

1 Objetivo

- Normalizar los elementos de prueba, los propósitos de las pruebas, los métodos de prueba, los criterios de evaluación y las reglas de evaluación de los armarios de almacenamiento de energía con refrigeración líquida.
- Especificar las condiciones y los procesos del armario de almacenamiento de energía con refrigeración líquida en cada etapa de prueba (recepción de la tarea de prueba, preparación de la prueba, ejecución de la prueba y finalización de la prueba).
- Especificar los principios básicos de las pruebas del armario de almacenamiento de energía con refrigeración líquida, la clasificación de los problemas no conformes y los criterios de evaluación de calidad.
- Inspeccionar el rendimiento de cada armario de almacenamiento de energía con refrigeración líquida producido por la empresa para garantizar que la seguridad y la fiabilidad del armario de almacenamiento de energía cumplan con los requisitos del cliente.
- Detectar problemas de calidad evidentes o potenciales y proporcionar datos objetivos que sirvan de soporte para mejorar la calidad, la seguridad y la fiabilidad del producto.

2 Ámbito de aplicación

Aplicable a las funciones y el rendimiento de los armarios de almacenamiento de energía con refrigeración líquida producidos por Hoenergy New Energy Technology Co., Ltd.

3 Normas de referencia

N.º	Norma	Descripción
1	Requisitos de índices técnicos del producto	«Especificaciones del producto»
2	IEC 62933-3-1:2018	(Planificación y evaluación del rendimiento de sistemas de almacenamiento de energía) Procedimientos de operación y mantenimiento de centrales de almacenamiento de energía
3	IEC 62933-2-1:2017	(Parámetros y ensayos de unidades) Requisitos técnicos generales para sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía en sistemas eléctricos
4	IEC TS 62933-3-2:2023	(Indicadores de rendimiento de sistemas de almacenamiento de energía) Indicadores de operación y evaluación de centrales electroquímicas de almacenamiento de energía
5	EN 50549-1:2019	(Conexión de instalaciones de generación a redes de baja tensión) Especificaciones técnicas para la conexión a la red de sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía
6	EN 50549-10:2022	(Evaluación de conformidad/ensayos) Especificaciones de ensayos para sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía conectados a la red
7	IEC 62619:2022	(Celdas y baterías industriales de litio) Baterías de iones de litio para el almacenamiento de energía eléctrica
8	IEC TS 62933-3-2:2023	(Indicadores de rendimiento de sistemas de almacenamiento de energía) Indicadores de operación y evaluación de centrales electroquímicas de almacenamiento de energía
9	IEC 62933-2-1:2017	(Parámetros y ensayos de unidades) Requisitos técnicos generales para sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía en sistemas eléctricos
10	EN 50549-10:2022	(Evaluación de conformidad/ensayos) Especificaciones de ensayos para sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía conectados a la red
11	IEC 62477-1:2022	(Seguridad de convertidores electrónicos de potencia) Especificaciones técnicas para los convertidores de almacenamiento de sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía

4 Definición de Términos

- **EUT:** Equipo bajo prueba (Equipment Under Test)
- **AE:** Equipo auxiliar (Auxiliary Equipment)

5 Principios básicos de pruebas y criterios de evaluación

5.1 Principios básicos de las pruebas

Basándose en las normas (normas internacionales, normas nacionales y estándares del sector), las especificaciones de prueba y las hojas de especificaciones, y combinándolas con los datos de prueba, se evalúa el armario de

almacenamiento de energía con refrigeración líquida desde la perspectiva del usuario, con el fin de exponer los defectos funcionales y los posibles fallos durante la fase de prueba.

El trabajo de prueba no se ve influenciado por factores que puedan interferir en el proceso de prueba, como la actitud y el pensamiento del equipo de desarrollo del proyecto, y se ejecuta de forma independiente siguiendo el flujo de pruebas.

5.2 Principios y criterios de clasificación de problemas

Clasificación según el grado de disconformidad con las características de calidad del producto:

- **Clase A (defecto grave):** fallo de funciones básicas, funciones de seguridad, etc.
- **Clase B (defecto importante):** incumplimiento de indicadores principales o de aspectos a los que el cliente presta especial atención
- **Clase C (defecto leve):** incumplimiento de indicadores generales
- **Clase D (defecto aceptable):** defectos aceptables según las circunstancias actuales del cliente o de la empresa

5.3 Criterios de Determinación de Calidad

Si todos los elementos de inspección cumplen los requisitos establecidos, se determina como conforme.

Si algún elemento de inspección no cumple los requisitos establecidos, se deberá suspender la inspección. La unidad responsable deberá analizar el elemento no conforme, identificar la causa y aplicar medidas correctivas antes de presentar nuevamente la inspección. Si la re-inspección es conforme, el resultado se determina como conforme. Si tras la re-inspección algún elemento continúa sin cumplir los requisitos establecidos, el resultado se determina como no conforme.

