

태양광 발전 시스템을 위한 원격 통합 모니터링 시스템의 구축 및 운영 분석

심현 · 이용호 · 김진오 · 김재언*

(주)에스에너지 기술연구소 · 한양대학교 · 충북대학교**

Construction and Operation Analysis of Central Monitoring System for Photovoltaic System

Hun Shim · Yong-Ho Lee · Jin-O Kim* · Jae-Eon Kim**

S-energy R&D Center · Hanyang University* · Chungbuk University**

Abstract - This paper proposes central monitoring system(PVCMs) based on a TCP/IP network for effective integrating management about photovoltaic systems. We don't gain confidence the result of production simulation, because the output of PV system have many various environmental change factor. So if we can obtain real operated data about each sites and system types to use PVCMs, we can define the environment change factor to compare with simulation data. And this paper try to access about total management and data analysis methods of renewable energy through results analysis to synthesize of the operation.

1. 서 론

신·재생에너지는 에너지 수급의 불안정과 환경오염의 해결방안으로 선진국을 중심으로 전 세계적으로 확대 보급되어지고 있다. 이미 선진국에서는 2010년에 전체에너지 수요의 10 ~ 20%를 신·재생에너지로 공급할 계획을 추진하고 있어 이에 따른 지속적인 기술개발과 상용화를 통한 확대를 꾸준히 추진하고 있다. 국내에서도 이미 2012년까지 신·재생에너지 보급 확대 및 기술개발 계획을 확정한 바 있고 이에 따라 보급사업 및 차액보전제도 등의 다양한 보급정책과 기술개발을 통한 상업화 방안을 마련하고 있다.

이러한 신·재생에너지의 기술의 신뢰성 확보를 통한 보급 확대는 대부분의 에너지원을 수입에 의존하고 있는 국내 실정에 비추어 볼 때 안정적 산업발전을 위한 토대를 마련함과 더불어 국가 산업발전의 원동력으로 작용할 수 있는 차세대 고부가치 산업으로 육성할 수 있을 것으로 판단되어진다.

태양광 발전과 같은 신·재생에너지원은 설비의 크기에 있어서 대규모부터 소규모까지 다양한 형태를 갖출 수 있다. 또한 불특정 다수의 지역에 비교적 간단하게 적용 할 수 있어 특정한 관리자와 방법을 요하지 않는다. 이러한 특수성은 신·재생에너지원의 보급 확대의 가장 큰 장점으로 작용하고 있지만 이에 반해 특수 관리자에 의해 관리되어지지 않고 대부분이 전자동 운전하고 있어 고장이 발생할 경우 관리 부재로 인해 고장이 장기화될 가능성이 매우 높다. 확대 보급되고 있는 현시점에서 이러한 변수의 작용은 에너지 공급 측면에서 태양광 발전의 경우만 살펴볼 때 2004년 년간 17MW, 2011년 290MW은 손실로 작용할 것으로 예상되어져 신·재생에너지원의 보급 확대의 악재로 작용할 수밖에 없다. 따라서 전국적으로 산재되어 있는 신·재생에너지원의 효율적인 관리와 통합 운영을 통한 시스템의 신뢰성 확보를 위하여 운전 상황의 통합 운영 시스템의 도입이 반드시 필요하다고 할 수 있다. 이러한 운영 시스템의 데이터는 중앙, 지역, 설치지 등의 운영관리자의 상황에 따라 운전

관리에 필요한 다양한 데이터의 제공과 보급 확대 단계에 있는 신·재생에너지의 중요한 실규모 연구 데이터로 활용될 수 있을 것이며 기존의 에너지원과의 효과적인 통합 운영에 대한 flow를 분석할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 관점에서 국내의 우수한 IT 기술 및 Network을 활용하여 신·재생에너지 종 태양광 발전에 대한 통합 원격모니터링 시스템을 구축 운영하였고 이에 대한 종합적인 운전 결과 분석을 통하여 효과적인 신·재생에너지 통합 관리방안 제안과 기술적 모색에 접근하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Network 구성의 기본 개념

태양광 발전은 태양빛을 전기에너지로 변환하여 사용하는 기술로 안정된 상용전력으로 변환하기 위한 전력변환장치를 필요로 한다. 이러한 전력변환장치 운전에 필요한 기본 정보를 취득하고 있으면 MMI를 위한 정보를 제공하고 있다. 이러한 전력변환장치의 운전정보는シリ얼통신을 통하여 외부 장치와의 Interface가 가능하다. 태양광 발전 원격통합모니터링 시스템(이하 PVCMs)은 전국적으로 산재되어 있는 태양광 발전시스템과 이러한 전력변환장치와의シリ얼통신과 데이터 서버와의 Socket통신을 통한 데이터 전송방식으로 데이터 교환이 이루어지도록 구성되며, 각각의 Client들은 서버와의 통신을 위한 RTU(Remote Terminal Unit)가 설치되어진다. 그림1에서는 PVCMs의 기본개념을 나타내고 있다.

