

BOMBAS FUNCIONANDO COMO TURBINAS PARA LA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

Juan Antonio Rodríguez Díaz - Profesor Titular de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Córdoba y miembro de AERYD

En redes de distribución de agua de riego presión es necesario garantizar un caudal determinado y una presión mínima a todos los hidrantes. En la práctica, esto implica que la regulación de la altura manométrica en los bombeos se haga en función de los hidrantes más desfavorables, ocasionando un exceso de presión en el resto. Por esto, se hace necesaria la instalación de válvulas reguladoras de presión que permitan proteger las infraestructuras hidráulicas y los sistemas de riego de las sobrepresiones existentes en gran parte de la red.

Además, es habitual que este tipo de redes se organicen a la demanda, lo que significa que el agua está continuamente disponible para el regante. Esto implica que los agricultores pueden abrir y cerrar sus hidrantes según sus necesidades, lo que hace que los caudales circulantes en la red sean muy variables y difíciles de predecir. Por otro lado, dado el carácter estacional del riego, mientras que en unos meses las demandas de agua son muy altas en otros son prácticamente nulas.

El aprovechamiento de los excesos de presión en redes de distribución de agua para la producción de energía eléctrica ha dado lugar a muchos estudios y propuestas de soluciones. Estas propuestas están basadas en la incorporación de turbinas que habitualmente reemplazan válvulas reguladoras de presión y aprovechan las condiciones de caudal y presión para producir electricidad. Dada la situación actual del regadío, en el que la dependencia energética es muy elevada y la electricidad consumida en los bombeos representa por término medio el 40% de los costes del agua, cualquier iniciativa encaminada a reducir la demanda de energía es de máximo interés. La recuperación de energía hidráulica

podría conducir a diversos beneficios ambientales y económicos tales como la reducción de los costes asociados a la producción de alimentos y de las emisiones de gases de efecto invernadero.

No obstante, las turbinas convencionales presentan el inconveniente de su alto coste, especialmente para pequeñas potencias (dentro del rango de la energía micro-hidráulica 5 a 100 kW, habitual en este tipo de redes), lo que dificulta la instalación y amortización de los equipos. Una alternativa para dicho aprovechamiento es el uso de las bombas funcionando como turbinas o PATs (del inglés Pump as Turbines), las cuales consisten en bombas hidráulicas funcionando de forma inversa a la convencional. La gran ventaja de las PATs como tecnología rentable para las soluciones micro-hidráulicas reside en su bajo coste, alrededor del 10% de las turbinas convencionales para este rango de potencia. Las PATs ofrecen un alto rendimiento bajo condiciones de máxima eficiencia (caudal y presión), pero su rendimiento cae drásticamente cuando los caudales varían del óptimo. Esto contrasta con las situaciones habituales de las redes de distribución de agua de riego en las que las oscilaciones de caudales circulantes son frecuentes. Por ello las condiciones de trabajo de las PATs deben ser reguladas para asegurar que siempre funcionan en puntos de máxima eficiencia.

Para regular las condiciones de trabajo, en los últimos años se han realizado diversos estudios que básicamente proponen dos tipos de regulación: eléctrica e hidráulica. La regulación hidráulica usa un esquema en by-pass, gracias al cual se deriva parte del flujo en la tubería y se regulan las condiciones de entrada a la PAT mediante válvulas de control. La PAT funcionaría en paralelo a una válvula reductora de presión, que se encarga de regular la presión de salida del by-pass. Este esquema es muy adecuado para redes donde se encuentren válvulas reductoras previamente instaladas. Por el contrario, mediante la regulación eléctrica, se usa un variador de frecuencia para regular la velocidad de rotación del generador, adaptándose en cada momento a las condiciones existentes en la red.

Por tanto, la instalación de una PAT permitiría lograr dos objetivos: por un lado, se reducirían los excesos de presión en la red y por otro, se genera electricidad que puede ser usada para alimentar diversos dispositivos (sensores, sistemas de control, inyectoras de fertilizante, etc.) e incluso, en caso de que sea posible, verter a la red eléctrica y obtener un beneficio económico por la venta de energía.