6 Instrumentos de prueba, herramientas y entorno

6.1 Equipos de prueba

N.º	Nombre del equipo	Proveedor	Modelo
1	Detector de cables de red	Prokit (Taiwan)	MT-7028
2	Pinza amperimétrica	Fluke	F393
3	Cámara termográfica portátil de bolsillo	Fluke	PTi120
4	Termohigrómetro	Fluke	F971
5	Medidor de resistencia de aislamiento	Fluke	1535/1537
6	Analizador de calidad de energía	Zhiyuan Electronic	PA5006H-P0600-242
7	Probador de rigidez dieléctrica y aislamiento	Chroma	19053
8	Caja CAN	Zhouligong	USBCAN-II+
9	Módulo conversor USB a RS485	Ningtai Technology	UT-8890

6.2 Entorno de pruebas

- La altitud del lugar de prueba no debe superar los 2000 m
- Presión atmosférica: 86~106 kPa
- Temperatura ambiente durante el funcionamiento del equipo: 20±5 °C
- Humedad relativa media diaria del 45%~75%; el equipo no debe presentar condensación

7 Elementos de prueba, métodos de prueba, criterios de evaluación y resultados de las pruebas

7.1 Inspección de apariencia y componentes básicos

Incluye la inspección de apariencia, inspección de dispositivos, revisión del cableado, comprobación de la cerradura de la puerta y verificación de las dimensiones.

7.1.1 Inspección visual

Método de prueba: Inspeccione la placa de identificación, las marcas, el logotipo y la apariencia de la carcasa del producto.

Criterio de evaluación: La placa de identificación, las marcas y el logotipo se muestran correcta y claramente; la carcasa no presenta daños ni corrosión.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Parte frontal del producto	La placa de identificación, las marcas y el logotipo se muestran correcta y claramente; la carcasa no presenta daños ni corrosión	Apto
2	Lado izquierdo del producto	Igual que el anterior	Apto
3	Lado derecho del producto	Igual que el anterior	Apto
4	Parte trasera del producto	Igual que el anterior	Apto
5	Placa de identificación	Igual que el anterior	Apto
6	Logotipo	Igual que el anterior	Apto

7.1.2 Inspección del equipo

Método de prueba: Compare la lista BOM con los planos de instalación de diseño, y verifique la posición de instalación y el estado de fijación de componentes como el EMS, el PCS, las cajas de baterías, la unidad de refrigeración líquida, el armario de distribución, el equipo contra incendios y el deshumidificador.

Criterio de aceptación: La posición de fijación de cada equipo es correcta y fiable, sin deformaciones ni desplazamientos; los tornillos de conexión están firmes.

Resultados de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de aceptación	Conclusión
1	PCS	La posición de fijación de cada equipo es correcta y fiable, sin deformaciones ni desplazamientos; los tornillos de conexión están firmes	Apto
2	EMS	Igual que el anterior	Apto
3	Caja de baterías	Igual que el anterior	Apto
4	Unidad de refrigeración líquida	Igual que el anterior	Apto
5	Armario de distribución	Igual que el anterior	Apto
6	Armario contra incendios	Igual que el anterior	Apto
7	Deshumidificador	Igual que el anterior	Apto
8	Otros componentes	Igual que el anterior	Apto

7.1.3 Inspección de cableado

Método de prueba: Verificar punto por punto según los diagramas eléctricos:

1. El cableado de los cables de potencia, cables de comunicación y cables de alimentación auxiliar de cada clúster de baterías es correcto y fiable;
2. El cableado de los cables de potencia, cables de comunicación y cables de alimentación del armario de concentración es correcto y la conexión es fiable;
3. El cableado de los cables de potencia, cables de comunicación, cables de alimentación auxiliar y cables del ventilador de refrigeración del PCS es correcto y fiable;
4. El cableado de los cables de comunicación y cables de alimentación auxiliar del EMS es correcto y fiable;
5. El cableado de los cables de comunicación y cables de potencia del armario de distribución es correcto y fiable;
6. El cableado de los cables de comunicación y cables de potencia del sistema contra incendios es correcto y fiable;
7. La conexión a tierra de cada equipo es correcta y fiable.

Criterio de aceptación: El cableado de los cables y barras de cobre en cada punto es correcto y la conexión es fiable; los cables de tierra y los cables de potencia están conectados correctamente según los diagramas, y las etiquetas de identificación de los cables son claras y correctas.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de aceptación	Conclusión
1	Cable de potencia / barra de cobre del clúster de baterías	El cableado de los cables y barras de cobre en cada punto es correcto y la conexión es fiable; los cables de tierra y los cables de potencia están conectados correctamente según los diagramas, y las etiquetas de identificación de los cables son claras y correctas	Aprobado
2	Cable de señal del clúster de baterías	Igual que el anterior	Aprobado
3	Cable de potencia de la caja de alta tensión	Igual que el anterior	Aprobado
4	Cable de señal de la caja de alta tensión	Igual que el anterior	Aprobado
5	Cable de potencia / barra de cobre del PCS	Igual que el anterior	Aprobado
6	Cable de señal del PCS	Igual que el anterior	Aprobado
7	Cable de alimentación del EMS	Igual que el anterior	Aprobado
8	Cable de señal del EMS	Igual que el anterior	Aprobado
9	Cables de potencia y señal de la unidad de refrigeración líquida	Igual que el anterior	Aprobado
10	Cables de potencia y señal del deshumidificador	Igual que el anterior	Aprobado
11	Cables de alimentación y señal del sistema contra incendios	Igual que el anterior	Aprobado

