

صورة توضيحية: محلّل جودة طاقة عند خزائن المحرّكات.

التوافقيات، وأين تُطبّق الحدود.

وفق IEEE 519، تُقاس حدود التوافقيات عند نقطة الاقتران المشترك PCC لأداء المنشأة كلها، لا لجهاز غير خطي واحد. ويتوقف ما يُلزم الموقع من الحدود على الجهة التنظيمية أو اتفاقية الربط مع مقدم الخدمة أو العقد أو مواصفات المشروع.

أين تقع الحدود

تُقاس المنشأة عند نقطة الاقتران



اللوحة الفرعية داخل المبنى ليست PCC
احكم على المنشأة، لا على جهاز واحد

1 نقطة الاقتران المشترك في IEEE 519-2022 نقطة على شبكة التغذية العامة يتصل بها، أو يمكن أن يتصل بها، عملاء آخرون. ولوحة التوزيع داخل المبنى ليست منها. [2]

2 يذكر IEEE 519 أن حدوده ليست ملزمة في كل الحالات. ويتوقف إلزام الموقع بها على الجهة التنظيمية أو اتفاقية الربط أو العقد أو مواصفات المشروع. [2]

حين تُطبَّق الحدود على محرّك واحد أو مصباح واحد، فإنها لا تمثّل تقييماً للمنشأة وفق IEEE 519. [2]

الرتبة والتتابع والتردد

التوافقيات الثلاثية صفرية التتابع، فتتجمّع في المحايد حين تتوازن الأطوار

الرتبة	1	3	5	7	9	11	13
التتابع	موجب	صفري	سالب	موجب	صفري	سالب	موجب
50 Hz	50	150	250	350	450	550	650
60 Hz	60	180	300	420	540	660	780

الرتب المميّزة هي التوافقيات الثلاثية

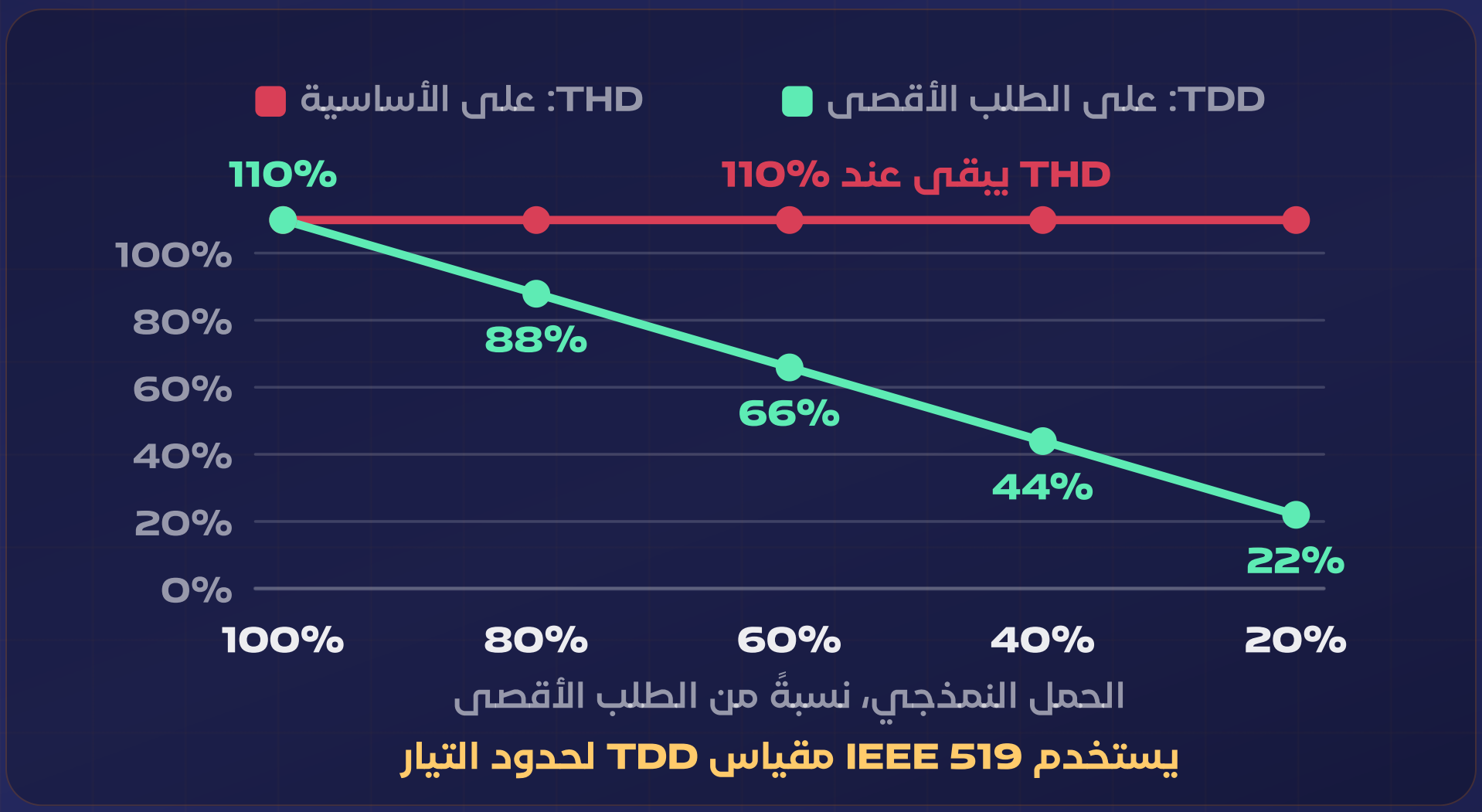
الأطوار المتوازنة تصل معاً فتتجمّع في المحايد

