

صورة توضيحية: بدلة وميض قوس بجانب لوحة توزيع.

أكاديمية NLC · الحلقة 35

فصل أسرع، طاقة أقل.

لم نجد قيمة بوحدة cal/cm² في الأنظمة السعودية التي بحثنا فيها، وغالباً ما تأتي من مواصفة العميل. وفي لوحة توضيحية بجهد 380 V، يُنزل خفضُ زمن الفصل من 0.5 s إلى 70 ms الطاقةَ الحرارية الساقطة من 17.7 إلى 2.5 cal/cm².

الطبقة السعودية أولاً

في الأنظمة السعودية واجبات، ولم نجد فيها قيمة cal/cm²

نظام العمل، المواد 121 إلى 123، واللائحة
واجبات عامة: الحماية والتوعية والوقاية والتدريب

لائحة المهن عالية الخطورة من المجلس الوطني
تُدرج مجمّعي اللوحات، وتسمّي الخطر صعقاً

كود SBC 401-2024، المبني على IEC 60364
لا بند لوميض القوس في الفهرس الذي قرأناه

الهيئة العليا للأمن الصناعي، القرار 327
تسمّي NFPA 70، ولم نجد فيها NFPA 70E

كود الشبكة السعودي، مايو 2024
بيانات العطل الأقصى والأدنى حقّ للمستخدمين

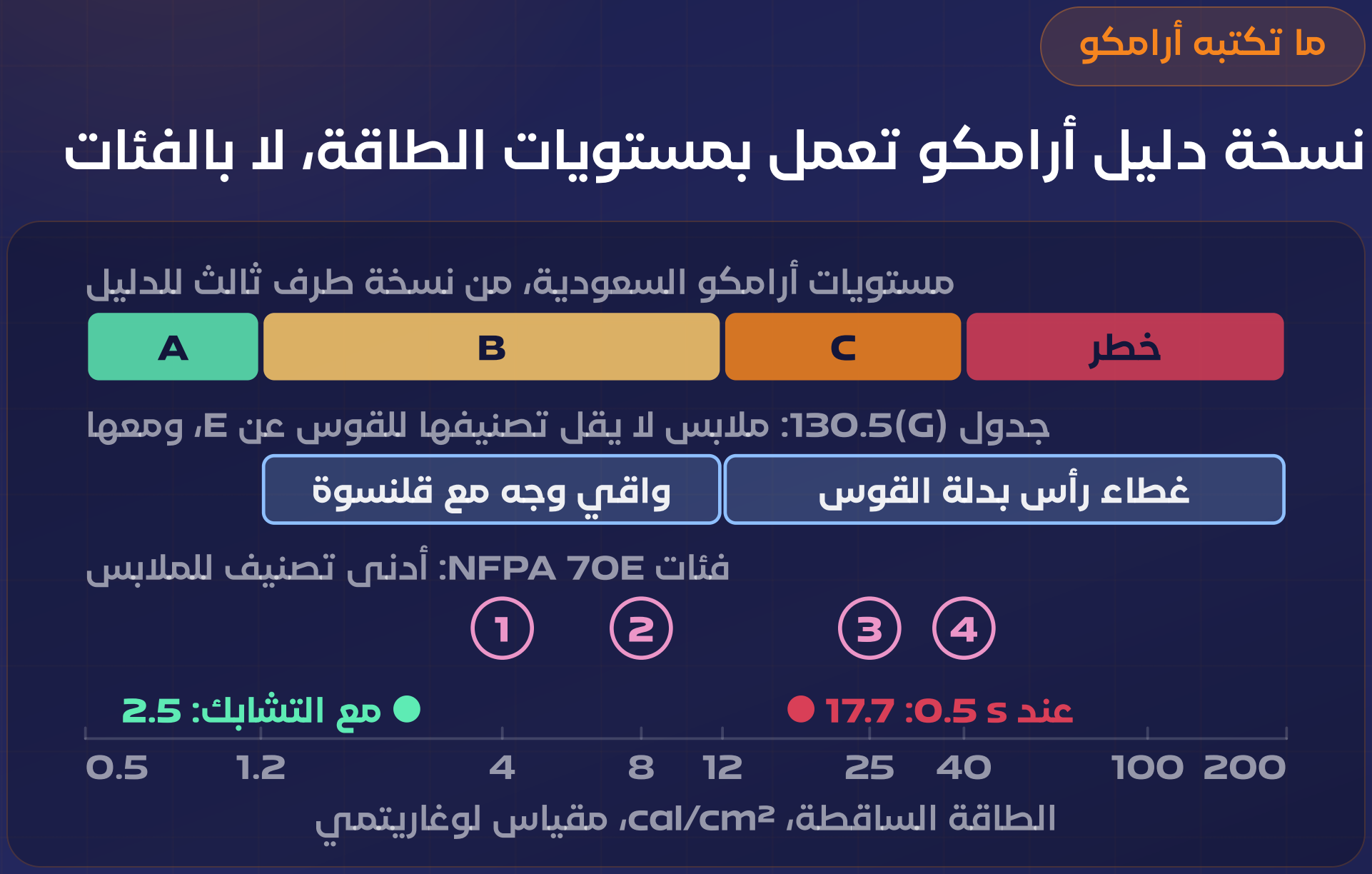
دليل السلامة لأرامكو السعودية (نسخة)
عقدي: مستويات cal/cm² من نسخة طرف ثالث

