جامعة طيبة

TAIBAH UNIVERSITY

تأثير التظليل على أداء أنظمة الطاقة الكهروضوئية

تحليل تجريبي للمنحنيات المميزة للتيار والجهد والقدرة

معامل الفيزياء

أهداف التجربة: القياس والتقييم

1. قياس الانخفاض في الطاقة المنتجة

تحديد مدى تأثر إنتاج الطاقة بسبب التظليل تحت ظروف متنوعة.

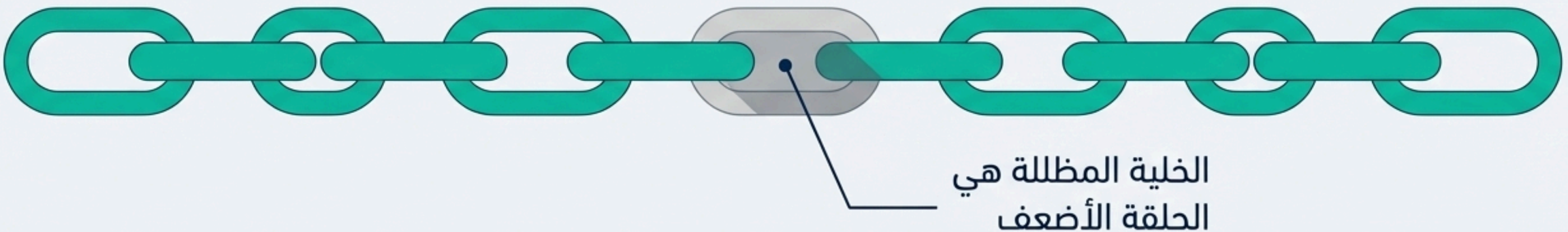
٢. تقييم تأثير التظليل على الكفاءة

دراسة أثر التظليل على كفاءة المنظومة وأدائها العام.

معامل الفيزياء
NotebookLM

فيزياء المشكلة: لماذا تعتبر الوحدات الكهروضوئية حساسة جدًا للظلال؟

الوحدات الكهروضوئية حساسة للغاية لانخفاض الإشعاع الشمسي. انخفاض الإشعاع على خلية واحدة فقط يؤدي إلى انخفاض كبير في القدرة التي ينتجها اللوح بأكمله (حوالي 1/3 في حالة التظليل الكامل للخلية).



NotebookLM

مسببات التظليل في الواقع

تظليل الوحدات المجاورة

a

عوائق طبيعية (نباتات)

b

تظليل عابر (مخلفات الطيور)

c

بعض مصادر التظليل يمكن تجنبها بالتصميم الجيد (مثل المباني المجاورة)، بينما البعض الآخر لا يمكن تجنبه (مثل الظروف الجوية).

معامل الفيزياء
NotebookLM

التصور البياني للتأثير: منحنيات التيار-الجهد (I-V) والقدرة-الجهد (P-V)

