سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040
OmanVision

صيانة المنشآت الصلبة

Hard Facilities Maintenance

الصف الحادي عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٦ هـ – ٢٠٢٤ م

سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

صيانة المنشآت الصلبة

Hard Facilities Maintenance

الصف الحادي عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٦ هـ – ٢٠٢٤ م

المغفور لـه
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالـة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنة عُمان

الجمهورية الإسلامية الإيرانية
مضيق هرمز
الخليج العربي
بحر عُمان
بحر العرب
الإمارات العربية المتحدة
المملكة العربية السعودية
الجمهورية اليمنية
خصب
بخاء
محافظة مسندم
دبا
مدحاء (سلطنة عمان)
شناص
لوى
ميناء صحار
صحار
مطار صحار
صحم
محضة
البريمي
الخابورة
محافظة شمال الباطنة
محافظة البريمي
السويق
جزر الديمانيات
المصنعة
مطار مسقط الدولي
ميناء السلطان قابوس
السيب
بركاء
مطرح
مسقط
وادي المعاول
بوشر
العامرات
السنينة
ينقل
ضنك
محافظة جنوب الباطنة
نخل
بدبد
سماتل
قريات
محافظة مسقط
الرستاق
عبري
العوابي
محافظة الظاهرة
الحمراء
بهلاء
ازكي
نزوى
دماء والطائيين
محافظة شمال الشرقية
منح
محافظة الداخلية
إبراء
وادي بني خالد
صور
القابل
المضيبي
بدية
أدم
محافظة جنوب الشرقية
الكامل والوافي
جعلان بني بو حسن
جعلان بني بو علي
محوت
مصيرة
محافظة الوسطى
هيماء
ميناء الدقم
الدقم
مطار الدقم
مقشن
الجازر
محافظة ظفار
شليم وجزر الحلانيات
المزيونة
ثمريت
جزر الحلانيات
حيراوت
سلالة
مطار صلالة
طاقة
مرباط
سدح
ميناء صلالة
رخيوت
ضلكوت
52° شرقا
54° شرقا
56° شرقا
58° شرقا
60° شرقا
26° شمالا
24° شمالا
22° شمالا
20° شمالا
18° شمالا
أنتجت بالهيئة الوطنية للمساحة ، وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2018 م .
حقوق الطبع © محفوظة للهيئة الوطنية للمساحة، وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2018 م .
لا يعتد بهذه الخريطة من ناحية الحدود الدولية .
عاصمة
ميناء
مطار
طريق مرصوف
طريق ممهد
الحدود الدولية
0 50 100 150 200 Km

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ ضياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

ترتكز مناهج التخصصات الهندسية والصناعية في التعليم المهني والتقني على التطبيق العملي في ورش التدريب المجهزة باشتراطات الأمن والسلامة؛ وذلك وفق إرشادات وخطوات وأسس تقويم مضمنة في الإطار العام للمناهج، والأنشطة العملية، والخطط التدريسية للوحدات الدراسية، ووثيقة تقويم تعلم الطلبة. وتحوي الوحدات المضمنة في هذا الكتاب على المحتوى المعرفي النظري فقط من المنهج.

ألف هذا الكتاب فريق من المتخصصين تحت إشراف الجمعية العمانية للطاقة (أوبال) الشريك الاستراتيجي في تطبيق التخصصات الهندسية والصناعية، وروجع من عدد من المختصين التربويين من وزارة التربية والتعليم، والمديرية العامة للكليات المهنية والكلية المهنية بالسيب (وزارة العمل).

محفوظة جميع الحقوق

جميع حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم، ولا يجوز الطبع أو التصوير أو إعادة نسخ الكتاب كاملاً أو مجزأً أو ترجمته أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

جمعية مهنية مرخصة من وزارة التنمية الاجتماعية منذ عام ٢٠٠١م، تضم في عضويتها أكثر من ٥٠٠ مؤسسة تعمل في قطاع الطاقة – والذي يعد أهم قطاع اقتصادي في سلطنة عمان – وتشمل هذه المؤسسات المنتجين والمشغلين والمقاولين والموردين. وتقوم الجمعية بالشراكة مع وزارة العمل ووزارة الطاقة والمعادن وبالتعاون مع المؤسسات والشركات العاملة بالقطاع برصد هيكلة سوق العمل، وتحليل احتياجاته من الكوادر، وبناء القدرات، وتطوير كفاءة الموارد البشرية، وتعزيز الجودة، وبناء المعايير المهنية، وتطوير البرامج التدريبية والتعليمية واعتمادها من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي تطبيق التعليم المهني والتقني في مرحلة التعليم ما بعد الأساسي (١١-١٢) استجابة للتوجيهات السامية لحضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم -حفظه الله ورعاه- الداعية إلى تطوير التعليم بمستوياته وأنواعه المختلفة، والاهتمام بالمخرجات التعليمية للالتحاق بسوق العمل ومؤسسات التعليم العالي، وتطبيقا لرؤية عُمان ٢٠٤٠ التي أكدت على أهمية إيجاد مناهج تعليمية مواكبة لمتطلبات التنمية المستدامة ومهارات المستقبل، ومعززة للقيم، ومراعية لمبادئ الدين الإسلامي، والهوية العمانية، ومستلهمة من تاريخ عمان وتراثها الثري.

ويهدف التعليم المهني والتقني إلى دعم التنوع في المسارات التعليمية، وإكساب الطلبة المعارف والمهارات المهنية التي تهيؤهم لسوق العمل وتؤهلهم للالتحاق بمؤسسات التعليم العالي، وتنمية اتجاهاتهم وقيمهم المهنية الإيجابية، وتحفيزهم للالتحاق بالمهن المختلفة، وتوفير بيئة جاذبة للتعلم تساعد الطلبة على اكتساب المعارف وتنمية مهاراتهم المختلفة.

وتحرص وزارة التربية والتعليم على تطبيق التعليم المهني والتقني من خلال تحقيق الشراكات مع القطاعات الاقتصادية في كافة مراحل التخطيط والتنفيذ، ويشمل ذلك تحديد التوجهات والمجالات والتخصصات وتحليل الاحتياجات. ويأتي تدريس التخصصات الهندسية والصناعية لطلبة الصفين الحادي عشر والثاني عشر بالتعاون مع قطاع الطاقة ممثلا بالجمعية العمانية للطاقة (أوبال) بصفتها شريكا استراتيجيا في تدريس المواد التخصصية، من خلال عدد من المؤسسات التدريبية الخاصة المعتمدة من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

وقد بُنيت المناهج الدراسية للتعليم المهني والتقني (التخصصات الهندسية والصناعية) استنادا إلى المعايير المهنية الوطنية التي تم تطويرها في ضوء الإطار الوطني للمؤهلات، وإلى قانون التعليم المدرسي في تنظيم مجالات العمل التربوي، ومبادئ فلسفة التعليم المؤكدة على تهيئة الفرص المناسبة لبناء الشخصية المتكاملة للمتعلمين، وتعزيز قيم العمل والإنتاج لدى الطلبة، وصقل مهاراتهم، وتعزيز قدراتهم وميولهم المهنية، وتمكينهم من مهارات ريادة الأعمال والابتكار.

إن هذا الكتاب بما يحويه من معارف ومهارات وقيم واتجاهات يأتي متوافقا مع خصوصية البيئة العمانية والهوية الثقافية للمجتمع العماني، إذ يعدّ مصدرا معرفيا ومهاريا خصبا متضمنا تطبيقات مهنية داعمة لتعلم الطلبة.

سائلة الله العلي القدير لأبنائنا الطلبة التوفيق والنجاح، وتحقيق ما يصبون إليه من تطلعات وآمال؛ لخدمة هذا الوطن العزيز تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم حفظه الله ورعاه.

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية
وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

تقديم 1

الوحدة الأولى

أساسيات الكهرباء

(Basic Electrical Principles) 5

الوحدة الثانية

السلامة الكهربائية

(Electrical Safety) 43

الوحدة الثالثة

الأعطال والصيانة الكهربائية

(Electrical Malfunctions and Maintenance) 73

الوحدة الرابعة

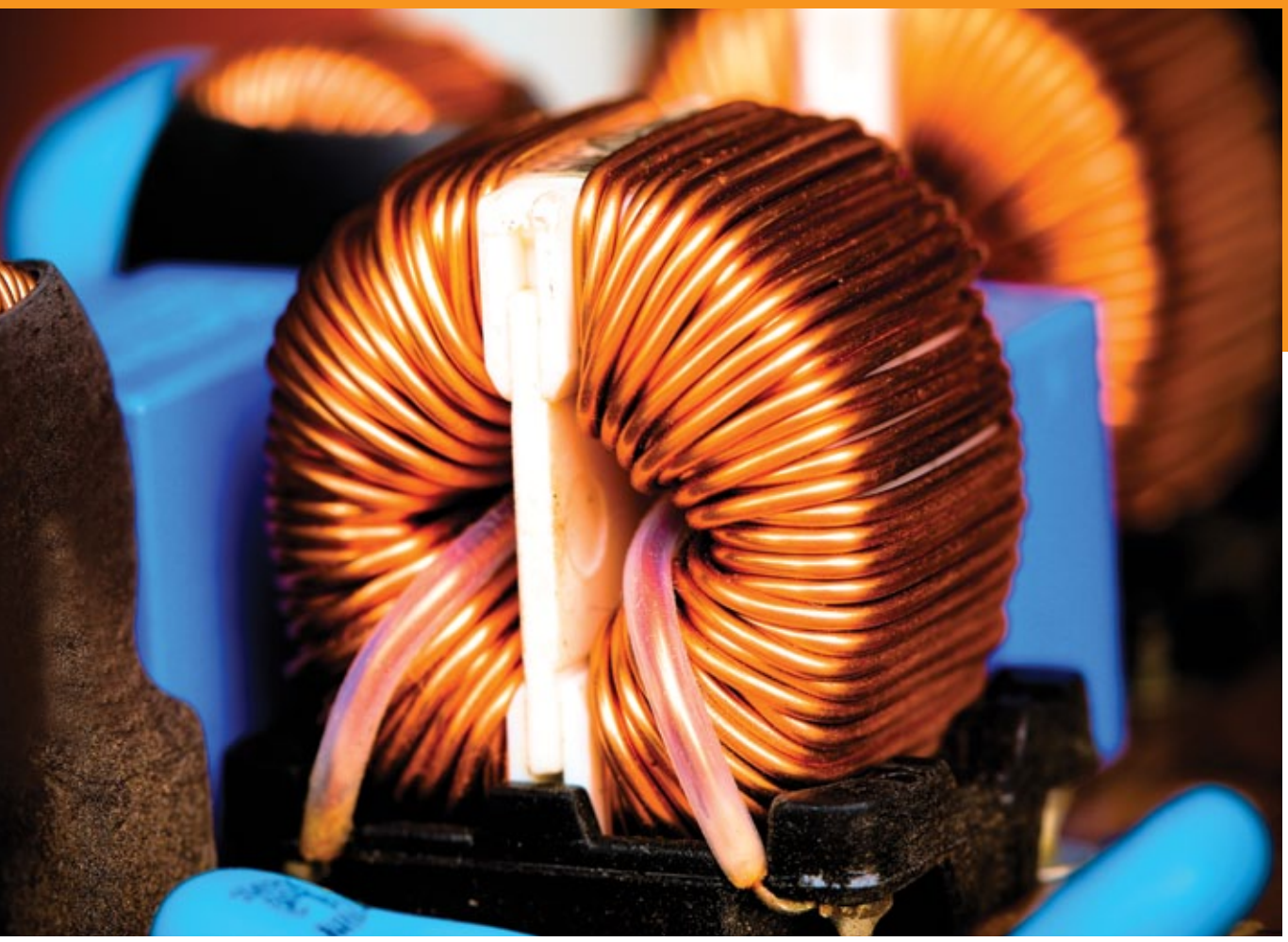
التطبيقات الكهربائية

(Electrical Applications) 147

الوحدة الأولى

أساسيات الكهرباء

Basic Electrical Principles



محتويات الوحدة الأولى

الدرس الأول

الكميات الكهربائية الأساسية (Basic Electrical Quantities) 8

الدرس الثاني

قانون أوم (Ohm's Law) 14

الدرس الثالث

الدوائر الكهربائية (Electrical Circuits) 17

الدرس الرابع

المقاومات (Resistors) 22

الدرس الخامس

المكثّفات (Capacitors) 31

الدرس السادس

المحثات (Inductors) 37

أسئلة الوحدة 41

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يصنف الكميات الكهربائية الأساسية حسب ماهيتها، ووحدتها، ودورها الكهربائي.
- يقارن بين التيار المستمر والتيار المتردد.
- يشرح أهمية فرق الجهد الكهربائي في تدفق الشحنات.
- يطبق معادلات شدة التيار الكهربائي وفرق الجهد والمقاومة.
- يطبق قانون أوم في حساب فرق الجهد الكهربائي والتيار الكهربائي والمقاومة.
- يقارن بين أنواع التوصيل في الدوائر الكهربائية.
- يرسم دائرة كهربائية بمكوناتها مستخدما الرموز.
- يفهم مبدأ عمل المقاومات، وأنواعها المختلفة، وكيفية استخدامها في الدوائر الكهربائية.
- يقارن بين المكثفات والمحثات من حيث دورها في تخزين الطاقة.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المعارف والمهارات العلمية المتعلقة بالكميات الكهربائية الأساسية، وكيفية تطبيق المعادلات المتعلقة بها، وتعريفهم بقانون أوم ومعادلاته، ومكونات الدائرة الكهربائية، وفهم كيفية تدفق التيار الكهربائي خلالها، ورسمها باستخدام الرموز، إضافة إلى تدريبهم على كيفية تطبيق ذلك في الورشة مع الالتزام بمعايير الأمن والسلامة، وتمكينهم من فهم الفروقات القائمة بين أنواع المقاومات وترميزها، ودور المكثفات والمحثات في تخزين الطاقة.

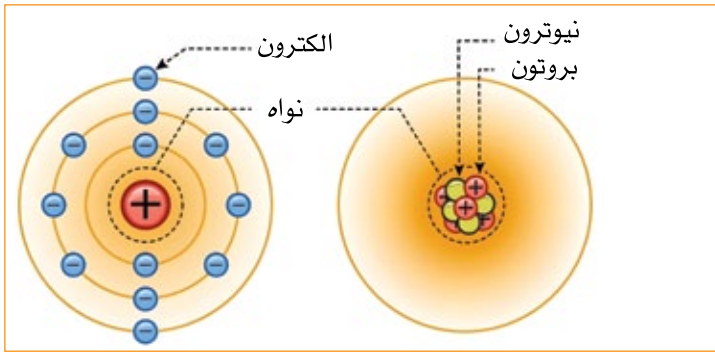
الكميات الكهربائية الأساسية

(Basic Electrical Quantities)

يعود اكتشاف الكهرباء للمرة الأولى إلى آلاف السنين برصد الإنسان لبعض الظواهر الكهربائية قبل أن يتمكن من فهمها ودراستها، ومن أهم هذه الظواهر قدرة مادة الكهرمان/العنبر (Amber) على جذب الأجسام خفيفة الوزن عند احتكاكها بالصوف، وما أظهرته تجربة العالم الأمريكي بنجامين فرانكلين (Benjamin Franklin) بربط مفتاح معدني في نهاية خيط طائرة ورقية، وإطلاقها في عاصفة رعدية، وعند اقتراب العاصفة الرعدية من الطائرة لمس فرانكلين المفتاح المثبت في الخيط، وحدثت شرارة كهربائية، ومن هناك توالت بعد ذلك البحوث والتجارب والدراسات التي تناولت الكميات الأساسية في الكهرباء.

الشحنة الكهربائية (Electric Charge)

تُعرف الشحنة بأنها خاصية تحملها الجسيمات (Particles) في الذرة (Atom)، وتمكنها من التنافر أو التجاذب مع الأجسام المشحونة الأخرى، وتتكون الذرات من نواة (Nucleus) تحتوي على نوعين من الجسيمات دون الذرية، هما: البروتونات (Protons) التي تحمل شحنة موجبة (Positive Charges)، والنيوترونات التي تكون متعادلة الشحنة (Neutrons with no Charges)، ويدور حول نواة الذرة مجموعة من الجسيمات الصغيرة التي تحمل شحنات سالبة (Negative Charges)، وتُسمى الإلكترونات (Electrons)، التي تتساوى في قيمتها مع شحنة البروتون الواحد، مما يجعل الذرة متعادلة كهربائيًّا (Electrically Neutral).



يكون ارتباط الإلكترونات بالذرة ضعيفًا؛ لذا تستطيع الانتقال من ذرة إلى أخرى، فالذرات التي تفقد إلكتروناتها تصبح مشحونة بشحنة موجبة، والذرات التي تكتسب إلكترونات تصبح مشحونة بشحنة سالبة، وتقاس الشحنة الكهربائية (Q) بوحدة الكولوم (Coulomb (C))، ويوضح الجدول الآتي مقدار الشحنات في مكونات الذرة:

الجسيم	الشحنة (C)
الإلكترون (e)	-1.6×10^{-19}
البروتون (p)	1.6×10^{-19}
النيوترون (n)	صفر (لا شحنة له)

خصائص الشحنات الكهربائية

من خصائص الشحنة الكهربائية الآتي:

- التجاذب والتنافر: فالأجسام المشحونة بشحنتين مختلفتين تتجاذب، والأجسام المشحونة بشحنتين متشابهتين تتنافر.
- الثبات: فالشحنة لا تُفنى ولا تُستحدث من العدم، أي أن الشحنة الكلية في نظام مغلق تبقى ثابتة، فإذا فقد جسم ما شحنته، فسيكتسبها جسم آخر، وهذا ما يطلق عليه بقانون حفظ الشحنة (Charge Conservation).
- الشحنة الكهربائية تكون مكممة (Quantization of Charge): فهي تأتي بمقدار محدد لا يتجزأ، وهو مقدار شحنة الإلكترون (-1.6×10^{-19}).

التيار الكهربائي (Current)

تُصنف المواد إلى مواد فلزية وأخرى لافلزية بناء على قدرة الإلكترونات على التنقل بحرية بين ذرات المواد؛ حيث تسمح المواد الفلزية بانتقال الإلكترونات فيها بين الذرات، أما المواد اللافلزية فهي المواد التي تحتفظ بإلكتروناتها بصورة محكمة، ولا تسمح لها بالانتقال بين ذراتها، وهناك نوع ثالث من المواد تسمى أشباه الفلزات (Semimetals/Metalloids)، وتتميز بخواص وسطية بين الفلزات واللافلزات؛ إذ يُتحكم بموصليتها (Conductivity) من خلال إضافة ذرات مواد أخرى، أو بتغيير درجات الحرارة، ومن أمثلتها: السيلكون والجرمانيوم (Silicon and Germanium).

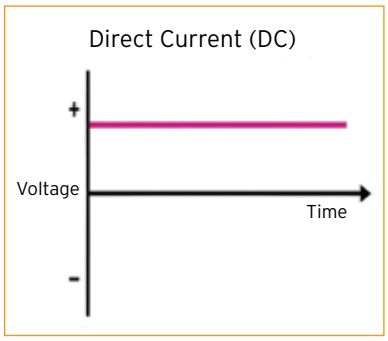
ويُعرف التيار الكهربائي على أنه تدفق الإلكترونات عبر المادة الفلزية عن طريق القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force (e.m.f))، التي توفرها البطارية (Battery)، أو الخلية (Cell)، والتي يكون أحد أطرافها موجبًا، فتنجذب الإلكترونات إليه، وتتحرك باتجاهه، ويرمز إليه بالرمز I ، ويقاس بوحدة الأمبير (A) (Ampere).

القوة الدافعة الكهربائية
(Electromotive force (e.m.f)

هي فرق الجهد الكهربائي (p.d.) بين قطبي مصدر جهد كهربائي.

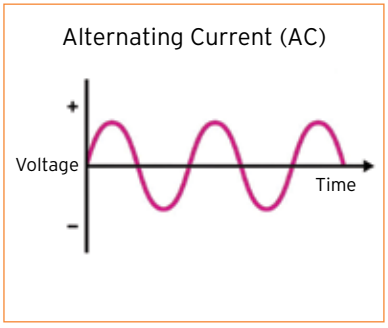
أنواع التيار الكهربائي

يُصنف التيار الكهربائي إلى نوعين، هما: التيار الكهربائي المستمر (DC)، والتيار الكهربائي المتردد (AC).



- **التيار الكهربائي المستمر (Direct Current (DC)):**

يتمثل في التدفق المستمر للشحنة الكهربائية في اتجاه واحد ثابت، وبجهد كهربائي ثابت أيضًا (Voltage Stability).



- **التيار الكهربائي المتردد (Alternating Current (AC)):**

هو التيار الكهربائي الذي يتغير فيه اتجاه تدفق الشحنات الكهربائية بشكل دوري؛ حيث يتذبذب التيار الكهربائي في اتجاهين (الإيجابي والسلبي) بدلًا من التدفق في اتجاه ثابت، ويكون الجهد الكهربائي متغيرًا (Voltage Variation).

ويوضح الجدول الآتي الفرق بين التيار الكهربائي المستمر، والتيار الكهربائي المتردد:

وجه المقارنة	التيار الكهربائي المستمر	التيار الكهربائي المتردد
اتجاه التيار الكهربائي	يتدفق دائما في اتجاه واحد، وتنتقل الإلكترونات من الطرف السالب (−) إلى الطرف الموجب (+).	يتغير الاتجاه بشكل دوري، وتتحرك الإلكترونات ذهابًا وإيابًا.
المسافات	لا يمكن نقله إلى مسافات طويلة جدًّا؛ فقد يفقد جزءًا كبيرًا من الطاقة الكهربائية عند نقله.	يمكن نقله عبر مسافات طويلة دون فقد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية.
التطبيقات	■ الأجهزة التي تعمل بالبطارية، مثل: المصابيح الكهربائية، والأجهزة الإلكترونية المحمولة. ■ الإلكترونيات التي تحتوي على مكونات أشباه الفلزات، مثل: أجهزة الحاسوب، ووحدات التحكم الدقيقة.	■ المخارج أو المنافذ الكهربائية المنزلية، مثل: المصابيح الكهربائية، والأجهزة. ■ شبكات توزيع الطاقة. ■ الآلات الصناعية.

قياس شدة التيار الكهربائي
(Measurement of Electric Current Intensity)

يُستخدم جهاز الأميتر (Ammeter) لقياس كمية الشحنات الكهربائية التي تمر خلال نقطة ما في الثانية الواحدة، ويجب أن يكون توصيل الأميتر مع مسار تحرك التيار الكهربائي في الدائرة (Circuit)، فإذا وُصل بطريقة عكسية، أعطى قراءة خاطئة سالبة.

وتُحسب شدة التيار الكهربائي بالمعادلة الآتية:

$$\text{شدة التيار الكهربائي} = \frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{الزمن}}$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

مثال (1)

يتدفق تيار كهربائي شدته $(10\ A)$ في دائرة كهربائية لمدة $6\ s$، ما مقدار الشحنة الكهربائية التي تتدفق في الدائرة؟

المعطيات:

شدة التيار الكهربائي $(I) = 10\ A$

الزمن $(t) = 6\ s$

الحل:

$$\text{شدة التيار الكهربائي} = \frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{الزمن}}$$

$$10 = \frac{Q}{6}$$

$$Q = 10 \times 6$$

$$Q = 60\ C$$

الجهد الكهربائي (Voltage)

هو الطاقة اللازمة لتدفق الشحنات الكهربائية عبر الدائرة الكهربائية المغلقة بسبب فرق الجهد الكهربائي (Potential Difference (***p.d***)) بين طرفي الخلية أو البطارية، ويُسمى فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية أو الخلية بالقوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force (***e.m.f***)).

ويقاس فرق الجهد الكهربائي باستخدام جهاز الفولتميتر (Voltmeter)، الذي يوصل بين طرفي المكون (الخلية أو البطارية)، ووحدته هي الفولت (Volt (***V***)).

المقاومة الكهربائية (Resistance)

لكل موصل (بطارية أو خلية) خاصية تعيق مرور التيار الكهربائي في الدائرة، وتُسمى هذه الخاصية بالمقاومة (Resistance)، بمعنى آخر: يُتحكم بشدة التيار الكهربائي المار بإضافة أجزاء لها مقاومة في الدائرة الكهربائية، ويعبر عن المقاومة بوحدة الأوم (Ohm)، ويرمز لها بالرمز (**Ω**)، وتُحسب المقاومة بمعرفة شدة التيار الكهربائي المار، وفرق الجهد الكهربائي حسب المعادلة الآتية:

$$\text{المقاومة} = \frac{\text{فرق الجهد الكهربائي}}{\text{شدة التيار الكهربائي}}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

مثال (2)

إذا علمت أن فرق الجهد بين طرفي مقاومة في دائرة كهربائية يساوي (20 ***V***)، ويمر بها تيار كهربائي شدته (0.05 ***A***)، احسب قيمة المقاومة.

المعطيات:

شدة التيار الكهربائي (***I***) = 0.05 ***A***

فرق الجهد الكهربائي (***V***) = 20 ***V***

الحل:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{0.05} = 400\ \Omega$$

القدرة الكهربائية (Power)

يشير مصطلح القدرة الكهربائية إلى القدرة التشغيلية لجهاز ما، وهي مقياس لمعدل استهلاك الطاقة الكهربائية التي ينقلها الجهاز من مكان إلى آخر، وتقاس بوحدة الواط (Watt (W))، وتعتمد قدرة الموصل على فرق الجهد الكهربائي وشدة التيار الكهربائي، ويُعبَّر عنها بالمعادلة الآتية:

القدرة = شدة التيار الكهربائي × فرق الجهد الكهربائي

$$P = I \times V$$

الطاقة الكهربائية (Electrical Energy)

هي شكل من أشكال الطاقة الناتجة عن حركة الشحنات الكهربائية، وتقاس بوحدة الجول. ويُحسب مقدار الطاقة الكهربائية التي ينقلها المصدر من مكان إلى آخر بالمعادلة الآتية:

الطاقة الكهربائية المنقولة = القدرة × الزمن

$$E = P \times t$$

أو

الطاقة الكهربائية المنقولة = شدة التيار الكهربائي × فرق الجهد الكهربائي × الزمن

$$E = I \times V \times t$$

مثال (3)

شُغّل مصباح بفرق جهد كهربائي مقداره ($300\ V$)، وبلغت شدة التيار الكهربائي ($0.6\ A$). احسب القدرة الكهربائية، ومقدار الطاقة الكهربائية المنقولة من مكان إلى آخر خلال دقيقة.

المعطيات:

$V = 300$

$I = 0.6\ A$

$t = 1\ m$

$m = 60\ s$

الحل:

- **حساب القدرة الكهربائية**

القدرة = شدة التيار الكهربائي × فرق الجهد الكهربائي

$P = I \times V$

$P = 0.6 \times 300$

$P = 180\ W$

- **حساب مقدار الطاقة الكهربائية**

الطاقة الكهربائية المنقولة = القدرة × الزمن

$E = P \times t$

$E = 180 \times 60$

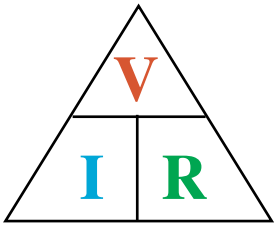
$E = 10800\ J$

الدرس الثاني

قانون أوم

(Ohm's Law)

تمكن الفيزيائي الألماني جورج سيمون أوم بعد إجراء العديد من التجارب الكهربائية من الربط بين الكميات الأساسية الكهربائية، وهي: شدة التيار الكهربائي، وفرق الجهد الكهربائي، والمقاومة، وتوصل إلى أن «التيار الكهربائي المار في موصل بين نقطتين يتناسب طرديًا مع فرق الجهد الكهربائي، ويتناسب عكسيًا مع مقاومة الموصل»، وهذا ما يعرف علميا بقانون (أوم)، ويعبر عنه بالمعادلة الآتية:



$$\text{شدة التيار الكهربائي} = \frac{\text{فرق الجهد الكهربائي}}{\text{المقاومة}}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

أمثلة تطبيقية على قانون أوم

أولا: حساب فرق الجهد الكهربائي

يُحسب فرق الجهد الكهربائي بمعرفة قيمة شدة التيار الكهربائي والمقاومة حسب المعادلة الآتية المشتقة من قانون أوم:

$$V = I \times R$$

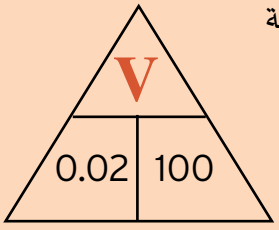
ويتضح من المعادلة السابقة أنه:

- **في الدوائر الكهربائية المختلفة:** كلما زاد التيار الكهربائي أو المقاومة زاد فرق الجهد الكهربائي المطلوب لحركة التيار الكهربائي عبر الدائرة.
- **في الدوائر الكهربائية المختلفة:** إذا كانت المقاومة كبيرة، وفرق الجهد الكهربائي ثابتًا، فإن التيار الكهربائي سيكون أقل.
- **في الدائرة الكهربائية الواحدة:** تظل المقاومة ثابتة لا تتغير، وكلما زاد فرق الجهد زادت شدة التيار الكهربائي مع بقاء المقاومة ثابتة.

مثال (1)

دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة مقدارها 100 Ω، ويمر خلالها تيار كهربائي شدته 0.02 A، احسب الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة.

الحل:



فرق الجهد الكهربائي = شدة التيار الكهربائي × المقاومة

$$V = I \times R$$

$$V = 0.02 \times 100$$

$$= 2\ V$$

ثانيا: حساب شدة التيار الكهربائي

تُحسب شدة التيار الكهربائي المار بمعرفة فرق الجهد الكهربائي والمقاومة باستخدام المعادلة الآتية المشتقة من قانون أوم:

$$I = \frac{V}{R}$$

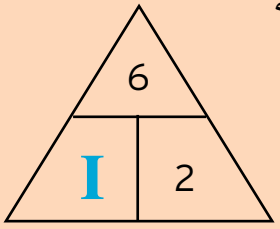
ويتضح من المعادلة السابقة أنه:

- **كلما زاد الجهد الكهربائي مع بقاء المقاومة ثابتة زاد التيار الكهربائي.**
- **كلما زادت المقاومة مع بقاء الجهد الكهربائي ثابتًا قل التيار الكهربائي.**

مثال (2)

دائرة كهربائية بها مقاومة مقدارها (2 Ω)، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيها (6V). احسب شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة.

الحل:



شدة التيار الكهربائي = فرق الجهد الكهربائي ÷ المقاومة

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{6}{2}$$

$$I = 3\ A$$

ثالثا: حساب المقاومة

تُحسب المقاومة بمعرفة فرق الجهد الكهربائي وشدة التيار الكهربائي باستخدام المعادلة المشتقة من قانون أوم:

$$R = \frac{V}{I}$$

ويتضح من المعادلة السابقة أنه:

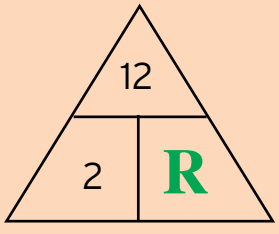
- **كلما زاد فرق الجهد الكهربائي مع بقاء التيار الكهربائي ثابتًا زادت المقاومة.**
- **إذا زاد التيار الكهربائي مع بقاء فرق الجهد الكهربائي ثابتًا قلت المقاومة.**

مثال (3)

إذا علمت أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي مقاومة في دائرة كهربائية يساوي V 12، ويمر بها تيار كهربائي شدته A 2. احسب قيمة المقاومة.

الحل:

المقاومة= فرق الجهد الكهربائي ÷ شدة التيار الكهربائي



$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{12}{2}$$

$$R = 6\ \Omega$$

الدوائر الكهربائية

(Electrical Circuits)

تعد الدوائر الكهربائية أساس النظام الكهربائي؛ فهي عبارة عن مسار مغلق من مجموعة من المكونات المرتبطة مع بعضها البعض بسلك موصل يسري خلاله التيار الكهربائي لتشغيل الأجهزة والأدوات والأنظمة الكهربائية، ومن مكونات الدائرة الكهربائية الآتي:

- **الخلية** (Cell):

وحدة أساسية لتخزين الطاقة، تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية (Chemical Energy) إلى طاقة كهربائية.

- **البطارية** (Battery):

جهاز يقوم بتخزين الطاقة الكيميائية، وتحويلها إلى طاقة كهربائية، وتتكون البطارية عادة من عدة خلايا.

- **سلك التوصيل** (Connecting Wire):

مادة موصلة (Conductor)، تُصنع غالبا من النحاس أو الألمنيوم، محاطة بغلاف عازل (Insulation Layer).

- **مفتاح كهربائي** (On/ Off Switch):

يكتمل مسار الدائرة عند غلقه وينقطع مرور التيار الكهربائي عند فتحه.

- **مصدر الجهد الكهربائي** (Voltage Source):

جهاز يوفر فرقا ثابتًا أو متغيرًا للجهد الكهربائي في الدائرة.

- **مصباح** (Bulb):

جهاز يحتوي على خيوط معدنية تتوهج عند مرور التيار الكهربائي.

- **فولتميتر** (Voltmeter):

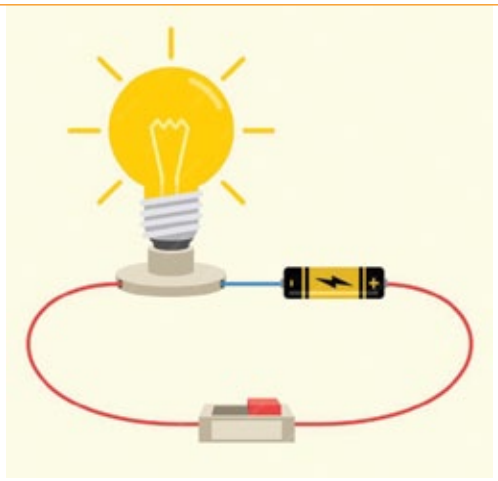
أداة تُستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين.

- **الأميتر** (Ammeter):

أداة تُستخدم لقياس شدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.

- **المنصهر** (Fuse):

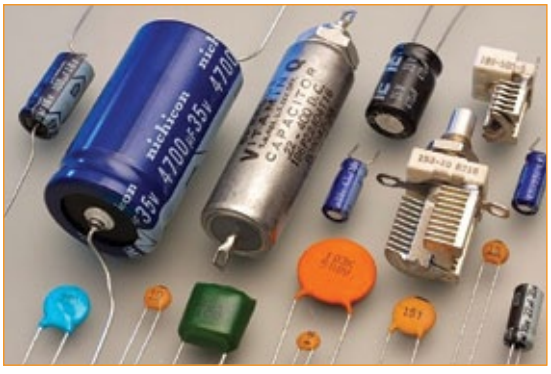
جهاز أمان يحتوي على سلك معدني ينصهر عند تجاوز التيار الكهربائي حده الآمن.