لم نجد قيمة · تقدّم مدخلاً · قيمة من العقد

في الوثائق التي بحثنا فيها، عدم العثور على قيمة لا يثبت غياب الواجب. فالواجبات العامة تُلزم كل صاحب عمل، أما قيم cal/cm² التي وجدناها فمصدرها العقود: وثائق أرامكو السعودية، أو مواصفة تستورد NFPA 70E مع IEEE 1584. [7]

ما تكتبه أرامكو

نسخة دليل أرامكو تعمل بمستويات الطاقة، لا بالفئات



1 تحدّد نسخة طرف ثالث من دليل السلامة، الإصدار الخامس، المستويات من طاقة ملصق كل معدة: A حتى 1.2، ثم B فوق 1.2 حتى 12، ثم C فوق 12 حتى 40 cal/cm²، وفوق 40 لا عمل على معدات مكهربة. [7]

2 يقسم جدول 130.5(G) في NFPA 70E عند 1.2 وعند 12 أيضاً، ويضيف حماية الوجه والرأس واليدين والسمع والقدمين. أما الفئات من 1 إلى 4 فتصنيفات ملابس قيمها 4، 8، 25، 40، أي مقياس مختلف. [8]

ليست نسخة مضبوطة: لا تاريخ مراجعة مطبوعاً فيها، ولم نتأكد أيّ مستوى يشمل القيم 1.2، 12، 40 بالضبط. ولم تتوفر التعليمات G.I. 2.721 التي تحيل إليها. اعتمد المراجعة المضبوطة الحالية لدى العميل.

من يملك ماذا

أربع وثائق لأربع مهام، وليست أيٌّ منها سعودية

NEC 110.16
كود التركيبات
ملصق 2023 من 1000 A
ومحتواه محدّد في 2026

NFPA 70E 130.5
معيار صاحب العمل
طريقة واحدة فقط
محتوى الملصق

IEEE 1584-2018
دليل إرشادي: الحساب
الطاقة والحدّ فقط
بلا توصية وقاية

IEEE 1584.1-2022
نطاق الدراسة
ما تسلّمه الدراسة
بيانات الموقع 1584.2

في المشروع السعودي: تُطبَّق حين يسمّيها العقد

1 يحدّد البند 110.16 من NEC المعدات التي تُعلَّم، ويسرد نصه في 2026 المحتوى أيضاً. أما البند 130.5 من NFPA 70E فيحدّد التقييم، ثم محتوى الملصق في البند 130.5(H). [8][9]

2 المعيار IEEE 1584-2018 دليل إرشادي: يحسب الطاقة والحدّ، ولا يقدّم بحكم نطاقه توصية لمعدات الوقاية. أما IEEE 1584.1-2022 فيحدّد ما يجب أن تسلّمه الدراسة. [10]

يحسب IEEE 1584 القيم، ولا يشترط ملصقاً.

