

بطارية LiFePO4 مقاس 32650

داتا شيت فني

3.2 فولت — سعة اسمية 5000 مللي أمبير/ساعة (سعة حقيقية مُختبرة: راجع القسم 2)

1. نظرة عامة على المنتج

بطارية أيون ليثيوم من نوع فوسفات حديد الليثيوم (LiFePO4 / LFP) بمقاس صناعي (32 32650 مم قطر × 65 مم طول)، بطرف توصيل من نوع بولت/مسمار حراري (Bolt Terminal) مناسب للحام أو الربط المباشر داخل حزم بطاريات (Battery Packs). هذه البطارية مصنعة من قبل مورّد صناعي عام دون علامة تجارية عالمية موثقة، ولا يتوفر لها داتا شيت رسمي منشور من الشركة المصنعة الأصلية.

تم إعداد هذا الداتا شيت بواسطة ميكروز إلكترونيك اعتماداً على: (أ) اختبارات عملية فعلية أُجريت على عيّنات من هذه الدفعة، و(ب) الخصائص القياسية المعروفة لكيمياء LiFePO4 بشكل عام. يُرجى قراءة قسم "منهجية القياس والإخلاء" في نهاية المستند قبل الاعتماد الكامل على أي رقم.

2. المواصفات الرئيسية

المواصفة	القيمة والتفاصيل
نوع الكيمياء	فوسفات حديد الليثيوم — LiFePO4 (LFP)
الشكل والمقاس	إسطواني 32650 — قطر 32 مم × طول 65 مم (تقريباً)
نوع الطرف	بولت/مسمار حراري (Bolt / Stud Terminal)
السعة المكتوبة على البطارية	5000 مللي أمبير/ساعة (رقم تسويقي من المورد)
السعة الفعلية المُختبرة (تفريغ منخفض/متوسط ≤ 1C)	4700 – 3700 مللي أمبير/ساعة (حسب العيّنة) — أعلى قراءة مؤكدة: 4712mAh عند اكتمال اختبار كامل (14.7Wh، Cutoff 2.5V، بزمان 1:34:15)
السعة عند تيار تفريغ عالٍ (مُختبر فعلياً 4.5-5C ~ 22-24 أمبير)	2400 – 2300 مللي أمبير/ساعة (انخفاض طبيعي بسبب تأثير Peukert عند التيارات العالية)
الجهد الاسمي (Nominal Voltage)	3.2 فولت
جهد الشحن الكامل (Max Charge Voltage)	3.65 فولت
جهد نهاية التفريغ المُوصى به (Recommended Cutoff)	2.5 فولت
الحد المطلق الأدنى للجهد (لا يُتجاوز)	2.0 فولت
المقاومة الداخلية — بجهاز قياس (ESR (AC)	20 – 7 مللي أوم (تفاوت بين العيّنات)
المقاومة الداخلية — أثناء التفريغ الفعلي بحمل DC (من جهاز الاختبار)	31 مللي أوم (قد تشمل مقاومة الأسلاك ونقاط التلامس، وتختلف عن قياس AC الساكن)
أقصى تيار تفريغ مُختبر فعلياً بدون فشل	24 – 22.76 أمبير (4.5C ≈) — الخلية استمرت للعمل بثبات حتى الاقتراب من جهد القطع (مدة الاختبار الدقيقة غير مُسجلة)
أقصى تيار تفريغ مستمر مُوصى به لإطالة عمر الخلية	1C ≈ (حوالي 5 – 4 أمبير) — تحفظياً رغم إثبات قدرة الخلية على تحمل تيار أعلى بكثير على المدى القصير/المتوسط
أقصى تيار شحن مُوصى به	0.5C (حوالي 2.5 – 2 أمبير) لإطالة عمر الخلية

الموصفة	القيمة والتفاصيل
مدى درجة حرارة التشغيل (تفريغ)	20°م إلى 60°م تقريباً (قيمة نمطية لكيمياء LFP)
مدى درجة حرارة الشحن	0°م إلى 45°م تقريباً (قيمة نمطية لكيمياء LFP)
الوزن الفعلي (مقاس على 4 عتبات)	139 – 143 جرام

3. سلوك الجهد ومنحنى التفريغ

لوحظ أثناء الاختبار الفعلي أن الجهد يظل شبه ثابت عند 3.2–3.3 فولت لمعظم فترة التفريغ، وهذا سلوك متوقع وطبيعي لكيمياء LiFePO4 (يُعرف بـ "هضبة الجهد المسطحة" — Flat Voltage Plateau)، ثم ينخفض الجهد بشكل حاد وسريع عند اقتراب نفاد الشحنة.

