سلسلة الوحدات التدريبية
المبنية على أساس الكفايات المهنية

المهنة: تركيب الأنظمة الشمسية الكهروضوئية (PVI)
الوحدة: إجراء فحوصات التشغيل التجريبي للأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة

إعــداد:
م. هيثم محمود عدس

لا يجوز استنساخ أيِّ جزء من هذه النشـرة، أو تخزينهـا على نظام اسـترجاعي، أو تحويلهـا إلى أيِّ شكل أو وسيلة سواء كانت إلكترونيـة، أو تصويريـة، أو تسـجيلها، أو أيِّ أسـلوب أخرى دون الحصـول على إذن خطـي مسـبق من مؤسسـة التدريب المهنـي ومشـروع تطوير القوى العاملة في الأردن المُمول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية.

ولقد بذل الناشـرون كافة الجهـود الممكنـة للاعتـراف لأصحـاب حقـوق النشـر والإشارة إليهم، وفي حال تم إغفال أيٍّ منهم سيتم إجراء الترتيبات اللازمة لحفظ حقوق النشر لهم.

ونرحب بأيِّ معلومـات من شـأنها أنْ تمكننـا من تصحيـح أيِّ حقـوق ملكيـة غير دقيقـة أو محذوفة في طبعة لاحقة.

ويُفترضُ عدم تحمل أيِّ مسؤولية حول المعلومـات الواردة في هذه النشـرة، وتم النشـر من قِبَلِ مؤسسـة التدريب المهني وبدعم من مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن المُمول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية.

تعتبر هذه الوحدة نسخة تجريبية قابلة للتعديل بعد مرورها على الميـدان لمدة دورة تدريبية كاملة على أن يتم تزويد مديرية البرامج والإختبارات بالتغذية الراجعة.

©مؤسسة التدريب المهني (٢٠١٧)م.

قررت مؤسسة التدريب المهني تطبيق هذه الوحدة التدريبية بموجب قرار لجنة الاعتماد الفنية رقم (٢٠١٧/١) تاريخ ٢٠١٦/١١/١٠ بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٦-٢٠١٧.

الإشراف العام:

مديرية البرامج والاختبارات ومصادر التعلم

المهندس إميل عاصي مقطش

مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن
الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)

التدقيق والإشراف الفني:

د. محمود الديسي، م. بسام اشحاد

لجنة الاعتماد الفنية:

المدير العام بالوكالة م. هاني خليفات (رئيساً)

م. ابراهيم أحمد الطراونة

م. احمد مصطفى عبدالله

م. داود محمود شقبوعة

م. "محمد خير" ارشيد

م. علي حابس البدارين

م. عبد الله محمود الهور

د. محمود عبدالله الديسي

التحرير اللغوي: جمال ذيب طه

التصميم: مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)

تدقيق الطباعة ومراجعتها: جمال ذيب، م. عصام الشامي، نور زعبلاوي.

الطبعة التجريبية الأولى (٢٠١٧)م

ص.ب (925835) الرمز البريدي (111101) عمان ، الأردن تلفون: 4873031 - 4884144 فاكس: 4895619

فهرس المحتويات

الموضوع:	رقم الصفحة:
• دليل الوحدة	
١ المقدمة	٧
٢ المتطلبات المسبقة	٧
٣ نتاجات التعلم	٧
٤ أهداف التعلم	٨
٥ الزمن المقترح	٨
٦ أدلة التقييم الذاتي	٨
هدف التعلم الأول:	
١. فحوصات سلامة الكبلات والوصلات	٩
١-١ فحص العازلية الكهربائية للكبلات	٩
١-٢ فحص الاستمرارية الكهربائية	١٢
١-٣ التأكد من سلامة وصلات الربط	١٣
١-٤ توثيق نتائج الفحص	١٦
١-٥ التقييم الذاتي	١٧
١-٦ التمرين العملي	١٩
هدف التعلم الثاني:	
٢. فحص التأريض	٢٨
٢-١ أهمية نظام التأريض	٢٨
٢-٢ التحضير لعملية فحص التأريض	٣٠
٢-٣ فحص التأريض باستخدام جهاز فحص التأريض	٣٠
٢-٤ التقييم الذاتي	٣٦
٢-٥ التمرين العملي	٣٨
هدف التعلم الثالث:	
٣. فحص فولطية مخارج الألواح الشمسيّة الكهروضوئيّة	٤٣
٣-١ جهاز الفولطميتر	٤٣
٣-٢ فحص فولطية كل لوح شمسي على حدة	٤٦

٣-٣ التقييم الذاتي	٤٧
٣-٤ التمرين العملي	٤٨
هدف التعلم الرابع:	
٤. فحص المراكم في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة	٥٣
٤-١ أنواع المراكم المستخدمة في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة	٥٣
٤-٢ التحقق من طريقة توصيل المراكم ومطابقتها لما هو مبيّن في المخطط التنفيذي	٥٦
٤-٣ التأكد من التوصيل الجيد والمحكم بين المراكم	٥٧
٤-٤ إجراء القياسات اللازمة للمراكم وحسب أوامر العمل	٥٨
٤-٥ عزل الوصلات	٦٠
٤-٦ التقييم الذاتي	٦١
٤-٧ التمرين العملي	٦٣
هدف التعلم الخامس:	
٥. فحص جهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ	٦٧
٥-١ أنواع أجهزة التحكم بالشحن	٦٧
٥-٢ قراءة مدخلات ومخرجات جهاز التحكم بالشحن باستخدام الفولطميتر	٦٨
٥-٣ التقييم الذاتي	٦٩
٥-٤ التمرين العملي	٧٠
هدف التعلم السادس:	
٦. فحص شدة التيار الكهربائي في النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ	٧٣
٦-١ قياس شدة التيار الكهربائي	٧٤
٦-٢ تحديد نقاط الفحص بالرجوع إلى المخطط الكهربائي	٧٥
٦-٣ التقييم الذاتي	٧٧
٦-٤ التمرين العملي	٧٨
٧. اختبار المعرفة	٨٣
٨. اختبار الأداء	٨٩

٩. قائمة المصطلحات ٩٢
١٠. قائمة المراجع ٩٤

١. المقدمة:

حرصاً على ربط العلم بالعمل والنظرية بالتطبيق؛ اتجهت مؤسسة التدريب المهني نحو استخدام الكفايات المهنية في التدريب، وذلك لإكساب المتدربين المهارات العملية والمعلومات النظرية؛ إذ يتيح استخدامها مرونة التكيف مع المتغيرات المهنية التي تطرأ على ميدان العمل المهني وتوفر للمتدربين مجال التعلم والتدريب الذاتي والتقدم فيه بحسب قدراتهم. وقامت مؤسسة التدريب المهني حتى الآن بإعداد وحدات تدريبية على أساس الكفايات المهنية في مجال الصناعة والخدمات.

تختـص هـذه الوحـدة بمهمـة إجـراء فحوصـات التشـغيل التجريبـي للأنظمـة الشمسـيّة الكهروضوئيّـة، بهـدف إكسـاب المتدربيـن المهـارات والمعـارف اللازمـة، وتزويـد المتدرب بالمهارات الأدائية والنظرية والاتجاهية المتعلقة بهذا الموضوع.

٢. المتطلبات المسبقة:

قبل الشروع في دراسة هذه الوحدة يتطلب منك اجتياز الوحدات التدريبية التالية بنجاح:

- تنظيم العمل.
- إعداد موقع التركيب.
- بناء هيكل النظام.
- تركيب النظام الكهربائي.

٣. نتاجات التعلم:

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها وخبراتها يتوقع منك أن تصبح قادراً على إجراء فحوصات التشغيل التجريبي وفق معايير الكفايات المهنية الأردنية لمهنة تركيب أنظمة شمسية كهروضوئية.

٤. أهداف التعلم:

بعد إتمام هذه الوحدة يجب أن تصبح قادراً على أن:

- تجري فحوصات التحقق من سلامة الكبلات والوصلات.
- تفحص التأريض.
- تفحص فولطية مخارج الألواح الشمسيّة الكهروضوئيّة.
- تفحص المراكم في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.
- تفحص جهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ.
- تفحص التيار الكهربائي في النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ.

٥. الزمن المقترح:

الفترة الزمنية المقترحة لتنفيذ أنشطة وتمارين هذه الوحدة هي (٣٢) ساعة تدريبية موزعة كما يلي:

- دروس نظرية: ١٤ ساعة.
- تنفيذ التمارين العملية: ١٢ ساعة.
- اختبار المعرفة: ٣ ساعات.
- اختبار الأداء: ٣ ساعات.

٦. أدلة التقييم الذاتي

أ . أسئلة التقييم الذاتي للمعلومات النظرية

أجب عن أسئلة التقييم الذاتي المتوفرة في نهاية المادة النظرية المطلوبة لهذه الوحدة التدريبية المتكاملة واعرض إجاباتك على مدربك لتدقيقها؛ مما سيساعدك على مراجعة موضوعات الوحدة واستيعابها.

هدف التعلم الأول

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم، عليك أن تصبح قادراً على أن تجري فحوصات سلامة الكبلات والوصلات.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	ورش العمل المتخصصة.

١. فحوصات سلامة الكابلات والوصلات

التشغيل التجريبي هو عملية التأكد من أن جميع أنظمة ومكونات النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ قد تم تركيبها واختبارها وتشغيلها وصيانتها وفقاً للمتطلبات التشغيلية المعتمدة على المخططات التنفيذية للنظام الشمسيّ الكهروضوئيّ.

وتشمل عملية التشغيل التجريبي التطبيق المتكامل لمجموعة من القياسات والإجراءات التفقدية لفحص كل مكونات النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ، وفحصها واختبار أدائها.

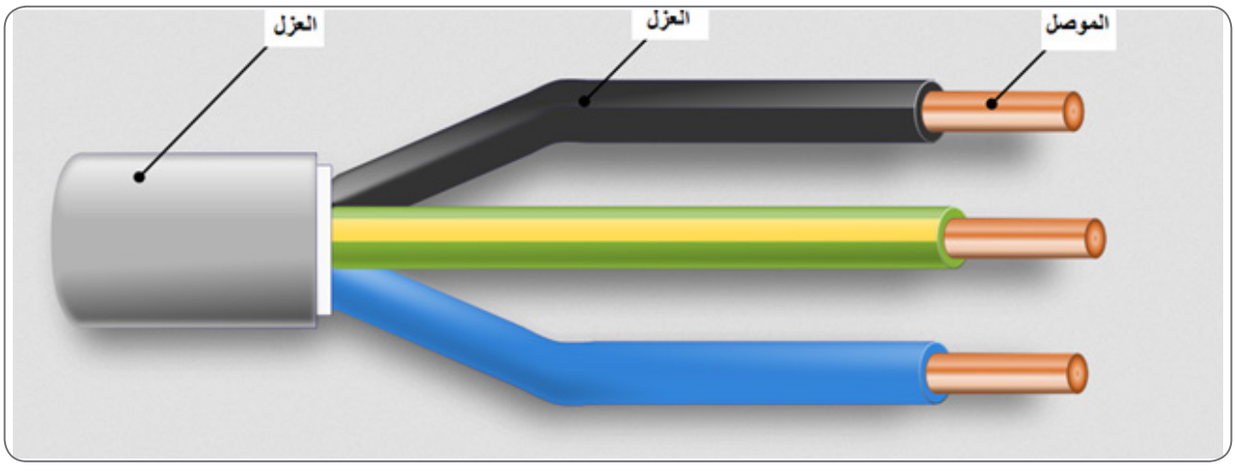
عند إجراء فحص تشغيلي من المهم أن تتذكر أنك تتعامل مع نظام كهربائي فعال؛ لذا يجب التعامل بحذر تام في كل خطوة لضمان عدم وجود مخاطر كهربائية قد تضر بالنظام الشمسيّ الكهروضوئيّ، وقد تؤدي إلى إلحاق الضرر بك أيضاً.

المجموعة الأولى من الفحوصات التي ستتعلم القيام بها هي فحص العازلية وفحص سلامة الغلاف الواقي للكابل.

١-١ فحص العازلية الكهربائية للكبلات

كل الكبلات الكهربائية، سواء أكانت في محرك أم مولد أم في نظام شمسي كهروضوئي فإنها تكون مغطاة بعناية باستخدام أي من أشكال العزل الكهربائي. وتكون الكبلات عادة

مصنوعة من النحاس أو الألومنيوم، وهذه المعادن موصلات جيدة للتيار الكهربائي. والمواد العازلة كهربائياً يجب أن تكون عكس ذلك تماماً؛ إذ أنها يجب أن تقاوم مرور التيار وتحافظ على بقاء التيار ضمن مساره عبر الموصل. يبين الشكل (١) العزل الكهربائي للكبلات.



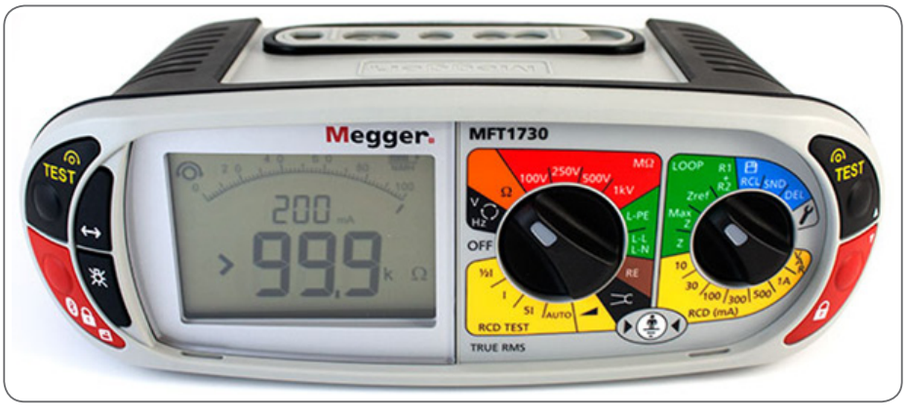
الشكل (١): العزل الكهربائي للكبلات.

يتقادم العازل الكهربائي بمرور الزمن بدءاً منذ لحظة تركيبه، ومع مرور الزمن يؤدي هذا التقادم إلى تدهور أدائه. بالإضافة إلى ذلك فإن تركيب الكبلات في مواقع قد تكون ذات درجات حرارة عالية، أو ذات تلوث كيماوي، بالإضافة إلى عوامل أخرى يمكن أن تتسبب بتلف العزل كالاهتزازات الميكانيكية أو الأوساخ، والأبخرة التي تسبب التآكل، والرطوبة. ونتيجةً لذلك التدهور في أداء العازل وما سيسببه من تلف في الكبلات فإنه قد يكون هنالك خطورة على السلامة الشخصية وسلامة النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ.

لذلك فإنه من المهم أن يتم تحديد التلف بالكبلات في أسرع وقت ممكن حتى يتم اتخاذ الإجراءات التصحيحية الملائمة.

ولفحص ذلك يتم استخدام جهاز اختبار العازلية الذي يكتشف تدهور العازلية في الكبلات، حيث يقيس الجهاز المقاومة الموجودة في عازل الكبل.

وباستخدام هذا الجهاز يتم فحص مقاومة كبلات التركيب ومقارنتها بقراءات سابقة أو بمواصفات المصنع الأصلية. فإذا كان هنالك أية انخفاضات ملحوظة في المقاومة، فإن هذا يدل على تلف الكبل؛ ولذا يجب استبدال هذا الكبل التالف قبل تعطله بالكامل. ويتم تدوين القيم التي قرأها جهاز القياس في التقرير التشغيلي الخاص بالنظام الكهروضوئيّ. يبين الشكل (٢) جهاز قياس العازلية للكبلات.



الشكل (٢): جهاز قياس العازلية للكبلات المختلفة في النظام.

يعتمد هذا الفحص على تسليط فولطية عالية عبر الجزء المراد فحص عازليته، هذا التسليط يستمر لزمن لا يتجاوز دقيقة واحدة، حيث يقوم الجهاز بحساب مقاومة هذا الجزء عن قياس التيار المار، وبمعرفة الفولطية والتيار يتم حساب المقاومة. وتكون مقاومة العزل الجيد عالية جداً، حيث تستخدم قيمة المقاومة المقاسة لتقييم حال العزل الكهربائي للجزء المراد فحصه. هذا الاختبار ضروري لأنه يكشف أي تماس بين كبلين أو أي خدش في عزل الكبلات وإذا كان هنالك تماس مباشر مع أحد الأجزاء المعدنية، أو إذا كان هنالك قطع. الشكل (٣) يوضح الجزء المخصص في الجهاز لتسليط الفولطية العالية من أجل قياس العازلية.

الشكل (٣): الجزء المخصص في جهاز فحص العازلية لتسليط الفولطية العالية.

تعد الوحدة الكهروضوئيّة من الأجزاء المعرضة لحدوث الأعطال، حيث تتعرض الوحدات الكهروضوئيّة في العادة لدرجات حرارة عالية أو منخفضة وعوامل مناخية أخرى، قد تؤدي إلى تلف الكبلات بسرعة. لذا من المهم التحقق من عازلية الكبلات وبخاصةً التي تصل الألواح بوحدة الشحن أو بوحدة التجمع (Connection Box).

في أنظمة التيار الثابت يجب أن تكون مقاومة العزل أكثر من مليون أوم (١ ميجا أوم)، بينما في أنظمة التيار المتناوب يجب أن تكون أكثر من ١٠٠ مليون أوم (١٠٠ ميجا أوم).

٢-١ فحص الاستمرارية الكهربائية

يقصد بفحص الاستمرارية (Continuity Test) هو التحقق من مرور التيار الكهربائي في دارة كهربائية. وهذا الفحص يخبرنا إذا كان هنالك اتصال كهربائي بين طرفي الكبل الكهربائي أم لا، حيث أنه في حال وجود استمرارية تيار، فإن التيار الكهربائي يتدفق في الكبل من أحد الأطراف إلى الطرف الآخر. بينما إذا لم يكن هنالك استمرارية فهذا يعني أنه يوجد قطع في الكبل.

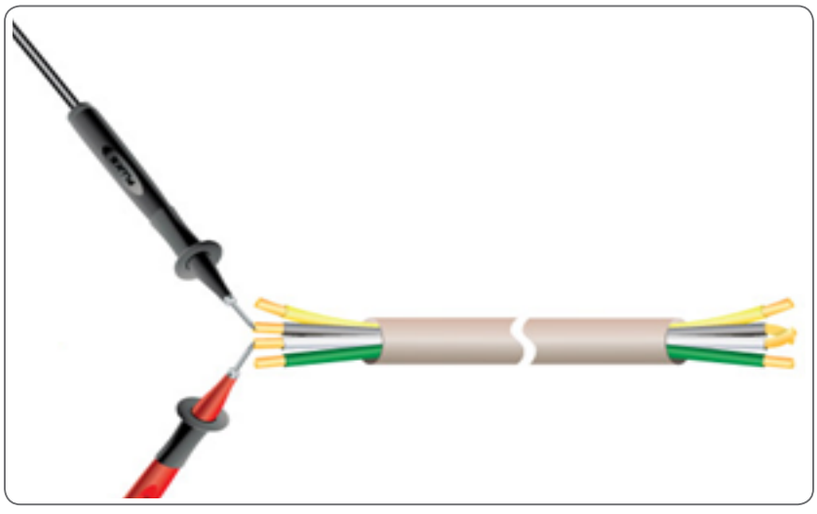
يمكن إجراء فحص الاستمرارية باستخدام جهاز الملتيميتر، وذلك عن طريق وضع قرص الملتيميتر عند مؤشر فحص الاستمرارية الذي يستدل عليه بالرمز. يبين الشكل (٤) مثالاً على ذلك.

