

**PVA-1500HE2/PVA-1500T2/
SolSensor-300V3**
Solmetric I-V Curve Tracer Kit

사용 설명서

제한적 품질 보증 및 배상 책임의 제한

모든 Fluke 제품은 정상적으로 사용하고 정비하는 한, 재료와 제작상에 하자가 없음을 보증합니다. 품질 보증 기간은 선적일로부터 1 년입니다. 부품, 제품 수리 및 서비스는 90 일 동안 보증됩니다. 이 보증은 원 구매자 또는 공인 Fluke 판매점의 최종 고객에게만 적용되며, 퓨즈, 일회용 배터리 또는 오용, 개조, 부주의한 취급, 오염, 사고 또는 비정상 상태에서의 작동 및 취급에 기인한 손상은 포함되지 않습니다. Fluke 는 90 일 동안 소프트웨어가 기능적 사양에 따라 작동할 것과 결함없는 매체에 올바르게 기록되었음을 보증합니다. Fluke 는 소프트웨어가 오류나 중단 없이 작동할 것을 보증하지 않습니다.

공인 Fluke 판매점은 최종 고객에 한해 신제품에 대해 이 보증을 제공할 수 있지만 그 외의 어떤 보증도 Fluke 를 대신하여 추가로 제공할 수 없습니다. Fluke 의 공인 판매처에서 제품을 구입했거나 합당한 국제 가격을 지불한 경우에만 품질 보증 지원을 받을 수 있습니다. Fluke 는 제품을 구입한 국가가 아닌 다른 국가에서 서비스를 요청할 경우 구매자에게 수리 / 교체 부품 수입 비용을 청구할 권리를 보유합니다.

Fluke 의 품질 보증 책임은 보증 기간 내에 Fluke 서비스 센터에 반환된 결함 있는 제품에 한해 Fluke 의 결정에 따라 구입가 환불, 무상 수리 또는 결함 제품 대체에 한정됩니다.

품질 보증 서비스를 받으려면 가까운 Fluke 서비스 센터에 문의하여 인증 정보를 받은 다음, 문제점에 대한 설명과 함께 해당 서비스 센터로 제품을 보내시기 바랍니다. 이 때 운송료 및 보험료를 사용자가 선불 (도착항 본선 인도) 해야 합니다. Fluke 는 운송 시 발생하는 손상에 대해서는 책임을 지지 않습니다. 보증 수리가 끝난 제품은 운송료 발신자 부담으로 (도착항 본선 인도) 구매자에게 반송됩니다. 제품에 지정된 정격 전압을 준수하지 않아서 생긴 과압 고장이나 정상적인 기계 부품의 마모로 인해 생긴 고장을 포함해서 부주의한 취급, 오용, 오염, 개조, 사고 또는 부적절한 상태에서의 작동이나 취급으로 인해 고장이 발생했다고 Fluke 가 판단한 경우 Fluke 는 수리비 견적을 내서 고객의 허가를 받은 후 작업을 시작합니다. 수리 후, 제품은 구매자에게 반송될 것이며 수리 비용과 반환 운송료 (FOB 발송지) 는 구매자에게 청구될 것입니다.

본 보증서는 구매자의 독점적이고 유일한 구제 수단이며 다른 모든 보증과 특정 목적에의 적합성과 같은 여타의 명시적, 암시적 보증을 대신합니다. Fluke 는 데이터 손실을 포함한 특별한, 간접적, 부수적 또는 결과적인 손상이나 손실에 대해서는 그것이 어떠한 원인이나 이론에 기인하여 발생하였든 책임을 지지 않습니다.

암시된 보증 또는 우발적 또는 결과적인 손상을 제외 또는 제한하는 것을 금지하는 일부 주나 국가에서는 이러한 배상 책임의 제한이 적용되지 않을 수도 있습니다. 만일 본 보증서의 일부 조항이 관할 사법 기관의 의사 결정권자나 법원에 의해 무효 또는 시행 불가능하게 되었다 해도 그 외 규정의 유효성 또는 시행성에는 영향을 미치지 않습니다.

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

11/99

최종 사용자 소프트웨어 라이선스 및 하드웨어 계약서

다음 계약서를 주의 깊게 읽으십시오. 포장을 개봉하거나 "동의함"을 클릭할 경우, 본 계약에 동의하고 본 계약의 당사자가 되는 것입니다. 본 계약의 모든 약관에 동의하지 않을 경우 "동의하지 않음"을 클릭하고, 다운로드한 설치 파일을 삭제하고, 해당되는 경우 본 제품을 구입처로 반품하여 전액 환불을 받으십시오.

소프트웨어 라이선스 부여

제품 포장 또는 다운로드한 설치 파일에는 다음이 포함됩니다.

1. I-V Curve Tracer TM PC 소프트웨어 (PC 소프트웨어),
2. I-V Curve Tracer I-V 측정 장치 소프트웨어 (내장 소프트웨어),
3. 관련 설명 자료 (문서).

PC 소프트웨어 및 내장 소프트웨어에는 소프트웨어 업그레이드, 수정된 버전, 업데이트, 추가 및 사본이 포함됩니다. 귀하란 소프트웨어 또는 문서의 사용 허가를 받은 개인 또는 회사를 의미합니다. 우리, 당사 및 *Fluke Corporation*은 *Fluke® Corporation*을 의미합니다.

이에 당사는 PC 소프트웨어를 언제든지 단 한 대의 컴퓨터에서만 사용한다는 전제 하에, 한 대의 컴퓨터에서 PC 소프트웨어의 사본 한 개를 사용할 수 있는 비독점적 사용권을 귀하에게 부여합니다. PC 소프트웨어는 임시 메모리 (RAM)에 로드되거나 컴퓨터의 영구 메모리 (예: 하드 디스크, CD-ROM 또는 기타 저장 장치)에 설치될 경우 컴퓨터에서 사용되는 것입니다. PC 소프트웨어가 컴퓨터의 하드 디스크 또는 기타 저장 장치 (네트워크 서버 제외)에 영구적으로 설치되어 있고 그 컴퓨터를 전체 시간의 80% 이상을 한 사람이 사용할 경우, 그 사람은 휴대용 컴퓨터나 가정용 컴퓨터에서도 이 PC 소프트웨어를 사용할 수 있습니다.

이에 당사는 내장 소프트웨어가 관련 Solmetric 하드웨어 내에서 실행될 경우 소프트웨어의 사본 1부를 사용할 수 있는 비독점적 사용권을 귀하에게 부여합니다.

소프트웨어 권한

Fluke는 PC 소프트웨어, 내장 소프트웨어 및 문서에 대한 모든 권리와 권한 및 이익을 그대로 보유하고 있습니다.

PC 소프트웨어의 보관 또는 백업 복사본

귀하는 다음 중 하나를 수행할 수 있습니다.

- 백업 또는 보관 목적으로만 PC 소프트웨어 사본 1부를 만들거나
- 백업 또는 보관 목적으로만 원본을 보관한다는 전제 하에, PC 소프트웨어를 하나의 하드 디스크로 전송합니다.

소프트웨어 또는 문서로 해서는 안 되는 일

PC 소프트웨어, 내장 소프트웨어 및 문서는 미국 저작권법과 국제 협약의 보호를 받습니다. 귀하는 PC 소프트웨어, 내장 소프트웨어 및 문서를 여타 저작물 (예 : 책) 과 동일하게 취급해야 합니다. 귀하는 다음과 같은 일을 해서는 안 됩니다.

- 내장 소프트웨어를 복사하는 행위
- 위에 명시한 대로 보관 또는 백업 사본을 만드는 경우를 제외하고 PC 소프트웨어를 복사하는 행위
- PC 소프트웨어나 내장 소프트웨어를 변경 또는 수정하거나 다른 프로그램에 병합하는 행위
- PC 소프트웨어나 내장 소프트웨어를 리버스 엔지니어링, 역어셈블, 디컴파일하거나 소스 코드를 찾아내려는 시도를 하는 행위
- PC 소프트웨어나 내장 소프트웨어를 인터넷과 같은 공용 네트워크를 통해 액세스할 수 있도록 서버에 배치하는 행위
- PC 소프트웨어, 내장 소프트웨어, 또는 문서의 일부를 서브 라이선스하거나 대여하거나 임대하거나 빌려주는 행위.

PC 소프트웨어 또는 내장 소프트웨어의 전송

귀하는 본 계약서, PC 소프트웨어 및 문서를 다른 사람이나 법인에게 양도하고 귀하는 컴퓨터에 저장된 사본을 포함하여 어떠한 사본도 보유하지 않는다는 전제 하에 PC 소프트웨어와 문서를 사용할 귀하의 모든 권리를 그 사람이나 법인에게 양도할 수 있습니다.

귀하는 본 계약서, 내장 소프트웨어와 관련한 하드웨어, 그리고 내장 소프트웨어와 모든 사본을 포함한 문서를 다른 사람이나 법인에게 양도하고 귀하는 컴퓨터에 저장된 사본을 포함하여 어떠한 사본도 보유하지 않는다는 전제 하에 내장 소프트웨어와 문서를 사용할 귀하의 모든 권리를 그 사람이나 법인에게 양도할 수 있습니다.

목차

제목	페이지
소개	1
Fluke에 문의	2
안전 정보.....	2
사양	3
PC 최소 시스템 요구사항	3
장비	4
시스템 제어 및 설정	7
I-V Curve Tracer 전원 켜기	8
테스트 리드와 클립	9
방사 조도 센서 덮어두기	10
설치	10
설치 절차	10
하드웨어 설치.....	10
소프트웨어 설치	10
PV 장비 데이터베이스 업데이트	11
배터리 충전.....	11
I-V Curve Tracer 배터리 충전	11
SolSensor 충전	12
무선 네트워크	13
I-V Curve Tracer와 SolSensor의 설정과 사용	13
I-V Curve Tracer 설정	13
SolSensor 설정	14
PV 모듈 프레임에 SolSensor 장착	14
무선 전송 범위 최적화	17
SolSensor를 삼각대에 장착하기	17
태양광 PV 장비에 연결하기	19
I-V 측정	21
스윙 비활성화	21
과열 방지	22

스윙-스윙 지연과 열 용량	22
고온 상태 작동	23
과전압 경고	24
과전류 경고	24
역극성 또는 제로 전압 감지	25
소프트웨어 개요	25
프로젝트	25
시스템 트리	26
기본 화면 개요	27
메뉴 표시줄	30
이전 프로젝트 복사, 수정 및 재사용	35
Properties(속성) 메뉴	35
보기 메뉴	35
Utility(유틸리티) 메뉴	36
도움말 메뉴	38
탭 화면	38
Traces(추적) 탭	38
테이블 탭	39
기록 탭	41
절연 테스트 탭	42
내보낸 I-V 데이터 파일	43
PV 성과 예측의 기초	49
SolSensor 방사 조도 보정	49
방사 조도 측정	49
PV 성과의 예측	50
측정값을 STC 로 변환	50
I _{sc} 의 측정	50
보정 확인	51
소프트웨어 업데이트	51
I-V Curve Tracer 및 SolSensor 펌웨어 업데이트	51
측정 수행	52
현장 측정을 수행하기 전에	52
장비 충전	52
최신 소프트웨어를 실행하기	52
소프트웨어에서 프로젝트 생성	52
측정에 적합한 방사 조도 조건 확보	52
현장에서의 측정	53
개방 회로 전압(V _{oc})의 측정	53
I-V Curve Tracer 테스트 리드 연결	53
소프트웨어 실행	53
프로젝트 로딩	53

개별 스트링 대 병렬 스트링 측정	53
고효율 모듈의 측정	53
PV 장비에 테스트 리드 연결하기	54
측정할 첫 번째 PV 회로 선택하기	54
1차 측정 수행	54
다음 PV 회로를 선택하여 측정하기	56
데이터 일관성 보기	56
경고	57
데이터 백업	57
방사 조도, 온도 및 기울기 측정	58
SolSensor로 방사 조도 측정	59
SolSensor 방사 조도 센서	59
예비 방사 조도 대 유효 방사 조도	59
SolSensor 주의 사항	59
확산광	60
측정 I-V 곡선을 통해 방사 조도 측정	60
방사 조도 직접 입력	61
열전대로 PV 모듈의 후면 온도 측정	61
열전대 와이어 게이지 선택	62
열전대 팁 선택	62
적외선 온도계로 PV 모듈 온도 측정	63
측정 I-V 곡선을 통해 셀 온도 측정	63
열전대로 PV 모듈 후면 온도 측정	64
측정 I-V 곡선의 해석	65
PV 모델의 입력값	65
I-V 곡선 용어	66
성능계수	66
곡선 인자	66
일반적인 I-V 곡선의 형태	67
I-V 곡선의 해석	68
흠 또는 계단	70
배열 일부에 그림자가 지거나 오염이 불규칙하게 발생하였거나 이물질이 있음	70
PV 셀이 손상됨	72
전류가 낮음	72
균일한 오염	72
먼지 댐	72
모듈 성능 저하	73
PV 모델에 맞지 않는 PV 모듈을 선택함	73
병렬 PV 스트링의 개수가 모델에 올바르게 입력되지 않음	73
방사 조도 측정과 I-V 측정 간에 방사 조도가 바뀜	73

PVA-1500HE, PVA-1500T, and SolSensor-300V3

사용 설명서

조도 센서가 배열면을 향하고 있지 않음	73
알베도 효과(반사).....	73
수동 방사 조도 센서가 정확하지 않음.....	73
전압이 낮음	74
PV 셀 온도 측정이 잘못됨	74
하나 이상의 바이패스 다이오드가 단락됨	74
더 둥근 무릎 부분	74
수평 다리 부분의 더 가파른 기울기.....	75
모든 셀 그룹에 걸쳐 점점 가늘어지는 그늘 또는 먼지 땀이 있음..	76
PV 셀 내 분류 증가	76
수직 다리 부분의 기울기가 덜 가파름	76
PV 배선의 저항이 과도함	77
배열의 전기 연결부에 저항이 존재함.....	77
PV 모듈의 직렬 저항이 증가함	77
PV 배열의 문제 해결	77
표준 테스트 조건에 따른 I-V 데이터의 변환	77
매개변수 정의.....	78
변환 방정식	79
유지보수	80
제품 청소.....	80
SolSensor 방사 조도 센서 청소.....	80
제품 폐기.....	80
PVA Software 작동 문제 해결	80
상태 메시지를 통해 문제 해결	80
증상에 따른 문제 해결	82

소개

이 문서에서는 PV-1500HE2 및 PV1500T2(I-V Curve Tracer), SolSensor-300V3(SolSensor), 그리고 I-V Curve Tracer 애플리케이션 소프트웨어 (PVA Software 또는 소프트웨어) 를 포함한 Solmetric I-V Curve Tracer 키트에 대해 설명합니다.

I-V Curve Tracer 는 PV 어레이를 시운전하고 PV 어레이의 문제를 해결할 때 사용하는 휴대용 전기 테스트 기기입니다. I-V Curve Tracer 는 PV(광전지) 모듈과 스트링의 전류 - 전압 (I-V) 곡선을 측정하여 그 결과를 내장 PV 모델의 예측값과 즉시 비교합니다. 측정 결과는 향후 참조하고 분석할 수 있도록 저장됩니다. I-V Curve Tracer 와 SolSensor 는 태블릿이나 노트북 PC 로 무선으로 제어합니다. 이러한 무선 기능 덕분에 사용자는 선에 걸려 넘어질 위험 없이 근처의 작업 구역에서 작업을 할 수가 있습니다.

참고

별도의 언급이 없는 한 이 설명서에서는 노트북이나 태블릿을 지칭할 때 PC 라는 용어를 사용합니다.

I-V Curve Tracer 는 I-V 곡선에 대한 전기적 측정을 수행하고, SolSensor 는 방사 조도와 PV 모듈의 온도 및 배열 경사각을 동시에 측정합니다.

PV 모듈, 스트링, 하니스 또는 배열의 I-V 곡선은 에너지 변환 성능에 대해 상세히 알려줍니다. 이 곡선의 범위는 일반적으로 0V 에서의 단락 전류 (I_{sc}) 에서부터 0 전류에서의 개방 회로 전압 (V_{oc}) 까지입니다. 일반적인 I-V 곡선의 무릎부위가 최대 전력 전류 및 전압 (I_{mp} , V_{mp}) 으로, 이 지점에서 배열이 현재의 방사 조도와 온도에서 최대의 전력을 생성합니다. 이 같은 중요 전압과 전류가 I-V 곡선을 측정할 때 캡처됩니다. 이 지점들 사이에 있는 곡선의 상세한 형태가 테스트 대상 PV 모듈이나 스트링, 또는 배열의 상태에 관한 추가 정보를 제공합니다.

더 정확한 결과를 유추하기 위해, 측정된 I-V 곡선을 종합 PV 모델의 중요 포인트 예측값과 비교합니다. 이 모델은 다음 사항을 고려합니다.

- PV 모듈 사양
- 직렬로 연결된 모듈의 개수와 병렬로 연결된 스트링의 개수
- 시스템 배선 내 전력 손실
- 배열면의 방사 조도
- 모듈 온도와 배열 방향

소프트웨어는 측정 데이터를 저장하고 리콜하는 데 사용되는 그래픽 배열 트리가 적용된 강력한 배열 탐색기 (Array Navigator) 도구를 제공합니다. 새 프로젝트 마법사는 각 프로젝트별로 PV 모델을 설정하고 배열 트리를 사용자 정의하는 과정을 안내합니다.

또한 소프트웨어는 별도의 절연 저항 테스터에서 수집한 절연 저항 데이터를 저장합니다. 이 데이터는 I-V 측정 결과와 동일한 유형의 배열 트리 터치 인터페이스 (태블릿 사용) 로 저장되고 관리됩니다.

참고

최신 소프트웨어 업데이트나 설명서 보충 자료, 또는 개정된 설명서를 다운로드하려면 www.fluke.com 의 제품 페이지로 이동하십시오. 이 페이지에 게시되어 있는 버전 또는 개정 번호를 사용자의 버전과 비교하십시오. 현재 소프트웨어 버전을 확인하려면 사용자의 소프트웨어에서 **Help (도움말) > About (정보)** 를 선택하십시오. 업데이트하려면 최신 버전을 다운로드한 후 설치 프로그램을 실행하십시오. 소프트웨어는 무료입니다. 최신 소프트웨어는 모든 Fluke 및 Solmetric 1500V I-V Curve Tracer 를 지원합니다.

Fluke 에 문의

Fluke Corporation 은 전 세계에서 사업을 운영하고 있습니다. 지역 연락처 정보는 당사 웹 사이트에서 확인할 수 있습니다. www.fluke.com.

제품을 등록하거나, 최신 설명서 또는 설명서의 추가 자료를 열람, 인쇄 또는 다운로드하려면 당사 웹 사이트를 방문하십시오.

+1-425-446-5500

fluke-info@fluke.com

안전 정보

일반 안전 정보는 I-V Curve Tracer 와 함께 제공되는 안전 정보 문서와 www.fluke.com 에서 확인할 수 있습니다. 해당하는 경우 구체적인 안전 정보가 나열됩니다.

경고는 사용자에게 위험한 상태 및 절차를 나타냅니다. 주의는 테스트 중에 제품이나 장치가 손상될 수 있는 상태 및 절차를 나타냅니다.

⚠ 주의

제품의 손상을 방지하기 위해 :

- **PVA** 를 >**1500V** 또는 >**30A** 에 노출시키지 마십시오 .
- 접속함에서 측정하기 전에 다음을 확인하십시오 .
 - **DC** 차단 스위치를 열어서 접속함을 다른 접속기나 인버터와 전기적으로 차단합니다 . 전압계를 사용하여 접속기가 차단되었는지 다시 점검합니다 .
 - 테스트 중인 스트링을 제외하고 다른 모든 스트링 퓨즈를 제거합니다 . 여러 스트링들의 결합 전류가 <**30A** 인 경우 이들 스트링을 병렬로 테스트할 수 있습니다 .
 - 인버터에서 측정할 때는 테스트 중인 스트링에서 전기를 차단합니다 .
 - 하니스 회로에서 여러 개의 스트링을 병렬로 측정할 때는 **30A** 제한을 준수합니다 .
 - **PVA 1500V4/T** 를 사용할 때는 고효율 모듈의 스트링을 **10A** 미만으로 제한합니다 .

사양

제품의 전체 사양은 www.fluke.com 에서 확인할 수 있습니다 . 안전 사양은 제품과 함께 제공되는 안전 정보에 있습니다 .

PC 최소 시스템 요구사항

아래의 요구사항을 충족하지 않는 시스템은 예상대로 작동하지 않을 수 있습니다 . **Microsoft Windows** 노트북이나 터치 인식 태블릿이 잘 작동합니다 . 현장에서는 태블릿이 노트북보다 더 튼튼한 경향이 있습니다 .

Fluke 의 권장 사항 :

- 최고의 생산성을 위해 터치스크린 기기 사용
- 태블릿으로 사용 가능한 노트북
- 햇빛이 밝을 때도 대비가 우수해서 가시성이 좋은 스크린
- 눈부심 방지 스크린 표면
- 스크린을 여러 사람이 함께 볼 수 있는 우수한 화각

PC 요구사항 :

- Microsoft Windows 11, 10, 8, 7(32 비트 또는 64 비트 버전)
- Wi-Fi
- 디스플레이 해상도 1024 X 600(최소)

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

사용 설명서

- 프로세서 속도 >1GHz(1.5GHz 권장) Fluke 는 2.3 이상의 Windows Experience Index(Processor component) 를 권장합니다 . 이 값은 PC 제어판의 사양 정보 및 도구에서 확인할 수 있습니다 .
- RAM: 최소 4GB(8GB 권장)
- 사용 가능한 디스크 공간 : 100MB 이상

장비

I-V Curve Tracer 는 다음 장비들과 함께 제공됩니다 .

Curve Tracer 장비

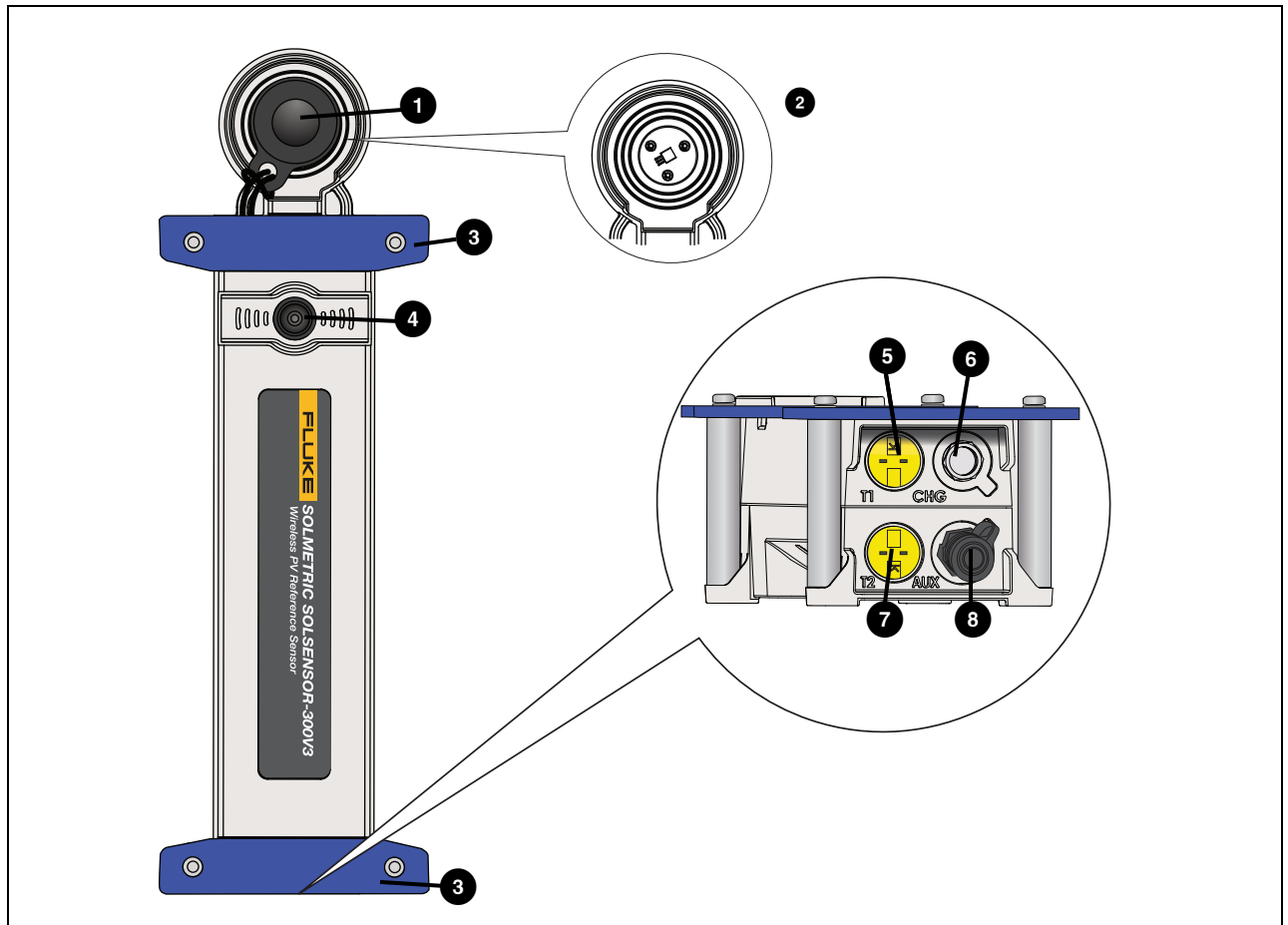
- I-V Curve Tracer - Fluke 에서 제공하는 장비 전체 세트 (부속품 파우치나 휴대 케이스에 들어 있음) 와 함께 소프트 케이스 안에 들어 있습니다 . PVA 테스트 리드와 PV 커넥터 도구를 점검하십시오 .
- 소프트 케이스
- AC 벽면 플러그 충전기
- PV-1500HE2용 1500V 정격 테스트 리드: 바나나 잭과 MC-4 연결, 바나나 잭과 악어 클립 연결. 다른 PVA 모델의 경우 : MC-4 와 악어 클립 연결
- MC-4 커넥터 도구
- *안전 정보 (인쇄본)*
- *시작하기 (인쇄본)*
- 휴대 케이스 (PVA-1500HE2 에만 포함됨)

SolSensor 장비

- SolSensor 유닛
- K 형 열전대 온도 센서 (2)
- 소프트 케이스 (I-V Curve Tracer 키트를 휴대 케이스와 함께 구매하지 않은 경우)
- 모듈 프레임 클램프
- IV 유닛과 SolSensor 충전용 듀얼 USB-A 출력부가 있는 AC 벽면 어댑터
- 열전대 부착용 접착 디스크 (50). 열전대 팁을 모듈 뒷면에 부착하기 위한 고온 테이프 디스크
- SolSensor 를 랙에 고정하기 위한 SolSensor 도구 끈
- 방사 조도 센서 청소용 소모품 (극세사 천과 증류수 스프레이)

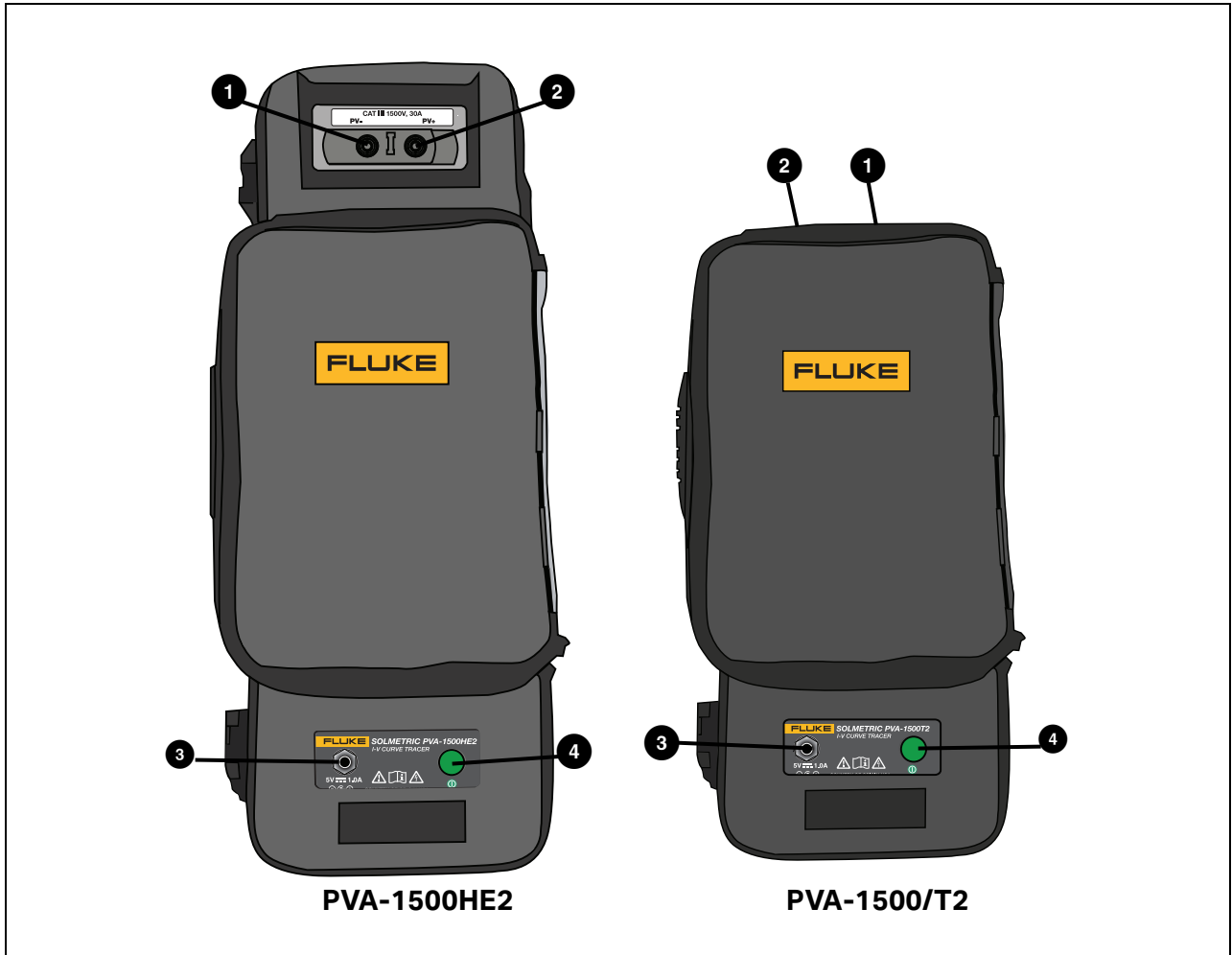
I-V Curve Tracer 키트의 주요 구성 부위를 표 1 과 표 2 에 표시하였습니다.

표 1.SolSensor



항목	설명
①	방사 조도 센서 커버
②	방사 조도 센서
③	이어
④	LED 전원 버튼
⑤	T1- 열전대 1 입력
⑥	배터리 충전 입력
⑦	T2- 열전대 2 입력
⑧	보조 입력

표 2.I-V Curve Tracer



항목	설명
①	음극 입력
②	양극 입력
③	배터리 충전기 입력
④	LED 전원 버튼

시스템 제어 및 설정

I-V Curve Tracer 와 SolSensor 의 LED 버튼을 사용하여 (그림 1 참조) I-V 장치를 작동 , 일시 정지 , 재설정합니다 . 이 LED 는 장치의 여러 가지 작동 상태와 무선 네트워크의 상태를 나타냅니다 . 표 3 을 참조하십시오 .

