سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040
Oman Vision

الصيانة الهندسية

Engineering Maintenance

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الأول

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ – ٢٠٢٥ م

سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

الصيانة الهندسية

Engineering Maintenance

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الأول

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ – ٢٠٢٥ 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
الإمارات العربية المتحدة
بحر عُمان
المملكة العربية السعودية
الجمهورية اليمنية
بحر العرب
محافظة مسندم
خصب
بخاء
دبا
مدحاء (سلطنة عمان)
شناص
لوى
ميناء صحار
صحار
مطار صحار
صحم
محضة
البريمي
محافظة البريمي
محافظة شمال الباطنة
الخابورة
السويق
المصنعة
جزر الديماليات
السيب
بركاء
مطار مسقط الدولي
ميناء السلطان قابوس
مطرح
مسقط
بوشر
العامرات
قريات
محافظة مسقط
السنينة
ضنك
بنقل
محافظة جنوب الباطنة
وادي المعاول
نخل
عبري
الرستاق
سمائل
عزيز
العوابي
محافظة الظاهرة
الحمراء
بهلاء
نزوى
ازكي
دماء والطائيين
محافظة شمال الشرقية
منح
محافظة الداخلية
ابراء
وادي بني خالد
صور
القابل
المضيبي
بدية
محافظة جنوب الشرقية
أدم
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
حبروت
سلالة
طاقة
مطار صلالة
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 عمان 2018 م .
حقوق الطبع © محفوظة للهيئة الوطنية للمساحة، وزارة الدفاع، سلطنة عمان 2018م .
لا يعتد بهذه الخريطة من ناحية الحدود الدولية .
عاصمة
طريق مرصوف
ميناء
طريق ممهد
مطار
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 حقوق

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 العمل.

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

(Fundamentals of Electricity) 5

الوحدة الثانية

السلامة الكهربائية

(Electrical Safety) 53

الوحدة الثالثة

الصيانة الدورية للمعدات الكهربائية

(Regular Maintenance on Electrical Equipment) 91

الوحدة الرابعة

الأعطال والصيانة الكهربائية

(Electrical Faults and Maintenance) 127

الوحدة الأولى

أساسيات الكهرباء

Fundamentals of Electricity

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

الدرس السابع

الأسلاك والكابلات الكهربائية (Electrical Wires and Cables) 41

أسئلة الوحدة 52

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.
- يتعرف أنواع الكابلات والأسلاك والنهايات من حيث الاستخدام.
- يطبق توصيلات صحيحة باستخدام النهايات المناسبة للأسلاك والكابلات.

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، وكذلك التعرف على أنواع الكابلات والأسلاك المستخدمة في التوصيلات الكهربائية.

الدرس الأول

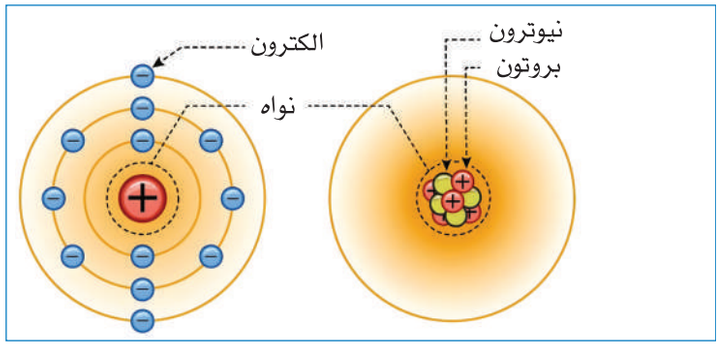
الكميات الكهربائية الأساسية

(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)، وتدور حول نواة الذرة مجموعة من الجسيمات الصغيرة التي تحمل شحنات سالبة (Negative Charges)، تُسمى 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 تفنى ولا تُستحدث من العدم، أي أن الشحنة الكلية في نظام مغلق تبقى ثابتة، فإذا فقد جسم ما شحنته، سيكتسبها 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)

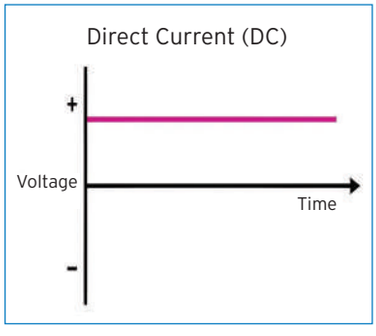
تُصنف المواد إلى مواد فلزية وأخرى لافلزية بناء على قدرة الإلكترونات على التنقل بحرية بين ذرات المواد؛ حيث تسمح المواد الفلزية بانتقال الإلكترونات فيها بين الذرات، أما المواد اللافلزية فهي المواد التي تحتفظ بإلكتروناتها بصورة محكمة، ولا تسمح لها بالانتقال بين ذراتها، وهناك نوع ثالث من المواد تسمى أشباه 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 (Ampere (A)).

القوة الدافعة الكهربائية
(Electromotive force (e.m.f)
هي فرق الجهد الكهربائي (p.d.) بين قطبي مصدر جهد كهربائي.

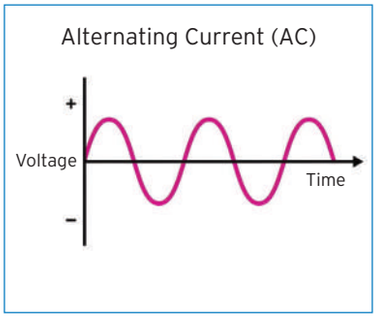
أنواع التيار الكهربائي

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 (Joule (J)). 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

$E = P \times t$

$E = 180 \times 60$

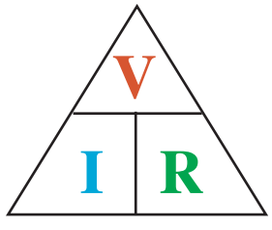
$E = 10800\ J$

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:

$$V = I \times R$$

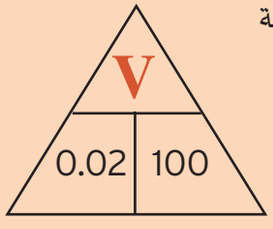
ويتضح من المعادلة السابقة أنه:

- **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:

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

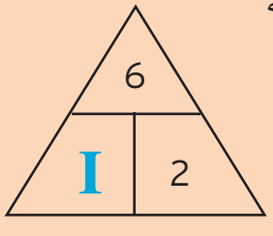
ويتضح من المعادلة السابقة أنه:

- **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 (6 V). 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:

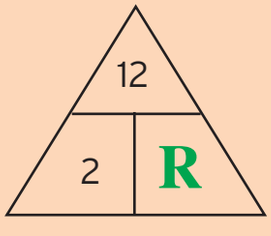
- **كلما زاد فرق الجهد الكهربائي مع بقاء التيار الكهربائي ثابتًا زادت المقاومة.**
- **كلما زاد التيار الكهربائي مع بقاء فرق الجهد الكهربائي ثابتًا قلت المقاومة.**

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



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

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

$$R = 6\ \Omega$$

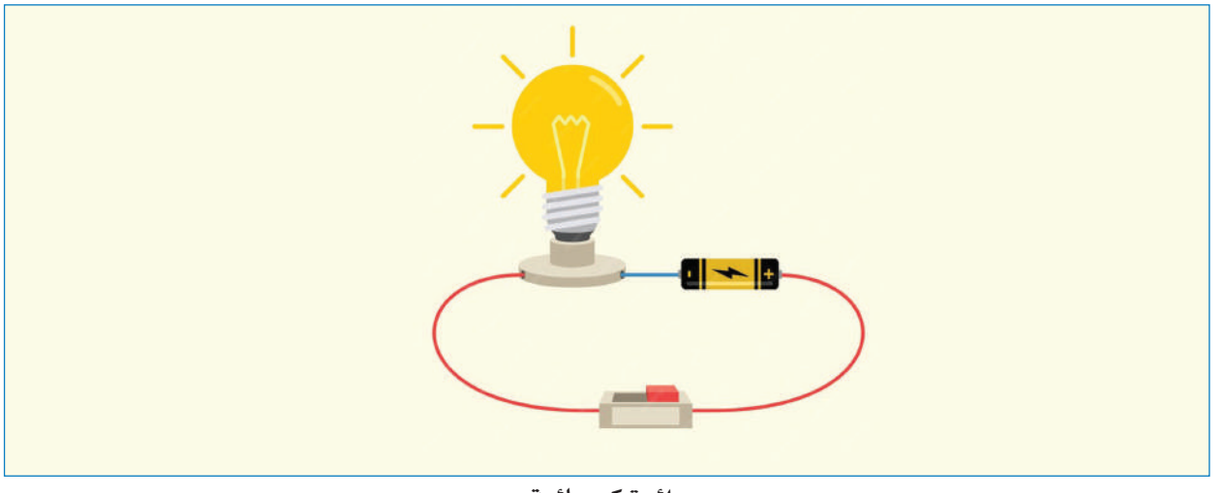
الدرس الثالث

الدوائر الكهربائية

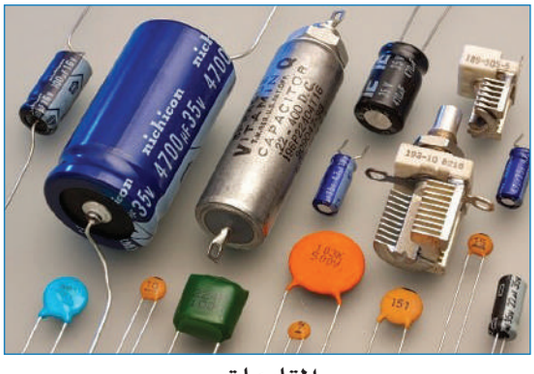
(Electrical Circuits)

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).
- **المفتاح الكهربائي** (On/ Off Switch):
  جهاز يستخدم لفتح أو غلق الدائرة الكهربائية، مما يسمح بمرور التيار الكهربائي أو يمنعه.
- **مصدر الجهد الكهربائي** (Voltage Source):
  جهاز يوفر فرقا ثابتًا أو متغيرًا للجهد الكهربائي في الدائرة.
- **المصباح** (Bulb):
  جهاز يحتوي على خيوط معدنية/فتيلة (Filament) تتوهج عند مرور التيار الكهربائي.
- **الفولتميتر** (Voltmeter):
  جهاز يُستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين.
- **الأميتر** (Ammeter):
  جهاز يُستخدم شدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.
- **المنصهر** (Fuse):
  جهاز أمان يحتوي على سلك معدني ينصهر عند تجاوز التيار الكهربائي حده الآمن.



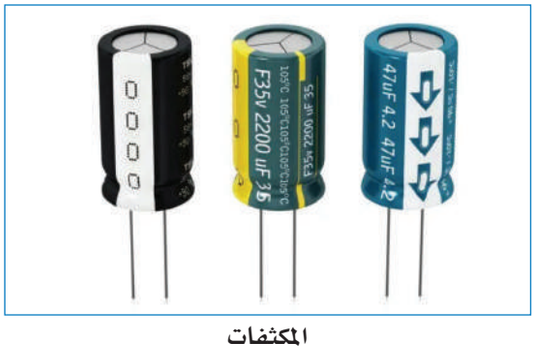
دائرة كهربائية



المقاومات

- **المقاومات (Resistors):**

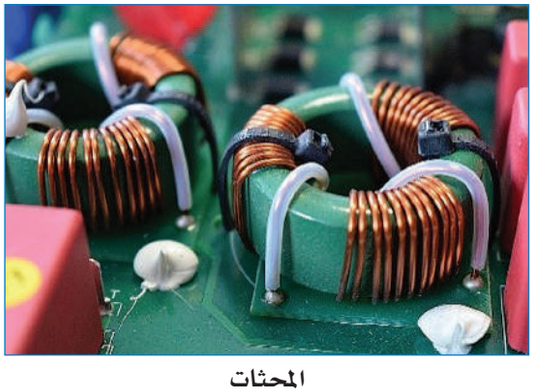
تستخدم المقاومات في الدائرة الكهربائية للتحكم في شدة التيار الكهربائي الذي يمر خلالها، مما يؤدي إلى انخفاض الجهد الكهربائي، وحماية مكونات الدائرة من التلف، ومن أمثلة ذلك: المقاومات المستخدمة في دوائر التدفئة كالسخانات.



المكثفات

- **المكّثفات (Capacitiors):**

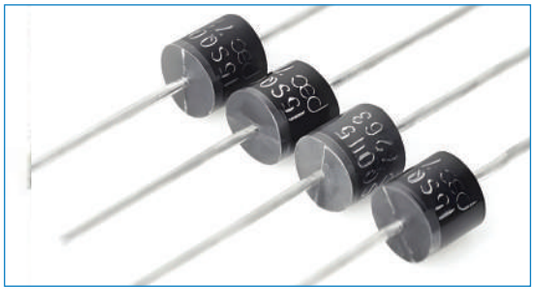
تُعد المكثفات من العناصر الأساسية في الدوائر الكهربائية، إذ تعمل على تحسين أداء الدوائر الكهربائية عن طريق تخزين الطاقة الكهربائية على هيئة شحنات كهربائية لفترة زمنية مؤقتة.



المحثات

- **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.



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.

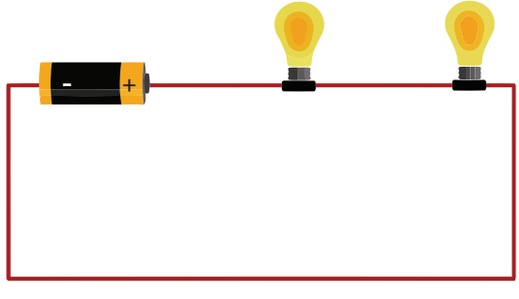
م	المكون	الرمز
1	الخلية (Cell)	
2	البطارية (Battery)	
3	سلك التوصيل (Connecting Wire)	
4	المفتاح الكهربائي المفتوح (Open Switch)	
5	المفتاح الكهربائي المغلق (Closed Switch)	
6	مصدر الجهد الكهربائي (Voltage Source)	
7	المصباح (Bulb)	
8	الفولتميتر (Voltmeter)	
9	الأميتر (Ammeter)	
10	المنصهر (Fuse)	
11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

أنواع الدوائر الكهربائية (Types of Electrical Circuits)

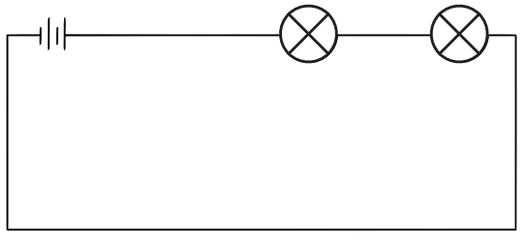
تُصنف الدوائر الكهربائية وفقًا لنوع التوصيل الكهربائي، وحركة التيار الكهربائي فيها إلى الأنواع الآتية:

■ 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.



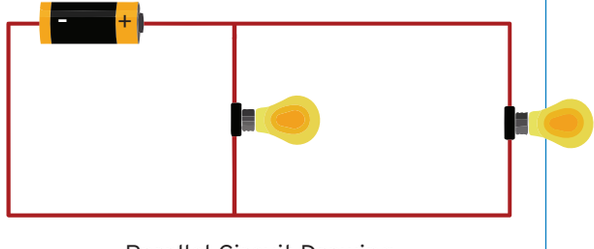
Series Circuit Drawing



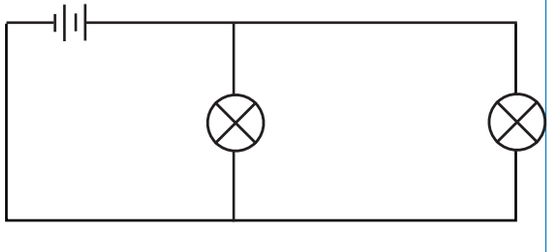
Series Circuit Diagram

■ دائرة التوصيل على التوازي
(Parallel Circuit)

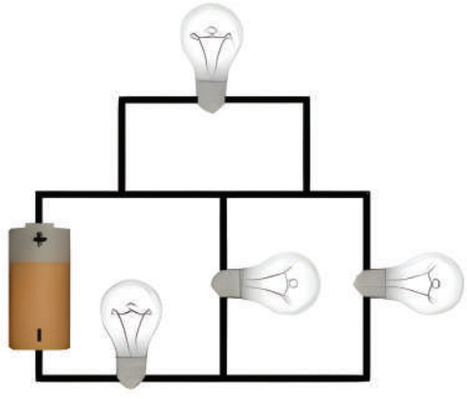
توصل جميع المكونات بشكل متوازٍ في هذه الدائرة، بحيث يكون لكل مكون مسار خاص للتيار الكهربائي، بينما يكون الجهد الكهربائي ثابتًا عبر جميع المكونات، وتتميز هذه الدائرة باستمرارية عمل المكونات الأخرى إذا تعطل أحدها، مما يجعلها مثالية للتوصيلات التي تتطلب مرونة واستمرارية في عمل المكونات.



Parallel Circuit Drawing



Parallel Circuit Diagram


Combination Circuit

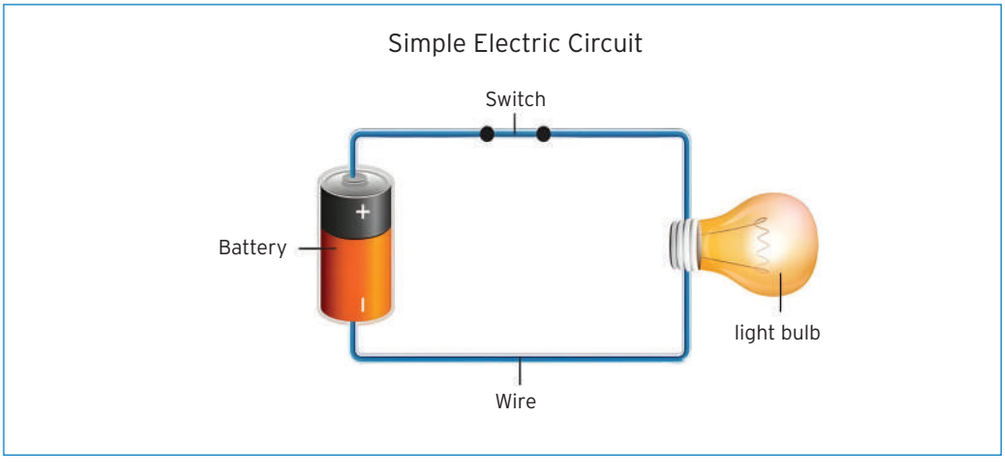
■ الدائرة المركبة
(Combination Circuit)

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.

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، والأسلاك.
- 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.



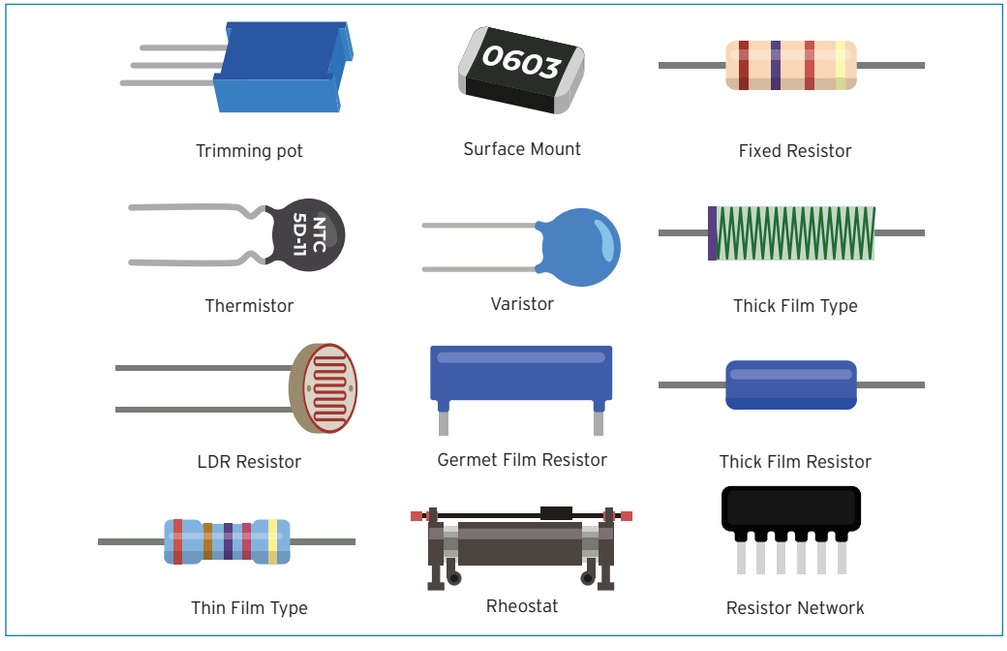
الدائرة الكهربائية البسيطة

الدرس الرابع

المقاومات

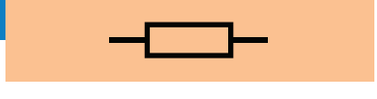
(Resistors)

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 ذات الأغراض الخاصة (Special-Purpose Resistors).



