

PVA-1500HE2/PVA-1500T2/ SolSensor-300V3

Solmetric I-V Curve Tracer Kit

Podręcznik użytkownika

OGRANICZONA GWARANCJA I OGRANICZENIE ODPOWIEDZIALNOŚCI

Każdy produkt firmy Fluke posiada gwarancje na brak usterek materiałowych i produkcyjnych w warunkach normalnego użytkowania i konserwacji. Okres gwarancji obejmuje 1 rok i rozpoczyna się w dniu wysłania produktu. Części, naprawy produktu oraz serwisowanie są objęte gwarancją przez 90 dni. Niniejsza gwarancja obejmuje jedynie oryginalnego nabywcę lub użytkownika końcowego będącego klientem autoryzowanego sprzedawcy firmy Fluke i nie obejmuje bezpieczników, jednorazowych baterii lub żadnych innych produktów, które, w opinii firmy Fluke, były używane niezgodnie z ich przeznaczeniem, modyfikowane, zaniedbane, zanieczyszczone lub uszkodzone przez przypadek lub w wyniku nienormalnych warunków użytkowania lub obsługi. Firma Fluke gwarantuje zasadnicze działanie oprogramowania zgodnie z jego specyfikacjami funkcjonalności przez 90 dni oraz, że zostało ono prawidłowo nagrane na wolnym od usterek nośniku. Firma Fluke nie gwarantuje, że oprogramowanie będzie wolne od błędów lub że będzie działać bez przerwy.

Autoryzowani sprzedawcy firmy Fluke przedłużą niniejszą gwarancję na nowe i nieużywane produkty jedynie dla swoich klientów będących użytkownikami końcowymi, jednak nie będą posiadać uprawnień do przedłużenia obszerniejszej lub innej gwarancji w imieniu firmy Fluke. Wsparcie gwarancyjne jest dostępne jedynie w przypadku, gdy produkt został zakupiony w autoryzowanym punkcie sprzedaży firmy Fluke lub Nabywca zapłacił odpowiednią cenę międzynarodową. Firma Fluke rezerwuje sobie prawo do zafakturowania na Nabywcę kosztów importu części do naprawy/wymiany w przypadku, gdy produkt nabyty w jednym kraju zostanie oddany do naprawy w innym kraju.

Zobowiązania gwarancyjne firmy Fluke są ograniczone, według uznania firmy Fluke, do zwrotu kosztów zakupu, darmowej naprawy lub wymiany wadliwego produktu, który zostanie zwrócony do autoryzowanego centrum serwisowego firmy Fluke przed upływem okresu gwarancyjnego.

Aby skorzystać z usługi gwarancyjnej, należy skontaktować się z najbliższym autoryzowanym centrum serwisowym firmy Fluke w celu uzyskania zwrotnej informacji autoryzacyjnej, a następnie przesłać produkt do tego centrum serwisowego wraz z opisem problemu, zwrotną kopertą ze znaczkami oraz opłaconym ubezpieczeniem (miejsce docelowe FOB). Firma Fluke nie jest odpowiedzialna za wszelkie uszkodzenia powstałe w czasie transportu. Po naprawie gwarancyjnej produkt zostanie zwrócony Nabywcy przy wcześniej opłaconym transporcie (miejsce docelowe FOB). Jeśli firma Fluke dojdzie do wniosku, że usterka została spowodowana przez zaniedbanie, niewłaściwe użytkowanie, zanieczyszczenie, modyfikacje lub nienormalne warunki użytkowania lub obsługi, łącznie z przepięciami spowodowanymi użytkowaniem urządzenia w środowisku przekraczającym jego wyszczególnione zakresy pracy lub normalne zużycie części mechanicznych, firma Fluke zapewni szacunkowe wartości kosztów naprawy i uzyska upoważnienie przed rozpoczęciem pracy. Po zakończeniu naprawy, produkt zostanie zwrócony Nabywcy przy wcześniej opłaconym transporcie i Nabywca zostanie obciążony kosztami naprawy i transportu zwrotnego (punkt wysłania FOB).

NINIEJSZA GWARANCJA STANOWI JEDYNE I WYŁĄCZNE ZADOŚĆUCZYNIENIE DLA NABYWCY W MIEJSCE WSZYSTKICH INNYCH GWARANCJI, WYRAŻNYCH LUB DOROZUMIANYCH, OBEJMUJĄCYCH, ALE NIE OGRANICZONYCH DO ŻADNEJ DOROZUMIANEJ GWARANCJI ZBYWALNOŚCI LUB ZDATNOŚCI DO DANEGO CELU. FIRMA FLUKE NIE BĘDZIE ODPOWIEDZIALNA ZA ŻADNE SPECJALNE, POŚREDNIE, PRZYPADKOWE LUB NASTĘPUJĄCE STRATY, ŁĄCZNIE Z UTRATĄ DANYCH, WYNIKAJĄCE Z JAKIEJKOLWIEK PRZYCZYNY LUB TEORII.

Ponieważ niektóre kraje lub stany nie zezwalają na ograniczenie terminu dorozumianej gwarancji lub wyłączenia, lub ograniczenia przypadkowych, lub następujących strat, ograniczenia i wyłączenia z niniejszej gwarancji mogą nie mieć zastosowania dla każdego nabywcy. Jeśli którykolwiek z przepisów niniejszej Gwarancji zostanie podważony lub niemożliwy do wprowadzenia przez sąd lub inny kompetentny organ decyzyjny od powidniej jurysdykcji, nie będzie to mieć wpływu na obowiązywanie wszystkich innych przepisów niniejszej Gwarancji.

Fluke Corporation
P.O. Box 9090
Everett, WA 98206-9090
U.S.A.

Licencja na oprogramowanie i umowa sprzętowa użytkownika końcowego

PRZECZYTAJ UWAŻNIE PONIŻSZĄ UMOWĘ. OTWARCIE PAKIETU LUB KLIKNIĘCIE PRZYCISKU „ZGADZAM SIĘ” OZNACZA WYRAŻENIE ZGODY NA ZAWARCIE NINIEJSZEJ UMOWY I STANIE SIĘ JEJ STRONĄ. JEŚLI NIE ZGADZASZ SIĘ NA WSZYSTKIE WARUNKI ZAWARTE W NINIEJSZEJ UMOWIE, KLIKNIJ OPCJĘ „NIE ZGADZAM SIĘ”, USUŃ WSZYSTKIE POBRANE PLIKI INSTALACYJNE I, JEŚLI DOTYCZY, ZWRÓĆ TEN PRODUKT DO MIEJSCA ZAKUPU, ABY UZYSKAĆ PEŁNY ZWROT PIENIĘDZY.

Udzielenie licencji na oprogramowanie

Pakiet lub pobrany plik instalacyjny zawiera:

1. Oprogramowanie komputerowe I-V Curve Tracer TM (oprogramowanie PC),
2. Oprogramowanie modułu pomiarowego I-V Curve Tracer I-V (oprogramowanie wbudowane) oraz
3. Powiązane pisemne materiały z dodatkowymi informacjami (Dokumentacja).

Oprogramowanie komputerowe i Oprogramowanie wbudowane obejmują wszelkie nowocześniejsze, zmodyfikowane wersje, aktualizacje, dodatki i kopie oprogramowania. *Użytkownik* to osoba lub firma, która posiada licencję na używanie oprogramowania lub dokumentacji. *My, myi Fluke Corporation* to firma Fluke® Corporation.

Niniejszym udzielamy użytkownikowi niewyłącznej licencji na używanie jednej kopii oprogramowania komputerowego na dowolnym jednym komputerze, pod warunkiem, że oprogramowanie komputerowe jest w danym momencie używane tylko na jednym komputerze. Oprogramowanie komputerowe jest *używane* na komputerze, gdy jest załadowane do pamięci tymczasowej (RAM) lub zainstalowane w pamięci trwałej komputera — na przykład na dysku twardym, dysku CD-ROM lub innym urządzeniu pamięci masowej. Jeśli oprogramowanie PC jest na stałe zainstalowane na dysku twardym lub innym urządzeniu pamięci masowej komputera (innym niż serwer sieciowy) i jedna osoba korzysta z tego komputera przez ponad 80% czasu, osoba ta może również używać oprogramowania komputerowego na komputerze przenośnym lub domowym.

Niniejszym udzielamy użytkownikowi niewyłącznej licencji na używanie jednej kopii wbudowanego oprogramowania, gdy działa ono w odpowiednim przyrządzie Solmetric.

Prawa do oprogramowania

Firma Fluke pozostaje właścicielem wszelkich praw, nazw i udziałów w oprogramowaniu komputerowym, oprogramowaniu wbudowanym i dokumentacji.

Kopie archiwalne lub kopie zapasowe oprogramowania komputerowego

Użytkownik może:

- Wykonać jedną kopię oprogramowania komputerowego wyłącznie w celu utworzenia kopii zapasowej lub archiwizacji.
- Przenieść oprogramowanie komputerowe na jeden dysk twardy, pod warunkiem, że oryginał zostanie zachowany wyłącznie w celu utworzenia kopii zapasowej lub archiwizacji.

Czego nie można robić z oprogramowaniem lub dokumentacją

Oprogramowanie komputerowe, oprogramowanie wbudowane i dokumentacja są chronione prawem autorskim Stanów Zjednoczonych i traktatami międzynarodowymi. Oprogramowanie komputerowe, oprogramowanie wbudowane i dokumentacja muszą być traktowane jak wszelkie inne materiały chronione prawami autorskimi, np. książka. Użytkownik nie może:

- kopiować oprogramowania wbudowanego
- kopiować oprogramowanie komputerowe, z wyjątkiem tworzenia kopii archiwalnych lub kopii zapasowych, jak podano powyżej,
- modyfikować ani dostosowywać oprogramowania komputerowego lub oprogramowania wbudowanego ani łączyć go z innym programem,
- odtwarzać kodu źródłowego, dezasemblować, dekompilować ani podejmować prób pozyskania kodu źródłowego oprogramowania komputerowego lub oprogramowania wbudowanego,
- zapisywać oprogramowania komputerowego lub oprogramowania wbudowanego na serwerze w taki sposób, aby było dostępne za pośrednictwem sieci publicznej, takiej jak Internet, lub
- udzielać podlicencji, wypożyczać, dzierżawić lub używać jakiejkolwiek części oprogramowania komputerowego, oprogramowania wbudowanego lub dokumentacji.

Transfery oprogramowania komputerowego lub oprogramowania wbudowanego

Użytkownik może przenieść wszelkie prawa użytkownika do używania oprogramowania komputerowego i Dokumentacji na inną osobę lub podmiot prawny, pod warunkiem że Użytkownik przetransferuje niniejszą Umowę, oprogramowanie komputerowe i Dokumentację, w tym wszystkie kopie, aktualizacje i wcześniejsze wersje na rzecz tej osoby lub podmiotu prawnego oraz że użytkownik nie zachowa żadnych kopii, w tym kopii przechowywanych na komputerze.

Użytkownik może przenieść wszelkie prawa użytkownika używania oprogramowania wbudowanego i dokumentacji komputera na inną osobę lub podmiot prawny, pod warunkiem że Użytkownik przetransferuje niniejszą Umowę, przyrządy powiązane z oprogramowaniem wbudowanym, oprogramowanie wbudowane i Dokumentację, w tym wszystkie kopie, aktualizacje i wcześniejsze wersje na rzecz tej osoby lub podmiotu prawnego oraz że użytkownik nie zachowa żadnych kopii, w tym kopii przechowywanych na komputerze.

Spis treści

Tytuł	Strona
Wprowadz enie	1
Kontakt z firm ą Fluk o	2
Informacj ę na temat b ezpiecz nstwa	2
Dan ie t echnicz n o	3
Minimaln o wymagania syst em ow o komput er a	3
Wyposaz enie	4
El em enty st eruj ac e i ustaw ienia syst emu	7
W l aczan ie przyrz adu I-V Curv o Trac er	8
Prz ew ody i zaciski pomiarow o	9
Zakryj czujnik promi eni owania	10
Instalacja	10
Proc edura instalacji	10
Instalacja sprz etu	10
Instalacja oprogramowania	10
Aktualizacja bazy danych sprz etu PV	11
L adowan ie akumulatora	11
Na l aduj akumulator przyrz adu I-V Curv o Trac er	11
L adowan ie czujnika SolS ensor	12
Si l c ę b ezpr zewodowa	13
Konfiguracja i u zytkowa n ie przyrz adu I-V Curv o Trac er i czujnika SolS ensor	13
Konfiguracja przyrz adu I-V Curv o Trac er	13
Konfiguracja czujnika SolS ensor	14
Montowan ie czujnika SolS ensor na rami o modu lu fotowoltaiczn o go	14
Optymalizacja zasi egu transmisji b ezpr zewodow o	17
Montowan ie czujnika SolS ensor na statywi o	17
Pod l aczan ie do instalacji fotowoltaiczn o	19
Pomiary krzyw o I-V	21
R u stracja wy l aczona	21
Zab ezpiecz n ie prz ed zbyt wysok ą t em p er atur ą	22
Op o zn ienie pomi edzy r u stracjami i poj em no ść ci o plna	22
Praca przy wysokich t em p er aturach	23

Ostrzeżenia o zbyt wysokim napięciu	24
Ostrzeżenia o przeciężeniach.....	24
Wykrywanie odwróconej biegunowości lub zerowego napięcia.....	25
Przegląd oprogramowania.....	25
Projekty	25
Drzewo systemu.....	26
Przegląd ekranu głównego.....	27
Pasłk menu.....	30
Kopiowanie, Modyfikowanie i Ponowne używanie poprzedniego projektu.....	35
Menu Properties (Właściwości)	35
Menu Widok.....	35
Menu Utility (Przyrząd)	36
Menu Pomoc	38
Karta Screens (Ekran).....	38
Karta Traces (Zapisy)	38
Karta Tabla	39
Karta Historia.....	41
Insulation Test Tab (Karta Test izolacji)	42
Wyeksportowany plik danych I-V.	43
Podstawa prognoz wydajności fotowoltaicznej	49
Kalibracja promieniowania słonecznego czujnika SolSensor	49
Pomiar promieniowania	49
Przewidywanie wydajności fotowoltaicznej	50
Przekładanie zmierzonych wartości na STC	50
Pomiar I_{sc}	50
Weryfikacja kalibracji.....	51
Aktualizacja oprogramowania.....	51
Aktualizacja oprogramowania sprzętowego przyrządu	
I-V Curve Trace i czujnika SolSensor.....	51
Wykonywanie pomiarów	52
Przed wykonaniem pomiarów w terenie.....	52
Ładowanie przyrządu	52
Sprawdzanie, czy używany jest najnowsze oprogramowanie.....	52
Tworzenie projektu w oprogramowaniu.....	52
Należy zapamiętać odpowiedzi promieniowania do wykonania pomiarów	52
Pomiary w terenie	53
Pomiary napięcia w obwodzie otwartym (V_{oc}).....	53
Podłączanie przewodów pomiarowych przyrządu	
I-V Curve Trace	53
Uruchamianie oprogramowania.....	53
Ładowanie swojego projektu	53
Mierzanie łańcuchów pojedynczych i łańcuchów w układzie równoległym	53
Pomiar modułów o wysokiej wydajności.....	53

Podłącz przewody pomiarowe do urządzeń fotowoltaicznych.	54
Wybieranie pierwszego obwodu fotowoltaicznego do zbadania ..	54
Wykonywanie pierwszego pomiaru	54
Wybieranie następnego obwodu fotowoltaicznego i	
wykonywanie kolejnego pomiaru	56
Sprawdzanie spójności danych	56
Alarmy	57
Kopia zapasowa danych	57
Pomiar promieniowania, temperatury i nachylenia	58
Pomiar promieniowania przy użyciu czujnika SolSensor	59
Czujnik promieniowania SolSensor	59
Promieniowanie wstępne i efektywne	59
Środki ostrożności dotyczące czujnika SolSensor	59
Światło rozproszone	60
Okręślanie promieniowania na podstawie zmierzonych krzywej I-V.	60
Ręczne wprowadzanie wartości promieniowania	61
Pomiar temperatury tylnej strony modułu fotowoltaicznego za	
pomocą termopary	61
Dobór średnicy przewodu termopary	62
Dobór końcówki termopary	62
Pomiar temperatury modułu fotowoltaicznego przy użyciu	
termomierza na podczuwki	63
Okręślanie temperatury ogniwa na podstawie zmierzonych	
krzywej I-V	63
Pomiar temperatury po tylnej stronie modułu fotowoltaicznego	
przy użyciu termopary	64
Interpretacja zmierzonych krzywych I-V	65
Dan wejściowy modułu fotowoltaicznego	65
Terminologia używana w odniesieniu do krzywej I-V	66
Performance Factor (Współczynnik wydajności)	66
Współczynnik wypalenia	66
Kształt prawidłowej krzywej I-V	67
Interpretacja krzywych I-V	68
Zapadnięcia lub skoki	70
Zespół jest częściowo zaciemniony lub nierównomiernie	
zabrudzony lub nagromadziły się na nim zanieczyszczenia	70
Ogniwa fotowoltaiczne są uszkodzone	72
Niski prąd	72
Równomiernie zabrudzone	72
Pasma zanieczyszczeń	72
Zużycie modułu	72
Nieprawidłowy dobór modułu fotowoltaicznego do modułu	
fotowoltaicznego	73
Wprowadzenie do modułu nieprawidłowej liczby łańcuchów	
fotowoltaicznych w układzie równoległym	73

Zmiana promieniowania między pomiarem promieniowania i pomiarem I-V	73
Czujnik promieniowania nie jest ustawiony w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego	73
Efekty albedo (odbicia)	73
Ręczny czujnik promieniowania nie jest dokładny	73
Niski napięcie	74
Pomiar temperatury ogniwa fotowoltaicznego jest nieprawidłowy	74
Co najmniej jeden z diod obwodowych jest zwarta	74
Zaokrąglenie zagięcia	74
Bardziej stromie nachylenie części poziomej	75
Zwężające się zacięcia lub pasma zanieczyszczeń na wszystkich grupach ogniw	76
Zwiększona intensywność bocznikowania w ogniwach fotowoltaicznych	76
Mniej stromie nachylenie części pionowej	76
Zbyt duża rezystancja przewodów PV	77
Połączenia elektryczne w zespole mają wysoką rezystancję	77
Zwiększona rezystancja szeregową modułów fotowoltaicznych ..	77
Rozwiązywanie problemów związanych z układami fotowoltaicznymi	77
Przekładanie danych I-V na standardowe warunki testowe	77
Definicje parametrów	78
Równania przekładania	79
Konsultacja	80
Czyszczenie przyrządu	80
Czyszczenie czujnika promieniowania SolSensor	80
Utylizacja produktu	80
Rozwiązywanie problemów związanych z działaniem oprogramowania PVA	80
Rozwiązywanie problemów związanych z komunikatami o stanie	80
Usuwanie usterek na podstawie objawów	82

Wprowadzenie

Niniejszy dokument dotyczy zestawu Solmetric I-V Curve Tracer, który zawiera przyrząd PV-1500HE2 i PV1500T2 (I-V Curve Tracer), czujnik SolSensor-300V3 (SolSensor) oraz oprogramowanie I-V Curve Tracer (oprogramowanie PVA lub oprogramowanie).

I-V Curve Tracer to przenośny elektryczny przyrząd testowy do wykrywania i usuwania usterek układów PV. I-V Curve Tracer mierzy krzywe prądu-napięcia (I-V) modułów i łańcuchów fotowoltaicznych (PV) i natychmiast porównuje wyniki z przewidywanymi wynikami na podstawie wbudowanych modeli fotowoltaicznych. Wyniki pomiarów są zapisywane, dzięki czemu mogą być w przyszłości używane jako odniesienia i analizowane. I-V Curve Tracer i SolSensor są sterowane bezprzewodowo za pomocą tabletu lub komputera przenośnego. Ta funkcja łączności bezprzewodowej umożliwia użytkownikowi pracę bezpośrednio w obszarze roboczym, a zarazem eliminuje niebezpieczeństwo wyzwolenia bezpiecznika związane z połączeniami przewodowymi.

Uwaga

O ile nie zaznaczono inaczej, pojęcia komputer i PC używane w instrukcji odnoszą się do laptopa lub tabletu.

I-V Curve Tracer wykonuje pomiar elektryczny krzywej I-V, podczas gdy czujnik SolSensor mierzy jednocześnie promieniowanie, temperaturę modułu fotowoltaicznego i nachylenie zespołu fotowoltaicznego.

Krzywa I-V modułu fotowoltaicznego, łańcucha, wiązki przewodów lub zespołu fotowoltaicznego dostarcza szczegółowy opis możliwości konwersji energii. Krzywa nominalnie mieści się w zakresie od prądu zwarcia (I_{sc}) przy 0 V do napięcia obwodu rozwartego (V_{oc}) przy zerowym prądzie. Na *zagięciu* normalnej krzywej I-V widać maksymalne wartości prądu i napięcia zasilania (I_{mp} , V_{mp}), punkt, w którym zespół generuje maksymalną moc elektryczną przy obecnym promieniowaniu i obecnej temperaturze. Te ważne napięcia i prądy są rejestrowane podczas pomiaru krzywej I-V. Szczegółowy kształt krzywej pomiędzy tymi punktami daje dodatkowe informacje o stanie badanego modułu, łańcucha lub zespołu fotowoltaicznego.

W celu uzyskania lepszego wglądu, mierzona krzywa I-V jest porównywana z danymi prognozowanymi dla kluczowych punktów za pomocą kompleksowego modelu fotowoltaicznego. Parametry uwzględnione w modelu:

- dane techniczne modułu fotowoltaicznego
- liczba modułów szeregowych i łańcuchów w układzie równoległym
- straty w przewodach systemu
- promieniowanie w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego
- temperatura modułu i orientacja zespołu fotowoltaicznego

Oprogramowanie jest wyposażone w zaawansowane narzędzie Nawigator zespołu z graficznym drzewem zespołu do zapisywania i uzyskiwania dostępu do danych pomiarowych. Kreator nowego projektu prowadzi użytkownika przez konfigurację modelu fotowoltaicznego i dostosowanie drzewa zespołu dla każdego projektu.

Oprogramowanie zapisuje również dane dotyczące rezystancji izolacji zebrane przez oddzielny tester rezystancji izolacji. Dane te są przechowywane i zarządzane przy użyciu tego samego typu interfejsu dotykowego drzewa zespołu (przy użyciu tabletu), co wyniki pomiaru I-V.

Uwaga

*Przejdź do strony produktu w witrynie www.fluke.com, aby pobrać dostępne aktualizacje oprogramowania, dodatki do instrukcji lub poprawione instrukcje. Porównaj opublikowane numery wersji lub poprawek z wersjami, które posiada użytkownik. Aby znaleźć bieżącą wersję oprogramowania, w oprogramowaniu wybierz **Help** (Pomoc) > **About** (Informacje). Aby dokonać aktualizacji, pobierz najnowszą wersję i uruchom instalator. Oprogramowanie jest bezpłatne. Najnowsze oprogramowanie obsługuje wszystkie wskaźniki krzywych Fluke i Solmetric 1500V I-V.*

Kontakt z firmą Fluke

Firma Fluke Corporation działa na całym świecie. Informacje o możliwościach kontaktu z nami w wybranej lokalizacji są dostępne na stronie internetowej: www.fluke.com.

Aby zarejestrować swój produkt bądź wyświetlić, wydrukować lub pobrać najnowszą instrukcję lub najnowszy suplement do instrukcji obsługi, należy odwiedzić naszą stronę internetową.

+1-425-446-5500

fluke-info@fluke.com

Informacje na temat bezpieczeństwa

Ogólne informacje na temat bezpieczeństwa znajdują się w drukowanym dokumencie „Informacje na temat bezpieczeństwa” dostarczonym wraz z I-V Curve Tracer i na stronie www.fluke.com. Tam, gdzie ma to zastosowanie, podane są bardziej szczegółowe informacje na temat bezpieczeństwa.

Ostrzeżenie oznacza warunki i procedury niebezpieczne dla użytkownika. **Przeestroga** oznacza warunki i procedury, które mogą spowodować uszkodzenie produktu lub badanego sprzętu.

 Przestroga

Aby uniknąć uszkodzenia produktu:

- Nie wystawiaj PVA na działanie napięcia >1500 V lub prądu >30 A.
- Przed przystąpieniem do pomiaru w skrzynce łączeniowej:
 - Rozewrzyj wyłącznik prądu stałego, aby elektrycznie odizolować skrzynkę łączeniową od innych łączników i falownika. Za pomocą woltomierza dokładnie sprawdź, czy łącznik jest odizolowany.
 - Wyjmij wszystkie bezpieczniki łańcucha z wyjątkiem bezpieczników badanych łańcuchów. Wiele łańcuchów można badać w układzie równoległym, jeśli ich łączny prąd jest <30 A.
 - Podczas pomiarów na falowniku należy odizolować elektrycznie badane łańcuchy.
 - Podczas pomiaru łańcuchów w układzie równoległym w obwodach wiązki przewodów należy przestrzegać limitu 30 A.
 - Podczas używania PVA 1500V4/T należy ograniczyć łańcuchy modułów o wysokiej wydajności tak, aby nie przekraczały wartości <10 A.

Dane techniczne

Pełne dane techniczne podano na stronie www.fluke.com. Dane dotyczące bezpieczeństwa znajdują się w dokumencie Informacje na temat bezpieczeństwa dostarczonym z produktem.

Minimalne wymagania systemowe komputera

Systemy, które nie spełniają poniższych wymagań, mogą nie działać zgodnie z oczekiwaniami. Laptop lub tablet dotykowy z systemem Microsoft Windows będzie dobrze działać. Podczas pracy w terenie tablety są zwykle bardziej wytrzymałe niż laptopy.

Zalecenia firmy Fluke:

- Przyrząd z ekranem dotykowym, aby zapewnić najlepszą wydajność
- Laptop, który może być używany jako tablet
- Ekran o dobrym kontraście w jasnym słońcu
- Antyodblaskowa powierzchnia ekranu
- Dobry kąt widzenia, dzięki któremu wiele osób może widzieć ekran

Zalecane parametry komputera:

- Microsoft Windows 11, 10, 8 lub 7 (wersja 32-bitowa lub 64-bitowa)
- Wi-Fi
- Rozdzielczość ekranu 1024 x 600 (minimalna)

- Szybkość procesora >1 GHz (zalecana 1,5 GHz). Firma Fluke zaleca Windows Experience Index (Processor component) (Indeks wydajności systemu Windows (składnik procesora)) na poziomie 2.3 lub wyższym. Wartość ta jest dostępna w panelu sterowania komputera w sekcji Informacje o wydajności i narzędzia.
- Pamięć RAM: Co najmniej 4 GB (zalecane 8 GB)
- Dostępne miejsce na dysku: 100 Mb lub więcej

Wypożyczenie

W zestawie I-V Curve Tracer znajduje się:

Wypożyczenie w zestawie I-V Curve Tracer

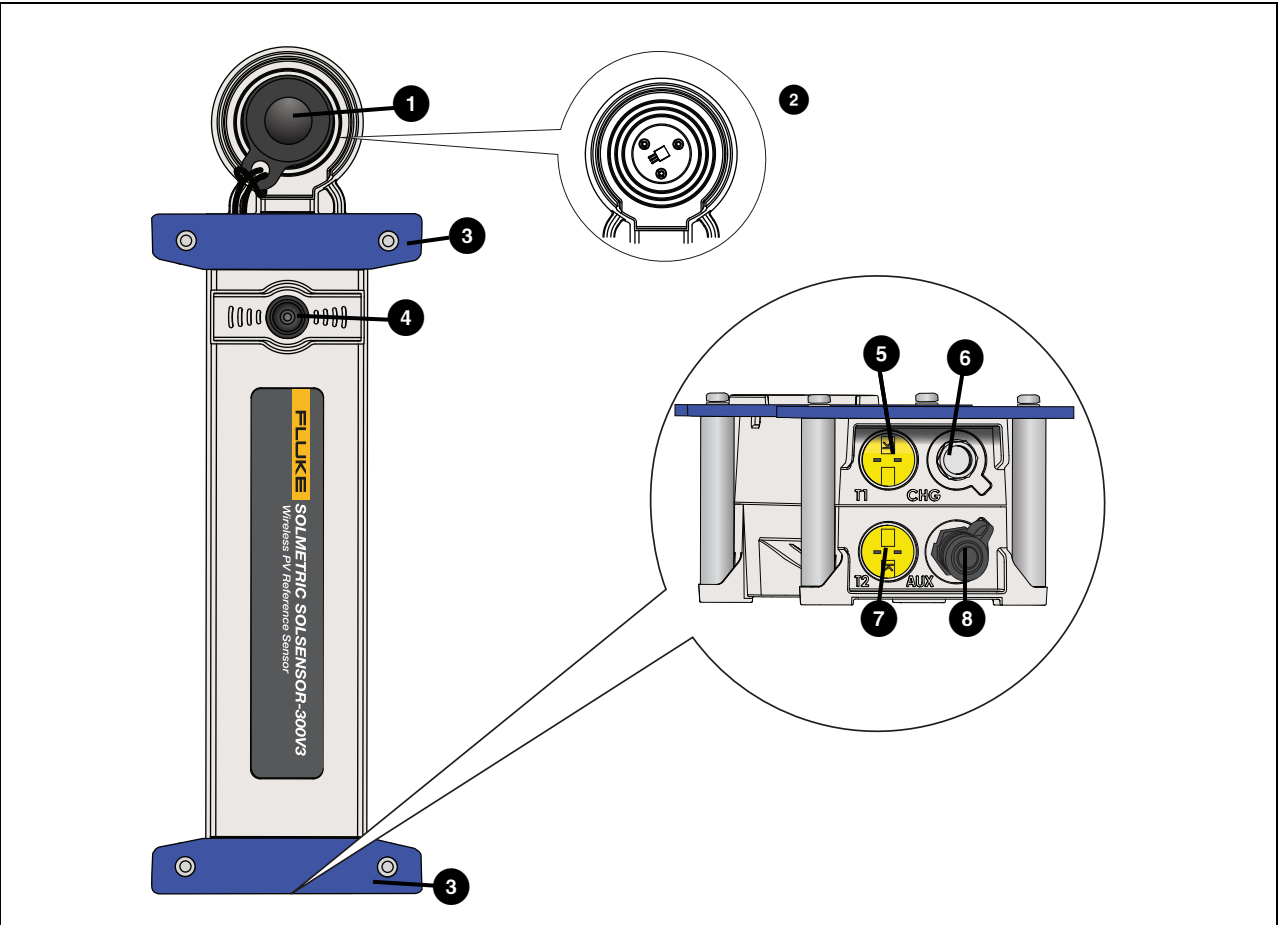
- I-V Curve Tracer — w miękkiej torbie, z kompletnym zestawem sprzętu firmy Fluke w etui na akcesoria lub torbie do przenoszenia. Sprawdź przewody pomiarowe PVA i narzędzia do złączy PV.
- Miękka torba
- Ładowarka do gniazdka elektrycznego
- Przewody pomiarowe o wartości znamionowej 1500 V do PV-1500HE2: złącze bananowe do MC-4 i złącze bananowe do zacisków krokodylkowych. W przypadku innych modeli PVA: MC-4 do zacisków krokodylkowych
- Narzędzie do złączy MC-4
- Wydrukowane *Informacje na temat bezpieczeństwa*
- Wydrukowana *Skrócona instrukcja obsługi*
- Torba do przenoszenia (dołączona tylko do PVA-1500HE2)

Wypożyczenie czujnika SolSensor

- Moduł SolSensor
- Czujniki temperatury termopary typu K (2)
- Miękka torba (jeśli zestaw I-V Curve Tracer nie został zakupiony z opcjonalną torbą do przenoszenia)
- Zacisk ramy modułu
- Zasilacz sieciowy z dwoma wyjściami USB-A do ładowania modułu IV i czujnika SolSensor
- Tarcze samoprzylepne do mocowania termopary (50). Tarcze taśmy wysokotemperaturowej do mocowania końcówki termopary do tylnej strony modułu
- Smycz narzędziowa czujnika SolSensor do mocowania czujnika SolSensor do stelaża
- Materiały do czyszczenia czujnika promieniowania (ściereczka z mikrofibry i spray z wodą destylowaną)

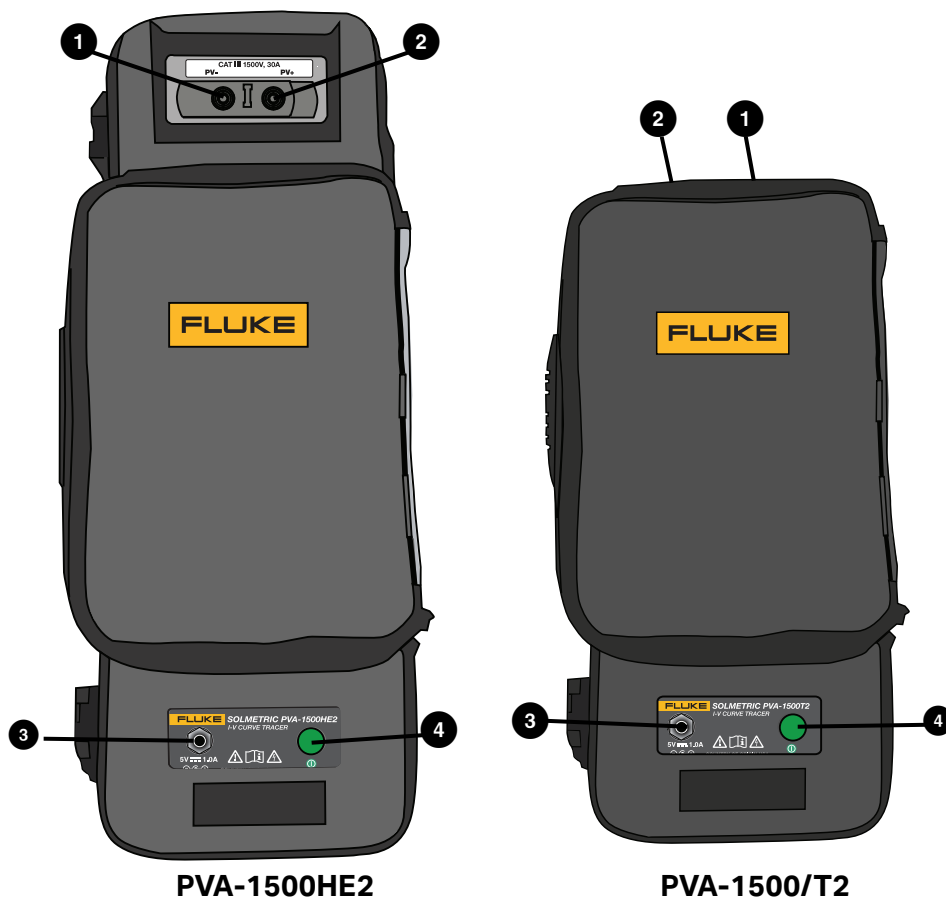
Główne elementy zestawu I-V Curve Tracer przedstawiono w [Tabela 1](#) i [Tabela 2](#).