표 3.I-V Curve Tracer 및 SolSensor LED 버튼의 작동 상태

I-V Curve Tracer	SolSensor	LED 동작	장치 상태	버튼 동작
X	X	꺼짐	꺼짐	1 회 누르면 켜짐
X	-	느리게 깜박임	일시 정지됨 . 배터리 절약을 위해 I-V Curve Tracer 가 15 분 후에 자동으로 꺼집니다 .	1 회 누르면 측정이 활성화되고 3 회 누르면 I-V Curve Tracer 가 꺼집니다 .
X	X	깜박임	Wi-Fi 가 없거나 소프트웨어에 연결되지 않았습니다 .	3 회 누르면 꺼집니다 .
X	X	빠르게 깜박임	시동 중 또는 오류 (지속되는 경우)	-
X	X	계속 켜져 있음	소프트웨어에 연결됨 , 측정이 활성화됨 .	일시 정지 (I-V 유닛) 하려면 1 회 누르고 , 끄려면 3 회 누릅니다 .
X	X	-	아무 상태	3 회 누르면 꺼집니다 .
X	X	5 회 깜박인 후 일시 정지를 반복함	장치가 페어링을 시도합니다 .	장치를 페어링하려면 연속으로 빠르게 5 회 누릅니다 .
X	X	플러그를 꽂았고 소프트웨어에 연결되지 않은 경우 천천히 깜박이거나 계속 켜져 있음 .	깜박이는 것은 배터리가 충전 중임을 나타냅니다 . 계속 켜져 있으면 배터리가 완전히 충전되었음을 나타냅니다 .	-

LED 버튼을 1 회 눌러서 I-V Curve Tracer 나 SolSensor 를 켜면 장치가 시동되면서 LED 가 빠르게 깜박인 후 , 장치가 PC Wi-Fi 와 소프트웨어에 연결될 때까지 천천히 깜박입니다 . 소프트웨어에 연결되면 LED 가 계속 켜져 있습니다 .

I-V Curve Tracer 테스트 리드를 PV 회로에 연결하기 전에 I-V 장치의 LED 버튼을 한 번 눌러서 측정을 일시 정지하십시오 . 이렇게 하면 연결을 할 때 실수로 측정이 작동되는 것을 방지할 수 있습니다 . 이 일시 정지 상태에서는 LED 가 오랫동안 일시 정지하면서 깜박여서 I-V Curve Tracer 가 켜져 있지만 일시 정지 상태임을 알려줍니다 .

테스트 리드에 연결한 후 버튼을 한 번 눌러서 I-V Curve Tracer 가 소프트웨어의 제어로 측정을 수행할 수 있게 하십시오 . LED 가 계속 켜짐 상태가 되어 I-V Curve Tracer 가 측정 준비가 되었음을 나타냅니다 .

네트워크 연결이 끊어지면 LED 가 깜박여서 소프트웨어와의 연결이 끊어졌음을 알려줍니다 .

참고

I-V Curve Tracer 나 SolSensor 가 AC 충전 어댑터에 연결되어 있고 소프트웨어에 연결되어 있는 경우에는 LED 버튼이 충전 중 / 충전됨 상태가 아니라 연결 / 연결 해제 상태 (LED 가 켜져 있거나 깜박임) 를 나타냅니다 .

I-V Curve Tracer 와 SolSensor 는 고유하게 페어링되어 출하됩니다 . 이들 장치를 다시 페어링해야 하는 경우 :

1. I-V Curve Tracer LED 버튼을 빠르게 연속으로 5 회 눌러서 재페어링을 시작합니다 .
2. I-V Curve Tracer LED 버튼이 5 회 패턴으로 깜박이기 시작할 때까지 기다린 후 , SolSensor LED 버튼을 빠르게 연속으로 5 회 누릅니다 . 페어링이 될 때까지 두 LED 가 5 회 패턴으로 깜박입니다 .

I-V Curve Tracer 나 SolSensor 를 재설정해야 할 경우에는 LED 버튼을 6 초 이상 눌렀다 땡니다 .

I-V Curve Tracer 전원 켜기

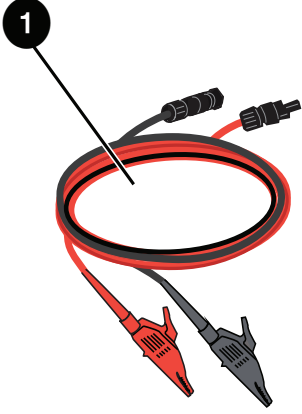
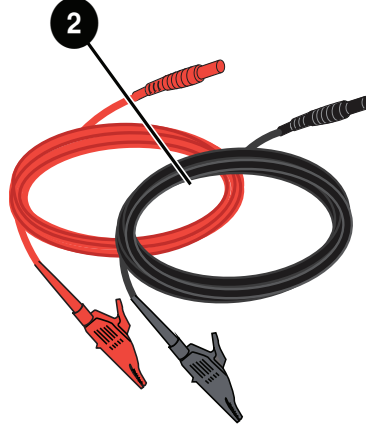

I-V Curve Tracer 의 전원을 켜려면 전원 버튼을 1 회 누릅니다 (그림 1 참조) .

15 분 안에 네트워크에 연결되지 않으면 배터리 절약을 위해 I-V Curve Tracer 가 꺼집니다 . 평상시 사용 시 , LED 가 계속 켜져 있으면 I-V Curve Tracer 가 절전 모드로 전환되지 않습니다 . 그러나 일시 정지 모드에 놓으면 I-V Curve Tracer 가 일시 정지 모드에 진입한 후 15 분이 지나서 절전 모드로 전환됩니다 . 일시 정지를 사용하려면 전원 버튼을 누릅니다 (일시 정지 모드에서는 LED 가 3 초마다 짧게 깜박임) .

테스트 리드와 클립

동봉된 테스트 리드와 클립은 본 제품과 함께 사용하도록 특별히 제공된 것입니다. 이 리드와 클립은 최대 1,500V의 전압과 30A DC에서 사용하도록 특별히 정격화되었습니다. 표 4를 참조하십시오.

표 4. 테스트 리드

1	
2	
3	
번호	설명
1	PVA-1500s/V2/V3/V4/T MC-4 와 악어 클립 연결
2	PVA-1500HE2 바나나 잭과 악어 클립 연결
3	바나나 잭과 금도금 MC-4 연결

이 테스트 리드와 클립의 작동 온도 및 습도 범위는 PVA-1500HE2 나 SolSensor 보다 협소하게 지정되어 있습니다. 자세한 내용은 PVA-1500 Test Lead 및 Clip 사양을 참조하십시오. 사양을 참조하십시오.

⚠️ 경고

감전, 화재, 부상, 사망을 예방하기 위해 :

- 테스트 리드를 사용하기 전에 모든 안전 정보를 읽으십시오.
- **PVA-1500** 시리즈 **Test Lead** 와 **Clip** 은 광전지 (PV) 태양광 모듈 및 어레이에만 사용하십시오.
- 절연 (비접지) PV 회로에만 사용하십시오.
- 뜨거운 표면으로부터 보호하기 위해 캔버스 케이스에서 인클로저를 제거하지 마십시오. **I-V Curve Tracer** 는 정상 작동 시 저장된 에너지를 열 형태로 소산시킵니다.
- **I-V Curve Tracer** 를 회로에 연결하기 전에 회로의 전원을 차단하십시오. 예를 들어 PV 접속함에서 테스트하는 경우, 테스트 리드와 클립을 부착하기 전에 차단 스위치를 열고 모든 퓨즈를 올리십시오.
- 소스 회로에 의해 전원이 공급되는 동안에는 테스트 리드와 클립을 조작하지 마십시오.

방사 조도 센서 덮어두기

사용하지 않을 때는 항상 방사 조도 센서 (그림 1 참조) 를 동봉된 검은색 고무 덮개로 덮어두십시오 . SolSensor 를 배열면에 장착한 후에는 커버를 제거하고 , SolSensor 를 다른 곳으로 옮기기 전에 커버를 다시 덮으십시오 .

방사 조도 센서에 있는 흰색 아크릴 소재로 된 *아이 (eye)* 는 정밀 광학 소자로 , 정확한 측정을 위해 *신품과 같은* 상태로 유지해야 합니다 . 아이 (eye) 는 충격이나 마모에 의해 쉽게 손상되며 오염될 경우에도 정확도가 떨어집니다 . 사용하지 않을 때는 덮개를 씌워두십시오 .

설치

이 섹션에서는 I-V Curve Tracer 설치 절차에 대해 설명합니다 .



주의

I-V Curve Tracer 나 **SolSensor** 를 떨어뜨린 경우에는 검사를 위해 제품을 **Fluke** 로 발송하시는 것이 좋습니다 .

설치 절차

하드웨어 설치

작동하기 전에 I-V Curve Tracer 와 SolSensor 배터리가 완전히 충전되었는지 확인하십시오 . [배터리 충전](#) 을 참조하십시오 .

소프트웨어 설치

소프트웨어를 설치하려면 :

1. www.fluke.com 에서 소프트웨어를 다운로드합니다 .
2. 다운로드 후에 소프트웨어 시작 화면이 자동으로 열리지 않으면 설치 프로그램을 실행합니다 .
3. 화면에 나타나는 지침에 따라 소프트웨어를 설치합니다 .
4. 설치하는 동안 Windows 업데이트 대화상자가 나타나면 PC 를 인터넷에 연결하여 필요한 Windows 필수 구성 요소를 다운로드합니다 .
5. Windows 업데이트 설치를 시작하거나 Windows 업데이트를 설치한 후에 설치 위치 화면이 나타납니다 . 기본 위치가 제공됩니다 .
6. 설치가 완료되면 마지막 설정 마법사 화면이 나타납니다 . **Run I-V Curve Tracer(I-V Curve Tracer 실행)** 상자를 선택한 경우 **Finish(마침)** 를 클릭하여 소프트웨어를 시작합니다 . 아니면 **Finish(마침)** 를 클릭한 후 , 바탕화면에 있는 바로가기 아이콘을 두 번 클릭하여 소프트웨어를 시작합니다 .

초기화가 완료되고 소프트웨어가 시작되면 소프트웨어 기본 화면이 표시됩니다. 표 7 을 참조하십시오.

소프트웨어가 설치되면서 **Documents(문서)** 디렉토리에 디렉토리 구조가 생성됩니다.

PV 장비 데이터베이스 업데이트

소프트웨어가 시작될 때 인터넷에 연결되어 있으면 소프트웨어가 Fluke 에 업데이트된 PV 모듈 장비 데이터베이스가 있는지 확인합니다.

배터리 충전

I-V Curve Tracer 배터리 충전

참고

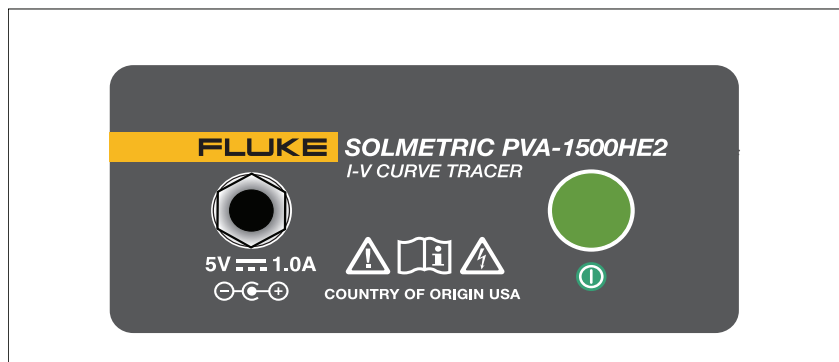
I-V Curve Tracer 배터리는 분리가 불가능합니다.

배터리를 충전하는 방법

1. 배터리 충전기를 I-V Curve Tracer 의 커넥터에 연결합니다 (그림 1 참조).
2. 충전기를 AC 콘센트에 꽂고 충전기 케이블의 USB 단자를 AC 충전기 어댑터에 꽂습니다.

LED 버튼이 깜박이면서 I-V Curve Tracer 배터리가 충전되고 있음을 나타냅니다. 배터리가 완전히 충전되면 LED 가 계속 켜져 있습니다.

그림 1. I-V Curve Tracer 배터리 충전기 커넥터 (그림은 PVA-1500HE2 의 모습)



배터리 충전에 6 시간이 걸릴 수 있습니다. 현장에서 사용하기 전날 밤마다 배터리를 충전하십시오.

배터리 잔량이 부족하면 소프트웨어 인터페이스가 경고를 합니다. 배터리 전압 수준을 직접 확인하려면 화면에 있는 상태 영역 (**Measure Now(지금 측정)** 버튼 위) 을 클릭하거나 **Utility(유틸리티)** 메뉴에서 **Battery Level(배터리 수준)** 을 선택합니다. 배터리 수준을 점검하려면 I-V Curve Tracer 가 30 초 이상 켜져 있고 소프트웨어에 연결되어 있어야 합니다.

SolSensor 충전

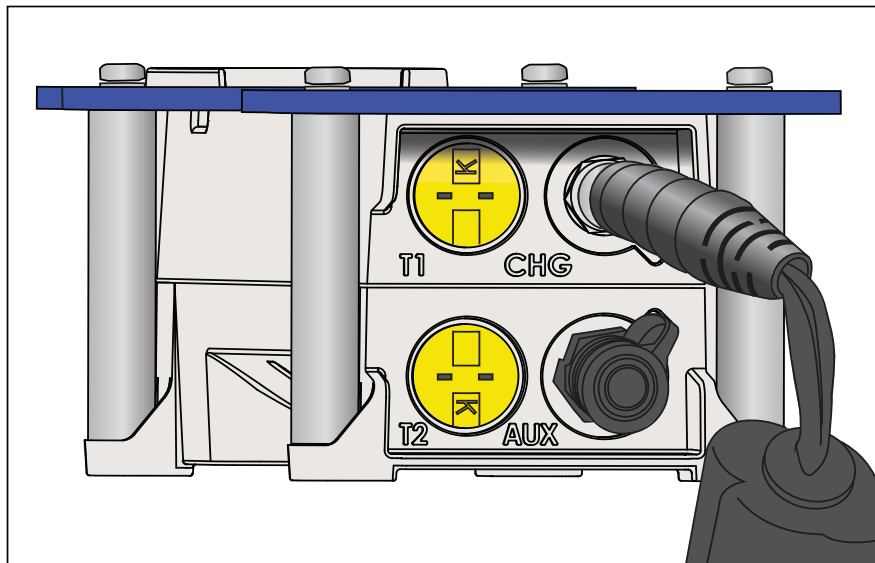
참고

SolSensor 배터리는 분리가 불가능합니다.

배터리를 충전하는 방법

1. 배터리 충전기 케이블을 충전 커넥터에 연결합니다 (그림 2 참조).
2. AC 충전기 어댑터를 AC 콘센트에 꽂고 충전기 케이블의 USB 단자를 AC 충전기 어댑터에 꽂습니다.

그림 2.SolSensor 충전기를 연결한 모습



배터리 충전에 6 시간이 걸릴 수 있습니다. 현장에서 사용하기 전날 밤마다 배터리를 충전하십시오. SolSensor 는 충전 시 LED 버튼이 깜박입니다. 배터리 충전이 완료되면 이 LED 버튼이 계속 켜져 있습니다.

참고


SolSensor 가 꽂혀 있고 소프트웨어에 연결되어 있는 경우 LED 버튼은 충전 중 / 충전됨 상태가 아니라 연결 상태 (LED 가 켜져 있음) 를 나타냅니다.

배터리 전압 수준을 확인하려면 I-V 측정 후에 소프트웨어에서 상태 영역 (**Measure Now(지금 측정)** 버튼 위) 을 클릭하거나 **Utility(유틸리티)** 메뉴에서 **Battery Level(배터리 수준)** 을 선택합니다.

무선 네트워크

PC와 I-V Curve Tracer 간의 통신은 기존 Wi-Fi를 통해 이루어집니다. I-V Curve Tracer가 켜져 있으면 I-V Curve Tracer가 핫스팟을 생성합니다. PC 네트워크 목록에서 해당 핫스팟을 찾아서 그 네트워크에 연결합니다. SSID(핫스팟 이름)의 형식은 *pva1500_nnnnnn*입니다. 여기서 nnnnn은 I-V Curve Tracer의 고유 식별자입니다.

SolSensor와 I-V Curve Tracer가 모두 켜져 있으면 SolSensor가 I-V Curve Tracer에 자동으로 연결됩니다. PC와 SolSensor 사이의 모든 통신은 I-V Curve Tracer를 통해 중계됩니다.

무선 네트워크의 다이어그램을 보려면 소프트웨어의 아무 화면에서나 왼쪽 아래에 있는 네트워크 아이콘을 선택하십시오 ().

I-V Curve Tracer와 SolSensor는 서로 페어링되어 출하됩니다. SolSensor는 한 번에 하나의 고유한 I-V Curve Tracer하고만 페어링할 수 있습니다. 다른 I-V Curve Tracer를 페어링하려면 *I-V Curve Tracer 설정*을 참조하십시오. SolSensor를 특정 I-V Curve Tracer에 페어링하면 이전 페어링 정보는 지워집니다.

PC가 I-V Curve Tracer Wi-Fi와 연결되기 때문에 내장 Wi-Fi 인터페이스를 이용하여 다른 네트워크나 장치에 동시에 연결할 수가 없습니다. 이 같은 제한을 피하려면 두 번째 네트워크 인터페이스로 USB Wi-Fi 어댑터를 추가하십시오.

I-V Curve Tracer를 사용할 때 I-V Curve Tracer 핫스팟에 대한 Wi-Fi 링크가 일시적으로 끊어지면 PC는 목록에 있는 다른 네트워크 중에 **자동으로 연결**되도록 설정된 네트워크와 자동으로 연결하려고 시도합니다. 이러한 동작을 방지하려면 PC의 네트워크 목록에서 I-V Curve Tracer 핫스팟에 대한 **자동으로 연결** 확인란에는 체크하고, 다른 네트워크에 대한 **자동으로 연결**에는 체크를 해제하십시오.

I-V Curve Tracer와 SolSensor의 설정과 사용

I-V Curve Tracer 설정

I-V Curve Tracer를 설정하려면 :

1. I-V Curve Tracer를 테스트 중인 PV 회로 근처에 놓습니다.
2. 필요하면 악어 클립 리드를 연결합니다. I-V Curve Tracer와 함께 제공되고 적어도 I-V Curve Tracer의 최대 전류 및 전압에 맞춰진 클립 리드만 사용하십시오.
3. I-V Curve Tracer를 테스트 중인 회로 근처에 배치할 수 없는 경우 연장 케이블을 만들어도 됩니다. 테스트 중인 회로와 I-V Curve Tracer 사이에 10ft(단방향) 이상의 연장 케이블을 추가할 경우, 케이블들을 서로 나란히 배선하여 회로에 추가되는 인덕턴스를 최소화하십시오.

SolSensor 설정

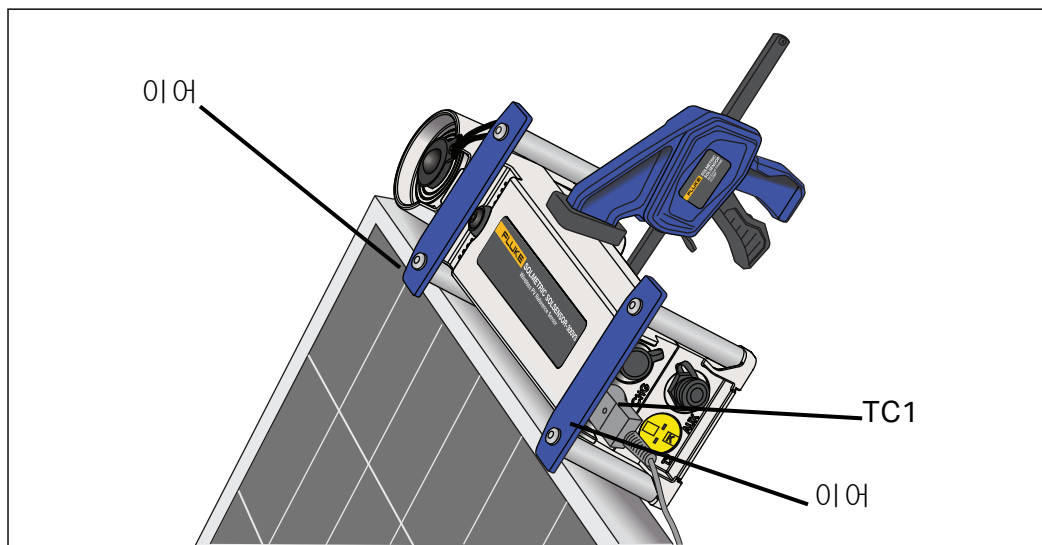
⚠ 주의

SolSensor 의 손상을 방지하려면 :

- 방사 조도 센서를 장착하지 않거나 사용하지 않을 때는 항상 보호 캡으로 덮어두십시오 . SolSensor 에는 충격이나 마모로 인해 손상될 수 있는 민감한 방사 조도 측정 장치가 들어 있습니다 . 센서의 정확도를 유지하기 위해 , 방사 조도 센서를 오염시키지 마십시오 . SolSensor 방사 조도 센서 청소를 참조하십시오 .

그림 3 은 PV 모듈의 프레임에 장착된 SolSensor 의 모습입니다 .

그림 3.PV 모듈의 프레임에 장착된 SolSensor



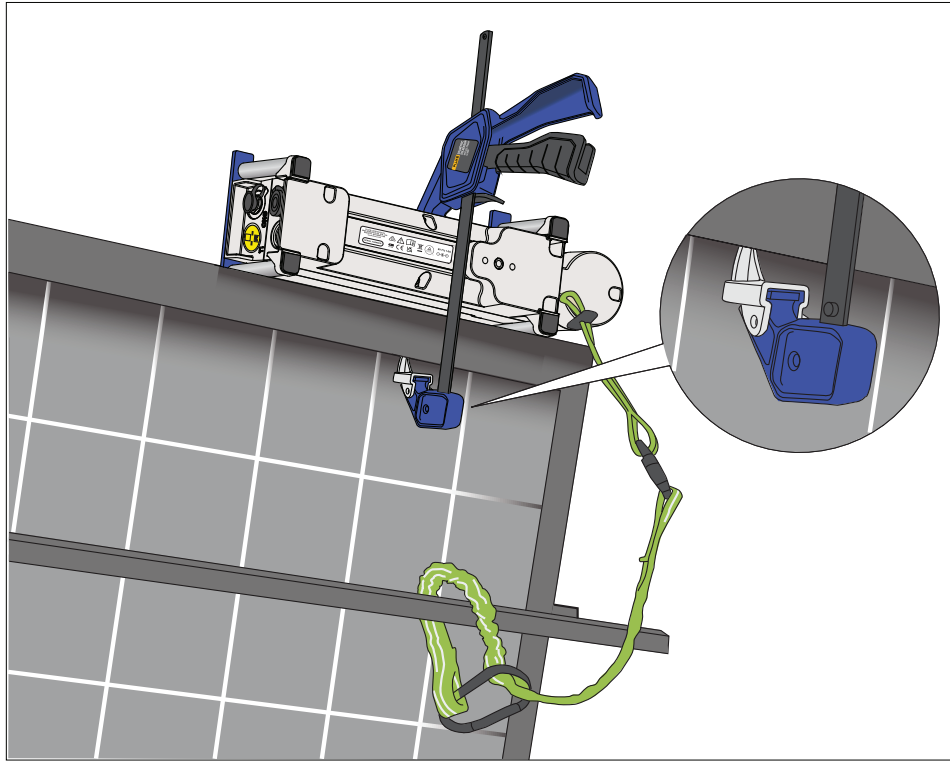
PV 모듈 프레임에 SolSensor 장착

그림 4 는 모듈 프레임 클램프를 이용해서 PV 모듈에 부착하여 도구 끈으로 고정시킨 SolSensor 의 모습입니다 .

참고

모듈의 상단 수평 모서리를 따라 SolSensor 를 장착하면 아침 일찍이나 오후 늦게 더 높은 방사 조도 정확도를 달성할 수 있습니다 .

그림 4. 도구 끈으로 랙 부재에 SolSensor 를 고정시킨 모습



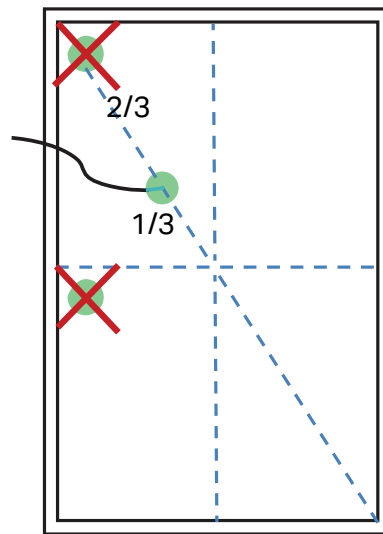
SolSensor 장착 방법 :

1. 그림 3 과 같이 금속 포스트와 이어 (ear) 가 프레임 표면에 닿도록 모듈 프레임의 상단 수평 다리에 SolSensor 를 놓습니다 .
2. SolSensor 를 이 위치에 유지한 상태에서 모듈 프레임 클램프의 끝을 모듈의 프레임 안으로 밀어 넣습니다 . 그림 4 와 같이 클램프의 끝을 프레임의 평평한 안쪽면에 배치합니다 . 선반이나 용기 위에 배치하면 클램프가 미끄러져서 SolSensor 가 느슨해질 수 있습니다 . 클램프의 받침대로 인해 모듈 뒷면이 충격을 받거나 굽히지 않도록 하십시오 .
3. SolSensor 가 모듈 프레임의 측면에 단단히 고정될 때까지 클램프 장치를 누릅니다 .
4. 마운트를 검사하여 포스트와 이어가 모듈 프레임의 상단 모서리에 닿아 있는지 확인합니다 . 한 쪽 이어나 양쪽 이어 아래에 공간이 있다면 필요에 따라 방사 조도 센서가 배열면에 있지 않을 것입니다 . 클램프를 약간 풀고 SolSensor 를 다시 배치한 다음 , 클램프를 다시 조입니다 . SolSensor 를 높은 곳에 장착할 경우 (예 : 간이 차고 배열) 에는 SolSensor 가 클램프에서 헐거워질 경우에 대비하여 보조용으로 끈을 이용하는 것이 좋습니다 . SolSensor 에 있는 작은 구멍에 도구 끈을 연결합니다 . 그런 다음 , 그림 4 와 같이 랙 부재 주위로 끈을 둘러서 클립으로 묶습니다 .

- 열전대를 풀고 리드를 곧게 펴니다. 리드가 꼬이지 않게 하십시오. 열전대를 SolSensor 에 연결합니다. 열전대 와이어의 노란색 플러그를 왼쪽 상단에 TC1 이라고 표시된 노란색 소켓에 끼웁니다 (그림 3 참조).
- 열전대 리드의 마지막 몇 인치 부분을 곧게 펴니다. 끝에 있는 작은 공을 통해 온도가 측정됩니다.
- 열전대의 끝이 모듈 뒷면에 단단히 고정되도록 테이프로 감되, 냉각기 바깥쪽 가장자리에 닿지 않도록 모듈 뒷면의 아래쪽으로 충분히 깊은 위치에 배치하십시오. 단일 독립형 모듈을 테스트 할 때는 열전대 끝을 그림 5 와 같이 부착합니다. 정확한 온도 측정을 위해 폭이 넓은 고온 폴리에스테르 테이프를 사용하십시오. 본 제품과 함께 제공되는 접착 디스크를 사용할 것을 권장합니다. 다른 종류의 테이프를 사용할 경우 고온에서 테이프가 처져서 열전대의 끝이 모듈의 백시트에서 떨어질 수 있습니다. 힘을 강하게 줘서 테이프를 열전대 끝부분에 감아서 끝부분이 모듈 뒷면에 단단히 고정되게 하십시오.

SolSensor 의 TC2 입력에 두 번째 열전대를 추가할 수 있습니다. 열전대를 두 개 사용할 경우, 열전대들을 모듈 또는 두 번째 모듈에서 서로 다른 위치에 부착할 것을 권장합니다.

그림 5. 단일 독립형 모듈에 열전대 끝부분 배치하기



- SolSensor 방사 조도 센서에서 보호 커버를 제거합니다.
- LED 버튼을 눌러서 SolSensor 를 켭니다. 무선 연결을 시도할 때는 LED 가 깜박이고 연결이 되면 LED 가 계속 켜져 있습니다 (그림 1 참조). SolSensor 가 I-V Curve Tracer 에 연결되고, I-V Curve Tracer 가 PC 와의 통신을 중계합니다.

무선 전송 범위 최적화

SolSensor 전송 거리가 최적의 상태가 되도록 다음 지침에 따르십시오 .

- SolSensor 와 PC 사이에서 중계소 역할을 하는 I-V Curve Tracer 까지 최적의 직선거리에 있도록 SolSensor 를 배치합니다 .
- 신호가 건물이나 트럭 , 또는 여러 줄의 PV 모듈과 랙을 통과해야 하는 곳은 피하십시오 .
- SolSensor 를 금속으로 된 지붕이나 HVAC 박스와 같은 금속 표면 위에 달게 배치하면 전송 거리가 줄어들므로 이런 곳은 피하십시오 . 단축 트래커의 토크 튜브 끝에 SolSensor 를 장착할 경우 , 먼저 짧은 바에 SolSensor 를 장착한 다음 이 바를 토크 튜브에 장착하면 전송 거리가 더 개선될 것입니다 .

최상단열 모듈의 상단 프레임 모서리나 I-V Curve Tracer 가 설치된 곳에서 더 나은 직선거리에 있는 배열의 끝부분 근처에 SolSensor 를 배치하면 전송 거리가 늘어날 수 있습니다 .

위에서 설명한 방법으로 필요한 전송 거리를 달성할 수 없다면 , SolSensor 를 삼각대에 장착한 후 적절한 방위각과 기울기에 맞춥니다 . 공중 노출 상태가 배열 자체와 유사한 위치를 선택하십시오 .

SolSensor 를 삼각대에 장착하기

유연성을 더 높이고 무선 범위를 더 좋게 하려면 SolSensor 를 삼각대에 장착하십시오 . 이 방법은 집광판 배열에 접근하는 것이 불가능할 때도 유용합니다 .

삼각대에 SolSensor 를 배치할 때 다음 장비를 사용하십시오 (구체적인 장비 권장 사항은 Fluke 에 문의하십시오) .

- 튼튼한 삼각대
- 삼각대 수준기

이것은 일반적으로 삼각대와 여기서 설명하는 나머지 피팅들 사이에 장착하는 것으로 , 수평계가 있는 디스크입니다 . 일부 삼각대에는 수준기가 내장되어 있습니다 .

참고

수준기는 그 감도와 정확도가 매우 다양합니다 .

- 삼각대 수평 조정 헤드 - 삼각대 다리를 조정할 필요없이 신속하게 수평 장착면을 만들어줍니다 .
- 패닝 장치 - 수직 축을 중심으로 회전하며 , SolSensor 의 방위각을 기울기와 상관없이 조정할 수 있습니다 .

