

بهو فندق يبدو ثابت النور للعين، والبهو نفسه على شاشة الهاتف: أشرطة وميض تلتقطها الكاميرا.

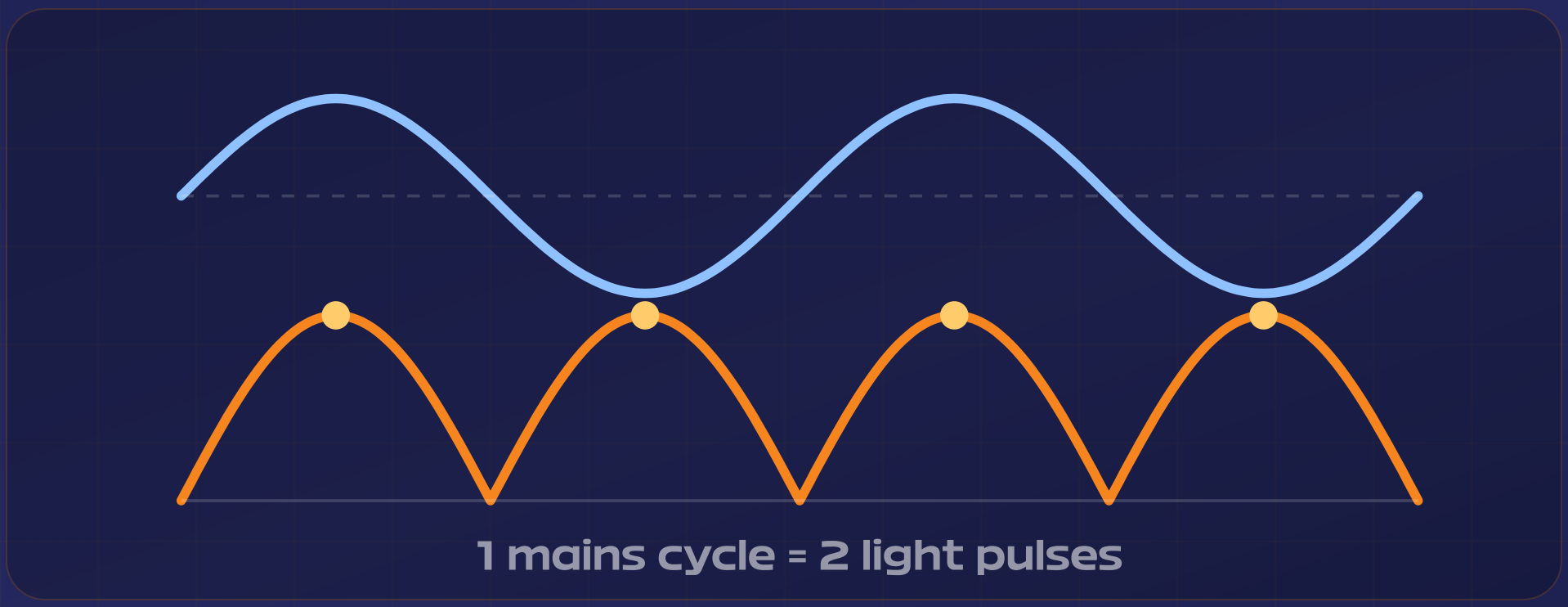
أكاديمية NLC · الحلقة 21

عينك تدمج الوميض فتُخفيه. أما الكاميرا فلا.

الوميض من أكثر صفات الإنارة تصويراً وأقلّها اشتراطاً في المواصفات. وفي ما يلي ما ينبغي قياسه، ولماذا لا يصحّ أن ينقل مشروع سعودي قاعدة أوروبية وُضعت لشبكة 50 Hz كما هي.

من أين يأتي

على شبكة 60 Hz، يظهر التموّج المرتبط بالشبكة في وحدات LED غالباً عند 120 Hz



1. يُنتج المقوّم كامل الموجة قمّتين في كل دورة شبكة، فقد يظهر التموّج المرتبط بالشبكة عند **ضعف** تردّد الخط: 120 Hz هنا، أي دورة كل 8.333 ms. [1][9]

2. أما المركّبة القوية عند 60 Hz فتدلّ عادةً على سلوك غير متماثل أو تقويم نصف موجة، لا على التموّج الطبيعي للتقويم كامل الموجة. [1]

تردّد 120 Hz شائع لا حتمي. فمحوّل كهرباء جيّد الترشيح يخفض هذا التضمين كثيراً. وكثير من الأمثلة الأوروبية الشائعة يفترض شبكة 50 Hz وتموّجاً عند 100 Hz.