Con el objetivo de mostrar el potencial de esta tecnología en los distintos sectores usuarios del agua, en los últimos años se ha desarrollado el proyecto REDAWN (Reducing Energy Dependency in Atlantic Area Networks),



Localización de la planta piloto en Cortijo Calonge (Palma del Río, Córdoba)

dentro del programa Interreg Atlantic Area y en el que participan tres organizaciones españolas: la Universidad de Córdoba (UCO), Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía (FERAGUA) y la Fundación Asturiana de la Energía (FAEN), junto a varias organizaciones de otros cinco países europeos. Dentro del mismo se han implementado varias experiencias piloto para los sectores del suministro de agua potable, industria y riego. Los detalles se pueden consultar en la página web del proyecto: www.redawn.eu

El caso del riego consistió en la instalación de una PAT para la recuperación de energía en una red de riego a la demanda, en la finca Cortijo Calonge ubicada en Palma del Río (Córdoba), dentro de la Comunidad de Regantes del Canal de la Margen Izquierda del Genil (GMI) (Imagen 1). La finca regaba mediante un solo hidrante una superficie de aproximadamente 170 ha con nogales como único cultivo, con un caudal de diseño de 1.2 L/s/ha. La finca además contaba con dos válvulas reductoras de presión, dada la alta presión de entrada al hidrante, por encima de los 60 m. Antes de esta actuación, dado que no se tenía acceso a la red eléctrica, la finca empleaba un generador diésel de 6 kVA para el suministro energético requerido durante la actividad, debido a la falta red eléctrica en los alrededores. Los dispositivos alimentados por el generador incluían: dos bombas inyectoras, 78 electroválvulas para un sistema de filtrado previo a los goteros y un compresor para operaciones de mantenimiento. La demanda máxima de energía en la finca considerando todos los dispositivos trabajando simultáneamente era de 3.6 kW.

El diseño final de la planta consistió en una PAT de 4 kW, instalada en un *by-pass* de 150 mm de diámetro, derivando solo el caudal requerido para la generación de esta potencia (Imagen 2). El caudal y presión nominal requeridos era de 30 L/s y 20 m. Para asegurar el suministro de energía en caso de mantenimiento o falta de caudal o presión, se

instaló un banco de cuatro baterías de gel. De esta manera, el regante aseguraba tener una reserva energética ante cualquier incidente. Para asegurar que la PAT trabajase siempre en un punto de funcionamiento óptimo, se instaló una válvula reductora de presión en la entrada de la turbina, de tal manera que las condiciones de trabajo pudiesen ser controladas hidráulicamente, manteniendo el rendimiento en valores máximos.

La construcción de la planta se realizó durante el mes de marzo de 2019, entrando en funcionamiento en abril, justo al inicio de la campaña de riego. El tiempo total de operación registrado entre mayo y septiembre fue de 2443 horas, a lo que se debe sumar el tiempo de riego en abril (no registrado). La energía total demandada en este período ascendió a 222 kWh, suministrada en su totalidad por la instalación. El volumen de diésel ahorrado fue estimado en 2932 litros. Teniendo en cuenta el precio promedio durante abril y septiembre de 2019 (0.77€), el ahorro económico fue de 2258€.

Esta tecnología PAT permitió reemplazar un generador diésel por una energía limpia, más cómoda de usar y más barata (actualmente con un coste de instalación entre 2 y 2.5 €/W). Los beneficios ambientales, únicamente en la campaña 2019, se estimaron en 9 t de CO₂ con la consiguiente reducción de la huella de carbono de la producción agrícola, lo cual representa una clara ventaja comercial como explotación agraria sostenible. Por todas estas razones, la energía micro-hidráulica es una tecnología de gran potencial para suministrar energía limpia y barata en puntos sin acceso a la red eléctrica en el sector del regadío.

AGRADECIMIENTOS

A los investigadores y profesores Miguel Crespo Chacón, Jorge García Morillo y Aonghus McNabola por su participación en el desarrollo de este trabajo. ■



Esquema de la instalación de la PAT en *by-pass* en el hidrante.