مجموعة PERFORMANCE

دليـل المتانة

STARLINK

فهـرس المحتويـات

01 **نظرة عامة** 3

1.1 أبرز ميزات Starlink Performance 3

02 **تفاصيـل المتانة** 5

2.1 إذابة الجليد 5
2.2 البَرَد 5
2.3 السقوط 5
2.4 الاهتزاز 5
2.5 الصدمات 6
2.6 دخول الماء والغبار 6
2.7 الأداء الحراري 6
2.7.1 حدود الأداء الحراري 7
2.7.2 اختبار التسارع الحراري لعمر التشغيل 7
2.8 التآكل/بيئة المسطحات المائية 8
2.9 الرياح 8

03 **تفاصيـل موصَـل الكهربـاء المتقـدم** 8

3.1 الجهد الكهربي وتردد الإدخال 8
3.2 اختبار معايير IEC 9

04 **سـحب الكهربـاء في مجموعة STARLINK PERFORMANCE** 9

05 **المراجـع** 10

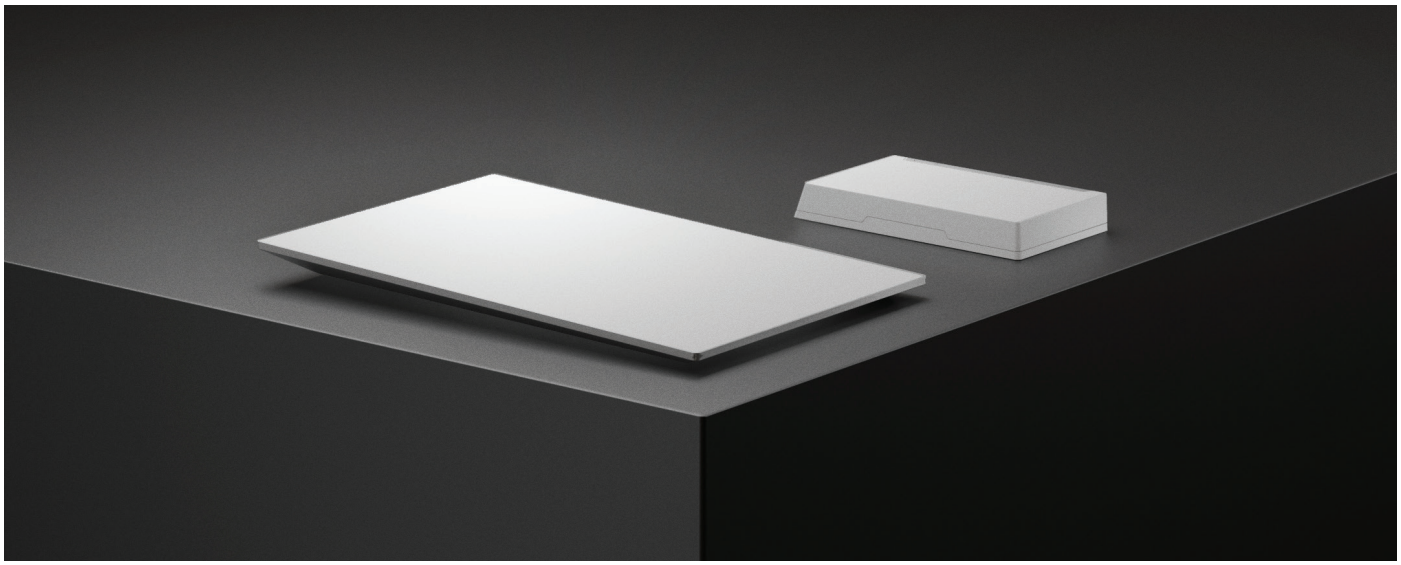
01. نظرة عامة

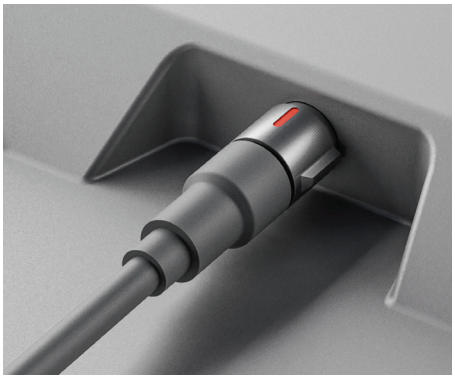
يهدف هذا المستند إلى تقديم معلومات إضافية حول متانة منتج مجموعة Starlink Performance ضمن بيئات العالم الحقيقي.
لا تحل هذه المعلومات محل أي شهادات للمنتج أو حدود الاستخدام المُوصى بها وهي مخصّصة للاطّلاع فقط.