الشكل (٤): مؤشر فحص الاستمرارية في جهاز الملتيميتر.

ويمكن أيضاً استخدام أجهزة أخرى متخصصة لفحص الاستمرارية. يبين الشكل (٥) أحد هذه الأجهزة.

الشكل (٥): أحد أجهزة فحص الاستمرارية.

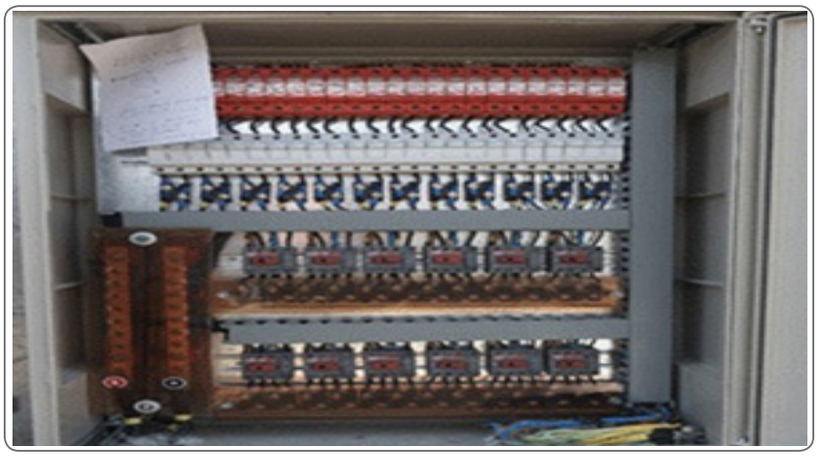
لإجراء فحص الاستمرارية في كبلين، يتم ربطهما معاً من أحد الأطراف،وعن طريق ملامسة أقطاب الجهاز لكل طرف ظاهر من الكبلين كما في الشكل (٦)، يمكن فحص الاستمرارية خلالهما. فإذا قرأ الجهاز صفراً فهذا يدل على استمرارية التيار في الكبلات، وإذا قرأ الجهاز ١ أو دارة مفتوحة (Open Loop OP) فهذا يعني وجود قطع في أحد الكبلات، وعدم وجود استمرارية.



الشكل (٦): وضع أقطاب جهاز الملتيميتر على كبلين لفحص الاستمرارية فيهما.

١-٣ التأكد من سلامة وصلات الربط

إن النقاط الأكثر تعطلاً لأي كبل هي الوصلات، تميل الوصلات للعطل وفي الغالب للتلف بعد التشغيل مع مرور الوقت. عند فحص أي نظام فمن الأفضل أولاً فحص الوصلات بعناية وتحديد الوصلات التالفة قبل تلفها كلياً. عند القيام بهذا الفحص، ستحتاج لتكون على علم بالوصلات الموجودة في التمديدات الكهربائية وأخذ ملاحظات عن تلك التي تبدو تالفة (الشكل ٧).



(الشكل ٧): تحديد مكان الوصلات.

إذا بدت لك الوصلة أنها تعمل بشكل صحيح وأنها في حال جيدة فمن الأفضل ألا تقوم بفكها للفحص حيث أن عملية وصل وفك الكبلات يمكن أن تُتلِف الوصلات مع مرور الوقت. ومع ذلك إذا بدت لك الوصلة معيبة فيجب أن يتم فحصها لترى ما إذا كانت معطلة. والوصلات هي تلك التي تسمح للتيار الكهربائي بالمرور من نقطة إلى نقطة ثانية ويجب أن تكون موصولة بشكل جيد وبطريقة عملية وبإحكام بحيث لا يتلف مع الزمن.

هناك عدة أنواع من الوصلات للتيار الثابت والمتناوب. وكمثال عليها تلك المبيّنة في الشكل (٨). استعرض أنواع الوصلات المستخدمة في النظام، من الأفضل استبدال الوصلة لاستخدام وصلة مماثلة حتى لا تقوم بتبديلها بشكل خاطئ في النظام

الشكل (٨): وصلات التيار الثابت والمتناوب.

يمكنك معرفة الوصلات التي تم استخدامها في التركيب قبل الذهاب إلى موقع الفحص من خلال العودة إلى قائمة المخزون الخاصة بالمشروع، باستخدام قائمة الجرد والتحقق من المواد المستخدمة في التركيب دون زيارة الموقع يمكنك أن تصبح مستعداً مع المواد الملائمة للقيام بالإصلاحات اللازمة.

إن عملية فحص وصلة معينة لتحديد ما إذا كانت معطلة أم لا، يتطلب الأمور التالية:

- افحص الفولطية على جانبي الوصلة، وأعلم أن أية اختلافات تبين فقدان الطاقة وتعطل الوصلة.
- افحص التيار الذي يمر عبر الوصلة، أية اختلافات توحي بفقدان الطاقة وتعطل الوصلة.
- باستخدام جهاز الملتيميتر افحص مقاومة الوصلة، وقارنها بوصلات أخرى من النوع نفسه وأية فروقات في المقاومة بين الوصلة التي تقوم بفحصها ومقاومة الوصلات الأخرى من النوع نفسه يوحي بفقدان الطاقة وتعطل الوصلة.

إن السبب الشائع لتعطل الوصلات هو ارتخاء التوصيلات الحال الأولى التي يجب أن تقوم بالتحقق منها إذا واجهت وصلة معيبة هي أن يكون الاتصال بأكمله ثابتاً ومشدوداً بإحكام،

وتأكد أن الوصلات ذات اتصال متين وأنها ليست متآكلة.

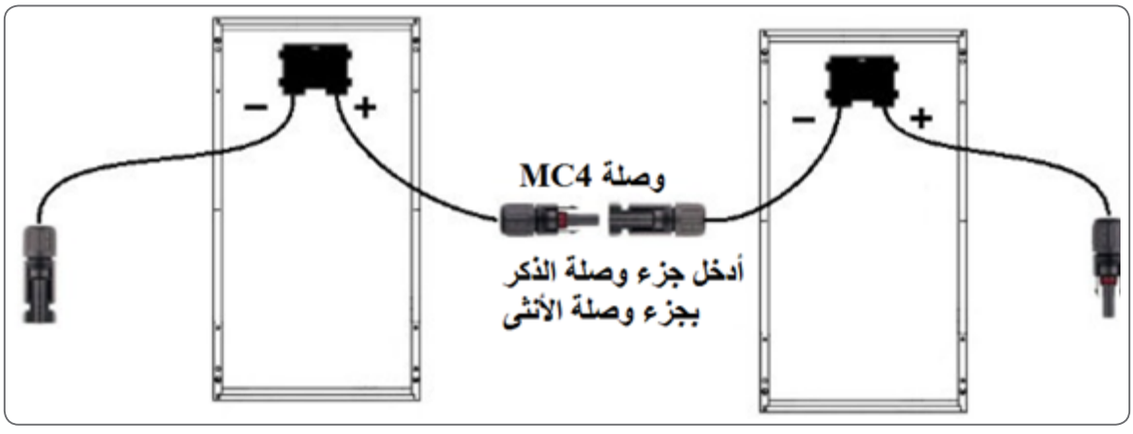
إذا لم يحل شد الوصلات المشكلة، قم بعدها بإجراء الفحوصات الثلاثة سابقة الذكر للتحقق من أن الوصلات معطلة. إذا كانت نتيجة أي فحص سلبية عندها تكون الوصلة معطلة وتحتاج للاستبدال. ودوّن الوصلات التي قمت باستبدالها في التقرير التشغيلي، وضع علامة على أي مخزون مستخدم في الإصلاح، استخدم دائماً المعدات الملائمة ولا تقم باستخدام أية معدات غير صحيحة حتى وإن كانت بشكل مؤقت لأنّ هذا يمكن أن يسبب مشاكل كهربائية.

إنّ النقطة الأكثر تعرضاً للتعطل هي الوصلة التي تربط بين الكبلات. حيث يوجد في وحدة التجمع العديد من وصلات الكبلات التي تصل اللوحات ببعضها بعضاً، وبسبب كثرة تلك الوصلات وطول فترة تعرضها للعناصر المناخية، فإنه يتم استخدام نوع خاص من الوصلات يسمى (Multi-Contact MC4). يوضح الشكل (٩) الوصلة (MC4).

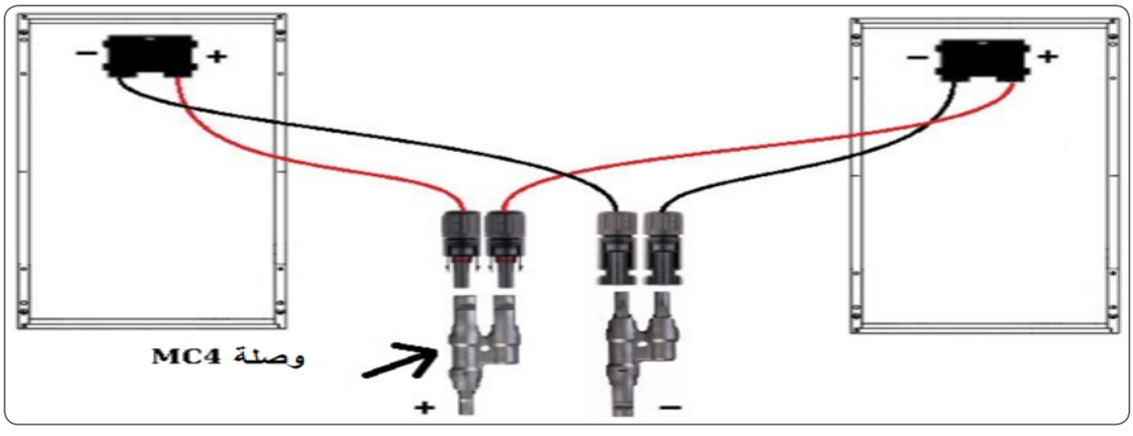
الشكل (٩): وصلة (MC4).

إن وصلة (MC4) تستخدم لربط الوحدات الكهروضوئيّة في النظام وفي ربط بعضها بعضاً. وتتميز هذه الوصلة بأنها تزود عزلاً للمياه، كما أنها مقاومة للعوامل الجوية، وعند وصلها بالشكل الصحيح في الكبل وببعضها بعضاً، يمكن أن تزود وصلة (MC4) اتصالاً كهربائياً عالي الجودة لسنوات عدة.

يبين الشكل (١٠) طريقة استخدام وصلة (MC4) لربط وحدتين كهروضوئيتين مع بعضهما بعضاً، وفي حال ربطهما على التوالي. كما يبين الشكل (١١) طريقة استخدام وصلة (MC4) لربط وحدتين كهروضوئيتين مع بعضهما البعض، في حال ربطهما على التوازي.



الشكل (١٠): وصلة (MC4) المستخدمة لربط وحدتين كهروضوئيتين على التوالي.



الشكل (١١): وصلة (MC4) المستخدمة لربط وحدتين كهروضوئيتين على التوازي.

يتم الفحص الحسي لهذه الوصلات عن طريق التحقق من عدم ارتخائها، وأنها مثبتة بأحكام، وأنه لا يوجد خدوش خارجية قد تكشف الموصلات التي بداخل الوصلة مما يعرضها للتلف.

٤-١ توثيق نتائج الفحص

تقدّم الفحوصات التشغيلية معلومات مقارنة لأداء الأنظمة على مر الوقت، وبتتبع المخرجات للاختبارات المتعددة، يكون لدينا رؤية أفضل حول كيفية عمل النظام، وأية مسائل محتملة. كما أنّ الحفاظ على مجموعة من المعلومات المنظمة عن تاريخ النظام يعدّ أمراً مفيداً جداً في الصيانة المستدامة للنظام.

وفقاً لذلك، فإن تعبئة التقرير التشغيلي بالكامل وبطريقة مفصلة يعد أمراً إلزامياً حيث لا توجد لجميع الفحوصات التشغيلية قيمة إذا لم يتم إجراؤها وذكرها في التقرير بالشكل الملائم. انتبه جيداً لأخذ القراءات وتوثيقها بشكل جيد، وتأكد من ذكرها حتى يكون من الممكن تحديث معلومات التشغيل الثابت للنظام.

١-٥ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

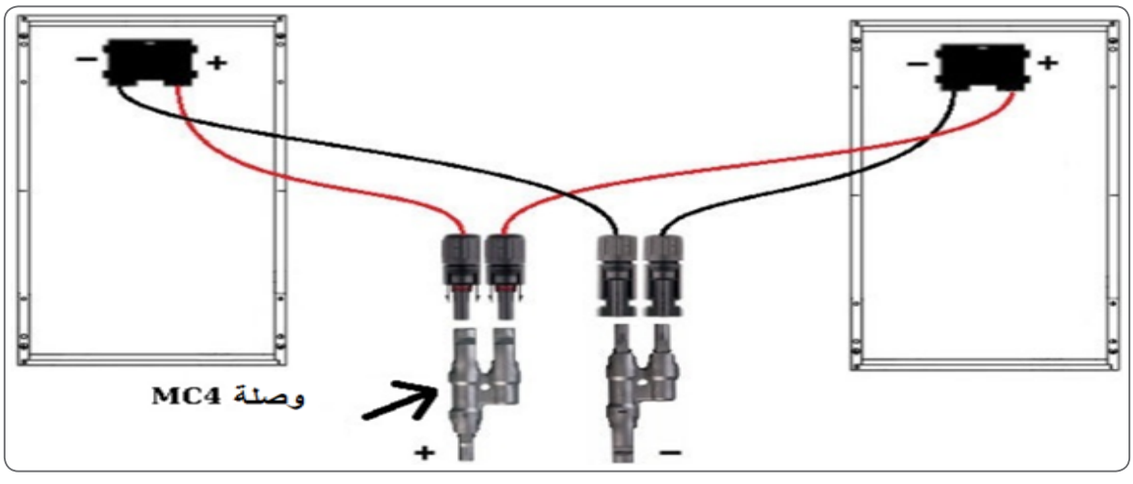
السؤال الأول:

ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

	العبارة	صح	خطأ
١	تركيب الكبلات في مواقع قد تكون ذات درجات حرارة عالية، أو ذات تلوث كيماوي يزيد من تدهور أداء هذه الكبلات.		
٢	من أجل اختبار العازلية، يتم استخدام جهاز قياس التيار الكهربائي.		
٣	تكون النقطة الأكثر تعرضاً للتعطل في النظام الكهروضوئيّ هي الوصلة التي تربط بين الكبلات.		
٤	تسمى الوصلة المقاومة للعوامل الجوية والتي تستخدم لربط الوحدات الكهروضوئيّة وصلة (MC4).		
٥	إذا لوحظ وجود انخفاض ملحوظ في المقاومة الكهربائية عند فحص العازلية للكبلات، فإن هذا يدل على تلف الكبل.		

السؤال الثاني:

يبين الشكل أدناه يبين خليتين شمسيتين يراد ربطهما على التوازي باستخدام وصلة (MC4)، والمطلوب منك توضيح طريقة الربط على الشكل:



السؤال الثالث:

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- الرمز التالي الموجود على الملتيميتر يشير إلى فحص:

أ . التأريض. ب. الاستمرارية.

ج . العازلية. د . الفولطية.

٢- في أنظمة التيار الثابت يجب أن تكون مقاومة العزل أكثر من:

أ . مليون أوم. ب. ٥ مليون أوم.

ج . ١٠ مليون أوم. د . ١٥ مليون أوم.

٣- عند إجراء فحص العازلية يتم تسليط فولطية عالية عبر الجزء المراد فحص عازليته، هذا التسليط يستمر لزمن لا يتجاوز:

أ . دقيقة واحدة. ب. ٥ دقائق.

ج . ١٠ دقائق. د . ١٥ دقيقة.

٤- إن السبب الشائع لتعطل الوصلات هو:

أ . مرور تيار غير مناسب. ب. عدم عزلها بشكل مناسب.

ج . ارتخاء التوصيلات. د . انخفاض درجة حرارة الجو.

١-٦ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص الاستمرارية في الكبلات.	١ ساعة

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تفحص الاستمرارية في الكبلات.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	مجموعة كبلات كهربائية (من ٤ إلى ٦ كبلات) بطول ٥ أمتار.	٤	قلم ودفتر.
٢	جهاز ملتيميتر.	٥	طاولة فحص.
٣	صندوق عده للأعمال الكهربائية.		

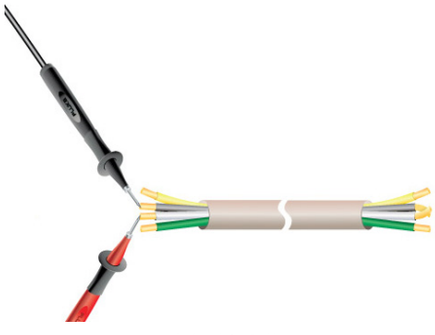
- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية

٢. كتيب تعليمات تشغيل جهاز الملتيميتر.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	ضع الملتيميتر ومجموعة الكبلات على طاولة الفحص.	
٢	أدخل الكبل الأسود للجهاز في المدخل المكتوب عليه (COM)، وأدخل الكبل الأحمر للجهاز في المدخل المكتوب عليه VΩmA كما في الشكل (١).	الشكل (١).
٣	أدخل الكبل الأحمر للجهاز في المدخل المكتوب عليه VΩmA كما في الشكل (٢).	الشكل (٢).
٤	شغل جهاز الملتيميتر، وضع القرص عند وضعية قياس الاستمرارية المبينة بالرمز كما في الشكل (٣).	الشكل (٣).

٥	لامس طرفي أقطاب الجهاز مع بعضهما بعضاً، يجب أن تكون قراءة الجهاز في هذه الحال مساوية للصفر كما أن الجهاز سيصدر صوت بشكل متصل وهذا يدل على استمرارية التيار بين القطبين وعدم وجود قطع وأن الجهاز جاهز للاستخدام كما في الشكل (٤).	 الشكل (٤).
٦	اربط كبلين مع بعضهما بعضاً (هنا الأبيض والأسود)، حيث سيتم التأكد من الاستمرارية عبرهما كما في الشكل (٥).	 الشكل (٥).
٧	قس الاستمرارية خلال الكبلين، عن طريق ملامسة أقطاب الجهاز لكل طرف ظاهر من الكبلين، إذا قرأ الجهاز صفراً فهذا يدل على استمرارية التيار في الكبلات، وإذا قرأ الجهاز ١ أو دارة مفتوحة (Open Loop OP) فهذا يعني وجود قطع في أحد الكبلات وجود قطع كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٨	قس الاستمرارية في بقية الكبلات بالطريقة نفسها وذلك بربط كبل كنت قد تأكدت من استمراريته بالكبل الذي تريد قياس استمراريته.	
٩	أوقف تشغيل الملتيميتر وأعده إلى حقيبته الخاصة.	

رقم التمرين: (٢)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: قياس مقاومة العزل للكبلات.	١ ساعة

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تفحص الاستمرارية في الكبلات.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	لوحة كهربائية تحتوي على كبلات الفاز (الخط الحار) والنتر (الخط البارد) والأرضي.	٣	صندوق عدة للأعمال الكهربائية.
٢	جهاز فحص مقاومة العزل.		