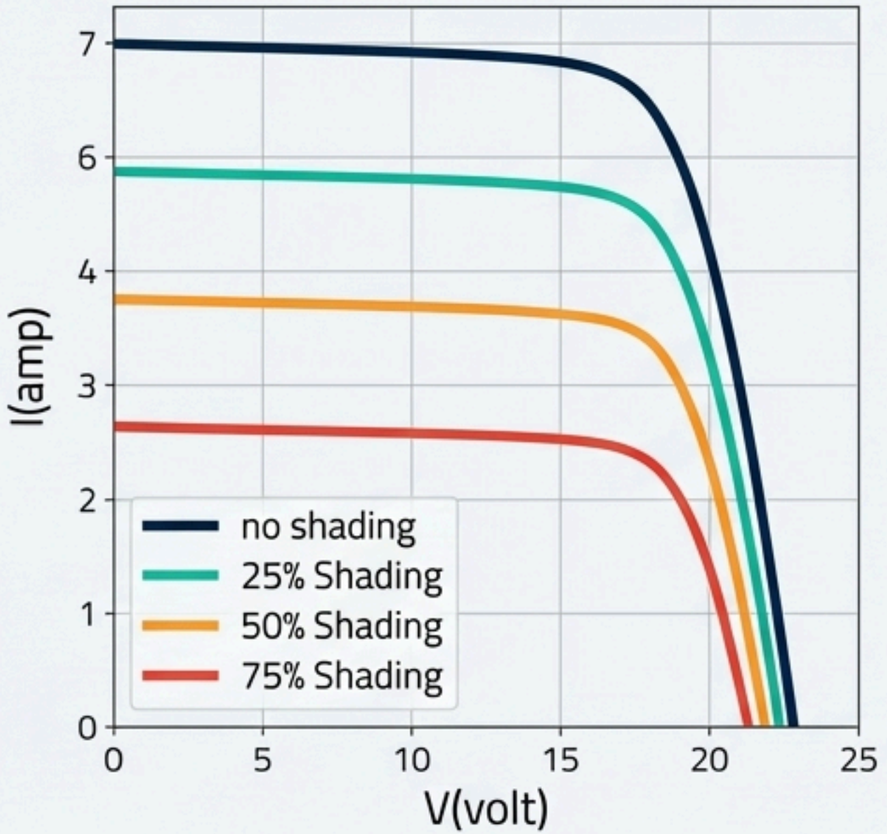


Figure 4-2 I-V characteristic chart

يؤدي التظليل إلى تغيير في خصائص التيار-الجهد للنظام، وبالتالي انخفاض في القدرة الناتجة.

لاحظ كيف ينخفض التيار بشكل حاد وتتقلص القدرة القصوى مع زيادة نسبة التظليل.