7.1.4 Inspección de la cerradura de la puerta

Método de prueba: Utilice la llave para desbloquear y bloquear cada cerradura de las puertas una por una, y observe cada cuerpo de puerta.

Criterio de evaluación: La función de la cerradura es normal, sin deformaciones ni daños.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Apariencia y función de la cerradura	La función de la cerradura es normal, sin deformaciones ni daños	Aprobado

7.1.5 Inspección dimensional

Método de prueba: Utilice una cinta métrica para medir las dimensiones de la carcasa en todas las direcciones y compárelas con los planos de diseño.

Criterio de evaluación: Consulte la norma ISO 2768-1:1989 «Tolerancias generales. Parte 1: Tolerancias para dimensiones lineales y angulares»:

Tabla 1 Desviaciones límite de las dimensiones lineales (mm)

Clase de tolerancia	0,5–3	>3–6	>6–30	>30–120	>120–400	>400–1000	>1000–2000	>2000–4000
Precisa (f)	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	—
Media (m)	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
Gruesa (c)	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
Muy gruesa (v)	—	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Error en la dimensión longitudinal $\leq \pm 1,2$ mm; error en la dimensión transversal $\leq \pm 1,2$ mm; error en la dimensión de altura $\leq \pm 2$ mm.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Longitudinal	Error dimensional del equipo ≤ 10 mm	Conforme
2	Transversal	Error dimensional del equipo ≤ 10 mm	Conforme
3	Altura	Error dimensional del equipo ≤ 10 mm	Conforme

7.2 Pruebas funcionales

7.2.1 Comprobación de energización del clúster de baterías

Método de prueba:

1. Mida el voltaje B+/B- entre cada PACK de batería y la caja de alta tensión.
2. Cierre el disyuntor de la caja de alta tensión.
3. Conecte el ordenador a la caja de alta tensión mediante una caja CAN, abra el controlador principal y lea la información de datos del clúster de baterías.

Criterio de evaluación: El voltaje del PACK, el voltaje del clúster de baterías y la diferencia máxima de voltaje cumplen con los requisitos (voltaje del PACK 134,4–172,8 V, diferencia de voltaje $<0,5$ V; voltaje del clúster de baterías 672–864 V, diferencia de voltaje <2 V). La caja de alta tensión se alimenta con normalidad y no presenta alarmas. El voltaje de cada clúster de baterías, de cada PACK y de cada celda es normal, y los datos de cada sensor de temperatura son normales.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	N.º de PACK	Valor mínimo	Valor máximo	Diferencia de voltaje	Conclusión
Comprobación del clúster de baterías	134,4–172,8 V	1	#1	Vout (V)	Vout (V)	—	Aprobado
Comprobación del clúster de baterías	672–864 V	1	—	Vout (V)	Vout (V)	—	Aprobado
Comprobación de la diferencia máxima de voltaje del PACK	Diferencia de voltaje 0–0,5 V	1	—	Vout (V)	Vout (V)	0–0,5	Aprobado

7.2.2 Inspección del proceso de encendido

Método de prueba:

1. Cierre el disyuntor del lado de CA;
2. Cierre los disyuntores de la unidad de refrigeración líquida, del sistema contra incendios, del ventilador, de la fuente de alimentación de 24 V, de la toma de corriente, de la iluminación, de la caja de alta tensión, etc.;
3. Conecte el clúster de baterías.

Criterio de evaluación: El sistema funciona con normalidad; durante el proceso de arranque no se generan alarmas ni acciones de protección.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Proceso de encendido	El sistema funciona con normalidad; durante el proceso de arranque no se generan alarmas ni acciones de protección	Apto

7.2.3 Inspección de datos del EMS

Método de prueba: Tras encender el sistema, inicie sesión por separado en la plataforma local del EMS y en la plataforma en la nube para consultar los datos de la plataforma.