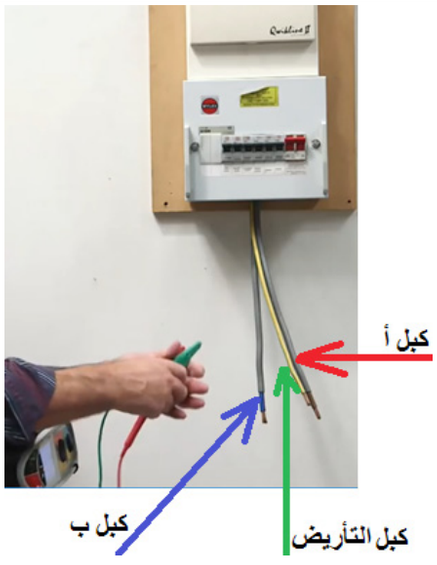
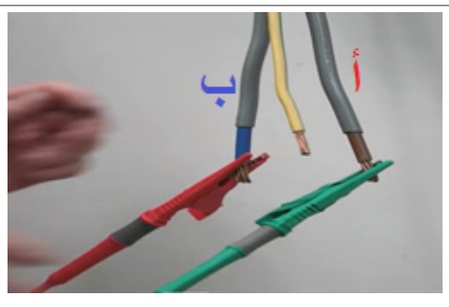
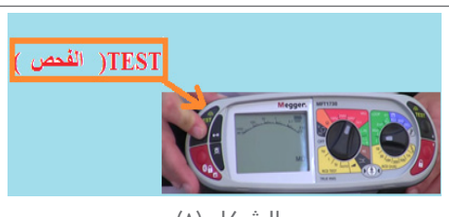
- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية
٢. كتيب تعليمات تشغيل جهاز فحص العازلية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	ارتد ملابس العمل المناسبة مع مراعاة السلامة العامة بجميع تفاصيلها.	
٢	جهز جهاز الفحص وتأكد من حمله بعناية كما في الشكل (١).	الشكل (١).

٣	ضع كبلات الفحص الخاصة به (الأحمر والأخضر) في مكانهما المحدد كما هو في الشكل (٢).	 الشكل (٢).
٤	لامس طرفي أقطاب الجهاز مع بعضهما بعضاً، يجب أن تكون قراءة الجهاز في هذه الحال مساوية للصفر كما أن الجهاز سيصدر صوت بشكل متصل وهذا يدل على استمرارية التيار بين القطبين وعدم وجود قطع وأن الجهاز جاهز للاستخدام كما في الشكل (٣).	 الشكل (٣).
٥	تحقق من الفولطية التي يتحملها الكبل المراد فحص عازليته.	
٦	اضبط قرص الجهاز على وظيفة فحص العازلية، (المنطقة الحمراء هنا) كما في الشكل (٤).	 الشكل (٤).
٧	ضع مؤشر القرص على فولطية تتناسب مع الفولطية التي يتحملها الكبل المراد فحص عازليته، وطبقاً لتعليمات تشغيل الجهاز كما في الشكل (٥).	 الشكل (٥).

٨	اختر كبلين من لوحة الكهرباء لكي يتم فحص العازلية خلالهما كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٩	ضع طرف كبل الفحص (الأحمر) على الكبل الأول (أ)، وضع طرف كبل الفحص الثاني (الأخضر) على الكبل الثاني (ب) كما في الشكل (٧).	 الشكل (٧).
١٠	اضغط على زر الفحص (TEST) في الجهاز كما في الشكل (٨).	 الشكل (٨).
١١	اقرأ قيمة مقاومة العزل التي يقرأها الجهاز، ودونها في دفترك كما في الشكل (٩).	 الشكل (٩).
١٢	انزع طرف كبل الفحص (الأخضر) عن الكبل أ، وثبته عل كبل الأرضي كما في الشكل (١٠).	 الشكل (١٠).

١٣	اضغط على زر الفحص (TEST) في الجهاز كما في الشكل (١١).	الشكل (١١).
١٤	اقرأ قيمة مقاومة العزل التي يقرأها الجهاز ودونها في دفترك كما في الشكل (١٢).	الشكل (١٢).
١٥	أوقف الجهاز وضعه في الحقيبة المخصصة لذلك.	

رقم التمرين: (٣)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: ربط الكبلات بوصلة الربط (MC4).	١ ساعة

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تربط الكبلات باستخدام وصلة (MC4).

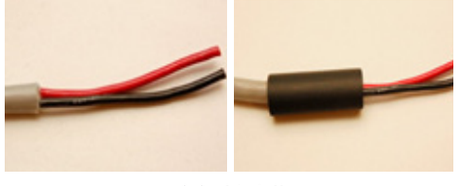
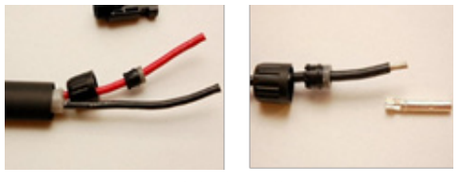
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

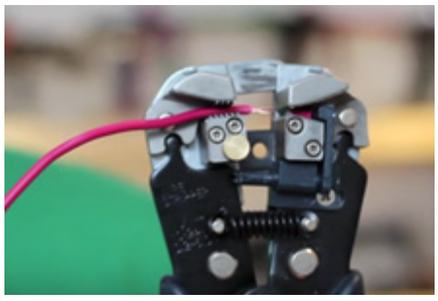
الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	كبل كهربائي طوله مترين.	٣	صندوق عدة للأعمال الكهربائية.
٢	وصلة ربط (MC4).		

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	قص الكبل بالطول الملائم كما في الشكل (١).	 الشكل (١).
٢	اختر وصلة (MC4) حسب الجهد والتيار المطلوبين.	
٣	اعزل وصلة (MC4) (ذكر أو أنثى) كما في الشكل (٢).	 الشكل (٢).

٤	اقشط الكبل بأداة القشط بمقدار (٣) سم كما في الشكل (٣).	 الشكل (٣).
٥	ضع نهاية (MC4) الملائمة على الكبل (ذكر أو أنثى) وقم ببرم نهاية (MC4) على الكبل بالطول المناسب باستخدام أداة التمويج كما في الشكل (٤).	 الشكل (٤).
٦	صل الكبل الجاهز في الوصلة (MC4) كما في الشكل (٥).	 الشكل (٥).
٧	تأكد من تثبيت التجميع الكامل بشكل آمن كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٨	اجمع العدة ونظف مكان العمل.	

هدف التعلم الثاني

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم المبينة أدناه، عليك أن تصبح قادراً على أن تجري فحص التأريض.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	الورش ذات العلاقة.

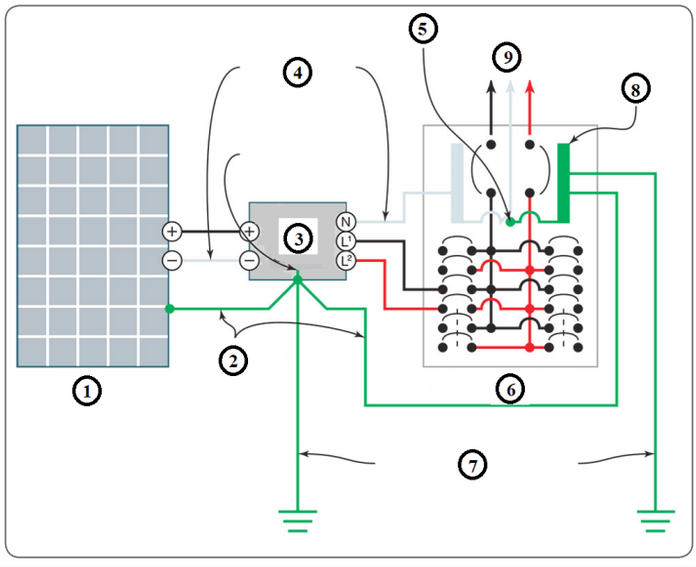
٢. فحص التأريض

يمكن تعريف التأريض بأنه: اتصال كهربائي يتم عمله عن قصد بين جهاز كهربائي أو شبكة أجهزة من جهة، وكتلة الأرض من جهة أخرى. لذا فإن التأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين فيها. ويمكن تشبيه الأرضي بطوق النجاة أو مظلة الهبوط حيث تقدر قيمتهما عند الحاجة لهما فقط.

٢-١ أهمية نظام التأريض

تكمن أهمية التأريض الجيد في أنه:

- يحمي الأفراد من خطر الصعق الكهربائي الناتج عن قصور العازلية أو انهياره
- يقي من خطر التفريغ الكهربائي، ويحمي المعدات من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في الفولطية.
- يؤمن تشغيلاً مناسباً للمعدات والمنظومات الكهربائية.
- يحمي الألواح الشمسيّة من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهد التغذية (Voltage Stress) وهو أمر شائع الحدوث نتيجة عدم انتظام أشعة الشمس ودرجات الحرارة. الشكل (١٢) يبين مثالاً على مخطط تنفيذي يوضح طريقة وصل التأريض لمكونات النظام الشمسيّ.



١	الألواح الشمسيّة	٦	لوحة كهربائية
٢	أسلاك التأريض (لون اخضر)	٧	أقطاب تأريض
٣	المحول العاكس	٨	قضيب تجميع الموصلات (البسبار)
٤	الخط البارد	٩	من وإلى شبكة الكهرباء
٥	نقطة التأريض في نظام التيار المتذبذب		

الشكل (١٢) مخطط تنفيذي يوضح طريقة وصل التأريض لمكونات النظام الشمسيّ.

يقاس التأريض بوحدة المقاومة الكهربائية وهي الأوم (Ohm). من شروط الأرضي الجيد أن تكون مقاومته أقل ما يمكن، بحيث لا تتجاوز ٥ أوم بين قضيب التأريض والأرض.

يوضح الشكل (١٣) مكونات نظام التأريض، حيث يتكون من كبل التأريض، ووصلة تربط كبل التأريض مع قضيب التأريض.

الشكل (١٣): مكونات نظام التأريض.

٢-٢ التحضير لعملية فحص التأريض

يتم التحضير لفحص التأريض باتباع الخطوات التالية:

أ . تغطية الخلايا الشمسيّة الكهروضوئيّة

عند إجراء معظم الاختبارات التشغيلية يفضل أن يتم تغطية الوحدات الكهروضوئية وذلك لتقليل كمية التيار الكهربائي الذي يتم إنتاجه من قبل النظام الكهروضوئيّ وزيادة السلاسة في العمل.

تتم تغطية الخلايا الشمسيّة الكهروضوئيّة باستخدام قطعة من القماش أو الكرتون، حيث تتم تغطية جميع الوحدات الكهروضوئيّة المكونة للمصفوفة (Array) أو النظام (System) حتى لا تصل أشعة الشمس لسطحها. وتأكد من تأمين الأغطية بشكل جيد بحيث لا تطير هذه الأغطية بفعل الرياح.

ب. التفقد الحسي لوصلات وكبلات التأريض

هذه العملية مشابهة لعملية التحقق من العازلية لكبلات وأسلاك الوحدة/اللوح. تحقق من كبل التأريض عبر النظام وإذا وجدت أن كبلات التأريض لا تزود استمرارية حسب ما تم شرحه سابقاً في فحص الاستمرارية، ففي هذه الحال يجب استبدالها وقبل استبدال كامل الكبلات يجب التحقق من الوصلات. إذا لم يكن من الممكن إصلاح الوصلات عندها يجب استبدالها.

٢-٣ فحص التأريض باستخدام جهاز فحص التأريض

يتم فحص التأريض باستخدام جهاز فحص التأريض المبين في الشكل (١٤).

الشكل (١٤): جهاز فحص التأريض.

تعتبر طريقة فحص التأريض بوساطة طريقة الأقطاب الثلاثة من أكثر الطرق قبولاً لفحص التأريض ولهذه الطريقة أكثر من اسم، منها فحص هبوط الجهد (Fall of Potential Test)، أوفحص النقاط الثلاثة (Three Point Test)، أو فحص الأقطاب الثلاثة (Three Pole Test). ويبين الشكل (٨) أعلاه أحد أجهزة فحص التأريض التي تعتمد هذه الطريقة.

تتلخص طريقة الفحص حسب هذه الطريقة بالخطوات التالية:

في البداية يجب الانتباه إلى أن الجهاز يحتوي على طرفين معدنيين يتم غرزهما في الأرض، ووصلهما بجهاز فحص التأريض. الشكل (١٥) يوضح هذين الطرفين.

الشكل (١٥): الطرفين المعدنيين الخاصين بجهاز فحص التأريض اللذين يتم غرزهما في الأرض ووصلهما بجهاز فحص التأريض.

- وصل طرف التيار وطرف الفولطية وقضيب التأريض بالجهاز في النقاط المحددة لها، كما هو مبين في الشكل (١٦).

الشكل (١٦): وصل طرف التيار وطرف الفولطية وقضيب التأريض بالجهاز في النقاط المحددة لها.

- يتم وصل الكبل ذي اللون الأخضر في الجهاز (هنا الكبل الأخضر) مع قضيب التأريض، كما هو مبين في الشكل (١٧).

الشكل (١٧): وصل قضيب التأريض بالكبل الأخضر المتصل بجهاز فحص التأريض.

- غرز الطرف الخاص بالتيار في الأرض، كما هو موضح في الشكل (١٨).

الشكل (١٨): غرز القطب الخاص بالتيار في الأرض.

يجب أن يتم غرز طرف التيار بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ثمانية إلى عشرة أضعاف عمق قضيب التأريض.

مثال: قضيب تأريض مغروس في الأرض، عمق الجزء المغروس في الأرض = ٣ أمتار. في هذه الحال يجب أن تكون المسافة بين قضيب التأريض وطرف التيار = ٣X٨٢٤ متراً، ويجب أن لا تتجاوز = ٣X١٠٣٠ متراً.

- يتم وصل أحد الكبلات التي في الجهاز (هنا الكبل الأحمر) مع طرف التيار الذي تم غرزه في الأرض، كما هو مبين في الشكل (١٩).

الشكل (١٩): وصل أحد الكبلات التي في الجهاز(هنا الكبل الأحمر) مع قضيب التيار الذي تم غرزه في الأرض.

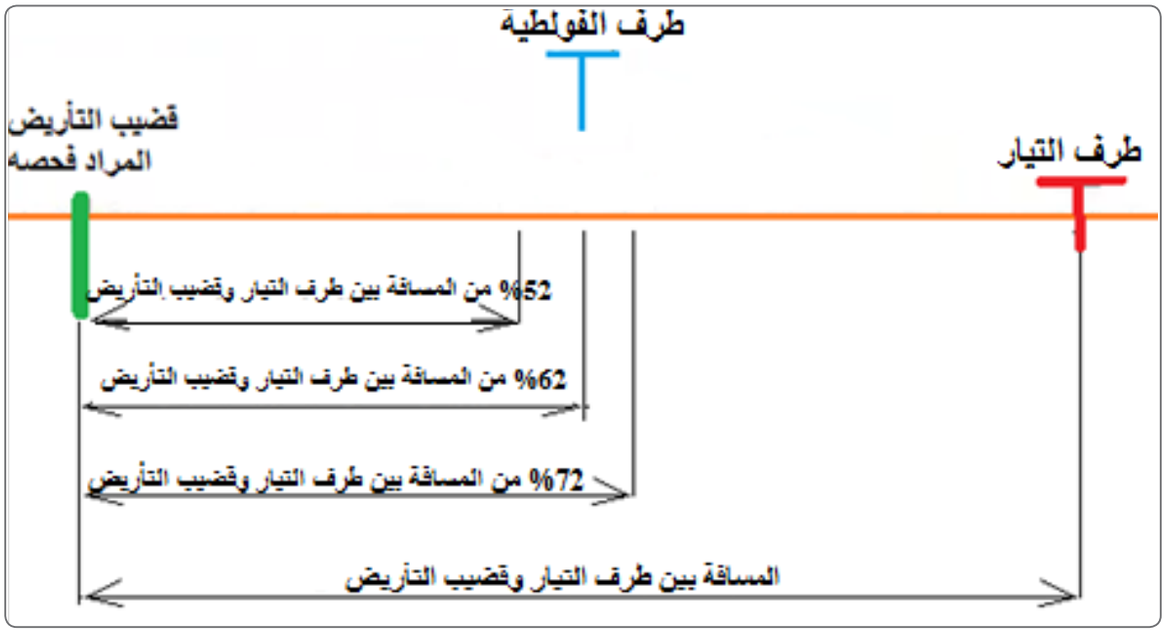
- غرز الطرف الخاص بالفولطية في الأرض ووصله بالكبل الأزرق في الجهاز، كما هو موضح في الشكل (٢٠).

الشكل (٢٠): غرز الطرف الخاص بالفولطية في الأرض ووصله بالكبل الأزرق في الجهاز.

يجب أن يتم غرز طرف الفولطية بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي:

- ٥٢% من المسافة بين قضيب التأريض وطرف التيار.
- ٦٢% من المسافة بين قضيب التأريض وطرف التيار.
- ٧٢% من المسافة بين قضيب التأريض وطرف التيار.

حيث يتم أخذ قراءة الجهاز عند هذه المسافات الثلاثة، كما هو مبين في الشكل (٢١)



الشكل (٢١): المسافات الخاصة بفحص التأريض.

مثال: إذا كانت المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض تساوي ٢٨ متراً، فإننا يجب أن نأخذ قراءات الجهاز (قيم المقاومة الكهربائية) عند غرس الطرف المعدني الخاص بالفولطية على المسافات التالية:

١. عند مسافة تبعد ٠,٥٢ X ٢٨ = ١٤,٥٦ متراً من قضيب التأريض.

٢. عند مسافة تبعد ٠,٦٢ X ٢٨ = ١٧,٣٦ متراً من قضيب التأريض.

٣. عند مسافة تبعد ٠,٧٢ X ٢٨ = ٢٠,١٦ متراً من قضيب التأريض.

- اغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٥٢% من المسافة بين قضيب التيار وقضيب التأريض.
- اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك.
- اغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٦٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض.
- اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك.
- اغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٧٢% من المسافة بين قضيب التيار وقضيب التأريض.
- اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك.

- احسب المتوسط الحسابي للقراءات الثلاث، فيكون هو المقاومة بين قضيب التأريض والأرض.

- يقاس التأريض بوحدة المقاومة الكهربائية وهي الأوم (Ohm). ومن شروط الأرضي الجيد أن تكون مقاومته أقل ما يمكن، بحيث لا تتجاوز ٥ أوم بين قضيب التأريض والأرض.

تقدم الفحوصات التشغيلية معلومات مقارنة لأداء الأنظمة على مر الوقت، وبتتبعك لمخرجات الاختبارات المتعددة يتكون لديك رؤية أشمل بكيفية عمل النظام وأية مسائل محتملة. إن الحفاظ على مجموعة من المعلومات المنظمة عن تاريخ النظام يعدّ أمراً مفيداً جداً في الصيانة المستدامة للنظام.

وفقاً لذلك فإن تعبئتك التقرير التشغيلي بالكامل وبطريقة مفصلة يعد أمراً إلزامياً لا توجد لجميع الفحوصات التشغيلية قيمة إذا لم يتم إجراؤها وذكرها في التقرير بالشكل الملائم. انتبه جيداً عند القراءات وتوثيقها بشكل جيد والتأكد من ذكرها في التقرير، حتى يكون من الممكن تحديث معلومات التشغيل الثابت للنظام.

