 다음과 같다.

<증명>

수식에서 a 는 예상 평균 기울기, t_i 는 시간, g_i 는 t_i 시간에서의 태양광 발전량, n 은 예상 평균 기울기를 연산하기 위해 사용할 기울기의 개수, k 는 예상 평균 기울기를 연산하기 위해 처음으로 사용할 시간과 발전량에 대한 인덱스를 의미한다.

발전량 i 번째 구간 값은 $\Delta g_i = g_{i+1} - g_i$ 이고 시간에 대한 i 번째 구간 값은 $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$ 라고 정의한다면 구간에 대한 평균 기울기는 k 번째부터 $(n-1)$ 번째 까지 합을 구의 개수 n 으로 나눈 값으로 정의할 수 있다.

따라서, 평균 기울기는 $a = \frac{\sum_{i=k}^{n-1+k} \Delta g_i}{\Delta t_i}$ 이다. Q.E.D

7단계 : 기울기가 선정되면 남은 시간 t 를 구한다.

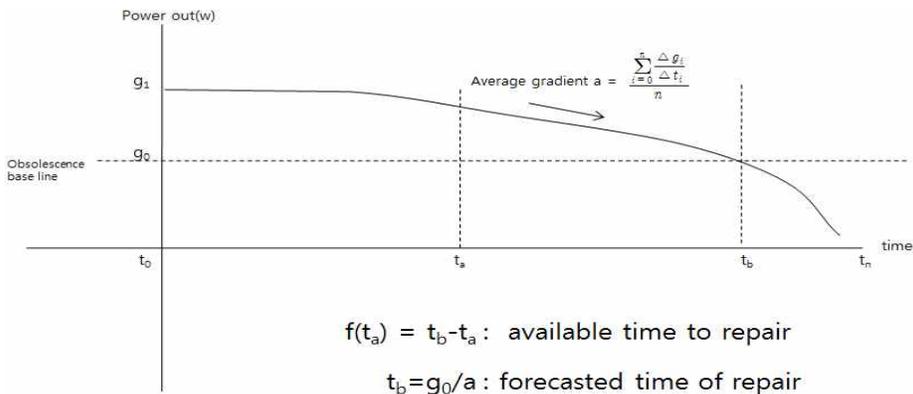


Fig. 7. Method of predict the performance degradation.

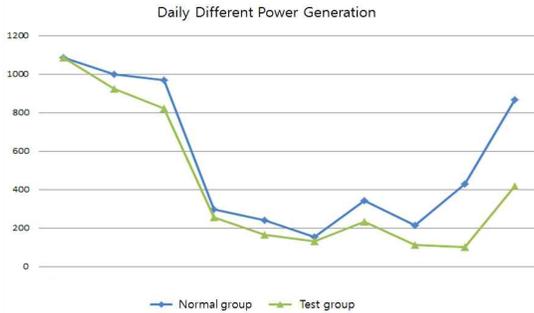


Fig. 8. The difference in power generation between the thest group and normal group based on the quantity of solar radiation.

8단계 : 고장 진단 시간을 사용자에게 출력하고 종료한다.

4. PSC의 성능평가

4.1 PSC의 평가 방법

PSC의 성능 평가 방법 및 내용은 다음과 같다.

1. 실험군(15대)와 정상군(15대) 설치
2. 실험군의 발전량 감소 실험
3. 정상군과 실험군의 기울기 편차 평가
4. 실험군 기울기 편차의 변화로 유효성 평가

4.2 PSC의 평가환경

PSC의 성능 평가 환경은 PSC의 성능 판단 기준인 기울기 값의 비교를 위해 10일간 임의로 발전기를 30분씩 추가로 정지하여 발전성능을 저하시킨 실험

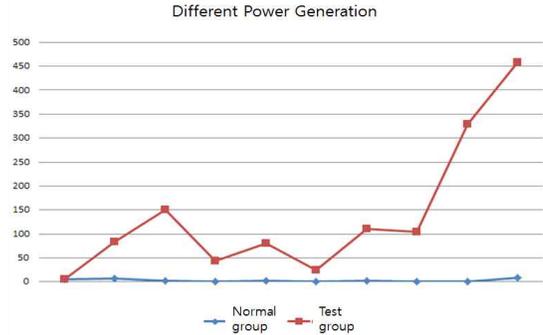


Fig. 9. Daily power generation of the test group and normal group.

군과 정상 발전하는 비교 군을 비교하여 평가하였다.

PSC를 실험하기 위한 실험군의 발전정지에 따른 발전량 감소는 Table 1과 같다.

Fig. 8과 같이 시험군과 정상군의 일일 발전량의 차이에 따라 점차적으로 간격이 벌어지고 있는 것을 알 수 있다.

4.3.1 PSC의 실험결과

본 실험에서는 일사량을 기준으로 시험군과 정상군의 발전량의 차이를 보면 Fig. 9와 같다.

Table 2에서는 정상군의 기울기는 편차가 거의 없는 반면 시험군에서는 기울기가 증가하고 있음을 보여주고 있다.

따라서 PSC에서 성능 저하 판단은 기울기 값으로 판단하기 때문에 본 실험을 통하여 시험군의 기울기 값이 증가하는 것을 확인할 수 있는 바 실험의 결과와 같이 PSC 추론 방식이 유효함을 입증하였다.