دائرة كهربائية

- **المقاومات (Resistors):**

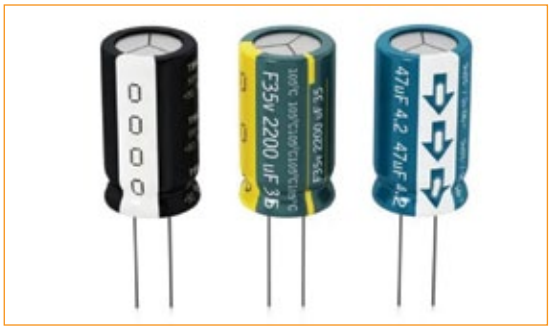
تستخدم المقاومات في الدائرة الكهربائية للتحكم في شدة التيار الكهربائي الذي يمر خلالها، مما يؤدي إلى انخفاض الجهد الكهربائي، وحماية مكونات الدائرة من التلف، ومن أمثلة ذلك: المقاومات المستخدمة في دوائر التدفئة كالسخانات.



المقاومات

- **المكّثفات (Capacitiors):**

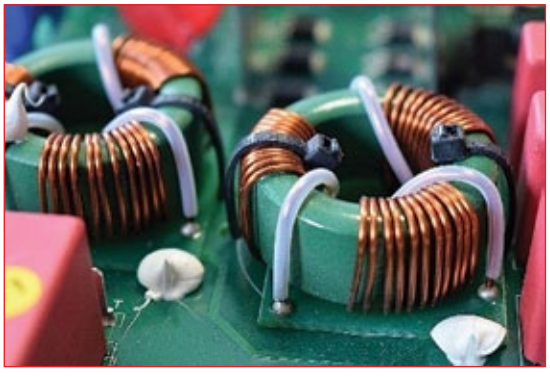
تُعد المكثفات من العناصر الأساسية في الدوائر الكهربائية، إذ تعمل على تحسين أداء الدوائر الكهربائية عن طريق تخزين الطاقة الكهربائية على هيئة شحنات كهربائية لفترة زمنية مؤقتة.



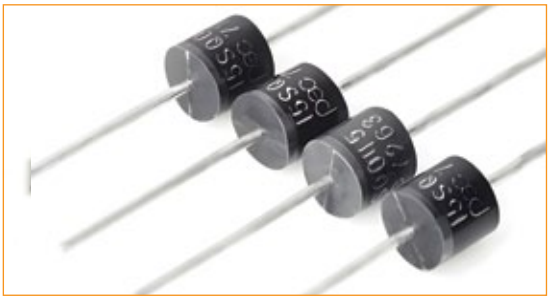
المكثفات

- **المحثات (Inductors):**

تخزن المحثات الطاقة في المجال المغناطيسي (Magnetic Field) الناتج عن مرور التيار الكهربائي في المحث، وتتناسب شدة المجال المغناطيسي المتكون في المحث مع شدة التيار الكهربائي المار فيه.



المحثات



الدايودات

■ الدايودات (Diodes):

هي من أبسط المكونات في الدائرة الكهربائية، ويتكون الدايود من طرفين، هما: المصعد (Anode)، والمهبط (Cathode)، ويمر التيار الكهربائي خلالهما، وتُستخدم للسماح للتيار الكهربائي بالمرور في اتجاه واحد، ومنعه من المرور في الاتجاه المعاكس.

الرموز الكهربائية (Electrical Symbols)

تُستخدم الرموز الكهربائية في مخططات الدائرة الكهربائية (Circuit Diagrams)؛ لتمثيل المكونات الكهربائية المختلفة، وتوضيح كيفية توصيلها مع بعضها، ويوضح الجدول الآتي أهم الرموز المستخدمة في الرسوم التخطيطية للدوائر الكهربائية.

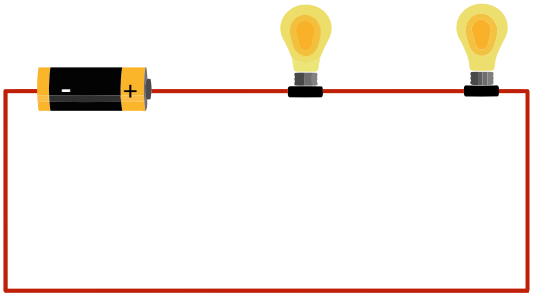
م	المكون	الرمز
1	الخلية (Cell)	
2	البطارية (Battery)	
3	سلك التوصيل (Connecting Wire)	
4	المفتاح الكهربائي المفتوح (Open Switch)	
5	المفتاح الكهربائي المغلق (Closed Switch)	
6	مصدر الجهد الكهربائي (Voltage Source)	
7	المصباح (Bulb)	
8	الفولتميتر (Voltmeter)	
9	الأميتر (Ammeter)	
10	المنصهر (Fuse)	
11	المقاومة (Resistors)	
12	المحثات (Inductors)	
13	المكثفات (Capacitiors)	مكثف ثابت، مكثف مستقطب، مكثف متغير
14	الدايودات (Diodes)	

أنواع الدوائر الكهربائية

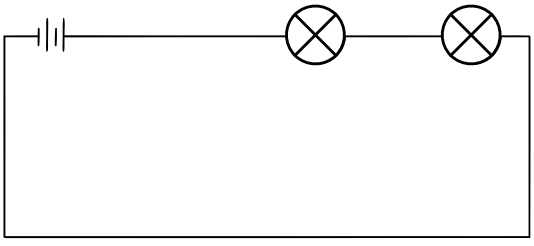
تُصنف الدوائر الكهربائية وفقًا لنوع التوصيل الكهربائي، وحركة التيار الكهربائي فيها إلى الأنواع الآتية:

■ دائرة التوصيل على التوالي
(Series Circuit)

توصل فيها جميع المكونات بمسار كهربائي واحد، بحيث يتدفق التيار الكهربائي عبر كل مكون بالتتابع (End-to-end)، وأي انقطاع أو عطل في أحد المكونات يؤدي إلى توقف التيار الكهربائي في الدائرة بالكامل، وتُستخدم دوائر التوالي غالبًا في التطبيقات التي تتطلب تدفقًا ثابتًا للتيار في جميع المكونات، مثل: بعض مصابيح الإضاءة المتسلسلة.



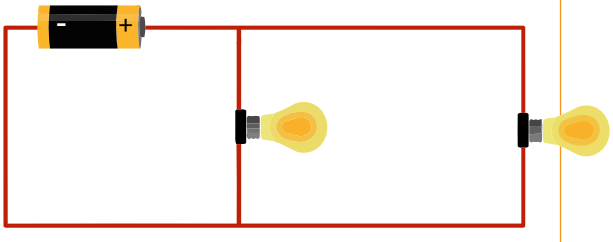
Series Circuit Drawing



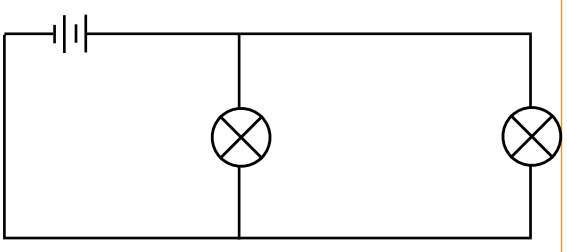
Series Circuit Diagram

■ دائرة التوصيل على التوازي
(Parallel Circuit)

توصل جميع المكونات بشكل متوازٍ في هذه الدائرة، بحيث يكون لكل مكون مسار خاص للتيار الكهربائي، بينما يكون الجهد الكهربائي ثابتًا عبر جميع المكونات، وتتميز هذه الدائرة باستمرارية عمل المكونات الأخرى إذا تعطل أحدها، مما يجعلها مثالية للتوصيلات التي تتطلب مرونة واستمرارية في عمل المكونات.



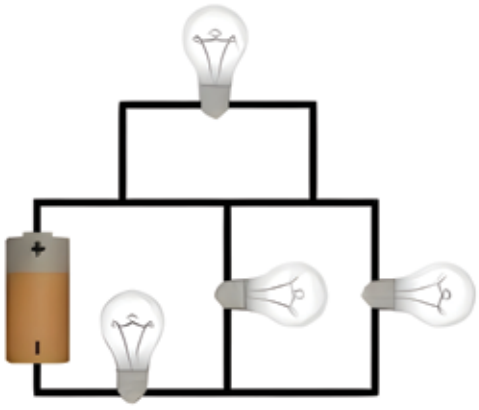
Parallel Circuit Drawing



Parallel Circuit Diagram

الدائرة المركبة
(Combination Circuit)

هي دائرة كهربائية تجمع بين توصيلات التوالي (Series) والتوازي (Parallel) في الدائرة نفسها؛ حيث تكون بعض المكونات متصلة على التوالي، وأخرى متصلة على التوازي، ويُعد نظام الإضاءة في السيارة نموذجًا على الدائرة المركبة.



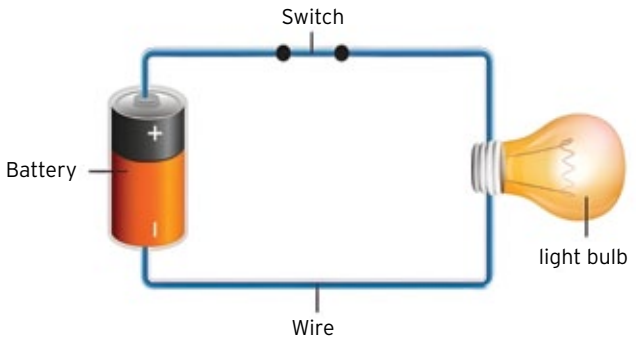
Combination Circuit

خطوات رسم مخططات الدائرة الكهربائية
(Drawing Circuit Diagrams)

يجب معرفة المكونات الكهربائية ورموزها عند رسم دائرة كهربائية بسيطة، ويكون ترتيبها بالشكل الصحيح وفق الآتي:

- تحديد المكونات الكهربائية اللازمة للدائرة، مثل: مصدر الجهد الكهربائي، والمقاومات، والمفاتيح.
- ترتيب المكونات في الدائرة بشكل صحيح بتحديد نوع الدائرة سواء أكانت على التوالي، أم على التوازي، أم مركبة.
- رسم مخطط الدائرة باستخدام الرموز الكهربائية.
- إضافة التسميات والرموز للتعرف على كل مكون في الدائرة.

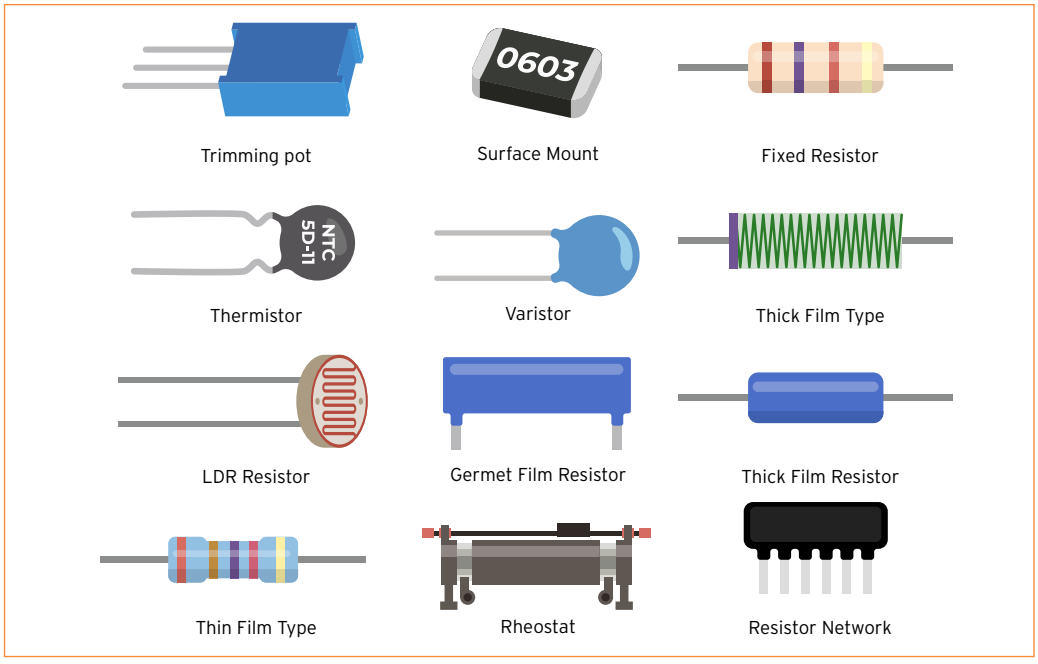
Simple Electric Circuit



المقاومات

(Resistors)

تستخدم مجموعة متنوعة من المقاومات في الدوائر الكهربائية، وتكون بقيم مختلفة قادرة على تحمل مقادير مختلفة من شدة التيار الكهربائي المار فيها، وتقسّم المقاومات إلى ثلاثة أنواع، هي: المقاومة الثابتة (Fixed Resistors)، والمقاومة المتغيرة (Variable Resistors)، والمقاومة الخاصة (Special-Purpose Resistors).



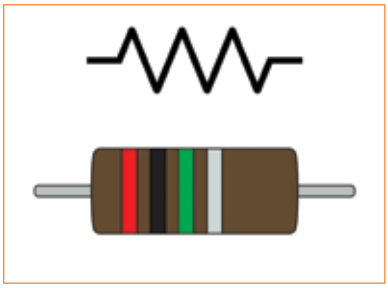
أنواع المقاومات

المقاومات الثابتة (Fixed Resistors)

رمز المقاومة الثابتة في الدائرة

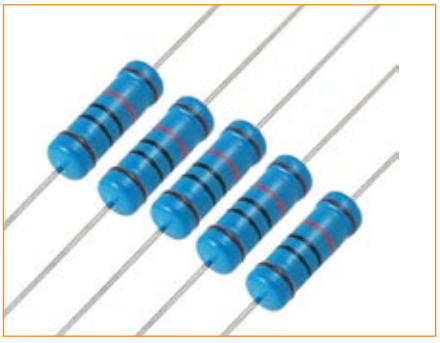
هي نوع من المقاومات الكهربائية التي تمتلك قيمة مقاومة ثابتة لا تتغير، وتُصنف حسب مادة صنعها للأنواع الآتية:

- **المقاومات الكربونية (Carbon Resistors)**



هي من أقدم وأبسط أنواع المقاومات المستخدمة في الدوائر الكهربائية، وتتميز بسهولة تصنيعها وتكلفتها المنخفضة؛ إذ تُصنع المقاومة الكربونية من خليط مضغوط من الكربون المسحوق مع مادة لافلزية مثل السيراميك (Ceramic)؛ لتكوين جسم مقاوم عادة ما يكون أسطواني الشكل، ويُرش طرفاه بمعدن حتى يمكن توصيله بالأسلاك الخارجية.

■ المقاومات الغشائية (Film Resistors)

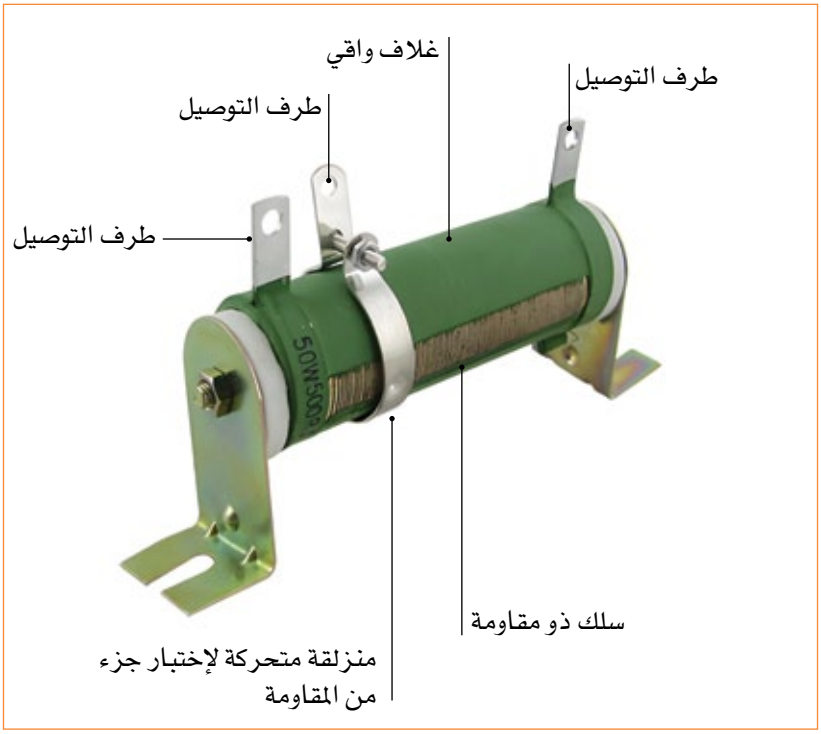


هي نوع من المقاومات الثابتة التي توفر دقة وثباتًا عاليين مقارنة بالمقاومات الأخرى، وتُصنع بنثر طبقة رقيقة (غشاء) من مادة مقاومة، مثل: الكربون أو المعدن على قاعدة عازلة (Insulator) عادةً ما تكون من السيراميك، ويمكن زيادة قيمة المقاومة فيها بإحداث قطع لولبي على الغشاء يغير من طول المسافة بين طرفي المقاومة، وتوجد ثلاثة أنواع من المقاومة الغشائية هي:

- غشاء الأكسيد المعدني (أكسيد القصدير).
- الغشاء المعدني (النيكل والكروميوم).
- الغشاء الكربوني.

■ المقاومة السلكية (Wirewound Resistors)

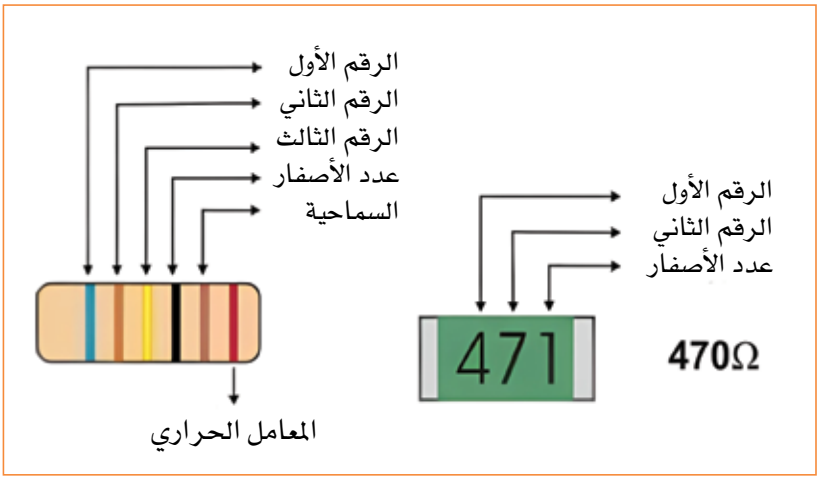
تُصنع المقاومة السلكية عن طريق لف سلك معدني ذي مقاومة عالية، مثل: النيكل أو الكروم حول مادة عازلة كالسيراميك، وتغطى بطبقة من الطلاء الزجاجي، أو خليط من الرمل والإسمنت؛ للمحافظة عليها من العوامل الخارجية التي يمكن أن تؤثر فيها، مثل الضغط، وتتميز هذه المقاومات بقدرتها العالية على تحمل التيار الكهربائي العالي والحرارة العالية، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات التي تتطلب مقاومة قوية واستقرارًا حراريًا.



■ المقاومة السطحية

(Surface Mount Resistor (SM))

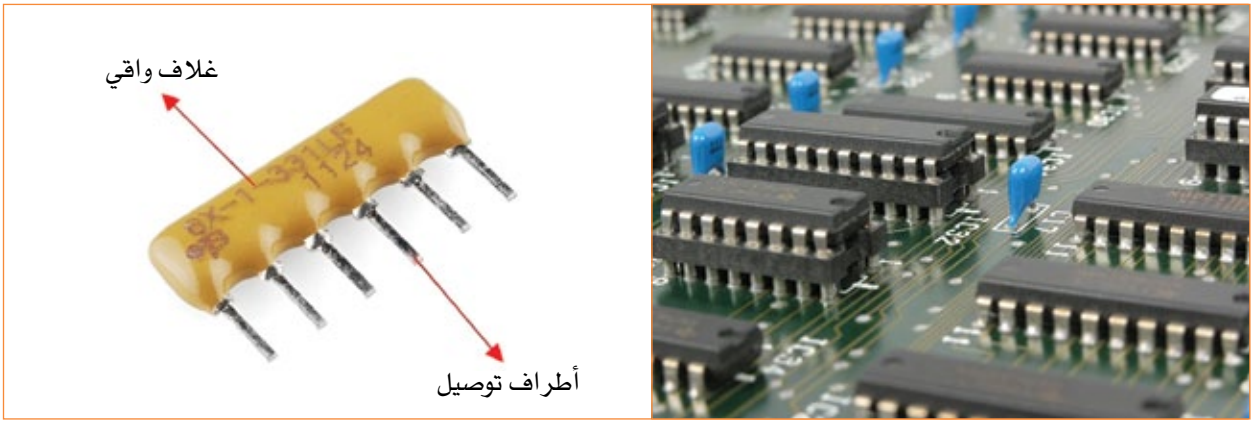
صُمِّم هذا النوع من المقاومات لتُثبت مباشرة على سطح لوحات الدوائر المطبوعة (Printed Circuit Boards)؛ لصغر حجمها مقارنة بأنواع المقاومات الأخرى.



المقاومة السطحية

■ المقاومات الشبكية (Network Resistors)

هي مجموعة من المقاومات تُغلف معًا بغلاف خارجي، وتُستخدم لتوفير مساحات العمل في الآلات، وتقليل التعقيد الناتج عن استخدام مقاومات منفصلة.

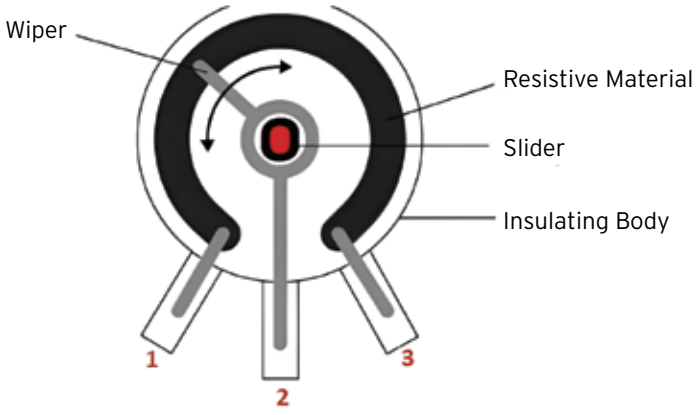


المقاومة الشبكية

المقاومات متغيرة القيمة (Variable Resistors)

رمز المقاومة المتغيرة في الدائرة

هي مقاومة تُغيّر قيمتها يدويًّا أو آليًّا ضمن نطاق معين؛ للتحكم في تدفق التيار الكهربائي، أو ضبط الجهد الكهربائي داخل الدائرة، وتتكون المقاومة المتغيرة من ثلاثة أطراف مصنوعة من معدن موصل، اثنان منهما ثابتان في نهاية مسار المادة المقاومة، والطرف الثالث متحرّك (Wiper) يحدِّد قيمة المقاومة المتغيّرة، ومن أمثلة ذلك: مفاتيح التحكم بالصوت في أجهزة الراديو.

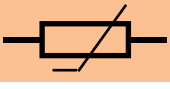


Terminals in a Variable Resistor

المقاومات الخاصة (Special-Purpose Resistors)

هي مجموعة من المقاومات المصممة لمتطلبات محددة في التطبيقات الكهربائية، مثل الدوائر الكهربائية التي تتطلب استجابات مخصصة للظروف البيئية أو الكهربائية. ومن أنواعها الآتي:

- **مقاومة الثيرمستور (Thermistor (NTC))**



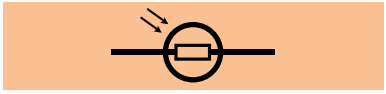
رمز مقاومة الثيرمستور في الدائرة

هي نوع خاص من المقاومات التي يتغير مقدار مقاومتها بشكل ملحوظ مع تغير درجة الحرارة، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في أجهزة قياس درجة الحرارة.

- **مقاومة الفاريستور (Varistor)**

مقاومة الفاريستور

هي نوع من المقاومات الخاصة التي تتغير قيمتها وفقًا للجهد الكهربائي المطبق عليها؛ حيث تعتمد مقاومتها على مستوى الجهد الكهربائي المؤثر في أطرافها، فعند انخفاض الجهد الكهربائي تكون مقاومتها عالية جدًّا، وعند تجاوز الجهد الكهربائي حدًّا معينًا تنخفض مقاومتها بشكل حاد، مما يسمح بمرور التيار الكهربائي.



رمز المقاومة الضوئية في الدائرة

- **المقاومة الضوئية** (Light Dependent Resistor (LDR))

هي نوع خاص من المقاومات التي تتميز بحساسيتها العالية للضوء؛ إذ يتغير مقدار مقاومتها بناء على شدة الضوء الساقط عليها، وتقل قيمتها مع زيادة شدة الإضاءة، وتزداد مع تقليلها، وتستخدم غالبًا في أجهزة الإنذار.

نظام ترميز المقاومات (Resistors Symbols)

يعتمد نظام ترميز المقاومات على الألوان أو الأرقام أو الرموز القياسية؛ لتوفير معلومات واضحة عن المقاومة، وتسهيل استخدامها وفهمها، ومن أهم الأنظمة المستخدمة الآتي:

1. نظام الترميز بالألوان (Resistors Colour Code)

هو نظام يستخدم لتحديد قيمة المقاومة والدقة من خلال أشرطة ملونة تُطبع على مكون المقاومة، ويُستخدم هذا النظام بشكل شائع في المقاومات الكربونية والغشائية، وهناك نظامان في الترميز، هما:

الترميز اللوني الرباعي (4 Band)

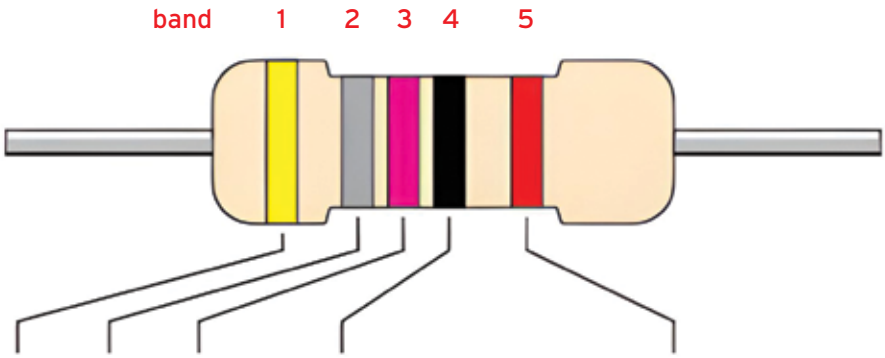
- **الشريطان الأول والثاني من جهة اليسار:**
يُمثلان الرقمين الأولين من قيمة المقاومة.
- **الشريط الثالث من جهة اليسار:**
يُمثل المضاعف العشري
(عدد الأصفار أو القيمة العشرية).
- **الشريط الرابع:**
يُمثل نسبة هامش الخطأ المسموح (Tolerance).

هامش الخطأ المسموح (Tolerance)

هو نسبة التفاوت المسموح به عن القيمة الفعلية المحددة من قبل المُصنع.

الترميز اللوني الخماسي للمقاومات عالية الدقة (5 Band)

- **الأشرطة الأول والثاني والثالث من جهة اليسار:**
تُمثل الأرقام الثلاثة الأولى.
- **الشريط الرابع:**
يُمثل المضاعف العشري (عدد الأصفار أو القيمة العشرية).
- **الشريط الخامس:**
يُمثل نسبة هامش الخطأ المسموح (Tolerance).



Base value			Multplier	Actual value	Tolerance	Range
band 1	band 2	band 3	band 4		band 5	
4	8	7	x 1	487Ω	± 2%	477Ω - 497Ω

الترميز اللوني الخمساسي للمقاومات عالية الدقة (5 band)

2. نظام الرموز (BS1852)

هو نظام بريطاني لتحديد قيمة المقاومة باستخدام الرموز الأبجدية والأرقام، ويُستخدم هذا الترميز لتوضيح القيم مباشرة على مكون المقاومة، أو في الرسوم التخطيطية للدوائر الكهربائية، وتُقرأ قيمة المقاومة بعد فهم الآتي:

- **الأرقام:**
  تمثل القيمة الرقمية للمقاومة.
- **الرموز الأبجدية:**
  تُستخدم بدلاً من العلامة العشرية، وتشير إلى وحدة القياس المستخدمة أيضًا.
- **رموز أبجدية إضافية:**
  يُضاف حرف يمثل هامش الخطأ المسموح (Tolerance) إلى نهاية القيمة، مثل:

R: تُستخدم للدلالة على الأوم (Ω).

K: تُستخدم للدلالة على الكيلو أوم (***K***Ω).

M: تُستخدم للدلالة على الميجا أوم (***M***Ω).

J: ± 5%

F: ± 1%

G: ± 2%

K: ± 10%.

M: ± 20%.

تكون طريقة قراءة المقاومات كالآتي:

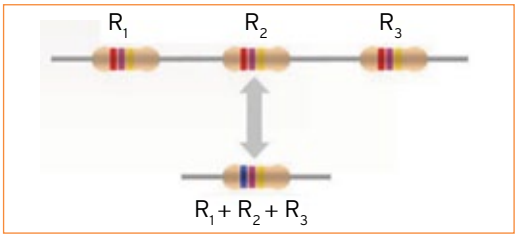
- 27***R*** تعني 27 Ω
- 2***K***6***J*** تعني 2.6 ***K***Ω، وهامش الخطأ المسموح ± 5%

توصيل المقاومات (Resistors Connection)

توصل المقاومات بثلاث طرق مختلفة، هي:

- **التوصيل على التوالي**

ويوضحها الجدول الآتي:



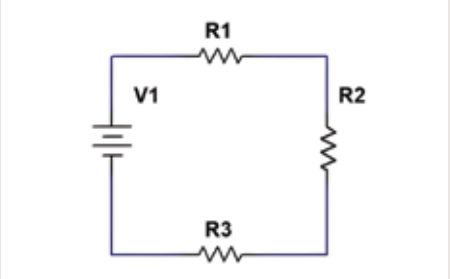
التوصيل على التوالي

طريقة التوصيل	توصل المقاومات واحدة تلو الأخرى في مسار واحد للتيار الكهربائي.	
التيار الكهربائي	قيمة التيار الكهربائي تكون ثابتة في جميع المقاومات، وتُحسب بالمعادلة الآتية:	$I = \frac{V}{R_t}$
الجهد الكهربائي	ينقسم الجهد الكهربائي الكلي بين المقاومات حسب قيمة كل مقاومة، ويُحسب بالمعادلة الآتية:	$V_1 = I \times R_1$
المقاومة الكلية	مجموع المقاومات في الدائرة الكهربائية:	$R_t = R_1 + R_2 + R_3$

مثال (1)

وُصّلت ثلاث مقاومات قيمها: 6 Ω، و8 Ω، و2 Ω على التوالي، في الدائرة الكهربائية بين قطبي بطارية جهدها (8 V). أوجد قيمة كل من:

- المقاومة الكلية.
- شدة التيار الكهربائي المار بالدائرة.



الحل:

المقاومة الكلية:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_t = 2 + 8 + 6$$

$$R_t = 16\,\Omega$$

شدة التيار الكهربائي الكلي:

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

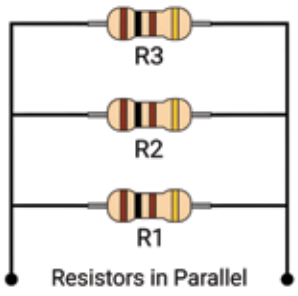
$$I_T = \frac{8}{16}$$

$$I_t = 0.5\,A$$

التوصيل على التوازي

وتتمثل في الآتي:

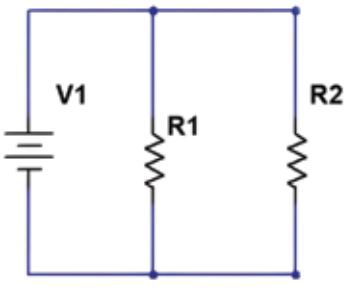
طريقة التوصيل	توصل جميع المقاومات بشكل متوازٍ بحيث تكون أطرافها متصلة بمصدر الجهد الكهربائي في الدائرة.
التيار الكهربائي	يوزع التيار الكهربائي الكلي بين المقاومات حسب قيمة كل مقاومة، ويُحسب بالمعادلة الآتية: $I = \frac{V}{R_1}$
الجهد الكهربائي	قيمة الجهد الكهربائي تكون ثابتة في جميع المقاومات.
المقاومة الكلية	$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2}$ $R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$



التوصيل على التوازي

مثال (2)

وُصّلت مقاومتين 60 Ω، و80 Ω على التوازي، أوجد المقاومة الكهربائية.



الحل:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

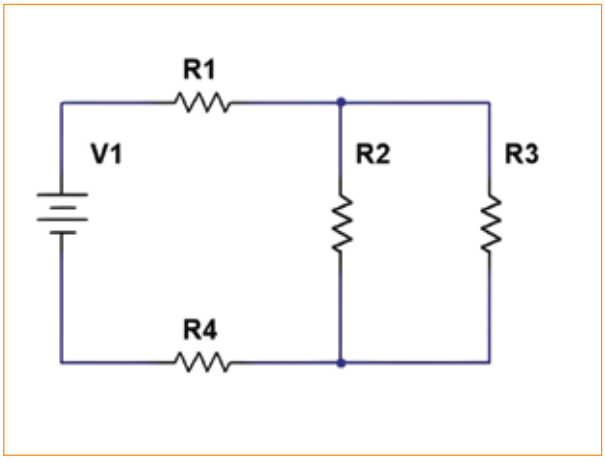
$$R_t = \frac{60 \times 80}{60 + 80}$$

$$R_t = \frac{4800}{140}$$

$$R_t = 34.28 \approx 34.3\ \Omega$$

التوصيل المركب (Combination Connection)

توصل المقاومات في التوصيل المركب على التوالي والتوازي في الدائرة الكهربائية ذاتها، ويستخدم في الدوائر المعقدة التي تحتاج إلى توزيع متنوع للجهد والتيار الكهربائي.



تلف المقاومات

تتنوع أسباب تلف المقاومات نتيجة لزيادة كمية التيار الكهربائي المار بها، الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها، وتلفها لتصبح مقاومتها شبه صفرية آنذاك، وقد يحدث أيضًا تغير في قيمة المقاومة نتيجة للاستعمال المتكرر للمقاومة، أو بفعل مجموعة من العوامل البيئية، مثل: درجة الحرارة، والرطوبة.