أنواع المقاومات

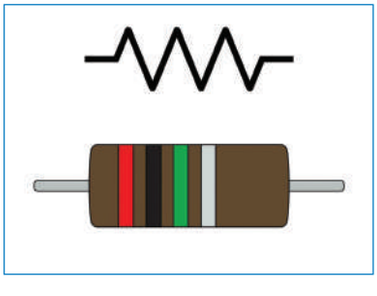
المقاومات الثابتة (Fixed Resistors)



رمز المقاومة الثابتة في الدائرة

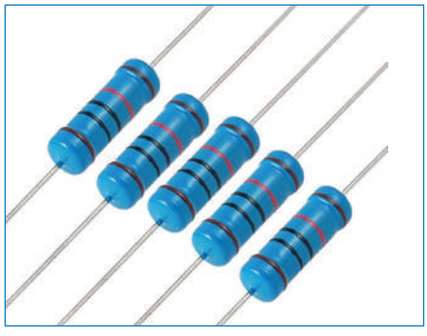
هي نوع من المقاومات الكهربائية التي تمتلك قيمة مقاومة ثابتة لا تتغير، وتُصنف حسب مادة صنعها للأنواع الآتية:

- **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)

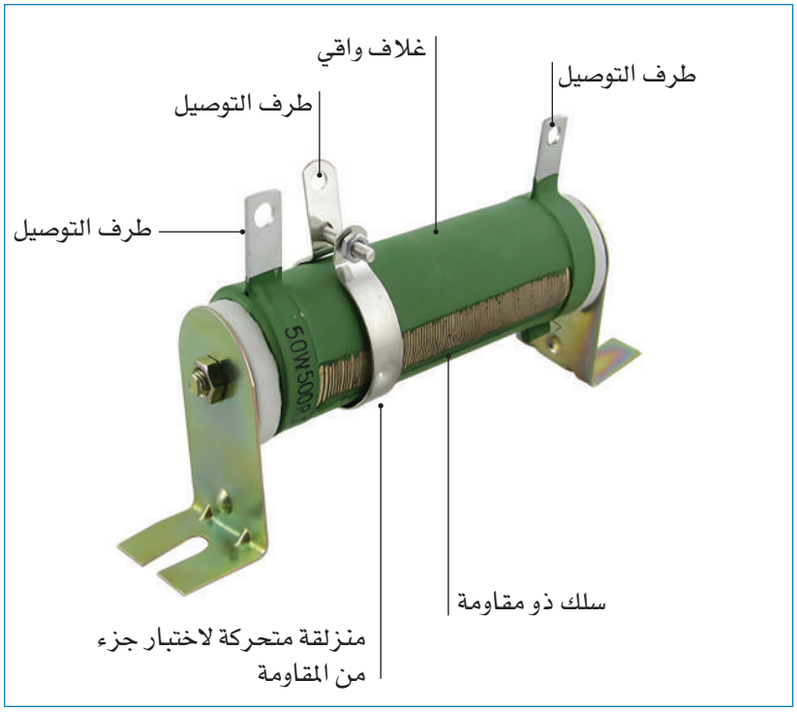


هي نوع من المقاومات الثابتة التي توفر دقة وثباتًا عاليين مقارنة بالمقاومات الأخرى، وتُصنع بنثر طبقة رقيقة (غشاء) من مادة مقاومة، مثل: الكربون أو المعدن على قاعدة عازلة (Insulator) عادةً ما تكون من السيراميك، ويمكن زيادة قيمة المقاومة فيها بإحداث قطع لولبي على الغشاء يغير من طول المسافة بين طرفي المقاومة،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

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

■ المقاومة السلكية (Wirewound Resistors)

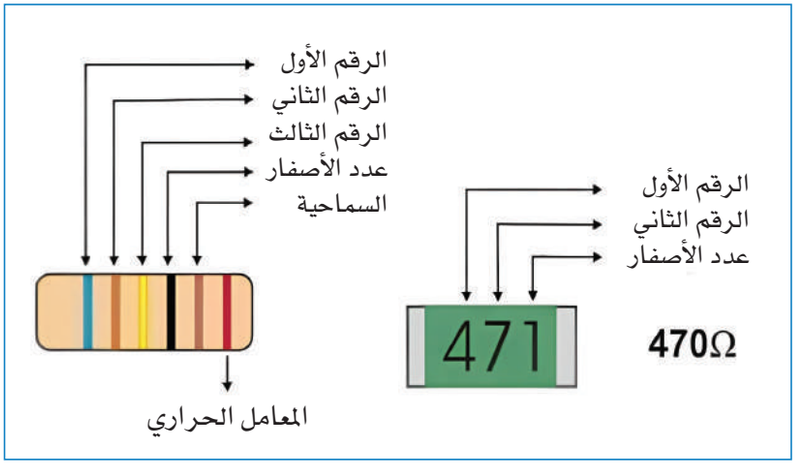
تُصنع المقاومة السلكية عن طريق لف سلك معدني ذي مقاومة عالية، مثل: النيكل أو الكروم حول مادة عازلة كالسيراميك، وتغطى بطبقة من الطلاء الزجاجي، أو خليط من الرمل والإسمنت؛ للمحافظة عليها من العوامل الخارجية التي يمكن أن تؤثر فيها، مثل الضغط، وتتميز هذه المقاومات بقدرتها العالية على تحمل التيار الكهربائي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



■ المقاومة السطحية

(Surface Mount Resistor (SM))

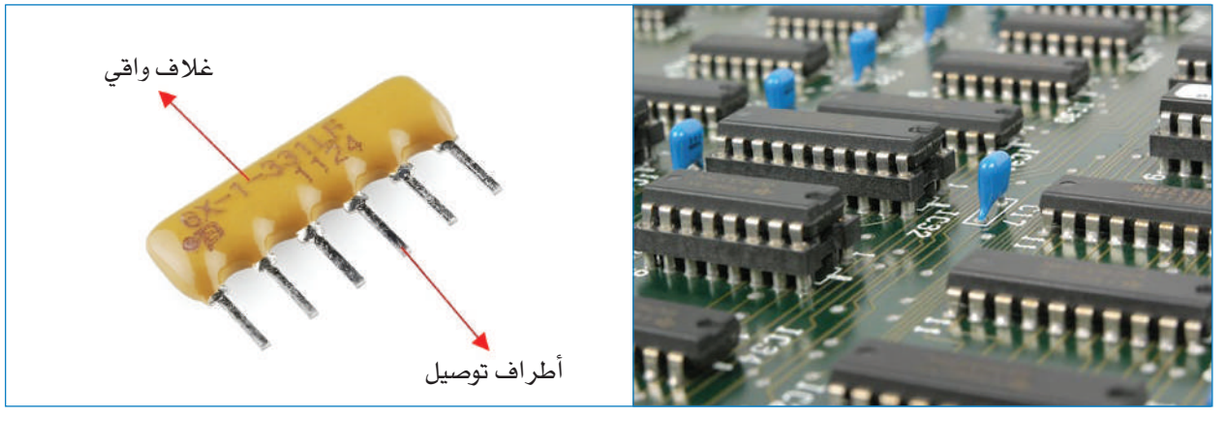
صُمِّم هذا النوع من المقاومات لتُثبت مباشرة على سطح لوحات الدوائر المطبوعة (Printed Circuit Boards) لصغر حجمها مقارنة بأنواع المقاومات الأخرى.



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.

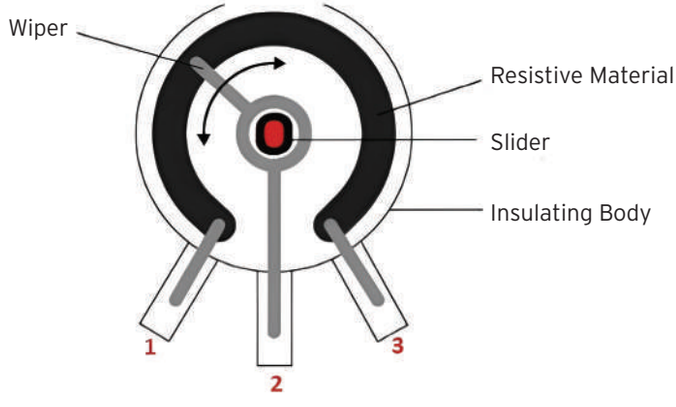


المقاومة الشبكية

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.

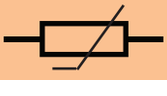


Terminals in a Variable Resistor

المقاومات ذات الأغراض 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))



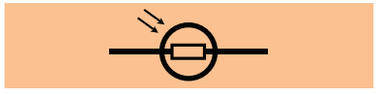
رمز مقاومة الثيرمستور في الدائرة

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 جدًا، وعند تجاوز الجهد الكهربائي حدًا 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:

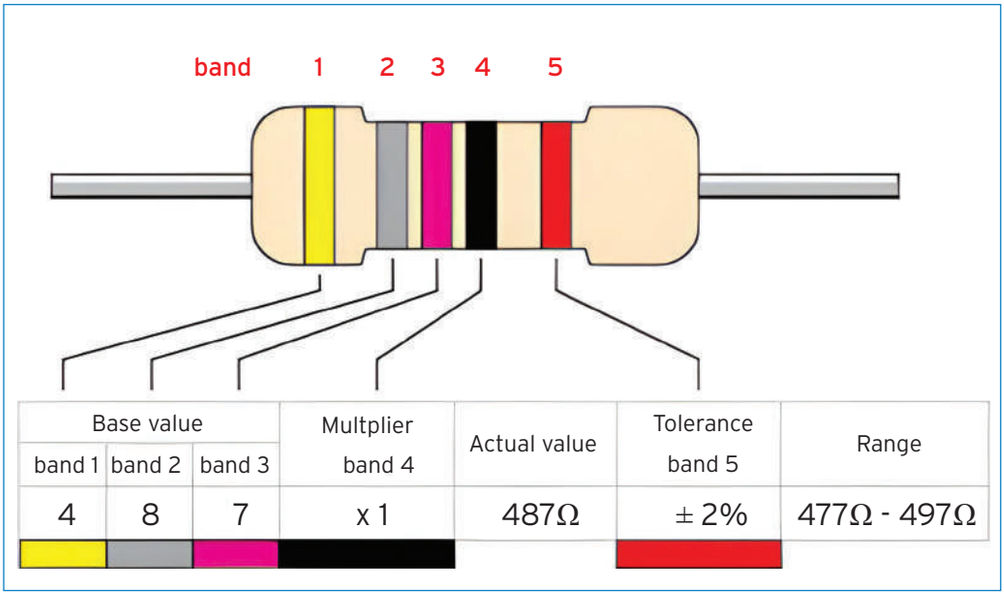
الترميز اللوني الرباعي (4 Band)

- **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 من قيمة المقاومة.
- **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 الخماسي 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 بدلًا 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:

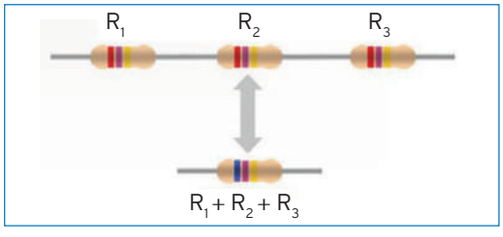
- 27***R*** تعني 0.27 Ω
- 2***K***6***J*** تعني 2.6 ***K***Ω، وهامش الخطأ المسموح ± 5%

توصيل المقاومات (Resistors Connection)

توصل المقاومات بثلاث طرق مختلفة، هي:

- **التوصيل على التوالي**

يوضحها الجدول الآتي:



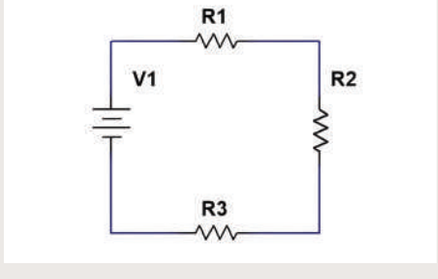
التوصيل على التوالي

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:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_t = 6 + 8 + 2$$

$$R_t = 16\,\Omega$$

شدة التيار الكهربائي الكلي:

$$I_t = \frac{V}{R_t}$$

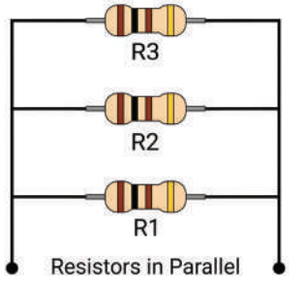
$$I_t = \frac{8}{16}$$

$$I_t = 0.5\,A$$

■ التوصيل على التوازي

وتتمثل في الآتي:

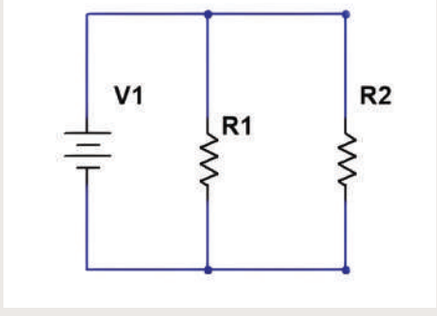
طريقة التوصيل	توصل جميع المقاومات بشكل متوازٍ بحيث تكون أطرافها متصلة بمصدر الجهد الكهربائي في الدائرة.
التيار الكهربائي	يوزع التيار الكهربائي الكلي بين المقاومات حسب قيمة كل مقاومة، ويُحسب بالمعادلة الآتية: $I = \frac{V}{R_1}$
الجهد الكهربائي	قيمة الجهد الكهربائي تكون ثابتة في جميع المقاومات.
المقاومة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



التوصيل على التوازي

مثال (2)

وُصّلت مقاومتين Ω 60، وΩ 80 على التوازي، أوجد المقاومة الكهربائية.



الحل:

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

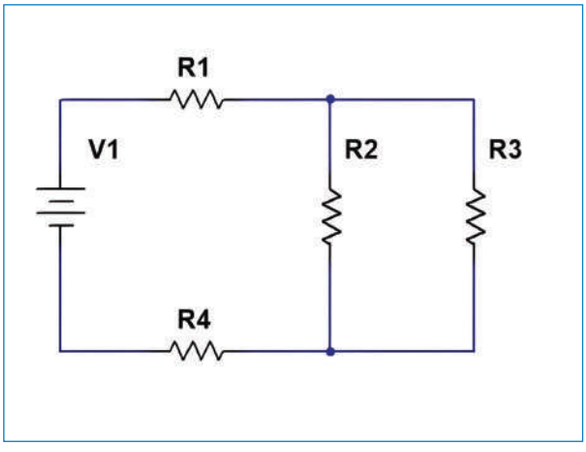
$$R_t = \frac{60 \times 80}{60 + 80}$$

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

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

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

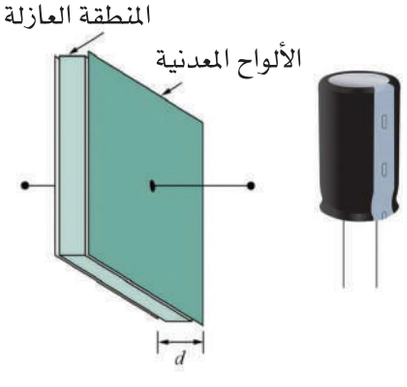
(Capacitors)

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

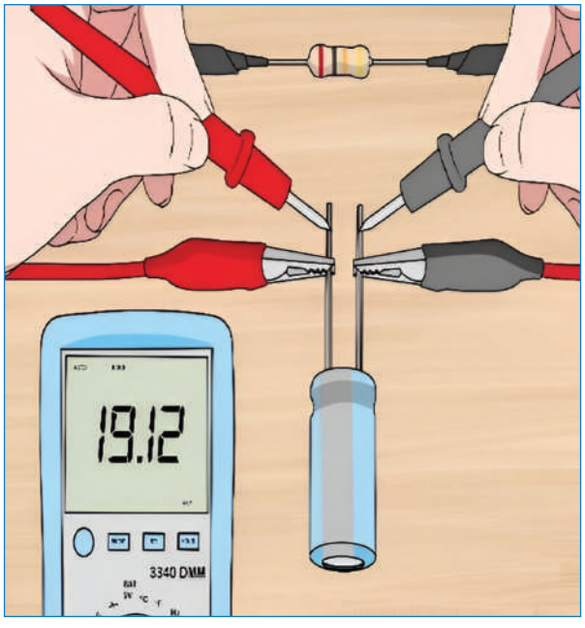
- **شحن المكثف** (Charging)

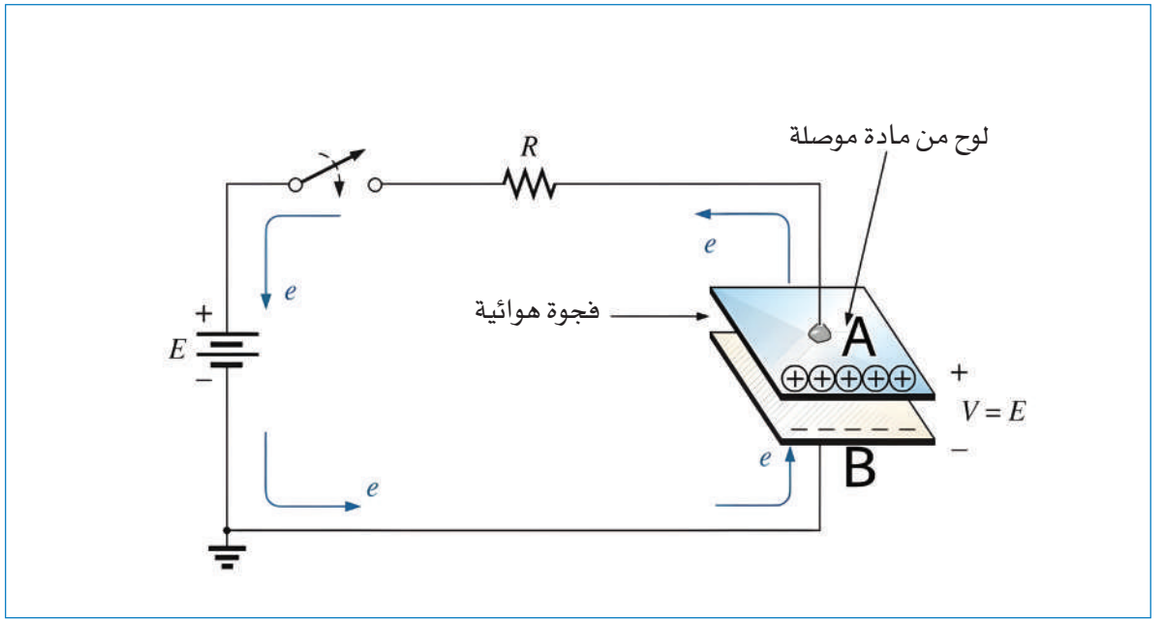
يُشحن المكثف (Charging) بالطاقة الكهربائية، وذلك بتوصيله بمصدر جهد كهربائي، مثل: البطارية، أو الخلية، فتسحب البطارية الإلكترونات سالبة الشحنة الموجودة في اللوح العلوي للمكثف نحو قطبها الموجب، وتقوم في الوقت ذاته بدفع كمية متساوية من الإلكترونات من قطبها السالب إلى اللوح السفلي للمكثف لتتجمع الشحنات الموجبة 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 (Variable Capacitors)**

هي مكثفات تُغيَّر قيمة سعتها يدويًّا أو إلكترونيًّا، 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 $432M63V$ 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: $V_t = V_1 + V_2 + V_3$
السعة الكلية للمكثفات	$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

مثال (3)

السعة الكلية لمكثفين سعتهما ($4\ \mu F$)، و($5\ \mu F$) وُصلا على التوالي في الدائرة الكهربائية 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

ويكون كالآتي:

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.
السعة الكلية للمكثفات	$C_t = C_1 + C_2$

مثال (4)