الرقمان القديمان

ما الذي تقيسه نسبة الوميض ومؤشّر الوميض فعلاً



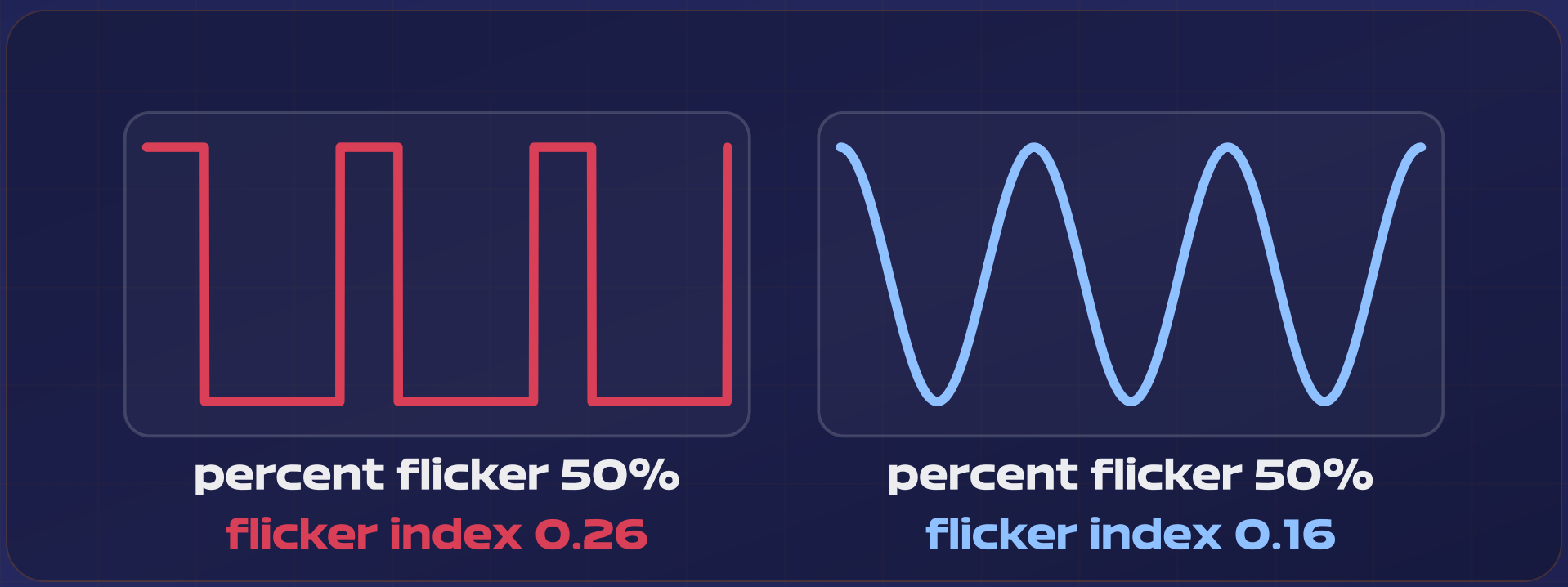
1. **نسبة الوميض**، وتُسمّى أيضاً تضمين السعة بالنسبة المئوية، = 100 x (max - min) / (max + min). نسبة مئوية لا كسر. [1]

2. **مؤشّر الوميض** = مساحة الدورة الواقعة فوق المستوى المتوسّط، مقسومة على المساحة الكلّية تحت المنحنى. [1]

لا يتضمّن أيّ من المقياسين التردّد. فكلاهما يُقرأ من دورة واحدة، ولا يخبرك بسرعة تكرارها. [8]