Tabela 1. SolSensor



Element	Opis
1	Ostona czujnika promieniowania
2	Czujnik promieniowania
3	Ucha
4	Przycisk zasilania LED
5	T1— wejście termopary 1
6	Wejście ładowarki akumulatora.
7	T2— wejście termopary 2
8	Wejście pomocnicze

Tabela 2. I-V Curve Tracer



Element	Opis
1	Wejście ujemne
2	Wejście dodatnie
3	Wejście ładowarki akumulatora.
4	Przycisk zasilania LED

Elementy sterujące i ustawienia systemu

Do włączania, wstrzymywania pracy i resetowania przyrządów I-V służy przycisk LED na przyrządzie I-V Curve Tracer i czujniku SolSensor, patrz [Rysunek 1](#). Dioda LED wskazuje różne stany robocze przyrządów oraz stan sieci bezprzewodowej. Patrz [Tabela 3](#).

Tabela 3. Stany robocze przycisku LED przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor

I-V Curve Tracer	SolSensor	Działanie diody LED	Stan przyrządu	Działanie przycisku
X	X	Wył.	Wył.	Naciśnij 1 raz, aby włączyć
X	-	Miga powoli	Wstrzymano. I-V Curve Tracer wyłącza się automatycznie w ciągu 15 minut, aby oszczędzać akumulator.	Naciśnij raz, aby włączyć pomiary, lub 3 razy, aby wyłączyć przyrząd I-V Curve Tracer.
X	X	Miga	Brak łączności Wi-Fi lub połączenia z oprogramowaniem.	Naciśnij 3 razy, aby wyłączyć.
X	X	Miga szybko	Uruchamianie lub błąd (jeśli miga ciągle).	-
X	X	Świeci	Połączono z oprogramowaniem, pomiary włączone.	Naciśnij jeden raz, aby wstrzymać (moduł I-V), lub 3 razy, aby wyłączyć.
X	X	-	Dowolny stan	Naciśnij 3 razy, aby wyłączyć.
X	X	Pięć mignięć, pauza, powtórzenie	Przyrząd próbuje się sparować.	Aby sparować przyrządy: naciśnij szybko 5 razy.
X	X	Miga powoli lub świeci, gdy przyrząd jest podłączony i nie ma połączenia z oprogramowaniem.	Miganie oznacza ładowanie akumulatora. Świecenie oznacza, że akumulator jest w pełni naładowany.	-

Po jednym naciśnięciu przycisku LED w celu włączenia przyrządu I-V Curve Tracer lub czujnika SolSensor dioda LED miga szybko podczas uruchamiania, a następnie miga wolniej do czasu nawiązania połączenia z siecią Wi-Fi i oprogramowaniem komputera. Po połączeniu z oprogramowaniem dioda LED świeci.

Przed podłączeniem przewodów pomiarowych przyrządu I-V Curve Tracer do obwodu fotowoltaicznego naciśnij raz przycisk LED na module I-V, aby wstrzymać pomiary. Zapobiega to przypadkowemu wyzwoleniu pomiaru podczas wykonywania połączeń. W stanie wstrzymania dioda LED miga z długimi przerwami, sygnalizując, że I-V Curve Tracer jest włączony i wstrzymany.

Po podłączeniu przewodów pomiarowych naciśnij przycisk jeden raz, aby umożliwić przyrządowi I-V Curve Tracer wykonywanie pomiarów pod kontrolą oprogramowania. Gdy dioda LED świeci, I-V Curve Tracer jest gotowy do wykonania pomiarów.

W przypadku utraty połączenia sieciowego dioda LED miga, sygnalizując utratę połączenia z oprogramowaniem.

Uwaga

Gdy przyrząd I-V Curve Tracer lub czujnik SolSensor jest podłączony do zasilacza prądu zmiennego i połączony z oprogramowaniem, przycisk LED wskazuje stan połączenia/odłączenia (dioda LED świeci lub miga), a nie stan ładowania/naładowania.

Przyrząd I-V Curve Tracer i czujnik SolSensor są fabrycznie sparowane w unikalny sposób. Jeśli konieczne jest ponowne sparowanie:

1. Naciśnij szybko pięć razy przycisk LED przyrządu I-V Curve Tracer, aby rozpocząć ponowne sparowanie.
2. Poczekać, aż przycisk przyrządu I-V Curve Tracer zacznie migać seriami po pięć mignięć, a następnie naciśnij szybko pięć razy przycisk diody LED czujnika SolSensor. Obie diody LED migają seriami po pięć mignięć do momentu sparowania.

Jeśli konieczne jest zresetowanie przyrządu I-V Curve Tracer lub czujnika SolSensor, przytrzymaj przycisk LED przez co najmniej 6 sekund, po czym zwolnij.

Włączanie przyrządu I-V Curve Tracer

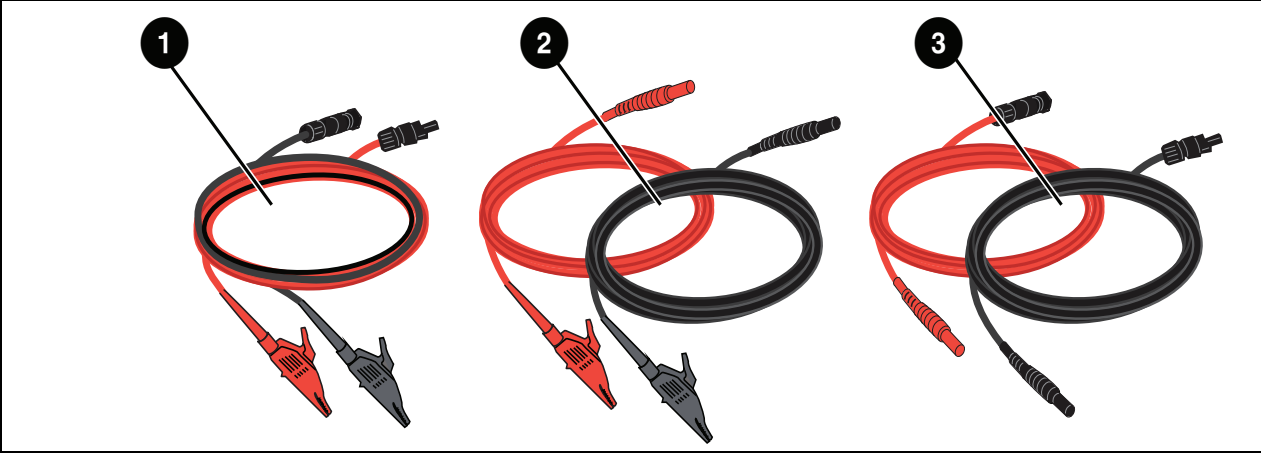
Aby włączyć I-V Curve Tracer, naciśnij jeden raz przycisk zasilania, patrz [Rysunek 1](#).

Jeśli połączenie sieciowe nie zostanie nawiązane w ciągu 15 minut, I-V Curve Tracer wyłączy się, aby oszczędzać akumulator. Podczas normalnego użytkowania I-V Curve Tracer nie przechodzi w tryb uśpienia, gdy dioda LED świeci. Jednak po włączeniu trybu pauzy I-V Curve Tracer przechodzi w tryb uśpienia po 15 minutach od ustawienia w trybie pauzy. Aby użyć funkcji pauzy, naciśnij przycisk zasilania (w trybie pauza dioda LED miga krótko co 3 sekundy).

Przewody i zaciski pomiarowe

Dołączone przewody i zaciski pomiarowe są przeznaczone specjalnie do użytku z produktem. Te przewody i zaciski są specjalnie przystosowane do napięć do 1500 V i prądów do 30 A DC. Patrz [Tabela 4](#).

Tabela 4. Przewody pomiarowe

	
Numer	Opis
1	PVA-1500S/V2/V3/V4/T MC-4 do zacisku krokodylkowego
2	Złącze bananowe PVA-1500HE2 do zacisku krokodylkowego
3	Złącze bananowe do połączanego MC-4

Zakres temperatury roboczej i wilgotności przewodów i zacisków pomiarowych jest węższy niż przyrządu PVA-1500HE2 i czujnika SolSensor. Szczegółowe informacje można znaleźć w części Specyfikacje przewodów i zacisków pomiarowych przyrządu PVA-1500. Patrz [Dane techniczne](#).

Ostrzeżenie

Aby uniknąć niebezpieczeństwa porażenia prądem, pożaru i obrażeń ciała lub śmierci:

- **Przed użyciem przewodów pomiarowych przeczytaj wszystkie informacje na temat bezpieczeństwa.**
- **Do pomiaru modułów i zespołów fotowoltaicznych (PV) stosuj wyłącznie przewody i zaciski pomiarowe serii PVA-1500.**
- **Używaj wyłącznie do izolowanych (nieuziemionych) obwodów fotowoltaicznych.**
- **W celu ochrony przed gorącymi powierzchniami nie wyjmuj obudowy z tekstylnego futerału. Podczas normalnej pracy I-V Curve Tracer rozprasza zmagazynowaną energię w postaci ciepła.**
- **Przed podłączeniem I-V Curve Tracer do obwodu odłącz zasilanie obwodu. Na przykład, jeśli pomiary są przeprowadzane w skrzynce łączeniowej PV, przed podłączeniem przewodów i zacisków pomiarowych rozewrzyj odłącznik i wyjmij wszystkie bezpieczniki.**
- **Nie wolno manipulować przewodami i zaciskami pomiarowymi, gdy są one zasilane przez obwód źródła.**

Zakryj czujnik promieniowania

Gdy czujnik promieniowania nie jest używany, musi być zawsze przykryty czarną gumową osłoną (patrz [Rysunek 1](#)). Zdejmij osłonę dopiero po zamontowaniu czujnika SolSensor w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Przed przeniesieniem czujnika SolSensor w inne miejsce ponownie załóż osłonę.

Białe akrylowe oko czujnika promieniowania to precyzyjny element optyczny, który musi być utrzymywany w *idealnym* stanie, aby zapewnić dokładne pomiary. Uderzenia lub otarcia mogą łatwo spowodować uszkodzenie. Również zabrudzenie ma negatywny wpływ na dokładność. Gdy przyrząd nie jest używany, osłona musi być zawsze założona.

Instalacja

W tej części opisano procedurę instalacji przyrządu I-V Curve Tracer.

Przestroga

Jeśli doszło do upadku przyrządu I-V Curve Tracer lub czujnika SolSensor, nawet z niewielkiej wysokości, firma Fluke zaleca, aby odesłać produkty do firmy Fluke w celu sprawdzenia.

Procedura instalacji

Instalacja sprzętu

Przed rozpoczęciem pracy upewnić się, że akumulatory przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor są w pełni naładowane. Patrz [Ładowanie akumulatora](#).

Instalacja oprogramowania

Aby zainstalować oprogramowanie:

1. Pobierz oprogramowanie ze strony www.fluke.com.
2. Jeśli po pobraniu ekran powitalny oprogramowania nie otworzy się automatycznie, uruchom instalator.
3. Aby zainstalować oprogramowanie w wybranym języku, postępuj zgodnie z instrukcjami pojawiającymi się na ekranie.
4. Jeśli podczas instalacji pojawi się okno dialogowe aktualizacji systemu Windows, podłącz komputer do Internetu, aby pobrać wymagane składniki systemu Windows.
5. Po rozpoczęciu instalacji i/lub zainstalowaniu aktualizacji systemu Windows zostanie wyświetlony ekran lokalizacji instalacji. Podana jest lokalizacja domyślna.
6. Po zakończeniu instalacji zostanie wyświetlony ekran kreatora konfiguracji końcowej. Jeśli zaznaczone jest pole **Run I-V Curve Tracer** (Uruchom I-V Curve Tracer) kliknij **Finish** (Zakończ), aby uruchomić oprogramowanie. Aby uruchomić oprogramowanie, możesz także kliknąć **Finish** (Zakończ), a następnie dwukrotnie kliknąć ikonę skrótu na pulpicie.

Po zakończeniu inicjalizacji i uruchomieniu oprogramowania zostanie wyświetlony ekran główny oprogramowania. Patrz [Tabela 7](#).

Podczas instalacji oprogramowanie tworzy strukturę katalogów w katalogu **Documents** (Dokumenty).

Aktualizacja bazy danych sprzętu PV

Jeśli podczas uruchamiania oprogramowania nawiązane jest połączenie z Internetem, oprogramowanie sprawdza, czy firma Fluke udostępniła zaktualizowane sprzętowe bazy danych modułu fotowoltaicznego.

Ładowanie akumulatora

Naładuj akumulator przyrządu I-V Curve Tracer

Uwaga

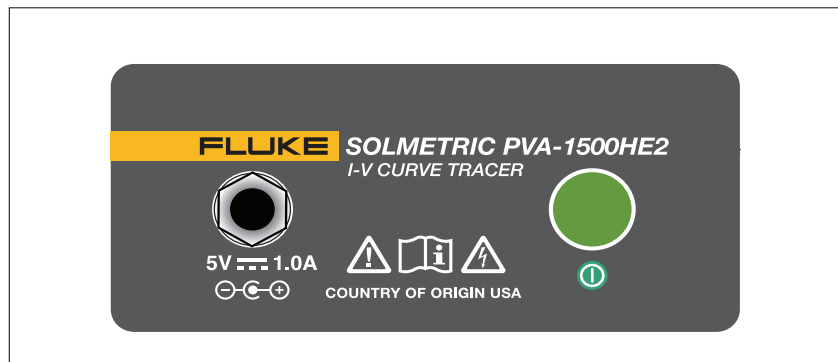
Akumulatora przyrządu I-V Curve Tracer nie można wyjąć.

Ładowanie akumulatora:

1. Podłącz ładowarkę do złącza przyrządu I-V Curve Tracer, patrz [Rysunek 1](#).
2. Podłącz ładowarkę do gniazda sieciowego i podłącz końcówkę USB kabla ładowarki do zasilacza sieciowego.

Przycisk LED miga, sygnalizując ładowanie akumulatora przyrządu I-V Curve Tracer. Gdy akumulator jest całkowicie naładowany, dioda LED świeci ciągle.

Rysunek 1. Złącze ładowarki akumulatora przyrządu I-V Curve Tracer (na ilustracji PVA-1500HE2)



Ładowanie akumulatora może trwać do 6 godzin. Akumulator należy ładować każdej nocy przed rozpoczęciem pracy w terenie.

Interfejs oprogramowania ostrzega o niskim poziomie naładowania akumulatora. Aby ręcznie sprawdzić poziom napięcia akumulatora, kliknij obszar stanu (powyżej przycisku **Measure Now** (Zmierz teraz)) na ekranie lub wybierz opcję **Battery Level** (Poziom naładowania akumulatora) w menu **Utility** (Przyrząd). Przed sprawdzeniem poziomu naładowania akumulatora upewnij się, że I-V Curve Tracer jest włączony i połączony z oprogramowaniem od co najmniej 30 sekund.

Ładowanie czujnika SolSensor

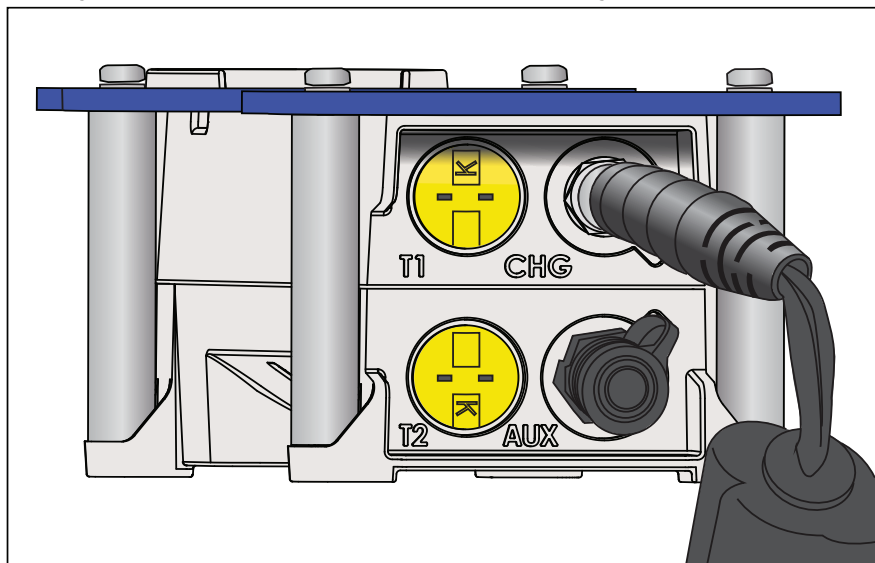
Uwaga

Akumulatora czujnika SolSensor nie można wyjąć.

Ładowanie akumulatora:

1. Podłącz przewód ładowarki do złącza ładowania, patrz [Rysunek 2](#).
2. Podłącz zasilacz sieciowy do gniazdka sieciowego i podłącz końcówkę USB kabla ładowarki do zasilacza sieciowego.

Rysunek 2. Podłączona ładowarka czujnika SolSensor



Ładowanie akumulatora może trwać do 6 godzin. Akumulator należy ładować każdej nocy przed rozpoczęciem pracy w terenie.

Podczas ładowania czujnika SolSensor przycisk LED miga. Po zakończeniu ładowania akumulatora przycisk LED świeci ciągle.

Uwaga

Gdy czujnik SolSensor jest podłączony do zasilania i połączony z oprogramowaniem, przycisk LED wskazuje stan połączenia (dioda LED świeci), a nie stan ładowania/naładowania.

Aby sprawdzić poziom napięcia akumulatora, kliknij obszar stanu (powyżej przycisku **Measure Now** (Zmierz teraz)) w oprogramowaniu po zakończeniu pomiaru I-V lub wybierz opcję **Battery Level** (Poziom naładowania akumulatora) w menu **Utility** (Przyrząd).

Sieć bezprzewodowa

Komunikacja między komputerem PC i przyrządem I-V Curve Tracer przebiega przez standardową sieć Wi-Fi. Kiedy przyrząd I-V Curve Tracer jest włączony, tworzy punkt dostępu. Znajdź ten punkt dostępu na liście sieci komputera i połącz się z tą siecią. Identyfikator SSID (nazwa punktu dostępu) ma format *pva1500_nnnnnn*, gdzie nnnnnn to unikalny identyfikator przyrządu I-V Curve Tracer. SolSensor automatycznie łączy się z I-V Curve Tracer, gdy oba przyrządy są włączone. Cała komunikacja między komputerem PC i czujnikiem SolSensor jest prowadzona przez I-V Curve Tracer.

Aby wyświetlić schemat sieci bezprzewodowej, wybierz ikonę sieci w lewym dolnym rogu

dowolnego ekranu oprogramowania ().

I-V Curve Tracer i SolSensor są fabrycznie sparowane ze sobą. SolSensor można jednocześnie sparować tylko z jednym unikalnym przyrządem I-V Curve Tracer. Parowanie z innym przyrządem I-V Curve Tracer opisano w [Konfiguracja przyrządu I-V Curve Tracer](#). Po sparowaniu z przyrządem I-V Curve Tracer czujnik SolSensor wymaże wcześniejsze sparowanie.

Ponieważ komputer łączy się z siecią Wi-Fi przyrządu I-V Curve Tracer, wbudowany interfejs Wi-Fi nie obsługuje jednoczesnego połączenia z innymi sieciami lub przyrządami. Aby uniknąć tego ograniczenia, należy dodać kartę USB Wi-Fi jako drugi interfejs sieciowy.

Gdy podczas używania przyrządu I-V Curve Tracer połączenie Wi-Fi z punktem dostępu przyrządu I-V Curve Tracer zostanie tymczasowo zawieszone, komputer spróbuje automatycznie połączyć się z inną siecią na liście, mającą ustawioną opcję **automatyczne łączenie**. Aby tego uniknąć, na liście sieci zapisanych w komputerze zaznacz pole wyboru **Połącz automatycznie** dla punktu dostępu przyrządu I-V Curve Tracer i usuń zaznaczenie opcji **Połącz automatycznie** dla innych sieci.

Konfiguracja i użytkowanie przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor

Konfiguracja przyrządu I-V Curve Tracer

Aby skonfigurować przyrząd I-V Curve Tracer:

1. Umieść I-V Curve Tracer w pobliżu badanych obwodów fotowoltaicznych.
2. W razie potrzeby podłącz przewody z zaciskami krokodylkowymi. Używaj wyłącznie przewodów z zaciskami, dostarczonych razem z przyrządem I-V Curve Tracer i przeznaczonych do pomiaru co najmniej maksymalnego prądu i napięcia obsługiwanego przez I-V Curve Tracer.
3. Jeśli I-V Curve Tracer nie może znajdować się w pobliżu badanego obwodu, można podłączyć przewody przedłużające. Jeśli pomiędzy badanym obwodem a I-V Curve Tracer zostaną dodane przewody przedłużające o długości przekraczającej 3 metry (jednokierunkowe), przewody muszą być poprowadzone równolegle, aby zminimalizować indukcyjność, którą dodają do obwodu.

Konfiguracja czujnika SolSensor

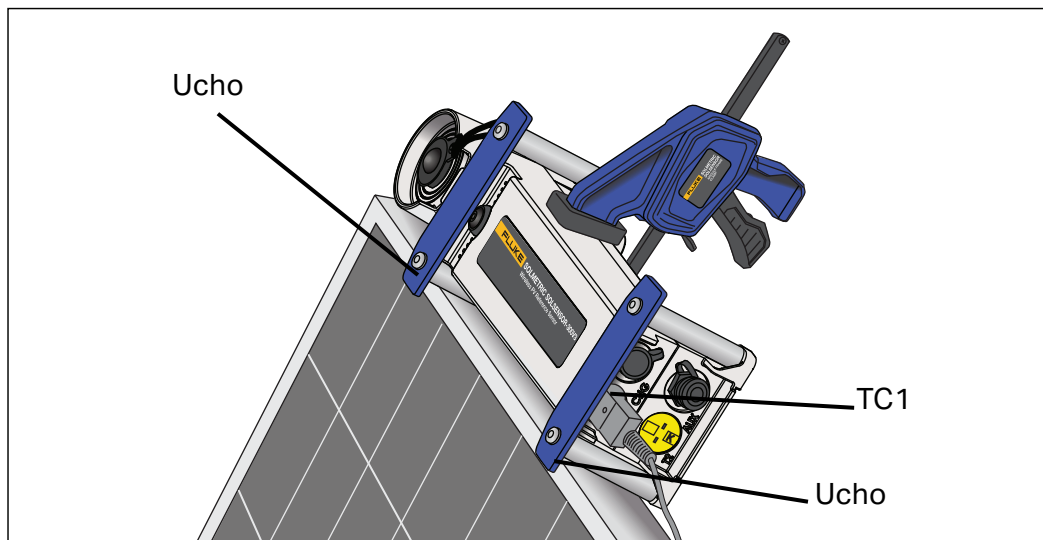
⚠ Przystroga

Aby uniknąć uszkodzenia czujnika SolSensor:

- Gdy czujnik promieniowania nie jest zamontowany i używany, należy go przykryć zaślepką ochronną. SolSensor zawiera czuły układ do pomiaru promieniowania, który może ulec uszkodzeniu w wyniku uderzenia lub otarcia. Aby zachować dokładność czujnika, nie wolno dopuszczać do zabrudzenia czujnika promieniowania. Patrz [Czyszczenie czujnika promieniowania SolSensor](#).

Rysunek 3 przedstawia czujnik SolSensor zamontowany na ramie modułu fotowoltaicznego.

Rysunek 3. Rama modułu fotowoltaicznego z zamontowanym czujnikiem SolSensor

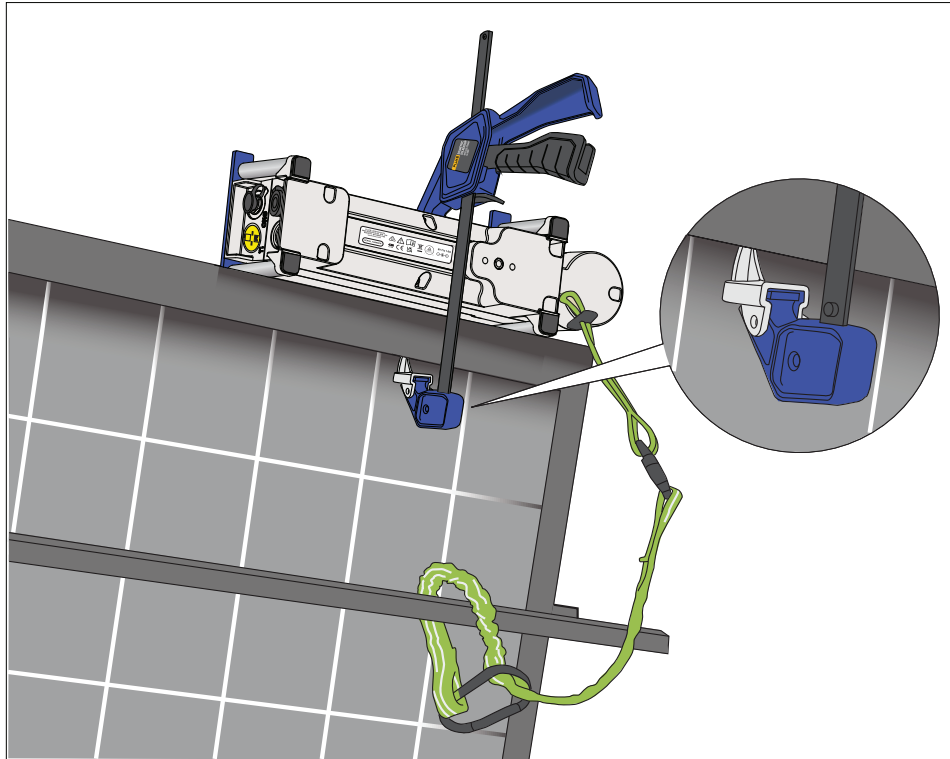


Montowanie czujnika SolSensor na ramie modułu fotowoltaicznego

Rysunek 4 przedstawia czujnik SolSensor przymocowany do modułu fotowoltaicznego za pomocą zacisku ramy modułu i zabezpieczony za pomocą smyczy narzędziowej.

Uwaga

Zamontowanie czujnika SolSensor wzdłuż górnej poziomej krawędzi modułu pozwala uzyskać wyższą dokładność pomiaru promieniowania we wcześniejszych i późniejszych porach dnia.

Rysunek 4. Smycz narzędziowa SolSensor zamocowana do stelaża

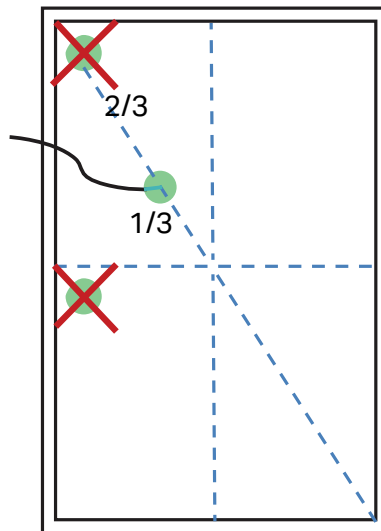
Aby zamontować czujnik SolSensor:

1. Umieść czujnik SolSensor na górnym poziomym wsporniku ramy modułu tak, aby metalowe słupki i ucha przyległy do powierzchni ramy, jak pokazano na [Rysunek 3](#).
2. Trzymając SolSensor w tej pozycji wsuń końcówkę zacisku ramy modułu do ramy modułu. Osadź końcówkę zacisku na płaskiej wewnętrznej powierzchni ramy, jak pokazano na [Rysunek 4](#), ale nie na półce ani krawędzi, z której może się ześlizgnąć, ponieważ mogłoby to spowodować poluzowanie mocowania czujnika SolSensor. Uważaj, aby nie uderzyć i nie zarysować tylnej strony modułu stopą zacisku.
3. Ściśnij mechanizm zacisku, aby zapewnić mocne docięnięcie czujnika SolSensor do boku ramy modułu.
4. Sprawdź mocowanie i upewnij się, że słupki i ucha stykają się z górną krawędzią ramy modułu. Jeśli pod jednym lub oboma uchami znajduje się wolna przestrzeń, czujnik promieniowania nie będzie odpowiednio ustawiony w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Lekko poluzuj zacisk, zmień położenie czujnika SolSensor i ponownie dokręć zacisk. W przypadku montowania czujnika SolSensor wysoko w powietrzu (na przykład na zespole dachowym), firma Fluke zaleca użycie smyczy jako zabezpieczenia na wypadek wysunięcia się czujnika SolSensor z zacisku. Przymocuj smycz narzędziową do ucha czujnika SolSensor. Następnie owiń smycz wokół stelaża i zepnij tworząc pętlę, jak pokazano na [Rysunek 4](#).

5. Rozwiń termoparę i wyprostuj przewód. Unikaj załamań przewodu. Podłącz termoparę do czujnika SolSensor. Włóż żółtą wtyczkę przewodu termopary do lewego górnego żółtego gniazda z znaczeniem TC1, patrz [Rysunek 3](#).
6. Wyprostuj ostatnie kilka centymetrów przewodu termopary. Mała kulka na końcu oznacza miejsce pomiaru temperatury.
7. Przyklej końcówkę termopary taśmą tak, aby miała dobry styk z tylną stroną modułu, wystarczająco daleko pod modułem, aby nie doszło do kontaktu z zewnętrznymi krawędziami chłodnicy. Podczas badania pojedynczych modułów wolnostojących podłącz końcówkę termopary jak pokazano na [Rysunek 5](#). Aby uzyskać dokładny pomiar temperatury, użyj szerokiej taśmy poliestrowej odpornej na wysokie temperatury. Firma Fluke zaleca stosowanie samoprzylepnych krążków dostarczonych wraz z produktem. Inne rodzaje taśmy odkształcają się w wysokich temperaturach, przez co końcówka termopary może odsunąć się od tylnej płyty modułu. Podczas owijania mocno dociśnij taśmę do końcówki termopary, aby wymusić dobry styk końcówki z tylną stroną modułu.

Drugą termoparę można dodać używając wejścia TC2 czujnika SolSensor. Jeśli używane są dwie termopary, firma Fluke zaleca, aby podłączyć je w różnych miejscach na module lub na dwóch różnych modułach.

Rysunek 5. Umieszczanie końcówki termopary na pojedynczym module wolnostojącym



8. Zdejmij osłonę ochronną z czujnika promieniowania SolSensor.
9. Naciśnij przycisk LED, aby włączyć SolSensor. Podczas próby nawiązania połączenia bezprzewodowego dioda LED miga, a po nawiązaniu połączenia świeci, patrz [Rysunek 1](#). SolSensor łączy się z I-V Curve Tracer, który obsługuje komunikację z komputerem.

Optymalizacja zasięgu transmisji bezprzewodowej

Aby uzyskać najlepszy zakres transmisji czujnika SolSensor, należy postępować zgodnie z poniższymi wskazówkami.

- Umieść czujnik SolSensor tak, aby uzyskać jak najlepszą linię widzenia przyrządu I-V Curve Tracer, który działa jako stacja przekaźnikowa pomiędzy czujnikiem SolSensor i komputerem PC.
- Unikaj miejsc, w których sygnał musi przechodzić przez budynki, pojazdy ciężarowe lub wiele rzędów modułów fotowoltaicznych i stelaży.
- Unikaj umieszczania czujnika SolSensor bezpośrednio na metalowej powierzchni, takiej jak metalowy dach lub skrzynka HVAC, ponieważ zmniejsza to zasięg. W przypadku montowania SolSensor na końcu rury obrotowej jednoosiowego systemu nadążnego można uzyskać lepszy zasięg, jeśli czujnik SolSensor zostanie zamontowany na krótkim pręcie, a pręt zamocowany na rurze obrotowej.

Zakres transmisji może być czasami zwiększony, jeśli czujnik SolSensor będzie znajdować się na górnej krawędzi ramy modułu górnego rzędu lub w pobliżu końca zespołu, skąd będzie dysponować lepszą linią widzenia powiązanego przyrządu I-V Curve Tracer.

Jeśli nie można uzyskać wymaganego zakresu transmisji przy użyciu powyższych metod, należy zamontować SolSensor na statywie i ustawić odpowiednio dobierając azymut i nachylenie. Wybierz miejsce, w którym widok nieba jest podobny do widoku nieba dla zespołu fotowoltaicznego.

Montowanie czujnika SolSensor na statywie

Aby zapewnić większą elastyczność i potencjalnie lepszy zasięg bezprzewodowy, należy zamontować czujnik SolSensor na statywie. Jest to również przydatne, gdy nie można uzyskać dostępu do zespołu.