الأثر العملي لهذا السلوك: لا يمكن الاعتماد على قراءة الجهد وحدها لتقدير نسبة الشحن المتبقية بدقة أثناء معظم دورة التفريغ، حيث يبقى الجهد شبه ثابت حتى اللحظات الأخيرة. يُنصح باستخدام عداد كولوم (Coulomb Counter) أو دائرة BMS لقياس الشحنة الفعلية المتبقية.

4. التركيب الداخلي

المكون	المادة والوصف
القطب الموجب (الكاثود)	فوسفات حديد الليثيوم LiFePO4 ببنية أوليفين مستقرة حرارياً
القطب السالب (الأنود)	جرافيت (Graphite)
الفاصل (Separator)	طبقة بوليمر مسامية مقاومة للحرارة
الإلكترونيات	محلول ملح ليثيوم في مذيب عضوي
الغلاف الخارجي	علبة معدنية (صاج/الومنيوم) مقاومة للضغط مع صمام أمان لتنفيس الغازات

5. الاستخدامات المناسبة

- أنظمة تخزين الطاقة الشمسية المنزلية والصغيرة
 - حزم بطاريات الدراجات الكهربائية ولوحات التزلج الكهربائية
 - أنظمة الطاقة الاحتياطية (UPS) منخفضة إلى متوسطة القدرة
 - الكشافات والإضاءة عالية القدرة
 - التطبيقات الصناعية التي تتطلب أماناً حرارياً عالياً وعمر دورات طويل
- غير مناسبة لـ: التطبيقات التي تتطلب تيار تفريغ لحظي فوق 2C بشكل متكرر، أو الأجهزة التي تعتمد على قراءة الجهد فقط لتقدير نسبة الشحن بدقة.

6. إرشادات الشحن الآمن

- يجب استخدام شاحن مخصص لـ LiFePO_4 فقط (جهد قطع 3.65 فولت للخلية الواحدة). استخدام شاحن Li-ion عادي (4.2 فولت) يؤدي إلى إجهاد الخلية وتقليل عمرها الافتراضي بشكل كبير، وقد يسبب تلفاً دائماً مع الاستخدام المتكرر.
- يُنصح بعدم ترك الخلية مشحونة بالكامل (3.65 فولت) لفترات طويلة دون استخدام، وتخزينها عند مستوى شحن متوسط (حوالي 3.3 فولت) في حال عدم الاستخدام لفترة تتجاوز شهراً.

7. ملاحظات السلامة

- لا تتجاوز جهد الشحن الأقصى 3.65 فولت للخلية الواحدة تحت أي ظرف
- لا تُفَرِّغ الخلية تحت 2.0 فولت نهائياً، فهذا يسبب تلفاً دائماً غير قابل للإصلاح
- عند تجميع أكثر من خلية في حزمة (Pack)، استخدم دائرة إدارة بطارية (BMS) لضمان التوازن بين الخلايا
- كيمياء LiFePO_4 أكثر استقراراً حرارياً من كيمياء Li-ion العادية (NMC/LCO) وأقل عرضة للانفجار أو الاشتعال، لكنها ليست خالية من المخاطر بالكامل عند سوء الاستخدام
- تجنب التفريغ بتيار أعلى من القيمة الموصى بها في هذا المستند، خاصة للعينات ذات المقاومة الداخلية الأعلى (قرب 20 مللي أوم)

8. نتائج اختبار إضافية على تيار تفريغ عالٍ

تم إجراء اختبار تفريغ بتيار ثابت (Constant Current Discharge) باستخدام جهاز حمل إلكتروني احترافي (DC Electronic Load) بضبط تيار مستهدف 24.00 أمبير. أثناء الاختبار، تدفق تيار فعلي 22.756 أمبير (حوالي 4.5 أضعاف السعة الاسمية بالساعة/C-rate) دون أي علامات فشل مفاجئ، انتفاخ، أو ارتفاع حرارة خطير — درجة الحرارة الداخلية المسجلة أثناء الاختبار كانت 31.4°م فقط. [مدة الاختبار الدقيقة لم تُسجل في هذه القراءة — يُستكمل الرقم عند توفر بيانات المؤقت].