Criterio de evaluación: Los datos de la plataforma local del EMS y de la plataforma en la nube deben mantenerse correctos en todo momento.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Inspección de datos del EMS	Los datos de la plataforma local del EMS y de la plataforma en la nube se mantienen correctos en todo momento	Apto

7.2.4 Inspección de la información del clúster de baterías

Método de prueba:

1. Iniciar sesión en la plataforma local del EMS y en la plataforma en la nube;
2. Consultar el voltaje del clúster, la corriente del clúster, el SOC del clúster, la capacidad de carga, la capacidad de descarga, la capacidad de carga por ciclo, la capacidad de descarga por ciclo, la capacidad de carga acumulada, la capacidad de descarga acumulada, el voltaje máximo de celda, el voltaje mínimo de celda, la temperatura media, la temperatura máxima de celda, la temperatura mínima de celda, el SOH de celda, aislamiento R+, aislamiento R-, SOC medio, entre otra información.

Criterio de aceptación: La información del clúster de baterías es correcta.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de aceptación	Conclusión
1	Inspección de la información del clúster de baterías	La información del clúster de baterías es correcta	Aprobado

7.2.5 Detección de la precisión de medición del voltaje en el terminal del clúster de baterías

Método de prueba:

1. Utilice el modo de voltaje del multímetro para medir el voltaje del terminal del PACK de baterías V1;
2. Lea el voltaje del terminal del PACK de baterías V2 del EMS local/plataforma en la nube;
3. Calcule el error de medición del voltaje en el terminal $(V2-V1)/V1$;
4. Tome el valor máximo de los errores calculados durante el proceso de prueba.

Criterio de aceptación: Error de medición $\leq \pm 5\%$.

Resultados de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	N.º de PACK	Valor medido Vout (V)	Datos del EMS Vout (V)	Host BMS Vout (V)	Diferencia de presión	Conclusión
Detección de la precisión del voltaje del PACK	-0.50%~+0.50%	1	#1	-0.50%	-0.50%	—	—	Aprobado
Igual al anterior	Igual al anterior	2	—	—	—	—	—	Aprobado
Igual al anterior	Igual al anterior	3	—	—	—	—	—	Aprobado
Igual al anterior	Igual al anterior	4	—	—	—	—	—	Aprobado
Igual al anterior	Igual al anterior	5	—	—	—	—	—	Aprobado
Detección de la precisión del voltaje del clúster de baterías	-0.50%~+0.50%	1	—	-0.50%	-0.50%	—	—	Aprobado

7.2.6 Detección de la precisión de la tensión en los terminales de la PCS

Método de prueba:

1. Utilizar el multímetro en la escala de tensión para medir la tensión del lado de CC de la PCS V1 y las tensiones trifásicas del lado de CA VA1, VB1, VC1;
2. Leer la tensión del lado de CC de la PCS V2 y las tensiones trifásicas del lado de CA VA2, VB2, VC2 desde el EMS local o la plataforma en la nube;
3. Calcular los errores de medición de la tensión en los terminales $(V2-V1)/V1$, $(VA1-VA2)/VA1$, $(VB1-VB2)/VB1$, $(VC1-VC2)/VC1$;
4. Tomar el valor máximo de los errores calculados durante el proceso de prueba.

Criterio de evaluación: Error de medición $\leq \pm 5\%$, consultando la especificación de la PCS.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	Categoría	Valor medido	Datos de plataforma	Diferencia de tensión	Conclusión
Detección de la precisión de la tensión en los terminales de la PCS	-0,50 % ~ +0,50 %	1	Tensión fase A	-0,50 %	0,50 %	—	Apto
Igual que arriba	Igual que arriba	1	Tensión fase B	—	—	—	Apto
Igual que arriba	Igual que arriba	1	Tensión fase C	—	—	—	Apto
Igual que arriba	Igual que arriba	1	Tensión de CC	—	—	—	Apto

7.2.7 Inspección de iluminación

Método de prueba: Abra y cierre la puerta del compartimento de la batería y observe el estado de la iluminación.

Criterio de aceptación: Iluminación normal.

7.2.8 Inspección del ventilador de disipación de calor del PCS

Método de prueba:

1. Iniciar el funcionamiento del PCS;
2. Si la temperatura del disipador de calor del PCS supera el valor establecido, observar el funcionamiento del ventilador del PACK;
3. Detener el funcionamiento del PCS;
4. Observar nuevamente el funcionamiento del ventilador.

Criterios de evaluación: Cuando la potencia activa/reactiva de carga y descarga del PCS es inferior al valor establecido (por ejemplo, el 1 % de la potencia nominal), si la temperatura del disipador de calor del PCS supera la temperatura establecida (80 °C), el ventilador se enciende hasta que la temperatura del disipador descienda a la temperatura establecida (60 °C); cuando la potencia activa/reactiva de carga y descarga del PCS es superior al valor establecido (por ejemplo, el 1 % de la potencia nominal), si la temperatura del disipador de calor del PCS supera la temperatura establecida (60 °C), el ventilador se enciende hasta que descienda a la temperatura establecida (50 °C).