السعودية 60 Hz: الخامسة 300 Hz

1. على شبكة السعودية 60 Hz: الخامسة 300 Hz، والسابعة 420 Hz، لا 250 ولا 350. [1]
2. في نظام متوازن ثلاثي الأطوار رباعي الأسلاك، تكون التوافقيات الثلاثية (3 و 9 و 15) متطابقة الطور في الأطوار الثلاثة، فتتجمّع في المحايد بدل أن يُلغي بعضها بعضاً.

THD ليس TDD

في هذا المثال النمذجي يثبت THD بينما ينخفض TDD مع الحمل



يستخدم IEEE 519 مقياس TDD لحدود التيار

1. يقسم THD على الموجة الأساسية الجارية فعلاً. ويقسم TDD على الطلب الأقصى، وهو الأساس الذي يضع عليه IEEE 519 حدود التيار. [2]

2. مع ثبات الشكل التوافقي يبقى THD عند 110%، و TDD يساوي THD مضروباً في نسبة الحمل، فيبلغ 44% عند 40% من الطلب الأقصى. وارتفاع THD وحده ليس تجاوزاً للحد. [4]

في المنشآت الفعلية يتغيّر THD مع الحمل، لتغيّر التوافقيات ونقطة التشغيل.

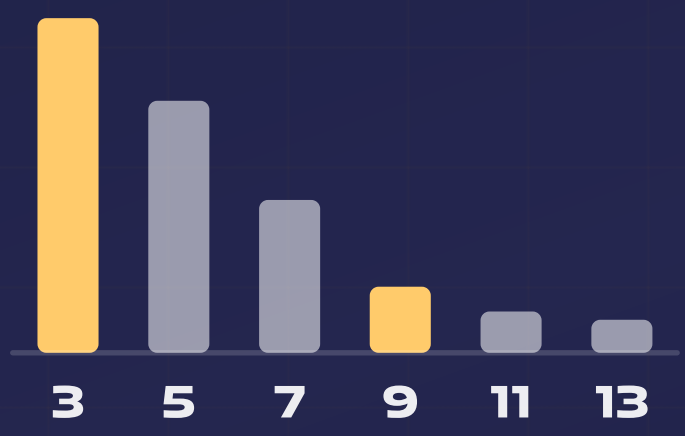
المحايد

التوافقيات الثلاثية وعدم التوازن يحمّلان المحايد معاً، ولا يتنبّأ THD وحده بذلك

مشغّل ست نبضات
المحايد x 0.00 الطور



مصادر تبديل
المحايد x 1.67 الطور



الأعمدة الكهرمانية هي الثلاثية: 3، 9، 15
أطياف نمذجية لتغذية متوازنة، لا مقاسة

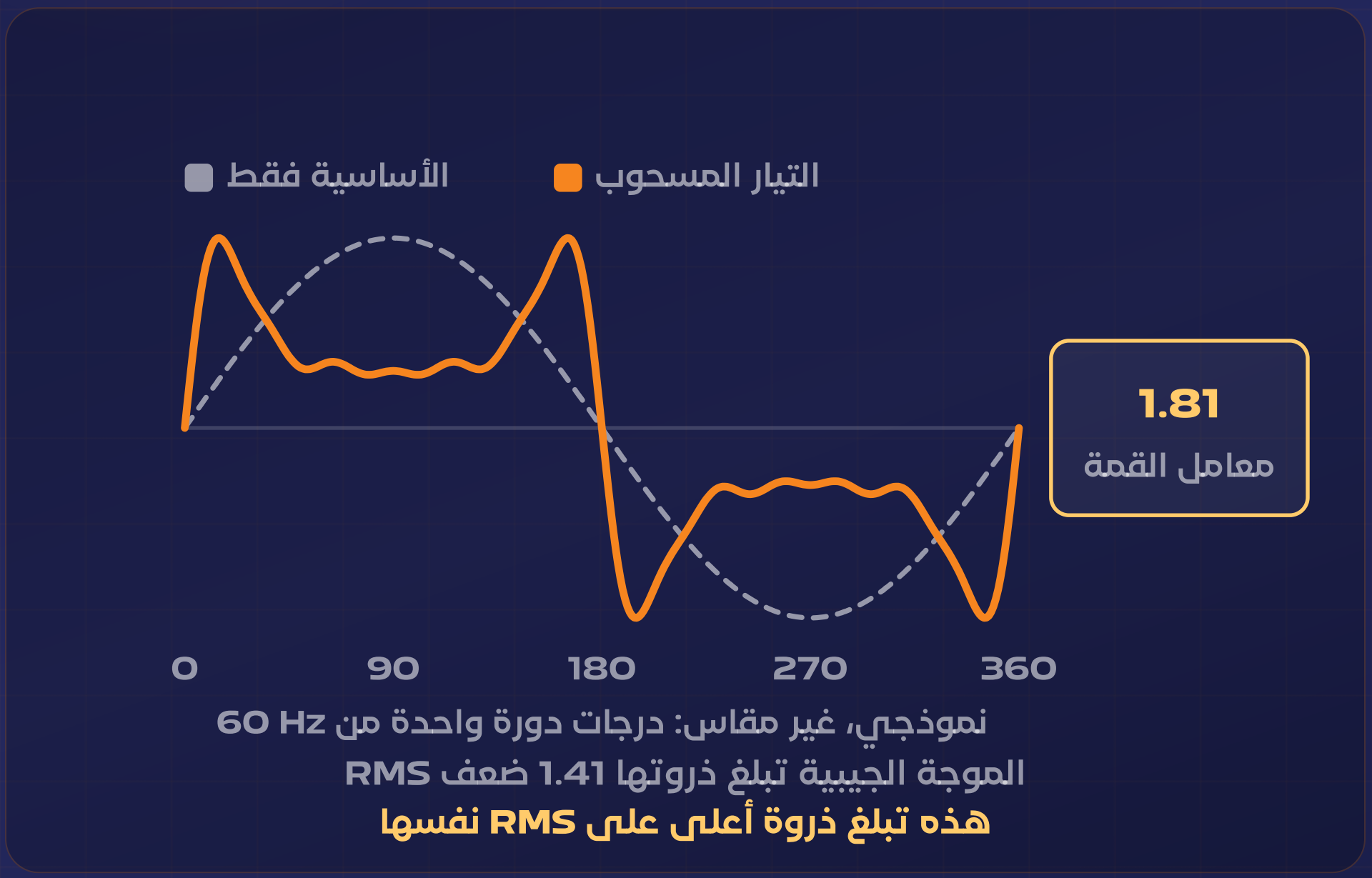
1 في نظام متوازن ثلاثي الأطوار رباعي الأسلاك، تُضاف التوافقيات الثلاثية في المحايد بثلاثة أضعاف قيمة الطور الواحد. وفي النموذج تبلغ الثالثة 81% من الأساسية. [4]

2 وعدم توازن الأحمال يولّد تيار محايد أيضاً. ولا توجد لمشغّل الست نبضات النمذجي توافقيات ثلاثية فيكون تيار محايده صفراً، مع أن THD له نحو ربع THD مصدر التبديل. [4]

لا تنسب سخونة المحايد إلى سبب واحد دون قياس أو تحليل.