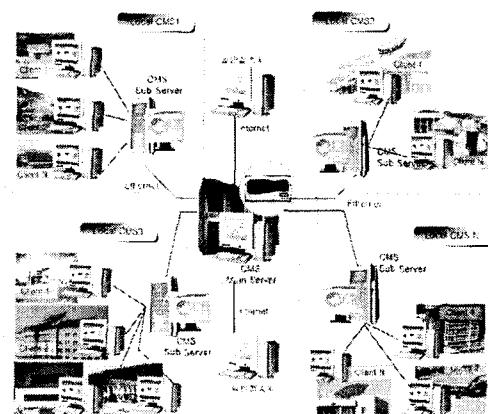


그림1. 태양광 발전 원격 통합 네트워크 구성도

확장개념에 있어서 이러한 원격 감시시스템의 서로 다른 지역별 및 에너지원별의 특수성을 고려하고 다양한 데이터를 통합 처리하기 위하여 에너지원별 또는 지역별

로의 Sub Server 개념의 Local CMS와 Main Server의 Central CMS로 분리 구성하였다. 이렇게 2단계 Network을 구성함으로써 에너지원별 또는 지역별로 효과적인 데이터 관리 및 가공이 가능해지고 Central Server의 데이터 집중 부하를 감소할 수 있을 뿐만 아니라 데이터 처리방식과 종류를 단계별로 구분할 수 있어 효과적인 통합운영관리를 이를 수 있다. 아울러 지자체 별로나 에너지원별로 기 구성되어지고 있는 원격 모니터링 시스템을 연계하는 방안을 제시할 수 있다.

2.2 PVCMS의 구성

본 연구에서 개발, 제작된 PVCMS(SolarMon)의 구성은 그림2와 같다.

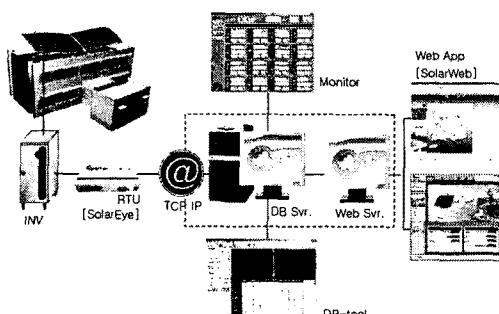


그림2. PVCMS의 구성

RTU는 태양광 인버터로부터 시리얼통신을 통하여 운전정보를 받고 인터넷망(XDSL, 케이블 모뎀 등)을 통하여 Data Base에 전송하는 기능 수행을 주목적으로 하는데 다양한 인버터의 통신 Protocol의 적용, IP 공유기능, 통신에러 발생시 데이터 저장기능 등을 보유하고 있다. Protocol 형성에 사용한 모든 코드는 ASCII코드를 사용하였다.

Monitor는 중앙 감시 모니터링 프로그램으로 전국 및 지역별로 현장 사이트에 대한 실시간 상태조회를 위한 모니터링 프로그램이며 DB-tool은 데이터 베이스 관리 및 데이터 분석을 위한 프로그램이다.

PVCMS에 연결된 모든 사이트는 웹사이트에 접속하여 운전상태를 감시할 수 있으며 회원제 관리를 통하여 해당 관리자만이 상세정보를 모니터링할 수 있도록 하였다.

2.3 운전데이터의 분석

현재 PVCMS에 연결된 사이트는 계통연계형 태양광 발전시스템, 총 24개 사이트로 연결된 사이트의 종류는 표1과 같다.