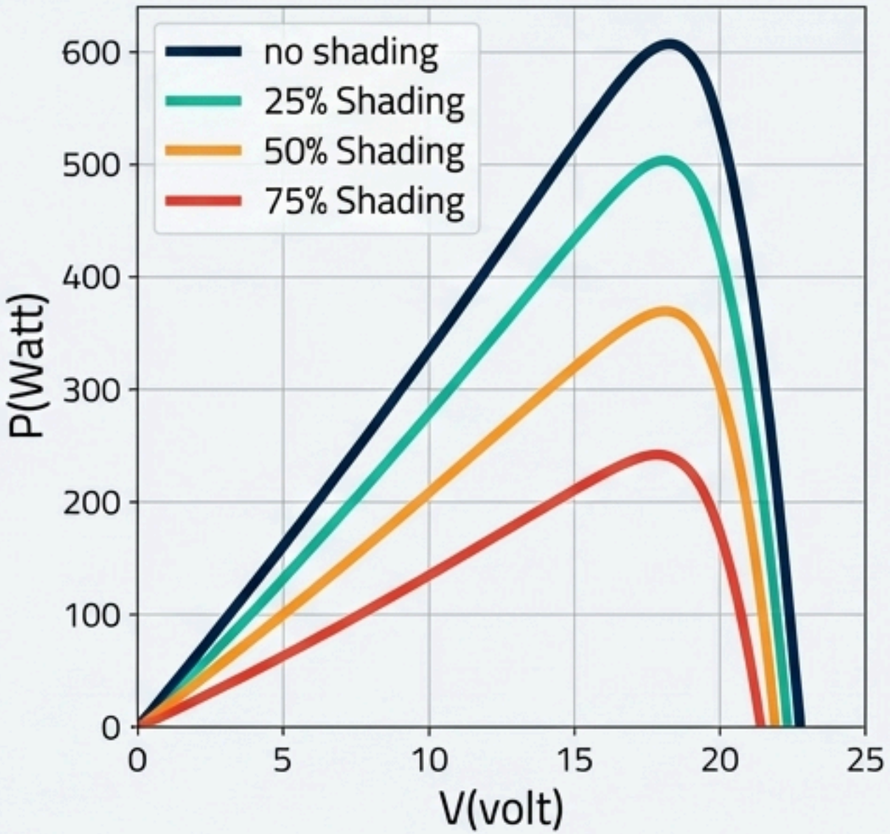
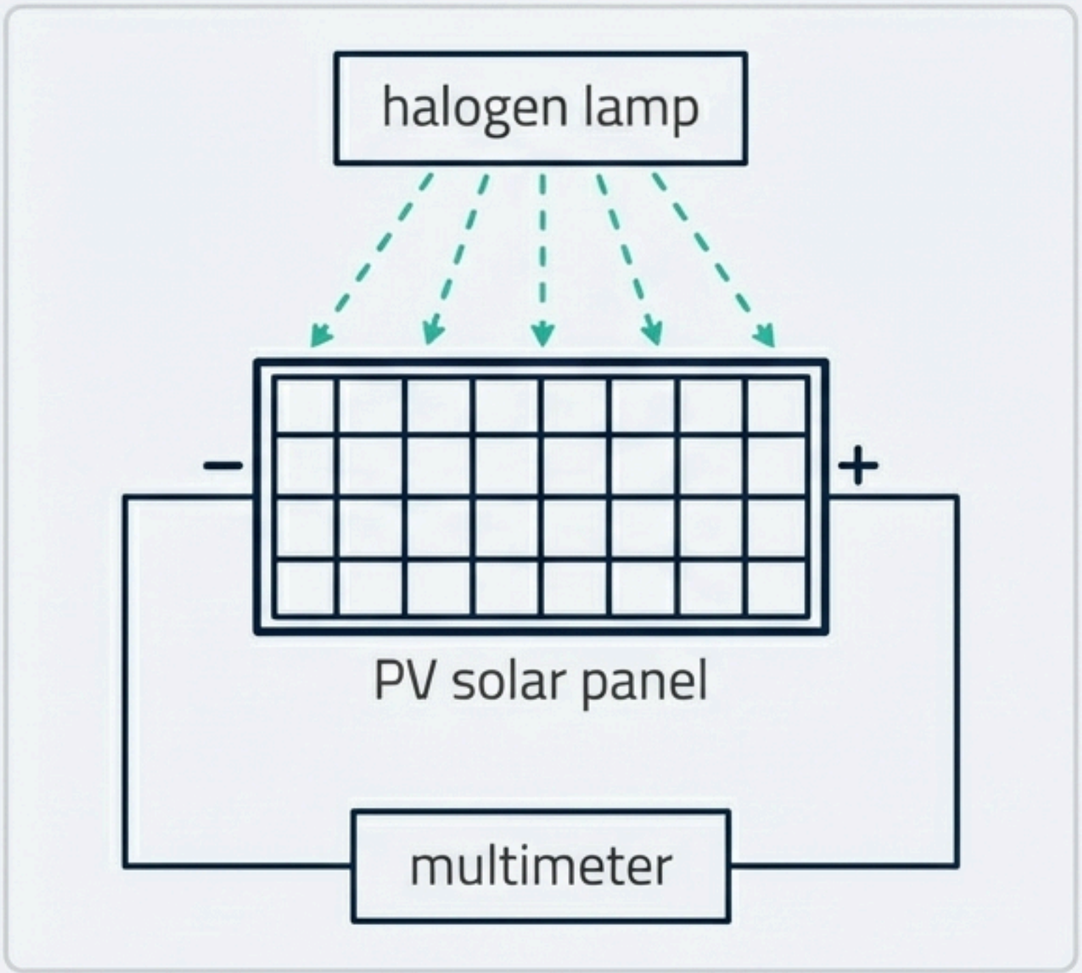


Figure 4-3 P-V characteristic chart

معامل الفيزياء

NotebookLM

الأدوات والمكونات المستخدمة في التجربة



١. خلية هيرا الكهروضوئية
(Hera PV Solar Cell)

٢. لوح هيرا الكهروضوئي
(Hera PV Solar Panel)

٣. مصباح تسليط ضوئي
(Spot Light)

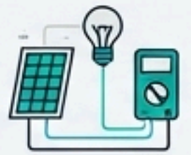
٤. مقياس رقمي متعدد
(Digital Multimeter)

٥. مصباح تيار مستمر 12 واط
(DC Light Bulb 12W)

معامل الفيزياء

NotebookLM

منهجية العمل: خطوات التجربة



١ توصيل الدائرة الكهربائية

يتم توصيل الخلية/اللوح الكهروضوئي مع المصباح والمقياس المتعدد كما هو موضح في المخططات.

٢ قياس الحالة الأساسية (بدون تظليل)

تسجيل قياسات الجهد (Voc) والتيار (Isc) بدون أي تظليل.