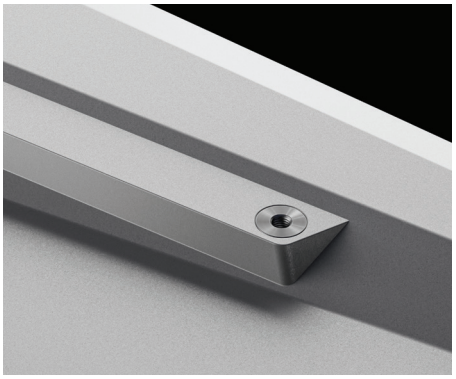
1.1 أبرز ميزات STARLINK PERFORMANCE

تم تصميم Starlink Performance لتكون حلاً متينًا للعملاء الذين يحتاجون إلى اتصال عالي السرعة يمكن الاعتماد عليه في أشد البيئات قساوة. تشمل بعض ميزات المتانة المتقدمة ما يلي:

- غلاف من الألومنيوم المطلي بمسحوق للحماية من الصدمات ومقاومة التآكل
- مقاومة للماء والغبار وفقًا لمعيار IP68 في حالة عدم تركيب الموصّل، وموصّل قفل يوفّر مقاومة للماء والغبار وفقًا لمعيار IP69K
- مُصّممة لتحمل البيئات التي تتعرض فيها الأجهزة لاهتزازات وصدمات عنيفة
- زاوية مسح تبلغ 140 درجة مثالية لاستخدامات الشركات والاستخدام أثناء التنقل
- موصّل كهرباء متقدم قادر على العمل بتيار متردد (أساسي) أو تيار مستمر (أساسي) أو تيار متردد (أساسي) + تيار مستمر (احتياطي)
- موصّل قابل للتوصيل الميداني للتركيبات المخصّصة
- بطانات ملولبة من الفولاذ المقاوم للصدأ للتركيب المتين
- تحسينات في الأداء الحراري لإذابة الجليد بكفاءة وأداء أعلى في درجات الحرارة المنخفضة جدًا







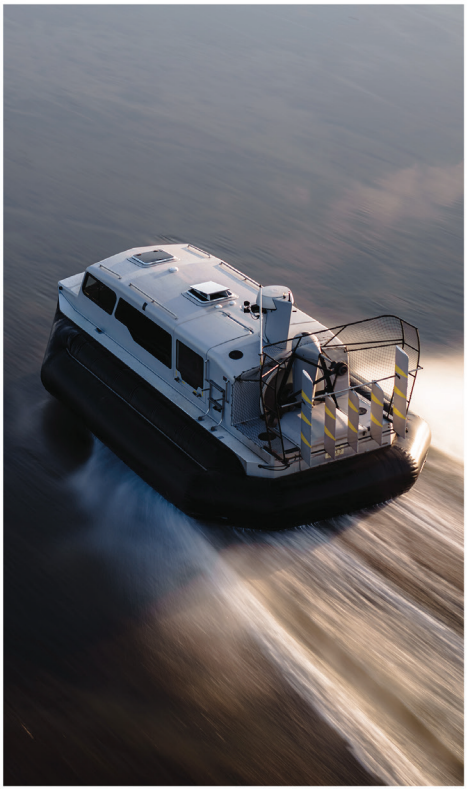
هذا المستند سري وتعود ملكيته لشركة SpaceX. غير خاضع لقيود التصدير. لا يحتوي على أي تقنية أو بيانات تقنية تخضع لقيود التصدير الأمريكية.