Za pomocą tego sprzętu można umieścić czujnik SolSensor na statywie (aby uzyskać szczegółowe zalecenia dotyczące sprzętu, należy skontaktować się z firmą Fluke):

- Wytrzymały statyw
- Wskaźnik wypoziomowania statywu

Jest to zazwyczaj tarcza z poziomą pęcherzykową, zamocowana między statywem a pozostałymi elementami opisanymi tutaj. Niektóre statywy mają wbudowany wskaźnik wypoziomowania.

Uwaga

Wskaźniki wypoziomowania znacznie różnią się czułością i dokładnością.

- Głowica poziomująca statywu — umożliwia szybkie utworzenie poziomej powierzchni montażowej bez konieczności regulacji nóg statywu.
- Moduł panoramowania — obraca się wokół osi pionowej i umożliwia dostosowanie azymutu czujnika SolSensor niezależnie od nachylenia.

- Moduł nachylenia — obraca się w osi poziomej i umożliwia ustawienie nachylenia niezależnie od azymutu. Zazwyczaj moduł nachylenia jest montowany na module panoramowania, który z kolei jest montowany na wskaźniku wypoziomowania, module poziomującym i statywie.
- Płyta adaptera — należy mocno przymocować tę płytę do dolnej części czujnika SolSensor i do górnej części modułu nachylenia.

W niniejszej instrukcji zakłada się, że używany jest statyw z modułem poziomującym. Jeśli nie, wyreguluj nóżki statywu tak, aby wypoziomować powierzchnię mocowania statywu.

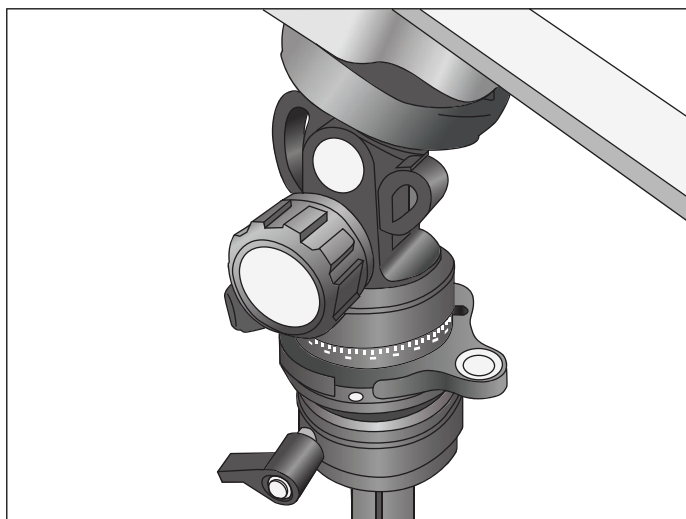
Uwaga

Dokładność pomiaru promieniowania zależy od prawidłowego ustawienia czujnika SolSensor. Aby zachować niezależność regulacji nachylenia i azymutu, należy wykonać czynności w podanej kolejności.

Aby prawidłowo umieścić SolSensor na statywie, należy:

1. zamontować SolSensor i elementy montażowe statywu jak pokazano na [Rysunek 6](#).

Rysunek 6. Ustawienie mocowania statywu



2. Wybierając miejsce na statywie należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:
 - lokalizacja powinna mieć otwarty widok na niebo, podobny do widoku nieba dla zespołu; unikać miejsc, w których drzewa lub struktury zasłaniają części nieba, zwłaszcza w pochmurne dni, w których rozproszone światło stanowi znaczącą część całkowitego promieniowania; unikać miejsc, w których występują istotne efekty albedo (odbicia);
 - wybrać miejsce, które zapewnia dobrą widoczność skrzynek łączeniowych lub innych miejsc, w których ma być używany komputer.
 - Aby użyć termopar do pomiaru temperatury tylnej strony modułu, umieść statyw wystarczająco blisko podzespołu, do którego można zamocować końcówkę termopary dobrze schowaną pod modułami, z dala od zewnętrznych krawędzi zespołu fotowoltaicznego. Przydatny może być przedłużacz termopary. Skontaktuj się z firmą Fluke, aby uzyskać zalecenia.
3. Całkowicie rozłóż nogi statywu i mocno je osadź.
4. Podłącz przewód termopary do czujnika SolSensor a końcówkę termopary do tylnej strony modułu fotowoltaicznego. Nie mocować termopary w pobliżu tych krawędzi modułu, które są chłodniejsze. Można też pominąć termoparę(y) i ustawić oprogramowanie tak, aby obliczyć temperaturę ogniwa na podstawie krzywej I-V.
5. W przypadku uśredniania odczytów z dwóch termopar, należy zamontować również drugą termoparę. Jeśli druga termopara jest używana, ale nie jest zamocowana do modułu (na przykład jest używana do pomiaru temperatury otoczenia), nie należy używać metody SmartTemp ani Average jako metody pomiaru temperatury.
6. Wyreguluj moduł poziomujący tak, aby pęcherzyk był wyśrodkowany, a następnie go zablokuj.
7. Obróć moduł panoramowania, aby azymut (kierunek kompasu) czujnika SolSensor był ustawiony tak samo, jak badanego układu, a następnie zablokuj moduł panoramowania. Należy pamiętać, aby dostosować kompas do miejscowej deklinacji magnetycznej. Kalkulator deklinacji magnetycznej jest dostępny na stronie <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/?id=declinationFormId>. Aby uniknąć zniekształcenia pola magnetycznego Ziemi przez elementy czujnika SolSensor lub sprzęt do mocowania statywu, oddziel kompas od czujnika SolSensor w płaszczyźnie poziomej. Włóż prostokątny element dystansowy z metalu nieżelaznego.
8. Obracaj moduł nachylenia, aż kąt nachylenia podany w oprogramowaniu będzie odpowiadać rzeczywistemu nachyleniu zespołu fotowoltaicznego, a następnie zablokuj moduł nachylenia.

Podłączanie do instalacji fotowoltaicznej

Zainstalowane systemy fotowoltaiczne mają różne rozwiązania technologiczne i konstrukcje. Dlatego wytyczne zawarte w tej sekcji mają charakter ogólny i bardzo ważne jest stosowanie technik i środków ostrożności dostosowanych do rzeczywistej sytuacji. Należy przestrzegać środków bezpieczeństwa najlepiej dobranych do układu fotowoltaicznego/elektrycznego.

Uwaga

Poniższa procedura jest ważna, ale nie obejmuje wszystkich możliwych sytuacji. Oceń potencjalne zagrożenia związane z każdym systemem fotowoltaicznym i podejmij odpowiednie środki ostrożności.

Podłączanie do urządzeń fotowoltaicznych:

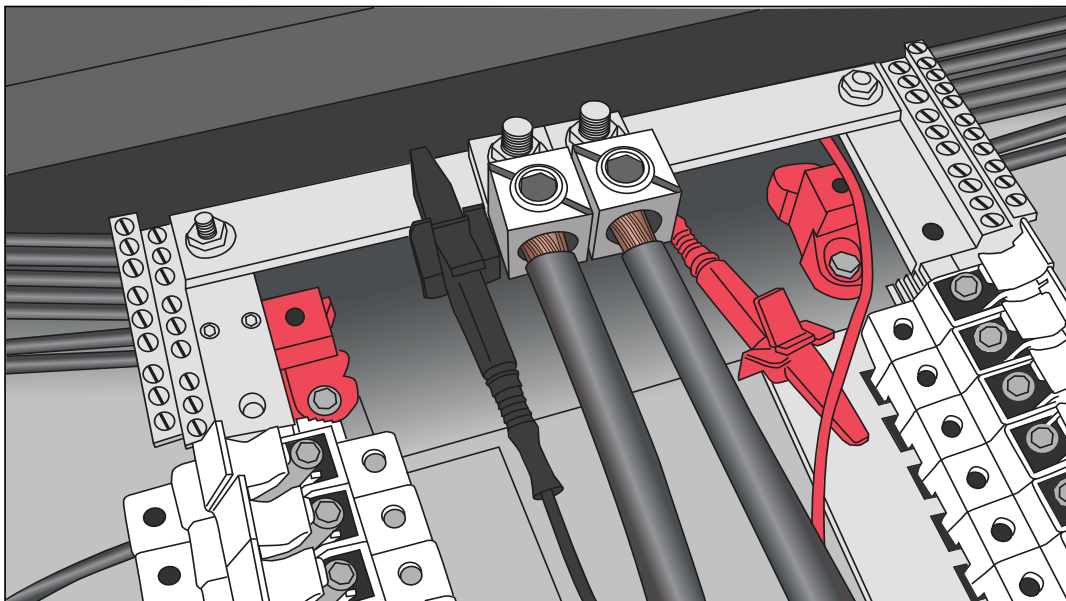
1. odizoluj łańcuch modułu fotowoltaicznego, który ma zostać przebadany (badany łańcuch) od falownika i innych łańcuchów zespołu; Aby wykonać pomiar w skrzynce łączeniowej z bezpiecznikiem DC, odizoluj skrzynkę łączeniową przy użyciu odłącznika prądu stałego i wyjmij bezpieczniki w celu odizolowania łańcuchów PV od siebie.
2. Aby wykonać pomiar na falowniku łańcuchowym, jeśli łańcuchy biegną bezpośrednio do falownika, wyjmij bezpieczniki szeregowo w celu odizolowania łańcuchów od siebie i od obwodów wejściowych falownika.
3. Naciśnij przycisk na przyrządzie I-V Curve Tracer, aby wyłączyć rejestrację krzywej I-V.

⚠ ⚠ Ostrzeżenie

Aby uniknąć niebezpieczeństwa porażenia prądem elektrycznym, pożaru, odniesienia obrażeń lub śmierci, należy pamiętać, że kiedy działanie przyrządu I-V Curve Tracer jest wstrzymane, obwody fotowoltaiczne nadal stwarzają ryzyko porażenia prądem.

4. Podczas podłączania przewodów PV przyrządu I-V Curve Tracer do mierzonego źródła energii fotowoltaicznej należy stosować procedury bezpiecznej pracy. Wykonaj połączenia przy module fotowoltaicznym na końcach przewodów biegnących od zespołu do bezpiecznika przy skrzynce łączeniowej falownika. Podłącz przewody pomiarowe PVA do badanego łańcucha. W niektórych przypadkach można zamocować zaciski krokodylkowe do szyn zbiorczych w skrzynce łączeniowej (patrz [Rysunek 7](#)) lub do zacisków bezpiecznika w falowniku.

Rysunek 7. Przewody pomiarowe przyrządu I-V Curve Tracer przypięte do szyn zbiorczych skrzynki łączeniowej PV



5. Jeśli odległość między badanym obwodem a I-V Curve Tracer wymaga użycia przewodów przedłużających, należy użyć przewodów PV z prawidłowo zainstalowanymi złączami, o parametrach odpowiednio dobranych do maksymalnego napięcia systemu. Dobierz średnicę przewodu tak, aby odpowiednio zminimalizować spadek napięcia.

Jeśli pomiędzy badanym obwodem a przyrządem I-V Curve Tracer zostaną dodane przewody przedłużające o długości przekraczającej 10 stóp (jednokierunkowe), przewody muszą być szeroko rozstawione, aby zminimalizować indukcyjność, którą dodają do obwodu.

6. W celu uzyskania najlepszych rezultatów firma Fluke zaleca, aby przy podłączaniu do skrzynki łączeniowej z bezpiecznikami nie podłączać więcej niż jednego łańcucha. Niektóre skrzynki łączeniowe mają jeden bezpiecznik na łańcuch, inne dwa bezpieczniki na łańcuch (jeden po stronie dodatniej i drugi po stronie ujemnej). W przypadku badania skrzynki łączeniowej z dwoma bezpiecznikami na łańcuch należy pozostawić wszystkie bezpieczniki po stronie ujemnej i wkładać pojedynczo bezpieczniki po stronie dodatniej. Można jednocześnie mierzyć równolegle wiele łańcuchów, o ile całkowity prąd nie przekracza wartości znamionowej przyrządu I-V Curve Tracer.
7. Naciśnij przycisk na przyrządzie I-V Curve Tracer, aby anulować pauzę i włączyć skanowanie I-V.

Pomiary krzywej I-V.

I-V Curve Tracer mierzy krzywą I-V za każdym kliknięciem przycisku **Zmierz teraz** w oprogramowaniu. Dane I-V są przesyłane do komputera zaraz po tym, jak I-V Curve Tracer wykona każde skanowanie I-V. Dane po przesłaniu do komputera nie są zapisywane w I-V Curve Tracer. Pomiar V_{oc} jest wykonywany tuż przed rozpoczęciem rejestracji I-V.

Rejestracja wyłączona

Przepływ prądu PV jest zatrzymywany automatycznie po zakończeniu każdego pomiaru I-V. Jednak przed podłączeniem lub odłączeniem przewodów pomiarowych lub kabli należy nacisnąć przycisk zasilania przyrządu I-V Curve Tracer, aby wstrzymać sekwencję pomiarową. Ręczne wyłączenie przyrządu I-V Curve Tracer w ten sposób gwarantuje, że przyrząd I-V Curve Tracer nie wykona nieoczekiwanego pomiaru I-V. Gdy wszystko będzie przygotowane do wykonania kolejnego pomiaru, ponownie naciśnij przycisk zasilania.



Ostrzeżenie

Aby uniknąć niebezpieczeństwa porażenia prądem elektrycznym, pożaru lub odniesienia obrażeń, nie wolno podłączać ani odłączać przewodów PV, gdy dioda LED na przyrządzie I-V Curve Tracer świeci.

Zabezpieczenie przed zbyt wysoką temperaturą

Wbudowane zabezpieczenia zapobiegają działaniu przyrządu I-V Curve Tracer przy potencjalnie szkodliwych temperaturach wewnętrznych.

Podczas każdego pomiaru przyrząd I-V Curve Tracer pochłania energię, a podczas serii pomiarów temperatura wewnętrzna przyrządu I-V Curve Tracer stopniowo wzrasta. Część zgromadzonego ciepła jest odprowadzana między pomiarami i podczas przemieszczania przyrządu pomiędzy sesjami pomiarowymi. Jeśli przyrost ciepła jest sumarycznie większy niż straty ciepła i temperatura wewnętrzna nadal wzrasta, uruchamia się czujnik temperatury wewnętrznej. W takim przypadku I-V Curve Tracer wyłącza się w celu schłodzenia, a oprogramowanie pokazuje na wskaźniku stanu komunikat **Disabled** (Wyłączono) bezpośrednio nad przyciskiem **Measure Now** (Zmierz teraz).

Przestroga

Aby uniknąć uszkodzenia przyrządu I-V Curve Tracer, należy umieścić I-V Curve Tracer w cieniu w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa wyłączenia z powodu zbyt wysokiej temperatury. Jeśli to możliwe, nie umieszczaj przyrządu I-V Curve Tracer na asfaltowym podjeździe, panelu słonecznym ani dachu narażonym na bezpośrednie działanie światła słonecznego.

Opóźnienie pomiędzy rejestracjami i pojemność cieplna

Opóźnienie pomiędzy rejestracjami, które ogranicza częstotliwość wykonywania kolejnych skanów I-V, pozwala zarządzać temperaturą wewnętrzną przyrządu I-V Curve Tracer.

Opóźnienie zmienia się i zależy od wartości V_{oc} zmierzonej zgodnie z [Tabela 5](#).

Tabela 5. Opóźnienie pomiędzy rejestracjami

V_{oc}	Opóźnienie pomiędzy rejestracjami
≤ 200 V	6 s
od 201 V do 1000 V	6 s
od 1001 V do 1350 V	8 s
> 1350 V	11 s

Pojemność cieplna przyrządu I-V Curve Tracer określa liczbę pomiarów I-V, które można wykonać przed osiągnięciem maksymalnej dozwolonej temperatury wewnętrznej i wydłużonym okresem schładzania. Wydajność cieplna zmniejsza się wprost proporcjonalnie do wysokości temperatury V_{oc} i temperatury otoczenia na zewnątrz oraz odwrotnie proporcjonalnie do czasu oczekiwania między pomiarami. W przypadku referencyjnego systemu fotowoltaicznego z 16 łańcuchami na skrzynkę łączeniową i łańcuchem V_{oc} o wartości 1300 V po zmierzeniu kolejno 16 łańcuchów i odczekaniu 5 minut bez pomiarów (na przykład podczas przechodzenia do następnej skrzynki łączeniowej), pojemność cieplna będzie odpowiadać przedstawionej w [Tabela 6](#) dla dwóch różnych scenariuszy opóźnienia pomiędzy rejestracjami i dwóch różnych temperatur otoczenia.

Tabela 6. Pojemność cieplna (liczba pomiarów I-V przed wydłużonym chłodzeniem)

Opóźnienie pomiędzy rejestracjami	Liczba pomiarów przed wyłączeniem termicznym
18 s	bez ograniczeń (temperatura otoczenia 77°F) 550 (temperatura otoczenia 113°F)
9 s	bez ograniczeń (temperatura otoczenia 77°F) 330 (temperatura otoczenia 113°F)

Gdy I-V Curve Tracer osiągnie limit pojemności cieplnej, zostanie wyświetlony komunikat i dalsze pomiary nie będą możliwe. Każda minuta chłodzenia (na przykład bez pomiarów) zwiększa liczbę kolejnych pomiarów, które można wykonać przed ponownym osiągnięciem limitu pojemności cieplnej. Utrzymywać I-V Curve Tracer poza nasłonecznionym obszarem i/ lub przenieść w klimatyzowane miejsce, aby zwiększyć współczynnik odzyskiwania sprawności.

Ostrzeżenie

W celu ochrony przed gorącymi powierzchniami nie wyjmować obudowy z tekstylnego futerału. Podczas normalnej pracy produkt rozprasza zmagazynowaną energię w postaci ciepła.

Praca przy wysokich temperaturach

Najbardziej wymagające warunki termiczne dla I-V Curve Tracer to:

- gorący dzień
- brak wiatru
- brak cienia
- wysokie napięcie obwodu otwartego
- rejestracje krzywej I-V wykonane w szybkiej sekwencji

Jeśli można spodziewać się takich warunków, należy z wyprzedzeniem zaplanować pracę, aby zminimalizować wzrost temperatury w przyrządzie I-V Curve Tracer. Osłoń I-V Curve Tracer przed bezpośrednim światłem słonecznym, unieś nad gorącą powierzchnią i zadbaj o wydłużenie czasu między procesami rejestracji I-V.

Ostrzeżenia o zbyt wysokim napięciu

Zbyt wysokie napięcie

Przestroga

Aby nie doszło do uszkodzenia I-V Curve Tracer, nie wolno dopuścić, aby napięcie otwartego obwodu badanego źródła energii fotowoltaicznej przekroczyło maksymalne napięcie wejściowe DC przyrządu I-V Curve Tracer. Produkt może ulec uszkodzeniu i wymagać naprawy fabrycznej. Zbyt wysokie napięcie może wystąpić, jeśli napięcie DC systemu fotowoltaicznego jest wyższe od oczekiwanego lub dwa łańcuchy zostały przypadkiem połączone szeregowo.

W przypadku wykrycia napięcia PV >1525 V w oprogramowaniu pojawia się ostrzeżenie o zbyt wysokim napięciu. Przed kontynuowaniem pomiarów należy obniżyć napięcie PV. W przypadku wykrycia napięcia PV >1550 V przyrząd I-V Curve Tracer wyłącza się wewnętrznie, aby zapobiec dalszym pomiarom, a na przyrządzie pojawia się ostrzeżenie o konieczności przesłania do firmy Fluke w celu przeprowadzenia kontroli i naprawy ewentualnych uszkodzeń wewnętrznych.

Ostrzeżenia o przetężeniach

Przestroga

Aby nie doszło do uszkodzenia I-V Curve Tracer, nie wolno narażać I-V Curve Tracer na działanie prądu przekraczającego określony prąd wejściowy DC. W takim przypadku może dojść do uszkodzenia I-V Curve Tracer i konieczne będzie przesłanie przyrządu do producenta w celu przeprowadzenia naprawy. Komunikat ostrzegawczy pojawia się, gdy do przyrządu jest doprowadzany zbyt duży prąd.

Zbyt duży prąd może wystąpić, gdy:

- Mierzonych jest zbyt wiele łańcuchów w układzie równoległym.
- Podczas pomiaru łańcuchów, które są nadal podłączone elektrycznie do reszty zespołu fotowoltaicznego lub falownika (na przykład, gdy nie jest rozwarty odłącznik DC skrzynki łączeniowej).
- W przypadku korzystania z PVA-1500T2 i pomiaru łańcucha modułów fotowoltaicznych o wysokiej wydajności ($\geq 19\%$) przy prądzie >10 A.

Moduły o wysokiej wydajności generują krótki, ale intensywny impuls prądu na początku każdego pomiaru krzywej I-V. PVA-1500HE2 toleruje ten prąd rozruchowy przy pomiarze parametrów łańcuchów modułów o wysokiej wydajności, których I_{sc} wynosi do 30 A, jednak PVA-1500T2 można używać wyłącznie do łańcuchów modułów o wysokiej wydajności, których I_{sc} wynosi ≤ 10 A. Patrz [Pomiar modułów o wysokiej wydajności](#).

Wykrywanie odwróconej biegunowości lub zerowego napięcia

Jeśli I-V Curve Tracer wykryje napięcie $<-0,5$ V, oprogramowanie wygeneruje ostrzeżenie **Negative Voltage Detected** (Wykryto ujemne napięcie), wewnętrzny obwód zabezpieczający zapobiegnie uszkodzeniu wewnętrznemu i pomiar napięcia I-V nie zostanie wykonany. Istnieje prawdopodobieństwo, że połączenie I-V Curve Tracer z obwodem ma nieprawidłową biegunowość.

Jeśli I-V Curve Tracer wykryje napięcie pomiędzy $-0,5$ V a $0,5$ V, oprogramowanie wygeneruje ostrzeżenie **0 volts detected** (Wykryto napięcie 0 V) i pomiar napięcia I-V nie zostanie wykonany. Istnieje prawdopodobieństwo, że nie podłączono I-V Curve Tracer do obwodu, w obwodzie występuje przerwa lub obwód z innego powodu ma napięcie bliskie 0 V.

Przegląd oprogramowania

Projekty

Oprogramowanie PVA przechowuje wszystkie informacje dotyczące konfiguracji i wyniki pomiarów w specjalnym rodzaju pliku o nazwie Projekt. Oprogramowanie prowadzi użytkownika przez etapy tworzenia projektu dla określonego zespołu.

Wszystkie moduły fotowoltaiczne należące do projektu muszą być tego samego typu i mieć ustawiony taki sam azymut. Często w miejscu pomiaru znajduje się wiele układów PV, które zawierają różne moduły i mają różne azymuty. Aby uwzględnić te różnice, należy utworzyć oddzielny projekt dla każdego przypadku. Aby zaoszczędzić czas, skopiuj i wklej pierwszy plik projektu, zmień jego nazwę i edytuj tylko te parametry, które się różnią.

Oprogramowanie posiada specjalną funkcję do pomiaru wydajności łańcuchów w poziomych jednoosiowych systemach nadążnych. Gdy słońce znajdzie się w zenicie, programowanie może automatycznie *zmienić* azymut w godzinach porannych na azymut w godzinach popołudniowych. SolSensor raportuje nachylenie przy każdym pomiarze.

Uwaga

Rozważ utworzenie wielu projektów, aby zachować szybkość reakcji oprogramowania w dużych zakładach fotowoltaicznych. Na przykład w projekcie o mocy 50 MW utwórz oddzielny projekt dla każdego panelu lub każdego falownika. Zwiększa to szybkość działania narzędzia do analizy danych podczas analizy danych.

Uwaga

Upewnij się, że w komputerze prawidłowo ustawiono datę i godzinę oraz strefę czasową i czas letni lub zimowy. Oprogramowanie wykorzystuje te parametry do obliczenia położenia słońca w dokładnym momencie pomiaru krzywej I-V. Umożliwia to oprogramowaniu obliczenie kąta padania promieni słonecznych i wykorzystanie tych informacji w celu optymalizacji dokładności czujnika promieniowania słonecznego i modelu fotowoltaicznego. Błędy w tych ustawieniach powodują błędy w pomiarze promieniowania efektywnego oraz przewidywanej wydajności badanych modułów fotowoltaicznych, a w rezultacie również błędne obliczenia współczynnika wydajności (zmierzona moc maksymalna / przewidywana moc maksymalna). Sprawdzenie poprawności ustawień jest szczególnie ważne przy przemieszczaniu się ze sprzętem między strefami czasowymi.

Pomiary I-V mają w chwili pomiaru automatycznie wprowadzany *znacznik* daty i godziny.

Jeśli komputer jest podłączony do Internetu, przy każdym uruchomieniu Kreatora nowego projektu oprogramowanie sprawdza serwer czasu sieciowego pod kątem prawidłowego ustawienia czasu uniwersalnego i w razie potrzeby dostosowuje zegar komputera. Wybierz strefę czasową i ustawienie czasu letniego/zimowego.

Wszystkie daty i godziny powiązane z zapisanymi danymi pomiarowymi są zachowywane nawet wtedy, gdy projekt zostanie następnie otwarty w innej strefie czasowej.

Drzewo systemu

Podczas tworzenia nowego projektu przechodzimy przez proces tworzenia reprezentacyjnego drzewa mierzonego systemu. Nazywa się to drzewem systemu. Po wykonaniu każdego pomiaru krzywej I-V oprogramowanie pokazuje drzewo systemu. Do poinformowania oprogramowania o miejscu dokonywania pomiaru w zespole wystarczy dotknięcie lub kliknięcie drzewa przez użytkownika. W ten sposób model fotowoltaiczny pobiera charakterystyki okablowania i inne szczegóły unikalne dla danej lokalizacji oraz informuje oprogramowanie o właściwym miejscu zapisu wyniku pomiaru. Punkty modelu predykcyjnego (I_{sc} , P_{max} i V_{oc}) są pokazywane na wykresie krzywej I-V dopiero po zidentyfikowaniu lokalizacji pomiaru.

Przegląd ekranu głównego

Oprogramowanie jest w pełni obsługiwane dotykowo. Na ekranie głównym jest pokazywana karta Zapis, wybrana w [Tabela 7](#).

Tabela 7. Ekran główny oprogramowania

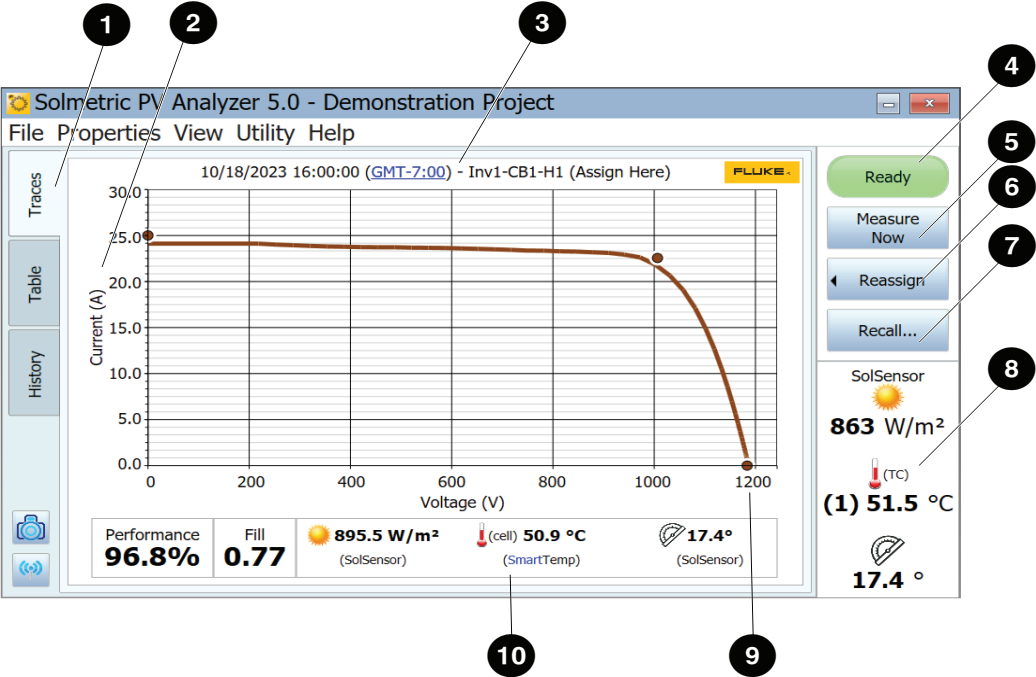
	
Element	Opis
1	Te Tabs (Karty) udostępniają różne sposoby pokazywania danych.
2	Current (A) (Prąd (A)) — skala prądu biegnąca wzdłuż osi pionowej po lewej stronie wykresu.
3	Measurement ID (Identyfikator pomiaru) — etykieta nad wykresem identyfikuje pokazywany zapis I-V. Jeśli nie przypisano ani nie zapisano zapisu, identyfikator pokazuje tylko datę i godzinę wykonania pomiaru. Jeśli zapis został przypisany do lokalizacji w Drzewie systemu, a nie został jeszcze zapisany, identyfikator pokazuje datę, godzinę i lokalizację w drzewie systemu oraz informuje, że dane nie zostały zapisane. Jeśli zapis został przypisany i zapisany, identyfikator pokazuje datę, godzinę i lokalizację w drzewie systemu. W identyfikatorze pomiaru znajduje się również łącze, które pokazuje przesunięcie czasu względem GMT. Kliknięcie łącza pozwala sprawdzić strefę czasową.

Tabela 7. Ekran główny oprogramowania (ciąg dalszy)

Element	Opis
4	Wskaźnik stanu — wskaźnik stanu w prawym górnym rogu ekranu oprogramowania pokazuje różne komunikaty poniżej. Kliknij wskaźnik stanu, aby zobaczyć więcej informacji na temat stanu aktywności. • Ready (Gotowy) — wskazuje, że moduł I-V jest gotowy do wykonania nowego pomiaru I-V. • Searching for I-V Unit (Wyszukiwanie modułu I-V) — wskazuje, że oprogramowanie próbuje połączyć się z modułem I-V. Stan ten powinien zmieścić się na Ready (Gotowy) w ciągu kilku sekund po podłączeniu komputera do punktu dostępu Wi-Fi przyrządu I-V Curve Tracer. Najczęstsze przyczyny wystąpienia problemu to brak zasięgu łączności bezprzewodowej lub podłączenie innego modułu I-V, który znajduje się w pobliżu (występuje rzadko). • Measuring (Pomiar) — oznacza, że pomiar I-V jest w toku. • Paused (Wstrzymano) — wskazuje, że I-V Curve Tracer jest w stanie wstrzymania. W tym stanie połączenia można zmieniać energii fotowoltaicznej bez przerywania pomiaru. • Disabled (Wyłączono) — oznacza, że pomiary I-V zostały wyłączone z powodu problemu. Problemy mogą występować z powodu niskiego napięcia akumulatora, zbyt dużego prądu, zbyt wysokiego napięcia, zbyt wysokiej temperatury, odwrócenia polaryzacji itp. W tym stanie nie można wykonywać żadnych pomiarów. Kliknięcie wskaźnika pozwala uzyskać więcej informacji.
5	Measure Now (Zmierz teraz) — po kliknięciu tutaj zostanie wykonany pomiar I-V. Ten przycisk jest nieaktywny, gdy stan jest inny niż Ready (Gotowy).
6	Assign and Save/Reassign (Przypisz i zapisz/przypisz ponownie) — zanim punkty modelu fotowoltaicznego nowego pomiaru będą mogły zostać pokazane na wykresie I-V, pomiar musi zostać przypisany lub zapisany w lokalizacji w Drzewie systemu w Nawigatorze zespołu. Umożliwia to odczytywanie przez model niezbędnych informacji z drzewa, takich jak liczba modułów fotowoltaicznych w łańcuchu i charakterystyka okablowania. Aby zapisać i przypisać: 1. Po dokonaniu nowego pomiaru pokazywana jest krzywa I-V, a Drzewo systemu jest tymczasowo pokazywane obok. 2. Kliknij w Drzewie systemu lokalizację, w której został wykonany pomiar. Następnie użyj przycisku Assign and Save (Przypisz i zapisz) w dolnej części okna dialogowego, aby zapisać dane w tej lokalizacji. Jeśli chcesz, aby punkty modelu były pokazywane, ale nie chcesz zapisywać zapisu, kliknij przycisk Assign (Przypisz). Po zapisaniu pomiaru przycisk Assign and Save (Przypisz i Zapisz) zamienia się w przycisk Reassign (Przypisz ponownie). Jeśli pomiar został przypadkowo zapisany w niewłaściwej lokalizacji w Drzewie systemu, kliknij przycisk Reassign (Przypisz ponownie). Po wyświetleniu drzewa kliknij właściwą lokalizację i kliknij Assign and Save (Przypisz i zapisz) w dolnej części okna dialogowego. Lokalizacja zmieni się i identyfikator pomiaru nad krzywą I-V pokaże nową lokalizację.

