

태양광 발전용 연축전지



김규태
세밭하이테크(주) 기술연구소장

1. 서 론

지상에서 태양에너지의 밀도는 $1\text{kw}/\text{m}^2$ 정도로 낮으며, 자연 조건에 의하여 좌우되는 경향이 있으나, 청결하고 고갈의 우려가 없다. 또한 한시간에 전 인류의 연간 에너지 소모량의 약 2배 정도의 태양에너지가 지구상에 쏟아지고 있다. 따라서 이러한 태양에너지는 신에너지 분야에서 가장 기대되는 분야이며, 최근 에너지 수요 급증과 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 이목이 집중되는 분야이다.

최근 조사 자료에 따르면, 우리나라의 평균 일사량이 미국이나 가까운 일본에 비해 많은 것으로 조사되었다. 우리나라의 평균 일사량은 $3100\text{kcal}/\text{m}^2$ 으로 밝혀졌으며, 이것은 위도가 같은 일본 중부 지방의 일사량, $3050\text{kcal}/\text{m}^2$ 에 비해 많은 양이다. 또한 구름 등에 의해 산란되지 않고 지표면까지 직접 도달하는 직달 일사량도 $4440\text{kcal}/\text{m}^2$ 인 미

국의 도심지역 평균 보다 30% 이상 많은 것으로 밝혀졌다. 이러한 조사결과는 우리나라에서도 고효율 태양광 집광 시스템의 활용이 가능하며, 이 정도의 일사량이면 국내에서도 냉난방은 물론 태양광 발전 등에 충분히 활용이 가능하다고 한다. 일사량이 어느 정도이어야 태양에너지의 이용이 가능한가에 대한 기준은 없다. 그러나 우리나라와 상대 비교된 일본과 미국은, 이미 태양광을 이용한 각종 설비 개발에 나서고 있고, 태양광 발전도 활발히 이루어지고 있다.

이러한 점을 고려해 볼 때, 부존자원이 부족하고 발전을 위한 에너지를 주로 해외로부터 수입에 의존하고 있는 우리나라도 미래의 에너지 확보라는 차원에서 태양광 에너지 이용을 위한 시스템 개발이 조속히 이루어져야 할 것이다. 태양에너지의 이용 기술에는 여러 가지가 있으며, 그 중에서 태양광을 이용한 발전기술에는, 먼저 태양광 발전을 하기 위한 태양전지(PV Module)가 필요하며, 전원 조정기(DC/DC 변환기, DC/AC 변환기 등) 및 발전된 전력을 저장할 전력저장 장치가 필요하다.

본 문에서는 태양광 발전기술을 전력저장시스템, 특히 최근 활발히 연구가 진행중인 태양광 발전용 연축전지 기술을 중심으로 살펴보고자 한다.

2. 태양광 발전 기술개발 현황

(1) 국내 현황

부존 자원이 부족한 우리나라에서 미래의 청정 에너지를 확보하는 측면에서 태양에너지를 이용한 대체에너지 이용 기술의 연구 개발이 범국가적으로 추진되고 있다. 국내의 태양에너지를 이용한 태양광 발전 기술은 1970년대 초부터 진행되어 왔으며, 유류 파동을 거치면서 대체에너지에 대한 인식이 고조됨에 따라 정부 차원의 대책이 가시화되기 시작하였다.

1987년 12월 대체에너지 개발 촉진법의 제정과 1988년 6월 동력자원부의 주관 하에 대체에너지 기술개발 기본 계획에 따라 1989년 7월 태양광 발전을 위한 장기 개발 계획과 세부 계획이 범국가적 연구사업으로 수립되었다. 또한 1993년부터는 태양광 발전 기술의 상용화를 위해 '89~'91년을 1단계 사업, '92~'96년을 2단계 사업, '97~2001년을 3단계로 구분하여 단계적 사업을 전개하고 있다. 1997년, 대체에너지 개발 촉진법이 대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진법으로 바뀌어 기술개발의 차원을 넘어 실용화를 시키는 방향으로 전개되고 있다. 또한 정부는 2006년까지 총 에너지 수요의 2%를 대체에너지로 전환할 계획이다.

이에 따라 태양광 발전도 그 몫을 다하기 위해 현재 전남 하와도(60kw), 충남 호도(100kw), 마라도(30kw), 제주도 서귀포(8kw) 및 한라산(10kw + 15kw)

에 독립형 태양광 발전시스템이 가동중이며, 제주도 월령 시범 단지에 풍력발전(4kw)과 태양광 발전(10kw)의 복합 발전 시스템이 시험 가동중이다. 한국전력공사는 오는 2002년까지 5MW급 발전 시스템(풍력 4800kw + 태양발전 200kw)을 완공하여 실용화할 계획이다.