انتهى الاختبار بشكل طبيعي عند اقتراب الجهد من نقطة القطع المضبوطة (2.5 فولت)، وليس بسبب فشل الخلية أو تفعيل حماية طارئة. هذا يُعد دليلاً عملياً قوياً على أن الخلية قادرة على تحمل تيارات تفريغ أعلى بكثير من التقدير التحفظي (1C) على المدى القصير والمتوسط.

مع ذلك، السعة المُسجلة عند هذا المعدل العالي من التيار (حوالي 2300-2400 مللي أمبير/ساعة) أقل من السعة المُقاسة عند معدلات تفريغ أقل (3700-4700 مللي أمبير/ساعة)، وهذا سلوك متوقع وطبيعي في جميع أنواع البطاريات (يُعرف بتأثير Peukert) — كلما زاد تيار التفريغ، قلّت السعة الفعلية القابلة للاستخراج بسبب الفقد الحراري الداخلي وهبوط الجهد تحت الحمل.

التوصية العملية: يمكن استخدام هذه الخلية في تطبيقات تتطلب تيارات عالية لفترات قصيرة إلى متوسطة (كأدوات كهربائية أو دفعات تشغيل عالية)، لكن للاستخدام المستمر طويل الأمد (كأنظمة تخزين الطاقة الشمسية)، يُفضل الالتزام بالتيار التحفظي (1C) للحفاظ على أقصى عدد من دورات الشحن وأطول عمر افتراضي للخلية.

ملاحظة مهمة على ظروف الاختبار: تم تسجيل درجة حرارة منخفضة نسبياً (31.4°م) أثناء هذا الاختبار، وهو ما قد يرتبط بظروف التهوية أو التبريد في بيئة الاختبار. في حالة الاستخدام العملي داخل حزمة بطاريات مغلقة أو صندوق بلاستيك بدون تهوية كافية، من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الخلية بشكل أكبر عند نفس التيار، وقد لا يكون التيار العالي آمناً للاستخدام المتكرر أو الطويل في تلك الحالة. أي توصية بتيار عالٍ في هذا المستند مشروطة بوجود تهوية أو تبريد مناسب.

9. منهجية القياس وإخلاء المسؤولية

السعة الفعلية (3700–4700 مللي أمبير/ساعة) والمقاومة الداخلية (20–7 مللي أوم) الواردة في هذا المستند مبنية على قياسات فعلية أجرتها ميكروز إلكترونيك على عيّينات من هذه الدفعة باستخدام أجهزة اختبار بطاريات (Battery Analyzer). هذه القيم تمثل مدى واقعياً وليست قيمة ثابتة مضمونة لكل قطعة، نظراً لعدم توفر داتا شيت رسمي من المصنّع الأصلي وتفاوت الجودة الملحوظ بين العيّينات.

القيم المُشار إليها بعبارة "تقديري" أو "نمطي" أو "غير مُختبر مباشرة" مأخوذة من الخصائص العامة المعروفة لكيمياء LiFePO4 في السوق، وليست نتيجة اختبار مباشر على هذه الخلية بعينها. يُنصح أي مستخدم صناعي أو تجاري بإجراء اختبار تحقق (Verification Test) على عيّنة من كل دفعةوريد جديدة قبل الاستخدام في تطبيقات حرجية.

لا تتحمل ميكروز إلكترونيك مسؤولية أي ضرر ناتج عن استخدام البطارية خارج الحدود الموضحة في هذا المستند، أو عن تفاوت طبيعي في الأداء بين الدفعات المختلفة من نفس المورد.