Tabela 7. Ekran główny oprogramowania (ciąg dalszy)

Element	Opis
7	Recall... (Przywołaj...) — przywołuj daną pomiarową z Drzewa systemu. Gdy pojawi się drzewo, kliknij w drzewi zespole lokalizację, która zawiera żądaną daną. Jeśli w danej lokalizacji jest zapisany więcej niż jeden pomiar, wybierz żądany wg daty/godziny.
8	Obszar wyświetlania czujnika SolSensor — jeśli czujnik SolSensor jest włączony i znajduje się w zasięgu sieci bezprzewodowej, wartości czujnika czasu rzeczywistego są pokazywane w prawym dolnym rogu ekranu. Jeśli czujnik SolSensor jest wyłączony lub znajduje się poza zasięgiem sieci bezprzewodowej przyrządu I-V Curve Tracer, w tym obszarze pojawi się komunikat Wyszukiwanie SolSensor. Jeśli do czujnika SolSensor podłączone są dwie termopary, pojawią się obie temperatury. Jednak najczęściej używana jest tylko jedna termopara. Jeśli moduł fotowoltaiczny i Projekt nie zostały jeszcze utworzone, pokazywana jest wartość wstępna promieniowania, wyświetlana w kolorze szarym kursywą, jak podano w części Promieniowanie wstępne i efektywne i pokazano tutaj: Irradiance 1030 W/m² T backside (1) 55.8 °C (2) 54.1 °C Tilt 36.4 ° Po załadowaniu projektu wartość promieniowania jest pokazywana w kolorze czarnym przy użyciu standardowej czcionki.
9	Voltage (V) Napięcie (V) — skala napięcia wzdłuż osi poziomej wykresu.
10	Pasek podsumowania pomiarów — znajduje się poniżej pokazywanej krzywej I-V i przedstawia wyniki aktualnie pokazywanego pomiaru. Współczynnik wydajności przedstawia zmierzoną maksymalną wartość mocy jako procent wartości przewidywanej według modelu fotowoltaicznego. Współczynnik wypełnienia (FF) to wskaźnik prostokątności krzywej I-V i jest szczegółowo omówiony w części Interpretacja zmierzonych krzywych I-V. Promieniowanie, temperatura i nachylenie mierzone w danym punkcie krzywej I-V.
(nie pokazano)	Power (W) (Moc (W)) — pokazuje skalę mocy wzdłuż osi pionowej po prawej stronie wykresu, gdy w menu Widok wybrano krzywą P-V. Oś prądu i mocy są automatycznie niezależnie skalowane. W rezultacie podczas automatycznego skalowania względne wysokości krzywych I-V i P-V zmieniają się.

Pasek menu

Menu Plik

Kliknięcie opcji **Plik** pozwala uzyskać dostęp do menu Plik. Menu File (Plik) służy do tworzenia, ładowania i eksportowania projektów.

W menu Plik dostępne są następujące opcje:

- **New Project...** (Nowy projekt...)
Patrz [Nowy projekt](#).
- **Browse Project...** (Przeglądaj projekt...)
Dostęp do wcześniej zapisanych projektów w celu ich pobrania.
- **Recent Projects** (Ostatnie projekty)
Dostęp do ostatnich projektów.
- **Export Trace for Active Measurement...** (Eksportuj zapis aktywnego pomiaru...)
Eksportuje wyniki pomiarów z pomiaru aktualnie wyświetlanego na ekranie Zapisy w postaci pliku csv (wartości oddzielone przecinkami).
- **Export Traces for Entire System...** (Eksportuj zapisy całego systemu...)
Eksportuje wyniki pomiarów z aktualnie załadowanego projektu jako drzewo folderów systemu Windows. Drzewo jest zorganizowane według hierarchii, na przykład System\Inverter\Combiner\String IV Data (pliki csv). Eksportowany jest tylko ostatni wynik pomiaru z każdej lokalizacji w zespole.

Dane w tym formacie hierarchicznym mogą być analizowane automatycznie przez narzędzie do analizy danych.
- **Export Insulation Resistance Test Data...** (Eksportuj dane testu rezystancji izolacji...)
Eksportuje dane testu izolacji z aktualnie załadowanego projektu jako plik csv. Dane testu izolacji muszą być gromadzone przy użyciu oddzielnego miernika rezystancji izolacji i wprowadzane do oprogramowania przez użytkownika.

Nowy projekt

Aby utworzyć nowy projekt:

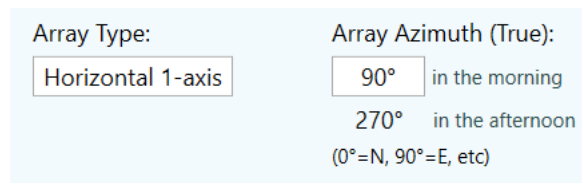
1. Kliknij **File (Plik) > New Project...** (Nowy projekt...) Uruchomi się kreator nowego projektu i pokaże ekran **Site Info** (Informacje o zakładzie).
2. Na ekranie Informacje o zakładzie wprowadź szerokość i długość geograficzną, typ zespołu, azymut zespołu (Prawda) i czas projektu. Można również użyć przycisku **Lookup City** (Wyszukaj miasto), aby zastąpić szerokość i długość geograficzną miasta w pobliżu instalacji fotowoltaicznej.

Na ekranie Site Info (Informacje o zakładzie) dostępna jest funkcja specjalna do obsługi poziomych jednoosiowych systemów nadążnych, która umożliwia tworzenie krzywych I-V podczas pracy systemu nadążnego. Ma to dużą zaletę w postaci wykonywania wszystkich pomiarów przy możliwie najwyższym poziomie promieniowania. Wprowadź azymut zespołu fotowoltaicznego w godzinach porannych (gdy słońce znajdzie się w zenicie, oprogramowanie doda 180 stopni w celu uzyskania azymutu popołudniowego).

Rysunek 8 przedstawiono typ zespołu fotowoltaicznego i ustawienia azymutu poziomego systemu nadążnego. W tym przykładzie rano (zanim słońce znajdzie się w zenicie) moduły fotowoltaiczne są skierowane na wschód.

Aby zrozumieć *azymut* systemu nadążnego, wyobraź sobie, że system nadążny zatrzymuje się w stałym ustawieniu i chcesz określić azymut, w którym moduły są zorientowane. Wyobraź sobie kulkę umieszczoną na szklanej powierzchni modułu, w pobliżu górnego elementu ramy. Gdy puścisz kulkę, zacznie toczyć się w dół. Gdy toczy się w dół w linii prostej, wyznacza strzałkę, a rzut tej strzałki na poziomej powierzchni (zazwyczaj na podłożu, jeśli jest poziome) wskazuje kierunek azymutu modułu.

Rysunek 8. Najczęściej używane ustawienia do obsługi poziomego jednoosiowego systemu nadążnego



Array Type:	Array Azimuth (True):
Horizontal 1-axis	90° in the morning
	270° in the afternoon
	(0°=N, 90°=E, etc)

3. Upewnij się, że zegar komputera jest prawidłowo ustawiony. Parametry te obejmują godzinę, datę i strefę czasową.

Uwaga

Każdy wykonany pomiar posiada znacznik zawierający datę, godzinę i strefę czasową, ustaloną na podstawie wskazań komputera. Wartości te muszą być prawidłowe, aby czujnik promieniowania prawidłowo interpretował promieniowanie oraz aby oprogramowanie prawidłowo obliczało współczynnik wydajności. Po wykonaniu pomiarów nie można skorygować godziny, daty i strefy czasowej. Przed rozpoczęciem wykonywania pomiarów należy upewnić się, że te wartości są prawidłowe.

Znacznik daty/godziny jest określany na podstawie wskazań komputera, który kontroluje proces pomiaru krzywej I-V, a nie komputera, na którym pierwotnie utworzono plik projektu PVA (czasami są to różne urządzenia, jeśli na przykład plik projektu jest tworzony w biurze na jednym komputerze, a następnie projekt jest wysyłany do innego komputera w celu wykonania pomiarów).

Po uruchomieniu przez użytkownika oprogramowania w miejscu instalacji systemu fotowoltaicznego w celu wykonania dziennych pomiarów należy najpierw sprawdzić zegar komputera, aby upewnić się, że ustawienia daty, godziny i strefy czasowej są prawidłowe.

4. Po zakończeniu wypełniania ekranu Informacje o zakładzie kliknij przycisk **Next** (Dalej), aby przejść do ekranu modułu fotowoltaicznego.

Wybierz moduł fotowoltaiczny

Wybierz moduł fotowoltaiczny, aby udostępnić w projekcie parametry wydajności modułu. Umożliwia to oprogramowaniu obliczenie oczekiwanej krzywej I-V oraz współczynnika wydajności.

Aby wybrać moduł fotowoltaiczny:

1. Rozpocznij wprowadzanie nazwy producenta. Pokaże się lista z podobnie zapisanymi nazwami elementów.
2. Wybierz nazwę z wygenerowanej listy.
3. Powtórz procedurę dla numeru modelu modułu fotowoltaicznego. Jeśli wymagany producent lub numer modelu nie znajduje się na liście, kliknij **New Custom...** (Nowy niestandardowy...) i wprowadź nazwę producenta, numer modelu i dane techniczne.

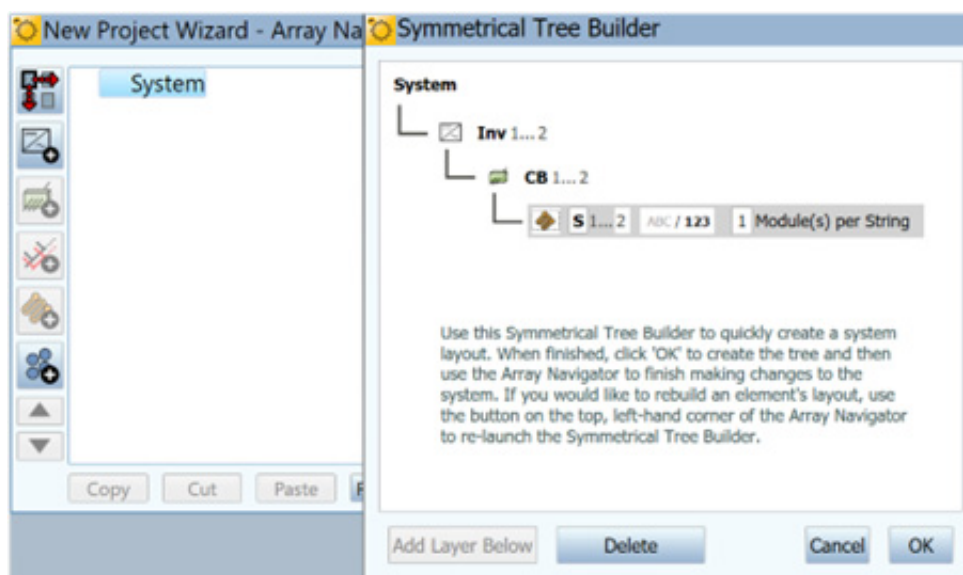
Zapisz dane jako moduł niestandardowy. Ten moduł niestandardowy jest przechowywany jako część projektu. Gdy plik projektu jest przesyłany na inny komputer, ten moduł niestandardowy pojawia się także na komputerze odbiorcy.

4. Aby dodać ten moduł do listy Ulubione, kliknij ikonę gwiazdki. Po wybraniu numeru modelu wyświetlane są parametry wydajności tego modułu.
5. Przejrzyj wszystkie wartości parametrów. Jeśli wymagana jest edycja, wprowadź prawidłowe informacje przy użyciu przycisków z ikoną ołówka. Podczas edycji można zmienić nazwę tego modułu i zapisać go w folderze sprzętu niestandardowego.

Utwórz drzewo systemu

Po dokonaniu wyboru lub edycji modułu fotowoltaicznego kliknij **Dalej**, aby przejść do ekranu Kreator drzewa, patrz [Rysunek 9](#).

Rysunek 9. Nawigator zespołu z Kreatorem symetrycznego drzewa

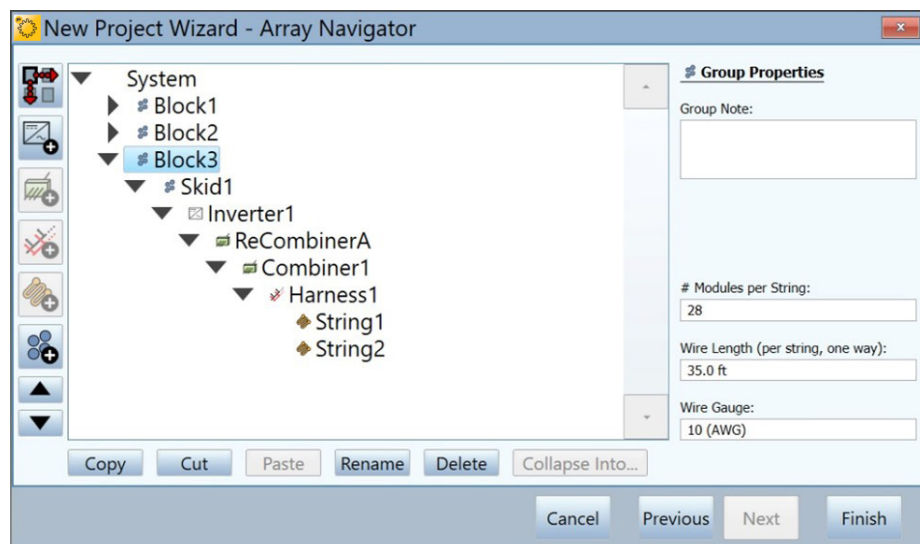


Ten ekran służy do opisywania sprzętu systemu fotowoltaicznego. Informacje wprowadzone w tym miejscu pozwalają:

- Utworzyć wizualną prezentację *drzewa* zespołu, którą można *dotknąć*, aby zapisać i przywołać dane pomiarowe.
- Określić liczbę modułów na łańcuch i parametry przewodów, używane przez oprogramowanie do przewidywania oczekiwanej wydajności modelu.

Przykład gotowego drzewa zespołu pokazano na [Rysunek 10](#). W celu zapewnienia przejrzystości zostały zapisane pełne nazwy *warstw* drzewa. W praktyce nazwy należy skracać tak, aby *nazwy ścieżek* pomiarów pasowały do pokazywanego drzewa oprogramowania i nagłówków oraz typowych rozmiarów komórek arkusza kalkulacyjnego.

Rysunek 10. Gotowe drzewo zespołu



Najpierw użyj ekranu Kreatora symetrycznego drzewa, aby utworzyć podstawową strukturę drzewa. Kreator symetrycznego drzewa otwiera domyślne drzewo systemu (z 2 falownikami, 2 skrzynkami łączeniowymi na falownik, 2 łańcuchami na skrzynkę łączeniową i 1 modułem na łańcuch). Ustawienia domyślne można edytować, aby dopasować je do badanego systemu. Jeśli drzewo jest projektem o dużej skali użytkowej, projekt prawdopodobnie będzie modułowy, dlatego na pierwszym ekranie można opisać modułową *strukturę symetryczną*, która powtarza się w całym zakładzie. Następnie po uruchomieniu Kreatora symetrycznego drzewa możesz użyć ekranu Nawigator zespołu, aby dostosować drzewo zespołu i uwzględnić wszelkie niesymetryczne aspekty.

Edytuj drzewo tak, aby było dopasowane do projektu zakładu fotowoltaicznego. Zmień dowolny z następujących parametrów:

- Liczba warstw w drzewie.
- Nazwy warstw
- Liczba w każdej warstwie
- Uporządkuj elementy według numeru lub alfabetycznie
- Liczba modułów w każdym łańcuchu

Aby dodać warstwę do drzewa, zaznacz następną najwyższą warstwę i wybierz **Add Layer Below** (Dodaj warstwę poniżej). Aby usunąć warstwę, zaznacz ją i wybierz **Delete** (Usuń). Warstwa może być falownikiem, grupą, łącznikiem lub łańcuchem. Dodaj warstwę *łącznik*, aby przedstawić wszystko, co łączy obwody elektryczne. Dodaj *wiązkę przewodów*, gdy łańcuchy w zespole są połączone równolegle. Użyj warstw *grupa*, aby przedstawić inne poziomy organizacyjne: bloki, parkingi, płozy, podkładki, grupy silników systemów nadążnych itd.

Istnieją pewne ograniczenia możliwości zagnieżdżania elementów drzewa pod sobą. Zasady te opierają się głównie na wymogu, że badane źródło energii fotowoltaicznej musi ostatecznie być zagnieżdżone (bezpośrednio lub pośrednio) pod falownikiem.

Uwaga

W celu zapewnienia przejrzystości należy zmienić nazwy warstw zgodnie z konwencjami nazewnictwa używanymi na rysunkach technicznych, aby nie było wątpliwości co do miejsca wykonywania pomiarów.

Staraj się nie używać więcej warstw nieelektrycznych (blok, pole, parking itp.) niż jest to konieczne i skróć nazwy warstw, aby były jak najkrótsze, tak aby nazwy ścieżek każdego pomiaru mieściły się w obszarze wyświetlania oprogramowania, narzędzia do analizy danych i sprawozdania końcowego.

W każdej warstwie znajdują się edytowalne pola, które mają białe tło, gdy użytkownik podświetla warstwę. Użyj tych pól, aby dostosować nazwę warstwy, zmienić liczbę, użyć cyfr lub liter, a w przypadku łańcuchów, wskazać liczbę modułów w łańcuchu.

Po utworzeniu drzewa porównaj je dokładnie z rysunkami technicznymi, aby upewnić się, że zostało utworzone prawidłowo, ponieważ zmiana struktury tego drzewa podstawowego po wyjściu z Kreatora symetrycznego drzewa jest niewygodna.

Po zamknięciu Kreatora symetrycznego drzewa możesz użyć funkcji edycji Nawigatora zespołu, aby dodać lub usunąć elementy, dostosować liczby, skopiować i wkleić elementy, przenieść elementy w górę i w dół itd. Często instalacja fotowoltaiczna zawiera mniejszy system fotowoltaiczny, aby wykorzystać pozostałą przestrzeń. W tym momencie można dodać ten system.

Po zakończeniu edycji struktury drzewa możesz edytować właściwości okablowania łańcucha (długość i średnica przewodu) zespołu. Właściwości okablowania są wykorzystywane przez I-V Curve Tracer do prawidłowego uwzględnienia tych strat. Aby użyć elementów sterujących właściwościami okablowania, najpierw wybierz poziom drzewa, do którego mają być zastosowane zmiany. Wprowadzone zmiany zostaną zastosowane do wszystkich łańcuchów na poziomie lub poniżej poziomu edytowanego drzewa.

Uwaga

Systemy fotowoltaiczne zwykle minimalizują straty okablowania, dlatego nie jest konieczne dokładne określenie wprowadzonych parametrów okablowania. Na przykład, jeśli łańcuchy w skrzynce łączeniowej mają przewody jednokierunkowe o długości od 15 do 30 metrów, można po prostu przypisać do wszystkich 22,5 metra. Jeśli cały projekt ma okablowanie łańcuchów o tym zakresie długości, zaznacz górny poziom drzewa (System), aby dokonać edycji, a właściwości okablowania zostaną zastosowane do wszystkich łańcuchów w projekcie.

Możesz również podświetlić poziom drzewa i zmienić liczbę modułów na łańcuch we wszystkich łańcuchach na tym poziomie i poniżej.

Po zakończeniu tworzenia drzewa systemu kliknij **Finish** (Zakończ) i zapisz projekt.

Kopiowanie, Modyfikowanie i Ponowne używanie poprzedniego projektu

Aby utworzyć nowy Projekt, podobny do utworzonego wcześniej, skopiuj wcześniejszy projekt i dostosuj odpowiednio do potrzeb.

Aby zmodyfikować poprzedni projekt:

1. W Eksploratorze plików systemu Windows przejdź do folderu zawierającego plik projektu .pvapx. Jeśli nie wiesz, gdzie znaleźć plik projektu, uruchom oprogramowanie, kliknij **File** (Plik) > **Browse Project...** (Przeglądaj projekt...), aby zobaczyć ścieżkę do ostatnio przeglądanej projektu, lub kliknij **File** (Plik) > **Recent Projects** (Ostatnie projekty), aby zobaczyć kilka projektów otwartych ostatnio w oprogramowaniu.
2. W Eksploratorze plików systemu Windows zaznacz plik projektu w folderze Projekt, po czym skopiuj i wklej plik.
3. Zmień nazwę kopii na nazwę nowego projektu.
4. W oprogramowaniu PVA kliknij **File** (Plik) > **Browse Project...** (Przeglądaj projekt...), aby przejść do nowego pliku projektu.
5. Ekran w menu **Properties** (Właściwości) pozwala edytować projekt według potrzeb. Usuń wszystkie dane, aby uniknąć pomylenia z nowymi danymi. Najprostszym sposobem jest usunięcie falowników i zbudowanie nowego drzewa.

Menu Properties (Właściwości)

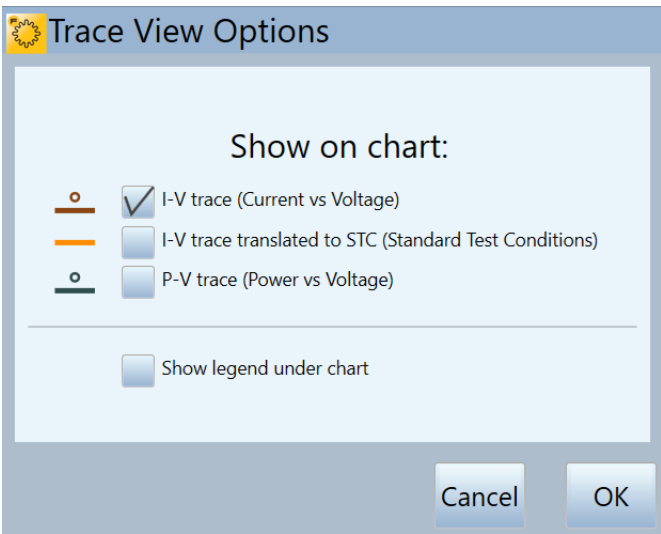
Menu **Properties** (Właściwości) służy do wprowadzania, przeglądania i edytowania ustawień aktualnie załadowanego projektu. Te elementy menu mają dostęp do tych samych ekranów, które pojawiły się w Kreatorze nowego projektu. Patrz [Nowy projekt](#).

Menu Widok

Opcje widoku zapisu...

Opcje przedstawione na [Rysunek 11](#) pozwalają wybrać funkcje, które będą wyświetlane na ekranie Zapisy. Aby wyświetlić legendę u dołu ekranu Zapisy, zaznacz opcję **Show legend under chart** (Pokaż legendę pod wykresem).

Rysunek 11. Menu Widok



Pokaż kartę Test izolacji

Kliknij pole wyboru, aby wyświetlić kartę **Insulation Test** (Test izolacji) po lewej stronie ekranu pomiaru.

Menu Utility (Przyrząd)

Menu **Utility** (Przyrząd) udostępnia funkcje porządkowe i różne narzędzia. Menu Utility (Przyrząd) jest opisane w [Tabela 8](#).

Tabela 8. Menu Utility (Przyrząd)

Element menu	Opis
Weryfikacja kalibracji...	Opis tego okna dialogowego zawiera część Weryfikacja kalibracji .
Włącz ręczną konfigurację czujnika	Zaznacz ten element menu, aby umożliwić zmiany odczytów promieniowania, temperatury i nachylenia. Wskazówki dotyczące wyboru czujników znajdują się w części Pomiar promieniowania, temperatury i nachylenia .

Tabela 8. Menu Utility (Przyrząd) (ciąg dalszy)

Element menu	Opis
Global Sensor Configuration... (Globalna konfiguracja czujnika...)	Za pomocą tych elementów sterujących możesz zmieniać źródła odczytów promieniowania, temperatury lub nachylenia dla wszystkich pomiarów zapisanych obecnie w projekcie. Wybierz odpowiednie czujniki z list rozwijanych. Przed wykonaniem tej czynności utwórz plik kopii zapasowej. Tej czynności nie można cofnąć. Wskazówki dotyczące wyboru czujników znajdują się w części Pomiar promieniowania, temperatury i nachylenia.
Set I-V Curve Resolution... (Ustaw rozdzielczość krzywej I-V...)	Służy do wybierania liczby punktów w pomiarach krzywej I-V. - Wybierz 100 punktów powiązanych z przekazaniem do eksploatacji i rozwiązywaniem większości problemów (mniejsze pliki danych i szybsze przesyłanie danych). - Wybierz 500 punktów powiązanych z wyszukiwaniem lub bardziej szczegółowymi aplikacjami do rozwiązywania problemów (większe pliki i wolniejsze przesyłanie danych).
Configure Measurement Alert Thresholds... (Konfiguracja progów alarmowych pomiaru...)	Ustaw wartości progowe, które oprogramowanie automatycznie sprawdza po <i>Przypisaniu i zapisaniu</i> każdego pomiaru (ale nie sprawdza, jeśli pomiar ma tylko parametr <i>Przypisz</i>). Alarmy służą do wykrywania problemów przed przejściem do innych obwodów lub opuszczeniem zakładu.
Battery Level... (Poziom naładowania akumulatora...)	Ta opcja pozwala wyświetlić poziomy napięcia akumulatora. Możesz też kliknąć wskaźnik stanu. Aby uzyskać dokładne odczyty stanu, przed sprawdzeniem napięcia akumulatora po wyjęciu I-V Curve Tracer z ładowarki lub włączeniu I-V Curve Tracer odczekaj 30 sekund. Oprogramowanie raportuje zarówno poziom naładowania akumulatora przyrządu I-V Curve Tracer, jak i akumulatora czujnika SolSensor. Zarówno I-V Curve Tracer, jak i SolSensor wyłączają się, gdy napięcie akumulatora spadnie poniżej 3,05 V. Przed wyłączeniem oprogramowanie pokazuje ostrzeżenie. Akumulator litowo-jonowy stosowany w tych przyrządach charakteryzuje się kwadratową krzywą rozładowania, dzięki czemu zmiana napięcia akumulatora między stanem pełnego naładowania a poziomem wyłączenia jest stosunkowo niewielka.
Capture Application Screen... (Przechwytywanie ekranu aplikacji...)	Przechwytnij i zapisuj bieżący ekran w pliku obrazu.

Menu Pomoc

Opis menu Pomoc znajduje się w [Tabela 9](#).

Tabela 9. Menu Pomoc

Element menu	Opis
Connected Measurement Devices... (Połączone przyrządy pomiarowe...)	Po wybraniu tej opcji rysunek przedstawia schemat sieci, który przedstawia komputer, przyrząd I-V Curve Tracer, czujnik SolSensor oraz poziomy sygnał bezprzewodowego pomiędzy tymi przyrządami. Gdy używasz przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor, I-V Curve Tracer przekazuje całą komunikację między komputerem i czujnikiem SolSensor. Na tym ekranie możesz też sprawdzić wersję oprogramowania sprzętowego przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor oraz dostępność aktualizacji oprogramowania sprzętowego. Przed skontaktowaniem się z firmą Fluke w celu uzyskania pomocy technicznej przygotuj te informacje, aby móc podać odpowiednie dane.
User's Guide... (Instrukcja obsługi...)	Umożliwia dostęp do instrukcji obsługi przyrządu I-V Curve Tracer. W razie potrzeby materiały można pobrać i wydrukować. Instrukcja jest również dostępna na stronie internetowej firmy Fluke.
About... (Informacje...)	Pokazuje numer wersji oprogramowania i datę kompilacji oprogramowania. Przed skontaktowaniem się z firmą Fluke w celu uzyskania pomocy technicznej przygotuj te informacje, aby móc podać odpowiednie dane.

Karta Screens (Ekran)

Karty wzdłuż lewej krawędzi przedstawiają na różne sposoby dane pomiarowe. Niektóre elementy są wspólne dla więcej niż jednej karty. Obejmują one wskaźnik **Status** (Stan), **Measure Now** (Zmierz teraz), **Assign and Save...** (Przypisz i zapisz...), **Reassign...** (Przypisz ponownie...), wskazania czujnika bezprzewodowego oraz wysuwany panel **Environmental Inputs** (Wejścia środowiskowe).

Karta Traces (Zapisy)

Karta **Traces** (Zapisy) pokazuje najnowsze wyniki pomiarów i przewidywany kształt krzywej I-V (jeśli zdefiniowano model fotowoltaiczny). Patrz [Tabela 7](#) i [Tabela 20](#).

Wybierz **View** (Widok), a następnie **View Options** (Opcje widoku), aby wybrać wymagany widok:

- **Krzywa I-V** — ciągła czerwona krzywa przedstawia zmierzone punkty I-V przesłane z przyrządu I-V Curve Tracer.
- **Znaczniki przewidywania krzywej I-V** — trzy czerwone kropki to przewidywane punkty I-V prądu zwarcia I_{sc} , punktu maksymalnej mocy (I_{mp} , V_{mp}) i napięcia obwodu otwartego V_{oc} .

- **Krzywa P-V** — ciągła niebieska krzywa przedstawia krzywą mocy względem napięcia (P-V), pochodzącą z badanego obwodu PV (modułu lub łańcucha), obliczaną na podstawie krzywej I-V poprzez pomnożenie $I \times V$ dla każdego punktu I-V. Niebieski punkt oznacza maksymalną wartość na krzywej P-V (P_{max}). Wartość jest obliczana poprzez dopasowanie krzywej matematycznej do górnej krawędzi krzywej P-V, a następnie obliczenie maksymalnej wartości dopasowanej krzywej. Zmniejsza to wpływ zakłóceń elektrycznych na dokładność pomiaru. Lokalizacja niebieskiego znacznika jest wyznaczana na podstawie krzywej P-V z pomiaru, a nie modelu fotowoltaicznego.
- **Krzywa I-V przełożona na STC.**

Karta Tabela

Karta **Tabela** zawiera podsumowania przewidywanych i zmierzonych danych I-V oraz przełożenie wyników pomiarów na standardowe warunki testu. [Tabela 10](#). Opis innych elementów sterujących wyświetlanych na tym ekranie podano w części [Karta Traces \(Zapisy\)](#).

Tabela 10. Opis karty Tabela

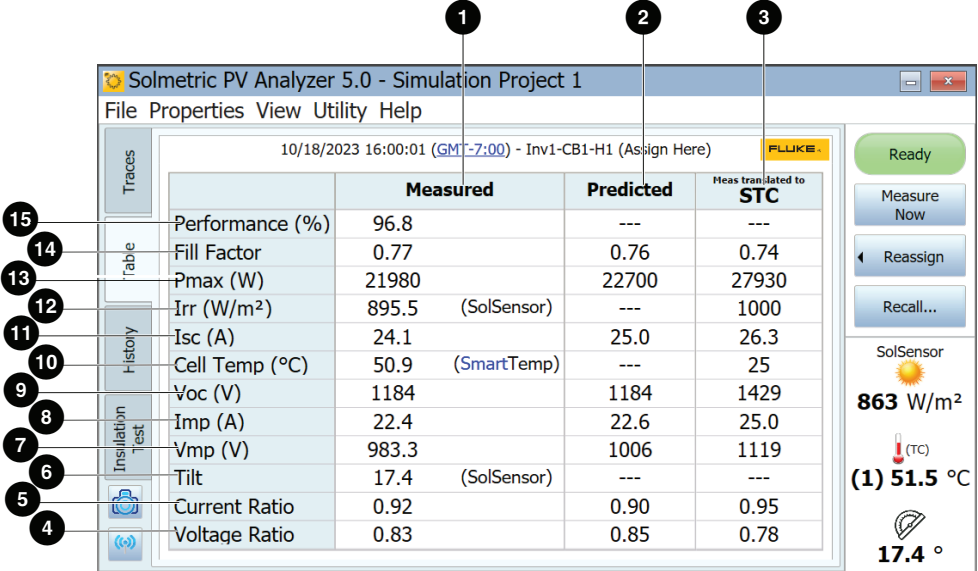
	
Element	Opis
1	Measured Column (Kolumna Wyniki pomiarów) — pokazuje ostatnie zmierzone wartości.
2	Predicted Column (Kolumna Przewidywania) — wyświetla wartości przewidywane na podstawie modelu wydajności.
3	Meas Translated to STC Column (Kolumna Pomiary przełożone do STC) — pokazuje zmierzone parametry przełożone na standardowe warunki testowe, promieniowanie 1000 W/m^2 i temperatura ogniwa 25°C .
4	Voltage Ratio (Stosunek napięcia) — stosunek napięcia to względny wskaźnik nachylenia pionowej części krzywej I-V. Stosunek napięcia jest definiowany jako V_{mp}/V_{oc} . Patrz Interpretacja zmierzonych krzywych I-V .

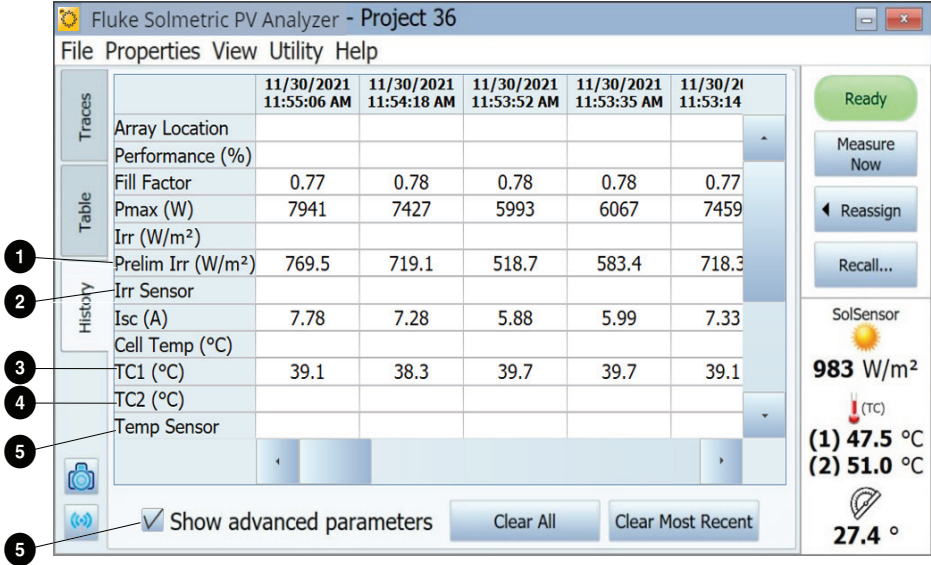
Tabela 10. Opis karty Tabela (ciąg dalszy)

Element	Opis
5	Current Ratio (Stosunek prądu) — stosunek prądu to względny wskaźnik nachylenia poziomej części krzywej I-V. Stosunek prądu jest definiowany jako I_{mp}/I_{sc} . Patrz Interpretacja zmierzonych krzywych I-V..
6	Nachylenie — nachylenie zespołu.
7	V_{mp} (V) — napięcie w punkcie maksymalnej mocy.
8	I_{mp} (A) — prąd w punkcie maksymalnej mocy.
9	V_{oc} (V) — napięcie obwodu otwartego. Wartość V _{oc} jest mierzona bezpośrednio przed rzeczywistym skanowaniem I-V. Wartość V _{oc} jest dokładna, nawet jeśli zmierzona krzywa I-V nie sięga całkowicie w dół do osi poziomej.
10	Cell Temp (Temp. ogniwa) (°C) — temperatura ogniwa. Ta wartość różni się od wyniku pomiaru termopary tylnej. Model przewiduje spadek temperatury między ogniwem a tylną stroną, co pozwala uzyskać wartość temperatury ogniwa.
11	I_{sc} (A) — pomiar prądu zwarcia. Pierwszy punkt procesu skanowania I-V znajduje się nieco po prawej stronie osi pionowej wykresu krzywej I-V. Oprogramowanie PVA rysuje linię poziomą od tego punktu do osi pionowej.
12	I_{rr} (W/m²) — promieniowanie. Modelowane promieniowanie efektywne.
13	P_{max} (W) — zmierzona moc maksymalna.
14	Fill Factor (Współczynnik wypełnienia) — współczynnik wypełnienia (FF) to wskaźnik prostokątności krzywej I-V. Patrz Interpretacja zmierzonych krzywych I-V..
15	Performance (Wydajność) (%) — współczynnik wydajności to stosunek zmierzonej mocy maksymalnej do przewidywanej mocy maksymalnej. Patrz Interpretacja zmierzonych krzywych I-V..