تم اختبار مجموعة Starlink Performance بشكل صارم لاجتياز الشروط الموضحة في الجدول 1، مع تصميم يضمن عمرًا تشغيليًا يبلغ 10 سنوات في أقسى البيئات المحتملة. تم تطوير نماذج اختبارات الاعتمادية استنادًا إلى أقسى المناخات، بما في ذلك البيئات الصحراوية والقطبية، إضافة إلى البيئات التي تتعرض فيها الأجهزة للاهتزاز الشديد أو الرطوبة العالية.

الجدول 1: نظرة عامة على متانة مجموعة Starlink Performance

اختبار المتانة		Starlink Performance	موصّل كهرباء Starlink المتقدم
البَرَد		3.17 سم (1.25 بوصة)	3.17 سم (1.25 بوصة)
السقوط		1.0 متر	1.5 متر
الاهتزاز	الكثافة الطيفية للكهرباء	GRMS 3.96	GRMS 3.96
	المدة	34 ساعة / محور	34 ساعة / محور
الصدمات	الوظيفة	11 ,50g مللي ثانية نصف نبضة جيبية	11 ,50g مللي ثانية نصف نبضة جيبية
	الاصطدام	6 ,75g مللي ثانية نبضة سن المنشار	-
دخول الغبار / الماء		IP69K	IP68
التآكل / بيئة المسطحات المائية		G85 A3 وASTM B117	-
الحدود الحرارية التشغيلية	أقصى درجة حرارة	60 درجة مئوية (140 درجة فهرنهايت)*	60 درجة مئوية (140 درجة فهرنهايت)
	أدنى درجة حرارة	-40 درجة مئوية (-40 درجة فهرنهايت)	-40 درجة مئوية (-40 درجة فهرنهايت)
الرياح		أكثر من 270 كم/ساعة (أكثر من 170 ميلاً/ساعة)	-

*قد يبدأ تقليل الأداء عند درجة حرارة أقل لحماية الجهاز (تختلف بناءً على معدل النقل)
**تم الاختبار على حوامل التثبيت والحوامل المسطحة من Starlink



هذا المستند سري وتعود ملكيته لشركة SpaceX. غير خاضع لقيود التصدير. لا يحتوي على أي تقنية أو بيانات تقنية تخضع لقيود التصدير الأمريكية.

02. تفاصيـل متانة مجموعة STARLINK PERFORMANCE

2.1 | إذابة الجليد

تستطيع مجموعة Starlink Performance إذابة الجليد بمعدل 8.9 سم/ساعة (3.5 بوصة/ساعة) عندما تكون كثافة الجليد 100 كغم/متر مكعب، وبمعدل 13.2 سم/ساعة (5.2 بوصة/ساعة) عندما تكون كثافة الجليد 68 كغم/متر مكعب. يجب تركيب المحطة الطرفية للمستخدم إما باستخدام حامل تثبيت أو حامل حائطي أو أداة ربط الطبق بالحامل لضمان تصريف المياه من السطح للحفاظ على أفضل إشارة مع أقمار Starlink الصناعية.

2.2 | البَرَد

تم تأهيل مجموعة Starlink Performance وموصّل كهرباء Starlink المتقدم لتحمّل تأثيرات البَرَد بقطر يصل إلى 3.17 سم (1.25 بوصة) دون التأثير على الأداء.

2.3 | السقوط

تظل مجموعة Starlink Performance تعمل بعد سقوطها مرة واحدة على الفولاذ من ارتفاع متر واحد على أي من أسطحها، ويظل موصّل كهرباء Starlink المتطور يعمل بعد سقوطه مرة واحدة على الفولاذ من ارتفاع 1.5 متر على أي من أسطحه.