لماذا لا يكفي رقم واحد

عمق التضمين نفسه، وموجة مختلفة، ومؤشّر مختلف

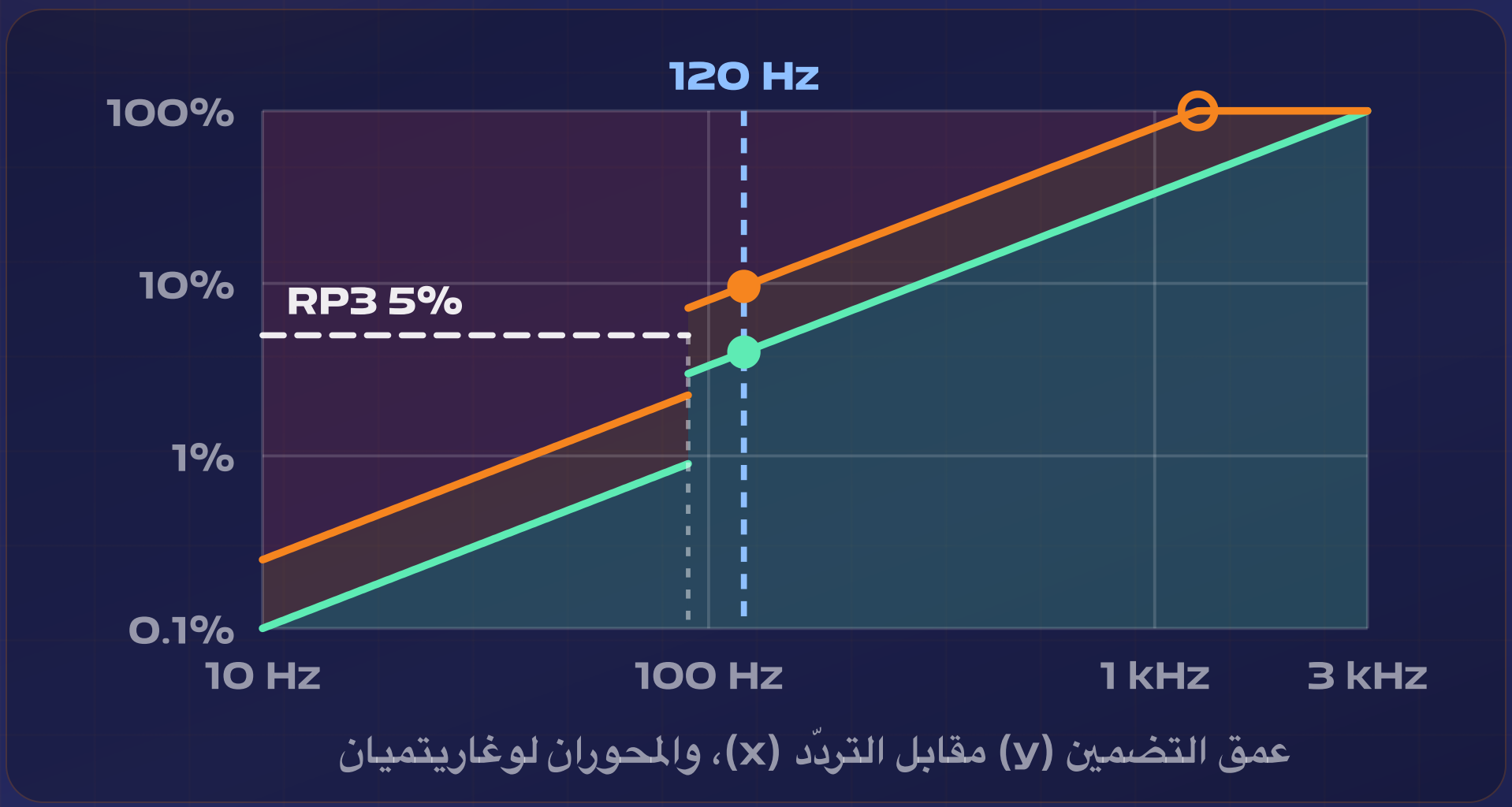


كلتا الموجتين تُضمَّن بنسبة 50%. وتسجّل النبضة مؤشّر وميض 0.26 مقابل 0.16 للجيبية، لأن المؤشّر يقرأ الشكل بين الطرفين.

نسبة الوميض وحدها لا تصف السلوك الزمني: فنسبة 5% عند 60 Hz تزيد على ثلاثة أضعاف خطّ الخطر المنخفض في IEEE، بينما تقع 5% عند 120 Hz داخله. ولتقييم مجدٍ للتضمين الزمني للنور، يُبلَّغ عن عمق التضمين والتردّد وشكل الموجة معاً. [1]

خريطة الخطر

معيار IEEE 1789 خريطة كاملة، لا رقم واحد



9.6%
خطر منخفض
عند 120 Hz،
من Mod% < 0.08 x f [1]

4.0%
بلا أثر ملحوظ
عند 120 Hz،
من Mod% < 0.0333 x f [1]

5%
حدّ صارم
دون 90 Hz
RP3، الوحيدة بلا
«إذا كان ذلك
مرغوباً» [1]

