

Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS)

Un enfoque integral para la protección contra incendios



Los Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS) están transformando fundamentalmente el panorama energético global. Al capturar y almacenar energía de fuentes renovables como la solar y la eólica, los BESS proporcionan la estabilidad y flexibilidad necesarias para modernizar la red, haciendo que la energía sostenible sea tanto confiable como escalable. A medida que se intensifica el impulso hacia la descarbonización y la resiliencia de la red, estos sistemas se han convertido en un pilar vital de la infraestructura energética del siglo XXI.

Sin embargo, a medida que las instalaciones de BESS crecen tanto en escala física como en complejidad técnica, implementar una estrategia sofisticada de protección contra incendios, de múltiples capas, ya no es opcional; es un requisito crítico para una operación segura.

Tendencias y factores del mercado

La adopción del BESS se está acelerando debido a varios factores clave:

- **Equilibrio de energías renovables:** Mientras que la energía solar sigue un ciclo diario predecible, la energía eólica es inherentemente variable. Los BESS cierran esta brecha al “estabilizar” la producción renovable, almacenando el excedente de electricidad durante los picos de producción y liberándolo cuando la demanda aumenta o la generación natural disminuye.
- **Estabilidad de la red:** Más allá del simple almacenamiento, los BESS actúan como un amortiguador que ayuda a los proveedores de servicios públicos a equilibrar la oferta y la demanda en tiempo real.
- **Infraestructura crítica y UPS:** Más allá de la escala de servicios públicos, los BESS sirven como un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) de alta capacidad. Proporcionan protección de respaldo esencial para instalaciones de misión crítica, como centros de datos, asegurando la continuidad operativa durante fallas de la red.

Tendencias y adopción del mercado global

Los datos de la Administración de Información Energética de EE.UU. (EIA) destacan el extraordinario ritmo de despliegue de los BESS. Solo en Estados Unidos, la capacidad de almacenamiento en baterías aumentó un 65 % en el primer trimestre de 2025 en comparación con el mismo período del año anterior, lo que refleja un cambio masivo hacia el almacenamiento de energía localizado.

Este crecimiento agresivo se refleja a escala global, con muchos países, especialmente en las regiones de Asia-Pacífico y Medio Oriente, invirtiendo masivamente en el desarrollo de infraestructura y promoviendo con fuerza la independencia energética. Estas tendencias subrayan un consenso global: el almacenamiento a gran escala es el catalizador esencial para la próxima generación de distribución de energía.

Baterías de iones de litio (BIL)

Aunque existen diversas tecnologías de almacenamiento de energía, las baterías de iones de litio (BIL) se han convertido en el estándar de la industria para aplicaciones BESS.

En su núcleo, estas baterías consisten en un ánodo y un cátodo, separados por un separador físico y sumergidos en un electrolito líquido conductor. El sistema funciona mediante el movimiento de iones de litio. Durante la descarga, los iones se mueven a través del electrolito mientras los electrones fluyen a través de un circuito externo para proporcionar energía utilizable; mientras que, durante la carga, el flujo se invierte y la energía se devuelve a las celdas, moviendo los iones de regreso a su posición inicial para su uso futuro. Este ciclo eficiente de energía química en energía eléctrica es lo que hace que las baterías de iones de litio (BIL) sean la opción preferida para el almacenamiento en red de alta capacidad.

Fuga térmica y propagación

Cuando una anomalía, causada por factores que incluyen abuso mecánico o daño, condiciones térmicas extremas, sobrecarga u otros, ocurre en una sola celda, se crea un riesgo significativo de falla en cascada, también conocida como propagación de fuga térmica.

Debido a que las unidades BESS contienen miles de celdas en configuraciones compactas, el calor extremo de una celda que falla supera rápidamente el aislamiento térmico de sus vecinas. Esto crea un “efecto dominó” donde la falla se propaga de celda a celda, luego de módulo a módulo, y eventualmente a lo largo de todo el rack o contenedor.

Factores clave en la falla en cascada:

Calentamiento conductivo: Las altas temperaturas se transfieren a través de barras colectoras compartidas y estructuras internas de soporte.

Calor radiante: Las intensas temperaturas de más de 1.100 °F pueden encender módulos adyacentes incluso sin contacto directo con la llama.

Riesgos de nube de vapor: A medida que múltiples celdas liberan gases simultáneamente, crean una nube densa de gases inflamables y tóxicos (como hidrógeno y monóxido de carbono, respectivamente), lo que puede provocar una deflagración o explosión si el área no está adecuadamente ventilada.