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Conclusión
1	Dirección del flujo de aire del ventilador	Apto
2	Lógica de control del ventilador	Apto

7.2.9 Comprobación de datos de la unidad de refrigeración líquida

Método de prueba:

1. Observar el valor de temperatura de arranque de refrigeración / valor de temperatura de arranque de calefacción de la unidad de refrigeración líquida;
2. Comparar los datos de refrigeración líquida entre el EMS local y la nube;
3. Ajustar manualmente el valor de temperatura de arranque de refrigeración / valor de temperatura de arranque de calefacción de la unidad de refrigeración líquida y observar el estado de funcionamiento.

Criterios de evaluación:

1. Cuando el PCS está en funcionamiento: temperatura máxima ≥ 35 °C activa la refrigeración; temperatura ≤ 20 °C entra en mantenimiento de temperatura por circulación de agua; temperatura ≤ 5 °C activa la calefacción; cuando la temperatura vuelve a subir a 15 °C entra en mantenimiento de temperatura por circulación de agua.
2. Cuando el PCS no está en funcionamiento: temperatura máxima ≥ 40 °C activa la refrigeración; temperatura ≤ 35 °C el TMS se detiene; temperatura ≤ 5 °C activa la calefacción; cuando la temperatura vuelve a subir a 15 °C el TMS se detiene.

Resultados de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Comprobación de datos de la unidad de refrigeración líquida	Lógica de control correcta	Apto

7.2.10 Inspección contra incendios

Método de prueba: Observe el estado del sistema contra incendios y la información de retroalimentación en la plataforma local/nube del EMS.

Criterio de evaluación: El sistema contra incendios funciona con normalidad y la retroalimentación es correcta.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Conclusión
1	Estado de funcionamiento	Apto
2	Retroalimentación de fallos	Apto

7.2.11 Inspección del interruptor de parada de emergencia

Método de prueba:

1. Enviar la potencia nominal del sistema para carga y descarga a través del EMS local/en la nube;
2. Pulsar el interruptor de parada de emergencia;
3. Observar el estado de funcionamiento del sistema y el estado de los indicadores luminosos.

Criterio de evaluación: Al pulsar el interruptor de parada de emergencia, el sistema detiene la carga y la descarga, y el indicador de parada de emergencia se enciende; al soltar el interruptor de parada de emergencia, el sistema reanuda la carga y la descarga, y el indicador de parada de emergencia se apaga.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Conclusión
1	Retroalimentación de estado correcta	Aprobado
2	Lógica correcta	Aprobado

7.2.12 Prueba de alarma BMS simulada

Método de prueba:

1. Observe los valores actuales de corriente de carga y descarga, voltaje de celda y temperatura de celda del BMS;
2. Ajuste el valor de alarma configurado en el equipo principal a un valor inferior al valor actual;
3. Observe el estado de funcionamiento de todo el sistema;
4. Ajuste el valor de alarma configurado en el equipo principal a un valor superior al valor actual;
5. Observe el estado de funcionamiento de todo el sistema.

Criterio de evaluación: Cumple con los estándares técnicos.

Resultados de la prueba:

N.º	Tipo de alarma	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Sobretensión de celda	Cumple con los estándares técnicos	Apto
2	Sobretensión del cluster completo	Cumple con los estándares técnicos	Apto
3	Sobredescarga de celda	Cumple con los estándares técnicos	Apto
4	Sobredescarga del cluster completo	Cumple con los estándares técnicos	Apto
5	Sobrecorriente de descarga	Cumple con los estándares técnicos	Apto
6	Sobrecorriente de carga	Cumple con los estándares técnicos	Apto
7	Sobretemperatura de carga	Cumple con los estándares técnicos	Apto
8	Sobretemperatura de descarga	Cumple con los estándares técnicos	Apto
9	Alarma de SOC	Cumple con los estándares técnicos	Apto

7.2.13 Simulación de pruebas de alarma del PCS

Método de prueba:

1. Simular la alarma de subtensión del PCS;
2. Simular la alarma de secuencia inversa del PCS;
3. Observar el estado del PCS y el estado de carga/descarga.

Criterio de aceptación: Cuando se produce la alarma, el sistema detiene la carga y descarga; una vez que la alarma se elimina, la carga y descarga vuelven a la normalidad.

Resultado de la prueba:

N.º	Tipo de alarma	Criterio de aceptación	Conclusión
1	Subtensión	Cumple con la norma técnica	Aprobado
2	Secuencia inversa	Cumple con la norma técnica	Aprobado

7.2.14 Prueba de alarma de comunicación entre BMS y EMS simulada

Método de prueba:

1. Desconecte el cable de comunicación entre el BMS y el EMS;
2. Observe el estado del EMS local o en la nube;
3. Restablezca el cable de comunicación entre el BMS y el EMS;
4. Observe el estado del EMS local o en la nube.

Criterio de evaluación: Al desconectar el cable de comunicación, el sistema detiene la carga y descarga y genera una alarma del sistema; tras restablecer el cable de comunicación, el sistema vuelve a la operación normal de carga y descarga.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Alarma de comunicación entre BMS y EMS simulada	Al desconectar el cable se detiene y alarma, al reconectar se restablece	Aprobado

7.2.15 Prueba de alarma de comunicación entre PCS y EMS simulada

Método de prueba:

1. Desconectar el cable de comunicación entre el PCS y el EMS;
2. Observar el estado del EMS local o en la nube;
3. Restablecer el cable de comunicación entre el PCS y el EMS;
4. Observar el estado del EMS local o en la nube.