표1. PVCMS Link 현황

용량 [kWp]	3	5	6	9	10	15	20	30	60	계	
개소	4	2	1	1	8	1	3	4	1	25	
지역	서울	인천	강원	경기	충남	전북	전남	광주	대구	제주	계
개소	4	2	1	3	3	1	1	4	1	5	25
용량 [kWp]	51	60	10	45	30	10	10	65	60	31	372

PVCMS는 2004년 6월 인천의 30kW 2개사이트를 시작으로 2005년 5월 말 현재 25개 사이트가 링크되어 있는 데 이 중 모니터링 데이터 취득 시작점을 기준으로 데이터의 이용이 가능한 14개 사이트에 대한 월간 발전량을 나타내고 있다. 여기에서 S:서울, I:인천, K:강원, C:충남, JN:전북, G:광주, JS:전남을 의미하고 k는 태양광 발전시스템의 설치용량인 kWp를 의미한다. 월별 발전량이 계

측 시작점은 PVCMS에 링크 시작점에 따라 상이하다.

시스템의 용량별, 지역별, 설치형태별 발전량을 비교평가를 위하여 그림4에서는 사이트별 년간 발전량을 나타내고 있다. 이 데이터 중 그림3에서 사이트마다 설치 시작점의 차이가 있어 데이터를 취득하지 못한 사이트의 기간은 인천지역의 년간 모니터링 데이터를 기준으로 지역 및 용량 특성에 따라 예측된 값이다.

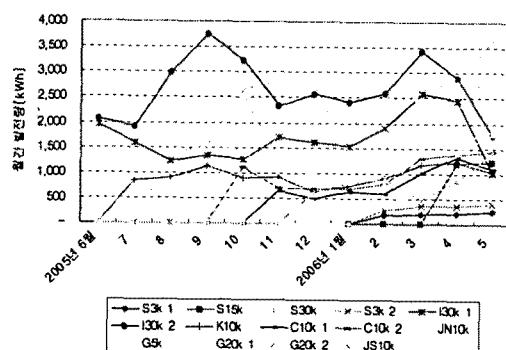


그림3. 사이트별 월간 발전량

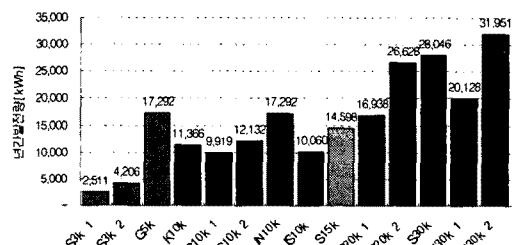


그림4. 사이트별 일평균 발전량

그림4에서 같은 용량의 시스템이라도 발전량의 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 설치지역의 위치 및 태양광 어레이의 방위각과 경사각에 따른 발전 특성의 변화, 지역별 기상환경의 특수성, 시스템 고장과 선로보수를 위한 강제 정전의 장기화를 들 수 있다. 예를 들어 같은 용량, 같은 어레이 및 시스템 구성을 가진 인천지역의 30kWp 시스템의 경우 발전량 차이를 약 12[MWh/년]를 나타내고 있는데 이는 태양광 발전시스템 10kWp를 설치한 규모와 같은 손실로 약 37% 년간 손실이 발생했음을 알 수 있다. 발전량 차이의 주원인은 I30k-1지역의 선로 개선공사로 인한 강제 정전의 장기화로 판명되었다.

발전량 Simulation과 실제 운전 데이터와의 차이점을 판단하기 위하여 비교적 고장 없이 장시간의 데이터가 축적된 강원도의 K10k(11개월), 인천의 I30k-1(12개월), 광주의 G20k-2(10개월) 3개 사이트에 대해 PVSYST3.3을 활용하여 Simulation하였는데 그 결과를 그림 5, 6, 7에 나타내었다.

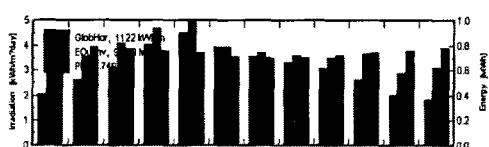


그림5. K10k 지역 월별 Simulation 결과

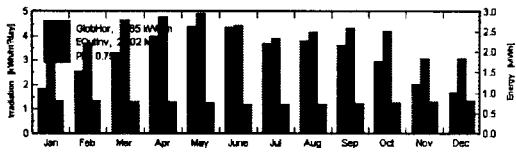


그림6. I30k-2 지역 발전량 Simulation 결과

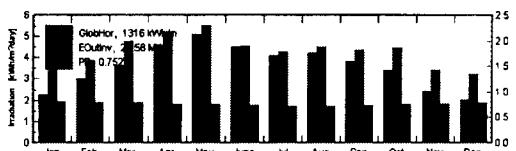


그림7. G20k-2 지역 발전량 Simulation 결과

일사, 온도, 풍속의 기상환경데이터는 1995년부터 2004년 까지 강원, 인천, 광주 각각의 기상청 자료를 활용하였다. Simulation 시 STC 조건에서 열손실계수는 20.0k/W, 케이블 손실 3.1%, 전압강하 0.2%, 단위모듈 손실 3%, 모듈 불균형손실 2%(MPP), 인버터 효율 91%로 가정하였다.