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

$$C_t = C_1 + C_2$$

$$C_t = 7 + 9$$

$$C_t = 16\ \mu F$$

الدرس السادس

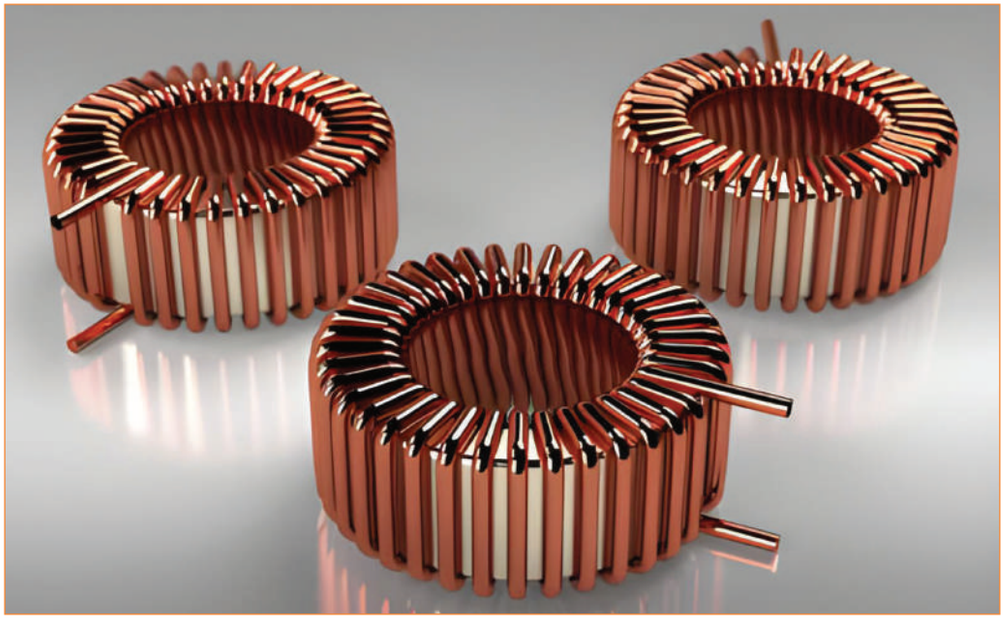
المحثات

(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 نسبيًا، تُستخدم المضاعفات الأصغر الآتية:

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:

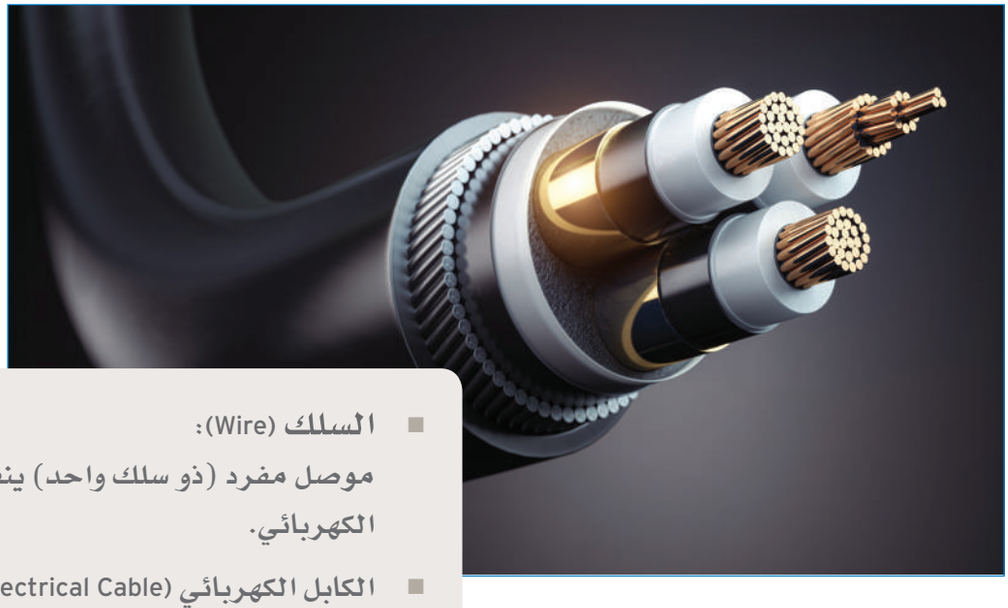
وجه المقارنة	المحث	المكثف
التعريف	مكونات كهربائية تُستخدم لتخزين الطاقة في شكل مجال مغناطيسي عند مرور التيار الكهربائي.	مكونات كهربائية تُستخدم لتخزين الطاقة في شكل مجال كهربائي بين لوحين موصلين.
مبدأ العمل	تعمل على مقاومة التغير في التيار الكهربائي؛ إذ تولد جهدًا معاكسًا عند تغير التيار الكهربائي المار.	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.

الدرس السابع

الأسلاك والكابلات الكهربائية

(Electrical Wires and Cables)

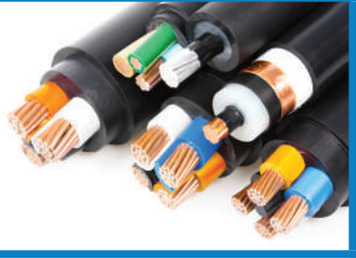
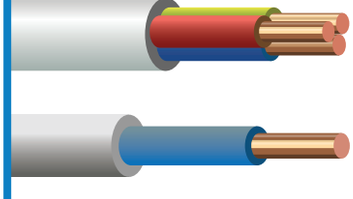
تؤدي الأسلاك والكابلات دورًا أساسيًا في جميع الأنظمة الكهربائية، فهي الوسيلة التي يتم من خلالها نقل التيار الكهربائي من مصدر الطاقة إلى مختلف الأجهزة والأحمال، لذلك فإن اختيار النوع المناسب من الأسلاك أو الكابلات يضمن كفاية الأداء وسلامة النظام، ويُعد فهم أنواعها، وطبيعة المواد المستخدمة في تصنيعها، وطريقة تصنيفها من الأمور الضرورية لأي فني أو مهندس كهربائي، وتعمل نهايات الأسلاك والكابلات على ضمان التوصيل الآمن والموثوق للكابلات بالأجهزة أو اللوحات أو المكونات الكهربائية، ومنع حدوث شرر أو تسرب كهربائي.



- **السلك (Wire):**
  موصل مفرد (ذو سلك واحد) ينقل التيار الكهربائي.
- **الكابل الكهربائي (Electrical Cable):**
  عبارة عن موصل واحد (سلك مفرد) أو مجموعة من الموصلات (الأسلاك) الصلبة أو المجدولة مغطاة بطبقات من المواد العازلة والحماية.
- **نهايات الأسلاك والكابلات (الطرفيات) (Cable Terminations):**
  هي الطرق أو الأدوات المستخدمة لتوصيل نهاية الكابل بمكون آخر، مثل مفتاح، أو قاطع، أو محرك، أو لوحة.

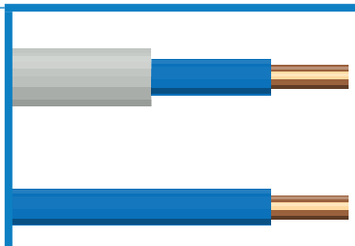
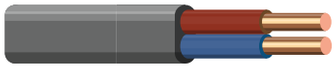
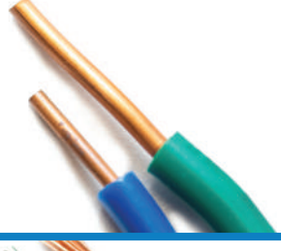
تصنيف الموصلات (Conductors Classification)

الموصلات هي مواد أو عناصر تسمح بمرور التيار الكهربائي خلالها بسهولة، وذلك بسبب احتوائها على إلكترونات حرة في تركيبها الذري، وتُستخدم في تصنيع الأسلاك والكابلات التي تنقل الكهرباء من مصدرها إلى الأجهزة والمعدات، وتُصنَّف الموصلات حسب العزل والتركيب البنيوي، إلى الأنواع الآتية:

الموصل العاري (Bare Conductor)		لا يحتوي على طبقة عازلة، ويُستخدم عادة في خطوط النقل الهوائية ذات الضغط العالي.
الموصل المعزول (Insulated Conductor)		يحتوي على طبقة عازلة تفصله عن باقي الموصلات والمحيط.
الموصل الصلب (Solid Conductor)		يحتوي على سلك واحد فقط في النواة.
الموصل المجدول (Stranded Conductor)		يتكون من عدة أسلاك صغيرة ملتفة معًا لتشكيل النواة.

أنواع الأسلاك الكهربائية من حيث عدد الموصلات

تنقسم الأسلاك الكهربائية من حيث عدد الموصلات إلى الآتي:

سلك نحاسي مفرد (Single Core Copper Wire)		■ ناقل ممتاز للكهرباء. ■ يُستخدم في التمديدات الداخلية. ■ يأتي مغلفًا بالبلاستيك (PVC).
سلك معزول مزدوج (Twin Wire)		■ يحتوي على سلكين داخل غلاف واحد. ■ شائع في أعمال الإضاءة.
سلك صلب (Solid Wire)		■ موصل مفرد (ذو سلك واحد) صلب. ■ قليل المقاومة والمرونة. ■ يُستخدم في التركيبات الثابتة.
السلك ذو الشعيرات (Stranded Wire)		■ مكون من عدة أسلاك رفيعة ملتفة. ■ مرن وسهل في التمديد. ■ مثالي للدوائر التي تتطلب انحناءات.

أنواع الأسلاك الكهربائية من حيث وظائفها وألوانها

تنقسم الأسلاك إلى ثلاثة أنواع، ولكل نوع ألوان محددة حسب المعايير العمانية، يوضحها الجدول الآتي:

نوع السلك	اللون المستخدم (حسب المعايير العمانية)	الوظيفة الرئيسية
سلك الخط الكهربائي (Line Wire)	الأحمر والأصفر والأزرق	نقل التيار من المصدر إلى الأحمال.
السلك المحايد (Neutral Wire)	الأسود	إرجاع التيار من الأحمال إلى المصدر.
سلك التأريض (Earth Wire)	الأخضر، أو الأخضر مع شريط أصفر	تفريغ التيار الزائد لحماية النظام.

أهمية الأسلاك الكهربائية ذات الألوان المختلفة

تُستخدم الأسلاك بألوان مختلفة في الأنظمة الكهربائية للأسباب الآتية:

1. **السلامة**
   - الوقاية من الحوادث: يساعد استخدام ألوان مختلفة في التعرف السريع على أسلاك الخط الكهربائي والأسلاك المحايدة وأسلاك التأريض، مما يقلل من خطر الصدمات الكهربائية أو حدوث قصر في الدائرة الكهربائية.
   - الالتزام بالمعايير: تفرض الأكواد والمعايير الكهربائية استخدام ألوان معينة لكل وظيفة، مما يضمن التناسق والسلامة في مختلف التركيبات الكهربائية.
2. **سهولة تعرف الأسلاك**
   - التعرف السريع: يمكّن الترميز اللوني وحجم السلك الفنيين من تحديد وظيفة كل سلك دون الحاجة لاختبارات أو تتبع معقد للدائرة.

- تبسيط عمليات الصيانة والكشف عن الأعطال: يسهل الترميز اللوني تَتبُّع الأسلاك والتعرف على الأعطال أو التوصيلات الخاطئة في النظام الكهربائي.

3. تنظيم الأسلاك

- تقليل الالتباس: في الدوائر المعقدة التي تحتوي العديد من الأسلاك؛ تساعد الألوان المختلفة على تنظيم التوصيلات وتقليل احتمالية الخطأ.
- تحسين التوثيق الفني: غالبًا ما تعتمد المخططات الكهربائية على الألوان لتمثيل الأسلاك المختلفة، مما يسهل فهمها وتوثيق النظام الكهربائي بدقة.

4. الالتزام بالمعايير الصناعية

- معايير دولية وإقليمية: تختلف أكواد الألوان حسب الدولة أو المنطقة، فمثلًا، تعتمد العديد من الدول على معيار اللجنة الكهروتقنية الدولية (International Electrotechnical Commission (IEC)) لترميز الألوان.
- التناسق بين المشاريع: استخدام رموز لونية موحدة يُمكِّن أي فني أو كهربائي من العمل على المشروع بسهولة، بغض النظر عن خلفيته أو موقعه الجغرافي.

اللجنة الكهروتقنية الدولية

((IEC) International Electrotechnical Commission)

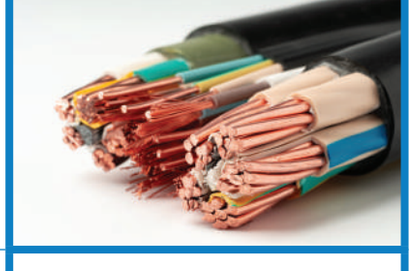
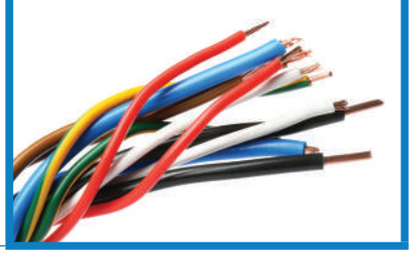
هي الجهة المسؤولة عن وضع المعايير الدولية للأنظمة الكهربائية والإلكترونية.

5. تحديد وظائف الأسلاك

- أسلاك الخط الكهربائي (الطور): تنقل التيار إلى الأحمال الكهربائية، وغالبًا ما تكون باللون الأحمر أو الأصفر أو الأزرق حسب النظام المستخدم.
- الأسلاك المحايدة: تكمل الدائرة من خلال إعادة التيار إلى مصدر الطاقة، وعادة ما تكون باللون الأسود.
- أسلاك التأريض: تُستخدم للسلامة، حيث تصرف التيار الزائد أو المتسرب إلى الأرض، وغالبًا ما تكون باللون الأخضر أو الأخضر مع شريط أصفر.

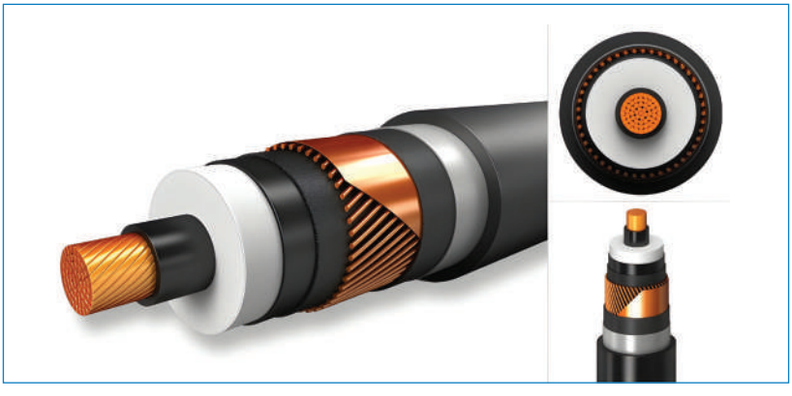
أنواع الأسلاك الكهربائية من حيث المادة العازلة أو نوع الغلاف الخارجي

تنقسم الأسلاك الكهربائية من حيث المادة العازلة أو نوع الغلاف الخارجي إلى الآتي:

أسلاك كلوريد بوليفينيل (Polyvinyl Chloride (PVC))		■ معزولة بمادة كلوريد البوليفينيل (PVC). ■ تُستخدم في جميع أنواع التوصيلات. ■ لا تُستخدم مع الأجهزة الحرارية.
الأسلاك ذات الغلاف الرصاصي (Lead Sheathed Wires)		■ مغطاة بسبيكة رصاص. ■ مناسبة للأماكن الرطبة أو الباردة جدًا.
الأسلاك المقاومة للظروف الجوية (Weatherproof Wires)		■ تُستخدم للتوصيلات الخارجية. ■ معزولة بطبقتين الأولى من المطاط والأخرى من القطن المشبع بمادة عازلة ضد الماء.
الأسلاك المرنة (Flexible Wires)		■ معزولة بمادة كلوريد البوليفينيل (PVC). ■ تُستخدم في الأجهزة المحمولة، ومصابيح التعليق، والأجهزة الحرارية.

الكابلات الكهربائية (Cables)

تُصنّف الكابلات الكهربائية وفقًا للجهد الكهربائي ونوع العزل المستخدم فيه إلى أنواع متعددة مثل: الكابلات الأرضية، وتستخدم لنقل الطاقة الكهربائية من مكان إلى آخر بأمان وفاعلية، إضافة إلى استخدامها في العديد من التطبيقات، مثل التوصيلات المنزلية، وشبكات الطاقة، والمنشآت الصناعية.



كابلات الجهد العالي

التركيب العام للكابلات الأرضية

يتضمن التركيب العام للكابلات الأرضية موصلًا داخليًا معزولًا بطبقات حماية وعزل وغلاف خارجي؛ لتحمل الظروف البيئية والميكانيكية، وتشمل هذه الأجزاء الآتي:

1. **النواة/الموصل:** مصنوعة من النحاس أو الألمنيوم المجدول.
2. **العزل:** مواد بلاستيكية حرارية مثل PVC، أو مواد صلبة حرارية مثل XLPE.
3. **الطبقة الداخلية/البطانة:** تُستخدم لحماية الموصلات وتوفير قاعدة للدروع.
4. **الدروع المعدنية (Armour):** تُستخدم للحماية الميكانيكية.
5. **الغلاف الخارجي:** يُستخدم للحماية الشاملة من العوامل البيئية والكيميائية.

أنواع الكابلات الأرضية حسب الجهد الكهربائي

تنقسم الكابلات حسب الجهد إلى ثلاثة أنواع كالآتي:

النوع	الجهد الكهربائي
كابلات الجهد المنخفض (LT)	أقل من 1 كيلو فولت
كابلات الجهد العالي (HT)	1 كيلو فولت وأكثر
كابلات الجهد العالي جدًا (EHT)	من 230 كيلو فولت إلى 800 كيلو فولت

كابلات الجهد المنخفض

أنواع الكابلات حسب نوع العزل

تصنف الكابلات بناءً على المادة العازلة المستخدمة التي تحدد خصائصها الكهربائية والميكانيكية إلى الآتي:

- كابلات معزولة بالمعادن (MI).
- كابلات معزولة بورق ومغطاة بالرصاص (PILC).
- كابلات بولي إيثيلين متشابك (XLPE).
- كابلات ذات عزل ورقي، تغطية رصاص، عزل مزدوج (PILCDTA).

اعتبارات اختيار الكابل أو السلك المناسب

يعتمد اختيار الكابل أو السلك المناسب على العوامل الآتية:

- شدة التيار (الأمبير).
- طول الكابل.
- نوع العزل.
- البيئة (الرطوبة، والحرارة، والمواد الكيميائية...).
- جهد التشغيل.
- التكلفة والعمر الافتراضي.

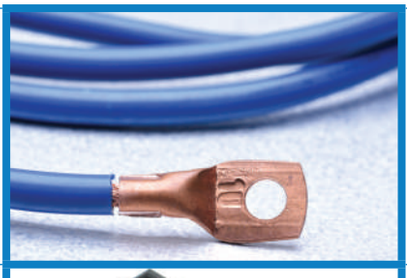
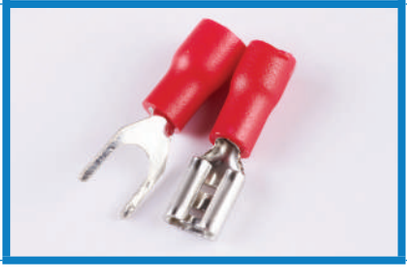
الفرق بين الكابل والسلك

يوضح الجدول الآتي الفروق بين الكابل والسلك:

العنصر	الكابل (Cable)	السلك (Wire)
التركيب	يتكون من عدة أسلاك معزولة داخل غلاف موحد.	يتكون من سلك مفرد أو مجموعة صغيرة من الشعيرات.
الاستخدام	يستخدم لنقل الطاقة أو البيانات في التطبيقات الكبيرة كالشبكات، والتمديدات الكهربائية.	يستخدم في التوصيلات البسيطة كالدوائر الكهربائية الصغيرة أو الداخلية.
المرونة	أقل مرونة بسبب تعدد الطبقات أو عدد الأسلاك الداخلية والغلاف الخارجي السميك.	أعلى مرونة في حال كان السلك عبارة عن شعيرات (Stranded)، وأقل مرونة إن كان صلبًا (Solid).