Karta Historia

Karta **Historia** automatycznie gromadzi wyniki tabelaryczne ostatnich pomiarów. Nowe wyniki znajdują się w lewej kolumnie. Poprzednie wyniki są przesunięte w prawo. W tabeli mieści się do 32 wyników. Po osiągnięciu tego limitu najstarszy wynik pomiaru jest usuwany z tabeli za każdym razem, gdy wykonywany jest nowy pomiar. Parametry wyświetlane na karcie Historia są identyczne z wynikami przedstawionymi w karcie Tabela. Dodatkowe parametry pojawiają się po zaznaczeniu pola wyboru **Show Advanced Parameters (Pokaż parametry zaawansowane)**. Są one przedstawione w [Tabela 11](#).

Tabela 11. Opis karty Historia (parametry zaawansowane)

	
Element	Opis
1	Prelim I_{rr} (Prom. wst.) (W/m^2) — promieniowanie wstępne. Jest to nieprzetworzony pomiar promieniowania na podstawie wskazań czujnika SolSensor. Pomiar uwzględnia kalibrację i korekty temperatury, ale nie uwzględnia korekty modelu pod kątem promieniowania efektywnego. Gdy możesz przypuszczać, że występuje problem ze wskazaniem promieniowania, porównaj promieniowanie wstępne z modelowanym promieniowaniem efektywnym. Patrz Promieniowanie wstępne i efektywne .
2	I_{rr} Sensor (Czujnik promien.) — konfiguracja wejścia czujnika promieniowania. Dostępne opcje to SolSensor, Na podstawie I-V lub Ręcznie. Włącz ręczną konfigurację czujnika w menu Przyrząd. Patrz Menu Utility (Przyrząd) .
3	TC1 (°C) — odczyt temperatury termopary 1. Spójrz tutaj, aby zrozumieć wartość SmartTemp.
4	TC2 (°C) — odczyt temperatury termopary 2. Spójrz tutaj, aby zrozumieć wartość SmartTemp.
5	Temp Sensor (Czujnik temp.) — konfiguracja wejścia czujnika temperatury. Dostępne opcje to SolSensor, TC1, TC1, Avg(TC1, TC2), Na podstawie I-V lub Ręcznie. Włącz ręczną konfigurację czujnika w menu Przyrząd. Patrz Menu Utility (Przyrząd) . Należy pamiętać, że pojawia się wyłącznie, gdy zaznaczone jest pole wyboru Pokaż parametry zaawansowane.

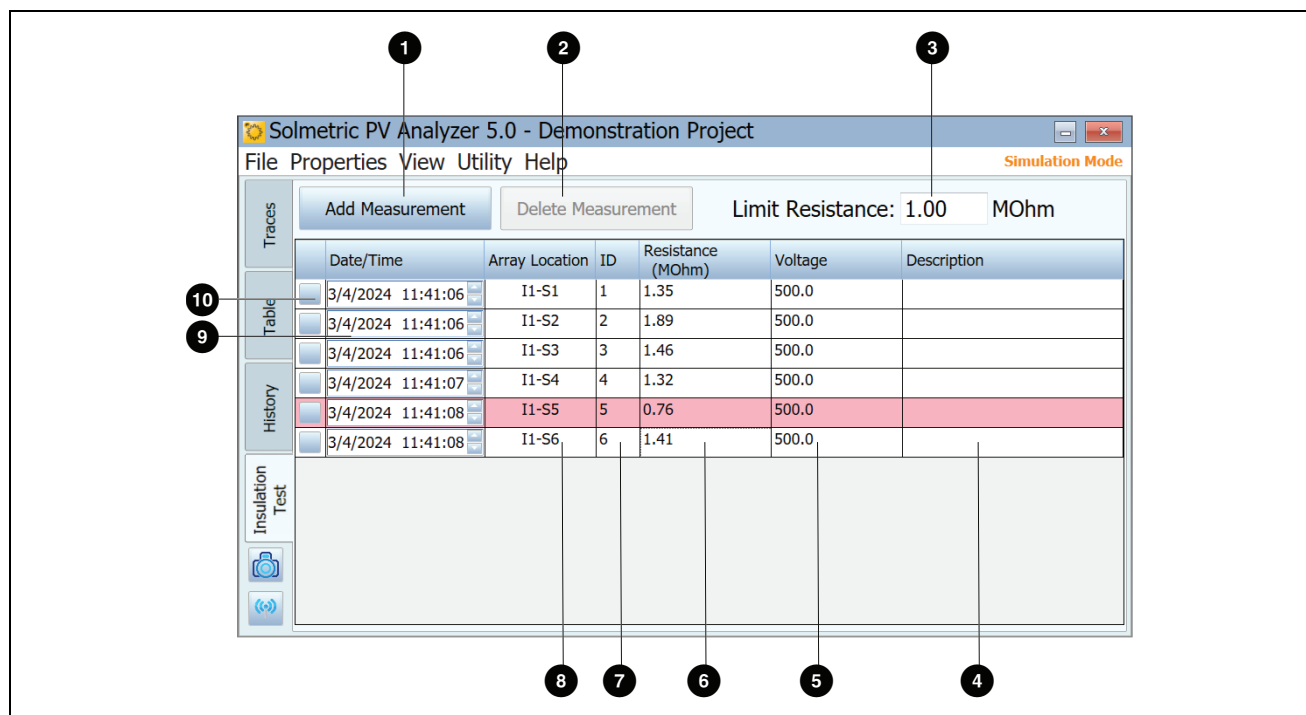
Karta Historia jest szczególnie przydatna do sprawdzania zgodności pomiarów wykonanych w skrzynce łączeniowej podczas testów uruchomienia i do przeglądania kolejnych kroków w sekwencji rozwiązywania problemów. Na przykład, gdy do znalezienia wadliwego modułu w łańcuchu N (liczba) modułów używana jest metoda selektywnego zacienienia, możesz użyć karty Historia, aby wyświetlić i porównać wyniki pomiaru N. Kolumna z wartościami, które odbiegają od wartości w innych kolumnach, odpowiada zacieniowanemu wadliwemu modułowi.

Bieżąca zawartość tabeli Historia jest zapisywana w pliku Projekt, dzięki czemu po zamknięciu i ponownym otwarciu projektu najnowsza zawartość będzie nadal dostępna. Jednak zawartość nie jest zapisywana w drzewie systemu, podobnie jak krzywe I-V, a po przywołaniu krzywej I-V z drzewa systemu tabela Historia nie jest aktualizowana w celu dopasowania do przywołanego pomiaru. Zawartość tabeli Historia nie jest także eksportowana podczas eksportowania danych krzywej I-V.

Insulation Test Tab (Karta Test izolacji)

Karta Test izolacji służy do rejestrowania wyników pomiarów rezystancji izolacji uzyskanych przy użyciu innego przyrządu, takiego jak tester rezystancji izolacji Fluke 1587FC. Karta Test izolacji jest domyślnie ukryta. Aby wyświetlić tę kartę, użyj elementu sterującego w menu Widok. Patrz [Tabela 12](#).

Tabela 12. Opis karty Test izolacji



Element	Opis
1	Add Measurement (Dodaj pomiar) — dodaje nowy wiersz do tabeli, podaje bieżącą datę i godzinę, a do wiersza przypisany jest numer identyfikacyjny. Wprowadź wartość rezystancji izolacji.
2	Delete Measurement (Usuń pomiar) — usuwa z listy wybrany pomiar.

Tabela 12. Opis karty Test izolacji (ciąg dalszy)

Element	Opis
3	Limit Resistance (Limit rezystancji) — wprowadź minimalną dopuszczalną wartość rezystancji izolacji. Wszystkie zmierzone wartości poniżej tego limitu są podświetlone w tabeli na czerwono.
4	Description (Opis) — opcjonalny opis pomiaru lub obwodu.
5	Voltage (Napięcie) — napięcie, przy którym zmierzono rezystancję izolacji. Kliknij to pole, aby wprowadzić wartość.
6	Resistance (Rezystancja) — zmierzona wartość rezystancji izolacji w opcji Utwórz model drzewa systemu fotowoltaicznego, którego oprogramowanie używa do kojarzenia lokalizacji zapisanych pomiarów i przewidywania oczekiwanej wydajności. Kliknij to pole, aby wprowadzić wartość.
7	ID — automatycznie przypisany numer identyfikacyjny. Numer identyfikacyjny zwiększa się o jeden przy dodawaniu każdego pomiaru.
8	Array Location (Lokalizacja zespołu) — umożliwia dostęp do drzewa systemu w celu wybrania lokalizacji, w której wykonano pomiar.
9	Date/Time (Data/godzina) — wyświetla datę i godzinę dodania każdego pomiaru do tabeli.
10	Selection box (Pole wyboru) — wybór pomiaru, który ma zostać usunięty. Kliknij Delete Measurement (Usuń pomiar), aby usunąć wybrany pomiar.

Wyeksportowany plik danych I-V.

W tej części opisano organizację pliku csv utworzonego podczas eksportowania pomiarów z oprogramowania.

Użytkownicy I-V Curve Tracer zazwyczaj analizują wyniki pomiarów za pomocą makra programu Excel Data Analysis Tool (DAT), które automatyzuje proces analizy i raportowania. Pobierz bezpłatną kopię DAT ze strony www.fluke.com. Aby użyć DAT, najpierw wyeksportuj dane projektu z I-V Curve Tracer, wybierając **File (Plik) > Export Traces for entire System...** (Eksportuj zapisy całego systemu...) Patrz [Menu Plik](#), a następnie zaimportuj dane do DAT (instrukcje dotyczące importowania znajdują się w instrukcji oprogramowania DAT).

Podczas eksportowania danych projektu oprogramowanie tworzy na dysku twardym drzewo folderów, które ma taką samą hierarchię jak drzewo systemu Nawigator zespołu. Dane z zapisu I-V są eksportowane do tej struktury folderów w plikach csv. Jeśli przy pomiarze łańcuchów modułów fotowoltaicznych nie zostały zapisane pomiary poszczególnych modułów w łańcuchach, katalogi niższego poziomu w strukturze folderów zawierają pliki z zapisami I-V w łańcuchów formacie csv.

Jeśli używane jest narzędzie do analizy danych, zaimportuj niektóre lub wszystkie dane do systemu DAT w celu przeprowadzenia automatycznego procesu analizy i raportowania. Przejdź do wymaganego poziomu struktury folderów.

Do wyświetlenia poszczególnych plików danych zapisu I-V użyj programu, który może odczytywać pliki csv, takiego jak Microsoft Excel™. W tej części opisano organizację i zawartość pliku csv. [Tabela 13](#) przedstawiono sekcję informacji w nagłówku pliku csv.

Tabela 13. CSV Header Information (Informacje w nagłówku pliku csv)

<table border="1"> <tr> <td>SOLMETRIC PVA IV DATA</td><td>2</td></tr> <tr> <td>Report Date</td><td>9/18/2013</td></tr> <tr> <td>Report Time</td><td>11:46:31 AM</td></tr> <tr> <td>Software Build</td><td>1.1.6798</td></tr> <tr> <td>Project File</td><td>County Fairgrounds building A</td></tr> <tr> <td>Array Location</td><td>Inverter1-Combiner2-String5</td></tr> <tr> <td>PVA Measurement Uid MAC Address</td><td>00158D0000227CE7</td></tr> <tr> <td>SolSensor Uid MAC Address</td><td>00158D00001C6707</td></tr> </table>		SOLMETRIC PVA IV DATA	2	Report Date	9/18/2013	Report Time	11:46:31 AM	Software Build	1.1.6798	Project File	County Fairgrounds building A	Array Location	Inverter1-Combiner2-String5	PVA Measurement Uid MAC Address	00158D0000227CE7	SolSensor Uid MAC Address	00158D00001C6707
SOLMETRIC PVA IV DATA	2																
Report Date	9/18/2013																
Report Time	11:46:31 AM																
Software Build	1.1.6798																
Project File	County Fairgrounds building A																
Array Location	Inverter1-Combiner2-String5																
PVA Measurement Uid MAC Address	00158D0000227CE7																
SolSensor Uid MAC Address	00158D00001C6707																
Element menu	Opis																
Report Date and Time (Data i godzina sporządzenia raportu)	Po wykonaniu pomiaru, zgodnie a danymi pobranymi z zegara komputera.																
Software Build (Kompilacja oprogramowania)	Wersja oprogramowania I-V Curve Tracer używana podczas wykonywania pomiaru.																
Project File (Plik Projekt)	Nazwa pliku Projekt w momencie wykonywania pomiaru.																
Array Location (Lokalizacja zespołu)	Lokalizacja w drzewie systemu, w której zapisano pomiar. Zwykle mapowanie jest przeprowadzane bezpośrednio do struktury rzeczywistego zespołu.																
Adres MAC modułu pomiaru PVA	Unikalny adres sieciowy przyrządu I-V Curve Tracer.																
Adres MAC czujnika SolSensor	Unikalny adres sieciowy czujnika SolSensor.																

[Rysunek 12](#) przedstawiono wartości niektórych zmierzonych i przewidywanych punktów na krzywej I-V. Skróty przedstawiają moc maksymalną ($P_{maks.}$), maksymalne napięcie zasilania (V_{mpp} lub V_{mp}) i maksymalny prąd zasilania (I_{mpp} lub I_{mp}), napięcie w obwodzie otwartym (V_{oc}) i prąd zwarcia (I_{sc}).

W oprogramowaniu wartość P_{max} jest uzyskiwana poprzez dopasowanie wielomianowej krzywej trzeciego stopnia do krzywej P-V (moc względem napięcia), a następnie wartość V_{mp} (maksymalne napięcie mocy) jest obliczana na podstawie wartości szczytowej dopasowanej krzywej. Wartość V_{mp} jest następnie używana do interpolacji I_{mp} (maks. prąd zasilania) z krzywej I-V. Metoda ta zmniejsza poziom niepewności wynikający z zakłóceń elektrycznych w pomiarach prądu i napięcia. Narzędzie do analizy danych (DAT) ponownie oblicza wartość P_{max} na potrzeby danych wykresów i raportów. Opcjonalnie dopasowuje wielomianem czwartego stopnia, co może spowodować nieznaczną różnicę w V_{mp} , I_{mp} i P_{max} między oprogramowaniem a DAT i jest ogólnie lepszym rozwiązaniem.

Rysunek 12. Pomiar oraz Wybór modelu wyeksportowanego pliku CSV

	MEASUREMENTS	MODEL PREDICTIONS
Pmax	1639.091342	1303.786362
Vmpp	407.1462651	391.6482064
Impp	4.025804685	3.328973146
Voc	514.4149505	517.2308276
Isc	4.695322551	3.879695677

Tabela 14 przedstawiono sekcję Pomiary SolSensor wyeksportowanego pliku csv, a w tabeli opisano jego zawartość. Wszystkie wartości zostały zapisane w momencie wykonywania pomiaru I-V.

Tabela 14. Sekcja Pomiary SolSensor wyeksportowanego pliku CSV

<table border="1"> <tr> <td>SolSensor Measurements</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Irradiance (W/m²)</td> <td>607.3874995</td> </tr> <tr> <td>Temperature Thermocouple 1 (Deg C)</td> <td>50.24752808</td> </tr> <tr> <td>Temperature Thermocouple 2 (Deg C)</td> <td>#N/A</td> </tr> <tr> <td>Pitch (Deg)</td> <td>15.03951045</td> </tr> <tr> <td>Roll (Deg)</td> <td>-0.124151007</td> </tr> <tr> <td>Tilt (from pitch and roll above) (Deg C)</td> <td>15.04001105</td> </tr> </table>		SolSensor Measurements		Irradiance (W/m ²)	607.3874995	Temperature Thermocouple 1 (Deg C)	50.24752808	Temperature Thermocouple 2 (Deg C)	#N/A	Pitch (Deg)	15.03951045	Roll (Deg)	-0.124151007	Tilt (from pitch and roll above) (Deg C)	15.04001105
SolSensor Measurements															
Irradiance (W/m ²)	607.3874995														
Temperature Thermocouple 1 (Deg C)	50.24752808														
Temperature Thermocouple 2 (Deg C)	#N/A														
Pitch (Deg)	15.03951045														
Roll (Deg)	-0.124151007														
Tilt (from pitch and roll above) (Deg C)	15.04001105														
Element menu	Opis														
Irradiance (Promieniowanie)	Wartość promieniowania zmierzona przez wbudowany czujnik fotodiody krzemowej SolSensor. Jest to wstępne promieniowanie, które pomimo kalibrowania i korygowania temperaturowego różni się od promieniowania efektywnego. W modelu fotowoltaicznym używane jest promieniowanie efektywne. Najczęściej zapewnia to lepsze dopasowanie wartości promieniowania do wybranych modułów niż promieniowanie wstępne.														
Temperature Thermocouple 1 (Temperatura termopary 1)	Wskazanie temperatury z termopary podłączonej do gniazda TC1 czujnika SolSensor.														
Temperature Thermocouple 2 (Temperatura termopary 1)	Wskazanie temperatury z termopary podłączonej do gniazda TC2 czujnika SolSensor.														
Pitch (Skok)	Kąt czujnika SolSensor względem jego krótszej osi.														
Roll (Odchylenie)	Kąt czujnika SolSensor względem jego dłuższej osi.														
Tilt (Nachylenie)	Nachylenie czujnika SolSensor obliczone na podstawie wartości skoku i odchylenia.														

Tabela 15 przedstawiono sekcję Szczegóły modelu wyeksportowanego pliku csv.

Tabela 15. Sekcja Szczegóły modelu pliku CSV

MODEL DETAILS		
Irradiance used in model (W/m ²)	607.3874995	Method: Measured
Cell Temperature used in model (Deg C)	56.04130905	Method: SmartTemp
Tilt use in model (Deg)	15.04001105	Method: Measured
Array Azimuth (Deg)	232	
User Series R (Ohms)	0.059934	
Performance Factor (%)	125.7	
Latitude	39	
Longitude	-122.92	
Time Zone	-8	
Module Mfr	Schott Solar	
Module Model	ASE-300-DGF/42-240	
# of Modules in String	11	
# of Strings in Parallel	1	
Inverter Mfr	Undefined Inverter	
Inverter Model	#N/A	
Wire AWG	10	
Wire Length (ft; one way)	30	

Element	Opis
Irradiance used in model (Promieniowanie użyte w modelu)	Wartość promieniowania efektywnego używanego w modelu predykcyjnym.
Cell temperature used in model (Temperatura ogniwa używana w modelu)	Wartość temperatury ogniwa fotowoltaicznego używana w modelu prognostycznym.
Tilt used in model (Nachylenie używane w modelu)	Wartość nachylenia systemu fotowoltaicznego używana w modelu prognostycznym.
Azymut systemu	Kompas wskazuje kierunek, w którym skierowany jest zespół. 0=N (Płn.), 90=E (Wsch.), 180=S (Płd.), 270=W (Zach.).
User Series R (Wartość R użytkownika w układzie szeregowym)	Rezystancja przewodów pomiędzy punktem pomiaru a źródłem energii fotowoltaicznej (zazwyczaj przewodnikami biegnącymi od zespołu do bezpiecznika) obliczona na podstawie szczegółów okablowania wprowadzonych przez użytkownika podczas tworzenia projektu.
Performance Factor (Współczynnik wydajności)	Stosunek mocy zmierzonej do przewidywanej mocy maksymalnej wyrażony w %.
Latitude and Longitude (Szerokość i długość geograficzna)	Miejsce, w którym dokonano pomiaru.

Tabela 15. Sekcja Szczegóły modelu pliku CSV (ciąg dalszy)

Element	Opis
Time zone (Strefa czasowa)	Pole to zawiera strefę czasową, w której dokonano pomiaru.
Model Mfr (Prod. mod.)	Manufacturer of the PV module (Producent modułu fotowoltaicznego.).
Module Model (Model modułu)	Numer modelu modułu fotowoltaicznego.
# of Modules in String (Liczba modułów w łańcuchu)	Liczba modułów połączonych szeregowo w mierzonym łańcuchu.
# of Strings in Parallel (Liczba łańcuchów w układzie równoległym)	Liczba łańcuchów mierzonych w układzie równoległym.
Wire AWG (Średnica AWG przewodu)	Średnica przewodów pomiędzy punktem pomiaru a źródłem energii fotowoltaicznej.
Wire Length (Długość przewodu)	Długość przewodów (jednokierunkowa, w stopach) pomiędzy punktem pomiaru a źródłem energii fotowoltaicznej.

Rysunek 13 przedstawiono dane dotyczące napięcia, prądu i mocy zapisane na podstawie pomiaru. Liczba wpisów zależy od rozdzielczości krzywej I-V wybranej przez użytkownika dla danego pomiaru (domyślnie 100 punktów, możliwość ustawienia przez użytkownika na 500 punktów).

Zapisana macierz danych, przedstawiona na **Rysunek 13**, nie zawiera ostatecznych wartości I_{sc} lub V_{oc} (wartości końcowe przedstawiono na **Rysunek 10**). Model fotowoltaiczny rzutuje pierwszy punkt prądu na pionową oś wykresu I-V (oś prądu), aby obliczyć I_{sc} . Niepewność wprowadzona podczas tej czynności jest minimalna. Końcowa wartość V_{oc} jest mierzona natychmiast przed rozpoczęciem skanowania krzywej I-V za pomocą oddzielnego, wewnętrznego woltomierza o wysokiej impedancji. Zapewnia to, że podczas pomiaru V_{oc} obwód źródła energii fotowoltaicznej jest całkowicie rozładowany.

Rysunek 13. Dane dotyczące napięcia, prądu i mocy z pomiarów I-V.

IV Measurements:		
VOLTS	AMPS	WATTS
19.39205301	4.695322551	91.05194381
37.82583013	4.65872928	176.2203024
56.13733349	4.636366726	260.2732651
74.14267981	4.618070091	342.3960921
92.20926973	4.599773455	424.1417512
110.1228116	4.585542739	504.9728592
127.8525617	4.567246104	583.9341142
145.5516595	4.546916509	661.8112433

Podstawa prognoz wydajności fotowoltaicznej

Oprogramowanie przewiduje wydatek elektryczny badanego źródła energii fotowoltaicznej (modułu lub łańcucha) na podstawie parametrów modułu, promieniowania i temperatury, kąta padania promieni słonecznych na zespół i innych czynników. W dalszej części przedstawiono proces kalibracji i pomiaru promieniowania przez czujnik SolSensor, a także proces, w którym oprogramowanie przewiduje trzy przewidywane punkty na krzywych I-V.

Kalibracja promieniowania słonecznego czujnika SolSensor

Proces kalibracji fabrycznej czujnika SolSensor obejmuje następujące etapy:

1. Kalibracja elektronicznego czujnika przechyłu.
2. Kalibracja reakcji kątowej czujnika promieniowania.
3. Kalibracja pomiaru promieniowania przy masie powietrza 1,5 i normalnych parametrów padania światła z uwzględnieniem symulatora słonecznego.
4. Unikalne współczynniki kalibracji są przechowywane w czujniku SolSensor i przesyłane do oprogramowania na żądanie.

Pomiar promieniowania

Pomiar promieniowania przez czujnik SolSensor obejmuje następujące etapy:

1. Zamocuj SolSensor do ramy modułu zaciskami, aby zapewnić odpowiednie ustawienie w płaszczyźnie systemu fotowoltaicznego.
2. Położenie słońca względem orientacji czujnika promieniowania jest obliczane na podstawie azymutu i nachylenia zespołu fotowoltaicznego, godziny i daty oraz szerokości i długości geograficznej.
3. Wartość promieniowania jest korygowana temperaturowo w oparciu o wskazanie czujnika temperatury podłączonego do czujnika promieniowania i na podstawie kąta padania promieniowania.
4. Zastosowano jedną z czterech metod korekty widmowej, zgodną z technologią modułu fotowoltaicznego (Poly-Si, c-Si, HIT-Si lub CdTe) zespołu. Korekty są obliczane na podstawie nakładania się widmowego modułu/czujnika obliczonego przez model atmosfery SMARTS jako funkcji masy powietrza i wysokości.

Proces ten pozwala poznać promieniowanie efektywne padające na ogniwa w module fotowoltaicznym. Promieniowanie efektywne to ta część promieniowania całkowitego, które moduł może przekształcić w energię elektryczną.

Przewidywanie wydajności fotowoltaicznej

Oprogramowanie porównuje zmierzoną krzywą I-V z prognozami wbudowanego modelu wydajności fotowoltaicznej. Współczynnik wydajności jest obliczany na podstawie tego porównania.

Proces przewidywania obejmuje następujące czynności:

1. Utwórz projekt i wprowadź wszystkie wymagane parametry, które obejmują wybór modułu fotowoltaicznego z wbudowanej bazy danych sprzętu.
2. Model przewiduje I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} i V_{oc} przy uwzględnieniu bieżących wartości promieniowania i temperatury.
3. W warunkach słabego oświetlenia prognoza jest dostosowywana na podstawie danych wydajności 200 W/m² w bazie danych.
4. Współczynnik wydajności — stosunek zmierzonego P_{max} do przewidywanego P_{max} — jest obliczany i wyrażony w procentach. Współczynnik wydajności to najważniejszy wskaźnik wydajności modułu lub łańcucha fotowoltaicznego.

Przekładanie zmierzonych wartości na STC

Zmierzone wartości I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} i V_{oc} są przekładane na STC z uwzględnieniem wskaźników zależności promieniowania i temperatury przechowywanych w bazie danych modelu i równań przekładania przedstawionych w części [Przekładanie danych I-V na standardowe warunki testowe](#).

Pomiar I_{sc}

I-V Curve Tracer wykorzystuje kondensator wstępnego ładowania do rozpoczęcia skanowania I-V przy nieco ujemnym napięciu, aby pokonać małe spadki napięcia i stany nieustalone właściwe dla pętli pomiarowej i zapewnić, że mierzona jest rzeczywista wartość I_{sc} . W pewnych okolicznościach związanych z badanym źródłem fotowoltaicznym wstępne ładowanie może nie wystarczyć do rozpoczęcia zapisu I-V przy wartości równej lub niższej niż 0 V. W takich przypadkach między 0 V a pierwszą mierzoną parą I-V występuje niewielka przerwa, a oprogramowanie konstruuje linię poziomą od pierwszego zmierzonego punktu I-V do osi pionowej w celu oszacowania I_{sc} . Przecięcie linii poziomej z osią pionową jest raportowane jako I_{sc} . W większości przypadków jest to bardzo dokładne przybliżenie.

W modułach o wysokiej wydajności przechowywane są duże ilości energii elektrycznej. Na początku skanowania ten nagromadzony ładunek szybko przepływa do kondensatora wstępnego ładowania i podnosi jego napięcie tak, aby pierwszy punkt I-V znajdował się na obszarze napięcia dodatniego. W niektórych przypadkach, szczególnie przy pomiarach z uwzględnieniem 500 punktów, kilka pierwszych punktów I-V może być nieco podwyższonych z powodu rozładowania ładunku resztkowego pojemności modułu fotowoltaicznego. W takich przypadkach na krzywej I-V nieco powyżej 0 V może być widoczny płaski przebieg. Odchylenie od rzeczywistego I_{sc} jest zazwyczaj bardzo małe. To zjawisko zazwyczaj nie występuje w przypadku PVA-1500HE2, ponieważ ten przyrząd obsługuje łańcuchy modułów o wysokiej wydajności i duży prąd rozruchowy.

Weryfikacja kalibracji

I-V Curve Tracer zawiera okno dialogowe o nazwie **Calibration Verification** (Weryfikacja kalibracji). Jest to zazwyczaj wykorzystywane przez laboratoria wyposażone w przyrządy do weryfikacji kalibracji. Aby uzyskać dostęp, kliknij **Utility** (Przyrząd) > **Calibration Verification** (Weryfikacja kalibracji). W tym oknie dialogowym wyświetlane są ciągłe pomiary napięcia, promieniowania, termopary 1, termopary 2 i nachylenia. To okno dialogowe służy do weryfikacji kalibracji i dokładności czujników PVA. Odczyt promieniowania to wartość promieniowania wstępnego, która obejmuje współczynniki kalibracji i korektę temperatury, ale nie obejmuje dalszego modelowania (na przykład mającego na celu poznanie wartości promieniowania efektywnego). Ten odczyt jest odpowiedni do porównania odczytu czujnika SolSensor z ogniwnem odniesienia na zewnątrz w stabilnych warunkach promieniowania lub z symulatorem słonecznym. Sprawdź bieżącą kalibrację i dokładność przy użyciu konfiguracji opisanej w notatce aplikacyjnej *Informacje dotyczące zastosowania kalibracji analizatora PV* (patrz łącze w oknie dialogowym) i naciśnij przycisk **Measure I-V Unit Current** (Pomiar prądu modułu I-V). Regulacje kalibracji muszą zostać przeprowadzone przez firmę Fluke.

Aktualizacje oprogramowania

Na stronie internetowej firmy Fluke udostępniane są aktualizacje oprogramowania i instrukcji użytkownika. Regularnie odwiedzaj stronę internetową www.fluke.com i pobieraj najnowsze wersje. Porównaj numery wersji oprogramowania i instrukcji użytkownika z numerami posiadanych wersji. Aby zaktualizować oprogramowanie lub instrukcje użytkownika, pobierz najnowsze wersje i uruchom bezpłatny instalator oprogramowania. Informacje dotyczące bieżącej wersji oprogramowania można znaleźć w menu [Menu Pomoc](#).

Aktualizacje oprogramowania sprzętowego przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor

Oprogramowanie sprzętowe przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor można zaktualizować w terenie.

Po połączeniu komputera z Internetem i uruchomieniu oprogramowania oprogramowanie pobiera najnowsze wersje oprogramowania sprzętowego przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor. Przy następnym połączeniu komputera z tymi dwoma przyrządami przez sieć Wi-Fi oprogramowanie komputera odczytuje bieżące wersje oprogramowania sprzętowego i w razie potrzeby zaleca przeprowadzenie aktualizacji. Po pobraniu instalacja aktualizacji na każdym przyrządzie może potrwać około 2 minut i nie wymaga połączenia z Internetem. Jeśli nie masz przy sobie czujnika SolSensor albo czujnik SolSensor nie jest włączony lub nie znajduje się w zasięgu sieci Wi-Fi podczas uruchamiania procesu aktualizacji, aktualizowane jest tylko oprogramowanie sprzętowe przyrządu I-V Curve Tracer. W takim przypadku oprogramowanie sprzętowe czujnika SolSensor możesz zaktualizować następnym razem, gdy będzie połączony bezprzewodowo z przyrządem I-V Curve Tracer.

Aby ręcznie sprawdzić wersję oprogramowania sprzętowego przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor:

1. Uruchom oprogramowanie.
2. Nawiąż połączenie bezprzewodowe z przyrządami.
3. Wybierz **Help** (Pomoc).
4. Wybierz **Connected Measurement Devices** (Połączone przyrządy pomiarowe).
Zostaną wyświetlone aktualne wersje oprogramowania sprzętowego. Okresowo uruchamiaj oprogramowanie podczas połączenia z Internetem, aby sprawdzać powiadomienia o aktualizacjach oprogramowania. Następnie pobieraj najnowsze aktualizacje oprogramowania sprzętowego i pamiętaj o konieczności aktualizacji przyrządów w terenie.

Wykonywanie pomiarów

W tej części opisano czynności, które należy wykonać w terenie. Zobacz wydrukowane informacje na temat bezpieczeństwa dostarczone z I-V Curve Tracer.

Przed wykonaniem pomiarów w terenie

Ładowanie przyrządu

Przed zabraniem instrumentów w teren naładuj zarówno I-V Curve Tracer, jak i SolSensor przez całą noc.

- Jeśli oprogramowanie jest uruchomione oraz I-V Curve Tracer i SolSensor mają połączenie, w prawym górnym rogu nad **I-V** lub **SS** pojawia się ikona ładowania w formie błyskawic.
- Jeśli temperatura wewnętrzna I-V Curve Tracer jest zbyt wysoka (na przykład z powodu wielu procesów skanowania I-V i/lub wysokiej temperatury otoczenia), akumulator nie ładuje się i ikona ładowania I-V jest przesłonięta czerwonym znakiem **X**. SolSensor również może mieć zbyt wysoką temperaturę, ale zdarza się to rzadziej niż w przypadku przyrządu I-V Curve Tracer.

