

도서전원용 태양광발전시스템 개발 동향

*황인호, 오성업, 정천기, 김진중
전력연구원

Development status of Photovoltaic Generation System for the Electrification of Remote Islands

In-Ho Hwang, Sung-Up Oh, Cheon-Kee Chung, Jin-Joong Kim
KEPRI(Korea Electric Power Research Institute)

Abstract

The application field of photovoltaic system which has no-pollution and no-fuel distinctives is being spreaded inspite of its high installation cost.

At present, there are three PV systems within the country, which were already installed and have been operated to supply the electric power in remote island.

In this paper, the electrification plan of our government on the unelectrified or subelectrified islands is introduced, and the operation results of three PV systems are investigated to discuss the diffusion possibility of PV system as a power supply option

1. 서론

70년대 2차래의 오일쇼크를 계기로 세계 각국에서는 기존 석탄, 석유 등 화석연료를 대체 할 수 있는 새로운 에너지원의 개발에 대한 관심이 고조되었다. 국내에서도 에너지원의 안정적 확보를 목적으로 88년부터 태양광발전을 비롯한 대체에너지 개발을 위한 기술개발사업이 착수되어 현재에 이른다.

무한하고 깨끗한 태양에너지를 반도체 소자인 태양전지를 이용하여 전기로 변환하는 태양광발전은 연료가 필요없고, 소음이 적으며 운전유지보수가 간편하다는 장점이 있지만 태양전지를 비롯한 시스템의 초기 설비 투자비가 높다는 단점을 갖고 있어 인공위성, 원격지 통신 및 무인 관측소의 전원 등 소규모의 극히 제한된 분야에 이용되어 왔다.

그러나 최근 심각하게 대두되고 있는 지구환경문제를 해결하는 차원에서 clean 에너지인 태양광발전의 장점을 고려하여, 이용분야 확대를 위한 시도가 활발히 진행중이다.

국내에서는 이미 유·무인 도서의 동대 및 통신용 전원으로 보급된 상태이고, 본격적인 전력용시스템으로 원격지 도서지역의 전원으로 활용하기 위한 연구가 수행되어, 현재 하화도(60kWp), 마라도(30kWp), 호도(90kWp)등 3개 도서지역 전원

용 태양광발전시스템이 설치되어 실증운영중에 있다.

본 논문에서는 국내의 도서전화사업 추진현황을 소개하고 현재 설치되어 운전중인 3개 태양광발전시스템의 운전실태 분석을 통하여 향후 도서전원용으로 태양광발전시스템의 도입을 위한 방안을 검토하고자 한다.

2. 국내 도서전화사업 추진 개요

국내의 전국 평균 전화율은 99.99%에 이르고 있지만, 아직 24시간 전력이 공급되지 않는 미전화 또는 부분전화도서가 존재한다. 정부에서는 이러한 미전화 도서지역 주민들에게도 문명의 혜택을 공유할 수 있도록 '96년 까지 50호 이상 도서 및 5호이상 벽지 지역을 대상으로 전화사업 완료를 목표로 전화사업을 추진중에 있다.

표 1. 전국의 전기공급 현황

총호수 (호)	완전전화 (호)	미전화(호)				완전 전화율 (%)
		공사중	불완전 전화	미전화	계	
12,772,888	12,770,181	1,157	1,327	223	2,707	99.99

'90년 5월에 수립된 정부의 기본계획(표 2)에 따르면, 도서규모에 따라 단계별, 년차별로 추진하도록 되어 있으며, 사업추진 및 운영방법은 농어촌 전화사업 촉진법에 근거하여 시행하도록 되어있다.

한편, '97년 이후 추진예정인 3단계 도서전화사업(50호 미만 도서)에서는 표 4에 보이듯이 총 114개 도서(1,512호)가 대상이 되는데, 50호 이상(1, 2단계) 전화사업처럼 기존 디젤발전 방식을 그대로 적용할 경우 연료 수송 및 발전소 유지 관리에 따른 어려움이 발생될 것으로 보이며 3~4인의 관리인 채용에 따른 인건비 상승 등이 재고될 필요가 있다.