قبل أي معدات وقاية

افصل التغذية أولاً، فمعدات الوقاية آخر وسيلة

1. **حالة عمل آمنة كهربائياً**
   الأصل، بحسب البند 110.2 من NFPA 70E-2024
2. **العمل على معدات مكهربة عند تبريره فقط**
   لتعذّر الفصل، أو لأن الفصل يضيف خطراً
3. **تصريح، وأشخاص مؤهلون، وممارسات آمنة**
   تصريح العمل على معدات مكهربة، البند 130.2
4. **تقييمان: الصعق ووميض القوس**
   البندان 130.4، 130.5، كلٌّ على حدة
5. **معدات الوقاية أخيراً، بطريقة واحدة**
   البند 130.7: ملابس، وجه، يدان، سمع، قدمان

توفّر الوقاية لا يبرّر العمل على معدات مكهربة

1. العمل على معدات مكهربة يحتاج تبريراً خاصاً به، وتصريح عمل، وأشخاصاً مؤهلين. ومعدات الوقاية تحدّ من الحروق عند مسافة العمل، لكنها لا توقف الانفجار ولا الشظايا ولا الضجيج. [8]

2. استخدم طريقة واحدة لكل معدة: تحليل الطاقة الساقطة أو جداول الفئات، لا الاثنتين. فالطاقة المحسوبة 6 cal/cm² ليست «الفئة 2». [8]

ما يحتاجه النموذج

ثمانية مدخلات لكل موقع، مع زمن الفصل، داخل مدى مُختبَر

الجهد
تيار متردد ثلاثي الطور بتردد 50 أو 60 Hz. والتردد السعودي 60 Hz داخل المدى، فلا تصحيح للتردد. [10]

208 V من إلى 15 kV

تيار العطل المُحكم
من 0.5 إلى 106 kA للجهد من 208 إلى 600 V، ومن 0.2 إلى 65 kA للجهد من 601 V إلى 15 kV. نطاقان منفصلان. [10]

نطاقان

تشكيل الأقطاب
أحد HOA، VOA، HCB، VCBB، VCB: قضبان رأسية أو أفقية، داخل غلاف أو في الهواء. [10]

خمسة

الفجوة والغلاف
فجوة من 6.35 إلى 76.2 mm حتى 600 V، ومن 19.05 إلى 254 mm فوقها، وارتفاع الغلاف وعرضه حتى 1244.6 mm، وفتحته حتى 1.549 m². [10]

لكل موقع

مسافة العمل
القيمة 305 mm، أي 12 in، هي الحد الأدنى للنموذج، وما دونها خارج المدى المُختبَر، لا جواب آمن. [10]

≥ 305 mm

لا مدخل لحرارة المحيط ولا للارتفاع ولا للتأريض ولا لنسبة X/R. وبرمجيتنا تطبّق معادلات IEEE 1584-2018، وفحصناها مقابل 15 صفاً من تصدير منشور لجدول الحساب، وليست أداة معتمدة. [10][11]