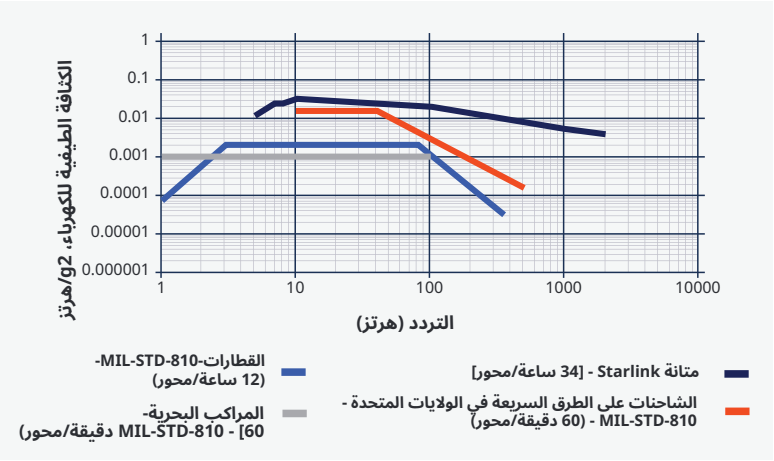
2.4 | الاهتزاز

تم تأهيل مجموعة Starlink Performance وموصّل كهرباء Starlink المتقدم وفقًا لمواصفة اهتزاز قوية في أثناء التركيب على حوامل التثبيت والحوامل المسطحة المخصّصة للتنقل. تم إنشاء هذا النموذج من خلال تعديل مستويات الكثافة الطيفية للكهرباء (PSD) ونقاط توقف التردد ومدة الاختبار لتشمل حالات الاستخدام على السكك الحديدية والبناء والمركبات البرية والمركبات البحرية وفي الزراعة بعمر خدمة مكافئ يبلغ 10 سنوات. على الرغم من أن بعض النماذج المعتمدة في الصناعة قد تُظهر مستويات أعلى من الكثافة الطيفية للكهرباء (PSD) عند بعض الترددات، فإن الضرر التراكمي الناتج عن زيادة مدة الاختبار يوفر تغطية إضافية لتعويض الفروقات في الكثافة الطيفية للكهرباء (PSD). يتم تشغيل كل محور عند المستويات نفسها لتأهيل الأجهزة لأي اتجاه تركيب.

الجدول 2: مستويات التعرض في نماذج اختبار المتانة لجهاز Starlink

عمودي/عرضي/طولي	
التردد (هرتز)	الكثافة الطيفية للكهرباء، g2/هرتز
5	0.0115
7	0.0231
8	0.0231
10	0.0249
100	0.0192
1000	0.0050
2000	0.0037
مدة الاختبار: 34 ساعة لكل محور	
GRMS: 3.69	

الشكل 1: مقارنة بين نماذج اختبار الاهتزاز الشائعة الاستخدام – المحور الرأسي



أعلاه مقارنات بين نماذج الاختبار المعتمدة لدينا ومقاييس MIL-STD-810H. لاحظ أن فترات الاختبار متباينة وموضّحة في مفتاح الرموز.

2.5 | الصدمات

تم تأهيل كل من مجموعة Starlink Performance وموصل كهرباء Starlink المتقدم وفقًا لنموذج تعريف صدمة مشتق داخليًا، يتكون من 3 نبضات صدمة نصف جيبية بقوة 50g ومدة 11 مللي ثانية لكل نبضة، في جميع الاتجاهات الستة للأجهزة على حامل تثبيت وحامل مسطح. يؤهل هذا الاختبار الأجهزة للتركيب في أي اتجاه، ويشمل أغلب بيئات الطرق الوعرة والمسطحات المائية.

بالإضافة إلى اختبار الصدمة الوظيفية، اجتازت مجموعة Starlink Performance نموذج اختبار الصدمات وفقًا لمعيار MIL-STD-810H، والذي يتكون من نبضة صدمة سن منشارية بقوة 75g ولمدة 6 مللي ثانية، عند تركيبها على حامل تثبيت وحامل مسطح.

2.6 | دخـول الماء والغبار

تم تأهيل مجموعة Starlink Performance لمستوى حماية IP68 عندما يكون الموصّل مفصولاً ومعيار IP69K عندما يكون الموصّل موصولاً. تم إجراء اختبار الغمر عندما يكون الموصّل غير موصول إلى عمق 1.1 متر لأكثر من 30 دقيقة. تم إجراء اختبار IPx9K باستخدام ضغط ماء أكبر من 8 ميغا باسكال ودرجات حرارة أعلى من 80 درجة مئوية. يشمل الاختبار رش ماء مستمر لمدة 30 ثانية عند كل فوهة، مع توزيع الفوهات كل 30 درجة حول كل وجه من أوجه المحطة الطرفية للمستخدم. تبلغ المسافة القصوى من الوحدة الطرفية للمستخدم إلى النفاثة عالية الضغط 150 مم.

