

PVCROPS: EL PROYECTO EUROPEO QUE LIDERA LA ALTA PENETRACIÓN FOTOVOLTAICA EN LAS REDES ELÉCTRICAS EUROPEAS

PVCROPS ES EL ACRÓNIMO DEL PROYECTO DE REFERENCIA EN EUROPA SOBRE LA ALTA INTEGRACIÓN DE POTENCIA FOTOVOLTAICA EN LAS REDES ELÉCTRICAS DEL CONTINENTE. ESTE PROYECTO ESTÁ LIDERADO POR EL GRUPO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DEL INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID Y AGRUPA A 11 INSTITUCIONES DE 7 PAÍSES DISTINTOS. SU PRESUPUESTO ES DE MÁS DE 6 MILLONES DE EUROS. SU COORDINADOR, EL PROFESOR DE LA ETSIST LUIS NARVARTE, FUE GALARDONADO CON EL PREMIO MADRI+D POR SU CONSECUCCIÓN.

El objetivo del proyecto es doble. Por un lado, reducir en un 30% el coste de la electricidad fotovoltaica para hacerla competitiva, no solo con el coste de comercialización de las compañías eléctricas (que ya lo es en la actualidad), sino también con el coste de generación, lo que implica bajar de los 7c€/kWh. El precio de generación de la electricidad a partir de fuentes convencionales ha oscilado, en el último decenio, entre los 3,5 c€/kWh y los 7 c€/kWh. Para que la electricidad fotovoltaica alcance este rango de precios, PVCROPS está desarrollando herramientas que permitan optimizar el diseño de los sistemas fotovoltaicos en su fase de preparación, especificaciones técnicas y procedimientos de control de calidad para la fase de instalación, y procedimientos de detección automática de fallos para la fase de operación, que permitan maximizar su eficiencia y productividad. Con estos desarrollos esperamos aumentar en un 10% la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

Y por otro lado, alcanzar penetraciones de potencia fotovoltaica en los sistemas eléctricos europeos del 30%. Actualmente, la electricidad fotovoltaica representa, en media el 3% de la electricidad consumida en Europa. Una de las principales barreras para su extensión masiva es su variabilidad debido, tanto a los ciclos día-noche, como a las intermitencias por el paso de nubes. La estabilidad del sistema eléctrico está ligada al ajuste instantáneo entre generación y consumo, por lo que esta variabilidad representaría una amenaza para el gestor del sistema en el caso de que su potencia respecto al conjunto fuera significativa. PVCROPS prevé el desarrollo de herramientas de predicción de dicha variabilidad, métodos para su mitigación y desarrollos tecnológicos para la gestionabilidad de las plantas fotovoltaicas, basados en la integración de baterías de distintas tecnologías (plomo-ácido, ión-litio y baterías de flujo redox).

El impacto social para Europa de estos objetivos va más allá de una cuestión medioambiental. Uno de los principales problemas europeos es la dependencia de recursos energéticos del exterior. 23 de los 27 países de la Unión Europea tienen una dependencia del petróleo externo de más del 90%, mientras que la Unión en su conjunto importa el 30% de su gas de Rusia. Así, el riesgo que, desde este punto de vista, supone el actual conflicto ucraniano no es más que un botón de muestra de este grave peligro. La alta proporción de generación eléctrica fotovoltaica reduciría esta dependencia y, con ello, el riesgo de inestabilidad social y política.

PVCROPS tiene también un gran impacto sobre la economía europea. El descenso de los precios de los módulos fotovoltaicos (que se han dividido por 7 en los 5 últimos años gracias a la economía de escala y a la competencia procedente de China) no sólo ha permi-

PVCROPS: THE LEADING EU PROJECT FOR HIGH PV INTEGRATION INTO EUROPE'S ELECTRICAL GRIDS

PVCROPS IS THE ACRONYM FOR EUROPE'S BENCHMARK PROJECT ON THE ENHANCED INTEGRATION OF PV ENERGY INTO THE CONTINENT'S ELECTRICAL GRIDS. THIS PROJECT IS HEADED UP BY THE PV SYSTEMS GROUP AT UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID'S SOLAR POWER INSTITUTE AND BRINGS TOGETHER 11 INSTITUTIONS FROM 7 DIFFERENT COUNTRIES. THE PROJECT HAS A BUDGET OF MORE THAN 6M€ AND IS COORDINATED BY ETSIST PROFESSOR LUIS NARVARTE WHO HAS RECEIVED THE MADRI+D AWARD FOR ITS ACHIEVEMENT.