٤-٢ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

السؤال الأول:

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- قبل عملية فحص التأريض يجب التأكد من:
أ . قياس طول كبل التأريض.
ب. تغطية الألواح الشمسيّة.
ج . فصل الكهرباء الناتجة من الألواح باستخدام القاطع.
د . فحص المراكم.

٢- الإجراءات اللازم اتباعها إذا كان كبل التأريض غير موصولاً بالنظام هي:
أ . قص الكبل.
ب. لا شيء لأن هذا هو المطلوب.
ج. اصلاح الجزء التالف من الكبل.
د . استبدال الكبل.

٣- لكي يكون التأريض مقبولاً يجب أن تكون مقاومة التأريض بين قضيب التأريض والأرض أقل من:
أ . ٥ أوم.
ب. ١٠ أوم.
ج . ١٥ أوم.
د . ٢٠ أوم.

٤- الإجراءات اللازم التركيز عليها عند كتابة التقارير الفنية هي:
أ . الأخطاء أو اختلاف القراءات.
ب. وصف عملية القياس.
ج . وصف المعدات المستخدمة.
د . وصف النظام الكهروضوئيّ.

٥- يجب تغطية الألواح الشمسيّة عند إجراء فحص التأريض من أجل:
أ . المحافظة على سلامة الألواح من خطر الصواعق.
ب. حماية الألواح من الغبار والأوساخ.
ج . حجب الإشعاع الشمسيّ لتقليل التيار الكهربائي المنتج.
د . حماية الألواح من ارتفاع درجة الحرارة.

السؤال الثاني:

اذكر ثلاثة نقاط توضح من خلالها أهمية التأريض الجيد:

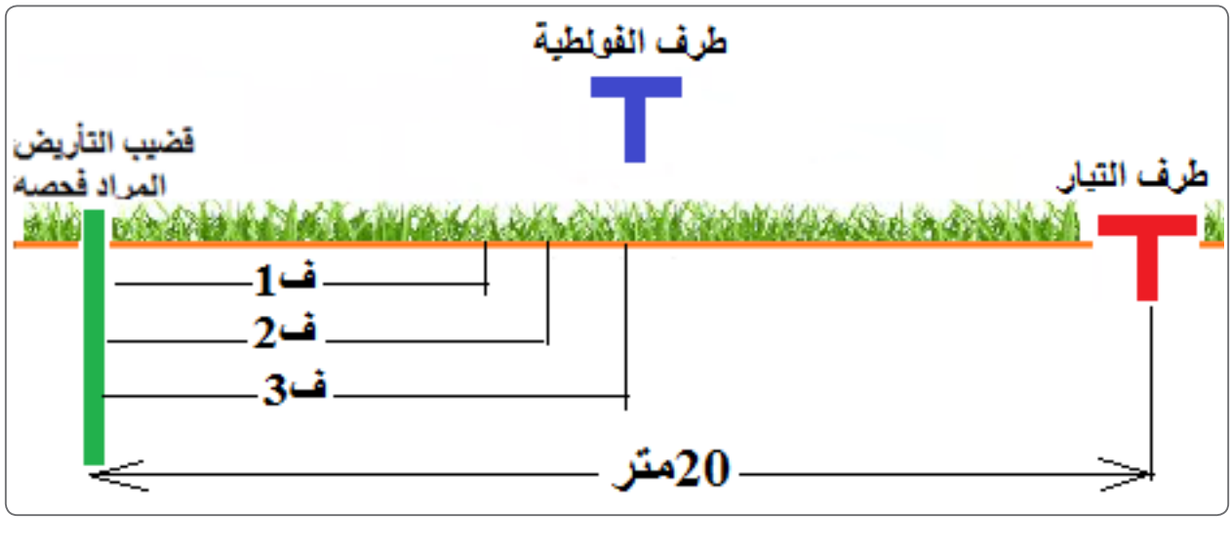
١. .....

٢. .....

٣. .....

السؤال الثالث:

طلب منك إجراء فحص تأريض طبقاً لطريقة النقاط الثلاثة، فإذا كانت المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض تساوي (٢٠) متراً، أوجد قيم المسافات ف١، ف٢ وف٣ في الشكل المبين أدناه، التي يجب أن تغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية عندها، لكي تتمكن من أخذ ثلاثة قراءات لجهاز فحص التأريض.



٢-٥ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: ربط الكبلات بوصلة الربط (MC4).	٣ ساعات

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تفحص المقاومة بين قضيب التأريض والأرض باستخدام جهاز فحص التأريض.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

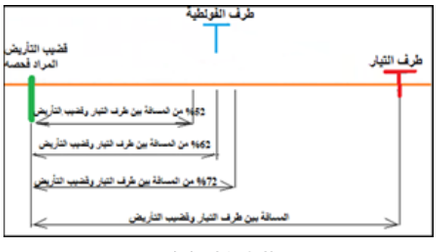
الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	جهاز فحص التأريض وملحقاته.	٤	صندوق عده للأعمال الكهربائية.
٢	قضيب تأريض.	٥	شريط قياس (كركر).
٣	أقلام.		

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	شغل جهاز فحص التأريض وتأكد من جاهزيته كما في الشكل (١).	الشكل (١).
٢	جهز كوابل التيار وقضيب التيار وقضيب الفولطية كما في الشكل (٢).	الشكل (٢).
٣	صل الكبلات مع جهاز الفحص، بالترتيب الآتي: اربط الكبل الأحمر على القطب الخاص بطرف التيار، واربط الكبل الأزرق على القطب الخاص بالفولطية، واربط الكبل الأخضر على قضيب الأرضي كما في الشكل (٣).	الشكل (٣).
٤	صل أحد الكبلات التي في الجهاز (هنا الكبل الأخضر) مع قضيب التأريض كما هو مبين في الشكل (٤).	الشكل (٤).

٥	اغرز الطرف المعدني الخاص بالتيار في الأرض كما في الشكل، بحيث يكون بعده عن قضيب التأريض مساوياً ل (٨) إلى (١٠) أضعاف عمق قضيب التأريض كما هو مبين في الشكل (٥).	 الشكل (٥).
٦	صل أحد الكبلات التي في الجهاز (هنا الكبل الأحمر) مع الطرف المعدني الخاص بالتيار الذي تم غرسه في الأرض كما هو مبين في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٧	باستخدام الكركر قس المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض، وضع علامات على النقاط الثلاثة على الأرض (٥٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض، ٦٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض، ٧٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض كما في الشكل (٧).	 الشكل (٧).

٨	اغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث يتكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٥٢% من المسافة بين قضيب التيار وقضيب التأريض، حسب العلامات السابقة،كما في الشكل (٨).	الشكل (٨).
٩	اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك كما في الشكل (٩).	الشكل (٩).
١٠	اغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٦٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض، حسب العلامات السابقة كما في الشكل (١٠).	الشكل (١٠).
١١	اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك،كما في الشكل (١١).	الشكل (١١).
١٢	أغرز الطرف المعدني الخاص بالفولطية في الأرض بحيث تكون المسافة بينه وبين قضيب التأريض تساوي ٧٢% من المسافة بين الطرف المعدني الخاص بالتيار وقضيب التأريض، حسب العلامات السابقة كما في الشكل (١٢).	الشكل (١٢).

١٣	اقرأ قيمة المقاومة من الجهاز عن طريق الضغط على الزر الخاص بذلك، ودونها في دفترك كما في الشكل (١٣).	الشكل (١٣).
١٤	خذ المتوسط الحسابي للقراءات الثلاثة ودونه في دفترك.	
١٥	قارن القيم مع القيم المرجعية.	
١٦	اجمع العدة ونظف مكان العمل.	

هدف التعلم الثالث

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم المبينة أدناه، عليك أن تصبح قادراً على أن تفحص فولطية مخارج الألواح الشمسيّة الكهروضوئيّة.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	الورش ذات العلاقة.

٣. فحص فولطية مخارج الألواح الشمسيّة الكهروضوئيّة

عند إجراء فحص تشغيلي من المهم أن تتذكر أنك تتعامل مع نظام كهربائي فعال. لذا يجب التعامل بحذر تام في كل خطوة؛ لضمان عدم وجود مخاطر كهربائية قد تضر بالنظام الشمسيّ الكهروضوئيّ، وقد تؤدي إلى إلحاق الضرر بك أيضاً.

٣-١ جهاز الفولطميتر

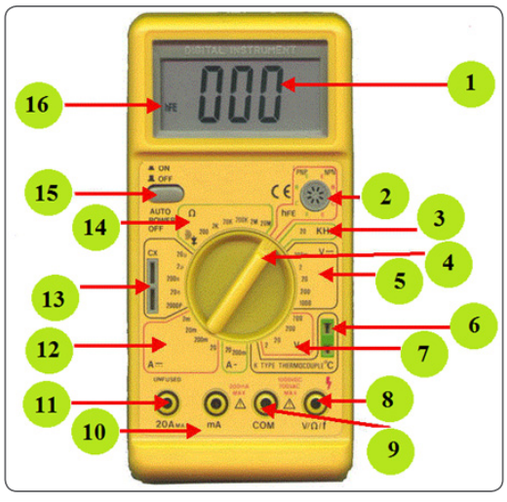
إن جهاز الفولطميتر يعد الأمثل لقياس الفولطية، إذ أن فيه اثنين من الأقطاب، ويقوم الجهاز بقياس الجهد بين القطبين اللذين يكونان مرتبطين مع الدارة الكهربائية.

يستخدم هذا الجهاز لقياس فرق الجهد المطبق بين طرفي حمل كهربائي ما، أو لقياس جهد المصدر، يوصل هذا الجهاز على التوازي مع المصدر أو الحمل الكهربائي، شريطة سريان التيار الكهربائي، أي يجب أن تكون الدارة الكهربائية المراد قياس فولطيتها مغلقة، ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار لتحديد نوع الجهد المراد قياسه هل هو متناوب أم مستمر.

هنالك عدة أنواع من أجهزة الفولطميتر، إلا أن مبدأ العمل فيها واحد. ويعتبر الفولطميتر الرقمي أكثر الأنواع استعمالاً. الشكل (٢٢) يبين الواجهة الأمامية لأحد أنواع أجهزة الفولطميتر الرقمي.

الشكل (٢٢): جهاز الفولطميتر الرقمي.

بينما يبين الشكل (٢٣) أجزاء هذا الجهاز بالتفصيل.



رقم	اسم الجزء (وظيفته)	رقم	اسم الجزء (وظيفته)
١	الشاشة	٩	مدخل مشترك مع كل المعايير
٢	قياس الترانزستور	١٠	مدخل قياس شدة التيار الضعيف (بالمللي أمبير)
٣	قياس الذبذبات (التردد)	١١	مدخل قياس شدة التيار
٤	اختيار التدريج	١٢	قياس قيمة التيار
٥	قياس التيار الثابت	١٣	قياس سعة المواسعات
٦	قياس الحرارة	١٤	قياس المقاومة
٧	قياس شدة التيار المتناوب	١٥	مفتاح التشغيل والإيقاف
٨	مدخل لقياس المقاومة والفولطية	١٦	دليل الوحدة المستعملة

الشكل (٢٣): أجزاء الفولطميتر.

يستدل على مواصفات الألواح الكهروضوئيّة بالقيم الكهربائية والميكانيكية، المكتوبة عليها من قبل الشركة الصانعة، بالإضافة إلى شهادات الفحوصات المخبرية التي توضح أداء هذه الألواح. وللتأكد من هذه القيم، يتم إجراء الفحوصات التالية:

- القدرة الاسمية القصوى (Maximum Nominal Power).
- فولطية الدارة المفتوحة (Open Circuit Voltage).
- التيار الكهربائي الماس (Short Circuit Current).

- فولطية التشغيل المثلى (Optimum Operation Voltage)
- تيار التشغيل الأمثل (Optimum Operation Current)
- الأبعاد (Dimensions)
- الحد الأقصى لتحمل الرياح (Maximum Wind Load)
- الحد الأقصى لتحمل الثلوج (Maximum Snow Load)
- تفاوت القدرة المنتجة (Power Tolerance) الشكل (٢٤) يوضح مثالاً على الخصائص الكهربائية للألواح الكهروضوئيّة.

المواصفات	المعنى باللغة العربية	القيمة	وحدة القياس
Open Circuit Voltage (Voc)	فولطية الدارة المفتوحة	٤٤,٨	فولط
Optimum Operating Voltage (Vmp)	فولطية التشغيل المثلى	٣٥,٢	فولط
Short Circuit Current (Isc)	التيار الماس الكهربائي	٨,٣٣	أمبير
Optimum Operating Current (Imp)	تيار التشغيل الأمثل	٧,٩٥	أمبير
Maximum Power at STC (Pmax) STC (Standard Test Conditions) ويقصد بها عند ظروف الفحص المعيارية، وهي ٢٥ درجة سيلسيوس، وأشعاع شمسي مقداره ١٠٠٠ واط /متر مربع:	القدرة القصوى	280 Wp	واط
Operating Temperature (C°)	درجة الحرارة التشغيلية	from -40 to 85	درجة سيلسيوس
Maximum System Voltage	الفولطية القصوى للنظام	Vdc 1000	فولط
Maximum Series Fuse Rating	أقصى قيمة يتحملها المصهر(الفيوز)	20 A	أمبير
Power Tolerance	تفاوت القدرة	± ٣%	%

الشكل (٢٤): الخصائص الكهربائية للألواح الكهروضوئيّة.

٢-٣ فحص فولطية كل لوح شمسي على حدة

لإجراء فحص التحقق من الفولطية الناتجة من كل وحدة (التحقق من الفولطية باستخدام مقياس الفولطية على مخرجات الوحدة)، يجب أن يتم هذا الفحص في حالتين بوجود أشعة الشمس عليها وعندما تختفي الأشعة.

يتم فحص جميع الوحدات عند شروق الشمس حيث يمكننا فحص مجموعة من الوحدات المغطاة من خلال مقارنة الفولطية عندما يكون هناك أشعة على الوحدة تكون فولطية التشغيل المثلى (Optimum Operation Voltage) وعند عدم وجودها تكون الفولطية أقل بكمية بسيطة وقيمتها حسب نوع اللوحة وقياساتها، وبهذا نحصل على نطاق التشغيل للفولطية أثناء النهار والليل. من الأفضل أن تؤخذ القراءة أثناء النهار الأقرب للظهيرة حيث أنها تكون الحد الأقصى من الفولطية في اليوم (Optimum Operation Voltage).

باستخدام التقرير التشغيلي يمكنك توثيق الفولطية الناتجة بوضوح لكل وحدة شمسية في النظام. يجب التأكد من أنّ المعلومات ذات وصف صحيح للوحدة التي يتم فحصها وأن أية ملاحظات تأتي بتعليمات واضحة من فهم كيفية تحديد وحدة معينة.

بمجرد أن تقوم بفحص جميع الوحدات أثناء تلقيها لأشعة الشمس، ويتم بتغطية الوحدات لترى كيف ستكون الفولطية عندما تكون في الظل. إن هذا يعبر عن فولطية الوحدات أثناء الليل.

٣-٣ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

السؤال الأول:

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- يتم قياس التيار الكهربائي باستخدام جهاز:
أ . الأميتر. ب. الأوموميتر.
ج. الواطميتر. د . الفولطميتر.

٢- يستدل على مواصفات الألواح الكهروضوئيّة:
أ . بالقيم الكهربائية والميكانيكية المكتوبة عليها من قبل الشركة الصانعة فقط.
ب. شهادات الفحوصات المخبرية التي توضح أداء هذه الألواح فقط.
ج . شهادات الفحوصات المخبرية بالإضافة إلى القيم الكهربائية والميكانيكية، المكتوبة عليها.
د . فحص أدائها في الموقع.

٣- لإجراء فحص التأكد من الفولطية الناتجة من كل وحدة بشكل مستقل يجب أن يتم هذا الفحص في حالتين هما:
أ . عندما يتم تركيبها على زاوية ميلان ٣٠ درجة وعندما يتم تركيبها على زاوية ميلان ٤٥ درجة.
ب. عند وصلها مع وحدات أخرى على التوالي وعند وصلها مع وحدات أخرى على التوازي.
ج . إذا كانت ستربط مع مركم أو إذا كانت ستربط مع عاكس.
د . أثناء وجود أشعة شمسية وأثناء عدم وجود أشعة شمسية.

٤- المواصفات التالية تكون موجوده على اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ ما عدا واحدة هي:
أ . القدرة الاسمية القصوى (Maximum Nominal Power).
ب. فولطية الدارة المفتوحة (Open Circuit (Voltage/Voc).
ج . مقاومة التأريض (Earthing Resistance).
د . فولطية التشغيل المثلى (Optimum Operation Voltage).

٤-٣ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص فولطية الدارة المفتوحة والتيار الأقصى للوح شمسي كهروضوئي باستخدام الملتيميتر.	ساعتين

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين، أن تصبح قادراً على أن تفحص الفولطية الخارجة من لوح شمسي كهروضوئي.

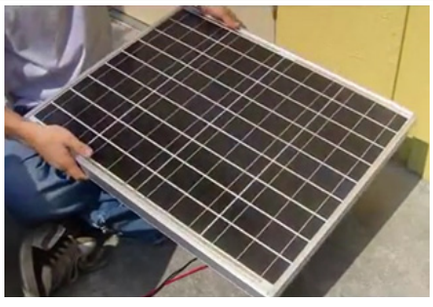
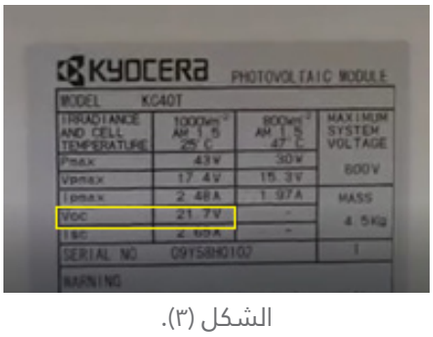
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد	
١	لوح شمسي كهروضوئي.
٢	ملتيميتر.
٣	أقلام وورق.

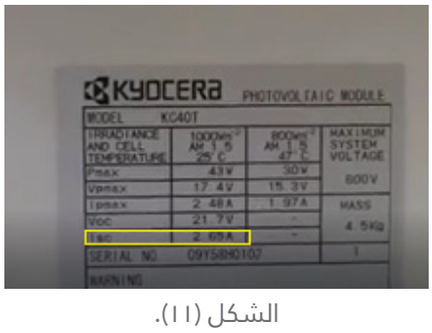
- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

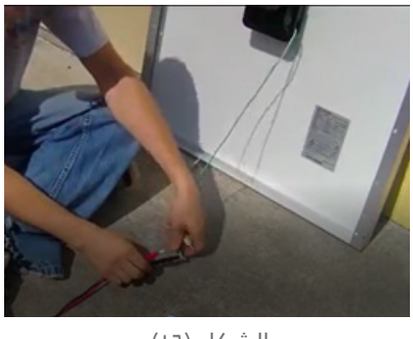
١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	تأكد من تجهيز أدوات السلامة العامة قبل البدء بالفحص.	
٢	وجّه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الشمس لتتأكد من أن سطحه نظيف حسب زاوية الإشعاع كما في الشكل (١).	 الشكل (١).
٣	افتح صندوق نقاط التوصيل الموجود خلف اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ لتستطيع رؤية القطب الموجب والقطب السالب للوح كما في الشكل (٢).	الشكل (٢).
٤	اقرأ قيمة لوحة البيان الموجودة خلف اللوح الشمسيّ المبينة في الشكل (٣).	 الشكل (٣).