تم تأهيل موصّل كهرباء Starlink المتقدم لمستوى حماية IP68 في حالة توصيل جميع الموصّلات بشكل صحيح. تم الانتهاء من اختبار الغمر الداخلي IPx8 على عمق 1.1 متر لأكثر من 30 دقيقة. تم إجراء اختبار إضافي وفقًا لمعيار IPx5 (نفث الماء منخفض الضغط) ومعيار IPx6 (نفث الماء عالي الضغط) ومعيار IPx7 (الغمر <1 متر) مع اجتياز جميع الاختبارات بنجاح.

2.7 | الأداء الحراري

الجدول 3: ملخص أداء البيئة الحرارية

	أقصى درجة حرارة	أدنى درجة حرارة
Starlink Performance	60 درجة مئوية (140 درجة فهرنهايت)	-40 درجة مئوية (-40 درجة فهرنهايت)
موصّل كهرباء Starlink المتقدم	60 درجة مئوية (140 درجة فهرنهايت)	-40 درجة مئوية (-40 درجة فهرنهايت)

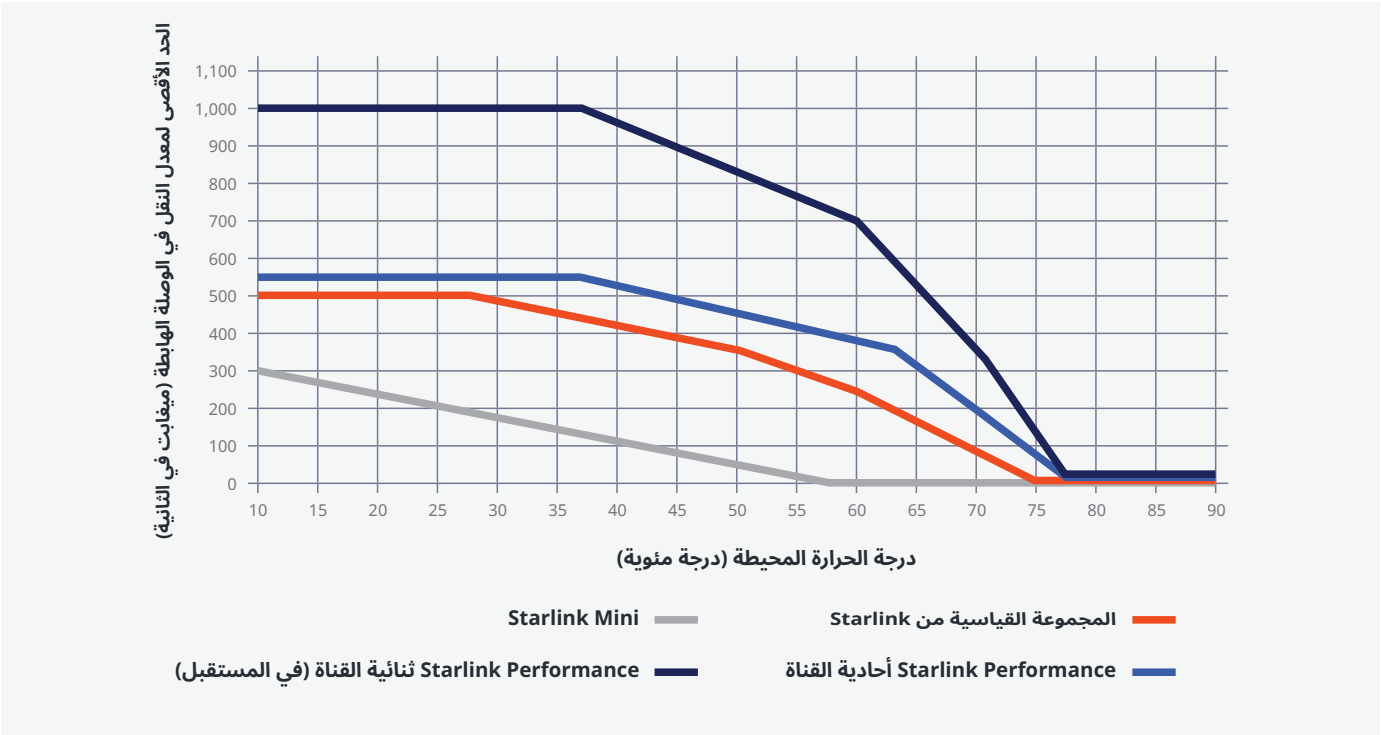
تفترض درجات الحرارة هذه أسوأ الظروف (غياب الرياح وأقصى حمل حراري شمسي). تم إجراء اختبارات وظيفية حتى 80 درجة مئوية.