한편 태양광 발전에 사용되는 장치의 제작 기술은 현재 대부분이 국산화된 상태이나, 미국, 일본 등의 선진국에 비해 수준이 떨어진다. 예를 들면 현재까지 개발된 국내 태양전지의 효율은 10%를 조금 상회하는 수준으로, 약 20% 수준인 세계적 기술수준에 크게 떨어진다. 또한 태양전지와 축전지, 그리고 주변장치들과의 시스템화 기술 및 운전기술의 수준은 선진국에 비하여 크게 낮은 수준에 머물러 있다.

(2) 국외 현황

국외에서의 태양광 발전 분야에 대한 연구와 관심은 약 30년 전, 미국에서 1960년대부터 인공위성의 전원으로 태양광 발전을 채택하면서부터 시작되었다. 미국은 1978년 발표된 태양광 발전 국가 계획에 의해, 2000년에는 전력 수요의 20%를 충당할 계획으로 D.O.E (미국에너지성)를 중심으로 Sacramento Utility, Solarex 등의 유수회사들이 이 사업을 진행중이다. 현재 PVUSA 계획에 따라 상업화에 필요한 실증시험과 주변장치의 가격 절감 사업이 추진중이며, SOLAR2000 계획에 따라 2000년까지 1000 MW의 시스템 보급 및 설치를 위한 계획이 진행중이다.

스웨덴은 International Energy Agency (IEA)에서 진행중인 차세대 에너지 사용 기술 개발에 필요한 기술자료 도출사업의 일

환으로 각종 태양광 발전 시스템을 설치하여 운용, 시험중이다.

일본의 경우, Moon light 계획에 따라 소형 수용가형의 경우는 보급화가 실시중이며, 또한 "New Sunshine Program"에 따라 에너지와 환경보전에 대한 종합적인 기술 개발이 추진 중에 있다. 이외에도 영국, 독일, 호주, 네덜란드, 캐나다, 오스트리아 및 인도 등 세계 전역에서 연구 또는 보급화가 진행중이다.

PV NEWS 1997년 2월호에 따르면, '96년 전년 세계의 태양광 발전은 88.6MW로 잠정 집계되었다. 태양광 발전 규모는 단연 미국이 1위(약 40MW, 96년 기준)이며, 캘리포니아주에 Luz사가 건설한 태양광 발전 시스템(9개 플랜트, 총 3.68MW)이 상용 운전되고 있다. 주목할 점은 발전비용이 1kWh당 약 7cent로써 기존의 상용 전원과 경합할 수 있는 수준까지 전력 가격을 저하시켰다는 점이다. 태양광 발전 시스템은 미국에서 특히 주목되고 있으며, 향후 25년간 미국 남서부에서만 2,000MW 이상의 규모로 확대될 계획이다. 그리고 태양광 발전 분야에서 세계 2위인 일본 역시, 발전량(21.2MW, 96년 기준)을 2010년까지 50MW 이상의 규모로 확대할 계획이며, 단가를 상용전원과 경쟁력이 있도록 하겠다고 최근 보고서 등에 발표하였다.

3. 태양광 발전용 연속전지 기술 개발 현황

국내의 최대 축전지 메이커인 세방전지(주)는 '92년에 기대 수명이 1300cycles인 개방형 연속전지(SPS500)를 개발하였다. 그리고 이 전지를 개량한 SPS2700(개방형 연속전지)으로 100kw급

태양광 발전 시스템을 구성하여 충남 호도에 설치하였으며, SPS 800(개방형 연속전지)을 전남 여천군 하와도(60kw)에 설치하여 운전하고 있다.

개방형 연속전지를 사용한 태양광 발전용 시스템의 운전결과 몇 가지 문제점이 지적되었으며, 다음과 같이 몇가지의 개선 요구 사항들이 도출되었다. 첫째는 축전지의 성능 및 특성 개량, 둘째는 시스템을 구성하고 있는 장치들에 대한 기술 수준의 향상, 셋째는 시스템 실용화를 위한 저가 격화, 마지막으로 유지관리 기술에 대한 연구개발 필요성이다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해, 국내는 물론 선진국에서도 많은 연구개발이 진행 중에 있다. 축전지 측면에서 살펴보면, 이러한 용도의 전력 저장 장치로 이용되는 축전지들 가운데는 연축전지, 니켈카드뮴과 니켈철 등으로 다양한 전지가 연구 중에 있으나, 특히 적용분야도 광범위하고 효율성, 경제성 및 안정성 등의 측면에서 연축전지에 많은 연구가 진행되고 있으며, 실제 시스템에 적용되고 있다. 게다가 대부분의 나라에서는 연축전지의 공급, 서비스 및 재활용 등의 기반시설이 효율적으로 운용되고 있다. 이러한 상황은 여러해 동안 연축전지 이외의 다른 전지를 상용화하려는 많은 노력에도 불구하고 변하지 않을 것으로 보인다. 이러한 까닭에 최근에 연구되고 있는 축전지로는 개방형 연축전지를 대체할 밀폐형 연속전지에 대한 연구,개발이 활발히 진행되고 있다.