The project has a dual objective. On one hand, it aims to reduce the cost of PV electricity by 30% to make it competitive, not only its commercialisation cost for the utilities (that is already competitive) but also as regards the generation cost, bringing it down to 0.07c€/kWh. The electricity generation price based on conventional sources has oscillated over the past decade between 0.035€/kWh and 0.07€/kWh. For PV electricity to achieve this price range, PVCROPS is developing tools to optimise the design of photovoltaic systems during their preparation

phase; technical specifications and quality control procedures for the installation phase; and automatic fault detection procedures for the operational phase. These developments will all maximise its efficiency and productivity, with an expected increase in the efficiency of photovoltaic systems of 10%.

On the other hand, the project seeks to achieve 30% penetration by PV energy into Europe's electrical systems. PV electricity currently represents an average of 3% of the electricity consumed in Europe. One of the main obstacles to its massive deployment

it is variability, as a result of day-night cycles and intermittency caused by passing clouds. The stability of the electrical system is linked to the instant adjustment between generation and consumption, so fluctuations represent a threat for the system manager in the event its capacity as regards the overall demand is significantly impacted. PVCROPS aims to develop prediction tools to handle these variations, methods for their mitigation and technological developments regarding the dispatchability of the PV plants, based on the integration of batteries that use different technologies (lead-acid, Li-ion and redox flow).

The social impact for Europe of these objectives already goes way beyond a simply environmental issue. One of the main problems facing Europe is its dependency on external energy resources: 23 of the 27 EU member states have an external dependence on petroleum of over 90%, while the Union as a whole imports 30% of its gas from Russia. So from this point of view, the risk represented by the current conflict in Ukraine is no more than a microcosm of this serious danger. Higher integration of PV electricity generation would reduce this dependence and with it, the risk of social and political instability.

PVCROPS also has a high level of impact on the European economy. The drop in the cost of photovoltaic modules (that has come down 7-fold over the last 5 years thanks to the economies of scale and competition from China) has not only allowed PV electricity to compete with fossil fuel energy sources, but has



tido que la electricidad fotovoltaica pueda ser competitiva con las fuentes fósiles de energía, sino que ha provocado que la proporción de su coste sobre el total del sistema descienda bruscamente.

Así, es cierto que la industria china se ha impuesto en el mercado de los módulos fotovoltaicos, pero Europa puede mantener su liderazgo en la industria fotovoltaica precisamente porque el valor añadido de los sistemas fotovoltaicos ya no reside en los módulos sino en otros ámbitos como la ingeniería de su uso y aplicación. Por tanto, empleo de alta calidad y conocimiento pueden seguir residiendo en los países europeos.

Para conseguir estos objetivos hay que hacer progresos técnicos que es lo que da sentido a PVCROPS. Como ya se ha mencionado, el principal de ellos es evitar las perturbaciones que se pueden provocar en el sistema eléctrico debido al carácter intermitente de la potencia solar. La alta penetración fotovoltaica solo será posible si se resuelve este problema. PVCROPS no solo aspira a eso sino a convertir la energía solar en una colaboradora fiel del operador de la red (en España, Red Eléctrica), dándole soporte cuando lo demande.

Para ello, PVCROPS ha abierto varias líneas de investigación:

La caracterización, predicción y mitigación pasiva de las fluctuaciones de potencia fotovoltaica:

Para que las plantas fotovoltaicas dejen de ser “peligrosas” para el sistema y para que, los pocos días al año que lo sean, se puedan predecir y establecer los procedimientos de protección adecuados. PVCROPS ya ha desarrollado tanto métodos paramétricos como no paramétricos (basados en machine learning) que permiten predecir estas fluctuaciones con una antelación de 6 a 72h.

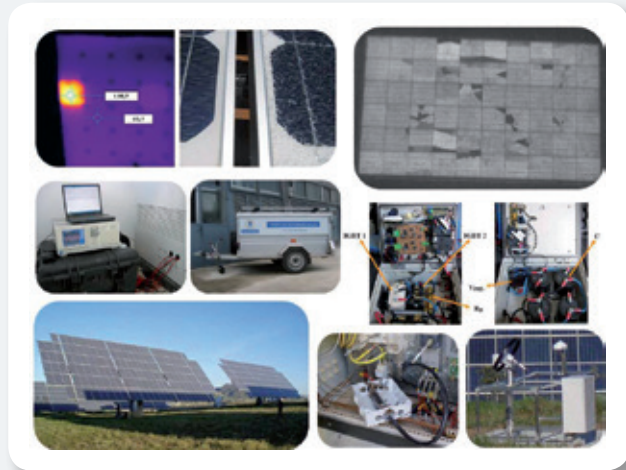
La integración de sistemas de acumulación en las centrales fotovoltaicas para mitigar de forma activa dichas fluctuaciones:

Para que las plantas fotovoltaicas puedan ser gestionables, es decir, colaborar con el operador del sistema incrementando o reduciendo su potencia a su demanda, sin perjudicar la productividad de las mismas. PVCROPS ha implementado, por primera vez en el mundo, con baterías de flujo redox de vanadio (muy duraderas y que se adaptan muy bien a aplicaciones que requieren baja potencia pero alta acumulación de energía), y también con baterías de ion-litio (complementaria de la anterior: mucha entrega de potencia con bajos requisitos energéticos). Los primeros resultados muestran que, si bien el coste de las baterías es alto, se compensa porque la capacidad de acumulación que se necesita para mitigar las fluctuaciones es pequeña.