٥	اضبط قرص الفولطميتر بحيث يقرأ قيمة أعلى من قيمة فولطية الدارة المفتوحة، المكتوبة على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسيّ. كما في الشكل (٤).	الشكل (٤).
٦	صل كبل القطب الموجب للوح الشمسيّ مع كبل القطب الموجب للفولطميتر، وكبل القطب السالب للوح الشمسيّ مع كبل القطب السالب للفولطميتر كما في الشكل (٥).	الشكل (٥).
٧	وجّه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الشمس للحصول على أكبر إشعاع شمسي كما في الشكل (٦).	الشكل (٦).
٨	اقرأ قيمة فولطية الدارة المفتوحة، ودوّنها في دفترك كما في الشكل (٧).	الشكل (٧).

٩	احجب أشعة الشمس تماماً عن اللوح الشمسيّ، وذلك بسنده إلى الحائط بشكل عمودي كما في الشكل (٨).	الشكل (٨).
١٠	اقرأ قيمة فولطية الدارة المفتوحة، ودوّنها في دفترك كما في الشكل (٩).	الشكل (٩).
١١	فك كبلات الفولطميتر عن كبلات اللوح الشمسيّ، قبل البدء بفحص أقصى تيار كما في الشكل (١٠).	الشكل (١٠).
١٢	أقرأ قيمة أقصى تيار المثبتة على لوحة المعلومات الموجودة في الجزء الخلفي من اللوح كما في الشكل (١١).	 الشكل (١١).
١٣	اضبط أقطاب الملتيميتر لكي يقرأ قيمة التيار، وذلك بوضع قطب قياس التيار في الفتحة المخصصة لذلك كما في الشكل (١٢).	الشكل (١٢).

١٤	اضبط قرص الملتيميتر عند قيمة أعلى من قيمة التيار الأقصى المدون على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسيّ كما في الشكل (١٣).	 الشكل (١٣).
١٥	وجّه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الشمس للحصول على أكبر إشعاع شمسي كما في الشكل (١٤).	 الشكل (١٤).
١٦	اقرأ قيمة التيار الأقصى، ودوّنها في دفترك كما في الشكل (١٥).	 الشكل (١٥).
١٧	فك أسلاك الملتيميتر عن أسلاك اللوح الشمسيّ كما في الشكل (١٦).	 الشكل (١٦).
١٨	اجمع العدة ونظف مكان العمل.	

هدف التعلم الرابع

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم المبينة أدناه، عليك أن تصبح قادراً على أن تفحص المراكم في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	الورش ذات العلاقة.

٤. فحص المراكم في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة

المراكم هي وحدات تستخدم لتخزين الطّاقة الكهربائية بصورة آمنة لتتمكّن من استخدامها في أيّ وقتٍ نشاء وبحريّة دون أن تتقيّد باستخدام وصلات الكهرباء حتّى في الأمور الصغيرة. أما مراكم الطاقة الشمسيّة فهي مراكم وظيفتها تخزين الطاقة الكهربية الناتجة من الألواح الشمسيّة الكهروضوئيّة (Photovoltaic Modules) أثناء سطوع أشعة الشمس عليها في ساعات النهار، لكي تستخدم هذه الطاقة الكهربائية المخزنة في المراكم اثناء فترة غياب الشمس في الليل وفي الأوقات التي يكون فيها الجو غائماً.

٤-١ أنواع المراكم المستخدمة في الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة

توجد المراكم المستخدمة مع الأنظمة الشمسيّة في أنواع عدة، منها:

أ . مراكم النيكل المعدنية (Nickel-Metal Batteries)

وهي من المراكم القابلة لإعادة الشحن، ويستخدم فيها سبيكة تمتاز بقدرتها على امتصاص الهيدروجين كقطب سالب، وقطب موجب من هيدروكسيد النيكل (K(Niooh ويمتاز المحلول المستخدم فيها بموصليته العالية، هذا بالإضافة إلى أن النيكل الفعال المستخدم في هذا النوع من المراكم غير قابل للتحلل في محلول المركم، مما يكسب

المركم عمراً أطول، وتمتاز هذه المراكم بسعتها الكبيرة.

ومنها مراكم النيكل- الكاديوم (NiCad) وهي مراكم تخزين، تكون فيها المادة النشطة الموجبة أكسيد النيكل والمادة السالبة الكادميوم، ويتراوح جهد الخلية الاسمي فيها (١,٢) فولط، لذا لا تعد من المراكم الأساسية المستخدمة في الأنظمة الكهروضوئيّة.

وتمتاز بما يلي:

- خفة الوزن حيث تتوافر بأحجام صغيرة.
- يمكن تشغيلها على نطاق واسع من درجات الحرارة.
- يمكن تفريغها بشكل كامل دون إحداث ضرر على الخلايا وتتطلب صيانة أقل.

ومن سيئاتها تكلفتها العالية، وكفاءتها المنخفضة ومادة الكاديوم الداخلة في تركيبها سامة جدا.

ب. مراكم الليثيوم (Lithium Battery)

تعد مراكم الليثيوم من أهم الأنواع الواعدة في صناعة المراكم؛ وذلك بسبب تمتع الليثيوم بخواص كهروكيماوية مميزة ومزايا عديدة، منها:

- طاقة التخزين العالية وكذلك طاقتي الشحن والتفريغ.
- ارتفاع فولطية الخلايا فيها (تساوى ثلاثة أضعاف فولطية مراكم النيكل الكاديوم).
- التحكم الجيد والسلس بمستوى شحن هذا النوع من المراكم أثناء العمل.
- انخفاض درجات الحرارة الناجمة عن التفاعلات الكيماوية أثناء عمليات الشحن والتفريغ.
- خفة وزنها وعدم تأثرها بعدد دورات الشحن والتفريغ.

ومراكم الليثيوم - أيون (Ion Li) قابلة لإعادة الشحن حيث يتم انتقال أيونات الليثيوم من القطب السالب إلى القطب الموجب خلال التفريغ، ويحدث العكس عند الشحن، ويبلغ جهد الخلية الاسمي فيها (٣,٧) فولط.

ج . المراكم الحمضية الرصاصية

وهي مراكم تخزين تتكون من مجموعة خلايا، وتتكون كل خلية فيها من ثلاثة أجزاء رئيسة هي قطب موجب وآخر سالب مغمورة في محلول حمضي خاص من حامض الكبريتيك المخفف، وتعد هذه المركم الأكثر استعمالاً في الأنظمة الكهروضوئيّة بسبب كلفتها المنخفضة، ويمكن أن تعمر لعدة سنوات، إذا ما أحسن استخدامها وصيانتها، وفولطية الخلية الاسمي فيها (٢) فولط، حيث يتم جمع ٦ خلايا لتشكيل مركم ١٢ فولط.

وبشكل عام تصنف مراكم الرصاص الحمضية في فئتين:

المراكم الحمضية التقليدية (مراكم التفريغ الضحلة) مثل المراكم المستخدمة في

المركبات، وتم تصنيعها لتعطي كميات صغيرة من الطاقة بشكل منتظم (حد أقصى ١٠% من سعة المركم).

مراكم الدورة العميقة التي صنعت لتعطي كميات كبيرة من الطاقة بشكل منتظم (٥٠-٨٠% من سعة المركم) مثل المراكم التي تستعمل في الأنظمة الشمسيّة.

د . المراكم الهلامية (مراكم الجل)

مراكم الجل (Gel Battery) المبينة في الشكل (٢٥) هي مراكم حمضية، والفرق الرئيس بينها وبين المراكم التقليدية المفتوحة أو المغلقة هو وجود مادة الجل التي تحمل المحلول الكهربائي، وتمنع الغازات المتشكلة داخلها أثناء العمل من التسرب للخارج، مما يجعل مراكم الجل مناسبة جداً للاستخدام في الأنظمة الشمسيّة.

الشكل (٢٥): مراكم الجل.

هـ. مراكم الحشوة الزجاجي (AGM Battery)

وهي من مراكم دورة عميقة، مبينة في الشكل (٢٦) تمتاز بوجود فاصل من ألياف زجاجية رقيقة تحمل المحلول الكهربائي داخلها مثل الإسفنجة، وهي مثل مركم الجل مغلقة.

الشكل (٢٦): مراكم الحشوة الزجاجي.

قبل تشغيل المراكم يجب عليك أن تفهم نوع المركم التي تستعملها (الشكل ٢٧).

الشكل (٢٧): مراكم مفتوحة، ٢ فولط، ١٥٠٠ أمبير ساعة.

إن المراكم المغلقة لا يمكن إعادة تعبئتها بالحمض والماء المقطر بشكل دوري، والمراكم غير المغلقة تتطلب التعبئة. إن أنواع المراكم المختلفة سيكون لها مواصفات مختلفة حول الفولطية ومخزون القدرة.

يتم تحديد نوع المراكم ومواصفاتها على المخطط الكهربائي.

٤-٢ التحقق من طريقة توصيل المراكم ومطابقتها لما هو مبيّن في المخطط التنفيذي

عندما تصل إلى موقع العمل، قم بالتأكد من أن عدد ونوع المراكم متماثل مع النوع المحدد في المخطط التنفيذي. دوّن جرداً للمراكم وقارنه بقائمة الجرد الخاصة بالتركيب الأصلي.

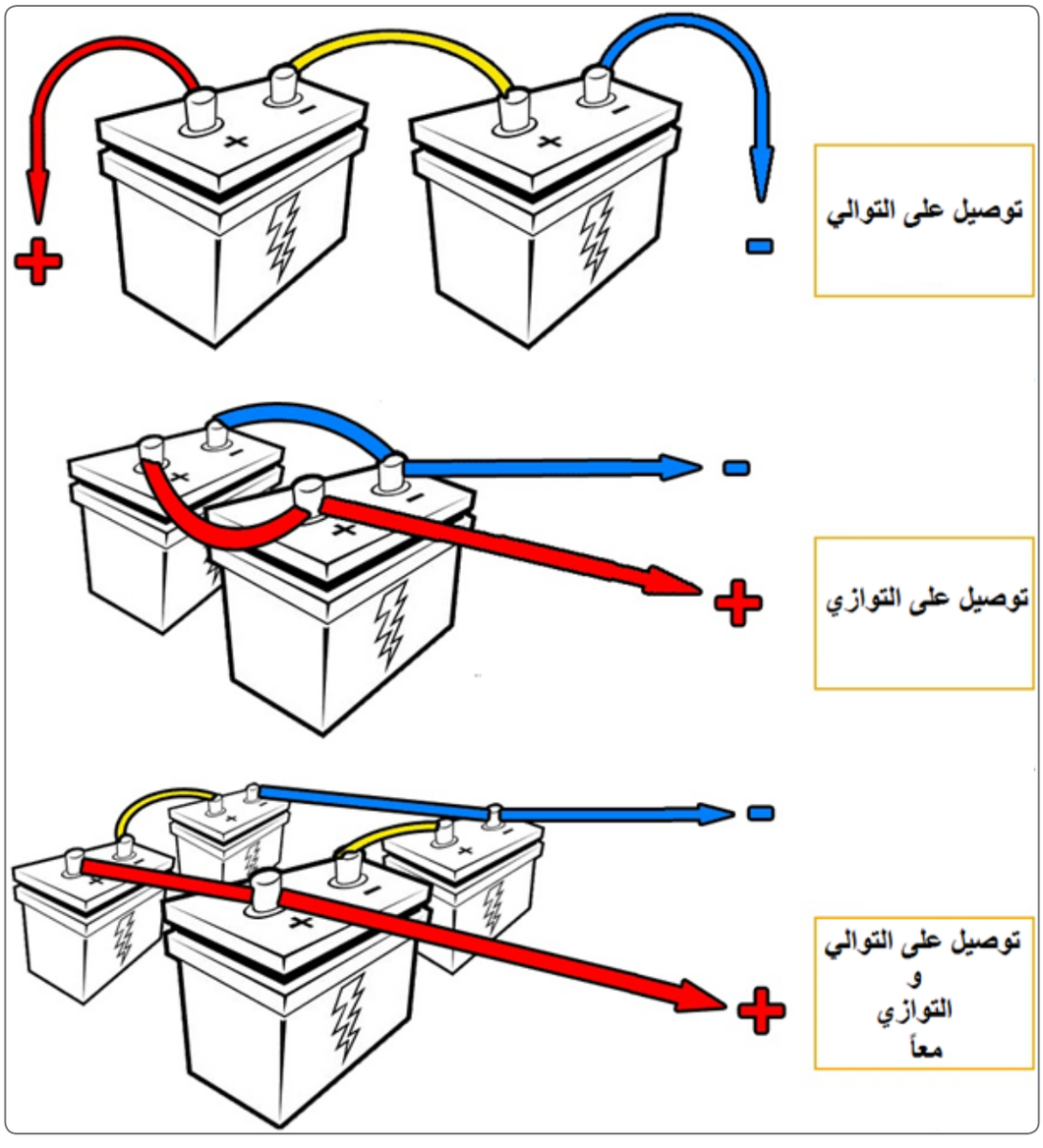
قبل التحقق من الخصائص الكهربائية للمركم، ستحتاج لتحديد مكانها وحجمها والمعدات الصحيحة التي ستستخدم في توصيلاتها.

تأكد أنّ السلاسل موصولة بشكل صحيح قبل فصل أي شيء، وقم بالتأكد من أن الكبلات مماثلة للمخطط الكهربائي، وتعرّف على مواصفات ومخطط صف المراكم حيث أنها ستكون ضرورية لتشخيص أية عيوب.

استعرض المخطط الكهربائي بتمعّن للتأكد من طريقة ربط المراكم ببعضها بعضاً، حيث يتم توصيل المراكم بطريقتين:

- على التوالي: حيث يتم جمع فولطيات المراكم، بينما يكون التيار المار في هذه السلسلة ذا قيمة واحدة.
- على التوازي: وفي هذه الحال تكون فولطية المجموعة مساوية لفولطية مركم واحدة، بينما يكون التيار الخارج من صف المراكم هذا مساوياً لمجموع التيارات المارة في كل

مركم. الشكل (٢٨) يوضح طرق توصيل المراكم.



الشكل (٢٨): طرق توصيل المراكم.

٤-٣ التأكد من التوصيل الجيد والمحكم بين المراكم

بمجرد أن تقوم بالتحقق من قيم التشغيل الصحيحة ومخطط التوصيلات لصف المراكم من المخطط الكهربائي يجب عليك القيام بالأمور التالية:

- تأكد أن الكبلات لصف المراكم الفعلية دقيقة وذات جودة عالية.
- أولاً تأكد أن جميع المرابط والموصلات الخاصة بالمركم منفذة تماماً بالطريقة نفسها المحددة في المخطط الكهربائي.
- تأكد من أن جميع السلاسل بالحجم المتساوي والعدد المماثل المذكور في المخطط الكهربائي وإذا كانت التوصيلات متماثلة تابع التحقق من جودة التوصيلات نفسها.

- اكشف بعد ذلك على نقطة الاتصال للكبلات لضمان أن كل توصيل فيها صحيح وآمن، وتحقق من أن الاتصال متين وأن أطراف المركم والأدوات والكبلات بحال جيدة.
- وتحقق من الاتصال وسلامة الكبلات في الخط الرئيس، وتأكد أن مرور الكهرباء بين صف المراكم وجهاز التحكم بالشحن يتم بصورة جيدة.
- تأكد أن كل التوصيلات تامة بشكل صحيح، وأن الكبلات متماثلة مع تلك المذكورة في المخطط الكهربائي.

٤-٤ إجراء القياسات اللازمة للمراكم وحسب أوامر العمل

بعد التأكد من أن جميع التوصيلات آمنة وصحيحة، يكون قد حان الوقت لأخذ قراءات للمراكم. ستقوم بأخذ قراءتين لكل مركم:

أ . فولطية المركم

الفولط هو وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، ويعد الجهد الكهربائي أحد أنواع الطاقة الكامنة ويشير إلى الطاقة المنبعثة في حال مرور تيار كهربائي. ويقاس فرق الجهد الكهربائي بوساطة جهاز الأفوميترعلى وضعية الفولط، حيث يتم وضع طرفي الفولطميتر على طرفي المركم وتراقب القياس (فولط)، كما في الشكل (٢٩).

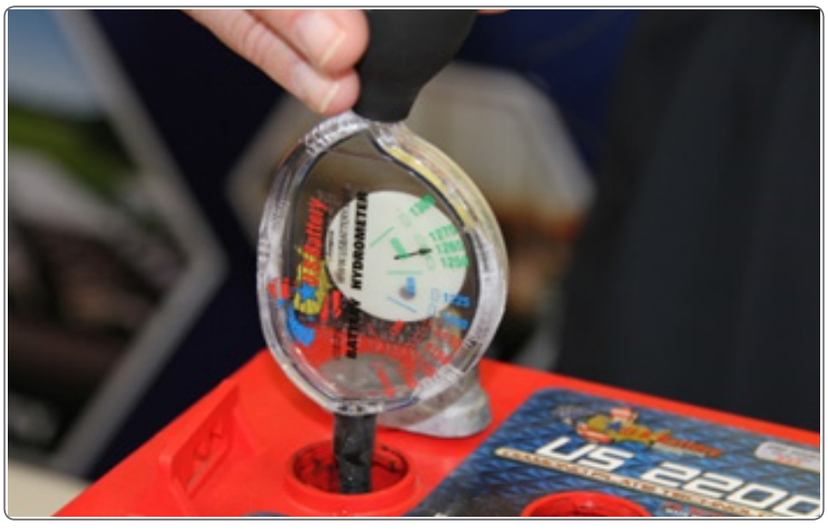
(الشكل ٢٩): -قياس إجمالي فولطية المركم تبعاً لأوامر العمل.

إن فولطية المراكم قد تتباين بشكل طفيف بناءً على حال الشحن، وباستخدام تقريرك وثّق فولطية كل مركم. فمثلاً إذا كانت الفولطية الإسمية للمركم ١٢ فولط، تكون فولطية المركم عند شحنها الأقصى تساوي ١٤,٤ فولط، بينما تكون فولطيتها أقل أو تساوي ١٠,٨ فولط إذا كانت فارغة.

ب. فحص الوزن النوعي للسائل الموجود في المركم

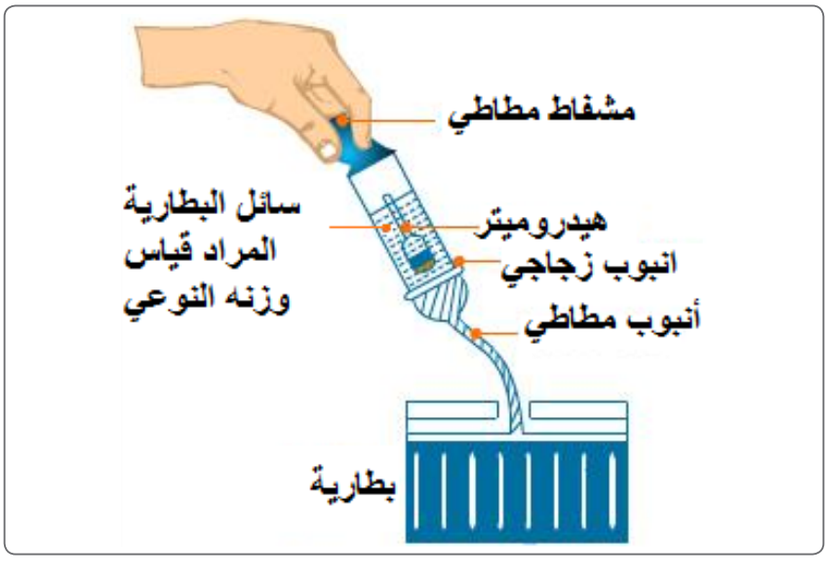
يعد قياس الوزن النوعي (Specific Gravity) للسائل الموجود بداخل المركم من القياسات المهمة للتأكد من سلامة أداء المراكم. حيث يزودك هذا الفحص عند تجميعه مع فحص الفولطية بنتيجة شاملة لحال شحن المركم. يتم قياس الوزن النوعي من خلال إزالة الغطاء وأخذ عينة من السائل في داخل المركم ومن ثم توثيق القراءات.