Przyrząd po naładowaniu pracuje zwykle od 7 do 8 godzin. Wyłączaj przyrząd, kiedy go nie używasz.

Sprawdzanie, czy używane jest najnowsze oprogramowanie

Kliknij dwukrotnie ikonę PVA na komputerze, aby uruchomić oprogramowanie. Patrz [Aktualizacje oprogramowania](#).

Tworzenie projektu w oprogramowaniu

Najlepiej utworzyć projekt dysponując połączeniem internetowym i rysunkami technicznymi instalacji fotowoltaicznej. W przypadku dużych zakładów jest to często wykonywane w biurze przed wyruszeniem w teren. Upewnij się, że utworzone drzewo zespołu dokładnie odzwierciedla architekturę systemu fotowoltaicznego. Patrz [Nowy projekt](#).

Należy zapewnić odpowiednie promieniowanie do wykonania pomiarów

Pomiary wydajności najlepiej wykonywać w zakresie od 700 W do 1000 W na metr kwadratowy. Jeśli to możliwe, wybierz dzień, w którym niebo jest dobrze widoczne. Jeśli niebo jest zachmurzone, spróbuj wyzwać pomiary w chwilach, gdy w pobliżu słońca nie ma chmur. Spróbuj również wykonać pomiary w 6-godzinny przedziale czasowym, gdy słońce jest najbliżej zenitu.

W przypadku pomiaru poziomego jednoosiowego systemu nadążnego możesz skonfigurować projekt tak, aby umożliwić działanie systemu nadążnego podczas wykonywania pomiarów. Zapewnia to bardziej jednolity i wysoki poziom promieniowania w ciągu dnia.

Pomiary w terenie

Pomiary napięcia w obwodzie otwartym (V_{oc})

Jeśli napięcie obwodu otwartego (V_{oc}) źródła energii fotowoltaicznej przekracza maksymalne napięcie wejściowe dc określone w specyfikacji przyrządu I-V Curve Tracer, produkt może być uszkodzony. Przed rozpoczęciem pomiarów nowej instalacji fotowoltaicznej zmierz łańcuch za pomocą multimetru cyfrowego (DMM) o odpowiednich parametrach, aby upewnić się, że V_{oc} mieści się w zakresie napięcia dc obsługiwanego przez I-V Curve Tracer. Zapobiegnie to uszkodzeniu produktu i pozwoli zaoszczędzić czas.

Podłączanie przewodów pomiarowych przyrządu I-V Curve Tracer.

Otwórz osłonę przeciwpływową złącza bananowego w I-V Curve Tracer i podłącz złącza bananowe do I-V Curve Tracer (czerwone do czerwonego, czarne do czarnego). Istnieją dwa rodzaje przewodów pomiarowych: złącze bananowe-zacisk krokodylkowy i złącze bananowe-MC-4.

Podłącz zaciski krokodylkowe do końcówek przewodów pomiarowych. Używaj wyłącznie przewodów pomiarowych o napięciu znamionowym 1500 V oraz zacisków krokodylkowych dostarczonych przez firmę Fluke z przyrządem I-V Curve Tracer.

Uruchamianie oprogramowania

Kliknij dwukrotnie ikonę PVA na pulpicie, aby uruchomić oprogramowanie.

Ładowanie swojego projektu

Wybierz swój projekt z menu **Plik** w oprogramowaniu. Projekt musi zostać utworzony specjalnie dla badanej instalacji fotowoltaicznej.

Mierzenie łańcuchów pojedynczych i łańcuchów w układzie równoległym

Zazwyczaj każdy łańcuch należy mierzyć indywidualnie, aby uzyskać najlepsze wyniki badania i najwyższą rozdzielczość wydajności. Przy jednoczesnym pomiarze wielu łańcuchów upewnij się, że prąd maksymalny PV, który ma być zmierzony, jest mniejszy niż podany prąd maksymalny obsługiwany przez I-V Curve Tracer. Aby oszacować prąd maksymalny, jaki będą wytwarzać łańcuchy w układzie równoległym, zmierz parametry pojedynczego łańcucha w pełnym słońcu i pomnóż zmierzony prąd zwarcia (I_{sc}) przez liczbę łańcuchów, które zamierzasz mierzyć w układzie równoległym. Pamiętaj, że całkowity prąd maksymalny wzrasta, gdy słońce znajduje się bardziej bezpośrednio przed zespołem, oraz że w ciągu kilku sekund efekty krawędzi chmury mogą zwiększyć prąd całkowity o ponad 25% powyżej wartości przy normalnych warunkach widoczności nieba.

Pomiar modułów o wysokiej wydajności.

Wysokowydajne moduły mogą mieć pojemność, która może powodować duży prąd rozruchowy przy pomiarze krzywych I-V. PVA-1500HE2 obsługuje prąd rozruchowy łańcuchów modułów o wysokiej wydajności o wartości do 30 A.

PVA-1500T2 obsługuje prąd rozruchowy z obwodów fotowoltaicznych o wartości do 30 A prądu zwarcia, gdy sprawność modułu wynosi $<19\%$ lub do 10 A prądu zwarcia przy wydajności modułu wynoszącej $\geq 19\%$. Prąd rozruchowy jest zwiększany przez wyższą wydajność, łańcuchy o wyższym prądzie, łańcuchy o wyższym napięciu, wyższy prąd i wyższe promieniowanie. Na przykład łańcuch 1350 V, złożony z dwustronnych modułów o wydajności 21%, przy wartości I_{sc} wynoszącej 18 A przy promieniowaniu około 1000 W/m² prawdopodobnie spowoduje ostrzeżenie o przetężeniu w obwodzie PVA-1500T2. Niższe napięcia łańcucha mogą umożliwić przepływ prądów wyższych niż 10 A, nawet w przypadku modułów o wysokiej wydajności, dlatego w niektórych przypadkach w celu wykonania pomiaru I-V dobrym rozwiązaniem może być rozdzielenie łańcuchów w celu obniżenia napięcia i dostosowanie orientacji systemu nadążnego w celu obniżenia promieniowania. Więcej informacji na temat modułów o wysokiej wydajności można znaleźć w notatce aplikacji Solmetric Zapis krzywej I-V modułów fotowoltaicznych o wysokiej wydajności.

Podłącz przewody pomiarowe do urządzeń fotowoltaicznych.

Sprawdź prawidłowość polaryzacji (czerwony przewód pomiarowy do dodatniego bieguna dc, czarny przewód pomiarowy do ujemnego bieguna dc).

Jeśli mierzone są obwody w skrzynce łączeniowej, po rozwarciu wyłącznika prądu stałego w celu odłączenia od falownika i wyjęciu wszystkich bezpieczników (jeśli w łączniku znajduje się jeden bezpiecznik na łańcuch) lub wyjęciu wszystkich bezpieczników po stronie dodatniej (jeśli w łączniku znajdują się dwa bezpieczniki na łańcuch), podłącz zaciski krokodylkowe przewodów pomiarowych PV do szyny dodatniej i ujemnej. Umożliwia to wkładanie pojedynczych bezpieczników, aby wybrać obwód fotowoltaiczny do zbadania.

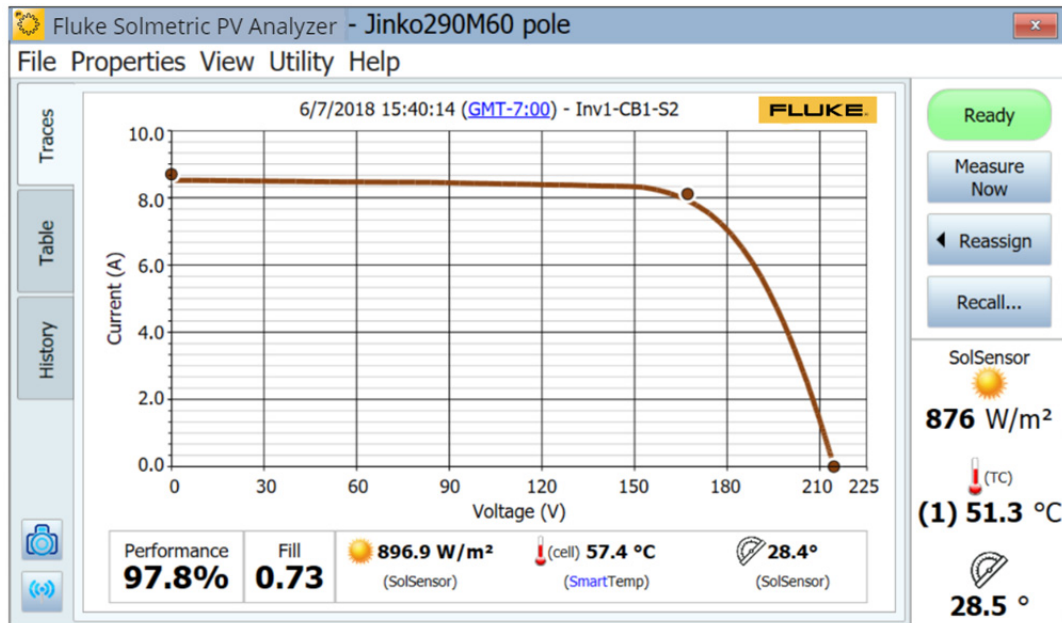
Wybieranie pierwszego obwodu fotowoltaicznego do zbadania

Jeśli używasz bezpieczników łańcucha do wyboru obwodów fotowoltaicznych, włóż pierwszy bezpiecznik.

Wykonywanie pierwszego pomiaru

Naciśnij **Measure Now** (Zmierz teraz). Zmierzona krzywa zazwyczaj pojawia się po upływie od 1 do 11 sekund. Patrz [Rysunek 14](#).

Rysunek 14. Wyniki pomiaru krzywej I-V.



Po pojawieniu się krzywej pomiaru I-V wykres I-V przesuwa się w lewo, a po prawej stronie pojawia się drzewo zespołu systemu fotowoltaicznego.

Przejdź do lokalizacji w drzewie przedstawiającej miejsce wykonania pomiaru. Zaznacz tę gałąź drzewa i kliknij **Assign and Save** (Przypisz i zapisz). Jeśli nie chcesz zapisywać tego zapisu, ale chcesz, aby oprogramowanie porównało zmierzoną krzywą z prognozami modelu fotowoltaicznego, zamiast tego naciśnij przycisk **Assign Only** (Tylko przypisz).

Po przypisaniu i zapisaniu oprogramowanie przeprowadza kontrole (alarmy), aby automatycznie wykryć problemy. Więcej informacji zawiera sekcja [Alarmy](#).

Drzewo zespołu zamyka się, a krzywa I-V rozciąga się na pełną szerokość.

Sprawdź krzywą pod kątem nieprawidłowych kształtów i zwróć uwagę na wartości współczynnika wypełnienia i współczynnika wydajności poniżej wykresu krzywej I-V. Współczynnik wypełnienia jest mniejszy, jeśli krzywa I-V ma nieprawidłowy kształt. Zazwyczaj współczynniki wydajności nowego, czystego zespołu mieszczą się w zakresie od 90% do 100%. Jeśli wartości są znacznie wyższe lub niższe od podanych, sprawdź, czy czujnik promieniowania jest zamontowany w płaszczyźnie zespołu, czy data, godzina i strefa czasowa komputera są ustawione prawidłowo, czy parametry modułu fotowoltaicznego są ustawione prawidłowo, oraz czy azymut zespołu fotowoltaicznego i typ zespołu fotowoltaicznego są prawidłowo ustawione.

Sprawdź wartości czujnika zapisane podczas pomiaru. Znajdują się one bezpośrednio pod wykresem krzywej I-V.

Wybieranie następnego obwodu fotowoltaicznego i wykonywanie kolejnego pomiaru

Jeśli pracujesz przy skrzynce łączeniowej, wyjmij poprzedni bezpiecznik i włóż następny. Powtórz powyższe czynności, aby wykonać i zapisać pomiar.

Pamiętaj, że po zakończeniu pomiarów i wyeksportowaniu danych z oprogramowania oprogramowanie eksportuje tylko ostatni zapisany pomiar każdej gałęzi drzewa zespołu. W przypadku wykonywania dodatkowych pomiarów podczas rozwiązywania problemów związanych z łańcuchem, który nie działa z oczekiwaną wydajnością, wykonaj jeden końcowy pomiar naprawionego łańcucha do wyeksportowania.

Sprawdzanie spójności danych

Przed przejściem do następnej skrzynki łączeniowej lub następnego falownika kliknij kartę **History** (Historia) i przewiń od lewej do prawej, aby zobaczyć wyniki liczbowe pomiarów tej skrzynki łączeniowej. Najnowszy pomiar jest widoczny w lewej kolumnie. Sprawdź, czy nie występują nietypowe wartości.

Na przykład wartości V_{oc} powinny być bardzo podobne, co stanowi potwierdzenie, że wszystkie łańcuchy mają odpowiednią liczbę modułów.

Wartości I_{sc} również powinny być bardzo podobne, jeśli dzień jest słoneczny i promieniowanie jest prawie stałe.

Niski współczynnik wypełnienia oznacza, że krzywa I-V nie ma optymalnego kształtu. Może to być spowodowane przez cień, zabrudzenie lub zanieczyszczenia bądź przez podzespoły badanych modułów. Patrz [Interpretacja zmierzonych krzywych I-V](#).

Pomaga to wyczyścić tabelę Historia przed przejściem do następnej skrzynki łączeniowej.

Alarmy

Po wykonaniu pomiaru i wybraniu opcji **Assign and Save** (Przypisz i zapisz) oprogramowanie przeprowadza automatyczne kontrole w celu wykrycia potencjalnych problemów związanych z konfiguracją pomiaru lub badanym obwodem. Są one nazywane alarmami. [Tabela 16](#) przedstawiono typy alarmów. Niektóre alarmy można wyłączyć, aby nie pojawiały się ponownie podczas sesji. Wyłączone alarmy zostaną ponownie włączone po ponownym uruchomieniu oprogramowania. Alarmy pojawiają się tylko wtedy, gdy załadowany jest projekt z modelem.

Tabela 16. Komunikaty alarmowe

Alarm	Opis
Duże odchylenie między wartościami promieniowania efektywnego i wstępnego	Jeśli modelowane promieniowanie efektywne różni się od promieniowania wstępnego o więcej niż 25%, oprogramowanie wyświetla alarm informujący o odchyleniu promieniowania. Dzieje się tak, jeśli długość lub szerokość geograficzna, godzina/data lub azymut są nieprawidłowe w ustawieniach Site Info (Informacje o zakładzie) lub jeśli czujnik SolSensor nie jest zamontowany w płaszczyźnie zespołu.
Problem wykr. przez SmartTemp	Jeśli algorytm SmartTemp wykrył odchylenie wynoszące >8°C między obliczeniami temperatury mieszanej a wskazaniami termopar, oprogramowanie wyświetli alarm informujący o odchyleniu.
Duże odchylenie między termoparami	Jeśli odchylenie między wskazaniem termopary wynosi >5 °C, oprogramowanie wyświetli alarm informujący o odchyleniu.
Brak odczytów czujnika SolSensor	Jeśli czujnik SolSensor nie odbiera danych lub nie jest połączony z oprogramowaniem, oprogramowanie wyświetli alarm informujący o tym stanie. Określ, czy chcesz zaakceptować zapis bez danych czujnika SolSensor, czy odrzucić zapis.
Przekroczono wartość progową ustawioną przez użytkownika	Jeśli jeden z progów alarmowych ustawionych przez użytkownika zostanie przekroczony, oprogramowanie wyświetli alarm informujący o odchyleniu (na przykład alarm I_{sc}). Wybierz opcję Configure Measurement Alert Thresholds (Konfiguracja progów alarmowych pomiaru) w menu Utility (Przyrząd), aby skonfigurować alarmy ustawiane przez użytkownika.

Kopia zapasowa danych

Oprogramowanie jest wyposażone w funkcję automatycznego tworzenia kopii zapasowych. Domyślnie oprogramowanie tworzy kopię zapasową projektu po każdych 20 zapisaniach zapisu IV. Aby włączyć lub wyłączyć tę funkcję, zmienić częstotliwość tworzenia kopii zapasowych lub zmienić lokalizację folderu kopii zapasowych, wybierz **File (Plik) > Project Backup Settings...** (Ustawienia kopii zapasowej projektu...). Aby ręcznie utworzyć kopię zapasową, kliknij **Create Backup Now** (Utwórz kopię zapasową teraz).

Pomiar promieniowania, temperatury i nachylenia

Szczegółowa ocena wydajności zespołu fotowoltaicznego przy użyciu dowolnej metody pomiarowej polega na porównaniu zmierzonych danych z danymi odniesienia. Odniesienie to może pochodzić na przykład z prostej wartości maksymalnej mocy STC lub ze szczegółowego modelu wydajności fotowoltaicznej. W każdym przypadku należy znać promieniowanie w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego i temperaturę zespołu fotowoltaicznego, aby móc prawidłowo ocenić wydajność zespołu fotowoltaicznego względem przyjętego układu odniesienia.

Aby zapewnić dobre wyniki pomiarów, należy wziąć pod uwagę kilka czynników. W tej części przedstawiono informacje niezbędne do dokonania wyboru dobrze dopasowanego do konkretnej aplikacji.

Pomiar promieniowania wiąże się z wieloma wymaganiami i wyzwaniem:

- Promieniowanie musi być mierzone w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego (POA)
- Promieniowanie na powierzchni zespołu może nie być jednorodne ze względu na zacienienie i efekty albedo, a także lokalne efekty chmury
- Parametry promieniowania mogą się szybko zmieniać
- Czujniki promieniowania mogą mieć inne odpowiedzi widmowe niż same moduły fotowoltaiczne
- Widmo słoneczne znacznie zmienia się wczesnym rankiem i późnym wieczorem
- Kształt krzywej I-V modułu fotowoltaicznego zmienia się przy niskim poziomie promieniowania

Interesujący nas parametr temperatury modelu fotowoltaicznego to średnia temperatura ogniw fotowoltaicznych w badanym łańcuchu lub module. Określenie średniej temperatury ogniw wiąże się z pewnymi wyzwaniami:

- Ogniwo fotowoltaiczne jest osadzone w innych materiałach, dlatego nie można zmierzyć temperatury ogniwa dotykając ogniwa bezpośrednio.
- Materiały, w których jest osadzone ogniwo fotowoltaiczne, mają niską przewodność cieplną, przez co między ogniwami a przednią lub tylną stroną modułu może występować znaczny spadek temperatury.
- Zmiana temperatury między ogniwem fotowoltaicznym a tylną stroną modułu zależy od konfiguracji stelaża i wentylacji, ale także od promieniowania.
- Temperatura w module lub zespole fotowoltaicznym nie jest jednolita ze względu na różne konfiguracje stelaży i układów wentylacji.
- Temperatura w danym miejscu może zmieniać się w miarę upływu czasu, nawet przy stałym promieniowaniu, ze względu na prądy konwekcyjne i wiatr.
- Szczelina powietrzna między czujnikiem temperatury tylnej strony a powierzchnią tylnej strony powoduje znaczny błąd odczytu temperatury.
- Duże czujniki temperatury, szczególnie duże przyrządy RTD, nie śledzą szybkich zmian temperatury modułu.
- Wyzwania związane z powierzchnią i materiałem ograniczają dokładność pomiarów temperatury w podczerwieni.

Oprogramowanie udostępnia wiele metod pomiaru promieniowania, temperatury i nachylenia, jak pokazano w [Tabela 17](#).

Tabela 17. Wybór czujników

Promieniowanie	Temperatura	Nachylenie
SolSensor	SmartTemp	SolSensor
Na podstawie krzywej I-V.	Na podstawie krzywej I-V.	Wprowadzanie ręczne
Wprowadzanie ręczne	Termopara 1	-
-	Termopara 2	-
-	Średnia odczytu TC1 i TC2	-
-	Wprowadzanie ręczne	-
Należy stosować dowolną kombinację metod w zależności od wymagań danego zastosowania.		

Pomiar promieniowania przy użyciu czujnika SolSensor

Czujnik promieniowania SolSensor

Firma Fluke zaleca, aby w większości przypadków jako źródła pomiaru promieniowania używać czujnika SolSensor. Element roboczy czujnika promieniowania SolSensor to krzemowa fotodiody z korektą temperatury. Reakcja widmowa jest korygowana w celu dopasowania do krzemowych ogniw słonecznych, a reakcja kątowna jest korygowana w celu zapewnienia większej dokładności w większej części dnia.

Promieniowanie wstępne i efektywne

Czujnik SolSensor wytwarza promieniowanie wstępne, które jest kalibrowane i korygowane temperaturowo (dla temperatury fotodiody). Promieniowanie wstępne jest następnie korygowane zgodnie z parametrami modelu fotowoltaicznego dla wybranego modułu fotowoltaicznego w celu obliczenia promieniowania efektywnego, czyli promieniowania *odbieranego* przez rzeczywiste ogniwa fotowoltaiczne. Jeśli projekt i model nie zostały jeszcze utworzone, do wartości czujnika SolSensor nie są wprowadzane dalsze korekty i pokazywane są wartości *promieniowania wstępnego*. W takiej sytuacji wartość promieniowania pokazywana w sekcji bieżących odczytów czujnika SolSensor po prawej stronie ekranu jest zaokrąglana do najbliższej wartości 10 W/m² i napisana kursywą.

Po utworzeniu projektu i modelu wartość promieniowania efektywnego jest pisana czcionką zwykłą i podawana z rozdzielczością 1 W/m². Należy spodziewać się niewielkich różnic między promieniowaniem wstępnym i efektywnym w oparciu o korekty. Aby wyświetlić zmierzoną (wstępną) wartość promieniowania o rozdzielczości 1 W/m², przejdź do okna dialogowego **Calibration Verification** (Weryfikacja kalibracji) w menu **Utility** (Pożytek). Patrz [Weryfikacja kalibracji](#).

Środki ostrożności dotyczące czujnika SolSensor

Chroń element czujnika promieniowania

Gdy czujnik promieniowania nie jest używany, przykryj białą tarczą akrylową czarną gumową osłoną dostarczoną w zestawie. Zdejmij osłonę dopiero po zamontowaniu czujnika SolSensor w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Przed przeniesieniem czujnika SolSensor w inne miejsce załóż osłonę.

 Przestroga

Aby nie doszło do uszkodzenia czujnika promieniowania, gdy nie jest on używany, musi być zabezpieczony osłoną. Uderzenia lub otarcia mogą łatwo spowodować uszkodzenie czujnika. Również zabrudzenie ma negatywny wpływ na dokładność. Białe akrylowe okno czujnika promieniowania to precyzyjny element optyczny, który musi być utrzymywany w idealnym stanie, aby zapewnić dokładne pomiary.

Światło rozproszone

Gdy niebo staje się zamglone, większa część światła słonecznego ulega rozproszeniu. Ta *rozproszona* część promieniowania dociera do zespołu ze wszystkich kierunków i pod różnymi kątami. W przypadku niektórych czujników promieniowania, w zależności od ich konstrukcji, dokładne pomiary promieniowania przy znacznym rozproszeniu promieniowania mogą być utrudnione. Na przykład niektóre ręczne czujniki promieniowania mają słabą reakcję cosinusoidalną, a ich dokładność jest określona tylko przy odbiorze bezpośredniego normalnego promieniowania, czyli gdy niebo jest bezchmurne i czujnik jest skierowany bezpośrednio na słońce. Ogniwo referencyjne, technologicznie podobne do ogniw badanych modułów, zmniejsza ten błąd, ale go nie eliminuje. Czujnik promieniowania SolSensor jest korygowany pod kątem efektów kątowych i zapewnia lepszą wydajność w warunkach rozproszonego światła.

Określanie promieniowania na podstawie zmierzonej krzywej I-V.

Firma Fluke zaleca, aby w większości przypadków jako źródła pomiaru promieniowania używać czujnika SolSensor. Jednak w pewnych sytuacjach warto korzystać z ustawienia **From I-V** (Na podstawie I-V). Po wybraniu opcji **From I-V** (Na podstawie I-V) oprogramowanie oblicza promieniowanie na podstawie zmierzonej krzywej I-V. Ta opcja ma pewne zalety i pewne ograniczenia.

Opcja **From I-V** (Na podstawie I-V) zapewnia następujące korzyści:

- Nie ma opóźnienia czasowego między pomiarem krzywej I-V a określeniem promieniowania. Jest to przydatne, gdy promieniowanie szybko się zmienia (pochyły wykres) z powodu poruszających się chmur. W takiej sytuacji każde opóźnienie czasowe pomiędzy pomiarami I-V i promieniowania przekłada się na błąd promieniowania.
- Można mierzyć ogniwa wykonane w technologii, która ma słabe dopasowanie widmowe do silikonowego czujnika promieniowania SolSensor.
- Ponieważ przewidywana wartość I_{sc} musi być zgodna ze zmierzoną wartością I_{sc} , łatwo zauważyć wszelkie odchylenia kształtów zmierzonych i przewidywanych krzywych I-V.

Opcja pomiaru promieniowania **From I-V** (Na podstawie I-V) ma również następujące ograniczenia:

- Równomierne zabrudzenia są interpretowane jako zmniejszenie promieniowania, przez co nie powodują odchylenia między zmierzonymi a przewidywanymi krzywymi I-V. Przed przystąpieniem do pomiaru należy sprawdzić zespół i w razie potrzeby wyczyścić, aby zmniejszyć takie ryzyko.
- Podobnie, jednorodna degradacja modułu I_{sc} jest również interpretowana jako zmniejszone promieniowanie, a tym samym nie jest wykrywana.
- Wartość promieniowania obliczana metodą **From I-V** (Na podstawie I-V) jest wykorzystywana przez predykcyjny model fotowoltaiczny do obliczania oczekiwanej wartości I_{sc} . Użycie zmierzonej wartości do obliczenia oczekiwanej wartości ma przebieg kołowy i wymusza zgodność oczekiwanej wartości I_{sc} ze zmierzoną wartością.

Ręczne wprowadzanie wartości promieniowania

Po wybraniu tej opcji wprowadź ręcznie wartość promieniowania uzyskaną w inny sposób, np. na podstawie odczytu czujnika ręcznego lub ogniwa odniesienia zamontowanego na zespole. Ta opcja ma następujące ograniczenia:

- Dokładne ustawienie ręcznych czujników promieniowania w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego jest trudne.
- Większe i bardziej zmienne opóźnienie czasowe pomiędzy krzywą I-V a pomiarami promieniowania przekłada się na błąd pomiaru promieniowania przy szybko zmieniającym się promieniowaniu.
- Ręczne czujniki promieniowania mogą mieć niską dokładność, zwłaszcza w zakresie reakcji cosinusoidalnej. Powoduje to znaczne błędy pomiaru promieniowania, gdy słońce znajduje się poza osią zespołu fotowoltaicznego i przy rozproszonym świetle.

Pomiar temperatury tylnej strony modułu fotowoltaicznego za pomocą termopary

Pomiar temperatury tylnej strony modułu jest jedną z tradycyjnych metod używanych przez znaczniki krzywej I-V. Ma wiele zalet i ograniczeń. Należy pamiętać, że niektóre z niezbędnych elementów zostały omówione w części [Konfiguracja i użytkowanie przyrządu I-V Curve Tracer i czujnika SolSensor](#).

Metoda termopary po tylnej stronie zapewnia następujące korzyści:

- Jest to metoda bezpośrednia, na którą nie ma wpływu model fotowoltaiczny.
- Umożliwia wybór miejsca pomiaru temperatury. Najlepiej wybrać uśrednioną lokalizację pomiaru temperatury i unikać miejsc, które są znacznie cieplejsze lub położone znacznie bliżej chłodniejszych krawędzi zespołu.

Metoda termopary po tylnej stronie ma następujące ograniczenia:

- Predykcyjny model fotowoltaiczny wymaga informacji o temperaturze ogniwa, a termopara mierzy nieco niższą temperaturę po tylnej stronie. Oprogramowanie częściowo to kompensuje, modelując spadek temperatury między ogniwem a tylną stroną (dodając do 3°C do temperatury zmierzonej po tylnej stronie). Wielkość kompensacji różni się proporcjonalnie do promieniowania, ponieważ przy intensywnym promieniowaniu różnica między temperaturą ogniwa a temperaturą po tylnej stronie jest wyższa.
- Temperatura po tylnej stronie ma bardzo zróżnicowane wartości w różnych częściach modułu, łańcucha lub zespołu fotowoltaicznego. Zmienność ta jest spowodowana wpływem chłodzenia konwekcyjnego, który zależy od intensywności wentylacji, lokalizacji w zespole i ekspozycji na wiatr. Dlatego wyniki pomiaru temperatury mogą być wyższe lub niższe od rzeczywistych wartości.

Dobór średnicy przewodu termopary

Firma Fluke zaleca stosowanie termopar dostarczonych z czujnikiem SolSensor, ale w przypadku stosowania innej termopary należy wybrać przewód termopary o stosunkowo małej średnicy (gauge), najlepiej nr 24 lub nr 30. Niektórzy użytkownicy wolą nr 24 ze względu na większą wytrzymałość i łatwość obsługi.

Istnieją różne powody, dla których warto użyć przewodów o mniejszej średnicy:

- Aby uzyskać dokładny pomiar temperatury, końcówka termopary musi mieć zapewniony stały i pewny kontakt z powierzchnią tylnej strony. Szczelina powietrzna pomiędzy termoparą a powierzchnią tylnej strony powoduje zaniżony odczyt temperatury. Zamocuj termoparę na miejscu za pomocą taśmy. Sztywny przewód termopary nie jest wystarczająco podatny, aby taśma była dobrym rozwiązaniem.
- Ponieważ przewody termopary o większej średnicy są cięższe, termopara nie może odpowiednio szybko reagować na zmiany temperatury powodowane przez wiatr lub zmiany charakterystyki promieniowania. W zmiennych warunkach opóźnienie pomiaru powoduje błąd pomiaru.
- Przewody termopary odprowadzają niewielkie ilości ciepła z dala od końcówki termopary. Ten odpływ ciepła powoduje niewielki spadek temperatury w materiale po tylnej stronie modułu, który ma niską przewodność cieplną.

Dobór końcówki termopary

Dostępne są różne typy końcówek. Prosta końcówka kulista to dobry wybór, ponieważ jest wytrzymała, niezawodna i ma stosunkowo niską masę, co umożliwia szybkie śledzenie zmian temperatury. Można również stosować końcówki o zmniejszonej masie z wbudowanymi paskami samoprzylepnymi, ale doświadczenie pokazuje, że przyrządy te łatwo ulegają uszkodzeniom.

Pomiar temperatury modułu fotowoltaicznego przy użyciu termometru na podczerwień

Niektóre rozwiązania pomiarowe wykorzystują pomiary temperatury modułu w podczerwieni. Takie podejście ma poważne ograniczenia.

Ponieważ termometr na podczerwień określa temperaturę poprzez wykrywanie energii promieniowania emitowanej przez mierzony obiekt, dokładność pomiaru temperatury zależy od dokładności dopasowania ustawień systemu sterującego pomiarem współczynnika emisji przez przyrząd do rzeczywistego współczynnika emisji obiektu. Współczynnik emisji materiału to miara jego względnej zdolności do emitowania energii przez promieniowanie. Jest to stosunek energii wypromieniowanej przez dany materiał do energii wypromieniowanej przez ciało czarne w tej samej temperaturze. Przy założeniu, że ciało doskonale czarne osiąga wartość $\epsilon = 1$, każdy rzeczywisty obiekt osiąga wartość $\epsilon < 1$. Mówiąc ogólnie, im bardziej matowy i ciemny jest dany materiał, tym bardziej jego współczynnik emisji zbliża się do wartości 1. Im bardziej odbłaskowy jest dany materiał, tym niższy ma współczynnik emisji. Dobrze wypolerowane srebro ma współczynnik emisji około 0,02.

Niektóre termometry na podczerwień pozwalają bezstopniowo regulować współczynnik emisji. W niektórych modelach dostępne jest tylko ustawienie wysokie/średnie/niskie, które ogranicza dokładność. W niektórych współczynnik emisji jest ustawiony fabrycznie i nie może być regulowany przez użytkownika.

Tylna strona modułu fotowoltaicznego nie ma takiego samego współczynnika emisji na całej powierzchni, dlatego należy dostosować ustawienia systemu sterującego pomiarem współczynnika emisji tak, aby odpowiadały parametrom powierzchni tylnej strony, lub zmienić współczynnik emisji powierzchni tylnej strony tak, aby pasował do ustawień przyrządu. Do uzyskiwania wysokiego współczynnika emisji powszechnie używana jest płaska czarna taśma izolacyjna. Zastosowanie tej techniki pozwala uzyskać współczynnik emisji na poziomie 1, a dzięki temu zadowalająco wysoką dokładność.

Jeśli nie używasz taśmy, możesz skalibrować przyrząd przy użyciu innej metody pomiaru, zwykle termopary przyklejonej po tylnej stronie tego samego ogniwa fotowoltaicznego (patrz wytyczne omówione wcześniej). Ustaw współczynnik emisji tak, aby wskazania temperatury pokrywały się. Pamiętaj, że to ustawienie współczynnika emisji jest kalibrowane tylko dla tego typu tylnej strony modułu.

Technik wykorzystujących podczerwień nie należy używać do pomiaru temperatury przedniej strony modułu. Szkło odbija ciepło innych obiektów, zwłaszcza słońca. Ponadto szkło może nie przepuszczać całkowicie sygnału przyrządu IR o określonej długości fali. W rezultacie wskazanie temperatury będzie w pewnym stopniu wynikiem zarówno pomiaru temperatury szkła, jak i pomiaru temperatury ogniwa fotowoltaicznego.