٣ تطبيق التظليل

يتم تظليل اللوح الكهروضوئي بنسب مختلفة (ربع، نصف، كامل).

٤ تسجيل البيانات

تكرار قياسات الجهد والتيار (VLoad, ILoad) عند كل مستوى تظليل وتسجيل النتائج في الجداول المخصصة.

معامل الفيزياء

NotebookLM

النتائج المسجلة: البيانات من التجربة

الجدول ١: تأثير التظليل على خلية كهروضوئية

المعلمات	تظليل كامل	تظليل ربع	تظليل نصف	بدون تظليل
Voc (V)	0.52	0.56	0.60	0.64
Isc (mA)	15	30	55	105

الجدول ٢: تأثير التظليل على لوح كهروضوئي

المعلمات	تظليل كامل	تظليل ربع	تظليل نصف	بدون تظليل
Voc (V)	10.8	11.2	11.6	12.0
Isc (mA)	45	90	170	320

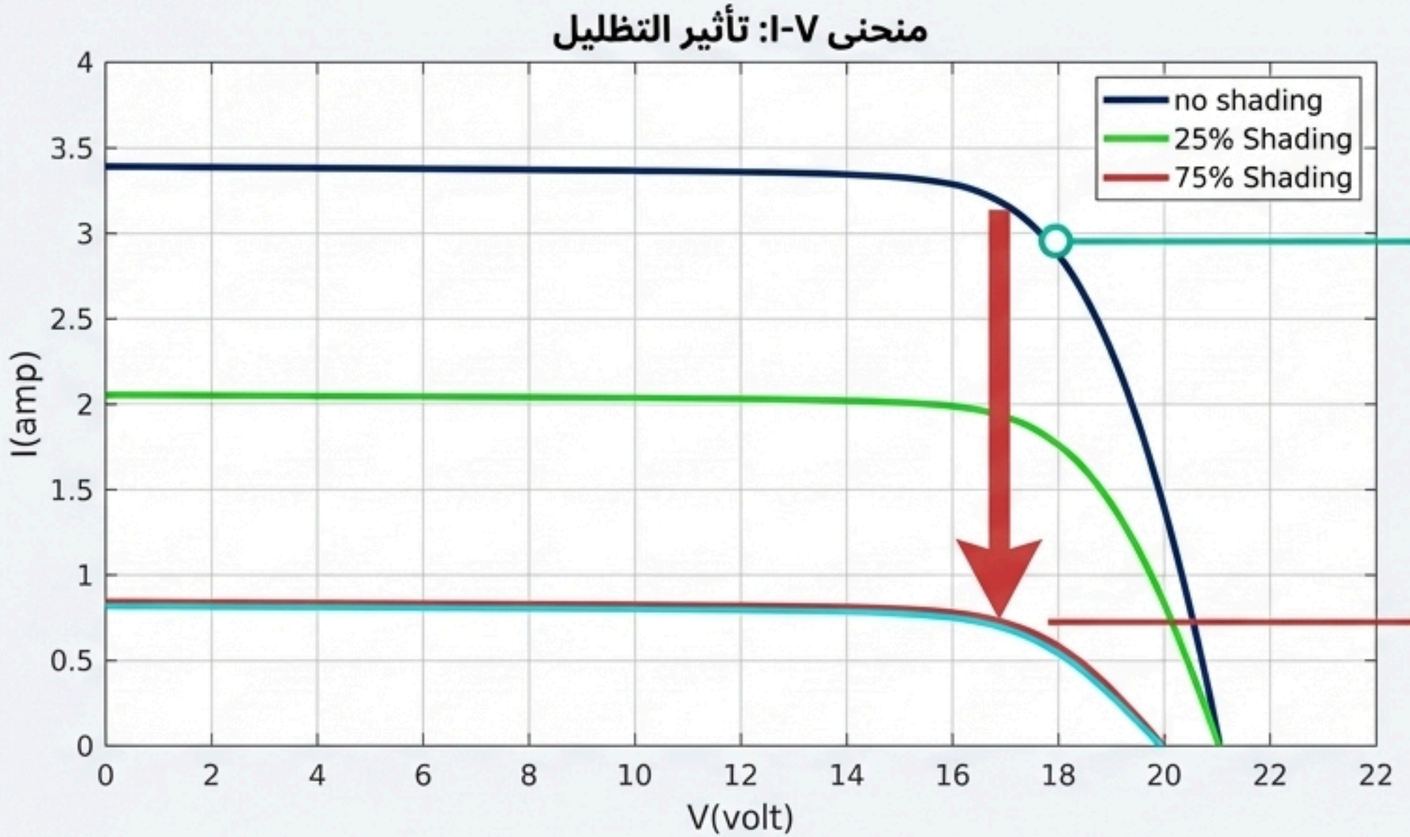
الجدول ٣: تأثير التظليل على لوح متصل بحمل