الدرس الخامس

المكثّفات

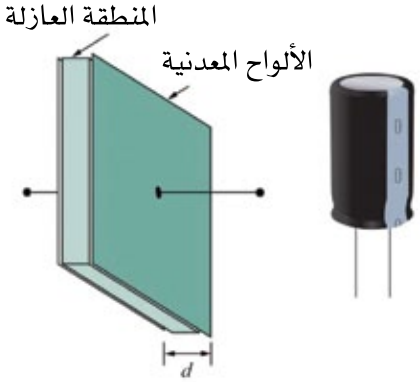
(Capacitors)

تستخدم المكثفات لتخزين الطاقة الكهربائية على شكل مجال كهربائي، وهناك أنواع عدة من المكثفات، أهمها: المكثف ذو اللوحين، والذي يتكون من لوحين موصلين متوازيين (Conductive Plates) **يفصل بينهما مادة عازلة** (Dielectric)، **مثل: الهواء، والبلاستيك، ويُربط بكل لوح أطراف كهربائية** (Electrical Terminals) **لتوصيل المكثف بالدائرة الكهربائية.**

آلية عمل المكثف

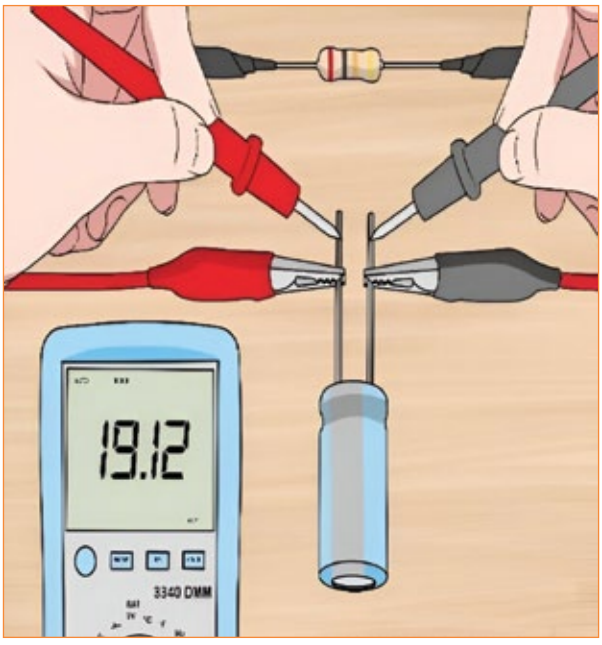
- **شحن المكثف** (Charging)

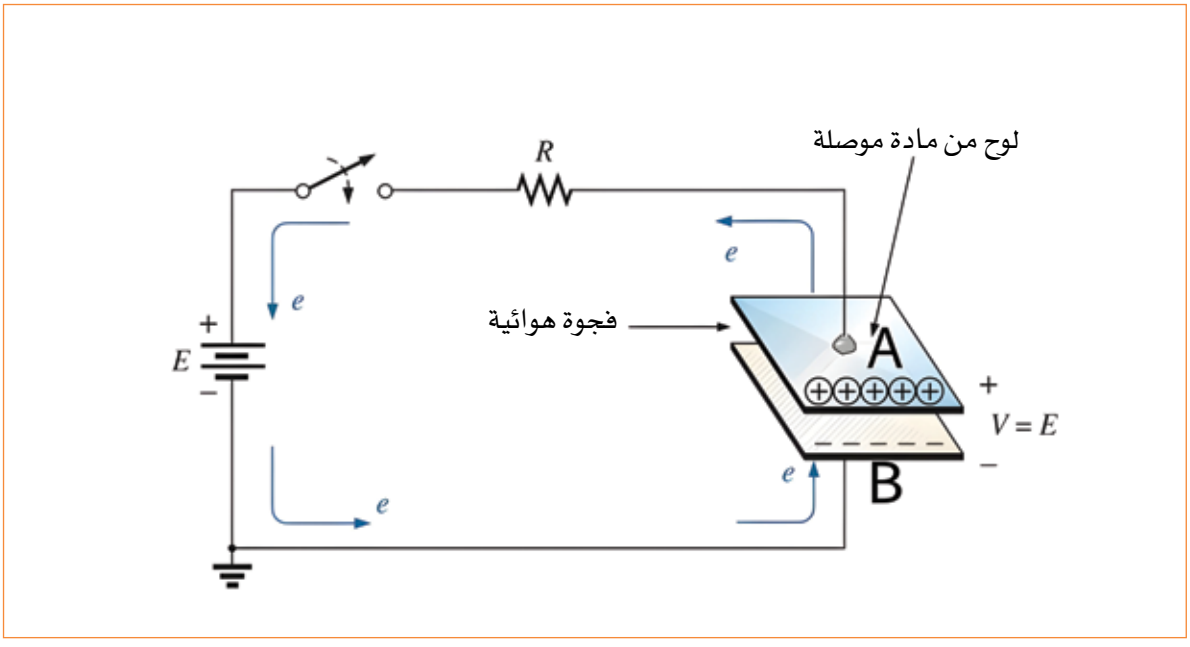
يُشحن المكثف (Charging) بالطاقة الكهربائية، وذلك بتوصيله بمصدر جهد كهربائي، مثل: البطارية، أو الخلية، فتسحب البطارية الإلكترونات سالبة الشحنة الموجودة في اللوح العلوي للمكثف نحو قطبها الموجب، وتقوم في الوقت ذاته بدفع كمية متساوية من الإلكترونات من قطبها السالب إلى اللوح السفلي للمكثف لتتجمع الشحنات الموجبة على اللوح العلوي، والشحنات السالبة على اللوح السفلي، ويؤدي تجمع الشحنات في اللوحين العلوي والسفلي إلى إنشاء فرق جهد بين اللوحين، ويتوقف مرور التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية، وعندما يصبح فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين مساويًا لفرق جهد البطارية يصبح المكثف مشحونًا كمجال كهربائي بين اللوحين.



تفريغ المكثف (Discharging)

يُفرغ المكثف (Discharging) عند توصيله بحمل كهربائي، مثل المصباح، حيث تبدأ الشحنات المخزنة بالتدفق كتيار كهربائي إلى أن تعود الشحنات إلى وضعها الطبيعي في اللوحين.





المكثف في الدائرة الكهربائية

السعة الكهربائية للمكثف (Capacitance)

تُعبِّر قيمة السعة الكهربائية للمكثف (Capacitance) عن قدرة المكثف على تخزين الشحنات الكهربائية كمجال كهربائي، وتُقاس بوحدة الفاراد (Farad)، وتُحسب بالمعادلة الآتية:

$$\text{السعة} = \frac{\text{الشحنة المخزونة}}{\text{فرق الجهد الكهربائي بين الألواح}}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

وتقسم وحدة الفاراد إلى وحدات أصغر هي:

الوحدة	قيمتها
الميكروفاراد (μF)	1×10^{-6}
النانوفاراد (nF)	1×10^{-9}
البيكوفاراد (pF)	1×10^{-12}

مثال (1)

خُزنت شحنة كهربائية على لوحي مكثف مقدارها $0.02\,C$ عند جهد كهربائي مقداره $10\,V$. احسب السعة الكهربائية للمكثف.

الحل:

الشحنة $Q = 0.02\,C$

الجهد الكهربائي $V = 10\,V$

تُحسب السعة كالآتي:

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{0.02}{10}$$

$$C = 0.002\,F$$

إذا السعة الكهربائية للمكثف هي $0.002\,F$ أو $2\,\mu F$

أنواع المكثفات (Capacitors Types)

تنقسم المكثفات إلى نوعين أساسيين، هما:

- **المكثفات ثابتة القيمة (Fixed Capacitors)**

هي مكثفات لا يمكن تغيير سعتها، وتتعدد أنواعها باختلاف نوع المادة العازلة الموجودة بين اللوحين، ومن أمثلتها: مكثفات السيراميك (Ceramic Capacitors)، ومكثفات الإلكتروليت (الكيميائية) (Electrolytic Capacitors)، ومكثفات الورق (Paper Capacitors)، ومكثفات الميكا (Mica Capacitors).

- **المكثفات متغيرة القيمة**

هي مكثفات تُغيَّر قيمة سعتها يدويًا أو إلكترونيًا، وتُصنع ألواحها بشكل دائري، أو بَيضَوِي من الألمنيوم أو النحاس، وتثبت على محور قابل للدوران، وتكون المادة العازلة في هذا النوع من المكثفات هي الهواء.

مكثفات متغيرة القيمة

ترميز المكثفات (Capacitors Symbols)

تُستخدم الأرقام والحروف للدلالة على سعة المكثف، والجهد الكهربائي للتشغيل، وهامش الخطأ المسموح (Tolerance) للمكثف، وذلك على النحو الآتي:

- **السعة:**

تكتب قيمة السعة عادة بوحدة البيكو فاراد، إلا إذا وجد عليها رمز (n)، فهذا يعني أنها بوحدة النانو فاراد، وتتحدد بأول رقمين من جهة اليسار، ويكون الرقم الثالث هو عدد الأصفار في القيمة.

- **الجهد الكهربائي للتشغيل:**

يُكتب كرقم يتبعه حرف ***V*** عادة.

- **هامش الخطأ المسموح (Tolerance):**

يُحدد بحرف يتبع قيمة السعة، مثل:

F: ± 1%

G: ± 2%

J: ± 5%

K: ± 10%

M: ± 20%

N: ± 30%

مثال (2)

مكثف بالرمز الآتي 432***M***63***V*** يعني:

- سعة المكثف: الرقمان الأول والثاني من اليسار: 43، والرقم الثالث من اليسار لتمثيل عدد الأصفار: 2 أي 00

قيمة سعة المكثف: 4300 ***pF***

- الجهد الكهربائي = 63 ***V***
- هامش الخطأ المسموح = 20%

توصيل المكثفات (Capacitors Connection)

توصل المكثفات على التوالي والتوازي وفق الآتي:

■ التوصيل على التوالي

ويكون كالآتي:

طريقة التوصيل	توصل المكثفات واحدًا تلو الآخر في مسار واحد للتيار الكهربائي.
التيار الكهربائي	قيمة التيار الكهربائي تكون ثابتة في جميع المكثفات.
الجهد الكهربائي	ينقسم الجهد الكهربائي الكلي بين المكثفات حسب قيمة كل مكثف، ويُحسب بالمعادلة الآتية: $V_t = V_1 + V_2 + V_3$
المقاومة الكلية	$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

مثال (3)

السعة الكلية لمكثفين سعتهما ($4\mu F$)، و($5\mu F$) وُصلا بالدائرة الكهربائية على التوالي هي:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{9}{20}$$

$$C_t = \frac{20}{9}$$

$$C_t = 2.22\,\mu F$$

■ التوصيل على التوازي

ويتضح في الآتي:

طريقة التوصيل	توصل جميع المكثفات بشكل متوازٍ بحيث تكون أطرافها متصلة بمصدر الجهد الكهربائي في الدائرة.
التيار الكهربائي	يوزع التيار الكهربائي الكلي بين المكثفات حسب قيمة كل مكثف.
الجهد الكهربائي	قيمة الجهد الكهربائي تكون ثابتة في جميع المقاومات.
المقاومة الكلية	$C_t = C_1 + C_2$

مثال (4)

السعة الكلية لمكثفين سعتهما ($7\mu F$)، و($9\mu F$) وُصلا بالدائرة الكهربائية على التوازي هي:

$$C_t = C_1 + C_2$$

$$C_t = 7 + 9$$

$$C_t = 16\mu F$$

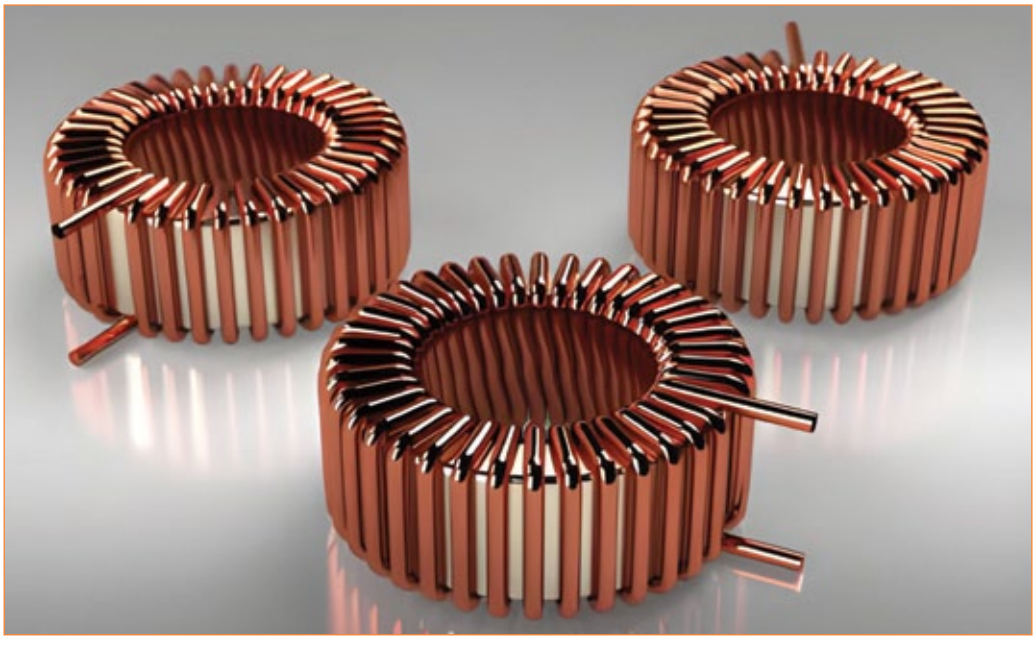
المحثات

(Inductors)

تستخدم المحثات لتخزين الطاقة الكهربائية على هيئة مجال مغناطيسي، وتتكون من سلك موصل يُلف بصورة حلزونية حول قلب المحث (Inductor Core) الهوائي أو المغناطيسي، ويحتوي المحث على أطراف توصيل لتسهيل ربطه بالدائرة الكهربائية.

قلب المحث (Inductor Core)

هو الجزء الداخلي من المحث الذي يُستخدم لدعم المحث، وتعزيز قدرته على تخزين الطاقة في شكل مجال مغناطيسي.



المحثات

آلية عمل المحث

يتدفق التيار الكهربائي في السلك الموصل للمحث، لينتج إثر ذلك مجال مغناطسي يخزن الطاقة الكهربائية على شكل طاقة مغناطيسية، وعند حدوث تغيير في شدة التيار الكهربائي المار سواء بالنقصان أو الزيادة ينعكس ذلك على شدة المجال المغناطيسي المتكون، فكلما زاد تدفق التيار الكهربائي عبر المحث زادت شدة المجال المغناطيسي، والعكس صحيح. ويعمل المحث على توليد جهد معاكس يبطئ زيادة التيار الكهربائي؛ لذا يستغرق التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية بعضًا من الوقت ليصل إلى قيمته المستقرة، وبفصل مصدر التيار الكهربائي يحتفظ المحث بالطاقة الكهربائية في شكل مجال مغناطيسي، مما يحافظ على مرور التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية لمدة قصيرة.

العوامل المؤثرة على عمل المحثات

هناك عدة عوامل تؤثر في شدة المجال المغناطيسي المتكون في المحث، أهمها:

- **عدد لفات الملف (Turns):**
  كلما زاد عدد اللفات في المحث زادت شدة المجال المغناطيسي، والعكس صحيح.
- **مادة قلب المحث (Core Material):**
  المواد ذات النفاذية المغناطيسية العالية توفر قدرة أكبر على تخزين الطاقة الكهربائية في مجال مغناطيسي.
- **التيار الكهربائي:**
  مقدار التيار الكهربائي الذي يمر عبر المحث يؤثر على شدة المجال المغناطيسي الناتج.

أنواع المحثات واستخداماتها

تُصنف المحثات بناء على نوع قلب المحث فيها، ومن أهمها:

نوع المحث	الاستخدام
محثات ذات قلب هوائي (Air-Core Inductors)	تستخدم في الدوائر الكهربائية ذات الترددات العالية.
محثات ذات قلب حديدي (Iron-Core Inductors)	تستخدم في المحولات الكهربائية وأنظمة الطاقة.
محثات ذات قلب فريت (Ferrite-Core Inductors)	تستخدم في الدوائر الكهربائية ذات الترددات المتوسطة والعالية، مثل الدوائر الكهربائية في أجهزة الراديو.

وحدة قياس الحث

يقاس الحث الذاتي للمحثات بوحدة هنري (Henry) نسبة للعالم الأمريكي (Joseph Henry)، ويعرف الحث الذاتي بأنه ظاهرة تحدث عندما يتغير التيار الكهربائي المار عبر المحث، مما يؤدي إلى توليد جهد كهربائي داخل المحث نفسه. ونظرًا لأن الهنري وحدة كبيرة نسبيًّا، تستخدم المضاعفات الموضحة في الجدول.

الوحدة	القيمة بالنسبة لوحدة Henry
ميكروهنري (μH)	$H \times 10^{-6}$
ميللي هنري (mH)	$H \times 10^{-3}$

توصيل المحثات (Inductors Connection)

توصل المحثات في الدوائر الكهربائية بطريقتين، هما:

■ التوصيل على التوالي

توصل المحثات الواحد تلو الآخر في مسار واحد للتيار الكهربائي، وتُحسب قيمة الحثية للمحثات بالمعادلة الآتية:

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3$$

مثال (1)

وصلت 3 محثات بقيمة (10 mH)، و (20 mH)، و (10 mH) على التوالي، احسب قيمة الحثية الكلية:

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3$$

$$L_t = 10 + 20 + 10$$

$$L_t = 40\ mH$$

■ التوصيل على التوازي

توصل جميع المحثات بشكل متوازٍ بحيث تكون أطرافها متصلة بمصدر الجهد في الدائرة، وتُحسب القيمة الحثية للمحث بالمعادلة الآتية:

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

مثال (2)

وُصلت 3 محثات بقيمة (10 mH)، و (20 mH)، و (10 mH) على التوازي. احسب قيمة الحثية الكلية.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{5}{20}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{20}{5}$$

$$L_t = 4\ mH$$

الفرق بين المحثات والمكثفات

من الفروقات الأساسية بين المحثات والمكثفات الآتي:

وجه المقارنة	المحث	المكثف
التعريف	مكونات كهربائية تُستخدم لتخزين الطاقة في شكل مجال مغناطيسي عند مرور التيار الكهربائي.	مكونات كهربائية تُستخدم لتخزين الطاقة في شكل مجال كهربائي بين لوحين موصلين.
مبدأ العمل	تعمل على مقاومة التغير في التيار الكهربائي؛ إذ تولد جهدًا معاكسًا عند تغير التيار الكهربائي المار.	تعمل على مقاومة التغير في الجهد الكهربائي؛ إذ تخزن الشحنات الكهربائية عند تطبيق جهد عبر أطرافها.
تركيبته	ملف من السلك موصول حول قلب مغناطيسي أو هوائي.	لوحان موصلان مفصولان بمادة عازلة (Dielectric).
شكل الطاقة الكهربائية	تخزن الطاقة في شكل مجال مغناطيسي.	تخزن الطاقة في شكل مجال كهربائي.

أسئلة الوحدة

1. وضح الفرق بين التيار والجهد والمقاومة من حيث أثرها في تدفق التيار الكهربائي.
2. حدد خصائص الشحنات الكهربائية.
3. قارن بين أنواع الدوائر الكهربائية.
4. وضح خطوات رسم الدائرة الكهربائية مستعينا بالرموز.
5. قارن بين المقاومات الكربونية والمقاومات الغشائية.
6. ما العوامل المؤثرة على عمل المحثات؟
7. كيف تُرمز المكثفات؟
8. وضح الفروقات بين المحثات والمكثفات.

الوحدة الثانية

السلامة الكهربائية

Electrical Safety

محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

المخاطر الكهربائية (Electrical Risks) 46

الدرس الثاني

الوقاية من المخاطر الكهربائية (Electrical Risks Prevention) 50

الدرس الثالث

التأريض الكهربائي (Electrical Grounding) 57

الدرس الرابع

الإسعافات الأولية للحوادث الكهربائية
(First Aid Procedures for Electrical Accidents) 66

أسئلة الوحدة 71

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يُبين المفاهيم المرتبطة بالسلامة الكهربائية.
- يُفرق بين أنواع المخاطر الكهربائية، وأسبابها، ومؤشراتها.
- يتَّبع إجراءات الوقاية من المخاطر الكهربائية.
- يتعرف على مفهوم التأريض الكهربائي وأهميته، وأنواعه.
- يميز بين تقنيات التأريض الكهربائي.
- يصنف أنواع الحروق الكهربائية.
- يطبق الإسعافات الأولية لبعض الحوادث الكهربائية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المعارف والمفاهيم المتعلقة بالسلامة الكهربائية، وأنواع المخاطر الكهربائية، وأسبابها، ومؤشراتها، وإجراءات الوقاية منها، إضافة إلى تعريفهم بمفهوم التأريض الكهربائي، ومكوناته، وأهميته، وتقنياته، والطرق المستخدمة لقياس قيمه، وتدريبهم على تقديم الإسعافات الأولية لبعض أنواع الحوادث الكهربائية، وتمكينهم من معرفة الاختلافات بين أنواع الحروق الكهربائية ودرجاتها.

المخاطر الكهربائية

(Electrical Risks)

تُعد السلامة الكهربائية أحد أهم المفاهيم الأساسية في الكهرباء؛ لدورها الكبير في حماية الأفراد والممتلكات والمنشآت من المخاطر الكهربائية الناجمة عن مختلف الأسباب، ومن أهم المفاهيم الأخرى المرتبطة بها الآتي:

- **الأحمال الكهربائية الزائدة** (Overload):

يحدث الحِمل الزائد عندما تتجاوز كمية التيار الكهربائي المار في الدائرة الكهربائية القدرة (Capacity) المصممة لها.

- **القِصر الكهربائي** (Short Circuit):

يحدث القصر الكهربائي عندما يتصل سلكان موصِّلان للطاقة مباشرة دون وجود مقاومة كافية، مما يؤدي إلى تدفق تيار كهربائي عالٍ جدًّا بشكل مفاجئ.

- **عزل الموصلات** (Insulations):

هو عملية تغطية الأسلاك أو الموصلات الكهربائية بمواد عازلة تمنع تدفق التيار الكهربائي خارج المسار المحدد.

- **المُنصهر** (Fuse):

مكون كهربائي يُستخدم لحماية الأجهزة من التلف عند تدفق التيارات الكهربائية عالية الشدة في الدائرة الكهربائية؛ حيث إنه ينصهر إذا زادت شدة التيار عن الحد المسموح به، ولا يمكن إعادة استخدامه بعد ذلك.

- **قواطع الدائرة** (Circuit Breaker):

هي مفاتيح كهربائية تُستخدم لحماية الأنظمة الكهربائية من التلف الناتج عن الأحمال الكهربائية الزائدة، أو الأعطال، أو القصر الكهربائي، حيث إنها تعمل على قطع التيار الكهربائي تلقائيًّا عند حدوث مشكلة في الدائرة.

أنواع المخاطر الكهربائية

من أهم أنواع المخاطر الكهربائية في مواقع العمل الآتي:

نوع الخطر	الأسباب	الخطورة
الصدمات الكهربائية (Electric Shocks)	■ التماس المباشر مع الأسلاك المكشوفة، أو الأجهزة غير المحمية. ■ التوصيل غير الصحيح للدوائر الكهربائية.	■ صدمة كهربائية تؤدي إلى شلل مؤقت في العضلات. ■ صعوبة في التنفس، وخفقان في القلب. ■ حروق خطيرة تؤدي إلى تلف الأنسجة والجلد، وتشنج العضلات (Muscle Spasms). ■ حالات الإغماء والوفاة.
الحروق الكهربائية (Electrical Burns)	■ ملامسة الأسلاك أو التوصيلات المكشوفة في الدوائر الكهربائية. ■ الحرارة الناتجة عن تفريغ الكهرباء (Electric Discharge) في الهواء، أو عند حدوث شرارة كهربائية.	■ حروق شديدة في الجلد أو الأنسجة.
الحرائق الكهربائية (Electrical Fires)	■ الأسلاك التالفة (Damaged wiring)، وتعطل المعدات (Malfunctioning Equipment). ■ الحمل الزائد على الدوائر الكهربائية. ■ التماس الكهربائي. ■ استخدام منتجات رديئة الصنع، وغير مطابقة للمواصفات الفنية. ■ سوء التمديدات، والتوصيلات الكهربائية. ■ إهمال الصيانة الدورية.	■ خسائر مادية، وأضرار في الممتلكات.
الانفجارات الكهربائية (Electrical Explosions)	■ وجود غازات، أو أبخرة قابلة للاشتعال (Flammable) بفعل الشرارات الكهربائية.	■ حرائق وانفجارات تؤدي إلى خسائر كبيرة.

نوع الخطر	الأسباب	الخطورة
الأحمال الزائدة (Overload)	■ تشغيل الأجهزة بقدرات أعلى من تحمل الدائرة الكهربائية.	■ تلف المعدات الكهربائية، وحدوث حرائق.
الشرارات الكهربائية (Electrical Sparks)	■ الدوائر الكهربائية المفتوحة. ■ التوصيلات الكهربائية السيئة.	■ اشتعال الحرائق، وحدوث انفجارات في مواقع العمل.

مؤشرات المخاطر الكهربائية (Electrical Risks Indicators)

هناك العديد من المؤشرات التي تُنبئ بوجود خطر كهربائي محتمل، ويجب اكتشافها مبكرًا لضمان سلامة الأفراد، والممتلكات في المنشآت، وتتمثل هذه المؤشرات في الآتي:

الأضواء الوامضة (Flickering Lights)

وصف المؤشر	وميض، أو انخفاض قوة الإضاءة بشكل متكرر.
سبب الخطر	عدم استقرار الجهد الكهربائي في الدائرة، أو تلف في الأسلاك.
الإجراء الوقائي	فحص النظام الكهربائي لتحديد المشكلة.

سخونة المنافذ أو المفاتيح الكهربائية (Hot Outlets or Switches)

وصف المؤشر	ارتفاع في درجة حرارة المنفذ، والمفاتيح بشكل غير طبيعي.
سبب الخطر	وجود حِمل كهربائي زائد في الدائرة الكهربائية، أو تلف في الأسلاك.
الإجراء الوقائي	إيقاف تشغيل النظام الكهربائي، ومعالجة المشكلة.

وجود رائحة احتراق (Burning Smell)

وصف المؤشر	انبعاث رائحة حريق من الأجهزة، أو المفاتيح الكهربائية.
سبب الخطر	ارتفاع درجة حرارة الأسلاك، أو انصهارها، أو تلفها.
الإجراء الوقائي	إيقاف تشغيل الطاقة، والاتصال بفني الكهرباء.

تَعَطُّل قواطع الدائرة (Tripped Circuit Breakers)

وصف المؤشر	■ إمالة أو تغيير في قواطع الدائرة. ■ ارتفاع درجة حرارة القاطع. ■ سماع صوت فرقعة داخل القاطع، أو شم رائحة احتراق. ■ عدم إمكانية إعادة تشغيل القاطع بعد الفصل.
سبب الخطر	وجود حمل زائد، أو قصر كهربائي.
الإجراء الوقائي	التحقيق في السبب قبل إعادة الضبط.

الشرر أو القوس الكهربائي (Sparks or Arcs)

وصف المؤشر	ظهور ومضات، أو شرارات عند توصيل القابس (Plug) بالمنافذ (Outlets).
سبب الخطر	وجود تماس كهربائي، أو أسلاك مكشوفة.
الإجراء الوقائي	إيقاف تشغيل النظام الكهربائي، ومعالجة المشكلة.

الأصوات الطنَّانة (Buzzing Sounds)

وصف المؤشر	صدور أصوات طنَّانة من القواطع أو المفاتيح.
سبب الخطر	وجود خلل في الأسلاك، أو التوصيلات.
الإجراء الوقائي	إيقاف تشغيل النظام الكهربائي، ومعالجة المشكلة.

تلف العوازل (Damaged Insulation)

وصف المؤشر	تلف العوازل المحيطة بالأسلاك الكهربائية.
سبب الخطر	حدوث تماس كهربائي، أو تسرب للتيار الكهربائي.
الإجراء الوقائي	استبدال الأسلاك التالفة، أو إصلاحها على الفور.

الدرس الثاني

الوقاية من المخاطر الكهربائية

(Electrical Risks Prevention)

تهدف إجراءات الوقاية من المخاطر الكهربائية إلى حماية الأفراد، والمعدات من المخاطر، والحوادث الكهربائية، مثل: الصدمات الكهربائية، والحرائق، والأعطال، ومن أبرز هذه الإجراءات:

استخدام الأدوات الهندسية الأساسية المناسبة

يجب اختيار الأدوات الهندسية (Engineering Tools) المناسبة عند التعامل مع الكهرباء؛ لتجنب الصدمات الكهربائية، والحرائق، وغيرها من المخاطر، ومن أهم هذه الأدوات الآتي:

الأداة	الوظيفة	خصائصها	شكل توضيحي
المفكات العازلة (Insulated Screwdrivers)	فك البراغي، وربطها في الأجهزة الكهربائية.	■ مواد مقاومة للكهرباء تتحمل جهودًا تصل إلى 1000 فولت. ■ تمنع الصدمات الكهربائية.	
الكماشة العازلة (Insulated Plier)	مفيدة في إمساك الأسلاك، وثنيها، مثل: كماشة الإبرة.	■ شفرة مقاومة للانزلاق (Anti-slip Blade).	
أداة تجريد (تقشير) الأسلاك (Insulated Wire Strippers)	تجرد الأسلاك الكهربائية بطريقة آمنة ودقيقة دون إتلاف الموصل الداخلي (Conductor)، وهي مناسبة لقطع النحاس والألمنيوم.	■ تُقلل من خطر تلف الموصل، أو التعرض لصدمات كهربائية.	

استخدام أجهزة القياس الكهربائية

تُوفر أجهزة القياس الكهربائية (Electrical Measurement Equipment) معلومات دقيقة عن حالة النظام الكهربائي، مما يساعد على تحديد الأعطال المحتملة التي قد تتسبب في حدوث مخاطر، مثل: الصدمات الكهربائية، والحرائق، ومن هذه الأجهزة الآتي:

جهاز القياس	الوظيفة	شكل توضيحي
المقياس المتعدد/ الملتيميتر (Multimeter)	هو جهاز قياس كهربائي متعدد الوظائف، يُستخدم لقياس الجهد الكهربائي (Voltage)، والتيار الكهربائي (Current)، والمقاومة (Resistance).	
جهاز القياس ذو المشبك/ الكلامب ميتر (Clamp Meter)	هو جهاز قياس كهربائي مخصص لفحص التيار الكهربائي المستمر والمتردد، والجهد، وقياس المقاومة، وسعة المكثف، وتشخيص الأعطال دون الحاجة إلى فصل الدائرة الكهربائية.	
جهاز فحص الجهد الكهربائي (Voltage Tester)	هو جهاز قياس كهربائي يُستخدم للكشف عن وجود الجهد الكهربائي في الدائرة الكهربائية دون قياس قيمته.	

المحافظة على الأدوات الكهربائية ومعايرتها

تُعد المحافظة على الأدوات الكهربائية ومعايرتها (Calibration) بشكل دوري جزءًا أساسيًّا من إجراءات السلامة في التعامل مع الأنظمة الكهربائية؛ فالأدوات غير المعايرة، أو المتآكلة، أو التالفة، قد تؤدي إلى أخطاء في القياس، مما يزيد من نسبة المخاطر في موقع العمل.

العناية بالأدوات الكهربائية

تشمل العناية بالأدوات الكهربائية الآتي:

الوسيلة	الإجراء
التنظيف (Cleaning)	■ تنظيف الأدوات الكهربائية باستمرار؛ لإزالة الأوساخ والغبار. ■ استخدام مواد التنظيف المناسبة لنوع الأداة الكهربائية.
التخزين (Storage)	■ تخزين الأدوات الكهربائية في أماكن نظيفة وجافة؛ لمنع الصدأ (Rust) والتلف. ■ استخدام صناديق الأدوات الكهربائية أو المُنَظِمات.
الفحص والتحقق (Inspection)	■ فحص الأدوات بصريًّا (Visual Checks) باستمرار؛ بحثًا عن علامات التآكل، والتلف، والشقوق (Wear, Damage, or Corrosion). ■ اختبار الأدوات الكهربائية (Functional Checks) للتأكد من أنها تعمل بصورة جيدة قبل الاستخدام.
التشحيم (Lubrication)	■ تشحيم الأجزاء المتحركة من المعدات التي تعمل بالطاقة الكهربائية حسب الحاجة؛ لضمان التشغيل السلس، وتقليل الاحتكاك (Friction). ■ استخدام نوع التشحيم (Lubricant) الموصى به لكل أداة؛ لمنع حدوث تلف.
الاستخدام الآمن (Proper Use)	■ استخدام الأدوات والأجهزة الكهربائية وفقًا لتعليمات الشركة المصنعة لتجنب سوء الاستخدام أو التلف. ■ تجنب الحمل الزائد على الأدوات الكهربائية لتجنب تلفها أو كسرها.
الصيانة الدورية (Regular Maintenance)	■ التأكد من صيانة الأدوات الكهربائية بشكل صحيح، وتخزينها وفقًا للإرشادات والتعليمات الموضوعة.

معايرة الأدوات الكهربائية

تُعرف المعايرة (Calibration) بأنها تحديد دقة أجهزة القياس بمقارنتها بالمعايير المرجعية (Reference Standards) المعروفة لتصحيح أي انحرافات عن المعيار، وتقليل أخطاء القياس، ولمعايرة الأدوات الكهربائية يجب اتباع الإجراءات الآتية:

- تحديد الأدوات الكهربائية التي تحتاج إلى معايرة بناءً على معدل استخدامها، ومواصفات الشركة المصنِّعة.
- استعمال تقنيات مختلفة مثل: الفحص البصري للأدوات، والأجهزة الكهربائية للكشف عن علامات التلف.
- الاستعانة بذوي الخبرة والكفاءة في هذا المجال في حال وجود شكوك حول دقة (Accuracy) عملية المعايرة، أو الحاجة إلى استخدام أجهزة معايرة متخصصة ومعقدة.
- تدريب الأفراد المسؤولين عن عملية المعايرة.
- توثيق (Documentation) عملية المعايرة لضمان الامتثال لمعايير الأمن والسلامة، وضبط الجودة (Quality Control)؛ وذلك بحفظ سجلات (Records) دقيقة تتضمن تواريخ المعايرة، والنتائج، وأي تعديلات أخرى أجريت عليها.