يقدّم IEEE 1789 ممارسات موصى بها تتغيّر مع التردّد، لا نسبة مئوية واحدة تصلح للجميع. والرقمان، 8% عند 100 Hz مقابل 9.6% عند 120 Hz، يأتيان من خطّ الخطر المنخفض نفسه Mod% < 0.08 x f. ونقل رقم 100 Hz إلى تطبيق عند 120 Hz يشدّده بمقدار 16.7% مقابل خطّ المعيار نفسه. [1]

اقرأ المعيار لا المدوّنات

ثلاث ممارسات موصى بها، وواحدة فقط غير مشروطة



خطر منخفض، دون 90 Hz
RP1، وتبدأ بعبارة «إذا كان ذلك مرغوباً» [1]
0.025 x f

خطر منخفض، من 90 Hz إلى 1250 Hz
RP1، المقطع الثاني [1]
0.08 x f

بلا أثر ملحوظ، من 90 Hz إلى 3000 Hz
RP2، أشدّ بنحو 2.4 مرة؛ ودون 90 Hz تكون 0.01 x f [1]
0.0333 x f

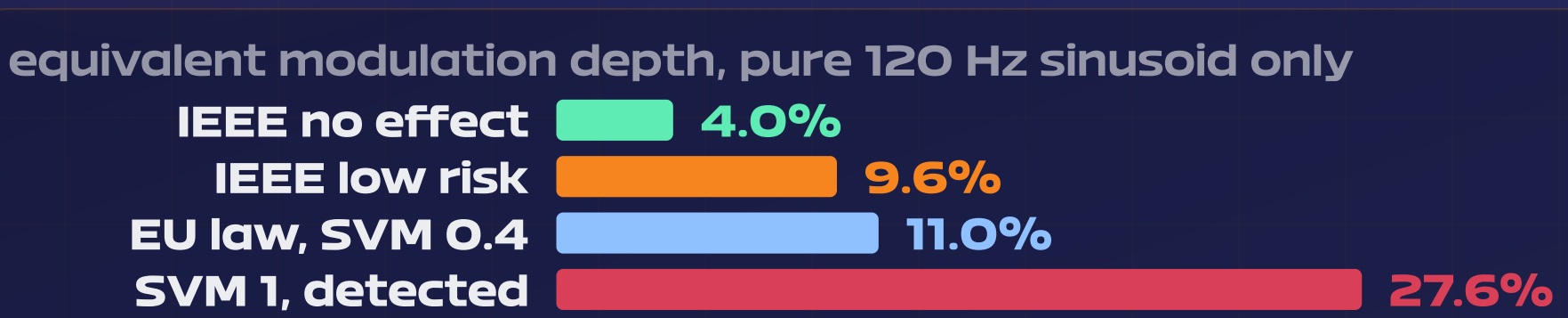
الوقاية من النوبات، دون 90 Hz
RP3، الوحيدة بلا «إذا كان ذلك مرغوباً»: قاعدة صارمة [1]
< 5%

لا يكون تعتيم PWM بعمق كامل منخفض الخطر إلا فوق 1250 Hz، حيث يبلغ 0.08 x f نسبة 100%. ومحوّل كهرباء دون 9.6% عند 120 Hz لا يحتاج إلى تبديل بتردّد كيلوهرتز. [1]

صار IEEE 1789-2015 في حالة Inactive-Reserved منذ 26 مارس 2026، ومحتواه لم يتغيّر. فاذكر طبعة 2015 والرقم، لا مطابقة عامة. [1]

ماذا تعني الأرقام الحديثة

عتبتان تُقرآن معكوستين على نحو متكرّر



ليست «غير محسوسة»

PstLM = 1

قيمة PstLM = 1: عتبة الرؤية لدى المشاهد المتوسّط. سقف لا شهادة. [3]

ليست «بلا أثر»

SVM = 1

قيمة SVM = 1: تقريباً عتبة الرؤية لدى المشاهد المتوسّط، في ظروف الاختبار المحدّدة. [2][13]