شكل الموجة

التيار نبضة ضيّقة، وذروتها هي الرقم الذي يُفحص



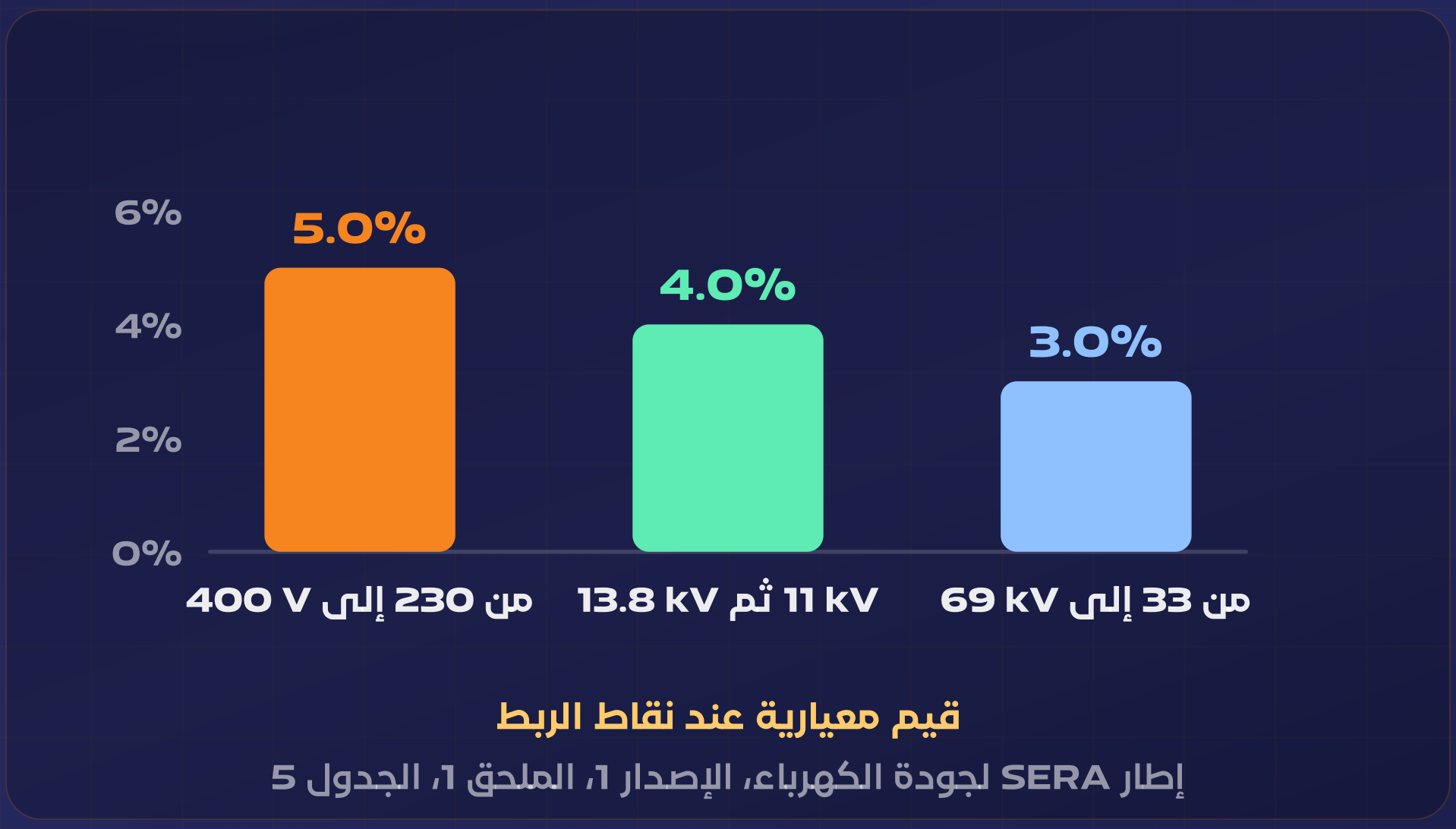
نموذجي، غير مقاس: درجات دورة واحدة من 60 Hz
الموجة الجيبية تبلغ ذروتها 1.41 ضعف RMS
هذه تبلغ ذروة أعلى على RMS نفسها