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

사용 설명서

- 틸트 장치 - 수평 축을 기준으로 회전하며, 방위각과 무관하게 기울기를 설정할 수 있습니다. 일반적으로 틸트 장치를 패닝 장치 위에 장착한 후, 이것을 다시 수준기에 장착하고, 레벨링 장치와 삼각대에 장착하게 됩니다.
- 어댑터 플레이트 - 이 플레이트를 SolSensor 의 하단과 틸트 장치의 상단에 단단히 부착합니다. 이 설명서에서는 사용자가 삼각대 레벨링 장치를 사용한다고 가정합니다. 그렇지 않다면 삼각대 다리를 조정하여 삼각대 장착면의 수평을 맞추십시오.

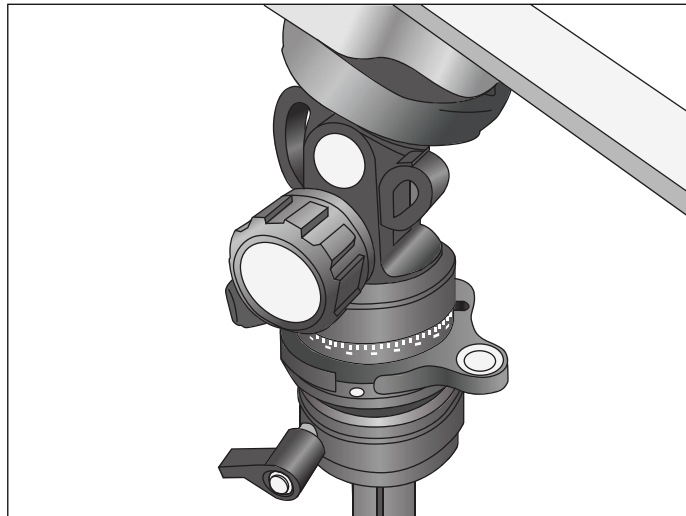
참고

방사 조도 측정의 정확도는 SolSensor 의 방향에 따라 달라집니다. 기울기와 방위각 조정이 서로 독립적으로 유지되도록 하기 위해, 이 단계들을 나열된 순서대로 진행해야 합니다.

삼각대 위에 SolSensor 를 올바르게 배치하려면 :

1. [그림 6](#) 과 같이 SolSensor 와 삼각대에 연결된 하드웨어를 조립합니다 .

그림 6. 삼각대 위에 설치



2. 삼각대 위치를 선택할 때 다음 요소들을 감안하십시오.
 - 위치가 집광판 배열 자체와 비슷하게 가리는 것 없이 하늘을 바라보는 상태여야 합니다. 나무나 구조물이 하늘의 일부를 가리는 장소는 피하십시오. 특히 흐린 날에는 확산광이 전체 방사 조도의 상당 부분을 차지합니다. 알베도 효과 (반사)가 큰 위치는 피합니다.
 - 접속함이나 PC를 사용할 그 외의 위치까지의 시야가 좋아야 합니다.
 - 열전대를 사용하여 모듈 온도의 뒷면을 측정하려면, 모듈의 한참 아래에 집광판 배열의 냉각기 바깥쪽 모서리에서 떨어져 있는 곳에 열전대 팁을 부착할 수 있도록 하위 배열에 충분히 가깝게 삼각대를 배치하십시오. 열전대 연장 케이블을 사용하면 좋을 것입니다. 권장 사항에 대해서는 Fluke에 문의하십시오.
3. 삼각대 다리를 최대한 펼쳐서 단단히 고정시킵니다.
4. 열전대 와이어를 SolSensor에 연결하고 열전대 팁을 PV 모듈의 뒷면에 연결합니다. 열전대를 모듈의 모서리 (더 차가움) 부근에 부착하지 마십시오. 아니면 열전대를 생략하고, I-V 곡선에서 셀 온도를 도출하도록 소프트웨어를 설정하십시오.
5. 두 열전대 판독값의 평균을 구할 경우, 두 번째 열전대도 배치합니다. 두 번째 열전대를 사용하지만 모듈에 부착하지 않는 경우 (예: 주위 온도를 측정하는 데 사용되는 경우), 온도 측정 방법으로 SmartTemp나 평균을 사용하지 마십시오.
6. 레벨링 장치를 조정하여 거품이 가운데에 오도록 하고, 레벨링 장치를 잠급니다.
7. 패닝 장치를 돌려서 SolSensor가 테스트 중인 배열과 동일한 방위각 (나침반 방향)에 오도록 한 다음, 패닝 장치를 잠급니다. 해당 지역의 자기 편각에 맞게 나침반을 조정해야 합니다. 자기 편각 계산기는 <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/?id=declinationFormId>에서 찾을 수 있습니다. SolSensor 또는 삼각대 장착 하드웨어의 구성 요소에 의해 지구의 자기장이 왜곡되지 않도록 하기 위해, SolSensor에서 나침반을 수평으로 분리합니다. 비철 직사각형 스페이서를 삽입합니다.
8. 소프트웨어에 표시되는 기울기 각도가 PV 배열의 실제 기울기와 일치할 때까지 기울기 장치를 회전한 다음, 기울기 장치를 잠급니다.

태양광 PV 장비에 연결하기

설치되어 있는 PV 시스템들은 설계와 구조가 다양합니다. 따라서 이 섹션에서 제공하는 지침은 일반적인 내용이며, 상황에 적합한 기법과 예방 조치를 적용하는 것이 매우 중요합니다. 최상의 PV/전기 안전 예방 조치에 따르십시오.

참고

아래의 절차는 중요하지만 이 내용이 모든 상황에 적용되는 것은 아닙니다. 각 PV 시스템의 잠재적 위험성을 평가하여 적절한 예방 조치를 취하십시오.

태양광 PV 장비에 연결하려면 :

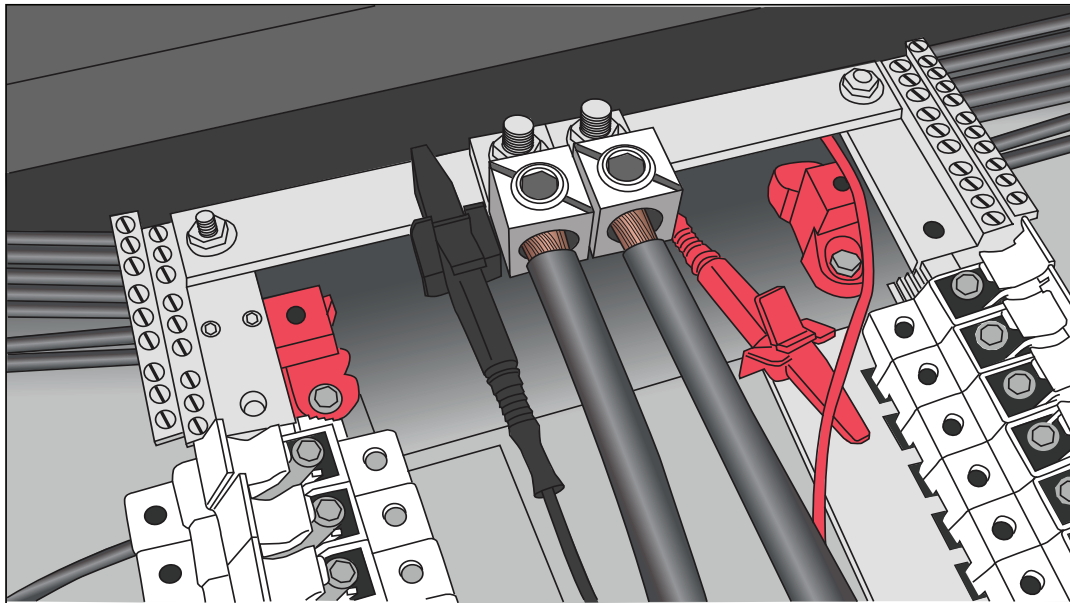
1. 테스트할 PV 모듈 스트링 (테스트 스트링) 을 인버터 , 그리고 배열 내 다른 스트링들로부터 분리합니다 . 퓨즈가 장착된 DC 접속함에서 측정하려면 DC 분리 스위치를 사용하여 접속함을 분리하고 퓨즈를 당겨서 PV 스트링들을 서로 분리합니다 .
2. 스트링이 인버터와 직접 연결되어 있는 경우 스트링 인버터에서 측정을 하려면 , 직렬 퓨즈들을 당겨서 스트링들을 서로 분리하고 스트링을 인버터 입력 회로에서 분리합니다 .
3. I-V Curve Tracer 의 버튼을 눌러서 I-V 스위프를 비활성화합니다 .

⚠⚠ 경고

감전 , 화재 , 부상 , 또는 사망을 예방하기 위해 , **I-V Curve Tracer** 가 일시 정지된 동안에도 PV 회로에는 여전히 감전의 위험이 있다는 점에 유의하십시오 .

4. 안전한 작동 절차를 사용하여 , I-V Curve Tracer 의 PV 리드를 측정할 PV 소스에 연결합니다 . PV 모듈 , 흥런 케이블의 단부 , 인버터의 접속함에 연결합니다 . 측정할 스트링에 PVA 테스트 리드를 연결합니다 . 경우에 따라 접속함 안에 있는 버스 바 (그림 7 참조) 또는 인버터 안의 퓨즈 클립에 악어 클립을 부착해도 됩니다 .

그림 7.PV 접속함의 버스 바에 I-V Curve Tracer 테스트 리드를 고정시킨 모습



- 테스트 대상 회로와 I-V Curve Tracer 사이의 거리상 연장 케이블이 필요한 경우, 최대 시스템 전압에 적합한 등급의 PV 케이블을 커넥터를 올바르게 설치한 상태에서 사용하십시오. 전압 강하가 적당히 적은 와이어 게이지를 선택하십시오.

테스트 대상 회로와 I-V Curve Tracer 사이에 10ft(단방향) 이상의 연장 케이블을 추가할 경우, 케이블들의 간격을 넓게 배치하여 회로에 추가되는 인덕턴스를 최소화하십시오.

- 퓨즈가 장착된 접속함에서 연결하는 경우, 최상의 결과를 얻기 위해서는 한 번에 하나의 스트링만 삽입하는 것이 좋습니다. 스트링 당 퓨즈가 하나 있는 접속함이 있고, 스트링 당 퓨즈가 두 개 있는 접속함 (양극 측에 하나, 음극 측에 하나) 이 있습니다. 스트링당 두 개의 퓨즈가 있는 접속함을 테스트하는 경우, 음극 측에 있는 퓨즈는 모두 삽입된 상태로 두고 양극 측에 퓨즈를 한 번에 하나씩 꽂습니다. 총 전류가 I-V Curve Tracer 의 등급을 초과하지 않는 한, 여러 개의 스트링을 동시에 병렬로 측정할 수 있습니다.
- I-V Curve Tracer 의 버튼을 눌러서 일시 정지 상태를 해제하고 I-V 스위치를 활성화합니다.

I-V 측정

소프트웨어에서 **Measure Now(지금 측정)** 버튼을 클릭할 때마다 I-V Curve Tracer 가 I-V 곡선을 측정합니다. I-V Curve Tracer 가 I-V 스위치를 수행할 때마다 그 즉시 I-V 데이터가 PC 로 전송됩니다. 데이터는 PC 로 전송되고 난 후에는 I-V Curve Tracer 자체에 저장되지 않습니다. V_{oc} 측정은 I-V 스위치가 시작되기 직전에 수행됩니다.

스윙 비활성화

I-V 측정이 끝날 때마다 PV 전류는 자동으로 멈춥니다. 그러나 테스트 리드나 케이블을 연결하거나 분리하기 전에 I-V Curve Tracer 전원 버튼을 눌러서 측정 시퀀스를 일시 정지하십시오. 이렇게 I-V Curve Tracer 를 수동으로 비활성화하면 I-V Curve Tracer 가 예기치 않게 I-V 측정을 하는 일이 방지됩니다. 또 다른 측정을 할 준비가 되었으면 전원 버튼을 다시 누르십시오.



경고

감전, 화재, 부상을 방지하기 위해, I-V Curve Tracer 의 LED 가 계속 켜져 있을 때는 PV 리드를 연결하거나 분리하지 마십시오.

과열 방지

보호 장치가 내장되어 있어서 내부를 손상시킬 수 있는 온도가 되면 I-V Curve Tracer 의 작동을 방지합니다 .

I-V Curve Tracer 는 측정 시마다 에너지를 흡수하며 , 일련의 측정 과정에서 I-V Curve Tracer 의 내부 온도가 점차 상승합니다 . 이렇게 누적된 열의 일부는 측정 간에 , 그리고 측정과 측정 사이에 현장에서 장비를 옮기는 동안에 방출됩니다 . 평균적으로 열 증가량이 열 감소량을 초과하여 내부 온도가 계속해서 상승하면 내부 온도 센서가 작동됩니다 . 이렇게 되면 냉각을 위해 I-V Curve Tracer 가 꺼지고 소프트웨어가 **Measure Now(지금 측정)** 버튼 바로 위의 상태 표시기에 **Disabled (비활성화 됨)** 메시지를 표시합니다 .

⚠ 주의

I-V Curve Tracer 의 손상을 방지하려면 , **I-V Curve Tracer** 를 그늘에 배치하여 과열 방지 종료가 실행될 가능성을 줄이십시오 . 가능하면 직사광선이 내리쬐는 아스팔트 진입로 , 태양광 패널 , 또는 지붕 위에 **I-V Curve Tracer** 를 배치하지 마십시오 .

스윙 - 스윙 지연과 열 용량

I-V Curve Tracer 의 내부 온도를 관리하기 위해 , 다음 번 I-V 스윙을 얼마나 빨리 수행할 수 있는지를 제한하는 스윙 - 스윙 지연 기능이 있습니다 . 이 지연 시간은 표 5 와 같이 측정된 V_{oc} 에 따라 달라집니다 .

표 5. 스윙 - 스윙 지연

V_{oc}	스윙 - 스윙 지연
$\leq 200V$	6 초
201V~1,000V	6 초
1,001V~1,350V	8 초
$>1,350V$	11 초

I-V Curve Tracer 의 열 용량은 최대 허용 내부 온도에 도달하여 냉각 시간이 더 길어지기 전에 수행할 수 있는 I-V 측정의 횟수입니다 . 열 용량은 V_{oc} 가 높을수록 , 실외 주변 온도가 높을수록 , 그리고 측정과 측정 사이의 시간이 짧을수록 감소합니다 . 접속함당 스트링이 16 개 있고 V_{oc} 가 1,300V 인 기준 PV 시스템의 경우 , 이 16 개의 스트링을 차례로 측정하되 측정과 측정 사이에 5 분간은 측정하지 않는다면 (예를 들어 , 다음 접속함으로 이동하는 동안) 열 용량은 스윙 - 스윙 지연 시나리오 2 개와 2 개의 주변 온도 상황에서 표 6 과 같습니다 .

표 6. 열 용량 (냉각이 연장되는 I-V 측정 횟수)

스윙 - 스윙 지연	# 과열 방지 종료 전 측정 횟수
18 초	무제한 (주변 온도 77°F) 550 회 (주변 온도 113 °F)
9 초	무제한 (주변 온도 77°F) 330 회 (주변 온도 113 °F)

I-V Curve Tracer 가 열 용량에 도달하면 메시지가 표시되며 , 더 이상 측정이 허용되지 않습니다 .
1 분 냉각할 때마다 (예를 들어 , 측정을 하지 않을 때) 열 용량에 다시 도달하기 전까지 측정할 수 있는 횟수가 늘어납니다 . 이 복원율이 증가하도록 I-V Curve Tracer 를 햇빛에 노출시키지 않거나 에어컨이 가동되는 환경으로 옮기십시오 .

 **경고**

뜨거운 표면으로부터 보호하기 위해 캔버스 케이스에서 인클로저를 제거하지 마십시오 .
본 제품은 정상 작동 시 저장된 에너지를 열 형태로 소산시킵니다 .

고온 상태 작동

I-V Curve Tracer 에 가장 안 좋은 열 조건은 다음과 같습니다 .

- 날씨가 더움
- 바람이 없음
- 그늘이 없음
- 높은 개방 회로 전압
- I-V 스윙을 빠르게 수행함

이 같은 조건이 예상되는 경우 I-V Curve Tracer 의 온도 상승이 최소화되도록 사전에 계획을 수립하십시오 . I-V Curve Tracer 에 직사광선이 내리쬐지 않게 하고 , I-V Curve Tracer 를 뜨거운 표면에 서 들어 올리고 , I-V 스윙 간 시간 간격을 더 두십시오 .

과전압 경고

과전압 상태

주의

I-V Curve Tracer 의 손상을 방지하기 위해 , 테스트 중인 **PV** 소스의 개방 전압이 **I-V Curve Tracer** 의 지정 최대 **DC** 입력 전압을 초과하지 않도록 하십시오 . 제품이 손상되어 공장 수리가 필요할 수 있습니다 . **PV** 시스템 **DC** 전압이 예상보다 높거나 두 스트링이 실수로 직렬로 연결될 경우 과전압이 발생할 수 있습니다 .

1,525V 를 초과하는 PV 전압이 감지될 경우 소프트웨어에 과전압 경고가 표시됩니다 . PV 전압을 낮춘 후에 측정을 계속하십시오 . 1,550V 를 초과하는 PV 전압이 감지될 경우 추가 측정을 막기 위해 I-V Curve Tracer 가 자체적으로 비활성화되고 , 내부 손상 여부를 검사하고 수리하기 위해 장치를 Fluke 로 반환하라는 경고가 표시됩니다 .

과전류 경고

주의

I-V Curve Tracer 의 손상을 방지하기 위해 , **I-V Curve Tracer** 를 지정 **DC** 입력 전류를 초과하는 전류에 노출시키지 마십시오 . **I-V Curve Tracer** 가 손상되어 수리를 위해 공장으로 반환해야 할 수 있습니다 . 장치에 초과 전류가 인가되면 경고 메시지가 표시됩니다 .

과전류는 다음과 같은 경우에 발생할 수 있습니다 .

- 너무 많은 스트링을 병렬로 측정하는 경우 .
- 배열의 나머지 부분이나 인버터와 아직 전기적으로 연결되어 있는 스트링을 측정하는 경우 (예 : 접속함 DC 분리 장치가 열리지 않은 경우)
- PVA-1500T2 를 사용하고 전류가 10A 가 넘는 고효율 ($\geq 19\%$) PV 모듈의 스트링을 측정하는 경우 .

고효율 모듈은 I-V 곡선 측정을 시작할 때마다 짧지만 강렬한 전류 펄스를 생성합니다 . PVA-1500HE2 는 I_{sc} 가 최대 30A 인 고효율 모듈의 스트링에서 이 같은 돌입 전류를 견딜 수 있지만 , PVA-1500T2 는 $I_{sc} \leq 10A$ 인 고효율 모듈의 스트링까지로 제한됩니다 . [고효율 모듈의 측정](#)을 참조하십시오 .

역극성 또는 제로 전압 감지

I-V Curve Tracer가 $-0.5V$ 미만의 전압을 감지하면 소프트웨어가 **Negative Voltage Detected (음극 전압 감지)** 경고를 게시하고 내부 보호 회로가 내부 손상을 방지하며 I-V 측정이 실행되지 않습니다. I-V Curve Tracer가 회로 전체에 걸쳐 잘못된 극성과 연결되었을 수 있습니다.

I-V Curve Tracer가 $-0.5V \sim 0.5V$ 의 전압을 측정할 경우 소프트웨어가 **0 volts detected (제로 전압 감지)** 경고를 게시하고 I-V 측정이 발생하지 않습니다. I-V Curve Tracer가 회로에 연결되어 있지 않거나, 회로가 단선되어 있거나, 그 밖의 이유로 인해 회로가 $0V$ 에 가까워졌을 수 있습니다.

소프트웨어 개요

프로젝트

PVA Software는 모든 설정 정보와 측정 결과를 **Project** 파일이라는 특수한 파일 형식으로 저장합니다. 이 소프트웨어는 특정 배열에 대한 프로젝트를 생성하는 단계를 안내합니다.

프로젝트에 속한 모든 PV 모듈은 유형이 동일해야 하며 동일한 방위각으로 장착되어 있어야 합니다. 현장에는 서로 다른 모듈과 방위각들이 혼합되어 있는 다수의 PV 배열이 존재하는 경우가 종종 있습니다. 이러한 차이를 수용하려면 각 사례별로 프로젝트를 생성하십시오. 시간을 절약하려면 첫 번째 **Project** 파일을 복사하여 붙여넣은 다음, 이름을 바꾸고 서로 차이가 나는 기능만 편집하십시오.

소프트웨어에는 수평 단축 추적 시스템 내에 있는 스트링들의 성능을 측정하는 특수 기능이 있습니다. 소프트웨어는 태양 정오가 되면 아침 방위각에서 오후 방위각으로 자동으로 *넘어갈* 수 있습니다. **SolSensor**는 측정 시마다 기울기를 보고합니다.

참고

대규모 PV 현장의 경우 소프트웨어의 응답성을 유지하기 위해 프로젝트를 여러 개 생성하는 것을 고려하십시오. 예를 들어, 50MW 프로젝트의 경우 패드나 인버터별로 프로젝트를 만드십시오. 이렇게 하면 데이터 분석에 사용되는 데이터 분석 도구의 속도가 향상됩니다.

참고

PC의 날짜와 시간이 올바르게 설정되어 있고 시간대와 일광 절약 시간 설정이 올바른지 확인하십시오. 소프트웨어는 이 같은 매개변수들을 사용하여 I-V 곡선을 측정하는 정확한 순간의 태양 위치를 계산합니다. 이를 통해 소프트웨어는 직사광선의 입사각을 계산하고 이 정보를 이용하여 방사 조도 센서와 PV 모듈의 정확도를 최적화할 수 있습니다. 이 같은 설정값에 오류가 있으면 테스트 대상 PV 모듈의 유효 조사 강도 측정과 예상 성능에 오류가 발생하며, 결과적으로 성능계수(측정 최대 전력/예측 최대 전력)에도 오류가 발생합니다. 장비를 가지고 서로 다른 시간대 사이를 이동할 경우, 설정이 올바르게 되어 있는지 확인하는 것이 특히 중요합니다.

I-V 측정값에는 측정 순간의 날짜와 시간이 자동으로 표시됩니다.

PC가 인터넷에 연결되어 있으면 새 프로젝트 마법사를 열 때마다 소프트웨어가 웹 시간 서버에서 정확한 세계시를 확인하고 필요에 따라 PC시계를 조정합니다. 시간대와 일광 절약 시간 설정을 선택하십시오.

저장된 측정 데이터와 관련된 모든 날짜와 시간은 나중에 다른 시간대에서 그 프로젝트를 열더라도 보존됩니다.

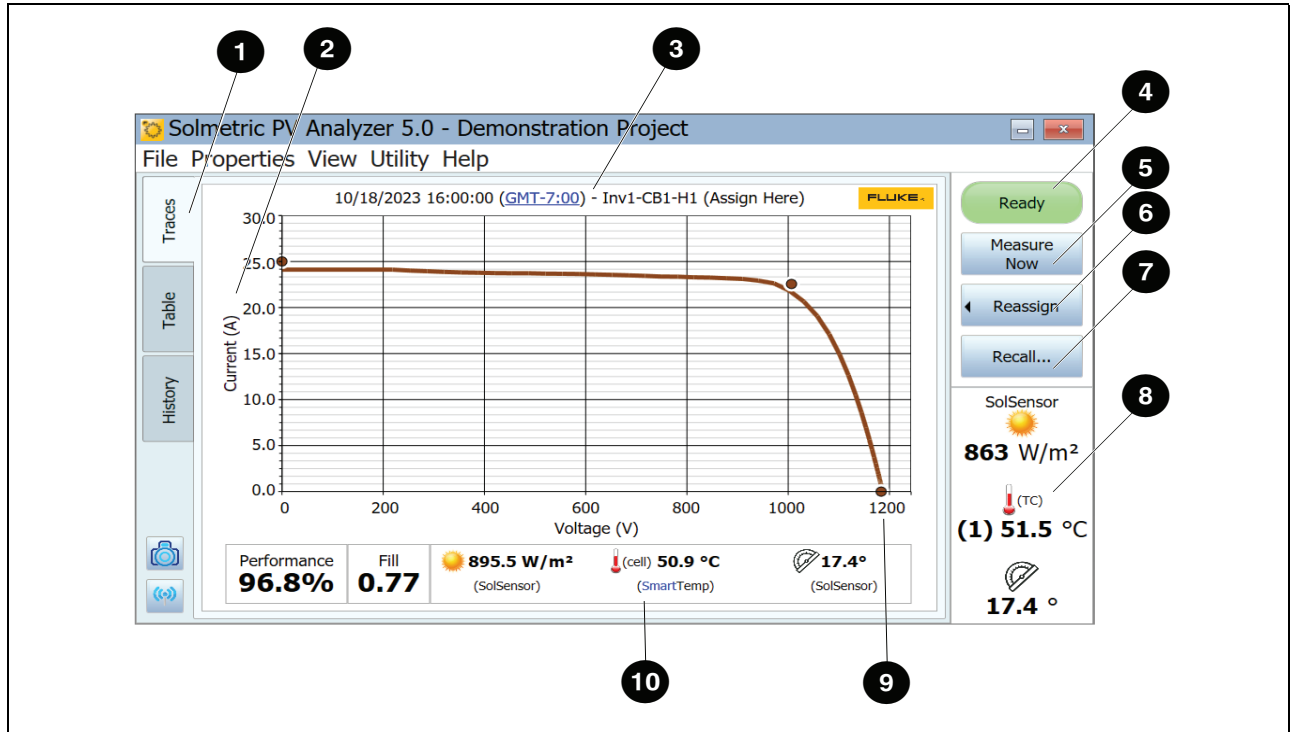
시스템 트리

새 프로젝트를 생성하면 측정할 시스템의 트리 표시를 생성하는 과정이 안내됩니다. 이것을 시스템 트리라고 합니다. I-V 곡선 측정을 수행하고 나면 항상 소프트웨어에 시스템 트리가 표시되며 이 트리를 터치하거나 클릭해서 배열 내의 어디에서 측정을 했는지를 소프트웨어에 알려주게 됩니다. 이렇게 하면 PV모듈이 그 위치에 고유한 배선 특성과 기타 세부 사항을 검색해서 측정 결과를 저장할 위치를 소프트웨어에 알려줄 수 있습니다. 사용자가 측정 위치를 확인해야만 I-V 곡선 그래프에 예측 모델 포인트들 (I_{sc} , P_{max} , V_{oc}) 이 표시됩니다.

기본 화면 개요

이 소프트웨어는 완전 터치식입니다. 표 7 은 기본 화면에서 Traces(추적) 탭을 선택한 모습입니다.

표 7. 소프트웨어 기본 화면



항목	설명
1	탭은 데이터를 보는 다양한 방법을 제공합니다.
2	Current (A) (전류 (A)) - 그래프 왼쪽의 수직 축을 따라 배치된 전류 눈금입니다.
3	<p>Measurement ID (측정 ID)- 그래프 위의 레이블은 표시된 I-V 추이의 명칭을 나타냅니다. 추이를 할당하거나 저장하지 않았다면 이 ID 에 측정이 실행된 날짜와 시간만 표시됩니다.</p> <p>추이를 시스템 트리의 특정 위치에 할당했지만 아직 저장하지 않은 경우에는, 이 ID 에 날짜, 시간, 그리고 시스템 트리상의 위치가 표시되며 이는 데이터가 저장되지 않았음을 의미합니다.</p> <p>추이를 할당하고 저장했다면 ID 에 날짜, 시간, 그리고 시스템 트리상의 위치가 표시됩니다.</p> <p>그리고 측정 ID 에는 GMT 와의 시간차를 보여주는 링크도 표시됩니다. 시간대를 확인하려면 이 링크를 클릭하십시오.</p>

표 7. 소프트웨어 기본 화면 (계속)

항목	설명
4	<p>상태 표시기 - 소프트웨어 화면 오른쪽 상단에 있는 상태 표시기는 아래와 같은 여러 가지 메시지를 표시합니다. 이 상태 표시기를 클릭하면 활성 상태에 관한 자세한 정보를 볼 수 있습니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ready(준비) - I-V 장치가 새로 I-V 측정을 실행할 준비가 되었음을 나타냅니다. • Searching for I-V Unit(I-V 장치 검색) - 소프트웨어가 I-V 장치에 연결을 시도하고 있음을 나타냅니다. PC 를 I-V Curve Tracer Wi-Fi 핫스팟에 연결한 후 몇 초 안에 이 상태가 Ready(준비) 로 변경될 것입니다. 문제가 있다면 이는 일반적으로 장치들이 서로의 무선 범위를 벗어났거나 사용자가 동일한 거리에 있는 다른 I-V 유닛에 연결했기 (드문 경우) 때문입니다. • Measuring(측정 중) - I-V 측정이 진행 중임을 나타냅니다. • Paused(일시 정지) - I-V Curve Tracer가 일시 정지 상태임을 나타냅니다. 이 상태에서, 측정을 중단하지 않고 PV 소스 연결을 변경할 수 있습니다. • Disabled(비활성화) - 어떤 문제로 인해서 I-V 측정이 비활성화되었음을 나타냅니다. 배터리 부족, 과전류, 과전압, 과열, 극성 반전 등과 관련한 문제일 수 있습니다. 이 상태에서는 측정을 할 수 없습니다. 자세한 내용을 보려면 표시기를 클릭하십시오.
5	<p>Measure Now(지금 측정) - I-V 측정을 실행하려면 여기를 클릭하십시오. 상태가 Ready(준비) 이외의 상태이면 이 버튼이 비활성화됩니다.</p>
6	<p>Assign and Save/Reassign(할당 및 저장 / 재할당) - 새 측정을 위한 PV 모델 포인트를 I-V 그래프에 표시하려면 먼저 배열 탐색기에서 시스템 트리상의 특정 위치에 측정을 할당하거나 저장해야 합니다. 이렇게 하면 모델이 한 스트링 내 PV 모듈 개수나 배선 특성과 같이 필요한 정보를 트리에서 읽을 수 있습니다.</p> <p>저장하고 할당하기 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 신규로 측정을 하고 나면 I-V 곡선이 표시되고 시스템 트리가 일시적으로 옆에 표시됩니다. 2. 시스템 트리에서 측정이 실행된 위치를 클릭합니다. 그런 다음, 대화상자 하단에 있는 Assign and Save(할당 및 저장) 버튼을 사용하여 데이터를 그 위치에 저장합니다. 모델 포인트들은 표시되었으면 하고 추이는 저장하고 싶지 않다면, Assign(할당) 을 클릭하십시오. <p>측정 결과가 저장되고 나면 Assign and Save(할당 및 저장) 버튼이 Reassign(재할당) 버튼으로 바뀝니다. 실수로 시스템 트리상의 잘못된 위치에 측정 결과를 저장했다면 Reassign(재할당) 을 클릭하십시오. 트리가 표시되면 올바른 위치를 클릭한 후, 대화상자 하단의 Assign and Save(할당 및 저장) 를 클릭하십시오. 위치가 변경되고 I-V 곡선 위의 측정 ID 에 새 위치가 표시됩니다.</p>

표 7. 소프트웨어 기본 화면 (계속)

항목	설명
7	<p>Recall...(리콜 ...) - 시스템 트리에서 측정 데이터를 리콜합니다 . 트리가 나타나면 배열 트리에서 원하는 데이터가 포함된 위치를 클릭합니다 . 그 위치에 두 개 이상의 측정 데이터가 저장되어 있으면 날짜 / 시간을 기준으로 선택합니다 .</p>
8	<p>SolSensor Display Area (SolSensor 디스플레이 영역)- SolSensor가 켜져 있고 무선 범위 내에 있으면 실시간 센서 값이 화면 오른쪽 아래에 표시됩니다 .</p> <p>SolSensor 가 꺼져 있거나 I-V Curve Tracer 의 무선 범위를 벗어나 있으면 이 영역에 Searching for SolSensor(SolSensor 검색 중) 가 나타납니다 .</p> <p>SolSensor 에 열전대 두 개가 연결되어 있으면 두 온도가 모두 나타납니다 . 하지만 열전대를 하나만 사용하는 것이 가장 일반적입니다 .</p> <p>PV 모델과 프로젝트를 아직 생성하지 않은 경우 , 표시되는 방사 조도 값은 예비 값이며 예비 방사 조도 대 유효 방사 조도에서 설명하였고 여기에 표시한 것과 같이 회색 이탤릭체로 표시됩니다 .</p> <div style="text-align: center;"> <p>Irradiance 1030 W/m²</p> <p>T backside (1) 55.8 °C (2) 54.1 °C</p> <p>Tilt 36.4 °</p> </div> <p>프로젝트가 로드되면 방사 조도가 검은색의 일반 글꼴로 표시됩니다 .</p>
9	<p>Voltage (V)(전압 (V)) - 그래프의 수평 축을 따라 배치된 전압 눈금입니다 .</p>
10	<p>측정 요약 표시줄 - 표시된 I-V 곡선 아래에 위치한 측정 요약 표시줄에는 현재 표시된 측정의 결과가 표시됩니다 .</p> <p>성능계수는 측정된 최대 전력 값을 PV 모델이 예측한 값의 백분율로 나타낸 것입니다 .</p> <p>곡선 인자 (FF) 는 I-V 곡선의 직각도를 나타내는 것으로 , 측정 I-V 곡선의 해석에서 자세히 설명합니다 .</p> <p>그 I-V 곡선에서 순간적으로 측정된 방사 조도와 온도 , 그리고 기울기입니다 .</p>
(그림에 표시되지 않음)	<p>Power (W)(전력 (W)) - View(보기) 메뉴에서 P-V 곡선을 선택하면 그래프 오른쪽의 수직 축을 따라 전력 눈금이 표시됩니다 . 전류 축과 전력 축은 서로 독립적으로 자동 스케일링됩니다 . 따라서 자동 스케일링이 실행되면 I-V 곡선과 P-V 곡선의 상대적인 높이가 바뀝니다 .</p>

메뉴 표시줄

파일 메뉴

파일 메뉴에 진입하려면 **File(파일)** 을 클릭합니다 . 파일 메뉴에서는 프로젝트를 생성하고 로드하고 내보냅니다 .