حدّ نظامي في نطاقه

SVM ≤ 0.4

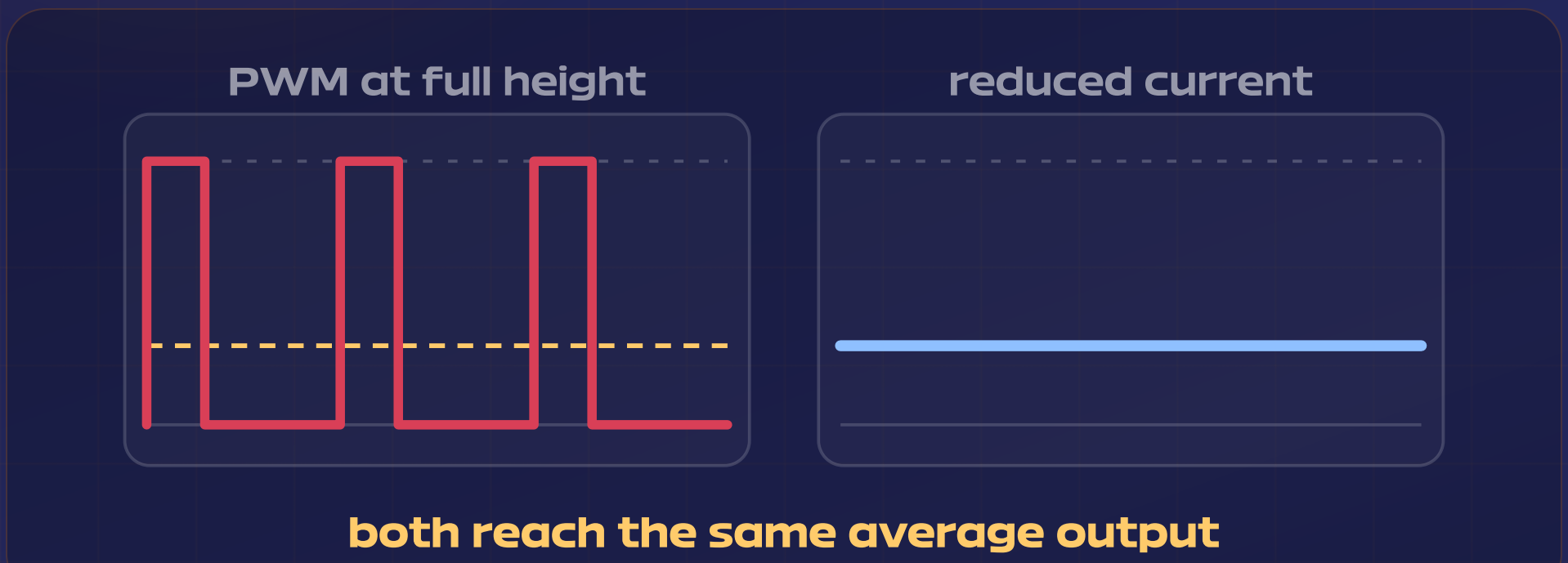
اشتراط SVM ≤ 0.4 عند الحمل الكامل: نصّ التصميم البيئي الأوروبي منذ 1 سبتمبر 2024. حدّ تنظيمي، لا تعريف لخلوّ الوحدة من الوميض. [4]

لموجة جيبية خالصة عند 120 Hz فقط: تقابل SVM = 1 تضميناً نحو 27.6%، وتقابل SVM = 0.4 نحو 11.0%. [2]

الموجات الحقيقية تحمل توافقيات تُزيح هذا التحويل، لذا تُقاس القيمتان ولا تُحوَّلان. ويضع IEC TR 61547-1 مع IEC TR 63158 طرق القياس لا الحدود. [3][13][14]

بيانات اختبار كاليفورنيا التاريخية، 2014

قد يكشف التعتيم ما يفوت اختبارَ الخرج الكامل



13
من 25 نجحت
عند الخرج الكامل وعند خرج 25%، نُشرت عام 2016 [7]

12
من 25 أخفقت
عند 100% أو عند 25% أو عند المستويين [7]

يُنتج تعتيم PWM عمق تضمين مرتفعاً بحكم تصميمه، بينما لا يضيف خفضُ تيار القيادة تضميناً يُذكر من عنده. [1] وفي مصابيح PAR38 رفع تركيبُ مُعتّم بقطع الطور عند الخرج الكامل مؤشّرَ الوميض المقيس بما يصل إلى 0.15، وساءت معظم المصابيح عند التعتيم. [12]



رأس إنارة LED قابل للتعتيم، والكاميرا التي ترى ما يفعله التعتيم.