1. التيار النمذجي لمصدر التبديل نبضة ضيّقة لا موجة جيبية. [4]

2. الذروة النمذجية تبلغ 1.81 من القيمة الفعّالة، مقابل 1.41 في الموجة الجيبية، بافتراض أن التوافقيات كلها بطور صفري. وقد تتحمّل المعدّات المحدّدة بالتيار الذروي، كعاكس UPS، هذه الذروة. [4]

الإطار السعودي

السعودية تعمل على 60 Hz، ولها قيم THD خاصة



قيم معيارية عند نقاط الربط

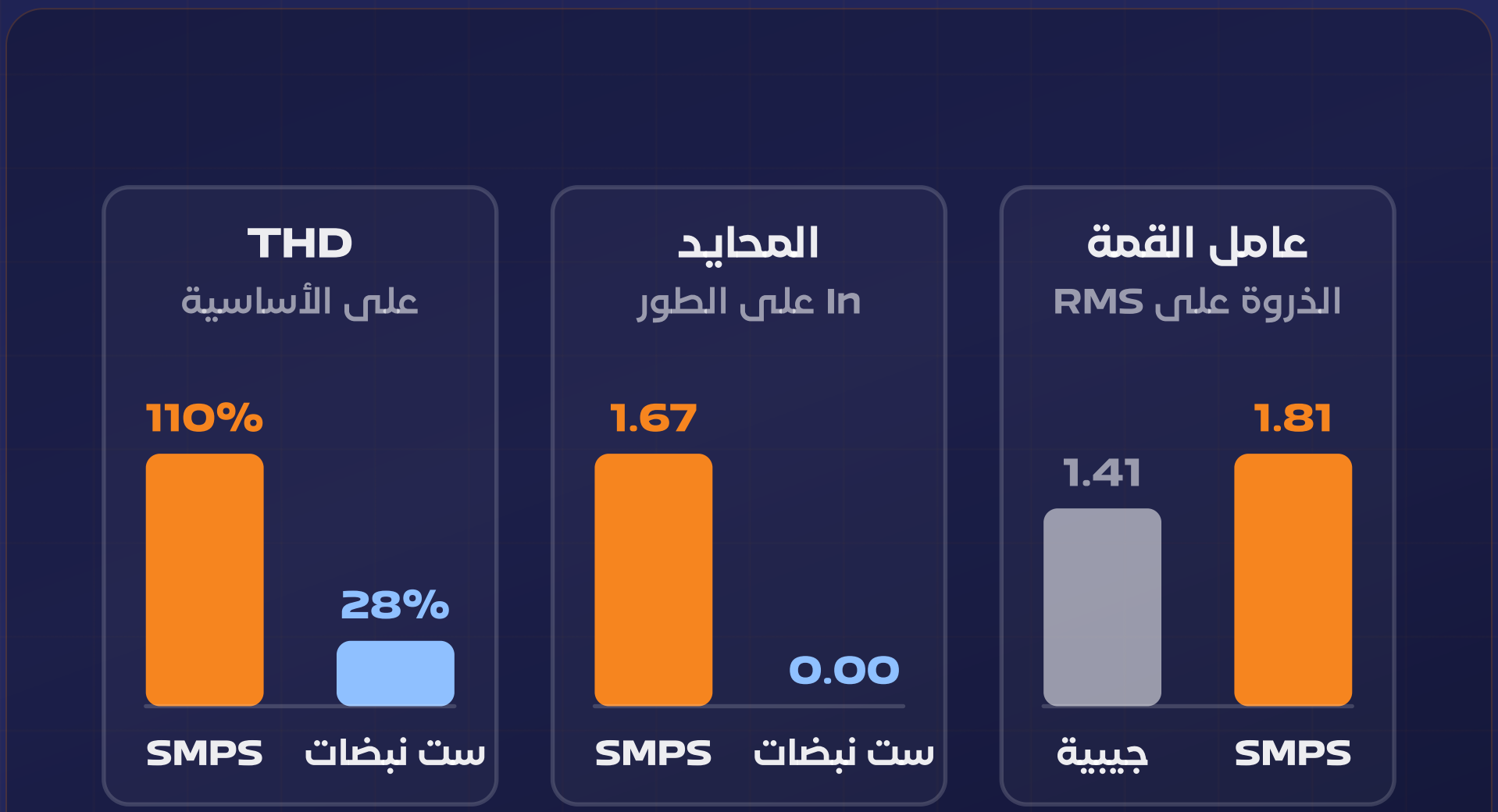
إطار SERA لجودة الكهرباء، الإصدار 1، الملحق 1، الجدول 5