أنواع نهايات الكابلات والأسلاك (الطرفيات) (Terminations)

نهايات الكابلات والأسلاك المعروفة بالطرفيات قد تكون ميكانيكية، أو كهربائية، أو حرارية، ويوضح الجدول الآتي بعض أنواع الطرفيات المستخدمة في توصيل الكابلات والأسلاك:

أطراف التوصيل الكهربائية (Terminal Lugs)		تُستخدم لتوصيل الكابل بأطراف أجهزة كهربائية.
النهايات اللولبية (Screw Terminals)		تُستخدم في توصيل الأسلاك بمسامير أو براغي.
الأطراف المعدنية المعزولة (Ferrules)		تُستخدم لتجميع خيوط السلك الشعيري.
الفواصل السريعة (Quick Disconnects)		تُستخدم في الأجهزة القابلة للصيانة.

إجراءات السلامة المتبعة عند التعامل مع الأسلاك والكابلات والنهايات

دائما ✓

- التأكد من فصل التيار قبل العمل على الكابلات.
- تجنب استخدام كابل غير مناسب للتيار أو الجهد.
- التحقق من جودة العزل ونوع المادة.
- عدم سحب الكابل بقوة أو ثنيه بزاوية حادة.

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.
9. قارن بين الكابلات والأسلاك من حيث التعريف والاستخدام.

الوحدة الثانية

السلامة الكهربائية

Electrical Safety

محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

المخاطر الكهربائية (Electrical Risks) 56

الدرس الثاني

الوقاية من المخاطر الكهربائية (Electrical Risks Prevention) 60

الدرس الثالث

التأريض الكهربائي (Electrical Grounding) 67

الدرس الرابع

الإسعافات الأولية للحوادث الكهربائية
(First Aid Procedures for Electrical Accidents) 76

الدرس الخامس

إجراءات تصريح العمل (Permit-to-Work Procedures) 81

أسئلة الوحدة 90

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.
- يصنف أنواع تصاريح العمل.
- يطبق خطوات العمل الآمن في الظروف البيئية القاسية.

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 قيمته، وتدريبهم على تقديم الإسعافات الأولية لبعض أنواع الحوادث الكهربائية، وتمكينهم من معرفة الاختلافات بين أنواع الحروق الكهربائية ودرجاتها، وكذلك تدريبهم على خطوات العمل الآمن في الظروف البيئية القاسية.

الدرس الأول

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:

المخاطر	الأسباب	الخطورة
الصدمات الكهربائية (Electric Shocks)	■ التماس المباشر مع الأسلاك المكشوفة، أو الأجهزة غير المحمية. ■ التوصيل غير الصحيح للدوائر الكهربائية.	■ 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). ■ الحِمل 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.

المخاطر	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 مخاطر كهربائية محتملة، 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)	إمساك الأسلاك، وثنيها، مثل: كماشة الإبرة.	■ تتميز بشفرة 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:

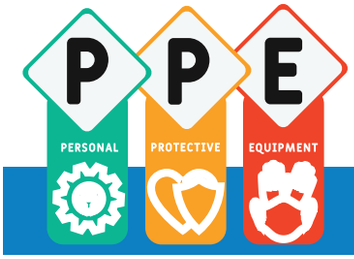
الوسيلة	الإجراء
التنظيف (Cleaning)	■ تنظيف الأدوات الكهربائية باستمرار لإزالة الأوساخ والغبار. ■ استخدام مواد التنظيف المناسبة لنوع الأداة الكهربائية.
التخزين (Storage)	■ تخزين الأدوات الكهربائية في أماكن نظيفة وجافة لمنع الصدأ (Rust) والتلف. ■ استخدام صناديق الأدوات الكهربائية أو المُنَظِمات.
الفحص 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.



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

الدرس الثالث

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

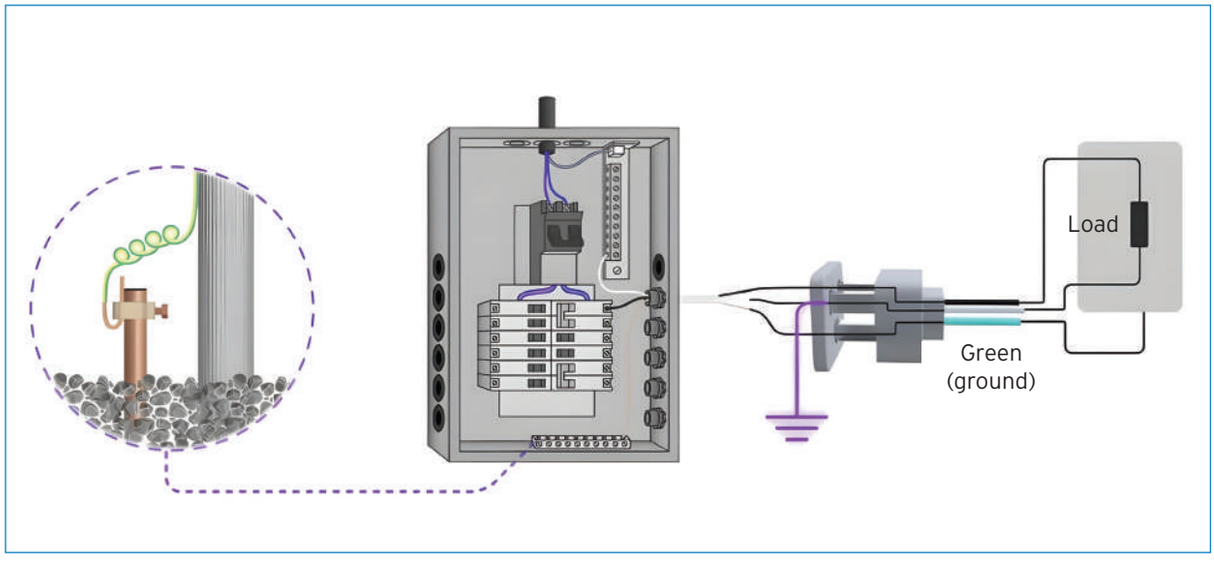
تكمن أهمية التأريض الكهربائي في الآتي:

- **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).

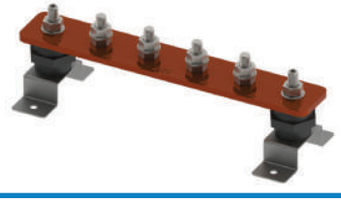
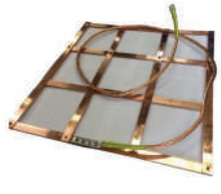
- **الحماية من الصواعق الكهربائية (Lightning Protection):**
يُوفر التأريض مسارًا آمنًا لتفريغ تدفق الشحنات الكهربائية أثناء الصواعق إلى الأرض عن طريق مانعات الصواعق (Lightning Rods)، مما يمنع تلف المعدات الكهربائية.

- **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	شكل توضيحي
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 مصنوعة عادة 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)	يُستخدم فيه قضيب معدني يُدفع عموديًّا إلى الأرض ليتصل بالنظام الكهربائي.	فعال في المناطق ذات مقاومة التربة المنخفضة.
التأريض بالشريط (Strip Grounding)	يستخدم فيه شريط معدني مدفون 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 مركب كيميائي 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:

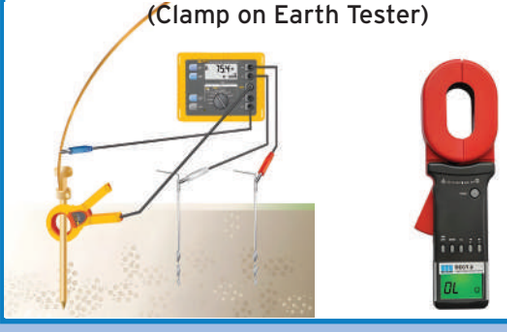
- **نوع تربة نظام التأريض:** عادة ما تكون التربة الطينية والرطبة ذات مقاومة منخفضة مقارنة بالتربة الرملية أو الصخرية.
- **درجة الحرارة:** تزيد قيمة مقاومة التأريض في درجات الحرارة المنخفضة.
- **حجم قضيب التأريض وشكله:** زيادة طول وعمق قضيب التأريض يقلل من مقدار مقاومة التأريض.
- **جودة التربة:** في بعض 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 الكهربائي

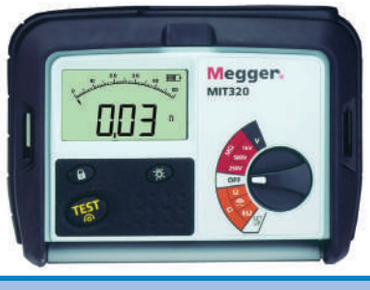
لقياس قيمة مقاومة التأريض الكهربائي تُستخدم الأجهزة الآتية:

جهاز قياس مقاومة الأرض
(Earth Resistance Tester)

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



جهاز قياس العزل الكهربائي
(Megger)

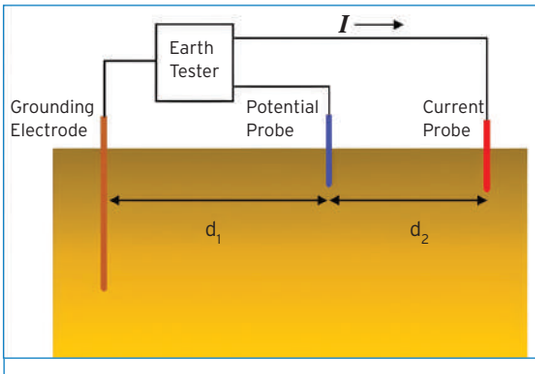


الجهاز الرقمي لاختبار مقاومة الأرض
(Digital Earth Tester)

أجهزة قياس قيمة مقاومة التأريض

■ طرق قياس قيمة مقاومة التأريض الكهربائي

تُقاس قيمة مقاومة التأريض الكهربائي بأحد الطرق الآتية:



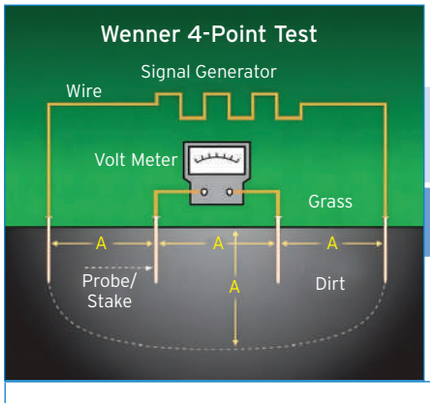
هبوط الجهد (Fall-of-Potential Method)

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

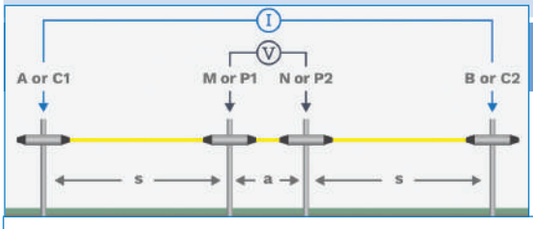
- توضع أربعة أقطاب على خط مستقيم بمسافات متساوية.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الأول والرابع، وتقاس قيمة التيار الكهربائي الناتج.
- يطبق جهد كهربائي بين القطبين الثاني والثالث، ويقاس مقداره.
- تُحسب المقاومة باستخدام المعادلة الآتية:

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

حيث a: المسافة بين الأقطاب الأربعة.

طريقة الأقطاب الأربعة
(Four Pin Resistivity)

(2) طريقة شلمبرجير (Schlumberger Array Method)



الاستخدام

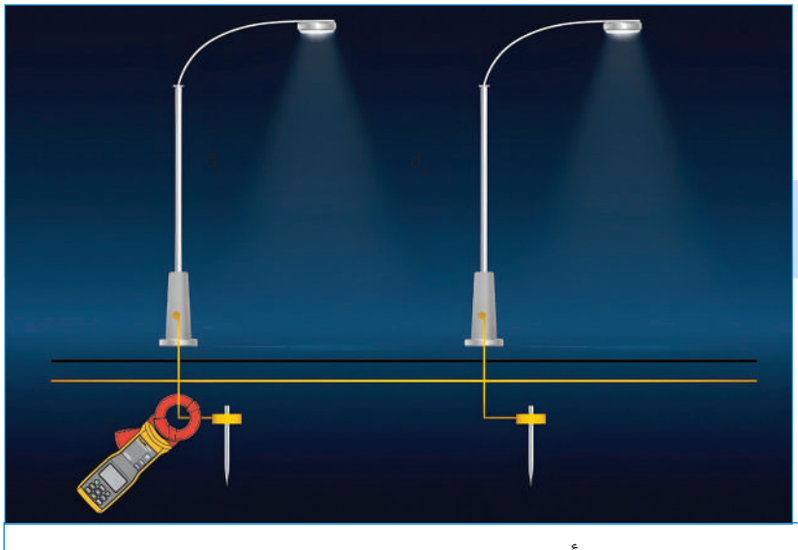
تُستخدم لقياس مقاومة التربة، وتحديد خصائصها.

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 (Breathing Difficulty).
  - الارتباك، أو فقدان الوعي (Confusion or Altered Consciousness).
- التحقق من التنفس، والقيام بالإنعاش القلبي الرئوي (Cardiopulmonary Resuscitation (CPR)) – إذا لزم الأمر– من قبل شخص مدرب 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 الأولي 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.

إجراءات تصريح العمل

(Permit-to-Work Procedure)

يُعد تصريح العمل وسيلة أساسية في بيئات العمل الصناعية أو الكهربائية لضمان سلامة العاملين والمعدات، خاصة في المواقع التي تنطوي على أخطار مثل التيار الكهربائي العالي أو المواد الكيميائية أو المعدات الثقيلة، وتُمنح هذه التصاريح ضمن إجراء رسمي يهدف إلى الآتي:

1. **الوقاية من الحوادث:**
   يساعد في تحديد المخاطر، والتحقق من اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة.
2. **تحديد المسؤولية:**
   يوضح من هو المسؤول عن تنفيذ العمل، ومن يراقب سلامة العمل.
3. **زيادة الوعي بالسلامة:**
   يُسهم في تدريب العمال وزيادة وعيهم بمخاطر العمل.
4. **ضمان التزام القوانين:**
   يساعد في الالتزام بالقوانين واللوائح المحلية المتعلقة بالسلامة.

تصريح العمل
(Permit-to-Work)
هو مستند رسمي يُصدره المشرف أو المسؤول في موقع العمل، ويُمنح للعاملين للسماح بأداء مهام محددة قد تنطوي على مخاطر، ويُعد هذا التصريح وسيلة للتأكد من أن جميع المخاطر المرتبطة بالعمل قد تم تحديدها سابقًا، وأن العاملين مؤهلون للعمل ضمن بيئة آمنة وفقًا للإجراءات المعتمدة.

تصريح العمل

العمل الآمن في الظروف البيئية القاسية

أنواع تصاريح العمل

تتنوع تصاريح العمل حسب طبيعة المخاطر، ونوع العمل المطلوب تنفيذه، وتنظيم الأعمال الخطرة، وتشمل هذه الأنواع الآتي:

1. **تصريح العمل الكهربائي** (Electrical Permit)
   - يُمنح عند إجراء أعمال صيانة أو إصلاحات على المعدات الكهربائية.
   - يتضمن إجراءات العزل والتحقق من غياب التيار الكهربائي.
2. **تصريح العمل في الأماكن المغلقة** (Confined Space Permit)
   - يُمنح للعمل داخل الأماكن المغلقة أو المحصورة، مثل الأنابيب أو الخزانات.
   - يتطلب تهوية جيدة وتوفير معدات الأمان.
3. **تصريح العمل باستخدام المواد الخطرة** (Hot Work Permit)
   - يُمنح للعمل الذي يتضمن استخدام أدوات قد تسبب حرارة أو شرارات، مثل اللحام أو القطع.
   - يتطلب اتباع إجراءات للحد من خطر الحرائق والانفجارات.
4. **تصريح العمل الكيميائي** (Chemical Permit)
   - يُمنح عند التعامل مع مواد كيميائية خطرة.
   - يتطلب معرفة الاحتياطات الخاصة، مثل ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE).

العناصر الأساسية للتصريح

يتكون تصريح العمل من مجموعة من العناصر الأساسية التي تضمن وضوح المهام والإجراءات المتبعة للسلامة، وتوثيق المعلومات وتحديد المسؤوليات قبل بدء العمل، وتشمل هذه العناصر الآتي:

1. **وصف العمل.**
2. **اسم المسؤول.**
3. **التاريخ والوقت.**
4. **تعليمات واشتراطات السلامة** (مثل فصل الكهرباء).
5. **قائمة بمعدات الحماية المطلوبة.**
6. **توقيع الفني والمشرف.**

خطوات الحصول على تصريح العمل

تمر عملية الحصول على تصريح العمل بعدة خطوات منظمة تضمن تقييم المخاطر، والتأكد من جاهزية الموقع والعاملين، وتعزيز اشتراطات السلامة، والتحكم في الأنشطة الخطرة قبل تنفيذها، وهذه الخطوات هي:

1. التخطيط للمهمة

- تحديد المهمة والبيئة التي سيتم العمل فيها.
- تقييم المخاطر المرتبطة بالمهمة.

2. إصدار التصريح

- تعبئة استمارة التصريح من قبل المسؤول المباشر.
- التأكد من تحديد جميع المخاطر وتوفير وسائل الوقاية.

3. التدريب والتوجيه

- التدريب على كيفية اتباع إجراءات السلامة.
- التوجيه بشأن الأدوات والمعدات التي يجب استخدامها.

4. إجراء العمل تحت إشراف

- إجراء العمل تحت إشراف دقيق لضمان الالتزام بالإجراءات.

5. إغلاق التصريح

- تأكيد إغلاق التصريح من قبل المشرف بعد الانتهاء من العمل.
- التأكد من إنجاز المهمة بشكل آمن.

أدوات وتصاريح العمل

يوضح الجدول الآتي أدوات وتصاريح العمل المختلفة:

بطاقة العلامات التحذيرية (LOTO Tag)	
الوصف	بطاقة تُعلَّق على القواطع/الصمامات بعد إقفالها، وتُظهر اسم الشخص ومعلومات الاتصال.
متى يُستخدم	للإشارة إلى عدم تشغيل النظام أو الجهاز الكهربائي حتى تُزال العلامة منه.
المسؤوليات الرئيسية	الشخص الذي يضع القفل هو الوحيد الذي يزيله.

سجل العزل (Isolation Register)	
الوصف	جدول يوضح كل نقاط العزل المرتبطة بالتصريح، كالصمامات، والقواطع، وتسرب الضغط.
متى يُستخدم	يُرفق مع أي تصريح يتضمن عزل طاقة، أو ضغط، أو مواد كيميائية.
المسؤوليات الرئيسية	قسما الصيانة والسلامة يتحققان من إتمام جميع نقاط العزل.

سجل تقييم المخاطر (Risk Assessment Register)	
الوصف	تحليل المخاطر خطوة بخطوة لتحديد المخاطر، وتحديد معدات الوقاية الشخصية المرتبطة بها، ومصادر التهوية، وإجراءات السلامة.
متى يُستخدم	يُرفق بكل تصريح، ويُحدَّث إذا تغيّر نطاق العمل.
المسؤوليات الرئيسية	فريق العمل يُشارك في إعداده، والمشرف يصدّق عليه.

تصريح دخول الأماكن المحصورة (Confined-Space Entry Permit)	
الوصف	تصريح خاص يوضح قياسات الغازات، والتهوية، وخطة الإنقاذ.
متى يُستخدم	عند دخول خزانات، أو آبار، أو أنابيب كبيرة.
المسؤوليات الرئيسية	مسؤول السلامة يفحص نسبة الأكسجين في الجو، وحارس البوابة يراقب دخول العمال وخروجهم.

تصريح الأعمال فى المناطق ذات الحرارة المرتفعة (Hot-Work Permit)	
الوصف	يتضمن فحص الجو، وإزالة المواد القابلة للاشتعال، ووجود معدات الإطفاء.
متى يُستخدم	اللحام، والقطع، والجلخ، أو أي نشاط ينتج شررًا أو حرارة في منطقة خطرة.
المسؤوليات الرئيسية	مراقِب إطفاء اللهب يبقى 30 دقيقة بعد الانتهاء؛ للتأكد من عدم وجود اشتعال.