المسافة

مسافة العمل مُدخَل، والحدّ مُخرَج



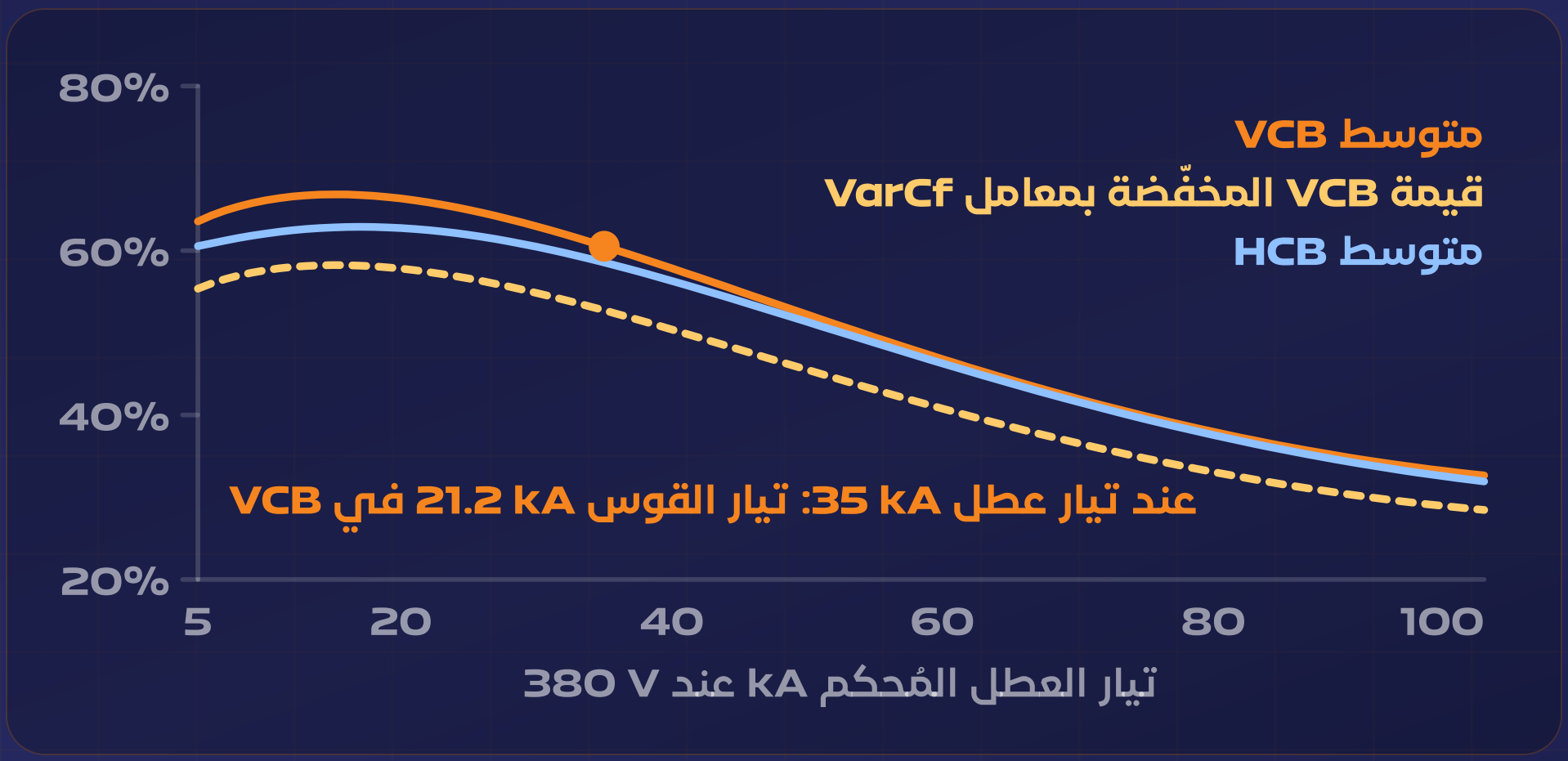
1. خط الأساس: لوحة 380 V، تيار عطل مُحكم 35 kA، تشكيل VCB، فجوة 32 mm، غلاف مكعب 508 mm، مسافة عمل 610 mm، زمن فصل 0.5 s عند تيارَي القوس: الطاقة 17.7 cal/cm²، والحدّ عند 3.3 m. [10][11]

2. تهبط الطاقة مع المسافة بأُسّ 1.6- لتشكيل VCB، مقابل 2.0- لتشكيل HCB. وعلى بعد 455 mm تعطي اللوحة نفسها 28.4. [10]

اخفض زمن الفصل إلى 70 ms ينتقل الحدّ من 3.3 m إلى 0.96 m. حدّد مسافة العمل من المهمة، واقرأ الحدّ من النموذج.

تيار القوس

القوس يسحب أقل من تيار العطل المُحكم



1 عند 380 V يعطي النموذج تيار قوس 21.2 kA لتيار عطل مُحكم 35 kA، أي 61%. وتهبط النسبة كلما ارتفع تيار العطل، حتى 33% عند 100 kA. [10][11]

2 ثم يعيد IEEE 1584-2018 حساب العطل نفسه بتيار قوس مخفّض، هنا 18.5 kA، أقل بنسبة 13% بمعامل VarCf، ويحتفظ بالطاقة الأعلى. وكان إصدار 2002 يفعل ذلك دون 1 kV فقط. [10]

اطلب تيارَي القوس لكل قضيب، ولكلٍّ منهما زمن فصله.