المعلمات	تظليل كامل	تظليل ربع	تظليل نصف	بدون تظليل
VLoad (V)	8.5	9.0	9.4	9.8
ILoad (mA)	40	78	145	285
Power (mW)	340	702	1363	2793

تم استخدام هذه البيانات لرسم منحنيات الأداء في الشرائح التالية.

معامل الفيزياء
NotebookLM

تحليل النتائج (١): انهيار التيار في منحنى I-V



الأداء الأمثل: تيار مرتفع ومستقر عبر نطاق واسع من الجهد.

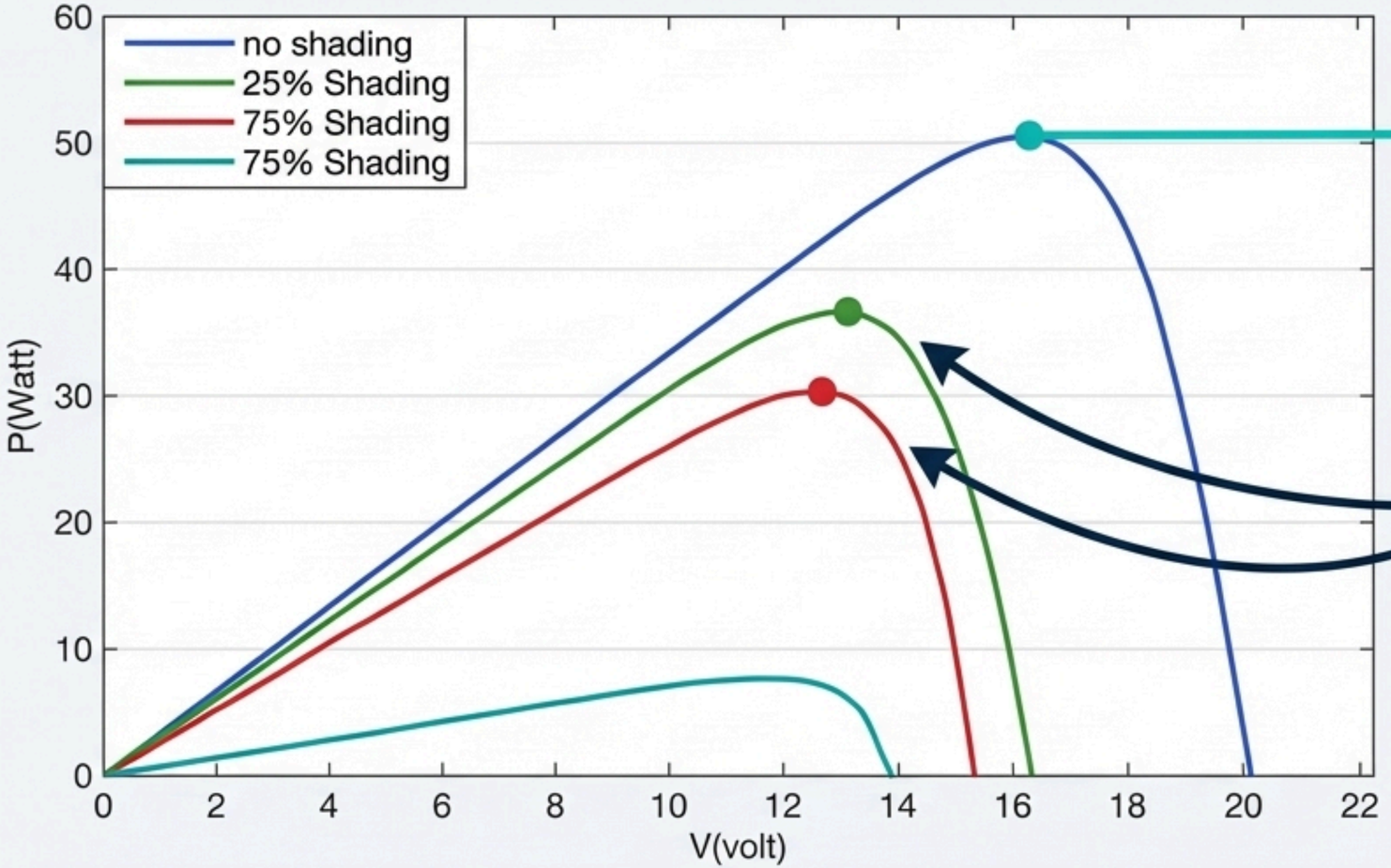
انخفاض حاد: حتى التظليل الجزئي يسبب انهيارًا كبيرًا في تيار الدائرة الدائرة: القصيرة (Isc).