Este ciclo de retroalimentación crea un incendio autosostenido que puede alcanzar temperaturas extremas —a menudo superando los 600 °C (1.100 °F)—, lo que lo hace increíblemente difícil de extinguir utilizando métodos tradicionales.

Estrategias preventivas y mitigación de riesgos

La forma más efectiva de gestionar los riesgos de los BESS es prevenir la fuga térmica antes de que comience. Al identificar y monitorear los principales catalizadores de falla de la batería—clasificados en abuso mecánico, eléctrico y térmico—los operadores pueden intervenir antes de que ocurra un evento catastrófico.

1. Abuso mecánico

Las fallas mecánicas a menudo se originan por factores de estrés ambiental que comprometen la integridad física del sistema.

El riesgo: Las vibraciones externas pueden aflojar las conexiones eléctricas, mientras que los entornos húmedos o corrosivos pueden degradar los conductores eléctricos. Estos problemas crean puntos de alta resistencia que generan “puntos calientes” localizados.

La solución: La plataforma de sensores REL-iON™ de marca Kidde Fire Systems (KFS), desarrollada por KiddeFenwal, aborda estos riesgos mediante el uso de sensores de vibración en puntos críticos, sensores térmicos infrarrojos (IR) para detectar contactos sobrecalentados y sensores ambientales para monitorear la humedad y las primeras señales de corrosión.

2. Abuso eléctrico

La inestabilidad eléctrica durante los ciclos de carga o descarga puede desestabilizar la química de la celda.

El riesgo: La mala calidad de la energía o los picos de voltaje provenientes del suministro de entrada pueden sobrecargar las celdas de la batería.

La solución: El monitoreo continuo de las líneas eléctricas de entrada permite detectar energía “sucia” o sobretensiones, lo que permite al sistema desconectarse antes de que las celdas sufran daños internos.

3. Abuso térmico

El abuso térmico suele ser una falla secundaria resultante de una falla en el sistema de control climático.

El riesgo: Si un sistema de enfriamiento falla o presenta fugas, la temperatura ambiente dentro del recinto puede aumentar rápidamente, llevando a las celdas más allá de su rango de operación estable.

La solución: La plataforma REL-iON™ mitiga esto mediante un enfoque de múltiples capas: sensores de fuga de refrigerante para monitorear los circuitos de enfriamiento, sensores de temperatura del aire para el compartimento de baterías y sensores de fuga de agua instalados en el piso para detectar la entrada de refrigerante o humedad externa.

Detección temprana y mitigación de riesgos: Monitorización de gases residuales

En los casos en que la prevención falla, la capacidad de detectar una falla de celda en sus etapas más tempranas es la última línea de defensa contra un evento a gran escala.

Antes de que una batería entre en fuga térmica, la presión interna hace que libere vapores de electrolito. Identificar estos gases proporciona una ventana de tiempo crítica —a menudo de varios minutos— para tomar medidas correctivas.

Firmas químicas: Aunque las composiciones de los gases varían según el fabricante, los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) y el Hidrógeno (H₂) generalmente se consideran los indicadores tempranos más confiables.

Solución KFS REL-iON™: REL-iON™ combina tecnologías de detección de H₂ y VOC. Este enfoque de detección dual proporciona una advertencia temprana al Sistema de Gestión de Baterías (BMS), permitiéndole aislar las celdas afectadas y potencialmente detener la transición hacia la fuga térmica.

Gestión de la fuga térmica activa.

Si ya ha ocurrido un cortocircuito dentro de la celda, la fuga térmica es inevitable para esa unidad específica. En esta etapa, el objetivo cambia de la prevención a la contención y la limitación de la propagación.

Cumplimiento de NFPA 855: Para cumplir con los rigurosos estándares de seguridad de NFPA 855, las instalaciones deben incorporar un conjunto robusto de sensores, incluyendo:

Detección temprana de humo. Para detectar humo incipiente o humo no visible a simple vista en sus primeras etapas de formación, los BESS deben utilizar detección de humo por aspiración de aire.

Detección estándar de incendios. Para detectar un evento activo, los sistemas deben utilizar detección tradicional de humo y calor, incluyendo tanto detectores puntuales como detectores lineales de calor.

NFPA 855 también acepta otras formas de detección, como imágenes térmicas y detección de energía radiante. Al integrar estos diversos sensores en un sistema, una unidad de control de alarma y supresión de incendios (FACP) de KiddeFenwal, como AEGIS™-PHX o ARIES™-SLX, puede activar medidas inmediatas de supresión y enfriamiento para evitar que el incendio se propague a los módulos de baterías adyacentes.