표 2. 전화사업추진 기본계획

	1단계	2단계	계
• 사업기간	'91~'93	'94~'96	
• 대상도서규모	100호 이상	50~99호	
• 도서수(개)	51	29	80
• 대상호수(호)	8,421	1,591	10,012

표 3. 농어촌 전화축진법 주요 내용

항 목	내 용
• 사업 대상	- 단위공사별 50호 이상 도서지역
• 사업 내용	- 자가발전방식개체에 의한 24시간 상시 전력공급
• 시공·운영 주체	- 관할 지방자치단체(시·군)
• 소요재원조달	- 주민부담 : 호당 10만원 이상 - 재정융자 : 호당 100만원 - 잔여분 : 정부(국비·지방비)와 한전이 각각 50%씩 부담
• 운영비 지원	- 결손운영비의 75%를 한전에서 지원

표 4. 50호 미만 도서 현황(3단계 전화사업 대상)

구 분	도서수	호 수	비 고
• 50호 이상	1	56	불완전 전화
• 40~50호 미만	7	184	"
• 30~40호 미만	9	270	"
(30호 이상 소계)	(17)	(510)	
• 20~30호 미만	14	355	"
• 10~20호 미만	34	443	"
• 10호 미만	42	194	"
소 계	(107)	(1502)	
• 10호 미만	7	10	미전화
합 계	114	1,512	

3. 도서전원용 태양광발전시스템

3-1. 시스템 구성

태양광발전시스템은 이용목적에 따라 여러가지 형태가 있을 수 있지만, 태양광발전시스템과 기존 전력계통과의 연계유무에 따라 크게 독립형(Stand-alone type)과 계통연계형(Grid-connected type)으로 분류 할 수 있다.

전력계통이 미치지 않는 원격지 도서지역 전원을 위한 태양광발전시스템은 계통연계가 되지않는 독립형 시스템으로서 태양전지 어레이, 축전지 및 전력변환장치(인버터, 전력조정기) 등으로 구성되어 있다.

또한 이 독립형 태양광발전시스템은 장기간의 부조일(No sunny days)에 대비하여, Back-up용 비상 디젤 발전기와 결합되어 있어 태양광/디젤 복합발전(Hybrid) 시스템으로도 분

류할 수 있다.

그림 1은 일반적인 독립형 태양광발전시스템의 구성블록도를 나타낸다.

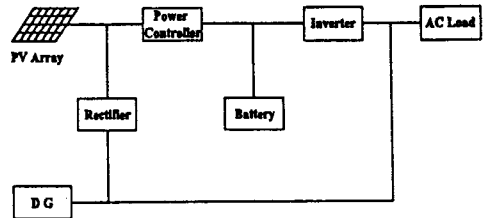


그림 1. 독립형 태양광발전시스템 구성블록도

3-2. 설치 현황

국내의 태양광발전시스템 이용은 1972년 해운항만청에서 등대 부표에 태양전지와 축전지를 이용하여 야간 표시등으로 사용한 것을 효시로 1980년대 들어서 본격적으로 보급되기 시작하여 이용분야도 유·무인 등대, 무인 우량 측정기, 유·무인 중계소, 도서지역 통신용 전원 및 도서지역 전원 등으로 다양하게 적용되기 시작하였으며, 1994년말 현재 5,119개소에 1,681kWp 가량이 설치 보급되었다.

도서지역 전원으로 처음 설치된 것은 1987년 에너지기술연구소(KIER)에서 설치한 20kWp 하화도 시스템으로 1995년 도서전화사업에 의해 60kWp로 증설되어 운전중에 있고, 대체에너지 개발 축진을 위한 시범 연구사업의 일환으로 한전 전력연구원에서 1992년 제주 마라도에 30kWp 시스템을, 1993년에는 충남 호도에 100kW(태양전지 90kWp)시스템을 설치하여 국내에는 총 3개의 도서전원용 독립형 태양광발전시스템이 설치되어 운전중에 있다.

표 5. 도서전원용 시스템 설치 내역

구 분	하화도	마라도	호 도
행정구역	전남 여천군	제주도 남제주군	충남 보령군
	화정면	대정읍	오천면
가구수(인구)	34(150)	27(86)	63(234)
설치일시	1988.4→1995.5	1992.1	1993.2
주관기관	KIER	KEPRI	KEPRI
태양전지	20→60kWp	30kWp	90kWp
인버터	5,15→25KVA	15KVA×2	35KVA×2
전력조정기	20→60kW (강압형)	30kW (강압형)	100kW (승압형)
정류기	60kW	30kW	100kW
축전지	1,148kWh	360kWh	1,458kWh
디젤발전기	75kW×2대	42kW×2대	100kW×1대

* 하화도의 경우 '95. 5월 용량 증설(25 → 60kWp)

4. 운전실적 분석

부하에서 소비되는 전력량 중에서 태양광발전에 의해 공급되는 비율을 나타내는 태양광발전 의존율은 그림 2에 보이는 것처럼 시스템 준공이후 해마다 감소되는 양상을 띠고 있다.

이러한 현상의 주원인은 육지와 마찬가지로 주민들의 소득수준이 향상되면서 가전제품의 다양화, 대용량화에 따른 전력 수요의 급증에 따른 것이다.

그림 3은 3개 도서지역의 년도별 부하량 증가추이를 보여준다.