الخلية المظللة تعمل كمقاومة، مما يحد من تدفق التيار في السلسلة بأكملها.

معامل الفيزياء

NotebookLM

تحليل النتائج (٢): فقدان القدرة في منحنى P-V



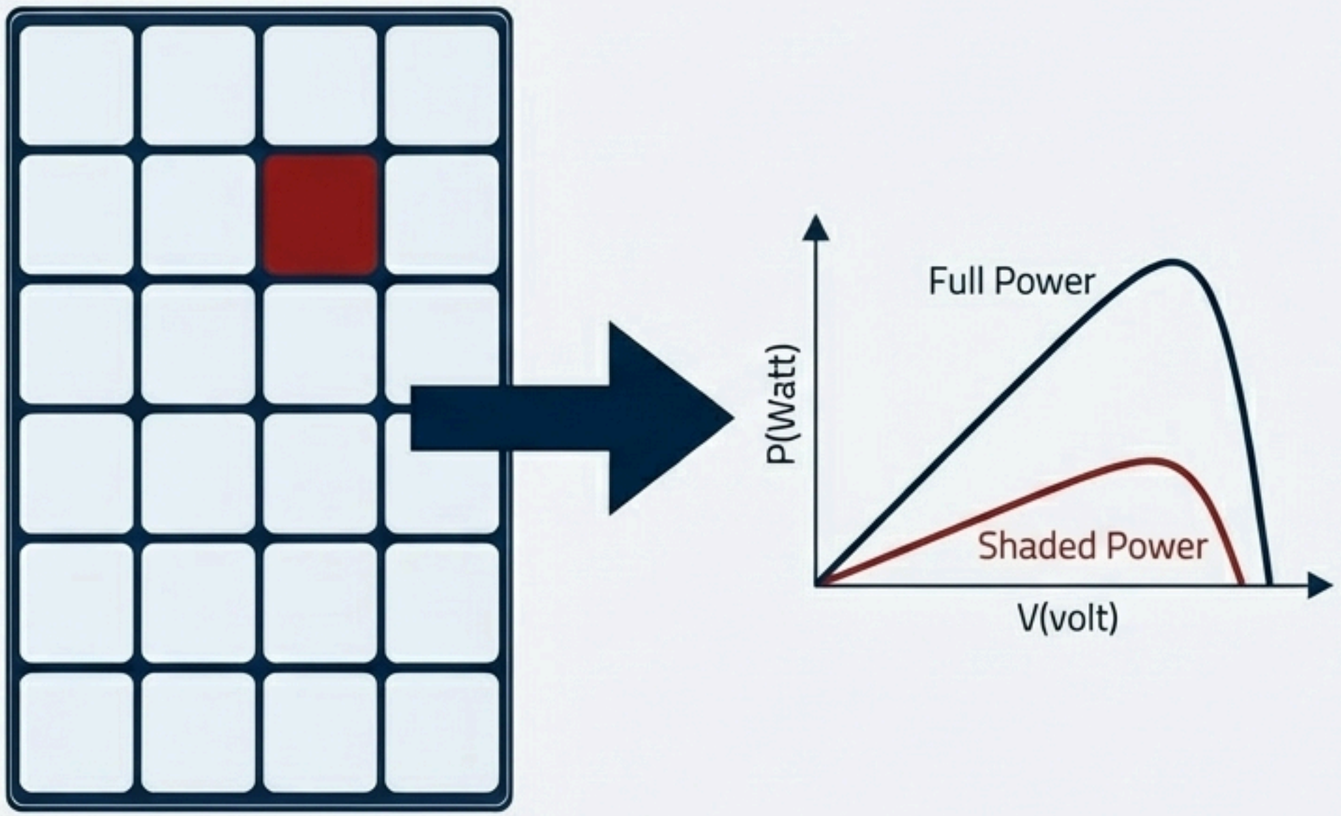
نقطة القدرة القصوى (MPP) في الحالة المثالية.