Desarrollo de estrategias de gestionabilidad de la energía solar producida.

Además de la mencionada para mitigar fluctuaciones, se están desarrollando otras que permiten responder a necesidades de la red, ajustar la inyección de la electricidad según el precio que tiene en el mercado y responder a cortes súbitos de la red.

Otro de los progresos está en aumentar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos mediante la detección de fallos de operación que, o bien permanecen ocultos si no se hacen grandes inversiones de operación y mantenimiento, o bien son difíciles de detectar por el carácter descentralizado de este tipo de sistemas. Piénsese que un solo instalador en Centroeuropa puede gestionar más de 10.000 instalaciones en un territorio que no supera al de la Comunidad de Madrid. Esto está suponiendo pérdidas de eficiencia de más del 10% con respecto a un sistema que funcionara correctamente. PVCROPS, aunque solo está en el ecuador de su tiempo total de ejecución, ya ha desarrollado herramientas automáticas para detectar estos fallos, reduciendo exponencialmente los costes de operación y mantenimiento. Para ilus-



resulted in the proportion of its cost compared with the system as a whole, experiencing a sharp decline.

Although it is true that Chinese industry has entered the PV modules market, Europe can maintain its leadership in the photovoltaic industry precisely because the added value contributed by PV systems no longer lies in the modules themselves but in other areas such as the engineering behind their use and application. As such, the use of high quality and knowledge continue to reside in European countries.

To achieve these objectives, technical progress has to be made and this is the *raison d'être* for PVCROPS. As already mentioned, its main aim is to avoid the fluctuations that can arise in the electrical system due to the intermittent nature of solar power. A high level of PV integration will only be possible if this problem is solved. PVCROPS not only aspires to this but also to converting solar power into a real partner for the network (in Spain, this is Red Eléctrica) providing support when required.

For this, PVCROPS has opened various lines of research:

The characterisation, prediction and passive mitigation of fluctuations in PV capacity:

To ensure that PV plants stop being a “danger” to the systems and to predict and specify adequate protection procedures on the few days during the year when this is necessary. PVCROPS has already developed both parametric and non-parametric methods (based on machine learning) that can predict these fluctuations 6 to 72 hours in advance.

The integration of accumulation systems into PV plants to actively mitigate such fluctuations:

To ensure that PV plants are dispatchable, in other words, the ability to collaborate with the system operator to increase or reduce output to meet demand without jeopardising productivity. By using vanadium redox batteries (very long-lasting solutions and well-adapted to applications that require a low output but a high accumulation of energy) and also lithium-ion batteries (as a complement) PVCROPS has, for the first time in the world, implemented a high delivery of capacity with low energy requirements. The first results show that, even though the cost of the batteries is high, this is compensated because the accumulation capacity required to mitigate fluctuations is small.

Development of dispatchability strategies for the solar power produced.

In addition to mitigating fluctuations, other strategies are being developed to respond to the needs of the grid, adjusting



trarlo, el mantenimiento distribuido actual se basa en la recepción de avisos por parte de los propietarios de un “tejado fotovoltaico”, el desplazamiento de un equipo de mantenimiento que inspecciona la instalación y la repara. En más del 50% las alarmas son falsas, lo que significa un sobrecoste para el propietario. Y en el otro 50%, el coste de la reparación está mucho más determinado por el tiempo de desplazamiento y por el de la diagnosis de la avería que por la reparación en sí. Por otro lado, hay fallos que permanecen ocultos al propietario, pero que están provocando una subproducción del sistema. La herramienta generada por PVCROPS se basa en un webservice que, a partir de las lecturas del contador de la instalación, detecta remotamente los fallos y diagnostica su causa. Esto evita el coste de las falsas alarmas, reduce los desplazamientos a los imprescindibles, y limita la intervención a la reparación, pues el diagnóstico es previo y automático. Esta herramienta, y otras ya desarrolladas por el proyecto, están accesibles en su web www.pvcrops.eu

Pero no son sólo herramientas software el objeto de PVCROPS: el hardware, las medidas en campo, la caracterización, el modelado, y la propuesta de procedimientos de control de calidad para la “bankabilidad” de los proyectos son otros pilares fundamentales del proyecto. La industria fotovoltaica ha cambiado de escala y, por tanto, también sus esquemas de financiación, ahora mucho más complejos y asociados a certificaciones sobre la calidad de ejecución y operación de los proyectos. PVCROPS está desarrollando equipos y métodos de medida que permitan realizar controles de calidad en la escala de tiempo que exigen promotores y financiadores, y que requieren nuevos factores de mérito de la calidad que puedan ser fácilmente medidos y tomados en cuenta en marcos contractuales.