파일 메뉴는 다음 항목들로 구성되어 있습니다 .

- **New Project...(새 프로젝트 ...)**

새 프로젝트를 참조하십시오 .

- **Browse Project...(프로젝트 찾아보기 ...)**

검색을 위해 이전에 저장했던 프로젝트들에 액세스합니다 .

- **Recent Projects(최근 프로젝트)**

최근 프로젝트에 액세스합니다 .

- **Export Trace for Active Measurement...(활성 측정의 추이 내보내기 ...)**

추이 화면에 현재 표시된 측정의 측정 결과를 CSV(쉼표로 구분된 값) 파일로 내보냅니다 .

- **Export Traces for Entire System...(전체 시스템에 대한 추이 내보내기 ...)**

현재 로드된 Project 의 측정 결과를 Windows 폴더 트리 형태로 내보냅니다 . 이 트리는 계층형으로 구성되어 있습니다 (예 : System\Inverter\Combiner\String IV Data(CSV 파일)). 배열 내 각 위치에 대한 마지막 측정 결과만 내보내집니다 .

이 계층 형식의 데이터는 데이터 분석 도구를 사용하여 자동으로 분석할 수 있습니다 .

- **Export Insulation Resistance Test Data...(절연 저항 테스트 데이터 내보내기 ...)**

현재 로드된 프로젝트에 대한 절연 테스트 데이터를 CSV 파일로 내보냅니다 . 절연 테스트 데이터는 별도의 절연 저항 측정기로 수집하여 사용자가 소프트웨어에 입력해야 합니다 .

새 프로젝트

새 프로젝트 만들기 :

1. **File>New Project...(파일 > 새 프로젝트 ...)** 를 클릭합니다 . 그러면 **Site Info(현장 정보)** 화면에서부터 시작하여 새 프로젝트 마법사가 시작됩니다 .
2. 사이트 정보 화면에서 위도 , 경도 , 배열 유형 , 배열 방위각 (진북) , 그리고 프로젝트 시간을 입력합니다 . **Lookup City(도시 검색)** 버튼을 사용하여 PV 시설 근처에 있는 도시의 위도와 경도로 대체할 수도 있습니다 .

Site Info(사이트 정보) 화면에는 수평 단축 추적 시스템을 위한 특수 기능이 있어서 추적기가 작동할 때 I-V 곡선을 촬영할 수 있습니다. 이것은 가능한 한 최대의 방사 조도 수준에서 모든 측정을 실행할 수 있다는 장점이 있습니다. 배열의 아침 방위각을 입력하십시오 (그러면 태양 정오에 소프트웨어가 오후 방위각을 위해 180 도를 더합니다).

그림 8 은 수평 단축 추적기의 배열 유형과 방위각 설정을 보여줍니다. 이 예에서는 아침에 (태양 정오 이전) PV 모듈이 동쪽을 향하고 있습니다.

추적기에서 방위각을 명확히 하기 위해, 추적기가 일정한 설정값에서 멈추고 사용자가 모듈이 향하는 방위각을 파악하려고 한다고 가정해 보겠습니다. 모듈 유리 표면 위에, 상부 프레임 부재 가까이에 대리석이 놓여 있는데 이 대리석을 밀어서 아래로 굴린다고 상상해 보십시오. 그러면 대리석은 화살처럼 직선을 그리며 굴러 내려가고, 그 화살표가 수평면 (일반적으로 지면, 수평인 경우) 위에서 발사되는 방향이 모듈의 방위각 방향입니다.

그림 8. 수평 단축 추적 시스템의 가장 일반적인 설정

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

3. PC 시계가 올바르게 설정되어 있는지 확인합니다. 이들 매개변수에는 시간, 날짜, 시간대가 있습니다.

참고

측정 때마다 PC 에서 확인된 시간, 날짜 및 시간대가 스탬프로 표시됩니다. 방사 조도 센서가 방사 조도를 제대로 해석하고 소프트웨어가 성능 계수를 올바르게 계산하려면 이러한 값들이 정확해야 합니다. 측정을 한 후에는 시간과 날짜, 시간대를 수정할 수 없습니다. 측정을 시작하기 전에 이들 값이 정확한지 확인하는 것이 중요합니다.

이 날짜 / 시간 스탬프는 PVA 프로젝트 파일이 원래 생성되었던 PC 가 아니라 I-V 곡선 측정 프로세스를 제어하는 PC 를 통해 확인됩니다 (예를 들어, 사무실에서 특정 PC 를 이용해서 프로젝트 파일을 생성한 후에 측정을 하기 위해 프로젝트를 다른 PC 로 전송하는 경우 이것이 서로 다를 수 있음).

사용자가 측정 날에 PV 시스템 현장에서 소프트웨어를 실행할 때, 먼저 PC 시계를 확인하여 날짜, 시간 및 시간대가 올바른지 확인하십시오.

4. 사이트 정보 화면을 완료했으면 **Next(다음)** 를 클릭하여 PV 모듈 화면으로 이동합니다.

PV 모듈 선택

PV 모듈을 선택하여 프로젝트에서 그 모듈의 성능 매개변수를 사용할 수 있게 합니다. 이렇게 하면 소프트웨어가 예상 I-V 곡선과 성능계수를 계산할 수 있습니다.

PV 모듈 선택하기 :

1. 제조사의 이름을 입력하기 시작하면 그 이름과 철자가 비슷한 항목들의 목록이 표시됩니다.
2. 생성된 목록에서 해당 이름을 선택합니다.
3. PV 모듈의 모델 번호에서도 이 과정을 반복합니다. 필요한 제조사 또는 모델 번호가 목록에 없으면 **New Custom...(새 사용자 지정 ...)** 을 클릭한 후 제조사와 모델 번호, 그리고 사양을 입력합니다.

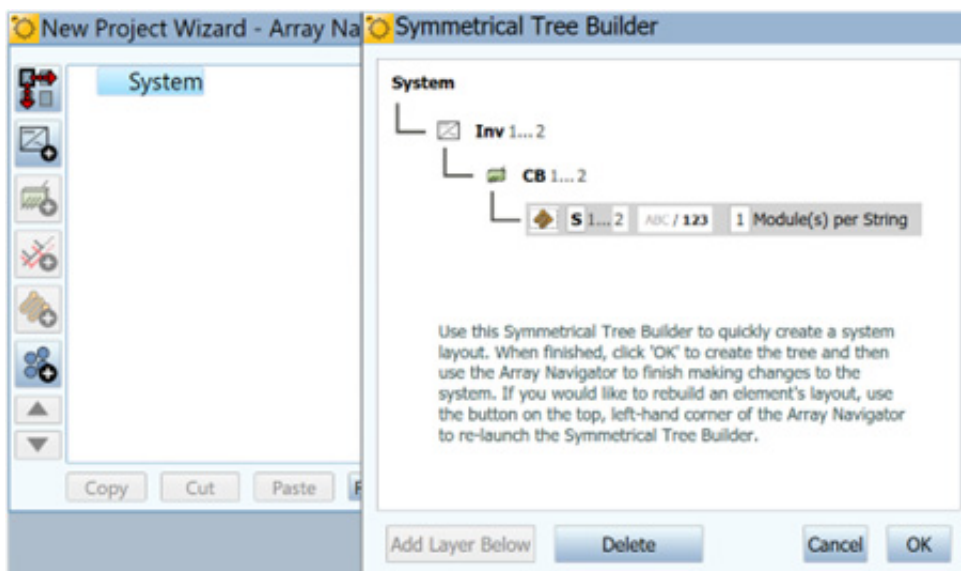
이 데이터를 사용자 지정 모듈로 저장합니다. 이 사용자 지정 모듈은 프로젝트의 일부로 저장되므로 프로젝트 파일을 다른 컴퓨터와 공유할 경우 이 사용자 지정 모듈이 그 두 번째 컴퓨터에 표시됩니다.

4. 이 모듈을 즐겨찾기 목록에 추가하려면 별표 아이콘을 클릭합니다. 모델 번호를 선택하면 해당 모듈의 성능 매개변수가 표시됩니다.
5. 모든 매개변수 값을 검토하십시오. 편집이 필요하면 연필 아이콘 버튼을 사용하여 올바른 정보를 입력합니다. 편집을 할 경우 그 모듈의 이름을 변경하여 사용자 정의 장비 폴더에 저장할 수 있습니다.

시스템 트리 생성

PV 모듈의 선택이나 편집을 마쳤으면 **Next(다음)** 를 클릭하여 트리 빌더 화면으로 이동합니다 ([그림 9](#) 참조).

그림 9. 배열 탐색기에 대칭형 트리 빌더가 표시된 모습

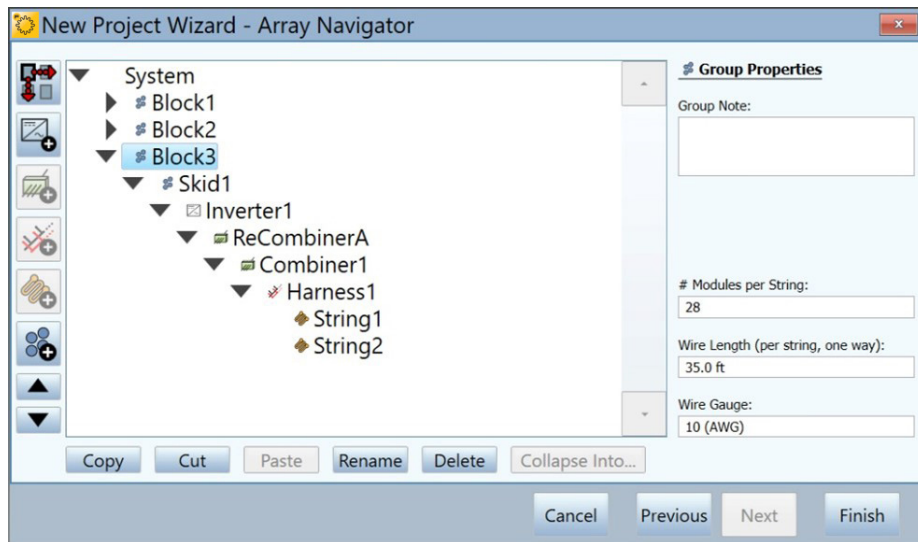


이 화면을 이용하여 PV 시스템 하드웨어를 설명합니다. 여기에 입력된 정보를 사용하여 다음을 수행하십시오.

- *터치*를 해서 측정 데이터를 저장하고 리콜할 수 있는 배열의 시각적 *트리* 형상을 만듭니다.
- 소프트웨어 모델이 예상 성능을 예측하기 위해 사용하는 스트링당 모듈 개수와 와이어 매개변수를 지정합니다.

완성된 배열 트리의 예시를 [그림 10](#)에 제시하였습니다. 명확성을 위해, 트리의 *레이어*들의 명칭을 전체 이름으로 기재하였습니다. 실무에서는 측정값의 *경로명*이 소프트웨어 트리 표시 및 헤더에 맞고 적당한 크기의 스프레드시트 셀에 맞도록 이름을 축약하십시오.

그림 10. 완성된 배열 트리



먼저 대칭형 트리 빌더 화면을 사용하여 트리의 기본 구조를 만듭니다. 대칭형 트리 빌더는 기본 시스템 트리로 열립니다 (인버터 2 개, 인버터당 접속함 2 개, 접속함당 스트링 2 개, 스트링당 모듈 1 개). 이들 기본값을 테스트할 시스템에 맞게 편집합니다. 트리가 대규모 유틸리티 규모의 프로젝트인 경우에는 그 형태가 모듈형일 가능성이 높으며, 이 첫 번째 화면에서는 필드 전반에 걸쳐서 반복되는 모듈식 *대칭* 구조를 설명합니다. 그리고 나서 이 대칭형 트리 빌더를 실행한 후에 배열 탐색기 화면을 이용하여 배열 트리를 조정하고 비대칭적인 측면들을 설명합니다.

해당 PV 필드의 디자인에 맞도록 트리를 편집하십시오. 다음 매개변수들을 변경하십시오.

- 트리 내 레이어 개수.
- 레이어의 명칭
- 각 레이어 내 수량
- 항목을 번호 또는 알파벳 순으로 표시
- 각 스트링 내 모듈 개수

트리에 레이어를 추가하려면 두 번째로 높은 레이어를 강조 표시한 후 **Add Layer Below** (아래에 레이어 추가를 선택합니다). 레이어를 삭제하려면 해당 레이어를 강조 표시한 후 **Delete** (삭제) 를 선택합니다. 레이어는 인버터나 그룹, 접속기, 스트링일 수 있습니다. 전기 회로들을 결합해주는 것을 표시하려면 **접속기** 레이어를 추가하십시오. 스트링들이 배열 내에 병렬 출력으로 배선되어 있으면 **하니스**를 추가하십시오. 그 외에 블록, 주차장, 스킴, 패드, 추적 모터 그룹 등과 같은 구성 레벨을 표시하려면 **그룹** 레이어를 사용하십시오.

어느 트리 요소들이 서로의 아래에 중첩될 수 있는지에 관하여 몇 가지 제한이 있습니다. 이 규칙은 테스트 대상 PV 소스가 최종적으로 인버터 아래에 (직접 또는 간접적으로) 중첩되어야 한다는 요건을 주된 기반으로 합니다.

참고

명확성을 기하기 위해, 설계 도면에 사용되는 명명 규칙에 맞게 레이어의 이름을 변경하여 어디에서 측정이 이루어졌는지에 대해 혼동이 없도록 하십시오.

필요 이상으로 많은 비전기 레이어 (블록, 필드, 주차장 등) 를 사용하지 말고, 레이어의 명칭을 가능한 한 짧게 축약하여 각 측정의 경로 이름이 소프트웨어, 데이터 분석 도구, 그리고 최종 보고서의 표시 영역에 맞게 하십시오.

각 레이어마다 사용자가 레이어를 강조 표시하면 배경이 흰색으로 표시되는 편집 가능 필드가 있습니다. 이 필드들을 이용하여 레이어 명칭을 사용자 정의하고 수량을 변경하고 숫자나 문자를 사용하고 스트링의 경우 스트링 내 모듈 개수를 표시하십시오.

대칭형 트리 빌더를 종료한 후에 이 기본 트리의 구조를 변경하려면 번거로우므로, 트리가 완성되었으면 설계 도면과 비교해서 트리가 올바른지 다시 확인하십시오.

대칭형 트리 빌더를 닫은 후에 배열 탐색기의 편집 기능을 사용하여 항목을 추가하거나 삭제하고, 수량을 조정하고, 복사하여 붙여넣기를 수행하고, 위 / 아래로 이동하는 등의 작업을 수행합니다. PV 시설에는 남은 공간을 활용하기 위해 더 작은 PV 시스템이 있는 경우가 종종 있습니다. 여기서 이러한 시스템을 추가할 수 있습니다.

트리의 구조에 편집을 마쳤으면 배열의 스트링 배선 속성 (와이어 길이와 와이어 게이지) 을 편집할 수 있습니다. 이 배선 속성은 **I-V Curve Tracer** 모델이 이러한 손실을 적절히 고려하는 데 사용됩니다. 배선 속성 컨트롤을 사용하려면 먼저 변경 사항을 적용할 트리의 수준을 선택합니다. 변경 사항은 편집하는 트리의 수준 또는 그 아래에 있는 모든 스트링에 적용됩니다.

참고

PV 시스템은 일반적으로 배선 손실을 최소화하기 때문에 입력하는 배선 특성이 정확하지 않아도 됩니다. 예를 들어, 접속함의 스트링들이 단방향 배선 길이가 50ft~100ft 범위인 경우, 이 스트링들 모두에 75ft 를 할당하는 것이 좋을 것입니다. 프로젝트 전체의 스트링 배선 길이가 이 범위에 해당되는 경우, 트리의 최상위 수준 (시스템) 을 강조 표시해서 편집하면 그 배선 속성이 프로젝트의 모든 스트링에 적용됩니다.

트리의 특정 수준을 강조 표시하여 그 수준 이하에 있는 모든 스트링에 대해 스트링당 모듈 개수를 변경할 수도 있습니다.

시스템 트리의 생성을 마쳤으면 **마침**을 클릭하여 프로젝트를 저장합니다.

이전 프로젝트 복사, 수정 및 재사용

이전에 만든 프로젝트와 비슷한 새 프로젝트를 만들려면 이전 프로젝트를 복사하여 필요에 따라 조정을 합니다.

이전 프로젝트를 수정하는 방법 :

1. Windows 파일 탐색기에서 .pvapx Project 파일이 있는 폴더로 이동합니다. Project 파일의 위치를 잘 모른다면 소프트웨어를 실행한 후, **File(파일)>Browse Project...(프로젝트 찾아보기 ...)**를 클릭하면 마지막으로 찾아봤던 프로젝트의 경로가 보일 것입니다. 아니면 **File(파일)>Recent Projects(최근 프로젝트)**를 클릭하면 소프트웨어에서 마지막으로 열었던 프로젝트 몇 개를 볼 수 있습니다.
2. Windows 파일 탐색기에서 Project 폴더 내의 Project 파일을 강조 표시한 후 복사하여 붙여 넣습니다.
3. 이 복사본의 이름을 새 프로젝트 이름으로 바꿉니다.
4. PVA Software 에서 **File(파일)>Browse Project...(프로젝트 찾아보기 ...)**를 클릭한 후 새 프로젝트 파일로 이동합니다.
5. **Properties(속성)** 메뉴에 있는 화면들을 이용하여 프로젝트의 필요한 부분을 편집합니다. 새 데이터와 혼동되지 않도록 모든 데이터를 삭제하십시오. 가장 쉬운 방법은 인버터를 삭제하고 새 트리를 만드는 것입니다.

Properties(속성) 메뉴

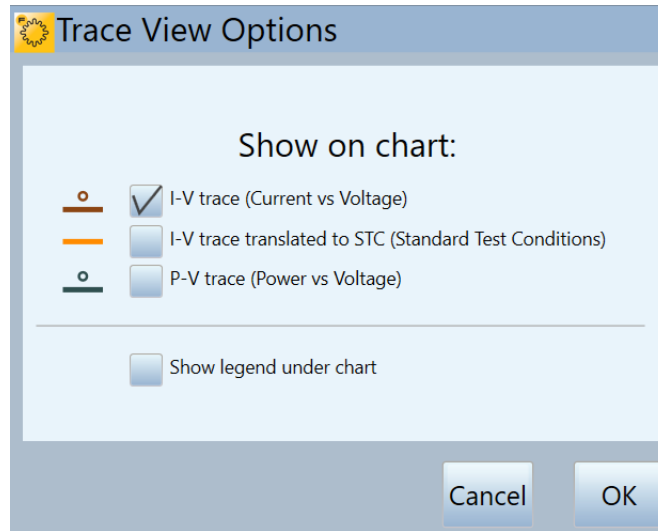
Properties(속성) 메뉴를 사용하여 현재 로드된 프로젝트를 설정하고 설정 사항을 보고 편집할 수 있습니다. 이들 메뉴 항목을 클릭하면 새 프로젝트 마법사에 표시됐던 화면과 동일한 화면에 액세스하게 됩니다. **새 프로젝트**를 참조하십시오.

보기 메뉴

Trace view options...(추적 보기 옵션)

그림 11에 표시된 선택 항목들을 통해 추적 화면에 어떤 기능들을 표시할지를 선택합니다. 이 범례를 추적 화면의 하단에 표시하려면 **Show legend under chart(차트 아래에 범례 표시)**를 선택합니다.

그림 11. 보기 메뉴



절연 테스트 탭 표시

측정 화면의 왼쪽에 **Insulation Test**(절연 테스트) 탭을 표시하려면 이 확인란을 클릭합니다 .

Utility(유틸리티) 메뉴

Utility(유틸리티) 메뉴에서는 시설 관리 기능과 기타 도구에 액세스할 수 있습니다 . 표 8 에 유틸리티 메뉴에 관한 설명을 제시하였습니다 .

표 8.Utility(유틸리티) 메뉴

메뉴 항목	설명
보정 확인 ...	이 대화상자에 대한 설명은 보정 확인 을 참조하십시오 .
센서 수동 구성 활성화	이 메뉴 항목을 체크하면 방사 조도 , 온도 및 기울기 판독값을 변경할 수 있습니다 . 센서 선택에 관한 안내는 방사 조도 , 온도 및 기울기 측정 을 참조하십시오 .

표 8.Utility(유틸리티) 메뉴 (계속)

메뉴 항목	설명
Global Sensor Configuration...(센서 전체 구성)	<p>현재 프로젝트에 저장된 모든 측정에 대해 방사 조도, 온도, 또는 기울기 측정값의 소스를 변경하려면 이 컨트롤을 사용합니다. 드롭다운 목록에서 필요한 센서들을 선택합니다. 이 작업을 수행하기 전에 백업 파일을 만드십시오. 이 작업은 수행하면 취소할 수 없습니다.</p> <p>센서 선택에 관한 안내는 방사 조도, 온도 및 기울기 측정을 참조하십시오.</p>
Set I-V Curve Resolution...(I-V 곡선 해상도 설정 ...)	<p>I-V 곡선 측정 시 측정점 개수를 선택할 때 사용합니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> 시운전과 대부분의 문제 해결 시 (데이터 파일이 더 작고 데이터 전송이 더 빠름)에는 100 포인트를 선택합니다. 조사나 보다 세밀한 문제 해결 시 (파일 크기가 크고 데이터 전송 속도가 느림)에는 500 포인트를 선택합니다.
Configure Measurement Alert Thresholds...(측정 경고 임계값 구성 ...)	<p>측정을 <i>활당</i> 및 <i>저장</i>할 때마다 (단, 측정을 <i>활당</i>만 할 경우에는 해당되지 않음) 소프트웨어가 자동으로 점검하는 임계값을 설정합니다. 사용자가 다른 회로로 이동하거나 현장을 떠나기 전에 이들 알림을 이용하여 문제를 파악할 수 있습니다.</p>
Battery Level...(배터리 수준 ...)	<p>이 옵션을 사용하여 배터리 전압 수준을 확인하거나 상태 표시기를 클릭할 수 있습니다. 충전기에서 방금 I-V Curve Tracer 를 제거했거나 I-V Curve Tracer 를 방금 켜 경우에는 정확한 배터리 판독을 위해 30 초 동안 기다린 후 배터리 전압을 확인하십시오.</p> <p>소프트웨어가 I-V Curve Tracer 와 SolSensor 의 배터리 수준을 보고합니다.</p> <p>배터리 전압이 3.05V 미만으로 떨어지면 I-V Curve Tracer 와 SolSensor 가 모두 꺼집니다. 꺼지기 전에 소프트웨어에 경고가 표시됩니다.</p> <p>이 같은 기기에 사용되는 리튬 이온 배터리 유형은 방전 곡선이 정사각형 형태를 띠므로, 완충 상태에서 차단 레벨까지 배터리 전압에 상대적으로 약간의 변화가 있습니다.</p>
Capture Application Screen...(애플리케이션 화면 캡처 ...)	<p>현재 화면을 캡처하여 이미지 파일에 저장합니다.</p>

도움말 메뉴

도움말 메뉴에 대한 설명은 표 9 를 참조하십시오 .

표 9. 도움말 메뉴

메뉴 항목	설명
Connected Measurement Devices...(연결된 측정 장치 ...)	이 항목을 선택하면 PC 와 I-V Curve Tracer, SolSensor, 그리고 이들 사이의 무선 신호 레벨을 보여주는 네트워크 다이어그램이 그림으로 표시됩니다 . I-V Curve Tracer 와 SolSensor 를 사용할 경우 , I-V Curve Tracer 가 PC 와 SolSensor 간의 모든 통신을 중계합니다 . 또 , 이 화면을 참조하여 I-V Curve Tracer 와 SolSensor 의 펌웨어 버전을 확인하고 펌웨어 업데이트가 있는지 확인할 수 있습니다 . Fluke 에 제품 지원을 문의할 때 이 정보를 준비해 두십시오 .
User's Guide...(사용 안내서 ...)	I-V Curve Tracer 사용 설명서에 액세스합니다 . 필요하면 다운로드하여 인쇄하십시오 . 이 설명서는 Fluke 웹 사이트에서도 구할 수 있습니다 .
About...(정보 ...)	소프트웨어 버전 번호와 소프트웨어 빌드 날짜를 표시합니다 . Fluke 에 제품 지원을 요청하는 경우 이 정보를 준비해 두십시오 .

탭 화면

왼쪽 모서리를 따라 배치된 탭들은 측정 데이터를 여러 가지 방식으로 표시해줍니다 . 일부 요소들은 둘 이상의 탭에 공통으로 적용됩니다 . 이러한 요소에는 **Status(상태)** 표시기 , **Measure Now(지금 측정)** , **Assign and Save...(할당 및 저장 ...)** , **Reassign...(재할당 ...)** , 무선 센서 표시 , 그리고 **Environmental Inputs(환경 입력)** 슬라이드업 패널이 있습니다 .

Traces(추적) 탭

Traces(추적) 탭에는 가장 최근의 측정 결과와 I-V 곡선의 예상 형태가 표시됩니다 (PV 모델이 정의된 경우) . 표 7 과 표 20 을 참조하십시오 .

View(보기) 를 선택한 후 , **View Options(보기 옵션)** 를 선택하여 필요한 보기를 선택합니다 .

- **I-V 곡선** - 이 빨간색 실선 곡선은 I-V Curve Tracer 에서 전송된 I-V 측정점들을 표시합니다 .
- **I-V 곡선 예측 마커** - 이 빨간색 점 3 개는 단락 전류 I_{sc} , 최대 전력점 (I_{mp} , V_{mp}) , 그리고 개방 회로 전압 V_{oc} 에 대한 예측 I-V 포인트입니다 .

- **P-V 곡선** - 이 파란색 실선 곡선은 테스트 대상 PV 회로 (모듈 또는 스트링) 에서 구할 수 있는 전력 대 전압 곡선 (P-V) 을 나타내며 , I-V 곡선에서 각 I-V 포인트에 대한 I 와 V 를 곱하여 계산 됩니다 . 파란색 점은 P-V 곡선상의 최대값 (P_{max}) 을 나타냅니다 . 이 값은 P-V 곡선의 상단에 수학 곡선을 맞춘 다음 , 그렇게 맞춘 곡선의 최대값을 구하여 계산합니다 . 그러면 전기 노이즈가 측정 정확도에 미치는 영향이 줄어듭니다 . 파란색 마커의 위치는 PV 모델이 아니라 측정된 P-V 곡선에서 도출됩니다 .
- **STC 로 변환된 I-V 곡선** .

테이블 탭

테이블 탭에는 예상 및 측정 I-V 데이터의 요약 내용과 표준 테스트 조건에 따라 측정 결과를 변환한 내용이 표시됩니다 . 표 10 은 테이블 화면에 관한 설명입니다 . 이 화면에 표시된 여타 컨트롤에 대한 설명은 [Traces\(추적\) 탭](#)을 참조하십시오 .

표 10. 테이블 탭 설명

	Measured	Predicted	Meas translated to STC
Performance (%)	96.8	---	---
Fill Factor	0.77	0.76	0.74
Pmax (W)	21980	22700	27930
Irr (W/m ²)	895.5 (SolSensor)	---	1000
Isc (A)	24.1	25.0	26.3
Cell Temp (°C)	50.9 (SmartTemp)	---	25
Voc (V)	1184	1184	1429
Imp (A)	22.4	22.6	25.0
Vmp (V)	983.3	1006	1119
Tilt	17.4 (SolSensor)	---	---
Current Ratio	0.92	0.90	0.95
Voltage Ratio	0.83	0.85	0.78

항목	설명
①	Measured (측정값) 열 - 가장 최근에 측정한 값을 표시합니다 .
②	Predicted (예측값) 열 - 성능 모델을 통해 예측한 값을 표시합니다 .
③	Meas Translated to STC (STC 에 따라 변환한 측정값) 열 - 표준 테스트 조건 , 방사 조도 1000W/m ² , 셀 온도 25 °C 를 기준으로 변환한 측정 매개변수를 표시합니다 .
④	Voltage Ratio (전압비) - 전압비는 I-V 곡선의 수직 다리 부분의 기울기를 상대적으로 나타낸 것입니다 . 전압비는 V_{mp}/V_{oc} 로 정의됩니다 . 측정 I-V 곡선의 해석 을 참조하십시오 .