Określanie temperatury ogniwa na podstawie zmierzonej krzywej I-V.

Po wybraniu opcji **From I-V** (Na podstawie I-V) oprogramowanie oblicza równoważnik temperatury ogniwa na podstawie zmierzonej krzywej I-V. Opcja ta ma wiele zalet i wiele ograniczeń, ponieważ temperatura jest obliczana głównie na podstawie zmierzonej wartości V_{oc} , a uzyskana wartość temperatury to wartość wejściowa do modelu fotowoltaicznego i punkt modelu reprezentujący V_{oc} musi być zgodny ze zmierzoną wartością V_{oc} .

Opcja pomiaru temperatury **From I-V** (Na podstawie I-V) zapewnia następujące korzyści:

- Uzyskany wynik wartości temperatury reprezentuje średnią temperaturę ogniwa, czyli dokładnie tę wartość, która jest potrzebna w modelu fotowoltaicznym. Metoda prawidłowo uwzględnia zmienność temperatury w badanym module lub łańcuchu.
- Nie ma opóźnienia czasowego między pomiarem krzywej I-V a określeniem temperatury. Jest to przydatne, gdy temperatura modułu szybko się zmienia, ponieważ w takiej sytuacji opóźnienie czasowe przekłada się na błąd pomiaru temperatury. Gwałtowne zmiany temperatury mogą być powodowane przez zmieniające się zachmurzenie i silne podmuchy wiatru.
- Ponieważ przewidywana wartość V_{oc} (czerwony punkt po prawej stronie nałożony na wyświetlaną krzywą I-V) musi być zgodna z zmierzoną wartością V_{oc} , łatwiej zauważyć wszelkie odchylenia pomiędzy kształtami mierzonych i przewidywanych krzywych I-V.

Opcja pomiaru temperatury **From I-V** (Na podstawie I-V) ma również następujące ograniczenia:

- Model używany do określania temperatury na podstawie V_{oc} może być stosowany tylko przy stosunkowo intensywnym promieniowaniu. Przy niskiej intensywności promieniowania występuje istotny błąd w procesie wyliczania temperatury.
- Jeśli w badanym źródle energii fotowoltaicznej chociaż jedna dioda obejściowa jest zwarta lub przewodzi prąd, temperatura ogniwa obliczona przez oprogramowanie jest niższa niż rzeczywista. Ryzyko to można zmniejszyć, porównując wartości V_{oc} różnych badanych łańcuchów lub modułów. Wartości powinny być dość spójne. Jeśli pojedynczy łańcuch wykazuje odchylenie większe niż od 10 V do 12 V, może to znaczyć, że dioda obejściowa jest włączona lub zwarta.
- Wartość temperatury ogniwa obliczana metodą Na podstawie I-V jest wykorzystywana przez predykcyjny model fotowoltaiczny do obliczania oczekiwanej wartości V_{oc} . Użycie zmierzonej wartości do obliczenia oczekiwanej wartości ma przebieg kołowy i wymusza zgodność oczekiwanej wartości V_{oc} ze zmierzoną wartością.

Pomiar temperatury po tylnej stronie modułu fotowoltaicznego przy użyciu termopary

Do pomiaru po tylnej stronie modułu firma Fluke zaleca używanie ustawienia SmartTemp oraz jednej termopary lub dwóch termopar. Metoda SmartTemp wykorzystuje połączenie opcji **From I-V** (Na podstawie I-V) i termopary po tylnej stronie, co pozwala najlepiej wykorzystać zalety każdej z nich i jednocześnie uniknąć ich największych ograniczeń. Połączenie zmienia się w zależności od promieniowania:

- Przy wartościach promieniowania $<400 \text{ W/m}^2$ temperatura jest odczytywana przez termoparę po tylnej stronie.
- Przy wartościach promieniowania $>800 \text{ W/m}^2$ temperatura jest obliczana metodą **From I-V** (Na podstawie I-V).
- Przy wartościach promieniowania w zakresie od 400 W/m^2 do 800 W/m^2 oprogramowanie progresywnie przechodzi między wynikami odczytu termopary i obliczania metodą Na podstawie I-V.

Strategia ta wykorzystuje metodę I-V przy intensywnym promieniowaniu, przy których jest najbardziej dokładna, a przy niskiej intensywności promieniowania opiera się na wskazaniach termopary po tylnej stronie, gdzie występuje stosunkowo niewielka różnica temperatury między tylną stroną modułu a ogniwem.

Jeśli oprogramowanie wykryje, że różnica temperatury wskazywanej przez termoparę i obliczanej metodą I-V przekracza 5°C, oprogramowanie wykorzystuje tylko wskazania termopary. Zmniejsza to prawdopodobieństwo wystąpienia błędów pomiaru temperatury spowodowanych brakiem modułu lub zwarciem diody obejściowej.

Interpretacja zmierzonych krzywych I-V.

Moduł, łańcuch lub zespół fotowoltaiczny ma charakterystyczną krzywą zależności prądu od napięcia: jest to *Krzywa I-V*. Krzywa I-V przedstawia rodzinę par prądowych i napięciowych, które charakteryzują działanie obwodu fotowoltaicznego, gdy wartości promieniowania i temperatury są odpowiednie. Modele matematyczne I-V Curve Tracer przewidują kształt tej krzywej dla tysięcy różnych modułów fotowoltaicznych w różnych konfiguracjach. Czasami kształt zmierzonej krzywej I-V znacznie odbiega od kształtu przewidywanego na podstawie modelu. Odchylenia te zawierają informacje o wydajności systemu fotowoltaicznego oraz ważne wskazówki, które pomagają rozwiązywać problemy związane z wydajnością. W tej części opisano najczęstsze wzorce odchylenia oraz ich najbardziej prawdopodobne przyczyny.

Dane wejściowe modelu fotowoltaicznego

Funkcje modelowania I-V Curve Tracer przewidują kształt krzywej I-V w celu porównania z wynikami pomiarów. Aby przewidywanie było prawidłowe, dane wejściowe modelu muszą być prawidłowe. Dane wejściowe modelu:

- Parametry modelu fotowoltaicznego zapisane w oprogramowaniu
- Liczba modułów fotowoltaicznych połączonych szeregowo
- Liczba modułów lub łańcuchów fotowoltaicznych mierzonych w układzie równoległym
- Długość i średnica przewodu pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a przyrządem I-V Curve Tracer.
- Promieniowanie
- Temperatura ogniwa fotowoltaicznego
- Azymut i nachylenie zespołu fotowoltaicznego
- Szerokość i długość geograficzna
- Informacje o dacie, godzinie, strefie czasowej i świetle dziennym

Terminologia używana w odniesieniu do krzywej I-V

Używane są następujące skróty:

I_{sc}	prąd zwarcia
I_{mp}	maks. prąd zasilania
V_{mp}	maks. napięcie zasilania
V_{oc}	napięcie obwodu otwartego
PF	współczynnik wydajności (PF, %) = $100 * (\text{zmierzone } P_{max} / \text{przewidywane } P_{max})$
FF	współczynnik wypełnienia = $I_{mp} * V_{mp} / (I_{sc} * V_{oc})$

Performance Factor (Współczynnik wydajności)

Współczynnik wydajności to najważniejszy wskaźnik wydajności układu fotowoltaicznego. Współczynnik wydajności to zmierzona wartość mocy maksymalnej podzielona przez przewidywaną (modelowaną) wartość mocy maksymalnej. Mieści się w zakresie od 0% do 100%.

Przewidywana maksymalna wartość mocy jest określana przez model fotowoltaiczny, który uwzględnia bieżące wartości promieniowania i temperatury. Oznacza to, że współczynnik wydajności ma znaczenie w szerokim zakresie promieniowania i temperatury. Podobnie jak w przypadku większości pomiarów wydajności zespołu fotowoltaicznego, porównanie jest dokładniejsze, jeśli poziomy promieniowania są wysokie. Pomiary wydajności wykonywane przy promieniowaniu niższym niż 400 W/m^2 nie pozwalają dobrze przewidywać działania łańcucha przy intensywnym promieniowaniu.

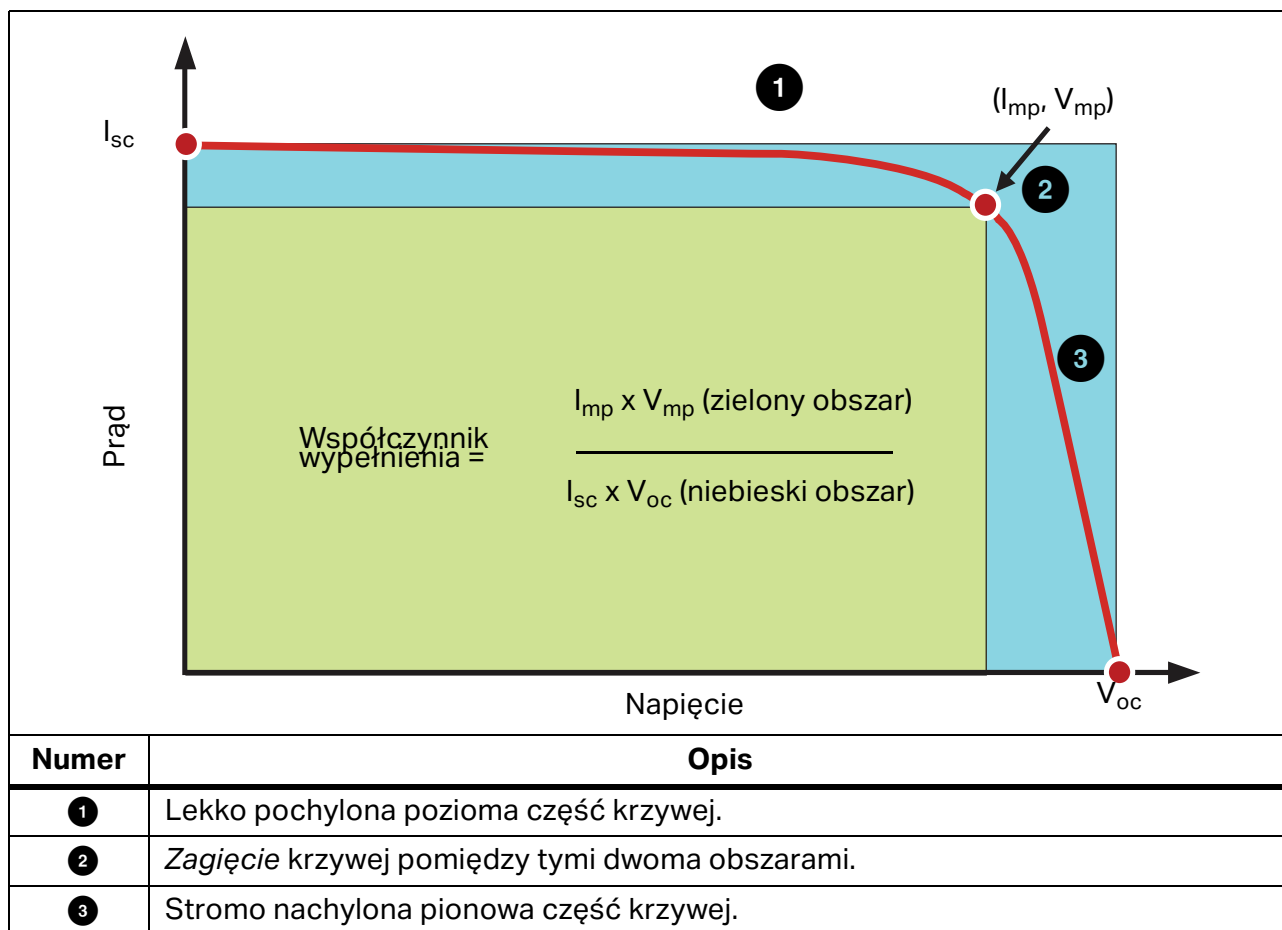
Jeśli łańcuch lub moduł fotowoltaiczny działa prawidłowo i nie jest zacieniony ani zabrudzony oraz jego sprawność nie jest obniżona wskutek długiego czasu eksploatacji, a pomiar jest wykonywany przy intensywnym promieniowaniu, zmierzony współczynnik wydajności zazwyczaj mieści się w zakresie od 90% do 100%. Jeśli promieniowanie jest stabilne, a temperatura zespołu fotowoltaicznego nie zmienia się szybko, zmierzone krzywe I-V łańcuchów powinny być bardzo spójne.

Współczynnik wypełnienia

Współczynnik wypełnienia to ważny wskaźnik prostokątności zagięcia krzywej I-V. Bardziej kwadratowe zagięcie oznacza większą zdolność do przekształcania światła słonecznego w energię elektryczną. Współczynnik wypełnienia jest definiowany przez trzy punkty na krzywej I-V, jak pokazano w [Tabela 18](#). Zakres współczynnika wypełnienia wynosi od 0 do 1,0. Im bardziej współczynnik wypełnienia zbliża się do wartości 1,0, tym bardziej kształt krzywej I-V zbliża się do idealnego prostokąta. Każda technologia fotowoltaiczna ma własny zakres nominalny wartości współczynnika wypełnienia, a każdy numer modelu modułu ma zwykle wąski zakres nominalny.

Współczynnik wypełnienia nie zmienia się znacznie przy zmianach intensywności promieniowania, jeśli promieniowanie jest intensywne, dlatego porównanie wartości współczynnika wypełnienia jest dobrym sposobem oceny spójności kształtów krzywej I-V przy zmiennym (ale intensywnym) promieniowaniu.

Tabela 18. Definicja współczynnika wypełnienia



Kształt prawidłowej krzywej I-V

Tabela 19 przedstawiono prawidłową krzywą I-V (ciągła czerwona linia), które stanowi punkt wyjścia niniejszej analizy. Przewidywany kształt krzywej I-V, określony na podstawie wbudowanego modelu fotowoltaicznego PVA, jest przedstawiony przez trzy czerwone kropki, reprezentujące I_{sc} , (I_{mp}, V_{mp}) i V_{oc} . Krzywa I-V przedstawia całą rodzinę punktów, które charakteryzują działanie obwodu fotowoltaicznego przy zmierzonych wartościach promieniowania i temperatury.

Normalna krzywa I-V ma gładki kształt z trzema odrębnymi sekcjami, patrz Tabela 18.

Na normalnej krzywej te trzy sekcje są gładkie i ciągłe. Kształt i położenie zagięcia zależy od technologii wykonania i producenta ogniwa.

Zdefiniowane są następujące trzy punkty modelu fotowoltaicznego, podane w Tabela 18 w porządku od lewej do prawej:

1. I_{sc} — pierwszy punkt, przy przewidywanym prądzie zwarcia I_{sc} .
2. M_{pp} — drugi punkt, przewidywany maksymalny punkt mocy I_{mp}, V_{mp} .
3. V_{oc} — trzeci punkt, przy przewidywanym napięciu w obwodzie otwartym V_{oc} .

Interpretacja krzywych I-V

Problemy z działaniem modułu lub łańcucha fotowoltaicznego powodują odchylenia między zmierzonymi i przewidywanymi krzywymi I-V. Istnieje sześć różnych typów odchylenia. Zostały wymienione poniżej i w [Tabela 19](#). Badane źródło energii fotowoltaicznej może nie wykazywać odchylenia, wykazywać jedno odchylenie albo kombinację dwóch lub więcej odchylenia.

Każde odchylenie krzywej I-V przedstawione w [Tabela 19](#) może mieć wiele różnych przyczyn.

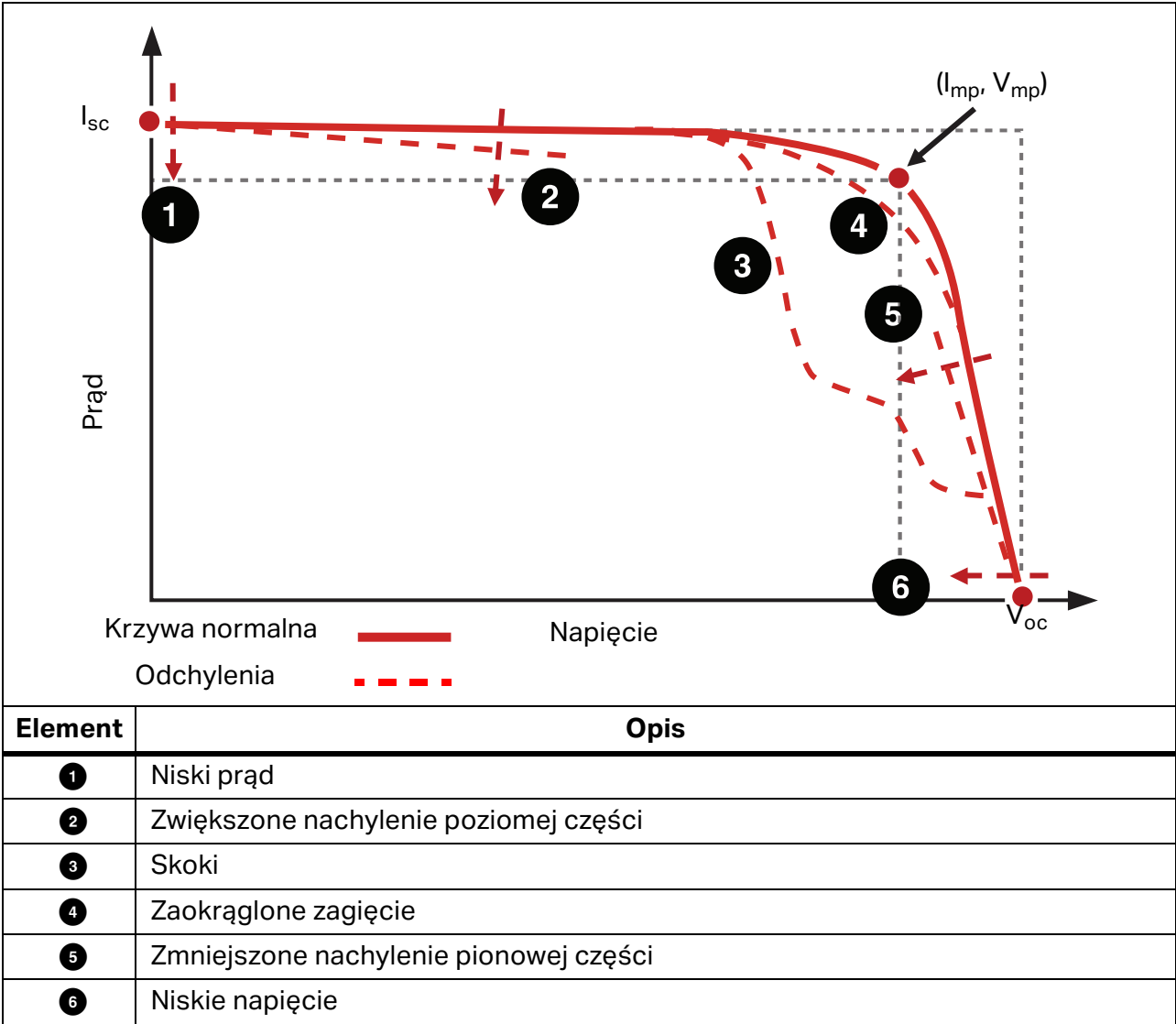
Uwaga

Odchylenia od przewidywanej krzywej I-V mogą być spowodowane fizycznymi problemami z badanym układem PV lub nieprawidłowościami pomiaru, takimi jak nieprawidłowe wartości modelu, ustawienia przyrządu lub połączenia pomiarowe. Aby zminimalizować problemy związane z pomiarem, należy wybrać właściwy moduł fotowoltaiczny z listy wbudowanych modułów fotowoltaicznych, dokładnie sprawdzić połączenie pomiarowe oraz upewnić się, że pomiary promieniowania są wykonywane w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego i możliwie jak najbardziej jednocześnie ze skanowaniem I-V.

Małe odchylenia między zmierzonymi i przewidywanymi krzywymi I-V są powszechne ze względu na niepewność związaną z pomiarami promieniowania i temperatury oraz fakt, że moduły fotowoltaiczne, nawet danego producenta i o tym samym numerze modelu, nie są identyczne. Zacienienie i zabrudzenia również mają wpływ, który nie jest uwzględniany w modelu fotowoltaicznym.

Poniżej omówiono potencjalne przyczyny znacznych odchylenia pomiędzy zmierzonymi i przewidywanymi krzywymi I-V.

Tabela 19. Odchylenia kształtu krzywej I-V.

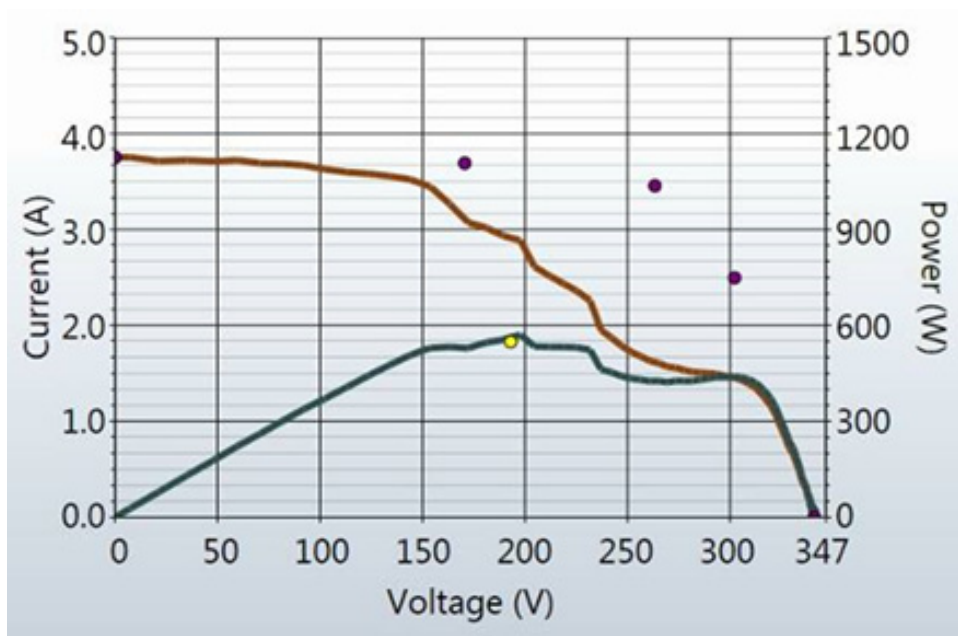
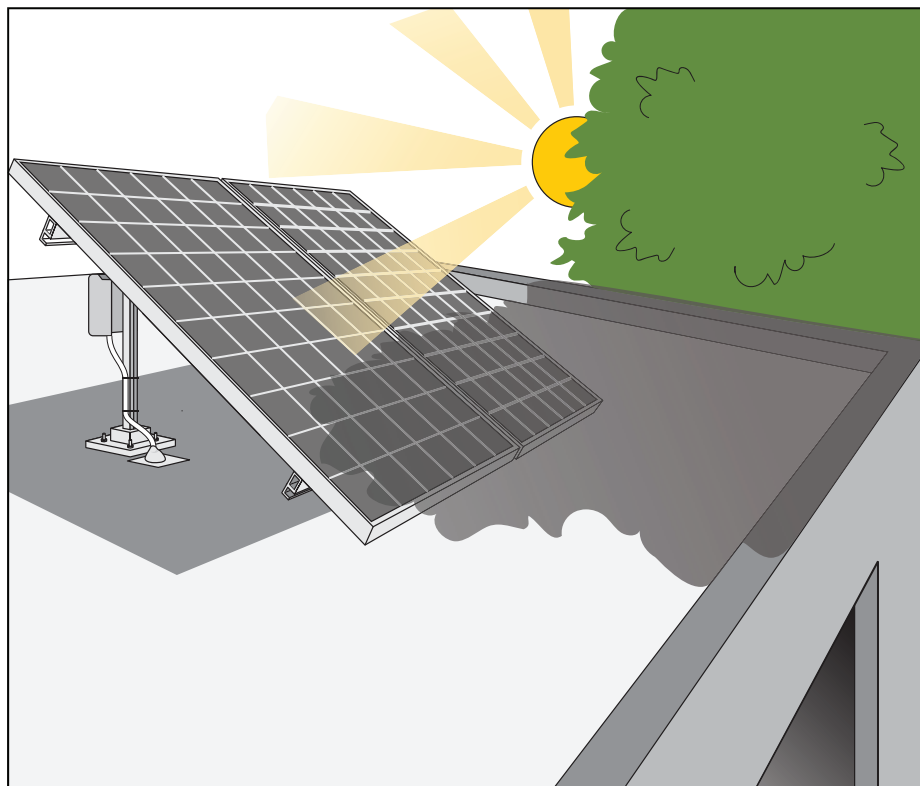


Zapadnięcia lub skoki

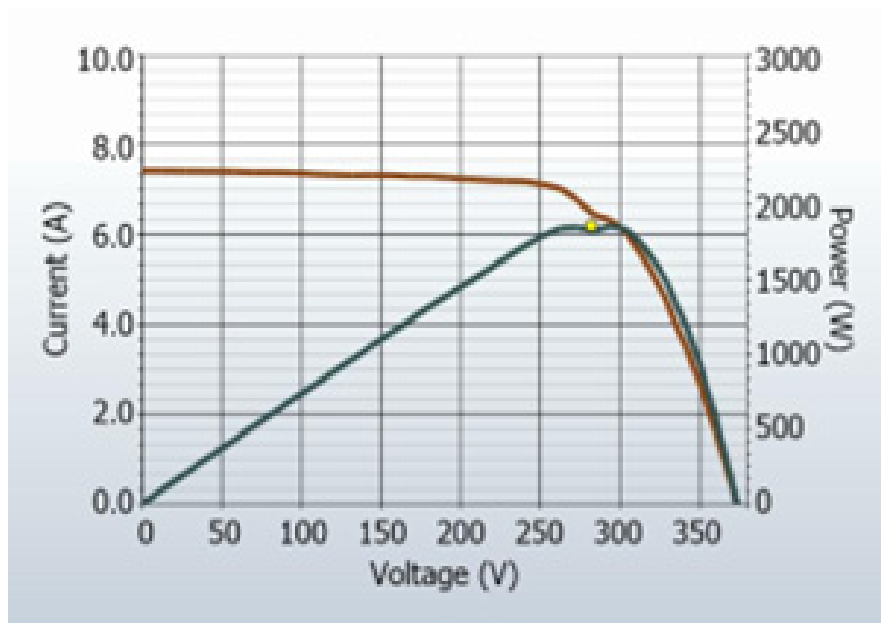
Zespół jest częściowo zacieniony lub nierównomiernie zabrudzony lub nagromadziły się na nim zanieczyszczenia

Przykłady tego typu odchyłeń przedstawiono na [Rysunek 15](#), [Rysunek 16](#) i [Rysunek 17](#).

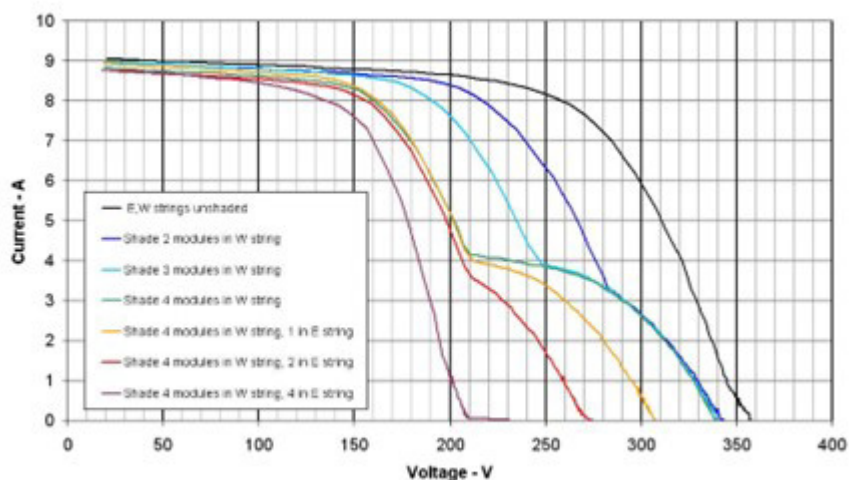
Rysunek 15. Wpływ częściowego zacienienia na krzywą I-V łańcucha



Rysunek 16. Wpływ cienia wizytówki umieszczonej na pojedynczym ogniwie w łańcuchu 15 180-watowych modułów.



Rysunek 17. Efekt zacieniania całych modułów w różnych kombinacjach



W pomiarach pojedynczych łańcuchów skoki sygnalizują niezgodne wartości prądu między modułami (lub grupami ogniw w modułach) badanego łańcucha. Powyższe ilustracje dotyczą zacienienia, ale niezgodność może mieć inne przyczyny. Zapadnięcia na krzywej I-V są związane z przewodzeniem diod obejściowych, chroniących poszczególne grupy ogniw w modułach, które nie są w stanie przewodzić pełnego prądu modułów i grup ogniw o większej mocy.

Potencjalne przyczyny skoków krzywej I-V zostały podsumowane poniżej, a następnie omówione bardziej szczegółowo:

- Zespół jest częściowo zacieniony lub nierównomiernie zabrudzony lub nagromadziły się na nim zanieczyszczenia.
- Mieszanka różnych modułów fotowoltaicznych o różnych specyfikacjach w jednym łańcuchu.
- Ogniwa fotowoltaiczne są uszkodzone.
- Zwarcie diody obejściowej (tylko w przypadku równoległego poprowadzenia przewodów pomiarowych).

Częściowe zacienienie ogniwa fotowoltaicznego obniża prąd tego ogniwa, co w przypadku braku diod obejściowych spowodowałoby obniżenie prądu w całym łańcuchu do tego poziomu. Na przykład, w przypadku lekkiego zacienienia jednego z 72 ogniw moduł 3 diod obejściowych zapewnia, że dioda obejściowa ogniwa przewodzi prąd wystarczający do utrzymania prądu łańcucha i że nie dojdzie do uszkodzenia osłabionego ogniwa. Bez diody obejściowej w osłabionym ogniwie pojawia się polaryzacja zaporowa, co może spowodować wygenerowanie napięcia grożącego przebiciem w stanie zaporowym i usterkę punktu dostępowego. Wpływ częściowego zacienienia na krzywą I-V polega na utworzeniu zapadnięcia. W pojedynczym łańcuchu PV głębokość skoku względem normalnej wysokości krzywej I-V pokazuje powagę bieżącej niezgodności, a szerokość skoku informuje o liczbie grup ogniw, których to dotyczy.

Ogniwa fotowoltaiczne są uszkodzone

Istnieją tryby awarii na poziomie ogniwa, które mogą obniżyć zdolność ogniwa do wytwarzania prądu. Ponadto pęknięcia w ogniwie mogą powodować izolowanie elektrycznych sekcji ogniwa. Ma to taki sam wpływ na krzywą I-V, jak zacienienie równoważnego obszaru prawidłowo działającego ogniwa.

Niski prąd

W tej części wymieniono potencjalne przyczyny, z powodu których zmierzona wartość I_{sc} jest wyższa lub niższa od przewidywanej.

Równomierne zabrudzenie

Efekt równomiernego zabrudzenia jest taki sam, jak przesłonięcia modułów fotowoltaicznych zasłoną do okien. Ogólny kształt krzywej I-V jest prawidłowy, ale niezależnie od napięcia prąd jest obniżony.

Pasma zanieczyszczeń

Pasma zanieczyszczeń o stałej szerokości na całej długości łańcucha również mogą obniżać prąd. Najczęstszym przykładem jest zespół o niskim nachyleniu z modułami ustawionymi pionowo. W miarę upływu czasu na dolnej krawędzi każdego modułu gromadzi się pasmo zanieczyszczeń. Gdy pasmo zanieczyszczeń sięgnie dolnego rzędu ogniw, zaczyna obniżać prąd. Jeśli pasmo zanieczyszczeń jest podobnie uformowane na wszystkich modułach, efekt jest podobny do równomiernego zabrudzenia.

Zużycie modułu

Obniżenie wydajności modułu fotowoltaicznego wskutek zużycia i wpływu warunków środowiskowych może obniżyć prąd. Proces zużycia zwykle przebiega powoli. Przed stwierdzeniem, że moduły uległy zużyciu, należy wykluczyć czynniki związane z techniką pomiaru, które mogą mieć wpływ na wysokość krzywej I-V.

Nieprawidłowy dobór modułu fotowoltaicznego do modelu fotowoltaicznego

Moduły fotowoltaiczne o podobnych numerach modeli fotowoltaicznych mogą mieć inne specyfikacje I_{sc} . Sprawdź, czy parametry modułu wybranego z listy dostępnych modułów odpowiadają parametrom podanym na tabliczce znamionowej z tyłu modułów fotowoltaicznych. Jeśli wiadomo, że zespół zawiera różne typy modułów fotowoltaicznych, może to przyczyniać się do zmian I_{sc} . Moduły mieszane mogą również powodować efekt niedopasowania i inną klasę odchylenia.

Wprowadzenie do modelu nieprawidłowej liczby łańcuchów fotowoltaicznych w układzie równoległym

Zmierzona wartość I_{sc} jest skalowana bezpośrednio do liczby łańcuchów w układzie równoległym. Sprawdź, czy do modelu wprowadzono prawidłową wartość oraz czy pomiar został zapisany w odpowiedniej gałęzi drzewa zespołu.

Zmiana promieniowania między pomiarem promieniowania i pomiarem I-V.

Opóźnienie czasowe między pomiarem promieniowania i pomiarem I-V może przekładać się na błąd pomiaru. Błąd jest największy, gdy warunki na niebie nie są stabilne (na przykład częściowe zachmurzenie) i używany jest ręczny czujnik promieniowania. Proces ustawiania czujnika ręcznego, zapamiętanie wartości i wprowadzenie wartości do oprogramowania PVA zajmuje znacznie więcej czasu niż zautomatyzowany proces używany przez czujnik SolSensor.