실제 운전된 데이터와 Simulation 결과에 의한 데이터를 비교 분석하면 표2와 같다.

표2. PVCMS 및 PVSYST 발전량 데이터 비교

구분	K10k	I30k 2	G20k 2
시스템용량	10kWp	30kWp	20kWp
시스템구성	Si PVCell 50Wp 200장 10kVA Inv	Si PVCell 80Wp 378장 30kVA Inv	Si PVCell 80Wp 252장 20kVA Inv
PVSYST [Simulation]	9,110kWh 년	29,020kWh년	21,579kWh년
PVCMS [실운전]	11,366kWh 년	31,951kWh 년	26,628kWh 년
예측 정확도	80.1%	90.8%	81.0%
예상대비 실출력	124.7%	110.1%	123.4%

표2에 의하면 발전량 Simulation 대비 PVCMS에 의해 모니터링된 3개 지역의 년간 발전량의 정확도는 84%이고 예상대비 19.4%의 발전량이 증가된 것으로 판단되어 이러한 결과는 발전량 시뮬레이션의 오차범위를 10% ~ 15% 범위임을 알 수 있다. 오차범위의 축소를 위하여 시스템 설계 시 손실계수의 정확한 산정이 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다.

3. 결 론

국내외적으로 태양광 발전시스템과 같은 신재생에너지 원은 지속 가능한 에너지원으로 향후 산업경제 발전의 기반을 형성할 중요한 산업으로 각광받고 있어 불특정 다수로 기존의 에너지원에 병렬 운전되어지고 있다. 이러한 측면에서 효율적인 시스템의 통합관리 방안이 필요하고 장기적으로 국가적인 차원에서 에너지의 수요공급 체계와 운전 상태를 분석할 수 있는 신재생에너지에 대한 원격 통합 관리 시스템이 요구되어지고 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구에서는 PVCMS라는 태양광 발전시스템의 원격통합 모니터링 시스템을 구축, 운영하여 전국 규모로 실제 운전데이터를 통합 분석할 수 있도록 하여 태양광 발전시스템의 환경, 지역, 용량, 어레이 형태, 시스템 구성 등의 다양한 변수를 종합 분석 할 수 있는 기반을 마련하였다. 이러한 운전 데이터의 분석은 다양한 시스템 변동계수를 정의 할 수 있을 뿐만

아니라 발전량 Simulation의 정확성을 파악할 수 있는 비교지표로 활용하여 경제성 평가의 오차한계를 극복할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과에 있어서는 데이터의 신뢰성 측면에서 볼 때 다양한 사이트에 대한 고려와 운전 시작점의 장기화의 결여로 정확한 데이터 분석을 확보하기는 다소 부족하였다. 향후 PVCMS의 안전적 운전 상황 구축을 통하여 지속적인 운전과 다양한 지역, 시스템유형 분석을 통한 운전데이터의 분석으로 시스템 변동 계수에 대한 정의와 시스템 특성을 분석할 예정이다. 이를 통하여 발전량 Simulation의 오차한계를 3% 이내로 만족할 수 있는 시스템 설계 계수를 정의하고자 한다.

또한 통합 원격 시스템의 안정성의 확보를 통하여 태양광 발전뿐만 아니라 타 신·재생에너지의 효과적인 보급 방안과 통합 관리에 대한 구체적인 방안을 제시할 것이다.

본 논문은 산업자원부에서 지원하고 에너지관리공단 신재생에너지센터에서 관리하는 대체에너지 실용화 평가사업(2003-N PN11 P 01 0 000)의 지원으로 수행된 결과입니다

[참 고 문 헌]

- [1] Luis Castaner, "Modelling Photovoltaic Systems Using PS", John Wiley & Sons, Ltd, 2002
- [2] Tomas Markvart, "Solar Electricity 2ed", John Wiley & Sons, Ltd, 2000
- [3] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Utility interface of Photovoltaic Systems", IEEE-SA Standards Board, 2000.
- [4] H.S.Rauschenbach:Solar Cell Array Design Handbook", Van Nostrand Reinhold Company, 1980
- [5] 소정훈외, "3kW급 계통연계형 태양광 발전시스템의 실증시험 분석평가", 2003년 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, 1353-1355, 2003