표 10. 테이블 탭 설명 (계속)

항목	설명
5	Current Ratio(전류비) - 전류비는 I-V 곡선의 수평 다리 부분의 기울기를 상대적으로 나타낸 것입니다. 전류비는 I_{mp}/I_{sc} 로 정의됩니다. 측정 I-V 곡선의 해석 을 참조하십시오.
6	Tilt t(기울기) - 배열의 기울기입니다.
7	V_{mp} (V) - 최대 전력점에서의 전압입니다.
8	I_{MP} (A) - 최대 전력점에서의 전류입니다.
9	V_{oc} (V) - 개방 회로 전압입니다. V_{oc} 는 실제 I-V 스위치가 일어나기 직전에 측정됩니다. 이 V_{oc} 값은 측정 I-V 곡선이 아래로 수평축까지 끝까지 뻗어있지 않은 경우에도 정확합니다.
10	Cell Temp(셀 온도) (°C) - 셀 온도입니다. 이 온도는 뒷면 열전대 측정값과 다릅니다. 모델은 셀 온도를 구하기 위해 셀에서 뒷면까지의 온도 감소량을 예측합니다.
11	I_{sc} (A) - 단락 전류입니다. I-V 스위치의 첫 번째 포인트는 I-V 곡선 그래프의 수직축에서 약간 오른쪽에 있습니다. PVA Software 는 이 지점에서 수직축까지 수평선을 그립니다.
12	I_{rr} (W/m²) - 방사 조도입니다. 모델링된 유효 조사 강도입니다.
13	P_{max} (W) - 측정된 최대 전력입니다.
14	Fill Factor(곡선 인자) - 곡선 인자 (FF) 는 I-V 곡선의 직각도를 나타냅니다. 측정 I-V 곡선의 해석 을 참조하십시오.
15	Performance(성능) (%) - 성능계수는 예상 최대 전력과 측정 최대 전력의 비율입니다. 측정 I-V 곡선의 해석 을 참조하십시오.

기록 탭

기록 탭은 가장 최근에 측정한 결과값들 (표 형식) 을 자동으로 누계합니다 . 새 결과값이 왼쪽 열에 표시되고 , 이전 결과값들은 오른쪽으로 이동합니다 . 테이블에 최대 32 개의 결과가 표시됩니다 . 이 한계에 도달하면 , 측정을 신규로 수행할 때마다 가장 오래된 측정 결과가 테이블에서 삭제됩니다 . 기록 탭에 표시되는 매기변수들은 테이블 탭에 표시되는 결과와 동일합니다 . **Show Advanced Parameters(고급 매개변수 표시)** 상자에 체크하면 매개변수가 추가로 나타나는데 , 이 모습을 표 11 에 담았습니다 .

표 11. 기록 탭 (고급 매개변수) 설명

Traces	11/30/2021 11:55:06 AM	11/30/2021 11:54:18 AM	11/30/2021 11:53:52 AM	11/30/2021 11:53:35 AM	11/30/2021 11:53:14
Array Location					
Performance (%)					
Fill Factor	0.77	0.78	0.78	0.78	0.77
Pmax (W)	7941	7427	5993	6067	7459
Irr (W/m ²)					
Prelim Irr (W/m ²)	769.5	719.1	518.7	583.4	718.3
Irr Sensor					
Isc (A)	7.78	7.28	5.88	5.99	7.33
Cell Temp (°C)					
TC1 (°C)	39.1	38.3	39.7	39.7	39.1
TC2 (°C)					
Temp Sensor					

항목	설명
①	Prelim Irr (W/m²) - 예비 방사 조도입니다 . 이것은 SolSensor 에서 측정된 원시 방사 조도 값입니다 . 이 측정에는 보정 및 온도 보정이 포함되지만 유효 방사 조도에 적용되는 모델 보정은 포함되지 않습니다 . 방사 조도 표시에 문제가 있는 것 같다면 예비 방사 조도와 모델링된 유효 방사 조도를 비교하십시오 . 예비 방사 조도 대 유효 방사 조도 를 참조하십시오 .
②	Irr Sensor(Irr 센서) - 방사 조도 센서 입력 구성입니다 . 예를 들어 , 이것은 SolSensor 나 From I-V(I-V 에서) , 또는 Manual(직접 입력) 이 될 수 있습니다 . 유틸리티 메뉴에서 수동 센서 구성을 활성화하십시오 . Utility(유틸리티) 메뉴 를 참조하십시오 .
③	TC1 (°C) - 열전대 1 온도 판독값입니다 . SmartTemp 값을 이해하려면 이것을 참조하십시오 .
④	TC2 (°C) - 열전대 2 온도 판독값입니다 . SmartTemp 값을 이해하려면 이것을 참조하십시오 .
⑤	Temp Sensor(온도 센서) - 온도 센서 입력 구성입니다 . 이것은 예를 들어 SolSensor, TC1, TC1, Avg(TC1, TC2), From I-V(I-V 에서) , 또는 Manual(직접 입력) 이 될 수 있습니다 . 유틸리티 메뉴에서 수동 센서 구성을 활성화하십시오 . Utility(유틸리티) 메뉴 를 참조하십시오 . 이것은 고급 매개변수 표시에 체크했을 때에만 표시된다는 점에 유의하십시오 .

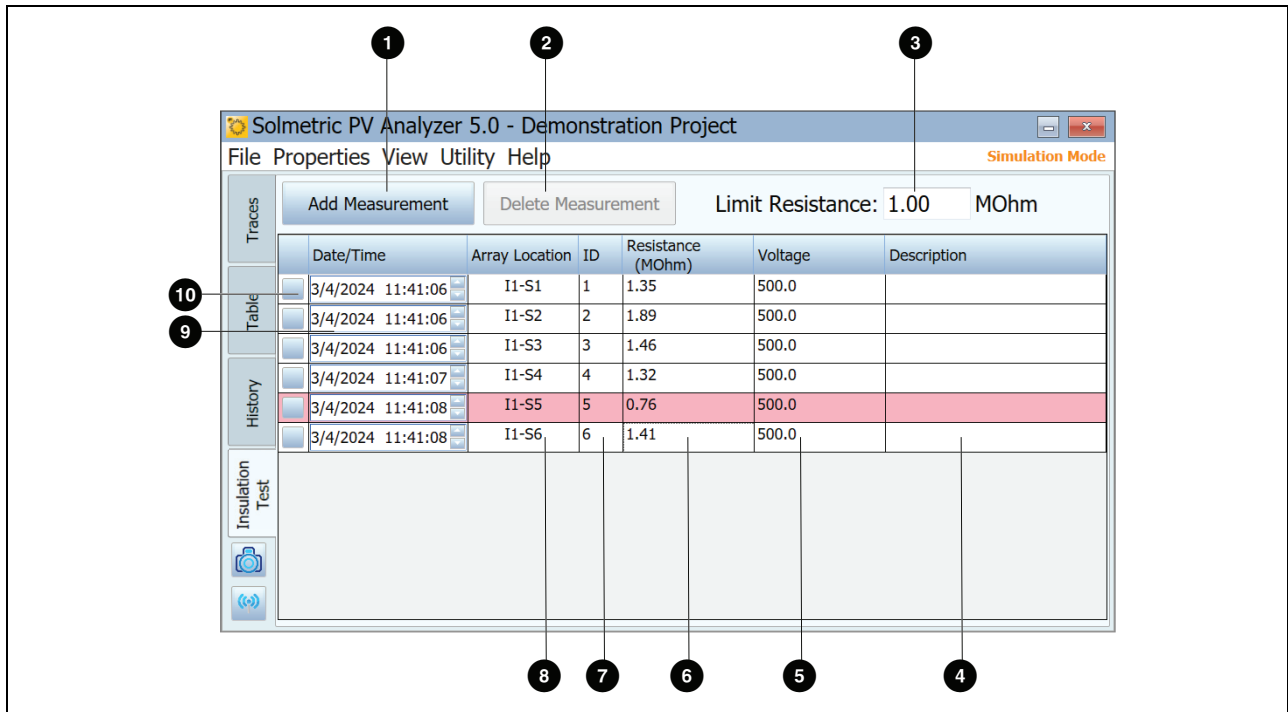
기록 탭은 시운전 테스트 시 접속함에서 수행한 측정값들 간의 일관성을 검사할 때와 문제 해결 시퀀스의 순차적 단계를 확인할 때 특히 유용합니다. 예를 들어, 선택적 차광 방법을 이용하여 N 개 (수량) 모듈의 스트링에서 고장 모듈을 찾을 경우 기록 탭을 사용하여 N 개의 측정 결과를 표시하고 비교할 수 있습니다. 다른 열과 비교하여 값이 눈에 띄는 열은 차광 처리된 불량 모듈에 해당합니다.

기록 테이블의 현재 내용이 Project 파일에 저장되므로 이 프로젝트를 닫았다가 다시 열면 가장 최신의 내용이 그대로 유지됩니다. 그러나 이 내용은 I-V 곡선처럼 시스템 트리에 저장되지 않으므로, 시스템 트리에서 I-V 곡선을 리콜하면 기록 테이블이 그렇게 리콜한 측정값과 일치하도록 업데이트되지 않습니다. 그리고 I-V 곡선 데이터를 내보낼 때 기록 테이블의 내용은 내보내지지 않습니다.

절연 테스트 탭

절연 테스트 탭에서는 Fluke 1587FC 절연 저항 테스터와 같은 별도의 기기에서 얻은 절연 저항 측정 결과를 기록합니다. 절연 테스트 탭은 기본적으로 숨겨져 있습니다. 이 탭을 표시하려면 보기 메뉴의 컨트롤을 사용하십시오. 표 12 를 참조하십시오.

표 12. 절연 테스트 탭 설명



항목	설명
1	Add Measurement (측정 추가) - 표에 새 줄을 추가하고 현재 날짜와 시간을 나열하고 줄에 ID 번호가 할당됩니다. 절연 저항 값을 입력합니다.
2	Delete Measurement (측정 삭제) - 현재 선택한 측정을 목록에서 삭제합니다.

표 12. 절연 테스트 탭 설명 (계속)

항목	설명
3	Limit Resistance (저항 최대값) - 절연 저항의 최소 허용값을 입력합니다 . 이 한계 미만의 측정값은 표에 빨간색으로 강조 표시됩니다 .
4	Description (설명) - 측정 또는 회로에 대한 추가 설명입니다 .
5	Voltage (전압) - 절연 저항이 측정되었던 전압입니다 . 이 필드를 클릭하여 값을 입력합니다 .
6	Resistance (저항) - PV 시스템 트리 모델 생성 시 측정된 절연 저항값으로 , 소프트웨어가 이 값을 이용하여 저장된 측정값의 위치들을 연결하고 예상 성능을 예측합니다 . 이 필드를 클릭하여 값을 입력합니다 .
7	ID - 자동으로 할당되는 식별 번호입니다 . 이 ID 번호는 측정을 추가할 때마다 하나씩 증가합니다 .
8	Array Location (배열 위치) - 측정이 수행된 위치를 선택하기 위해 시스템 트리에 액세스합니다 .
9	Date/Time (날짜 / 시간) - 각 측정이 테이블에 추가된 날짜와 시간을 표시합니다 .
10	Selection box (선택 상자) - 삭제할 측정을 선택합니다 . 선택한 측정을 삭제하려면 Delete Measurement (측정 삭제) 를 클릭합니다 .

내보낸 I-V 데이터 파일

이 섹션에서는 소프트웨어에서 측정을 내보낼 때 생성되는 csv 파일의 구조에 대해 설명합니다 .

I-V Curve Tracer 의 사용자들은 일반적으로 분석 및 보고 프로세스를 자동화해주는 데이터 분석 도구 (DAT) 의 Excel 매크로를 사용하여 측정 결과를 분석합니다 . www.fluke.com 에서 DAT 의 무료 사본을 다운로드하십시오 . DAT 를 사용하려면 먼저 **File>Export Traces for Entire System...**(파일 > 전체 시스템에 대한 추적 내보내기 ...) 를 선택하여 I-V Curve Tracer 에서 Project 데이터를 내보내십시오 . [파일 메뉴](#) 를 참조한 후 , 해당 데이터를 DAT 로 가져오십시오 (가져오는 방법은 DAT 소프트웨어의 지침 참조) .

Project 데이터를 내보내면 소프트웨어가 사용자의 배열 탐색기 시스템 트리과 동일한 계층 구조를 갖는 폴더 트리를 하드 드라이브에 생성합니다 . I-V 추적 데이터는 이 폴더 구조에 CSV 파일로 내보내집니다 . PV 모듈의 스트링을 측정했지만 개별 모듈의 측정값을 스트링에 저장하지 않았다면 , 폴더 구조상 하위 레벨 디렉토리에 스트링 I-V 추적 csv 파일이 저장됩니다 .

데이터 분석 도구를 사용할 경우 , 분석과 보고의 자동화를 위해 이 데이터의 일부나 전체를 DAT 로 가져오십시오 . 폴더 계층 구조에서 필요한 레벨로 이동하십시오 .

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

사용 설명서

개별 I-V 추적 데이터 파일을 보려면 Microsoft Excel™ 처럼 csv 파일을 읽을 수 있는 프로그램을 사용하십시오. 이 섹션에서는 csv 파일의 구성과 내용에 대해 설명합니다. 표 13은 csv 파일의 헤더 정보 섹션을 보여줍니다.

표 13.CSV 헤더 정보

메뉴 항목	설명
Report Date and Time(보고 날짜와 시간)	측정이 수행된 시점으로, PC의 시계를 기준으로 기록됩니다.
Software Build (소프트웨어 빌드)	이 측정을 수행한 I-V Curve Tracer 소프트웨어의 버전입니다.
Project File(프로젝트 파일)	이 측정을 수행한 시점의 프로젝트 파일 이름입니다.
Array Location(배열 위치)	시스템 트리상 측정이 저장되었던 위치입니다. 일반적으로 이것은 실제 배열의 계층 구조로 직접 매핑됩니다.
PVA Measurement Unit MAC Address(PVA 측정 장치 MAC 주소)	I-V Curve Tracer의 고유 네트워크 주소입니다.
SolSensor MAC Address(SolSensor MAC 주소)	SolSensor의 고유 네트워크 주소입니다.

그림 12는 I-V 곡선상의 측정점과 예측점 몇 개의 값들을 보여줍니다. 여기에 표시된 약어들은 최대 전력 (P_{max}), 최대 전력 전압 (V_{mpp} 또는 V_{mp}), 그리고 최대 전력 전류 (I_{mpp} 또는 I_{mp}), 개방 회로 전압 (V_{oc}), 단락 전류 (I_{sc})를 의미합니다.

소프트웨어에서 P_{max} 의 값은 P-V(전력 대 전압) 곡선에 3 차 다항식 곡선을 맞춘 다음 , 이렇게 맞춘 곡선의 꼭지점에서 V_{mp} (최대 전력 전압) 를 계산하여 구합니다 . 그리고 이 V_{mp} 값을 이용하여 I-V 곡선에서 I_{mp} (최대 전력 전류) 를 보간합니다 . 이 방법을 사용하면 전류 및 전압 측정 시 전기적 노이즈로 인한 불확실성이 줄어듭니다 . 데이터 분석 도구 (DAT) 는 차트 및 보고서 데이터를 위해 P_{max} 를 다시 계산합니다 . 이 도구는 필요에 따라 4 차 다항식 곡선을 맞추는데 , 그래서 소프트웨어와 DAT 간에 V_{mp} , I_{mp} , 그리고 P_{max} 가 약간 차이가 날 수 있으며 일반적으로 더 잘 맞습니다 .

그림 12. 내보내진 CSV 파일의 측정값 대 모델 선택값

	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

표 14 내보내진 csv 파일의 SolSensor 측정 섹션을 보여주며, 표는 그 내용에 대한 설명입니다. 모든 값은 I-V 측정이 수행된 시점에 기록되었습니다.

표 14. 내보내진 CSV 파일의 SolSensor 측정 섹션

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

메뉴 항목	설명
Irradiance(방사 조도)	SolSensor 에 내장된 실리콘 광다이오드 센서로 측정한 방사 조도 값입니다 . 이것은 예비 방사 조도로 , 보정과 온도 수정을 거친 값이며 유효 방사 조도와는 다릅니다 . 유효 방사 조도는 PV 모델에 사용되며 일반적으로 예비 방사 조도에 비해 선택된 모듈들에 더 잘 맞는 방사 조도입니다 .
Temperature Thermocouple 1(열전대 1 온도)	SolSensor TC1 소켓에 연결된 열전대의 온도 표시입니다 .
Temperature Thermocouple 2(열전대 2 온도)	SolSensor TC2 소켓에 연결된 열전대의 온도 표시입니다 .
Pitch(피치)	단축을 기준으로 한 SolSensor 의 각도입니다 .
Roll(롤)	장축을 기준으로 한 SolSensor 의 회전 각도입니다 .
Tilt(기울기)	피치와 롤을 통해 계산한 SolSensor 의 기울기입니다 .

표 15 는 내보내진 csv 파일의 모델 세부 정보 섹션을 보여줍니다 .

표 15.CSV 파일의 모델 세부 정보 섹션

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	

항목	설명
Irradiance used in model(모델에 사용된 방사 조도)	예측 모델에 사용된 유효 방사 조도의 값입니다 .
Cell temperature used in model(모델에 사용된 셀 온도)	예측 모델에 사용된 PV 셀 온도의 값입니다 .
Tilt used in model(모델에 사용된 기울기)	예측 모델에 사용된 배열 기울기 값입니다 .
Array azimuth(배열 방위각)	배열이 향하고 있는 나침반 방향입니다 . 0=N, 90=E, 180=S, 270=W
User Series R(사용자 시리즈 R)	측정 지점과 PV 소스 (일반적으로 홈 런 컨덕터) 사이에 있는 도체들의 저항으로 , 프로젝트를 생성할 때 사용자가 입력한 배선 세부 정보를 통해 계산됩니다 .
Performance Factor(성능계수)	측정 최대 전력과 예측 최대 전력의 비율로 , % 로 표시됩니다 .
Latitude and Longitude(위도 및 경도)	측정이 이루어진 지구 상의 위치입니다 .

표 15.CSV 파일의 모델 세부 정보 섹션 (계속)

항목	설명
Time zone(시간대)	측정이 수행된 시간대입니다 .
Model Mfr(모델 제조업체)	Manufacturer of the PV module(PV 모듈의 제조업체입니다).
Module Model(모듈 모델)	PV 모듈의 모델 번호입니다 .
# of Modules in String(스트링 내 모듈 개수)	측정된 스트링 내에 직렬로 연결되어 있는 모듈의 개수입니다 .
# of Strings in Parallel(병렬 스트링 개수)	병렬로 측정된 스트링의 개수입니다 .
Wire AWG(와이어 AWG)	측정 지점과 PV 소스 사이에 있는 도체들의 와이어 게이지입니다 .
Wire Length(와이어 길이)	측정 지점과 PV 소스 사이에 있는 도체들의 길이입니다 (단방향 , ft).

그림 13 은 측정을 통해 저장된 전압 , 전류 및 전력 데이터를 보여줍니다 . 항목의 개수는 이 해당 측정에서 사용자가 선택한 I-V 곡선 해상도에 따라 다릅니다 (기본값 100 개 지점 , 사용자가 500 개 지점으로 설정 가능) .

그림 13 에 표시한 저장된 데이터 배열에는 I_{sc} 또는 V_{oc} 의 최종값이 나와 있지 않습니다 (최종값은 그림 10 에 표시하였습니다) . PV 모델은 I-V 그래프의 수직 (전류) 축에 첫 번째 전류 포인트를 투영하여 I_{sc} 를 계산합니다 . 이 단계에서 생기는 불확실성은 아주 적습니다 . V_{oc} 의 최종 값은 I-V 곡선 스윙이 시작되기 직전에 별도로 내장된 고 임피던스 전압계를 사용하여 측정됩니다 . 따라서 V_{oc} 를 측정할 때 PV 소스 회로가 완벽하게 언로드됩니다 .

그림 13.I-V 측정에 따른 전압 , 전류 및 전력 데이터

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

PV 성과 예측의 기초

소프트웨어는 모듈 매개 변수, 방사 조도와 온도, 배열에 대한 태양의 입사각, 그리고 기타 요소들을 기반으로 하여 테스트 대상 PV 소스 (모듈 또는 스트링) 의 전기 출력을 예측합니다. 아래에서는 SolSensor 가 교정되고 방사 조도를 측정하는 프로세스와 소프트웨어가 I-V 곡선에서 세 가지 예상 포인트를 예측하는 프로세스에 대해 개략적으로 설명합니다.

SolSensor 방사 조도 보정

SolSensor 출하 시의 보정 프로세스는 다음과 같은 단계로 이루어집니다.

1. 전자식 경사계의 보정
2. 방사 조도 센서의 각도 응답 보정
3. 대기 질량 1.5 와 연직 입사 시 태양열 시뮬레이터와 비교하여 방사 조도 측정값 보정
4. 고유 보정 계수는 SolSensor 에 저장되고 필요에 따라 소프트웨어로 전송됩니다.

방사 조도 측정

SolSensor 의 방사 조도 측정은 다음과 같은 단계로 수행됩니다.

1. SolSensor 를 모듈 프레임에 클램프로 고정하되, 배열면에 방향을 맞춥니다.
2. 방사 조도 센서의 방향에 대한 태양의 위치는 배열 방위각과 기울기, 시간과 날짜, 현장의 위도와 경도를 기준으로 계산됩니다.
3. 방사 조도 값은 방사 조도 센서에 부착된 온도 센서의 표시값과 방사 조도의 입사각을 기반으로 하여 수정된 온도입니다.
4. 배열의 PV 모듈 기술 (poly-Si, c-Si, Hit-Si 또는 CdTe) 에 따라 4 가지 스펙트럼 보정 중 하나가 적용됩니다. 이 보정은 대기 질량과 고도의 함수인 SMARTS 대기 모델에 의해 계산되는 모듈 / 센서 스펙트럼 오버랩을 통해 도출됩니다.

이 프로세스는 PV 모듈의 셀에 효과적인 방사 조도 입사각을 만들어줍니다. 유효 방사 조도는 모듈이 전기로 변환할 수 있는 총 방사 조도의 일부입니다.

PV 성과의 예측

소프트웨어는 측정 I-V 곡선을 내장 PV 성능 모델의 예측치와 비교합니다. 이 비교를 통해 성능계수가 계산됩니다.

예측 프로세스는 다음과 같이 진행됩니다.

1. 프로젝트를 생성하고 내장된 장비 데이터베이스에서 PV 모듈을 선택하는 것을 포함하여 필수 매개변수를 모두 입력합니다.
2. 모델이 현재의 방사 조도와 온도 값에 대한 I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} 를 예측합니다.
3. 저조도 조건에서는 예측값이 데이터베이스의 $200W/m^2$ 성능 데이터를 기반으로 조정됩니다.
4. 성능계수 (측정된 P_{max} 와 예상 P_{max} 의 비율) 가 계산되어 백분율로 표시됩니다. 성능계수는 PV 모듈 또는 스트링의 성능을 나타내는 가장 중요한 지표입니다.

측정값을 STC 로 변환

I_{sc} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} 측정값들은 모델 데이터베이스에 저장된 방사 조도 및 온도 의존 계수와 [표준 테스트 조건에 따른 I-V 데이터의 변환](#)에서 제시한 변환 방정식을 이용하여 STC 로 변환됩니다.

I_{sc} 의 측정

I-V Curve Tracer 는 측정 루프상 발생할 수밖에 없는 약간의 전압 강하와 과도 현상을 극복하고 진정한 I_{sc} 값이 측정되도록 하기 위해 사전 충전 커패시터를 사용하여 약간의 전압에서 I-V 스위치를 시작합니다. 테스트 대상 PV 소스의 상황에 따라 0V 이하에서 I-V 추적을 시작하기에는 이 사전 충전이 충분하지 않을 수 있습니다. 이 경우, 0V 와 첫 번째 측정된 I-V 쌍 사이에 약간의 차이가 발생하며, 소프트웨어가 첫 번째 측정된 I-V 지점에서 수직축까지 수평선을 그려서 I_{sc} 를 추정합니다. 이 수평선이 수직축과 교차하는 교차점이 I_{sc} 로 보고됩니다. 대부분의 경우, 이것은 매우 가까운 근사치입니다.

고효율 모듈은 많은 양의 전하를 저장합니다. 스위치가 시작되면 이 전하의 저장소가 사전 충전 커패시터로 빠르게 이동하며 첫 번째 I-V 지점이 양의 전압 영역이 되도록 전압을 단계적으로 조정합니다. 어떤 경우에는, 특히 500 포인트의 경우에는 처음 몇 개의 I-V 지점이 PV 모듈 정전용량의 잔류 방전으로 인해 약간 상승할 수 있습니다. 이러한 경우, I-V 곡선에서 0V 바로 위에서 약간의 안정 전압이 나타날 수 있습니다. 실제 I_{sc} 와의 이 같은 편차는 일반적으로 극히 작습니다. PVA-1500HE2 에서는 고효율 모듈의 스트링과 그 대형 돌입 전류를 처리하기 때문에 일반적으로 이러한 현상이 발생하지 않습니다.

보정 확인

I-V Curve Tracer에는 **Calibration Verification(보정 확인)**이라는 대화상자가 있습니다. 이것은 일반적으로 보정 확인을 위해 장비를 갖춘 실험실에서 사용됩니다. 여기에 액세스하려면 **Utility(유틸리티)>Calibration Verification(보정 확인)**을 클릭합니다. 이 대화상자에는 전압, 방사 조도, 열전대 1, 열전대 2, 그리고 기울기의 연속 측정값이 표시됩니다. 이 대화상자는 PVA 센서의 보정과 정확도를 확인하는 데 사용할 수 있습니다. 이 방사 조도 판독값은 보정 계수와 온도 보정은 적용되었지만 추가 모델링(예: 유효 방사 조도)은 적용되지 않은 예비 방사 조도입니다. 이 판독값은 안정적인 방사 조도 조건 하에서 또는 태양광 시뮬레이터를 이용하여 SolSensor 판독값을 기준 셀과 비교하는 데 적합합니다. 응용 노트 *PV 분석기 보정 응용 노트*(대화상자의 링크 참조)에서 설명하는 설정을 이용하여 현재의 보정과 정확성을 확인하고 **Measure I-V Unit Current(I-V 장치 전류 측정)** 버튼을 누릅니다. 보정값에 대한 조정은 Fluke에서 수행해야 합니다.

소프트웨어 업데이트

Fluke 웹 사이트에 소프트웨어 업데이트와 설명서 업데이트 사항이 게시됩니다. 웹 사이트 (www.fluke.com)를 정기적으로 확인하여 위 두 가지의 최신 업데이트를 다운로드하십시오. 소프트웨어와 설명서의 버전 번호를 사용 중인 버전과 비교하십시오. 소프트웨어나 설명서를 업데이트하려면 최신 버전을 다운로드한 후 무료 소프트웨어 설치 프로그램을 실행하십시오. 사용 중인 소프트웨어의 버전을 확인하려면 [도움말 메뉴](#)를 참조하십시오.

I-V Curve Tracer 및 SolSensor 펌웨어 업데이트

I-V Curve Tracer와 SolSensor의 펌웨어를 현장에서 업데이트할 수 있습니다.

PC가 인터넷에 연결되어 있는 상태에서 소프트웨어를 실행하면 소프트웨어가 I-V Curve Tracer와 SolSensor의 최신 펌웨어 버전을 다운로드합니다. 그런 다음 PC를 이 두 기기에 Wi-Fi로 연결하면 PC 소프트웨어가 기기들의 현재 펌웨어 버전을 읽고 필요하면 업데이트를 하라고 권장합니다. 다운로드가 완료되면 업데이트하는 데 기기당 약 2분이 소요되며 이 때는 인터넷 연결이 필요 없습니다. 업데이트 프로세스를 실행할 때 SolSensor가 없거나 켜져 있지 않거나 Wi-Fi 범위 내에 있지 않은 경우에는 I-V Curve Tracer 펌웨어만 업데이트되며, 다음 번에 SolSensor를 I-V Curve Tracer에 무선으로 연결할 때 SolSensor 펌웨어를 업데이트할 수 있습니다.

I-V Curve Tracer와 SolSensor의 펌웨어 버전을 직접 확인하려면 :

1. 소프트웨어를 실행합니다.
2. 기기에 무선으로 연결합니다.
3. **Help(도움말)**를 선택합니다.
4. **Connected Measurement Devices(연결된 측정 장치)**를 선택합니다.

펌웨어의 현재 버전이 표시됩니다. 인터넷에 연결되어 있을 때 주기적으로 소프트웨어를 실행하여 소프트웨어 업데이트 알림을 확인하십시오. 거기서 최신 펌웨어 업데이트를 다운로드하여 현장에서 기기를 업데이트할 수 있도록 준비하십시오.

측정 수행

이 섹션에서는 현장에서 측정을 수행하는 단계를 설명합니다. I-V Curve Tracer 와 함께 제공되는 안전 정보 (인쇄본) 를 참조하십시오.

현장 측정을 수행하기 전에

장비 충전

I-V Curve Tracer 와 SolSensor 를 현장으로 가져가기 전에 방새 충전하십시오.

- 소프트웨어가 실행 중이고 I-V Curve Tracer 와 SolSensor 가 연결되어 있으면 충전 시 **I-V** 또는 **SS** 의 오른쪽 상단에 번개 모양의 충전 아이콘이 나타납니다.
- I-V Curve Tracer 의 내부 온도가 너무 높으면 (예를 들어, 고전압 I-V 스위치를 너무 많이 했거나 주위 온도가 높을 경우) 배터리가 충전되지 않고 I-V 충전 아이콘에 빨간색으로 **X** 가 표시됩니다. I-V Curve Tracer 보다 흔하지는 않지만 SolSensor 가 과열 상태일 수도 있습니다.

장비는 일반적으로 한 번 충전하면 7 시간에서 8 시간 동안 작동합니다. 사용하지 않을 때는 전원을 끄십시오.

최신 소프트웨어를 실행하기

PC 에서 PVA 아이콘을 두 번 클릭하여 소프트웨어를 실행합니다. [소프트웨어 업데이트](#)를 참조하십시오.

소프트웨어에서 프로젝트 생성

프로젝트를 만듭니다. 인터넷이 연결되어 있고 PV 시설의 설계 도면이 있으면 가장 좋습니다. 대형 플랜트의 경우 현장에 들어가기 전에 사무실에서 이 작업을 하는 경우가 많습니다. 생성된 배열 트리가 PV 시스템의 구조를 정확히 묘사하도록 해야 합니다. [새 프로젝트](#)를 참조하십시오.

측정에 적합한 방사 조도 조건 확보

성능 측정은 평방미터당 700 와트에서 1,000 와트의 범위에서 가장 잘 이루어집니다. 가능하면 맑은 날을 선택하십시오. 구름이 있으면 태양 근처에 구름이 없을 때 측정을 하도록 하십시오. 그리고 태양 정오를 중심으로 6 시간 간격으로 측정을 시도하십시오.

수평 단축 추적기를 이용하여 측정할 경우, 사용자가 측정을 할 때 추적기가 실행되도록 프로젝트를 설정할 수 있습니다. 이렇게 하면 그 날에 더 일관성 있게 높은 방사 조도가 측정됩니다.

현장에서의 측정

개방 회로 전압 (V_{oc})의 측정

PV 소스 회로의 개방 회로 전압 (V_{oc}) 이 I-V Curve Tracer 의 최대 dc 입력 전압 사양을 초과할 경우 제품이 손상될 수 있습니다. 새 PV 현장에서 측정을 시작하기 전에, 적절한 등급의 DMM(디지털 멀티미터)으로 스트링 하나를 측정하여 V_{oc} 가 I-V Curve Tracer 의 dc 전압 범위 내에 있는지 확인합니다. 이렇게 하면 제품 손상이 방지되고 시간이 절약됩니다.