انتقال وانخفاض: لا تنخفض القدرة القصوى فحسب، بل تنتقل أيضًا إلى جهد أقل، مما يعقد عملية التتبع (MPPT).

تظليل بنسبة 50% يقلل من قدرة الوحدة بنحو 28% (من **51 واط إلى 36.5 واط**). التأثير ليس خطيًا.

معامل الفيزياء
NotebookLM

خلاصة التأثيرات: من الخلية الواحدة إلى المنظومة الكاملة



لماذا يمثل التظليل مشكلة؟

يقلل بشكل كبير من إنتاج الطاقة, ويؤدي إلى عدم تطابق بين الخلايا, ويمكن أن يسبب 'نقاطًا ساخنة' (hotspots) قد تتلف اللوح على المدى الطويل.

ما هي آثار التظليل الجزئي؟

انخفاض غير متناسب في القدرة. خلية خلية واحدة مظللة يمكن أن تخفض أداء سلسلة كاملة من الخلايا.

معامل الفيزياء
NotebookLM

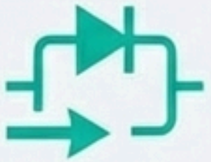
التصميم من أجل الصمود: استراتيجيات تخفيف أثر التظليل

٢. تصميم النظام وتخطيط الموقع

تحليل دقيق للموقع لتجنب الظلال من المباني.

٣. إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة (MLPE)

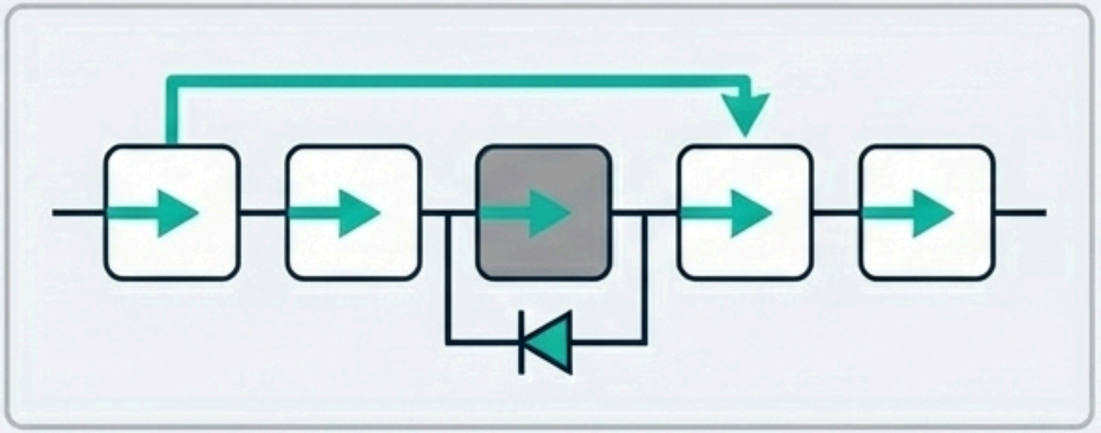
استخدام المحولات الدقيقة (Microinverters) أو محسنات القدرة (Power Optimizers) لعزل أداء كل لوح على حدة.