تصريح الأعمال فى المناطق ذات الحرارة المرتفعة (Hot-Work Permit)	
الوصف	يتضمن فحص الجو، وإزالة المواد القابلة للاشتعال، ووجود معدات الإطفاء.
متى يُستخدم	اللحام، والقطع، والجلخ، أو أي نشاط ينتج شررًا أو حرارة في منطقة خطرة.
المسؤوليات الرئيسية	مراقِب إطفاء اللهب يبقى 30 دقيقة بعد الانتهاء؛ للتأكد من عدم وجود اشتعال.

تصريح الأعمال في المناطق المرتفعة (Working-at-Height Permit)	
الوصف	يتضمن فحص السقالات، ونقاط الربط، واستخدام معدات الوقاية من السقوط.
متى يُستخدم	العمل فوق 1.8 m (يختلف حسب لوائح البلد).
المسؤوليات الرئيسية	مشرف السقالة يوقّع، وفنّيو السلامة يراجعون معدات الحماية.

سجلات الاختبارات ومعايرة الغاز (Gas Testing Logs)	
الوصف	تسجِّل قراءات أجهزة الكشف قبل وأثناء العمل.
متى يُستخدم	تُطلب مع تصاريح العمل في الأماكن المحصورة والمناطق الحارّة.
المسؤوليات الرئيسية	فني القياس مسؤول عن المعايرة اليومية للأجهزة.

لوحة تصاريح الموقع (Permit Board)	
الوصف	لوحة في موقع العمل تُعلَّق عليها جميع التصاريح الفعّالة ليراها الجميع.
متى يُستخدم	في مواقع بها أعمال متزامنة أو متعددة الفرق.
المسؤوليات الرئيسية	المراقِب الميداني يضمن تحديث اللوحة في الوقت الفعلي.

صندوق التنسيق المشترك (Permit Crossover Box)	
الوصف	حافظة تُجمع فيها التصاريح عند تبديل فترات العمل؛ لضمان استمرارية المعلومات.
متى يُستخدم	نهاية أو بداية كل فترة عمل عندما يكون التصريح ما زال ساريًا.
المسؤوليات الرئيسية	مشرف الوردية المستلم يراجع القيود قبل استئناف العمل.

العمل الآمن في الظروف البيئية القاسية وتصاريح العمل

يواجه العاملون في العديد من الصناعات ظروفًا بيئية قاسية قد تشمل:

1. **درجات الحرارة المرتفعة جدًا:**
كالعمل داخل الأفران أو المصانع أو في المناطق الصحراوية، أو العمل تحت أشعة الشمس المباشرة.
2. **البرودة القاسية:**
العمل في بيئات تتسم بالبرودة الشديدة، مثل المناطق القطبية أو الثلجية، أو غرف التبريد.
3. **البيئات الملوثة:**
العمل في أماكن تحتوي على مواد كيميائية خطرة أو غازات سامة أو بيئات صناعية ضارة.
4. **الارتفاعات العالية:**
العمل في مواقع البناء المرتفعة أو الأبراج، حيث يُحتمل السقوط منها.
5. **الأماكن المحصورة:**
العمل في الأماكن المغلقة أو التي يصعب الوصول إليها.
6. **الأماكن ذات المستويات العالية من الضوضاء أو الإشعاعات.**

لا تشكل مثل هذه الظروف تحديات صحية ومهنية للعاملين فحسب، بل يمكن أن تُسبب حوادث جسيمة إذا لم يتم التحكم فيها بشكل دقيق، وهنا تظهر أهمية تصاريح العمل كأداة تنظيمية أساسية تهدف إلى الآتي:

دائما ✓

- تقييم المخاطر المرتبطة بالظروف البيئية القاسية قبل بدء العمل.
- تحديد الإجراءات الوقائية والاحتياطات التي يجب اتخاذها.
- التأكد من أن العمال مؤهلون ومدربون للعمل تحت تلك الظروف.
- التحكم في من يُسمح له بالدخول إلى المناطق الخطرة وتحت أي شروط.
- توفير معدات الوقاية الشخصية المناسبة لكل نوع من المخاطر البيئية.

لذلك، فإن العمل في بيئات قاسية يجب ألا يتم إلا بعد إصدار تصريح عمل رسمي يحدد تفاصيل المهمة، والمخاطر المحتملة، والإجراءات المطلوبة لضمان سلامة العاملين. وإن تجاهل هذه التصاريح قد يؤدي إلى عواقب وخيمة، ليس فقط على الأفراد، بل على سير العمل والمنشأة بالكامل.

المخاطر المرتبطة بالعمل في الظروف البيئية القاسية

يُواجه العاملون في الظروف البيئية القاسية مخاطر متعددة قد تؤثر على سلامتهم وكفايتهم، مثل:

1. **مخاطر الحرائق** في البيئات الحارة.

2. **مخاطر التجمد أو انخفاض درجة حرارة الجسم** في البيئات الباردة.

3. **مخاطر السقوط أو الإصابات الجسدية** في الأماكن المرتفعة.

4. **التسمم أو التلوث** بسبب التعرض للمواد الكيميائية أو الغازات السامة.

خطوات العمل الآمن في الظروف البيئية القاسية

للعمل بأمان في الظروف البيئية القاسية، لا بد من اتباع إجراءات مدروسة تقلل من تأثير العوامل المحيطة، وتحافظ على صحة العاملين، وتشمل هذه الخطوات ما يأتي:

1. **تقييم المخاطر:** يجب تقييم البيئة المحيطة وتحديد المخاطر المحتملة قبل البدء بأي عمل.
2. **اختيار المعدات المناسبة:** استخدام معدات الوقاية الشخصية (PPE) المناسبة، مثل القفازات، والخوذ، والأحذية العازلة، وأجهزة التنفس.
3. **التكيف مع الظروف:** في حالات الحرارة، يجب شرب الماء بانتظام، وأخذ فترات راحة في الأماكن المظللة، أما في البرودة، يجب ارتداء ملابس دافئة ومعزولة.
4. **إجراء الفحوصات الصحية:** التأكد من صحة العاملين بشكل دوري لتجنب الإصابة بالأمراض المرتبطة بالبيئة القاسية.
5. **التدريب والتوعية:** يجب تدريب العمال على كيفية التعامل مع الظروف القاسية بشكل آمن، ورفع مستوى الوعي بخصوص السلامة.
6. **الراحة المتكررة:** أخذ فترات راحة منتظمة؛ لتقليل إجهاد الجسم، والحد من مخاطر الحرارة أو البرودة.
7. **مراقبة الصحة:** يجب مراقبة العلامات الحيوية للعمال، مثل درجة الحرارة وضغط الدم.
8. **التأكد من وجود معدات الطوارئ:** التأكد من وجود معدات إسعاف أولي أو معدات إطفاء الحريق.
9. **التعاون مع الفريق:** العمل الجماعي مهم لضمان توفير بيئة آمنة، ويجب أن يتعاون العمال لمراقبة بعضهم البعض.

أدوات وأجهزة السلامة الأساسية في الظروف البيئية القاسية

للعمل بأمان في الظروف البيئية القاسية، تُستخدم بعض الأدوات والأجهزة، منها ما يأتي:

جهاز قياس درجة الحرارة:
لمراقبة درجات الحرارة داخل بيئة العمل.

أجهزة تنقية الهواء:
لضمان توفر هواء نقي في الأماكن الملوثة.

معدات إسعاف أولية:
مثل حقيبة الإسعافات الأولية لحالات الطوارئ.

أجهزة مراقبة الغازات:
للكشف عن المواد السامة أو الغازات الملوثة في البيئة.

أسئلة الوحدة

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

الوحدة الثالثة

الصيانة الدورية للمعدات الكهربائية

Regular Maintenance on Electrical Equipment

محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

مقدمة في الصيانة الكهربائية (Introduction to Electrical Maintenance) 94

الدرس الثاني

أنواع الصيانة الكهربائية وإجراءاتها

(Types and Procedures of Electrical Maintenance) 98

الدرس الثالث

صيانة المعدات الكهربائية (Maintenance of Electrical Equipment) 104

الدرس الرابع

توثيق عمليات الصيانة الكهربائية

(Documentation of Electrical Maintenance Operations) 108

الدرس الخامس

نظام إدارة الصيانة المحوسبة

(Computerized Maintenance Management System (CMMS)) 111

الدرس السادس

العزل الكهربائي (Electrical Isolation) 114

الدرس السابع

عمليات الفحص والتنظيف المنتظمة للمكونات الكهربائية

(Regular Inspection and Cleaning of Electrical Components) 117

أسئلة الوحدة 125

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يُوضح أهمية الصيانة الكهربائية الدورية للمعدات.
- يتعرف الأجهزة التي تتطلب صيانة كهربائية دورية.
- يشرح خطوات تنفيذ الصيانة الوقائية للمعدات الكهربائية.
- يطبق إجراءات العزل الآمن أثناء الصيانة.
- يستخدم أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS).
- يطبق عمليات التفتيش والتنظيف بطريقة فعالة وآمنة.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين الطلبة من التعرف على المفاهيم الأساسية للصيانة الكهربائية للمعدات، بدءًا من أهمية تنفيذ صيانة وقائية منتظمة لتجنب الأعطال وتحقيق الكفاية، وصولًا إلى أدوات وتقنيات العزل الآمن خلال عمليات الصيانة، كما تطرقت الوحدة إلى استخدام الأنظمة الحديثة مثل نظام إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) لتنظيم المهام وتوثيقها، وأبرزت أهمية الفحص والتنظيف الدوري لضمان جاهزية المعدات وسلامة تشغيلها في الورشة التدريبية.

الدرس الأول

مقدمة في الصيانة الكهربائية

(Introduction to 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.**

أهمية الصيانة الكهربائية

تتمثل أهمية الصيانة الكهربائية فيما يأتي:

1. **تحسين موثوقية المعدات:**

تساعد أعمال الصيانة والتشخيص المنتظمة في الحد من الأعطال المفاجئة وضمان استمرارية التشغيل بكفاءة.

2. **إطالة عمر المعدات:**

الكشف المبكر عن المشكلات يُسهم في الحفاظ على حالة المعدات وزيادة عمرها الافتراضي.

3. **تقليل مخاطر الحرائق:**

تُساعد فحوصات الصيانة الدورية في كشف أعطال الأسلاك والأحمال الزائدة لتقليل مخاطر الحرائق الكهربائية.

4. **خفض التكاليف:**

الصيانة الوقائية تعالج الأعطال البسيطة قبل أن تتحول لمشاكل مكلفة، مما يقلل النفقات.

5. **الامتثال للمعايير:**

تضمن الصيانة الدورية توافق الأنظمة مع لوائح السلامة الكهربائية والمعايير الصناعية المعتمدة.

خطة الصيانة الكهربائية:

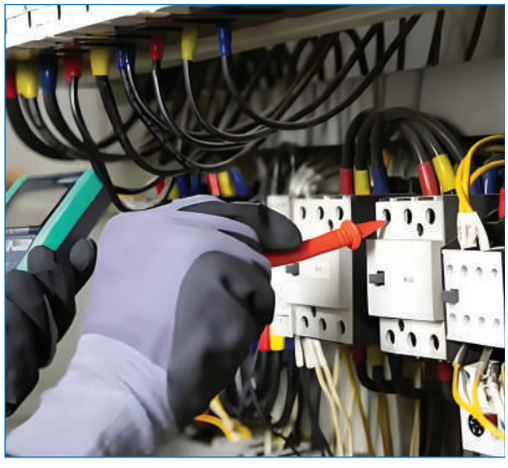
تشمل خطوات إعداد خطة الصيانة الكهربائية الآتي:

1. تحديد الأجهزة والمعدات الكهربائية وتصنيفها حسب الأهمية والتكرار التشغيلي.
2. تحديد جدول زمني دوري لكل نوع.
3. وضع قائمة بالفحوصات والاختبارات المطلوبة.
4. تحديد الفنيين والموارد المطلوبة.
5. توثيق النتائج وإجراءات المتابعة.

إجراءات ومهام دورة الصيانة

لدورة الصيانة الكهربائية مجموعة من الإجراءات التي تتضمن عددًا من المهام المتمثلة في:

1. **الفحص والمعاينة (Inspection):**
   - فحص العزل والتوصيلات.
   - الفحص المنتظم للأسلاك الكهربائية، والقواطع، ولوحات التوزيع.
   - فحص التأريض.
   - فحص سلامة أجهزة الحماية (القواطع، المرحلات...).
   - اختبار الجهد والتيار.
   - إجراء اختبارات دورية على أنظمة السلامة، مثل إنارة الطوارئ وأجهزة إنذار الحريق.

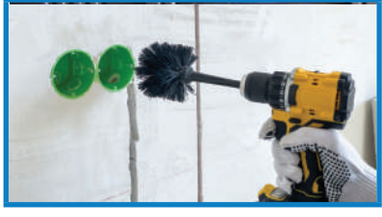


2. **التشخيص والتقييم (Diagnosis and Assessment):**
   - تشخيص الأعطال الكهربائية، مثل: المنصهرات أو الأسلاك التالفة.
3. **تنفيذ الصيانة (Maintenance):**
   - تنظيف اللوحات والأجهزة من الغبار والشوائب.
   - تشحيم المحركات والموصلات المتحركة.
4. **التوثيق (Documentation):**
   - توثيق أعمال الصيانة وإعداد تقارير.
5. **المتابعة وإعادة التقييم (Follow-up and Reassessment):**

أدوات ومعدات الصيانة الكهربائية

يوضح الجدول الآتي بعض أدوات ومعدات الصيانة الكهربائية واستخداماتها، وهي:

الأداة	الاستخدام	
المفك العازل	فك وربط الأسلاك بأمان.	
جهاز الميجر	قياس مقاومة العزل.	
جهاز الملتيميتر	قياس الجهد والتيار والمقاومة.	
جهاز الكلامب ميتر	قياس التيار دون قطع الدائرة.	

كاشف الجهد	فحص وجود الكهرباء.	
جهاز تحليل جودة الطاقة	فحص استقرار الكهرباء وترددها.	
فرشاة التنظيف	إزالة الغبار.	

احتياطات السلامة المتبعة في صيانة الأنظمة والمعدات الكهربائية

قبل البدء في عمليات الصيانة الكهربائية يجب الالتزام بالآتي:

دائما ✓

1. إيقاف مصدر الطاقة الكهربائي، واستخدام أجهزة القياس الكهربائية؛ للتأكد من توقف تدفق التيار الكهربائي.
2. استخدام معدات الوقاية الشخصية، مثل: النظارات الواقية، والقفازات العازلة.
3. استخدام أدوات معزولة كهربائيًا.
4. التأكد من عدم وجود شحنات كهربائية متبقية في المكثفات.
5. اتباع إجراءات الأقفال المخصصة، ووضع العلامات (Lockout/Tagout).

الدرس الثاني

أنواع الصيانة الكهربائية وإجراءاتها

(Types and Procedures of Electrical Maintenance)

تشمل الصيانة أنواعًا متعددة تهدف جميعها إلى الحفاظ على كفاءة المعدات وسلامتها، ومن أبرز هذه الأنواع: الصيانة الوقائية التي تُجرى بشكل دوري لتفادي الأعطال، والصيانة التصحيحية التي تتم بعد حدوث خلل لإصلاحه، والصيانة التنبؤية التي تعتمد على مراقبة حالة المعدات للتدخل في الوقت المناسب قبل حدوث الأعطال.

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

الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)

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

- **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 للوحات 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.

الإجراءات العملية للصيانة الوقائية للمعدات الكهربائية

يُعد إجراء الصيانة الوقائية للمعدات الكهربائية ضرورةً لضمان السلامة والموثوقية وطول العمر الافتراضي، وتشمل الإجراءات العملية للصيانة الوقائية للمعدات الكهربائية ما يأتي:

1. فحوصات السلامة:

- التأكد من استخدام معدات الوقاية الشخصية (PPE) المناسبة.
- تطبيق إجراءات الإغلاق والعزل (LOTO) قبل الصيانة.

2. عمليات الفحص الدورية:

- **الفحوصات البصرية:** فحص المعدات بانتظام؛ لرصد علامات التلف، أو ارتفاع درجة الحرارة، أو التآكل، أو الصدأ، بما في ذلك الكابلات والموصلات وأجهزة الحماية.
- **مراقبة مؤشرات أجهزة القياس**، مثل: الجهد، والتيار، ودرجات الحرارة، وفقًا لمواصفات الشركة المصنعة.

3. إحكام التوصيلات:

- **التأكد** من عدم وجود توصيلات مفكوكة نتيجة الاهتزازات أو التمدد الحراري، وإحكامها لتفادي حدوث قصر كهربائي.

4. المعايرة:

- معايرة أجهزة القياس والعدادات وأجهزة الحماية؛ **لضمان دقة الأداء**.

5. الاختبارات الكهربائية:

- **اختبار مقاومة العزل**: التأكد من سلامة العزل لتفادي الصدمات الكهربائية أو حدوث قصر كهربائي.
- **اختبار الاستمرارية**: التأكد من سلامة الدوائر الكهربائية وخلوها من القطع.
- **اختبار الأعطال الأرضية**: التحقق من فاعلية نظام التأريض.

6. استبدال المكونات التالفة:

- **استبدال** المنصهرات وقواطع الدائرة المعطلة.
- **تغيير الأجزاء المستهلكة، مثل**: المفاتيح والمرحلات والمقاومات.

7. التنظيف والتشحيم:

- **إزالة الغبار والحطام**: تنظيف المعدات لمنع تراكم الغبار أو الأوساخ التي قد تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة أو تعطل المكونات.
- تشحيم الأجزاء المتحركة: مثل المحركات والمراوح؛ لتقليل الاحتكاك والتآكل.

8. الامتثال للمعايير:

- **الالتزام** بالقوانين المحلية والمعايير الدولية مثل NEC وIEC.
- **مراعاة اللوائح التنظيمية**؛ لضمان السلامة وتفادي العقوبات.

9. حفظ السجلات:

- **توثيق** كل عمليات الفحص والصيانة والإصلاح.
- إعداد جدول زمني للصيانة؛ لضمان تنفيذها بانتظام.

وتضمن هذه الخطوات إجراء صيانة فعالة تقلل من الأعطال، وتحافظ على كفاءة التشغيل، وسلامة الأفراد والمعدات.

الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance)

تُعرف بأنها عمليات فحص وتحقق، وصيانة مجدولة تعتمد على مراقبة أداء الجهاز للتنبؤ بالأعطال، والمشكلات الكهربائية المحتمل وقوعها مستقبلا وذلك باستخدام البيانات والتحليلات (Data and Analytics)، وأجهزة الاستشعار.

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 Maintenance) 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 وجود خلل أو 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.

الدرس الثالث

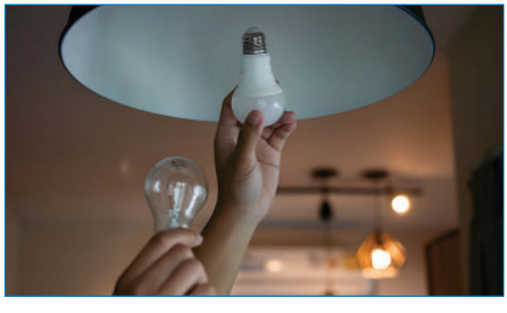
صيانة المعدات الكهربائية

(Maintenance of Electrical Equipment)

تُعد المعدات الكهربائية جزءًا أساسيًا من البنية التحتية في أي منشأة صناعية أو تجارية أو حتى منزلية، ومع الاستخدام المستمر، تصبح هذه المعدات عرضة للتلف أو الانقطاع المفاجئ؛ لذلك، فإن الصيانة الدورية تُعد ضرورة للحفاظ على استمرارية العمل، وتفادي المخاطر، وتقليل التكاليف.

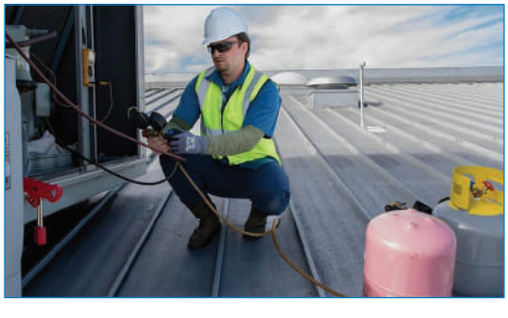
المعدات والأنظمة الكهربائية التي تتطلب صيانة كهربائية

تتطلب العديد من المعدات والأنظمة صيانة كهربائية دورية، ومن أبرز هذه المعدات والأنظمة:



1. **أنظمة الإضاءة** (Lighting Systems):

تساعد الصيانة الدورية على ضمان كفاءة تشغيل أنظمة الإضاءة، ويشمل ذلك استبدال المصابيح التالفة، وفحص الأسلاك، واختبار أنظمة التحكم، مثل أجهزة التحكم في الإضاءة والمؤقتات، كما يمكن للصيانة السليمة أن تُحسّن كفاءة الطاقة، وتمنع انقطاع التيار الكهربائي.