I-V Curve Tracer 테스트 리드 연결

I-V Curve Tracer 의 바나나 잭 먼지 덮개를 밀어서 열고 바나나 잭을 I-V Curve Tracer 에 연결합니다 (빨간색은 빨간색에, 검은색은 검은색에). 테스트 리드에는 바나나 - 악어 클립과 바나나 -MC-4 의 두 가지 유형이 있습니다.

테스트 리드의 끝에 악어 클립을 연결합니다. I-V Curve Tracer 와 함께 Fluke 에서 제공한 1,500V 정격 테스트 리드와 앨리게이터 (돌핀) 클립만 사용하십시오.

소프트웨어 실행

바탕화면에 있는 PVA 아이콘을 두 번 클릭하여 소프트웨어를 시작합니다.

프로젝트 로딩

소프트웨어의 **File** (파일) 메뉴에서 프로젝트를 선택합니다. 이 프로젝트는 측정하려는 PV 설비를 위해 특별히 생성한 것이어야 합니다.

개별 스트링 대 병렬 스트링 측정

일반적으로 각각의 스트링을 개별적으로 측정해야 성능에 대해 최고의 통찰과 결론을 얻을 수 있습니다. 여러 개의 스트링을 병렬로 측정할 경우, 측정하려는 최대 PV 전류가 I-V Curve Tracer 의 규정 최대 전류보다 작아야 합니다. 평행한 스트링들이 생성하는 최대 전류를 추정하려면, 햇빛이 강할 때 스트링 하나를 측정한 후 그렇게 측정한 단락 전류 (I_{sc}) 에 병렬로 측정하려는 스트링의 개수를 곱합니다. 햇빛이 배열 전면을 더 직접적으로 비출 때 최대 총 전류가 증가한다는 것과 몇 초 후에 구름 가장자리 효과로 인해 일반적인 맑은 하늘일 때보다 총 전류가 25% 이상 증가할 수 있다는 것에 유의하십시오.

고효율 모듈의 측정

고효율 모듈은 정전용량이 높아서 I-V 곡선을 측정할 때 큰 돌입 전류가 유발됩니다. PVA-1500HE2 는 고효율 모듈 스트링의 이 돌입 전류를 최대 30A 까지 처리합니다.

PVA-1500T2 는 모듈 효율이 19% 미만인 경우 PV 회로의 이 돌입 전류를 최대 30A 단락 전류까지 처리하고 모듈 효율이 $\geq 19\%$ 인 경우 최대 10A 단락 전류까지 처리합니다 . 돌입 전류는 효율 , 전류 스트링 , 전압 스트링 , 이충성 및 방사 조도가 높을수록 증가합니다 . 예를 들어 , 방사 조도 약 $1,000W/m^2$ 에서 I_{sc} 가 18A 인 21% 효율의 양면 모듈의 1350V 스트링은 PVA-1500T2 에서 과전류 경고가 뜰 가능성이 높습니다 . 스트링 전압이 더 낮으면 고효율 모듈에서도 10A 보다 높은 전류를 허용하므로 , 경우에 따라서는 스트링들을 나눠서 전압을 줄이고 추적기의 방향을 조정하여 방사 조도를 낮추는 것이 I-V 측정을 위한 하나의 방법이 될 수 있습니다 . 고효율 모듈에 대한 자세한 내용은 Solmetric 응용 노트 고효율 PV 모듈의 I-V 곡선 추적을 참조하십시오 .

PV 장비에 테스트 리드 연결하기

극성을 올바르게 준수하십시오 (빨간색 테스트 리드는 dc 양극에 , 검은색 테스트 리드는 dc 음극에) . 접속함에 있는 회로를 측정할 경우 , dc 분리 스위치를 열어서 인버터에서 분리하고 퓨즈를 모두 들어 올리거나 (접속기에 퓨즈가 스트링당 하나씩 있는 경우) 양극 측 퓨즈를 모두 들어 올린 후 (접속기에 퓨즈가 스트링당 두 개씩 있는 경우) , PV 테스트 리드 악어 클립을 양극 및 음극 버스 바에 연결하십시오 . 이렇게 하면 스트링 퓨즈를 한 번에 하나씩 삽입하여 테스트할 PV 회로를 선택할 수 있습니다 .

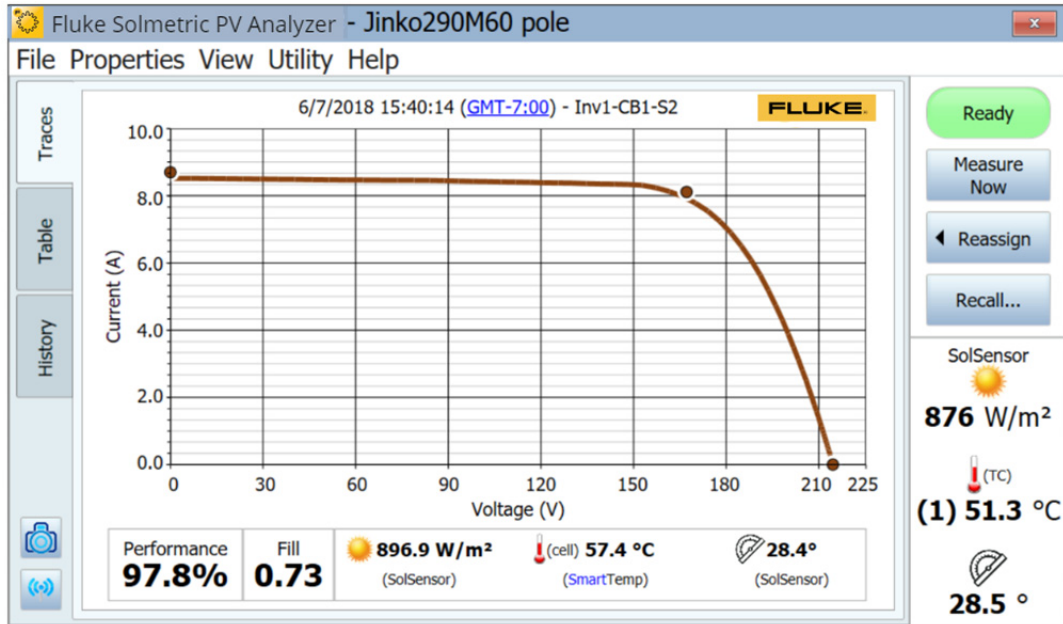
측정할 첫 번째 PV 회로 선택하기

스트링 퓨즈를 사용하여 PV 회로를 선택할 경우 , 첫 번째 퓨즈를 삽입합니다 .

1 차 측정 수행

Measure Now(지금 측정) 를 누릅니다 . 측정된 궤적은 일반적으로 1 초에서 11 초 후에 나타납니다 . [그림 14](#) 를 참조하십시오 .

그림 14.I-V 곡선 측정 결과



측정 I-V 곡선 궤적이 나타나면 I-V 그래프가 왼쪽으로 이동하고 PV 오른쪽에 시스템 배열 트리가 나타납니다.

이 트리에서 측정을 수행한 위치와 일치하는 위치로 이동합니다. 트리에서 그 분기를 강조 표시한 후 **Assign and Save** (할당 및 저장) 을 클릭합니다. 궤적을 저장하지 않고 소프트웨어가 측정된 궤적을 PV 모델의 예측치와 비교하게 하려면 **Assign only**(할당만) 를 누릅니다.

할당하고 저장하면 소프트웨어가 검사 (경고) 를 수행하여 문제를 자동으로 감지합니다. 자세한 내용은 [경고](#)를 참조하십시오.

배열 트리가 닫히고 I-V 곡선이 전체 너비로 확장됩니다.

곡선에 비정상적인 모양이 있는지 검사하고 I-V 곡선 그래프 아래의 곡선 인자와 성능계수 값을 확인합니다. I-V 곡선의 형태가 불량하면 곡선 인자가 더 작아집니다. 새로 만든 깨끗한 배열의 경우 성능계수가 대부분 90%~100% 범위에 있을 거라 예상하십시오. 값이 이보다 훨씬 높거나 낮으면 방사 조도 센서가 배열면에 장착되어 있는지, PC 날짜와 시간 및 시간대가 올바른지, PV 모듈 매개변수가 올바른지, 배열 방위각과 배열 유형이 올바르게 설정되어 있는지 확인하십시오.

측정 시 저장된 센서 값들을 검사하십시오. 이 값들은 I-V 곡선 그래프 바로 아래에 있습니다.

다음 PV 회로를 선택하여 측정하기

접속함 안에서 작업할 경우, 이전 퓨즈를 들어 올리고 다음 퓨즈를 삽입합니다. 위의 단계를 반복하여 측정을 수행하고 저장합니다.

측정을 완료하여 소프트웨어가 데이터를 내보낼 때는 소프트웨어가 배열 트리의 각 분기에 저장된 마지막 측정값만 내보낸다는 점에 유의하십시오. 성능이 낮은 스트링의 문제를 해결하면서 측정을 추가로 몇 번 할 경우에는 내보내기를 위해, 복구된 스트링을 최종적으로 한 번 측정하도록 하십시오.

데이터 일관성 보기

다음 접속함이나 인버터로 이동하기 전에 **History** (기록) 탭을 클릭하고 왼쪽에서 오른쪽으로 스크롤하여 이 접속함에서 측정의 수치 결과를 확인합니다. 가장 최근의 측정값이 왼쪽 열에 표시됩니다. 이상치가 있는지 확인합니다.

예를 들어 V_{oc} 값들은 뾰뾰하게 그룹화되어 모든 스트링에 적절한 수의 모듈이 있음을 표시해야 합니다.

또, 날씨가 맑고 방사 조도가 거의 일정하다면 I_{sc} 값들도 뾰뾰하게 그룹화되어야 합니다.

곡선 인자가 낮다는 것은 I-V 곡선의 형태가 나쁘다는 뜻입니다. 이것은 테스트 대상 모듈에 그림자, 오염, 이물질, 또는 장비가 있기 때문일 수 있습니다. [측정 I-V 곡선의 해석](#)을 참조하십시오.

다음 접속함으로 이동하기 전에 기록 테이블을 지우면 도움이 됩니다.

경고

측정을 수행하고 **할당 및 저장**을 선택하면 소프트웨어가 측정 설정 또는 테스트 대상 회로의 문제 점을 감지하기 위해 자동 점검을 수행합니다. 이것을 경고라고 합니다. 표 16은 이러한 경고의 유형을 나열한 것입니다. 어떤 경고는 세션을 진행하는 동안 다시 나타나지 않도록 비활성화할 수 있습니다. 비활성화된 경고는 소프트웨어를 다시 시작하면 다시 활성화됩니다. 경고는 모델이 적용된 프로젝트를 로드할 때만 나타납니다.

표 16. 경고 메시지

경고	설명
Large deviation in Effective vs. Preliminary Irradiance(유효 방사 조도와 예비 방사 조도의 편차가 큼)	모델링된 유효 방사 조도가 예비 방사 조도와 25% 이상 차이가 날 경우, 소프트웨어에 방사 조도에 편차가 있음을 나타내는 경고가 표시됩니다. Site Info (사이트 정보) 에 경도, 위도, 시간 / 날짜, 또는 방위각이 올바르지 않거나 SolSensor 가 배열면에 장착되지 않은 경우에 발생합니다.
Smart Temp Detected Problem(스마트 온도 문제 감지)	SmartTemp 알고리즘이 혼합 온도 계산과 열전대 사이에 >8°C의 편차를 감지할 경우, 소프트웨어가 경고를 표시하여 편차가 있음을 알려줍니다.
Large Deviation between Thermocouples(열전대 간 편차가 큼)	열전대 표시값 간에 편차가 >5 °C 인 경우, 소프트웨어가 경고를 표시하여 편차가 있음을 알려줍니다.
No SolSensor Readings(SolSensor 판독값 없음)	SolSensor 가 데이터를 수신하지 못하거나 소프트웨어에 연결되지 않은 경우, 소프트웨어가 경고를 통해 이러한 상황을 알려줍니다. SolSensor 데이터가 없는 궤적을 수락할지 아니면 궤적을 폐기할지를 결정하십시오.
User-Set Threshold Exceeded(사용자 설정 임계값 초과)	사용자 정의 경고 임계값들 중 하나가 초과되면 소프트웨어가 경고를 통해 편차가 있음을 알려줍니다 (예 : I _{sc} 경고). 사용자 정의 경고를 구성하려면 Utility (유틸리티) 메뉴에서 Configure Measurement Alert Thresholds (측정 경고 임계값 구성) 을 선택하십시오.

데이터 백업

소프트웨어는 자동 백업 기능을 지원합니다. 기본적으로 소프트웨어는 IV 궤적을 20 회 저장할 때마다 프로젝트를 백업합니다. 이 기능을 활성화 또는 비활성화하거나 백업 빈도를 변경하거나 백업 폴더 위치를 변경하려면, **File**(파일)>**Project Backup Settings...**(프로젝트 백업 설정 ...) 를 선택하십시오. 백업을 수동으로 생성하려면 **Create Backup Now**(지금 백업 생성) 를 클릭하십시오.

방사 조도, 온도 및 기울기 측정

어떤 측정 방법을 이용하든 배열 성능을 철저히 평가하려면 측정된 데이터를 기준값과 비교해야 합니다. 이 기준값은 예를 들어 간단한 STC 최대 전력 값이나 세밀한 PV 성능 모델을 통해 구할 수 있습니다. 어떤 경우든 배열면의 방사 조도와 배열 온도를 알고 있어야 기준값과 비교하여 배열 성능을 제대로 평가할 수 있습니다.

측정 결과가 잘 나오게 하려면 여러 가지 요소를 고려해야 합니다. 이 섹션에서는 사용자의 환경에 따라 올바른 선택을 하는 데 필요한 배경 정보를 제공합니다.

방사 조도를 측정하기 위해서는 다음과 같은 여러 가지 요건과 과제를 해결해야 합니다.

- 방사 조도는 배열면 (POA) 에서 측정해야 합니다.
- 그림자나 알베도 효과, 그리고 지역의 구름 효과로 인해 방사 조도가 배열면 전반에 걸쳐 일정하지 않을 수 있습니다.
- 방사 조도는 급격히 달라질 수 있습니다.
- 조도 센서의 스펙트럼 응답이 PV 모듈 그 자체와는 다를 수 있습니다.
- 태양 스펙트럼은 하루 중에도 오전 일찍과 오후 늦게가 크게 다릅니다.
- PV 모듈 I-V 곡선의 형태는 낮은 방사 조도 수준에서 변화합니다.

PV 모델에서 중요한 온도 매개변수는 테스트 대상 스트링 또는 모듈에 있는 PV 셀들의 평균 온도입니다. 평균 셀 온도를 계산하려면 다음과 같은 여러 가지 문제를 해결해야 합니다.

- PV 셀은 다른 소재 안에 내장되어 있으므로 직접 접촉을 통해 셀 온도를 측정할 수가 없습니다.
- PV 셀이 들어 있는 소재는 열전도도가 낮으므로 셀과 모듈 전면 또는 후면 사이에 상당한 온도 강하가 있을 수 있습니다.
- PV 셀과 모듈 백시트 사이의 온도 편차는 랙 구성과 환기, 그리고 전류 방사 조도에 따라 달라집니다.
- 랙 구성과 환기 조건이 다양하므로 PV 모듈 또는 배열 전반에 걸쳐 온도가 일정하지 않습니다.
- 특정 위치에서의 온도는 방사 조도가 일정할 때라도 대류 전류와 바람으로 인해 시간에 따라 달라질 수 있습니다.
- 후면 온도 센서와 실제 후면 표면 사이에 공극이 있으면 온도 오류가 크게 발생합니다.
- 거대한 온도 센서, 특히 부피가 큰 RTD 장치는 모듈 온도의 급격한 변화를 따라가지 못합니다.
- 표면과 소재의 문제로 인해 적외선 온도 측정의 정확도에 한계가 있습니다.

소프트웨어는 표 17 과 같이 방사 조도, 온도 및 기울기를 측정하는 여러 가지 방법을 제공합니다.

표 17. 센서 선택

방사 조도	온도	기울기
SolSensor	SmartTemp	SolSensor
From I-V curve(I-V 곡선을 통해)	From I-V curve(I-V 곡선을 통해)	Manual entry(직접 입력)
Manual entry(직접 입력)	Thermocouple 1(열전대 1)	-
-	Thermocouple 2(열전대 2)	-
-	Average of TC1 and TC2(TC1 과 TC2 의 평균)	-
-	Manual entry(직접 입력)	-
사용 환경에 따라 여러 가지 방법을 조합하여 사용하십시오.		

SolSensor 로 방사 조도 측정

SolSensor 방사 조도 센서

대부분의 경우 SolSensor 를 이용하여 방사 조도를 측정하는 것이 좋습니다. SolSensor 방사 조도 감지 소자는 온도 보정 기능이 있는 실리콘 광다이오드입니다. 그 스펙트럼 응답은 실리콘 태양 전지에 맞도록 보정되고, 각도 응답은 하루 중 더 긴 시간에 걸쳐 정확성을 높이도록 보정됩니다.

예비 방사 조도 대 유효 방사 조도

SolSensor 는 (광다이오드의 온도에 맞게) 보정되고 온도가 수정된 예비 방사 조도를 생성합니다. 선택한 PV 모듈의 PV 모델 매개변수에 따라 이 예비 방사 조도를 추가로 보정하여 유효 방사 조도를 계산하는데, 이 방사 조도가 실제 PV 셀 옆에 보이는 방사 조도입니다. 프로젝트와 모델을 아직 생성하지 않은 경우에는 SolSensor 값이 이 추가 수정을 받지 않으며 예비 방사 조도 값이 표시됩니다. 이 경우, 화면 오른쪽의 실시간 SolSensor 판독값 섹션에 표시되는 방사 조도 값은 가장 가까운 근사치인 $10W/m^2$ 로 반올림되어 이탤릭체로 인쇄됩니다.

프로젝트와 모델을 생성하고 나면 유효 방사 조도가 $1W/m^2$ 의 해상도의 일반 글꼴로 표시됩니다. 수정의 정도에 따라 예비 방사 조도와 유효 방사 조도 간에 약간의 차이가 있을 수 있습니다. $1W/m^2$ 해상도로 측정된 (예비) 방사 조도를 확인하려면 Utility(공익사업) 메뉴 아래의 Calibration Verification(보정 확인) 대화상자로 이동하십시오. 보정 확인을 참조하십시오.

SolSensor 주의 사항

방사 조도 센서 소자의 보호

사용하지 않을 때는 방사 조도 센서 (흰색 아크릴 디스크) 를 함께 제공된 검은색 고무 덮개로 덮어 두십시오. SolSensor 를 배열면에 장착한 후에는 커버를 제거하고, SolSensor 를 다른 곳으로 옮기기 전에 커버를 덮으십시오.

 주의

SolSensor 의 손상을 방지하기 위해 , 사용하지 않을 때는 방사 조도 센서의 덮개를 씌워두십시오 . 이 센서는 충격이나 마모에 의해 쉽게 손상되며 오염될 경우에도 정확도가 떨어집니다 . 방사 조도 센서에 있는 흰색 아크릴 소재로 된 *아이 (eye)* 는 정밀 광학 소자로 , 정확한 측정을 위해 신제품과 같은 상태로 유지해야 합니다 .

확산광

하늘이 흐려지면 햇빛이 더 많이 산란됩니다 . 이렇게 산란되거나 *확산되는* 방사 조도의 일부는 모든 방향과 각도로 배열에 가해집니다 . 어떤 방사 조도 센서는 그 구조에 따라 상당한 확산 방사 조도가 있는 경우에 방사 조도를 정확히 측정하기가 어려울 수 있습니다 . 예를 들어 , 어떤 휴대용 방사 조도 센서는 코사인 응답이 좋지 않아서 그 정확도가 직접적인 일반 방사 조도에 대해서만 , 즉 맑은 날에 태양을 직접 향하는 경우에만 지정되어 있습니다 . 테스트 대상 모듈의 셀과 기술적으로 비슷한 기준 셀이 이 오류를 감소시켜 주기는 하지만 없애주지는 못합니다 . **SolSensor** 방사 조도 센서는 각도의 영향을 고려하여 보정되어 있어서 확산광 조건에서 더 좋은 성능을 보여줍니다 .

측정 I-V 곡선을 통해 방사 조도 측정

대부분의 경우 **SolSensor** 를 이용하여 방사 조도를 측정하는 것이 좋습니다 . 그러나 **From I-V(I-V 에서)** 설정을 사용하는 것이 유용한 경우도 있습니다 . **From I-V(I-V 에서)** 옵션을 선택하면 소프트웨어가 측정 I-V 곡선에서 방사 조도를 계산합니다 . 이 옵션에는 장점과 한계가 있습니다 .

From I-V(I-V 에서) 옵션의 장점은 다음과 같습니다 .

- I-V 곡선의 측정과 방사 조도의 파악 간에 시간 지연이 없습니다 . 따라서 구름의 움직임으로 인해 방사 조도가 급격히 변할 때 (램핑) , 즉 I-V 와 방사 조도 측정 간의 시간 지연이 방사 조도 오류로 연결되는 상황에서 도움이 됩니다 .
- **SolSensor** 실리콘 방사 조도 센서와 스펙트럼이 잘 맞지 않는 셀 기술을 측정할 수 있습니다 .
- 예측 I_{sc} 값이 측정 I_{sc} 값에 맞춰지므로 측정 I-V 곡선의 형태와 예측 I-V 곡선의 형태 간에 편차가 있으면 쉽게 알 수 있습니다 .

From I-V(I-V 에서) 방사 조도 옵션은 다음과 같은 한계도 있습니다.

- 균일한 오염의 경우 방사 조도가 감소된 것으로 해석되므로 이로 인해 측정 I-V 곡선과 예측 I-V 곡선 간에 편차가 발생되지 않습니다. 측정하기 전에 배열을 검사하고 이 같은 위험을 줄이기 위해 필요하다면 청소하십시오.
- 마찬가지로 모듈 I_{sc} 의 균일한 저하 역시 방사 조도의 감소로 해석되므로 검출되지 않습니다.
- **From I-V(I-V에서)** 방사 조도 값은 예측 PV 모델이 I_{sc} 의 예상값을 계산하는 데 사용됩니다. 측정 값을 사용하여 예상값을 계산하는 과정이 반복되면서 I_{sc} 의 예상값이 측정값에 강제로 맞춰집니다.

방사 조도 직접 입력

이 옵션을 선택할 경우, 휴대용 센서나 배열에 장착된 기준 셀과 같은 다른 방법을 이용하여 얻은 방사 조도 값을 수동으로 입력하십시오. 이 옵션에는 다음과 같은 한계가 있습니다.

- 휴대용 방사 조도 센서의 방향을 배열면에 정확하게 맞추는 것이 어렵습니다.
- 방사 조도가 급격하게 변화하는 조건에서는 I-V 곡선과 방사 조도 측정 사이의 시간 지연이 더 크고 가변적일 경우 방사 조도 오류로 해석됩니다.
- 휴대용 방사 조도 센서는 특히 코사인 응답에서 정확도가 떨어질 수 있습니다. 따라서 태양이 배열의 축을 벗어나 확산광 조건에 있을 경우 방사 조도 오류가 크게 발생하게 됩니다.

열전대로 PV 모듈의 후면 온도 측정

모듈 후면 온도의 측정은 I-V Curve Tracer 에서 전통적으로 사용하는 방법 중 하나입니다. 여기에는 몇 가지 장점과 한계가 있습니다. 필요한 항목 중 일부는 *I-V Curve Tracer 와 SolSensor 의 설정과 사용*에서 다룹니다.

후면 열전대 방법의 장점은 다음과 같습니다.

- PV 모델에 의존하지 않는 직접적인 방법입니다.
- 온도 측정을 위한 위치를 선택할 수 있습니다. 평균 온도 위치를 선택하고 더 뜨겁거나 배열에서 더 차가운 가장자리에 훨씬 더 가까운 위치는 피하는 것이 가장 좋습니다.

후면 열전대 방법의 한계는 다음과 같습니다.

- 예측형 PV 모델의 경우에는 셀 온도를 알아야 하지만 열전대는 조금 더 차가운 후면 온도를 측정합니다. 소프트웨어는 셀에서 후면까지 온도가 감소하는 것을 모델링하여 이것을 부분적으로 보상합니다 (측정된 후면 온도에 최대 3°C 추가). 방사 조도가 높으면 셀과 후면의 온도차가 더 크기 때문에 보상량은 방사 조도에 비례하여 달라집니다.
- 후면 온도는 PV 모듈, 스트링, 또는 배열에 따라 크게 달라집니다. 이러한 변화는 환기의 정도, 배열 내 상대적 위치, 그리고 바람에 대한 노출에 따라 달라지는 대류 냉각 패턴에 의해 발생합니다. 따라서 온도 측정값이 실제값보다 더 높거나 낮게 나올 수 있습니다.

열전대 와이어 게이지 선택

SolSensor 와 함께 제공된 열전대를 사용하는 것이 좋지만, 다른 열전대를 사용할 경우에는 상대적으로 가는 열전대 와이어 게이지를 선택하십시오 (#24 또는 #30 이 가장 좋음). 견고함과 취급성이 좋은 #24 를 선호하는 사용자도 있습니다.

이렇게 더 가는 와이어 게이지를 사용하는 데는 여러 가지 이유가 있습니다.

- 정확한 온도 측정을 위해서는 열전대의 끝부분이 후면 표면과 물리적으로 잘 접촉되어 있어야 합니다. 열전대와 후면 표면 사이에 공극이 있으면 온도 측정값이 낮아집니다. 테이프를 사용하여 열전대를 제자리에 고정하십시오. 열전대 와이어가 뺏뺏하면 테이프가 제 역할을 충분히 하지 못합니다.
- 게이지가 더 무거운 열전대 와이어는 크기가 더 크기 때문에 열전대가 바람이나 방사 조도의 변화로 인한 온도 변화에 빠르게 반응할 수 없습니다. 조건이 변화하는 상황에서는 측정 지연이 측정 오류로 해석됩니다.
- 열전대 와이어는 그 자체로 열전대 끝에서 소량의 열을 배출시킵니다. 이 같은 열 방출로 인해 열전도도가 낮은 모듈 후면 소재에서 온도가 약간 떨어지게 됩니다.

열전대 팁 선택

여러 가지 팁 스타일을 사용할 수 있습니다. 간단한 비드형 팁은 견고하고 안정적이며 상대적으로 질량이 적어서 온도 변화를 빠르게 추적할 수 있다는 점에서 좋습니다. 접촉점이 있고 질량이 더 적은 팁을 사용해도 되지만 경험상 이 장치는 쉽게 손상됩니다.

적외선 온도계로 PV 모듈 온도 측정

어떤 측정 솔루션에서는 모듈 온도를 적외선으로 측정합니다. 이 접근법에는 심각한 한계가 있습니다.

적외선 온도계는 측정 대상물에서 방출되는 복사 에너지를 감지하여 온도를 측정하므로, 온도 측정의 정확도가 기기의 방사율 제어 설정이 대상물의 실제 방사율과 얼마나 일치하는지에 따라 달라집니다. 물질의 방사율은 방사를 통해 에너지를 방출하는 물질의 상대적인 힘을 측정한 것입니다. 이것은 특정 물질에 의해 방출되는 에너지와 동일한 온도에서 흑체에 의해 방출되는 에너지의 비율입니다. 실제 흑체는 $\epsilon = 1$ 이고, 실제 물체는 $\epsilon < 1$ 일 것입니다. 일반적으로 물체가 더 둔탁하고 검은색일수록 방사율은 1에 더 가까워집니다. 물체의 반사도가 높을수록 방사율은 낮아집니다. 고품택 처리된 은은 방사율이 약 0.02입니다.

어떤 IR 온도계는 방사율을 연속으로 조정할 수 있습니다. 어떤 모델은 높음 / 중간 / 낮음 설정만 가능해서 정확도에 한계가 있습니다. 어떤 모델은 출하 시 사전 설정된 방사율을 사용하며 사용자가 조정할 수 없습니다.

PV 모듈의 후면이 방사율이 다 동일하지는 않으므로, 기기의 방사율 제어를 후면 표면에 맞게 조정하거나 후면 표면의 방사율을 기기에 맞게 변경해야 합니다. 높은 방사율을 달성하기 위해 일반적으로 평평한 검은색 전기 테이프를 사용합니다. 이 방법을 사용하면 방사율 제어를 1로 설정하고 적절한 정확도를 얻을 수 있습니다.

테이프를 사용하지 않을 경우, 다른 측정 방법 (일반적으로 동일한 PV 셀의 뒷면에 열전대를 테이프 부착)에 맞게 기기를 보정할 수 있습니다 (앞에서 설명한 지침 참조). 온도 표시가 서로 같아질 때까지 방사율을 조정하십시오. 이 방사율 설정은 이 같은 유형의 모듈 후면의 경우에만 보정된다는 점에 유의하십시오.

적외선 기법을 사용할 경우, 모듈 전면에서 모듈 온도를 측정하지 마십시오. 유리는 다른 물체의 열, 특히 태양열을 반사합니다. 그리고 유리는 IR 기기의 파장에 대해 완전히 투명하지 않을 수 있습니다. 결과적으로 온도 표시는 유리 온도와 PV 셀 온도의 함수가 될 것입니다.

측정 I-V 곡선을 통해 셀 온도 측정

From I-V(I-V 에서) 옵션을 선택하면 소프트웨어가 측정 I-V 곡선에서 등가 태양전지 온도를 계산합니다. 이 방법에는 몇 가지 장점과 한계가 있는데, 그 이유는 온도가 주로 측정된 V_{oc} 를 통해 계산되고 이렇게 계산된 온도 값이 PV 모델에 입력되기 때문에 V_{oc} 를 나타내는 모델 점은 V_{oc} 의 측정값에 강제로 맞춰진다는 사실 때문입니다.

From I-V(I-V 에서) 온도 옵션의 장점은 다음과 같습니다 .

- 이 방법으로 계산된 온도 값은 PV 모델이 필요로 하는 평균 셀 온도를 나타냅니다 . 이 방법은 테스트 대상 모듈 또는 스트링의 온도 변화를 적절히 계산합니다 .
- I-V 곡선의 측정과 온도의 파악 간에 시간 지연이 없습니다 . 이 방법은 모듈 온도가 급격하게 달라져서 시간 지연이 온도 오류로 해석되는 상황일 때 유용합니다 . 급격한 온도 변화는 구름의 변화와 돌풍으로 인해 발생할 수 있습니다 .
- 예측 V_{oc} 값 (표시된 I-V 곡선 위에 중첩된 오른쪽 빨간색 점)이 측정 V_{oc} 값에 강제로 맞춰지기 때문에 , 측정 I-V 곡선과 예측 I-V 곡선의 형태에 편차가 있는 경우 보다 쉽게 알 수 있습니다 .

From I-V(I-V 에서) 온도 옵션은 다음과 같은 한계도 있습니다 .