Criterio de evaluación: Al desconectar el cable de comunicación, el sistema detiene la carga y descarga y genera una alarma del sistema; tras restablecer el cable de comunicación, el sistema vuelve a la operación normal de carga y descarga.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Alarma de comunicación entre PCS y EMS simulada	Al desconectar el cable se detiene el sistema y se genera alarma; al reconectar el cable se restablece el funcionamiento	Aprobado

7.2.16 Prueba de alarma de comunicación entre BMS y PCS simulada

Método de prueba:

1. Desconectar el cable de comunicación entre el PCS y el BMS;
2. Observar el estado del EMS local o en la nube;
3. Restablecer el cable de comunicación entre el PCS y el BMS;
4. Observar el estado del EMS local o en la nube.

Criterio de evaluación: Al desconectar el cable de comunicación, el sistema deja de cargar y descargar y genera una alarma del sistema; tras restablecer el cable de comunicación, el sistema vuelve a funcionar normalmente con la carga y descarga.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Alarma de comunicación entre BMS y PCS simulada	Desconexión provoca parada y alarma; reconexión restablece el funcionamiento	Apto

7.2.17 Prueba de alarma de comunicación entre BMS y unidad de refrigeración líquida simulada

Método de prueba:

1. Desconecte el cable de comunicación entre el aire acondicionado y el BMS;

2. Observe el estado del EMS local o en la nube;
3. Restaure el cable de comunicación entre el aire acondicionado y el BMS;
4. Observe el estado del EMS local o en la nube.

Criterio de evaluación: Al desconectar el cable de comunicación, el sistema detiene la carga y descarga y genera una alarma del sistema; tras restaurar el cable de comunicación, el sistema reanuda el funcionamiento normal de carga y descarga.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Simulación de alarma de comunicación entre BMS y unidad de refrigeración líquida	Al desconectar el cable, parada y alarma; al reconectar el cable, recuperación	Aprobado

7.2.18 Prueba de aislamiento

Método de prueba: Pruebe la resistencia de aislamiento entre los terminales de entrada/salida del armario integrado y la carcasa, así como la resistencia de aislamiento entre B+/B- del armario de alta tensión y la carcasa, a 3110 VCC durante 10 s.

Criterio de evaluación: La resistencia de aislamiento no debe ser inferior a 1 MΩ.

Resultados de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	Categoría	Valor medido (Ω)	Conclusión
Prueba de aislamiento	$\geq 1 \text{ M}\Omega$	1	B+ con respecto a carcasa	—	Aprobado
Prueba de aislamiento	$\geq 1 \text{ M}\Omega$	1	B- con respecto a carcasa	—	Aprobado

7.2.19 Prueba de rigidez dieléctrica

Método de prueba: Medir la corriente de fuga entre los terminales de entrada/salida del armario integrado y la carcasa, así como la corriente de fuga entre B+/B- de la caja de alta tensión y la carcasa, a 3110 VCC durante 60 s.

Criterio de aceptación: Corriente de fuga $< 1 \text{ mA}$.

Resultados de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	Categoría	Corriente de fuga (mA)	Conclusión
Prueba de rigidez dieléctrica	$< 1 \text{ mA}$	1	B+ respecto a carcasa	—	Aprobado
Prueba de rigidez dieléctrica	$< 1 \text{ mA}$	1	B- respecto a carcasa	—	Aprobado

7.2.20 Prueba de calibración de SOC

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS carga a 1/2 de la potencia nominal;
2. Observe los datos de SOC del BMS hasta que se active la protección contra sobredescarga del BMS.

Criterio de evaluación: El valor de calibración de SOC a plena carga es del 100%.

Resultados de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Prueba de calibración de SOC	SOC calibrado al 100%	Aprobado

7.2.21 Prueba a potencia máxima

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS descarga a potencia máxima hasta el corte y, a continuación, carga a potencia máxima hasta el corte;
2. Observe el estado de funcionamiento de todo el sistema durante el proceso.

Criterio de evaluación: Durante los procesos de carga y descarga a potencia máxima no debe haber alarmas ni acciones de protección, y los procesos de carga y descarga no deben interrumpirse.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Criterio de evaluación	Conclusión
1	Prueba a potencia máxima	Sin alarmas ni protecciones durante los procesos de carga y descarga, proceso sin interrupciones	Aprobado

7.2.22 Prueba de eficiencia de carga y descarga

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS descarga a plena potencia hasta el corte, luego carga a plena potencia hasta el corte y, a continuación, descarga de nuevo a plena potencia hasta el corte;
2. Utilizar un analizador de calidad de energía para leer la energía de carga a plena capacidad W1 y la energía de descarga a plena capacidad W2;
3. Calcular la eficiencia promedio $\eta = W2/W1 \times 100\%$.