فصل مصادر الطاقة الكهربائية

يجب فصل مصادر الطاقة الكهربائية؛ لضمان سلامة العاملين أثناء الصيانة، أو الإصلاحات الكهربائية، وذلك باتباع الإجراءات الآتية:

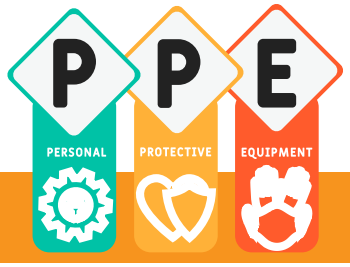
- تحديد المعدات المجدولة للصيانة (Equipment Identification).
- تحديد جميع مصادر الطاقة الكهربائية المحتملة (Review Energy Sources) للنظام من خلال مراجعة جميع المخططات الكهربائية المرتبطة به، سواء كانت هذه المصادر كهربائية، أو هيدروليكية، أو هوائية أو ميكانيكية.
- إخطار (Notification) ذوي العلاقة من الأفراد بإجراء الصيانة، وعزل النظام الكهربائي.
- إيقاف تشغيل النظام (Shut Down Equipment) باستخدام مفاتيح أو أزرار الإغلاق.
- فصل النظام الكهربائي عن مصدر الطاقة الكهربائي (Energy Sources Isolation).

- تفريغ وتحرير الطاقة الكامنة (Electric Discharge) في النظام مثل: الطاقة الكهربائية في المكثفات (Capacitors)، والمحثات (Inductors).
- استخدام جهاز قياس الجهد (Voltage Tester) أو الملتميتر (Multimeter)؛ للتأكد من عدم وجود جهد في الدائرة.
- تطبيق إجراءات الإغلاق، ووضع العلامات ((Lockout Tagout (LOTO)، وذلك باستخدام الآتي:

وضع أقفال الأمان

- الأقفال المخصصة (Lockout) للنظام، أو الجهاز المعزول عن مصدر الطاقة لضمان عدم تشغيل الجهاز أثناء عمليات الصيانة، ويجب على كل عامل أو مختص استخدام القفل الخاص به لضمان عدم فتح القفل من قبل طرف آخر.
- العلامات التحذيرية (Tagout) للإشارة إلى عدم تشغيل النظام أو الجهاز الكهربائي حتى تُزال العلامة منه، ويجب أن تتضمن العلامات اسم الشخص الذي قام بوضع القفل، والتاريخ، وسبب القفل، ومع ذلك فإن العلامات التحذيرية لا توفر نفس مستوى الحماية التي يوفرها القفل.

وضع العلامات التحذيرية



استخدام معدات الوقاية الشخصية

عند التعامل مع الكهرباء تُستخدم مجموعة من معدات الوقاية الشخصية (Personal Protection Equipment (PPE))، منها الآتي:

- **نظارات السلامة، أو النظارات الواقية** (Safety Glasses or Goggles)

تحمي نظارات السلامة العينين من الحُطام المتطاير (Flying Debris)، أو الشرارات الكهربائية.

- **الخوذة الصلبة** (Hard-Hat/Helmet)

هي خوذة خفيفة الوزن من المعدن، أو البلاستيك المقوى، وتقسم حسب استخداماتها الكهربائية إلى فئتين:

- **الفئة A**: تُستخدم للحماية المحدودة من الجهد الكهربائي (حتى 2200 فولت).
- **الفئة B**: توفر حماية عالية ضد المخاطر الكهربائية كالصدمات، والحروق الناتجة عن الجهد العالي (حتى 20000 فولت).

- **درع الوجه للحماية من القوس الكهربائي** (Arc-Rated Face Shield)
  درع واقٍ يستخدم لحماية الوجه من المخاطر الكهربائية العالية.
- **سدادات الأذن** (Ear Plugs)، **وأغطية الأذن** (Earmuffs):
  تُستخدم أثناء العمل مع المعدات الكهربائية الصاخبة، والضوضاء، وأجهزة الإنذار.
- **اللباس المقاوم للهب** (Flame Resistant Coverall):

لباس مقاوم للهب مصنوع من مواد مقاومة للاشتعال (Ignition)، وتتميز بخاصية الإطفاء الذاتي (Self-Extinguish)، ويُرتدى أثناء التعامل مع الأنظمة الكهربائية؛ للحماية من الحروق.

- **أحذية السلامة** (Safety Boots/Shoes):

أحذية ذات مقدمة فولاذية (Steel-Toed Boots)، تحمي القدمين من الإصابات عند حمل الأشياء الثقيلة، وتوفر العزل الكهربائي.

- **قفازات السلامة الكهربائية** (Electrical Gloves):

عادة ما تكون القفازات العازلة للكهرباء مصنوعة من مادة عازلة، مثل: المطاط عالي الجودة، وتُصنِّف إدارة السلامة والصحة المهنية (Occupational Safety and Health Administration Standards (OSHA)) قفازات السلامة الكهربائية بحسب مستوى حماية الجهد الذي توفره إلى الفئات الآتية:

الفئة	أقصى مستوى للجهد	لون القفاز
00	500 فولت (AC)/750 فولت (DC)	رملي/بني فاتح
0	1000 فولت (AC)/1500 فولت (DC)	أحمر
1	7500 فولت (AC)/11250 فولت (DC)	أبيض
2	17000 فولت (AC)/25500 فولت (DC)	أصفر
3	26500 فولت (AC)/39750 فولت (DC)	أخضر
4	36000 فولت (AC)/54000 فولت (DC)	برتقالي

إدارة السلامة والصحة المهنية

(Occupational Safety and Health Administration Standards (OSHA))

إدارة تابعة لوزارة العمل الأمريكية، مختصة بإصدار التشريعات والقوانين والمعايير المعنية بالصحة والسلامة المهنية، والمواصفات القياسية في بيئة العمل، وتتبنى كثير من المنشآت والمؤسسات حول العالم ما تصدره هذه الإدارة؛ لتوفير بيئة عمل آمنة، وخالية من المخاطر.

معدات السلامة الكهربائية

التأريض الكهربائي

(Electrical Grounding)

يُعد التأريض الكهربائي (Electrical Grounding/Earthing) جزءًا أساسيًّا من أنظمة السلامة الكهربائية، ويُعرف بأنه عملية توصيل المعدات، أو الهياكل الكهربائية بالأرض لتوفير مسار آمن ذو مقاومة منخفضة (Low-Resistance Path) لتفريغ التيارات الكهربائية الزائدة إلى الأرض.

أهمية التأريض الكهربائي

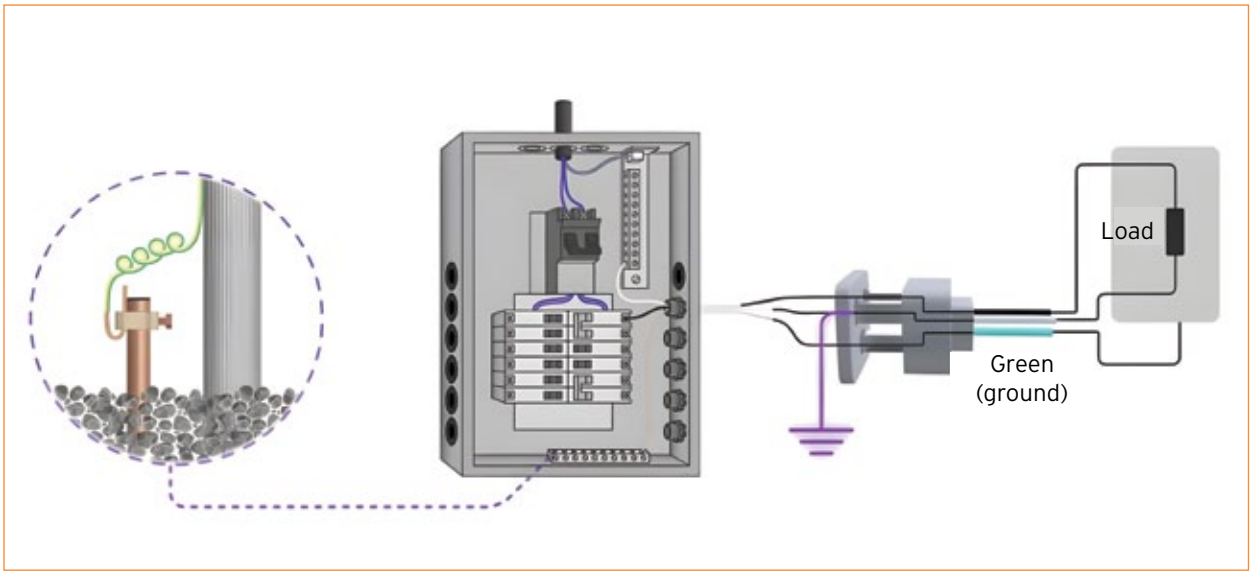
تكمن أهمية التأريض الكهربائي في الآتي:

- **حماية الأفراد في مواقع العمل من الصدمات الكهربائية:**

يتيح التأريض تفريغ التيارات الكهربائية غير المرغوب فيها إلى الأرض، مما يقلل من احتمالية تعرض الأشخاص لصدمات كهربائية عند ملامسة الأجزاء المعدنية المتصلة بالنظام الكهربائي.

- **حماية المعدات الكهربائية:**

يمنع التأريض تلف الأجهزة والمعدات الإلكترونية الحساسة الناتج عن زيادة التيار الكهربائي، أو حدوث أعطال مثل: القصر الكهربائي.



تفريغ التيارات الكهربائية الزائدة

- **تقليل مخاطر الحرائق الكهربائية:**
يؤدي التأريض إلى تصريف التيارات الزائدة الناتجة عن الأحمال الزائدة أو الصواعق، مما يقلل من احتمالية ارتفاع درجة الحرارة التي قد تسبب حرائق.

- **تحسين استقرار الجهد الكهربائي (Stabilizing Voltage):**
يعمل التأريض كمرجع ثابت لجهد النظام، مما يسهم في تحسين استقرار الجهد الكهربائي، وحماية المعدات الإلكترونية من الفروقات المفاجئة في الجهد (Voltage Fluctuations).

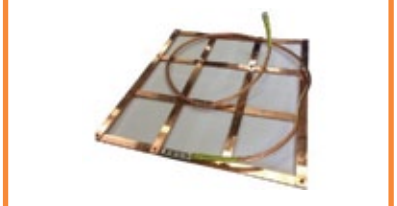
- **الحماية من الصواعق الكهربائية (Lightning Protection):**
يُوفر التأريض مسارًا آمنًا لتفريغ تدفق الشحنات الكهربائية أثناء الصواعق إلى الأرض عن طريق مانعات الصواعق (Lightning Rods)، مما يمنع تلف المعدات الكهربائية.

- **منع تراكم الشحنات الساكنة (Static Electricity):**
يساعد التأريض على تصريف الشحنات الكهربائية الساكنة التي قد تسبب شرارات، أو انفجارات في مواقع العمل.

- **تقليل التداخل الكهرومغناطيسي (Reducing Electromagnetic Interference (EMI)):**
يشير التداخل الكهرومغناطيسي إلى الاضطراب، أو التأثير الذي يحدث عندما تتداخل الإشعاعات/الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن مصدر كهربائي أو إلكتروني مع الأجهزة الإلكترونية أو المعدات الأخرى، ويقلل التأريض من هذا التداخل من خلال توفير مسار آمن للتيارات غير المرغوب فيها، وتوجيهها إلى الأرض، مما يُسهم في تحسين أداء الأجهزة.

مكونات نظام التأريض الكهربائي

يتألف نظام التأريض من المكونات الأساسية الآتية:

المكون	الوصف	
شريط التأريض (Grounding Bar)	شريط معدني مصنوع عادةً من النحاس أو الألمنيوم، يُستخدم لتجميع كل أسلاك التأريض وربطها معًا.	
أسلاك التأريض (Grounding Cables)	أسلاك معدنية (عادةً من النحاس أو الألمنيوم)، تُستخدم لربط المعدات الكهربائية بشريط التأريض.	
قضبان التأريض (Grounding Rods)	تسمى أيضًا مانعات الصواعق، وهي قضبان معدنية تدفن في الأرض، وتكون عادة مصنوعة من النحاس أو الفولاذ المجلفن (Galvanized Steel).	
شبكة التأريض (Grounding Lattice)	هي عبارة عن مجموعة من قضبان التأريض تُدفن في شكل شبكة لتوسيع مساحة الاتصال مع الأرض.	
حفرة التأريض (Grounding Pit)	حفرة عميقة في الأرض تُغَطَّى بمواد كالفحم أو الملح أو الرمل لتحسين قدرة الأرض على توصيل التيار الكهربائي إلى الأعماق، وحماية المعدات والأنظمة الكهربائية من الأعطال، أو المخاطر المحتملة الناجمة عن التيارات الكهربائية الزائدة.	
مشابك التأريض (Grounding Clamps)	تُستخدم مشابك التأريض لربط الموصلات (Conductors) أو أسلاك التأريض أو القضبان أو المواد الأخرى لتفريغ الشحنات الكهربائية بشكل آمن.	

أساليب التأريض الكهربائي

تتعدد أساليب التأريض الكهربائي، ومنها الآتي:

- **التأريض المباشر** (Direct Grounding)

يُعد هذا التأريض من أبسط أساليب التأريض الكهربائي، حيث يوصل بين نقطة التعادل للمحول والأرض مباشرة بواسطة موصل دون أي مقاومات، أو معوقات، ويستخدم في منظومة الجهد المنخفض.

- **التأريض الإستاتيكي** (Static Grounding)

يُستخدم التأريض الإستاتيكي لتفريغ الشحنات الساكنة المتراكمة على المعدات، أو الأنظمة الكهربائية من خلال ربط سلك التأريض في الأجزاء المعدنية للمعدات (جسم المعدة)، وتوصيله إلى الأرض (ربطه في لوحة التوزيع)؛ لتسريب الشحنات الكهربائية إلى الأرض، مما يقلل من احتمالية حدوث الشرارات الكهربائية التي قد تسبب الحرائق، وحماية الأشخاص من الصدمة الكهربائية، وحماية المعدات من التلف.

- **التأريض بالأقطاب الأرضية** (Earth Electrode Grounding)

يعتمد هذا التأريض بشكل أساسي على قدرة الأرض على توفير مسار منخفض المقاومة لتفريغ التيار الكهربائي إلى الأرض باستخدام قضيب معدني، أو شبكة من الأسلاك المدفونة في الأرض لتوفير مسار آمن للتيار الكهربائي.

- **التأريض للحماية من الصواعق** (Lightning Protection Grounding)

يوفر هذا التأريض مسارًا خاصًّا لتوجيه تيارات الصواعق إلى الأرض في حال حدوث البرق لحماية المنشآت من تأثيرات الصواعق، وذلك من خلال استخدام مانعة الصواعق؛ حيث تقوم بتفريغ الطاقة الكهربائية الناتجة عن البرق إلى الأرض بشكل آمن عن طريق سلك أرضي معزول، ومتصل بالأرض.

تقنيات التأريض الكهربائي (Electrical Grounding Techniques)

هناك عدة تقنيات تُستخدم في تصميم أنظمة التأريض الكهربائي وتنفيذها، منها الآتي:

تقنيات التأريض	الوصف	الاستخدام
التأريض اللوحي (Plate Grounding)	هو من الأنظمة الشائعة للتأريض، ويتم من خلال دفن صفيحة معدنية (مصنوعة عادة من النحاس أو الحديد المجلفن في الأرض)، وتعمل كقطب كهربائي موصل بالنظام الكهربائي.	يستخدم بكثرة في الأنظمة الصغيرة كالمباني السكنية، أو التجارية الصغيرة.
التأريض بالأنابيب (Pipe Grounding)	تستعمل الأنابيب المعدنية كقطب كهربائي؛ حيث يُدفع الأنبوب عموديًّا إلى الأرض، ويُوصل النظام الكهربائي به.	مناسب للمناطق ذات المقاومة العالية للتربة.
التأريض بالقضيب (Rod Grounding)	يستعان به باستخدام قضيب معدني، ويُدفع عموديًّا إلى الأرض ليتصل بالنظام الكهربائي.	فعال في المناطق ذات مقاومة التربة المنخفضة.
التأريض بالشريط (Strip Grounding)	يُستخدم فيه شريطًا معدنيًّا مدفونًا بشكل أفقي في حفرة بالأرض، ويعمل الشريط كقطب متصل بالنظام الكهربائي.	شائع في البيئات الصناعية والتجارية.
التأريض من خلال أنابيب المياه (Grounding through Water Pipe)	هو نظام كان يُستخدم بشكل شائع في الماضي كوسيلة لتوصيل التيار الكهربائي المتسرب إلى الأرض عبر الأنابيب المعدنية، وأصبح هذا الأسلوب غير مفضل في الوقت الحالي بسبب عدة عوامل تتعلق بالسلامة، والتطورات الحديثة في أنظمة التأريض.	يستخدم في المباني القديمة.
التأريض بالقطب الأرضي (Grounding with Earth Electrode)	يتضمن استخدام قطب كهربائي متخصص مثل: القطب الفولاذي المرتبط بالنحاس، أو القطب الكيميائي.	مصمم خصيصًا لتوفير مقاومة منخفضة، وتأريض طويل الأمد.
التأريض الكيميائي (Chemical Grounding)	يُستخدم فيه مركبًا كيميائيًّا يحيط بالقطب الكهربائي لتعزيز توصيله، وتقليل مقاومة التربة.	يُستخدم في المناطق ذات مقاومة التربة العالية.

مقاومة التأريض الكهربائي
(Electrical Grounding Resistance)

مقاومة التأريض الكهربائي هي مقدار المقاومة التي تواجهها التيارات الكهربائية أثناء تدفقها من نظام التأريض إلى الأرض، ويجب أن يكون مقدار مقاومة التأريض منخفضًا، وألا يتعدى 5Ω وفقًا للمواصفات المحلية؛ لضمان تفريغ التيارات الكهربائية بفاعلية في الأرض، مما يعزز كفاءة النظام، ويقلل من المخاطر المحتملة.

العوامل المؤثرة في مقاومة التأريض

هناك مجموعة من العوامل الأساسية التي قد تؤثر في قيمة مقاومة التأريض، من أهمها الآتي:

- **نوع تربة نظام التأريض:** عادة ما تكون التربة الطينية والرطبة ذات مقاومة منخفضة مقارنة بالتربة الرملية أو الصخرية.
- **درجة الحرارة:** تزيد قيمة مقاومة التأريض في درجات الحرارة المنخفضة.
- **حجم قضيب التأريض وشكله:** زيادة طول وعمق قضيب التأريض يقلل من مقدار مقاومة التأريض.
- **جودة التربة:** في بعض الأحيان قد تضاف مواد، مثل: الملح، أو كبريتات المغنيسيوم لتُحسن عملية تدفق الشحنات الكهربائية للأرض.
- **التآكل:** يؤدي التآكل في الأقطاب، أو الأسلاك إلى زيادة المقاومة.

■ قياس قيمة مقاومة التأريض

لقياس مقاومة التأريض تُستخدم الأجهزة الآتية:

جهاز قياس مقاومة الأرض
(Earth Resistance Tester)

الجهاز ذو المشبك لقياس مقاومة الأرض
(Clamp on Earth Tester)

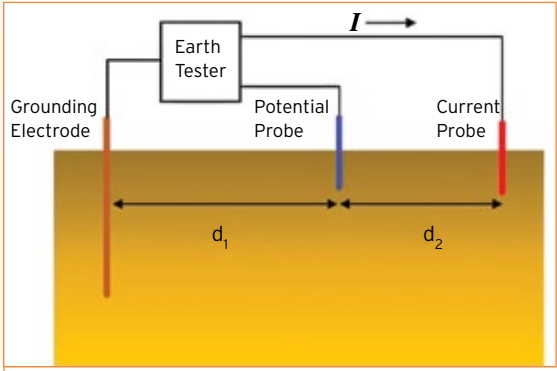
جهاز قياس العزل الكهربائي
(Megger)

الجهاز الرقمي لاختبار مقاومة الأرض
(Digital Earth Tester)

أجهزة قياس قيمة مقاومة التأريض

طرق قياس قيمة التأريض الكهربائي

تُقاس قيمة التأريض الكهربائي بأحد الطرق الآتية:



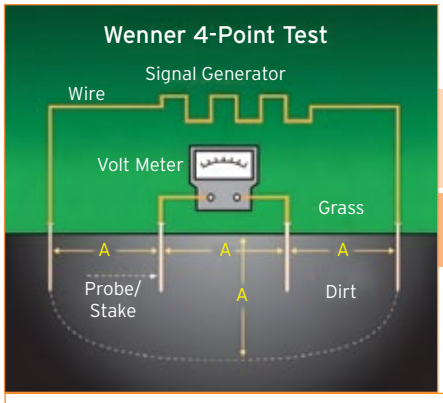
هبوط الجهد (Fall-of-Potential Method)

الاستخدام

تُعد الطريقة الأكثر شيوعًا ودقة، وتستخدم عادة قبل تركيب نظام التأريض الأساسي.

الإجراء

- تستخدم ثلاثة أقطاب: القطب الأرضي الأساسي (Primary Ground Electrode)، وقطب الجهد الكهربائي (Voltage Electrode)، وقطب التيار الكهربائي (Current Electrode).
- يوصل القطب الأرضي الأساسي بالنظام المراد قياس مقاومته.
- يوضع قطب الجهد الكهربائي وقطب التيار الكهربائي على خط مستقيم في النظام.
- يُقاس الجهد الكهربائي بين القطب الأرضي، وقطب الجهد الكهربائي بقياس التيار المار بين القطب الأرضي وقطب التيار.
- تُحسب المقاومة باستخدام العلاقة: $R = \frac{V}{I}$



طريقة الأقطاب الأربعة (Four Pin Resistivity)

(1) طريقة وينر (Wenner Method)

الاستخدام

تُستخدم لقياس مقاومة التربة، وتحديد خصائصها

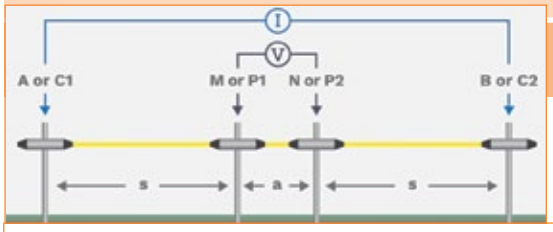
الإجراء

- توضع أربعة أقطاب على خط مستقيم بمسافات متساوية.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الأول والرابع، وتقاس قيمة التيار الكهربائي الناتج.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الثاني والثالث، ويقاس مقداره.
- تُحسب المقاومة باستخدام المعادلة الآتية:

$$R = 2\pi a \times \frac{V}{I}$$

حيث a: المسافة بين الأقطاب الأربعة.

طريقة الأقطاب الأربعة
(Four Pin Resistivity)



(2) طريقة شلمبرجير (Schlumberger Array Method)

الاستخدام

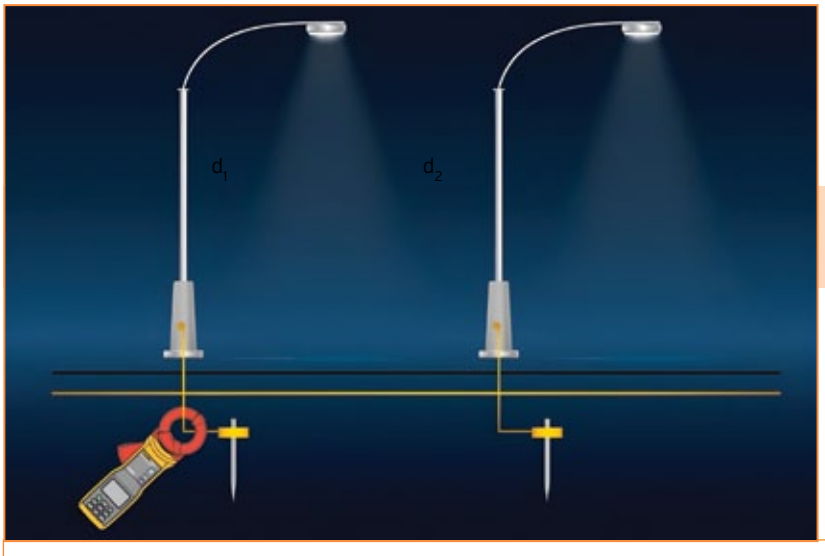
تُستخدم لقياس مقاومة التربة، وتحديد خصائصها

الإجراء

- تستخدم أربعة أقطاب، وتكون المسافة بين القطبين الأول والرابع أكبر من المسافة بين القطبين الثاني والثالث.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الأول والرابع، وتقاس قيمة التيار الكهربائي الناتج.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الثاني والثالث، ويقاس مقداره.
- تُحسب المقاومة باستخدام الصيغة الآتية:

$$R = \frac{(2a)2}{2s} \times \frac{\pi}{2} \times \frac{V}{I}$$

حيث a-s: المسافة بين الأقطاب الأربعة.



جهاز الكلامب ميتر الأرضي
(Earthing Clamp Meter)

الاستخدام

يُستخدم لقياس مقاومة التأريض في الأنظمة التي لا يمكن فصلها عن باقي الدائرة.

الإجراء

- يوضع الجهاز حول السلك الموصل للأرض.
- يقيس الجهاز المقاومة دون الحاجة لفصل النظام.

الدرس الرابع

الإسعافات الأولية للحوادث الكهربائية

(First Aid Procedures for Electrical Accidents)

تُعد الحوادث الكهربائية من أخطر الحوادث التي قد يتعرض لها الأفراد في مواقع العمل؛ إذ يمكن أن تؤدي إلى إصابات خطيرة، مثل: الحروق الشديدة، أو الوفاة؛ لذا يتطلب العمل مع الأنظمة الكهربائية إلمامًا ووعيًا كافيًا بإجراءات الإسعافات الأولية لضمان سلامة الأفراد في مواقع العمل.

إجراءات الإسعافات الأولية

قبل البدء بإسعاف المصاب

عند وقوع حادث في موقع العمل، يجب إسعاف المصاب أوليًّا باتباع الإجراءات الآتية:

- إيقاف تشغيل مصدر الكهرباء، وعدم لمس الشخص إذا كان لا يزال على اتصال بمصدر الكهرباء.
- دفع المصاب بعيد عن المصدر باستخدام جسم غير موصل للطاقة الكهربائية (Non-Conductive Material)، مثل عصا خشبية.
- الاتصال بخدمات الطوارئ (Emergency Services) على الفور (على سبيل المثال، 9999) للإبلاغ عن الحادث، وطلب المساعدة الطبية المتخصصة.

أثناء إسعاف المصاب

- إبقاء المصاب هادئًا، ومطمئنًا حتى وصول المساعدة.
- رصد الأعراض (Monitor Symptoms)، مثل: علامات الصدمة، أو الحروق، أو الأعراض الأخرى، مثل:
  - التشنجات العضلية (Muscle Spasms).
  - صعوبة في التنفس (Difficulty Breathing).
  - الارتباك، أو فقدان الوعي (Confusion or Altered Consciousness).
- التحقق من التنفس، والقيام بالإنعاش القلبي الرئوي (Cardiopulmonary Resuscitation (CPR)) – إذا لزم الأمر– من قبل شخص مدربًا تدريبًا معتمدًا.

- الضغطات الصدرية (Chest Compressions):
  - ضع راحة يدك الأولى في منتصف صدر المصاب.
  - ضع يدك الأخرى فوق الأولى، واشبك أصابعك.
  - اضغط بقوة وبسرعة بمعدل 100-120 ضغطة في الدقيقة، وبعمق 5-6 سم.
- إذا كنت مدربًا، ابدأ بإجراء تنفس اصطناعي مرتين بعد الضغط 30 مرة، وذلك كالآتي:
  - افتح مجرى الهواء بإمالة الرأس للخلف ورفع الذقن.
  - أغلق أنف المصاب، وثبت فم المسعف على فم المصاب.
  - أعطِ نفسين بطيئين لمدة ثانية، مع التأكد من ارتفاع صدر المصاب.
  - استمر في إنعاش المصاب حتى يبدأ بالتنفس، أو التحرك، أو وصول خدمات الطوارئ.
- في حالة وجود حروق يجب:
  - تبريد المنطقة المصابة بالماء الفاتر لمدة 10-20 دقيقة، وعدم وضع الحرق مباشرة في الماء البارد أو الثلج.
  - استخدام ضمادة معقمة غير لاصقة (Sterile, Non-Stick Dressing)، أو قطعة قماش نظيفة لتغطية الحروق.
- إذا ظهرت على المصاب علامات الصدمة الكهربائية، يُتبع الآتي:
  - يُوضع المصاب على الأرض.
  - تُرفع ساقاه إذا لم تكن هناك إصابات تمنع ذلك.
  - تغطيته ببطانية لمنع انخفاض حرارة جسمه (Hypothermia).

بعد إجراء الإسعاف الأولى للمصاب

- تجنب وضع المراهم (Ointments) أو الثلج، أو أي مادة أخرى على الحروق الكهربائية ما لم يكن ذلك بتوجيه من أخصائي طبي.
- متابعة العلامات الحيوية (Vital Signs) للمصاب (الوعي، والتنفس، والنبض (Consciousness, Breathing, Pulse)) حتى وصول خدمات الطوارئ.
- عند وصول المساعدة يجب إبلاغ الفريق الطبي بتفاصيل الحادثة، مثل مقدار الجهد الذي تعرض له المصاب، والمدة، والإصابات المرئية، وكذلك الإجراءات التي اتخذت بالكامل.

الخطوات

1. توقف !!
   لا تلمس الشخص.
   ابحث ع مصدر الخطر.

2. قم بإيقاف التيار الكهربائي.
   أنقذ الشخص باستخدام جسم غير موصل إذا كان من الآمن الاقتراب.

3. اتصل ب 9999.

4. أحضر الجهاز الآلي لإزالة الرجفان الخارجي
   (Automated External Defibrillator AED)
   (إذا كنت مدربًا)
   إذا لزم الأمر، قم بإزالة جميع الملابس المحيطة.

5. أغلق المنطقة وسيطر على الوصول.
   أكمل تقرير إصابة الكهرباء.

خطوات إسعاف المصاب بالصعق الكهربائي

تصنيف الحروق الكهربائية

تُصنف الحروق الكهربائية بناءً على عمق الإصابة، وشدتها إلى درجات كالآتي:

الدرجة الأولى

الوصف

تؤثر في الطبقة الخارجية من الجلد.

الخطورة

غير خطيرة.

الإسعافات الأولية

- تبريد المنطقة بماء فاتر معتدل البرودة.
- استخدام مرهم مهدئ، أو كريم مرطب.
- تغطية منطقة الحرق باستخدام ضمادة، أو قطعة قماش نظيفة لتقليل خطر العدوى.

I

الدرجة الثانية

الوصف

تؤثر في الطبقة الخارجية للجلد وطبقة الأدمة (Dermis Layer) (الطبقة السفلية من الجلد).

الخطورة

قد تكون خطيرة إذا غطت مساحة كبيرة أو أصابت أماكن حساسة.

الإسعافات الأولية

- تبريد المنطقة بماء فاتر معتدل البرودة.
- تغطية الحرق بضمادة نظيفة ومعقمة.

II

الدرجة الثالثة

الوصف

تمتد إلى جميع طبقات الجلد، وقد تصل إلى الأنسجة تحت الجلد.

الخطورة

خطيرة، وتتطلب تدخلًا طبيًّا.

الإسعافات الأولية

- تغطية المنطقة بضمادة معقمة وجافة.
- طلب المساعدة الطبية.

III

الدرجة الرابعة

الوصف

تصل الحروق إلى الأنسجة العميقة تحت الجلد، مثل: العضلات، أو العظام.

الخطورة

خطيرة جدًّا وقد تُهدد حياة الفرد.

الإسعافات الأولية

- التأكد من العلامات الحيوية للمصاب، مثل: التنفس.
- طلب المساعدة الطبية فورًا.

IV

تذكر

- يقتصر التعامل مع الأنظمة الكهربائية على الأفراد المدربين، والمصرح لهم فقط.
- تقديم الدورات التدريبية للأفراد لتطوير معارفهم ومهاراتهم في التعامل مع الأنظمة الكهربائية، وإجراءات الإسعافات الأولية.
- التأكد من خلو موقع العمل من الرطوبة لتقليل خطر الصدمات الكهربائية.
- إزالة الأدوات والمعدات غير الضرورية لتجنب مخاطر التعثر، وتحسين بيئة العمل.
- الابتعاد عن أجزاء النظام الكهربائي التي يتدفق التيار الكهربائي بداخلها، واستخدام الحواجز عند الحاجة للعمل بالقرب منها.
- الاحتفاظ بأرقام الطوارئ، وتوفير حقيبة الإسعافات الأولية (First Aid Kit).
- وضع لافتات تحذيرية تحدد المناطق التي تحتوي على مخاطر كهربائية محتملة.
- التحقق من سلامة المعدات والأدوات بعد انتهاء العمل لضمان عدم وجود أضرار.
- إبلاغ المشرفين فورًا عند وجود أعطال في المعدات، أو أي ظروف أخرى غير آمنة.