ما الذي يحرّك الرقم

في هذه اللوحة حرّك زمن الفصل الطاقة أكثر من غيره



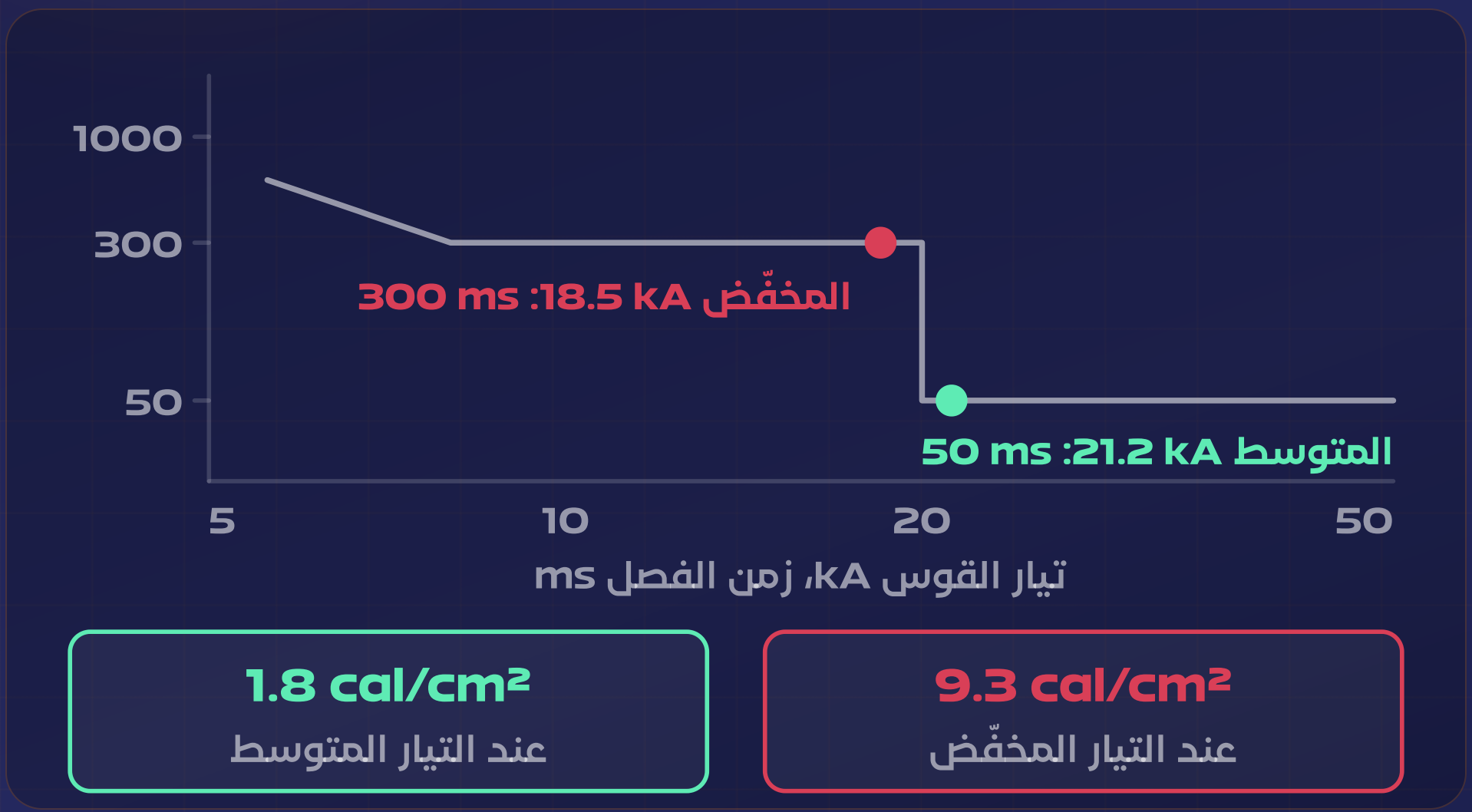
1. الطاقة خطية في مدة القوس: من 0.5 s إلى 50 ms تنقسم على عشرة. أما مضاعفة تيار العطل مع الزمن نفسه فرفعتها هنا 1.48 مرة. [10][11]

2. تنصيف التيار يخفضها مع الزمن نفسه. لكن التيار الأقل قد يجعل القاطع يفصل أبطأ أيضاً، وهذا موضوع الشريحة التالية. [10]

تصف صفحة التوعية العامة للشركة السعودية للكهرباء زمن الفصل بأنه المتغيّر الوحيد الذي يمكن التحكم فيه فعلاً. [6]