Criterio de evaluación: La eficiencia promedio debe ser superior al requisito de diseño del sistema.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Muestra	Categoría	Energía de carga	Energía de descarga	Eficiencia	Conclusión
Prueba de eficiencia de carga y descarga	Cumple con el requisito de diseño	1	Plena potencia	—	—	—	Aprobado

7.2.23 Prueba de diferencia de temperatura

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS lleva a cabo una descarga a plena potencia hasta el corte, seguida de una carga a plena potencia hasta el corte, y luego otra descarga a plena potencia hasta el corte;
2. Registrar los valores de temperatura de cada sensor de temperatura;
3. Calcular la diferencia de temperatura.

Criterio de evaluación: La diferencia máxima de temperatura no debe superar los 10 °C.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Potencia (kW)	N.º de clúster de batería	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Diferencia de temperatura (°C)	Conclusión
Prueba de diferencia de temperatura	<10 °C	Plena potencia	#1	—	—	—	Conforme

7.2.24 Prueba de diferencia de presión

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS descarga a plena potencia hasta el corte, luego carga a plena potencia hasta el corte y, a continuación, descarga nuevamente a plena potencia hasta el corte;
2. Registre la voltage de cada celda individual y calcule la diferencia de presión máxima.

Criterio de evaluación: La diferencia de presión máxima no debe superar los 200 mV.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Potencia (kW)	N.º de clúster de batería	Voltage máxima de celda individual (mV)	Voltage mínima de celda individual (mV)	Diferencia de presión (mV)	Conclusión
Prueba de diferencia de presión	<200 mV	Plena potencia	#1	—	—	—	Aprobado

7.2.25 Prueba de precisión del SOC

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS descarga a plena potencia hasta el corte, luego carga a plena potencia hasta el corte y, a continuación, vuelve a descargar a plena potencia hasta el corte;
2. Se utiliza un analizador de calidad de energía para calcular el SOC de carga y el SOC de descarga, y se comparan con los datos del BMS.

Criterio de aceptación: El error del SOC no debe superar el 5%.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Potencia	Valor medido	Valor calculado	Desviación	Conclusión
Prueba de precisión del SOC	<5%	Potencia nominal	—	—	—	Aprobado

7.2.26 Prueba de capacidad

Método de prueba:

1. El sistema de control local/en la nube del EMS descarga a plena potencia hasta el corte, luego carga a plena potencia hasta el corte y, a continuación, descarga nuevamente a plena potencia hasta el corte;
2. Utilizar un analizador de calidad de energía para calcular la capacidad de carga y la capacidad de descarga;
3. Calcular la diferencia de capacidad.

Criterio de evaluación: La capacidad no debe ser inferior al 95% de la capacidad nominal.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Potencia	Valor medido	Conclusión
Prueba de capacidad	>95%	Potencia nominal	—	Aprobado

7.2.27 Verificación del número de versión del software

Método de prueba:

1. Verificar la versión del software del controlador principal;
2. Verificar la versión del software del controlador esclavo.

Criterio de evaluación: El número de versión es correcto.

Resultado de la prueba:

N.º	Categoría	Número de versión	Conclusión
1	Controlador principal BMS	—	Apto
2	Controlador esclavo BMS	—	Apto

7.2.28 Prueba de actualización OTA del BMS

Método de prueba:

1. Actualizar el programa del controlador principal y del controlador esclavo del BMS a través de la plataforma en la nube EMS, observar el proceso de actualización y el comportamiento posterior, repetir 10 veces;
2. Actualizar el programa del controlador principal y del controlador esclavo del BMS a través del software del controlador principal del BMS, observar el proceso de actualización y el comportamiento posterior, repetir 10 veces.

Criterio de aceptación: La actualización del programa se realiza con normalidad y el funcionamiento posterior es correcto.

Resultado de la prueba:

N.º	Ítem de prueba	Conclusión
1	Actualización desde la plataforma en la nube correcta	Aprobado
2	Actualización desde el software del BMS correcta	Aprobado

7.2.29 Prueba de ruido

Método de prueba:

Utilice un sonómetro para medir el ruido del equipo en pleno funcionamiento a 1 m y 1,2 m de distancia en posición horizontal, y registre el valor máximo.

Criterio de evaluación:

Conforme a la norma IEC 62933-2-1:2017 (parámetros y pruebas de la unidad): el ruido no debe ser superior a 80 dB.

Resultado de la prueba:

Ítem	Valor estándar	Valor medido	Conclusión
Prueba de ruido	≤80 dB	—	Aprobado

7.2.30 Prueba de estanqueidad al agua

Método de prueba: IPX4: utilizar un cabezal de pulverización con 121 orificios de 0,5 mm de diámetro, un caudal de agua ajustado a 10 L/min, una distancia entre la muestra y la boquilla de 300–500 mm y una duración del ensayo de 10 min.