2. **أنظمة التبريد والتهوية**
(Cooling and Ventilation Systems):

تُعد الصيانة الدورية للمراوح وأنظمة التبريد ضرورة للحفاظ على كفاءتها، ومنع تراكم الغبار أو الأعطال الناتجة عن الاستخدام المستمر، وتشمل هذه الصيانة تنظيف الفلاتر، وفحص المحركات، والتأكد من سلامة التوصيلات، وتسهم هذه الإجراءات في تحسين جودة الهواء، وخفض استهلاك الطاقة، وإطالة عمر الأجهزة.

3. أنظمة الاتصالات الرقمية (Digital Communication Systems):

تشمل الصيانة فحص مصادر الطاقة، وضمان التأريض السليم، والتحقق من التوصيلات الكهربائية؛ لضمان سلاسة عمل البنية التحتية، ويشمل ذلك أنظمة مثل أجهزة الاتصال الداخلي، وشبكات البيانات، وأنظمة الاتصالات، التي تتطلب صيانة دورية للحفاظ على استقرار البنية التحتية التقنية.

4. مصادر الطاقة والمولِّدات (Power Sources and Generators):

تُعد عمليات الفحص الدوري لأنظمة الطاقة الاحتياطية، بما في ذلك فحص مستويات الجهد، وحالة البطارية، وتوصيلات الأسلاك، أمرًا ضروريًا لضمان توفر الطاقة أثناء انقطاع التيار، ويشمل ذلك اختبار الأنظمة؛ لضمان تشغيلها عند الحاجة.

5. الآلات الكهربائية (Electric Machines):

تحتاج المعدات الصناعية أو التجارية – مثل: المصاعد، ومعدات المكاتب، وآلات الإنتاج – إلى فحوصات كهربائية منتظمة للتحقق من سلامة الأسلاك ووظيفة المحرك، وامتثالها لمعايير السلامة؛ مما يمنع الأعطال ويضمن استمرارية التشغيل.

6. القواطع الكهربائية (Circuit Breakers):

تساعد واقيات زيادة التيار في حماية المعدات الكهربائية من ارتفاعات الجهد؛ لذلك فهي تحتاج إلى فحص دوري لضمان عملها بشكل صحيح، وتساعد الفحوصات الدورية في الحفاظ على سلامة المعدات المتصلة بها وإطالة عمرها التشغيلي.

إجراءات صيانة الأنظمة الكهربائية

تُصان الأنظمة الكهربائية من خلال بعض الإجراءات الأساسية، ومنها:

وضع استراتيجية للصيانة الوقائية

تحديد المعدات التي تتطلب صيانة وقائية دائمًا، وترتيب أولويات المهام بناءً على أهمية النظام، ويمكن القيام بذلك من خلال وضع جدول زمني يتضمن عمليات الفحص، والاختبار، والتنظيف، والصيانة الدورية للأنظمة الكهربائية؛ لمنع حدوث الأعطال قبل حدوثها.

تحديد حدود الاستخدام

قد تتطلب المعدات المستخدمة بشكل متكرر، أو المعرضة لظروف قاسية صيانة أكثر من المعدات التي لا تُستخدم كثيرًا؛ لذا يُنصح بتحديد حدود الاستخدام بناءً على عدد مرات استخدام المعدات والبيئة التي تعمل فيها.

اختيار الجهة التي ستتولى العمل

من المهم تحديد ما إذا كانت الصيانة ستتم بواسطة فريق داخلي أو الاستعانة بفنيين خارجيين، وعادةً ما يوفر الفريق الداخلي استجابة أسرع، بينما يتمتع الفنيون الخارجيون بخبرة ومهارات متخصصة في الأنظمة المعقدة، ويُنصح بموازنة الخيارات بناءً على تعقيد الأنظمة والخبرات المتاحة.

استخدام برنامج إدارة الصيانة المحوسبة (Computerized Maintenance Management System (CMMS)) لتنظيم الصيانة الوقائية

يُعد تطبيق برنامج إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) لجدولة مهام الصيانة الوقائية وتتبعها وتوثيقها أمرًا بالغ الأهمية؛ ويكمن السبب في أنه يساعد في ضمان إجراء الصيانة في الوقت المحدد، وتقليل مخاطر تفويت عمليات التفتيش، وتوفير البيانات اللازمة لاتخاذ القرارات المستقبلية.

يعرف نظام إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) بأنه برنامج يعمل على توحيد معلومات الصيانة، وتسهيل عملياتها، سواء كانت صيانة وقائية أو تصحيحية أو تنبؤية، ويُساعد نظام إدارة الصيانة المحوسبة على تحسين استخدام وتوافر المعدات المادية، مثل: المركبات، والآلات، والاتصالات، والبنى التحتية للمصانع، وغيرها من الأصول.

خطوات السلامة الكهربائية أثناء الصيانة

تُتَّبع خطوات السلامة الآتية لحماية الأفراد والمعدات من المخاطر الكهربائية:

دائما ✓

- **استخدام معدات السلامة:**
  ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE)، مثل: القفازات العازلة، ونظارات السلامة، والأحذية غير الموصلة للكهرباء؛ مما يساعد في تقليل خطر التعرض لصدمة كهربائية أو إصابة.
- **فصل التيار الكهربائي قبل بدء العمل:**
  التأكد من فصل التيار الكهربائي تمامًا عن لوحة القاطع الكهربائي قبل إجراء أي صيانة كهربائية؛ وذلك لمنع الصعق الكهربائي العرضي.
- **الحذر من تسرب المياه:**
  التأكد من جفاف منطقة العمل؛ لتقليل خطر التعرض لصدمة كهربائية، وتجدر الإشارة إلى أن الماء موصل للكهرباء؛ لذا يجب تجنب العمل في المناطق الرطبة أو بالقرب من تسربات المياه.
- **فحص الأضرار:**
  قبل بدء أي عمل يجب فحص المعدات الكهربائية والأسلاك بحثًا عن أي تلف واضح، مثل: الأسلاك المتآكلة، أو الوصلات المكشوفة، أو العوازل التالفة، وفي حال وجود أي تلف، يجب إصلاحه أو استبداله قبل مواصلة الصيانة.
- **جدولة الصيانة الدورية والفحوصات:**
  تعد عمليات الصيانة الدورية وفحوصات السلامة أمرًا بالغ الأهمية لتحديد المخاطر المحتملة في وقت مبكر، والتأكد من أن جميع الأنظمة الكهربائية تعمل بشكل صحيح وآمن.

الدرس الرابع

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، ثم يُختبر 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 (Sample Preventive Maintenance Record Template)

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

نموذج جدول الصيانة حسب الاستخدام (Sample Usage-based Maintenance Record Template)

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)	ملحوظات (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 (Operating Hours)	900 ساعة	1200 ساعة	فحص النظام الهيدروليكي (Check the Hydraulic System)	05-04-2025	

نموذج جدول الصيانة الظرفية (Sample Condition-based Maintenance Record Template)

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)	ملحوظات (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	

الدرس الخامس

نظام إدارة الصيانة المحوسبة

(Computerized Maintenance Management System (CMMS))

الصيانة المحوسبة

تتعدد المهام، وتتنوع الأجهزة والمعدات التي تحتاج إلى صيانة دورية في بيئات العمل الصناعية والمهنية، وهنا تبرز الحاجة إلى نظام إدارة محوسب يساعد على تنظيم وجدولة ومتابعة جميع أنشطة الصيانة، ويعرف نظام إدارة الصيانة المحوسبة اختصارا بـ (CMMS)، ويُعد أداة فعّالة لتقليل الأعطال، وتحسين الكفاءة، وتوثيق عمليات الصيانة بطريقة منهجية.

فوائد استخدام نظام إدارة الصيانة المحوسبة

يُعد استخدام نظام إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) أداة فعالة لتحسين أداء الصيانة من خلال:

1. **تحسين الكفاءة التشغيلية:**
   تقليل الوقت الضائع في التخطيط اليدوي للصيانة
2. **تقليل الأعطال:**
   بفضل الصيانة الوقائية المجدولة.
3. **إدارة أفضل للأصول:**
   عبر تتبع الحالة والأداء لكل قطعة.
4. **التوثيق الدقيق:**
   يُسهل المراجعة، ويقدم تقارير دورية.
5. **تحسين اتخاذ القرار:**
   بناءً على تقارير الأداء والتكلفة.

استخدام نظام إدارة الصيانة المحوسبة لإجراء الصيانة الكهربائية

يُعد استخدام برنامج إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) أمرًا مهمًا، ليس فقط لتنظيم وتبسيط أعمال الصيانة الكهربائية، بل أيضًا لتمكين الفرق من إدارة المهام بكفاءة مع تقليل وقت التوقف، ويُمكن لبرنامج مثل برنامج كوست لإدارة الصيانة المحوسبة (Coast) تحسين أعمال الصيانة الكهربائية من خلال:

1. **الجرد الدقيق للأصول:**

   تسجيل معلومات مفصلة عن كل أصل للوصول السريع إلى بيانات الصيانة الحيوية.

2. **الإدارة الفاعلة لأوامر العمل:**

   إنشاء أوامر العمل وتعيينها وتتبعها مع قوائم المراجعة والإجراءات المرفقة.

3. **مرونة التخصيص:**

   تكييف البرنامج مع سير العمل والمتطلبات الفردية، مما يمنح التحكم والثقة في إدارة الصيانة.

4. **جدولة الصيانة الوقائية:**

   إعداد مهام متكررة بناءً على الوقت أو الاستخدام؛ للحفاظ على الأصول في أفضل حالاتها.

5. **إمكانية الوصول إلى الأجهزة المحمولة:**

   الوصول إلى بيانات الأصول، وإكمال أوامر العمل، وتسجيل التحديثات عبر الأجهزة المحمولة.

برنامج كوست لإدارة الصيانة المحوسبة (Coast) هو برنامج يُستخدم لتخطيط أعمال الصيانة وتتبعها وتنفيذها بكفاءة. ويتيح للمستخدمين إدارة الأصول، وجدولة المهام، والتواصل بين الفرق في الوقت الفعلي عبر واجهة سهلة الاستخدام.

الأصول هي المعدات والأجهزة والمنشآت التي تمتلكها المؤسسة وتُستخدم في عملياتها اليومية، وتشمل الأصول الثابتة، مثل الآلات والمباني، وأصولًا قابلة للحركة، مثل الأدوات ووسائل النقل.

مكونات نظام إدارة الصيانة المحوسبة

يتكون نظام CMMS من مجموعة من الوحدات البرمجية التي تعمل معًا لتخطيط وتنفيذ ومتابعة أعمال الصيانة بكفاءة، وهذه الوحدات هي:

وحدة إدارة الأصول (Assets Management)

- تسجل كل المعدات والأنظمة الكهربائية والميكانيكية في المنشأة.
- تحتوي على تفاصيل مثل: اسم المعدة، ورقمها التسلسلي، والموقع، وتاريخ التركيب، وتعليمات التشغيل، والصيانة.
- تُستخدم لمتابعة سجل المعدة طوال دورة حياتها.

وحدة أوامر العمل (Work Orders)

- تتيح إنشاء أوامر صيانة لأي أصل.
- تشمل تفاصيل المهمة: نوع الصيانة (وقائية/طارئة)، والفني المسؤول، والوقت المتوقع للتنفيذ، والمواد المطلوبة.
- يمكن ربطها بتقارير الأعطال أو نتائج الفحص.

وحدة جدولة الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance Scheduling)

- تُستخدم لتخطيط مهام الصيانة الدورية حسب الوقت، أو عدد ساعات التشغيل، أو الاستهلاك.
- يرسل النظام تنبيهات تلقائية عندما يحين وقت الصيانة.
- تُقلل من الأعطال المفاجئة، وتُطيل عمر المعدات.

وحدة التقارير والتحليلات (Reports & Analytics)

- إعداد تقارير مفصلة حول الآتي:
  - عدد الأعطال.
  - استجابة فرق الصيانة.
  - تكلفة كل مهمة.
  - أداء كل معدة.
- تساعد هذه البيانات في اتخاذ قرارات مستندة إلى معلومات دقيقة.

وحدة إدارة المواد وقطع الغيار (Inventory Management)

- تتبع المخزون من الأدوات وقطع الغيار.
- ترسل تنبيهات عندما يكون المخزون منخفضًا.
- تُسجّل تاريخ استخدام القطع وتكاليفها.

الوصول عبر الهاتف المحمول (Mobile Access)

- يُمكّن الفنيين من الوصول إلى أوامر العمل وتحديث الحالة من الميدان.
- يدعم التقاط الصور، وتسجيل التوقيعات، وكتابة الملحوظات مباشرة من الهاتف أو الجهاز اللوحي.

الإشعارات والتنبيهات التلقائية (Notifications)

- تنبيه المستخدمين عند اقتراب موعد مهمة أو ظهور عطل.
- يُمكن تخصيص التنبيهات بحسب نوع الأصل أو مستوى الأولوية.

الدرس السادس

العزل الكهربائي

(Electrical Isolation)

تُعد السلامة أمرًا بالغ الأهمية في مجال الكهرباء؛ حيث تشكل المخاطر الكهربائية تهديدًا مباشرًا لحياة الأفراد وسلامة المعدات، ومن أهم الوسائل التي تضمن بيئة عمل آمنة أثناء تنفيذ أعمال الصيانة أو الفحص هي إجراءات العزل الكهربائي.

وقبل الشروع في أي عمل على الأجهزة أو التركيبات الكهربائية، يجب أولًا فصل التيار الكهربائي بطريقة صحيحة وآمنة، ويُقصد بالعزل الكهربائي فصل مصدر الطاقة عن المعدات لضمان عدم وصول الكهرباء إليها خلال فترة العمل.

وتهدف هذه الإجراءات إلى الآتي:

- منع إعادة تشغيل المعدات أثناء إجراء الصيانة.
- منع تسرب الطاقة بشكل عرضي إلى أجزاء النظام التي يتم العمل عليها.
- تقليل احتمالية التعرض للصدمات الكهربائية أو الحروق.
- حماية الأفراد والمعدات من المخاطر المحتملة.

يعرف العزل الكهربائي بأنه عملية فصل مصدر الكهرباء عن المعدات أو الدائرة الكهربائية؛ لضمان عدم وجود تيار كهربائي قد يسبب خطرًا أثناء العمل.

إجراءات العزل الكهربائي

إن الالتزام بهذه الإجراءات ليس مجرد خطوة احترازية، بل هو عنصر أساسي في أنظمة إدارة السلامة المهنية، ويُعد من أفضل الممارسات لتفادي الحوادث وضمان سلامة فريق العمل.

استخدام العزل الكهربائي

يُعد استخدام العزل الكهربائي خطوة أساسية لضمان سلامة العاملين أثناء صيانة أو إصلاح الأجهزة الكهربائية، وذلك:

1. **قبل صيانة أي معدة كهربائية أو ميكانيكية.**
2. **عند تغيير أجزاء داخلية تتطلب إزالة مصدر الطاقة.**
3. **عند تفكيك أنظمة تحتوي على طاقة مخزنة (مثل البطاريات أو المكثفات).**
4. **أثناء تنظيف أو فحص المعدات في مواقع العمل الخطرة.**

إجراءات العزل الكهربائي الأساسية

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

وضع العلامات التحذيرية

- 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.

- **إجراء الصيانة أو الإصلاحات:**
  - متابعة أعمال الصيانة أو الفحص أو الإصلاحات بعد تأكيد العزل.
  - مراقبة التغييرات التي تطرأ على النظام باستمرار؛ لضمان بقاء العزل سليمًا أثناء العمل.

- **إعادة التنشيط وإزالة أجهزة القفل:**
  - التأكد من اكتمال الصيانة أو الإصلاحات قبل إزالة الأقفال أو العلامات، وخلو منطقة العمل من الموظفين.
  - إزالة الأقفال أو العلامات من قبل الموظفين المصرح لهم فقط.
  - اختبار المعدات بعد إزالة الأقفال والعلامات للتأكد من أن النظام يعمل كما هو متوقع.
  - إخطار جميع العمال والموظفين المتأثرين بإعادة تشغيل النظام، وأي مخاطر مرتبطة به قد تم إصلاحها.

- **حفظ السجلات:**
  - التوثيق: الاحتفاظ بسجلات لإجراءات العزل التي نُفذت، بما في ذلك المعدات، والعمل المنجز، وتفاصيل القفل/العلامات.
  - مراجعة فاعلية العزل: تقييم عملية العزل بعد إعادة التشغيل؛ لتحديد أي تحسينات محتملة للإجراءات المستقبلية.

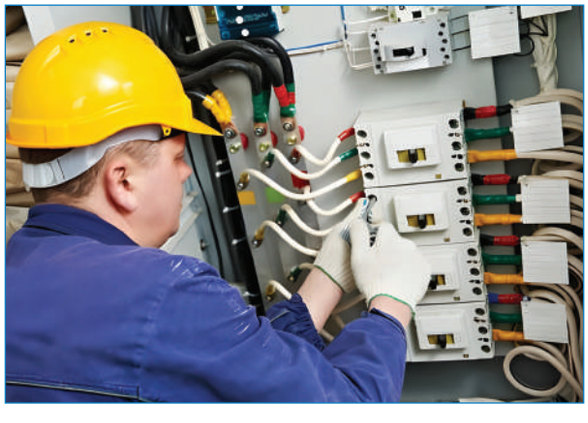
- **التدريب والتحسين المستمر:**
  - التدريب المستمر: التأكد من تدريب جميع الموظفين بانتظام على إجراءات الإغلاق/وضع العلامات وبروتوكولات السلامة الكهربائية.
  - مراجعة ما بعد المهمة: مراجعة إجراءات العزل بعد إتمام المهمة؛ لضمان الامتثال، ومعالجة أي مشاكل ظهرت أثناء العملية.

الدرس السابع

عمليات الفحص والتنظيف المنتظمة للمكونات الكهربائية

(Regular Inspection and Cleaning of Electrical Components)

تؤدي عملية الفحص والتنظيف المنتظم للمكونات الكهربائية دورًا مهمًا في ضمان الأداء الجيد والعمر الطويل للأجهزة والآلات؛ فمن خلال الفحص الدوري يمكن اكتشاف الأعطال أو الأضرار المبكرة قبل أن تتسبب في مشاكل خطيرة، أما التنظيف، فهو يمنع تراكم الأتربة أو المواد الموصلة، مثل: الغبار المعدني أو الجزيئات الدقيقة الناتجة عن قطع المعادن، ورذاذ الرطوبة أو بخار الماء المختلط بالأملاح أو المواد الكيميائية، التي يمكن أن تُكوِّن طبقات موصلة للكهرباء، وبقايا الزيوت أو الشحوم الملوثة بجزيئات موصلة، وأبخرة أو بقايا اللحام أو الكربون في البيئات الصناعية، التي قد تؤدي إلى ارتفاع الحرارة أو حدوث قصر كهربائي في الدائرة الكهربائية، ويُعد الفحص والتنظيف من مهام الصيانة الأساسية التي تضمن سلامة وكفاءة وطول عمر المعدات الكهربائية.



فحص وتنظيف المكونات الكهربائية

الفوائد الرئيسية لعمليات الفحص والتنظيف المنتظم

تتمثل الفوائد الرئيسية لعمليات الفحص والتنظيف المنتظم للمكونات الكهربائية في الآتي:

إطالة عمر المعدات:

تمنع عمليات الفحص والتنظيف المنتظمة التآكل والتلف؛ مما يؤدي إلى إطالة عمرها.

تحسين السلامة:

يضمن عمل جميع أجهزة ووسائل السلامة بشكل صحيح؛ مما يقلل من خطر الحوادث.

كفاءة الطاقة:

تعمل المعدات النظيفة بكفاءة أكبر؛ مما يقلل من استهلاك الطاقة وتكاليف التشغيل.

منع الأعطال:

يمكن أن يؤدي تحديد المشكلات مبكرًا من خلال عمليات الفحص إلى منع الأعطال غير المتوقعة وتقليل وقت التوقف.