فخّ التيار المنخفض

تيار أقل، وطاقة أكبر بمقدار 5.3 مرة



9.3 cal/cm²
عند التيار المخفّض

1.8 cal/cm²
عند التيار المتوسط

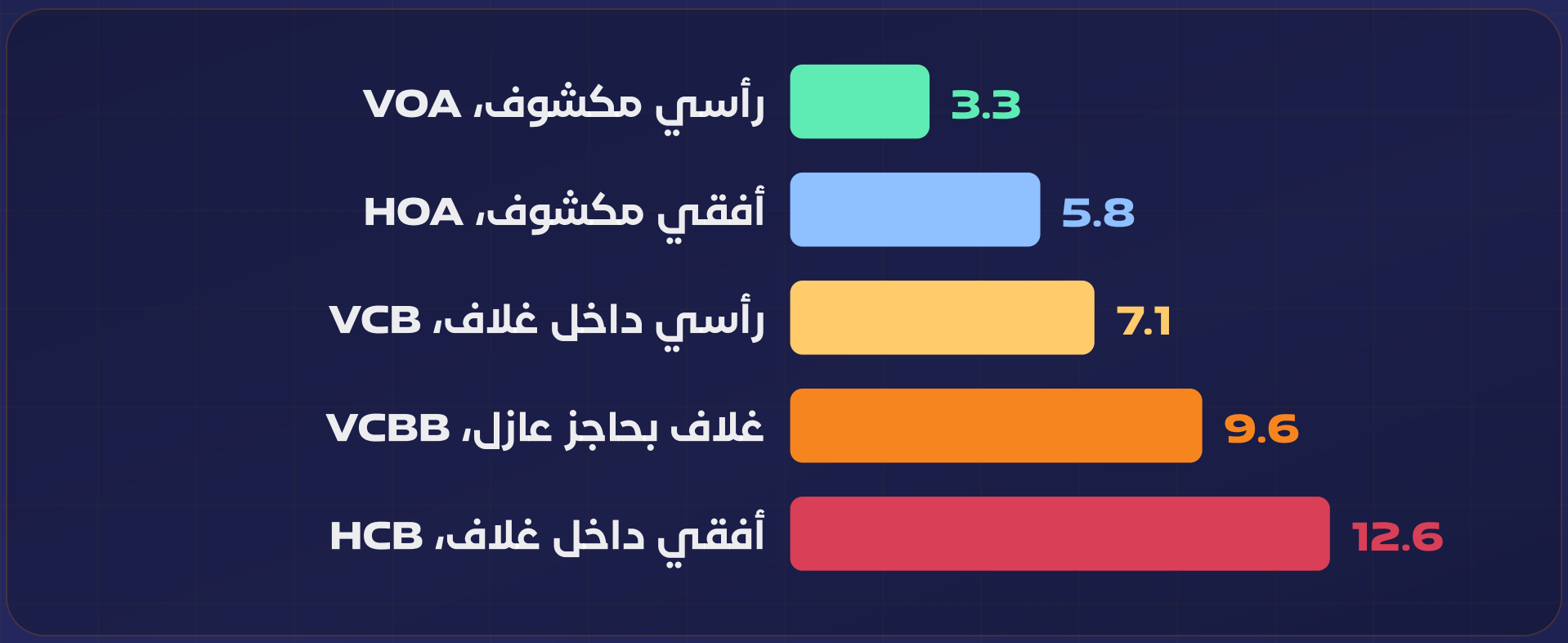
1. في قاطع توضيحي، لا منحنى منتج، عتبة فصله اللحظي 20 kA، يُفصل التيار المتوسط 21.2 kA خلال 50 ms، أي 1.8 cal/cm². أما التيار المخفّض 18.5 kA فيقع دون العتبة وينتظر 300 ms، أي 9.3. [10]

2. هذا سيناريو واحد: عطل 35 kA نفسه عند تيار قوسه المخفّض. أما أدنى عطل في الشبكة فسيناريو منفصل بتيار عطل خاص به. ويُلزم كود الشبكة بتسليم بيانات العطل الأدنى. [5][10]

قيّم كل سيناريو عطل عند تيارَي القوس، مع زمن الفصل المقروء عند كلٍّ منهما.

مدخل يُقرأ في الموقع

اللوحة نفسها والتيار نفسه، وطاقة أكبر 3.9 مرة



1. عند 380 V، مع 35 kA، لمدة 200 ms، تمتد تشكيلات الأقطاب الخمسة من 3.3 إلى 12.6 cal/cm². وتشكيل HCB، أي قضبان أفقية داخل غلاف، يبلغ 1.77 مرة قدر VCB. [10][11]

2. يُقرأ التشكيل من القضبان داخل اللوحة، لا من المخطط الأحادي. وينشر IEEE 1584.2-2025 قوائم جمعه. [10]

افترض VCB في لوحة قضبانها أفقية، فيُنقص هذا المثال الطاقة بنسبة 44%.