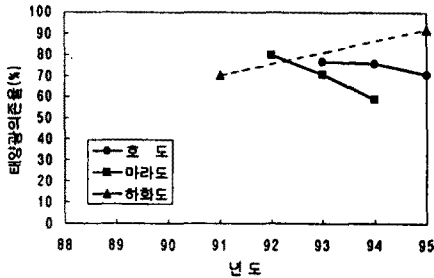


그림 2. 태양광발전 의존율 변화추이

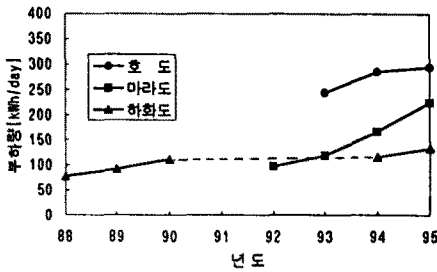


그림 3. 일평균 부하량 변화추이

즉 하화도의 경우는 95년 태양발전 용량의 증설로 태양광 의존율이 개선되었고, 호도의 경우도 96년 도서전화 사업의 증설대상에 포함되어 용량이 증설될 것으로 보이나, 마라도의 경우 현재 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

시스템 운전 신뢰성은 초기에 하화도 및 마라도의 경우 인버터 제어성능이 비후하여 스위칭 소자의 소손등 많은 트러블이 발생하였다. 호도 시스템에 이르러 제어성능을 독립전원계통에 적합하도록 개선하여 설치 후 2년간 실증운전기간동안 자체 결함에 의한 트러블은 발생되지 않았다. 일부 주변장치에서 운전중 에러가 발생되기도 하였으나, 정기적인 유지보수를 통해 해결될 것으로 보인다.

또한, 독립형 태양광발전시스템의 실용화 보급에 있어 항상 문제되는 것이 전력저장에 필요한 축전지의 유지관리 및 교체 등을 들 수 있다. 장기간의 증방전이 지속되어 축전지 cell간의

불균형이 발생될 경우, 축전지의 상태를 정확히 판단하기 어렵고 현실적으로 만족할 만한 균등충전이 불가능하다. 축전지 문제 해결을 위해서는, 수명 향상, 성능 개선과 병행하여 무부수 밀폐형축전지의 적용 등 다각적인 노력을 필요로 한다.

5. 결론

원격지 도서지역 전원용 태양광발전시스템은 기존 디젤 발전 방식에 비해 연료 수송, 유지 관리 및 환경문제에 유리할 것으로 기대되고 있다. 본문에서는 정부의 농어촌 전화사업 추진개요와 국내 태양광발전시스템 설치 현황, 현재 설치되어 운전중인 하화도(60kWp), 마라도(30kWp), 호도(100kWp) 등 3개 시스템의 운전실적이 분석되었다.

지금까지 3개 시스템의 운영결과를 종합해보면, 초기의 미흡했던 기술적인 문제를 대폭 개선하여 대체적으로 만족할 만한 운전 신뢰성을 달성하였다고 볼 수 있다. 그러나 아직도 해결해야 될 운영상 문제점으로는 대용량의 축전지 사용에 따른 유지 관리, 교체 등의 어려움을 들 수 있고, 설치 후 부하증가에 대비한 효율적인 설비용량 증대 방안이 모색되어야 한다.

따라서 '97년 부터 추진예정인 3단계 도서전화사업(50호 미만 도서 대상)의 전기공급방식으로 태양광발전을 적극 도입하기 위해서는 긴 수명의 고효율 무부수 밀폐형 축전지 및 주변 장치의 연제기술 개발 등에 연구가 지속적으로 진행되어야 하고, 깨끗한 에너지원으로서 태양광발전의 환경 문제 공헌도 등 유형·무형의 장점들이 구체적으로 제시되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Matthew Buresch, "Photovoltaic Energy System", McGraw-Hill Book Company, 1983
- [2] 한전 기술연구원, "낙도전원용 태양광발전시스템 표준화 연구(II)" 연구보고서, KRC-90G-T12, 1990
- [3] 小屋 松, "태양광발전하이브리드 태양광발전시스템", 태양광발전시스템총서, PP2-25~33,昭和63년.
- [4] Kurokawa, "Evaluation and Measurement Technology of Photovoltaic System" ETL, 1993. 3
- [5] T. Kawabata, S. Higashino, "Parallel operation of voltage source inverter", IEEE Trans. Ind. App., vol.24, No.2, March/April, pp281-287, 1988
- [6] G. Joos, J. Levasseur, "Digital implementation of parallel control loops in electric drives", IECON, pp165-170, 1989
- [7] F. Lasnier, T. Gan Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook" Adam Hilger, Bristol and New York, 1990
- [8] 한전 기술연구원, "100kW급 독립전원공급용 태양광발전시스템개발" 연구보고서, KRC-90G-S02, 1994