Nuevos tiempos han llegado al mundo de la investigación, y PVCROPS no es ajeno a ellos. Trece de los diecinueve resultados previstos por el proyecto son comercializables, y actualmente se está trabajando en el desarrollo de modelos de negocio y de planes de explotación. Ya se han realizado tres patentes y se ha constituido una spin-off (WebPV) que está explotando productos derivados de la detección automática de fallos en sistemas fotovoltaicos distribuidos. Además, resultó ganadora de la competición de creación de empresas que organiza esta universidad. Una de las últimas patentes ha sido el resultado lateral de una de las líneas de investigación y que permite comercializar datos de radiación en cualquier punto de Europa con tanta precisión como los ofrecidos por estaciones meteorológicas terrestres, con tanta cobertura espacial como los que ofrecen los satélites, pero con un coste diez veces menor, gracias al uso de los propios tejados fotovoltaicos distribuidos como sensores de radiación.

El compromiso con la sociedad, a través de aumentar la competitividad de sus empresas, es una clave muy presente ahora en este tipo de proyectos y por el que se evaluará al nuestro. La tecnología fotovoltaica ha mostrado su potencial en Europa aunque, circunstancialmente por motivo de la crisis, este mercado pase por horas bajas. Sin embargo, la tendencia es imparable y otros mercados se están abriendo en Brasil, México, Sudáfrica, Australia, etc., donde las empresas europeas pueden competir haciendo uso, entre otros, de los resultados de nuestro proyecto.

the injection of electricity according to its market price and responding to sudden grid outages.

Another of the advances made has been the increase in the efficiency of the PV systems by detecting operational faults that either remain hidden unless significant O&M investments are made or are hard to identify due to the decentralised nature of this type of systems. One single installer in Central Europe can manage more than 10,000 installations in a territory that is no larger than the Autonomous Community of Madrid. This represents efficiency losses of more than 10% compared to a system that works correctly. Even though it is still half-way through its full execution period, PVCROPS has already developed automated tools to detect these faults, exponentially reducing O&M costs. By way of illustration, distributed maintenance is currently based on receiving alerts from the owners of a “PV roof”, after which a maintenance team travels to the site to inspect the installation and repair it. In more than 50% of cases, the alarms are false which means excessive costs for the owner. And as regards the other 50%, the cost of the repair is far more determined by the travel time and by the breakdown diagnosis than by the repair itself. On the other hand, there are faults that the owner does not see that are caused by the system under-producing. The tool generated by PVCROPS is based on a web service that, based on the installation’s meter readings, remotely detects faults and diagnoses their cause. This avoids costly false alarms, reduces unnecessary journeys and limits the intervention to its repair, given that the diagnosis takes place automatically and in advance. This tool, and others already developed by the project, can be accessed via its website www.pvcrops.eu

But PVCROPS’s goals are not only software tools: hardware, field measurements, characterisation, modelling and the proposal for quality control procedures for the “bankability” of the projects are all fundamental project values. The PV industry has changed scale and so have its financing schemes that are now far more complex and associated with certifications for the quality of the execution and operation of the projects. PVCROPS is developing measuring equipment and methods that allow the real time quality controls to be carried out that are required by developers and financiers, and that require new factors to measure quality that can be easily quantified and taken into account within contractual frameworks.

New times have arrived in the world of research, and PVCROPS is keeping pace with them. Thirteen of the nineteen results expected to be achieved by the project can be commercialised and the team is currently working on the development of business models and operating plans. They have already undertaken three patents and have set up a spin-off (WebPV) that is developing products deriving from the automatic fault detection tool for distributed PV systems. In addition, it was the winner of the business entrepreneurship competition organised by UPM. One of the latest patents has been the secondary outcome of one of the research lines which allows the commercialisation of radiation data anywhere in Europe with as much precision as that offered by land-based meteorological stations, with spatial coverage provided by satellites but at a cost that is ten times lower thanks to the use of the PV roofs arranged as radiation sensors.

The commitment to society, by increasing the competitiveness of its companies, is very much at the forefront of this type of projects and is one of its added values. PV technology has demonstrated its potential in Europe even though this market has experienced stagnation as a result of the crisis. However, the trend is unstoppable and other markets are opening up in Brazil, Mexico, South Africa, Australia, etc., where European businesses can compete by using the results of PVCROPS.