지난 97년 호주에서는, 현재까지 다른 나라에서 발표된바 없는 구체적인 연축전지의 설계 및 성능 조건과 함께, 각종 연축전지의 실증시험을 통해 오지전원용

에 밀폐형 축전지가 적합하다는 연구결과를 발표하였다. 이러한 독립형 태양광 발전용 축전지로는 격리판 합침식(AGM type)이 아닌 음극흡수식(GEL type) 밀폐형 연축전지가 유리하며, 수명은 5시간 전류(C₅)로 방전시, 방전심도(D.O.D)80%로 1200사이클 이상이어야 한다고 제시하였다.

현재 국내에서도 태양광 발전에 적합한 GEL식 밀폐형 연축전지가 개발되었다. 개발 당시의 목표는 5시간 전류(C₅)로 방전시, 방전심도(D.O.D)50%로 1000사이클 이상으로 하였으며, 현재 5시간 전류(C₅)로 방전 시, 방전심도(D.O.D)100%로 수명시험이 계속되고 있다. 현재까지의 진행 결과, 최고 성능을 유지하고 있는 전지는 1100사이클 진행중이며, 용량시험 결과 정격용량의 100% 수준이다. 또한 기존 및 신규 태양광 발전 시스템에 개발된 GEL식 밀폐형 연축전지를 사용하여 신뢰성, 안정성 및 경제성 평가 등의 보완 연구가 진행중이다.

4. 태양광 발전용 연축전지 기술개발 방향

국내의 태양광 발전 시스템 운용 결과에서의 문제점 보완하기 위한, 전력 저장 장치인 연축전지의 기술 개발 방향은 다음과 같다.

첫째는 유지보수가 불필요하거나 편리해야 한다. 개방형 전지(flooded type)의 경우 사용 중에 주기적인 보액이 필요하다. 전해액중 물의 양이 감소하면 전해액중의 황산의 함량이 상대적으로 증가하여 전지의 구성부품에 대한 부식이 가속화되어 전지의 수명을 급격히 감소하는 원인이 된다. 따라서 MF식 밀폐형 전지가

요구되며, 밀폐형 중에서도 충전 조건이 까다로운 격리판 합침식(AGM type)보다는 GEL식 밀폐전지가 더욱 유리할 것이다. 이것은 합침식(AGM type) 전지는 매우 정교한 충전이 필요하나 태양광 발전 시스템에서는 항상 충전이 정교하게 제공되지 않기 때문이다.

둘째로 과방전, 또는 급속충전 특성이 우수해야 한다. 일기가 불순하여 일조량이 부족하거나 장마가 계속되는 경우, 그리고 고정된 전지용량에 사용 부하가 증가함에 따라 과방전 가능성이 많다. 따라서 과방전이 되어도 회복되는 성능이 우수해야 한다. 현재 낙도에 설치 운용중인 태양전지의 발전량은 설치장소에 따라 다소 차이가 있으나 축전지의 만충전을 위한 일조시간이 짧다. 현재의 일조시간으로 볼 때 축전지는 4~8시간 이내에 정격용량 이상의 충전이 이루어지는 것이 요구된다.

셋째는 자기방전이 작아야 한다. 모든 전지는 전기화학적 특성상 자기방전은 필연적인 현상이나 자기방전은 연축전지의 에너지효율을 저하시키는 요인이므로 적을 수록 좋다.

넷째로 대용량이어야 한다. 현재의 국내의 태양광 발전의 운용 실태로 비추어 볼 때 상면적 효율이 높은 대용량의 축전지가 요구되고 있다. 이것은 국민생활 수준의 급속한 향상에 따라 전력 의존도가 예상보다 급격히 증가하기 때문에 부하에 따라 저장능력을 연동할 수 있도록 해야한다. 즉 개방형 전지는 현재의 건물높이에 최대 2단까지 밖에 설치할 수 없는 직립형이므로, 공간을 최대한 활용할 수 있는 position free형으로 개발하여 증설이 용이하도록 하여야 한다.