Supresión de incendios y mitigación de llamas

Cuando una celda entra en fuga térmica, la situación evoluciona rápidamente. El objetivo principal de un sistema de supresión es interrumpir la combustión de las llamas de los gases liberados. Si no se controla, estos gases a menudo se encienden, creando un “efecto antorcha” que somete a las celdas vecinas a un calor radiante extremo. El despliegue inmediato de un sistema de supresión puede extinguir estas llamas y reducir significativamente la carga térmica sobre el resto del sistema.

Agentes de supresión de alto rendimiento

Para determinar la mejor solución para el proyecto, KiddeFenwal colaboró con algunos socios clave, incluidos integradores de sistemas de ingeniería de Kidde Fire Systems y usuarios finales, para construir un conjunto de pruebas en vivo en un lugar desértico aislado y seguro. Como parte de la prueba, un tipo específico de baterías fue sometido a abuso mecánico, lo que provocó una situación de fuga térmica. El equipo determinó que la mejor solución para suprimir el incendio inicial y luego prevenir la re-ignición era una combinación de dos sistemas actuando de manera consecutiva.

- KFS Fluoro-K™ (Agente limpio): Este agente es altamente eficaz para neutralizar rápidamente las llamas en su origen. Utilizamos una Concentración de Diseño mínima del 9% para garantizar la máxima eficacia de supresión y, cumpliendo con los estándares NFPA 2001, se alcanzó en menos de 10 segundos, suprimiendo el incendio antes de que pudiera provocar una falla en cascada en los módulos adyacentes. Como se esperaba, el despliegue del agente Fluoro- K™ tuvo un impacto inmediato y positivo al reducir drásticamente la temperatura del contenedor de prueba hasta -2,5 °C (27,5 °F) y cumplir con el objetivo inicial de contención. Aunque no se espera que el agente detenga la reacción química interna de la celda principal en falla, su utilización es vital para extinguir las llamas externas, prevenir el “efecto antorcha” y, por lo tanto, proporcionar la protección crítica necesaria para salvaguardar las baterías circundantes.



Fluoro-K™

- KFS NATURA™ IG-100 (Gas inerte): Incluso después de que la combustión inicial se ha suprimido con éxito, el ambiente sigue siendo peligroso. Las celdas involucradas en la fuga térmica inicial retienen un calor extremo y pueden actuar como fuentes persistentes de ignición para los gases inflamables aún presentes en el recinto. Para prevenir la re-ignición, la atmósfera debe ser “inerte”, un proceso que mantiene un entorno deficiente en oxígeno que no puede sostener la combustión. Compuesto esencialmente por nitrógeno puro, NATURA™ IG-100 funciona reduciendo los niveles de oxígeno dentro del recinto. Utilizamos una Concentración de Diseño Mínima del 81%, lo que redujo efectivamente la concentración de oxígeno por debajo del umbral de inflamabilidad de los gases del electrolito, eliminando así la posibilidad de combustión con llama.



NATURA™

¿Por qué usar NATURA™ IG-100 con una concentración mínima de diseño del 81%

La estabilidad ambiental a largo plazo dentro del contenedor BESS se logra mediante una descarga lenta y prolongada de NATURA™ IG-100. Esta descarga se regula a través de boquillas especializadas para mantener los niveles de oxígeno de manera segura por debajo de la Concentración Limitante de Oxidante (LOC, por sus siglas en inglés). Mientras que, para los gases de ventilación típicos de un BESS, la LOC establecida según ASTM E 2079 es aproximadamente del 7%, la norma NFPA 69 requiere que se utilice un margen de seguridad riguroso.

Para los sistemas donde la LOC está por debajo del 7,5%, la norma exige operar a no más del 40% de la LOC si no se monitorea continuamente, o mantener un porcentaje de volumen específico por debajo de la LOC si existen enclavamientos de seguridad. Siguiendo estas directrices para los gases de ventilación típicos, la concentración objetivo de oxígeno se reduce al 5,95%, lo que corresponde a una concentración de IG-100 de aproximadamente 72%. Al agregar un margen de seguridad del 15%, se obtiene una concentración de diseño del 81%.

Tiempos de espera prolongados y compensación por fugas.