خفّضها بالتصميم

اقتطع من الزمن، لا تُضِف إلى الملابس



السحب والإدخال عن بُعد
الطاقة نفسها، شغّل من خارج حدّ 3.3 m

لوحات مقاومة للقوس
الطاقة نفسها، تحمي فقط بوضع المُختبَر

1. خفّض التشابك الانتقائي للمناطق تأخيراً قدره 0.5 s إلى 70 ms في مثال منشور من Schneider، أي 2.5 cal/cm² هنا. وتذكر SEL أن المرحّل يعمل خلال 2 إلى 5 ms، ويضيف قاطع بثلاث دورات حتى 50 ms. [12]

2. فصل مثال إعداد الصيانة 21 من ABB خلال 30 ms، أي 1.1 هنا. ومفتاح الصيانة لا يفيد إلا وهو مشغَّل. [12]

السحب عن بُعد يزيد المسافة فيقلّل التعرّض: شغّله من خارج الحدّ المُتحقَّق منه حيثما أمكن عملياً. أما تركيبه أو فتح باب داخل الحدّ فمهمة منفصلة: قيّمها وقيّم معدات الوقاية لها. [12]

الاحتواء ليس طاقة

مقاومة القوس تصمد فقط كما اختُبرت ورُكِّبت

IAC
IEC 62271-200
فئة الوصول A أو B أو C، مع الجوانب F، L، R كما اختُبرت، والأبواب والأغطية مغلقة

الأنواع
IEEE C37.20.7
النوع 1 للأمام، والنوع 2 للأمام والجوانب والخلف، والنوع 2B أيضاً مع فتح أبواب حجرة أجهزة الجهد المنخفض

خارجه
باب أو غطاء آخر مفتوح
لا يشمله التصنيف: لا حماية مُختبَرة، وتنطبق طاقة الملصق ومعدات الوقاية

يصمد التصنيف فقط كما اختُبر ورُكّب: أبواب وأغطية بحسب التصنيف ومُحكمة، وفتحات التنفيس والمجاري أو الحجرة العلوية، والتيار ومدة القوس. ولا يضيف النوع 2B إلا أبواب حجرة التحكم أو أجهزة القياس للجهد المنخفض المحدّدة، لمن يبعد عن الفتحة 4 in (نحو 100 mm) أو أكثر، لا باب حجرة قدرة (القاطع أو القضبان أو الكابلات). ولا يُغني أي تصنيف وحده عن تقييم المخاطر ولا عن معدات الوقاية التي يحدّدها. وتُدرج NLC لوحات الجهد المتوسط لديها بتصنيف IAC-AFLR، وهو تصنيف بأبواب وأغطية مغلقة. [13]

الملصق

قاعدتان للملصق: علامة NEC، ومحتوى NFPA 70E

تحذير: وميض القوس

الجهد الاسمي
380 V
حدّ وميض القوس
3.3 m
الطاقة عند 610 mm
17.7 cal/cm²
تاريخ التقييم
اليوم/الشهر/السنة

تحذير: وميض القوس

الجهد الاسمي
380 V
حدّ وميض القوس
3.3 m
الطاقة عند 610 mm
17.7 cal/cm²
تاريخ التقييم
اليوم/الشهر/السنة
ومعها فئة الوقاية 3

طريقة واحدة: مطابق

الاثنتان: غير مسموح

1. البند 130.5(H) من NFPA 70E: الجهد الاسمي، ثم حدّ وميض القوس، ثم واحد على الأقل مما يلي: الطاقة مع مسافة عملها أو فئة الوقاية لا الاثنتين، أو أدنى تصنيف قوسي للملابس، أو مستوى وقاية خاص بالموقع. [8]

2. البند 110.16 من NEC في 2023: علامة تحذير، وملصق مؤرّخ على معدات الخدمة والتغذية من 1000 A فأكثر. وفي 2026: الجهد، ثم الحدّ، ثم الطاقة أو مستوى الوقاية، ثم تاريخ التقييم. [9]