1. إطار SERA لجودة الكهرباء، الإصدار 1، الجدول 5 من الملحق 1: تشوّه الجهد الكلي 5.0% من 230 إلى 400 V، و 4.0% عند 11 kV و 13.8 kV، و 3.0% من 33 إلى 69 kV. [1]
2. تُطبّق هذه القيم عند جميع نقاط الربط، وتُقاس وفق IEC 61000-4-7 على فترات 10 دقائق لمدة أسبوع على الأقل. [1]

لا يشير هذا الإطار إلى IEEE 519 ولا إلى IEC/TR 61000-3-6. [1]

ثلاثة أرقام

THD وتيار المحايد وعامل القمة يجيب كل منها عن سؤال مختلف



أطياف نمذجية لتغذية متوازنة، لا مقاسة

1 يقسم THD التوافقيات على الأساسية، ونسبة المحايد هي In على تيار الطور في نموذج متوازن، وعامل القمة هو الذروة على القيمة الفعّالة. [4]

2 اذكر الرقم الذي يجيب سؤالك. ورقم THD وحده لا يجيب عن السؤالين الآخرين. [4]

جدول مرجعي

حدود الجهد في IEEE 519 وفي SERA جنباً إلى جنب

	IEEE 519	SERA
ناقل حتى 1 kV	الجدول 1 في IEEE 519-2022 [2]	8.0% الكلي 5.0% المفردة
جهد من 230 إلى 400 V		الجدول 5 من الملحق 1 في SERA [1] 5.0% الكلي
فوق 1 kV حتى 69 kV	الجدول 1 في IEEE 519-2022 [2]	5.0% الكلي 3.0% المفردة
جهد 11 kV و 13.8 kV		الجدول 5 من الملحق 1 في SERA [1] 4.0% الكلي
جهد من 33 إلى 69 kV		الجدول 5 من الملحق 1 في SERA [1] 3.0% الكلي
أين يُطبّق IEEE 519	عند PCC، البند 3 في IEEE 519-2022 [2]	ليست لوحة فرعية

قيم SERA أشدّ من IEEE 519 في كل المستويات المعروضة. اعتمد القيم التي تتبنّاها اتفاقية الربط أو المواصفة. أما التيار فيضع له IEEE 519-2022 حدود TDD عند PCC حسب نسبة تيار القصر. [2]

أين تقع المقاييس

ثلاثة مصطلحات في كل موقع، ولكل منها وظيفة واحدة



صورة توضيحية: محلّل جودة طاقة على لوحة توزيع يعرض موجات الأطوار الثلاثة.

PCC
أين تُطبّق الحدود
جانب الشبكة العامة، لا لوحة داخلية

TDD
مقياس التيار في IEEE 519
على الطلب الأقصى

THD
مقياس الجهد في IEEE 519
على الموجة الأساسية

المواقع الحرجة

الهدف الأشدّ للموقع الحرج يُحدَّد في المواصفة

الموقع الحرج	SERA	IEEE 519
اذكر الهدف في المواصفة مع مقياسه	الملحق 1، الجدول 5 حسب مستوى الجهد عند نقاط الربط	الجدول 1 حسب جهد الناقل عند PCC

اذكر هدفاً أشدّ في المواصفة

1. يضع الجدول 1 في IEEE 519-2022 حدود الجهد عند PCC حسب جهد الناقل. [2]
2. المستشفى أو مركز البيانات أو المطار الذي يحتاج إلى هدف أشدّ يكتبه في المواصفة، مع القيمة ونقطة القياس والمقياس.

لا تفترض هدفاً أشدّ من فئة الموقع. اكتبه في المواصفة.