2.7.1 | حـدود الأداء الحراري

تشير "أقصى درجة حرارة" إلى أعلى درجة حرارة محيطة يمكن عندها للأجهزة أن تعمل بأقل تأثير على الأداء. وعندما تتجاوز درجة الحرارة المحيطة هذه القيمة، يستمر المنتج في العمل لكنه يقوم بتقليل دورة عمله لحماية نفسه، مما يقلّل من معدل النقل الأقصى المسموح به حتى يتم إيقاف التشغيل القسري عند تجاوز درجة الحرارة 75 درجة مئوية (167 فهرنهايت). تؤثر عوامل مثل سرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي وموقع التركيب جميعها على مدة وشدة تقليل الأداء. انظر الرسم البياني أدناه للاطلاع على مزيد من التفاصيل. لاحظ أن قدرة معدل النقل ثنائية القناة الموضحة أدناه في الشكل 2 ستكون ترقية شبكة مستقبلية متاحة لمجموعة Starlink Performance.

جميع المنتجات مؤهلة للتشغيل في درجات حرارة منخفضة تصل إلى -40 درجة مئوية (-40 درجة فهرنهايت) دون التأثير على الأداء. سيزداد سحب الكهرباء في درجات الحرارة المنخفضة عند تفعيل وضع إذابة الجليد.

الشكل 2: معدل النقل مقابل درجة الحرارة المحيطة مع حمل شمسي كامل



2.7.2 | اختبـار العمر الحراري المسـرّع

بالإضافة إلى الاختبار الوظيفي في بيئات العالم الحقيقي، خضعت Starlink Performance لاختبارات صارمة لتسريع دورة الحياة لتأهيل المنتج لعمر افتراضي لا يقل عن 10 سنوات.

الجدول 4: ملخص اختبار تسريع دورة الحياة الحرارية

اختبار	نموذج	مدة تعادل 10 سنوات
الدورة الحرارية	-40 إلى 90 درجة مئوية (-40 إلى 195 درجة فهرنهايت)	1,040 دورة
دورة التجميد والذوبان مع تقاطر الماء	-15 درجة مئوية إلى 15 درجة مئوية (5 درجات فهرنهايت إلى 60 درجة فهرنهايت)	560 دورة
اختبار التعرض للرطوبة مع درجة حرارة مرتفعة	85% رطوبة نسبية، 90 درجة مئوية (195 درجة فهرنهايت)	125 ساعة
اختبار التعرض لحرارة مرتفعة	100 درجة مئوية (212 درجة فهرنهايت)	220 ساعة

هذا المستند سري وتعود ملكيته لشركة SpaceX. غير خاضع لقيود التصدير. لا يحتوي على أي تقنية أو بيانات تقنية تخضع لقيود التصدير الأمريكية.

2.8 | بيئة التآكل/المسطحات المائية

أُثبتت أهلية مجموعة Starlink Performance وفقًا للمعيار ASTM B117 لمدة 3000 ساعة ومعيار ASTM G85 A3 لمدة 400 ساعة دون أي تأثير على الهيكل أو الأداء. أُجري الاختبار مع تركيب موصّلات مانعة للتسرب بشكل صحيح.