- V_{oc} 를 통해 온도를 파악하는 모델은 방사 조도가 상대적으로 높을 때에만 유효합니다 . 방사 조도가 낮은 경우 , 온도 도출에 상당한 오류가 발생합니다 .
- 테스트 대상 PV 소스에 단락된 바이패스 다이오드나 전도성 바이패스 다이오드가 하나 이상 있는 경우 , 소프트웨어가 셀 온도를 실제 셀 온도보다 낮게 계산합니다 . 테스트 대상 스트링들이나 모듈들 간에 V_{oc} 값들을 비교하여 이 위험을 줄일 수 있습니다 . 값들이 어느 정도 일관돼야 합니다 . 한 스트링이 약 10V~12V 이상의 편차를 나타내는 경우 , 바이패스 다이오드가 켜지거나 단락될 수 있습니다 .
- I-V에서 셀 온도 값은 예측 PV 모델이 V_{oc} 의 예상값을 계산하는 데 사용됩니다 . 측정값을 사용하여 예상값을 계산하는 과정이 반복되면서 V_{oc} 의 예상값이 측정값에 강제로 맞춰집니다 .

열전대로 PV 모듈 후면 온도 측정

SmartTemp 설정을 사용하고 모듈 후면에 열전대 하나 또는 두 개를 사용하는 것이 좋습니다 .

SmartTemp 방법은 **From I-V(I-V 에서)** 옵션과 후면 열전대 방법을 혼합해서 사용하는데 , 두 방법의 최대의 장점은 취하고 가장 큰 한계점들은 피합니다 . 이 같은 혼합은 방사 조도의 함수로 변화합니다 .

- 방사 조도 값이 $400W/m^2$ 미만이면 후면 열전대에서 온도값을 얻습니다 .
- 방사 조도 값이 $800W/m^2$ 를 초과하면 I-V 에서 방법으로 온도를 계산합니다 .
- 방사 조도 값이 $400W/m^2$ 와 $800W/m^2$ 사이인 경우에는 소프트웨어가 열전대 방법과 I-V 에서 방법을 번갈아가면서 사용하여 계산합니다 .

이 전략은 방사 조도 값이 높을 때 (I-V 에서 방법이 가장 정확함) 는 I-V 에서 방법을 사용하고, 방사 조도 값이 낮을 때 (모듈 후면과 셀 사이에 온도 편차가 상대적으로 작음) 는 후면 열전대를 이용합니다.

소프트웨어가 열전대 방법과 I-V 에서 방법 간에 5 °C 이상의 온도 차이를 감지할 경우에는 열전대만 사용하는 전략으로 전환합니다. 이렇게 함으로써 모듈 누락이나 바이패스 다이오드 단락에 의한 온도 오류 가능성이 줄어듭니다.

측정 I-V 곡선의 해석

PV 모듈, 스트링, 또는 배열은 전류 대 전압의 특성 곡선 즉, I-V 곡선을 갖습니다. 이 I-V 곡선은 PV 회로가 해당 방사 조도와 온도에서 작동할 수 있는 전류와 전압의 쌍을 나타냅니다. I-V Curve Tracer 의 수학적 모델은 수천 개나 되는 여러 가지의 PV 모듈과 구성에서 이 곡선의 형태를 예측합니다. 때로는 측정 I-V 곡선의 형태가 모델이 예측한 형태와 크게 다른 경우가 있습니다. 이 같은 편차는 PV 시스템의 성능에 관한 정보를 보여주며 성능 문제를 해결하기 위한 중요한 단서를 제공합니다. 이 섹션에서는 편차의 가장 일반적인 패턴들과 이러한 편차가 발생하는 이유 중 가장 가능성이 높은 것에 대해 설명합니다.

PV 모델의 입력값

I-V Curve Tracer 의 모델링 기능은 측정 결과와 비교하기 위해 I-V 곡선의 형태를 예측합니다. 이 예측이 유효하려면 모델의 입력값들이 유효해야 합니다. 모델 입력값은 다음과 같습니다.

- 소프트웨어에 저장된 PV 모델 매개변수
- 직렬로 배열된 PV 모듈의 개수
- 병렬로 측정할 PV 모듈 또는 스트링의 개수
- PV 모듈과 I-V Curve Tracer 사이에 있는 와이어의 길이와 게이지
- 방사 조도
- PV 셀 온도
- 배열 방위각과 기울기
- 위도와 경도
- 날짜, 시간, 시간대 및 일광 절약 시간 정보

I-V 곡선 용어

이 섹션에서는 다음과 같은 약어를 사용합니다 .

I_{sc}	단락 전류
I_{mp}	최대 전력 전류
V_{mp}	최대 전력 전압
V_{oc}	개방 회로 전압
PF	성능계수 (PF, %) = $100 * (\text{측정 } P_{max} / \text{예측 } P_{max})$
FF	곡선 인자 = $I_{mp} * V_{mp} / (I_{sc} * V_{oc})$

성능계수

성능계수는 PV 배열 성능에 관한 가장 중요한 성능 지수입니다 . 성능계수는 측정 최대 출력 값을 예상 (모델링된) 최대 출력 값으로 나눈 값입니다 . 그 범위는 0%~100% 입니다 .

예상 최대 전력 값은 방사 조도와 온도의 현재 값을 고려하여 계산을 수행하는 PV 모델에 의해 결정 됩니다 . 이 말은 성능계수는 방사 조도와 온도의 범위에서 의미가 있다는 뜻입니다 . 대부분의 배열 성능 측정과 마찬가지로 , 방사 조도 수준이 높을 때 비교가 더 정확합니다 . $400W/m^2$ 미만의 방사 조도에서 측정된 성능 값은 높은 방사 조도에서 스트링의 성능이 어떤지를 예측하기에 좋은 예측 지표가 아닙니다 .

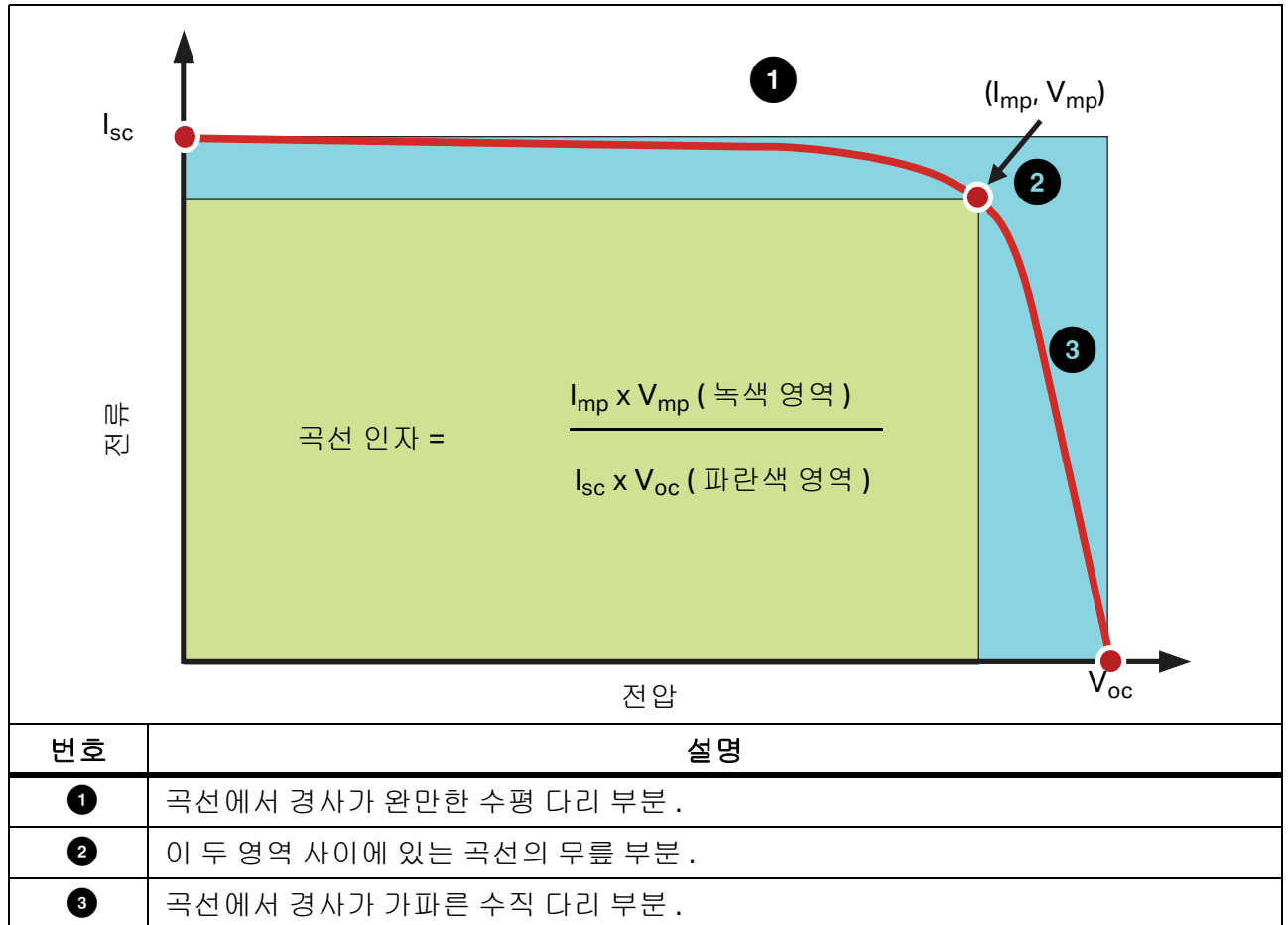
PV 스트링이나 모듈이 제대로 작동하고 그림자 , 오염 , 또는 노후로 인한 성능 저하가 없으며 높은 방사 조도에서 측정할 경우 , 측정 성능계수는 일반적으로 90%~100% 범위 내에 있을 것입니다 . 방사 조도가 안정적이고 배열 온도가 급격하게 변하지 않는다면 측정 I-V 곡선들이 스트링들 간에 매우 일관적일 것입니다 .

곡선 인자

곡선 인자는 I-V 곡선의 무릎 부분의 직각도를 측정하는 중요한 지표입니다 . 무릎 부분이 사각형에 더 가까울수록 햇빛을 전력으로 변환하는 성능이 더 좋다는 뜻입니다 . 곡선 인자는 표 18 과 같이 I-V 곡선상의 점 세 개로 정의됩니다 . 곡선 인자의 범위는 0~1.0 이며 , 곡선 인자가 1.0 에 가까울수록 I-V 곡선의 모양이 완벽한 직사각형에 가까워집니다 . 각각의 PV 기술마다 곡선 인자 값들의 자체 공칭 범위가 있으며 , 각 모듈 모델 번호는 일반적으로 공칭 범위가 좁습니다 .

방사 조도가 높으면 곡선 인자가 방사 조도에 따라 크게 달라지지 않습니다 . 즉 , 곡선 인자 값들을 비교하는 것은 방사 조도가 변화하는 (그러면서도 높은) 상황에서 I-V 곡선 형태의 일관성을 평가하는 좋은 방법입니다 .

표 18. 곡선 인자의 정의



일반적인 I-V 곡선의 형태

표 19 일반적인 I-V 곡선 (빨간색 실선)의 모습으로, 본 설명은 여기서부터 시작합니다. PVA에 내장된 PV 모델에 의해 결정되는 예측 I-V 곡선의 형태는 I_{sc} , (I_{mp}, V_{mp}) , 그리고 V_{oc} 를 나타내는 세 개의 빨간색 점으로 표시됩니다. 이 I-V 곡선은 PV 회로가 측정 방사 조도와 온도에서 작동될 수 있는 지점들의 전체 집합을 나타냅니다.

일반적인 I-V 곡선은 3개의 뚜렷한 구간이 있는 부드러운 형태를 띱니다 (표 18 참조).

일반 곡선에서 이 세 구역은 매끄럽고 연속적입니다. 무릎 부분의 형태와 위치는 셀 기술과 제조업체에 따라 다릅니다.

이 3개의 PV 모델 포인트는 표 18의 왼쪽에서부터 오른쪽으로 다음과 같이 정의됩니다.

1. I_{sc} - 첫 번째 포인트. 예측 단락 전류 I_{sc} .
2. M_{pp} - 두 번째 포인트. 예측 최대 전력 포인트 I_{mp}, V_{mp} .
3. V_{oc} - 세 번째 포인트, 예측 개방 회로 전압 V_{oc} .

I-V 곡선의 해석

PV 모듈 또는 스트링 성능에 문제가 있으면 측정 I-V 곡선과 예측 I-V 곡선 간에 편차가 생깁니다. 편차는 6 가지로 뚜렷하게 구분되며, 여기에 대해서는 아래와 표 19 에서 설명합니다. 테스트 대상 PV 소스에서 편차가 나타나지 않거나 편차가 1 개 나타나거나 두 개 이상의 편차가 나타날 수 있습니다.

표 19 에서 설명하는 각각의 I-V 곡선 편차들은 그 발생 원인이 여러 가지일 수 있습니다.

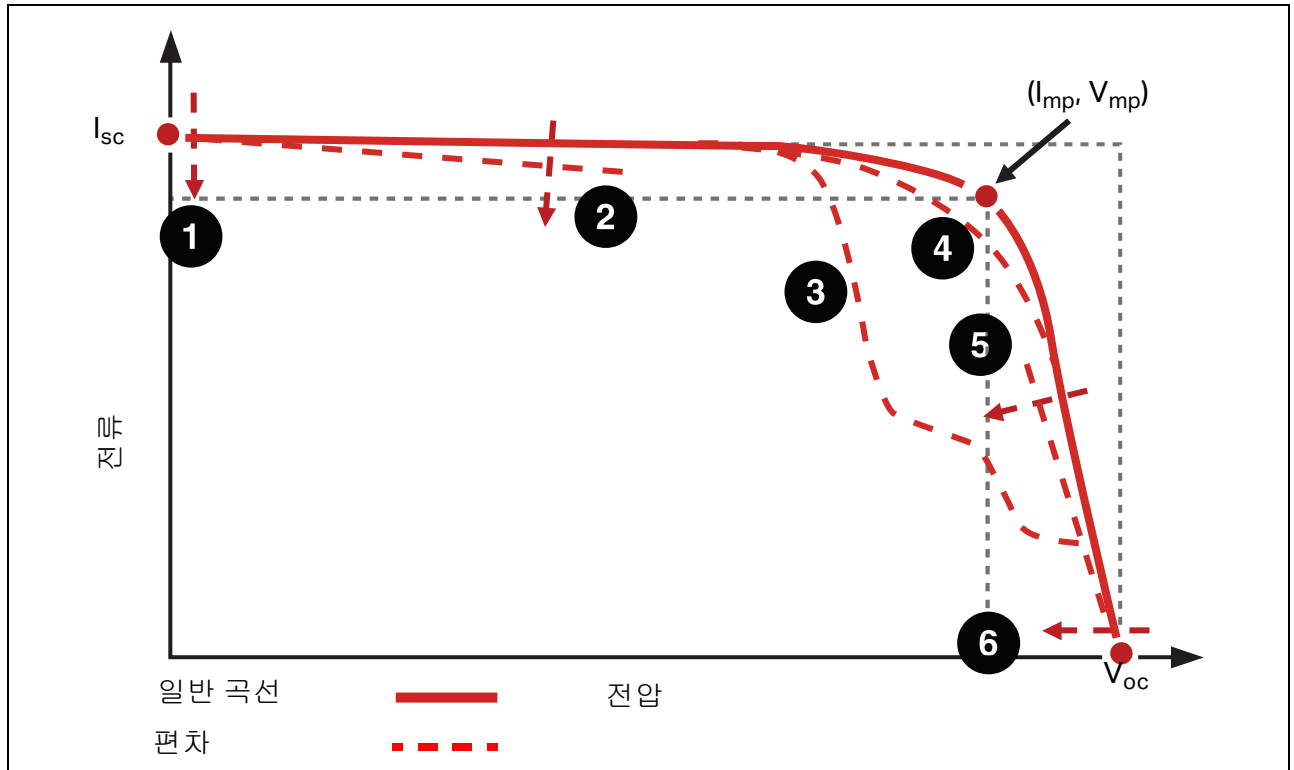
참고

예측 I-V 곡선과 편차가 발생하는 것은 테스트 대상 PV 어레이의 물리적인 문제 때문이거나 모델 값, 기기 설정, 또는 측정 연결이 잘못되는 등 측정 문제의 결과로 인한 것일 수 있습니다. 측정 문제를 최소화하기 위해, 온보드 PV 모듈 목록에서 올바른 PV 모듈을 선택하고, 측정 연결을 여러 번 점검하고, 배열면에서 방사 조도 측정을 수행하되 가능한 한 I-V 스윕과 동시에 수행하도록 하십시오.

방사 조도와 온도의 측정에 수반되는 불확실성과 제조업체와 모델 번호가 주어지더라도 PV 모듈들이 다 동일하지는 않다는 사실을 감안할 때, 측정 I-V 곡선과 예측 I-V 곡선 간에 작은 편차가 발생하는 것은 흔한 일입니다. 그림자와 오염도 영향을 미치는데, 이것은 PV 모델에서 계산할 수 없는 부분입니다.

측정 I-V 곡선과 예측 I-V 곡선 간에 상당한 편차가 발생하는 원인으로 추정해볼 수 있는 것에 대해서는 아래에서 설명합니다.

표 19. I-V 곡선 형태의 편차



항목	설명
①	전류가 낮음
②	수평 다리 부분의 기울기 증가
③	계단
④	더 둥근 무릎 부분
⑤	수직 다리 부분의 기울기 감소
⑥	전압이 낮음

흠 또는 계단

배열 일부에 그림자가 지거나 오염이 불규칙하게 발생하였거나 이물질이 있음 이 같은 유형의 편차에 대한 예시들을 그림 15, 그림 16, 그림 17 에 제시하였습니다.

그림 15. 그림자가 일부 질 경우 스트링 I-V 곡선에 미치는 영향

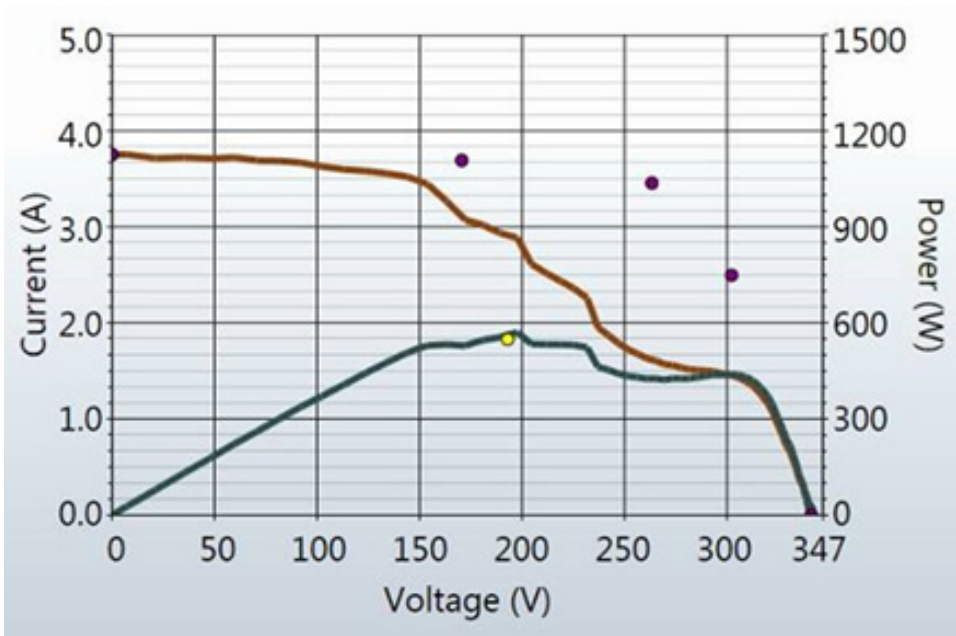
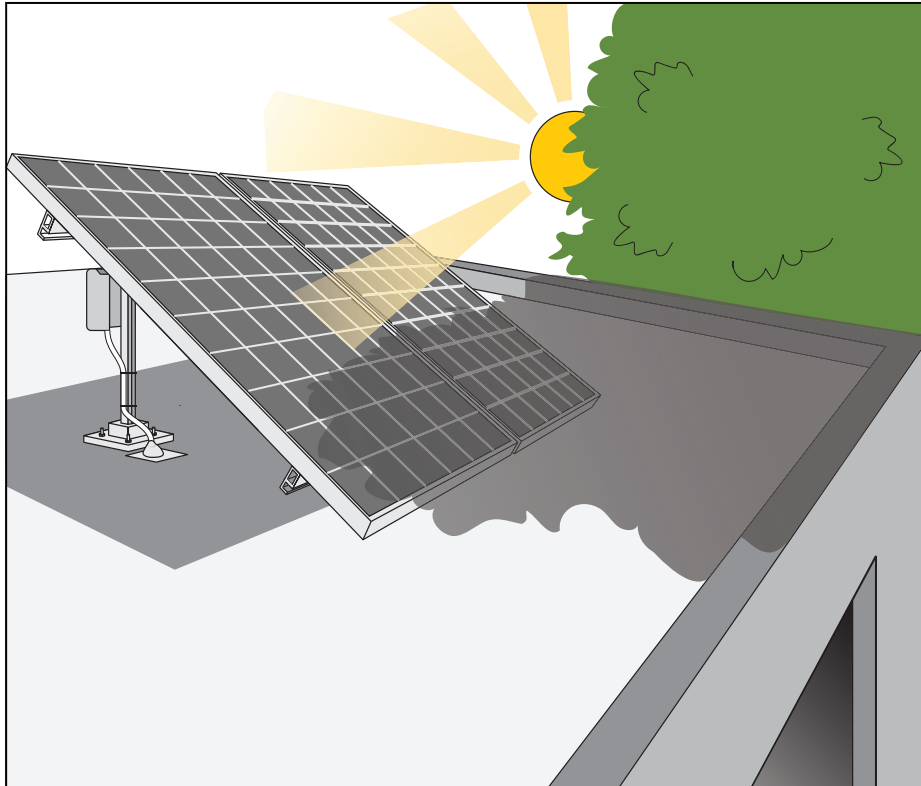


그림 16.180 와트 모듈 15 개로 구성된 스트링의 한 셀 위에 명함을 놓았을 때 그림자가 미치는 영향.

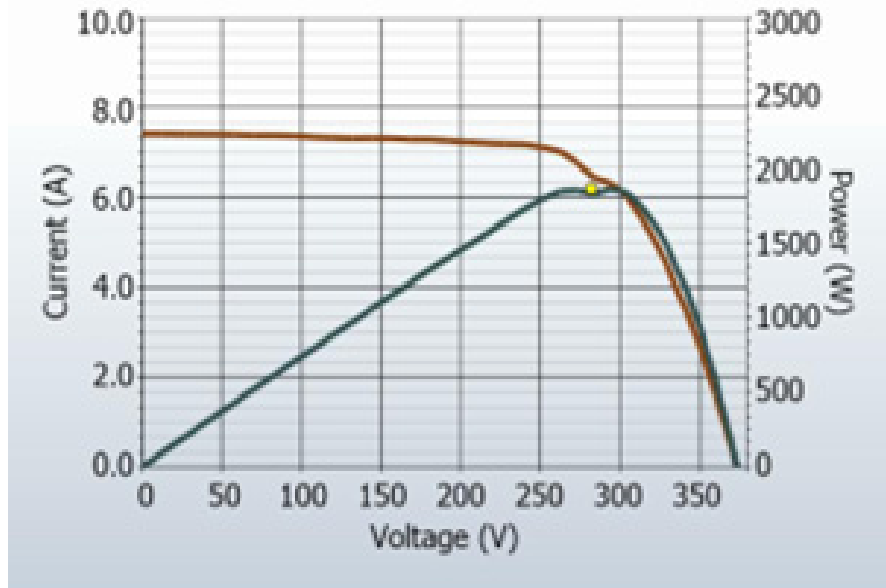
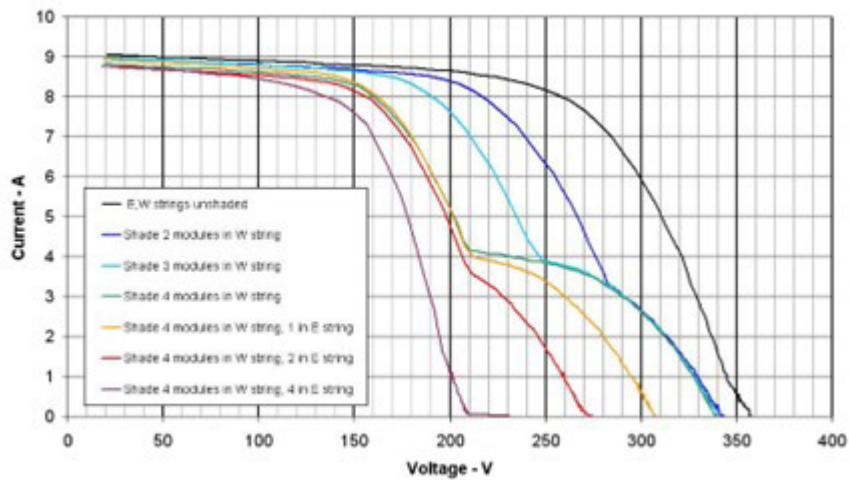


그림 17. 전체 모듈에 다양한 조합으로 그림자를 지게 했을 때의 영향



단일 스트링 측정에서, 계단은 테스트 대상 스트링의 모듈들 (또는 모듈 내 셀 그룹들) 간의 전류 불일치를 의미합니다. 위에 제시한 그림들은 그림자와 관련 있지만, 불일치에는 다른 원인이 있을 수 있습니다. I-V 곡선의 훔들은 더 강한 모듈 및 셀 그룹들의 최대 전류를 통과시킬 수 없는 모듈 내의 개별 셀 그룹들을 보호하는 바이패스 다이오드의 전도도와 관련이 있습니다.

I-V 곡선에서 계단이 발생하는 추정 원인들을 아래에 요약하였으며, 그 이후에 더 자세히 다루었습니다.

- 배열 일부에 그림자가 지거나 오염이 불규칙하게 발생하였거나 이물질이 있습니다.
- 한 스트링 안에 여러 가지 PV 모듈 사양들이 섞여 있습니다.
- PV 셀이 손상되었습니다.
- 바이패스 다이오드가 단락되었습니다 (스트링들을 병렬로 측정하는 경우에만 해당).

PV 셀의 일부에 그림자가 지면 그 셀의 전류 용량이 감소하여 바이패스 다이오드가 없을 경우 전체 스트링의 전류가 그 수준으로 제한될 것입니다. 예를 들어, 72 개로 구성되어 있고 바이패스 다이오드가 3 개인 모듈에서 셀 하나에 그림자가 약간 질 경우, 그 셀 바이패스 다이오드가 스트링 전류를 유지하기에 충분한 만큼의 전류를 전달하여 약한 셀의 손상을 방지합니다. 바이패스 다이오드가 없으면 약한 셀에 역방향 바이어스가 발생하여, 손상으로 이어질 수 있는 역방향 항복 전압과 핫스팟 고장이 생길 수 있을 것입니다. 부분 그림자가 I-V 곡선에 미치는 영향은 흠이 생성된다는 것입니다. 단일 PV 스트링에서, 정상적인 I-V 곡선 높이에서 계단의 깊이는 전류 불일치의 심각도를 나타내고, 단계의 폭은 몇 개의 셀 그룹이 영향을 받는지를 의미합니다.

PV 셀이 손상됨

셀의 전류 생성 능력을 저하시킬 수 있는 셀 수준 고장 모드가 있습니다. 또, 셀에 균열이 생기면 셀의 구획들이 전기적으로 분리될 수 있습니다. 이 경우, 정상 셀의 해당 영역에 그림자가 질 때와 동일한 효과가 I-V 곡선에 나타납니다.

전류가 낮음

이 섹션에서는 측정 I_{sc} 가 예측치보다 더 높거나 낮을 경우 그 원인이 될 수 있는 것들을 나열합니다.

균일한 오염

오염이 균일하게 생길 경우에는 마치 윈도우 스크린을 PV 모듈 위로 당기는 것과 동일한 효과가 발생합니다. I-V 곡선의 전체적인 형태는 올바르지만 각 전압에서의 전류가 감소합니다.

먼지 땀

스트링 전체에 걸쳐서 먼지 띠가 일정한 너비로 덮여 있을 때에도 전류가 감소할 수 있습니다. 가장 일반적인 예는 모듈들이 세로 방향으로 되어 있고 기울기가 낮은 배열입니다. 시간이 지나면서 각 모듈의 아래쪽 가장자리에 먼지 띠가 쌓입니다. 먼지 띠가 셀의 아래쪽 행에 도달하면 전류가 제한되기 시작합니다. 이 먼지 띠가 각 모듈마다 충분히 비슷해지면 균일한 오염과 같은 효과가 나타납니다.

모듈 성능 저하

시간이 지나면서, 그리고 환경적 영향으로 인해 PV 모듈의 성능이 저하되어 전류가 감소할 수 있습니다. 성능 저하는 일반적으로 천천히 일어납니다. 모듈의 성능이 저하되었다고 결론을 내리기 전에 I-V 곡선의 높이에 영향을 줄 수 있는 측정 기법과 관련된 요인들을 반드시 배제해야 합니다.

PV 모델에 맞지 않는 PV 모듈을 선택함

PV 모듈들은 PV 모델 번호가 비슷해도 I_{sc} 사양이 서로 다를 수 있습니다. 온보드 모듈 목록에서 선택한 모듈이 PV 모듈 뒷면의 명판과 일치하는지 확인하십시오. 배열에 여러 유형의 PV 모듈들이 섞여 있다고 되어 있는 경우, 이로 인해 I_{sc} 가 달라질 수 있습니다. 그리고 모듈들이 섞여 있으면 또 다른 차원의 편차인 불일치 효과가 발생할 수도 있습니다.

병렬 PV 스트링의 개수가 모델에 올바르게 입력되지 않음

I_{sc} 측정값은 병렬 스트링의 개수에 비례합니다. 모델에 올바른 값을 입력했는지, 그리고 측정값이 배열 트리의 올바른 분기에 저장되었는지 확인하십시오.

방사 조도 측정과 I-V 측정 간에 방사 조도가 바뀜

방사 조도 측정과 I-V 측정 사이에 시간이 지연되면 측정 오류로 해석될 수 있습니다. 이 오류는 하늘의 상태가 안정적이지 않고 (예: 일부 흐림) 수동 방사 조도 센서를 사용 중일 때 가장 큼니다. 수동 센서의 방향을 설정하고 값을 기록하고 이 값을 PVA Software 에 입력하는 과정이 SolSensor 에서 사용하는 자동화 프로세스보다 시간이 훨씬 더 많이 걸립니다.

조도 센서가 배열면을 향하고 있지 않음

방사 조도 측정의 정확도는 센서의 방향에 매우 민감합니다. I-V Curve Tracer 모델은 방사 조도 센서가 배열면을 향하고 있다고 가정합니다. 휴대용 센서는 배열면에 일정하게 위치시키는 것이 어렵습니다. 이로 인해 얼마나 많은 오류가 발생할 수 있는지 확인하려면 센서의 방향을 배열면에 일치하게 한 후에 방사 조도 값을 기록하십시오. 그 다음 센서를 제거하고 1 분 안에 여러 번 반복하여 기록된 값들의 일관성을 검사하십시오. 이 실험은 방사 조도가 안정적일 때에만 효과가 있습니다.

알베도 효과 (반사)

PV 모듈의 에너지 생성량은 근처에 있는 건물과 자동차 및 기타 표면에 의해 빛이 반사되거나 산란되는 현상에 의해 늘어날 수 있습니다 (알베도 효과).