يسمى الجهاز المستخدم لقياس الوزن النوعي جهاز الهيدروميتر (Hydrometer). الشكل (٣٠) يوضح قياس الوزن النوعي باستخدام الهيدروميتر.



الشكل (٣٠): فحص الوزن النوعي في لسائل المركم باستخدام الهيدروميتر.

الهيدروميتر (Hydrometer): وهو جهاز يستخدم لقياس الكثافة النوعية للسوائل، ويتكون من زجاج أسطواني ينتهي ببصلة (انتفاخ بصلي) ملئ بالرصاص. والأساس العلمي له هو طفو الجسم الصلب على سطح سائل وهو يتركب من مستودع زجاجي يوجد فيه كرات من الرصاص تساعد على الاتزان الرأسي ويتصل مستودعه بساق زجاجي طويل ذي قطر صغير مدرج بوحدات الكثافة بحيث يشير التدريج السفلي إلى أعلى كثافة يقيسها الهيدروميتر ويشير التدريج الأعلى إلى أدنى كثافة يقيسها الهيدروميتر. يعتمد مبدأ عمل جهاز الهيدروميتر على مبدأ أرخميدس الذي ينص على أن أي جسم صلب معلق في السائل يطفو بسبب قوة تساوي وزن السائل الذي يزيحه الجزء المغمور من المادة الصلبة العالقة. يتم شفط جزء من السائل الموجود في المركم إلى الأعلى، فكلما كان الوزن النوعي للسائل أقل، هبط الهيدروميتر للأسفل، وكلما كان الوزن النوعي للسائل أكثر، ارتفع الهيدروميتر للأعلى، حيث تتم قراءة الوزن النوعي من خلال التدريجات الموجودة على الأنبوب الزجاجي. الشكل (٣١) يبين هذا الجهاز أثناء استخدامه لقياس الوزن النوعي للسائل الموجود داخل المركم.



الشكل (٣١): جهاز الهيدروميتر أثناء استخدامه لقياس الوزن النوعي للسائل الموجود داخل المركم.

يمكن أن يختلف الوزن النوعي بين المراكم المختلفة،ولكن كقاعدة فإن الوزن النوعي الذي يكون أعلى من ١,٢ فهذا يعني أن المركم مشحونة، أما إن كان الوزن النوعي أقل من ١,٢ فهذا يعني أن المركم مشحونة بنسبة أقل من ٥٠% أو أكثر.

أثناء التحقق من السائل في كل خلية لاحظ أية خلايا تحتوي سائلاً أقل أو التي تكون فارغة، فهي تحتاج لملئها باستخدام الحصص الصحيحة من الحمض والماء المقطر للحفاظ على الرقم الهيدروجيني نفسه.

تأكد أن تقوم بتوثيق الفولطية والوزن النوعي بوضوح لكل مركم في النظام، وأبلغ عن أيّة تغيرات أو قراءات غير متماثلة مع الآخرين.

٤-٥ عزل الوصلات

بعد إتمام جميع الفحوصات استخدم شريط العازلية الكهربائي لعزل كبلات المركم، لتغطية أية كبلات مكشوفة وتعزيز أي عزل موجود على كبلات المركم والخط الرئيس.

بتزويد العازلية تضمن سلامة وطول عمر النظام، بالإضافة إلى أن هذا يساعد في الحفاظ على السلامة من خلال تقليل خطر الصدمة الكهربائية كما ويساعد على حماية النظام ومنع التآكل.

٦-٤ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

السؤال الأول:

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- أفضل أنواع المراكم المستخدمة في الأنظمة الكهروضوئيّة:
أ . المراكم الحمضية ذات الدورة العميقة.
ب. مراكم النيكل - كادميوم (NiCad).
ج . مراكم الحشوة الزجاجية.
د . مراكم التفريغ الضحلة.

٢- عند توصيل بطاريتين على التوالي فولطية كل منهما ١٢ فولط، يكون قياس الفولطية الكلية مساوياً:
أ . ٦ فولط
ب. ١٢ فولط.
ج . ٢٤ فولط.
د . ٤٨ فولط.

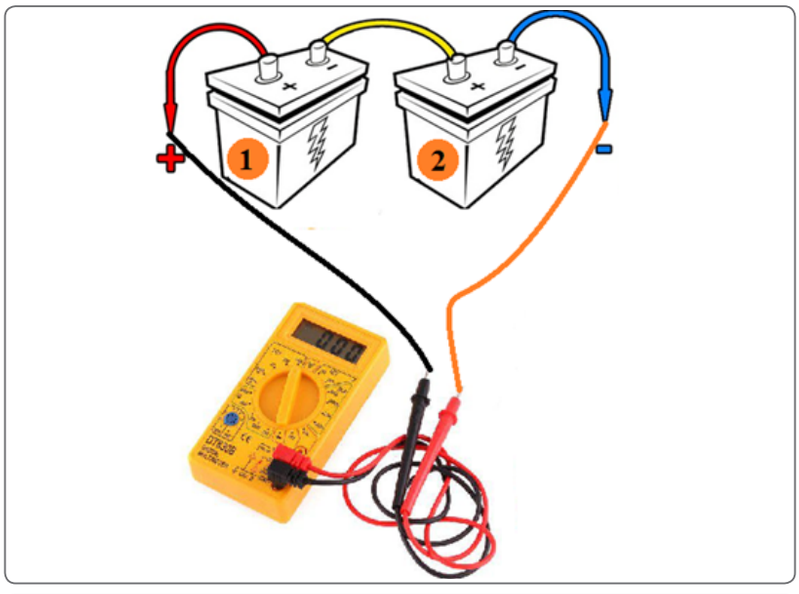
٣- عند توصيل بطاريتين على التوازي فولطية كل منهما ١٢ فولط، يكون قياس الفولطية الكلية مساويا:
أ . ٦ فولط.
ب. ١٢ فولط.
ج . ٢٤ فولط.
د . ٤٨ فولط.

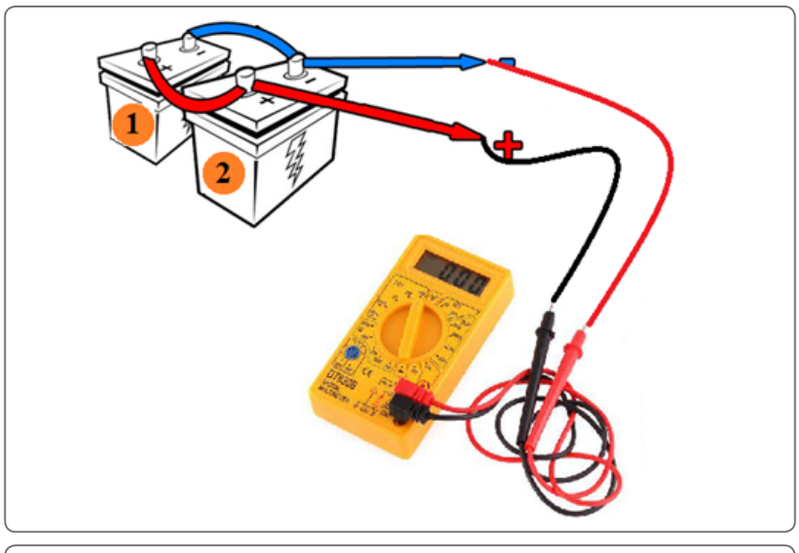
٤- إذا كانت الفولطية الإسمية للمركم ١٢ فولط، فإن فولطيتها وهي فارغة تكون:
أ . أقل أو تساوي ٩,٨ فولط.
ب. أقل أو تساوي ١٠,٨ فولط.
ج . أقل أو تساوي ١١,٨ فولط.
د . أقل أو تساوي ١٢,٨ فولط.

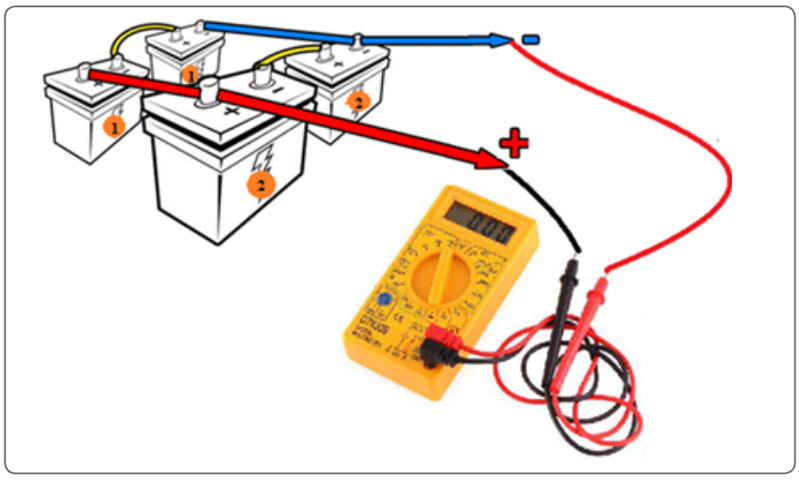
٥- يقاس الوزن النوعي لسائل المركم باستخدام جهاز:
أ . المانوميتر.
ب. الهيدروميتر.
ج . الأفوميتر.
د . الفوتوميتر.

السؤال الثاني:

في الأشكال اللاحقة إذا علمت أن فولطية المركم رقم (١) هي ١٢ فوت، وبفولطية المركم رقم (٢) تساوي ١٢ فولط، كم ستكون قراءة الفولطميتر في الحالات المبينة في الأشكال الثلاثة؟







٤-٧ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص الوزن النوعي في المركم باستخدام جهاز الهيدروميتر.	ساعتين

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تفحص الوزن النوعي للمركم باستخدام جهاز الهيدروميتر.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

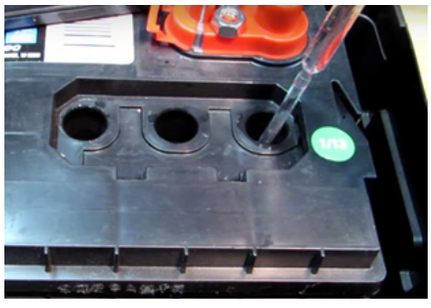
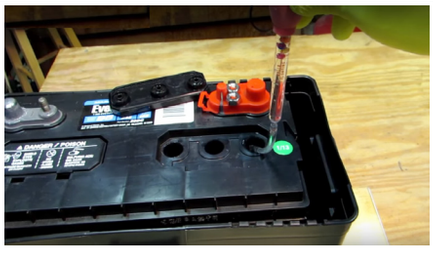
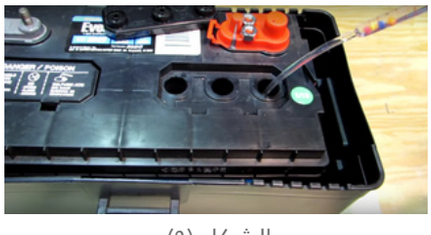
الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	جهاز فحص الوزن النوعي (الهيدروميتر).	٣	أقلام وورق.
٢	مركم من النوع المفتوح.	٤	مفك عادي.

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	تأكد من تجهيز أدوات السلامة العامة قبل البدء بالفحص كما في الشكل (١).	الشكل (١).
٢	فك أقطاب المركم باستخدام المفك كما في الشكل (٢).	الشكل (١).
٣	فك غطاء عيون المركم باستخدام المفك كما في الشكل (٣).	الشكل (٢).
٤	اطرق طرقاً خفيفاً على الغطاء باستخدام المفك، للتأكد من عدم وجود أي سائل قد يكون عالقاً به كما في الشكل (٤).	الشكل (٣).
٥	ضع غطاء عيون المركم جانباً، وتأكد بالنظر داخل عيون المركم المكشوفة من أنها تحتوي على سائل، وأن تكون المسافة بينه وبين عين المركم ٢سم على الأقل كما في الشكل (٥).	الشكل (٤).

٦	تأكد من عمل الشافطة المطاطية قبل إدخال الهيدروميتر في عين المركم كما في الشكل (٦).	الشكل (٥).
٧	أدخل الجزء السفلي من الهيدروميتر بداخل عين المركم كما في الشكل (٧).	 الشكل (٦).
٨	اشفط السائل من المركم باستخدام الشافطة المطاطية كما في الشكل (٨).	 الشكل (٧).
٩	اقرأ قيمة الوزن النوعي التي يقرأها الهيدروميتر ودونها في دفترك كما في الشكل (٩).	الشكل (٨).
١٠	بعد التأكد من عدم ملامسة الهيدروميتر للسائل الموجود في عين المركم أعد السائل إلى الخلية مرة أخرى عن طريق الضغط على الشافطة المطاطية كما في الشكل (١٠).	 الشكل (٩).
١١	افحص العين الأخرى بالطريقة نفسها، ودون قيمة الوزن النوعي في دفترك كما في الشكل (١١).	الشكل (١٠).

١٢	افحص بقية العيون بالطريقة نفسها ودون قيمة الوزن النوعي لكل عين في دفترك.
١٣	قارن النتائج التي حصلت عليها مع القيم المعيارية.
١٤	أعد ترتيب الأقطاب في المركم.
١٥	اجمع العدة ونظف مكان العمل.

هدف التعلم الخامس

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم المبينة أدناه، عليك أن تصبح قادراً على أن تفحص جهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	الورش ذات العلاقة.

٥. فحص جهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ

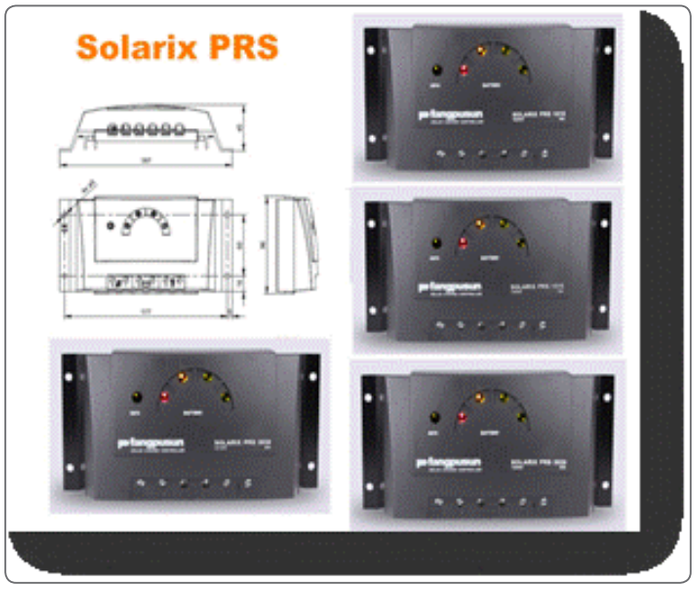
قبل بدء الفحص يجب التحقق من العلامة التجارية والحجم والنوع لجهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ (Charge Controller) بأنها متناسقة مع تلك الموجودة في المخطط الكهربائي. ويتم أيضاً باستخدام المخطط الكهربائي تحديد قيم التشغيل الطبيعية لجهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ، كما يتم كذلك التحقق من فولطيات المدخلات والمخرجات بشكل أساسي.

٥-١ أنواع أجهزة التحكم بالشحن

هناك ثلاثة أنواع من أجهزة التحكم بالشحن المستخدمة في مجال الطاقة الشمسيّة الكهروضوئيّة:

- الفولطمتري: وهو النوع البسيط والذي يعتمد على الفولطية فقط، أي يوقف الشحن عندما تصل فولطية المركم إلى فولطية معيّنة ولا يترك للمركم اختيار كمية التيار الذي تحتاجه.
- الإلكتروني: وهو النوع الجيد الذي يترك للمركم اختيار كمية التيار لكي تبقى دائما مشحونة وبشكل جيد.

- الذي يعمل حسب الفولطية الناتجة من الخلايا الكهروضوئيّة: وهو يعتبر كذلك شاحناً إلكترونياً المبين في الشكل (٣٢).



(الشكل ٣٢): منظم شحن إلكتروني.

٥-٢ قراءة مدخلات ومخرجات جهاز التحكم بالشحن باستخدام الفولطميتر

عند أخذ تلك القراءات تذكر دائماً أنك تعمل على نظام كهربائي فعّال حيث يجب التأكد التام من عدم ملامسة أسلاك الكهرباء عند أخذ تلك القراءات.

في هذا الفحص ستقوم بقياس الفولطية الداخلة إلى جهاز التحكم بالشحن حيث تكون هذه الفولطية قادمة من الألواح الشمسيّة والفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن، حيث تكون هذه الفولطية ذاهبة إلى المركم. بعد ذلك ستقوم بمقارنة القيم المقاسة بالقيم التشغيلية المتوقعة. فإذا كان هناك تغير ملحوظ في واحد أو أكثر من تلك القراءات فإنه من المرجح أن يكون جهاز التحكم بالشحن معطلاً ويحتاج للإبلاغ عنه، ووثق نتائج الفحص في تقريرك.

٣-٥ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

السؤال الأول:

ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

	العبارة	صح	خطأ
١	عادة تجد القيم التشغيلية للشاحن في المخطط الكهربائي.		
٢	يوجد في الشاحن قيمة المدخلات والمخرجات نفسها.		
٣	إذا لم تكن القراءات متماثلة مع القيم التشغيلية فهذا يدل على أن هنالك أمراً خاطئاً.		
٤	يعد جهاز التحكم بالشحن الإلكتروني أفضل من جهاز التحكم بالشحن البسيط.		
٥	يعمل جهاز التحكم بالشحن الإلكتروني حسب الفولطية الناتجة من الخلايا الكهروضوئيّة.		

السؤال الثاني:

يبين الشكل (١) نظاماً شمسياً كهروضوئياً يحتوي على مركم وجهاز تحكم بالشحن. بيّن موضحاً بالرسم أين يجب وضع طرفي الفولطميتر لقياس كلٍ من:

أ . الفولطية الداخلة لجهاز التحكم بالشحن.

ب. الفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن.

الشكل (١).

٤-٥ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص الفولطية الداخلة والفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن.	١ ساعة

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تفحص الفولطية الداخلة والفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	فولطميتر.	٣	نظام خلايا شمسية متكامل يشمل المركم.
٢	جهاز التحكم بالشحن.	٤	قلم ودفتر.

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	حدد أماكن فحص الفولطية الداخلة إلى جهاز التحكم بالشحن، وكذلك حدد أماكن الفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن كما في الشكل (١).	الشكل (١).
٢	جهز الفولطميتر لأخذ قراءة الفولطية كما في الشكل (٢).	الشكل (٢).
٣	ضع طرفي الفولطميتر عند مدخلي الفولطية الخاصين بجهاز التحكم بالشحن؛ لقياس الفولطية القادمة من الألواح الكهروضوئيّة كما في الشكل (٣).	الشكل (٣).
٤	دون قراءة الفولطية في دفترك كما في الشكل (٤).	الشكل (٤).