على الكاميرا

لماذا تكشف صورة ثابتة واحدة شكل الموجة



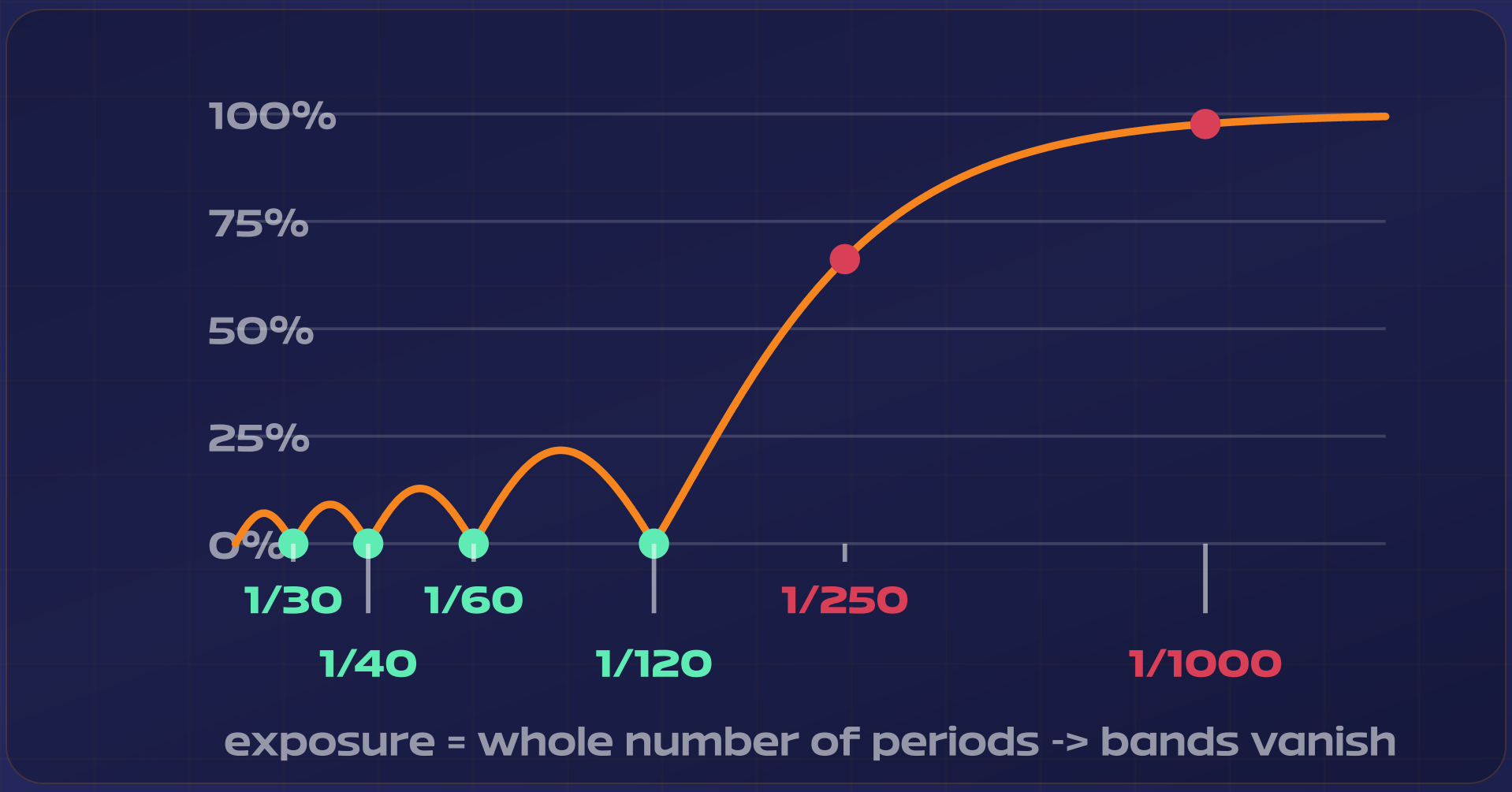
1. تعرّض كثير من كاميرات CMOS ذات الغالق المتدحرج الصورة أو تقرؤها صفّاً بعد صفّ. وبينما يمسح المستشعر يظلّ النور ينبض، فتُكتب موجته على الإطار على هيئة أشرطة.

2. وعدد الأشرطة يقارب حاصل ضرب تردّد التضمين في زمن قراءة المستشعر، فالتردّد الأعلى يعطي أشرطة أدقّ، وأضحل في الغالب عند تعريض ثابت.

تستطيع كاميرا الهاتف أن تكشف التضمين الزمني للنور، ولا تستطيع إثبات غيابه. والمقطع النظيف ليس اختبار مطابقة.