PV 배열들과 방사 조도 센서들은 주변 사물들의 표면에서 반사되는 상당한 양의 방사 조도를 포착할 수 있습니다. 알베도 효과의 예로는 인접한 지붕의 표면, 건물 벽, 그리고 기타 PV 배열에서 이루어지는 반사가 있습니다. 알베도 효과의 강도는 여러분이 생각하는 것처럼 표면의 인식된 색상과 연관성이 크지는 않습니다. 아스팔트 주차장의 표면에서도 반사가 많이 이루어집니다.

테스트 대상 배열이 건물이 많아서 반사면이 많은 환경에 있다면, 일반적인 방사 조도 조건을 대표하는 방사 조도 센서 위치를 선택하는 것밖에 사용자가 할 수 있는 것은 별로 없습니다. 물론, I-V 곡선 측정은 알베도 효과를 반영합니다. 하루 중 태양 정오를 중심으로 한 4 시간 (직달 일조 강도와 관련하여 알베도 효과가 최소화될 가능성이 높은 시간) 동안에 중요 성능 측정을 실시하는 또 하나의 이유가 바로 이것입니다.

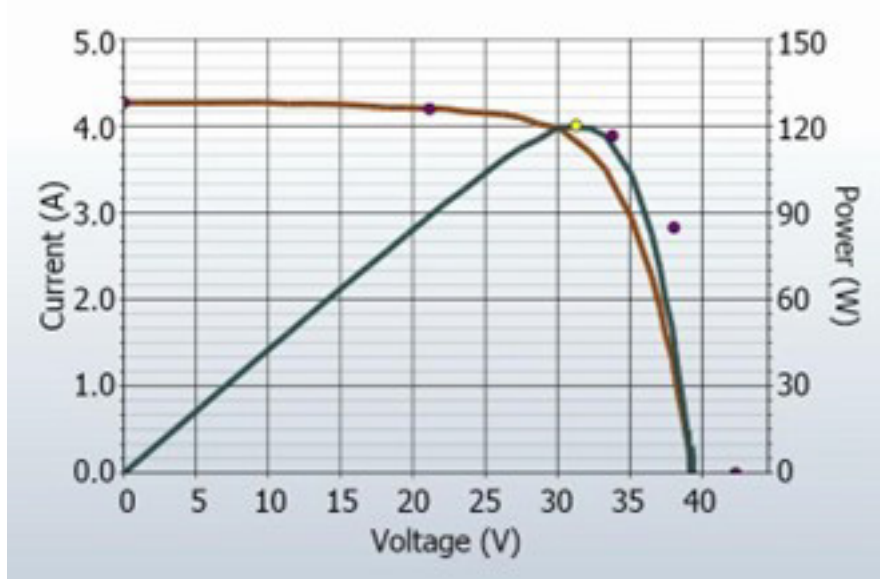
수동 방사 조도 센서가 정확하지 않음

휴대용 방사 조도 센서들은 보정 정확도, 각도를 벗어난 빛에 대한 반응, 그리고 측정된 배열에 대한 스펙트럼 합치도가 매우 다양합니다. 이러한 모든 변수가 정확도에 영향을 미칩니다.

전압이 낮음

이 유형의 편차의 예를 [그림 18](#)에 제시하였습니다.

그림 18.VOC가 예상보다 낮을 경우의 측정



PV 셀 온도 측정이 잘못됨

모듈 V_{oc} 는 태양전지의 온도에 따라 달라집니다. 온도가 높을수록 V_{oc} 가 낮아집니다. 열전대와 모듈 후면 사이에 열적 연결 상태가 나빠서 온도 측정 오류가 발생하는 것일 수 있습니다.

또, 열전대 2개가 SolSensor에 연결되어 있는데 그 중 하나만 모듈 후면에 부착한 경우, 소프트웨어가 두 열전대의 온도값의 평균을 계산하기 때문에 온도 측정 오류가 발생할 수 있습니다.

열전대의 배치도 중요합니다. 모듈들의 평균 온도를 나타내는 위치에 배치하는 것이 좋습니다. 테이블 / 배열의 가장자리는 공기가 더 잘 순환되어 더 시원한 상태에서 작동하므로 이 위치는 피하십시오.

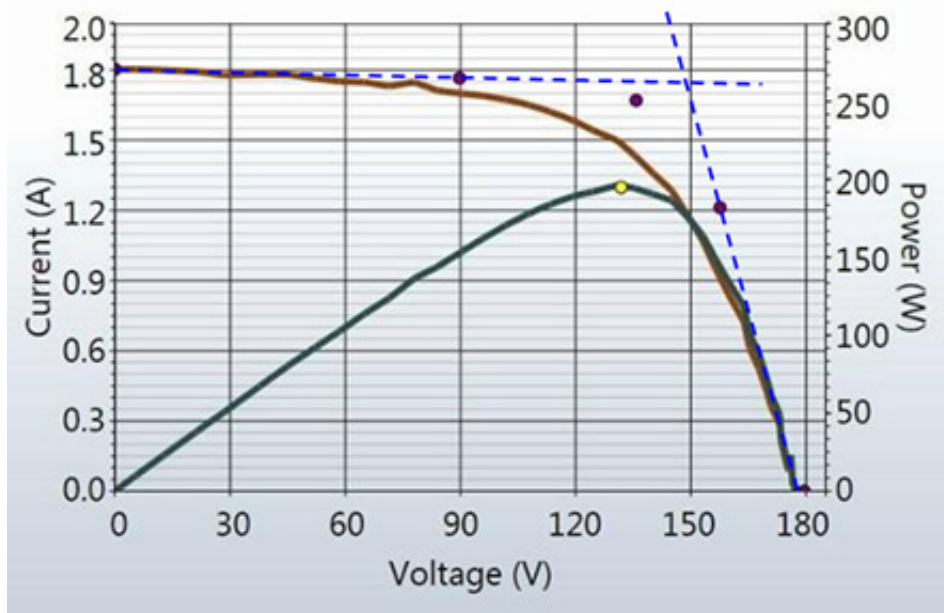
하나 이상의 바이패스 다이오드가 단락됨

이것은 단일 스트링 측정의 경우에 생각해볼 수 있는 원인입니다. 병렬 스트링 측정에서는 I-V 곡선에 계단이 생깁니다.

더 둥근 무릎 부분

이러한 유형의 편차의 예를 [그림 19](#)에 제시하였습니다.

그림 19. PV 모델에서 예측한 것보다 더 둥근 무릎 부분의 I-V 곡선 측정

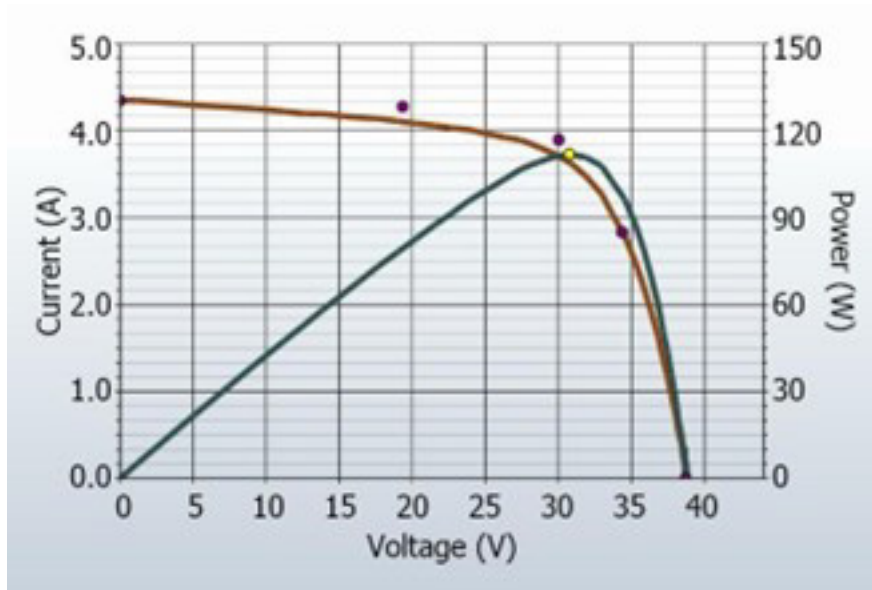


I-V 곡선의 무릎 부분이 둥글다는 것은 노후화 과정의 징후일 수 있습니다. 이러한 결과는 단독으로 는 거의 나타나지 않으며, 일반적으로 곡선의 다리 부분의 기울기가 변화함에 따른 부작용입니다.

수평 다리 부분의 더 가파른 기울기

이 편차의 예를 그림 20 에 제시하였습니다.

그림 20. 수평 다리 부분의 더 가파른 I-V 곡선



I-V 곡선의 수평 다리 부분이 PV 모델이 예측하는 것보다 기울기가 더 가파를 수 있습니다. 이러한 편차가 발생하는 추정 원인들을 아래에 요약하였으며, 그 이후에 더 자세히 다루었습니다.

- 점점 가늘어지는 그늘 또는 먼지 댐
- 모듈 I_{sc} 불일치
- PV 셀에 분류 (shunt path) 가 존재함

모든 셀 그룹에 걸쳐 점점 가늘어지는 그늘 또는 먼지 댐이 있음

모든 셀 그룹에 걸쳐 점점 가늘어지는 그늘이나 먼지 띠가 있으면 곡선의 수평 다리 부분의 기울기가 더 가파를 수 있습니다.

PV 셀 내 분류 증가

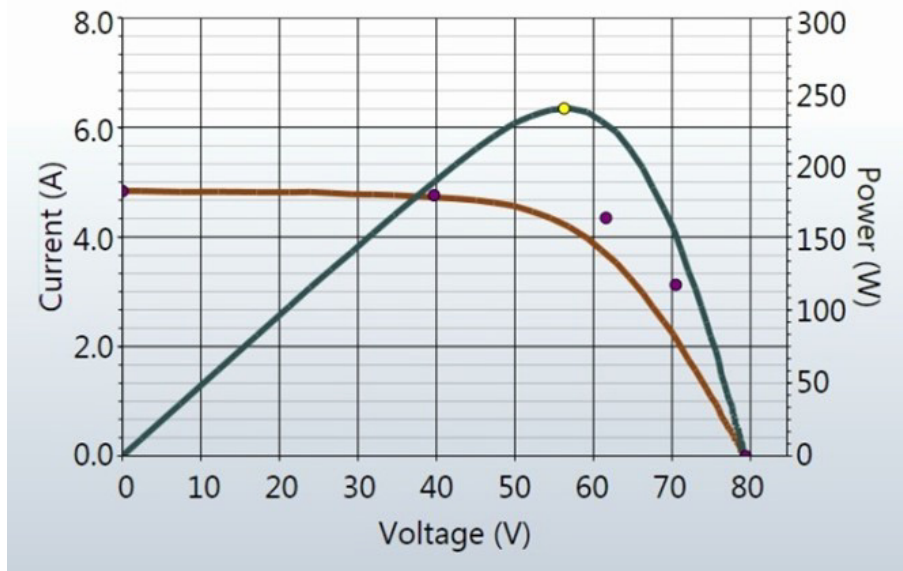
분류는 PV 전류가 셀 접합부를 가로질러 역방향으로 흐르는 현상입니다. 이것은 셀 내부의 전류 루프를, 셀이 스트링에 기여할 수 있는 전류에서 차감됩니다. 태양전지에 분류 전류가 어느 정도 발생하는 것은 정상이며, 이는 곡선의 수평 다리 부분에 약간의 기울기가 발생하는 원인입니다. 그러나 셀의 분류 저항이 배열 전체에 걸쳐서 더 낮은 값으로 떨어지면 수평 다리 부분의 기울기가 더 가팔라지게 됩니다.

국소 분류 오류는 국소 열 분산을 유발하며 이것은 셀과 모듈의 열폭주로 이어질 수 있습니다.

수직 다리 부분의 기울기가 덜 가파름

이러한 유형의 편차의 예를 [그림 21](#)에 제시하였습니다.

그림 21. I-V 곡선의 수직 다리 부분의 기울기가 덜 가파른 측정 결과



I-V 곡선의 수직 다리 부분의 기울기는 PV 모듈 내부와 배열 배선의 직렬 저항의 양에 의해 영향을 받습니다. 저항이 증가하면 기울기가 감소하고 곡선 인자가 감소합니다.

그 추정 원인들을 아래에 요약하였으며, 그 이후에 더 자세히 다루었습니다.

- PV 배선의 저항이 과도하거나 배선의 크기가 충분하지 않습니다.
- 배열의 전기 상호 연결 부위에 저항이 존재합니다.
- PV 모듈의 직렬 저항이 증가했습니다.

PV 배선의 저항이 과도함

소프트웨어에서 프로젝트를 설정할 때 사용자는 외부의 스트링 관련 배선 (대개는 접속함과 연결되는 홈런 케이블)의 길이와 게이지를 입력합니다. 측정 중에 PV 모델은 이 정보를 이용하여 이 외부 배선의 예상 전압과 전력 손실을 계산하여 이것이 PV 모듈의 성능과 연결되지 않게끔 합니다. 와이어 길이에는 모듈 자체의 코드 길이가 포함되지 않습니다. 입력한 와이어 길이와 실제 와이어 길이의 차이가 클 경우 저항이 과도해질 수 있습니다. 예를 들어, #10 와이어 500ft(단방향)의 경우 약 1Ω 의 직렬 저항이 추가될 것입니다. 이 경우, 예상 I-V 곡선에서 V_{oc} 근처에서 수직 다리 부분의 기울기가 줄어 들 것입니다.

I-V Curve Tracer의 테스트 리드는 저항이 매우 낮아서 무시해도 됩니다.

배열의 전기 연결부에 저항이 존재함

전류 경로를 따라 존재하는 전기 연결부는 회로에 저항을 더해줄 수 있습니다. 모듈과 모듈 사이에 커넥터가 완전히 삽입되었는지 확인하십시오. 또, J-박스과 접속기에 부식의 흔적이 있는지 점검하십시오.

PV 모듈의 직렬 저항이 증가함

일부 성능 저하 메커니즘이 특정 모듈의 직렬 저항을 증가시킬 수 있습니다. 모듈 커넥터, 모듈 배선함, 또는 셀과 셀 사이의 상호 연결부에 있는 금속 단자가 부식되면 직렬 저항이 증가할 수 있습니다.

PV 배열의 문제 해결

I-V 곡선 편차를 해석하는 방법에 관한 자세한 내용은 SolarPro 문서 *Solar I-V 곡선 -- 추적 편차의 해석*을 참조하십시오.

표준 테스트 조건에 따른 I-V 데이터의 변환

소프트웨어는 표시된 I-V 곡선을 $1000W/m^2$ 와 $25^\circ C$ 라는 표준 테스트 조건 (STC)으로 변환하는 기능을 제공합니다. 그리고 소프트웨어는 표 보기 (탭)에서 주요 성능 매개변수들을 변환해줍니다.

이 기능들은 상업용 규모의 PV 배열의 시운전 시 수집된 I-V 데이터의 분석에 주로 활용됩니다. 이러한 측정들은 일반적으로 태양 정오를 중심으로 한 4시간 범위에서 수행되므로 측정 I-V 곡선은 이 시간 동안에 발생하는 방사 조도와 셀 온도의 변화를 반영합니다. 이 변환 기능은 I-V 곡선에서 파생된 주요 성능 매개변수들을 STC 조건으로 변환하여 이러한 효과를 1 차로 제거합니다. 구름이 빠르게 움직여서 방사 조도와 온도가 빠르게 변화하는 것은 정확하게 수정하기가 어렵기 때문에, 양질의 최종 결과를 얻기 위해서는 여전히 맑은 날이 필요합니다.

변환은 변환의 범위에 비례하여 오류를 발생시킵니다. PV 스트링 그룹 전반의 성능 일관성을 평가할 때 이 점을 감안하십시오.

매개변수 정의

이 정의는 Sandia PV Array Model (D. L. King) 논문에서 발췌한 것입니다.

I_{sc} = 단락 전류 (A)

I_{mp} = 최대 전력점에서의 전류 (A)

V_{mp} = 최대 전력점에서의 전압 (V)

V_{oc} = 개방 전압 (V)

P_{mp} = 최대 전력점에서의 전력 (W)

$\alpha_{I_{sc}}$ = I_{sc} 에 맞게 정규화된 온도 계수 (%/°C). 이 매개변수는 특정 표준 태양 스펙트럼 및 방사 조도 수준에서 측정된 온도 의존성 (A/°C) 을 표준 기준 조건 I_{sc0} 에서의 모듈 단락 전류로 나눠서 정규화한 것입니다. 이 (%/°C) 단위를 사용하면 개별 모듈과 모듈의 병렬 스트링 모두에 동일한 값을 적용할 수 있습니다.

$\alpha_{I_{mp}}$ = I_{mp} 에 맞게 정규화된 온도 계수, (%/°C). $\alpha_{I_{sc}}$ 와 동일한 방식으로 정규화합니다.

$\beta_{V_{oc}}$, (%/°C) = 모듈 개방 전압에 대한 온도 계수.

γ_{mp} , (%/°C) = 모듈 최대 전력점 전압에 대한 온도 계수.

TC = 모듈 내부의 셀 온도 (°C). 후면 모듈 온도를 측정하고 여기에 온도차 (방사 조도 수준에 따라 일반적으로 2 도 ~3 도) 를 더하여 구합니다.

변환 방정식

여기서 사용되는 기본적인 변환 모델이 구하는 근사값은 다음과 같습니다 .

P_{mp} 는 E, 방사 조도에 비례합니다 .

I_{mp} 는 온도에 따라 달라지지 않습니다 .

V_{mp} 는 E 에 따라 달라지지 않습니다 .

P_{mp} 는 γ_{mpp} 를 기준으로 온도에 따라 달라집니다 . (데이터 시트에서 구함)

V_{oc} 는 E 에 따라 달라지지 않습니다 .

이와 같은 근사값에 비추어 다음과 같이 가정합니다 .

I_{sc} 는 E 와 온도에 비례합니다 .

V_{oc} 는 β_{Voc} 를 기준으로 온도에 따라 선형적으로 변화합니다 .

P_{mp} 는 E 에 비례하며 γ_{mpp} 를 기준으로 온도에 따라 변화합니다 .

α_{Imp} 는 α_{Isc} 보다 훨씬 더 작고 0으로 간주되므로, V_{mp} 는 오직 γ_{mpp} 를 기준으로 온도에 따라 변화합니다 .

변환 방정식은 아래와 같으며 , 여기서 아래 첨자의 정의는 다음과 같습니다 . m = measured (측정 됨) , trans = translated (변환됨) .

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

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

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

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

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

유지보수

제품 청소

주의

제품의 손상을 방지하기 위해, 용제나 세척제를 사용하지 마십시오. 이러한 액체는 제품을 손상시킬 수 있습니다.

I-V Curve Tracer, SolSensor 외부 케이스 및 테스트 리드를 청소할 때는 물에 적신 걸레와 중성 세제로만 닦으십시오.

SolSensor 방사 조도 센서 청소

주의

방사 조도 센서의 손상을 방지하기 위해, 센서를 세척할 때 용제나 세척제를 사용하지 마십시오. 이러한 액체는 소재에 미세한 균열을 일으키고 방사 조도 측정의 정확도를 떨어뜨릴 수 있습니다. 증류수와 부드러운 걸레만 사용하십시오. 부드러운 극세사 걸레와 증류수 분무기가 기본 장비로 제공됩니다.

방사 조도 센서 청소하기 :

1. 방사 조도 센서가 수평을 향하도록 SolSensor 장치를 옆으로 기울입니다.
2. 흰색 아크릴 디스크에 증류수를 미세하게 분무합니다.
3. 물이 흘러 내리면서 먼지와 이물질을 씻어내게 하십시오.
4. 부드럽고 깨끗하고 마른 걸레로 흰색 아크릴 디스크의 물기를 닦아냅니다. 비누나 화학 용제 또는 연마지를 사용하지 마십시오.

제품 폐기

제품 폐기는 전문적이고 환경적 측면에서 적절한 방식으로 해야 합니다. 이 제품에 일체형 배터리가 있는 경우 전체 제품을 전기 폐기물로 버립니다.

PVA Software 작동 문제 해결

이 섹션에서는 소프트웨어 작동 문제의 해결 단계를 설명합니다. 실제 PV 시스템의 문제 해결에 관한 내용은 여기에 수록되어 있지 않습니다.

Windows 를 소프트웨어와 호환되도록 설정하고 Windows 의 문제를 해결하는 방법은 Fluke 웹 사이트의 제품 페이지를 참조하십시오.

상태 메시지를 통해 문제 해결

소프트웨어 작동 문제를 해결하기 위한 기본적인 도구는 화면 오른쪽 상단의 **Measure Now**(지금 측정) 버튼 위에 표시되는 상태 표시기입니다. 예를 들어, [표 7](#) 에 나와 있는 녹색 **Ready**(준비) 메시지를 참조하십시오. [표 20](#) 을 참조하십시오.

 경고

감전, 화재, 부상 또는 사망을 예방하기 위해, 소프트웨어의 오른쪽 상단에 있는 상태 표시기를 주목하십시오. 상태 표시기가 어떤 상태이든 상관없이 클릭을 하면 그 상태에 관한 자세한 정보를 얻을 수 있습니다. I-V 측정 장치가 활성 상태이든 일시 정지 상태이든 비활성 상태이든 관계없이 PV 회로에는 감전의 위험이 항상 존재합니다.

표 20. 상태 메시지

상태 메시지	설명
Ready (준비)	I-V Curve Tracer 와 무선으로 연결되어 이제 장비에서 측정을 수행할 수 있습니다.
Initializing (초기화 중)	I-V Curve Tracer와 연결되어 소프트웨어가 장치를 초기화하는 중입니다.
Measuring (측정 중)	I-V Curve Tracer가 현재 측정 요청을 처리하고 있으며 I-V 측정을 수행하고 있습니다.
Disabled (비활성화됨)	<p>I-V Curve Tracer가 아래에 나열된 조건 중 하나를 감지함에 따라 자동으로 꺼졌습니다. Disabled(비활성화됨) 메시지를 클릭한 후 지시에 따르십시오. 소프트웨어 개요를 참조하십시오.</p> <p>I-V 측정 장치 배터리 전압이 너무 낮음: 배터리 잔량이 매우 부족하여 I-V Curve Tracer가 종료됩니다. 더 사용하기 전에 배터리를 충전하십시오.</p> <p>xxA를 초과하는 전류가 감지됨: 최대 입력 전류 사양을 초과했습니다. 병렬로 배열된 스트링들을 측정하려면 병렬 스트링의 개수를 줄이십시오.</p> <p>초과 전압이 감지됨: 전압 사양이 초과되었습니다. 과전압이 심한 경우에도 소프트웨어가 I-V Curve Tracer를 영구적으로 비활성화합니다. 이 경우, 검사와 수리를 위해 I-V Curve Tracer를 출하 시 설정으로 되돌려야 합니다.</p> <p>I-V 측정 장치가 너무 뜨거움: I-V Curve Tracer의 내부 온도가 너무 높아서 보호 회로가 장치를 끕니다. I-V Curve Tracer를 직사광선이 없는 시원한 장소로 옮긴 후 온도가 떨어질 때까지 기다리십시오.</p> <p>전류 과부하 펄스: 상당한 전류 과부하 펄스가 감지되었습니다. 측정 중에 인버터 또는 배열의 다른 부분이 실수로 연결되지 않았는지 확인하십시오. 또, 일부 고효율 PV 모듈에서는 높은 돌입 전류가 생성됩니다. PVA-1500T2를 사용할 경우, 이러한 유형의 모듈들을 병렬로 측정하거나 10A를 초과하는 고효율 모듈의 스트링을 측정하지 마십시오.</p>

표 20. 상태 메시지 (계속)

상태 메시지	설명
Paused (일시 정지 됨)	사용자가 LED 버튼을 눌렀기 때문에 I-V Curve Tracer가 일시적으로 중지되었습니다. 이것은 I-V Curve Tracer의 정상적인 작동의 일부입니다. 이 경우, 측정을 중단하지 않고 PV 소스 연결을 변경할 수 있습니다. 정상 상태로 돌아가려면 LED 버튼을 다시 누르십시오.
Searching for I-V Unit(I-V 장치 검색 중)	PC와 소프트웨어가 I-V Curve Tracer가 생성한 Wi-Fi 핫스팟에 아직 연결되지 않았습니다. I-V 장치가 Wi-Fi를 통해 PC 소프트웨어에 연결되지 않은 경우 I-V 장치 LED 버튼이 빠르게 깜박입니다. I-V 장치가 켜져 있고 무선 범위 내에 있는지 확인하십시오.
No WiFi connection(WiFi가 연결되지 않음)	PC Wi-Fi 네트워크 어댑터가 꺼져 있습니다. Wi-Fi 어댑터를 켜고 PVA1500_yyyyyy 핫스팟에 연결하십시오.

증상에 따른 문제 해결

표 21 은 증상과 문제 해결 절차를 나열한 것입니다 .

표 21. 증상에 따른 문제 해결

증상 또는 메시지	설명 및 해결 방법
SolSensor 디스플레이 영역에 <i>searching for SolSensor(SolSensor를 찾는 중)</i> 라고 표시되거나 ---- 가 표시됨	<p>SolSensor가 I-V 장치와 무선으로 연결되어 있지 않으면 SolSensor 데이터 디스플레이 영역에 이 메시지가 나타납니다. SolSensor가 켜져 있고 무선 범위 내에 있는지 확인하십시오. 직선거리 내에 장애물이 있으면 무선 범위가 줄어들 수 있습니다.</p> <p>SolSensor가 계속해서 연결에 실패할 경우, SolSensor와 I-V 장치를 재설정하십시오. 각 장치의 전원 버튼을 약 6초 동안 누르고 있으십시오.</p> <p>SolSensor가 I-V 장치에 제대로 페어링되지 않았을 수도 있습니다. SolSensor 장치는 출하 시 SolSensor와 함께 제공되는 특정 I-V 장치와 페어링됩니다. I-V 장치와 페어링된 적이 없는 새 SolSensor가 있거나 페어링이 끊긴 경우, 표 3의 작동 상태에 따른 절차에 따라 I-V 장치와 다시 페어링될 것입니다.</p>
I-V 측정 장치 또는 SolSensor와의 통신이 잠시 끊김	<p>I-V Curve Tracer 와 PC 간에 잠시 통신이 끊길 수 있습니다 . 2 분 후에 연결이 복원되지 않으면 무선 범위를 벗어난 것일 수 있습니다 . 마찬가지로 , SolSensor 와의 통신도 잠시 중단될 수 있지만 , SolSensor 와 I-V Curve Tracer 가 서로의 무선 범위 내에 있으면 잠시 후에 복원될 것입니다 . I-V 장치가 PC 와 무선으로 연결되어 있지 않은 경우 , SolSensor 는 I-V Curve Tracer 를 통해 PC 와 통신하기 때문에 소프트웨어에 Searching for SolSensor(SolSensor를 찾는 중) 이라고 표시됩니다 .</p>

표 21. 증상에 따른 문제 해결 (계속)

증상 또는 메시지	설명 및 해결 방법
Measurements Take Longer to Save(측정 결과를 저장하는 데 시간이 오래 걸림)	<p>측정 저장 속도는 선택한 I-V 추적 지점 수에 따라 달라집니다 . 대부분의 작업에는 100 포인트를 사용하고 고해상도가 필요할 때는 500 포인트를 사용하십시오 . 해상도는 프로젝트를 진행하면서 언제든지 변경할 수 있습니다 . 해상도 제어 장치는 Utility(유틸리티) 메뉴에 위치합니다 .</p> <p>I-V Curve Tracer 의 측정에서 측정까지의 최소 시간은 테스트 대상 스트링의 개방 회로 전압에 의해서도 영향을 받습니다 . 표 5 를 참조하십시오 .</p>
I-V 곡선이 X 축까지 도달하지 않음	<p>이 같은 유형의 추이는 전류가 큰 쪽으로 변화하는 I-V 곡선을 측정할 경우에 나타날 수 있습니다 .</p>
추이에 노이즈가 있음	<p>I-V 곡선 추이에 노이즈가 생기는 것은 방사 조도가 낮기 때문일 수 있으며 , 단락 전류가 낮은 PV 기술의 경우에 특히 그렇습니다 . 최상의 결과를 얻으려면 최대 방사 조도 시간 동안 고정된 배열을 측정하십시오 . 전류를 높이고 노이즈를 줄이기 위해 , I_{sc} 가 낮은 모듈들의 스트링들을 병렬로 테스트할 수 있습니다 . 드물게는 I-V 곡선 데이터에 , 특히 V_{oc} 부근에서 전류 스파이크가 나타날 수 있습니다 . 이것은 모듈이나 배선에 아크 결함과 같은 문제가 있음을 의미할 수 있습니다 .</p>
I-V 곡선이 하나 이상의 지점에서 0 전류로 떨어짐	<p>이 현상은 측정 중인 PV 회로에 전기 연결 상태가 불안정한 부분이 있을 경우에 발생할 수 있습니다 . 이것은 I-V Curve Tracer 의 문제가 아닙니다 . 단계적으로 PV 소스 회로에서 모듈과 케이블을 제거하여 연결이 불안정한 부분을 찾으십시오 .</p>
단락 전류가 모델이 예측한 것보다 훨씬 높거나 낮음	<p>방사 조도 센서가 배열면에 장착되어 있는지 확인하십시오 . 배열이 오염되었는지 확인하십시오 . Site Info(현장 정보) 화면에서 위도와 경도 및 방위각을 올바르게 입력했는지 , PC 날짜와 시간이 올바른지 확인하십시오 . 추적기를 사용하는 경우 소프트웨어에서 PVA 프로젝트의 현장 속성에 아침 배열 방위각이 올바르게 설정되어 있는지 확인하십시오 .</p>

표 21. 증상에 따른 문제 해결 (계속)

증상 또는 메시지	설명 및 해결 방법
Unstable Voltage(전압 불안정) 메시지	스텝을 실행하기 전에 PVA 는 V_{oc} 10 회 측정하여 평균값을 구합니다 . 이 10 개 측정값들 간의 차이가 크면 소프트웨어가 경고를 게시합니다 . 측정 루프에 연결 상태가 불량한 곳이 있는지 확인하십시오 .
I-V Curve Tracer 가 켜지지 않음	I-V Curve Tracer 가 충전되었는지 확인하십시오 .
전체 I-V 곡선에 0 전류	I-V Curve Tracer 에는 I-V Curve Tracer 내부 온도가 85 °C 를 넘을 경우 작동 되도록 설정된 열 퓨즈가 장착되어 있습니다 . 소프트웨어는 내부 온도가 약 72 °C 를 초과할 경우 측정을 허용하지 않도록 프로그래밍되어 있기 때문에 이것은 드문 일입니다 . 그러나 열 퓨즈가 작동하면 I-V Curve Tracer 가 꺼지고 다시 켤 수가 없게 되므로 공장에 반환해야 합니다 . 이 같은 문제가 발생한 것으로 의심된다면 Fluke 에 문의하십시오 . <i>Fluke 에 문의</i> 를 참조하십시오 .

문제 해결에 관한 더 자세한 내용은 제품과 함께 제공된 포스터를 참조하십시오 . 이 포스터는 fluke.com 에서도 확인할 수 있습니다 .