Czujnik promieniowania nie jest ustawiony w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego

Dokładność pomiaru promieniowania w bardzo dużym stopniu zależy od orientacji czujnika. Model I-V Curve Tracer zakłada, że czujnik promieniowania jest ustawiony w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Czujniki ręczne trudno dokładnie ustawić w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Aby sprawdzić, ile błędów może to spowodować, ustaw czujnik w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego i zanotuj wartość promieniowania. Następnie wymontuj czujnik, powtórz proces kilka razy w ciągu minuty, a następnie sprawdź spójność zapisanych wartości. Eksperyment ten działa tylko w stabilnych warunkach promieniowania.

Efekty albedo (odbicie)

Produkcja energii modułów fotowoltaicznych może być zwiększana w wyniku odbicia lub rozproszenia światła przez pobliskie budynki, samochody i inne powierzchnie (efekt albedo).

Układy fotowoltaiczne i czujniki promieniowania mogą wychwytywać znaczne ilości promieniowania odbitego od pobliskich powierzchni. Przykładami efektów albedo są odbicia od pobliskich powierzchni dachu, ścian budynku i innych układów fotowoltaicznych. Intensywność efektu albedo nie jest tak bardzo zależna od koloru powierzchni, jak mogłoby się wydawać. Nawet asfaltowa powierzchnia parkingu generuje intensywne odbicia.

Jeśli badany zespół znajduje się w środowisku zabudowanym, w którym występuje wiele powierzchni odbijających, nie można wyeliminować wpływu tego zjawiska. Można jedynie wybrać taką lokalizację czujnika promieniowania, która odzwierciedla typowe warunki promieniowania. Oczywiście pomiary krzywej I-V rejestrują efekty albedo. Jest to kolejny powód, aby ważne pomiary wydajności przeprowadzać podczas 4 okołopołudniowych godzin dnia, gdy efekty albedo prawdopodobnie będą mieć najmniejszy wpływ względem bezpośredniego promieniowania.

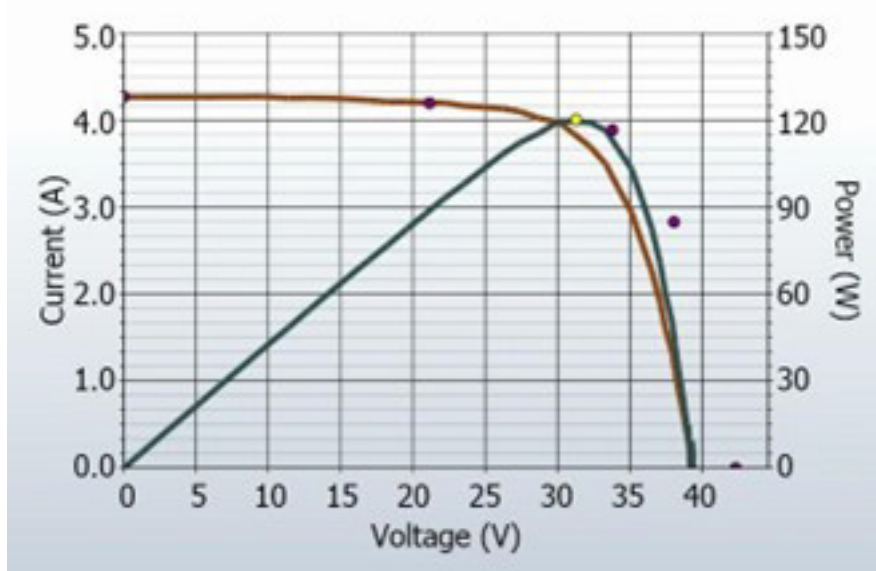
Ręczny czujnik promieniowania nie jest dokładny

Ręczne czujniki promieniowania różnią się znacznie dokładnością kalibracji, reakcją na światło padające pod nietypowym kątem oraz dopasowaniem widmowym do badanego zespołu fotowoltaicznego. Wszystkie te zmienne mają negatywny wpływ na dokładność.

Niskie napięcie

Przykład tego typu odchylenia przedstawiono na [Rysunek 18](#).

Rysunek 18. Pomiar przy wartości V_{oc} niższej niż przewidywana



Pomiar temperatury ogniwa fotowoltaicznego jest nieprawidłowy

V_{oc} modułu zależy od temperatury ogniw słonecznych. Wyższe temperatury powodują obniżenie V_{oc} . Słabe połączenie termiczne pomiędzy termoparą a tylną stroną modułu może być przyczyną błędnego pomiaru temperatury.

Ponadto, jeśli do czujnika SolSensor są podłączone dwie termopary i tylko jedna z nich jest podłączona do tylnej strony modułu, może to spowodować błąd pomiaru temperatury, ponieważ oprogramowanie uśrednia wskazania temperatury tych dwóch termopar.

Ważne jest również prawidłowe umieszczenie termopary. Musi znajdować się w miejscu, w którym będzie odczytywana średnia temperatura modułów. Unikaj krawędzi podstawy/zespołu fotowoltaicznego, ponieważ są chłodniejsze ze względu na lepszy obieg powietrza.

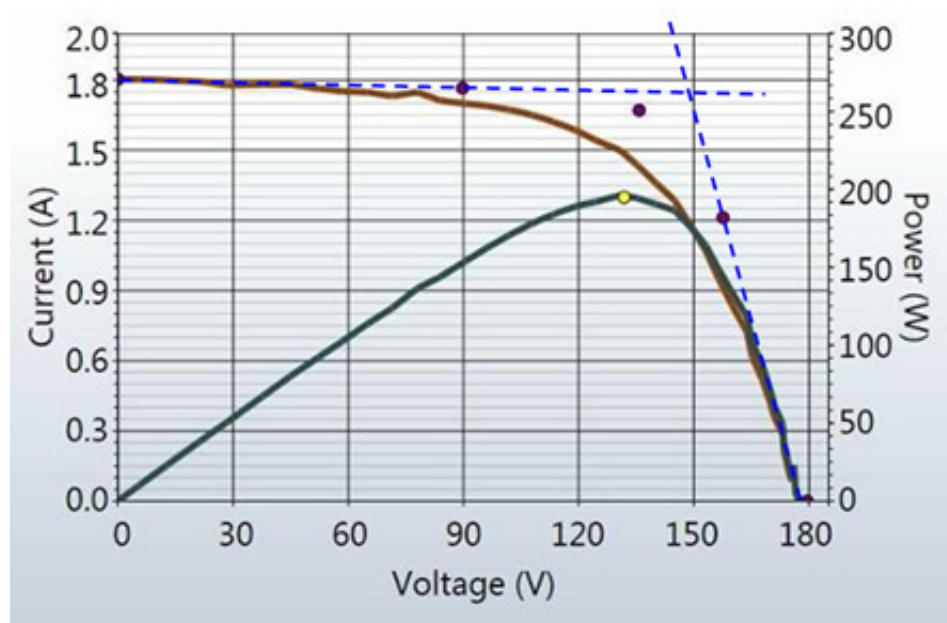
Co najmniej jeden z diod obejściowych jest zwarta

Jest to możliwa przyczyna przy pomiarach pojedynczych łańcuchów. Przy pomiarach łańcuchów w układzie równoległym powoduje to skok krzywej I-V.

Zaokrąglone zagięcie

Przykład tego typu odchylenia pokazano na [Rysunek 19](#).

Rysunek 19. Pomiar krzywej I-V w przypadku zagięcia bardziej zaokrąglonego niż prognozowane na podstawie modelu fotowoltaicznego

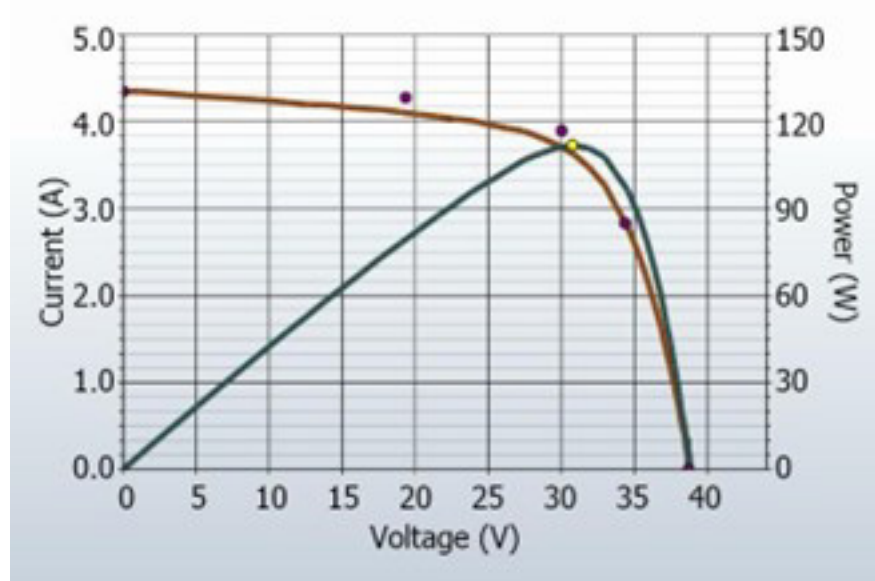


Zaokrąglenie zagięcia krzywej I-V może sygnalizować wpływ procesu starzenia. Efekt ten rzadko występuje samodzielnie, zwykle jest efektem ubocznym zmian nachylenia części krzywej.

Bardziej strome nachylenie części poziomej

Przykład tego odchylenia przedstawiono na [Rysunek 20](#).

Rysunek 20. Krzywa I-V z bardziej stromym nachyleniem w poziomej części krzywej I-V.



Pozioma część krzywej I-V może mieć bardziej strome nachylenie niż przewiduje model fotowoltaiczny. Potencjalne przyczyny tego odchylenia zostały podsumowane poniżej, a następnie omówione bardziej szczegółowo:

- Zmniejszające się zacienienie lub pasma zanieczyszczeń
- Niezgodność wartości I_{sc} modułu
- W ogniwach fotowoltaicznych występują ścieżki bocznikujące

Zmniejszające się zacienienie lub pasma zanieczyszczeń na wszystkich grupach ogniw

Zmniejszające się zacienienie lub pasma zanieczyszczeń na wszystkich grupach ogniw mogą powodować bardziej strome nachylenie poziomej części krzywej.

Zwiększona intensywność bocznikowania w ogniwach fotowoltaicznych

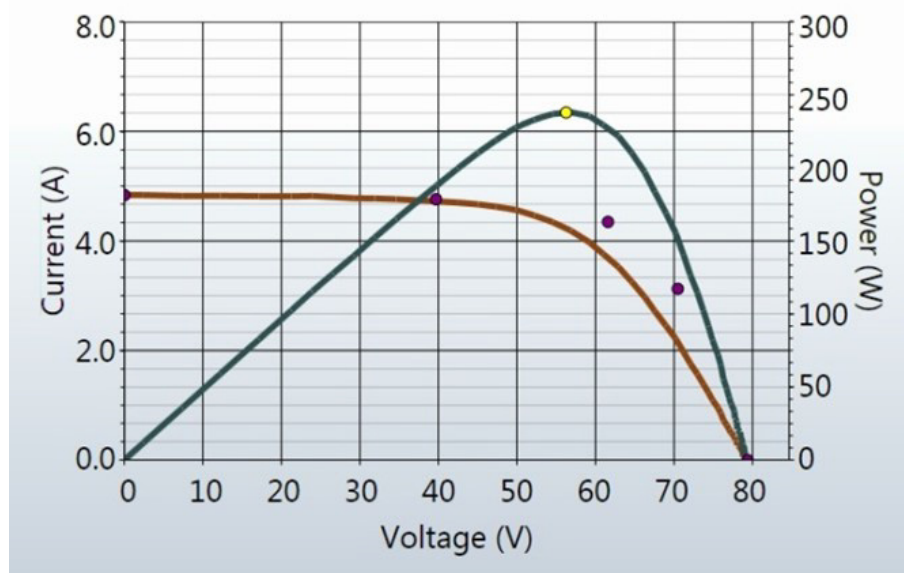
Bocznikowanie to przepływ prądu generowanego przez źródło fotowoltaicznej do tyłu przez złącze ogniwa. Jest to wewnętrzna pętla prądowa biegnąca do ogniwa i obniżająca prąd, który mógłby zwiększyć wydajność łańcucha. Bocznikowanie pewnych ilości prądu w ogniwie słonecznym to zjawisko normalne, które powoduje lekkie nachylenie poziomej części krzywej. Jeśli jednak odporność ogniw na efekt bocznikowania powoduje obniżenie wartości w całego zespołu, nachylenie poziomej części staje się bardziej strome.

Miejscowe uszkodzenia prowadzące do bocznikowania powodują miejscowe rozpraszanie ciepła i mogą być powodem szybszego zużycia termicznego ogniw i modułów.

Mniej strome nachylenie części pionowej

Przykład tego typu odchylenia przedstawiono na [Rysunek 21](#).

Rysunek 21. Pomiar przy mniejszym nachyleniu pionowej części krzywej I-V



Na nachylenie pionowej części krzywej I-V wpływa wartość wewnętrznej rezystancji szeregowej w modułach fotowoltaicznych i okablowaniu zespołu fotowoltaicznego. Zwiększona rezystancja powoduje mniej strome nachylenie i niższy współczynnik wypełnienia.

Potencjalne przyczyny zostały podsumowane poniżej, a następnie omówione bardziej szczegółowo:

- Zbyt duża rezystancja lub zbyt mała średnica przewodów PV.
- Połączenia elektryczne w zespole mają wysoką rezystancję.
- Zwiększona rezystancja szeregowa modułów fotowoltaicznych.

Zbyt duża rezystancja przewodów PV

Podczas konfiguracji projektu w oprogramowaniu użytkownik wprowadza długość i średnicę zewnętrznych przewodów powiązanych z łańcuchem, najczęściej stosowanych w okablowaniu biegnącym od zespołu do skrzynki łączeniowej. Podczas pomiarów model fotowoltaiczny wykorzystuje te informacje do uwzględnienia spodziewanego spadku napięcia i mocy w tym zewnętrznym okablowaniu, aby nie był łączony z wydajnością modułów fotowoltaicznych. Długość przewodu nie uwzględnia długości przewodów samych modułów. Duża różnica między wprowadzoną a rzeczywistą długością przewodu może generować nadmierną wartość rezystancji. Na przykład przewód (1-kierunkowy) o długości 152,5 m i rozmiarze 10 powoduje wzrost rezystancji szeregowej o około 1 Ω . Zmniejszy to nachylenie pionowej części przewidywanej krzywej I-V w pobliżu V_{oc} .

Rezystancja przewodów pomiarowych przyrządu I-V Curve Tracer jest bardzo niska i można ją pominąć.

Połączenia elektryczne w zespole mają wysoką rezystancję

Połączenia elektryczne w dowolnym miejscu ścieżki przepływu prądu mogą zwiększyć rezystancję obwodu. Upewnij się, że złącza pomiędzy modułami są całkowicie wsunięte i mają dobre połączenie. Sprawdź również układy pod kątem oznak korozji w skrzynkach łączeniowych i łącznikach.

Zwiększona rezystancja szeregowa modułów fotowoltaicznych

Niektóre procesy towarzyszące zużyciu mogą powodować wzrost rezystancji szeregowej danego modułu. Korozja metalowych styków w złączach modułu, w skrzynce połączeniowej modułu lub na złączach między ogniwami może powodować wzrost rezystancji szeregowej.

Rozwiązywanie problemów związanych z układami fotowoltaicznymi

Artykuł ze szczegółowymi informacjami na temat interpretacji odchyleń krzywej I-V zawarto w artykule poświęconym SolarPro, *Krzywe I-V układów fotowoltaicznych — interpretowanie odchyleń zapisu*.

Przekładanie danych I-V na standardowe warunki testowe

Oprogramowanie udostępnia funkcję przekładania wyświetlanej krzywej I-V na standardowe warunki testowe (STC) 1000 w/m² i 25 °C. Oprogramowanie przekłada również kluczowe parametry wydajności w **Table** (tabeli) Widok (karta).

Podstawowym zastosowaniem tych funkcji jest analiza danych I-V zebranych podczas oddawania zespołów fotowoltaicznych do eksploatacji w skali komercyjnej. Ponieważ pomiary te są zwykle wykonywane w 4-godzinny przedział czasu, w którym słońce znajduje się najbliżej zenitu, krzywe I-V z pomiarów odzwierciedlają zmiany w promieniowaniu i temperaturze ogniw mające miejsce w tym przedziale czasu. Funkcje przekładania usuwają te efekty w pierwszej kolejności, ponieważ przekładają kluczowe parametry wydajności uzyskane z krzywych I-V na warunki STC. Szybkie zmiany promieniowania i temperatury, powodowane przez szybko poruszające się chmury, będą trudne do dokładnego skorygowania, dlatego do uzyskania wysokiej jakości wyników trzeba wykorzystać pogodne dni.

Przełożenie wprowadza błąd proporcjonalny do zakresu przełożenia. Należy wziąć to pod uwagę podczas oceny spójności wydajności w całego układu łańcuchów fotowoltaicznych.

Definicje parametrów

Definicje te pochodzą z opracowania Sandia PV Array Model (D. L. King):

I_{sc} = prąd zwarcia (A)

I_{mp} = prąd w punkcie maksymalnej mocy (A)

V_{mp} = napięcie w punkcie maksymalnej mocy (V)

V_{oc} = napięcie obwodu otwartego (V)

P_{mp} = moc w punkcie maksymalnej mocy (W)

$\alpha_{I_{sc}}$ = znormalizowany współczynnik temperatury dla I_{sc} (%/°C). Parametr ten jest *normalizowany* przez podzielenie zależności temperaturowej (A/°C), zmierzonej dla określonego standardowego widma słonecznego i poziomego promieniowania słonecznego, przez prąd zwarcia modułu w standardowym stanie odniesienia, I_{sc0} . Użycie tych jednostek (%/°C) powoduje, że wartość ta jest taka sama dla poszczególnych modułów i dla łańcuchów modułów w układzie równoległym.

$\alpha_{I_{mp}}$ = znormalizowany współczynnik temperatury dla I_{mp} (%/°C). Wartość jest znormalizowana w taki sam sposób, jak $\alpha_{I_{sc}}$.

$\beta_{V_{oc}}$, (%/°C) = współczynnik temperatury dla napięcia otwartego obwodu modułu.

$\gamma_{m_{pp}}$, (%/°C) = współczynnik temperatury dla maksymalnego napięcia punktu zasilania modułu.

T_c = Temperatura ogniw wewnątrz modułu w °C. Ta wartość to wynik pomiaru temperatury modułu powierzchni tylnej i dodania różnicy temperatur (zwykle od 2 do 3 stopni, w zależności od poziomu promieniowania).

Równania przekładania

Używany tutaj podstawowy model przekładania sprawia, że stosowane są następujące przybliżenia:

Wartość P_{mp} jest proporcjonalna do E , promieniowania

Wartość I_{mp} nie zależy od temperatury

Wartość V_{mp} nie zależy od E .

Wartość P_{mp} zmienia się w zależności od temperatury zgodnie z γ_{mpp} . (wartości pobrane z arkusza danych)

Wartość V_{oc} jest niezależna od E .

Mając na uwadze te przybliżenia, przyjmujemy następujące założenia:

Wartość I_{sc} jest skalowana bezpośrednio względem E i temperatury.

Wartość V_{oc} zmienia się liniowo w zależności od temperatury, zgodnie z β_{Voc} .

Wartość P_{mp} jest skalowana względem E i zmienia się w zależności od temperatury zgodnie z γ_{mpp}

Wartość V_{mp} zmienia się wraz z temperaturą wyłącznie w zależności od γ_{mpp} , ponieważ wartość α_{Imp} jest znacznie mniejsza niż α_{Isc} i zakłada się, że wynosi zero.

Równania przekładania są następujące, gdy wskaźniki dolne są zdefiniowane jako m (meas) = zmierzone, a t (trans) = przełożone:

$$I_{sctrans} = I_{scmeas} * (E_{trans} / E_{meas}) / (1 + (\alpha_{Isc}/100) * (T_{meas} - T_{trans}))$$

$$V_{octrans} = V_{ocmeas} / (1 + (\beta_{Voc}/100) * (T_{meas} - T_{trans}))$$

$$I_{mptrans} = I_{mpmeas} * (E_{trans} / E_{meas})$$

$$V_{mptrans} = V_{mpmeas} / (1 + (\gamma_{mpp}/100) * (T_{meas} - T_{trans}))$$

$$P_{mptrans} = P_{mpmeas} * [E_{trans} / E_{meas}] / (1 + (\gamma_{mpp}/100) * (T_{meas} - T_{trans}))$$

Konserwacja

Czyszczenie przyrządu

Przestroga

Aby nie doszło do uszkodzenia produktu, nie wolno używać rozpuszczalników ani środków czyszczących. Płynny te mogą uszkodzić przyrząd.

Aby wyczyścić I-V Curve Tracer, zewnętrzną obudowę czujnika SolSensor i przewody pomiarowe, wyłącznie przetrzyj je wilgotną szmatką i łagodnym detergentem.

Czyszczenie czujnika promieniowania SolSensor

Przestroga

Aby nie doszło do uszkodzenia czujnika promieniowania słonecznego, do czyszczenia czujnika nie wolno używać rozpuszczalników ani środków czyszczących. Płynny te mogą spowodować mikropęknięcia materiału i zmniejszyć dokładność pomiaru promieniowania. Używać wyłącznie wody destylowanej i miękkiej szmatki. W skład wyposażenia standardowego wchodzi miękka ściereczka z mikrofibry i butelka z rozpylaczem wody destylowanej.

Czyszczenie czujnika promieniowania:

1. Przechyl SolSensor na bok tak, aby czujnik promieniowania był ustawiony poziomo.
2. Spryskaj białą tarczę akrylową drobną mgiełką wody destylowanej.
3. Odczekaj, aż nadmiar wody spłynie, zabierając ze sobą kurz i brud.
4. Osusz białą tarczę akrylową miękką, czystą, suchą szmatką. Nie używaj mydła, roztworów chemicznych ani ściereczek o właściwościach ściernych.

Utylizacja produktu

Produkt należy utylizować w sposób profesjonalny i przyjazny dla środowiska. Przyrząd z wbudowanym akumulatorem należy umieścić w całości w koszu na odpady elektryczne.

Rozwiązywanie problemów związanych z działaniem oprogramowania PVA

W tej części opisano czynności, które należy wykonać w celu rozwiązania problemów związanych z działaniem oprogramowania. Nie uwzględniono tu rozwiązywania problemów związanych z rzeczywistymi systemami fotowoltaicznymi.

Wskazówki dotyczące konfiguracji systemu Windows pod kątem zgodności z oprogramowaniem oraz rozwiązywania problemów związanych z systemem Windows można znaleźć na stronie produktu na stronie internetowej firmy Fluke.

Rozwiązywanie problemów związanych z komunikatami o stanie

Głównym narzędziem do rozwiązywania problemów związanych z działaniem oprogramowania jest wskaźnik stanu, wyświetlany w prawym górnym rogu ekranu nad przyciskiem **Measure Now** (Zmierz teraz). Patrz, na przykład, zielony komunikat **Ready** (Gotowe) w [Tabela 7](#). Patrz [Tabela 20](#).

 Ostrzeżenie

Aby nie doszło do porażenia prądem, pożaru, odniesienia obrażeń ciała lub śmierci, należy zwracać uwagę na wskaźnik stanu w prawym górnym rogu oprogramowania. Kliknij wskaźnik stanu w dowolnym stanie, aby uzyskać więcej informacji na temat stanu. Pamiętaj, że obwody fotowoltaiczne nadal stwarzają ryzyko porażenia prądem, niezależnie od stanu aktywności, wstrzymania lub wyłączenia modułu pomiarowego I-V.

Tabela 20. Komunikaty o stanie

Komunikat o stanie	Opis
Gotowe	Nawiązano połączenie bezprzewodowe z przyrządem I-V Curve Tracer i przyrząd może teraz wykonać pomiar.
Inicjalizacja	Nawiązano połączenie z I-V Curve Tracer i oprogramowanie inicjuje przyrząd.
Wykonywanie pomiaru	I-V Curve Tracer jest w trakcie przetwarzania żądania pomiaru i wykonywania pomiaru I-V.
Wyłączone	I-V Curve Tracer wyłączył się samoczynnie, ponieważ wykrył jeden z poniższych warunków. Kliknij komunikat Disabled (Wyłączone) i postępuj zgodnie z instrukcjami. Patrz Przegląd oprogramowania. Napięcie akumulatora modułu pomiarowego I-V jest zbyt niskie: Poziom naładowania akumulatora jest krytycznie niski, I-V Curve Tracer zostanie wyłączony. Przed ponownym użyciem naładuj akumulator. Wykryto prąd przekraczający xxA: Przekroczono maksymalny dopuszczalny prąd wejściowy. Jeśli będziesz mierzyć łańcuchy w układzie równoległym, zmniejsz liczbę łańcuchów w układzie równoległym. Wykryto zbyt wysokie napięcie: Przekroczono maksymalne dopuszczalne napięcie. Jeśli przekroczenie napięcia jest znaczne, oprogramowanie również trwale wyłącza przyrząd I-V Curve Tracer. Ten warunek wymaga zwrócenia I-V Curve Tracer do fabryki w celu sprawdzenia i naprawy. Moduł pomiarowy I-V jest zbyt gorący: Temperatura wewnętrzna przyrządu I-V Curve Tracer jest zbyt wysoka i obwód zabezpieczający wyłączył przyrząd. Umieść I-V Curve Tracer w chłodniejszym miejscu, poza zasięgiem bezpośredniego światła słonecznego. Poczekaaj, aż temperatura spadnie. Impuls przeciążenia prądowego: Wykryto impuls przeciążenia prądowego o znacznej wartości. Upewnij się, że falownik lub inne części zespołu fotowoltaicznego nie zostały przypadkowo podłączone podczas pomiaru. Ponadto niektóre moduły fotowoltaiczne o wysokiej sprawności generują wysoki prąd rozruchowy. Nie wolno używać PVA-1500T2 do pomiaru tego typu modułów w układzie równoległym ani łańcuchów modułów o wysokiej wydajności, które mają wartość >10 A.

Tabela 20. Komunikaty o stanie (ciąg dalszy)

Komunikat o stanie	Opis
Wstrzymano	Działanie I-V Curve Tracer I-V zostało tymczasowo wstrzymane, ponieważ naciśnięto przycisk LED. Jest to normalny etap działania I-V Curve Tracer. W tym stanie połączenia źródła energii fotowoltaicznej mogą zostać zmienione bez przerywania pomiaru. Aby powrócić do normalnego stanu, ponownie naciśnij przycisk LED.
Wyszukiwanie modułu I-V	Komputer i oprogramowanie nie połączyły się jeszcze z punktem dostępu Wi-Fi utworzonym przez I-V Curve Tracer. Przycisk LED modułu I-V miga szybko, gdy przyrząd nie jest połączony z oprogramowaniem komputera przez sieć Wi-Fi. Upewnij się, że moduł I-V jest włączony i znajduje się w zasięgu sieci bezprzewodowej.
Brak połączenia Wi-Fi	Karta sieciowa Wi-Fi komputera jest wyłączona. Włącz kartę sieciową Wi-Fi i nawiąż połączenie z punktem dostępu PVA1500_yyyyyy.

Usuwanie usterek na podstawie objawów

Tabela 21 przedstawiono objawy oraz procedury rozwiązywania problemu.

Tabela 21. Usuwanie usterek na podstawie objawów

Objaw lub komunikat	Opis i sposób naprawy
Na obszarze wyświetlacza powiązanym z czujnikiem SolSensor wyświetlany jest komunikat <i>searching for SolSensor</i> (wyszukiwanie SolSensor) lub znak ----	W przypadku czujnika SolSensor te komunikaty pojawiają się w obszarze wyświetlania danych dotyczących czujnika SolSensor, gdy czujnik SolSensor nie ma bezprzewodowego połączenia z modułem I-V. Upewnij się, że czujnik SolSensor jest włączony i znajduje się w zasięgu sieci bezprzewodowej. Przeszkody na drodze komunikacji mogą zmniejszyć zasięg sieci bezprzewodowej. Jeśli czujnik SolSensor nadal nie może się połączyć, wykonaj twardy reset czujnika SolSensor i modułu I-V. Naciśnij i przytrzymaj przycisk zasilania na każdym przyrządzie przez co najmniej 6 sekund. Możliwe jest również, że czujnik SolSensor nie jest prawidłowo sparowany z modułem I-V. Każdy czujnik SolSensor jest fabrycznie sparowany z modułem I-V dostarczonym z czujnikiem SolSensor. Jeśli czujnik SolSensor jest nowy i nigdy nie był sparowany z modułem I-V lub sparowanie zostało utracone, można przywrócić sparowanie z modułem I-V, wykonując kroki opisane w części Stany robocze w Tabeli 3.
Komunikacja z modułem pomiarowym I-V lub czujnikiem SolSensor zostaje na krótko przerwana	Między przyrządem I-V Curve Tracer a komputerem mogą wystąpić chwilowe zakłócenia. Jeśli połączenie nie zostanie przywrócone w ciągu 2 minut, być może znajdujesz się poza zasięgiem sieci bezprzewodowej. Komunikacja z czujnikiem SolSensor może również zostać na krótko przerwana, ale powinna zostać natychmiast przywrócona, jeśli SolSensor i I-V Curve Tracer znajdują się w zasięgu łączności bezprzewodowej. Jeśli moduł I-V nie jest połączony bezprzewodowo z komputerem, oprogramowanie wyświetli komunikat Searching for SolSensor (Wyszukiwanie SolSensor), ponieważ czujnik SolSensor komunikuje się z komputerem poprzez I-V Curve Tracer.

Tabela 21. Usuwanie usterek na podstawie objawów (ciąg dalszy)

Objaw lub komunikat	Opis i sposób naprawy
Zapisywanie pomiarów trwa dłużej niż zwykle	Prędkość zapisu pomiaru zależy od liczby wybranych punktów zapisu I-V. W przypadku większości prac należy użyć 100 punktów, a gdy wymagana jest wysoka rozdzielczość, 500 punktów. Rozdzielczość można zmniejszać lub zwiększać w dowolnym momencie realizacji projektu. Element sterujący rozdzielczością znajduje się w menu Utility (Przyrząd). Na minimalny czas między pomiarami I-V Curve Tracer wpływa również napięcie obwodu otwartego badanych łańcuchów. Patrz Tabela 5.
Krzywa I-V nie sięga w dół do osi X	Ten rodzaj zapisu może pojawić się, jeśli mierzysz krzywą I-V z dużym skokiem prądu.
W zapisie występują zakłócenia	Zaszumione krzywe I-V mogą być wynikiem niskiej intensywności promieniowania, zwłaszcza w przypadku technologii PV o niskim prądzie zwarcia. Aby uzyskać najlepsze rezultaty, pomiary stałych zespołów wykonaj w godzinach maksymalnego promieniowania. Łańcuchy niskoprądowych modułów I_{sc} mogą być badane w układzie równoległym w celu uzyskania większego prądu i zmniejszenia hałasu. W rzadkich przypadkach w danych krzywej I-V mogą pojawić się skoki prądu, zwłaszcza w pobliżu V_{oc}. Może to sygnalizować problem związany z modułami lub przewodami, np. usterkę łuku.
Krzywa I-V spada do wartości prądu zerowego w co najmniej jednym punkcie	Ten stan może wystąpić w przypadku niestabilnego połączenia elektrycznego w mierzonym obwodzie PV. Nie jest to problem związany z I-V Curve Tracer. Krok po kroku odłączaj moduły i kable od obwodu źródła energii fotowoltaicznej, aby zlokalizować niestabilne połączenie.
Prąd zwarcia jest o wiele wyższy lub niższy od przewidywanego w modelu	Upewnij się, że czujnik promieniowania jest zamontowany w płaszczyźnie zespołu fotowoltaicznego. Sprawdź, czy na zespole nie ma zabrudzeń. Upewnij się, że szerokość i długość geograficzna oraz azymut zostały prawidłowo wprowadzone na ekranie Site Info (Informacje o zakładzie) oraz że data i godzina komputera są prawidłowo ustawione. Jeśli używany jest system nadążny, upewnij się, że we właściwościach witryny projektu PVA w oprogramowaniu jest prawidłowo ustawiony azymut zespołu fotowoltaicznego w godzinach porannych.

Tabela 21. Usuwanie usterek na podstawie objawów (ciąg dalszy)

Objaw lub komunikat	Opis i sposób naprawy
Komunikat Unstable Voltage (Niestabilne napięcie)	Przed skanowaniem PVA mierzy wartość V_{oc} 10 razy, aby uzyskać średnią wartość. Jeśli występuje duża zmienność wartości z tych 10 pomiarów, oprogramowanie wyświetla ostrzeżenie. Sprawdź wszystkie połączenia w pętli pomiarowej pod kątem poluzowania.
Nie można włączyć I-V Curve Tracer	Sprawdź, czy I-V Curve Tracer jest naładowany.
Prąd zerowy na całej krzywej I-V	I-V Curve Tracer zawiera bezpiecznik termiczny, który przerywa obwód, gdy temperatura we wnętrzu I-V Curve Tracer przekroczy 85°C. Jest to rzadka sytuacja, ponieważ oprogramowanie jest zaprogramowane tak, aby uniemożliwić wykonywanie pomiarów, gdy temperatura wewnętrzna przekroczy około 72°C. Jeśli jednak bezpiecznik termiczny zadziała, nieodwracalnie wyłączy I-V Curve Tracer i przyrząd musi zostać przesłany do fabryki. Jeśli podejrzewasz, że miało to miejsce, skontaktuj się z firmą Fluke. Patrz Kontakt z firmą Fluke .

Więcej informacji na temat rozwiązywania problemów można znaleźć na ulotce dostarczonej z produktem, dostępnej również pod adresem fluke.com.