

Introducción a las baterías de flujo redox de vanadio (VBFR) y su monitorización

Iulian O. Popa, Álvaro Ibáñez Casao, Pablo Pastor-Flores, Félix Barreras

Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC), CSIC

María de Luna, 10, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976 50 65 20, e-mail: iulian.popa@csic.es

Resumen

En el marco de cambio de modelo de producción energética, son necesarios sistemas de almacenamiento para mitigar la intermitencia de las fuentes renovables. Las baterías de flujo redox (BFR) son dispositivos electroquímicos que permiten acumular energía y distribuirla cuando sea necesario. Este trabajo presenta una visión general sobre esta tecnología.

Introducción

Las baterías de flujo redox son un tipo de dispositivo de almacenamiento electroquímico desarrollado en los años 80, la cual se está empezando a implantar como una solución al problema de almacenamiento de energías proveniente de fuentes renovables a gran escala. En la actualidad existen instalaciones de demostración del orden de decenas de MW / MWh en Japón, China o Australia [1]. En estos dispositivos, la energía se acumula en forma de especies activas disueltas en los electrolitos líquidos (positivo y negativo) contenidos en dos depósitos independientes.

Durante la operación del dispositivo, de forma cíclica y continua estas disoluciones son bombeadas a través de un circuito de tuberías desde los depósitos hasta el reactor. A su paso por éste tienen lugar los distintos procesos electroquímicos, tras lo cual los electrolitos retornan a sus tanques de origen (Figura 1). Las características principales de esta tecnología en comparación con otras más asentadas como pueden ser las baterías de ion-Litio o de Plomo-ácido se presentan en la Tabla 1.

Caracterización electroquímica

La unidad mínima que compone un reactor de este tipo se denomina celda, compuesta por una semicelda positiva y otra negativa. A su vez, un determinado número de celdas pueden agruparse para formar lo que se conoce como *stack*. La Figura 2 muestra una

vista explosionada de una celda BFR. Los componentes fundamentales son los siguientes:

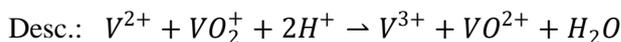
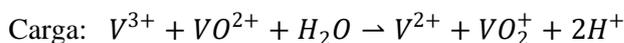
Electrodos: Son el medio físico en el cual se desarrollan las reacciones electroquímicas.

Membrana: Permiten la migración de iones entre las semiceldas, para mantener equilibrada la carga eléctrica global.

Marcos de flujo: Se encargan de distribuir los electrolitos en el reactor de forma adecuada.

Placas bipolares: Se encargan de conectar eléctricamente dos celdas contiguas, y, en las terminales, ejercen la función de bornes.

Dentro de los distintos tipos de BFR, uno de los más extendidos son las baterías de flujo redox todo-vanadio (VBFR), cuya química se basa en pares redox de cuatro especies de vanadio. Las reacciones globales que tienen lugar son:



Caracterización eléctrica

La potencia de las baterías de flujo redox está determinada por el tamaño de los electrodos, así como por la densidad de corriente que puede extraerse del intercambio iónico en la membrana. Comercialmente, se llegan a obtener densidades de corriente de entre 80 – 100 mA/cm². Por otra parte, la capacidad de la batería depende del volumen de electrolito que se almacena en los tanques, así como de la concentración de vanadio. Esta es una de sus principales ventajas, ya que la capacidad y la potencia se encuentran desacopladas y se pueden dimensionar de forma independiente.

Para las celdas se obtiene una curva característica de tensión en circuito abierto (OCV) que depende de la concentración del electrolito. Para configuraciones comerciales, ésta varía entre 0.8 V - 1.8 V.

Arquitecturas de ESS VBFR

Para trabajar con este tipo de tecnología y formar un sistema de almacenamiento de energía a gran escala (ESS) se realizan *stacks* de varias celdas en conectados en serie eléctricamente y, generalmente, en paralelo hidráulicamente. A esto hay que añadir un sistema de gestión y control de la batería (BMS) y una arquitectura de potencia como se muestra en la Figura 3.