또한 대용량화는 에너지 밀도의 향상 및 밀폐화와 병행하여야 한다. 일반적으로 연축전지를 밀폐화하기 위한 전지 높이의 한계는 270mm로 알려져있다. 이러한 제한 요인은 축전지 높이에 따른 전해액 비중 차이(성층화) 문제에서 기인한다. 즉, 연축전지 내의 전해액 성층화 문제는 전극의 효율적인 사용을 방해하고, 이로 인해 전지 수명이 단축되기 때문이다. 따라서 전해액의 성층화 문제는 연축전지 대용량화의 중요 저해 요인인 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 높이에 따른 전해액의 성층화를 최소화하는 기술이 필요하다. 또한 축전지를 시스템과 패키지화하는 방법도 부하의 변동에 능동적으로 대처할 수 있는 방법이 될 수 있을 것이다.

다섯째는 저가격, 장수명이어야 한다. 태양광 발전 시스템의 보급을 위해서는 축전지를 포함한 구성 시스템의 저가격화가 필요하다. 특히 시스템의 수명이 20년 이라는 점을 감안할 때 축전지의 장수명화는 필연적이다.

여섯째로 무인화 운전이 가능해야 한다. 전지는 관리상태에 따라 그 성능과 수명이 크게 좌우된다. 현재 국내의 태양광발전 시스템이 도입되었거나 계획하고 있는 지역은 대부분 격오지 또는 낙도의 경우이다. 이러한 지역은 설치 장소의 특수성 및 경제성을 고려할 때 축전지의 전문관리인을 상주시키기에는 현실적으로 어려움이 있을 뿐만 아니라, 장차 이러한 발전시스템의 보급이 확대될 경우에는 더욱 심각한 문제가 될 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 원격감시 및 무인운전이 가능하도록 전지 성능의 균일화 기술 개발이 필요하다. 즉, 전지간의 성능편차가 없이 충방전에 따른 전지 특성이

유사하거나 같다면 원격감시나 무인화시스템의 도입이 유리할 것이다.

5. 결 론

태양광 발전의 전력 저장 장치로 사용되는 축전지는 일반 축전지에 비하여 연속적인 과충전과 과방전 상태가 빈번하게 일어나는 광범위한 변화 조건에서 사용된다. 온도범위는 사막이나 극지방에서와 같은 조건이 아닌 국내에서 사용될 경우, 다른 일반적인 축전지와 같다고 하겠다. 이러한 광범위한 조건에서 신뢰성 있는 전지성능은 전지설계에 있어서 매우 중요하다. 현재 정부의 대체에너지 사업의 일환으로 개발이 추진되어온 국내의 태양광 발전용 연축전지 기술 수준이 5시간 전류(C₅)로 방전 시, 방전심도(D.O.D)100%로 1100사이클 이상으로 국제 수준과 비교하여 동등내지 동등 이상의 성능을 내고 있다. 축전지는 사용하는 방법에 따라, 장비의 특성에 따라 기대

수명은 천차만별이다. 예를 들면 국내의 태양광 발전시스템은 대체로 부조일을 3일 또는 4일로한 설계를 표준으로 하고 있으며, 시스템의 설계시 축전지의 이론적 방전심도를 50%~80% 수준으로, 충전량은 부족 충전되는 것을 피하기 위하여 전지의 특성을 무시한 채 언제나 최대 전압으로 설정하고 있다. 따라서 봄 가을에는 과충전 상태로, 겨울과 여름, 특히 여름철에는 과방전상태가 장시간 유지되고 있다. 따라서 축전지를 더 오래 사용할 수 있음에도 불구하고 급격히 수명이 단축되고 있다. 이런 현상은 바람직하지 못하며, 개선되어야 할 사항이다.

다음으로는 모든 공산품이 그러하듯이 개발이 완료되고나면 더 이상의 관심이 없다. 따라서 더 이상의 기술개발이 이루어지지 않고 급기야 그 성능은 초기 수준이하로 서서히 하락하게 되고 결국에는 퇴출되고 만다. 다

행스럽게도 태양광 발전 시스템의 에너지 저장용으로 사용되는 연축전지의 경우에는 기존의 문제점을 보완하여 유지보수가 불필요한 장수명 밀폐형 전지로 다시 태어나고 있다. 이렇듯 지속적인 관심과 투자만이 부존자원이 부족한 우리나라의 경쟁력을 높이는 길이 아닐까 생각된다. 현재 국내외의 연축전지업계에서는 급속 충전 기술, 고에너지 밀도화 기술, 장수명화 기술 등과 더불어 가격의 저감화 기술 개발을 가속화하고 있다. 본 문에서 소개한 GEL식 기술은 비록 국내에서는 다소 생소한 기술이지만 많은 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 이용분야가 넓고 개발의 여지가 많은 기술이다. 이 기술을 이용한 밀폐형 연축전지의 제조 기술이 국내에 보급되었고, 또한 기술 개발이 가속화 되고있기 때문에 머지 않아 더욱 경제적이고, 고효율의 우수한 전력 저장 장치로 각광받을 것을 확신한다.

< 이준신 위원 >