2.9 | الرياح

أُثبتت أهلية مجموعة Starlink Performance للعمل في ظروف رياح تصل سرعتها إلى أكثر من 270 كم/ساعة (أكثر من 170 ميل/ساعة) في جميع الاتجاهات وذلك عند تركيبها على حامل مسطح من Starlink وحامل تثبيت من Starlink. أُثبتت أهلية تكوينات الحوامل الحائطية والعمودية لمجموعة Starlink لتحمّل رياح تصل سرعتها إلى 177 كيلومترًا في الساعة (110 أميال في الساعة)، وهو ما يعادل إعصارًا من الفئة الثانية.

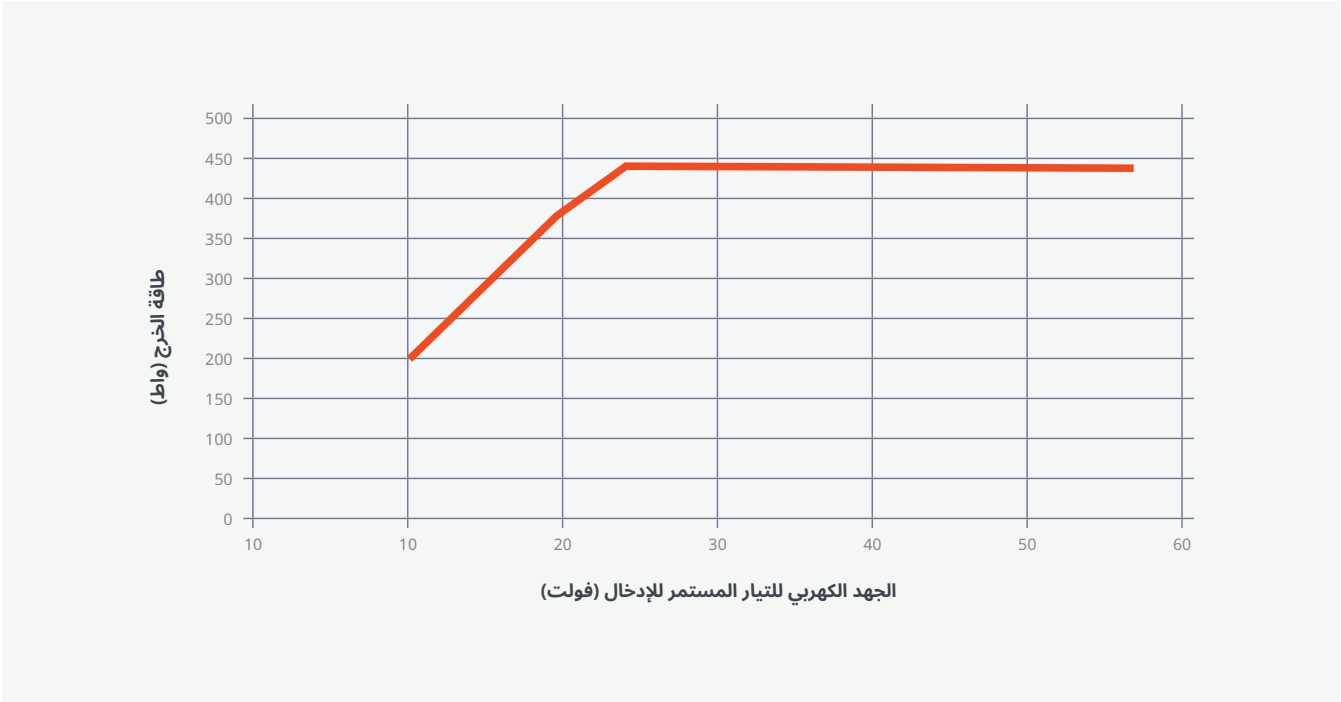
03. تفاصيل موصّل كهرباء Starlink المتقدم

3.1 | جهد المدخل والتردد

أُثبتت أهلية مدخل التيار المتردد لموصل كهرباء Starlink المتقدم للعمل بجهود دخل تتراوح بين 90 و 264 فولت، مما يجعله مناسبًا للعمل مع جهود الشبكة أحادية الطور في معظم أنحاء العالم. بالإضافة إلى ذلك، أُثبتت أهلية موصّل الكهرباء للعمل بترددات تتراوح من 47 هرتز إلى 64 هرتز والتي تغطي الشبكات الأرضية بتردد 50 هرتز إلى 60 هرتز ± 5%.