توضيحي، موجة جيبية مثالية عند 120 Hz

يجب أن يحتوي زمن التعريض عدداً صحيحاً من دورات التضمين



1/30	1/40	1/60	1/120	1/250
0%	0%	0%	0%	66%

تبيّن النسب حصّة التضمين الباقية بعد تعريض واحد، لموجة جيبية مثالية عند 120 Hz. والفخّ هو 1/250: قريب من نصف دورة، فيبقى نحو 66%. أما محوّلات الكهرباء الحقيقية فتحمل توافقيات وتردّدات أخرى، والكاميرات تختلف، فالمبدأ يصحّ ولا تصحّ النسب بحذافيرها.

من يشترط شيئاً فعلاً

طرق الاختبار تحدّد كيف نقيس، واللوائح ومواصفات المشروع تحدّد حدود القبول



التصميم البيئي الأوروبي (لائحة)
عند الحمل الكامل، لمصادر النور المغذّاة من الشبكة ضمن نطاقها. ولا يشمل التشغيل عند التعتيم. [4]

PstLM ≤ 1
SVM ≤ 0.4

مدوّنة كاليفورنيا Title 24، الملحق JA8 (كود)
تشغيل منخفض الوميض، مطلوب عند خرج 100% وعند 20%، وفق JA10. أي أنه يفحص التشغيل عند التعتيم. [5]

< 30%
< 200 Hz

معيار WELL v2، البند L08.2 (تحسيني، نقطتان)
أحد ثلاثة مسارات؛ والآخران التشغيل منخفض الوميض وفق Title 24، أو الممارسات RP1 إلى RP3 في IEEE 1789. [6]

PstLM ≤ 1
SVM ≤ 0.6

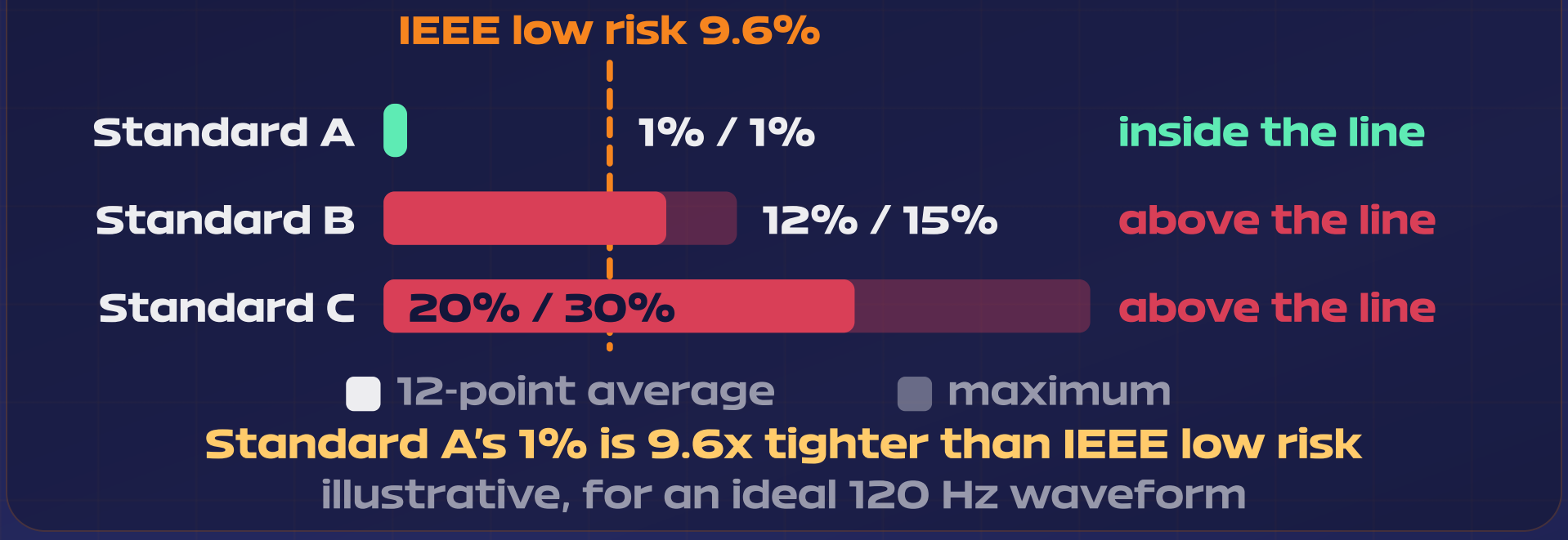
SASO 2870 و2902 و2927 · LEED v4.1 · مستدام
لم يُعثر في الوثائق التي روجعت على حدّ صريح لـ PstLM أو SVM أو التضمين. [10]

لم يُحدَّد

يعتمد أداء الوميض في كثير من المشاريع السعودية على المواصفة. وعبارة «معتمد من ساسو» وحدها لا تصفه.