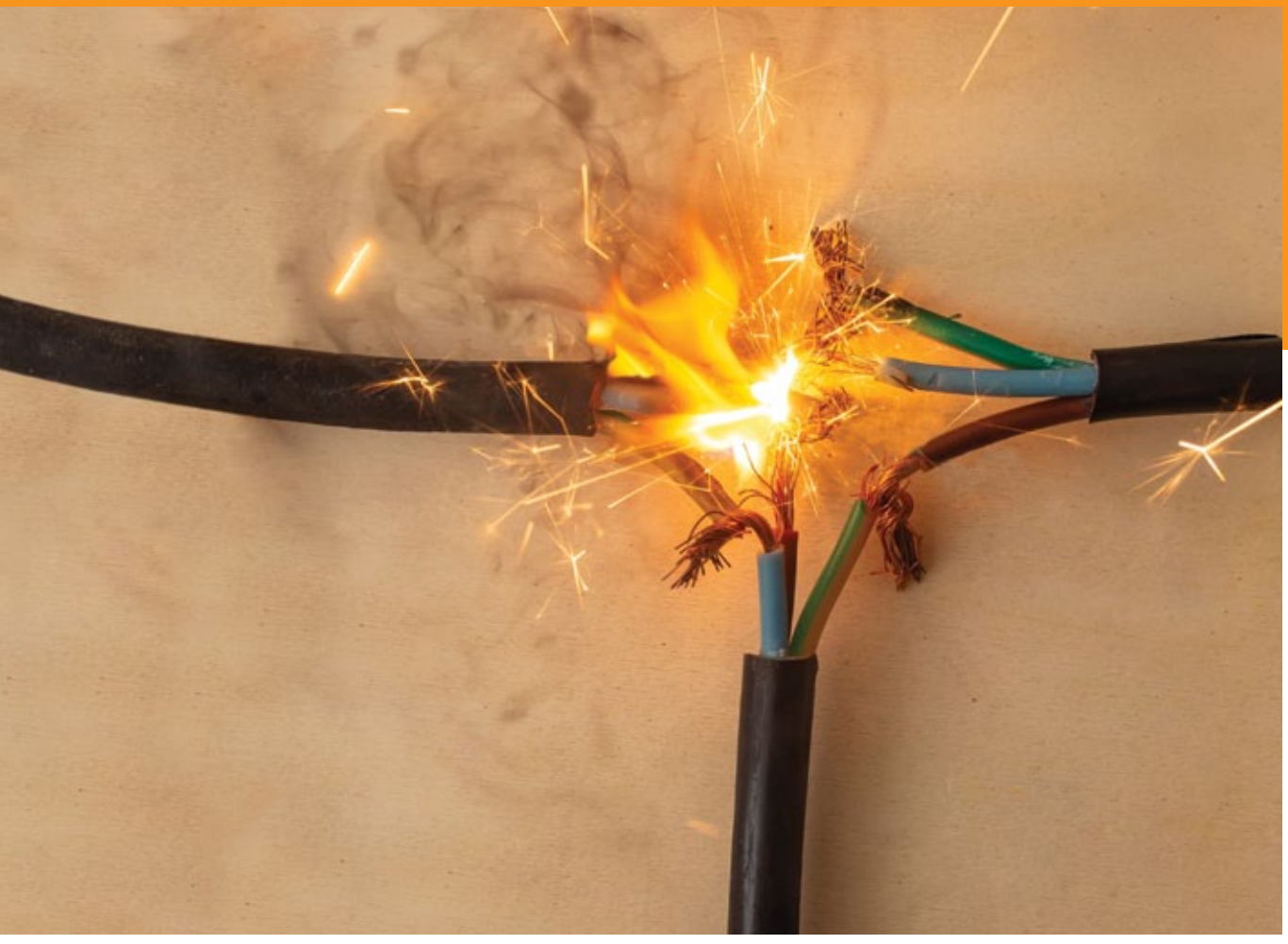
أسئلة الوحدة

1. حدد الفروقات بين الحروق الكهربائية، والحرائق الكهربائية من حيث الأسباب والخطورة.
2. ما أسباب مخاطر الأحمال الزائدة في الكهرباء؟
3. قارن بين مؤشر تَعَطُّل قواطع الدائرة والأضواء الوامضة من حيث وصف المؤشر، وسبب الخطر، والإجراء الوقائي المستخدم.
4. حدد بعض إجراءات العناية بالأدوات الكهربائية.
5. اذكر بعض إجراءات معايرة الأدوات الكهربائية.
6. وضح بعض الإجراءات المتبعة في فصل مصادر الطاقة الكهربائية.
7. ما الفرق بين الأقفال المخصصة، والعلامات التحذيرية المتبعة في إجراءات الإغلاق؟
8. حدد مكونات نظام التأريض الكهربائي.
9. ما الفرق بين التأريض بالأنابيب، والتأريض اللوحي من حيث الوصف والاستخدام؟
10. وضح العوامل المؤثرة على مقاومة التأريض الكهربائي.
11. حدد خطوات الإسعاف الأولي قبل البدء بإسعاف المصاب في الحوادث الكهربائية.

الوحدة الثالثة

الأعطال والصيانة الكهربائية

Electrical Malfunctions and Maintenance



محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

الأعطال الكهربائية (Electrical Malfunctions) 76

الدرس الثاني

أنواع الصيانة الكهربائية وإجراءاتها

(Types and Procedures of Electrical Maintenance) 84

الدرس الثالث

توثيق عمليات الصيانة الكهربائية

(Documentation of Electrical Maintenance Operations) 91

أسئلة الوحدة 94

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يُصنف الأعطال الكهربائية حسب طبيعتها وأسبابها وشدتها.
- يطبق بعض تقنيات تشخيص الأعطال الكهربائية.
- يقارن بين التقنيات المستخدمة في تشخيص الأعطال الكهربائية.
- يحدد الفروقات بين أنواع الصيانة الكهربائية.
- يطبق الصيانة التنبؤية لمعدات وأجهزة الورشة التدريبية.
- يبّين وظيفة الأدوات الأساسية المستخدمة في صيانة ومعالجة الأعطال الكهربائية.
- يستخدم بعض الأدوات الأساسية في صيانة الأعطال الكهربائية.
- يطبق نماذج السجلات المستخدمة في توثيق أعمال الصيانة الكهربائية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين الطلبة من فهم أنواع الأعطال الكهربائية وأسبابها والتأثيرات الناجمة عنها، وتصنيفها حسب طبيعتها وشدتها، وإكسابهم المعارف والمهارات المتعلقة بتشخيص تلك الأعطال، والتقنيات والأدوات الأساسية وأدوات القياس المستخدمة في ذلك، إضافة إلى أن الوحدة تسعى إلى تدريب الطلبة على بعض أنواع صيانة المعدات والأجهزة في الورشة التدريبية، وتطبيق بعض النماذج المعدة لتوثيق الصيانة حسب أنواعها، وتكوين فهم واضح لديهم عن أنواع الصيانة الكهربائية تبعًا لأهدافها وتوقيتها.

الأعطال الكهربائية

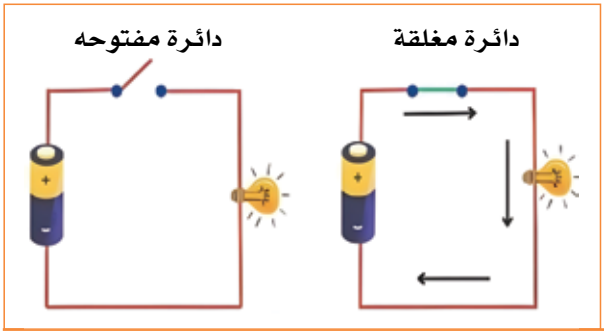
(Electrical Malfunctions)

تُعد الأنظمة الكهربائية أنظمة معقدة لأنها تتكون من مجموعة متعددة من المكونات كالدوائر، والأسلاك، والأجهزة المتصلة ببعضها، فلا بد من التعامل مع هذه الأنظمة بدقة وحذر ومنهجية تراعي أساسيات الربط والتركيب الصحيح لها، والحفاظ على جميع لوحات التحكم، والتجهيزات الكهربائية في حالة آمن لتجنب حدوث الأعطال الكهربائية التي قد تؤدي إلى أضرار كبيرة ليس على مستوى تلك الأنظمة فحسب، بل لما تشكله من خطر على الأفراد، والممتلكات الخاصة والعامة أيضًا. وتنشأ هذه الأعطال عادة عندما ينحرف التيار الكهربائي عن مساره أو تدفقه المقصود، فيؤثر في أداء الأنظمة، والمعدات، والآلات، والأجهزة الكهربائية، ويوقف عملها.

العطل الكهربائي
يُعرف بأنه تغير غير طبيعي في قيم التيار أو الجهد.

الأعطال الكهربائية الشائعة (Common Electrical Faults)

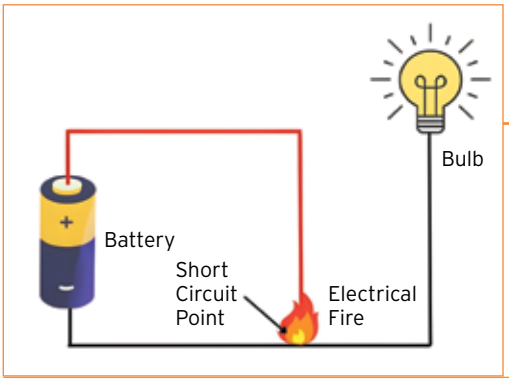
توجد العديد من الأعطال الكهربائية الشائعة التي تختلف عن بعضها وفقًا لطبيعتها، وأسبابها، وشدة تأثيرها، وهي كالآتي:



الدائرة المفتوحة (Open Circuit)

وصف العطل	تُعرف أيضًا بأعطال السلسلة (Series Fault)؛ فهي تنشأ بشكل متسلسل أو على التوالي، وتحدث عند إعاقة مرور التيار الكهربائي في الدائرة أو انقطاعه.
أسباب الحدوث	■ قطع الأسلاك أو الوصلات. ■ احتراق المصابيح أو المكونات الأخرى. ■ إيقاف تشغيل المفاتيح (Switches).
مؤشرات العطل	■ عدم القدرة على تشغيل المصابيح، أو الأجهزة مما يدل على توقف تدفق التيار عبر الدائرة. ■ ارتفاع الجهد، مما يسبب اختلال التوازن في النظام. ■ تقلبات الجهد.
الحلول	■ فحص الأسلاك المقطوعة، أو الوصلات المكسورة وإصلاحها، أو استبدالها. ■ استبدال المصابيح، أو المكونات المحترقة. ■ التحقق من أن المفاتيح قيد التشغيل.

قصر الدائرة (Short Circuit)

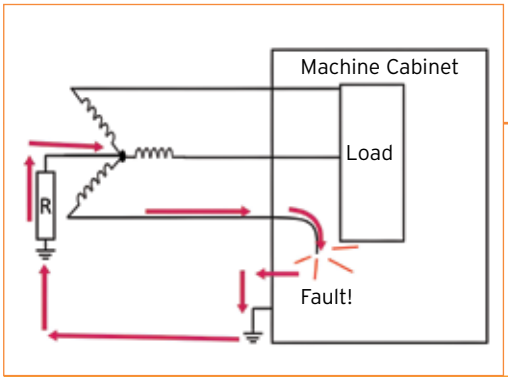


وصف العطل	يحدث قصر الدائرة الكهربائية عندما يتلامس سلكان، مما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي عالٍ جدًّا في غير مساره المقصود، ونتيجةً لذلك ينقطع التيار الكهربائي، أو تتلف الأجهزة.
أسباب الحدوث	■ تلف العازل (Insulation) في الأسلاك. ■ خلل في المعدات، أو الأجهزة (Faulty Equipment or Appliances). ■ ارتخاء التوصيلات أو تآكلها (Loose or Corroded Connections).
مؤشرات العطل	■ تعطل قواطع الدائرة (Tripped Circuit Breakers). ■ احتراق المنصهر (Blown Fuse). ■ وجود شرارات (Sparks)، أو دخان من الأسلاك.
الحلول	■ فحص الأسلاك والتوصيلات بحثًا عن أي علامات للتلف. ■ استبدال الأجهزة أو المكونات التالفة. ■ التأكد من سلامة العازل، وتوصيل الأسلاك بشكل آمن.

الحِمل الزائد (Overloads)

وصف العطل	يحدث الحمل الزائد عندما تتجاوز كمية التيار الكهربائي المار في الدائرة القدرة المصممة لها.
أسباب الحدوث	■ توصيل عدد كبير من الأجهزة بدائرة واحدة. ■ الاختيار الخاطئ للقواطع (Breakers) أو المنصهرات (Fuses). ■ المعدات التالفة التي تستهلك تيارًا زائدًا.
مؤشرات العطل	■ ارتفاع درجة حرارة الأسلاك والمنافذ الكهربائية. ■ الأضواء الوامضة (Flickering lights). ■ تعطل قواطع الدائرة، أو احتراق المنصهرات.
الحلول	■ توزيع الحمل على دوائر متعددة. ■ اختيار الأسلاك، أو قواطع الدائرة المناسبة للأحمال العالية. ■ إصلاح الأجهزة التالفة، أو استبدالها.

التسريب الأرضي (Ground Faults)



وصف العطل	يحدث عندما يتدفق تيار كهربائي خارج مساره المقصود إلى الأرض، مما يؤدي إلى حدوث الصدمات الكهربائية.
أسباب الحدوث	■ تلف العازل في الأسلاك. ■ الرطوبة. ■ المعدات التالفة.
مؤشرات العطل	■ حدوث وخز أو صدمة كهربائية عند لمس الأجهزة. ■ تعطل قواطع الدائرة الأرضية (Ground Fault Circuit Interrupters (GFCIs)).
الحلول	■ فحص الأسلاك التالفة، واستبدالها. ■ التأكد من وجود قواطع الدائرة الأرضية (GFCI) على جميع المنافذ في المناطق الرطبة. ■ إصلاح الأجهزة التالفة، أو استبدالها.

تقلبات الجهد (Voltage Fluctuations)

وصف العطل	هي فروقات مفاجئة في الجهد تؤثر في أداء الأجهزة الكهربائية.
أسباب الحدوث	■ التغيرات المفاجئة في مقدار الحمل. ■ ضعف الطاقة الكهربائية من المصدر. ■ المعدات التالفة.
مؤشرات العطل	■ الأضواء الوامضة. ■ تعطل المعدات الكهربائية.
الحلول	■ تركيب مثبتات، أو منظمات الجهد (Voltage Stabilizers or Regulators). ■ مراقبة وضع الحِمل. ■ تطوير البنية التحتية الكهربائية (Electrical Infrastructure) إذا لزم الأمر.

أسباب الأعطال الكهربائية (Electrical Faults Causes)

تتلخص أهم أسباب الأعطال الكهربائية في الآتي:

- **خلل في أنظمة المعدات (Equipment System Malfunction):**
تتسبب المعدات الكهربائية كالمولدات (Generators)، والمحركات (Motors)، والمحولات (Transformers) في حدوث أعطال في الدوائر الكهربائية، وتؤدي هذه الأعطال إلى تدفق تيارات عالية في الأجهزة والمعدات، مما يؤدي إلى تلفها.

- **عيوب التصنيع (Manufacturing Defects):**
تؤدي عيوب التصنيع في المعدات الكهربائية أو مكوناتها إلى حدوث أعطال كهربائية عديدة، ومن أمثلتها: التركيب غير الصحيح (Incorrect Installation) لمجموعة المفاتيح الكهربائية، أو الأسلاك، أو القضبان، أو أي جزء آخر.

- **الأخطاء البشرية (Human Error):**
قد يتسبب الكادر البشري في حدوث أعطال كهربائية من خلال الآتي:
  - اختيار المعدات والأجهزة غير المناسبة لقوة التيار المتدفق.
  - التركيب والتثبيت غير الصحيح للمعدات.
  - ترك الأسلاك مكشوفة.
  - التوصيلات العكسية للأسلاك (Reverse Wiring Connections).

- **إهمال الصيانة (Neglecting Maintenance):**
تُسهم الصيانة المنتظمة للأجهزة والمعدات الكهربائية في عمل المعدات الكهربائية بفاعلية؛ لذا فإن إهمال صيانة المعدات والأجهزة الكهربائية، أو صيانتها بطريقة خاطئة قد يؤدي إلى حدوث أعطال كهربائية جسيمة.

- **العوامل البيئية (Environmental Factors):**
تُسهم العوامل البيئية كالصواعق، والأمطار الغزيرة، والرياح الشديدة، والرطوبة في تعطل الأجهزة والمعدات الكهربائية من خلال تأثيرها في الخطوط والموصلات الكهربائية، فتؤدي إلى انقطاع التيار الكهربائي، وإتلاف التركيبات الكهربائية. إضافة إلى ذلك، يؤدي الارتفاع في درجة الحرارة (Overheating) إلى حدوث العديد من الأعطال الكهربائية، وتكمن أسباب ارتفاع درجة الحرارة في الآتي:
  - عيوب في تصميم الأجهزة، والمعدات الكهربائية.
  - الاتصال غير المحكم بين المكونات الكهربائية.
  - الحمل الزائد، أو استخدام موصل أصغر لحِمل أعلى.

- **الدخان (Smoke):**
يؤدي تأين الهواء بسبب جزيئات الدخان إلى حدوث شرارة كهربائية بين الموصلات والعوازل، مما يؤدي إلى عدم قدرة العوازل على منع تدفق التيار الكهربائي غير المرغوب فيه بسبب الجهد العالي، فيؤدي ذلك إلى تآكل المعدات، وتلفها.

خطوات وتقنيات تشخيص الأعطال الكهربائية
(Electrical Faults Diagnosis Steps and Techniques)

تشخيص الأعطال هو عملية تحليلية للعطل، أو المشكلة، أو الحالة، أو الخلل الكهربائي بهدف إصلاحه، وتقليل تأثيره في النظام الكهربائي، وتُشَخّص الأعطال وفقًا لعدد من الخطوات الأساسية التي يندرج تحتها عدد من التقنيات كالآتي:

الملاحظة
(Observation)

الفحص البصري
(Visual Inspection)

- فحص المفاتيح، والمنافذ، والقواطع، والأسلاك، والمكونات الكهربائية الأخرى بصريًّا، للبحث عن علامات التلف، أو التآكل، أو الاحتراق، أو التركيب الخاطئ (Loose Connections).
- البحث عن تغير لون الوصلات الكهربائية، أو انصهارها نتيجة لارتفاع درجة الحرارة (Signs of Overheating).

فحص المؤشرات
(Checking Indicators)

- ملاحظة الأضواء، أو الإشارات التحذيرية (Warning Lights or Displays) أو رسائل الأخطاء (Error Messages) التي تظهر على المعدات أو الأجهزة.
- الاستماع إلى الأصوات غير العادية الصادرة من المعدات، مثل: الطنين (Buzzing) أو النقر (Clicking) التي قد تشير إلى وجود مشكلة.

تقييم البيئة
(Environment Assessment)

- أخذ العوامل الخارجية في الاعتبار، مثل: الرطوبة أو الغبار أو درجة الحرارة التي قد تؤثر على أداء المعدات، مع مراعاة توثيق كافة النتائج (Documenting Findings/Results) في جميع الخطوات.

العزل/التحليل
(Isolation)

الفحص المنهجي
(Systematic Testing)

- تحديد الأجزاء المعطلة في النظام.
- تقسيم النظام الكهربائي (Divide and Conquer the System) إلى أجزاء للتمكن من عزل العطل بشكل أفضل.
- إيقاف تشغيل قواطع الدائرة للتأكد من وجود العطل في الدائرة، أو الجزء المحدد.
- إزالة الأحمال غير الأساسية (Removing Non-Essential Loads) عن طريق فصل بعض المعدات للتركيز على المكونات الأساسية.
- استبدال المكونات (Substitute Components) المتوقع تلفها بمكونات جديدة.
- تجاوز أو تحويل (Bypass) المفاتيح أو المنصهرات مؤقتًا لتحديد ما إذا كانت هي سبب المشكلة.

تحليل مخططات الدوائر
(Analyzing Circuit Diagrams)

- الرجوع إلى مخططات الدوائر الكهربائية (Schematics) في المنشأة لفهم التخطيط الكهربائي للدوائر، وتتبع مسار تدفق التيار الكهربائي (Trocing Circuit)؛ لتحديد مواقع الأعطال المحتملة.

الاختبار
(Testing)

استخدام أدوات القياس الكهربائية
(Using Electrical Testing Tools)

- استخدام كل من: المقياس المتعدد (Multimeter)، وجهاز القياس ذو المشبك (Clamp Meter)، وجهاز فحص الجهد الكهربائي (Voltage Tester)، وأجهزة قياس الذبذبات (Oscilloscopes)، ثم توثق نتائجها.

إجراء اختبارات الأداء
(Performing Functional Tests)

- اختبار المكونات والدوائر بشكل فردي لمعرفة ما إذا كانت تعمل بشكل صحيح.

التحقق من الحمل الكهربائي
(Checking Load Conditions)

- التأكد من أن الدائرة الكهربائية غير محملة بحمل زائد (Overloading)، وذلك بقياس مقدار تدفق التيار، ومقارنته بمعدل تحمل الدائرة (Circuit Rating).
- إجراء اختبارات الحِمل (Load Tests) عن طريق تطبيق أحمال مختلفة على الدائرة، وملاحظة ردة الفعل، مثل: ارتفاع درجات الحرارة (Overheating)، أو انخفاض مستوى الجهد الكهربائي (Voltage Drop).

فحص الأعطال الأرضية
(Ground Faults)

- استخدام قاطع الدوائر الكهربائية للكشف عن الأعطال الأرضية (Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)) لتتبع تدفق التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية، والتأكد من عدم تسربه إلى الأرض.

التصوير الحراري
(Thermal Imaging /Thermography)

- استخدام الأشعة تحت الحمراء (Infrared (IR)) المنبعثة من المعدات والمكونات الكهربائية لقياس درجة حرارتها عن طريق آلات التصوير الحراري (Thermal Cameras)، ويُعد ارتفاع درجة الحرارة إلى 60^{o} أو أكثر مؤشرًا للأحمال غير المتوازنة، أو التوصيلات السيئة، أو تلف العازل، أو أي مشاكل أخرى في المكونات النشطة دون الحاجة إلى تفكيكها.

تحليل الموجات فوق الصوتية الأرضية
(Ultrasound Analysis)

- يستخدم لتحليل مستوى الضجيج في المحركات، والكشف عن تسريبات الهواء أو الغازات، وأعطال المحامل.

تحليل الزيوت
(Oil Analysis)

- تقييم حالة المعدات الكهربائية من خلال فحص الزيوت المستخدمة.

تحليل الاهتزازات في المحركات
(Vibration Analysis)

- تستخدم مجموعة من الحساسات على المحركات لقراءة قيم الاهتزازات فيها.

الاستشارة
(Consultation)

أدلة الشركة المصنعة
(Manufacturer's Manuals)

- مراجعة أدلة المعدات لاستكشاف الأخطاء، وإصلاحها (Troubleshooting)، وتقديم الدعم الفني.

المجتمعات عبر الإنترنت
(Online Forums and Communities)

- التفاعل مع المجتمعات عبر الإنترنت للاستعانة بالفنيين ذوي الخبرة.

الدرس الثاني

أنواع الصيانة الكهربائية وإجراءاتها

(Types and Procedures of Electrical Maintenance)

تُعرف الصيانة الكهربائية بأنها مجموعة من الأنشطة والإجراءات المتخذة؛ لإطالة العمر التشغيلي (Longevity) للمعدات الكهربائية، ورفع كفاءتها التشغيلية، والحد من تعطلها المفاجئ، وتقليل المخاطر المحتملة، والأعطال الكهربائية، وتكاليف إصلاحها، والحفاظ على القيمة السوقية لها في حالة إعادة بيعها.

وتكون جميع إجراءات الصيانة إما مجدولة (Scheduled Maintenance) تُجرى على فترات زمنية محددة مسبقًا (Predetermined Intervals)، أو غير مجدولة (Unscheduled Maintenance) تتم دون تخطيط سابق وعادةً ما تكون استجابةً لعطل ما، وتُصَنَّف إجراءات الصيانة الكهربائية وفق مجموعة من الأنواع، ولكل منها جدولٌ إجراءات، ومهام، وأساليب خاصة للتوثيق كالآتي:

الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)

تعرف كذلك بالصيانة الاستباقية (Proactive Maintenance)، وهي عمليات فحص وتحقق، وصيانة مجدولة لإطالة العمر التشغيلي للمعدات، وتقليل احتمالية توقفها المفاجئ عن العمل (Downtime)، وتجنب الأعطال قبل حدوثها، ومن أنواعها الآتي:

- **الصيانة الزمنية (Time-Based Maintenance):**

تُجرى الصيانة باتباع جدول زمني ثابت، مثل: إجراء الفحص كل أسبوع، أو شهر، أو سنة، بغض النظر عن حالة المعدات.

- **الصيانة حسب الاستخدام (Usage-Based Maintenance):**

تُجرى الصيانة بعد عدد معين من العمليات أو المرات، أو ساعات التشغيل.

إجراءات الصيانة الوقائية	
الفحص والتحقق (Inspection)	■ الفحص البصري الشهري للّوحات الكهربائية، والأسلاك، والتوصيلات. ■ الفحص السنوي لقواطع الدائرة، وأجهزة السلامة الكهربائية.
الصيانة (Maintenance)	■ تنظيف المكونات الكهربائية من الغبار والدخان وغيرها. ■ تشحيم الأجزاء المتحركة في المعدات الكهربائية. ■ استبدال الأجزاء التالفة في المعدات الكهربائية وفقًا لتوصيات الشركة المصنعة لها.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل لنتائج الفحص والتحقق، وإجراءات الصيانة المتخذة.

الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance)

تُعرف بأنها عمليات فحص وتحقق، وصيانة مجدولة للتنبؤ بالأعطال، والمشكلات الكهربائية المحتمل وقوعها مستقبلا، وذلك باستخدام البيانات والتحليلات (Data and Analytics).

إجراءات الصيانة التنبؤية	
الفحص والتحقق (Inspection)	■ التصوير الحراري (Thermography) الربع سنوي. ■ تحليل الاهتزازات في المحركات (Vibration Analysis). ■ تحليل الزيوت (Oil Analysis). ■ تحليل الموجات فوق الصوتية (Ultrasound Analysis).
الصيانة (Maintenance)	■ جدولة الصيانة في الأوقات المناسبة قبل وقوع العطل.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل لنتائج الفحص والتحقق، وإجراءات الصيانة المتخذة.

الصيانة التصحيحية (Corrective Maintenance)

تُعرف أيضًا بالصيانة العلاجية (Curative Maintenance)، وتشمل الإصلاحات التفاعلية (Reactive Servicing) الفورية لمعالجة المشكلات بعد حدوثها لإعادة المعدات إلى حالتها التشغيلية، ومن أنواعها الآتي:

- **الصيانة التصحيحية المخططة (Planned Corrective Maintenance)**

هي الصيانة التي يخطط لها لمعالجة العطل غير الطارئ، وتتضمن جدولًا زمنيًّا لإجراء الإصلاح.

- **الصيانة التصحيحية الطارئة (Emergency Corrective Maintenance):**

تُنفذ فور حدوث العطل المؤدي إلى توقف النظام الكهربائي عن العمل لتجنب توقف العمليات في المنشأة.

إجراءات الصيانة التصحيحية	
تشخيص وتحديد العطل (Failure Diagnosis and Identification)	■ تشخيص العطل بدقة من خلال الفحص الأولي، واستخدام أجهزة القياس. ■ البحث عن السبب الجذري للمشكلة لتجنب تكرارها.
عملية الإصلاح (Repair Process)	■ استبدال المكونات التالفة، وإجراء اختبار ما بعد الإصلاح.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل لجميع الإجراءات التصحيحية المتخذة، وتوثيق أسباب العطل.

الصيانة الظرفية (Condition-Based Maintenance)

تعتمد الصيانة الظرفية على مراقبة حالة المعدات الكهربائية أثناء التشغيل الفعلي لها؛ حيث تُنفذ فقط عند اكتشاف علامات تشير إلى احتمالية حدوث عطل، أو انخفاض في الأداء.

إجراءات الصيانة الظرفية	
استخدام أدوات المراقبة (Monitoring Tools)	■ تركيب أجهزة استشعار (Sensors)؛ لرصد درجة الحرارة، والاهتزازات، والحِمل. ■ استخدام البرمجيات (Software) لجمع البيانات وتحليلها.
الصيانة (Maintenance)	■ إجراء الصيانة فقط عندما تُنبئ أجهزة الاستشعار بالحاجة إليها.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجلات لقراءات أجهزة الاستشعار، وتقارير التحليل. ■ توثيق أنشطة الصيانة التي تُنفذ استجابة لبيانات الحالة.

الأدوات الأساسية لصيانة الأعطال الكهربائية

تختلف الأدوات المستخدمة في عمليات الصيانة الكهربائية حسب نوع الصيانة، ومنها الآتي:

- **الأدوات الهندسية الأساسية**

تُستخدم العديد من الأدوات الهندسية في الصيانة الكهربائية، ومن أكثرها استخدامًا الآتي:

المفكات والكماشات والقواطع العازلة
(Insulated Screwdrivers, Pliers and Cutters)

تُستخدم المفكات (Screwdrivers) والكماشات (Pliers) والقواطع (Cutters) في الصيانة الكهربائية لأنها تتكون من مقابض عازلة للكهرباء مُغطاة بالمطاط (Rubber-Coated Handles) تحمي من الصدمات الكهربائية عند العمل على الدوائر الكهربائية الحية (Live Electrical Circuits)، ومن أكثرها استخدامًا:

- **المفكات ذات الرأس الصليبي**
  (Phillips Screwdrivers)
- **المفكات ذات الرأس المسطح**
  (Flathead Screwdrivers).

كماشة الإبرة
(Needle-Nose Pliers):
تُستخدم عند التعامل مع الأسلاك الصغيرة، فهي تساعد على إمساكها، وثنيها، وقطعها.

كماشة الخطوط الكهربائية
(Lineman's Pliers):
تحتوي على شفرة حادة تُستخدم لقطع الأسلاك ولفها.

كماشة القطع القطرية
(Diagonal Cutting Pliers):
تُستخدم لقطع الأسلاك، وقطع الأدوات الصغيرة، مثل: المسامير والبراغي.

أداة تجريد الأسلاك
(Wire Strippers):
تُستخدم لتجريد الأسلاك الكهربائية من العازل بطريقة آمنة ودقيقة دون إتلاف الموصل الداخلي (النحاس أو الألمنيوم).

قواطع الأسلاك
(Cable Cutters):
مصممة لقطع الأسلاك الكهربائية كبيرة الحجم بسهولة نظرًا لشفراتها الحادة.

سلك السحب (Fish Tape)	هو عبارة عن غلاف بلاستيكي (Plastic Housing) يلتف بداخله شريط مرن مصنوع من المعدن أو البلاستيك يختلف طوله ليتناسب مع مختلف المسافات (عادة عدة أمتار)، ويُستخدم لسحب الأسلاك داخل الأنابيب، والقنوات الضيقة.	
أداة ثني الأنابيب (Conduit Bender)	تُستخدم هذه الأداة لثني الأنابيب أو القنوات الكهربائية المستخدمة لحماية الأسلاك الكهربائية، وتوجيهها بدقة، وتتميز هذه الأداة بالآتي: ■ مصنوعة من معدن قوي؛ لذا تتحمل الضغط أثناء الثني. ■ مزودة بمقابض طويلة لتسهيل عملية الثني. ■ تحتوي على زوايا مُدرجة لتحديد زاوية الثني المطلوبة.	
ميزان الماء/ ميزان التسوية (Spirit Level)	تُستخدم هذه الأداة في مجال الكهرباء للتأكد من المحاذاة أو الموازنة الأفقية أو الرأسية للتركيبات الكهربائية كالمنافذ والمفاتيح؛ حيث إنها تتكون من أنبوب زجاجي أو بلاستيكي مملوءٍ بسائل غالبًا ما يكون كحولاً أو زيتاً به فقاعة هواء (Bubble).	
شريط القياس (Measuring Tape)	هو عبارة عن شريط معدني أو بلاستيكي مرن بمقاييس واضحة (بالمليمتر أو البوصة)، يُستخدم لقياس أطوال الأسلاك والمسافات بين التركيبات الكهربائية بدقة، فهو مزود بقفل للحفاظ على طول الشريط أثناء القياس.	

أجهزة القياس الكهربائية

تستخدم بعض أجهزة القياس في صيانة الأعطال الكهربائية مثل:

المقياس المتعدد/ الملتيميتر (Multimeter)	هذا الجهاز متعدد الوظائف، حيث يُستخدم لقياس الجهد الكهربائي (Voltage)، والتيار الكهربائي (Current)، والمقاومة (Resistance)، وهو من الأجهزة الضرورية في عمليات الصيانة الكهربائية لتشخيص الأعطال (Diagnosis)، واختبار مكونات الدائرة الكهربائية وسلامتها.	
جهاز القياس ذو المشبك/الكلامب ميتر (Clamp Meter)	يُعد من الأجهزة التي لا غنى عنها في عمليات الصيانة الكهربائية لتشخيص الأعطال؛ حيث يُستخدم لقياس مقدار التيار الكهربائي المستمر والمتردد، وكذلك الجهد، والمقاومة، دون الحاجة إلى فصل الدائرة الكهربائية نظرًا لاحتوائه على مشبك (Clamp)، أو فكين مفصليين (Hinged Jaws) لتثبيت الجهاز على السلك بشكل آمن.	
جهاز فحص الجهد الكهربائي (Voltage Tester)	يُستخدم هذا الجهاز للكشف عن وجود الجهد الكهربائي في الدائرة الكهربائية دون قياس قيمته؛ لذا يعد ضروريًا قبل البدء بأعمال الصيانة الكهربائية لضمان السلامة.	

احتياطات السلامة في صيانة الأنظمة والمعدات الكهربائية

قبل البدء في عمليات الصيانة الكهربائية يجب الالتزام بالآتي:

دائما ✓

- إيقاف مصدر الطاقة الكهربائي، واستخدام أجهزة القياس الكهربائية؛ للتأكد من توقف تدفق التيار الكهربائي.
- استخدام معدات الوقاية الشخصية، مثل: النظارات الواقية، والقفازات العازلة.

توثيق عمليات الصيانة الكهربائية

(Documentation of Electrical Maintenance Operations)

توثيق عمليات الصيانة الكهربائية هي عملية تسجيل كافة الأنشطة التي تُجرى على الأنظمة والمعدات الكهربائية أثناء الفحص والصيانة بهدف تعزيز الكفاءة التشغيلية للمعدات، وضمان اتباع قواعد السلامة، وتوفير قاعدة بيانات مرجعية تُحسّن من إدارة منظومة الصيانة، والأصول الكهربائية، واتخاذ القرارات المستقبلية.

سجلات الصيانة الكهربائية
(Electrical Maintenance Records)

Equipment Maintenance Log

Name of equipment		Date of purchase	
Serial number		Date of service	
Manufacturer		Technician	
Manufacturer contact details		Due date	

#	Date	Maintenance description	Inventory used	Hours spent	Notes

Additional Remarks	
Initials	

تُعد سجلات الصيانة الكهربائية جزءا أساسيًّا في منظومة إدارة عمليات الصيانة الكهربائية؛ إذ تحتوي على معلومات تفصيلية عن جميع الأنشطة التي تُجرى على الأنظمة والمعدات الكهربائية أثناء الفحص والصيانة، مما يُسهم في متابعة أداء المعدات، وتحليل الأعطال، وضمان الامتثال للمعايير التنظيمية، ومن الممارسات التي يجب مراعاتها عند توثيق عمليات الصيانة الآتي:

- التأكد من تحديث جداول، وسجلات الصيانة باستمرار.
- استخدام أنظمة تقنية مركزية، مثل: أنظمة إدارة الصيانة بالحاسب الآلي (Computerized Maintenance Management System (CMMS)) لتسهيل الوصول إلى السجلات، وتحديثها وإدارتها.