٥	ضع طرفي الفولطميتر عند مخرجي الفولطية الخاصين بجهاز التحكم بالشحن، لقياس الفولطية المتجهة إلى المركم كما في الشكل (٥).	 الشكل (٥).
٦	دون قراءة الفولطية في دفترك كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٧	أعد الفولطميتر إلى الحقيبة الخاصة به وتأكد من وضعه بداخلها بعناية.	

هدف التعلم السادس

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم المبينة أدناه، عليك أن تصبح قادراً على أن تفحص شدة التيار الكهربائي في النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ.

أنشطة التعلم	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعلمية.	الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية.	الشبكة العنكبوتية.
٤. تنفيذ التمارين العملية.	المشغل.
٥. التدريب الميداني.	الورش ذات العلاقة.

٦. فحص شدة التيار الكهربائي في النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ

إن حماية النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ تتم عن طريق فحص جميع المفاتيح والمصهرات التي تحمي المكونات، فهي تضمن عدم مرور كمية كبيرة من التيار الكهربائي عبر نقاط معينة وإتلاف المعدات بسبب ذلك. إن نظام الحماية هو السلامة التي تضمن تقليل الضرر في حال وجود مشكلة. وهذا يسمح أيضاً بفصل عدة أجزاء من النظام وعزلها كهربائياً عن بعضها بعضاً والذي يساعد أمنياً أثناء صيانة النظام.

استعرض المخطط الكهربائي وحدد جميع المفاتيح والمصهرات، ودوّن مواقعها ومواصفاتها.

ستحتاج للتحقق من أنّ كل مكونات نظام الحماية في المخطط تماثل المواد المركبة.

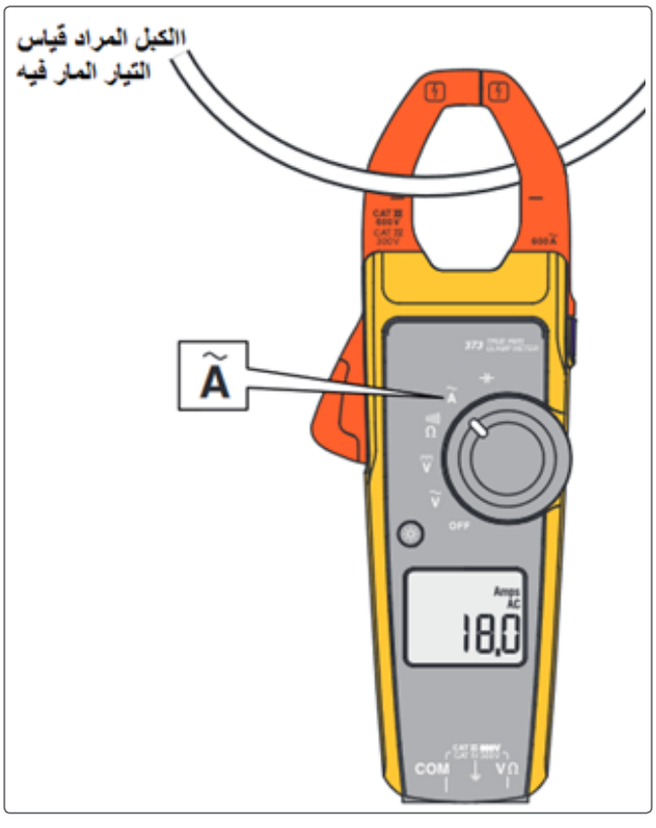
قارن بين جميع الأماكن المخصصة لوضع مفتاح أومصهر (فيوز) على المخطط الكهربائي بما تم تركيبه. كن حذراً عند فحص المفتاح أو الفيوز للتأكد من النوع المحدد في المخطط الكهربائي، إن أي مكون حماية لا يماثل المواصفات في المخطط الكهربائي يجب استبداله بمكوّن صحيح.

تأكد من مماثلة موقع جهاز الحماية في المخطط مع الموقع في النظام وأنّ أي مصهر (فيوز) مطلوب للنظام له بديل متوفر في الموقع.

٦-١ قياس شدة التيار الكهربائي

لقياس شدة التيار الكهربائي يستخدم جهاز الأميتر (Ammeter). وهو جهاز يستعمل في الدارات الكهربائية وفي الأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.

يوجد نوعان من أجهزة قياس الأميتر، هما التماثلي وقد أصبح استعماله قليلاً جداً، وذلك بسبب شيوع النوع الثاني وهو الجهاز الرقمي، خصوصاً الاميتر الرقمي المحتوي على ملقط (Clamp Meter)، حيث يتم وضع الملقط حول الكبل المراد قياس شدة التيار المار فيه. الشكل (٣٣) يبين رسماً توضيحياً لهذا الجهاز.



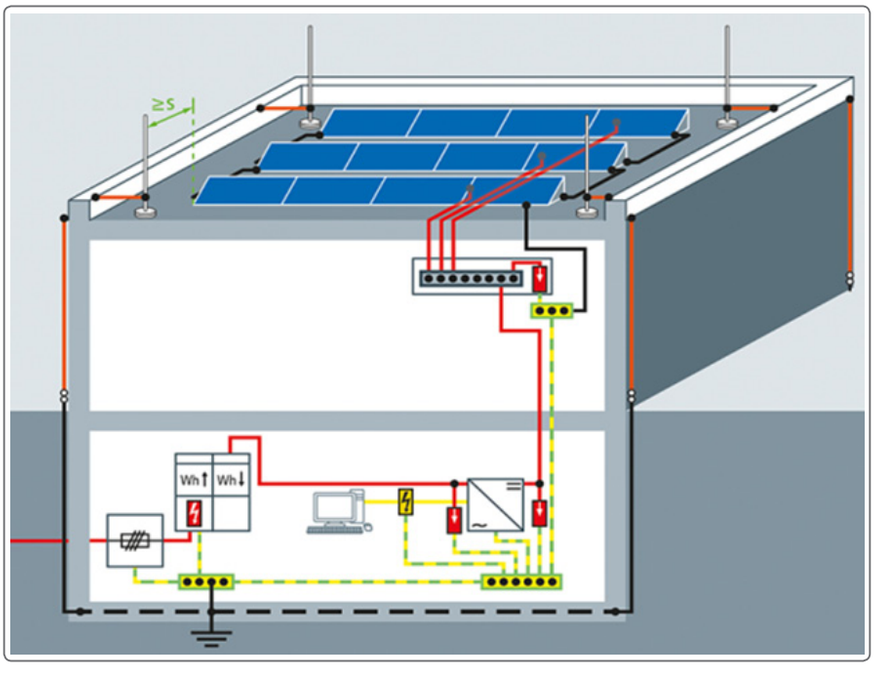
الشكل (٣٣): جهاز قياس التيار ذو الملقط.

يبين الشكل (٣٤) عدة أحجام من الأميترات الرقمية ذات الملقط، حيث تعتمد هذه المقاسات على قطر الكبل المراد قياس شدة التيار فيه، وعلى القيمة القصوى للتيار المتوقع مروره في الكبل.

الشكل (٣٤): أحجام مختلفة من الاميترات الرقمية ذات الملقط.

٢-٦ تحديد نقاط الفحص بالرجوع إلى المخطط الكهربائي

استعرض المخطط الكهربائي للبحث عن قراءات شدة التيار الكهربائي المتوقعة. ابحث في القيم المتوقعة لشدة التيار للنقاط المختلفة في النظام الكهروضوئيّ على المخطط الكهربائي. خذ قراءات شدة التيار الكهربائي لجميع المواقع المحددة في المخطط الكهربائي، تأكد عند أخذ القراءات من كونها تماثل القيمة تلك التي في التقرير. يجب أن يتم قياس شدة التيار الكهربائي بشكليه الثابت والمتناوب. يوضح الشكل (٣٥) مثالاً لمخطط كهربائي للأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.



الشكل (٣٥): مثال لمخطط كهربائي للأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.

تزود الفحوصات التشغيلية معلومات لمقارنة عمل الأنظمة عبر الوقت. بتتبع مسار المخرجات من عدة فحوصات سيكون لدينا رؤية أشمل بكيفية عمل النظام وأية مسائل محتملة، إنّ الحفاظ على مجموعة منتظمة من المعلومات عبر تاريخ النظام يعد أمراً مفيداً للغاية في الصيانة المستدامة للنظام.

وفقاً لذلك، فإن تعبئة التقرير التشغيلي بالكامل وبطريقة مفصلة يعد أمراً إلزامياً. لا توجد لجميع الفحوصات التشغيلية قيمة إذا لم يتم إجراؤها وذكرها في التقرير بالشكل الملائم. انتبه جيداً لأخذ القراءات وتوثيقها بشكل جيد والتأكد من ذكر المكان الذي تم أخذ تلك القراءة عنده، حتى يكون من الممكن تحديث معلومات التشغيل الثابت للنظام.

يعد جهاز الأميتر الرقمي ذو الملقط من أسهل أجهزة القياس الكهربائية، إذ تحتاج فقط لوضع الكبل بين فكيّ الملقط كما في الشكل (٣٦).

الشكل (٣٦): استخدام الملتيميتر في قياس شدة التيار للأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.

٣-٦ التقييم الذاتي

١. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.
٢. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم، ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأســـــئلة:

السؤال الأول:

ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

	العبارة	صح	خطأ
١	تقاس شدة التيار الكهربائي باستخدام الفولطميتر.		
٢	وحدة قياس شدة التيار الكهربائي هي الأمبير.		
٣	في النظام الكهروضوئيّ يتم قياس شدة التيار الكهربائي في أي نقطة يتوقع وجود قيمة له.		
٤	جهاز الأميتر التماثلي هو النوع الأكثر شيوعاً.		
٥	موقع نقطة القياس يعد أهم معلومة يجب توثيقها بالإضافة لقيمة شدة التيار.		
٦	يعتمد مقاس الملقط في الأميترالرقمي ذي الملقط على طول الكبل.		
٧	في الأميتر الرقمي ذي الملقط يتم قياس شدة التيار عن طريق وضع الملقط حول الكبل المراد قياس شدة التيار فيه.		
٨	يرمز لشدة التيار الكهربائي في المخططات الكهربائية بحرف (C).		
٩	يركب جهاز قياس شدة التيار الكهربائي على التوازي في الدارة الكهربائية.		
١٠	في الفحوصات التشغيلية يتم قياس شدة التيار الكهربائي الثابت فقط.		

٤-٦ التمرين العملي

رقم التمرين: (١)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: قياس التيار الكهربائي الخارج من نظام كهروضوئي شمسي.	١ ساعة

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تقيس التيار الخارج من نظام شمسي كهروضوئي.

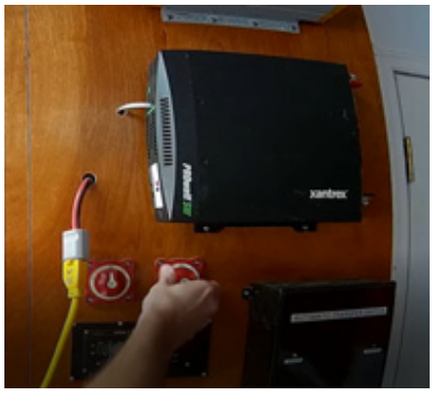
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

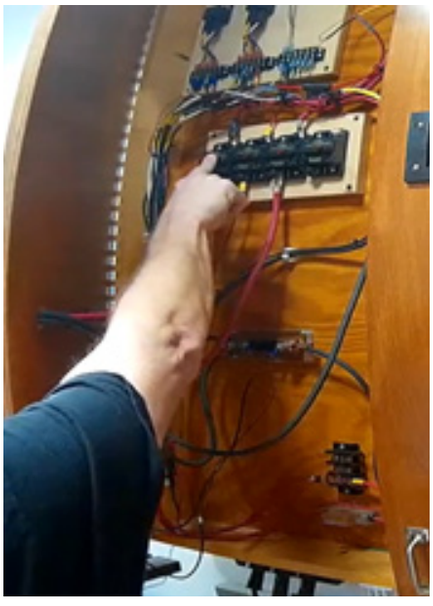
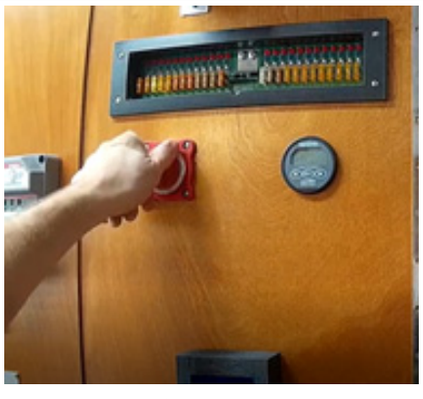
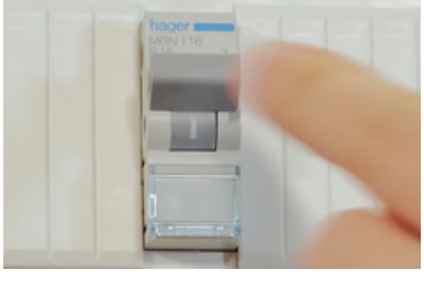
الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	جهاز يستخدم لفحص الأنظمة الكهروضوئيّة.	٤	مفكات.
٢	قلم ودفتر.	٥	نظام كهروضوئي يعمل.
٣	صندوق عدة للأعمال الكهربائية.		

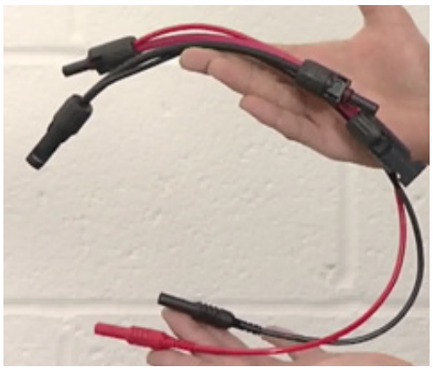
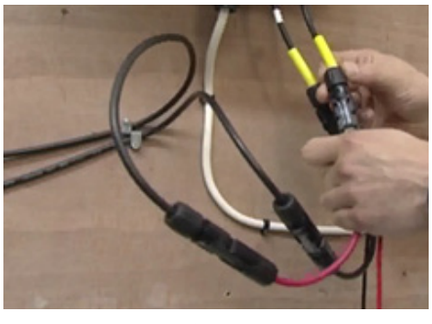
- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

- خطوات العمل

الرقم	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
١	ارتد ملابس ومعدات السلامة.	
٢	افصل التيار الثابت بين الألواح وبقية أجزاء النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ عن طريق فاصل التيار الثابت كما في الشكل (١).	الشكل (١).
٣	إيقاف تشغيل العاكس كما في الشكل (٢).	الشكل (٢).
٤	وضع القواطع في حال عدم تشغيل كما في الشكل (٣).	 الشكل (٣).

٥	افصل أجهزة التحكم بالشحن عن طريق إنزال القواطع الخاصة بها كما في الشكل (٤).	 الشكل (٤).
٦	افصل الكهرباء عن جميع الأحمال الكهربائية كما في الشكل (٥).	 الشكل (٥).
٧	ضع قاطع الأحمال في حال عدم تشغيل كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦).
٨	ارفع قاطع التيار المتناوب كما في الشكل (٧).	 الشكل (٧).

٩	تأكد من وصلات جهاز القياس كما في الشكل (٨).	 الشكل (٨).
١٠	افصل قاطع التيار الثابت كما في الشكل (٩).	الشكل (٩).
١١	افصل سلكي الألواح الشمسيّة الداخلة إلى المحول العاكس (اسلاك التيار الثابت) كما في الشكل (١٠).	الشكل (١٠).
١٢	اشبك الوصلة الخاصة بجهاز الفحص بحيث تكون بين الانفيرتر وكوابل الألواح الشمسيّة كما في الشكل (١١).	 الشكل (١١).

١٣	ثبت أسلاك جهاز القياس في مكانهما المحددين كما في الشكل (١٢).	 الشكل (١٢).
١٤	ضع فكيّ الجهاز حول السلك لقراءة التيار، سجل القراءة التي يقرأها جهاز الفحص في دفترك كما في الشكل (١٣).	 الشكل (١٣).
١٥	اجمع العدة ونظف مكان العمل.	

٧. اختبار المعرفة

اسم الوحدة التدريبية: إجراء فحوصات التشغيل التجريبي للأنظمة الشمسيّة الكهروضوئيّة.

المهنة: مركب أنظمة شمسية كهروضوئية.

اسم المتدرب:.....

اسم المدرب:.....

علامة المتدرب:.....

تعليمات الاختبار:

١. أجب عن الأسئلة الآتية جميعها وعددها (٥ أسئلة).

٢. مدة الاختبار: (ساعتين ونصف)

السؤال الأول: (٢٠ علامة)

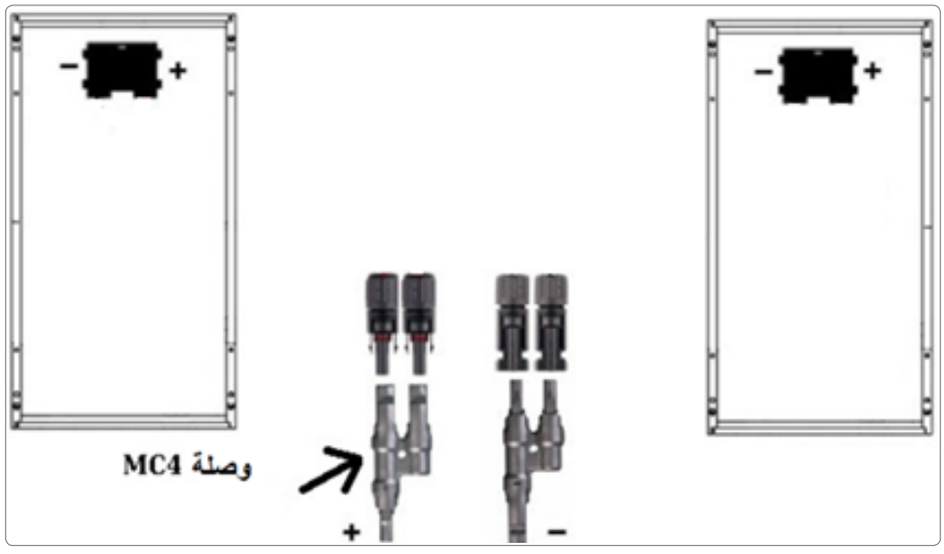
ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

	العبارة	صح	خطأ
١	تركيب الكبلات في مواقع قد تكون ذات درجات حرارة عالية،أو ذات تلوث كيماوي يزيد من تدهور أداء هذه الكبلات.		
٢	من أجل اختبار العازلية يتم استخدام جهاز قياس التيار الكهربائي.		
٣	في النظام الشمسيّ الكهروضوئيّ تكون النقطة الأكثر تعرضاً للتعطل هي الوصلة التي تربط بين الكبلات.		
٤	تسمى الوصلة المقاومة للعوامل الجوية التي تستخدم لربط الوحدات الكهروضوئيّة وصلة (MC4).		
٥	عند فحص العازلية للكبلات إذا لوحظ وجود انخفاض ملحوظ في المقاومة الكهربائية فإن هذا يدل على تلف الكبل.		
٦	عادة تجد القيم التشغيلية للشاحن في المخطط الكهربائي الخاص بالنظام الشمسيّ الكهروضوئيّ.		
٧	جهاز التحكم بالشحن الإلكتروني يترك للمركم اختيار كمية التيار لكي تبقى دائما مشحونة وبشكل جيد.		