Criterio de evaluación: No debe haber penetración de agua que afecte al interior del equipo; en general, incluso si entra agua, esta no debe ser suficiente para afectar al funcionamiento del equipo ni comprometer la seguridad. Según IEC 60529:2013.

Condiciones de prueba:

- Temperatura ambiente 15–35 °C; humedad ambiente 25–75 % RH; presión atmosférica 86–106 kPa
- Equipo de ensayo: máquina de ensayo de protección contra el agua ZC1207 IPX3-X6
- Tras el ensayo, inspeccionar la entrada de agua en la carcasa

Norma de referencia: IEC 60529:2013

Resultado de la prueba: Tras el ensayo IPX4, el lado de las persianas del equipo fue sometido a lluvia, y se observaron marcas de agua evidentes en el interior del equipo.

7.2.31 Prueba de protección contra inversión de flujo

Método de prueba:

1. Ajustar el punto de potencia de protección contra inversión de flujo Pnl y el tiempo de actuación Td (cumpliendo los requisitos del ensayo);
2. El sistema implementa dos modos: recorte de picos y llenado de valles y despacho en tiempo real; cada modo debe operar tanto en estado de carga como de descarga;
3. Bajo las cuatro condiciones de funcionamiento mencionadas, ajustar la potencia de la carga electrónica para que la carga electrónica opere entre 0 y 50 kW;
4. La duración de la inversión de flujo no debe ser inferior a 5 s;
5. Utilizar un analizador de calidad de energía para registrar parámetros como la potencia activa en el punto de conexión a la red del sistema de almacenamiento y en el punto PCC.

Criterio de evaluación: El tiempo de actuación de la protección contra inversión de flujo no debe ser superior a 2 s.

Resultados de la prueba:

Modo	Tiempo medio de actuación (s)	Conclusión
Recorte de picos y llenado de valles (carga)	1,581	Apto
Recorte de picos y llenado de valles (descarga)	1,931	Apto
Despacho en tiempo real (carga)	1,897	Apto
Despacho en tiempo real (descarga)	1,663	Apto

7.2.32 Prueba anti-sobrecarga

Método de prueba:

1. Ajustar el punto de potencia anti-sobrecarga Pgz y el tiempo de actuación Td (cumpliendo los requisitos de la prueba);
2. El sistema implementa tres modos: recorte de picos y llenado de valles, expansión dinámica y despacho en tiempo real. Cada modo debe funcionar tanto en estado de carga como de descarga;
3. Bajo las seis condiciones de funcionamiento mencionadas, ajustar la potencia de la carga electrónica para que funcione en el rango de 0 a 50 kW;
4. La duración de la sobrecarga no debe ser inferior a 5 s;
5. Utilizar un analizador para registrar parámetros como la potencia activa en el punto de conexión a la red del sistema de almacenamiento y en el punto PCC.

Criterio de evaluación: El tiempo de actuación anti-sobrecarga no debe ser superior a 2 s.

Resultados de la prueba:

Modo	Tiempo medio de actuación (s)	Conclusión
Recorte de picos y llenado de valles (carga)	1.663	Apto
Recorte de picos y llenado de valles (descarga)	1.651	Apto
Expansión dinámica (carga)	1.710	Apto
Expansión dinámica (descarga)	—	Apto
Despacho en tiempo real (carga)	—	Apto
Despacho en tiempo real (descarga)	—	Apto

7.2.33 Prueba de estabilidad

Método de prueba:

1. Configure los parámetros de tarifa eléctrica de la planta en la plataforma en la nube, genere la potencia planificada y envíela al EMS local;
2. Los parámetros de operación incluyen parámetros anti-retorno, parámetros anti-sobrecarga, capacidad de la planta, límites superior e inferior de SOC, configuración del medidor, configuración de comunicación, entre otros;
3. Inicie la planta y haga que el sistema de almacenamiento de energía participe en la operación de recorte de picos y llenado de valles in situ. Registre parámetros como la potencia activa entre el sistema de almacenamiento de energía y el punto de conexión a la red mediante el analizador de calidad de energía de la planta;
4. Si las condiciones lo permiten, ajuste manualmente los parámetros de sobrecarga y retorno para que cumplan las condiciones que activan la función de protección.

Criterios de evaluación:

1. La plataforma en la nube y el sistema local funcionan con normalidad, incluyendo si la carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía satisface la operación planificada de recorte de picos y llenado de valles;
2. Las funciones de protección en todos los niveles funcionan con normalidad, incluyendo la protección de SOC, sobrecarga y retorno;
3. La monitorización de datos de la planta funciona con normalidad, incluyendo los parámetros eléctricos en tiempo real, la información de la interfaz de la plataforma en la nube y los datos de potencia;
4. Los equipos eléctricos y los equipos de monitorización no presentan bloqueos ni retardos, y el acceso es normal.