مكونات سجلات الصيانة الكهربائية

يحتوي سجل الصيانة الكهربائية على مجموعة من الجداول التفصيلية لعملية الصيانة، وتتضمن هذه الجداول عادة البنود الآتية:

- **المعلومات الأساسية، مثل**
  - اسم النظام أو الجهاز.
  - الموقع.
  - وقت الصيانة وتاريخها.
  - الرقم التسلسلي للجهاز (إن وجد).
- **نوع الصيانة الكهربائية.**
- **حالة الجهاز.**
- **الإجراء المتخذ.**
- **التوصيات (إن وجدت).**
- **أسماء المسؤولين عن عملية الصيانة.**

نماذج لجداول سجلات الصيانة

نموذج عام لجدول الصيانة (Sample Maintenance Record Template)

التاريخ (Date Completed)	المهمة/النشاط (Task/Activity)	نوع الصيانة (Maintenance Type)	الشخص المسؤول (Responsible Person)	النتائج/الإجراءات المتخذة (Findings/Actions Taken)
10-01-2025	فحص اللوحات الكهربائية	وقائية	–	لم يُعثر على أي مشاكل.
15-02-2025	استبدال قاطع الدائرة	تصحيحية	–	يُستبدل القاطع، يختبر بشكل جيد.
01-03-2025	المسح الحراري	وقائية	–	نقطة ساخنة محددة، هناك حاجة لمزيد من التفتيش.
05-04-2025	مراجعة بيانات الاستشعار (Sensor)	ظرفية	–	تجاوزت الحرارة الدرجة المحددة.

نموذج جدول الصيانة الوقائية

المهمة (Task)	التكرار (Frequency)	الشخص المسؤول (Responsible Person)	التاريخ (Date Completed)	ملاحظات Comments)
فحص اللوحات الكهربائية	شهريًّا	–	10-01-2025	
اختبار قواطع الدائرة	ربع سنوية	–	15-02-2025	
المسح الحراري	سنويًّا	–	01-03-2025	
تنظيف المكونات	نصف سنوي	–	05-04-2025	

نموذج جدول الصيانة حسب الاستخدام

رقم الجهاز (Device No.)	اسم الجهاز (Device Name)	وحدة القياس (Unit of Measurement)	الكمية المستخدمة (Quantity Used)	حد الاستخدام للصيانة (Limit Use for Maintenance)	العملية المطلوبة (Required Process)	تاريخ آخر صيانة (Date of Last Maintenance)	ملاحظات (Comments)
1	ضاغط الهواء (Air Compressor)	ساعات التشغيل (Operating Hours)	1200 ساعة	1500 ساعة	تغيير الفلاتر (Change Filters)	10-01-2025	
2	مولد كهربائي (Generator)	ساعات التشغيل	2000 ساعة	2500 ساعة	فحص المحرك (Engine Check)	15-02-2025	
3	مضخة الماء (Water Pump)	عدد الدورات (Number of Cycles)	80000 دورة	100000 دورة	تزييت المحامل (Bearing Lubrication)	01-03-2025	
4	رافعة شوكية (Forklift)	ساعات التشغيل	900 ساعة	1200 ساعة	فحص النظام الهيدروليكي (Check the Hydraulic System)	05-04-2025	

نموذج جدول الصيانة الظرفية

رقم الجهاز (Device No.)	اسم الجهاز (Device Name)	المؤشر المراقب (Monitor Indicator)	القيمة الحالية (Current Value)	القيمة الحرجة (Critical Value)	العملية المطلوبة (Required Process)	تاريخ آخر فحص (Date of Last Inspection)	ملاحظات (Comments)
1	ضاغط الهواء (Air Compressor)	درجة حرارة المحرك (Engine Temperature)	85°C	90°C	فحص نظام التبريد (Check the Cooling System)	10-01-2025	تنظيف المروحة
2	مولد كهربائي (Generator)	ضغط الزيت (Oil Pressure)	3.5 Bar	3 Bar	تغيير زيت المحرك (Engine Oil Change)	15-02-2025	
3	مضخة الماء (Water Pump)	اهتزاز المحامل (Bearing Vibration)	22 m/s	2.5 m/s	تزييت المحامل (Bearing Lubrication)	01-03-2025	
4	رافعة شوكية (Forklift)	مستوى السائل الهيدروليكي (Hydraulic Fluid Level)	75%	70%	إعادة تعبئة الزيت (Oil Refill)	05-04-2025	

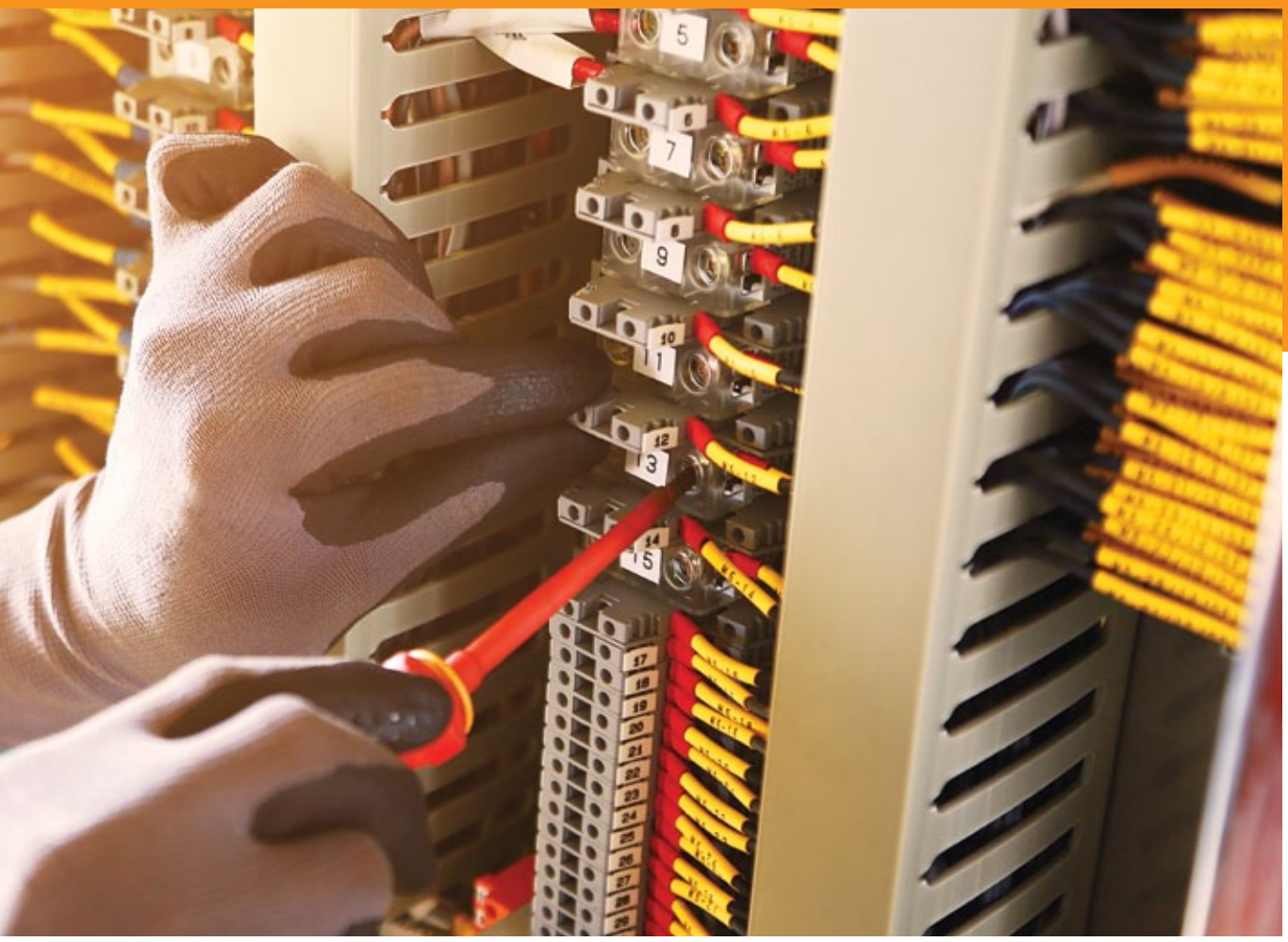
أسئلة الوحدة

1. حدد الفروقات بين أعطال الدائرة المفتوحة، وأعطال قصر الدائرة.
2. ما الفرق بين أعطال تقلبات الجهد وأعطال الحمل الزائد؟
3. كيف تؤثر عيوب التصنيع في نشوء الأعطال الكهربائية؟
4. وضح المقصود بتقنية تحليل مخططات الدوائر في تشخيص الأعطال الكهربائية.
5. حدد الفرق بين الفحص المنهجي والفحص البصري في تشخيص الأعطال الكهربائية.
6. ماذا يقصد بتحليل الاهتزازات في المحركات؟
7. قارن بين الصيانة التصحيحية، والصيانة التنبؤية.
8. حدد بعض الأدوات الهندسية الأساسية المستخدمة في صيانة الأعطال الكهربائية.
9. وضح الفروقات بين أداة ثني الأنابيب، وقواطع الأسلاك.
10. عَدِّد مكونات سجلات الصيانة الكهربائية.

الوحدة الرابعة

التطبيقات الكهربائية

Electrical Applications



محتويات الوحدة الرابعة

الدرس الأول

نظام إنذار الحريق (Fire Alarm System) 98

الدرس الثاني

أنظمة الإضاءة الكهربائية (Electric Lighting Systems) 106

الدرس الثالث

أنظمة التحكم الكهربائي (Electrical Control Systems) 113

الدرس الرابع

أنظمة التحكم في المحركات الكهربائية
(Electric Motor Control Systems) 119

الدرس الخامس

أنظمة الطاقة الشمسية
(Solar Energy Systems) 125

أسئلة الوحدة 141

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش تدريبية.
- يقارن بين أنواع أنظمة إنذار الحريق.
- يصنف كاشفات الحرائق من حيث أنواعها، وآلية عملها.
- يحدد أدوار الأطراف المعنية بالصيانة في الحفاظ على أنظمة إنذار الحريق.
- يقارن بين أنواع الفحص والتحقق لأنظمة إنذار الحريق تبعًا لزمن الصيانة.
- يصنف أنواع أنظمة الإضاءة الداخلية حسب استخداماتها.
- يفهم مكونات نظام الإضاءة، والفرق بين أنواع الإضاءة الداخلية والخارجية.
- يقارن بين أجهزة التحكم الآلي واليدوي.
- يفهم الفروقات بين أجهزة التحكم وأجهزة الاستشعار المستخدمة في التطبيقات الكهربائية.
- يطبق أفضل الممارسات في تحسين كفاءة أنظمة الإضاءة.
- يقارن بين أنواع أنظمة التحكم في المحركات الكهربائية.
- يقارن بين وظائف المكونات الأساسية لأنظمة الطاقة الشمسية.
- يفهم كيفية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة بعض المعارف والمهارات المتعلقة ببعض تطبيقات الأنظمة الكهربائية في المنشآت الصلبة، وأهميتها، وأنواعها، ومكوناتها، ومواصفاتها، وذلك من خلال تعريفهم بنظام إنذار الحريق، وأنظمة الإضاءة، والتحكم في المحركات الكهربائية وكيفية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، إضافة إلى ذلك تسعى الوحدة إلى تمكين الطلبة من المقارنة بين أنواع تلك الأنظمة واستخداماتها، وكيفية صيانة بعضها، وتحسين كفاءة استخدامها بما يحقق ترشيد الإنفاق، والاستدامة البيئية.

نظام إنذار الحريق

(Fire Alarm System)

تُعد أنظمة إنذار الحريق جزءًا لا يتجزأ من أنظمة السلامة في المباني السكنية، والتجارية، والصناعية، وتُستخدم للكشف المبكر عن الدخان، والحرارة، واللهب من خلال إرسال تحذيرات صوتية أو ضوئية لتنبيه الأفراد بضرورة إخلاء الموقع، واتخاذ الإجراءات اللازمة للحفاظ على سلامتهم، إضافة إلى ذلك، تقوم أنظمة إنذار الحريق بتشغيل أجهزة الإطفاء، مثل: رشاشات المياه أو الغاز، ومساعدة فرق الإطفاء في تحديد موقع الحريق بدقة.

نظام إنذار الحريق

مكونات نظام إنذار الحريق
(Fire Alarm System Components)

تتكون أنظمة إنذار الحريق من مجموعة من المكونات الأساسية التي تعمل معًا للكشف المبكر عن الحريق، ومن أبرز هذه المكونات الآتي:

مكونات نظام إنذار الحريق

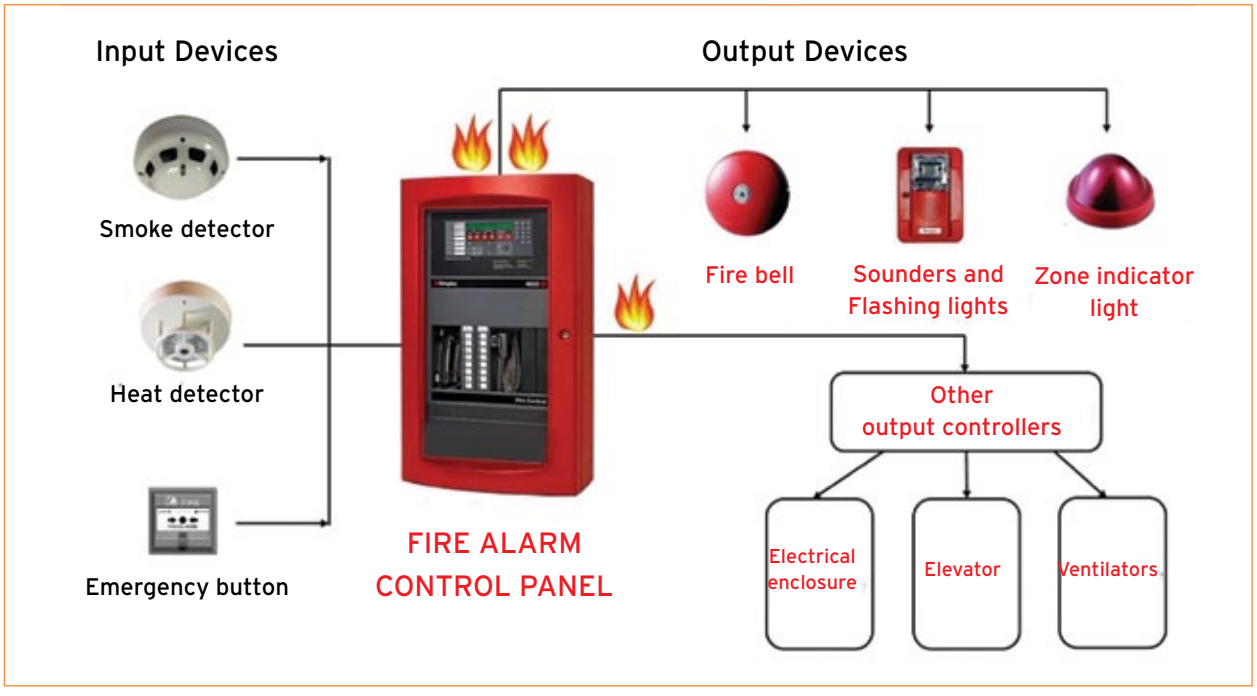
المكون	الوصف
كاشفات الحريق (Fire Detectors)	تكشف هذه الأجهزة عن الحرائق في مراحلها الأولى عن طريق استشعار الدخان، أو الحرارة، أو اللهب، أو الغاز.
لوحة التحكم المركزية (Control Panel)	هي الوحدة المركزية التي تدير نظام إنذار الحريق في المباني، وتُعرف أيضًا باسم (Fire Alarm Control Panel (FACP))، وتعمل على إدارة أجهزة الكشف عن الحريق، وأجهزة التنبيه، واستقبال الإشارات (Signals) منها، ثم تحليلها، واتخاذ الإجراءات اللازمة كالتواصل مع أنظمة الطوارئ.
أجهزة التنبيه (Notification Devices)	تتصل لوحة التحكم بأجهزة التنبيه عبر الأسلاك الكهربائية (Electrical Wiring)، وبمجرد تَلَقّي لوحة التحكم الإشارات بوجود الحريق فإنها تُفعِّل أجهزة التنبيه على شكل صفارات إنذار (Sirens)، أو وميض ضوئي (Flashing Lights) لتنبيه الأفراد بوجود حريق في موقع العمل.
مفاتيح التنبيه اليدوية (Manual Call Point)	يستطيع الأفراد التنبيه بوجود حريق في مواقع العمل عن طريق الضغط على مفاتيح التنبيه اليدوية.
لوحة نظام المراقبة اللامركزي للإنذارات (Decentralized Alarms Monitoring System Panel (DECAMS))	هي النظام اللامركزي الذي يختص بالآتي: ■ مراقبة الإشارات واستقبالها من كاشفات الحريق. ■ تحديد موقع الحريق بدقة داخل المبنى. ■ تفعيل أجهزة التنبيه الصوتية والضوئية. ■ التحكم في أنظمة الإطفاء. ■ التنبيه في حال وجود أعطال في النظام، مثل: انقطاع الكهرباء أو عطل في كاشفات الحريق.
محطة نظام المراقبة اللامركزي للإنذارات (Decentralized Alarms Monitoring System Station)	عند اكتشاف حريق في موقع العمل، ترسل لوحة التحكم إشارة إلى محطة نظام المراقبة اللامركزي، والتي تقوم بإخطار خدمات الطوارئ كالدفاع المدني لضمان الاستجابة السريعة والفعّالة.
لوحات الإطفاء (Extinguishing Panels)	تعمل لوحات الإطفاء كمركز تحكم رئيسي بأنظمة إطفاء الحرائق، وتُفعَّل تلقائيًّا في حالة اكتشاف الحريق.
أنظمة الإطفاء (Firefighting Systems)	تعمل أنظمة الإطفاء تلقائيًّا في حالة اكتشاف حريق، ومن أمثلتها: أنظمة الإطفاء بغاز ثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide (CO_2))، والرغوة (Foam)، والماء، والمسحوق الجاف (Dry Powder)، والمواد الكيميائية الرطبة (Wet Chemical).
مصدر الطاقة (Power Supply Equipment)	هي الأجهزة أو الوحدات التي توفر الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل أنظمة إنذار الحريق بشكل متواصل، وهي عبارة عن الشبكة الرئيسية للطاقة (Main Power Grid) أو نظام البطاريات الاحتياطية (Backup Battery System).

أنواع أنظمة إنذار الحريق

تتعدد أنواع أنظمة إنذار الحريق في مواقع العمل، ومن أهمها الآتي:

- **نظام إنذار الحريق التقليدي (Conventional Fire Alarm Systems):**

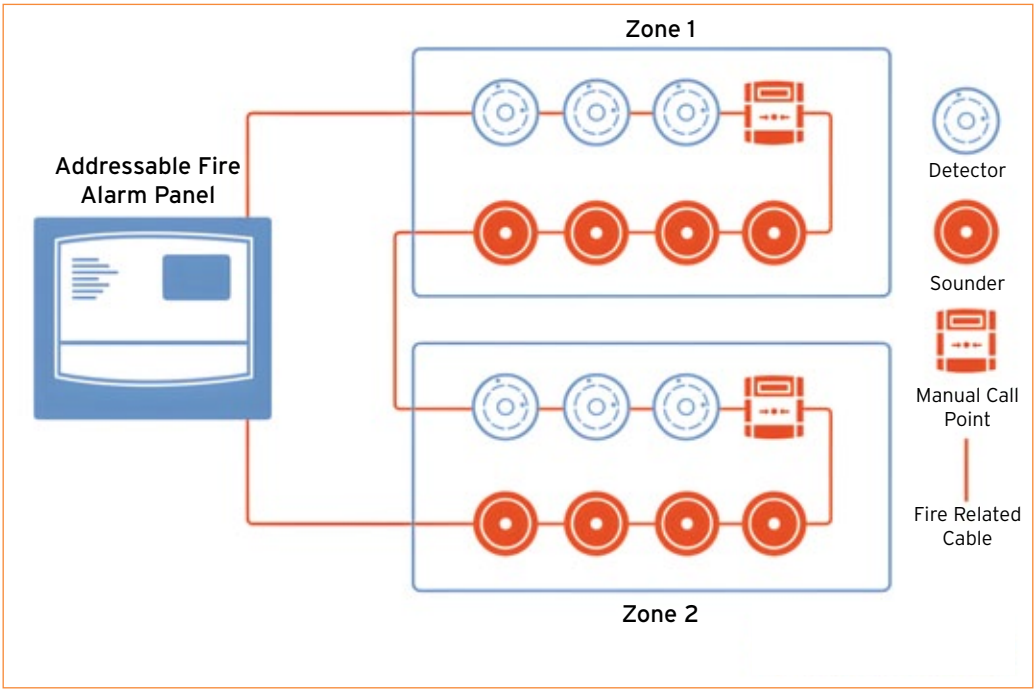
يعد من أبسط أنظمة إنذار الحريق التي تُستخدم بشكل شائع في المباني الصغيرة والمتوسطة نظرًا لتكلفتها المنخفضة، وسهولة تركيبها، وتعتمد هذه الأنظمة على تقسيم المبنى إلى مناطق (Zones)، وكل منطقة تحتوي على مجموعة من الكواشف، وفي حالة حدوث حريق يُظهر النظام إشارة على لوحة التحكم تُحدد المنطقة المتضررة دون تحديد الموقع الدقيق داخل هذه المنطقة.



نظام إنذار الحريق التقليدي

- **نظام إنذار الحريق المعنون** (Addressable Fire Alarm Systems):

هو نظام متقدم للإنذار عن الحرائق في المباني الكبيرة والمباني ذات التقسيمات المتعددة، ويتميز بقدرته على تحديد موقع الحريق بدقة عالية؛ إذ إن لكل جهاز (مثل: كاشفات الحريق وأجهزة التنبيه) عنوان محدد يُسجل في لوحة التحكم الرئيسية سواء بالأرقام أو بالحروف، وفي حال وقوع حريق في أحد أقسام المبنى، يُرسل الجهاز معلومات دقيقة، مثل: موقع الحريق ونوع الإنذار إلى لوحة التحكم المركزية (Fire Alarm Panel)، فتُفتح أبواب الطوارئ تلقائيًّا لإخلاء المبنى بسرعة، ويُسجل النظام كل الأحداث والإنذارات لتسهيل مراجعتها لاحقًا.



نظام إنذار الحريق المعنون

كاشفات الحريق (Fire Detectors)

تُستخدم كاشفات الحريق في أنظمة الإنذار المبكر للكشف عن علامات الحريق في مراحله الأولى كالدخان، أو الحرارة، أو اللهب (Smoke, Heat, or Flame)، وتختلف أنواعها حسب طبيعة الحرائق المتوقعة في مواقع العمل، ويُوضح الجدول الآتي أنواعها الرئيسية:

نوع الكاشف		آلية العمل
كاشف الحرارة (Heat Detector)	كاشف الحرارة الثابتة (Fixed Temperature Heat Detector)	يُطلق الكاشف إنذارًا عند وصول درجة الحرارة في موقع العمل إلى قيمة محددة سابقًا.
	كاشف معدل ارتفاع الحرارة (Rate-of-Rise Heat Detectorl)	يكشف عن الحرائق عند ارتفاع درجة الحرارة من 5-15 درجة في الدقيقة الواحدة.
كاشف الدخان (Smoke Detector)	كاشف الدخان الكهروضوئي (Photoelectric Smoke Detector)	يتكون الكاشف الكهروضوئي من غرفة داخلية تحتوي على مصدر للضوء ومستشعر (Sensor)، وفي الحالة الطبيعية للكاشف لا يصطدم الضوء بالمستشعر أبدًا، ولكن عندما يدخل الدخان للكاشف يتسبب في انحراف مسار الضوء لينعكس على المستشعر ويُطلق إنذارًا.
	كاشف الدخان الأيوني (Ionization Smoke Detector)	تلتصق جُسيمات الدخان بالجسيمات المؤينة في الكاشف، فيُقلل ذلك من حركة إلكترونات الدخان، ويخفض شدة التيار الكهربائي المار في الكاشف، مما يؤدي إلى تشغيل الإنذار.
كاشف اللهب (Flame Detector)	كاشف الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Flame Detector)	يكشف عن الإشعاع فوق البنفسجي الناتج عن اللهب.
	كاشف الأشعة تحت الحمراء (Infrared Flame Detector)	يكشف عن الأشعة تحت الحمراء الناتجة عن اللهب.
	الكاشف المزدوج للأشعة (UV/IR Flame Detector)	يكشف عن الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.
كاشف الغازات (Gas Detector)		يُطلق الكاشف إنذارًا عند الكشف عن وجود غازات قابلة للاشتعال (Flammable) أو سامة (Toxic) مثل: أول أكسيد الكربون (CO) أو الميثان.
كاشف متعدد المستشعرات (Multi-Sensor Detector)		يجمع أكثر من تقنية للكشف عن الحرائق بهدف زيادة دقة الكشف عن الحرائق، وتقليل احتمالية الإنذارات الكاذبة.

مواصفات اختيار كاشفات الحرائق

تتصف كاشفات الحرائق بمواصفات محددة لضمان فاعليتها في الكشف المبكر عن الحرائق؛ لذا عند اختيارها لا بد من التأكد من أنها:

- سريعة الاستجابة لعلامات الحريق؛ أي في غضون 10-30 ثانية، فترسل الإشارة إلى لوحة التحكم المركزية.
- تعمل على تقليل احتمالية حدوث الإنذارات الكاذبة (False Alarms) الناتجة عن الغبار، والبخار.
- تتحمل الظروف البيئية المختلفة، مثل:
  - درجات الحرارة بين (-10C°) - (+55C°).
  - الرطوبة النسبية التي تصل إلى 95%
- تعمل على جهد مستمر مقداره من 8-26 V تيار مستمر.
- لا تسمح بدخول الحشرات بداخلها.
- قادرة على إعطاء إنذار من خلال لوحة التحكم المركزية عند إزالتها من قاعدتها المثبتة عليها.

صيانة نظام إنذار الحريق (Fire Alarm System Maintenance)

يجب صيانة نظام إنذار الحريق لضمان فاعليته وكفاءته من خلال إجراء الفحوصات الدورية، وإدارة الإنذارات الكاذبة، واكتشاف الأخطاء وإصلاحها (Troubleshooting)، وتتوزع مسؤولية صيانة النظام بين عدة أطراف في المنشأة، ولكل منهم دور محدد كالآتي:

- **مالك المبنى أو من ينوب عنه:**

يتحمل مسؤولية متابعة صيانة النظام، والتحقق من إجراء الفحوصات الدورية، ومتابعة أي أعطال أو مشكلات محتملة.

- **الشركة المصنعة للنظام:**

مسؤولة عن تقديم الإرشادات اللازمة لضمان التشغيل الصحيح للنظام، إضافة إلى تقديم الدعم الفني، والصيانة الدورية.

- **المقاول المختص بالمنشأة:**

يتابع تنفيذ عمليات الصيانة، وإجراء الفحوصات بانتظام مع الالتزام بالمعايير، والمتطلبات القانونية.

الإجراءات الدورية لفحص نظام إنذار الحريق

تُجرى فحوصات نظام إنذار الحريق؛ لضمان جاهزية النظام، والحفاظ على أدائه كالآتي:

- **الفحص اليومي (Daily Inspection):**

يُجرى الفحص اليومي للتأكد من أن النظام يعمل دون أي خلل، وتُسجَّل أي أعطال قد تُكتشف أثناء الفحص مع إصلاحها فورًا.

- **الفحص الأسبوعي (Weekly Inspection):**

يُجرى الفحص الأسبوعي للتأكد من أن الإشارة المرسلة إلى محطة المراقبة تعمل بصورة صحيحة، إضافة إلى فحص مصدر الطاقة ومستوى الجهد الكهربائي، وتسجيل أي أعطال قد تُكتشف أثناء الفحص، وإصلاحها فورًا.

- **الفحص الشهري (Monthly Inspection):**

يُجرى الفحص الشهري بنظام محاكاة للحرائق (Fire Simulation) للتحقق من استجابة النظام بشكل صحيح، واختبار كفاءة مصدر الطاقة، وأجهزة التنبيه، وفي حال اكتشاف أي أخطاء أثناء المحاكاة، تُعالج فورًا، وتوثق.

- **الفحص السنوي (Annual Inspection):**

يشمل الفحص السنوي مراجعة شاملة لجميع الفحوصات الشهرية التي أُجريت خلال العام، مع فحص ما يعادل 20% من كاشفات الحرائق في مختلف المواقع في المنشأة بالكامل، بحيث يكتمل فحص جميع أجهزة الكشف في المنشأة على مدار خمس سنوات، بالإضافة إلى تنظيف أجهزة النظام من الغبار والأتربة للحفاظ على أدائها، وتُصحّح أي أخطاء تُكتشف أثناء الفحص، وتُوثق.

الدرس الثاني

أنظمة الإضاءة الكهربائية

(Electric Lighting Systems)

تُعد أنظمة الإضاءة الكهربائية منظومة تقنية تُستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية لتلبية احتياجات الأفراد في المنشآت المختلفة، وقد تطورت هذه الأنظمة بشكل كبير لتشمل تقنيات ذكية تُتيح التحكم عن بُعد (Remote Control)، وتُحسِّن استهلاك الطاقة الكهربائية.

أنواع أنظمة الإضاءة

تنقسم أنظمة الإضاءة في المنشآت إلى عدة أنواع رئيسية، ومن أهمها الآتي:

أنظمة الإضاءة الداخلية (Indoor Lighting Systems)

وُضعت هذه الأنظمة لتوفير الإضاءة داخل المباني والمنشآت، ومن أنواعها الآتي:

نوع الإضاءة الداخلية	استخداماتها	أمثلة
الإضاءة العامة (General Lighting)	إنارة المساحات بتوفير إضاءة موحدة وشاملة في الموقع.	■ المصابيح العادية المثبتة في أسقف الغرف.
الإضاءة المركزة (Task Lighting)	إنارة مناطق محددة لأداء مهام معينة، مثل: مناطق القراءة، والكتابة، والطبخ.	■ المصابيح المكتبية. ■ إضاءة أسفل الخزائن.
الإضاءة الجمالية (Accent Lighting)	إضافة جمالية لعنصر ما أو منطقة معينة وتفاصيلها.	■ مصابيح الإضاءة الموجهة نحو اللوحات أو التحف. ■ المصابيح الثنائية الباعثة للضوء (Light-emitting Diode (P-LED)) لإبراز الأثاث أو الجدران.
الإضاءة المحيطة (Ambient Lighting)	توفير أجواء مريحة وهادئة في غرف المعيشة.	■ مصابيح الطاولة الخافتة. ■ المصابيح الأرضية.
الإضاءة الزخرفية (Decorative Lighting)	إضافة جمالية فنية في المواقع.	■ الثريات. ■ المصابيح المزخرفة.

أنظمة الإضاءة الخارجية (Outdoor Lighting System)

وُضعت هذه الأنظمة لإضاءة المساحات المفتوحة خارج المباني والمنشآت، بهدف تحسين الرؤية، وتعزيز الأمان، وإضافة جمالية للمكان، ويُراعى في تصميم هذه الأنظمة القدرة على تحمل الظروف البيئية المختلفة، وتُوفير إضاءة مستدامة، ومن أنواعها الآتي:

نوع الإضاءة الخارجية	استخداماتها	أمثلة
إضاءة الشوارع (Street Lighting)	إضاءة الطرق والشوارع بهدف تحسين الرؤية الليلية، وضمان سلامة السائقين والمشاة.	■ مقاومة للظروف البيئية المختلفة، مثل: الأمطار، والغبار.
إضاءة الساحات والمواقف (Parking Lot and Area Lighting)	توفير إضاءة في مواقف السيارات، والساحات الكبيرة.	■ تُضيء نطاقات أو مساحات واسعة.
الإضاءة المعمارية (Architectural Lighting)	إبراز جمالية المباني والمعالم المعمارية.	■ توزيع الضوء بشكل متساوٍ. ■ إمكانية التحكم بالظل والضوء من خلال إنشاء تباينات تجعل التصميم أكثر جمالية وحيوية.
الإضاءة الأمنية (Security Lighting)	تُركب في المواقع التي تتطلب درجة عالية من الحماية.	■ مزودة بأجهزة استشعار للحركة، وتغطي المواقع التي تحتاج الحماية لأهميتها.
إضاءة الحدائق (Landscape Lighting)	توفير الإضاءة للمساحات الخضراء، مثل: الحدائق، والمتنزهات.	■ مقاومة للعوامل البيئية. ■ تستخدم أنظمة التحكم الذكية؛ لتغيير ألوان الإضاءة وشدتها. ■ توزيع متساوٍ للضوء. ■ إضاءة موجهة لإبراز تفاصيل محددة.
إضاءة الممرات (Pathway Lighting)	توفير إضاءة في الممرات والمداخل لضمان السلامة أثناء المشي.	■ تعمل بالطاقة الشمسية (Solar Energy) في بعض الأحيان.

أنظمة الإضاءة الصناعية (Industrial Lighting System)

تُستخدم أنظمة الإضاءة الصناعية في المصانع، والمستودعات، والمرافق الصناعية لتحملها الظروف البيئية المختلفة، مثل: ارتفاع درجات الحرارة، والرطوبة، ومن أمثلتها: الإضاءة المقاومة للانفجار (Explosion Proof Lighting) في المناطق الخطرة.

أنظمة الإضاءة الطارئة (Emergency Lighting Systems)

تُستخدم هذه الأنظمة عند انقطاع التيار الكهربائي في المباني التجارية، والمستشفيات، وممرات الطوارئ والإخلاء.

أنظمة الإضاءة الذكية (Smart Lighting System)

تعتمد أنظمة الإضاءة الذكية على تقنيات حديثة للتحكم في الإضاءة باستخدام التطبيقات الذكية، أو أجهزة الاستشعار، مثل: التحكم عن بعد باستخدام الهواتف الذكية.

أنظمة الإضاءة الخاصة (Specialized Lighting System)

وضعت هذه الأنظمة لتلبية متطلبات معينة في مجالات متخصصة، مثل: إضاءة غرف العمليات في المستشفيات، وإضاءة المسارح والأستوديوهات.

مكونات نظام الإضاءة (Lighting System Components)

تحتوي أنظمة الإضاءة الكهربائية على مجموعة من المكونات التي تعمل معًا لتوفير الإضاءة المطلوبة، وهي كالآتي:

- **الهيكل الخارجي (Exoskeleton)**
  الإطار أو الغلاف الذي يحمي المصابيح، والمكونات الداخلية للنظام.
- **مصدر الطاقة الكهربائية (Power Supply)**
  هو المكون المسؤول عن توفير الطاقة الكهربائية للنظام.
- **وحدات الإضاءة (Luminaires)**
  هي الوحدات التي توصل بها المصابيح لتوزيع الضوء وتوجيهه إلى المنطقة المستهدفة.
- **الأسلاك والتوصيلات (Wiring and Connections)**
  تُستخدم لتوصيل الطاقة الكهربائية من المصدر إلى وحدات الإضاءة.
- **أجهزة التحكم في الإضاءة (Control Devices)**
  تُستخدم لتشغيل المصابيح وإطفائها، وأحيانًا لضبط شدة الضوء.
- **أجهزة الاستشعار (Sensors)**
  تُستخدم في الأنظمة الذكية لتشغيل الإضاءة وإغلاقها آليًّا.
- **المصابيح (Lamps)**
  المكون الأساسي في النظام، والتي تُحوَّل فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، ومن أنواعها الآتي:

المصابيح المتوهجة
(Incandescent Lamps)

وصف المصباح	تعتمد المصابيح المتوهجة على تسخين فتيل معدني (Filament) داخل الغلاف الزجاجي للمصباح لتوليد الضوء.
الخصائص	تَستخدم طاقة كهربائية أكثر مقارنة بأنواع المصابيح الأخرى. عمرها الافتراضي (Longevity) قصير يقدر بحوالي (1000) ساعة.
الاستخدام	تُستخدم في الأماكن التي تتطلب إضاءة مؤقتة.
المزايا	رخيصة السعر. ضوئها طبيعي إلى حد كبير. سهولة التحكم في شدة الضوء.
العيوب	استهلاك عال للطاقة. تُنتج حرارة عالية. عمرها الافتراضي قصير.