الخطأ: محوّل مُصنّف K

المحوّل المُصنّف K يتحمّل التوافقيات، ولا يزيلها

مرشّح، أو واجهة أمامية نشطة أو مقوّم متعدد النبضات

يغيّر: ما تحقنه المنشأة في الشبكة

يخفض الحقن

محوّل مُصنّف K

يغيّر: هامش التسخين داخل المحوّل

التوافقيات: لا تُخفَض

تصنيف K يحمي المحوّل لا الشبكة

1. يمنح تصنيف K المحوّل هامشاً حرارياً إضافياً لتسخين التوافقيات. [3] ولا يخفض تيار التوافقيات الذي تحقنه المنشأة في الشبكة.
2. خفض ما تحقنه المنشأة يحتاج إلى إجراء آخر: مرشّح أو واجهة أمامية نشطة أو مقوّم متعدد النبضات.

سمِّ العلاج حسب مشكلتك: التسخين أم الحقن.

التصحيح: القياس عند PCC

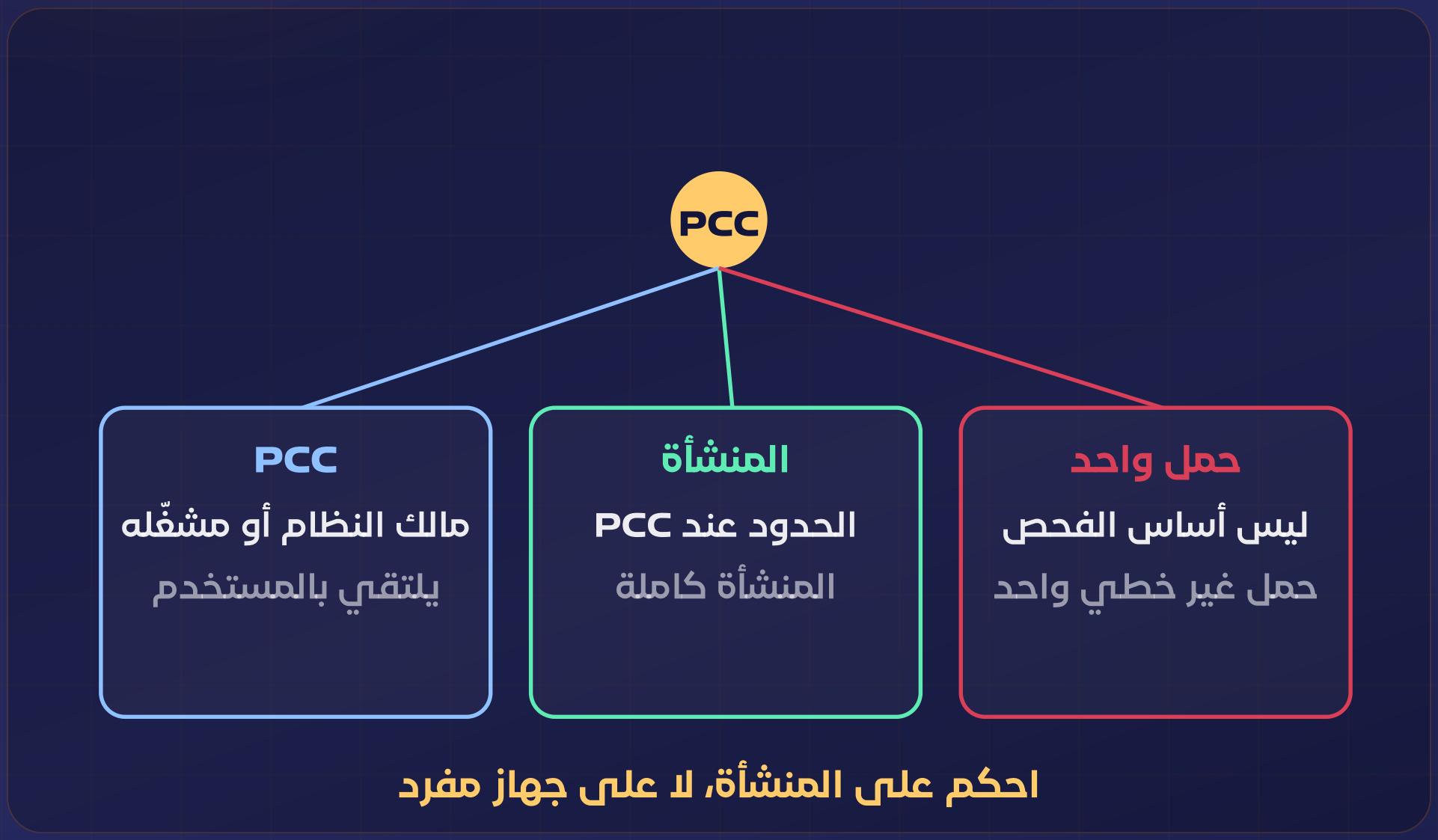
قِس عند نقطة الاقتران، وبالمقياس الصحيح



1. قراءة THD عند لوحة فرعية لا تجيب عن سؤال نقطة PCC الذي يحدّده IEEE 519. [2]
2. وفق IEEE 519-2022، يُقارَن التيار بحدود TDD عند PCC، ويُقارَن الجهد بحدود THD والتوافقيات المفردة عند النقطة نفسها. [2]

التصحيح: من يتحمّل الواجب

احكم على المنشأة، لا على حمل غير خطي واحد



1 يوزّع IEEE 519-2022 الواجب عند نقطة الاقتران: على مالك النظام أو مشغّله تشوّه الجهد، وعلى المستخدم تيار التوافقيات الذي تحقنه منشأته كلها. [2]

2 حدود IEEE 519 ليست مخصّصة لجهاز واحد. [2] أما حدود انبعاث الأجهزة فتأتي من معايير المنتجات مثل IEC 61000-3-2 و IEC 61000-3-12. [5]

تُلزم الحدود الموقع حين تعتمدها الجهة التنظيمية أو مقدم الخدمة أو اتفاقية الربط أو مواصفات المشروع. [2]

البند الذي تنسخه

اكتب الحد في خمسة أجزاء، كل جزء قابل للفحص

النقطة	PCC على شبكة التغذية العامة
مقياس التيار	TDD على الطلب الأقصى