Cabe destacar que la eficiencia energética de estas baterías es directamente dependiente de factores del sistema como es el consumo de las bombas hidráulicas. Durante la carga y la descarga de la batería es necesario variar el caudal de la instalación para alcanzar los diferentes estados de carga (SOC). Para minimizar el consumo del sistema se pueden incluir variadores de frecuencia para modificar el punto de operación de las bombas y por tanto el caudal. Al igual que en otras tecnologías, como en ion-Litio, se monitorizan la temperatura y las tensiones de las celdas. Sin embargo, es necesario incluir otros sistemas de seguridad como sensores de presión para conocer el estado del circuito hidráulico y prever posibles obturaciones que degraden la batería, así como caudalímetros para medir el flujo de electrolito.

Tabla 1. Comparación de tecnologías [2]

Característica	Plomo-ácido	Li-ion	VRB
Densidad de energía (Wh/kg)	25-50	75-200	10-20
Densidad de potencia (W/kg)	75-300	500-2000	80-150
Ciclo de vida	<1000	<5000	>15000
Coste (\$/kWh)	100-300	300-2500	650-1000
Eficiencia (%)	75-85	85-97	65-80
Auto descarga	Baja	Media	Despreciable

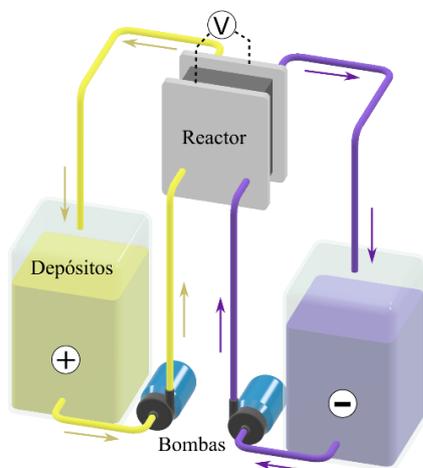


Fig. 1. Esquema de funcionamiento de una BFR

Conclusiones

Se han presentado los fundamentos electroquímicos, eléctricos y de implantación en EES de las BFR remarcando las propiedades químicas principales, así como las partes físicas que constituyen una celda.

Este tipo de tecnología resulta muy atractiva dada su larga vida útil, la posibilidad de configurar ESS escalables con potencia y capacidad desligadas, así como la amortización del electrolito, que es un producto con valor después de su uso.

REFERENCIAS

- [1]. SÁNCHEZ-DÍEZ, E., et al. Redox flow batteries: Status and perspective towards sustainable stationary energy storage. *J. Power Sources*, 2021, vol. 481, p. 228804. Available from: doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228804.
- [2]. HE, W., et al. Technologies and economics of electric energy storages in power systems: Review and perspective. *Advances in Applied Energy*, 2021, vol. 4, p. 100060. Available from: doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100060

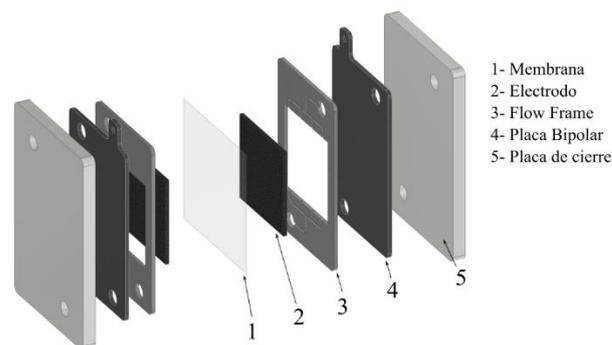


Fig. 2. Vista explosionada de una celda de BFR.

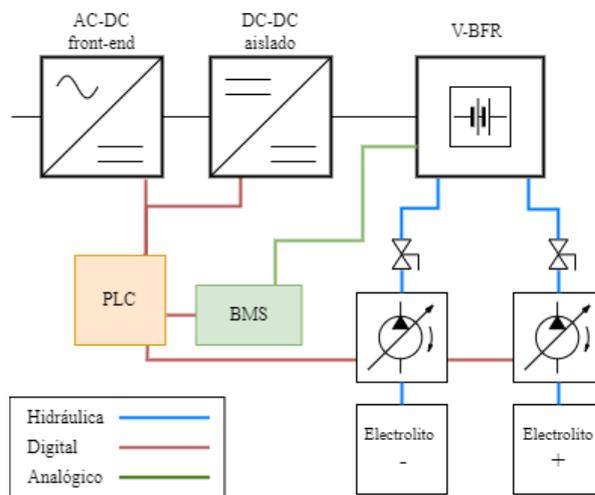


Fig. 3. Arquitectura de integración de una BFR completa