أُثبتت أهلية مدخل التيار المستمر لموصل كهرباء Starlink المتقدم للعمل بجهود دخل تتراوح بين 10.5 و57 فولت. مع ذلك، يُوصى بتشغيل النظام بجهود تيار مستمر أعلى من 20 فولت إن أمكن. عند استخدام جهود دخل منخفضة، سيتم تقليل طاقة الخرج للحد من إجمالي كمية التيار الكهربائي (الأمبيراج) من موصّل الكهرباء إلى أقل من 20 أمبير. في هذه الحالات، قد يتم تقليل أداء المحطات الطرفية للمستخدم التي تتطلب كهرباء عالية (إنتاجية عالية جدًا مع تفعيل خاصية إذابة الجليد) بسبب قيود الكهرباء.

الشكل 3: الجهد الكهربي للتيار المستمر للإدخال مقابل الخرج



3.2 | اختبـار معايير IEC

الجدول 5: اختبار معايير IEC لموصّل كهرباء Starlink المتطور

	معيار IEC	نتيجة الاختبار
التفريغ الكهربي الساكن (ESD)	IEC 61000-4-2	ناجح
الانتقال الكهربي السريع	IEC-61000-4-4	ناجح
مقاومة الارتفاعات المفاجئة في التيار	IEC-61000-4-5	ناجح

04. سـحب الكهربـاء في مجموعة STARLINK PERFORMANCE

يعتمد سحب الكهرباء بشكل كبير على استخدام Starlink ودرجة الحرارة المحيطة. ستؤدي الفترات الزمنية المختلفة التي يتم قضاؤها في وضعي الإرسال (TX) والاستقبال (RX) إلى زيادة استهلاك الكهرباء أو تقليلها. لاحظ أن هذه الأرقام هي تقديرات متوسطة وستختلف باختلاف الاستخدام وجهود الدخل المختلفة والاختلافات من وحدة إلى أخرى.

الجدول 6: سحب الكهرباء لمجموعة Starlink Performance عند 25 درجة مئوية (77 درجة فهرنهايت محيطة)

الوضع	متوسط الكهرباء (واط)	ذروة الكهرباء (واط)	متوسط التيار (أمبير)	ذروة التيار (أمبير)
الحد الأقصى	240	305	4.43	5.75
المتوسط	91.6	185.6	1.71	3.4
خامل	11.4	14.5	0.21	0.27

لا يتضمن الجدول أعلاه الكهرباء التي يستهلكها الراوتر. منفذ الراوتر في موصّل كهرباء Starlink المتقدم قادر على توفير ما يصل إلى 40 واط من الكهرباء عبر شبكة الإيثرنت (POE) لتشغيل الراوتر إذا رغبت في ذلك. تعتمد الكهرباء الكلية المُستهلكة بما في ذلك الراوتر المتصل على نوع الراوتر. سيتطلب راوتر Starlink طاقة إضافية تتراوح بين 8 و12 واط تضاف إلى القيم المذكورة أعلاه.

05. المراجع

رقم المستند	اسم المستند
ASTM-G85	الممارسة القياسية لاختبار الرذاذ الملحي المُعدّل (الضباب)
ASTM-B117	الممارسة القياسية لتشغيل جهاز الرذاذ الملحي (الضباب)
MIL-STD-810H	معيار طريقة اختبار وزارة الدفاع: اعتبارات الهندسة البيئية والاختبارات المعملية
IEC 61000-4-2	اللجان الكهروتقنية الدولية معيار اختبار المقاومة ضد تفريغ الكهرباء الساكنة
IEC 61000-4-4	اللجنة الكهروتقنية الدولية معيار المقاومة ضد النبضات الكهربائية السريعة/الانفجارات الكهربائية
IEC 61000-4-5	معيار اختبار اللجان الكهروتقنية الدولية لاختبار المقاومة ضد الموجات الزائدة

هذا المستند سري وتعود ملكيته لشركة SpaceX. غير خاضع لقيود التصدير. لا يحتوي على أي تقنية أو بيانات تقنية تخضع لقيود التصدير الأمريكية.

مجموعة PERFORMANCE
دليـل المتانة

STARLINK