الامتثال:

تساعد عمليات الفحص والتنظيف المنتظمة على ضمان الامتثال لمعايير السلامة واللوائح التنظيمية.

عملية الفحص

تُعد عملية الفحص خطوة أساسية في برامج الصيانة، وتهدف إلى التحقق من سلامة وكفاءة المكونات الكهربائية، ومن خلالها يمكن اكتشاف الأعطال أو علامات التآكل مبكرًا قبل أن تتسبب في توقف أو تلف كبير، وتنقسم عملية الفحص إلى:

عملية الفحص الكهربائي

أ. الفحص البصري (Visual Inspection):

- **خطوات وتقنيات تشخيص الأعطال:** فحص المعدات بحثًا عن أي علامات ظاهرة للتآكل، أو التشققات، أو الحروق، أو الصدأ، أو التآكل، التي قد تشير إلى تلف المكونات أو تضررها.
- **التحقق من عدم وجود تسريبات:** البحث عن أي تسريبات في أنظمة السوائل من العوازل، أو الحواجز المطاطية المحيطة بالوصلات الكهربائية أو المضخات.
- **فحص الأسلاك والوصلات:** التأكد من أن جميع الأسلاك سليمة ومعزولة بشكل صحيح، ولا تظهر عليها علامات تآكل أو تلف في الموصلات؛ فقد تتسبب الأسلاك المفكوكة أو المكشوفة في حدوث قصر كهربائي أو حرائق.
- **تقييم قواطع الدائرة أو المنصهرات (Circuit Breakers/Fuse):** التحقق من وجود أي علامات ارتفاع في درجة الحرارة، أو تعطل القواطع، أو احتراق المنصهرات، مما يشير إلى وجود مشكلة في الحمل أو النظام الكهربائي.

ب. الفحص الوظيفي (Functional Inspection):

ويشمل الآتي:

- **الاختبار والقياسات:** استخدام معدات اختبار مناسبة، مثل: أجهزة القياس المتعددة، وأجهزة قياس التيار، وأجهزة اختبار الجهد؛ لقياس معدلات التشغيل، وكذلك اختبار الاستمرارية، ومقاومة العزل، وتدفق التيار.
- **فحص أداء المعدات:** التأكد من أن المعدات الكهربائية (المحركات، والمضخات، والمراوح) تعمل ضمن معاييرها المقدرة، والاستماع لأي أصوات أو اهتزازات غير عادية قد تشير إلى وجود عطل.
- **فحص وسائل السلامة:** التأكد من أن أجهزة السلامة – مثل أنظمة التوقف في حالات الطوارئ، والأغطية الواقية، وأجهزة الإنذار – تعمل بشكل صحيح.

ج. الفحص البيئي (Environmental Inspection):

- التحقق من الظروف البيئية: فحص بيئة الجهاز، مثل: درجة الحرارة، والرطوبة، ومستويات الغبار؛ فقد تؤدي الحرارة أو الرطوبة الزائدة إلى تدهور الجهاز مع مرور الوقت.
- التحقق من التهوية والتبريد: التأكد من أن أنظمة التبريد (المراوح، ومكيفات الهواء) تعمل بشكل صحيح، وأن فتحات التهوية أو المبادلات الحرارية غير مسدودة بالشوائب.

عملية التنظيف

تُعد عملية التنظيف من المهام الوقائية المهمة في صيانة المكونات الكهربائية؛ حيث تُسهم في إزالة الأتربة والمواد الموصلة التي قد تؤثر على الأداء، وتساعد في منع ارتفاع الحرارة وتقليل مخاطر القصر الكهربائي، وتنقسم عملية التنظيف إلى الآتي:

عملية التنظيف

أ. تنظيف المكونات الكهربائية:

- **فصل الطاقة:** قبل تنظيف المعدات الكهربائية يجب التأكد دائمًا من فصلها تمامًا، وعزلها وإغلاقها باستخدام إجراءات الأقفال المخصصة ووضع العلامات (LOTO).
- **استخدام الهواء المضغوط:** يُستخدم الهواء المضغوط لتنظيف اللوحات الكهربائية أو قواطع الدوائر أو المحركات؛ لإزالة الغبار والحطام من المكونات، مثل الوصلات والأسلاك ولوحات التحكم، مع تجنب نفخ الغبار في الأجزاء الحساسة من المعدات.
- **مسح الأسطح:** استخدام قطعة قماش نظيفة ومواد تنظيف معتمدة لمسح المعدات الكهربائية برفق مع تجنب استخدام المواد الكيميائية التي قد تؤدي إلى تلف العازل أو الطلاء، ومن المواد والأدوات المستخدمة ما يأتي:

1. فرشاة ناعمة لإزالة الغبار.
2. هواء مضغوط لتنظيف الأماكن الضيقة.
3. قطعة قماش ناعمة لتنظيف الأسطح.
4. كحول إيزوبروبيلي (Isopropyl Alcohol) لتنظيف الدوائر الإلكترونية (بكمية قليلة).

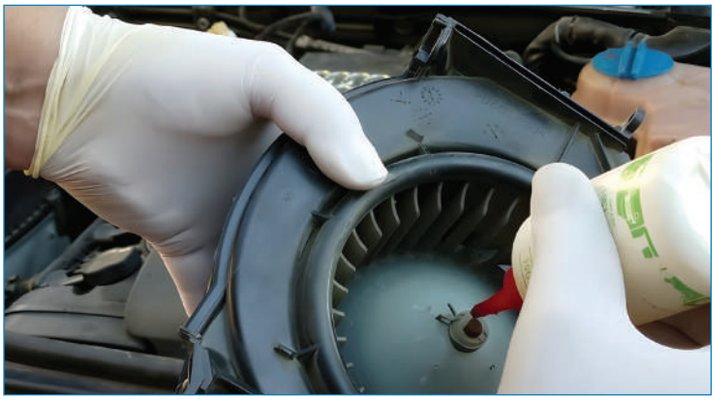
- **التحقق من التآكل:** فحص التوصيلات والوصلات بحثًا عن علامات التآكل، وتنظيفها باستخدام محاليل أو فرش تنظيف مناسبة.

- **اتباع احتياطات السلامة:**

1. ارتداء قفازات وكمامة.
2. عدم استخدام الماء أو المنظفات العادية على الدوائر.
3. التأكد من جفاف المكون قبل إعادة تشغيل الجهاز.

ب. تنظيف المكونات الميكانيكية:

- **تنظيف المحركات والمراوح:**
بالنسبة للمحركات، يجب إزالة الغبار والحطام من غلاف المحرك وشفرات المروحة باستخدام الهواء المضغوط، وإذا لزم الأمر، تُفَك المروحة أو غطاء المحرك لتنظيفه جيدًا.



تنظيف المكونات الميكانيكية

- **التزييت والتشحيم (Lubrication and Greasing):**
بعد التنظيف توضع مادة التزييت أو التشحيم المناسبة على الأجزاء المتحركة، مثل: المحامل (Bearings) والتروس (Gears) وأعمدة المحرك (Shafts)، ويجب استخدام مواد التزييت أو التشحيم الموصى بها من قبل الشركة المصنعة فقط.

- **فحص المرشحات (Filters):** تنظيف أو استبدل المرشحات في أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء، أو الضواغط، أو أي آلات أخرى، وتستخدم المرشحات لمنع تراكم الغبار الذي قد يقلل من الكفاءة، أو يسبب ارتفاع درجة الحرارة.

ج. تنظيف أنظمة التبريد والتهوية:

- **تنظيف فتحات التهوية والشبكات:** تنظيف فتحات التهوية والمراوح والمبادلات الحرارية بإزالة أي غبار أو أوساخ أو انسدادات، مما يضمن تدفقًا جيدًا للهواء ويمنع ارتفاع درجة الحرارة.

- **فحص وتنظيف وحدات تكييف الهواء:**
تنظيف ملفات المكثف والمبخّر، واستبدال المرشحات، والتحقق من مستويات سائل التبريد في أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء أو أي معدات مُكيّفة.

تنظيف أنظمة التبريد والتهوية

تنظيف أنظمة السوائل

د. تنظيف أنظمة السوائل (إن وجدت):

- **تنظيف خطوط الزيت والوقود:** يجب تنظيف مرشحات المعدات التي تستخدم أنظمة الزيت أو الوقود (مثل المولدات والأنظمة الهيدروليكية)، واستبدالها حسب الحاجة، والتأكد أيضًا من خلو الخراطيم من أي تسريبات أو شقوق.
- **استبدال السوائل:** إذا كانت السوائل، مثل: الزيت الهيدروليكي، أو زيوت التشحيم، أو سوائل التبريد متسخة أو ملوثة، فيجب استبدالها وفقًا لإرشادات الشركة المصنعة.

طرق التنظيف

يختلف أسلوب تنظيف المكونات الكهربائية حسب نوع الجهاز وطبيعة الأوساخ المتراكمة، وتُستخدم عدة طرق لضمان إزالة الشوائب دون الإضرار بالمكونات الحساسة. وفيما يأتي أبرز طرق التنظيف المستخدمة:

1. التنظيف الجاف (Dry Cleaning):

- باستخدام فرشاة ناعمة لإزالة الغبار.
- أو باستخدام منفاخ هواء مضغوط لطرد الأتربة من المناطق الضيقة.

2. التنظيف الرطب (Wet Cleaning):

- باستخدام فوطة مبللة قليلًا، مع ضرورة تجنّب تغلغل الماء داخل الأجهزة أو على الموصلات.

3. استخدام المنظفات الخاصة (Special Electrical Cleaners):

- باستخدام سوائل تنظيف مخصصة وآمنة كهربائيًا، لا تترك بقايا موصلة، وتتبخر بسرعة.

أدوات ومعدات الفحص والتنظيف

تُعد أدوات ومعدات الفحص والتنظيف من العناصر الأساسية في أعمال الصيانة الكهربائية، حيث تُمكّن الفنيين من أداء مهامهم بدقة وأمان، وتختلف هذه الأدوات حسب نوع المهمة، وتشمل الآتي:

- **أدوات الفحص البصري:**

المصابيح اليدوية، والمرايا، والعدسات المكبرة لفحص الأجزاء التي يصعب الوصول إليها أو فحص المكونات الصغيرة.

- **أدوات التنظيف:**

الأقمشة الخالية من الوبر، والفرش الناعمة، والهواء المضغوط، والمكانس الكهربائية المزودة بمرشحات هواء عالية الكفاءة للجسيمات الدقيقة (High Efficiency Particulate Air Filter (HEPA))، ومنظفات لتنظيف المكونات الحساسة.

- **معدات الاختبار:**

أجهزة القياس المتعددة، وأجهزة اختبار مقاومة العزل، وأجهزة قياس التيار الكهربائي، ومقاييس الحرارة، وأجهزة اختبار الاهتزاز، وأجهزة قياس الذبذبات لفحص الأنظمة الكهربائية والميكانيكية.

- **مواد التشحيم ومواد التنظيف:**

استخدام مواد التشحيم ومواد التنظيف الموصى بها فقط للمعدات المحددة لمنع التلف، وتشمل هذه المواد منظفات التلامس الكهربائي، ومزيلات الشحوم، ومزيلات الصدأ.

مواعيد الفحص والتنظيف

تُحدد مواعيد الفحص والتنظيف وفقًا لجدول الصيانة الوقائية ونوع المعدات وظروف التشغيل، ويُسهم الالتزام بهذه الفترات في الحفاظ على كفاءة الأداء، والحد من الأعطال المفاجئة، وتكون مواعيد الفحص والتنظيف وفق الآتي:

الفحوصات اليومية أو الأسبوعية	الفحوصات الشهرية أو الربع سنوية	الفحص والتنظيف السنوي الشامل
إجراء فحوصات بصرية للتحقق من وجود علامات واضحة للتآكل أو تراكم الأوساخ أو التلف، ويُعد هذا مهمًا بشكل خاص للمعدات كثيرة الاستخدام.	تحديد مواعيد فحوصات وتنظيف أكثر تفصيلًا؛ للتحقق من مشاكل الأداء والأعطال الكهربائية وتراكم الغبار.	إجراء فحص شامل وتنظيف لجميع المعدات، بما في ذلك المكونات الداخلية والأسلاك وأنظمة التبريد.

التوثيق والتقارير

يُعد التوثيق وإعداد التقارير جزءًا أساسيًا من عملية الصيانة، حيث يُسهم في تسجيل الأعمال المنجزة ومراقبة حالة المعدات بمرور الوقت، كما يساعد على اتخاذ قرارات مدروسة بناءً على بيانات دقيقة وسجل موثوق، وهناك العديد من التقارير والسجلات وهي:

- **تقارير الفحص:**

الاحتفاظ بسجلات مفصلة لعمليات الفحص، بما في ذلك النتائج والإجراءات المتخذة؛ حيث يمكن أن يساعد ذلك في تتبع المشاكل المتكررة، وتحسين خطط الصيانة المستقبلية.

- **سجلات التنظيف:**

توثيق الفترات الزمنية لعمليات التنظيف، والأجزاء التي شملها التنظيف، وأي أجزاء تم استبدالها أو تشحيمها.

- **إجراءات المتابعة:**

توثيق الإجراءات التصحيحية المتخذة إذا تم تحديد أي مشاكل أثناء الفحص، والتأكد من معالجة جميع الإصلاحات على الفور.

أسئلة الوحدة

1. وضح أهمية الصيانة الكهربائية؟
2. قارن بين الصيانة التصحيحية والصيانة التنبؤية.
3. عَدِّد مكونات سجلات الصيانة الكهربائية.
4. ما المهام التي ينفذها نظام إدارة الصيانة المحوسبة؟
5. اذكر ثلاثة أنواع من المعدات التي تحتاج إلى صيانة كهربائية منتظمة، وحدد مكونًا من كل نوع؟
6. ما احتياطات السلامة أثناء صيانة الدوائر الكهربائية؟
7. ما الخطوات الصحيحة التي يجب اتباعها قبل صيانة أي معدة كهربائية؟
8. ما أهمية استخدام الأقفال المخصصة ووضع العلامات معًا في نظام LOTO؟
9. ما الفوائد الرئيسية للفحص والتنظيف؟

الوحدة الرابعة

الأعطال والصيانة الكهربائية

Electrical Faults and Maintenance

محتويات الوحدة الرابعة

الدرس الأول

تقنيات التشخيص (Diagnostic Techniques) 130

الدرس الثاني

الأعطال الكهربائية (Electrical Faults) 134

الدرس الثالث

الفحص الكهربائي (Electrical Inspection) 142

الدرس الرابع

اختبار الدوائر الكهربائية (Testing Electrical Circuits) 145

أسئلة الوحدة 150

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يطبق بعض تقنيات تشخيص الأعطال الكهربائية.
- يقارن بين التقنيات المستخدمة في تشخيص الأعطال الكهربائية.
- يُصنف الأعطال الكهربائية حسب طبيعتها وأسبابها وشدتها.
- يميز بين أنواع اختبارات الدوائر الكهربائية.
- يطبق خطوات اختبارات الدوائر الكهربائية.
- يبيّن وظيفة الأدوات الأساسية المستخدمة في صيانة ومعالجة الأعطال الكهربائية.
- يستخدم بعض الأدوات الأساسية في صيانة الأعطال الكهربائية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المعارف والمهارات المتعلقة بتشخيص الأعطال من خلال تقنيات التشخيص المناسبة، وفهم أنواع الأعطال الكهربائية، وأسبابها، والتأثيرات الناجمة عنها، وتصنيفها حسب طبيعتها وشدتها، وفهم أساسيات الأجهزة وأنظمة التحكم المستخدمة في رصد الأعطال، كما تتناول الوحدة الفحص الكهربائي كخطوة أساسية للكشف عن الأعطال بدقة، إلى جانب تدريب الطلبة على تحديد الأعطال، وتصنيفها، وتحديد موقعها باستخدام الأدوات والتقنيات الحديثة.

الدرس الأول

تقنيات التشخيص

(Diagnostic Techniques)

التشخيص (Diagnosis)
هو عملية تحليل الأعطال لتحديد سبب المشكلة في النظام الكهربائي.

التشخيص الكهربائي

يُعد تشخيص الأعطال الخطوة الأولى والأساسية نحو إصلاح ناجح وآمن في مجال الصيانة الكهربائية، فكلما كان التشخيص دقيقًا وشاملًا، أصبحت عملية الإصلاح أكثر كفاءة وأقل تكلفة، ويعتمد الفني في هذه المرحلة على أدوات قياس متقدمة ومهارات تحليلية لفهم الأسباب الجذرية للمشكلة داخل النظام الكهربائي، ويُعتبر التشخيص نشاطًا استباقيًا بالغ الأهمية؛ حيث يُسهم في الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة قبل أن تتطور إلى مشكلات كبيرة أو توقف مفاجئ في التشغيل، كما يُعد أحد أعمدة أنشطة الصيانة الكهربائية الحديثة؛ لأنه يدعم التشغيل الآمن والمستمر، ويُطيل عمر المعدات، ويُعزز من الامتثال لمعايير السلامة والجودة.

إجراءات تشخيص الأعطال الكهربائية

تُعد إجراءات تشخيص الأعطال الكهربائية جزءًا أساسيًا من الصيانة الوقائية والتصحيحية، وتهدف إلى تحديد مصدر الخلل بدقة قبل بدء أعمال الإصلاح، وتعتمد هذه الإجراءات على خطوات منهجية وأدوات قياس وتحليل، تساعد في فهم المشكلة ومعالجتها بكفاءة، ومنها:

- **التحقق من التحميل الزائد أو القصر:**
  تكرار تعطل الدائرة قد يكون نتيجة تحميل زائد ناتج عن توصيل أجهزة كثيرة، أو قصر كهربائي ناتج عن تلف في الكابلات أو العوازل أو الأجهزة.
- **قياس الجهد والتيار:**
  في حال ضعف أداء الجهاز، يجب قياس الجهد عند أطرافه، ومقارنته بالقيمة الاسمية (Nominal Value)، وكذلك قياس التيار للتحقق من تطابقه مع القيم المصممة.
- **اختبار المكونات بشكل منفصل:**
  عند الاشتباه في عطل أحد المكونات، يُفصَل عن الدائرة، ويُختبر بشكل فردي للتأكد من سلامته.
- **تحليل رموز الأعطال:**
  في الأنظمة الحديثة يمكن استخدام واجهات التشخيص أو قراءة رموز الأعطال التي قد تشير إلى مشكلات محددة، مثل انخفاض الجهد، أو فقدان الطور، أو تلف في مكون معين.

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

تُشخّص الأعطال وفقًا لعدد من الخطوات الأساسية التي يندرج تحتها عدد من التقنيات على النحو الآتي:

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)

االفحص 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 (Tracing 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 توثيق 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 رَدة 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 Radiation (IR)) المنبعثة من المعدات والمكونات الكهربائية لقياس درجة حرارتها عن طريق آلات التصوير الحراري (Thermal Cameras)، ويُعد ارتفاع درجة الحرارة إلى 60° 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 (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.

احتياطات السلامة عند تشخيص الأعطال الكهربائية

تُتَّبع خطوات السلامة الآتية لحماية الأفراد والمعدات من المخاطر الكهربائية:

دائما ✓

- استخدام معدات الوقاية الشخصية (PPE).
- تجنب لمس نقاط الجهد المباشر.
- استخدام أدوات معزولة.
- تجنب العمل على نظام لم يُفصل تمامًا.
- التحقق من تفريغ المكثفات قبل الفحص.
- اتباع إجراءات الإغلاق ووضع العلامات (Lockout/Tagout).

التقارير والتوثيق

تُعد التقارير والتوثيق من العناصر الأساسية في إدارة الصيانة الكهربائية، فهي تتضمن تسجيل جميع الأعمال والملحوظات بشكل منظم وموثوق، كما تساعد التقارير في التحليل المستقبلي للأعطال المتكررة، واتخاذ قرارات صائبة لتحسين الأداء وتقليل التوقفات، ويجب تسجيل النقاط الآتية في التقرير:

- نوع العطل.
- طريقة التشخيص المستخدمة.
- النتائج والقراءات.
- الإجراء المتخذ.