مقياس الجهد	THD والمفردة عند PCC
النطاق	المنشأة كاملة، لا حمل واحد
الأساس	420 Hz ،300 Hz :60 Hz

اذكر طبعة IEEE 519-2022 والبند المستخدم

قالب لمواصفة مشروع واحدة: تحقّق من كل جزء مقابل المخططات أو تقرير القياس.

قائمة التحقق

قبل إرسال المواصفة

- [x] نقطة الاقتران المشترك مذكورة في المواصفة
- [x] TDD للتيار، THD للجهد
- [x] الحدود تُقاس على المنشأة، لا على جهاز واحد
- [x] أساس التردد 60 Hz، والرتب عند 300 Hz، 420 Hz
- [x] الإصدار والبند مذكوران ومُراجَعان

كل بند يعود إلى مصدر في شريحة المصادر التالية.

المصادر

من أين جاء كل ادعاء في هذا العرض

- **إطار SERA، الإصدار 1**
  تشوّه الجهد في السعودية، 60 Hz، وطريقة القياس
- **المعيار IEEE Std 519-2022**
  تعريف PCC و TDD في البند 3، وحدود الجهد في الجدول 1
- **مرجع معامل K**
  هامش تسخين المحوّل تحت التوافقيات
- **نموذج NLC التوضيحي**
  الأطياف و THD ونسبة المحايد ومعامل القمة و TDD

[1] SERA Power Quality framework, issue 1, Annex 1 Table 5
[2] IEEE Std 519-2022, clause 3 and Table 1
[3] Power Monitors, Power Transformer K-Factor (whitepaper)
[4] NLC illustrative model (modelled spectra)
[5] IEC 61000-3-2 and IEC 61000-3-12, equipment emission limits

يُستشهد بالمعايير برقمها وإصدارها وجدولها أو بندها. والقيم الموسومة [4] مأخوذة من نموذج توضيحي من NLC، لا من قياسات.

معرفة عملية في الهندسة الكهربائية

احفظها. وأرسلها إلى زميل.

اقرأ المقال الكامل للحلقة

https://nlc.com.sa/ar/academy/harmonics-thd.html

الحلقة القادمة

بنوك المكثفات ومفاعلات إزاحة الرنين