المصابيح الفلورية
(Fluorescent Lamps)

وصف المصباح	يتكون المصباح الفلوري من أنبوب زجاجي يحتوي على كمية قليلة من الزئبق، وغاز آخر خامل (Inert Gas)، غالبًا ما يكون غاز الأرجون، وعلى السطح الداخلي للأنبوبة طبقة من مادة فسفورية (Phosphor Coating)، وعندما يمر التيار الكهربائي عبر الغاز الخامل وبخار الزئبق (Mercury-Vapor) الموجود في الأنبوب ينتج أشعة فوق بنفسجية تصطدم بالمادة الفوسفورية الموجودة داخل الأنبوب، فتحولها إلى ضوء مرئي.
الخصائص	■ أكثر كفاءة (Efficiency) من المصابيح المتوهجة في استهلاك الطاقة. ■ يقدر عمرها الافتراضي بحوالي (10000) ساعة.
الاستخدام	تُستخدم في الإضاءة العامة في المكاتب، والمدارس، والمستشفيات.
المزايا	■ أكثر توفيرًا للطاقة الكهربائية. ■ عمرها الافتراضي أطول مقارنة بالمصابيح المتوهجة.
العيوب	تحتوي على مادة الزئبق؛ لذا يجب الحذر عند التعامل معها أو التخلص منها.

المصابيح الثنائية الباعثة للضوء

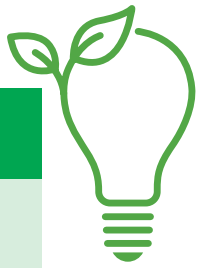
(Light Emitting Diode Lamps (LED))

وصف المصباح	تُصنع هذه المصابيح من أشباه الموصلات (Semiconductor)، وهي عبارة عن مكون إلكتروني يعمل على إصدار الضوء عندما يمر التيار الكهربائي من خلاله.
الخصائص	أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة من المصابيح المتوهجة والفلورية. يقدر عمرها الافتراضي بحوالي (50000) ساعة.
الاستخدام	يمكن استخدامها في كافة الأماكن.
المزايا	أكثر توفيرًا للطاقة الكهربائية. عمرها الافتراضي أطول مقارنة بالمصابيح المتوهجة والفلورية.
العيوب	تكلفتها عالية مقارنة بالمصابيح المتوهجة والفلورية.

أمثلة على توزيع الإضاءة في المباني المختلفة

يتطلب توزيع الإضاءة داخل المباني تخطيطًا مُحكمًا؛ لتحقيق الإضاءة المثلى لكل مساحة، بناءً على طبيعة الأنشطة الممارسة فيها، ومن أمثلة ذلك:

- **الإضاءة في المنازل**
  - يُفضل استخدام إضاءة ساطعة في الغرف، مع إضافة إضاءة موضعية لبعض المساحات مثل: المكاتب، أو المطابخ.
  - إمكانية الاستعانة بالإضاءة التجميلية في الصالات لإبراز عناصر الديكور بشكل جذاب.
- **الإضاءة في المكاتب**
  - يجب أن تكون الإضاءة موزعة لتوفير الراحة البصرية للعاملين مع استخدام مصابيح ذات جودة عالية، مثل: الفلورية أو الثنائية الباعثة للضوء (LED) لتقليل استهلاك الطاقة.
  - يُنصح باستخدام إضاءة موضعية لتحسين الرؤية.
- **الإضاءة في المباني التجارية**
  - ينبغي أن تكون الإضاءة قوية لجذب انتباه الزبائن.
  - يُفضل استخدام الإضاءة التجميلية؛ لتسليط الضوء على المنتجات المميزة وإبرازها.
- **الإضاءة في المستشفيات**
  - تُستخدم إضاءة قوية في الأماكن العامة والممرات؛ لضمان وضوح الرؤية.
  - يجب أن تكون أنظمة الإضاءة الطارئة جاهزة للعمل.



تحسين كفاءة أنظمة الإضاءة

أصبح تحسين كفاءة أنظمة الإضاءة ضرورة ملحة لتحقيق الاستدامة البيئية (Environmental Sustainability)، وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية (Rationalization of Electricity Consumption)، ويتحقق ذلك بالممارسات الآتية:

- **استخدام المصابيح الموفِّرة للطاقة (LED)**

تُعد مصابيح LED خيارًا مثاليًّا لتوفير الطاقة؛ إذ تقلل من استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 80% مقارنة بالمصابيح المتوهجة، إضافة إلى أنها تتميز بعمر افتراضي أطول، مما يقلل الحاجة إلى استبدالها بصورة متكررة.

- **أنظمة المؤقتات الزمنية (Timers)**

تُركَّبُ أجهزة المؤقتات الزمنية لإطفاء الأضواء آليًّا بعد فترة زمنية يحددها المستخدم، مما يُسهم في تقليل استهلاك الطاقة، خُصوصًا في الغرف أو الممرات التي لا تحتاج إلى إضاءة دائمة.

- **أنظمة الإضاءة الذكية (Smart Lighting Systems)**

هي أنظمة التحكم في الإضاءة عن بُعد (Remote Control)، وتتكون من الآتي:

- **المصابيح الذكية (Smart Bulbs):** إمكانية التحكم بشدة الإضاءة (Light Intensity) وألوانها من خلال الهواتف الذكية، أو التطبيقات التقنية، مثل (Amazon Alexa) و(Google Home).
- **أنظمة الاستشعار (Sensor Systems):** تعمل هذه الأنظمة على تشغيل الإضاءة عند اكتشاف حركة داخل الغرفة، وإطفائها آليًّا عند غياب الحركة، مما يُقلل من هدر الطاقة.

أنظمة التحكم الكهربائي

(Electrical Control Systems)

جهاز التحكم الكهربائي

أنظمة التحكم الكهربائي هي أنظمة تُستخدم لإدارة الأجهزة والمكونات الكهربائية لتحسين كفاءتها، وضبط أدائها، وتقليل استهلاكها للطاقة، وقد تعمل هذه الأنظمة يدويًا باستخدام المفاتيح الكهربائية، أو باستخدام المؤقتات الزمنية (Timers)، أو الأجهزة المتقدمة، مثل: منظمات الحرارة (Thermostats)، أو أنظمة الأتمتة المنزلية (Home Automation Systems).

أنواع أجهزة التحكم الكهربائي

تُصنف أجهزة التحكم الكهربائي وفقًا لطريقة عملها واستخداماتها إلى عدة أنواع، هي:

- **أجهزة التحكم اليدوي** (Manual Control Devices)

هي الأجهزة التي تُستخدم لتشغيل الأجهزة الكهربائية وإيقافها يدويًّا، ومن أمثلتها:

- **المفاتيح الكهربائية (Switches):**

من أنواعها:

- **المفاتيح الأحادية** (Single Pole Switch): تتحكم في جهاز واحد.
- **المفاتيح الثنائية** (Double Pole Switch): تتحكم في جهازين أو أكثر.
- **مفاتيح التعتيم** (Dimmer Switches): تتحكم في شدة الضوء.

المفاتيح الكهربائية

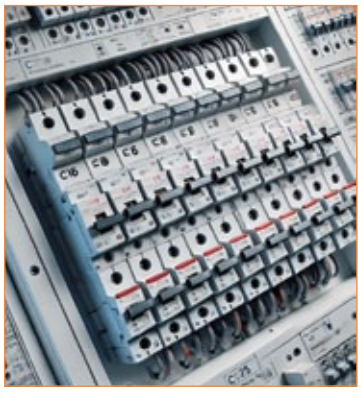
- **الأزرار (Push Buttons):**

تُستخدم لعمليات التشغيل والإيقاف المؤقت.

الأزرار

المرحلات

المؤقت الزمني



قاطع كهربائي

- **أجهزة التحكم الذكية** (Smart Control Devices)

تعتمد هذه الأجهزة على التكنولوجيا الحديثة، وتُستخدم للتحكم في الأجهزة الكهربائية عن بُعد، ومن أمثلها:

- **الأجهزة الذكية** (Smart Devices):
  مثل: مُنظِّمات درجات الحرارة الذكية، وأنظمة الإضاءة الذكية.
- أنظمة التحكم عن بعد بالهواتف الذكية والتطبيقات.

- **أجهزة التحكم الحسِّيّة** (Sensor-Based Control Devices)

توجد في الأجهزة الكهربائية أنظمة استشعار لمجموعة من المتغيرات في مواقع العمل، ومن أمثلتها:

- **مستشعرات الحركة** (Motion Sensors):
  يعمل النظام الكهربائي عند رصد المستشعرات للحركة في الموقع.
- **مستشعرات الحرارة** (Temperature Sensors):
  يعمل نظام التبريد والتسخين بعد استشعار درجات الحرارة في الموقع، ومن أمثلتها: أنظمة Nest أو Ecobee التي تتحكم في درجة حرارة المنزل بناءً على تفضيلات المستخدم أو الجداول الزمنية.
- **مستشعرات الإضاءة** (Light Sensors):
  تضبط شدة الإضاءة آليًا بناء على كمية الضوء المحيط.

- **أجهزة التحكم الآلي** (Automatic Control Devices)

تُستخدم هذه الأجهزة لتشغيل الأجهزة الكهربائية وإيقافها آليًّا، ومن أمثلتها:

- **المُرَحِّلات/الريليهات** (Relays):
  هي مفاتيح لتحويل حركة الشحنات إلى حركة ميكانيكية؛ حيث تؤدي هذه الحركة إلى إغلاق التيار الكهربائي الرئيسي أو فتحه.
- **المؤقتات الذكية** (Timers):
  تُبرمَج لتشغيل الجهاز أو إيقافه في أوقات محددة.
- **القواطع الكهربائية** (Electric Circuit Breakers):
  تُعد القواطع عنصرًا أساسيًّا في الأنظمة الكهربائية، إذ تُستخدم لفصل أو وصل التيار الكهربائي المتدفق في الدائرة الكهربائية، والتحكم بتشغيل هذه الدوائر أو إيقافها، إضافة لحماية الأفراد من المخاطر المحتملة كالصدمات الكهربائية، وحماية الأجهزة والأسلاك من التيارات الزائدة (Overload). وتُصنَّف القواطع حسب آلية تشغيلها ونوعية الجهد والتطبيقات المستخدمة إلى الآتي:

أولًا: أنواع القواطع حسب آلية التشغيل

النوع	آلية التشغيل	التطبيقات
قاطع الدائرة اليدوي (Manual Circuit Breaker)	يُشغل يدويًا باستخدام مفتاح ميكانيكي.	مناسب للتركيبات البسيطة والصيانة اليدوية.
قاطع الدائرة الأوتوماتيكي (Automatic Circuit Breaker)	يعمل تلقائيًا عند اكتشاف الأعطال.	يُستخدم في أنظمة الحماية الكهربائية الآلية.
قاطع الدائرة المغناطيسي (Magnetic Circuit Breaker)	يعتمد على ملف مغناطيسي.	يُستخدم لحماية الأنظمة من القصر الكهربائي (Short Circuit) المفاجئ.
قاطع الدائرة الحراري-المغناطيسي (Thermal-Magnetic Circuit Breaker)	يعتمد على مغناطيس، وشريط حراري.	يُستخدم في حماية الدوائر من الأحمال الزائدة، والقصر الكهربائي.

ثانيًا: أنواع القواطع حسب الجهد

النوع	آلية التشغيل	التطبيقات
قاطع دائرة الجهد المنخفض (Low-Voltage Circuit Breaker)	أقل من 1,000 فولت.	يُستخدم في التطبيقات السكنية والتجارية.
قاطع دائرة الجهد المتوسط (Medium-Voltage Circuit Breaker)	بين 1 كيلوفولت و72 كيلوفولت.	يُستخدم في المحطات الفرعية، وشبكات التوزيع.
قاطع دائرة الجهد العالي (High-Voltage Circuit Breaker)	أعلى من 72 كيلوفولت.	يُستخدم في أنظمة نقل الطاقة، ومحطات توليد الكهرباء.

ثالثًا: أنواع القواطع حسب التطبيقات

النوع	التطبيقات
قاطع الدائرة الأتوماتيكي (Automatic Circuit Breaker (MCB))	يُستخدم في التطبيقات المنزلية لحماية الدوائر منخفضة التيار.
قاطع الدائرة المقولب (Molded Case Circuit Breaker (MCCB))	مناسب للتطبيقات الصناعية ذات التيارات العالية.
قاطع دائرة التيار المتبقي (Residual Current Circuit Breaker (RCCB))	يكشف تسرب التيارات؛ لحماية الأفراد من الصدمات الكهربائية (Electric Shocks).
قاطع دائرة التسرب الأرضي (Earth-Leakage Circuit Breaker (ELCB))	يفصل التيار عند اكتشاف تسرب أرضي.
قاطع دائرة الأعطال الأرضية (Ground Fault Circuit Breaker (GFCI))	يُستخدم في الأماكن الرطبة لحماية الأفراد من الأعطال الأرضية.
قاطع الدائرة بضغط الهواء (Air Circuit Breaker (ACB))	يستخدم ضغط الهواء العالي لإطفاء القوس الكهربائي (Electric Arc).
قاطع الدائرة الهجين (Hybrid Circuit Breaker (HCB))	يجمع بين تقنيات متعددة لتحسين الأداء والكفاءة.

القواطع الأكثر شيوعًا واستخدامًا

الجدول الآتي يوضح أمثلة على القواطع الأكثر شيوعًا واستخدامًا في المنازل السكنية والمباني التجارية والمصانع والمنشآت الصناعية ومحطات الطاقة:

	اسم القاطع	الاستخدام	شكل توضيحي
1	**المنصهر ذو الوجه الواحد** (Single-Phase Fuse)	هو سلك ذو مساحة مقطع محددة، يُوضع في بداية الدائرة كوسيلة أمان وحماية لجميع الأحمال الكهربائية المستخدمة في الدائرة من زيادة التيار.	
2	**المنصهر ذو الثلاثة أوجه** (Three-Phase Fuse)	يستخدم في الأنظمة الكهربائية ذات الثلاثة أطوار لحماية المعدات الكهربائية من التلف و الناتج عن التيارات الزائده أو قصر الدائرة. ويعمل على قطع التيار الكهربائي في حالة حدوث خلل للحفاظ على سلامة الأجهزة وتقليل مخاطر الحرائق والأعطال.	
3	**القاطع الأتوماتيكي ذو القطب الواحد** (Single-Pole Automatic Circuit Breaker)	يُستخدم القاطع الأوتوماتيكي عادةً في لوحات الكهرباء المنزلية، حيث يوفّر حماية للدوائر الكهربائية من خطر زيادة التيار الكهربائي، وتتميز هذه القواطع بإمكانية إعادة توصيلها بسهولة بعد إصلاح العطل.	
4	**القاطع الأتوماتيكي ذو القطبين** (Double-Pole Automatic Circuit Breaker)	يُستخدم هذا النوع بطريقة مشابهة للقاطع أحادي الوجه، ولكنه يوفر حماية لخطين منفصلين، حيث يحتوي كل منهما على خط ساخن أو خط يحتوي على تيار كهربائي.	
5	**القاطع الأُتوماتيكي ذو الثلاثة أقطاب** (Triple-Pole Automatic Circuit Breaker)	يُستخدم هذا النوع بطريقة مشابهة للقاطع أحادي الوجه، لكنه يوفر حماية لثلاثة خطوط منفصلة، حيث يحتوي كل منها على خط ساخن أو خط يحمل تيارًا كهربائيًا.	

	اسم القاطع	الاستخدام	شكل توضيحي
6	**القاطع الأتوماتيكي ذو الأربعة أقطاب** (Four-Pole Automatic Circuit Breaker)	يُستخدم هذا النوع لفصل أربعة خطوط في الوقت نفسه.	
7	**قاطع التيار المتسرب/ جهاز القاطع التفاضلي** (Residual Current Device (RCD))	هو جهاز حماية كهربائية مصمم للكشف عن التيارات المتسربة إلى الأرض أو إلى أي موصل غير مقصود؛ حيث يعمل على فصل الدائرة الكهربائية بسرعة عند حدوث هذا التسرب. يُعد هذا الجهاز ضروريًا للحماية من الصدمات الكهربائية، وتقليل خطر حدوث الحرائق.	
8	**القواطع المقولبة ذات الجهد المنخفض** (Low-Voltage Molded Case Circuit Breakers)	يُستخدم هذا النوع في لوحات التغذية الرئيسية والفرعية؛ حيث يتميز بحجمه الأكبر مقارنة بالقواطع الأوتوماتيكية. كما يتميز بسعات قطع عالية تتراوح بين 16 أمبير و1600 أمبير.	

إرشادات توصيل الأجهزة الكهربائية

لتوصيل الأجهزة الكهربائية بأمان وضمان عملها بكفاءة، يُنصح باتباع الآتي:

- التأكد من توافق الجهاز مع فرق الجهد الكهربائي، وشدة التيار الكهربائي المتوفر.
- التأكد من توصيل الأسلاك بالمفاتيح بطريقة صحيحة؛ لمنع أي تماس مع الأجزاء المعدنية.
- اختيار مصادر الطاقة والموصلات المعتمدة ذات الجودة العالية؛ لتجنب المخاطر المحتملة، مثل: الالتماس الكهربائي، أو ارتفاع الحرارة.
- فحص الأجهزة والتوصيلات بشكل دوري بعد تركيبها؛ للتأكد من سلامتها وكفاءة عملها، والكشف عن أي أعطال قد تحدث.

أنظمة التحكم في المحركات الكهربائية

(Electric Motor Control Systems)

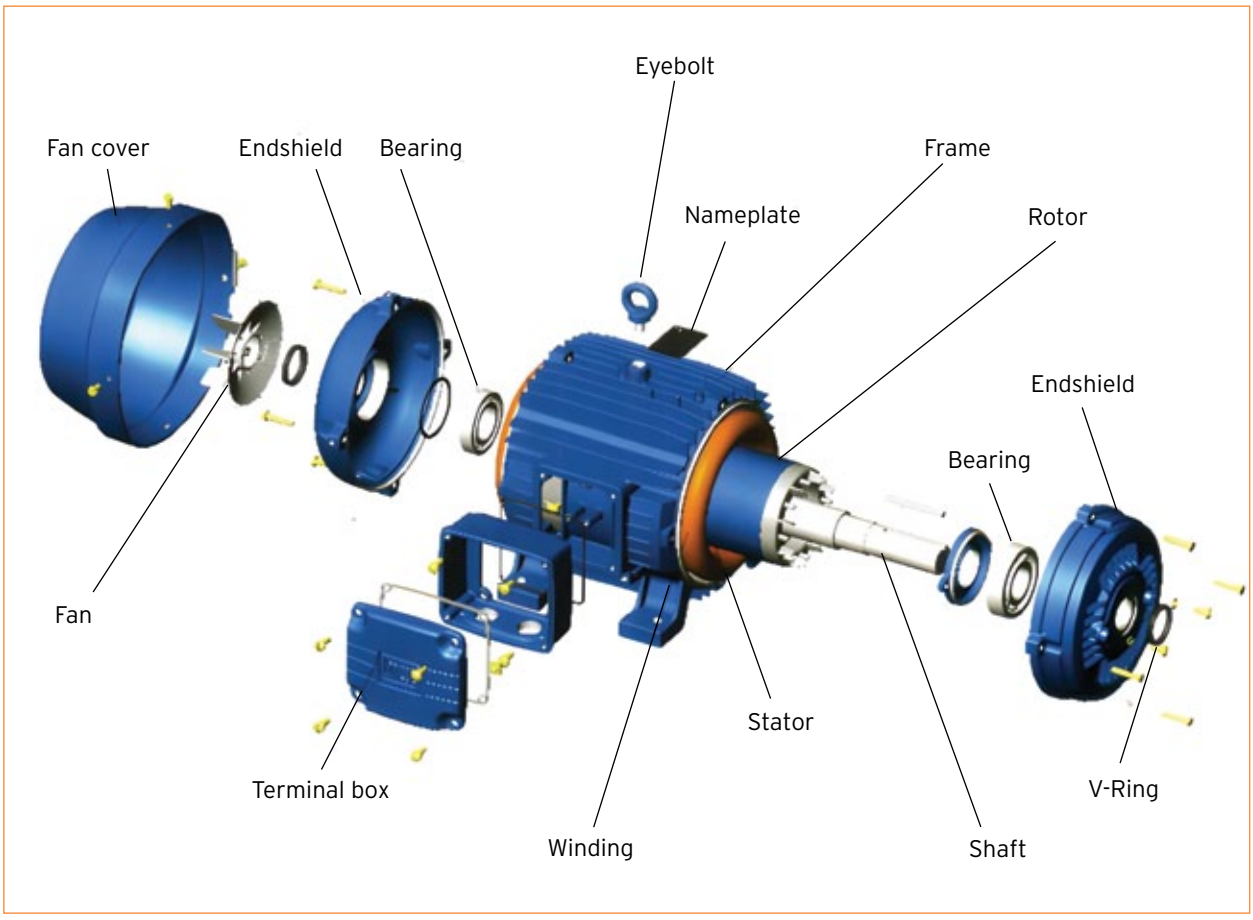
تعتمد المحركات الكهربائية (Electric Motor) في عملها على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Induction)، وذلك بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية لإنجاز شغل ما، ومع تطور التقنيات الحديثة أصبح من الضروري تشغيل المحركات بطرق متقدمة تقنيًا لضبط سرعتها، واتجاه دورانها، ومقدار العزم الذي تحتاجه.

العزم (Torque)
هو القوة التي يطبقها المحرك الكهربائي لبدء الحركة أو الاستمرار فيها.

مكونات المحركات الكهربائية

تحتوي جميع المحركات الكهربائية على المكونات الأساسية الآتية:

- **الجزء الثابت (Stator)**
  هو الجزء الذي يحتوي على المحثات (Inductors).
- **الجزء الدوار (Rotor)**
  هو الجزء الذي يدور لتوليد الحركة الميكانيكية.
- **المحثات المغناطيسية (Magnetic Inductors)**
  تُستخدم لتوليد المجال المغناطيسي (Magnetic Field) اللازم.
- **أعمدة الدوران (Shafts)**
  هي المكون الميكانيكي الذي ينقل الحركة الدورانية من المحرك إلى الأجزاء الأخرى.
- **المحامل (Bearings)**
  أجزاء ميكانيكية تُستخدم لدعم أعمدة الدوران (Shafts)، وتقليل الاحتكاك أثناء دورانها.
- **الإطار الخارجي (External Frame)**
  يحمي المكونات الداخلية للمحرك.



مكونات المحرك الكهربائي

أنواع المحركات الكهربائية (Types of Electric Motors)

تُصنف المحركات الكهربائية وفقًا لطبيعة التيار الكهربائي المارّ بها إلى نوعين، هما:

■ محركات التيار الكهربائي المستمر (Direct Current Motors)

تُستخدم محركات التيار الكهربائي المستمر بشكل واسع في العديد من المجالات المختلفة، مثل: مراوح الحاسوب، والحواسيب المحمولة، والطابعات، وتتميز بكفاءتها العالية، وانخفاض استهلاكها للطاقة الكهربائية، إضافة إلى سهولة التحكم بسرعة دورانها.

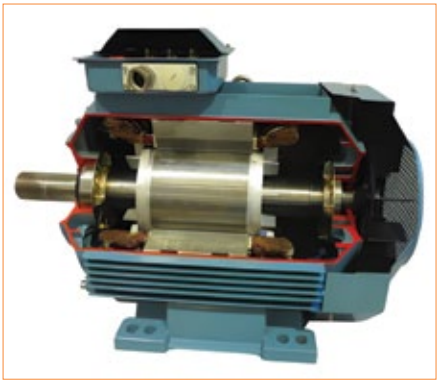
محرك التيار الكهربائي المستمر

■ محركات التيار الكهربائي المتردد (Alternating Current Motors)

تعمل هذه المحركات بمصدر للتيار الكهربائي المتردد، وتعتمد في عملها على مبدأ الحثّ الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Induction)، وتُستخدم بشكل شائع في المصاعد الكهربائية (Electric Lifts)، وضخ المياه (Water Pumping)، ومن أهم أنواعها الآتي:

■ **المحركات الحَثِّية (Induction Motors):**

تعتمد المحركات الحثّية في عملها على الحثّ الكهرومغناطيسي لتوليد الحركة، فعند تدفق التيار الكهربائي في الجزء الثابت (Stator) يتكون مجال مغناطيسي تنتج عنه حركة الجزء الدوّار (Rotor)، وتستخدم هذه المحركات في العديد من التطبيقات، مثل: المضخات، والمراوح، والآلات الصناعية، والمصاعد، وأنظمة التكييف والتبريد.



محرك حثي

■ **المحركات المتزامنة (Synchronous Motors):**

هي أحد أفضل أنواع المحركات الكهربائية ذات التيار المتردد، وتتميز بأن الجزء الدوار (Rotor) يدور بسرعة ثابتة تساوي سرعة المجال المغناطيسي الناتج عن الجزء الثابت (Stator). وتُستخدم عادة في التطبيقات التي تتطلب دقة في السرعة، مثل محطات الطاقة.

محرك متزامن

أنظمة التحكم في المحركات (Motor Control Systems)

أنظمة التحكم في المحركات هي مجموعة من الأجهزة والبرمجيات المصممة لإدارة المحركات الكهربائية وتشغيلها، والتحكم في سرعتها، وعزم دورانها، وحمايتها من الأعطال، ومن أنواعها الآتي:

نظام التحكم	الوصف
أنظمة التحكم اليدوي (Manual Control Systems)	يُتحكم في تشغيل المحركات يدويًّا باستخدام مفاتيح التشغيل والإيقاف.
أنظمة التحكم الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Control Systems)	تعتمد على المُرحِّلات (Relays) لتشغيل المحرك وإيقافه.
أنظمة التحكم الآلية (Automatic Control Systems)	تستخدم أجهزة استشعار لتشغيل المحركات وإيقافها تلقائيًّا حسب الحاجة.
أنظمة التحكم الذكية (Smart Control Systems)	وهي نوعان: ■ التحكم الرقمي: يُتحكم في المحركات الكهربائية بشكل دقيق عبر برمجة العمليات والأنظمة باستخدام تقنيات، مثل المتحكم القابل للبرمجة (Microcontroller)، وهو عبارة عن قطعة إلكترونية رقمية صغيرة جدًّا تُخزَّن التعليمات بداخلها، ومن أمثلتها: Arduino/Raspberry. ■ التحكم عن بعد: تستخدم تقنيات، مثل البلوتوث أو تقنيات الاتصال اللاسلكي (Wireless Communication) للتحكم في المحركات الكهربائية عن بُعد.
أنظمة التحكم في السرعة (Variable Speed Drives (VSDs))	تستخدم لتغيير سرعة دوران المحرك أو إيقافه، ومن أمثلتها: المؤقتات الزمنية.
أنظمة التحكم بتغيير التردد (Variable Frequency Drives (VFDs))	تستخدم لتغيير تردد التيار الكهربائي، وتغيير سرعة المحرك.

نظام التحكم	الوصف
أنظمة التحكم في التيار المستمر (DC Motor Control Systems)	هي أنظمة للتحكم في المحركات التي تعمل بالتيار المستمر، مثل: استخدام الترانزستورات التي تقوم بوصل تدفق التيار الكهربائي أو قطعه من خلال وصل طرفي الأسلاك أو فصلهما.
أنظمة التحكم في التيار المتردد (AC Motor Control Systems)	هي أنظمة للتحكم في تشغيل محركات التيار المتردد، مثل: استخدام الترانزستورات التي تقوم بوصل تدفق التيار الكهربائي أو قطعه من خلال وصل طرفي الأسلاك أو فصلهما.
أنظمة التحكم في اتجاه الدوران (Directional Control Systems)	تُستخدم لتغيير اتجاه دوران المحركات الكهربائية في التطبيقات التي تتطلب حركة في اتجاهين مختلفين (مع عقارب الساعة وعكسها) باستعمال مفاتيح الاتجاه الكهربائية أو مفاتيح التبديل في الدائرة الكهربائية.
أنظمة التحكم في درجة حرارة المحركات وضغطها (Temperature and Pressure Control Systems)	المستشعرات، مثل: ■ مستشعر الحرارة للكشف عن درجة حرارة المحرك. ■ مستشعر الضغط لضبط ضغط الزيت أو الهواء في المحرك.

التطبيقات العملية لأنظمة التحكم في المحركات الكهربائية (Practical Applications of Motor Control Systems)

تُستخدم أنظمة التحكم في المحركات في العديد من المجالات لتحسين أداء المحركات، ومن تطبيقاتها:

موقع العمل	تطبيقات أنظمة التحكم في المحركات الكهربائية
المنازل	التحكم في مروحة التكييف، وتحريك الهواء، والغسالات، والمكانس الكهربائية.
المصانع	تتحكم المحركات في سير عمليات الإنتاج في المصانع ذات الخطوط الإنتاجية كمصانع التعبئة، إضافة إلى التحكم في عمل الروبوتات أو آلات قطع المعادن.
المركبات الكهربائية	التحكم في سرعة المركبة وحركتها.
أنظمة الطاقة المتجددة	تحويل الطاقة الحركية في محركات الرياح إلى طاقة كهربائية.

صيانة المحركات الكهربائية (Maintenance of Electric Motors)

تُصان المحركات الكهربائية من خلال:

- تنظيف المحرك الكهربائي من الأتربة والغبار الذي قد يتراكم عليه ويؤثر في كفاءته باستخدام الهواء المضغوط أو الفرشاة.
- مراقبة درجة حرارة المحرك الكهربائي بانتظام.
- تشغيل المحرك الكهربائي لفترة قصيرة من دون حمل (مثل: المعدات أو الآلات) للتحقق من أدائه، ورصد أي أصوات أو اهتزازات.
- فحص المحامل (Bearings) بانتظام للتأكد من عدم تعرضها للتلف أو التآكل بسبب الاحتكاك، وارتفاع درجة حرارة المحرك.
- تحديد جدول زمني بمواعيد صيانة المحركات الكهربائية في المنشأة للكشف المبكر عن الأعطال.

أنظمة الطاقة الشمسية

(Solar Energy Systems)

مع التقدم العلمي توجهت العديد من الدول للبحث عن أنظمة بديلة للطاقة غير المتجددة (Non-Renewable Energy) (كالنفط، والوقود، والفحم، والغاز الطبيعي) بسبب تكلفتها العالية، ومحدودية مصادرها، وتأثيرها السلبي على البيئة، فبرزت الطاقة المتجددة (Renewable Energy) التي يمكن الحصول عليها من موارد طبيعية متجددة باستمرار، مما يحقق الاعتماد الذاتي للدول، ويسهم في ضمان الاستدامة البيئية، ومن أنواع الطاقة المتجددة: الطاقة الشمسية (Solar Energy)، وطاقة الرياح (Wind Energy)، والطاقة الحرارية الجوفية (Geothermal Energy).

وتُعد الطاقة الشمسية أحد مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة الأكثر وفرة على الأرض، وهي عبارة عن الطاقة المستمدة من الشمس، والمكونة من ضوء وحرارة، وتُعد مصدرًا مستدامًا لتوليد الطاقة الكهربائية بتقنيات بسيطة، وغير مكلفة.

الطاقة المتجددة (Renewable Energy):
هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية ولا تنضب مع مرور الزمن بل تتجدد بإستمرار.

الطاقة غير المتجددة (Non-Renewable Energy):
هي الطاقة المستمدة من مصادر محدودة، تنفد مع مرور الزمن ولا يمكن تجديدها.

أنواع أنظمة الطاقة الشمسية (Types of Solar Energy Systems)

تُصنف أنظمة الطاقة الشمسية إلى ثلاثة أنواع كالآتي:

- **أنظمة الطاقة الشمسية المتصلة بالشبكة الكهربائية (On-Grid Solar Systems)**

  وتتميز بالآتي:

  - تعتمد بشكل كامل على وجود شبكة توزيع كهربائية دون انقطاع.
  - تعوض النقص في الأحمال الكهربائية من شبكة التوزيع.
  - تضخ الفائض من طاقة الألواح الشمسية إلى شبكة توزيع الكهرباء.
  - لا تستخدم البطاريات.

- **أنظمة الطاقة الشمسية المنفصلة عن الشبكة الكهربائية (Off-Grid Solar Systems)**

  وتتميز بالآتي:

  - أنظمة منفصلة تمامًا عن الشبكة الكهربائية؛ أي تعتمد بشكل كامل على الطاقة الشمسية الناتجة من الألواح الشمسية (Solar Panels).
  - لا تستخدم شبكة توزيع للكهرباء لتشغيل الأحمال أو شحن البطاريات.
  - تحتاج إلى بطاريات.
  - تُستخدم لحل مشكلة انقطاع التيار الكهربائي.

- **الأنظمة الهجينة للطاقة الشمسية (Hybrid Solar Systems)**

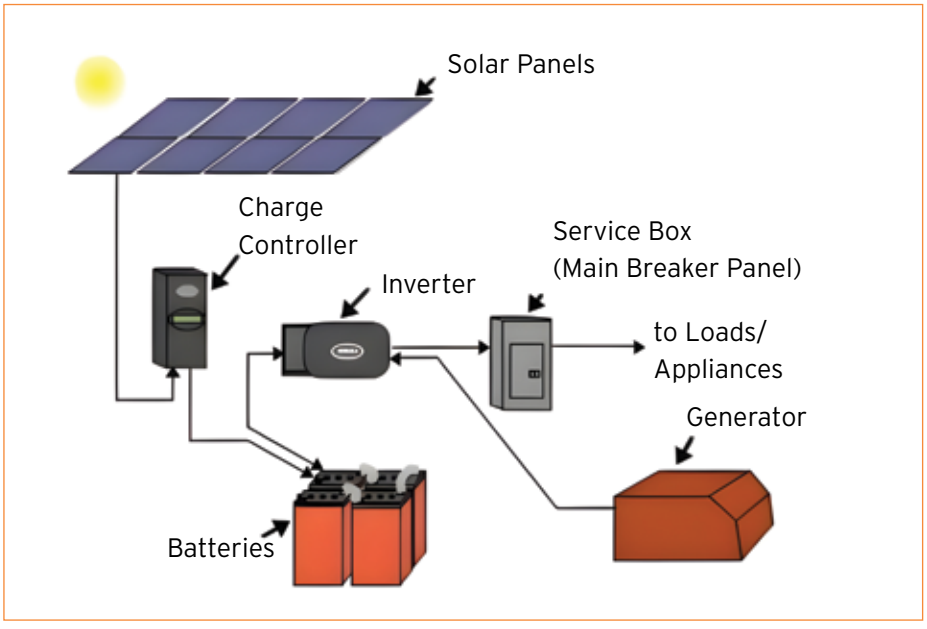
  - تجمع بين النظامين السابقين (Off-Grid & On-Grid).
  - وجود البطاريات شرط أساسي في النظام.