راجع التقييم بعد أي تغيير يؤثر فيه، ومرة كل 5 سنوات على الأقل. واطبع نتيجة طريقة واحدة، لا طاقة وفئة معاً. [8]

في موقع سعودي

ثلاثة أمور يجب أن تأتي بها الدراسة من الموقع



صورة توضيحية. الملابس المصنّفة للقوس تحدّ من الحروق، ولا توقف الانفجار ولا الشظايا ولا الصوت.

max + min
بيانات العطل
الأقصى والأدنى، كتابياً، من مشغّل الشبكة

5
سنوات للمراجعة
حداً أقصى، وأبكر بعد أي تغيير يؤثر في الدراسة

50 °C
القيمة نفسها
لكن بدلة 40 cal عند 50 °C تضيف خطر إجهاد حراري

وتذكر نسخة طرف ثالث من دليل أرامكو أيضاً: الفصل والاختبار والتأريض عند 480 V فأكثر، واستخدام التشغيل والسحب عن بُعد ومفتاح الصيانة حيث تتوفر. تحقّق من المراجعة المضبوطة. [7]

البند الذي يُكتب

خمسة أسطر تستطيع المناقصة التحقق منها

دراسة وميض القوس والتصميم، المواصفة

أ. تقييم مخاطر وميض القوس وفق NFPA 70E بإصدار محدّد، والطاقة وفق IEEE 1584-2018، ونطاق الدراسة وفق IEEE 1584.1-2022، للمعدات التي يُرجّح العمل عليها وهي مكهربة.

ب. لكل موقع: الجهد، وتشكيل الأقطاب، والفجوة، والغلاف، ومسافة العمل كما نُفّذت، مع بيانات العطل الأقصى والأدنى من مشغّل الشبكة كتابياً.

ج. تيارا القوس لكل سيناريو عطل، ولكلٍّ منهما زمن فصله المقروء من منحنى الجهاز وإعداداته.

د. معدات الوقاية بطريقة الطاقة فقط: الملابس، والوجه والرأس، واليدان، والسمع، والقدمان، مع ملصقات مؤرّخة تُراجع بعد أي تغيير وخلال 5 سنوات.

هـ. تحقّق وظيفي من كل منظومة لخفض الطاقة عند التشغيل: الاستشعار، والمنطق، ومسار الفصل، والإشارة، وزمن الفصل الكلي، بإجراءات يعتمدها المصنّع.

1. كل سطر يسمّي وثيقة أو مقداراً أو اختباراً.
2. ولا شيء منها يبيح العمل على معدات مكهربة، فذلك يحتاج تبريراً وتصريحاً خاصين به. [8]

المصادر

من أين جاء كل رقم في هذا العرض

[1] Labour Law Arts. 121-123; MHRSD OSH Management Regulation
[2] NCOSH, Regulation on Work in High-Risk Occupations (2025)
[3] SBC 401-CR-2024 contents list; SBC 401 (2007) full text
[4] SAIS (formerly HCIS), Administrative Decision 327, 1446H
[5] Saudi Arabian Grid Code, May 2024, Schedule 12; A3.1.4.4
[6] Saudi Electricity Company, Arc Flash page (archived)
[7] Saudi Aramco Safety Handbook, 5th ed., third-party copy
[8] NFPA 70E-2024 110.2, 110.3, 130.2-130.7; 2027 changes
[9] NFPA 70 (NEC) 2023 and 2026, 110.16; 240.87
[10] IEEE 1584-2018 (range via PCIC EUR24_17); 1584.1; 1584.2
[11] arcflash_physics.py, checked vs 15 spreadsheet-export rows
[12] Schneider 0600DB0001; SEL arc-flash Q and A; ABB 1SDC007114
[13] IEC 62271-200; C37.20.7; ABB 1VAL0007; Eaton PA019003EN

بحثنا في الوثائق أعلاه. الطاقات والحدود محسوبة ببرمجيتنا
لمعادلات IEEE 1584-2018، المفحوصة مقابل 15 صفاً من تصدير منشور لجدول
الحساب، وهي ليست أداة معتمدة.

معرفة عملية في الهندسة الكهربائية

احفظها. وأرسلها إلى زميل.

اقرأ المقال الكامل للحلقة

https://nlc.com.sa/ar/academy/arc-flash-ppe.html

الحلقة القادمة

التوافقيات ونسبة التشوّه THD