Dado que ningún recinto es completamente hermético, el sistema debe tener en cuenta las fugas naturales a lo largo del tiempo. Para garantizar que el ambiente permanezca inerte durante aproximadamente 30 minutos —el tiempo normalmente requerido para que los equipos de emergencia evalúen el sitio— la concentración inicial de descarga se incrementa típicamente. Dependiendo de la integridad del recinto, las recomendaciones para la concentración inicial de IG-100 pueden ser de hasta un 95% para compensar la entrada de oxígeno.



Consideraciones adicionales de seguridad y normativas

Más allá de la supresión activa, una estrategia de seguridad robusta para BESS debe tener en cuenta los riesgos explosivos de alta presión creados por la liberación de gases del electrolito. Cuando ocurre una fuga térmica, el enorme volumen de vapor volátil puede provocar un evento de deflagración si la infraestructura no está adecuadamente diseñada para aliviar la presión.

Protección pasiva y mitigación de explosiones

Para minimizar estos riesgos catastróficos, la NFPA 855 exige varias medidas de protección pasiva. Dependiendo de la jurisdicción local y del Análisis de Mitigación de Riesgos (HMA) específico, estas pueden incluir:

- Ventilación por deflagración: Paneles de "ruptura controlada" diseñados estratégicamente que liberan la presión interna de manera segura, evitando que el recinto se rompa.
- Separación física: Requisitos de espaciamiento mínimo entre los grupos de baterías y las estructuras cercanas para limitar los daños externos.

Apoyo y señalización de primeros intervinientes

En una emergencia, la seguridad del personal depende de información inmediata y clara. Se requiere señalización estandarizada para informar a los primeros en responder sobre los peligros específicos dentro de la unidad, como la química de la batería, los niveles de voltaje y la presencia de sistemas automáticos de supresión. Esto garantiza que los planes de respuesta ante emergencias se ejecuten con pleno conocimiento del perfil de amenaza único de las baterías de iones de litio.

Conclusión: Un ecosistema de seguridad integral

La mayor probabilidad de éxito operativo y de seguridad en el sitio proviene de un enfoque sistemático y de múltiples capas. Al integrar la prevención (monitoreo mecánico/eléctrico), la detección temprana (sensores de gases emitidos), la supresión activa y la inertización atmosférica con ingeniería pasiva (funciones de seguridad sin energía y elementos de diseño), los operadores pueden garantizar que su infraestructura de BESS no solo sea eficiente, sino fundamentalmente resistente.

Sobre KiddeFenwal:

Durante décadas, KiddeFenwal ha sido un líder en la industria en prevención, detección y control de incendios, así como en supresión. Nuestro nombre respalda un sólido compromiso con la calidad del producto, la innovación y la experiencia en el diseño, instalación y servicio de sistemas. Operamos a nivel mundial a través de una red de Integradores/Socios Distribuidores de Sistemas Ingenierizados capacitados y autorizados, que destacan en el análisis inicial de riesgos, diseño del sistema, instalación, pruebas y puesta en marcha, así como en el servicio posventa, incluyendo repuestos, recargas y pruebas y mantenimiento periódicos exigidos por normativa.

Reflexiones finales:

Ya sea que esté construyendo un sitio BESS o ampliando una instalación existente, invertir en una solución contra incendios de KiddeFenwal con elementos como detección temprana, detección de anomalías, unidad de control de alarma de incendios y kit de supresión de incendios es un paso esencial para proteger el futuro de su organización. KiddeFenwal ofrece soluciones integrales y personalizadas bajo la marca Kidde Fire Systems que permiten que los BESS operen con confianza, sabiendo que sus activos críticos están protegidos por los sistemas de protección contra incendios más avanzados y eficaces disponibles.

Las soluciones integrales de protección contra incendios de KiddeFenwal no son solo una póliza de seguro; son un componente fundamental de la continuidad del negocio y la gestión de riesgos.

Contáctenos en www.kiddefenwal.com para obtener más información sobre las soluciones bajo la marca Kidde Fire Systems.



Kidde-Fenwal, LLC
400 Main St
Ashland, MA 01721, USA

KFI U.K. Limited
Station Road,
Bentham,
Lancaster, LA2 7NA
Company No 15335712

Kidde Technologies
India Private Limited.
Survey No. 28/2,44/2 and 45
Rasyani, Dandapta Road
Raigad Maharashtra-410207 India
CIN: U28192HR2024PTC118812

www.kiddefenwal.com | 508.881-2000

Kidde Fire Systems, Kidde Fire Protection and Fenwal Controls branded products are created exclusively by Kidde-Fenwal, LLC.
All other trademarks are the property of their respective owners.
©2026 Kidde-Fenwal, LLC | All Rights Reserved.

WP108