الشبكة الكهربائية (Electrical Grid):

هي عبارة عن شبكة مترابطة لتوصيل الكهرباء من المنتجين (Producers) إلى المستهلكين (Consumers)، وتتكون من محطات للطاقة، ومحطات كهربائية فرعية لنقل الطاقة إلى مسافات بعيدة، ثم توزيعها على المستهلكين.

المكونات الأساسية لأنظمة الطاقة الشمسية
(Basic Components of Solar Energy Systems)

تحتوي أنظمة الطاقة الشمسية على المكونات الأساسية الآتية:

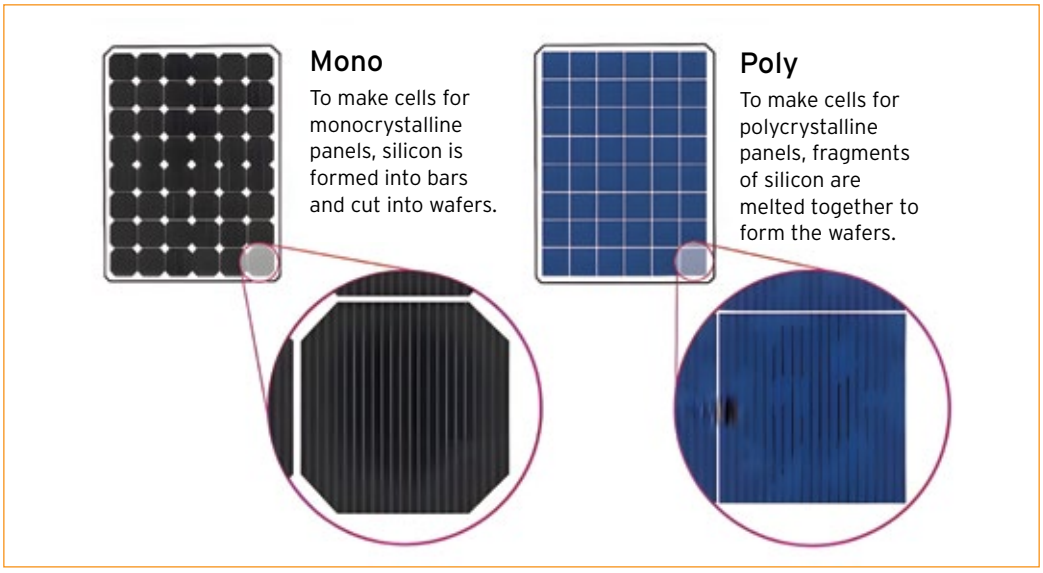


الألواح الشمسية (Solar Panels)

تعرف أيضًا باسم الألواح الكهروضوئية (Photovoltaic Panels)، وهي المكون الرئيسي في هذه الأنظمة الذي يحول ضوء الشمس إلى كهرباء، وتتكون الألواح الشمسية من خلايا شمسية (Solar Cells) متعددة موصلة ببعضها على التوالي (Series Connection) ويتراوح عددها من 36–72 خلية، وينتج من كل خلية جهد كهربائي مستمر يتراوح بين 0.5–0.6 V، وتعمل الألواح الشمسية كمستقبلات لأشعة الشمس، وتتصل ببعضها داخل إطار محدد، وتُصنف بنَاء على نوع الخلايا المكونة لها إلى نوعين، كالآتي:

الخلايا الشمسية مصنوعة من مواد شبه موصلة (Semiconductors) كالسيليكون، ويُطلق عليها اسم الخلايا الكهروضوئية أو الفولت الضوئية (Photovoltaic Cells)، وتعمل على تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي مستمر.

وجه المقارنة	الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورة (Monocrystalline Silicon Panels)	الخلايا الكهروضوئية متعددة البلورات (Polycrystalline Silicon Panels)
الوصف	خلايا ذات شكل منتظم، مصنوعة من شرائح مقطوعة من أسطوانة سيليكون أحادية البلورة.	خلايا ذات شكل عشوائي، مصنوعة من صب السيليكون الخام في قالب ثم تقطيعه.
مادة الصنع	مصنوعة من مادة السيليكون أحادي البلورة عالي النقاء.	مصنوعة من مادة السيليكون الخام متعدد البلورات.
اللون	تتميز بلونها الأزرق الداكن المائل إلى الأسود، وهو مؤشر إلى درجة النقاء العالية للسيليكون.	تتميز بلونها الأزرق الفاتح، وهو مؤشر إلى درجة نقاء أقل.
نقاء السيليكون	مرتفع جدا.	منخفض.
الكفاءة	الأكثر كفاءة: أكثر من 22%.	أقل كفاءة، ولكن تتحسن باستمرار.
التكلفة	عالية.	منخفضة.
التطبيقات	تُستخدم في الأنظمة السكنية التجارية.	تُستخدم في الأنظمة السكنية.



العواكس (Inverter)

هي أجهزة أو محولات إلكترونية تحول التيار المستمر (DC) الذي تنتجه الألواح الشمسية إلى تيار متردد (AC)، وتُصنف إلى ثلاثة أنواع:

- **العواكس المتصلة بالشبكة (Grid-Tied Inverters):**
  تُوصَّل هذه العواكس بشبكة الكهرباء، وتقوم بتحويل الطاقة المستمرة من الألواح الشمسية إلى طاقة متناوبة، ويُستخدم أي فائض من الطاقة الناتجة لتغذية الشبكة العمومية، لتُحسب ضمن فاتورة الكهرباء، ويمكن استخدامها في المنازل.

العواكس المتصلة بالشبكة

- **العواكس المستقلة (Off-Grid Inverters):**
  تُستخدم هذه العواكس (المحولات) في الأنظمة غير المتصلة بشبكة الكهرباء لتحويل طاقة التيار المستمر من الألواح الشمسية إلى طاقة تيار متردد، كما أنها تشحن البطاريات لاستخدامها عند غياب ضوء الشمس، وتعد منخفضة التكلفة، ويمكن استخدامها في المنازل.

العواكس المستقلة

- **العواكس الهجينية (Hybrid Inverters):**
  تجمع هذه العواكس بين ميزات النوعين السابقين، فيمكن توصيلها بشبكة الكهرباء وشحن البطاريات أيضًا لاستخدامها عندما تكون الشبكة غير متوفرة أو عند الرغبة في استخدام الطاقة الشمسية المخزنة، ويعمل هذا النوع من العواكس متصلًا بالشبكة أو منفصلًا عنها، أو في كلا الحالتين معًا؛ لذلك فإن تكلفته عالية جدًا.

العواكس الهجينية

ويعتمد اختيار النوع الأفضل من العواكس للنظام الشمسي على الاحتياجات والظروف الخاصة مع مراعاة الآتي:

- إذا كان النظام متصلاً بشبكة الكهرباء، فإن العاكس المتصل بالشبكة أو العاكس الهجين يُعد الخيار الأفضل.
- إذا كان النظام غير متصل بالشبكة، فإن العاكس المستقل أو العاكس الهجين يُعتبر ضروريًا.

البطاريات (Batteries)

البطاريات هي مكون اختياري في أنظمة الطاقة الشمسية، وتستخدم لتخزين الطاقة المولدة خلال النهار لاستخدامها في الليل، أو أثناء انقطاع الشبكة، وتعمل على تخزين كمية كبيرة من الطاقة، مما يجعلها مثاليّة للأنظمة التي لا ترتبط بالشبكة الكهربائية، وبالنسبة للأنظمة المرتبطة بالشبكة، فهي غير ضرورية، ويمكن للبطاريات توفير طاقة احتياطية، وتقليل الاعتماد على الشبكة، مما يؤدي إلى خفض فواتير الخدمات على المدى الطويل، ومن أنواع البطاريات المستخدمة: بطاريات حمض الرصاص (Lead-acid)، وبطاريات الليثيوم أيون (Lithium-ion)، وبطاريات النيكل والكادميوم (Nickel-cadmium)، وبطاريات التدفق (Flow).

وحدة التحكم في الشحن بالطاقة الشمسية (Solar Charge Controller)

يُسمى أيضًا منظم الشحن الشمسي، وهو عبارة عن جهاز إلكتروني يعمل على تنظيم تدفق التيار الكهربائي من الخلايا الشمسية إلى بطاريات الطاقة الشمسية والعكس، فهو يقوم بحماية البطاريات من الشحن أو التفريغ الزائد (Overcharging and Overdischarging)، ومنع التيار من الانتقال من البطارية إلى الألواح الشمسية في حالة غياب الشمس بسبب الغيوم أو الليل مما يطيل العمر الافتراضي للبطاريات، ويضمن أداء النظام بكفاءة، ويُعد منظم الشحن الشمسي مكونًا اختياريًا يُستخدم في حالة وجود بطارية في النظام، وتوجد ثلاثة أنواع رئيسية منه، كالآتي:

- **منظم الشحن البسيط/العادي (Shunt Charge Controller):**

يُعد هذا النوع قديم، وفكرة عمله بسيطة جدًا، حيث يقوم بفتح التيار الكهربائي وغلقه على البطاريات من أجل شحنها، ويُعد ذو فاعلية منخفضة لأنه قد يتسبب في ارتفاع درجة حرارة البطارية وتقليل عمرها الافتراضي بسبب الشحن الزائد المتكرر، لذلك لا يستخدم كثيرًا،

- **منظم الشحن النابض (Pulse Width Modulation (PWM)):**

سُمي بهذا الاسم لأنه يقوم بإرسال التيار الكهربائي إلى البطارية على شكل نبضات كهربائية (Pulses)، ويقوم بتعديل عرض النبضات استنادًا لحجم التيار الكهربائي المخزن في البطارية، ويُستخدم في الأنظمة الصغيرة أو الأنظمة التي تكون درجة حرارة الخلايا الشمسية فيها بين 45–75 درجة مئوية، ويتميز هذا النوع من المنظمات بتكلفته المنخفضة مقارنة ببقية المنظمات.

- **منظم الشحن المتتبع (Maximum Power Point Tracking (MPPT)):**

يعمل على تتبع نقطة الطاقة القصوى، حيث يتميز هذا المنظم بقدرته على استخلاص أقصى قدر ممكن من الطاقة القادمة من الخلايا الشمسية لشحن البطاريات؛ لذلك يُعد أكثر كفاءة من منظم الشحن النابض (PWM)، ويُستخدم في الأنظمة الكبيرة لتوليد الطاقة، أو التي يزيد فيها فرق جهد التيار الكهربائي عن فرق الجهد الخاص بالبطاريات، وتعد تكلفتها مرتفعة مقارنة بالمنظم النابض.

مكونات داعمة لأنظمة الطاقة الشمسية
(Supporting Components of Solar Systems)

تعمل المكونات الداعمة على تسهيل عمل المكونات الأساسية ودعمها، وهي ضرورية لتركيب النظام وتشغيله بكفاءة وأمان، ولكنها لا تسهم في توليد الطاقة أو تخزينها أو تحويلها، ومنها الآتي:

- **معدات الأرفف والتركيب** (Racking and Mounting Equipment)

تقوم هذه المعدات بتثبيت الألواح الشمسية بشكل آمن على أسطح المنازل، أو التركيبات الأرضية، وهي بمثابة العمود الفقري للنظام بأكمله، ولا بد من تثبيتها بإحكام لتحقيق الأداء الأمثل للنظام، ومن أنواعها الآتي:

- **معدات التثبيت على الأسقف** (Roof Mounts):
هي النوع الأكثر شيوعًا في الأنظمة الشمسية المستخدمة في المباني السكنية والتجارية، وتستخدم كذلك لتثبيت الألواح الشمسية الصلبة على القوارب والمركبات الصغيرة.

معدات التثبيت على الأسقف

- **معدات التثبيت الأرضية** (Ground Mounts):
تثبت على الأرض باستخدام دعامات خرسانية، وتستخدم عادة في المشاريع الكبيرة، أو الأماكن التي لا تتوفر فيها مساحة كافية على الأسطح.

معدات التثبيت الأرضية

- **معدات التثبيت على الأعمدة** (Pole Mounts):
يُعد هذا النوع الأقل شيوعًا، فهي تُثبت على الأعمدة المرتفعة، وتستخدم عادة في المناطق ذات المساحة المحدودة.

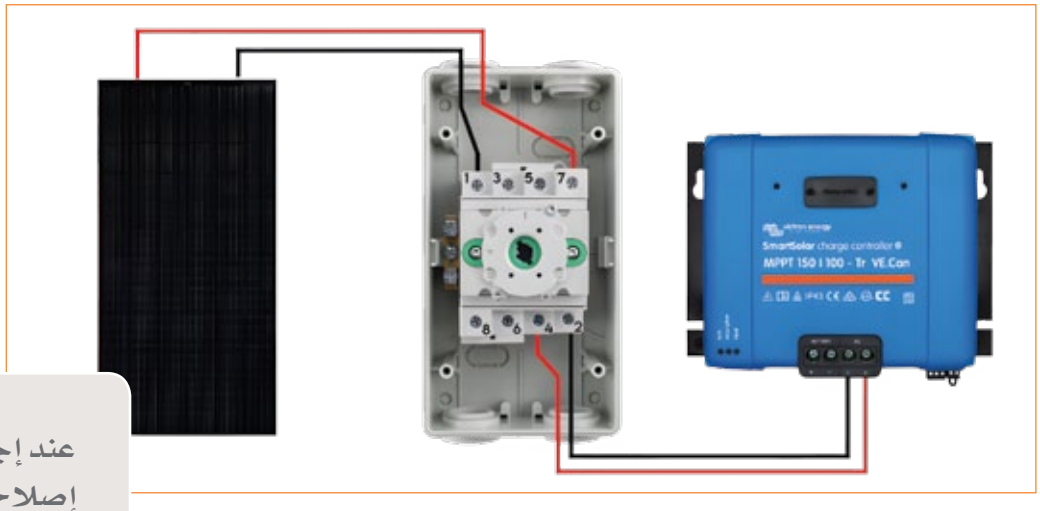
معدات التثبيت على الأعمدة

مفتاح الفصل (Disconnect Switch)

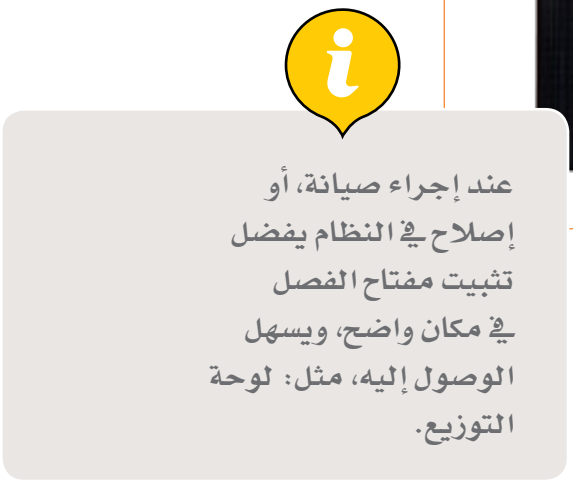
هو مفتاح كهربائي يُستخدم لقطع الطاقة عن النظام الشمسي، ويستخدم لأسباب تتعلق بالسلامة كحالات الطوارئ والصيانة، ويوجد نوعان رئيسيان من مفاتيح الفصل هما:

- **مفتاح الفصل اليدوي** (Manual Disconnect Switch):

  آلية التشغيل والإيقاف يدوية.



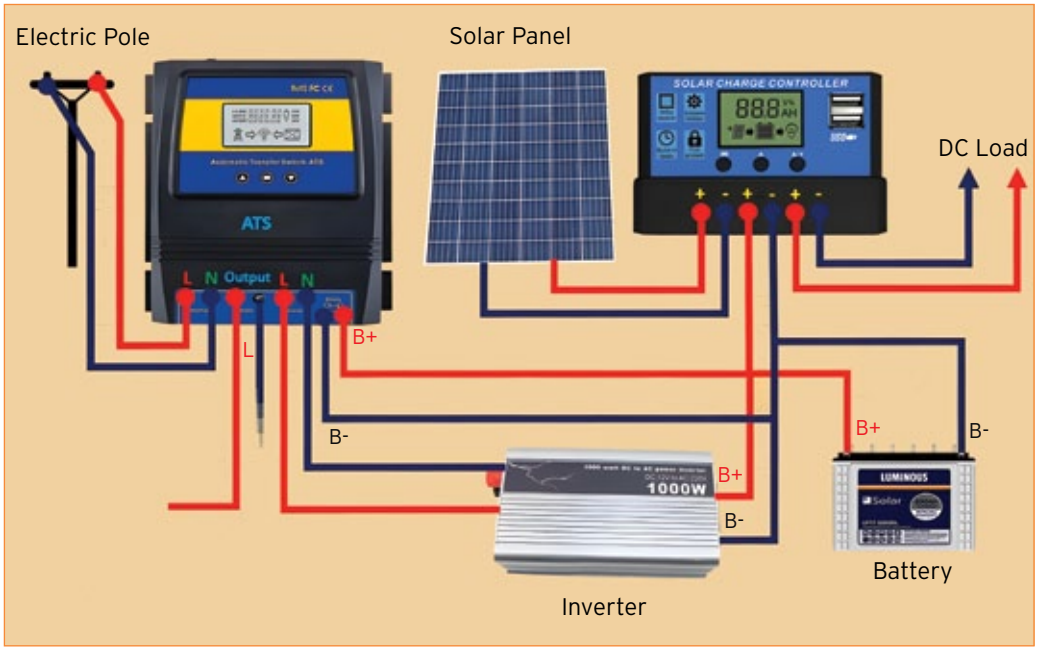
مفتاح فصل يدوي



عند إجراء صيانة، أو إصلاح في النظام يفضل تثبيت مفتاح الفصل في مكان واضح، ويسهل الوصول إليه، مثل: لوحة التوزيع.

- **مفتاح الفصل الآلي** (Automatic Disconnect Switch):

  آلية التشغيل والإيقاف تعتمد على جهاز تحكم آلي.



مفتاح فصل آلي

توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية
(Electricity Generation from Solar Energy)

تتمثل الطريقة الأساسية لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية في الآتي:

1. **سقوط أشعة الشمس على الألواح الشمسية**

تبدأ العملية بسقوط أشعة الشمس على الألواح التي تحتوي على خلايا شمسية مصنوعة من مادة السيليكون.

2. **تدفق الإلكترونات**

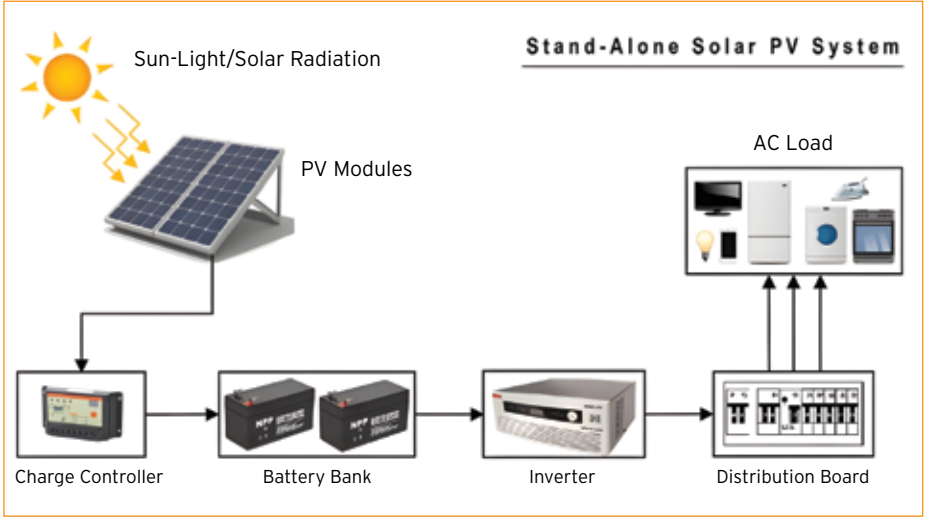
تحرر الأشعة الشمسية الإلكترونات (Electrons) التي تبدأ في التحرك داخل الخلايا الشمسية، مما يؤدي إلى توليد تيار كهربائي مستمر (DC).

3. **تحويل التيار الكهربائي**

يُحول التيار الكهربائي المستمر (DC) إلى العاكس، الذي يقوم بتحويله إلى تيار متردد (AC) ليتمكن من تشغيل الأجهزة الكهربائية.

4. **التخزين أو الاستخدام المباشر**

تُخزن الكهرباء في البطاريات لاستخدامها لاحقًا، أو يوصل النظام بالشبكة الكهربائية لتغذية المباني بالطاقة، أو بيع الفائض لشركات الكهرباء.



توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية

أشكال الطاقة الشمسية (Solar Energy Forms)

تتعدد أشكال الطاقة الشمسية حسب وظيفتها، وآلية عملها، ومنها ما يأتي:

الطاقة الشمسية الحرارية (Solar Thermal Energy (STE))	
الوظيفة	تستخدم لتسخين الماء أو الهواء.
آلية العمل	تستخدم ألواح شمسية حرارية لامتصاص حرارة الشمس، ثم تُنقل هذه الحرارة إلى مائع (Fluid) كالماء أو الهواء لتسخينه.
التطبيقات	تُستخدم في: ■ دعم أنظمة التدفئة، أو تسخين المياه للاستخدام الصحي أو السكني أو الصناعي. ■ محطات توليد الكهرباء الشمسية الحرارية (Solar Thermal Power Plants). ■ العمليات الصناعية التي تتطلب حرارة.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaic Solar Energy)	
الوظيفة	تستخدم لتحويل الضوء الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية باستخدام الألواح الشمسية.
آلية العمل	تحتوي الألواح على خلايا شمسية مصنوعة من مواد شبه موصلة، مثل: السيلكون، وهذه الخلايا تتفاعل مع أشعة الشمس لتوليد الكهرباء، فعندما تتلقى الضوء المباشر تتأين وتُطلق الإلكترونات التي تتفاعل مع بعضها وتولد تيارًا كهربائيًا.
التطبيقات	يستعان بها في: ■ مزارع الطاقة الشمسية. ■ الأجهزة الفضائية لتشغيل أجهزة الاتصالات، وأجهزة الاستشعار، وأنظمة التحكم في الأقمار الصناعية. ■ تغذية مرافق ضخ مياه الشرب والري، وتغذية أنظمة تحلية المياه. ■ الاتصالات الأرضية لتشغيل محطات الإرسال والاستقبال. ■ أجهزة الحماية والأمان، وأنظمة الإنذار والتحذير المدنية والعسكرية. ■ توفير الطاقة للإنارة. ■ الإرشادات الضوئية. ■ أجهزة الرصد.

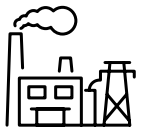
الطاقة الشمسية المركزة (Concentrated Solar Power (CSP))	
الوظيفة	الهدف الأساسي للطاقة الشمسية المركزة هو تحويل أشعة الشمس إلى حرارة عالية جدًا، ثم استخدام هذه الحرارة في توليد الكهرباء.
آلية العمل	جمع الضوء الشمسي باستخدام مرايا أو عدسات كبيرة وتوجيهه إلى سطح مستقبل (Receiver) (مثل: الزيت أو الملح المذاب) لتسخينه إلى درجات حرارة عالية.
التطبيقات	يُستخدم لتوليد البخار، الذي بدوره يُشغل توربينات كهربائية لإنتاج الكهرباء.

تطبيقات الطاقة الشمسية (Solar Energy Applications)

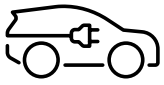
تتنوع استخدامات الطاقة الشمسية، ومن أهم تطبيقاتها الآتي:

- **القطاع السكني (Residential Sector)**
  - **أنظمة الكهرباء الشمسية:**
    يمكن تركيب الألواح الشمسية على الأسطح لتوليد الكهرباء التي تستهلكها الأسرة، ويمكن أيضًا تخزين الطاقة في البطاريات لاستخدامها ليلًا.
  - **تسخين المياه:**
    تستخدم الألواح الشمسية الحرارية لتسخين المياه في المنازل لتوفير الطاقة في بعض العمليات التي تستخدم فيها المياه.
  - **أنظمة التدفئة والتبريد الشمسية:**
    يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتدفئة المنازل وتبريدها.

- **قطاع الزراعة (Agriculture Sector)**
  - **الزراعة المائية (Hydroponics):**
    استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل مضخات المياه (Water Pumps) اللازمة للزراعة المائية.
  - **تحلية المياه (Water Desalination):**
    يمكن استخدام الطاقة الشمسية في عمليات تحلية المياه في المناطق التي تعاني من نقص المياه العذبة.



- **قطاع الصناعة** (Industrial Sector)
  - **توليد الكهرباء الصناعية** (Industrial Electricity Generation):
    يمكن للمصانع الكبيرة استخدام الأنظمة الشمسية لتوليد جزء من الكهرباء التي تحتاجها في عملياتها اليومية.
  - **العمليات الصناعية** (Industrial Processes):
    تستخدم الطاقة الشمسية في تسخين المواد في بعض العمليات الصناعية، مثل: صناعة الزجاج، أو المعادن.



- **قطاع النقل** (Transportation Sector)
  - **المَركبات الكهربائية الشمسية** (Solar-charged Electric Vehicles):
    تستخدم الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل محركات السيارات ووسائل النقل الأخرى التي تعمل بالطاقة الشمسية.

مزايا الطاقة الشمسية

تتميز الطاقة الشمسية بمزايا عدة، منها الآتي:

- **مصدر طاقة متجدد** (Renewable Energy Source):
  فالشمس توفر طاقة غير محدودة، ومتجددة باستمرار.
- **العمر الطويل** (Longevity): يمكن للألواح الشمسية أن تعمل بكفاءة لمدة تصل إلى 25 عامًا أو أكثر في ظل ظروف التشغيل المثلى والصيانة الجيدة.
- **الطاقة النظيفة** (Clean Energy): لا تنتج الطاقة الشمسية أي انبعاثات ضارة، مثل: الغازات الدفيئة.
- **منخفضة التكاليف**: تساعد الطاقة الشمسية في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، مثل: الكهرباء من الشبكة، مما يقلل من التكاليف والأعباء المالية.
- **الاستقلالية**: توفر الطاقة الشمسية للمستخدمين القدرة على إنتاج الكهرباء الخاصة بهم، مما يقلل من الاعتماد على الشبكة الكهربائية العمومية.
- **الصيانة**: لا تحتاج إلى صيانة كبيرة، وإنما تحتاج فقط إلى تنظيف دوري لإزالة الأتربة والأوساخ التي قد تقلل من كفاءتها.

الغازات الدفيئة (Greenhouse Gases (GHGs))

هي غازات توجد في الغلاف الجوي تمتص الأشعة تحت الحمراء، وتُشعّ الحرارة في جميع الاتجاهات، مما يبقيها دافئة، مسببة ظاهرة الاحتباس الحراري، مثل: أكسيد النيتروز، وثاني أكسيد الكربون، والميثان.

عيوب الطاقة الشمسية

من عيوب الطاقة الشمسية الآتي:

- **ارتفاع التكاليف الأولية لتركيب الألواح:**
  تكلفة تركيب الألـواح الشمسية التأسيسية مرتفعة على الرغم من انخفاض التكاليف اللاحقة.
- **تأثير الظروف الجوية:**
  تؤثر الظروف الجوية كالغيوم والأمطار على إنتاج الطاقة الشمسية.
- **الحاجة إلى مساحة كبيرة:**
  تحتاج الأنظمة الشمسية إلى مساحة كبيرة لتوليد كميات كبيرة من الطاقة.

صيانة ألواح الطاقة الشمسية (Solar Panels Maintenance)

تُعد صيانة الألـواح الشمسية ضرورية لإنتاج الطاقة اللازمة، وإطالة عمرها التشغيلي، وزيادة كفاءتها، مما يضمن الأداء الأمثل لها، ومن الإجراءات اللازمة في صيانتها الآتي:

- **تنظيف الألواح الشمسية**

تحتاج الألـواح الشمسية إلى تنظيف دوري للحفاظ على كفاءتها الإنتاجية، فتراكم الغبار، والأوساخ، والرطوبة يمكن أن يقلل من كمية الإشعاع الشمسي (Solar Radiation) الذي يصل إلى الخلايا الشمسية، ويمكن أن تخسر الألواح ما يصل إلى 20–30% من كفاءتها في إنتاج الطاقة على مدار السنة، خاصة في المناطق ذات الظروف البيئية الصعبة، مثل: المناطق الصحراوية أو الصناعية.

- **الفحص المنتظم**

للتأكد من صلاحيتها، وموثوقية تركيبها، وخلوها من أي خدوش قد تؤدي إلى تلفها مع مرور الوقت.

- **التحقق من سلامة العواكس**

للتأكد من قدرتها على تحويل التيار الكهربائي.

- **فحص الأسلاك والموصلات**

للتأكد من صلاحيتها، وربط أي أجزاء غير مشدودة لمنع المشكلات المحتملة بسبب العوامل البيئية، مثل: الرياح، أو التمدد الحراري التي قد تؤثر على أداء النظام.

- **فحص البطاريات (إن وجدت)**

التأكد من عدم وجود أي شقوق، أو تمزقات في غلاف البطارية، أو أي انتفاخ فيها، مما يدل على وجود مشكلات داخلية غالبًا ما ترتبط بالإفراط في الشحن، أو الحرارة الزائدة.

- **التأكد من عدم وجود الظلال أو العوائق**

وذلك لأنها ستمنع وصول أشعة الشمس إلى الألواح، وبالتالي عدم الاستفادة منها.

- **فحص معدات التثبيت**

فهي تتأثر بالعوامل البيئية؛ لذا لا بد من فحصها، وصيانتها لضمان عدم سقوط الألواح الشمسية.

تنظيف ألواح الطاقة الشمسية

عند تنظيف ألواح الطاقة الشمسية يجب مراعاة الآتي:

- **اختيار الوقت المناسب للتنظيف** بعيدًا عن أجواء الحرارة المرتفعة، أو البرودة الشديدة، ويفضل عندما يكون الطقس غائمًا أو درجات الحرارة منخفضة.
- **فحص الألواح قبل التنظيف** بحثًا عن أي عيوب، أو تشققات قد تتأثر أثناء عملية التنظيف.
- **استخدام فرشاة دوارة** لتنظيفها بشكل مثالي.
- **الاستعانة بالماء المقطر في تنظيف الألواح**؛ حيث إنه لا يترك أي بقايا على اللوح بعد التنظيف، فالصابون ومواد التنظيف والمواد الكيماوية قد تتسبب في خدش اللوح لأنها تترك طبقة رقيقة قد تمنع الضوء، وقد لا تزيل الأوساخ، والغبار المتراكم بشكل كامل.
- **عدم استخدام الأدوات الصلبة والمعدنية** لإزالة البقع الصلبة لأنها قد تخدش اللوح، وتتسبب في إتلافه.
- **استخدام قطعة قماش ناعمة** خالية من الشعيرات لتجفيفها برفق.
- **اتباع إرشادات الشركة المصنعة** في تنظيف ألواح الطاقة الشمسية.

احتياطات السلامة أثناء صيانة الألواح الشمسية

عند القيام بعمليات الصيانة يجب اتباع إرشادات السلامة الآتية:

دائما ✓

- **العلامات التحذيرية:**

وضع علامات تحذيرية واضحة على لوحة التحكم والألواح للإشارة إلى أن النظام مغلق وأن أعمال الصيانة جارية.

- **القفازات والنظارات:**

ارتداء القفازات والنظارات الواقية لحماية اليدين والعينين من أي أضرار محتملة.

- **الوقت المناسب:**

اختيار وقت مناسب للصيانة، مثل: الصباح الباكر، أو المساء لتجنب العمل تحت أشعة الشمس المباشرة، والحرارة المرتفعة.

- **الطقس:**

تجنب الصيانة في الأيام الممطرة أو العاصفة للحد من المخاطر المحتملة.

- **الارتفاعات:**

إذا كانت الألواح الشمسية مثبتة على ارتفاع، يجب استخدام معدات السلامة المناسبة مثل أحزمة الأمان (Full-Body Harness) والسقالات (Scaffoldings).

السقالات

(Scaffolding)

هيكل مؤقت أو منصة مرفوعة على أعمدة خشبية أو معدنية، وتستخدم لحمل الأشخاص والمواد والمعدات إلى الأماكن المرتفعة.

أسئلة الوحدة

1. حدد مكونات نظام إنذار الحريق.
2. ما الفرق بين نظام إنذار الحريق التقليدي، ونظام إنذار الحريق المعنون؟
3. قارن بين كاشفات الدخان وكاشفات اللهب من حيث نوع الكاشف وآلية عمله.
4. عدد مواصفات اختيار كاشفات الحرائق.
5. وضح أدوار المعنيين بالصيانة في صيانة نظام إنذار الحريق.
6. ما الفرق بين الإضاءة المركزة والإضاءة الجمالية في أنظمة الإضاءة الداخلية من حيث الاستخدام؟
7. ما الفرق بين أنظمة الإضاءة الطارئة والإضاءة الخاصة؟
8. حدد مكونات نظام الإضاءة.
9. وضح الفروقات بين أجهزة التحكم وأجهزة الاستشعار في الإضاءة.
10. كيف يتم تحسين كفاءة أنظمة الإضاءة؟
11. ما المقصود بأنظمة التحكم الكهربائي؟
12. وضح الفرق بين قواطع الدائرة الرئيسية والفرعية.
13. ما الفرق بين أجهزة التحكم الذكية والحسية؟
14. حدد مكونات أنظمة المحركات الكهربائية.
15. وضح الفرق بين محركات التيار الكهربائي المستمر ومحركات التيار الكهربائي المتردد.
16. حدد المكونات الأساسية لأنظمة الطاقة الشمسية.
17. ما الفرق بين الخلايا الكهروضوئية أحادية البلورة، والخلايا الكهروضوئية متعددة البلورات؟
18. اشرح كيفية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية.

رقم الإيداع
٢٠٢٥/٨٦٦٤م

www.moe.gov.om

ISBN 978-99992-1-242-7