الدرس الثاني

الأعطال الكهربائية

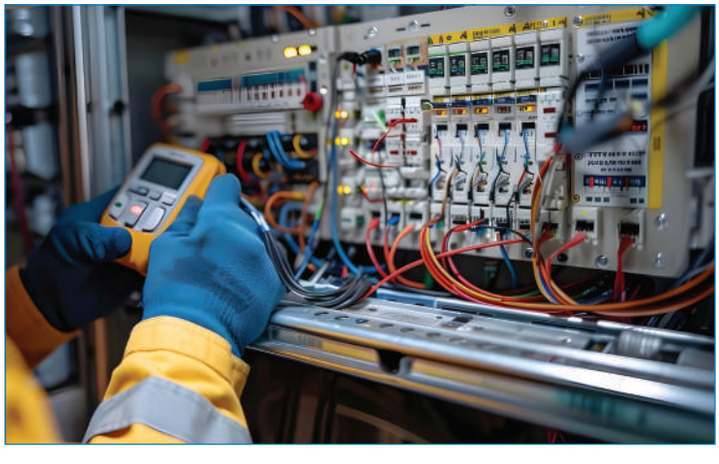
(Electrical Faults)

يُعرف العطل الكهربائي بأنه تغير غير طبيعي في قيم التيار أو الجهد داخل النظام الكهربائي، مما يؤدي إلى خلل في الأداء، ويمكن أن يتسبب العطل في عدة آثار خطيرة، مثل تلف المعدات، أو تعريض الأرواح للخطر، أو انقطاع التيار، أو حدوث خسائر مادية كبيرة.

تنقسم الأعطال الكهربائية إلى أنواع مختلفة بحسب طبيعتها، مثل قصر الدائرة الكهربائية (Short Circuit)، أو الانقطاعات، أو التسرب الأرضي، وغيرها، ويُعد فهم هذه الأنواع ضروريًا لتحديد طريقة التعامل معها.

ويُعد تحديد موقع العطل خطوة حاسمة في عملية استكشاف الأخطاء وإصلاحها، حيث يمكن أن تحدث الأعطال في مكونات متعددة داخل النظام، مثل: الكابلات، أو المحولات، أو قواطع الدائرة، أو الأحمال، ويسهم التشخيص الدقيق لنوع العطل وموقعه في تسريع عملية الإصلاح، وتقليل أوقات التوقف، وضمان التشغيل الآمن والفعال للنظام الكهربائي.

الأدوات الأساسية لصيانة الأعطال الكهربائية



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

- **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).

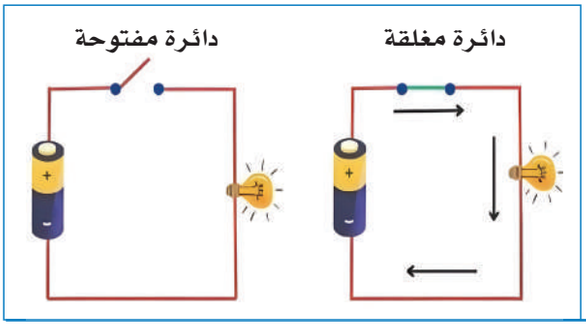
قواطع الأسلاك (Cable Cutters):
مصممة لقطع الأسلاك الكهربائية كبيرة الحجم بسهولة؛ نظرًا لشفراتها الحادة.

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 مملوء 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.	

الأعطال الكهربائية الشائعة (Common Electrical Faults)

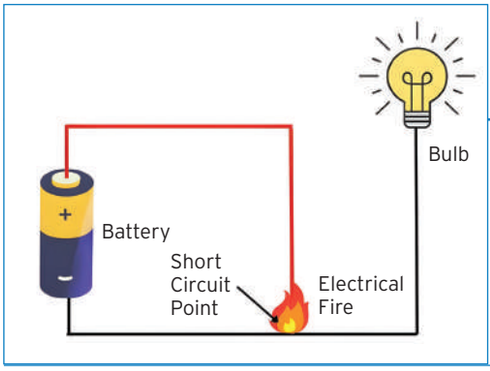
توجد العديد من الأعطال الكهربائية الشائعة التي تختلف عن بعضها وفقًا لطبيعتها، وأسبابها، ومؤشراتها، وهي كالآتي:

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)

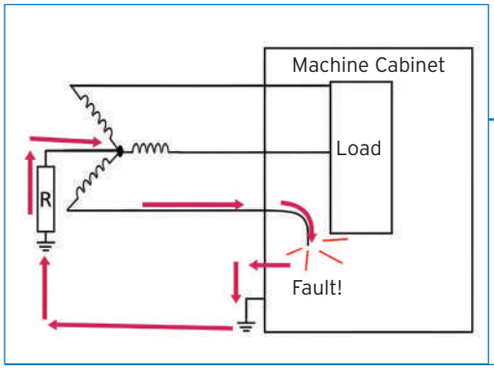


وصف العطل	يحدث قصر الدائرة الكهربائية عندما يتلامس سلكان، مما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي عال جدًّا في غير مساره المقصود، ونتيجةً لذلك ينقطع التيار الكهربائي، أو تتلف الأجهزة.
أسباب الحدوث	■ تلف العازل (Insulation) في الأسلاك. ■ خلل في المعدات، أو الأجهزة (Faulty Equipment or Appliances). ■ ارتخاء التوصيلات 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.

الحمل 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.

أمثلة على أعطال شائعة

يوضح الجدول الآتي أمثلة على بعض الأعطال، وأسبابها، وطرق الكشف عنها:

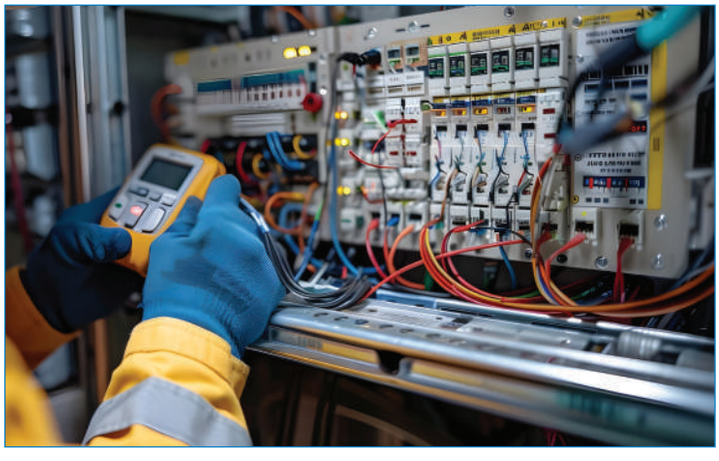
العطل	سبب حدوث العطل	طرق اكتشاف العطل
القاطع يفصل تلقائيًا	تحميل زائد أو قصر	قياس التيار، واختبار مقاومة الحمل.
عدم دوران محرك	ضجيج أو سخونة	فحص المكثف، والتيار، وملفات التشغيل.
عدم إضاءة لمبة	لا توجد إشارة	فحص المصباح، والمفتاح، والأسلاك.
جهاز يفصل عشوائيًا	تغيرات جهد أو حرارة	تحليل الأحمال ودرجة الحرارة.

الدرس الثالث

الفحص الكهربائي

(Electrical Inspection)

يُعد الفحص الكهربائي عنصرًا محوريًا في برامج الصيانة الوقائية؛ إذ يهدف إلى اكتشاف العيوب والمخاطر المحتملة في الأنظمة الكهربائية قبل أن تتفاقم إلى أعطال جسيمة تؤثر على سلامة الأفراد وكفاءة المنشأة.



ويُعرَّف الفحص الكهربائي بأنه عملية منهجية لتقييم سلامة التركيبات الكهربائية، والتأكد من مطابقتها للمعايير الفنية، والكشف المبكر عن التلف أو الأعطال التي قد تتطور إلى مشكلات أكثر خطورة إذا أُهملت.

وتُجرى عمليات الفحص من خلال طريقتين أساسيتين:

1. **الملاحظة البصرية لمكونات النظام، مثل لوحات التوزيع والقواطع والكوابل.**
2. **الاختبارات العملية والقياسات الفنية؛ للتحقق من كفاءة التشغيل وسلامة الأداء.**

أنواع الفحص الكهربائي

تتعدد أنواع الفحص الكهربائي حسب الهدف وطبيعة النظام أو المعدة الكهربائية، وتشكل جزءًا مهمًا من الصيانة الوقائية، وتهدف هذه الفحوصات إلى ضمان سلامة التشغيل، وكشف الأعطال، والتحقق من مطابقة الأنظمة للمعايير الفنية، ومنها الآتي:

النوع	الوصف	الأمثلة
الفحص البصري (Visual Inspection)	التحقق من الحالة الفيزيائية للأجهزة والأسلاك.	تلف العزل، والشروخ، والصدأ
الفحص الوظيفي (Functional Inspection)	التحقق من أداء الأجهزة والمعدات عند التشغيل.	عمل القواطع، والإضاءة، والمحركات
الفحص الوقائي (Preventive Inspection)	الفحص الدوري لمنع الأعطال المحتملة.	نقاط التوصيل، والتأريض
الفحص التقني (Technical Inspection)	يعتمد على أدوات قياس متقدمة.	مقاومة العزل، والجهد، والتيار

خطوات تنفيذ الفحص الكهربائي

تُعد خطوات تنفيذ الفحص الكهربائي ضرورية لضمان إجراء عملية فحص دقيقة وآمنة لمكونات النظام الكهربائي، وتشمل هذه الخطوات الآتي:

1. التحضير للفحص:

- فصل النظام (إن لزم الأمر).
- التأكد من توفر معدات الوقاية الشخصية.
- مراجعة المخططات الكهربائية.

2. الفحص البصري:

- التحقق من حالة الأسلاك والعوازل.
- فحص الصدأ، أو الحرارة الزائدة، أو تلف المكونات.
- التأكد من أن صناديق التوصيل أو صناديق التوزيع الكهربائية مغلقة بإحكام.

3. الفحص الوظيفي:

- تشغيل النظام أو الجهاز.
- التحقق من صلاحية المفاتيح والقواطع.
- مراقبة سلوك الأجهزة عند بدء التشغيل.

4. الاختبارات الفنية:

- قياس الجهد بين خطوط الطور الثلاثة وخط التأريض الكهربائي.
- قياس التيار أثناء التشغيل.
- اختبار العزل بين خطوط الطور الثلاثة.

5. التوثيق والتوصيات:

- تعبئة قائمة الفحص.
- تسجيل أي خلل أو انحراف.
- تقديم توصيات بالإصلاح أو المتابعة.

نموذج قائمة تحقق للفحص الكهربائي
(Check List)

يوضح الجدول الآتي نموذجًا لقائمة تحقق فحص دائرة كهربائية:

البند	الحالة	الملاحظة
سلامة العزل	☑	لا توجد تشققات
تثبيت الأسلاك	☒	يوجد سلك مفكوك في اللوحة
مستوى الجهد	☑	مستقر 230 V
الاختبار الأرضي	☑	المقاومة 2.5 أوم
تشغيل القواطع	☑	تعمل جميعها بدون مشاكل

احتياطات السلامة أثناء الفحص الكهربائي

دائما ✓

1. **ارتداء معدات الوقاية الشخصية** (القفازات، والنظارات، وأحذية السلامة).
2. **التأكد** من عزل الأدوات المستخدمة.
3. **تجنب** لمس الأسلاك أو الأطراف المكشوفة.
4. **تجنب** فحص أي جهاز قبل التأكد من فصل التيار أو أمانه.

اختبار الدوائر الكهربائية

(Testing Electrical Circuits)

تُعد الأنظمة الكهربائية عنصرًا أساسيًا في مختلف مجالات الحياة، من المنازل والمكاتب إلى المصانع والمنشآت الصناعية، ولضمان كفاءة هذه الأنظمة وسلامتها، لا بد من إجراء فحوصات دقيقة تُمكّننا من تقييم أدائها، واكتشاف أي خلل قد يؤثر على التشغيل، أو يُعرّض الأفراد للخطر.

وتُعرف الاختبارات الكهربائية بأنها مجموعة من الفحوصات المنهجية التي تُجرى على الأجهزة أو التركيبات أو الدوائر الكهربائية بهدف التحقق من جودة التوصيلات، وسلامة العزل، واستمرارية التيار، وصحة القيم الكهربائية مثل الجهد والمقاومة، وضمان خلو النظام من الأعطال، أو التسريبات، أو قصر الدوائر الكهربائية. ولا تقتصر هذه الاختبارات على التأكد من عمل الأجهزة، بل تُعد جزءًا جوهريًا من عمليات الصيانة الوقائية والتصحيحية؛ لضمان التشغيل الآمن والموثوق.

أهداف اختبار الدوائر الكهربائية

يوضح الجدول الآتي أهداف اختبار الدوائر الكهربائية، وتفسير كل منها:

الهدف	التفسير
الكشف عن الأعطال	كقصر الدائرة (Short Circuit)، والدائرة المفتوحة (Open Circuit)
تحديد مدى كفاءة المكونات	مثل المقاومات، والمكثفات، والمحولات
تأكيد جودة التوصيلات	عدم وجود فقد في الجهد أو حرارة زائدة
التحقق من مستويات الجهد والتيار	مقارنة القيم المقاسة بالقيم التصميمية

أجهزة القياس لاختبار الدوائر الكهربائية

تستخدم بعض أجهزة القياس في اختبار الدوائر الكهربائية كالآتي:

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.	
جهاز قياس العزل الكهربائي (Megger)	يُستخدم هذا الجهاز لقياس مقاومة العَزل في الدوائر والمعدات الكهربائية، أي التحقق من مدى جودة المادة العازلة بين الأجزاء الموصلة للتيار.	
جهاز قياس مقاومة الأرض Earth) Resistance (Tester	يُستخدم هذا الجهاز لقياس مقاومة نظام التأريض الكهربائي؛ للتأكد من فعاليته في تصريف التيارات غير المرغوب فيها – مثل تيارات الأعطال أو الصواعق – إلى الأرض بأمان.	

أنواع الاختبارات الكهربائية

تتعدد أنواع الاختبارات الكهربائية حسب الهدف من الفحص، ونوع النظام أو المعدات الكهربائية، وتساعد هذه الاختبارات المختلفة في تقييم جوانب متعددة، مثل: العزل، والاستمرارية، والأداء؛ لضمان سلامة وكفاءة التشغيل، ومنها الآتي:

اختبار الاستمرارية (Continuity Test)

التعريف	هو اختبار يهدف إلى التأكد من أن المسار الكهربائي مغلق، وأن التيار يمكن أن يمر من نقطة إلى أخرى دون انقطاع أو مقاومة عالية غير متوقعة، ولا يجرى هذا الاختبار قبل فصل التيار الكهربائي تمامًا.
الهدف	التأكد من وجود مسار مغلق للتيار.
الأداة	المقياس المتعدد (Multimeter)
التطبيقات العملية	■ التحقق من تكامل الأسلاك. ■ فحص المنصهرات والمفاتيح. ■ التأكد من الاتصال الأرضي السليم. ■ التأكد من التوصيلات بعد الإصلاح أو التركيب.

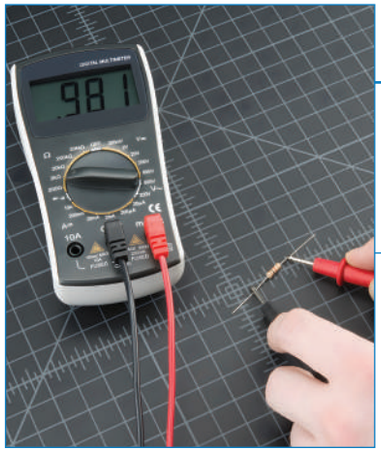
اختبار الجهد (Voltage Test)

التعريف	هو اختبار يهدف إلى قياس الجهد الكهربائي بين نقطتين، سواء في دوائر التيار المتردد (AC) أو المستمر (DC)، ولا يحتاج هذا الاختبار إلى فصل التيار الكهربائي.
الهدف	تحديد ما إذا كانت المصادر تعمل، وتحديد الفرق في الجهد بين المكونات.
الأداة	المقياس المتعدد (Multimeter) أو جهاز فحص الجهد الكهربائي (Voltage Tester).
التطبيقات العملية	■ التأكد من أن مصدر الطاقة يعمل. ■ قياس فرق الجهد عبر المكونات لتحديد مقدار الجهد. ■ التحقق من استقرار الجهد في الأنظمة الإلكترونية والصناعية. ■ فحص الأنظمة ثلاثية الطور (Line-to-Line/Line-to-Neutral Voltages).

اختبار التيار (Current Test)

التعريف	هو اختبار يهدف إلى قياس كمية التيار الكهربائي المار في الدائرة، الذي يمثل معدل تدفق الشحنات الكهربائية.
الهدف	مراقبة التيار الداخل والخارج؛ للكشف عن تسربات أو أعطال الحمل.
الأداة	جهاز القياس ذو المشبك/الكلامب ميتر (Clamp Meter) أو توصيل جهاز المقياس المتعدد (Multimeter) على التوالي.
التطبيقات العملية	■ مراقبة التيار المسحوب بواسطة المحركات؛ لتحديد ما إذا كانت تعمل ضمن الحدود المناسبة. ■ التحقق من توازن التيار في الأنظمة ثلاثية الطور. ■ كشف تيارات التسرب الأرضي أو التوزيع غير المتوازن. ■ مقارنة التيار الداخل والخارج في المحولات أو اللوحات الفرعية.

اختبار المقاومة (Resistance Test)



التعريف	هو اختبار يهدف إلى قياس مقدار المقاومة الكهربائية بين نقطتين؛ لتحديد سلامة المكونات أو التوصيلات.
الهدف	■ تحديد حالة المكونات (مثل المقاومات، والملفات، والمحركات). ■ كشف التوصيلات السيئة أو نقاط التماس غير المناسبة.
الأداة	جهاز القياس ذو المشبك/الكلامب ميتر (Clamp Meter) أو جهاز المقياس المتعدد (Multimeter).
التطبيقات العملية	■ قياس المقاومات للتأكد من أنها ضمن الحدود المناسبة. ■ فحص حالة ملفات المحركات أو المحولات. ■ التأكد من عدم وجود توصيلات عالية المقاومة في الموصلات أو الأطراف (Cold Solder Joints). ■ فحص المرحلات (Relays) أو قواطع التلامس الكهربائي (Contactors)، من خلال قياس مقاومة ملفاتها أو نقاط التلامس.

احتياطات السلامة لاختبار وصيانة الدوائر الكهربائية

قبل البدء في عمليات الاختبار والصيانة الكهربائية يجب الالتزام بالآتي:

دائما ✓

- فحص الجهاز قبل الاستخدام.
- إيقاف مصدر الطاقة الكهربائي، واستخدام أجهزة القياس الكهربائية؛ للتأكد من توقف تدفق التيار الكهربائي.
- استخدام معدات الوقاية الشخصية، مثل: النظارات الواقية، والقفازات العازلة.
- استخدم أدوات معزولة ومطابقة لمواصفات الجهد.
- التأكد من جفاف اليدين قبل إجراء الاختبار.
- تجنب ملامسة الأسلاك المكشوفة.
- تجنب لمس الأطراف المعدنية أثناء القياس.
- التأكد من فهم الدائرة جيدًا قبل البدء بالاختبار.
- تجنب إجراء اختبار التيار أثناء وجود ماس كهربائي.
- تجنب استخدام أدوات تالفة أو غير معزولة.
- تسجيل القراءات بدقة، وتدوين أي نتائج غير طبيعية.
- التأكد من أن الجهاز مضبوط على الوضع الصحيح.
- فصل الجهاز بعد الانتهاء والاحتفاظ به في مكان آمن.

أسئلة الوحدة

1. اذكر أنواع تقنيات تشخيص الأعطال الكهربائية.
2. ما خطوات السلامة أثناء تشخيص الأعطال الكهربائية؟
3. حدد الفروقات بين أعطال الدائرة المفتوحة، وأعطال قصر الدائرة.
4. ما الفرق بين أعطال تقلبات الجهد وأعطال الحمل الزائد؟
5. كيف تؤثر عيوب التصنيع في نشوء الأعطال الكهربائية؟
6. عَدِّد الاختبارات الكهربائية الأساسية.
7. حدد الفرق بين الفحص المنهجي والفحص البصري في تشخيص الأعطال الكهربائية.
8. ماذا يقصد بتحليل الاهتزازات في المحركات؟
9. ما احتياطات السلامة في اختبار الدوائر الكهربائية؟
10. حدد بعض الأدوات الهندسية الأساسية المستخدمة في صيانة الأعطال الكهربائية.

رقم الإيداع
٢٠٢٥/٩٥٦٧م

www.moe.gov.om

ISBN 978-99992-1-321-9

Spine

الصيانة الهندسية

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الأول