٨	إذا لم تكن القراءات متماثلة مع القيم التشغيلية فهذا يدل على أن هنالك أمراً خاطئاً.		
٩	يعد جهاز التحكم بالشحن الإلكتروني أفضل من جهاز التحكم بالشحن البسيط.		
١٠	يعمل جهاز التحكم بالشحن الإلكتروني بحسب الفولطية الناتجة من الخلايا الكهروضوئيّة.		
١١	تقاس شدة التيار الكهربائي باستخدام الفولطميتر.		
١٢	وحدة قياس شدة التيار الكهربائي هي الأمبير.		
١٣	في النظام الكهروضوئيّ يتم قياس شدة التيار الكهربائي في أي نقطة يتوقع وجود قيمة له.		
١٤	جهاز الأميتر التماثلي هو النوع الأكثر شيوعاً.		
١٥	موقع نقطة القياس يعد أهم معلومة يجب توثيقها بالإضافة لقيمة شدة التيار.		
١٦	يعتمد مقاس الملقط في الأميتر الرقمي ذي الملقط على طول الكبل.		
١٧	في الأميتر الرقمي ذي الملقط يتم قياس شدة التيار عن طريق وضع الملقط حول الكبل المراد قياس شدة التيار فيه.		
١٨	يرمز لشدة التيار الكهربائي في المخططات الكهربائية بحرف C.		
١٩	يركب جهاز قياس شدة التيار الكهربائي على التوازي في الدارة الكهربائية.		
٢٠	في الفحوصات التشغيلية يتم قياس شدة التيار الكهربائي الثابت فقط.		

السؤال الثاني: (١٦ علامة)

يبين الشكل اللاحق خليتين شمسيتين يراد ربطهما على التوازي باستخدام وصلة (MC4)، والمطلوب منك توضيح طريقة الربط على الشكل:



السؤال الثالث: (٢٠ علامة)

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

١- قبل إجراء فحوصات التأريض يجب:

أ . قياس طول كبل التأريض.

ب. تغطية الألواح الشمسيّة.

ج . فصل الكهرباء الناتجة من الألواح باستخدام القاطع.

د . فحص المراكم.

٢- عندما يكون كبل التأريض غير موصول بالكهرباء يجب عمل التالي:

أ . قص الكبل. ب. لا شيء لأن هذا هو المطلوب.

ج . اصلاح الجزء التالف من الكبل. د . استبدال الكبل.

٣- يتم التأكد من موصلية قضيب التأريض باستخدام:

أ . جهاز قياس العازلية. ب. جهاز قياس الفولطية.

ج . جهاز قياس التيار. د . جهاز قياس الوزن النوعي.

٤- من الأمور التي يتم التركيز عليها عند كتابة التقرير:

أ . الأخطاء أواختلاف القراءات. ب. وصف عملية القياس.

ج . وصف المعدات المستخدمة. د . وصف النظام الكهروضوئيّ.

٥- الهدف من تغطية الألواح الشمسيّة قبل إجراء فحص التأريض هو:

أ . المحافظة على سلامة الألواح من خطر الصواعق.

ب. حماية الألواح من الغبار.

ج . حجب الإشعاع الشمسيّ عنها لتقليل التيار المنتج.
د . حماية الألواح من ارتفاع درجة الحرارة.

٦- الفئتان الأساسيتان للمراكم هما:
أ . مراكم عالية الفولطية ومراكم منخفضة الفولطية.
ب. مراكم عالية التيار ومراكم منخفضة التيار.
ج . مراكم سريعة الشحن ومراكم بطيئة الشحن.
د . مراكم يمكن شحنها من جديد ومراكم لا يمكن شحنها من جديد.

٧- عند توصيل بطاريتين على التوالي فولطية كل منهما ١٢ فولط يكون قياس الفولطية الكلية مساوياً:
أ . ٦ فولط. ب. ١٢ فولط.
ج . ٢٤ فولط. د . ٤٨ فولط.

٨- عند توصيل بطاريتين على التوازي فولطية كل منهما ١٢ فولط، يكون قياس الفولطية الكلية مساوياً:
أ . ٦ فولط. ب. ١٢ فولط.
ج . ٢٤ فولط. د . ٤٨ فولط.

٩- إذا كانت الفولطية الإسمية للمركم ١٢ فولط، فإن فولطيتها وهي فارغة تكون:
أ . أقل أو تساوي ٩,٨ فولط. ب. أقل أو تساوي ١٠,٨ فولط.
ج . أقل أو تساوي ١١,٨ فولط. د . أقل أو تساوي ١٢,٨ فولط.

١٠- يتم قياس الوزن النوعي لسائل المركم باستخدام جهاز:
أ . المانوميتر. ب. الهيدروميتر.
ج . الأفوميتر. د . الفوتوميتر.

السؤال الرابع: (١٥علامة)
اذكر ثلاث نقاط توضح من خلالها أهمية التأريض الجيد:

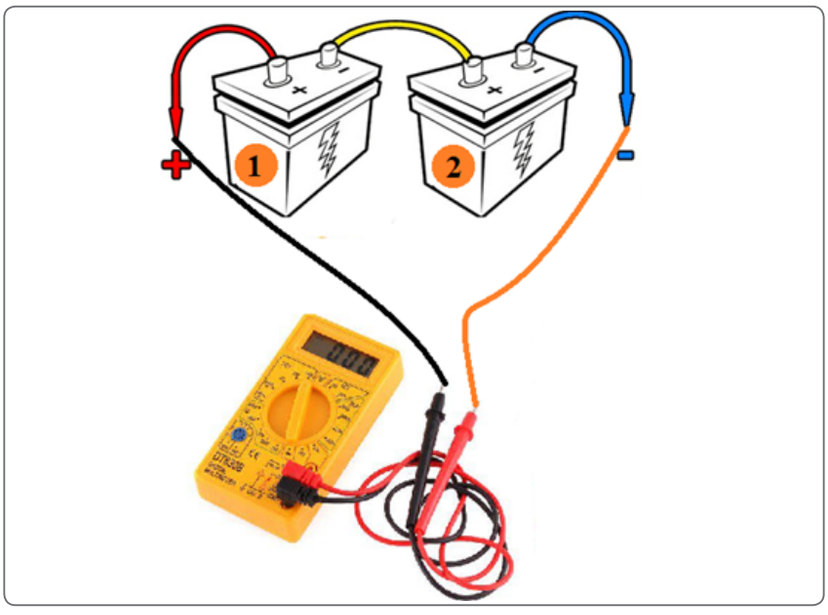
١- .....

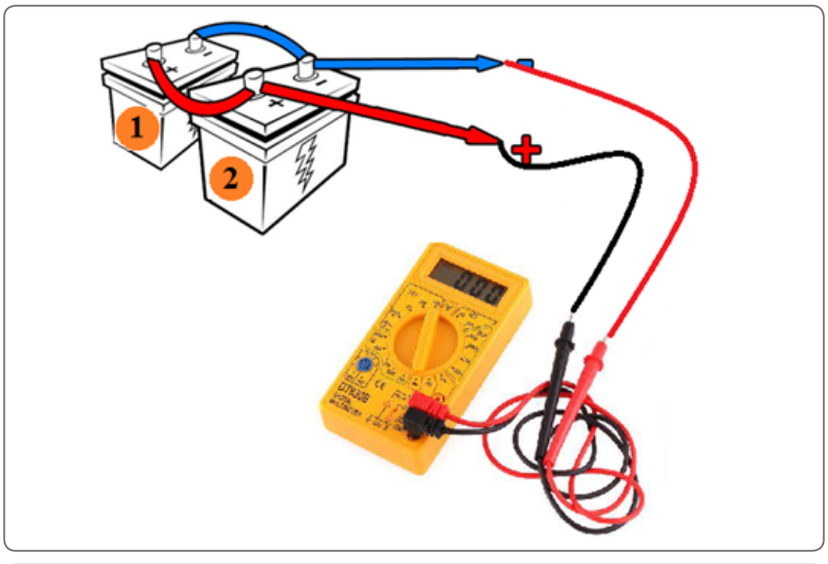
٢- .....

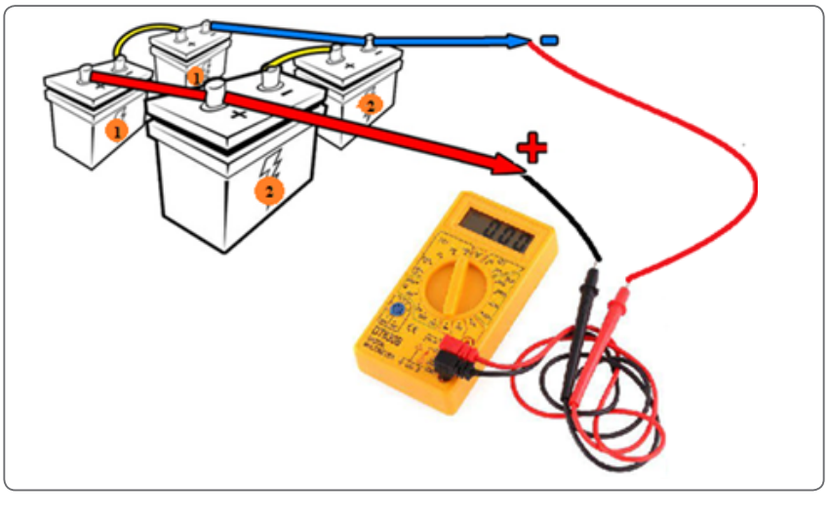
٣- .....

السؤال الخامس: (١٥ علامة):

في الأشكال الثلاثة اللاحقة، إذا علمت أن فولطية كل مركم من المراكم رقم (١)، (٢)، تساوي ١٢ فولط، كم ستكون قراءة الفولطميتر في الحالات الثلاثة المبينة في الأشكال؟







السؤال السادس: (١٤ علامة)

يبين الشكل أدناه نظام خلايا شمسية كهروضوئية، يحتوي على مركم وجهاز تحكم بالشحن.

بيّن موضحاً بالرسم أين يجب وضع طرفي الفولطميتر لقياس كلٍ من:

أ . الفولطية الداخلة لجهاز التحكم بالشحن.

ب. الفولطية الخارجة من جهاز التحكم بالشحن.

٨. اختبـار الأداء

يهدف هذا الاختبار إلى تقييم مدى إتقانك لعناصر الكفاية المتعلقة بفحص فولطية الدارة المفتوحة والتيار الأقصى للوح شمسي كهروضوئي باستخدام الملتيميتر.

١- تنفيذ التمرين ٥٠ علامة

٢- جودة التنفيذ والمنتج النهائي ٢٥ علامة

٣- تحديد وتطبيق قواعد السلامة والصحة المهنية ٢٥ علامة

اسم التمرين: فحص فولطية الدارة المفتوحة وأقصى التيار الأقصى للوح شمسي كهروضوئي باستخدام الملتيميتر

محتوى الاختبار		الخطوات الرئيسة والنقاط الحاكمة	معيار الأداء	العلامة		التسهيلات اللازمة
عناصر الأداء	عناصر المناقشة			المخصصة	الممنوحة	
التحضير لتنفيذ العمل.		ارتداء ملابس العمل المناسبة والتي تحقق متطلبات السلامة العامة وتأمين منطقة العمل.		٣		
		تجهيز العدد والأدوات والتأكد من صلاحيتها.		٣		
		التحقق من سلامة اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ.		٤		
		التعرف على مكان لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ.		٤		
		التأكد عن طريق النظر من نظافة سطح اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ والقيام بتنظيفه بوساطة قطعة القماش.		٢		
		فتح صندوق الكبلات الموجود خلف اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ لرؤية القطب الموجب والقطب السالب للوح.		٣		
		حفظ اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ بعيداً عن مكان العمل لحين بدء التمرين.		٢		
		اختيار مكان مناسب لإجراء القياسات اللازمة على اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ		٢		
	ما هي معايير اختيار المكان المناسب لإجراء القياسات؟			٢		

قياس فولطية الدارة المفتوحة عند أقصى إشعاع شمسي.		تحديد اتجاه الجنوب.	± ٢ درجة	٣		
		قراءة قيمة فولطية الدارة المفتوحة، المثبتة على لوحة المعلومات الموجودة في الجزء الخلفي من اللوح وتدوينها في الدفتر.		٣		
		ضبط قرص الملتيميتر بحيث يتم قراءة قيمة أعلى من قيمة فولطية الدارة المفتوحة المكتوبة على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسيّ.	تدريج الملتيميتر هو أول تدريج يكون أعلى مباشرة من القراءة المتوقعة.	٥		
		وصل كبل القطب الموجب للوح الشمسيّ مع كبل القطب الموجب للفولطميتر وكبل القطب السالب للوح الشمسيّ مع كبل القطب السالب للفولطميتر.		٤		
		توجيه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الشمس.		٢		
				٤		
قياس فولطية الدارة المفتوحة عند حجب الإشعاع الشمسيّ.	لماذا لا تساوي قيمة فولطية الدارة المفتوحة القيمة الموجودة على لوحة المعلومات؟	قراءة قيمة فولطية الدارة المفتوحة وتدوينها في الدفتر.	قراءة قيمة فولطية الدارة المفتوحة= قيمة فولطية الدارة المفتوحة المثبتة على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسي ± ٥ فولط	٤		
				٤		
		حجب أشعة الشمس تماماً عن اللوح الشمسيّ وذلك بسنده إلى الحائط بشكل عمودي.		٢		
قياس التيار الأقصى للوح شمسي.	لمإذا يتم توجيه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الشمس؟	قراءة قيمة فولطية الدارة المفتوحة وتدوينها في الدفتر.		٤		
		فك أسلاك الملتيميتر عن أسلاك اللوح الشمسيّ قبل البدء بفحص أقصى تيار.		٣		
		قراءة قيمة أقصى تيار المثبتة على لوحة المعلومات الموجودة في الجزء الخلفي من اللوح،		٤		
		ضبط أقطاب الملتيميتر لقراءة قيمة التيار.		٥		
		ضبط قرص الملتيميتر عند قيمة أعلى من قيمة التيار الأقصى المدون على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسيّ.	تدريج الملتيميتر هو أول تدريج يكون أعلى مباشرة من القراءة المتوقعة	٣		

	لماذا يضبط قرص الملتيميتر عند قيمة أعلى من قيمة التيار الأقصى المدون على لوحة؟	توجيه اللوح الشمسيّ الكهروضوئيّ نحو الجنوب.		٤		
		قراءة قيمة التيار الأقصى ودوّنها في دفترك.	قراءة قيمة التيار الأقصى= قيمة التيار الأقصى المثبتة على لوحة المعلومات الخاصة باللوح الشمسي ± ٥ أمبير.	٤		
		فك أسلاك الملتيميتر عن أسلاك اللوح الشمسيّ.		٢		
		جمع العدة وتنظيف مكان العمل.		٣		
سرعة الإنجاز.		أقل من (٢,٣٠)		١٠		
		من (٢,٣٠-٢,٤٥)		٥		
		من (٢,٤٦-٣,٠٠)		صفر		
العلامة الكلية				١٠٠		

اسم المدرب/الفاحص:..... التوقيع:..... التاريخ:.....

٩. قائمة المصطلحات

الرقم	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
١	جهاز الأميتر	Ammeter
٢	مصفوفة	Array
٣	وحدة التجمع	Connection Box
٤	فحص الاستمرارية	Continuity Test
٥	جهاز التحكم بالشحن الكهروضوئيّ	Charge Controller
٦	السعة	Capacity
٧	أميتر رقمي ذو ملقط	Clamp Meter
٨	أبعاد	Dimensions
٩	قضيب التأريض	Earthing Rod
١٠	فحص هبوط الجهد	Fall of Potential Test
١١	الهيدروميتر	Hydrometer
١٢	عزل	Insulation
١٣	مراكم الليثيوم	Lithium Battery
١٤	مراكم مغلقة لا تحتاج لصيانة	Maintenance Free
١٥	قدرة اسمية قصوى	Maximum Nominal Power
١٦	الحد الأقصى لتحمل الثلوج	Maximum Snow Load
١٧	الحد الأقصى لتحمل الرياح	Maximum Wind Load
١٨	مراكم النيكل المعدنية	Nickel-Metal Batteries
١٩	فولطية الدارة المفتوحة	Open Circuit Voltage (Voc)
٢٠	تيار التشغيل الأمثل	Optimum Operation Voltage
٢١	فولطية التشغيل المثلى	Optimum operation Voltage
٢٢	مراكم رصاص مفتوحة	Open Lead Acid
٢٣	تفاوت القدرة المنتجة	Power Tolerance
٢٤	ألواح شمسيّة كهروضوئيّة	Photovoltaic Modules

٢٥	تيار الماس الكهربائي	Short Circuit Current
٢٦	وزن نوعي	Specific Gravity
٢٧	نظام	System
٢٨	فحص النقاط الثلاثة	Three Point Test
٢٩	فحص الأقطاب الثلاثة	Three Pole Test
٣٠	المراكم الهلامية	Gel Battery
٣١	مراكم الحشوة الزجاجي	AGM Battery

١٠ قائمة المراجع

- كودة الطاقة الشمسيّة (١٣ . ٢)، كودات البناء الوطني الأردني

- Terry Galloway, (Solar House: A Guide for the Solar Designer), USA, ELSEVIER-Architectural Press, 2004
- G.N. Tiwari and Swapnil Dubey, (Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications), Center for Energy Studies, Indian Institute of Technology (IIT) Delhi, India, Royal Society of Chemistry Press, 2010
- US Department of Energy, (A consumer Guide:" Get your Power from the Sun), First Edition, USA, DOE, 2003
- Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie, (Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for Installers, Architects and Engineers), Second Edition, London, Earthscan, 2006
- Tom Markvart, (Practical Handbook of Photovoltaics-Fundamentals and Applications), First Edition, USA, ELSEVIER Press, 2003
- Stuart R.Wenham, Martin A. Green,(Applied Photovoltaics), Second Edition, USA Erathscan, 2007
- Sustainable Energy Authority of Ireland, (Best Practice Guide – Photovoltaics (PV) Second Edition, USA, The Department of Enterprise, 1998
- Dunlop, Florida Solar Energy Center/University of Central Florida, (Study Guide for Photovoltaic System Installers), North American Board for Certified Energy Practitioners (NABCEP), First Edition, USA, NABCEP, 2003
- William Brooks, (PV Installation Professional Resource Guide), North American Board for Certified Energy Practitioners (NABCEP), Volume 6, USA, NABCEP, 2014
- ENDECON Engineering, (A Guide to Photovoltaic (PV) Systems Design and Installation) Version 1, USA - California, ENDECON, 2001
- Clean Energy Council, (Guide to Installing Solar PV for Business and Industry), First Edition, USA, CEC press, 2014
- Solar Access to Public Capital (SAPC) Working Group, (Best Practices in PV System Operations and Maintenance), Version 1.0, USA, SAPC Publishing, March 2015

- Roger A. Messenger,(Photovoltaics Systems Engineering), USA, CRC press Second Edition, 2005
- Sandia National Laboratories, Working Safely with Photovoltaic Systems), USA, SNL press, First Edition, 1991