١. استخدام دايودات التمرير (Bypass Diodes)

Bypass Diodes)

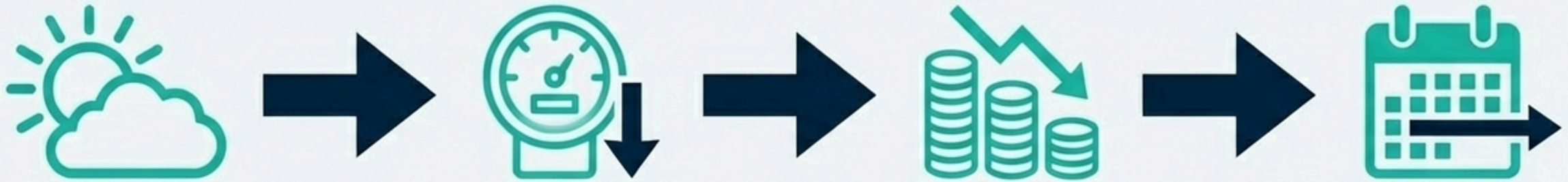
تسمح للتيار بتجاوز الخلايا المظللة, مما يمنعها من أن تصبح **"حلقة ضعيفة"** تحد من **أداء** السلسلة بأكملها.



معامل الفيزياء

NotebookLM

ما وراء الفيزياء: التكلفة الاقتصادية الحقيقية للظلال



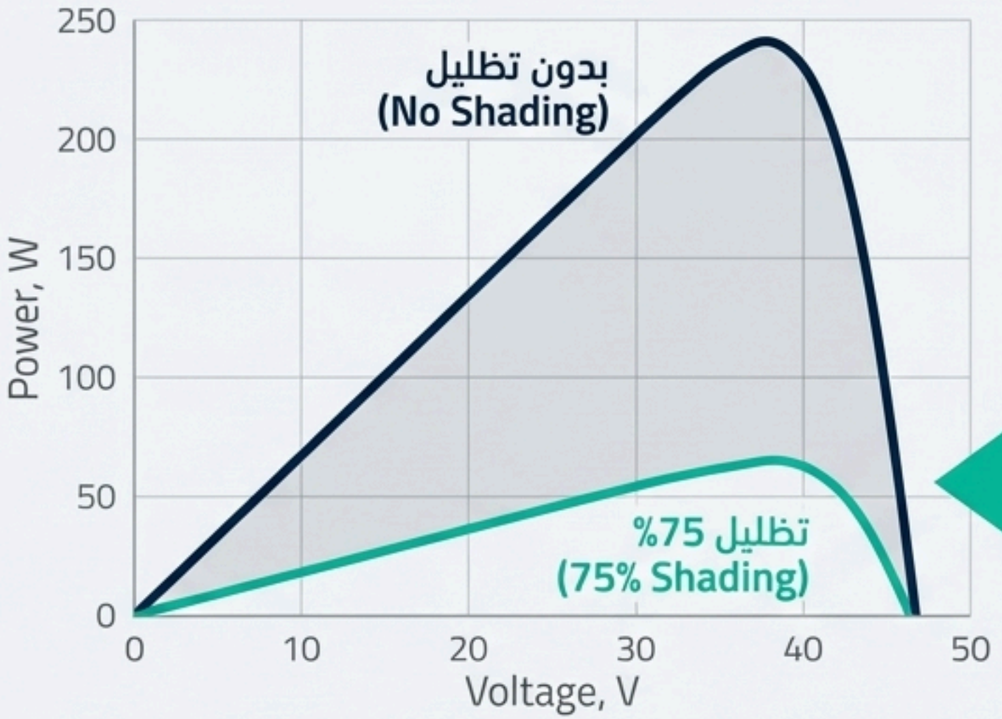
كل واط مفقود بسبب التظليل هو إيراد مفقود.

على نطاق المشاريع الكبيرة، يمكن أن يترجم هذا إلى خسائر مالية لـة كبيرة ويؤثر على الجدوى الاقتصادية للمشروع بأكمله.

معامل الفيزياء

NotebookLM

في عالم الطاقة الشمسية، السلسلة بأكملها كلمعة بقوة أضعف حلقاتها.



تُظهر هذه التجربة أن فهم ومعالجة تأثير التظليل، حتى الجزئي منه، ليس مجرد تفصيل فني، بل هو عنصر عنصر أساسي لضمان كفاءة وموثوقية وجدوى أنظمة الطاقة الكهروضوئية.

معامل الفيزياء
NotebookLM