Table 1. Reduced power generation of the test group

Days	Average generation of normal group	shoot down of test group(minute)	Average generation of test group	Generation reduction (Wh)
Day 1	1083	-	1,084	0
Day 2	998	30	922	76.48
Day 3	968	60	821	147.14
Day 4	298	90	255	42.9
Day 5	240	120	163	77.38
Day 6	154	150	131	23.86
Day 7	342	180	234	107.8
Day 8	213	210	111	102.48
Day 9	430	240	102	328.34
Day 10	867	270	417	450.62

Table 2. PSC average gradient of change

Days	Difference in power generation (Wh)	Normal group (gradient)	Test group (gradient)
Day 1	5	-5	-5
Day 2	83	-5.909833175	-44.1498
Day 3	150	-4.826073393	-79.3661
Day 4	44	-3.835130202	-70.4651
Day 5	79	-3.490344818	-72.2703
Day 6	25	-3.073203102	-64.3665
Day 7	110	-2.998293933	-70.9354
Day 8	103	-2.741738572	-74.9967
Day 9	329	-2.53622117	-103.245
Day 10	459	-3.107888522	-138.808

5. 결 론

현재의 태양광발전시스템은 발전 전기의 최대 생산여부와 고장 진단 그리고 실시간으로 발전 상태를 확인하는 모니터링 기능이 미흡한 실정이다. 현재 사용 중인 태양광 발전용 인버터의 효율은 성능이 매우 우수한 반면 태양광 발전 시스템의 발전량 손실률은 5~25%로 매우 높은 편이다. 따라서 태양광 발전 시스템의 발전 방향은 에너지 생산을 극대화하기 위하여 기존의 중앙 집중식 인버터로에서 발전 효율이 우수한 분산형 마이크로 인버터로 대체하는 추세이다.

마이크로 인버터의 경우 태양광 모듈과 수명을 동일하게 설계하고 있으나 오랜 시간 태양광에 노출되어 있는 태양광 발전시스템은 태양광 모듈의 열화 현상과 인버터를 비롯한 시스템의 성능저하로 인해 지속적으로 발전량이 감소한다.

태양광 발전량을 모니터링하기 위하여 현재 시스템 설비업자와 인버터 제조사들이 모니터링 시스템을 제공하고 있지만 기존의 모니터링 시스템은 단순히 발전현황을 알려주는 기능만을 제공하지만 풍부한 정보를 제공하여 고장진단과 유지보수에 활용될 수 있는 태양광 발전 모니터링 시스템이 필요하게 된다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완한 마이크로 인버터를 적용한 태양광 발전시스템 노후예측판단(PSC) 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 PSC는 분산 발전시스템의 모니터링에 적합하며 고장 진단 기

능은 모듈의 노후화는 물론 시스템 전반에 대한 고장 진단 기능을 제공하고 있으며 이를 실험을 통하여 입증하였다. 향후 PSC의 좀 더 높은 신뢰성을 확보하기 위해 기간단위 별로 실험을 실시하고 확보된 데이터를 검증하고 검증된 PSC를 적용한 통합 시스템 개발과 연구가 필요할 것이다..

REFERENCE

[1] M.Z. Jacobson, "Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution, and Energy Security," *Energy and Environmental Science*, Vol. 2, pp. 148-173, Issue 2, 2009.

[2] S. K. Kwon, G. Hong, G. Hong, S. Sun, B. Jang "Development of Combining Systems of Concentration Photovoltaic & Solar Power" *Proceedings of the Korea Multimedia Society Conference*, pp 454, 2012

[3] K.M. Ko , "Retargetable Instruction-Set for Energy Consumption Monitoring", *Journal of Korea Multimedia Society* Vol.14. pp 462-470, No.3. March 2011.

[4] M. Kamil, *Grid-Connected Solar Microinverter Reference Design using a dsPIC Digital Signal Controller*, Microchip Application Notes AN1338, 2010.

[5] W. Bower, "The AC PV Building Block - Ultimate Plugn-Play That Brings Photovoltaics Directly to the Customer," *Proceedings of the 2004 PV Program Review*, pp 24-27 2004.

[6] W. Bower, R. West, and A. Dickerson, "Innovative PV Micro-inverter Topology Eliminates Electrolytic Capacitors for Longer Lifetime," *Proceeding of IEEE 4th World Conference Photovoltaic Energy Conversion, Conference Record*, pp. 2038-2041, 2006.

[7] Korea Energy Management Corporation, <http://www.knrec.or.kr>, (accessed April, 1, 2015).

[8] A.M.K. El-Ghonemy, "Photovoltaic Solar Energy: Review," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 3, PP 1-43, Issue 11, 2012.

[9] W.C. Lee, "Maximum Power Point Tracking Control for a Grid-Tie Photovoltaic Inverter," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 23, No. 5, pp. 72-79, 2009.

[10] New & Renewable Energy Monitoring System, <http://konesis.kemco.or.kr>, (accessed April, 1, 2015).

[11] S.H. Kwon, B.H. Lee, J.H. Kim, and W.D. Cho, "Real-Time Monitoring Agent for Ubiquitous System," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 14, No. 8, pp. 803-807, 2008.

[12] I.H. Kim, *Development of Internet Monitoring System for Photovoltaic Generator*, Master's Thesis of Mokpo National University, 2007.

[13] H.C. Cho and K.Y. Sim, "Ubiquitous Networking based Intelligent Monitoring and

Fault Diagnosis Approach for Photovoltaic Generator Systems," *Journal of Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 59, No. 9, pp. 1673-1679, 2010.

[14] J.H. So, B.G. Yu, H.M. Hwang, G.J. Yu, and J.Y. Choi, "Performance Monitoring Results, Evaluation and Analysis of 50kW Grid-Connected PV System," *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 27, pp29-37, No. 2, 2007.



박 찬 곤

인하대학교 전자공학과 공학사
인하대학교 전자공학과 공학석사
인하대학교 전자공학과 공학박사
청주대학교 이공대학 컴퓨터정보
공학과 교수
관심분야: 인공지능, 멀티미디어
시스템, 태양광시스템