تطبيقات البثّ والكاميرات عالية السرعة

لإنارة ملاعب البثّ، يقدّم دليل الفيفا أحد أوضح حدود المشاريع



1% / 1%
المستوى A لدى الفيفا
متوسّط 12 نقطة والقيمة العظمى [11]

12% / 15%
المستوى B لدى الفيفا
المتوسّط / القيمة العظمى [11]

20% / 30%
المستوى C لدى الفيفا
المتوسّط / القيمة العظمى [11]

1. استضاءة رأسية على ارتفاع 1 m على مستويي 90 و270 درجة، في ستة مواضع من الملعب، بمتوسّط اثنتي عشرة قراءة. [12]
2. معامل الوميض لدى الفيفا، (Emax - Emin) / (Emax + Emin) x 100، هو نسبة الوميض باسم آخر؛ وصيغته البديلة المنسوبة إلى المتوسّط لا تتّفق معه إلا على موجة متماثلة. [12]

معيار للبثّ لا حدّ عام للإنارة. فالفيفا يقيس الملعب، ويوصي IEEE 1789 بحسب التردّد: تقييمان مختلفان، فالمقارنة أعلاه توضيحية فقط.

ماذا تكتب بدلاً منها

عبارة «خالٍ من الوميض» ليست ادعاء مطابقة ذا تعريف معياري موحّد

4	0	4
values the clause asks for	single pass/fail for the phrase	bodies publish TLM methods

publish the measurable values, not the adjective

تُعرّف معايير ووثائق فنّية متعدّدة مقاييس أو طرق قياس أو حدوداً موصى بها، ولا يحوّل أيّ منها العبارة التسويقية إلى ادعاء نجاح أو إخفاق موحّد. [2][13][15]

اشتراط مشروع قابل للإلزام

يجب الإبلاغ عن نسبة تضمين السعة وتردّد التضمين الغالب، أو تردّداته، لوحدة الإنارة كاملةً مع محوّل الكهرباء الفعلي الخاص بها ووحدة التحكّم الفعلية، عند مستويات الخرج 100%، 50%، 20%، والحدّ الأدنى، عند الجهد المقنّن وتغذية بتردّد 60 Hz. ويجب ألّا تتجاوز PstLM القيمة 1.0 وفق IEC TR 61547-1، وألّا تتجاوز SVM القيمة 0.4 وفق IEC TR 63158، عند كل نقطة قياس.

اعتُمد هذان الحدّان هنا اشتراطين للمشروع، لا حدَّي نجاح أو إخفاق تضعهما وثيقتا طريقة القياس. والخطوة التالية، لدى NLC كما في السوق، نشر قيم مقيسة للتضمين الزمني للنور إلى جانب العبارة.

المصادر

من أين جاء كل رقم في هذا العرض

[1] IEEE Std 1789-2015, cl. 8.1 (Inactive-Reserved 2026)
[2] CIE TN 006:2016, time-modulated lighting, SVM
[3] IEC TR 61547-1, PstLM flickermeter method, no limit
[4] Regulation (EU) 2019/2020 Annex II, amended 2021/341
[5] 2025 California Energy Code, JA8 and JA10
[6] WELL v2 Feature L08 Part 2
[7] California IOUs, LED flicker tests, TN 208928, 2016
[8] DOE CALiPER Retail Lamps Study 3.1, PNNL-23944, 2014
[9] Saudi Arabian Grid Code cl. 2.4.2.1 and 2.4.6.2
[10] SASO 2870, 2902:2018, 2927:2019, as reviewed
[11] FIFA Lighting Guide v2020.01, cl. 1.55 and 1.51
[12] DOE CALiPER Report 20.2, PNNL-SA-23263, 2014
[13] IEC TR 63158:2018, SVM measurement method
[14] CIE TN 012:2021, measuring temporal light modulation
[15] ANSI/NEMA C82.77-6-2023, Temporal Light Artifacts

أشكال الشرائح 3 و4 و5 و7 و10 و12 محسوبة من المعادلات المذكورة، لا منقولة رسماً.

NLC
الإنارة الوطنية
National Lighting

معرفة عملية في هندسة الإنارة

احفظها. وأرسلها إلى زميل.

تصفّح حلقات أكاديمية NLC
https://nlc.com.sa/ar/academy.html

الحلقة القادمة
السماء المظلمة